



2009

물재생 및 관리산업의 활성화 방안 연구

The Vitalization Strategy of Water Reuse and Reclamation Industry

조용모 · 윤형호

물재생 및 관리산업의 활성화 방안 연구

The Vitalization Strategy of Water Reuse
and Reclamation Industry

2009

■ 연구진 ■

연구책임 조 용 모 • 도시기반연구본부 선임연구위원

연구원 윤 형 호 • 창의시정연구본부 연구위원

연구원 남 미 아 • 도시기반연구본부 연구원

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

요약 및 정책건의

I. 연구의 개요

1. 연구의 배경 및 목적

- 시민들의 물수요 패러다임이 변하고 있음. 즉, 시민들이 어메니티(쾌적성)나 재산가치 향상을 위해 아파트의 수경용수 등으로 물을 사용하는 경우가 지속적으로 증가하고 있음.
- 물부족현상은 지역적·계절적으로 발생하고 있음. 따라서 지역 내 물재생과 물순환은 물공급의 새로운 대안으로 부각되고 있음.
- 물재생기술의 발달로 물재생산업의 활성화 기반이 마련됨. 소규모 물재생업체가 발생원에서 생활용수를 처리하여 재사용할 수 있는 기반이 조성됨.
- 물재생산업은 물산업시장 중 가장 큰 일자리 창출시장으로 성장할 수 있는 여력이 충분하며, 소규모 업체의 설립을 촉진시켜 일자리 창출에 기여할 수 있음.
- 이 연구는 물재생 및 관리산업의 활성화를 위하여 관련된 현황과 사업체를 분석하고 민간투자를 바탕으로 한 소규모 민간산업이 활성화될 수 있는 방안을 도출하는 데 목적이 있음.

2. 연구의 범위

- 물재생 및 관리업체의 확대, 신설 등에 기여할 수 있는 부문을 주로 연구함.
- 공간적 범위는 서울시를 위주로 하였으나 물재생 및 관리산업의 활성화를 위해 서울시 외 지역의 현황과 사례도 참조함. 물재생 및 관리산업의 활성화를 위한 지원모델은 정부차원과 서울시차원으로 나누어 제시함.

II. 주요 연구결과

1. 물재생 및 관리산업의 현황 및 제도

1) 물재생 및 관리산업의 정의

(1) 물재생측면에서 본 정의

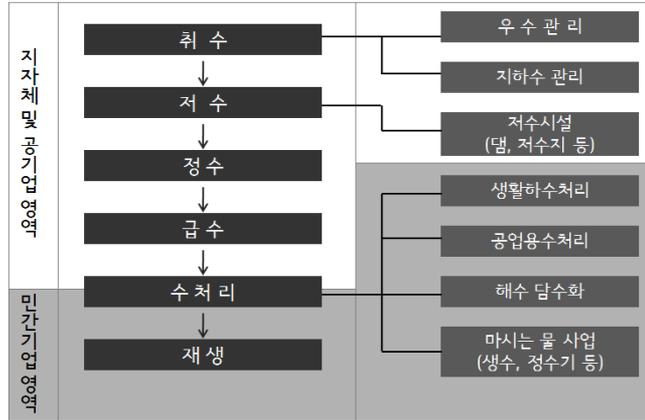
- 물재생산업이란 한번 사용한 물을 재생하여 부가가치를 형성하는 산업을 말하며, Value Chain(가치사슬)의 제조-건설-운영으로 구성되어 있음.
- 물재생산업을 처리수의 이용측면으로 분류하면 5가지로 나눌 수 있음. 1) 재생수의 하천유지용수 활용, 2) 대형 건물의 중수도시설, 3) 인공연못과 바닥분수, 실개천 등 친수용수로 활용, 4) 청소 및 조경용수로 활용, 5) 열섬완화 등 기후조절용수로 활용 등이 그것임.
- 물산업이란 각종 용수(생활, 공업)를 생산하여 보급하는 산업과 하·폐수를 이송 및 처리하는 산업서비스를 총칭함. 그 범위는 상수도, 하수도, 폐수, 생수, 정수기, 기타로 나눌 수 있음.



(그림 1) 물산업의 제조, 건설, 운영의 Value Chain

(2) 물순환측면에서 본 정의

- 물재생이란 오수, 하수 및 폐수, 빗물을 재생처리하여 생활, 공업, 농업, 조경, 하천유지 등의 용도로 이용하는 것을 말함. 물재생 부문은 주로 민간기업영역에 속함(<그림 2>).



<그림 2> 물재생 부문 중 민간기업영역과 공공영역의 대략적 구분

(3) 물(수질)관리산업

- 물관리산업이란 물재생처리와 연관된 수질관리산업을 말함. 도시 내 하천의 호수 및 연못, 실개천용수, 바닥분수의 수질관리 산업이 해당됨.

2) 물재생산업의 현황 및 실태

(1) 물재생산업의 종류 및 규모

- 2007년기준 사업체조사보고서에 따르면 물재생산업과 관련된 산업은 생활용수공급업, 산업용수공급업, 하수 및 폐수처리업, 건설업임.
- 관련된 사업체를 세부분류하면 <표 1>과 같이 생활용수 및 산업용수 공급업체가 21개, 하수처리업체가 63개, 폐수처리업체가 3개, 폐기물처리 및 오염방지시설업체가 120개로 나타남.

〈표 1〉 서울시 물재생산업의 세부분류 사업체수

D. 전기, 가스, 증기 및 수도사업		E. 하수, 폐기물처리업 원료재생 및 환경복원업		F. 건설업
36010 생활용수공급업	36020 산업용수공급업	37011 하수처리업	37012 폐수처리업	41224 폐기물처리 및 오염방지시설 건설업
21	0	63	3	120

자료 : 2007년기준 사업체조사보고서(2008)

- 국가환경기술정보센터에 등록된 환경산업체 중 수질관련 업체는 방지시설업, 설계시공업, 측정검사대행업, 수집·운반·처리업, 환경설비제조·판매업, 서비스업, 에너지업 등의 분야에 총 404개가 있음.

(2) 중수도시설

- 서울시 중수도시설은 2008년말 기준 총 52개소에 설치되어 있으며, 시설용량은 17,484m³/일임. 중수도 처리수는 주로 화장실용수로 사용되고 있으며, 청소용수나 조경용수로도 활용되고 있음.

(3) 하수처리재이용시설

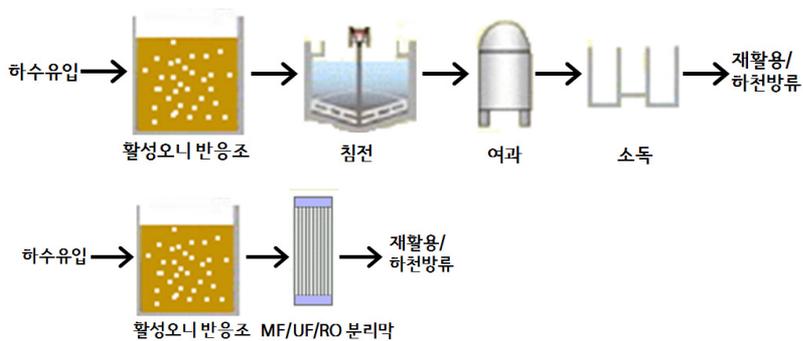
- 2008년말 기준 전국에 가동 중인 하수처리시설의 처리용량은 연간 66억톤/년이며, 하수처리수 재이용량은 2006년 4.9억톤/년에서 2008년 7.1억톤/년으로 2.2억톤/년 증가함.

2) 바닥분수의 물(수질)관리현황

- 2009년 기준 서울시에는 총 216개의 분수가 설치되어 있으며, 도시공원 및 가로녹지대에도 많은 수의 수경시설이 설치되어 있음.
- 특히 바닥분수는 어린이들이 물놀이 시 잘못해서 음용하는 경우가 있어 수질관리가 필요함. 최근 개장하는 대규모 야외 물놀이시설에도 수질관리를 위한 물재생시설 설치가 필수적임.

3) 물재생처리 기술의 진보 ; 최신기술인 막분리공정의 상용화

- 막분리공법은 특정크기의 물질을 분리할 수 있는 미세공을 가진 분리막을 이용하여 오염물질을 제거하는 기술임. 분리막은 난분해성 물질을 제거할 수 있고, 물질을 선택하여 제거할 수도 있음.
- 이 공법은 시설공간이 작아도 되고 자동화가 가능하여 유지관리가 쉬움. 단일공정으로 제어가 어려운 경우 생물학적 공정 등 타 공정과 조합하여 적용할 수 있다는 특징이 있어 수처리분야의 고도처리에 적용 가능성이 높음.
- 생활하수와 같은 유기물질의 비율이 높은 오염수처리에도 생물학적 처리와 분리막을 조합한 시스템을 적용하면 처리효과가 높음.



〈그림 3〉 막분리공정과 타 공정을 조합한 시스템의 예

- 분리막을 포함한 막모듈 세계시장 규모는 2003년 80억달러에서 2004년 87억달러로 커지고 있음.
- 미국 Elsevier Advanced Technology사의 자료를 바탕으로 추정한 막모듈 국내시장 규모는 2003년 1,200억원, 2004년 1,300억원, 2008년 1,800억원으로 나타남.

4) 관련제도

- 중수도와 관련해서 하수도법, 수도법, 조세특례제한법, 수자원공사 수돗물 공급규정에 정의, 이용계획 및 시설, 시설의 조세감면, 이용량 요금감면 등이 규정되어 있음.
- 하수처리수 재이용과 관련해서는 하수도법에 공공처리수 재이용시설의 정의 및 시설의 설치 등이 규정되어 있음.

〈표 2〉 중수도 및 하수처리수 재이용과 관련된 하수도법 내용

조항	내용
하수도법 제2조	11. "중수도"라 함은 건물·시설 등에서 발생하는 오수를 다시 처리하여 생활용수·공업용수 등으로 재이용하는 시설을 말한다. 9의2. "공공처리수재이용시설"이란 공공하수처리시설에서 처리된 물을 생활용수·공업용수 등으로 다시 이용하기 위하여 지방자치단체가 설치 또는 관리하는 처리시설 및 그 부속시설을 말한다.
하수도법 제26조 수도법 제14조 (중수도의 설치)	① 물을 효율적으로 이용하기 위하여 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 시설물을 신축(중축·개축 또는 재축되는 부분이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 포함한다. 이하 이 조에서 같다)하고자 하는 자는 단독 또는 공동으로 사용수량의 100분의 10 이상을 재이용할 수 있는 중수도를 설치·운영하여야 하며, 환경부령이 정하는 바에 따라 중수도의 설치결과를 시장·군수·구청장에게 통보하여야 한다. 다만, 제21조제1항의 규정에 따라 공공하수도관리청으로부터 재이용수를 사용수량의 100분의 10 이상 공급받는 경우에는 그러하지 아니하다.
	1. 「공중위생관리법」 제2조제1항제2호 또는 제3호의 규정에 따른 숙박업 또는 목욕장업에 사용되는 시설로서 건축 연면적이 6만제곱미터 이상인 시설물 2. 「산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률」 제2조제1호의 규정에 따른 공장으로서 1일 폐수배출량이 1천500세제곱미터 이상인 시설물 3. 그 밖에 대통령령이 정하는 종류 및 규모 이상인 시설물
하수도법 시행령 제21조 (중수도의 설치 등)	① 법 제26조제1항제3호에서 "대통령령이 정하는 종류 및 규모 이상인 시설물"이란 건축의 연면적이 6만제곱미터 이상인 시설물로서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 시설물을 말한다. <개정 2009.7.16> 1. 「유통산업발전법」 제2조제3호에 따른 대규모 점포 2. 「건축법 시행령」 별표 1 제8호에 따른 운수시설 3. 「건축법 시행령」 별표 1 제14호에 따른 업무시설 4. 「건축법 시행령」 별표 1 제23호가목에 따른 교정시설 5. 「건축법 시행령」 별표 1 제24호가목 및 나목에 따른 방송국 및 전신전화국 6. 그 밖에 물의 효율적인 이용을 위하여 특히 필요하다고 인정하여 지방자치단체의 조례로 정하는 시설

〈표 계속〉 중수도 및 하수처리수 재이용과 관련된 하수도법 내용

조항	내용
하수도법 제5조 (하수도정비기본계획 획의 수립권자 등)	③하수도정비기본계획에는 「공공하수처리시설에서 처리된 물의 재이용계획 및 공공 처리수재이용시설의 설치에 관한 사항」이 포함되어야 한다.
하수도법 제21조 (공공하수처리시설 처리수의 재이용)	①공공하수도관리청은 공공하수처리시설의 처리수를 공업용수·화장실용수·살수 용수·세차용수·청소용수·조경용수 등(이하 “재이용수”라 한다)으로 이용하거나 이를 필요로 하는 자에게 공급하여야 한다.
하수도법 시행령 제17조 (공공하수처리시설 처리수의 재이용)	법 제21조제1항 및 제2항에 따라 처리수를 공업용수·화장실용수·살수용수·세 차용수·청소용수·조경용수 등(이하 “재이용수”라 한다)으로 이용하거나 공급하여 야 하는 대상 공공하수처리시설은 1일 하수처리용량이 5천세제곱미터 이상인 공공 하수처리시설을 말하며, 해당 공공하수처리시설이 재이용수로 이용하거나 공급하여 야 하는 양은 1일 하수처리량의 100분의 5 이상으로 한다.

2. 물재생 용수량 및 장래 수요량 분석

○서울시의 현재 물재생 용수량 및 장래 수요량을 추정하기 위하여 하천유지
용수, 중수도용수, 청소용수 및 열섬완화용수, 뉴타운 등 수경시설용수, 공
원녹지의 조경용수 등 5가지로 나누어 살펴봄(<표 3>).

〈표 3〉 현재 재생용수량과 장래 수요량 추정

구분	현재 용수량	장래 수요량
하천유지용수	<ul style="list-style-type: none"> 서울시 36개 법정하천 중 국가하천인 한강, 중랑천, 안양천과 지방1급 하천인 청계천을 제외하고 총 32개 하천을 대상으로 유지용수 추정 32개 하천에 필요한 용수량은 265,294 m³/일임. 	<ul style="list-style-type: none"> 2030년 서울지역의 50여개 하천 복원에 따른 유지용수는 75만 m³/일임.
중수도용수	<ul style="list-style-type: none"> 현행 하수도법에는 대통령령이 정하는 종류에 해당하는 건물 중 연면적이 6만 m² 이상 시설물에 설치 의무화 2008년 기준 서울시 상업용 건물의 중수도시설은 52개소이며, 시설용량은 17,484 m³/일임. 	<ul style="list-style-type: none"> 기존건물의 연면적 의무기준을 5만 m²로 강화할 경우 중수도 설치대상 건물은 700개가 증가함. 장래 중수도시설용량은 235,340 m³/일임.

〈표 계속〉 현재 재생용수량과 장래 수요량 추정

구분	현재 용수량	장래 수요량
청소용수 및 열섬완화용수	<ul style="list-style-type: none"> • 현재 도로 1km당 약 0.1~1.5m³/일의 물이 사용됨. • 2009년 1년간 청소한 거리는 100만km이며, 총 사용한 물의 양은 987,579m³/일임. 	<ul style="list-style-type: none"> • 이면도로를 제외한 1차선 이상의 지방 도로 연장길이는 총 14,333km임 • 장래 물청소용수 하루 소요량은 20,743 m³/일임.
뉴타운 등 수경시설용수	<ul style="list-style-type: none"> • 도시공원 및 가로녹지대 수경시설 확보 용수량은 각각 446,696m³/일, 86,129 m³/일임. 	<ul style="list-style-type: none"> • 뉴타운 사업계획에 제시된 실개천 사업의 계획에 따라 장래 물수요가 증가할 것임 • 뉴타운단지 건립세대수는 317,337세대이며, 단지 내 실개천조성용수는 92,208m³/일임.
공원녹지의 조경용수	<ul style="list-style-type: none"> • 서울시 공원녹지관리는 수목 등에 용수를 공급하는 스프링클러 시설이 설치된 곳을 제외하고는 별도의 관리를 하지 않고 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> • 서울시 도시림은 도로변녹지, 하천변 녹지, 학교숲 등을 포함하여 총 9,007,200m²임. • 서울숲 녹지관리에 소요되는 용수량으로 서울시 도시림 관리 물소요량을 예측하면 119m³/일임. • 서울숲과 같은 주요 공원에서도 조경용수 사용량이 적어 전체적인 공원 녹지 관리 물사용량이 적게 나타남. 즉, 자연강우량에 의존하고 있음.

3. 국내외 사례

1) 반포2단지 삼성래미안 아파트 연못

- 반포 2단지 삼성래미안아파트는 대지면적이 133,661.30m²이며, 가구수는 2,444가구임. 단지 내에는 생태연못 3개와 소규모 벽천 등 수경시설이 설치되어 있으며, 역삼투막을 이용하여 순환정수처리를 하고 있음
- 생태연못은 담수량이 1,050m³이며, 수심은 0.1~0.4m로 낮음.

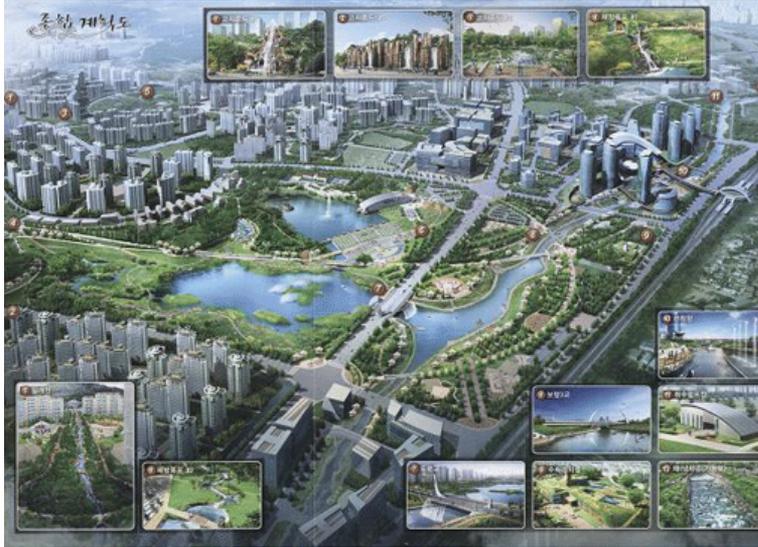


〈그림 4〉 반포 2단지 삼성래미안아파트 생태연못 조성모습

- 수질정화시설은 효율적인 녹조 예방을 위하여 흡서기 및 하절기 3~5일을 기준으로 전체수량을 처리함. 반포 2단지 내 생태연못의 처리용량은 10m³/hr임.
- 생태연못의 수질정화를 위해 오염원을 산화, 살균하여 녹조를 파괴하고 억제하는 효과가 뛰어난 전기장장치를 설치하였으며, 후속 장치로 막여과장치(SMF : Superior Micro Filtration)를 사용하여 처리효율을 높였음.

2) 교하신도시 물순환시스템

- 교하신도시는 총 개발면적 16.4km², 인구 205천명의 신도시로 계획되어 있음.
- 주요 시설물은 인공호수, 소리천, 실개천, 순환수 및 원수처리용 수처리시설, 초기우수처리시설, 수중폭기시설 등임.
- 취수장에서 취수된 물 5만8천m³/일과 임진강 원수의 하루 유입량 6천m³/일 등 총 6만 4천m³/일의 물이 단지 3곳의 연못 지하수로를 통해 압송됨.



사진출처 : <http://pajutimes.newsk.kr>(파주타임스)

〈그림 5〉 교하신도시 종합계획도

3) 코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도

- 코엑스 인터컨티넨탈호텔에는 가압형 멤브레인을 이용하여 여과, 재처리 한 하수를 화장실용수 등으로 재이용하는 중수도시스템이 가동되고 있음.
- 막모듈(MF막) 일체형설비로 0.05 μ m 이하의 기공(pore)을 투과한 물은 조경 용수, 쿨링타워 냉각수, 화장실용수, 청소용수 등 여러 가지 용도로 재이용됨.

〈표 4〉 코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도시스템 개요

구분	개요
설치시기	2007. 11.
시설용량	400m ³ /day
운전 FIUX	1m ³ /m ² ·day
모듈	HIFIM-50(8개)
운전방식	Outside-In(Cross flow)
막면적	50m ²



〈그림 6〉 코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도시스템 운영모습

- 중수도시스템은 2007년에 설치되었으며, 시설용량은 400m³/일임. 중수도 1일 평균 생산량은 약 150m³/일이며, 최근에는 1년간 평균 73,197m³를 생산하였음.
- 중수도시스템 운영에 따른 수질은 유입수의 BOD가 60~100mg/L이며, 처리 후 수질은 BOD가 2~2.6mg/L임. 처리된 물은 객실 및 공공지역의 화장실 변기 세정수, 쿨링타워 보충수, 조경용수, 청소용수 등으로 사용됨.
- 중수생산단가는 600원/m³이며, 물재이용 요금단가는 2,270원/m³(상·하수도 요금 및 물이용부담금 포함)임. 중수도시설 가동으로 인한 2009년 1년간 요금 절감액은 1억 2천만원 정도임.

$$(2,270\text{원}/\text{m}^3 - 600\text{원}/\text{m}^3) \times 73,197\text{m}^3 = 122,238,990\text{원}/\text{년}$$

- 코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도용수는 변기 세정수로도 활용되고 있어 경제성이 좋은 것으로 나타남.

4) 샌디에고(San Diego)의 용수 재이용

- San Diego에는 130만명이 거주하며 하루 평균 2억 1천만 갤런의 식수를 사용하고 있음. 향후 25년 동안 인구는 50%가량 증가할 것으로 예상되어 도시용수 공급을 늘리기 위한 용수 재이용에 관한 연구를 시작함.

- San Diego의 용수 재이용은 간접이용 용도와 비이용 용도 두 가지로 나눌 수 있음.
- 간접이용 용도의 용수는 화학적 혼화, 응집, 침전, 여과 및 살균의 처리과정을 거치는 공법을 사용하여 완전처리한 후 공급하고 있음.
- 비이용 용도의 용수는 관개용수, 산업용수 및 습지조성용수로 사용되고 있음. 캘리포니아주에서 비이용 재이용수는 관개용도가 70%로 가장 많이 사용되고 있으며, 5%는 산업용, 특히 냉각수로 사용됨.
- 비이용 재이용수는 일반적으로 공급 관리, 1차 처리, 2차 처리, 3차 처리 및 염소 소독을 거침. 산업용수와 같은 특정 용도에서는 기관 손상을 일으킬 수 있는 무기물의 제거를 위해 추가적인 처리가 요구됨.

5) 싱가포르

- 대표적인 물부족국가인 싱가포르는 말레이시아로부터 국내 물수요의 80%에 해당하는 물을 수입하고 있으며, 원수와 정수의 비율은 50:50임.
- 국가 생존차원에서 하수재이용을 위해 뉴워터(NEWater) 프로젝트를 추진하고 있음. 싱가포르 공공자원국은 NEWater 프로젝트의 일환으로 Bedok, Kranji, Sebetar, Ulu Pandan NEWater Plant를 건설하였는데, 그 중 Bedok NEWater Plant는 2002년 12월에 완공됨.
- 2002년말부터 Bedok처리장(3만2천m³/일)과 Kranji처리장(4만m³/일)에서 7만2천m³/일의 뉴워터(정화수)가 생산되고 있음.
- NEWater 공정은 막분리시설과 UV소독공정으로 구성됨.

1. 전통적인 하수처리 전 공정	뉴워터공장으로 이동하기 전에 침전 등 전통적인 방법으로 하수찌꺼기 처리
2. 마이크로 필터	밖에서 압력을 가한 오페수를 마이크로필터를 통과시켜 0.2 μ m보다 큰 분자나 박테리아 등을 걸러냄.
3. 역삼투압(RO)	역삼투압 장치를 통과시킴으로써 0.001 μ m 크기 이상의 분자를 걸러냄. 이 과정에서 바이러스, 중금속, 염화물 등이 걸려져 높은 수준의 물로 다시 만들어짐.
4. 자외선(UV) 살균	안전성을 위해 자외선을 이용한 추가 살균과정을 거침.

(그림 7) 뉴워터 처리공정

Ⅲ. 정책건의

- 현재 서울시의 물재생산업업체 중 몇 개의 수처리 전문 대기업을 제외하고는 자체적으로 경제성을 확보한 업체는 거의 없음.
- 물재생부문에서 하수처리수의 재이용에만 치중하고 있어 중소기업이 활동하는 산업으로 발전하는데 저해요소가 되고 있음.
- 그러나 물재생기술의 패러다임 변화로 시장성장 가능성이 있음. 막분리공정은 아직도 처리비용이 고가이므로 상용화에 어려움이 있으나 처리비용이 크게 떨어지고 있는데다 자동화가 유리하여 유지관리비용이 낮음. 또한 공간 활용성이 뛰어나 대도시의 건물 내 소규모 물재생시설에 활용이 가능함.

1. 물재생산업 활성화를 위한 정책방향

1) 재생용수의 새로운 수요창출로 산업기반 확보

- 공동주택단지 내에 조성된 실개천의 수경용수로 사용
- 공원과 수목, 잔디면적 확대에 따른 조경용수로 사용
- 열섬완화용수로 사용하여 활성화 기반 확보

2) 막분리 등 새로운 물재생처리기술의 적용

- 막분리필터의 가격하락 등으로 상용화가 추진됨. 막분리의 핵심필터인 멤브레인은 처리대상범위가 넓어 공공 상하수도, 산업용수, 해수담수화처리에 활용되고 있음.
- 막분리처리는 처리프로세스를 단순화시켜 처리시설의 공간을 최소화할 수 있기 때문에 상업용 빌딩 및 공동주택단지에 설치가 가능함.
- 건물 내에서 처리한 후 하천으로 직방류하는 물순환시스템 확보가 가능하므로 민간업체의 활성화 기반 확보가 가능함.

3) 인센티브와 규제정책 확대를 통한 활성화

- 연면적 6만㎡ 이상의 건축물은 중수도시설 설치가 의무화되어 있으나 이 기준에 포함되는 건물이 많지 않음. 중수도시설 설치 의무화 기준을 상향 조정하여 물재생업체의 수요를 창출해야 함.
- 수경시설이 설치된 대형 아파트 단지에도 물재생시설(중수도시설) 설치를 단계적으로 의무화하는 방향으로 나아가야 함.
- 건물에 중수도시설을 설치하고 용수를 하천용수나 청소용수로 활용할 경우 공공에서 이를 구매하는 방식으로 인센티브를 제공하는 것이 필요함.

4) 성장과 고용촉진을 위해 녹색산업으로 육성

- 물재생산업은 환경을 보존하면서 성장을 추진하는 녹색성장의 핵심분야임에도 불구하고 정책적인 지원이 미약함.
- 물재생산업을 녹색성장산업으로 분류하여 육성하고, 중소기업의 물재생업체의 신·증설로 성장과 고용을 촉진시켜야 함.

5) 물재생산업 클러스터 조성

- 서울은 가장 큰 상·하수도시설이 작동하는 도시임. 빌딩군, 대형아파트단

- 지, 녹지, 열섬완화지역 등을 상·하수도시설과 연계하면 서울의 대규모 상·하수도시설과 연계된 물재생산업 클러스터 조성이 가능함.
- 물재생산업과 연관된 산업에도 지원해야 함. 수처리와 관련된 장비, 기기 제품, 수량계측 장비, 수처리약품, 분리막 제조 등의 산업과도 연계하여 활성화할 수 있음.

2. 물재생산업의 활성화 방안

1) 물재생기업의 새로운 수요창출 기반마련

(1) 신축건물의 중수도시설 의무화 기준 강화

- 신축건물의 경우 중수도시설 설치 의무화 기준을 연면적 5만㎡ 이상의 상업용 빌딩으로 상향조정해야 함.

(2) 신축건물의 경우 중수도관 설치로 변기 세정용수 사용 의무화

- 신축건물의 경우 중수도를 이용한 화장실의 변기 세정용수 사용을 의무화해야 함. 이를 위해서는 중수도관과 변기 세정관이 연결되는 배관구조를 의무화하여야 함.
- 재생용수 활용처를 변기 세정용수로 확대하면 보다 높은 경제성을 확보할 수 있을 것임.

(3) 연면적 5만㎡ 이상의 기존건물까지 중수도시설 설치 확대

- 연면적 5만㎡ 이상의 기존건물도 3~5년 정도의 준비기간을 거쳐 중수도시설 설치를 단계적으로 의무화해야 함.

(4) 500세대 이상 공동주택단지의 중수도시설 설치 의무화

- 500세대 이상의 신·개축 공동주택단지에도 중수도시설 설치 의무화가

- 필요함. 공동주택의 물재생처리를 통해 조경용수나 실개천 용수로 활용하고 나아가 청소용수로도 사용하는 것이 필요함.
- 또한 서울시의 500세대 이상 기존 공동주택단지 825개에 대해서도 중수도 시설 설치를 단계적으로 의무화할 필요가 있음.

(5) 열섬완화용수와 수경용수 등 새로운 재생용수 수요확보

- 공동주택의 친수용수시설 설치에 아파트의 고급화전략에 맞물려 지속적으로 증가할 것임. 또한 열섬완화용수와 청소용수의 사용도 지속적으로 증가할 것임.

(6) 바닥분수와 대규모 물놀이시설의 물재생시설 운영과 수질관리

- 바닥분수는 물을 순환시켜 활용하므로 수질이 악화될 경우가 많음. 바닥분수 등 친수시설의 운영 및 유지관리는 물재생처리업체나 수질 관리업체를 통해 이뤄져야 함.

(7) 세차장 등 다량의 물사용업소에 물재생시설 설치를 단계적으로 의무화

- 세차장 등의 업소에 물재생처리시설 설치를 단계적으로 의무화하여 재생된 물을 사용하도록 해야 함. 서울시 세차업소는 1,749개소이며, 물을 다량으로 사용하는 기계자동식 세차장 등을 대상으로 물재생 시설을 설치하도록 함.

2) 물재생산업을 서울시 전략산업으로 육성

(1) 물재생산업을 서울시 전략산업으로 육성·관리

- 서울특별시장은 「국가균형발전특별법」 제28조 1항과 「서울특별시전략산업육성및기업지원에관한조례」 제5조(전략산업의선정)에 의해 물재생산업을 서울시 전략산업으로 육성할 수 있음.

- 이 조례에 의하면 시장은 ①성장잠재력과 경제성장에 기여도가 높은 산업 ②지역혁신에 중심적인 역할을 할 수 있는 산업 ③기술지식집약성과 입지 우위성이 높은 산업을 전략산업으로 선정하여 육성할 수 있음.
- 서울시에는 현재 위의 3가지 사항을 충족시킬 수 있는 여건이 마련되어 있음.

(2) 전략산업으로 지정, 인센티브 등 지원규정

- 서울특별시장은 「서울특별시전략산업육성및기업지원에관한조례」 제6조(종합지원계획의 수립), 제7조(기반시설의 우선공급), 제8조(마케팅의 지원), 제9조(기술개발의 지원)에 의해 물재생산업의 육성을 지원할 수 있음. 이와 별도로 「물재생산업의지원에관한조례(안)」을 제정하여 인센티브를 제공할 수 있음.

3) 물재생시설 및 업체에 경제적 인센티브를 제공

- 수원시, 인천시 등 타 지방자치단체에는 중수도사용량의 일정비율에 해당하는 양만큼 수도물 요금을 감면해주는 규정이 있음. 서울시에도 재생처리량(발생량의 10%)의 일정비율만큼 상·하수도요금을 감면해주는 경제적 인센티브 방안이 마련되어야 함. 또한 건물 등에서 물을 재생 처리하여 하천으로 방류할 경우 친수용수로 사용되는 용수량에 대해 하천용수 확보비용을 공공에서 제공하는 방안이 마련되어야 할 것임.

4) 수도요금의 일정비율을 출연하여 「물재생시설 및 업체의 활성화를 위한 기금」 조성

- 물재생시설 및 업체의 활성화를 위해 상수도요금에서 일정비율을 매년 출연하여 기금으로 조성함. 특히 재생처리수의 하천방류를 위한 관거시설 공사 등은 이 기금을 활용할 수 있도록 함.

5) 물재생업체(중수도)사업 모델

- 이 연구에서는 도림천 주변의 여러 유형의 건물(업무용건물, 공동주택 등의 조합)에 대해 사업 모델을 제시하고, 경제성을 분석하였음. 특히 재생용수 수요가 많은 하천용수의 활용가능성 등을 예상하여 도림천 인근에 위치한 건물을 대상으로 분석함(<표 5>).

<표 5> 물재생시설 분석 대상건물의 현황

구역	건물명	전용면적(m ²)	이용인구수(명)	지상층수	지하층수
A	신도림포스빌	63,985.23	1,840	25	5
	신도림테크노마트	140,923.98	120,000	40	7
B	대림현대1차아파트	41,350.16	476(세대수)	20	1
	대림현대2차아파트	24,755.77	280(세대수)	20	1
	대림현대3차아파트	97,545.38	591(세대수)	20	0
C	우림이비지센터 1차	60,116.89	4,122	14	2
	우림이비지센터 2차	54,605.43	3,744	14	2
D	이마트구로점	38,945.64	5,000	8	2
E	대룡포스트타워 2차	77,401.82	5,307	15	3
	대룡포스트타워 3차	51,039.71	3,500	14	3

- 대상지 건물에 물재생시설을 설치할 경우 소요되는 비용에는 공사비(토목/건축, 기계/배관, 전기/계측제어, 시운전비), 기본조사 및 감리비, 기본 및 실시설계비 등 시설설치비와 인건비, 경비(전력비, 약품비, 소모품비) 등 유지관리비, 전처리 및 슬러지처리비(시설설치비의 30%), 막교체비(4년에 1회 교체) 등이 있음.
- 대부분의 건물군은 경제성이 충분하며, 4~16년 정도면 설치비용을 회수할 수 있는 것으로 분석됨.
- 소규모 영업용건물은 재생처리량 40m³/일 이상이어야 중수도시설 설치의 경제성을 확보할 수 있는 것으로 분석됨.
- 기존 공동주택군의 경우 상하수도요금의 상대적으 낮아 재생용수의 활

- 용처가 확보되면 물재생 비용을 높여 운영하고 재생용수량의 50%에 해당하는 상하수도요금을 인센티브로 지원하면 경제성을 확보할 수 있음.
- 500세대 이상의 신축공동주택인 경우 중수도시설 설치를 의무화하고 이를 기준으로 경제성을 분석하면 첫째에 설치비용을 회수할 수 있음.
 - 재생용수의 사용처 확보에 공공의 지원이 필요함. 특히 하천용수나 청소용수로 활용 시 이에 따른 구매비용을 지원해야 함.

(표 6) 건물 유형별 사업가능성(모델) 분석

건물군 유형		재생처리량 (m ³ /일)	활용 가능량	경제성 분석(B/C)	평가 및 비고
A	대형 업무용 건물	121	청소용수로 전량 활용	4년안에 시설 비용 회수	대형 상업용 건물이 설치되어 경제성이 높음.
B	1 공동주택 재생용수량 50%에 해당하는 요금 감면의 경우	77	공동주택 내부 청소용수로 활용	16년안에 비용회수	기존공동주택의 경우 물관련 요금이 낮아 경제적 타당성이 낮음. 따라서 재생용수량 50%에 해당하는 요금 감면 필요
	2 공동주택 신축의 경우		신축 시 화장실 변기세정용수배 관을 설치하여야 하고, 이 경우 재생용수 수요는 매우 많음.	첫 해 비용회수	신축공동주택의 경우 중수도설치를 의무화하여야 하고, 이럴 경우 첫 해에 비용 회수 가능
C	2개 업무용건물	42.8	청소용수로 활용	9년안에 비용회수	변기세정용수로 활용하기 위한 중수도 배관설치와 처리량을 높이면 비용회수기간이 크게 단축됨.
D	1개 판매시설건물	27.6	청소용수로 활용	10년안에 비용회수	상동
E	2개 업무용건물	58.2	청소용수로 전량 활용	5년안에 비용회수	상동

6) 물재생기업(중수도)의 ESCO사업 도입으로 활성화 추진

- 물재생사업(중수도시설)은 초기 투자비가 비교적 많기 때문에 물재생기업이 ESCO(에너지절약)사업을 도입할 수 있도록 기반을 마련해주어야 함.

7) 물재생이나 중수도에 대한 제도적 개선방안

(1) 「도시용수의 물재생 및 관리에 관한 법률」 제정

- 도시용수의 물재생 및 관리에 대한 수요·공급이 급증하고 있어 『하수도법』의 건축물에 대한 중수도시설 설치 규정으로는 대처하기에 한계가 있음.
- 따라서 물재생산업의 활성화 및 하수도법의 중수도시설 설치 규정 등을 통합하여 「도시용수의 물재생 및 관리에 관한 법률」을 제정하여야 함.

- 물재생시설의 수요처 확대에 대한 사항
- 물재생시설(공급시설) 확대에 대한 사항
 - 물재생시설의 의무화 대상 확대(단계별 의무화)
 - 기존 업무용 건축물(6만㎡ 이상), 신축 업무용 건축물(5만㎡ 이상)
 - 기존 공동주택 및 신개축 공동주택(500세대 이상)
- 물재생업체 신증설과 운영에 대한 경제적 지원 사항
 - 중수도와 수경시설 등 물재생시설에 대한 조세감면 사항
 - 하천용수, 열섬완화용수 등으로 이용 시 비용 제공 사항
- 물재생산업의 육성에 대한 사항
 - 물재생산업의 육성을 위한 마스터 플랜 작성
 - 물재생 공법 및 기술 개발과 산업클러스터 조성에 대한 사항
- 지방자치단체에서는 법률보다 강화된 조례를 제정할 수 있는 사항
 - 서울시 등 지역특성을 고려하여 법에 규정된 중수도 의무화 기준보다 강화된 조례를 제정할 수 있도록 위임사항으로 규정

(2) 서울시 중수도 운영 및 이용요금 감면 조례 제정

- 현재 서울시에는 중수도시설 설치에 대한 이용요금 경감과 관련된 조례가 없음.
- 중수도시설 및 물재생시설 설치에 대해 인센티브(수도요금이나 하수도사용료, 하천용수로 이용비용) 등을 지원할 수 있는 사항을 조례로 제정해야 함.
- 「서울시 중수도시설과 물재생시설의 설치 및 운영에 대한 조례」에 포함되어야 하는 사항은 다음과 같다.

- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| ○ 중수도 및 물재생시설의 정의 | ○ 시설 지원사항(설치 시 수도요금, 하천용수 비용 등) |
| ○ 중수도 설치 대상 | ○ 재생용수량 측정 및 인정에 대한 사항 |
| ○ 중수도 관리(중수도 및 수경시설 등의 관리) | ○ 서울시의 중수도 의무화기준보다 강화된 조례 제정 |
| ○ 물재생 및 관리 시설 수질기준 | |

목 차

제1장 연구의 개요	3
제1절 연구배경 및 목적	3
1. 연구 배경	3
2. 연구 목적	4
제2절 연구의 범위	5
1. 내용적 범위	5
2. 공간적 범위	5
제3절 연구수행 모식도	6
제2장 물재생 및 관리산업의 현황 및 제도	9
제1절 물재생 및 관리산업의 정의	9
1. 물재생측면에서 본 정의	9
2. 물 순환측면에서 본 정의	11
3. 물(수질)관리 산업	12
제2절 물재생산업의 현황 및 실태조사	12
1. 물재생산업의 종류 및 규모	12
2. 바닥분수의 물(수질)관리 현황	24
제3절 물재생처리 기술의 진보	25
1. 기존 물재생(수처리) 처리기술	25
2. 최신기술인 막분리공정의 상용	26
3. 막분리공정과 타 공정이 조합되어 다양한 활용성 창출	27
4. 막산업의 동향	28
제4절 관련제도 및 현황 분석	29
1. 중수도와 관련된 법규	30

2. 하수처리수 재이용 관련 법규	34
3. 수질기준	35
제3장 물재생 용수량 및 장래 수요량 분석	39
제1절 하천유지용수량	39
1. 현재 용수 확보량	39
2. 장래 수요량 분석	41
제2절 중수도시설	41
1. 현재 시설 확보량	41
2. 장래 시설량 분석	43
제3절 청소용수 및 열섬완화 용수	44
1. 현재 용수 확보량	44
2. 장래 수요량 분석	45
제4절 뉴타운 등의 수경시설 용수량	45
1. 현재 용수 확보량	45
2. 장래 수요량 분석	46
제5절 공원녹지의 조경용수	48
1. 현재 용수 확보량	48
2. 장래 용수수요량 분석	48
제4장 국내외 사례	53
제1절 국내사례	53
1. 친수용수 등의 공급시설 산업사례	53
2. 교하신도시 물순환시스템	58
3. 코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도시스템	62

제2절 국외사례	64
1. 미국	65
2. 싱가포르	75
제5장 물재생시설의 사업모델 구축	83
제1절 물재생시설의 분석대상 선정	83
1. 분석대상지 개요	83
2. 건물 유형군 선정	84
제2절 물재생시설(중수도)의 경제성 평가	91
1. 건물 내 물재생시설 설치비용	91
2. 건물 유형군별 편익 및 경제성 분석	93
제6장 물재생산업의 활성화방안	107
제1절 기본방향	107
1. 물재생의 필요성	107
2. 물재생산업의 여건 및 특성	108
3. 물재생산업 활성화를 위한 정책방향	110
제2절 물재생산업의 활성화방안	115
1. 물재생기업의 새로운 수요창출 기반 마련	115
2. 물재생산업을 서울시 전략산업으로 육성	121
3. 물재생시설 및 업체에 경제적 인센티브 제공	122
4. 수도요금의 일정비율을 출연하여 「물재생시설 및 업체의 활성화를 위한 기금」 조성	122
5. 물재생업체(중수도)사업 모델 개발	123

6. 물재생기업(중수도)의 ESCO사업 도입으로 활성화 추진	124
7. 물재생이나 중수도에 대한 제도적 개선방안	124
제7장 결론 및 정책건의	131
제1절 연구결과	131
1. 물재생 및 관리산업의 현황 및 제도	131
2. 물재생 용수량 및 장래 수요량 분석	137
3. 국내외 사례	138
4. 물재생시설의 사업모델 구축	143
제2절 정책건의	144
1. 물재생산업 활성화를 위한 정책방향	145
2. 물재생산업의 활성화 방안	146
참고문헌	155
부 록	159
영문요약	181

표 목 차

〈표 2-1〉 서울시 물재생산업 소분류 구별 사업체수	13
〈표 2-2〉 서울시 물재생산업의 세부분류 사업체수	14
〈표 2-3〉 상하수도협회 회원업체 명단 중 일부업체	16
〈표 2-4〉 2008년 서울시 중수도시설 현황	19
〈표 2-5〉 용도별 하수처리수 재이용 현황	22
〈표 2-6〉 2006년 하수처리수 재이용사업(6개소)	23
〈표 2-7〉 2007년 하수처리수 재이용사업(신규 6개소)	23
〈표 2-8〉 2008년 하수처리수 재이용사업(신규 5개소)	23
〈표 2-9〉 2009년 하수처리수 재이용사업(신규 12개소)	24
〈표 2-10〉 수처리용 분리막의 종류 및 용도	27
〈표 2-11〉 분리막 모듈의 세계시장 규모	29
〈표 2-12〉 막모듈 국내시장의 규모 및 예측	29
〈표 2-13〉 중수도와 관련된 법규 내용	30
〈표 2-14〉 조세특례제한법에 나타난 중수도 관련내용	32
〈표 2-15〉 수자원공사 수도물 공급규정에 의한 중수도 요금감면 내역	33
〈표 2-16〉 한국수자원공사 중수도 요금감면	33
〈표 2-17〉 하수처리수 재이용과 관련된 하수도법 내용	34
〈표 2-18〉 중수도의 수질기준	35
〈표 2-19〉 수영장 수질기준	36
〈표 3-1〉 서울시 하천(32개) 유지용수량	39
〈표 3-2〉 중수도시설을 설치한 건물의 연면적 현황(2008년)	42
〈표 3-3〉 연면적별 건물수	43
〈표 3-4〉 도로 물청소용수량(2009년)	44
〈표 3-5〉 서울시 도시공원 및 가로녹지대 수경시설 용수 수요량	46

〈표 3-6〉 뉴타운사업 지정현황 및 장래 실개천 용수	47
〈표 3-7〉 서울시 도시립 면적 현황	49
〈표 4-1〉 반포2단지 삼성래미안 아파트 현황	53
〈표 4-2〉 생태연못 현황	54
〈표 4-3〉 여과장치 비교	56
〈표 4-4〉 여과장치의 효능	57
〈표 4-5〉 교하신도시 물순환시스템 조성사업 개요	59
〈표 4-6〉 주요시설물 및 부대시설 계획	60
〈표 4-7〉 코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도시스템 개요	62
〈표 4-8〉 중수도시스템 운전모드	63
〈표 4-9〉 중수도시스템 운영에 따른 수질결과	64
〈표 4-10〉 용수 재이용 대안들에 대한 평가 기준	66
〈표 4-11〉 간접음용을 위한 처리폐수의 재이용 방법	69
〈표 4-12〉 오염 물질 제거를 위한 용수 및 폐수 처리	70
〈표 4-13〉 재이용수의 비음용 용도로 이용에 필요한 시설	71
〈표 4-14〉 재이용수의 간접 음용 이용 방안	72
〈표 4-15〉 하수처리수 재이용에서의 공중위생 확보를 위한 최저 처리레벨의 예	73
〈표 4-16〉 Kranji 처리장 시설의 개요	77
〈표 4-17〉 처리수 수질	78
〈표 4-18〉 Seletar 처리장 시설의 개요	79
〈표 5-1〉 물재생시설의 분석 대상건물	85
〈표 5-2〉 A구역 건물현황	86
〈표 5-3〉 B구역 건물현황	87

〈표 5-4〉 C구역 건물현황	88
〈표 5-5〉 D구역 건물현황	89
〈표 5-6〉 E구역 건물현황	90
〈표 5-7〉 도림천 주변 건물 월평균 물사용량 및 요금	91
〈표 5-8〉 처리량별 시설설치 비용	92
〈표 5-9〉 연간 유지관리 비용	92
〈표 5-10〉 물재생시설 관련 총 비용	93
〈표 5-11〉 A구역 물재생시설 설치 및 운영비용	94
〈표 5-12〉 A구역 물재생시설 설치를 통한 편익비용	95
〈표 5-13〉 A구역 물재생시설 비용편익 비율	96
〈표 5-14〉 B구역 물재생시설 설치 및 운영비용	97
〈표 5-15〉 B구역 물재생시설 설치를 통한 편익비용	97
〈표 5-16〉 B구역 물재생시설 비용편익 비율	97
〈표 5-17〉 신축 공동주택의 경우 물재생시설 설치 및 운영비용	98
〈표 5-18〉 신축 공동주택의 경우 물재생시설 설치를 통한 편익비용	99
〈표 5-19〉 신축 공동주택의 경우 물재생시설 비용편익 비율	99
〈표 5-20〉 C구역 물재생시설 설치 및 운영비용	100
〈표 5-21〉 C구역 물재생시설 설치를 통한 편익비용	101
〈표 5-22〉 C구역 물재생시설 비용편익 비율	101
〈표 5-23〉 D구역 물재생시설 설치 및 운영비용	102
〈표 5-24〉 D구역 물재생시설 설치를 통한 편익비용	102
〈표 5-25〉 D구역 물재생시설 비용편익 비율	102
〈표 5-26〉 E구역 물재생시설 설치 및 운영비용	103
〈표 5-27〉 E구역 물재생시설 설치를 통한 편익비용	104

〈표 5-28〉 E구역 물재생시설 비용편익 비율	104
〈표 6-1〉 면적 50,000㎡ 이상 건물 개소수	117
〈표 6-2〉 서울시 세대별 아파트수	118
〈표 6-3〉 조경 및 수경용수의 장래 수요량 분석	119
〈표 6-4〉 건물 유형별 사업가능성(모델) 분석	124
〈표 7-1〉 서울시 물재생산업의 세부분류 사업체수	133
〈표 7-2〉 중수도 및 하수처리수 재이용과 관련된 하수도법 내용	136
〈표 7-3〉 중수도의 수질기준	137
〈표 7-4〉 현재 재생용수량과 장래 수요량 추정	138
〈표 7-5〉 코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도시스템 개요	141
〈표 7-6〉 물재생시설 분석 대상건물의 현황	143
〈표 7-7〉 물재생시설 분석 대상건물의 현황	144
〈표 7-8〉 건물 유형별 사업가능성(모델) 분석	150

그림목차

〈그림 1-1〉 연구수행 모식도	6
〈그림 2-1〉 물산업의 제조, 건설, 운영의 Value Chain	10
〈그림 2-2〉 물재생 부문 중 민간기업영역과 공공영역의 대략적 구분	11
〈그림 2-3〉 지역별 업체수	14
〈그림 2-4〉 서울시 자치구별 상수도협회 회원업체수	15
〈그림 2-5〉 서울시 종류별 상수도협회 회원업체수	15
〈그림 2-6〉 서울시 환경산업체 현황	17
〈그림 2-7〉 자치구별 방지시설업체수 현황	17
〈그림 2-8〉 자치구별 설계시공업체수 현황	18
〈그림 2-9〉 자치구별 환경설비 제조 판매업	18
〈그림 2-10〉 연도별 하수처리수 재이용 현황	21
〈그림 2-11〉 연도별 하수처리수 재이용량	22
〈그림 2-12〉 물재생처리 공정의 변화	25
〈그림 2-13〉 세라믹으로 만든 막(모듈)분리막	26
〈그림 2-14〉 분리막 미세기공에 따른 제거 오염물질	27
〈그림 2-15〉 막분리공정과 타 공정을 조합한 시스템의 예	28
〈그림 3-1〉 서울시 하천 복원에 따른 유지용수량 변동추이	41
〈그림 4-1〉 반포2단지 아파트 생태연못 조감도	54
〈그림 4-2〉 반포 2단지 아파트 생태연못 조성모습	55
〈그림 4-3〉 SMF시스템 구성도	57
〈그림 4-4〉 교하신도시 종합계획도	58
〈그림 4-5〉 교하신도시 물순환시스템 조성 위치	59
〈그림 4-6〉 주요 시설물 설치계획	60
〈그림 4-7〉 물순환 흐름도	61

〈그림 4-8〉 코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도시스템 운영모습	62
〈그림 4-9〉 중수도 공정도	63
〈그림 4-10〉 2001년 캘리포니아주 물재이용 현황	67
〈그림 4-11〉 캘리포니아주의 하수처리수 재이용 용도(2000년)	73
〈그림 4-12〉 NEWater Plant 모습	76
〈그림 4-13〉 뉴워터 처리공정	76
〈그림 4-14〉 Kranji 처리장의 원가 및 유통경로	77
〈그림 4-15〉 뉴워터 처리공정	78
〈그림 4-16〉 하수처리수의 NEWater Process	80
〈그림 5-1〉 도림천의 위치 및 현황	84
〈그림 5-2〉 도림천 주변 건축물	85
〈그림 5-3〉 A구역 위치	86
〈그림 5-4〉 B구역 위치	87
〈그림 5-5〉 C구역 위치	88
〈그림 5-6〉 D구역 위치	89
〈그림 5-7〉 E구역 위치	90
〈그림 5-8〉 A구역 물재생시설의 비용편익 분석결과	96
〈그림 5-9〉 B구역 물재생시설의 비용편익 분석결과	98
〈그림 5-10〉 신축 공동주택의 경우 비용편익 분석	100
〈그림 5-11〉 C구역 물재생시설의 비용편익 분석결과	101
〈그림 5-12〉 D구역 물재생시설의 비용편익 분석결과	103
〈그림 5-13〉 E구역 물재생시설의 비용편익 분석결과	104
〈그림 6-1〉 물재생산업 활성화를 위한 정책방향	111
〈그림 7-1〉 물산업의 제조, 건설, 운영의 Value Chain	132

〈그림 7-2〉 물재생 부문 중 민간기업영역과 공공영역의 대략적 구분	132
〈그림 7-3〉 연도별 하수처리수 재이용 현황	134
〈그림 7-4〉 막분리공정과 타 공정을 조합한 시스템의 예	135
〈그림 7-5〉 반포 2단지 삼성래미안아파트 생태연못 조성모습	139
〈그림 7-6〉 교하신도시 종합계획도	140
〈그림 7-7〉 코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도시스템 운영모습	141
〈그림 7-8〉 뉴워터 처리공정	143

제1장 연구의 개요

제1절 연구배경 및 목적

제2절 연구의 범위

제3절 연구수행 모식도

제 1 장

연구의 개요

제1절 연구배경 및 목적

1. 연구 배경

최근 물재생 및 활용에 대한 관심이 크게 증가하고 있다. 지속가능한 수자원 확보를 위한 최선의 대안이 물재생에 있음은 명확하다. 즉 도시생활과 산업이 고도화될수록 물재생은 중요한 과제로 부각되고 있기 때문이다. 이 연구의 배경은 4가지로 나눌 수 있다.

첫째, 시민들의 물수요의 패러다임이 변하고 있다. 즉 먹는 물 등 생활용수의 확보는 당연하다고 보고 나아가 시민들의 어메니티나 재산가치를 향상시키기 위해 물의 사용이 가속화되고 있다. 예를 들면 뉴타운이나 아파트단지 내 실개천 조성이나 수경시설 설치가 보편화되고 있다.

이렇게 물수요는 증가하고 있으나 공급이 부족하여 물부족 현상이 예견되고 있다. 물부족 현상은 이미 지역적으로나 계절적으로 나타나고 있다. 도시지역에서는 하천유지용수가 부족하여 건천화가 심화되고 있으며, 일부 공업지역을 중심으로 물부족 현상이 나타나서 생활용수 확보마저도 어려움을 겪고 있다. 따라서 생활하수의 현장재생과 바닥분수 및 수경시설의 물재생관리의 필요성이 증가하고 있다.

둘째, 물재생을 통한 지역 내 물순환에 기여할 수 있다. 현재 물을 공급하기 위한 댐 등 공급시설 확보가 어려워진 상황에서 지역 내 물재생과 물순환은 새로운 물공급의 대안으로 부각되고 있다.

셋째, 물재생기술의 발달로 물재생산업의 활성화를 위한 기반이 마련되고 있다. 즉 소규모 물재생업체가 발생원(Onsite)에서 생활용수를 처리하여 재사용할 수 있는 기반이 조성되고 있다.

넷째, 물재생산업은 물산업시장 중 가장 큰 일자리 창출 시장으로 성장할 수 있는 여력이 충분하다. 도시에서의 물재생산업은 소규모업체의 설립을 촉진하여 일자리 창출에 기여할 수 있다. 즉 조경용수 및 열섬완화용수 등 다양한 세부분야에서 활용할 수 있으므로 중장기적으로는 가장 큰 일자리 창출 시장을 형성할 수 있다.

2. 연구 목적

도시에서 재생수의 활용은 갈수록 중요한 의미를 가진다. 급증하는 양질의 물수요에 비해 공급이 부족한 상황에서 물재생과 관리는 새로운 양질의 물을 생산하는 것이기 때문이다. 따라서 이 연구는 물재생 및 관리산업의 활성화를 위하여 관련된 현황과 사업체를 분석하고, 민간투자를 바탕으로 물재생 및 관리를 위한 소규모 민간산업이 활성화될 수 있는 여러 방안을 도출하는 데 목적이 있다.

제2절 연구의 범위

1. 내용적 범위

지금까지 발표된 물재생분야의 연구는 물재생센터(하수처리장)의 하수처리(방류)수 재이용에 관한 것이 대부분이었다. 이들 연구는 발생량이 많은 하수처리수의 재활용을 촉진하기 위해 공공부문의 역할을 위주로 하였기 때문에 물재생 및 관리를 위한 소규모 민간업체의 활성화에는 미흡한 측면이 있었다. 이러한 점을 고려하여 이 연구는 물재생 및 관리업체의 확대 및 신설 등에 기여할 수 있는 부문을 위주로 하였다.

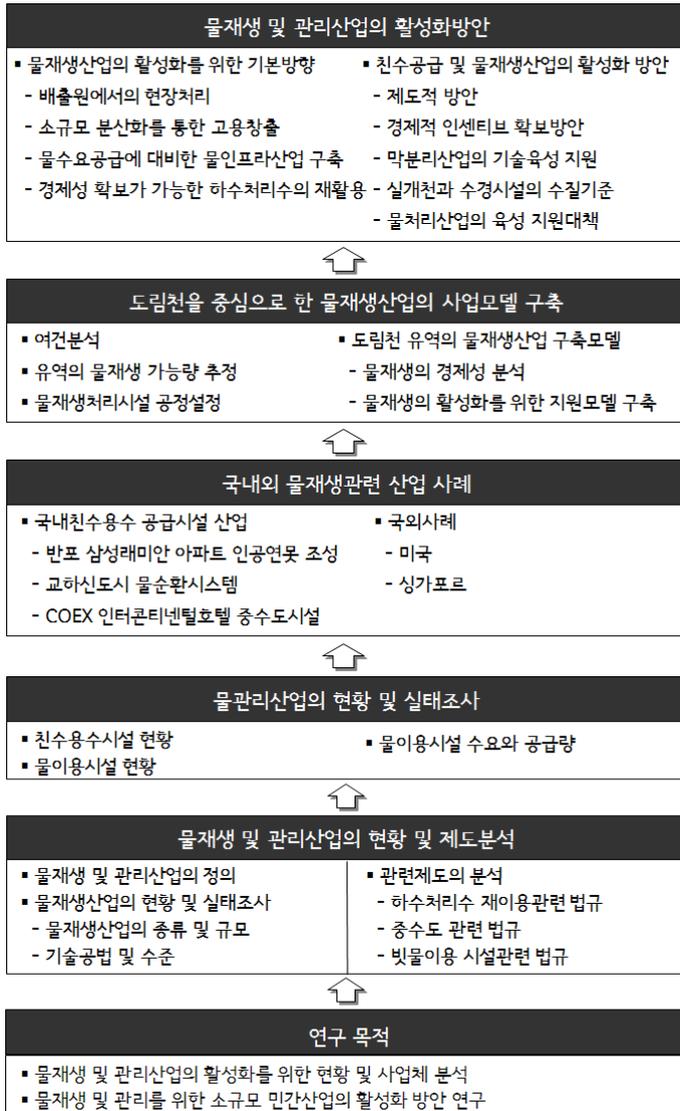
또한 물산업은 물재생산업을 포괄하는 개념이므로 연구범위에서 전적으로 제외할수는 없지만 물산업육성법(안)의 주요 내용인 상수도산업의 민영화에 대해서는 최소화하였고, 빗물이용에 대한 사항이 포함된 빗물관리시설은 물재생 및 관리 부문에 포함되는 영역이 적어 제외하였다.

2. 공간적 범위

이 연구의 공간적 범위는 서울시를 위주로 하였으나 물재생 및 관리산업의 활성화를 위해 서울시 외 지역의 현황과 사례도 참조하였다. 특히 물재생 및 관리산업의 활성화를 위한 지원모델은 정부차원과 서울시차원으로 나누어 제시하였다.

제3절 연구수행 모식도

연구수행 모식도는 <그림 1-1>과 같다.



<그림 1-1> 연구수행 모식도

제2장 물재생 및 관리산업의 현황 및 제도

제1절 물재생 및 관리산업의 정의

제2절 물재생산업의 현황 및 실태조사

제3절 물재생처리 기술의 진보

제4절 관련제도 및 현황 분석

제 2 장

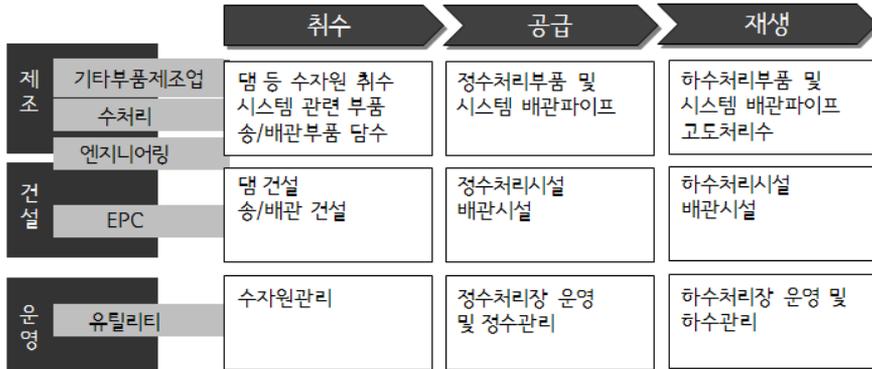
물재생 및 관리산업의 현황 및 제도

제1절 물재생 및 관리산업의 정의

1. 물재생측면에서 본 정의

물재생산업이란 한번 사용한 물을 재생하여 부가가치를 형성하는 산업으로 정의할 수 있다. 광의로 정의해 보면 물재생에 필요한 설계 및 수처리, 재생된 물의 유통, 측정 및 계측, 물재생에 필요한 시약품 등 연관 분야가 총 망라된 업체의 집합이라고 할 수 있다.

또한 물관리산업이란 각종 물을 이용하는 시설의 수질을 관리하는 서비스 산업으로 정의할 수 있다. 이 연구에서는 비교적 중·소규모의 민간업체에 의해 이루어지는 산업(제조 및 서비스업)으로 국한하였다. 특히 물관리산업은 아직 명확하게 서비스영역이 확보되지는 않았지만 장기적으로 도시의 친수용수 및 단지 내 실개천의 수질관리 등에서 서비스가 생성될 수 있는 산업이다. 물관리산업도 크게 보면 물을 재생하여 순환·공급한다는 측면에서는 물재생산업 범위에 속한다. 물재생산업은 <그림 2-1>과 같이 물산업의 Value Chain(가치사슬)의 제조-건설-운영으로 구성되어 있다. 다만 물산업의 범위에 속하는 취수 등의 분야는 제외된다.



(그림 2-1) 물산업의 제조, 건설, 운영의 Value Chain

물재생업체를 가치사슬 측면으로 분류하기는 쉽지 않다. 왜냐하면 현재의 기업은 제조, 건설, 운영을 동시에 수행하는 복합체이기 때문이다.

따라서 도시의 물재생산업을 처리수의 이용측면으로 분류하면 다음과 같이 크게 다섯 가지로 구분할 수 있다. 1) 재생수의 하천유지용수 활용, 2) 대형건물의 중수도시설, 3) 인공연못과 바다분수, 실개천 등 친수용수로 활용, 4) 청소 및 조경용수로 활용, 5) 열섬완화 등 기후조절용수로 활용 등이 그것이다.

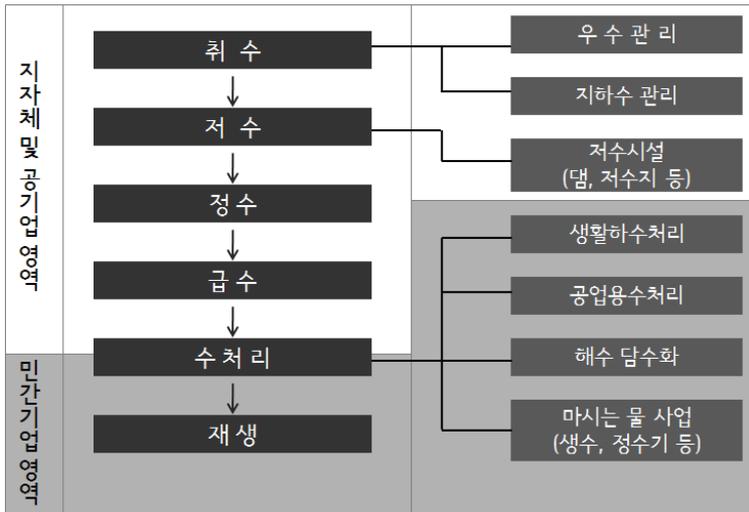
여기서 물산업을 정의해 보면 물재생산업의 개념이 보다 명확해진다. 물 산업이란 수자원을 확보하고 오염된 물을 정화하는 영리행위를 총칭한다. 동시에 물을 취수하여 정수처리한 후 이송·공급하고, 물사용 후 하폐수를 재생 처리하는 제조 및 서비스업의 일체를 의미한다. 즉 물산업은 “각종 용수(생활, 공업)를 생산하여 보급하는 산업과 하수·폐수를 이송 및 처리하는 산업서비스”를 총칭하는 개념이다. 물산업의 범위는 상수도, 하수도, 폐수, 생수, 정수기, 기타로 나눌 수 있다(환경부(2006) 물산업육성 5개년 추진계획 수립연구).

또한 물재생산업 연관산업은 물산업 연관산업과 같은 영역으로 장치·처리약품·측정기기·정수기 등 제조업, 상하수도·폐수처리시설 건설업, 엔지니어링·연구·교육 등 컨설팅업 등이 포함된다. 여기서 물산업을 제품이나 기술별로 세분화하면 다음과 같다.

- 상하수도 관련설계, 시공, 유지관리 등의 기술 및 장비
- 정수처리, 급배수처리, 하수처리 등의 기술 및 장비
- 상하수도 관련 응용 S/W 및 전기, 전자제어 기술
- 절수설비 및 저수조, 계량기, 수도꼭지, 샤워헤드, 세척밸브, 로탱크
- 수처리 관련장치, 기기 및 제품(막여과장치, 부로아, 필터, 생물막접촉여재, 수질관리모니터링시스템, 스크린, 역삼투시스템, 염소살균기 및 오존살균기, 오존정수시스템, 원심분리기, 누수방지시스템, 건조 및 탈수기, 탈질/탈인설비, 이산화염소 발생장치, 활성탄 및 설비 등)
- 해수담수화 기술, 공법 및 플랜트 설비

2. 물 순환측면에서 본 정의

물재생(이용)이란 오수(汚水), 하수 및 폐수, 빗물 등을 재생처리하여 생활, 공업, 농업, 조경, 하천 유지 등의 용도로 이용하는 것을 말한다. 즉 처리된 물



〈그림 2-2〉 물재생 부문 중 민간기업영역과 공공영역의 대략적 구분

(재생수)을 공업용수, 화장실용수, 살수용수, 세차용수, 청소용수, 조경용수 등으로 이용한다.

현재 우리나라의 물재생산업 구조는 <그림 2-2>와 같이 주로 민간영역에 속하는 부문이다. 즉 취수, 저수, 정수, 급수 등은 공공영역에서 이루어지는 사업이며, 물재생처리 부문은 민간부문에서 이루어지는 사업이 대부분이다.

3. 물(수질)관리 산업

물(수질)관리산업이란 여러 측면에서 정의할 수 있겠지만 물재생처리와 연관된 수질관리산업을 말한다. 도시 내의 하천 수질관리, 호수 및 연못 수질관리, 그리고 실개천용수 수질관리, 바닥분수의 수질관리 등을 말한다. 특히 수영장은 주기적인 수질관리가 필요하다. 최근에는 대규모 야외 물놀이시설이 설치되고 있는데, 이들 시설의 수질관리를 위한 물재생업체 등이 물(수질)관리산업에 포함된다.

제2절 물재생산업의 현황 및 실태조사

1. 물재생산업의 종류 및 규모

1) 수처리산업

(1) 산업분류에 의한 현황

물재생산업과 관련된 산업에는 생활용수공급업, 산업용수공급업, 하수 및 폐수처리업, 건설업이 포함된다. 현재 물재생업체와 관련된 분류가 단일화되어 있지 않기 때문에, 한국표준산업분류표에 따라 물재생산업과 관련된 사업체를

세부분류하면, 생활용수 및 산업용수 공급업(36010) 21개소, 하수처리업(37011) 63개소, 폐수처리업(37012) 3개소, 폐기물처리 및 오염방지시설 건설업(41224) 120개소 등 총 207개의 사업체가 있는 것으로 나타났다(<표 2-1, 2>).

〈표 2-1〉 서울시 물재생산업 소분류 구별 사업체수

(단위 : 사업체수)

구분	D. 전기, 가스, 증기 및 수도사업	E. 하수, 폐기물처리업 원료재생 및 환경복원업	F. 건설업
	360 수도사업	370 하수, 폐수 분뇨처리업	412 토목건설업 ¹⁾
서울특별시	21	126	1,472
종로구	2	2	24
중구	2	2	36
용산구	3	3	21
성동구	12	12	30
광진구	6	6	38
동대문구	7	7	54
종랑구	6	6	36
성북구	1	2	19
강북구	2	1	21
도봉구	-	1	20
노원구	-	2	15
은평구	-	3	36
서대문구	2	3	16
마포구	1	13	60
양천구	1	5	36
강서구	-	12	64
구로구	1	8	55
금천구	-	3	62
영등포구	1	3	112
동작구	2	2	31
관악구	-	4	26
서초구	2	5	219
강남구	1	6	214
송파구	2	10	178
강동구	1	5	49

자료 : 2007년기준 사업체조사보고서(2008)

〈표 2-2〉 서울시 물재생산업의 세부분류 사업체수

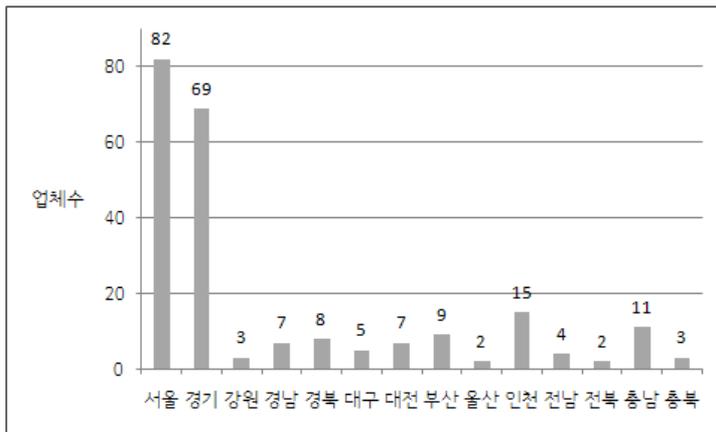
D. 전기, 가스, 증기 및 수도사업		E. 하수, 폐기물처리업 원료재생 및 환경복원업		F. 건설업
36010 생활용수공급업	36020 산업용수공급업	37011 하수처리업	37012 폐수처리업	41224 폐기물처리 및 오염방지시설 건설업
21	0	63	3	120

자료 : 2007년기준 사업체조사보고서(2008)

(2) 환경산업체 분류 현황

① 상하수도협회 회원업체

한국상하수도협회는 수도법 제39조(법률 제6449호, 개정 2001.3.28)에 근거하여 2002년 1월 21일에 설립된 기관으로 국민의 삶의 질 향상에 있어 가장 중요한 사안 중 하나인 깨끗한 물의 안정적인 확보와 공급을 목적으로 한다. 이 협회에 등록되어 있는 업체는 총 227개로, 이 중 약 30%인 82개가 서울에 있다 (<그림 2-3>).

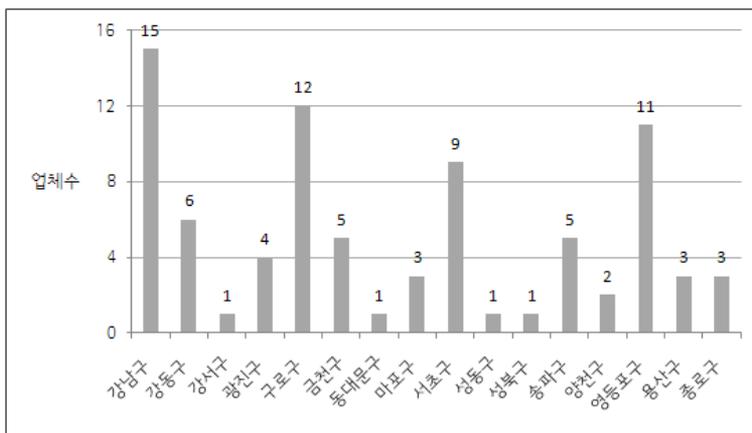


〈그림 2-3〉 지역별 업체수

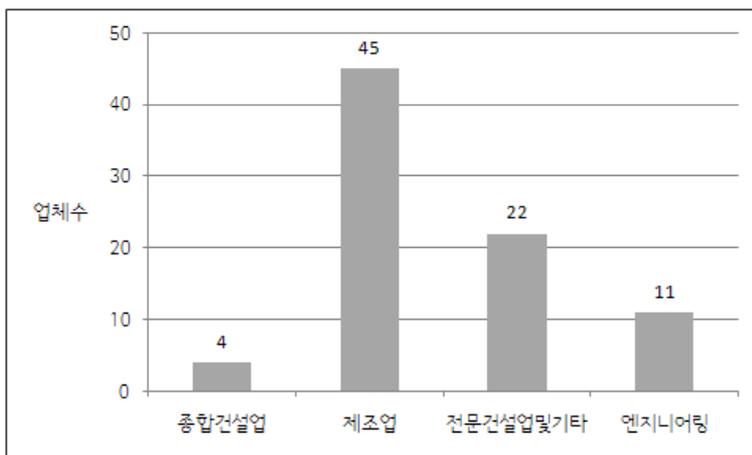
- 1) 토목건설업(412)에는 도로건설업(41221), 교량, 터널 및 철도건설업(41222), 수로, 댐 및 급·배수시설 건설업(41223), 폐기물처리 및 오염방지시설 건설업(41224), 산업플랜트 건설업(41225), 조경건설업(41226), 기타 토목시설물 건설업(41229) 등이 포함됨.

<그림 2-4>에는 서울시 구별 상수도협회 회원업체수를 나타냈다. 서울시 구별로는 강남구가 15개소로 가장 많았으며, 다음은 구로구 12개소, 영등포구 11개소, 서초구 9개소 순으로 나타났다.

업체 종류로는 제조업이 45개소로 가장 많았으며, 다음은 전문건설업, 엔지니어링, 종합건설업 등의 순이었다(<그림 2-5>).



<그림 2-4> 서울시 자치구별 상수도협회 회원업체수



<그림 2-5> 서울시 종류별 상수도협회 회원업체수

상하수도협회 회원업체 명단은 <표 2-3>에 간략히 예시하였으며, 전체 227개 업체 명단은 부록<표 1>에 제시하였다. 이들 업체의 세부업종을 보면 상하수도 시설 설계, 시공관리 및 수도관갱생, 정화조시설 설치관리, 수질오염방지, 유량계 및 밸브 제조 및 설치 등으로 다양하다. 상하수도협회 회원업체는 대부분 물 재생 업종 및 연관산업과 관련된 영업을 하고 있다.

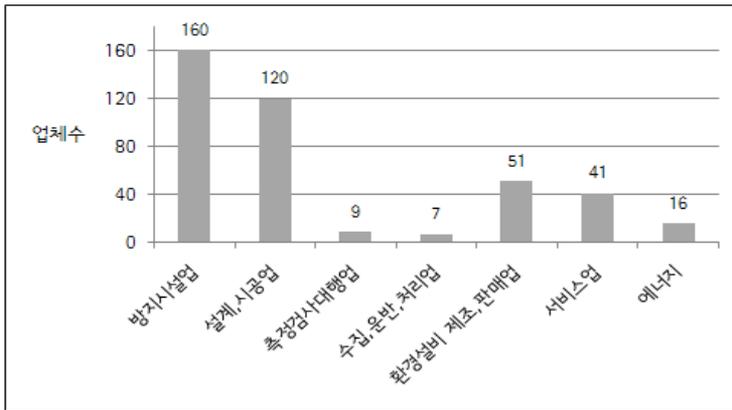
<표 2-3> 상하수도협회 회원업체 명단 중 일부업체

업체명	구분	지역	주요 취급품명
(주)서영엔지니어링	엔지니어링	강남구	도로 및 공항, 토목구조, 상하수도 등
(주)탄천환경	전문건설업 및 기타	강남구	하수처리, 시설물 유지관리
(주)시티리폼	전문건설업 및 기타	강동구	수도관 세척 갱생 설비공사, 장비임대
대윤환경	전문건설업 및 기타	강동구	정화조 설계, 시공
삼환건설(주)	전문건설업 및 기타	광진구	상하수도 전문건설
재현산업(주)	전문건설업 및 기타	광진구	상하수도공사
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
(주)대덕기술	제조업	충북옥천군	유량계, 약품투입기, 배전반, 프로세스제어반 밸브, 교정 검사
한강산업	제조업	충북음성군	하수관, 이중별관, 조립식 쓰레기통
퓨처이엔지주식회사	제조업	충북청원군	밸브

② 국가환경기술정보센터 환경관련 업체

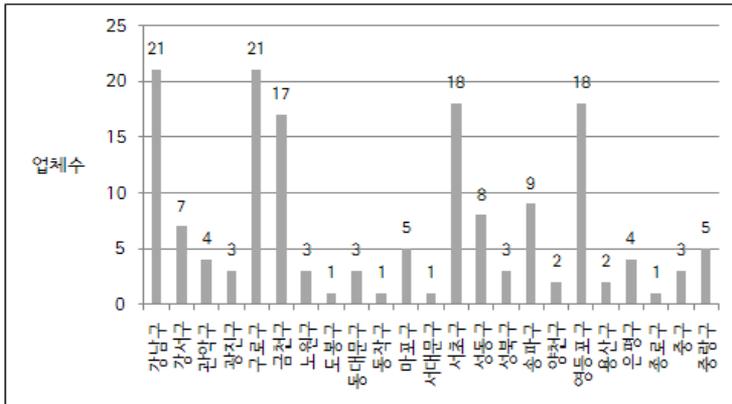
국가환경기술정보 통합관리시스템인 국가환경기술정보센터(KONETIC)에 등록된 환경산업체 중 수질관련 업체현황을 살펴보면 방지시설업체, 설계시공업체, 측정검사대행업체, 수집·운반·처리업체, 환경설비제조·판매업체, 서비스업체, 에너지업체 등이 있다. 이 중 방지시설업체가 160개 업체로 가장 많은 비

율을 차지하고 있다(<그림 2-6>). 방지사설업은 산업장에서 배출되는 폐수를 정화처리하는 업종으로 일종의 물재생처리업이다. 방지사설업체수는 강남구, 구로구가 각각 21개소로 가장 많고, 서초구, 영등포구가 각각 18개소, 금천구가 17개소로 그다음으로 많다. 설계시공업체수는 강남구가 25개소로 가장 많고, 서초구가 14개소로 뒤를 잇고 있다. 업종별 업체수 현황은 <그림 2-7-9>와 같다.

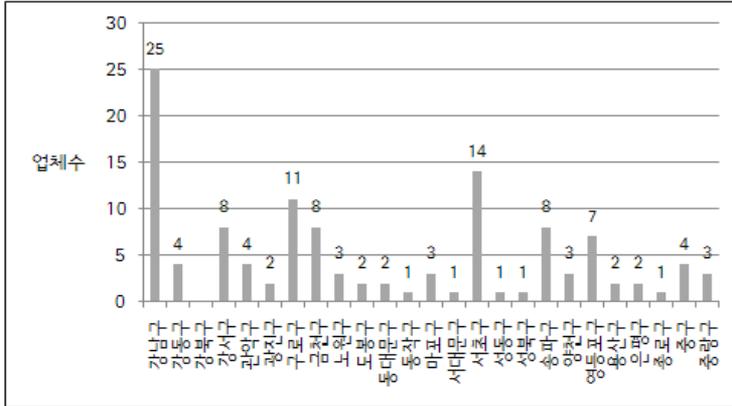


자료 : www.konetic.or.kr(국가환경정보센터)

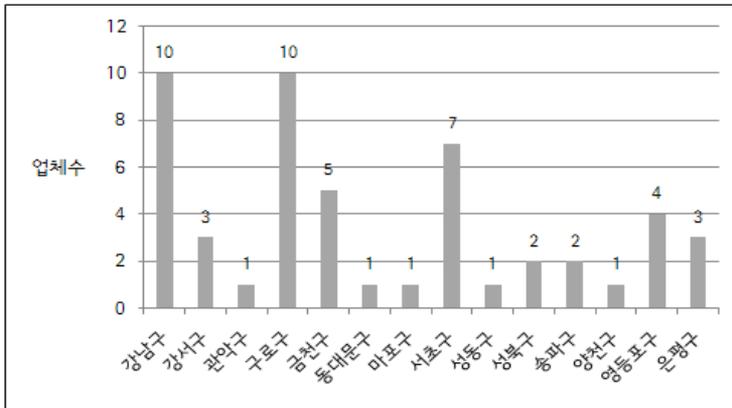
<그림 2-6> 서울시 환경산업체 현황



<그림 2-7> 자치구별 방지사설업체수 현황



〈그림 2-8〉 자치구별 설계시공업체수 현황



〈그림 2-9〉 자치구별 환경설비 제조 판매업

2) 중수도시설

서울시의 중수도시설은 <표 2-4>와 같이 2008년말 기준 총 52개소이며, 시설 용량은 17,484m³/일이다. 중수도 처리수의 주 사용용도는 화장실용수이며, 청소용수나 조경용수로도 활용되고 있다. 중수도시설 설치 의무화대상인 중구의 뉴존빌딩, 마포구의 마포트라펠리스 등 17개소는 운영비용 과다 등으로 중수도시

설을 가동하지 않고 있다. 또한 테크노마트, (주)한무쇼핑센터, 현대백화점 등은 중수도시설의 처리용량에 비해 이용량이 적은 것으로 나타났다.

〈표 2-4〉 2008년 서울시 중수도시설 현황

건축물명	주소	처리용량 (m ³ /일)	중수도 이용량 (m ³ /일)	설치 완료일	가동 개시일	주용도
52	-	17,484	7,389	-	-	-
흥국생명보험	종로구 신문로 1가-226번지	250	210	00-10-01	02-01-01	화장실용수
현대백화점	강동구 천호동 455-8	600	600	98-08-01	-	-
뉴존빌딩	중구 신당동 251번지	200	-	00-05-01	-	-
신동아화재	중구 태평로2가 28-1	250	250	02-01-01	02-01-01	-
SK텔레콤(주)	중구 을지로 2가 36-1외 35필지	100	10	05-01-01	05-01-01	-
(주)대우건설	중구 남대문로5가 631번지의 49필지	100	100	06-11-01	06-11-01	-
국립중앙박물관	용산구 용산동6가 168-6	64	40	05-01-01	05-01-01	-
성동종합행정마을	성동구 행당동 168-161	30	30	04-11-01	04-11-01	화장실용수
테크노마트	광진구 구의동 546-4	1,300	600	98-04-01	98-04-01	화장실용수, 청소용수
현대백화점	성북구 길음3동 509-2	50	50	01-08-01	01-08-01	화장실용수
롯데백화점미아점	강북구 도봉로 60	300	60	06-12-01	07-08-01	화장실용수
세브란스병원	서대문구 신촌동 산9-1	900	300	05-01-01	05-01-01	-
고려아카데미텔	마포구 아현동 437-3	90	70	98-09-01	98-09-01	화장실용수
마포트라펠리스	마포구 도화동 39-1외 8	100	-	06-03-01	-	-
첨단IT콤플렉스	마포구 상암동 DMC구역내 C-5블록	250	250	07-11-01	07-11-01	화장실용수
현대목동타워41	양천구 목1동 917-9	200	100	03-10-01	03-10-01	화장실용수
(주)KT IT정보센터	양천구 목1동 924번지	90	30	02-11-01	02-11-01	화장실용수
(주)한무쇼핑센터- 현대백화점	양천구 목1동 916번지	1,130	300	03-11-01	03-11-01	화장실용수, 조경용수, 청소용수
에스비에스(SBS)	양천구 목1동 920번지	600	100	04-06-01	-	화장실용수, 조경용수, 청소용수
대한항공(주)	강서구 공항동 360-1	400	110	97-03-01	97-03-01	화장실용수
신도림 포스빌	구로구 구로동 26번지	200	-	04-05-01	-	화장실용수

〈표 계속〉 2008년 서울시 중수도시설 현황

건축물명	주소	처리용량 (m ³ /일)	중수도 이용량 (m ³ /일)	설치 완료일	가동 개시일	주용도
신도림 복합빌딩	구로구 신도림동 337번지	160	-	07-08-01	-	화장실용수
프라임빌딩	구로구 구로동 3-25외 31	740	-	07-12-01	-	화장실용수
시흥유통상가	금천구 시흥3동 984번지	500	330	01-03-01	01-03-26	화장실용수
리버타워빌딩	영등포구 여의도 61-5	120	-	98-12-01	-	-
한국산업은행	영등포구 여의도동 16-3	100	62	01-06-01	-	-
금융감독원	영등포구 여의도동 27	150	50	05-01-01	-	-
KT여의도지점	영등포구 여의도동 28-2	100	-	04-03-01	-	-
롯데백화점 관악점	관악구 신대방동	100	70	97-10-01	-	-
스포타임	서초구 양재동 24번지	60	60	94-06-01	94-06-01	화장실용수, 조경용수, 청소용수
서울고속터미널	서초구 반포동 19-4	450	-	98-09-01	05-08-01	-
센트럴시티	서초구 반포동 19-4	900	370	00-12-01	00-12-01	화장실용수
농수산물유통센터 (H센터)	서초구 양재동 232번지	250	50	02-12-01	02-12-01	-
서초동아크로비 스타	서초구 서초동 1685	150	-	05-05-01	05-05-01	-
서초동 SR 주상복합	서초구 서초동 1542-6	250	-	05-10-01	05-10-01	-
(주)현대자동차 빌딩	서초구 양재동 231번지	90	90	01-01-01	-	화장실용수, 조경용수
삼성생명(주)	서초구 서초동 1321-15	-	-	07-12-01	-	-
그랜드 인터콘티넨탈	강남구 삼성동 159-8	500	314	93-04-01	93-04-01	화장실용수, 청소소화용수, 조경용수
포스코센터	강남구 대치동 892	300	-	95-12-01	-	-
군인공제회관	강남구 도곡동 467-12	150	80	99-11-01	99-11-01	화장실용수, 조경용수
코엑스 인터콘티넨탈	강남구 삼성동 159	200	200	99-12-01	99-12-01	화장실용수, 조경용수
LG유통(G스타워)	강남구 역삼동 679번지	300	109	99-08-01	99-08-01	화장실용수, 조경용수
대림아트로빌	강남구 도곡동 467-12	350	-	00-01-01	-	-
(주)코엑스 기술지원팀	강남구 삼성동 159번지 무역센터	1,100	500	00-06-01	05-03-01	-
강남금융센터	강남구 역삼동 737번지	600	-	01-07-01	-	-

〈표 계속〉 2008년 서울시 중수도시설 현황

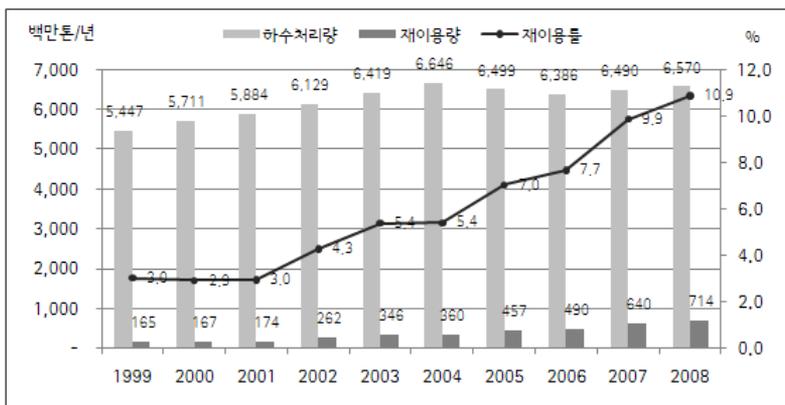
건축물명	주소	처리용량 (m ³ /일)	중수도이용량 (m ³ /일)	설치 완료일	가동 개시일	주용도
한무컨벤션 (주)오크우드호텔	강남구 삼성동 159번지	40	8	01-09-01	01-11-01	화장실용수
동부금융센터	강남구 대치동 891-10	200	40	02-01-01	02-01-01	화장실용수
리마다르네상스 호텔	강남구 역삼동 676	300	-	04-11-01	-	-
LIG손해보험(주)	강남구 역삼동 649-11	70	26	05-11-01	06-07-01	화장실용수
한신인터밸리24	강남구 역삼동 707-34외11	100	-	06-01-01	-	화장실용수
롯데월드(잠실)	송파구 잠실동 40-1	1,850	1,820	89-06-01	-	-
롯데호텔(본점)	중구 소공동 1번지	100	-	99-01-01	99-01-01	-

자료 : 상수도통계연보(2008)

3) 하수처리재이용시설

(1) 하수처리수 재이용현황

2008년말 기준으로 전국에 가동 중인 하수처리시설의 처리량은 연간 66억톤이며, 하수처리수 재이용량은 처리량의 10.8%인 7.14억톤으로서 전년도(2007년)에 비해 1%(0.74억톤) 증가하였다. 7.14억톤 중 4억톤은 세척수, 청소수, 냉



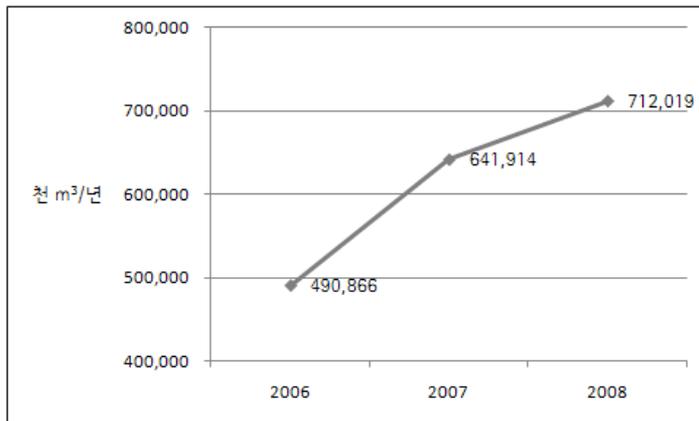
〈그림 2-10〉 연도별 하수처리수 재이용 현황

각수 등으로 재이용되며, 나머지 3.14억톤은 하천유지용수, 공업용수, 농업용수 등으로 재이용되고 있다(<그림 2-10>).

하수처리수의 재이용량은 2006년 4.9억톤/년에서 2008년 7.1억톤/년으로 2.2억톤/년이 증가하였다. 즉 2년 만에 하수처리수 재이용율은 45%나 증가하였다. 이를 통해 하수처리수의 재이용이 전국적으로 활성화되고 있음을 알 수 있다 (<표 2-5>, <그림 2-11>).

<표 2-5> 용도별 하수처리수 재이용 현황

연도	계	장내용수						장외용수			
		세척수	냉각용수	청소수	희석용수	식수대살수	기타	하천유지용수	농업용수	공업용수	기타
2006	490,866	115,230	32,566	18,642	8,139	1,000	69,303	196,816	29,347	6,919	12,904
2007	641,914	151,712	54,568	32,614	9,131	4,453	119,502	193,623	40,383	9,899	26,029
2008	712,019	155,727	61,066	37,936	8,896	4,357	133,559	213,537	60,840	15,045	21,056



<그림 2-11> 연도별 하수처리수 재이용량

<표 2-6> ~ <표 2-9>는 하수처리수 재이용사업을 실시한 지방자치단체의 사례를 연도별로 제시한 것으로, 매년 6개소 이상의 재이용사업이 추가로 실시되고 있음을 알 수 있다.

〈표 2-6〉 2006년 하수처리수 재이용사업(6개소)

항목		처리장	전남 강진	충남 공주	전남 여수	경기 오산	인천 송도	충남 천안
하수처리시설 설계유량(m/d)			8,000	35,000	110,000	57,000	13,000	150,000
재이용 공정			SBR처리수 단순공급	여과소독시설, 펌프장	-	여과+R/O	사여과+활성 탄+염소소독	HANT
재이용 시설비용	공급관망 제외		1억원	36억원	19억원	-	-	-
	전체		12억원	95억원	50억원	170억원	200억원	80억원
운영방법			직영	위탁	-	-	위탁(민자)	직영

〈표 2-7〉 2007년 하수처리수 재이용사업(신규 6개소)

항목		처리장	목포남해	고창	구미	보성	고령	고흥
하수처리시설 설계유량(m/d)			100,000	16,000	330,000	3,000	6,000	4,000
재이용 공정			처리수 단순공급	처리수 단순공급	-	처리수 단순공급	여과 및 소독시설	-
재이용 시설비용	공급관망 제외		8억원	30억원	-	-	-	11억원
	전체		15억원	43억원	40억원	7억원	10억원	30억원
운영방법			직영	-	-	위탁	위탁	직영

〈표 2-8〉 2008년 하수처리수 재이용사업(신규 5개소)

항목		처리장	부여	익산	상주	경산	제주(관포)
하수처리시설 설계유량(m/d)			15,000	100,000	26,000	40,000	5,000
재이용 공정			자외선소독	MF+RO	처리수 단순공급	처리수 단순공급	탈염시설
재이용 시설비용	공급관망 제외		-	-	-	-	-
	전체		25억원	210억원	56억원	66억원	55억원
운영방법			직영	-	-	-	-

〈표 2-9〉 2009년 하수처리수 재이용사업(신규 12개소)

항목		처리장					
		대구(서부)	대구(안심)	굴포천	고양(원능)	평택(통북)	양주(광백)
하수처리시설 설계유량(m ³ /d)		520,000	47,000	900,000	80,000	75,000	-
재이용 설계유량(m ³ /d)		26,000	40,000	75,000	30,000	45,000	20,000
재이용 공정		처리수 단순공급	처리수 단순공급	응집+중력식 침유여과+오존산화	처리수 단순공급	MF	처리수 단순공급
재이용 시설비용	공급관망 제외	-	-	-	-	-	-
	전체	72억원	70억원	110억원	173억원	147억원	15억원
운영방법		-	-	-	-	-	-
항목		처리장					
		의왕(부곡)	천안,성환	당진	영암	경주	구미(원평)
하수처리시설 설계유량(m ³ /d)		15,000	180,000	15,000	5,500	110,000	60,000
재이용 공정		처리수 단순공급	약품투입+여과	처리수 단순공급	여과	처리수 단순공급	처리수 단순공급
재이용 시설비용	공급관망 제외	-	-	-	-	-	-
	전체	38억원	100억원	85억원	10억원	158억원	28억원
운영방법		-	-	-	-	-	-

2. 바닥분수의 물(수질)관리 현황

2009년 기준 서울시에 설치된 분수는 총 216개에 이르며, 도시공원 및 가로 녹지대에도 많은 수경시설이 설치되어 있다. 특히 바닥분수는 어린이들이 물놀이할 때 음용하는 경우도 있어서 인체에 영향을 주기 때문에 수질관리가 필요하다. 또한 최근 개장하는 대규모 야외물놀이시설의 경우에도 수질관리를 위한 물재생시설 설치가 필수적이다.

최근 ○○ 바닥분수의 수질검사에서는 일반세균이 2,300CFU/ml 검출되었고, 총대장균과 분원성 대장균 및 암모니아성질소 등도 검출되었다. 이와 같이 야외 대규모 물놀이시설, 수영장, 바닥분수, 연못 등은 수질이 악화되는 경우가 많다.

제3절 물재생처리 기술의 진보

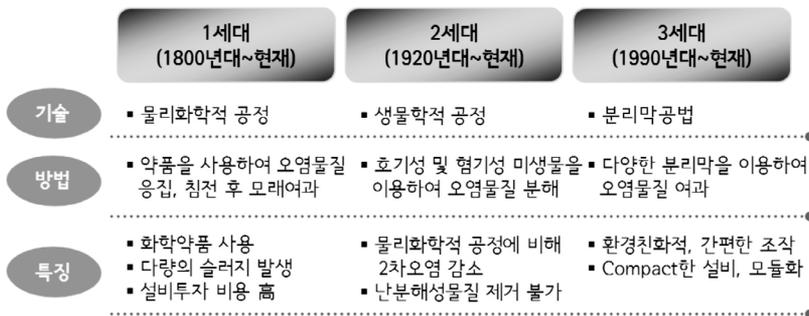
1. 기존 물재생(수처리) 처리기술

물리·화학·생물학적 수처리 기술은 대부분 자연현상에서 착안한 원리를 응용하여 발전해왔다. 예컨대 침전공법은 물이 고여 있는 웅덩이에서 상등수가 분리되는 자연현상에서, 여과공법은 토양에서 물이 통과하면서 수질이 개선되는 자연현상에서, 또한 생물학적 처리공법은 오염수나 하수가 미생물의 먹이로 이용하면서 처리되는 자연현상을 응용한 것이다.

물리·화학·생물학적 수처리의 핵심기술인 여과기능은 완속여과시스템과 급속여과시스템으로 구분하여 설명할 수 있는데, 완속여과시스템은 자연 침전과 여과기능이 혼합되어, 자연적으로 이루어지는 것이므로 처리속도가 느리다.

반면에 급속여과시스템은 응집제를 이용하여 물속의 부유물질을 응집·침전시킨 후 여과처리하는 방법으로 처리용량이 많아 대도시 수처리에 사용되고 있다.

또한 하수 및 산업폐수 처리에 사용되는 생물학적공법은 호기성 및 혐기성 미생물을 이용하는 방법으로 기존 모래여과공정 등에서 제거할 수 없는 오염물질 등을 제거한다. 또한 혐기·호기방법이 결합된 방법으로 부영양화의 영양물질인 인을 제거하고 있다. 최근에는 막여과(막분리)공법이 새로운 물재생공정으로 사용되고 있다(<그림 2-12>).



<그림 2-12> 물재생처리 공정의 변화

2. 최신기술인 막분리공정의 상용

1) 막분리공정의 특성

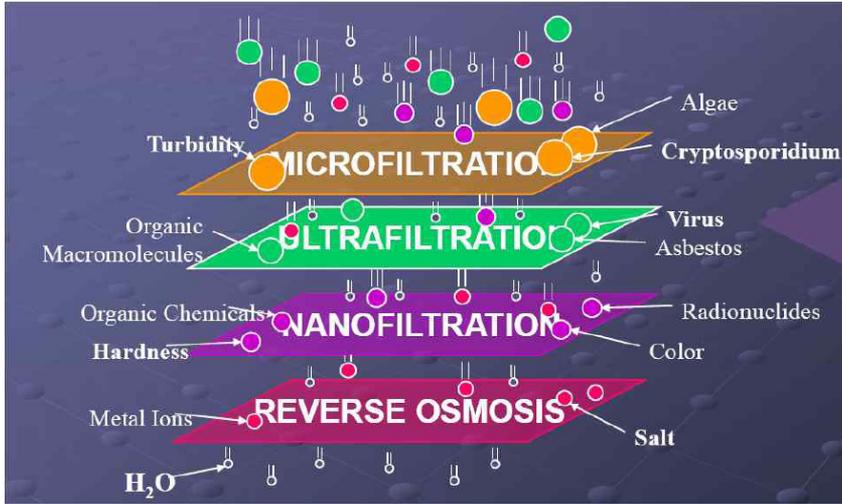
막분리공법은 특정 크기의 물질을 분리할 수 있는 미세공을 가진 분리막을 이용하여 오염물질을 제거하는 기술이다. 분리막은 난분해성 물질을 제거할 수 있고, 물질을 선택하여 제거할 수 있다. 게다가 이 공법은 시설공간이 작아도 되고 자동화가 가능하여 유지관리가 쉽다. 또한 단일공정으로 제어가 어려운 경우 생물학적 공정 등 타 공정과 조합하여 적용할 수 있다는 특징을 가지고 있어 수처리분야의 고도처리에 적용 가능성이 높다. 분리막의 재질은 유기막과 무기막으로 되어 있는데, 유기막은 주로 고분자막(polymeric membrane), 무기막은 주로 세라믹, 유리, 금속 등으로 구성되어 있다(<그림 2-13>).



<그림 2-13> 세라믹으로 만든 막(모듈)분리막

2) 막분리공정의 종류

분리막(Membrane)은 미세공의 크기에 따라 정밀여과(MF)막, 한외여과(UF)막, 나노여과(NF)막, 역삼투(RO)막으로 구분하여 오염물질의 크기 및 특성에 따라 분리막을 선택·적용할 수 있다(<그림 2-14, 표 2-10>).



〈그림 2-14〉 분리막 미세기공에 따른 제거 오염물질

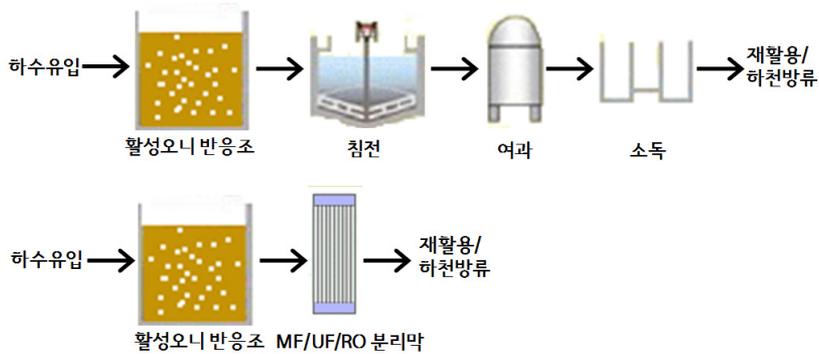
〈표 2-10〉 수처리용 분리막의 종류 및 용도

구분	오염물질의 크기	분리대상	용도
MF막	100 μm ~10 μm	부유물질, 박테리아	상하수 및 폐수처리
UF막	1 μm ~100nm	현탁물질, 단백질, 고분자물질 등	산업용 폐수처리
NF막	1nm 정도	유기물(선택적)	담수화전처리 상수처리(농약제거) 등
RO막	1nm 이하	이온성 물질, 중금속	담수화, 초순수제조, 정수기 등

3. 막분리공정과 타 공정이 조합되어 다양한 활용성 창출

막분리공정을 단위공정으로 사용하여 물재생처리에 활용할 수 있지만 이 경우 활용에 제한적일 수 있다. 특히 처리공법의 경제성을 확보하기 위해서는 더욱 그러하다. 따라서 타 공정과 조합하는 시스템으로 구축하면 활용성은 다양하게 창출될 수 있다. 생활하수와 같이 유기물질이 높은 오염수처리에도 생물학적 처리(호기/혐기성 처리; 활성슬러지공법, 접촉산화조 등)와 분리막을 조합한 시스템을 적용하면 그 효과가 높다. 즉 과거에는 생물학적 처리공법에 후속

하는 침전, 여과, 소독 등의 공정을 제외할 수 있어 공간활용과 경제성 등의 확보가 가능하다.



〈그림 2-15〉 막분리공정과 타 공정을 조합한 시스템의 예

4. 막산업의 동향

전세계적으로 1970년대 전반 중수도 공정으로 활성슬러지법과 가압식 Crossflow형 막여과를 조합한 공정이 개발되었다. 1980년대 전반 일본을 중심으로 MBR(Membrane Bioreactor)공법이 실효를 거두면서 하·폐수처리용 막분리기술이 발달하였다. 전 세계에 걸쳐 2,000개 이상의 MBR시스템이 가동되고 있다.

분리막을 포함한 막모듈 세계시장 규모는 2003년 80억달러에서 2004년 87억 달러로 커지고 있다.

국내 막분리 제조기술과 모듈화 기술은 상당한 수준에 도달하고 있다. 특히 수처리용 분리막의 개발에는 여러 대기업이 참여하여 주요분리막의 기술을 확보하고 있다. 특히 해수담수화 플랜트사업단이 발족되어 역삼투기술 개발이 활발히 진행되고 있다. 그러나 국내에서는 분리막 사용시장이 아직 활성화되어 있지 않고, 시장규모도 작다.

〈표 2-11〉 분리막 모듈의 세계시장 규모

(단위 : 백만달러)

분리막 종류	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
역삼투/나노여과	1,716	1,814	1,934	2,070	2,222	2,391	2,571
한외여과	1,441	1,536	1,653	1,779	1,927	2,090	2,265
정밀여과	2,091	2,257	2,449	2,676	2,928	3,208	3,517
기타 액체여과	1,786	1,946	2,138	2,359	2,605	2,887	3,200
기체분리	453	497	547	610	679	758	846
합계	7,487	8,050	8,721	9,494	10,361	11,334	12,399

미국 Elsevier Advanced Technology사의 자료를 바탕으로 추정된 막모듈 국내시장 규모는 <표 2-12>와 같다. 국내시장 규모는 2003년 1,200억원, 2004년 1,300억원, 2008년 1,800억원으로 추정되고 있다.

〈표 2-12〉 막모듈 국내시장의 규모 및 예측

(단위 : 억원)

분리막 종류	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
역삼투/나노여과	263	275	293	312	330	354	379
한외여과	220	232	250	269	287	305	330
정밀여과	324	348	373	403	440	476	519
기타 액체여과	250	269	293	318	354	385	428
기체분리	67	73	79	86	98	110	122
합계	1,124	1,197	1,288	1,388	1,509	1,630	1,778

자료 : 'Profile of the international Membrane Industry, Elsevier Advanced Technology'를 바탕으로 추정, 1달러당 1,000원으로 계산

제4절 관련제도 및 현황 분석

물재생과 관련된 법은 중수도시설 관련법과 하수처리수 재이용 관련법 등이 있다.

1. 중수도와 관련된 법규

1) 현황

중수도와 관련해서 하수도법, 조세특례제한법, 수자원공사 수도물공급규정에 정의, 이용계획 및 시설, 시설의 조세감면, 이용량 요금감면 등이 규정되어 있다. <표 2-13>에는 중수도의 정의 및 이용계획 및 시설에 대한 법규 내용을 나타냈다.

<표 2-13> 중수도와 관련된 법규 내용

조항	내용
하수도법 제2조제11항(정의)	11. "중수도"라 함은 건물·시설 등에서 발생하는 오수를 다시 처리하여 생활용수·공업용수 등으로 재이용하는 시설을 말한다.
하수도법 제26조 수도법 제14조 (중수도의 설치)	<p>①물을 효율적으로 이용하기 위하여 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 시설물을 신축(증축·개축 또는 재축되는 부분이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 포함한다. 이하 이 조에서 같다)하고자 하는 자는 단독 또는 공동으로 사용수량의 100분의 10 이상을 재이용할 수 있는 중수도를 설치·운영하여야 하며, 환경부령이 정하는 바에 따라 중수도의 설치결과를 시장·군수·구청장에게 통보하여야 한다. 다만, 제21조제1항의 규정에 따라 공공하수도관리청으로부터 재이용수를 사용수량의 100분의 10 이상 공급받는 경우에는 그러하지 아니하다.</p> <p>1. 「공중위생관리법」 제2조제1항제2호 또는 제3호의 규정에 따른 숙박업 또는 목욕장업에 사용되는 시설로서 건축연면적이 6만제곱미터 이상인 시설물 2. 「산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률」 제2조제1호의 규정에 따른 공장에서 1일 폐수배출량이 1천500세제곱미터 이상인 시설물 3. 그 밖에 대통령령이 정하는 종류 및 규모 이상인 시설물</p> <p>②중수도의 시설기준 및 관리에 관한 사항과 제1항 각 호 외의 부분 본문의 규정에 따른 사용수량의 기준, 동항제1호 및 제2호의 규정에 따른 건축연면적, 폐수배출량의 산정기준 등에 관하여 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.</p> <p>③국가는 중수도의 설치비용을 지원할 수 있으며, 지방자치단체는 조례가 정하는 바에 따라 중수도를 설치한 시설물의 소유자 등에 대하여 수도요금 또는 하수도 사용료를 경감할 수 있다.</p> <p>④환경부장관 또는 지방자치단체의 장은 제1항의 규정에 따른 시설물을 신축하는 자가 중수도를 설치·운영하지 아니하는 경우에는 그 이행을 명할 수 있다.</p>

〈표 계속〉 중수도와 관련된 법규 내용

조항	내용
하수도법 시행령 제21조 (중수도의 설치 등)	<p>①법 제26조제1항제3호에서 “대통령령이 정하는 종류 및 규모 이상인 시설물”이란 건축의 연면적이 6만제곱미터 이상인 시설물로서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 시설물을 말한다.〈개정 2009.7.16〉</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「유통산업발전법」 제2조제3호에 따른 대규모 점포 2. 「건축법 시행령」 별표 1 제8호에 따른 운수시설 3. 「건축법 시행령」 별표 1 제14호에 따른 업무시설 4. 「건축법 시행령」 별표 1 제23호가목에 따른 교정시설 5. 「건축법 시행령」 별표 1 제24호가목 및 나목에 따른 방송국 및 전신전화국 6. 그 밖에 물의 효율적인 이용을 위하여 특히 필요하다고 인정하여 지방자치단체의 조례로 정하는 시설 <p>②국가 또는 지방자치단체는 법 제26조제1항에 따라 중수도를 설치하려는 자에게 설치방법 등에 관한 기술을 지원할 수 있다.</p>
하수도법 시행규칙 제19조 (중수도 시설기준)	<p>①법 제26조제2항에 따라 중수도에는 다음 각 호의 시설을 갖추어야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 사용된 물을 생활용수나 공업용수 등으로 재이용하기에 적합한 수질로 다시 처리할 수 있는 재처리시설 2. 재처리한 물을 송수할 수 있는 펌프·송수관 등의 송수시설 3. 재처리한 물을 배수할 수 있는 배수관 등의 배수시설 <p>②제1항에 따른 중수도의 시설은 위생 및 안전 등에 필요한 조치를 하여야 하고, 중수도에 설치하는 배관은 상수도·하수도 및 가스공급 등의 배관과 구분할 수 있도록 하여야 한다.</p>
하수도법 시행규칙 제20조 (중수도의 수질기준)	<p>중수도를 설치·관리하는 자는 중수도의 수질을 별표 6의 수질기준에 맞도록 유지·관리하여야 한다.</p>
하수도법 시행규칙 제21조 (중수도 사용수량의 산정기준 등)	<p>①법 제26조제2항에 따른 중수도 사용수량의 산정기준은 다음 각 호의 구분에 따른다.〈개정 2007.12.28〉</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 법 제26조제1항제1호 및 제3호의 시설 : 「수도법」 제3조제5호에 따른 수도를 통하여 공급받는 수량과 「지하수법」 제2조제1호에 따른 지하수 사용 수량을 합산한 양 2. 법 제26조제1항제2호의 공장 : 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행령」 별표 13 비고 제1호에 따라 산정한 양에서 같은 법 시행령 제33조제2호에 따라 위탁처리하는 양을 제외한 수량 <p>②법 제26조제2항에 따른 건축 연면적은 「건축법 시행령」 제119조제1항제4호에 따른다.</p>

2) 시설의 조세감면

중수도시설의 조세감면에 대해서는 조세특례제한법에 중수도 설치 및 관리자에 대한 세제공제방안 설비투자범위 등이 규정되어 있다(<표 2-14>).

〈표 2-14〉 조세특례제한법에 나타난 중수도 관련내용

조항	내용
<p>시행령 제22조의2(에너지절약 시설의 범위)</p>	<p>① 제25조의2제1항에서 “대통령령이 정하는 에너지절약시설”이란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 시설을 말한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「에너지이용 합리화법」에 의한 에너지절약형 시설(대기를 분할상환한 후 소유권을 취득하는 조건으로 동법에 의한 에너지절약전문기업이 설치한 경우를 포함한다) 등으로서 기획재정부령이 정하는 시설 2. 「석유 및 석유대체연료 사업법」 제2조제2호의 규정에 의한 석유제품 중 중유를 재가공하여 유황성분의 제거·분해·정제과정을 통하여 휘발유·등유·경유를 생산하는 시설(토지와 건축물을 제외한다) 3. 「수도법」에 의한 중수도시설과 절수설비 및 절수기기 4. 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 제2조에 따른 신에너지 및 재생에너지를 생산하는 설비의 부품·중간재 또는 완제품을 제조하기 위한 시설로서 기획재정부령으로 정하는 시설
<p>조세특례제한법 시행령 제22조의3(환경보전설비의 범위 등)</p>	<p>① 법 제25조의3제1항 전단에서 “대통령령으로 정하는 환경보전시설”이란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 시설을 말한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「대기환경보전법」에 따른 대기오염방지시설 및 무공해·저공해자동차 연료공급시설, 「소음·진동규제법」에 따른 소음·진동방지시설 및 방음·방진시설, 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」에 따른 처리시설과 「하수도법 시행령」에 따른 오수처리시설, 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」에 따른 수질오염방지시설, 「폐기물관리법」에 따른 폐기물처리시설 및 폐기물 감량화시설, 「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」에 따른 건설폐기물 처리시설, 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」에 따른 재활용시설, 「해양환경관리법」에 따른 해양오염방지시설의 선박·장비·자재 및 「석유 및 석유대체연료 사업법」에 따른 석유정제시설 중 탈황시설로서 기획재정부령으로 정하는 것

3) 수자원공사 규정에 의한 이용요금 감면

중수도시설 설치를 통한 이용량 요금감면에 대해서는 수자원공사 수도물 공급규정에 나타나 있다.

- 수도법 제11조 제1항 각호의 1에 해당하는 중수도의 설치·관리자인 수요자에 대하여 수도물요금의 일부를 감면할 수 있다.
- 제1항의 규정에 의하여 수도물요금을 감면받고자 하는 수요자는 별지 제15호 서식의 수도물요금 감면신청서에 다음 각 호의 서류를 첨부하여 수자원 공사에 제출하여야 한다.
 1. 시설의 위치, 용량, 사업비 및 사업기간 등을 기재한 사업개요서
 2. 설계도, 평면도, 배관도 및 시방서

3. 중수도 시설용량의 산출근거를 기재한 서류
 4. 중수도 계통도 및 중수도 처리시설의 구조도
 5. 중수도 사용계획서 및 계량기 제원
- 제1항의 규정에 따른 요금감면금액은 수돗물 요금단가를 수돗물 생산원가로 나누어 산정한 수돗물 요금수준에 따라 정한 다음의 중수도 감면단가를 중수도 생산량에 곱하여 계산한다.

〈표 2-15〉 수자원공사 수돗물 공급규정에 의한 중수도 요금감면 내역

수돗물 요금수준	생산원가의 80% 미만	생산원가의 80% 이상-90% 미만	생산원가의 90% 이상
중수도 감면단가	설비요금 단가의 30%	설비요금 단가의 60%	설비요금 단가의 100%

- 수요자가 수자원공사로부터 공급받는 수돗물과 다른 수도사업자 또는 별도의 취수원으로부터 공급받는 물을 이용하여 중수도를 생산하는 경우 제 4항의 규정에 의한 중수도 생산량은 다음과 같이 산정한다.

$$\text{중수도생산량} = \text{중수도총생산량} \times \frac{\text{공사로부터 공급받은 수돗물 사용량}}{\text{중수도 총생산량을 제외한 물사용량}}$$

- 수자원공사는 중수도시설 및 수질기준 등을 확인하기 위해 수요자의 시설을 방문하여 조사를 할 수 있으며, 수요자는 이에 협조하여야 한다. 이 경우 중수도시설 및 수질기준은 수도법 시행규칙 제2조 및 제3조를 적용한다.

〈표 2-16〉 한국수자원공사 중수도 요금감면

구분	원수	정수	침전수
기본요금단가	64원/㎥	118원/㎥	89.3원/㎥
감면액	64원/㎥	118원/㎥	89.3원/㎥

자료 : 한국수자원공사(2008)

4) 지방자치단체조례에 의한 감면

중수도시설의 확대를 위하여 수도법 시행규칙에 따라 각 시·군은 중수도시설 설치 시에 여러 혜택을 주고 있다. 대구, 인천, 경기도 31개 시·군, 충청남도 7개 시·군, 전라남도 1개 시·군, 경상북도 1개 시·군, 경상남도 3개 시·군은 조례 개정을 통해 중수도시설 운영 시 중수도 사용량에 대하여 수도요금의 일부를 감면해주고 있다.

경기도의 일부 시들은 가정용의 경우 중수도 사용량에 해당하는 수도요금의 65%, 산업용의 경우 중수도 사용량에 해당하는 수도요금의 50%, 일반용의 경우 중수도 사용량에 해당하는 수도요금의 10%, 전용공업용의 경우 중수도 사용량에 해당하는 수도요금의 65%를 각각 감면해주고 있다.

수도요금감면 대상 시설로는 대형건축물, 종합병원, 영화관, 도서관, 실내 수영장 등과 시장이 공익상 기타 특별한 사유가 있다고 인정하는 시설 등이 있다.

2. 하수처리수 재이용 관련 법규

하수처리수 재이용과 관련해서는 <표 2-17>과 같이 하수도법에 공공처리수 재이용시설의 정의 및 시설의 설치 등이 규정되어 있다.

<표 2-17> 하수처리수 재이용과 관련된 하수도법 내용

조항	내용
제2조(정의)	“공공처리수재이용시설”이란 공공하수처리시설에서 처리된 물을 생활용수·공업용수 등으로 다시 이용하기 위하여 지방자치단체가 설치 또는 관리하는 처리시설 및 그 부속시설을 말한다.
제5조 (하수도정비기본계획의 수립권자 등)	③하수도정비기본계획에는 「공공하수처리시설에서 처리된 물의 재이용계획 및 공공처리수재이용시설의 설치에 관한 사항」이 포함되어야 한다.
제21조 (공공하수처리시설 처리수의 재이용)	①공공하수도관리청은 공공하수처리시설의 처리수를 공업용수·화장실용수·실수용수·세차용수·청소용수·조경용수 등(이하 “재이용수”라 한다)으로 이용하거나 이를 필요로 하는 자에게 공급하여야 한다. ②제1항의 규정에 따라 처리수를 재이용수로 이용 또는 공급하여야 하는 대상시설의 범위와 재이용수의 양에 관한 기준 등 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. ③공공하수도관리청은 제1항의 규정에 따라 재이용수를 공급받는 자로부터 지방자치단체의 조례가 정하는 바에 따라 요금을 받을 수 있다.

<표 계속> 하수처리수 재이용과 관련된 하수도법 내용

조항	내용
시행령 제17조 (공공하수처리시설 처리수의 재이용)	법 제21조제1항 및 제2항에 따라 처리수를 공업용수·화장실용수·살수용수·세차용수·청소용수·조경용수 등(이하 "재이용수"라 한다)으로 이용하거나 공급하여야 하는 대상 공공하수처리시설은 1일 하수처리용량이 5천세제곱미터 이상인 공공하수처리시설을 말하며, 해당 공공하수처리시설이 재이용수로 이용하거나 공급하여야 하는 양은 1일 하수처리량의 100분의 5 이상으로 한다.

3. 수질기준

1) 중수도의 수질기준

중수도의 수질기준은 <표 2-18>과 같으며, 하수도법 시행규칙 제20조 [별표 6]에 규정되어 있다.

<표 2-18> 중수도의 수질기준

구분	수세식변소 용수	살수용수	조경용수	세차청소 용수
대장균군수	불검출/100ml	불검출/100ml	불검출/100ml	불검출/100ml
잔류염소(결합)	0.2mg/l 이상일 것	0.2mg/l 이상일 것	0.2mg/l 이상일 것	0.2mg/l 이상일 것
외관	이용자에게 불쾌감을 주지 아니할 것			
탁도	2NTU를 넘지 아니할 것			
생물학적 산소 요구량(BOD)	10mg/l 를 넘지 아니할 것			
냄새	불쾌한 냄새가 나지 아니할 것			
pH	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5
색도	20도를 넘지 아니할 것			
화학적 산소요구량 (COD, Mn기준)	20mg/l 를 넘지 아니할 것			

- 참고 : 1) 총대장균군, 잔류염소, 탁도, 냄새는 먹는 물 공정 시험방법에 따라 분석하여야 한다.
2) 생물학적 산소요구량, pH, 색도, 화학적 산소요구량은 수질오염 공정 시험방법에 따라 분석하여야 한다.

2) 수영장의 수질기준

현재 체육시설의 설치·이용에 관한 법률 시행규칙의 [별표 6] 안전·위생 기준(제23조 관련)에 따르면 수영장의 수질기준은 <표 2-19>와 같다. 바닥분수의 수질기준도 수영장의 수질기준을 준용하는 것이 바람직하다.

〈표 2-19〉 수영장 수질기준

항목	수질기준
유리잔류염소	0.4 _{mg/L} ~1.0 _{mg/L} (잔류염소일 때에는 1.0 _{mg/L} 이상)
수소이온농도	5.8 ~ 8.6
탁도	2.8NTU
과망간산칼륨의 소비량	12 _{mg/L} 이하
대장균군	10 _{ml} 들이 시험대상 욕수 5개 중 양성 2개 이하

제3장 물재생 용수량 및 장래 수요량 분석

제1절 하천유지용수량

제2절 중수도시설

제3절 청소용수 및 열섬완화 용수

제4절 뉴타운 등의 수경시설 용수량

제5절 공원녹지의 조경용수

제 3 장

물재생 용수량 및 장래 수요량 분석

제1절 하천유지용수량

1. 현재 용수 확보량

하천이 자연생태계를 유지하고 쾌적한 친수공간을 형성하기 위해서는 일정량의 하천유량이 확보되어야 한다. 평상시 유량이 감소하여 건천화된 하천에 대해 하천 유지에 필요한 용수량 산정을 위하여 <표 3-1>과 같이 서울시 36개 법정하천 중 한강, 중랑천, 안양천 등 국가하천 및 지방1급 하천인 청계천을 제외한 총 32개 하천을 대상으로 추정한 결과, 확보된 용수량은 26,501m³/일이었다고, 필요한 용수량은 265,294m³/일이었다.

<표 3-1> 서울시 하천(32개) 유지용수량

구분(하류)	목표유량(m ³ /일)	유하량(m ³ /일)	손실량(m ³ /일)	필요량(m ³ /일)	확보량(m ³ /일)
성북천	6,048	5,184	346		6,850
정릉천	11,232	9,054	605		6,194
월곡천	6,480	1,382	324		0
도봉천	10,386	864	518		0
방학천	9,504	864	432		1,500
당현천	12,960	7,776	691	5,875	0

〈표 계속〉 서울시 하천(32개) 유지용수량

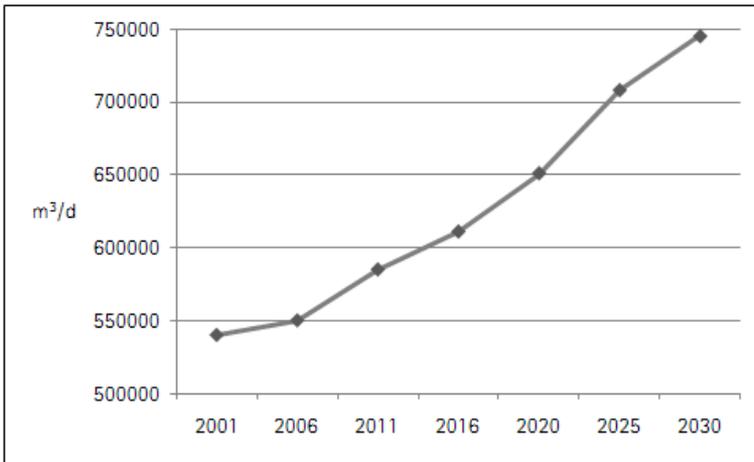
구분(하류)	목표유량(m ³ /일)	유하량(m ³ /일)	손실량(m ³ /일)	필요량(m ³ /일)	확보량(m ³ /일)
우이천	19,008	10,368	864	9,504	0
화계천	27,216	950	1,361	27,627	0
가오천	15,552	518	778	15,812	0
대동천	6,480	518	324	6,286	0
묵동천	7,776	4,320	432	3,888	0
면목천	31,104	2,938	1,555	29,721	2,328
전농천	11,664	1,555	583	10,692	6,949
탄천	69,120	81,216	3,456	0	591
양재천				0	
여의천	7,776	7,776	346	346	0
세곡천	8,640	1,728	432	7,344	0
성내천	13,824	14,429	691	0	0
고덕천	9,504	8,640	432	1,296	0
망월천	8,640	3,715	432	4,493	0
목감천	24,192	37,152	1,210	0	0
오류천				10,000	
도림천	15,206	13,824	778	2,160	122
대방천				7,000	
봉천천				10,000	
시흥천				7,000	
반포천	6,912	7,517	346	0	1,291
사당천	18,144	3,110	907	15,941	1,672
홍제천	41,472	10,368	2,074	33,178	0
불광천	25,056	17,280	1,296	9,072	504
녹번천				10,000	
봉원천				10,000	
총합	423,896	253,046	21,213	265,294	26,501

자료 : 고도재생수를 이용한 서울시 지천의 유지수량 확보방안(2009) 재정리

주 : 필요량 = 목표유량 - (유하량 - 손실량)

2. 장래 수요량 분석

서울시에는 한강과 중랑천 등 규모가 큰 하천 5개와 소규모 하천 54개를 포함하여 총 59개 하천이 있다. 이들 하천을 2030년까지 복원하게 되면 유지용수는 75만톤/일까지 증가할 것으로 추정된다. 2001년부터 2030년까지 하천유지에 필요한 용수량 변동 추이는 <그림 3-1>과 같다.



<그림 3-1> 서울시 하천 복원에 따른 유지용수량 변동추이

제2절 중수도시설

1. 현재 시설 확보량

2008년 기준 서울시 상업용 건물의 중수도시설은 <표 3-2>와 같이 총 52개소이며, 시설용량은 17,484m³/일이다. 이 중 중수도로 이용되는 양은 7,389m³/일이다. 중수도시설을 설치한 건물 연면적은 9,026~581,645m²의 분포를 보이고 있다.

(표 3-2) 중수도시설을 설치한 건물의 연면적 현황(2008년)

건축물명	건축연면적 (㎡)	처리용량 (㎡/일)	중수도 이용량(㎡/일)	건축물명	건축연면적 (㎡)	처리용량 (㎡/일)	중수도 이용량(㎡/일)
흥국생명보험	72,054	250	210	금융감독원	65,817	150	50
현대백화점미아점	74,081	100	600	KT여의도지점	-	100	-
뉴존빌딩	45,436	200	-	롯데백화점 관악점	18,150	100	70
신동아화재	49,922	250	250	스포타임	30,755	60	60
SK텔레콤(주)	91,688	100	10	서울고속터미널	86,973	450	-
(주)대우건설	-	100	100	센트럴시티	267,224	900	370
국립중앙박물관	-	64	40	농수산물유통센터 (H센터)	17,634	250	50
성동종합행정마을	54,445	30	30	서초동아크로비스타	78,174	150	-
테크노마트	78,000	1,300	600	서초동 SR 주상복합	43,248	250	-
현대백화점천호점	88,702	50	50	(주)현대 자동차 빌딩	124,909	90	90
롯데백화점미아점	73,166	300	60	삼성생명(주)	-	-	-
세브란스병원	-	900	300	그랜드 인터콘티넨탈	129,011	500	314
고려아카데미텔	29,307	90	70	포스코센터	180,973	300	-
마포트라펠리스	15,600	100	-	군인공제회관	83,047	150	80
첨단IT콤플렉스	152,569	250	250	코엑스 인터콘티넨탈	109,069	200	200
현대목동타워41	101,346	200	100	LG유통(G스타워)	141,151	300	109
(주)KT IT정보센터	90,209	90	30	대림아트로빌	83,077	350	-
(주)한무소秉센터 현대백화점	161,951	1,130	300	(주)코엑스 기술지원팀	-	1,100	500
에스비에스(SBS)	62,661	600	100	강남금융센터	-	600	-
대한항공(주)	128,317	400	110	한무컨벤션 (주)오쿠우드호텔	9,026	40	8
신도림 포스빌	63,985	200	-	동부금융센터	57,021	200	40
신도림 복합빌딩	187,697	160	-	라마다 르네상스 호텔	72,205	300	-
프라임빌딩	283,043	740	-	LIG손해보험(주)	26,490	70	26
시흥유통상가	151,891	500	330	한신인터밸리24	80,337	100	-
리버타워빌딩	74,625	120	-	롯데월드(잠실)	581,645	1,850	1,820
한국산업은행	99,839	100	62	롯데호텔(본점)	181,249	100	-

자료 : 상수도통계연보(2008)

2. 장래 시설량 분석

현행 하수도법에는 대통령령이 정하는 종류(대규모점포, 운수시설, 업무시설 등)에 해당하는 건물 중 연면적 6만㎡ 이상인 시설물에 중수도시설을 설치해야 한다고 규정하고 있다.

ArcGIS를 이용하여 서울시 건축물의 현황(2006년기준)을 연면적별로 분석하면, 6만㎡ 이상인 건물수는 569개소이다. 기존건물의 연면적 기준을 5만㎡로 강화할 경우 중수도시설 설치 의무화대상 건물은 700개소로 증가할 것이다. 연면적이 5만㎡ 이상인 신축건물에도 중수도시설 설치의무화가 필요하다. 이 연구의 정책 방안에서 건물 연면적 기준을 5만㎡으로 강화할 것을 제안하였는데, 이것을 기준으로 장래 중수도시설을 분석하였다.

〈표 3-3〉 연면적별 건물수

시설물 구분	1만㎡ 이상	2만㎡ 이상	3만㎡ 이상	4만㎡ 이상	5만㎡ 이상	6만㎡ 이상
대규모 점포	356	311	293	280	261	249
문화시설 및 방송통신	130	82	51	39	39	36
사무실	1,128	502	317	206	159	118
사무용 오피스텔	297	149	85	57	45	28
생산시설	618	383	289	257	193	135
운수시설	109	19	16	3	3	3
총 합	2,638	1,446	1,051	842	700	569

2008년 기준 중수도시설이 설치된 건물 52개소와 총 처리용량 17,484m³/일을 고려하면 건물당 평균 처리용량은 336.2m³/일이다.

연면적 5만㎡ 이상 건물 700개소에 중수도시설을 설치할 경우 장래 중수도 처리용량은 235,340m³/일로 분석된다.

중수도 설치 빌딩수(2008년 기준) : 52개소 총 재생용량 : 17,484m ³ 중수도 설치 건물 1개당 평균 처리용량 : 336.2m ³ /일 연면적 50,000㎡ 이상 건물의 수 : 700개소 중수도 처리용량 : 700개 × 336.2m ³ /일 = 235,340m ³ /일

제3절 청소용수 및 열섬완화 용수

1. 현재 용수 확보량

청소(살수)용수는 도로청소, 건설공사 등에 사용되는 물을 말한다. 서울시가 사용하고 있는 도로 청소용수의 대부분은 정수와 염소처리를 마친 식수수준의 수돗물이며, 물 값만 연간 8.9억원에 달한다. 청소에 쓰이는 물은 수돗물과 지하수 비율이 7:3으로 수돗물의 비중이 훨씬 높다. 따라서 재생수를 이와 같은 청소용수로 이용하는 것이 필요하다. 게다가 재생수는 장래 예상되는 열섬완화용수 등으로 활용될 수 있다.

현재 도로 1km 청소에 약 0.5~1.5톤(1.0톤)의 물이 사용되고 있으며, 2009년 1년 동안 청소한 거리는 약 100만km로 총 987,579 톤의 물이 사용되었다.

〈표 3-4〉 도로 물청소용수량(2009년)

구분	물사용량(톤/년)	용수비(원/년)	구분	물사용량(톤/년)	용수비(원/년)
종로구	56,647	59,053,400	마포구	31,092	39,156,730
중구	58,987	46,382,560	양천	41,149	51,822,342
용산구	45,178	57,361,120	강서구	23,165	29,185,760
성동구	45,388	48,360,440	구로구	40,135	18,039,090
광진구	50,641	39,085,650	금천구	56,693	28,353,640
동대문구	15,835	19,596,220	영등포	64,248	71,696,800
종량구	42,499	35,162,560	동작구	39,930	36,271,270
성북구	34,476	42,935,830	관악구	37,091	43,380,960
강북구	26,925	22,022,580	서초구	35,304	4,750
도봉구	75,793	30,604,230	강남구	41,254	52,311,660
노원구	21,323	15,106,580	송파구	48,095	61,093,600
은평구	28,124	27,767,380	강동구	31,319	27,387,790
서대문구	37,438	43,325,840	총합	987,579	893,646,440

자료 : 서울특별시 맑은환경본부 내부자료(2009)

2. 장래 수요량 분석

장래 서울시 청소용수 수요량을 분석하기 위해 ArcGIS를 이용하여 서울시 도로 연장길이를 살펴본 결과, 이면도로를 제외한 1차선 이상 지방도로의 연장 길이는 총 14,333km이었다. 매일 1회 청소한다고 가정할 경우 장래 청소용수 수요량은 20,743m³/일로 분석된다.

1,000,000km 청소에 소요된 용수량 : 987,579m³/년
1km당 소요 용수량 = 0.98 톤/km·년(2.7L/km·일)

서울 지방도 연장길이는 14,333km이므로 양쪽 가장자리를 청소할 경우 1회 청소도로길이 28,666km
연간 강우일수를 97일로 하여 맑은날 268일 도로 물청소

연간 청소도로길이(1일 1회 청소) : 268일 × 28,666km = 7,682,488km

장래 용수량 : 7,682,488km × 2.7L/km·일 = 20,743m³/일

제4절 뉴타운 등의 수경시설 용수량

1. 현재 용수 확보량

수경용수는 공동주택단지 등의 실개천, 도시 내 인공연못·폭포, 바닥분수 등에 이용되는 물을 말한다. 서울시 도시공원 내 수경시설로는 연못, 분수, 바닥분수, 벽천, 계류, 습지, 인공폭포, 발물 놀이장 등이 있다. 수경시설의 관리청 및 공원별 시설규모 현황은 <부록 2>와 같으며, <표 3-5, 6>에는 수경시설에 소요되는 물수요량(m³/일)을 나타냈다.

수경시설 현황은 공원현황(2008)에 나타난 연못 등의 자료를 참고로 작성하였으며, 연못은 평균수심 2m로 가정하여 용수 확보량을 산정하였다. 도시공원 수경시설로 확보된 용수량은 총 446,696m³/일이며, 가로녹지대 수경시설로 확보된 용수량은 총 86,129m³/일이다.

〈표 3-5〉 서울시 도시공원 및 가로녹지대 수경시설 용수 수요량

관리청	도시공원 수경시설용수 수요량(m ³ /d)	가로녹지대 수경시설용수 수요량(m ³ /d)
녹지사업소	146,180	1,805
남산공원 관리사업소	9,032	9,135
월드컵공원 관리사업소	-	
서울대공원관리사업소	7,909	
서울시설관리공단	-	8,120
한강사업본부	-	2,240
25개구	283,575	64,829
총합	446,696	86,129

2. 장래 수요량 분석

수경시설의 장래 수요량은 공동주택 등의 실개천 조성을 원하는 생활패턴의 변화에 따라 크게 달라진다. 이 연구에서는 서울시 뉴타운사업 계획에서 제시된 실개천사업의 계획에 따라 반포래미안의 실개천(생태연못, 계류시설) 등의 사례를 바탕으로 단위 실개천 용수량을 구하여 산정하였다.

서울시 뉴타운사업은 <표 3-6>과 같이 총 35개 지구에 지정되어 있으며, 수경시설 조성계획이 없는 지구를 제외한 지구들의 장래 실개천 수요량은 92,208 m³/일로 추정된다.

반포 삼성래미안 아파트 수경시설 총 용수량 : 1,050m³/일

반포 삼성래미안 아파트 세대수 : 2,444세대

뉴타운 지구 내 실개천 조성용수 = 92,208m³/일

〈표 3-6〉 뉴타운사업 지정현황 및 장래 실개천 용수

구분	지구	건립세대수	장래 실개천용수
시범뉴타운(3)	은평구 은평지구	16173	6,948
	성북구 길음지구	13669	5,873
	성동구 왕십리지구	5008	2,152
2차 뉴타운(12)	종로구 교남지구	2102	
	용산구 한남지구	13453	5,780
	동대문구 전농·답십리지구	10432	4,482
	종량구 중화지구	7117	3,058
	강북구 미아지구	11554	4,964
	서대문구 가좌지구	19158	8,231
	마포구 아현지구	13134	5,643
	양천구 신정지구	11222	
	강서구 방화지구	7310	
	영등포구 영등포지구	2259	971
	동작구 노량진지구	8680	3,729
	강동구 천호지구	5753	
3차 뉴타운(11)	동대문구 이문휘경지구	13518	
	성북구(노원구) 장위지구	23988	10,306
	노원구 상계지구	8948	3,844
	은평구 수색증산지구	12719	5,464
	서대문구 북아현지구	11558	
	금천구 시흥지구	8883	3,816
	영등포구 신길지구	17387	
	동작구 흑석지구	10661	4,580
	관악구 신림지구	6253	2,686
	송파구 거여마천지구	10767	4,626
창신·송인지구	10422		
시범촉진지구(5)	동대문구 청량리촉진지구	2363	
	강북,성북구 미아촉진지구	4109	
	서대문구 홍제촉진지구	1453	624
	마포구 합정촉진지구	1492	641
	구로구 가리봉촉진지구	5097	
2차 촉진지구(3)	광진구 구의자양촉진지구	2332	
	종량구 망우촉진지구	6069	
	강동구 천호성내 촉진지구	3471	
재정비촉진(1)	세운지구	8823	3,791
합계		317,337	92,208

비고 : 건립세대수는 development.seoul.go.kr(서울시균형발전본부) 자료를 참고함.

제5절 공원녹지의 조경용수

1. 현재 용수 확보량

현재 서울시 공원녹지 관리는 녹지대 청소 및 잡초제거 등을 위주로 이루어지고 있다. 특히 수목 등에 용수를 공급하는 스프링클러 시설이 설치된 곳을 제외하고는 별도의 관리를 하지 않고 있다.

수목의 경우 인위적인 물 공급이 없이 자연강우로 자라도록 하고 있다. 그렇지만 서울시민이 풍부한 자연환경을 누리게 하려면, 도로 및 주택가에 수목 및 잔디를 식재하고 스프링클러 등을 통해 인위적으로 물을 공급해야 한다.

2. 장래 용수수요량 분석

서울시 공원녹지 관리에 소요되는 용수량을 예측하기 위하여 도시림 현황을 파악하였다. 도시림은 협의의 개념으로는 시 단위 이상 생활권지역에 분포하는 나무와 숲(공원, 녹지, 학교숲, 가로숲, 마을숲 등)으로 정의할 수 있으며, 광의의 개념으로는 시 단위 이상 지역에 분포하는 나무와 숲은 물론 하천림, 소규모 생물서식공간, 특수녹화지역(옥상녹화, 벽면녹화) 등을 포함한다. 구별 도시림의 현황은 서울특별시(2009) 자료를 통해 작성하였으며, 산림자원법에 의한 도시림 유형으로 분류하였다. 이 중 별도의 용수를 공급할 수 없는 산림 및 면적이 넓지 않은 담장녹화지를 제외하고 도로변녹지, 하천변녹지, 학교숲 등으로 분류하여 도시림면적을 재작성하였다. 그 결과 서울시 도시림 면적은 총 9,007천㎡로 25개 구 중 강남구, 송파구, 관악구 등의 녹지면적이 넓은 것으로 나타났다(<표 3-7>).

〈표 3-7〉 서울시 도시림 면적 현황

(단위 : 천㎡)

구분	합계	도로변녹지	하천변녹지	학교숲
종로구	178.5	171.2	0	7.3
중구	166.2	159.6	0	6.6
용산구	277.3	210.3	34.4	32.6
성동구	257	240.5	1	15.5
광진구	194	148.9	23.4	21.7
동대문구	289.5	268.2	3.8	17.5
중랑구	206	138.7	52.6	14.7
성북구	214.4	196.3	10.7	7.4
강북구	63.4	44.5	2	16.9
도봉구	270.4	233.6	23.5	13.3
노원구	268.9	241.2	2.9	24.8
은평구	243.9	174.7	33.3	35.9
서대문구	111.3	87.9	13.8	9.6
마포구	592.5	564.1	6.4	22
양천구	270.8	223.6	13.2	34
강서구	513.5	491.7	7.7	14.1
구로구	230	163.8	44.9	21.3
금천구	225.9	96.3	126.6	3
영등포구	653.3	577.4	56.8	19.1
동작구	221.3	146	65.8	9.5
관악구	639.6	627.5	0	12.1
서초구	602.8	538.4	41.4	23
강남구	668.9	643.4	0	25.5
송파구	1163.7	1073.3	69.1	21.3
강동구	484.1	398.8	64.7	20.6
총합	9,007.2	7,859.9	698	449.3

자료 : 서울특별시(2009) 서울시 도시림 실태조사 및 도시림 조성·관리계획 재작성

조경용수의 장래 수요량은 서울숲공원의 용수사용량을 기준으로 분석하였다. 도시림 관리에 소요되는 유지용수량을 예측하기 위해 살펴본 서울숲공원의 녹지관리면적은 총 925,198㎡이다. 수목이 식재된 이곳에서 전체 물사용량 30.6 m³/일 중 화장실용수 등을 제외한 평균 12.2m³/일 정도의 용수가 사용된다.

서울시 장래 조경용수량은 119m³/일이다. 이와 같이 장래 조경용수량이 적은 이유는 서울숲공원과 같은 중요한 공원에서의 조경용수 사용량이 적어, 단위용수량이 적어졌기 때문이다. 즉 자연강우량에 의존하고 있기 때문에 나타난 결과이다.

서울숲의 녹지면적 : 925,198m²

서울숲 수목관리에 소요되는 용수량 : 12.2m³/일

서울시 장래 조경용수량 : 12.2m³/일 ÷ 925,198m² × 9,007,200m² = 119m³/일

제 4 장 국 내 외 사 례

제 1 절 국 내 사 례

제 2 절 국 외 사 례

제 4 장

국내외 사례

제1절 국내사례

1. 친수용수 등의 공급시설 산업사례

1) 반포2단지 삼성래미안 아파트 연못

(1) 현황

서초구 반포2동에 위치한 삼성래미안 아파트는 2009년 7월에 입주가 시작된 아파트로, 대지면적은 133,661.30m², 가구수는 2,444가구에 달한다.

〈표 4-1〉 반포2단지 삼성래미안 아파트 현황

구분	현황
주소	서울특별시 서초구 반포2동 18-1번지
대지면적	133,661.30m ²
가구수	2,444가구

단지 내에는 생태연못과 3개와 소규모 벽천 등 수경시설이 설치되어 있다. 특히 수질을 관리하고 물을 순환하여 사용하기 위해 역삼투막을 이용하여 순환 정수처리를 하는 시설이 함께 설치되어 있다.

근린공원 및 반포2단지의 생태연못은 담수량이 1,050m³이며, 수심은 0.1~0.4m로 낮다. 생태연못의 현황은 <표 4-2>와 같다. 생태연못에는 토출부에서 흘러나온 물이 자연경관미를 갖춘 계류를 통과하여 1차 정화되고 자연형 연못을 거쳐 최종 정화구역으로 이동하는 시스템이 설치되어 있다.

<표 4-2> 생태연못 현황

구분		하안(m)	장폭(m)	면적(m ²)	수심(cm)	담수량(m ³)	총담수량(m ³)
근린공원	계류	160	2	210	10	21	601
	연못A	175	60	1,450	40	580	
반포2단지	계류	525	2	590	10	59	449
	연못B	153	50	1,100	30	330	
	연못C	60	20	200	30	60	



<그림 4-1> 반포2단지 아파트 생태연못 조감도



〈그림 4-2〉 반포 2단지 아파트 생태연못 조성모습

(2) 설계기준

이 대상지역은 단지 내 생태연못이므로 어느 정도의 투명도를 유지해야 할 뿐만 아니라 녹조발생도 예방하여야 한다. 따라서 대상지역의 목표수질은 호소 수질기준인 II급수로 설정되었다. 수질정화 운용기준을 보면 효율적이고 경제적인 녹조 예방을 위해 흑서기 및 하절기 3~5일을 기준으로 전체 수량이 정화 되도록 설정하였다.

근린공원의 연못 및 반포 2단지의 생태연못의 처리용량은 다음과 같이 계산 하였으며 검토를 통하여 1일 처리용량을 $10\text{m}^3/\text{hr}$ 로 하였다.

- | |
|--|
| <p>1) 근린공원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 시간당 처리능력 $10\text{m}^3/\text{hr} \times$ 일일가동시간 16hr = 1일처리량 $160\text{m}^3/\text{day}$ - 전체수량의 회전율 : 총담수량 $601\text{m}^3 \div$ 1일처리량 $160\text{m}^3/\text{day}$ = 회전율 3.76day <p>2) 반포2단지</p> <ul style="list-style-type: none"> - 시간당 처리능력 $10\text{m}^3/\text{hr} \times$ 1일가동시간 12hr = 1일처리량 $120\text{m}^3/\text{day}$ - 전체수량의 회전율 : 총담수량 $449\text{m}^3 \div$ 1일처리량 $120\text{m}^3/\text{day}$ = 회전율 3.74day <p>→ 처리용량 : $10\text{m}^3/\text{hr}$</p> |
|--|

(3) 여과방식

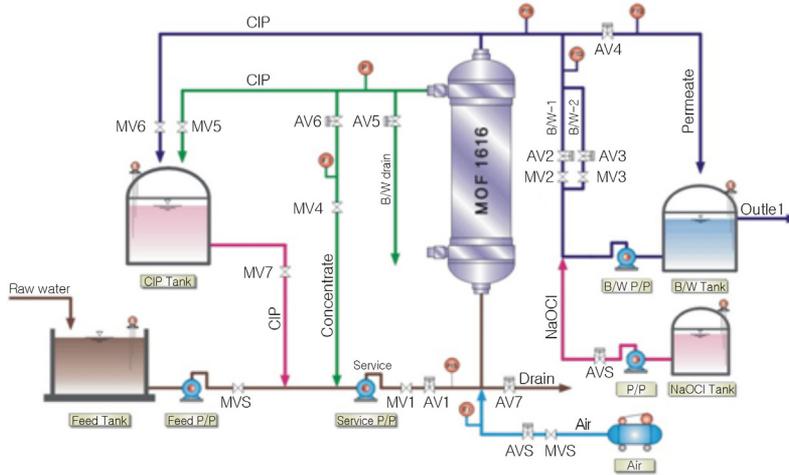
대상지역에 설치된 전기장장치는 수중플라즈마발생을 통해 오염물의 산화, 분해, 살균의 기능을 담당하므로 오염물을 외부로 인출하기 위해서는 부가장치가 필요하다. 이 때문에 대상지역의 부가장치로는 막여과장치를 사용하였다. 여과장치별 특징을 비교해보면 <표 4-3>과 같다. SMF(Superior Micro Filtration) 시스템은 길고 가느다란 섬유상 다공성 막을 통하여 공극의 크기보다 큰 입자상 물질을 원수로부터 분리, 제거하는 방법으로 양질의 처리수를 얻을 수 있다. SMF시스템의 구성을 살펴보면 <그림 4-3>과 같다.

응집제를 사용하지 않고 미세한 부유물까지 제거하기 위해서는 응집여과장치를 이용하거나 미세한 부유물까지 제거할 수 있는 μm 이하의 막여과나 마이크로 필터를 이용하여야 한다. 따라서 목표수질과 유지관리비 및 유지관리의 편리성 등을 고려하여 자동역세 필터를 선정하였으며 비상시만 응집제를 투여할 수 있도록 하여 경제적인 방안을 사용하였다.

<표 4-3>과 같이 반포2단지 삼성래미안 생태연못의 수질개선 및 녹조 발생억제를 위해서는 수순환 설비에 전기장 장치를 추가하여 연못 내 물을 지속적으로 순환시키고 여과 공정을 도입하여 부유물질 및 탁도를 정화시켰다.

<표 4-3> 여과장치 비교

구분	모래여과장치	JET-필터	DDS-필터	SMF SYSTEM
용량	10m ³ /hr	10m ³ /hr	10m ³ /hr	10m ³ /hr
자동역세여부	자동역세	자동역세	자동역세	자동역세
여과 정밀도	유효경 0.3~1.0mm	30-50 μm	5-10 μm	0.2 μm
여재교체여부	1년 1회	없음	없음	4년 1회
설치부지	3,000L × 3,000W × 2,500H	3,000L × 3,000W × 2,500H	3,000L × 3,000W × 2,500H	6,000L × 3,000W × 3,000H
역세수량/1회	2 ~ 3ton (역세시간 30분)	42L (역세시간 15초)	56L (역세시간 20초)	400L (역세시간 1분)
제작기간	발주 후 1.5개월	발주 후 3개월	발주 후 3개월	발주 후 1.5개월
비고	탁도제거 어려움	좌동	좌동	탁도제거 우수



〈그림 4-3〉 SMF시스템 구성도

(4) 공법의 선정

근린공원 및 반포2단지의 생태연못은 담수량(1,050m³)이 적고 수심(0.1~0.4m)이 낮아 영양염류 및 비점오염원의 과다 유입 시에 조류 증식에 따른 수중 산소 결핍으로 인해 연못의 자정능력이 약화된다. 이 때문에 탁도 악화 및 부영양화 현상이 빠르게 진행되어 녹조 현상 및 바닥 퇴적 오염물질과 수중 오염물질로 인한 수질악화의 문제점이 발생할 수 있다. 이를 막기 위해서 오염원을 산화, 살균하여 녹조를 파괴·억제하는 효과가 뛰어난 전기장장치를 설치하였다. 전기장장치는 수중플라즈마발생을 통해 오염물의 산화, 분해, 살균의 기능을 담당하므로 오염물을 외부로 인출하기 위해서는 부가장치가 필요하다. 부가장치로는 막여과장치를 사용하여 처리효율을 높였으며, 여과장치의 효능은 <표 4-4>와 같다.

〈표 4-4〉 여과장치의 효능

용량	자동역세여부	여과정밀도	여재교체여부	설치부지	역세수량/1회	비고
10m ³ /hr	자동역세	0.2 μ m	1회/4년	6,000L×3,000W×3,000H	400L (역세시간 1min)	탁도제거 우수

2. 교하신도시 물순환시스템

교하신도시는 수도권외의 안정적인 주택공급을 위해 정부가 추진 중인 서북부 지역 신도시의 하나로 1,2지구 9.5km²(289만평)에 3지구 6.9km²(210만평)를 합쳐 총 개발면적 16.4km²(499만평), 인구 205천명의 신도시로 계획되어 있다.



사진출처 : <http://pajutimes.newsk.kr>(파주타임스)

〈그림 4-4〉 교하신도시 종합계획도

교하신도시는 주변에 심학산~확룡산~장명산으로 연결되는 양호한 임상환경 뿐만 아니라 지구 내를 흐르는 소리천, 청용두천과 지구 북측으로 흐르는 공릉천이 있어 친수도시로의 가능성이 큰 지역이다. 특히 공릉천은 길이 16km에 넓이 3.9km²(120만평)의 파주를 대표하는 국가하천으로 향후 5년간 500억원의 사업비가 투입되는 하천정비사업이 추진될 예정이다. 1,2지구의 물순환체계와 함께 3지구를 통해 공릉천-청용두천-소리천을 이용한 친수도시계획 수립, 블루네트워크 연결, 청용두천을 이용한 에코아일랜드 계획으로 교하신도시에는 친수환경을 활성화할 예정이다.



<그림 4-5> 교하신도시 물순환시스템 조성 위치

<표 4-5> 교하신도시 물순환시스템 조성사업 개요

구 분	개 요
위치	경기도 파주시 교하읍 동패, 야당 및 외동리 일원
교하신도시 물순환시스템 조성기간	2008.05~2012.03(46개월)
소요비용	1,347억원

교하신도시 물순환시스템의 가장 큰 특징은 인공호수와 하천(소리천), 실개울이 끊어지지 않고 연결된 수변 공간을 창출한다는 것이다. 물순환시스템은 파평면 율곡리 농어촌공사취수장의 임진강 원수를 끌어올려 수중보에 가둬 순환취수장에서 신도시 곳곳으로 보내 지속적으로 순환시킨다. 수변공간에는 인공폭포와 음악분수·경관조명이 설치된다. 보행교가 5곳에 설치되고 호수와 실개천 주변 경관을 바라보는 관찰데크 등도 곳곳에 설치될 예정이다.

물순환시스템의 주요 시설물로 인공호수, 소리천, 실개천, 순환수 및 원수처리용 수처리시설, 초기우수처리시설, 수중폭기시설 등이 계획되어 있다(<표 4-6>, <그림 4-6>).

〈표 4-6〉 주요시설물 및 부대시설 계획

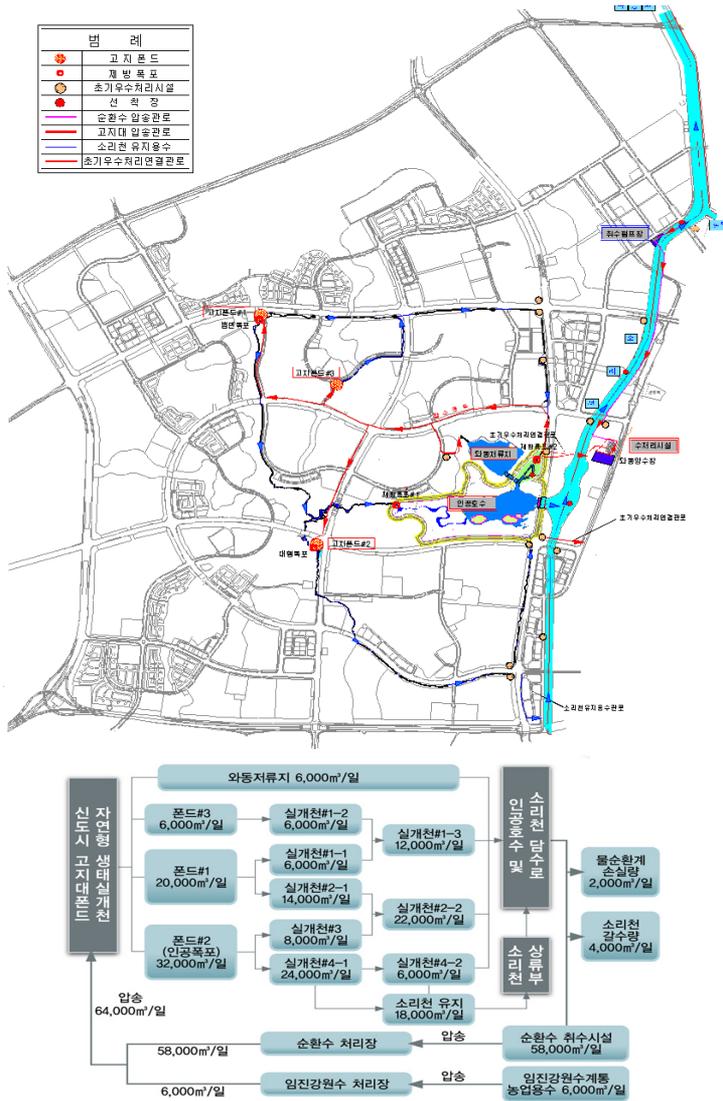
시설물 및 부대시설		계획수량
주요시설물	인공호수	면적 : 201,360㎡(6만평) 방류시설물(가동보, 5×30m)
	소리천	폭 35~75m, 연장 4.6km, 낙차공 4개소, 가동보 1개소
	실개천	면적 45,000㎡, 연장 8.6km, 폭포 4개소, 고지펀드 3개소
	수처리	수처리장 1개소(68,000㎡/일), 임진강원수 10,000㎡/일, 압송관로 4.1km
부대시설	교량	도로교(사장교) 1개소(70m), 보행교 5개소(58~150m)
	수질개선	수중 폭기시설 6개소, 간이 정화시설 7개소
	순환수 취수시설	취수펌프장 1개소(58,000㎡/일), 압송관로 1.6km
	초기우수 처리시설	와류형 8개소, 필터형 7개소



〈그림 4-6〉 주요 시설물 설치계획

취수장에서 취수하는 하루 5만8천 m^3 와 임진강원수의 하루 유입량 6천 m^3 를 합친 6만4천 m^3 의 물은 교하신도시 단지 내 3곳에 설치되는 연못 지하수로로 통해 낮은 곳에서 높은 곳으로 압송된다. 이 물은 다시 연못에서 낮은 곳으로 자연유하돼 단지 곳곳을 거미줄처럼 사방으로 누비는 8개의 실개천을 이룬다. 실개천의 총 면적은 4만5천여 m^2 에 달한다. 실개천의 물은 기존 와동저수지를 넓혀 조성될 20만1천 m^2 의 인공호수로 모여든다. 인공호수는 우수저류지를 겸해

홍수에 대비한 수해방지 기능을 한다. 인공호수의 경우 저류지 총 면적이 20만1천360㎡, 홍수조절용량도 89만7천738㎡에 달하며, 100년에 한번 내리는 폭우에 대비해 설계됐다. 교하신도시의 물순환시스템 흐름도는 <그림 4-7>과 같다.



<그림 4-7> 물순환 흐름도

3. 코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도시스템

1) 중수도 설치 개요

코엑스 인터컨티넨탈호텔에는 가압형 멤브레인을 이용하여 여과, 재처리한 하수를 수돗물로 재이용하는 중수도시스템이 가동되고 있다. 막모듈(MF막) 일체형설비로 0.05 μ m 이하의 기공(pore)으로 투과된 물은 조경용수, 클링타워 냉각수, 화장실용수, 청소용수 등 여러 가지 용도로 재이용되고 있다. 2007년에 설치되었으며, 시설용량은 400m³/일이다. 전체적인 시설 개요는 <표 4-7>과 같다.

<표 4-7> 코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도시스템 개요

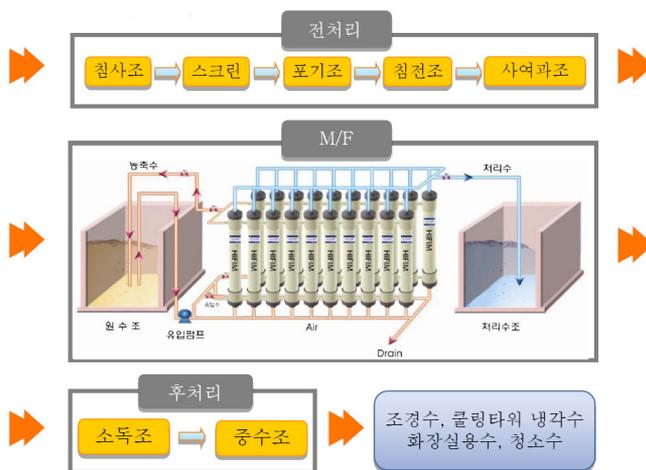
구 분	개 요
설치시기	2007. 11.
시설용량	400m ³ /day
운전 FIUX	1m ³ /m ² · day
모듈	HIFIM-50(8개)
운전방식	Outside-In(Cross flow)
막면적	50m ²



<그림 4-8> 코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도시스템 운영모습

2) 중수도시스템 처리공정 및 운전현황

중수도시스템은 가압형 멤브레인을 이용하여 여과, 재처리한 하수를 수돗물로 재이용하는 막-프레임 일체형 설비로 하부 측면에서 유입되고 모듈 내부 Fiber를 통과하여 상부로 여과되며 모듈의 수명 및 성능을 유지하기 위하여 일정주기로 자동화시스템에 의해 처리수로 역세를 시행한다. 또한 6개월~1년마다 주기적으로 화학세정을 시행하여 막성능효율을 유지하고 있다. 전체 중수도 공정도는 <그림 4-9>와 같다.



<그림 4-9> 중수도 공정도

<표 4-8> 중수도시스템 운전모드

모드	공급	여과	BW	AIR	AS+BW	세척	배출
시간(초)	30	1,200	30	10	60	30	30

중수도시스템 운영에 따른 수질결과는 <표 4-9>과 같다. 유입수의 BOD는 60~100mg/L이며, 처리후 BOD는 2~2.6mg/L로 저감되는 것을 알 수 있다. 처리된 물은 객실 및 공공지역의 화장실 변기 세정수, 쿨링타워 보충수, 조경용수, 청소용수 등으로 사용된다.

〈표 4-9〉 중수도시스템 운영에 따른 수질결과

구 분	중수 수질기준	유입수질	처리수질
대장균수(100ml)	불검출	검출	불검출
결합잔류염소	0.2mg/L 이상	불검출	0.5~1.2mg/L
탁도	2NTU	2~20NTU	0.04~0.5NTU
BOD	10mg/L 이하	2~20mg/L	1~3mg/L
COD	20mg/L 이하	3~40mg/L	1~8mg/L
pH	5.8~8.5	6.5~8.0	6.5~7.5

3) 경제성 분석

중수도 설계용량은 150m³/일이며, 평균생산량은 약 150m³/일이다. 최근 1년간 중수생산량은 평균 73,197m³이며, 중수도시설 가동으로 인한 요금 절감액은 1억2천만원 정도이다. 코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도용수는 변기세정수로도 활용하고 있어 경제성이 좋은 것으로 나타났다.

- 1일평균 생산량 : 150m³/일(설계용량 : 400m³/일)
- 중수생산단가 : 600원/m³
- 시수단가 : 2,270원/m³(물이용부담금 150원 포함)
- 과거 1년간 절감액 : (2,270원/m³-600원/m³) × 73,197m³ = 122,238,990원/년

제2절 국외사례

세계적인 인구 증가와 도시화가 진전됨에 따라 지속 가능한 수자원 확보와 보전이 21세기의 큰 과제가 되고 있다. 특히, 하수처리기술이 향상됨에 따라 하수처리수는 도시의 귀중한 수자원으로서 주목을 받고 있다. 예를 들면 중국에서는 급속한 공업화로 수자원을 확보하지 못하여 하수처리수 재이용을 의무화할 것을 검토하고 있다. 호주 퀸즈랜드주에서는 최근 가뭄 때문에 하수처리수

를 음료수원으로 이용하지는 움직임이 일고 있으며 싱가포르에서는 이미 2002년에 하수를 고도로 처리한 재생수를 음료수 (“NEWater”)로 활용하고 있다. 미국에서는 캘리포니아주 등에서 1960년대부터 하수처리수를 농업용수 등으로서 재이용하고 있다. 그리고 미국 전체에서 재이용되는 물의 양은 매년 11.1% 증가하여 그 시장규모는 2005년 22억 달러에서 2010년에는 33억 달러로 증가할 것으로 예상되고 있다. 이 연구에서는 미국과 싱가포르의 하수처리수 재이용 현황에 대해 살펴보고자 한다.

1. 미국

1) 샌디에고(San Diego)의 용수 재이용사례²⁾

San Diego에는 130만명이 거주하며 하루 평균 2억 1천만 갤런의 식수가 사용되고 있다. 시의 인구는 향후 25년 동안 50%가량 증가할 것으로 예상된다. 추가적인 수자원보존대책을 세운다 하더라도 인구증가에 따라 식수 수요가 25% 증가될 것으로 보고 있다. 이에 따라 San Diego시 총회(City of San Diego Assembly on Water Reuse), Independent Advisory Panel(IAP) 두 개의 핵심단체가 도시용수 공급 증가를 위한 용수의 재이용방안에 관한 연구를 시작하였다.

(1) 연구의 접근 및 목표

2004년에 열린 총회 워크숍에서는 San Diego시의 용수 재이용개발 계획과 관련하여 <표 4-10>과 같이 목표를 설정하고 성과를 예측하였다.

평가기준은 보건 및 안전, 사회적 가치, 환경적 가치, 지역 용수의 신뢰성, 용수의 질, 운용의 신뢰성, 비용, 적용가능성 등이다.

2) City of San Diego Water Department(2006), Water Reuse Study 중 일부 요약

〈표 4-10〉 용수 재이용 대안들에 대한 평가 기준

평가 기준	목표	성과 측정
보건 및 안전	재이용수 이용과 관련하여 시민의 보건과 안전을 지킨다.	용수 재이용에 대한 연방, 주 및 지역의 규제 기준을 만족시키는가?
사회적 가치	삶의 질을 향상 시키면서 모든 사회경제적 지위의 사람들에게 평등하도록 재이용수의 이용을 극대화한다.	용수 수요, 심미적 측면, 대중의 인식에 미치는 영향을 기준으로 평가대안들을 비교
환경적 가치	지역의 생태계 및 자연 서식지를 개선 시키며, 환경에 대한 부정적 영향을 최소화한다.	개선 효과가 기대되는 환경 영향, 회피된 환경 영향, 허가가 요구되는 환경적 영향을 비교
지역 용수의 신뢰성	용수 재이용 비율을 획기적으로 향상시켜 수입용수의 수요를 줄인다.	용수 재활용을 증대시키며 지역 용수의 신뢰성을 개선시키고 있는가?
용수의 질	용수 이용자 및 기타 소비자의 만족을 위해 요구되는 용수의 질기준을 충족 시킨다.	소비자들이 요구하는 용수의 질을 모두 만족 시키는가?
운용의 신뢰성	미래의 상황까지 대비할 수 있도록 시설의 운용 능력을 극대화시킨다.	수요를 얼마나 만족시킬 수 있는지, 체계 간의 상호연결, 운용의 유연성이 가능한지를 평가
비용	지역사회에서 지불해야 하는 비용을 최소화한다.	추정되는 자본 개선 비용, 예상 운용 비용, 각각의 재이용 대안의 예상 수입, 추정되는 기회 비용 (용수 처리 시설, 지역 용수 공급 시설에 대한 비용, 다른 용수 공급 대안에 대한 비용)의 비교
적용 가능성	치명적 결점이나 실현 가능성을 평가 하고, 정계와 공중이 용인할 수 있는지를 평가한다.	물리적, 사회적, 법적인 관점 적용이 얼마나 용이한지를 평가

(2) 재이용수의 대안

총회 워크숍에서는 재이용수의 비음용 용도와 간접음용 용도를 구분하여 물을 재이용하는 계획을 제안하였다. 또한 주거지역의 앞뜰잔디, 세차용수, 세탁소, 건설현장(먼지제거, 토양다지기), 도로청소, 화장실, 냉각탑 및 보일러, 소방서 등을 재이용수의 사용처로 꼽았다.

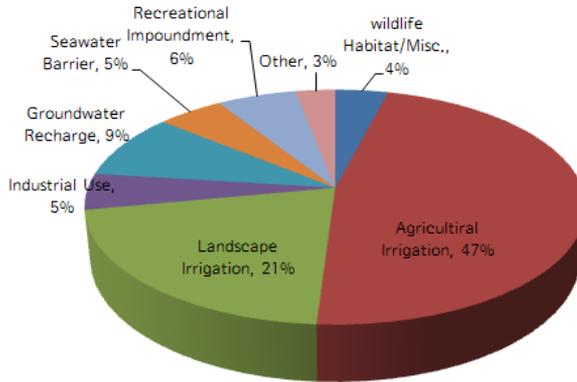
① 비음용 용도의 용수 재이용

비음용 용도의 용수를 재이용하려면 일반적으로 캘리포니아주의 비음용수 수질 기준을 충족시켜야 하며, 이러한 용수는 관개용수, 산업 용수 및 습지 조성 등에 사용된다. 이를 통해 안전하고 신뢰할 수 있으며, 음용수에 대한 수요를 감소시키는데 매우 효과적으로 기능해 왔다. 2001년에 캘리포니아주 지역

수자원관리 이사회(California State Water Resources Control Board)는 대략 550,000AF(Acre-feet)의 용수가 다양한 용도로 재이용되었다고 추산하였다.

○경관 및 농업 관개 용도

<그림 4-8>과 같이 캘리포니아주에서 비음용 재이용수는 관개용도로 가장 많이 이용된다. 2001년에는 총 재이용수의 2/3가 경관 및 농업의 관개 용도로 사용되었다.



<그림 4-10> 2001년 캘리포니아주 물재이용 현황

○산업 용도

캘리포니아주 재이용수의 5% 정도가 산업용으로 이용된다. 이 중 가장 많이 이용되는 용도는 냉각수로, 동력 발전소(지열 발전을 포함하여)와 정제소가 상당량을 사용하고 있다. 또한 재이용수는 중수도 건물의 화장실 및 변기에 공급된다.

○기타

San Diego에서는 재이용수를 민간 주택의 경관용 관개, 야생동물 서식지 개선, 습지 조성, 여가지역 조성(연못, 호수) 및 기타 비일반적이거나 특화된 용도로도 이용하고 있다.

② 간접음용 용도의 용수 재이용

San Diego시는 모든 수입용수를 수자원공사(the Water Authority)로부터 매입하는데, 수자원공사는 다시 용수를 남캘리포니아의 대도시수자원지구(Metropolitan Water District)와 임페리얼 관개지구(Imperial Irrigation District)로부터 매입하고 있다. 대도시수자원지구의 용수는 콜로라도강 용수와 캘리포니아주 수자원 프로젝트 용수의 혼합물이며, 이 용수의 조합비율은 가격 및 가용 공급량에 따라 달라진다. 대략 80-90%의 음용수는 위의 두 곳으로부터 공급되고 있다.

San Diego는 화학적 응고, 응집, 침전, 여과 및 살균의 처리 프로세스를 거치는 전통적인 공법을 통하여 시가 공급받는 용수를 완전히 정화처리하고 있다. 대부분의 미국 도시에서 사용되는 이 전통적인 처리 공법을 이용하여, San Diego는 EPA(미 환경 보호국) 및 CDHS(캘리포니아주 보건국)가 설정한 식수 기준을 만족시켜 왔다. San Diego는 화학적 혼합물, 잠재적인 세균 및 원생 병원체를 성공적으로 제거하며, 위 기관들이 공공 보건을 위해 설정한 기준보다 낮은 위해 요소 수치를 달성했다. San Diego시 수도국(San Diego Water Department)은 지난 수년간 모든 수요자에게 안전한 식수를 공급해왔으며, 주 및 연방 공공 보건 기준을 뛰어넘는 수질을 지켜왔다.

폐수 처리 플랜트가 처리수를 방출할 때마다, 계획되지 않았다고는 해도 재이용수가 간접 음용수로 사용되고 있다고 볼 수 있다. 재이용수의 요구 수질에 못 미치기도 하는 처리 폐수의 이러한 재이용은 미국 전역에 걸쳐 수십 년 동안 존재해 왔다. 캘리포니아주 보건국(DHS)은 개별 폐수 방출량이 총 용수 공급량의 5%를 초과하지만 않는다면, 이러한 간접 음용수에 간섭하지 않고 있다.

San Diego 부근에는 주요 하천이 없기 때문에, 도시의 처리폐수는 태평양으로 직접 배출된다. San Diego에 적용될 수 있는, 간접 음용 이용을 위한 처리폐수의 재이용 방법에는 <표 4-11>과 같이 세 가지가 있다.

〈표 4-11〉 간접음용을 위한 처리폐수의 재이용 방법

구분	처리폐수의 재이용방법	적용지 사례
지하수 재충전-확산	지표 확산방법은 재이용수가 개방된 집수지로 방출되어, 지하수 집수지로 확산되는 현상을 이용하는 방법이다. 이 방법은 일반적으로, 충분한 면적이 존재하고, 특정한 토양의 조건이 충족되며, 지하수 집수지가 외부와의 흐름에 노출되어 있을 때 사용 가능하다.	로스엔젤레스와 오렌지 카운티 (Orange County)
지하수 재충전-주입	재이용수 주입이란 토양의 삼투를 거치지 않고 재이용수를 직접 지하수에 주입시키는 방법이다. 이 방법은 토양의 삼투를 거치지 않기 때문에 토양의 여과 효과를 기대할 수 없다. 따라서, 주입되는 용수는 반드시 지표 확산에 사용되는 용수보다 수질이 좋아야 한다. 몇몇의 주는 이 주입 용수가 식수 수질 기준을 충족시킬 것을 요구하고 있다.	로스엔젤레스 카운티, 오렌지 카운티
저수지 확장	저수지 확장은 용수 총 공급량의 증대를 위해 고도 처리된 재이용수를 저수지에 첨가하는 것을 의미한다. 저수지 확장 프로젝트에 이용되는 용수는 고도 처리 및 살균 과정을 거친다. 이러한 고도처리에 더하여, 저수지 확장 프로젝트는 또한, 처리수가 일정기간 동안 자연적인 환경 하에 있도록 하고 있다. 이 기간 동안 미생물 분해, 산화 및 희석을 거쳐 오염물질이 자연 감소하므로, 이러한 보류 기간은 공공 보건을 위한 추가적인 방책으로 기능할 수 있다. 저수지의 용수는 음용수 처리 플랜트를 거쳐 최종적으로 음용 목적으로 사용된다.	버지니아 주의 오코퀸(Occoquan)

(3) 용수처리기술

용수의 요구 처리 수준은 공공 보건과 구체적 사용 목적에 필요한 수질 등을 고려하여 결정된다. 용수 처리 방법은 아래와 같은 다양한 종류의 오염물질을 제거 혹은 감소시키는 데에 쓰일 수 있다.

- 미생물(질병 유발 박테리아, 바이러스 및 원생동물)
- 유기 화합물(살충제, 제초제의 잔여 오염물질)
- 무기 화합물(금속, 영양소 및 미네랄)
- 외적 측정이 가능한 요소(색, 탁함 및 악취)
- 방사성 물질

재이용수 처리 방법은 위의 오염 물질들의 양을 최종 이용 목적과 공공 보건 보호를 고려한 수준으로 낮추도록 구체적으로 설계되고 배열된다. 제거의 효율성은 처리 방법의 선택, 설계, 운영 및 유지에 따라 결정된다. <표 4-12>는 각 처리 방법의 대체적인 오염물질 제거 능력을 보여주고 있다.

〈표 4-12〉 오염 물질 제거를 위한 용수 및 폐수 처리

처리 방법	오염 물질의 종류						
	미립자	병원체			무기물	유기물	방사성 핵종(radionuclides)
		박테리아	바이러스	기생충			
전처리	○				○	○	○
1차처리	○					○	
2차처리	○					○	
3차처리	○	○	○	○	○	○	○
정밀여과	○	○		○			
한외여과	○	○	○	○		○	
역삼투	○	○	○	○	○	○	○
이온교환					○		○
오존		○	○	○		○	
자외선+수소과산화물		○	○	○		○	
입상활성탄						○	
토양 대수층 처리	○	○	○	○		○	
습지	○				○	○	
염소 소독		○	○				

비음용 용도의 용수를 재이용할 때는 일반적으로 공급 관리, 1차 처리, 2차 처리, 3차 처리 및 염소 소독을 거친다. 산업용 기관 용수와 같은 특정 용도에서는 기관 손상을 일으킬 수 있는 무기물의 제거를 위해 추가적인 처리가 요구되기도 한다.

궁극적으로는 사람들에 의해 직접적으로 소비되기 때문에, 간접 음용 재이용수는 고도 처리방법(종종 추가적인 전처리(pretreatment)를 포함함)을 사용한다. 캘리포니아주 보건국(California Department of Health Services)에서는 의약품질(Pharmaceuticals and Personal Care Products) 등의 유기 오염물질 잔여물과 관련된 우려를 종식시키기 위해, 간접 음용수 프로젝트에서 역삼투, 자외선 살균 및 과산화수소 처리를 행할 것을 의무화하고 있다. 지금까지의 연구는 재이용수가 공공 보건에 악영향 없이 비음용수나 간접 음용수로서 San Diego시에서 사용될 수 있다고 보고 있다.

(4) 재이용수 이용방안

San Diego의 재이용수를 비음용 용도로 이용하는 방안을 조사하기 위해 시내부를 세 개의 서비스 영역으로 구분하였다. 각 서비스 영역에서는 우선, 일반적으로 대규모의 수요를 가지고 있는 관개 및 산업 용수 수요자에 초점이 맞추어졌다. 다른 비음용 용도 수요자들도 고려되었는데, 이들은 기존 시설에 인접한 소규모의 잠재 수요자, 기존 시스템 내에서는 용수를 이용하지 않으나 사업 확대 시 포착이 가능한 소규모의 잠재 수요자 등이다. 인공용수실험(storm event) 등을 통해 동계 기간 동안 재이용수를 사용할 수 있는 습지 조성 계획도 조사되었다. 각 영역에서는 계절적 저장 시설의 건설이 고려되었고, graywater (가정 폐수, graywater 대안이란 가정 하수를 지하 관개 등의 용수로 쓰기 위해 재이용하는 방안) 대안 또한 고려되었다. 마지막으로, 생산된 재이용수를 인접 수자원지구 및 물 자치구에 판매하는 재이용수의 지역적 이용도 고려되었다.

〈표 4-13〉 재이용수의 비음용 용도로 이용에 필요한 시설

서비스 영역	방안	1일 평균예측 수요(MGD)	연간 예측 이용량(AFY)	이용 대상자	요구 시설
북부	Infill(기존의 재이용수 파이프라인으로부터 1,320피트 내에 위치한 대규모 용수 이용자를 통하여 수요를 증가시키는 방법)	3.6	3,820	기존의 재이용수 파이프라인에 인접해 있고 현재 수요가 적은, 약 150 곳의 관개 및 산업 용수 수요지	이용자의 이용 부재 개조
북부	단계 III의 재이용수 시스템 확장(Rancho Bernardo 지역까지 도달; 계절적 저장)	2.5	2,980	8곳의 골프코스를 포함한 21곳의 관개 및 산업 용수 수요지	2개의 2MG (million gallon) 규모 저수지; 펌프장(pumpstation); 17마일 길이의 파이프라인
북부	중부 서비스 영역과의 상호교류; 계절적 저장	2.35	2,640	Balboa공원 및 Mission Bay공원을 포함하는 10곳의 관개 및 산업 용수 수요지	1MG 규모 저수지; 2MG 규모 저수지; 17마일 길이의 파이프라인
북부	Rose Canyon 습지대	1.5 (11월~4월)	800	없음	480에이커의 습지 및 수송 파이프라인
남부	인접 수자원 지구로의 진출	6 5.25	5,760* 5,880	Otay 수자원 지구, Sweetwater 물자치구	각 지구가 이용할 파이프라인

서비스 영역별로 실현 가능한 방안들과 재이용수의 비음용 이용에 필요한 시설을 아래의 <표 4-13>에 정리하였다.

이 표에는 사용될 수 있는 재이용수의 양, 각각의 세 서비스 영역에서의 저수지 확장과 지하수 재충전을 위해 필요한 시설 등을 포함하는 모든 간접 음용 이용 방안들이 들어 있다. 그러나 그 중 일부만이 전체적 실행 전략의 세부 요소로서 평가될 수 있다. 서비스 영역별 실현 가능한 방안들과 재이용수의 간접 음용 이용에 필요한 시설은 <표 4-14>와 같다.

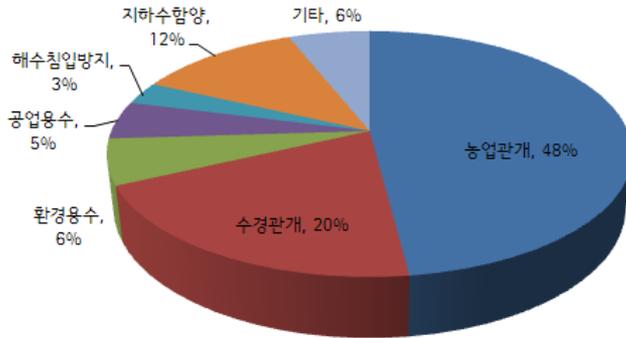
<표 4-14> 재이용수의 간접 음용 이용 방안

서비스 영역	방안	1일 평균예측 수요(MGD)	연간 예측 이용량(AFY)	이용 대상자	요구 시설
북부	Hodges 호수의 확장	1.6	1,800	North City와 San Diego 지역 음용수 수요자	단계 III의 재이용수 시스템 확대; 2MGD 용량의 고도 용수처리 플랜트; 소금물 처리 파이프라인 및 Escondido Hale Avenue 자원 재생 플랜트와의 연결
북부	San Vicente 저수지의 확장	9.4	10,500	시 전역에 걸친 음용수 수요자	16MGD 용량의 고도 용수처리 플랜트; 23마일 길이의 파이프라인
남부	Otay 호수의 확장	4.9	5,500	시 중부 및 남부 지역에 걸친 음용수 수요자	5.5MGD 용량의 고도 용수처리 플랜트; 16마일 길이의 파이프라인

2) 캘리포니아주의 하수처리수 재이용 현황과 장래 전망³⁾

미국 캘리포니아주는 물의 재이용에 대한 선진적인 지역으로 알려져 있다. 캘리포니아주에서는 2000년에 234곳의 하수처리장에서 총 40.2만 acrefoot(약 5억m³/년)의 하수재생수가 공급되고 있다. 하수재생수는 약 50%가 농업 관개용수로 사용되며, 그 외에도 지하수 함양, 해수 침입방지, 수경 관개용수, 공업용수, 환경용수 등으로 활용된다(<그림 4-11>).

3) 야마가타 히로키, 『미국 캘리포니아주의 하수처리수 재이용에 대하여』 중 일부 발췌



〈그림 4-11〉 캘리포니아주의 하수처리수 재이용 용도(2000년)

하수처리수 재이용에 따른 안전성 확보를 위해서 캘리포니아주 보건부 (California Department of Health Service, CDHS)는 용도별로 처리레벨 등을 규정한 수질기준을 정하고 있다(<표 4-15>). 특히 오렌지카운티 등에서 최근 도입을 추진하고 있는 수도수원으로서의 지하수 함양에 대하여서는 2007년에 기준 개정안이 공표되었다. 이 개정안에는 RO막 처리의 의무화, TOC, TN, 대장균 및 화학물질 기준의 수돗물 수질기준 수준으로 강화, 환경호르몬, 의약품, NDMA(nitrosodimethylamine) 등 소독 부생성물 등의 모니터링 의무화 등이 담겨져 있다.

〈표 4-15〉 하수처리수 재이용에서의 공중위생 확보를 위한 최저 처리레벨의 예

용도	처리레벨		
	3차 처리, 소독 (Disinfected Tertiary)	3차 처리, 소독 (Disinfected Secondary)	2차 처리, 미소독 (Undisinfected Secondary)
도시용수, 수경 관개용수			
방화용수	○		
화장실 세정용수	○		
공원, 교정, 가정의 살수용수	○		
묘지, 고속도로의 살수용수		○	
보육원의 살수용수		○	
수경용수	○	○*	

〈표 계속〉 하수처리수 재이용에서의 공중위생 확보를 위한 최저 처리레벨의 예

용도	처리레벨		
	3차 처리, 소독 (Disinfected Tertiary)	3차 처리, 소독 (Disinfected Secondary)	2차 처리, 미소독 (Undisinfected Secondary)
농업 관개용수			
우유목초리		○	
사료, 곡물			○
과수원(과일과 재생수의 접촉 없음)			○
포도원(과일과 재생수의 접촉 없음)	○		○
음용이 아닌 수목			○
가공되는 곡물		○	
가공되지 않은 곡물	○		
상업, 공업용수			
공조용수	○	○*	
방화시설	○		
상업용 세차	○		
상업용 클리닝	○		
응설용수	○		
토사의 압밀, 콘크리트 혼합		○	
환경 및 그 외의 용수			
인체에 접촉하는 레크리에이션용 연못(수목(水浴))	○		
야생동물의 서식지, 습지		○	
양식(養殖)	○	○*	
지하수 함양			
해수 침입방지	○*		
수도수원으로서의 지하수 보충	○*		

*기준 강화가 예정됨

캘리포니아주 수자원부, SWRCB 및 CDHS는 2003년에 “Water Recycling 2030”을 작성하였다. 여기에서 하수처리수 재이용 목적을 다음과 같이 열거하고 있다.

- ① 하수처리수를 농업 관개에 이용하여 농업생산 향상
- ② 다른 수원을 대신하여 수자원 확보
- ③ 환경적으로 양호하고 비용이 저렴한 하수처리기술의 개발
- ④ 환경가치 향상을 위한 물 공급
- ⑤ 신뢰성 있는 지역 독자의 물, 영양분, 유기물의 자원 확보로 농업토양의 개량과 비료 사용량 삭감
- ⑥ 공공용수역으로의 오탉물질 배출량 삭감, 처리수의 토양함양으로 자연처리 촉진
- ⑦ 갈수(渴水) 시 물 공급 확보
- ⑧ 물 공급 확보에 의한 경제적인 편익 확보

캘리포니아주의 인구는 2030년까지 50% 증가할 것으로 예상되고 있다. 그렇기 때문에 재이용되는 하수처리수 양은 2030년에는 이용 가능한 하수처리수의 23%에 해당하는 연간 150만 acrefoot(약 18.5억m³/년)에 달할 것으로 추정된다.

2. 싱가포르

대표적인 물부족국가인 싱가포르는 상수원수의 75%를 말레이시아에서 수입하고 있기 때문에 국가 생존차원에서 하수 재이용사업(New-Water Project)을 추진하고 있다. 수자원 확보를 위한 4가지 전략은 빗물집수, 말레이시아로부터 수입, 하수의 재처리, 해수의 담수화이다. 현재 싱가포르는 높은 수입의존도를 줄이고 수자원을 확보하기 위해 뉴워터(NEWater)라고 불리는 하수 재처리 방법을 사용하고 있다.



a. Ulu Pandan NEWater Plant



b. Seletar NEWater Factory

〈그림 4-12〉 NEWater Plant 모습

1. 전통적인 하수처리 전 공정	뉴워터공장으로 이동하기 전에 침전 등 전통적인 방법으로 하수찌꺼기 처리
2. 마이크로 필터	밖에서 압력을 가한 오페수를 마이크로필터를 통과시켜 0.2 μ m보다 큰 분자나 박테리아 등을 걸러냄.
3. 역삼투압(RO)	역삼투압 장치를 통과시킴으로써 0.001 μ m 크기 이상의 분자를 걸러냄. 이 과정에서 바이러스, 중금속, 염화물 등이 걸려져 높은 수준의 물로 다시 만들어짐.
4. 자외선(UV) 살균	안전성을 위해 자외선을 이용한 추가 살균과정을 거침.

〈그림 4-13〉 뉴워터 처리공정

뉴워터는 우리가 일상적으로 사용한 각종 생활하수를 다중 필터시스템으로 정화한 물을 말하며 반도체나 LCD제조와 같은 산업공정이나 농업용수로도 사용되고 있다. 대표적인 사례지로는 Kranji와 Seletar 처리장이 있다.

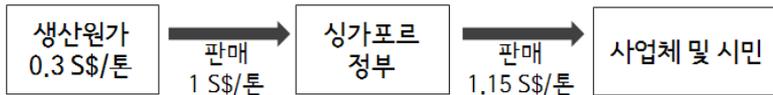
1) Kranji 처리장

Kranji 처리장에서 처리된 물은 공업용수(대부분 반도체 공정에서 필요한 용수로 사용, 98%) 및 간접적인 음용원수(2%)로 사용되고 있다. 시설개요는 <표 4-16>과 같다.

<표 4-16> Kranji 처리장 시설의 개요

구분	개요
소재지	Kranji Water Reclamation Plant 10 Kranji Road
처리방식	하수(배독하수처리장)-Micro-Filtration(CMF)-Reverse Osmosis(RO)-UV소독설비-공업용수
처리용량	1단계 40,000톤/일(처리방류수) 2단계 증설 16,000톤/일(처리방류수) 3단계 증설 26,000톤/일(처리방류수) 총 처리용량 : 82,000톤/일(처리방류수)
하수처리 흐름도	<pre> graph LR A[sewage 150,000m³ 유입] --> B[Sewage T/P] B -- "117,000m³ Kranji 공급" --> C[Reuse] C -- "82,000m³ 공급" --> D[Industrial(98%) Reservoirs(2%)] B -- "Sea discharge" --> E[Sea] C -- "Ro reject Sea" --> F[Sea] </pre>
사업형태	설계 및 시공 - Veolia Water System 소유 및 운영관리 - PUB(The Public Utilities Board) 유지관리 - Veolia Water System

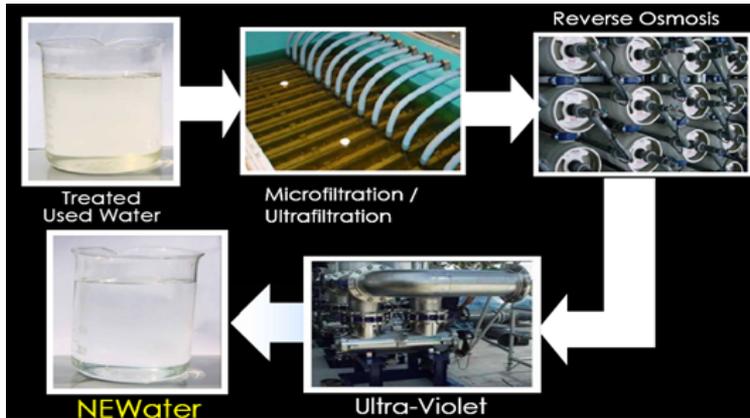
Kranji 처리장의 생산원가는 0.3S\$/톤이며 싱가포르 정부에 1S\$/톤로 판매하고 있다. 싱가포르 정부는 이를 다시 사업체 및 시민들에게 1.15S\$/톤에 판매를 한다(<그림 4-14>).



<그림 4-14> Kranji 처리장의 원가 및 유통경로

NEWater 공정은 <그림 4-15>와 같이 막분리 시설과 UV 소독공정으로 구성된다. Microfiltration(CMF)는 처리효율이 90%(최소)에 달하며 유출수의 탁도는 0.5NTU 이하이다. 다음으로 Reverse Osmosis(RO)는 처리효율이 75%이고 유출수의 탁도는 0.2NTU 이하이다.

뉴워터 처리공정을 통한 처리수의 수질은 총용존고형물의 경우 400으로 유입되어 50 이하로 유출되며, 총유기탄소는 12mg/L로 유입되어 0.1mg/L 이하로 유출된다. 요소별 처리수 수질은 <표 4-17>과 같다.



〈그림 4-15〉 뉴워터 처리공정

〈표 4-17〉 처리수 수질

요소	유입수질		유출수질	USEPA/WHO규정
	최대	최소		
pH	7.5	6	8.0~8.5	6.5~8.5
탁도(NTU)	30	2	0.2 이하	
총용존고형물	400	340	50 이하	500/1000
총유기탄소(mg/L)	12	6	0.1 이하	
Al(mg/L)	0.3	0.02	0.05 이하	0.05~0.2/0.2
Ba(mg/L)	0.15	0.03	0.02 이하	2/0.7
B(mg/L)	0.8	0.03	0.1 이하	-/0.9
Ca(mg/L)	40	20	1 이하	-/-
Cu(mg/L)	0.02	0.01	0.05 이하	1.3/2
Fe(mg/L)	0.6	0.01	0.05 이하	0.3/0.3
Mn(mg/L)	0.05	0.02	0.05 이하	0.05/0.5
Na(mg/L)	70	40	10 이하	-/200
Sr(mg/L)	0.1	0.03	0.1 이하	-/-
Cl(mg/L)	120	40	10 이하	250/250
NO ₃ (mg/L)	110	35	10 이하	-/-

2) Seltar 처리장

Seltar 처리장은 싱가포르 동북부 지역에서 발생한 하수를 처리하고 있으며, 싱가포르 전체 하수처리장을 네트워크로 관리 담당하고 있는 처리장이다. 침전지 및 반응조 등 처리시설물에 악취처리시설을 갖추고 있어 처리장 내 악취 발생이 없으며, 발생한 슬러지는 음식물 쓰레기 등과 함께 전량 소각처리하고 있다.

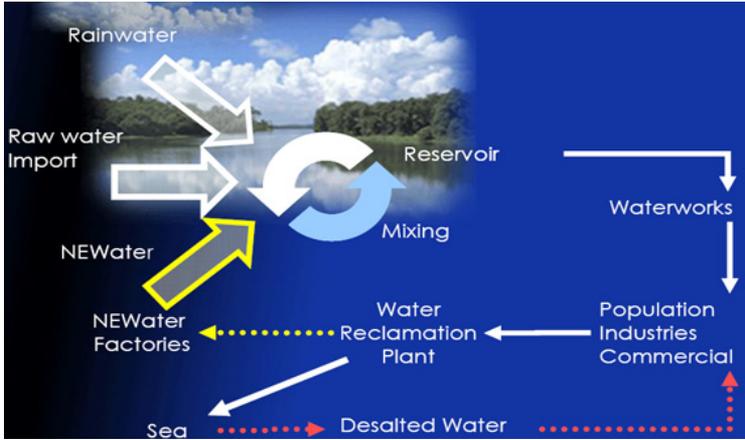
〈표 4-18〉 Seletar 처리장 시설의 개요

구분	개요
시설용량	247,000m ³ /일(당초 114천m ³ /일, 2001년 증설공사 실시)
유입수질	BOD ₅ 200mg/L, SS 10mg/L
방류수질	BOD ₅ 및 SS 10mg/L 이하로 하천 방류
시공사	NEWater
설치비	\$360million

기존의 관거와 DTSS(Deep Tunnel Sewerage System : 하수지하저류용 초대형 하수관망 및 하수처리 시스템)를 연결하기 위해 관거를 설치하였으며, 0.3~3.0m의 관경으로 지하 10~55m 깊이로 매설되어 있다. Deep Tunnel Sewer는 3.3~6.0m의 관경으로 지하 약 20~55m에 매설되어 있으며 총 연장은 48km에 달한다.

하수관거 용량계획을 살펴보면 3Q를 차집할 수 있도록 관거가 설치되어 있으며, 발생하수를 유역별로 분류하여 이미 설치된 DTSS를 이용하여 해당 유역의 하수 처리장에 필요한 용량만을 펌핑하여 이송시켜 처리한다. 시설용량을 초과한 하수는 DTSS 관거에 저류하거나 Juroug(처리용량 164,000m³/일) 및 Kranji(처리용량 151,000m³/일) 처리장에서 처리하도록 계획되어 있다.

하수처리수는 NEWater Process에 의해 처리된 후 인근해역으로 방류, 지표수와 혼합되어 취수 및 정수처리 후 음용수로 활용되고 있어 효과적인 하수처리뿐만 아니라 부족한 수자원을 효과적으로 이용하고 있다.



〈그림 4-16〉 하수처리수의 NEWater Process

제5장 물재생시설의 사업모델 구축

제1절 물재생시설의 분석대상 선정

제2절 물재생시설(중수도)의 경제성 평가

제 5 장

물재생시설의 사업모델 구축

제1절 물재생시설의 분석대상 선정

1. 분석대상지 개요

이 연구에서는 물재생시설사업의 대상지를 선정하기 위해 여러 건물유형에 대해 분석하였다. 특히 도림천 인근에 위치한 건물을 대상으로 재생용수 수요가 많은 하천용수의 활용가능성 등을 분석하였다.

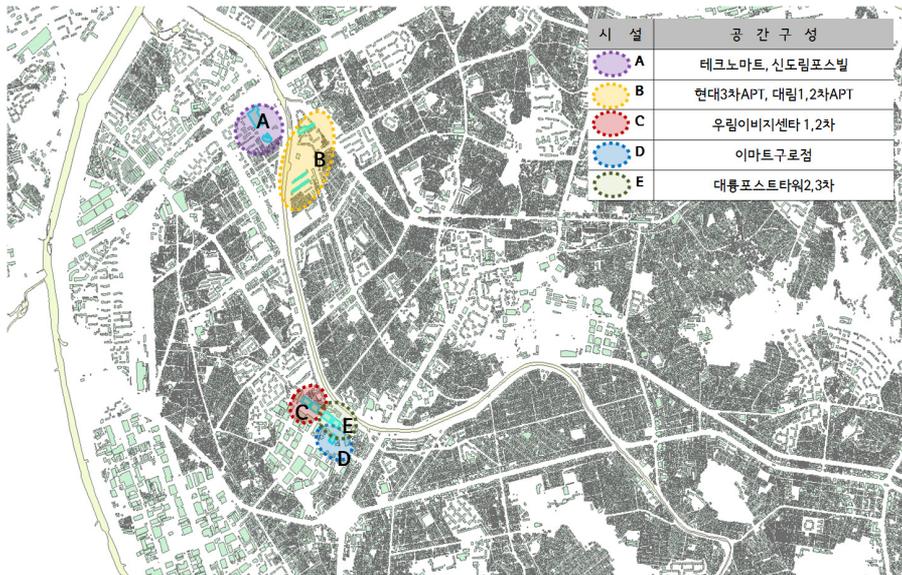
도림천은 관악산에서 발원하여 구로구 신도림동과 양천구 신정동 경계에서 안양천에 합류하는 총길이 14.2km(관악구 관내는 길이 7.2km)의 하천이다. 도림천 주변지역은 저지대로 홍수 시 내수처리가 문제되는 지역이다. 이에 따라 미원서울공장 옆에 도림 제2배수펌프장이 설치되어 있으며, 하류 부근에 많은 대형 수문이 설치되어 있다.

하천 중앙에는 하구로부터 약 2.5km지점에서 연장 4.5km구간까지 직경 2m의 원형 전철교각이 20m 간격으로 건설되어 있고 교량과 전철역이 많다.

도림천 양안의 제내지는 주로 주거지로 이용되고 있으며, 우안을 따라 도림천로가 지나고 있고 좌안을 따라 자동차 전용도로인 합천길이 지나고 있다. <그림 5-1>에는 도림천의 위치 및 현황을 나타냈다.

〈표 5-1〉 물재생시설의 분석 대상건물

구역	건물명	주소	용도구분
대형 업무용 건물 (A구역)	신도림 포스빌	구로구 구로동 26	오피스텔
	신도림테크노마트	구로구 구로5동 3-25	근린생활시설
공동주택 밀집지역 (B구역)	대림현대1차아파트	영등포구 대림동 785-1	아파트
	대림현대2차 아파트	영등포구 대림동 785	아파트
	현대3차아파트	구로구 구로3동 608-1	아파트
생산·업무시설(C구역)	우림이비지센터1차	구로구 구로3동 170-5	생산시설
	우림이비지센터2차	구로구 구로3동 184-1	생산시설
대규모 점포(D구역)	이마트 구로점	구로구 구로3동 88-26번지	대규모 점포시설
생산·업무시설(E구역)	대룡포스트타워2차	구로구 구로동 182-13	생산시설
	대룡포스트타워3차	구로구 구로동 182-4	생산시설



〈그림 5-2〉 도림천 주변 건축물

(1) 대형 업무용 건물(A구역)

A구역에는 신도림포스빌과 신도림테크노마트가 속해 있다. 신도림포스빌은 오피스텔 건물로 1,840명이 사용하며 지상 25층, 지하 5층의 건물이다. 신도림테크노마트는 지상 40층, 지하 7층 규모의 대형 근린생활시설로 도림천을 기준으로 약 200m 떨어진 구로5동에 위치하고 있다. 이 빌딩의 전용면적은 140,923 m²이며, 하루 이용자수는 120,000명에 달한다.

〈표 5-2〉 A구역 건물현황

구역	건물명	전용면적(m ²)	이용인구수(명)	지상층수	지하층수
A	신도림포스빌	63,985.23	1,840	25	5
	신도림테크노마트	140,923.98	120,000	40	7



〈그림 5-3〉 A구역 위치

(2) 공동주택 밀집지역(B구역)

B구역은 아파트단지 밀집지역으로 대림현대1, 2차 아파트와 현대3차아파트가 속한다. <표 5-3>와 같이 3개 아파트는 모두 20층 높이의 12개 동으로 이루어져 있으며 총 세대수는 1,347세대이다.

<표 5-3> B구역 건물현황

구역	건물명	전용면적(m ²)	동수	세대수	지상층수	지하층수
B	대림현대1차아파트	41350.16	3	476	20	1
	대림현대2차아파트	24755.77	2	280	20	1
	현대3차아파트	97545.38	7	591	20	0



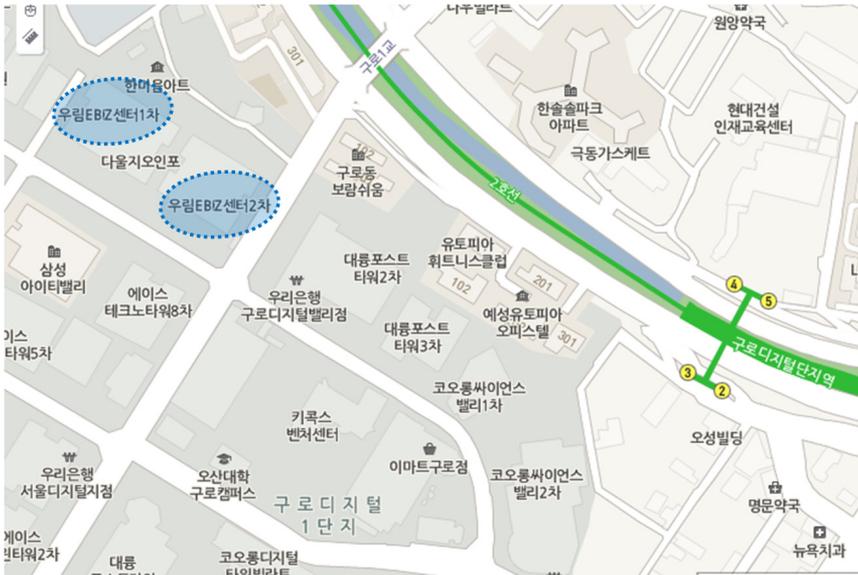
<그림 5-4> B구역 위치

(3) 업무용건물(C구역)

C구역에 속하는 건물은 우림이비지센터 1차, 2차 빌딩으로 구로1교 근처에 위치하고 있다. 두 빌딩 모두 지상 14층, 지하 2층의 건물로 전용면적의 합은 약 114,722㎡이다(표 5-4).

〈표 5-4〉 C구역 건물현황

구역	건물명	전용면적(㎡)	상주인구수	지상층수	지하층수
C	우림이비지센터 1차	60,116.89	4,122	14	2
	우림이비지센터 2차	54,605.43	3,744	14	2



〈그림 5-5〉 C구역 위치

(4) 대규모점포시설 (D구역)

D구역은 대규모 점포시설인 이마트구로점이 속한 구역이다. 이마트구로점은 지상 8층, 지하 2층의 건물로 전용면적은 38,945㎡이며, 하루동안 이용하는 인구는 5000명이다(<표 5-5>).

<표 5-5> D구역 건물현황

구역	건물명	전용면적(㎡)	상주인구수	지상층수	지하층수
D	이마트구로점	38,945.64	5,000	8	2



<그림 5-6> D구역 위치

(5) 업무용건물 (E구역)

E구역은 생산시설 밀집지역으로 대룡포스트타워 2차, 3차 빌딩이 속한다. 대룡포스트타워 2차 빌딩은 지상 15층, 지하 3층의 건물로 전용면적이 77,401㎡이고 상주인구수는 5,307명이다. 대룡포스트타워 3차 빌딩은 지상 14층, 지하 3층의 건물로 전용면적 51,039㎡이며, 상주인구는 3,500명이다(<표 5-6>).

〈표 5-7〉 도립천 주변 건물 월평균 물사용량 및 요금

건물명		전용면적(m ²)	물사용량(m ³)	상수도요금(원)	하수도요금(원)
A	신도림포스빌	63,985.23	5,805	3,297,739	1,187,630
	신도림테크노마트	140,923.98	28,066	39,322,029	24,292,830
	소계	204,909	33,871	42,619,768	25,480,460
B	대림현대1차아파트	41,350.16	10,228	5,468,616	1,721,447
	대림현대2차 아파트	24,755.77	6,295	3,093,177	927,953
	현대3차아파트	97,545.38	6,619	3,148,052	1,048,705
	소계	163,651	23,142	11,709,845	3,698,105
C	우림이비지센터1차	60,116.89	3,095	4,334,700	2,650,600
	우림이비지센터2차	54,605.43	3,247	5,030,917	3,068,028
	소계	114,722	6,342	9,365,617	5,718,628
D	이마트구로점	38,945.64	4,125	5,661,990	3,401,973
	소계	38,946	4,125	5,661,990	3,401,973
E	대릉포스트타워2차	77,401.82	5,346	7,483,846	4,602,183
	대릉포스트타워3차	51,039.71	3,378	4,727,942	2,897,367
	소계	128,442	8,724	12,211,788	7,499,550
총합		650,670.01	76,204	81,569,008	45,798,716

제2절 물재생시설(중수도)의 경제성 평가

1. 건물 내 물재생시설 설치비용

1) 시설설치 비용

상업용빌딩에 물재생시설(중수도시설 ; 오수처리시설 방류수 재이용시설)을 설치할 경우의 비용을 산정하였다. 시설물의 내구연한은 20년으로 하고 부지비용을 별도로 할 경우 <표 5-8>과 같이 비용을 산정할 수 있다. 재생처리 공정은 오수(하수)방류수 → 전처리(응집혼화 또는 프리필터, 간이 생물처리 등) → 막분리처리의 순서로 이루어진다.

〈표 5-8〉 처리량별 시설설치 비용

(단위 : 천원)

(공급량)	20m ³ /일	40m ³ /일	70m ³ /일	120m ³ /일	250m ³ /일
초기투자비	80,000	100,000	120,000	180,000	228,408
1. 공사비	74,766	93,458	112,150	168,225	213,466
토목/건축	6,797	8,496	10,195	15,293	19,406
기계/배관	56,936	71,171	85,405	128,108	162,560
전기/계측제어	8,231	10,289	12,346	18,520	23,500
시운전비	2,802	3,503	4,203	6,305	8,000
2. 기본조사 및 감리비	1,495	1,869	2,243	3,364	4,269
3. 기본 및 실시설계비	3,738	4,673	5,607	8,411	10,673

2) 유지관리 비용

유지관리 비용에는 인건비, 경비, 간접비 등이 포함된다. 전력비는 연간 시설 가동시간을 고려하여 월간 전력량 및 연간 전력비용을 계산하였다. <표 5-9>에는 용량별로 상업용빌딩 내 물재생시설의 유지관리비를 나타냈다.

〈표 5-9〉 연간 유지관리 비용

(단위 : 천원)

(공급량)	20m ³ /일	40m ³ /일	70m ³ /일	120m ³ /일	250m ³ /일
유지관리비	19,254	21,083	23,827	28,859	40,293
1. 인건비	17,424	17,424	17,424	17,424	17,424
2. 경비	1,742	3,485	6,098	10,890	21,780
전력비	256	512	896	1,600	3,200
약품비	78	157	274	490	980
소모품비	1,408	2,816	4,928	8,800	17,600
3. 간접경비	87	174	305	545	1,089

3) 물재생시설 관련 총 비용

총 비용은 설치비용과 유지관리비용, 막교체비용으로 나눌 수 있다. 각 시설 용량당 소요되는 총 비용은 <표 5-10>과 같이 120m³/일의 경우 시설설치비용

234,000천원(전처리 및 슬러지 처리비용 포함), 유지관리비용 28,859천원(인건비 17,424천원, 경비 11,435천원), 막교체비용 2,500천원으로 구성되며, 막교체 주기는 4년이다.

〈표 5-10〉 물재생시설 관련 총 비용

(단위 : 천원)

비용구분		용량					비고
		20m ³ /일	40m ³ /일	70m ³ /일	120m ³ /일	250m ³ /일	
시설 설치비		80,000	100,000	120,000	180,000	228,408	
유지 관리비	인건비	17,424	17,424	17,424	17,424	17,424	연간 유지관리비
	경비	1,830	3,659	6,403	11,435	22,869	
전처리 및 슬러지 처리비용		24,000	30,000	36,000	54,000	68,522	
막교체비		2,500					4년에 1회교체

주 : 전처리 및 슬러지 처리비용은 시설설치비의 30%로 산정

2. 건물 유형군별 편익 및 경제성 분석

앞서 물재생시설을 설치함에 따른 시설비와 유지관리비를 살펴보았다. 이를 바탕으로 4개 건물유형별 물재생시설을 설치할 경우 편익 및 경제성 분석을 실시하였다.

여기서 현재 중수도 의무 기준인 총 물사용량의 10%만을 처리하는 것으로 하였다. 즉 청소용수 및 조경용수 등으로 사용처를 고려하여 총 물사용량의 10%를 시설용량 설치 및 편익비용 등으로 사용하였다.

그러나 상업용 건물에서 물재생량이 낮을 경우 편익이 낮아 총 물사용량의 20%를 재생(40톤/일 이상)하는 것으로 분석하였다. 상업용 건물은 공동주택보다 화장실변기에 재생수 사용배관 설치가 용이하므로 재생수배관 설치가 이루어질 경우 재생수 사용량은 물사용량의 20% 이상이 될 것이다.

또한 신축 공동주택의 경우에는 중수도시설 설치 의무화를 예상해 시설설치 비용은 고려하지 않았다. 기존 공동주택의 경우에는 재생용수량의 50%에 해당

하는 상하수도요금 감면이라는 인센티브를 주는 것으로 분석하였다. 현재 수원 시, 인천시 등에서는 조례 제정을 통해 기존주택의 중수도시설 설치 시 요금감면을 실시하고 있다.

구역별로 선정된 건물의 물사용량 및 상수도요금, 하수도요금은 남부수도사업소에서 2008년을 기준으로 산정하였으며, 상수도요금에는 기본요금, 상수도사용요금, 물이용부담금 등이 포함된다.

1) 대형 업무용 건물(A구역)의 경우

A구역에는 신도림포스빌, 신도림테크노마트 등 대형 근린생활시설이 있는 구역이다. 물재생시설 설치용량은 총 물사용량의 10%인 121m³/일이다. A구역에 물재생시설을 설치할 경우 <표 5-10>의 120m³/일 시설용량을 기준으로 시설설치비, 유지관리비(막교체비 포함)를 적용하면 소요되는 총 비용은 <표 5-11>과 같다. 물재생시설에는 전처리 및 슬러지처리시설이 포함되며, 전처리 및 슬러지처리비용은 물재생시설 설치비용의 30%를 적용하였다.

<표 5-11> A구역 물재생시설 설치 및 운영비용

(단위 : 천원)

시설설치비	전처리 및 슬러지처리비용	유지관리비(천원/년)
180,000	54,000	29,484

주 1 : 총 물사용량 및 요금의 10%로 산정함.

주 2 : 전처리 및 슬러지처리비용은 시설설치비의 30%로 산정함.

주 3 : 유지관리비에는 막교체비용이 포함됨, 막은 4년에 1회 교체하며 비용은 2,500천원임.

물재생시설의 유지관리비용은 평균 소비자물가상승률(3%)를 감안하여 설치 후 첫해년도 유지관리비 27,087천원을 시설 내구연한인 20년 후의 현재가치로 환산하여 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{유지관리비 현재가치} = \text{유지관리비} + \frac{\text{유지관리비} \times (1+0.03)^1}{(1+0.055)^1} + \dots + \frac{\text{유지관리비} \times (1+0.03)^{19}}{(1+0.055)^{19}}$$

주 : 실질인상률 : 3%, KDI 공공투자에 대한 실질할인율 : 5.5%(2010년 기준)

건물 내 중수도시설을 설치하게 되면 재생된 물의 양만큼 상수도요금 및 하수도요금을 절감할 수 있다. A구역에서 2008년 납부된 수도요금자료를 바탕으로 물재생시설 설치 후 편익을 계산한 결과, 연간 상수도요금은 511,437천원, 하수도요금은 305,766천원으로 나타났다. 이 중 재생시설용량인 10%에 해당하는 요금이 편익이다. 따라서 A구역에서는 물사용비용으로 연간 81,721천원을 절감할 수 있는 것으로 나타났다(<표 5-12>).

(표 5-12) A구역 물재생시설 설치를 통한 편익비용

(단위 : 천원)

총합	상수도요금	하수도요금
81,721	51,144	30,577

주 : 총 물사용량 및 요금의 10%로 산정함.

지난 20년간(1989~2008년) 상수도요금은 211원에서 609원으로, 하수도요금은 75원에서 277원으로 증가했다. 20년 동안의 명목상승률은 상수도요금이 6.06%, 하수도요금이 7.05%이다. 여기서 물가상승률 3%를 차감한 실질 상승률은 상수도요금이 3.06%, 하수도요금이 4.5%이다. 시설 내구연한인 20년 동안의 상하수도요금은 다음의 식과같이 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{상수도요금 현재가치} &= \text{상수도요금} + \frac{\text{상수도요금} \times (1 + 0.0306)^1}{(1 + 0.055)^1} + \dots + \frac{\text{상수도요금} \times (1 + 0.0306)^{19}}{(1 + 0.055)^{19}} \\ \text{하수도요금 현재가치} &= \text{하수도요금} + \frac{\text{하수도요금} \times (1 + 0.045)^1}{(1 + 0.055)^1} + \dots + \frac{\text{하수도요금} \times (1 + 0.045)^{19}}{(1 + 0.055)^{19}} \end{aligned}$$

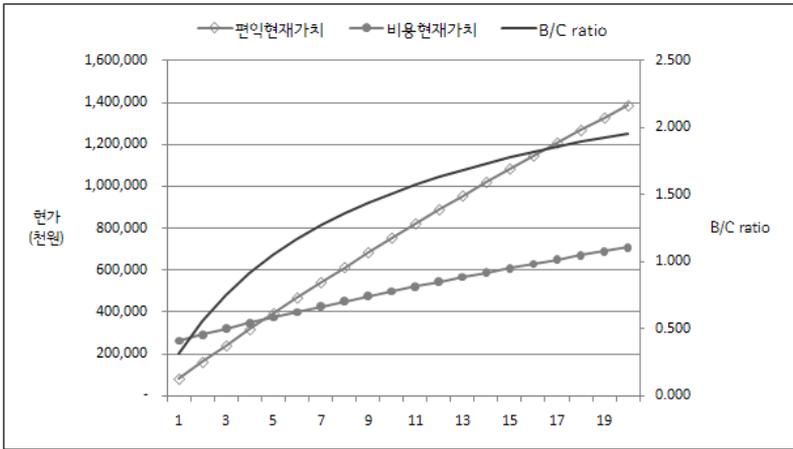
주 : 상수도요금 실질상승률 : 3.06%, 하수도요금 실질상승률 : 4.5%, KDI 공공투자제에 대한 실질할인율 : 5.5%(2010년 기준)

A구역의 물재생시설 설치에 따른 비용과 편익을 구하면 편익비율(B/C ratio)이 1.957이며, 비용의 현재가치는 708,041천원이고, 편익의 현재가치는 1,385,942원으로 분석되었다(<표 5-13>).

<표 5-13> A구역 물재생시설 비용편의 비율

편의 현재가치(천원)	비용 현재가치(천원)	NPV	B/C ratio
1,385,942	708,041	677,901	1.957

비용편의 분석결과 <그림 5-8>과 같이 4년의 B/C비율이 0.915로 나타나, 물 재생시설을 4년 동안 운영하면 설치비용의 회수가 가능한 것을 알 수 있다.



<그림 5-8> A구역 물재생시설의 비용편의 분석결과

2) 공동주택단지의 경우

(1) 재생용수량 50%에 해당하는 인센티브(요금 감면)를 줄 경우

B구역은 아파트 밀집구역으로 대림현대 1, 2차 아파트와 현대 3차아파트가 속해 있다. 총 재생용수량의 10%로 산정한 물재생시설 설치용량은 77m³/일이다. 공동주택 관리인이 물재생시설의 업무를 일부 겸직한다고 보고 인건비는 총 소요되는 인건비의 50%만을 적용하였다(<표 5-14>).

물재생시설에는 전처리 및 슬러지처리시설이 포함되며, 전처리 및 슬러지처리비용은 물재생시설 설치비용의 30%로 산정하였다.

〈표 5-14〉 B구역 물재생시설 설치 및 운영비용

(단위 : 천원)

시설설치비	전처리 및 슬러지처리비용	유지관리비(천원/년)
120,000	36,000	15,740

주 1 : 총 물사용량 및 요금의 10%로 산정함.

주 2 : 전처리 및 슬러지처리비용은 시설설치비의 30%로 산정함.

주 3 : 유지관리비에는 막교체비용이 포함됨, 막은 4년에 1회 교체하며 비용은 2,500천원임.

B구역에서 2008년 납부된 수도요금자료를 바탕으로 물재생시설 설치 후 편익을 계산한 결과 연간 상수도요금은 140,518천원, 하수도요금은 44,377천원으로 나타났다. 이 중 재생시설용량인 10%에 해당하는 요금이 편익이다.

공동주택 내 물재생시설을 설치하는 경우 정부에서 50%의 요금감면을 해준다고 가정하여 발생한 상수도요금 및 하수도요금의 50%를 추가 편익으로 합산하였다. 따라서 B구역에서는 물사용비용으로 연간 27,734천원을 절감할 수 있는 것으로 나타났다(<표 5-15>).

〈표 5-15〉 B구역 물재생시설 설치를 통한 편익비용

(단위 : 천원)

총합	상수도요금	하수도요금
27,734	21,078	6,657

주 1 : 총 물사용량 및 요금의 10%로 산정함.

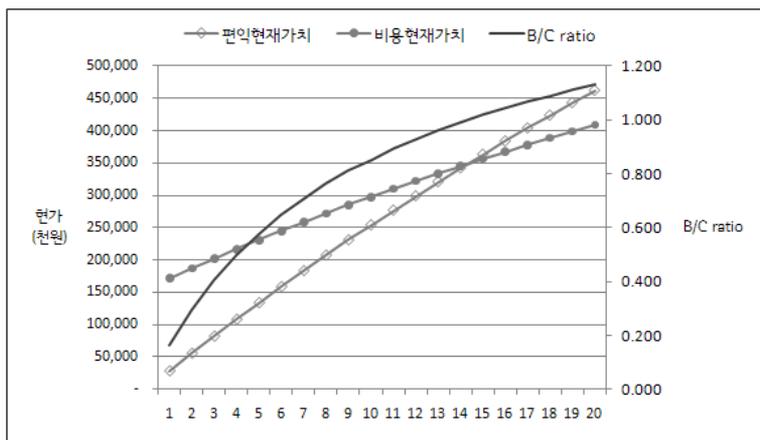
주 2 : 정부의 요금감면 50%를 적용하여 발생한 상수도요금 및 하수도요금의 50%를 추가로 합산

B구역의 물재생시설 설치에 따른 비용과 편익을 구하면 편익비율(B/C ratio)이 1.130이며, 비용의 현재가치는 409,066천원이고, 편익의 현재가치는 462,408원으로 분석되었다(<표 5-16>).

〈표 5-16〉 B구역 물재생시설 비용편익 비율

편익 현재가치(천원)	비용 현재가치(천원)	NPV	B/C ratio
462,408	409,066	53,341	1,130

비용편의 분석결과 3개의 공동주택 지역에서 물재생시설을 설치할 경우 <그림 5-9>와 같이 16년의 B/C비율이 0.991로 나타나, 16년 동안 운영하면 설치비용의 회수가 가능한 것을 알 수 있다.



<그림 5-9> B구역 물재생시설의 비용편의 분석결과

(2) 신축 공동주택의 경우(물재생시설의 의무화시설의 경우)

일정규모 이상의 공동주택을 신축할 경우에는 물재생시설 설치를 의무화해야 하므로 이를 고려하여 재생시설 설치비는 계산에서 제외하였다.

신축 공동주택의 경우 물재생시설 운영을 위한 유지관리비만 소요된다.

<표 5-17> 신축 공동주택의 경우 물재생시설 설치 및 운영비용

(단위 : 천원)

시설설치비	전처리 및 슬러지처리비용	유지관리비(천원/년)
0	0	15,740

주 1 : 총 물사용량 및 요금의 10%로 산정함.

주 2 : 전처리 및 슬러지처리비용은 시설설치비의 30%로 산정함.

주 3 : 유지관리비에는 막교체비용이 포함됨, 막은 4년에 1회 교체하며 비용은 2,500천원임.

B구역에서 2008년 납부된 수도요금자료를 바탕으로 신축 공동주택에 물재생시설을 설치할 경우 편익을 계산한 결과, 연간 상수도요금은 140,518천원, 하수도요금은 44,377천원으로 분석되었다. B구역에서는 물사용비용으로 연간 18,490천원을 절약할 수 있는 것으로 나타났다(<표 5-18>).

<표 5-18> 신축 공동주택의 경우 물재생시설 설치를 통한 편익비용

(단위 : 천원)

총합	상수도요금	하수도요금
18,490	14,052	4,438

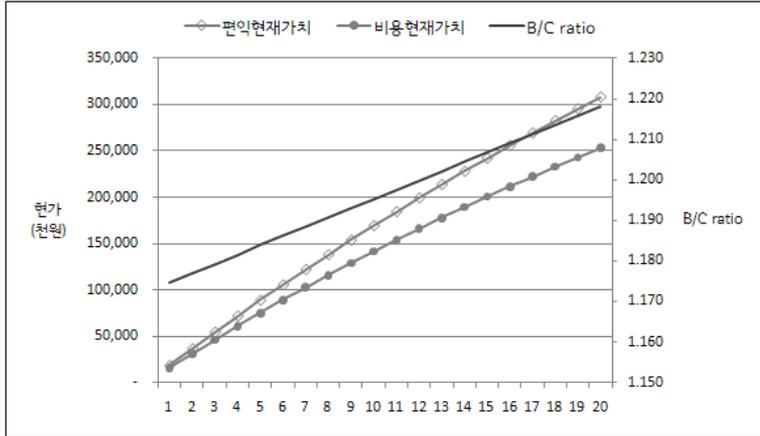
주 : 총 물사용량 및 요금의 10%로 산정함.

B구역의 물재생시설 설치에 따른 비용과 편익을 구하면 편익비율이 1.218이고, 비용의 현재가치는 253,066천원이며, 편익의 현재가치는 308,272원으로 분석되었다(<표 5-19>).

<표 5-19> 신축 공동주택의 경우 물재생시설 비용편익 비율

편익 현재가치(천원)	비용 현재가치(천원)	NPV	B/C ratio
308,272	253,066	55,206	1,218

신축 공동주택의 경우 비용편익 분석결과 <그림 5-10>과 같이 물재생시설 설치 첫해(1차년도)에 편익이 비용보다 큰 것으로 나타났다. 즉 중수도시설 설치 의무화를 실시할 경우 별도의 인센티브를 주지 않아도 물재생시설의 설치 타당성이 매우 크다는 것을 알 수 있다.



〈그림 5-10〉 신축 공동주택의 경우 비용편익 분석

3) 상업용 건물의 경우

C구역은 상업용 빌딩구역으로 우림이비지센터 1, 2차 빌딩이 속해 있다. C구역의 소규모 영업용 건물에 대한 물재생시설 설치용량은 총 물사용량의 20%로 산정한 42.8m³/일이다. C구역에 물재생시설 설치 시 소요되는 총 비용은 <표 5-20>과 같이 151,708천원이다

〈표 5-20〉 C구역 물재생시설 설치 및 운영비용

(단위 : 천원)

시설설치비	전처리 및 슬러지처리비용	유지관리비(천원/년)
100,000	30,000	21,708

주 1 : 총 물사용량 및 요금의 20%로 산정함.

주 2 : 전처리 및 슬러지처리비용은 시설설치비의 30%로 산정함.

주 3 : 유지관리비에는 막교체비용이 포함됨, 막은 4년에 1회 교체하며 비용은 2,500천원임.

C구역에 물재생시설을 설치할 경우 편익을 계산한 결과, 연간 상수도요금은 112,387천원, 하수도요금은 68,624천원으로 분석되었다. 따라서 물사용 절감편익은 36,202천원으로 나타났다(<표 5-21>).

〈표 5-21〉 C구역 물재생시설 설치를 통한 편익비용

(단위 : 천원)

총합	상수도요금	하수도요금
36,202	22,477	13,725

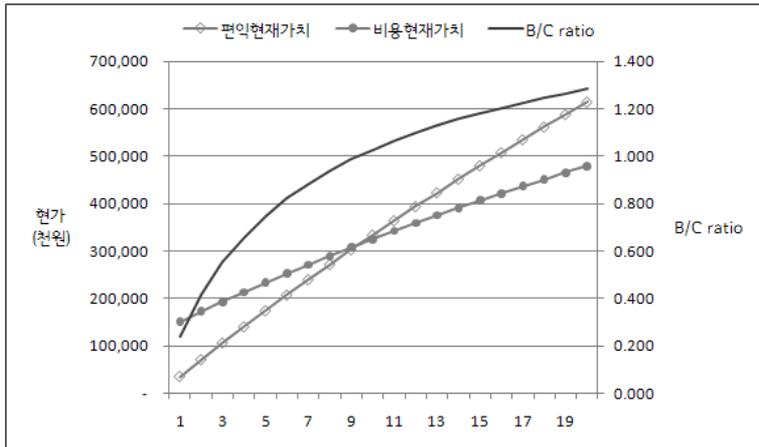
주 : 총 물사용량 및 요금의 20%로 산정함.

C구역의 물재생시설 설치에 따른 비용과 편익을 구하면, 편익비율이 2.290이며, 비용의 현재가치는 479,019천원이고, 편익의 현재가치는 614,358천원으로 분석되었다(〈표 5-22〉).

〈표 5-22〉 C구역 물재생시설 비용편익 비율

편익 현재가치(천원)	비용 현재가치(천원)	NPV	B/C ratio
614,358	479,019	135,338	1.283

비용편익 분석결과 〈그림 5-11〉과 같이 9년의 B/C비율이 0.986로 나타나, 물재생시설을 9년 동안 운영하면 설치비용의 회수가 가능한 것을 알 수 있다.



〈그림 5-11〉 C구역 물재생시설의 비용편익 분석결과

4) 판매시설의 경우

D구역은 다중이 이용하는 판매시설이 속한 구역이다. 다중이용 판매시설 건물의 물재생시설 설치용량은 총 물사용량의 20%로 산정한 27.6m³/일이다. D구역에 물재생시설 설치 시 드는 총 비용은 <표 5-23>과 같다.

<표 5-23> D구역 물재생시설 설치 및 운영비용

(단위 : 천원)

시설설치비	전처리 및 슬러지처리비용	유지관리비(천원/년)
80,000	24,000	11,167

주 1 : 총 물사용량 및 요금의 20%로 산정함.

주 2 : 전처리 및 슬러지처리비용은 시설설치비의 30%로 산정함.

주 3 : 유지관리비에는 막교체비용이 포함됨, 막은 4년에 1회 교체하며 비용은 2,500천원임.

D구역에 물재생시설을 설치할 경우 편익을 계산한 결과, 연간 상수도요금은 67,944천원, 하수도요금은 40,824천원으로 분석되었다. 또한 물사용 비용으로 연간 21,754천원을 절감할 수 있는 것으로 나타났다(<표 5-24>).

<표 5-24> D구역 물재생시설 설치를 통한 편익비용

(단위 : 천원)

총합	상수도요금	하수도요금
21,754	13,589	8,165

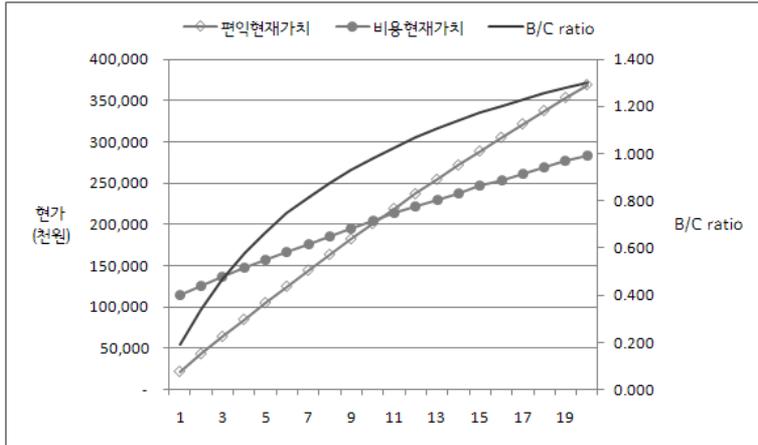
주 : 총 물사용량 및 요금의 20%로 산정함.

D구역의 물재생시설 설치에 따른 비용과 편익을 구하면 B/C비는 1.301이며, 비용의 현재가치는 283,542천원이고, 편익의 현재가치는 368,987원으로 분석되었다(<표 5-25>).

<표 5-25> D구역 물재생시설 비용편익 비율

편익 현재가치(천원)	비용 현재가치(천원)	NPV	B/C ratio
368,987	283,542	85,444	1.301

비용편의 분석결과 <그림 5-12>와 같이 10년의 B/C비율이 0.982로 나타나, 물재생시설을 10년 동안 운영하면 설치비용의 회수가 가능한 것을 알 수 있다.



<그림 5-12> D구역 물재생시설의 비용편의 분석결과

5) 업무용 건물의 경우(E구역)

E구역에는 대룡포스트타워 2, 3차 빌딩 등 업무용 빌딩이 속해 있다. 물재생 시설 설치용량은 총 물사용량의 20%로 산정한 58.2m³/일이다. 물재생시설 설치 시 드는 총 비용은 <표 5-26>과 같다.

<표 5-26> E구역 물재생시설 설치 및 운영비용

(단위 : 천원)

시설설치비	전처리 및 슬러지처리비용	유지관리비(천원/년)
100,000	30,000	21,708

주 1 : 총 물사용량 및 요금의 20%로 산정함.

주 2 : 전처리 및 슬러지처리비용은 시설설치비의 30%로 산정함.

주 3 : 유지관리비에는 막교체비용이 포함됨, 막은 4년에 1회 교체하며 비용은 2,500천원임.

E구역에 물재생시설을 설치할 경우 편익을 계산한 결과, 연간 상수도요금은 146,541천원, 하수도요금은 89,995천원으로 분석되었다. 따라서 물사용 편익의

로 연간 23,654천원을 절감할 수 있는 것으로 나타났다(<표 5-27>).

<표 5-27> E구역 물재생시설 설치를 통한 편익비용

(단위 : 천원)

총합	상수도요금	하수도요금
47,307	29,308	17,999

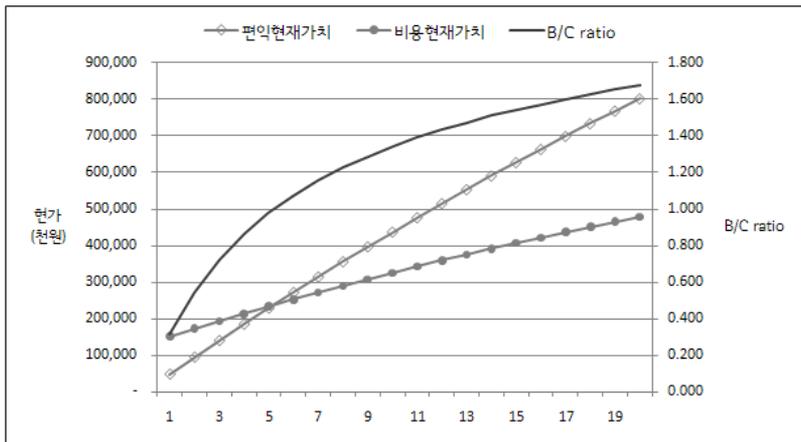
주 : 총 물사용량 및 요금의 20%로 산정함.

E구역의 물재생시설 설치에 따른 비용과 편익을 구하면 B/C비율이 1.676이며, 비용의 현재가치는 479,019천원이고, 편익의 현재가치는 802,949원으로 분석되었다(<표 5-28>).

<표 5-28> E구역 물재생시설 비용편익 비율

편익 현재가치(천원)	비용 현재가치(천원)	NPV	B/C ratio
802,949	479,019	323,929	1.676

비용편익 분석결과 <그림 5-13>과 같이 5년의 B/C비율이 0.977로 나타나, 물재생시설을 5년 동안 운영하면 설치비용의 회수가 가능한 것을 알 수 있다.



<그림 5-13> E구역 물재생시설의 비용편익 분석결과

제 6 장 물재생산업의 활성화방안

제1절 기본방향

제2절 물재생산업의 활성화방안

제 6 장

물재생산업의 활성화방안

제1절 기본방향

1. 물재생의 필요성

1) 물순환의 건전성을 확보

물이용지수(Water Exploitation Index, WEI)를 이용하여 물수지를 분석한 결과, 우리나라의 WEI는 29.5%로 물수요와 공급에 대한 집중적인 관리가 필요한 것으로 나타났다. 물이용지수는 연평균 물사용량과 장기간의 수자원평균량을 백분율로 나타낸 것으로 국가의 담수자원 활용정도를 보여준다. 물이용지수가 10% 미만이면 건전한 물순환을 나타내며, 10~20%이면 물의 가용여부가 일반적인 산업활동의 제한요소로 작용한다. 물이용지수가 20~40%이면 수요공급의 집중적인 관리가 필요하며, 40% 이상이면 심각한 물부족상태로 비상대책이 필요한 수준을 의미한다.

2) 물부족에 대비한 안정적 용수공급원의 확보

도시는 급격한 발전으로 물수요가 증가하였으나 자체 수원이 부족하여 용수원의 확보가 어려워지고 있다. 또한 도시의 불투수층의 증가로 물순환시스템이

원활하지 않고 하천의 유지용수가 부족하여 갈수기에는 건천화가 나타나고 있다. 이러한 상황에서 물재생의 필요성은 갈수록 중요해지고 있다.

특히 연중 발생량이 일정한 생활하수 등을 재활용할 경우 용수수요에 적극 대처할 수 있다. 특히 도시용수의 수요가 실개천 등 수경용수, 열섬완화용수 등으로 다변화되고 있음을 고려할 경우 더욱 그러하다.

3) 물재생기술의 발달로 Onsite(발생지점)처리가 가능

한번 사용된 용수를 재생처리하는 기술이 물리·생물·화학적처리에서 막분리 처리로 발전되어 감에 따라 빌딩이나 공동주택에서 발생하는 하수를 이송없이 발생현장에서 처리할 수 있게 되었다.

따라서 물재생산업에 중소기업이 참여할 수 있는 여건이 조성되고 있다.

4) 물재생산업이 일자리 창출에 크게 기여

물재생산업은 물산업시장 중 가장 큰 일자리 창출 시장으로 성장할 수 있는 여력이 충분하다. 도시에서의 물재생산업은 중소기업의 설립을 촉진하여 일자리 창출에 기여할 수 있다. 공업용수 및 조경용수 및 열섬완화용수 등으로 재생수의 활용은 많은 고용증진의 효과를 가져올 수 있다. 특히 상업용 건물과 주거 공동주택의 실개천 등 수경용수의 재생·관리시장 등은 장기적으로 큰 시장을 형성할 수 있다.

2. 물재생산업의 여건 및 특성

1) 물재생기술의 패러다임의 변화로 시장성장 가능성 확보

최근 물재생기술은 크게 발전하고 있다. 즉 물재생기술은 생물화학적 처리에서 분리막 기술인 멤브레인 기술로 진화하고 있다. 물재생기술의 패러다임이

크게 변하고 있는 셈이다. 막분리공정은 아직도 처리비용이 고가이므로 상용화에 어려움이 있으나 처리비용이 크게 떨어지고 있는데다, 자동화가 유리하여 유지관리 비용이 적고, 공간활용성이 뛰어나 성장 가능성이 매우 높다. 따라서 대도시의 건물 내 소규모 물재생시설에 막분리공정의 활용가능성이 매우 크다.

2) 물재생산업의 자체 산업기반의 취약

현재 물재생산업 업체 중 자체적으로 경제성을 확보한 기업은 수처리를 전문적으로 하는 몇 개의 대기업을 제외하고는 거의 없다. 특히 서울은 물을 수집, 운반, 처리하는 방법이 대규모 집적 방식이므로 소규모 업체의 활동성에 큰 제약을 가져와 자체 산업기반으로 성장하지 못하였다.

3) 물재생업체의 영세성으로 인한 규모의 경제 확보에 어려움

물재생업체는 양극화되어 있다. 즉 자산규모가 큰 몇 개의 대기업을 제외하고는 대부분의 물재생업체는 자산규모가 매우 작은 영세소기업이다. 즉 현재의 물재생시장은 소수의 대기업만이 역할을 할 수 있는 구조로 되어 있고, 소규모 영세업체가 활동할 영역이 거의 없다. 중수도시설 설치가 의무화되어 있는 대형빌딩도 몇십개에 지나지 아니하고, 하수처리구조도 4개의 대형하수처리장 구조로 되어 있어 소규모 영세업체가 생존하기 어렵기 때문이다.

4) 물재생 부문에서 하수처리수의 재이용에만 치중

중소기업이 많이 영업하는 물재생산업으로 발전하는데 저해요소는 다음과 같다. 첫째, 하수처리수의 재활용에 치중하는 것이다. 현재 환경부에서 추진하고 있는 물재생(재이용)사업은 거의 하수처리수의 재이용에 관한 것이다. 하수처리수(방류수)는 대량으로 방류되고 있어 경제성을 확보하기에 유리하기 때문이다.

둘째, 그나마 하수처리수의 재이용도 공간적 측면의 제약으로 활성화가 되지 못하고 있다. 대부분 하수처리수를 상류로 이송하여 하천유지용수로 활용하는 정도에 국한되고 있다.

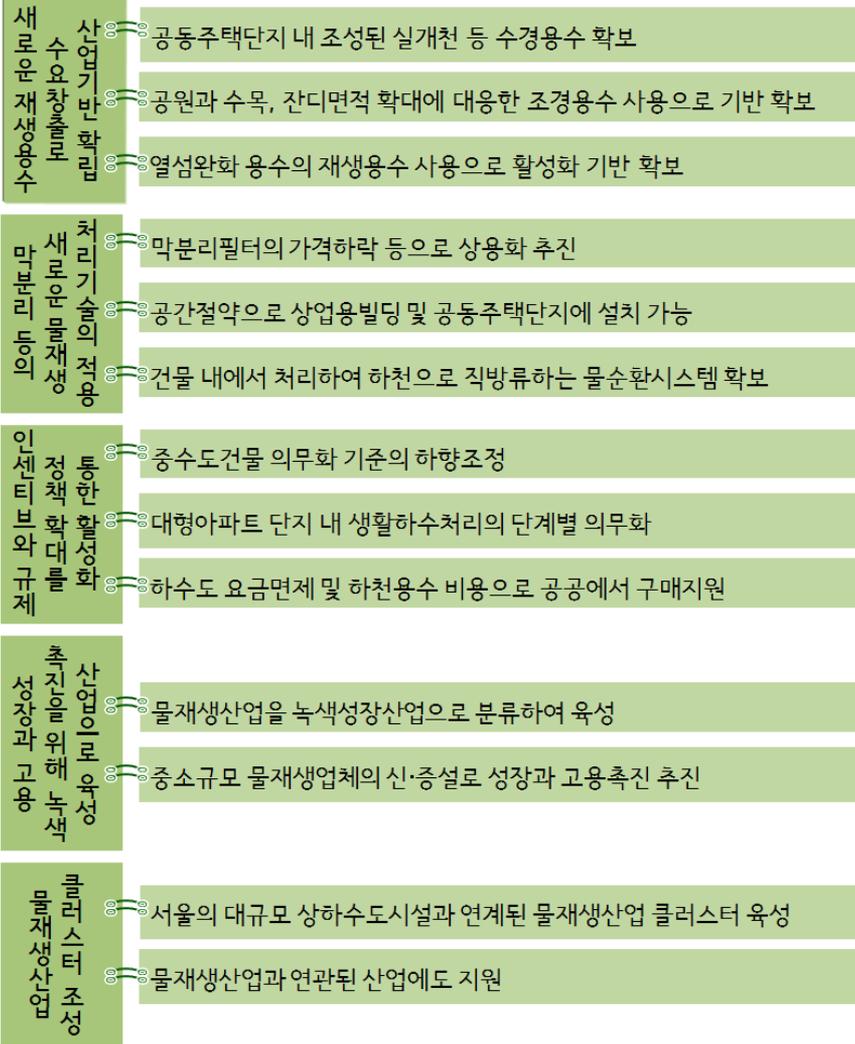
즉 하수처리수의 재이용에 치중된 정책으로 인해 재생용수의 다양한 활용(실개천 및 수경용수, 잔디와 조경용수, 열섬완화용수로 이용)이 제약받고 있다. 이제 높아진 생활수준에 걸맞게 시민들의 삶의 질이나 재산가치를 향상시키기 위해서는 하수처리수 위주의 재이용에 그치지 아니하고 실생활분야 전반에서 활용할 수 있어야 하고, 나아가 물재생산업이 그 역할을 할 수 있도록 하여야 한다.

3. 물재생산업 활성화를 위한 정책방향

물재생산업의 활성화를 위한 정책방향은 크게 5가지로 구분하여 제시할 수 있다. 첫째, 새로운 재생용수의 수요 창출로 산업기반을 확보하고, 둘째, 막분리 등 새로운 물재생처리기술을 적용하고, 셋째, 인센티브와 규제정책확대를 통한 활성화를 추진하고, 넷째, 성장과 고용촉진을 위해 녹색산업으로 육성하고, 다섯째, 물재생산업의 클러스터를 조성하는 것이다(<그림 6-1>).

기본방향

세 부 방 향



〈그림 6-1〉 물재생산업 활성화를 위한 정책방향

1) 재생용수의 새로운 수요 창출로 산업기반 확보

(1) 공동주택단지 내 조성된 실개천 등의 수경용수로 사용

물재생산업의 활성화를 위해서는 보다 많은 재생용수의 수요를 창출하여 산업기반을 확보하는 것이 중요하다. 최근 아파트의 고급화를 위해 추진하는 공동주택단지에 실개천 등 수경시설이 조성되고 있는데, 이 수경용수를 물재생용수로 사용하도록 하는 수요확보 정책이 필요하다.

(2) 공원과 수목, 잔디면적의 확대에 따른 조경용수로 사용

최근 지역별로 쾌적한 생활환경을 조성하기 위해 공원과 수목식재, 잔디면적 등이 많이 조성되고 있는데, 이러한 확대에 대응하여 조경용수로 재생용수를 사용하여 활성화 기반을 확보하여야 한다.

(3) 열섬완화용수로 사용하여 활성화 기반 확보

서울 등 대도시의 열섬현상은 가속화되고 있다. 이를 완화하기 위해 사후적인 대책이지만 주기적으로 용수를 살포하는 방안이 제시될 수 있다. 즉 열섬완화용수로 재생용수를 사용하는 등의 수요를 확대하여 물재생산업의 활성화 기반을 확보하여야 한다.

2) 막분리 등 새로운 물재생처리기술의 적용

(1) 막분리필터의 가격하락 등으로 상용화 추진

막분리의 핵심필터인 멤브레인은 공공 상하수도, 산업용수, 해수담수화처리에 활용되고 있으며, 최근에는 반도체분야의 초순수(Ultrapure Water)에도 활용될 정도로 활용범위가 다양하다. 이러한 멤브레인의 수요가 많아지면서 국내업체에서도 개발이 추진되고 있으며, 가격도 크게 하락하고 있다. 따라서 범용화가 이루어지고 있는 막분리기술을 빌딩이나 공동주택단지의 생활하수분야에도 적용하는 방향으로 나아가야 할 것이다.

(2) 공간절약으로 상업용 빌딩 및 공동주택단지에 설치 가능

막분리처리는 처리프로세스를 단순화시켜 처리시설의 공간을 최소화할 수 있다. 즉 기존의 생물·화학적처리에서 소요되는 공간을 크게 절약하여 빌딩 등의 단위건물에서도 물재생처리가 가능하게 되었다.

(3) 건물 내에서 처리하여 하천으로 직방류하는 물순환시스템 확보

서울시는 하천하류에 대규모 하수처리장을 4개 설치하여 운영하고 있다. 이제 도시구조가 거의 고착화되어 있기 때문에 하천 중상류지점에 생물처리위주의 하수처리장을 설치하는 것은 어렵다. 그러나 막분리시스템은 건물 지하에 소규모 공간을 차지하기 때문에 하수를 발생현장에서 처리하여 방류할 수 있다. 즉 빌딩 단위로 처리·방류할 수 있기 때문에 민간업체의 활성화 기반을 확보할 수 있게 되었다.

3) 인센티브와 규제정책 확대를 통한 활성화

(1) 중수도건물 의무화 기준의 상향 조정

현재 물재생업체가 활동할 수 있는 공간은 중수도시설 설치가 의무화되어 있는 건물이다. 연면적 6만㎡ 이상의 건축물은 중수도시설 설치가 의무화되어 있다. 그러나 이 기준에 포함되는 건물은 많지 않아 물재생업체의 활성화에 큰 도움이 되지 않고 있다. 따라서 물재생업체의 활성화를 위해서는 의무화기준을 확대 조정할 필요가 있다. 즉 규제정책 확대를 통한 물재생업체의 수요 창출이 필요하다.

(2) 대형아파트 단지 내 물재생시설(중수도시설)의 단계별 의무화

중수도시설은 대형 상업용 빌딩에만 의무화되어 있다. 상업용빌딩의 중수도시설 설치 의무화기준을 확대하여 적용하고, 대형아파트 단지에도 확대시키는 방향으로 나아가야 한다. 특히 실개천 등 수경시설이 설치된 대형아파트 단지

에서 물재생시설의 의무화가 필요하다. 또한 수경시설의 수질기준을 마련하는 것도 중요하다.

(3) 하천용수나 청소용수로 활용하기 위해 공공에서 구매지원

건물에 물재생시설(중수도시설)을 설치하고 용수를 하천용수나 청소용수로 활용할 경우 설치비용을 공공에서 구매하는 방식으로 인센티브를 제공해야 한다. 하천으로 이송하는 이송관거 설치비용 등도 지원해야 한다.

4) 성장과 고용촉진을 위해 녹색산업으로 육성

(1) 물재생산업을 녹색성장산업으로 분류하여 육성

물재생산업은 환경을 보존하면서 성장을 추진하는 녹색성장의 핵심분야임에도 불구하고 정책적인 지원이 미약하다. 신재생에너지의 발전차액지원제도 같은 정책지원이 없다. 따라서 물재생산업을 녹색성장산업으로 분류하여 육성하는 등 적극적인 정책적 배려가 필요하다.

(2) 중소기업 물재생업체의 신·증설로 성장과 고용 촉진 추진

물재생업체는 중소기업이 대부분이고, 소규모 영업활동을 하고 있으므로 물재생산업을 활성화하면 중소기업이 성장하거나 늘어나는 효과를 가져올 것이다. 이를 통하여 고용증진의 효과도 수반될 것이다. 따라서 중소기업의 성장과 고용증진을 위해서도 물재생산업의 활성화가 필요하다.

5) 물재생(생태)산업 클러스터 조성

(1) 서울의 대규모 상하수도시설과 연계된 물재생산업 클러스터 육성

서울은 천만명의 인구가 거주하므로 우리나라에서 가장 큰 상하수도시설이 작동하는 도시이다. 따라서 빌딩군, 대형아파트단지, 녹지, 열섬완화지역 등을 상하수도시설과 연계하면 물재생산업 클러스터 조성이 가능할 것이다. 이러한

물재생산업의 활성화를 위한 산업클러스터가 육성되는 방향으로 나아가야 할 것이다.

(2) 물재생산업과 연관된 산업에도 지원

물재생산업과 연관된 업체도 서울에 가장 많다. 즉 수처리와 관련된 장비 및 기기제품, 수량계측 장비, 수처리약품, 분리막 제조 등의 업체들이 물재생산업과 연관되어 활성화되고, 이들 중소기업이 클러스터를 형성할 수 있도록 정책적 지원 대책이 수립되어야 한다.

제2절 물재생산업의 활성화방안

1. 물재생기업의 새로운 수요창출 기반 마련

1) 신축건물의 중수도시설 의무화 기준 강화

하수도법 제26조(중수도의 설치)는 연면적 6만㎡ 이상인 업무시설 등의 건물을 신축하고자 하는 경우 물사용량의 100분의 10 이상을 재이용할 수 있는 중수도시설을 설치하여야 한다고 규정하고 있다.

현재 연면적 6만㎡ 이상 규모로 신축되는 건물은 많지 않다. 2001년 중수도에 대한 규정 개정후 중수도시설이 설치된 건물은 31개소 정도이다. 이러한 수치는 물재생산업의 활성화를 위해 너무 적은 숫자이다.

따라서 신축건물의 경우에는 중수도시설 설치 의무화 기준을 연면적 5만㎡ 이상의 업무용 빌딩 등으로 상향 조정하여야 한다.

2) 신축건물의 경우 중수도관 설치로 변기세정용수 사용 의무화

연면적 6만 m^2 이상인 건물을 신축할 경우 중수도시설(물재생시설)의 설치를 의무화하고 있는데, 이들 건물의 경우 중수도를 화장실의 변기세정용수로 사용하도록 의무화하여야 한다. 이를 위해서는 중수도관과 변기세정관이 연결되는 배관구조 시설을 의무화하여야 한다.

이와 같은 배관구조가 신축 시부터 설치될 경우 중수도시설의 설치 및 운영의 경제성은 크게 높아진다.

현재 상업용건물 중 재생용수량이 50톤/일(발생량의 10%) 이상인 건물은 4~10년 정도면 시설설치비를 회수할 수 있을 것으로 분석(5장 참조)되고 있다. 따라서 재생용수 활용처를 변기 세정용수로 확대하면, 즉 변기세정 배관구조가 설치되면 보다 높은 경제성을 확보할 수 있을 것이다.

3) 연면적 5만 m^2 이상의 기존건물까지 중수도시설 설치 확대

중수도시설 설치의 의무화 기준인 하수도법 제26조(중수도시설의 설치)는 연면적 6만 m^2 이상 규모로 신축하는 건물의 경우에만 적용되는 규정이다. 이러한 기존 규정을 확대하여 연면적 5만 m^2 인 업무시설 등의 기존건물까지 단계적으로 적용하도록 한다. 즉 준비기간을 주고 건물 연면적에 따라 연차적으로 의무화하도록 한다.

예를 들어 준비기간을 제외하고 3~5년 내에는 연면적 7만 m^2 이상의 기존건물을, 5년~10년 내에는 연면적 5만 m^2 이상의 건물을 의무화하도록 한다. 즉 10년 내에는 5만 m^2 이상의 모든 기존건물에 중수도시설을 설치하게 하는 것이다.

이와 같이 연면적 5만 m^2 이상의 기존건물에 중수도시설을 설치한다면 700개 물재생업체가 새롭게 신설되는 것을 의미한다. 이러한 업체수는 현재 중수도시설의 운영업체수인 52개소(17,484 m^3 /일)의 12배에 달하는 수치이다. 또한 현재 상하수도협회에 등록된 물재생에 관련된 업체수인 207개에 비해 3.4배 많다.

〈표 6-1〉 면적 50,000㎡ 이상 건물 개소수

시설물 구분	개수	5만㎡ 이상	6만㎡ 이상
대규모 점포	510	261	249
문화시설 및 방송통신	75	39	36
사무실	277	159	118
사무용 오피스텔	73	45	28
생산시설	328	193	135
운수시설	6	3	3
총 합	1,269	700	569

4) 500세대 이상 공동주택단지의 중수도시설 설치 의무화

(1) 신·개축 공동주택단지 의무화

500세대 이상의 신·개축 공동주택단지에도 중수도시설 설치 의무화가 필요하다. 아파트의 물재생시설(중수도시설)을 통해 조경용수나 실개천용수로 활용할 수 있도록 하고, 나아가 열섬완화용수 및 청소용수로 활용하도록 공공에서 이를 구매하는 방안을 모색하여야 한다.

특히 아파트 단지에 실개천 등 수경시설을 설치하는 경우 세대수에 관계없이 물재생시설의 설치를 의무화하여야 한다. 특히 공동주택은 중수도를 화장실변기용수로 사용할 수 있도록 중수도배관 설치를 의무화하여야 한다.

신축 공동주택의 경우 물재생시설(중수도시설) 설치를 통한 B/C분석을 보면 물재생시설 설치 첫해년도에 비용을 회수하는 것으로 분석되고 있다. 이것은 설치비용이 의무화되어 비용으로 계상되지 않기 때문이다.

(2) 기존 공동주택단지의 단계별 의무화

현재 서울시내 500세대 이상 공동주택단지는 825개단지이다. 물재생산업의 육성을 위해서는 이들 아파트단지에 중수도시설 설치의 단계별 의무화가 필수적이다.

500세대 이상의 기존 공동주택단지에도 중수도시설 설치를 단계별로 의무화하여야 한다. 즉 10년에 걸쳐 연차적으로 2000세대 이상(91개소), 1000세대~2000세대(245개소), 500세대~1000세대(489개소)의 공동주택단지 순으로 적용이 가능할 것으로 보인다. 기존 공동주택의 경우 재생처리량의 50%에 해당하는 상하수도요금을 지원하는 인센티브를 줄 경우 약 16년이면 비용을 회수할 수 있는 것으로 분석되고 있다.

또한 공동주택단지에서 재생용수의 활용이 중요한데, 500세대단지의 물재이용량은 총 발생량(400m³/일)의 10%를 고려하면 약 40m³/일이다.

이 재생처리량(40m³/일)은 수도물을 많이 사용하는 피크시의 변동을 감안하여도 큰 저류조 없이도 재생처리가 가능한 양이다. 또한 재생용수량은 아파트 단지 내 조경용수, 청소용수 등으로 활용이 가능한 양이라고 판단된다.

〈표 6-2〉 서울시 세대별 아파트수

	500세대 미만	500세대 이상~1000세대 미만	1000세대 이상~2000세대 미만	2000세대 이상
종로	39	5		
중구	31	4	2	2
용산	49	7	3	1
성동	67	16	7	2
광진	134	14	9	
동대문	117	26	18	2
중랑	188	34	20	0
성북	120	40	22	4
강북	59	10	16	2
도봉	88	22	10	4
노원	147	49	21	21
은평	101	4	2	0
서대문	85	17	4	0
마포	109	21	6	1
양천	200	14	13	7
강서	255	22	20	4
구로	159	23	8	2

〈표 계속〉 서울시 세대별 아파트수

	500세대 미만	500세대 이상~ 1000세대 미만	1000세대 이상~ 2000세대 미만	2000세대 이상
금천	56	9	5	1
영등포	123	23	6	1
동작	83	18	8	1
관악	85	11	6	5
서초	194	17	8	3
강남	161	35	18	9
송파	105	31	8	12
강동	174	17	5	7
합계	2,929	489	245	91

자료 : <http://housing.seoul.go.kr>(서울시 주택국) 공동주택 현황 재작성

5) 열섬완화용수와 수경용수 등 새로운 재생용수 수요 확보

현재 건축되는 아파트는 단지 내에 실개천을 포함한 수경시설을 설치하는 추세이다. 앞서 설명했던 바와 같이 반포 래미안아파트의 수경시설, 대부분의 뉴타운사업에서 계획된 실개천 등 친수시설, 파주 운정지구 내 실개천을 포함한 물순환시스템 등이 그 예다. 이와 같이 친수용수시설의 설치에 아파트의 고급화전략과 맞물리면서 앞으로도 증가할 것이다.

또한 열섬완화용수와 청소용수의 사용도 지속적으로 증가할 것이다. 주택지역이나 가로변에 잔디밭 조성도 지속적으로 증가하고, 수목의 식재도 증가할 것이다. 조경 및 수경용수 등 재생용수의 장래 수요량은 157,197m³/일로 예측된다.

〈표 6-3〉 조경 및 수경용수의 장래 수요량 분석

구분	장래 수요량 분석
수경용수(실개천 등 주성)	136,335m ³ /일
조경용수(잔디밭, 식재용수)	119m ³ /일
청소용수 및 열섬완화용수	20,743m ³ /일
총계	157,197m ³ /일

6) 바닥분수와 대규모 물놀이시설의 물재생시설 운영과 수질관리

최근에 각 자치구에서는 주요지점에 바닥분수를 많이 설치하고 있다. 바닥분수는 주변 경관 개선에 활용되기도 하고, 지역 주민과 어린이들을 위한 물놀이 공간으로 이용되고 있다. 또한 여름철에는 열섬현상의 저감효과도 있다. 이러한 가시적인 효과로 인해 민선자치단체장들은 바닥분수를 많이 조성하고 있다.

그러나 바닥분수는 물을 순환시켜 활용하므로 수질이 악화될 경우가 많다. 서울시내에 위치한 바닥분수를 포함한 일부 친수시설에서는 일반세균, 대장균군, 분원성 대장균, 탁도 등이 검출되고 있다. 그러나 아직 친수시설에 대해 수질기준이 명확히 설정되지 않아서 구체적인 기준초과 여부를 제시할 수 없으나 인체에 영향을 미칠 수 있다.

특히 어린이가 바닥분수에서 물맞이 놀이를 하는 경우가 많은데, 간혹 물을 삼키는 경우가 있어 건강에 영향을 줄 수도 있다. 따라서 바닥분수의 재생처리는 수질의 안정성 확보 측면에서 중요하다.

바닥분수 등 친수시설의 운영 및 유지관리는 물재생처리업체나 수질(미생물 등 항목)관리업체를 통해 이루어져야 하고, 여름철마다 주기적으로 수질측정이 실시되어야 한다.

7) 세차장 등 다량의 물사용업소에 물재생시설 설치를 단계적으로 의무화

세차장 등은 물을 다량으로 사용하고 있다. 현재 세차장은 세차에 사용된 물을 수처리하여 하수도로 버리고 있으나 이들 업소에 물재생시설 설치를 단계적으로 의무화하여 재생된 물을 사용하도록 한다. 서울시의 세차업소가 1,749개 소로 추정되는데, 이중 다량의 물을 사용하는 기계자동식으로 운영하는 세차장 등을 대상으로 물재생시설의 설치를 단계적으로 의무화하여야 한다.

2. 물재생산업을 서울시 전략산업으로 육성

1) 물재생산업을 서울시 전략산업으로 육성관리

서울특별시장은 「국가균형발전특별법」 제28조 1항과 「서울특별시전략산업육성및기업지원에관한조례」 제5조(전략산업의선정)에 의해 물재생산업을 서울시 전략산업으로 육성할 수 있다. 이 조례에 의하면 시장은 ①성장잠재력과 경제성장예의 기여도가 높은 산업 ②지역혁신에 중심적인 역할을 할 수 있는 산업 ③기술지식집약성과 입지우위성이 높은 산업을 전략산업으로 선정하여 육성할 수 있다.

서울시에는 현재 위의 3가지 사항을 충족시킬 수 있는 여건이 마련되어 있다. 특히 제1절에서 설명한 바와 같이 물재생산업의 새로운 수요창출 기반이 충분하고, 상하수도시설과 연계하면 전국에서 가장 큰 물시장과 물재생시장의 기반을 갖추고 있으며, 물재생을 위한 막분리산업과 물재생이 필요한 건물과 주택이 많아 입지우위성도 충분하다. 또한 물재생산업이 서울시 일자리 창출 등 고용효과에 크게 기여할 수 있으므로 육성관리할 필요가 있다.

2) 전략산업으로 지정, 인센티브 등 지원 규정

서울특별시장은 「서울특별시전략산업육성및기업지원에관한조례」 제6조(종합지원계획의 수립), 제7조(기반시설의 우선공급), 제8조(마케팅의 지원), 제9조(기술개발의 지원)에 의해 물재생산업의 육성을 지원할 수 있다. 이 규정 등에 의해 하천용수로 재이용 시 이송관거 시설비나 막분리공법의 개발비용 등을 지원할 수 있다. 이와 별도로 「물재생산업의지원에관한조례(안)」을 제정하여 인센티브를 제공할 수 있다.

3. 물재생시설 및 업체에 경제적 인센티브 제공

1) 하수도요금 감면 확대

중수도시설을 설치한 건물에서는 재생처리된 물을 건물 내의 청소용수 등으로 활용하고 있다. 서울시의 경우 청소용수로 활용하는 사용량만큼 수도물을 절약할 수 있다는 점이 인센티브라면 인센티브이다. 다시 말해서 수원시, 인천시 등 많은 지방자치단체에는 중수도 사용량의 일정비율에 해당하는 양만큼 수도물요금을 감면해주는 규정이 있는 데에 비해 서울시의 경우에는 건물 중수도 시설(물재생시설) 설치에 따른 특별한 인센티브는 없다. 따라서 재생처리량(발생량의 10%)의 일정비율만큼 상하수도 요금을 감면해주는 경제적 인센티브 방안이 마련되어야 할 것이다. 현재 수원시 등에서는 조례에 의해 재생처리량의 50%에 해당하는 상하수도 요금을 감면해주고 있다.

2) 친수용수로 이용에 대한 비용 제공

현재 서울시의 하천은 하천용수가 부족하여 갈수기 등에는 건천화되고 있다. 따라서 건물 등에서 물을 재생처리하여 하천으로 방류할 경우 친수용수로 사용되는 용수량에 대해 하천용수 확보비용을 공공에서 제공하는 방안이 마련되어야 할 것이다. 즉 하천용수나, 조경용수, 열섬완화용수, 청소용수로 이용될 경우 공공에서 일정비용을 지불할 수 있는 방안이 수립되어야 한다.

4. 수도요금의 일정비율을 출연하여 「물재생시설 및 업체의 활성화를 위한 기금」 조성

물재생시설 및 재생업체를 많이 설립하여 물재생산업을 활성화하기 위한 방안 중 하나는 「물재생시설 및 업체의 활성화를 위한 기금」을 조성하는 것이다.

상수도요금에서 일정비율을 매년 출연하여 기금으로 조성하는 것이다. 조성된 기금은 물재생시설 및 업체의 활성화를 위해 사용한다. 특히 재생처리수의 하천방류를 위한 관거시설 공사 등은 이 기금을 활용할 수 있도록 한다.

또한 이 기금은 분리막이나 공정개발, 분리막과 타 공정과 연계된 처리시스템 등의 기술 개발 등에도 활용될 수 있어야 한다.

5. 물재생업체(중수도)사업 모델 개발

이 연구에서는 여러 유형의 건물(업무용건물, 공동주택 등의 조합)에 대해 사업 모델을 제시하고, 경제성을 분석하였다(<표 6-4>).

사업용 건물군에서는 경제성이 충분하여 중수도시설 설치 후 4~9년 정도이면 설치비용을 회수할 수 있는 것으로 분석된다. 이와 같이 경제성이 높은 이유는 업무용 등의 빌딩에서 사용하는 상하수도 요금에 높은 영업용요금과 누진율을 부담하기 때문으로 분석된다.

소규모 영업용건물은 재생처리량이 40m³/일 이상이어야 중수도시설(물재생시설) 설치의 경제성을 확보할 수 있는 것으로 분석된다.

기존 공동주택의 경우 상하수도요금이 상대적으로 낮아 재생용수의 활용처가 확보되면 물재생비율을 높여 운영하고, 재생용수량의 50%에 해당하는 상하수도요금을 인센티브로 지원하면 경제성을 확보할 수 있는 것으로 분석된다.

신축 공동주택(500세대 이상)의 경우 중수도시설 설치를 의무화하여야 하고, 이를 바탕으로 경제성을 분석하면 첫해(1년차)에 비용을 회수할 수 있는 것으로 나타나고 있다.

또한 재생용수의 사용처 확보에 공공의 지원방안이 마련되어야 할 것이다. 특히 하천용수나 청소용수로 활용 시 이에 따른 구매비용을 지원할 수 있어야 한다. 그리고 하천으로 유입관거를 설치할 때에도 공공에서 지원하는 방안이 마련되어야 한다.

〈표 6-4〉 건물 유형별 사업가능성(모델) 분석

건물군 유형		재생처리량 (m ³ /일)	활용 가능량	경제성 분석(B/C)	평가 및 비고
A	대형 업무용 건물	121	청소용수로 전량 활용	4년 안에 시설 비용 회수	대형 상업용 건물이 설치되어 경제 성이 높음.
B	1 공동주택 재생용수량 50%에 해당하는 요금 감면의 경우	77	공동주택 내부 청 소용수로 활용	16년 안에 비용회수	기존공동주택의 경우 물관련 요금 이 낮아 경제적 타당성이 낮음. 따 라서 재생용수량의 50%에 해당하 는 요금 감면 필요
	2 공동주택 신축의 경우		신축시 화장실 번 기세정용수배관 을 설치하여야 하 고, 이 경우 재생 용수 수요는 매우 많음.	첫 해 비용회수	신축공동주택의 경우 중수도설치 를 의무화하여야 하고, 이럴 경우 첫해에 비용 회수 가능
C	2개 업무용건물	42.8	청소용수로 활용	9년 안에 비용회수	변기세정용수로 활용하기 위한 중 수도 배관설치와 처리량을 높이면 비용회수기간이 크게 단축됨.
D	1개 판매시설건물	27.6	청소용수로 활용	10년 안에 비용회수	상동
E	2개 업무용건물	58.2	청소용수로 전량 활용	5년 안에 비용회수	상동

6. 물재생기업(중수도)의 ESCO사업 도입으로 활성화 추진

물재생시설(중수도시설)을 설치하여 운영할 경우 경제적 타당성이 높은 상업용 건물은 물재생 에스코시스템을 도입하여 물재생사업의 활성화를 추진하여야 한다. 즉 물재생사업(중수도시설)은 초기 투자비가 비교적 많이 들기 때문에 물재생에 대한 ESCO사업을 도입할 수 있는 기반을 마련해야 한다.

7. 물재생이나 중수도에 대한 제도적 개선방안

1) 「도시용수의 물재생 및 관리에 관한법률」 제정

물재생산업의 활성화 및 하수도법의 중수도시설 설치 규정 등을 통합하여

『도시용수의 물재생 및 관리에 관한 법률』을 제정하여야 한다.

왜냐하면 도시용수의 물재생 및 관리에 대한 수요·공급이 증가하고 있어, 『하수도법』의 건축물 중수도설치에 대한 사항으로 대처하기에는 한계가 있기 때문이다. 즉 중수도시설의 설치 의무화 대상 확대, 물재생시설 및 업체와 연관 산업의 기술개발과 증가 등이 고려되어야 한다. 특히 뉴타운 등 공동주택단지의 실개천 조성, 대규모 물놀이 시설의 증가에 따른 재생산업의 육성과 관련시설의 수질관리 등이 필수적으로 증가할 것으로 예상된다. 또한 과거와 달리 막분리라는 물재생기술이 새로운 재생산업에 크게 영향을 미칠수 있으므로 『도시용수의 물재생 및 관리에 관한 법률』이 제정될 필요가 있다. 『도시용수의 물재생 및 관리에 관한 법률』에 포함되어야 하는 내용은 다음과 같다.

- 물재생시설의 수요처 확대에 대한 사항
- 물재생시설(공급시설) 확대에 대한 사항
 - － 물재생시설의 의무화 대상 확대(단계별 의무화)
 - － 기존 업무용 건축물(6만㎡ 이상), 신축 업무용 건축물(5만㎡ 이상)
 - － 기존 공동주택 및 신개축 공동주택(5000세대 이상)
- 물재생업체 신·증설과 운영에 대한 경제적 지원 사항
 - － 중수도와 수경시설 등 물재생시설에 대한 조세감면 사항
 - － 하천용수, 열섬완화용수 등으로 이용 시 비용 제공 사항
- 물재생산업의 육성에 대한 사항
 - － 물재생산업의 육성을 위한 마스터 플랜 작성
 - － 물재생 공법 및 기술 개발과 산업클러스터 조성에 대한 사항
- 지방자치단체에서는 법률보다 강화된 조례를 제정할 수 있는 사항
 - － 서울시 등 지역특성을 고려하여 법에 규정된 중수도 의무화 기준보다 강화된 조례를 제정할 수 있도록 위임사항으로 규정

2) 서울시 중수도 운영 및 이용요금 감면 조례 제정

서울시 중수도시설의 운영 및 이용요금 감면에 대한 사항인 하수도법 제6조(중수도설치) 제3항인 ‘국가는 중수도설치 비용을 지원할 수 있으며, 지방자치단체는 조례가 정하는 바에 따라 중수도시설을 설치한 시설물의 소유자에 대해 수도요금 또는 하수도사용료를 경감할 수 있다’에 따라 중수도시설 설치에 따른 이용요금을 감면하여야 한다.

현재 서울시 및 구청에는 법에 의해 제시된 중수도시설 설치에 따른 이용요금 경감을 규정한 조례가 없다. 이로 인해 중수도 사업자는 시설설치에 따른 인센티브를 전혀 제공받지 못하고 있다.

따라서 중수도시설 및 물재생시설 설치에 대해 인센티브(수도요금이나 하수도사용료, 하천용수로 이용비용) 등을 지원할 수 있는 사항을 조례로 제정하여야 한다.

『서울시 중수도시설과 물재생시설의 설치 및 운영에 대한 조례』에 포함되어야 하는 사항은 다음과 같다.

- 중수도 및 물재생시설의 정의
- 중수도 설치
 - 중수도의 의무적 설치대상 - 법률과 달리 의무화 대상 확대 가능
- 중수도 관리
 - 중수도 및 수경시설 등의 관리 - 수질기준 및 검사기준 포함
- 물재생 및 관리 시설 수질기준
 - 실개천, 바닥분수, 대규모 야외 물놀이 시설 등의 수질기준
- 시설 지원사항
 - 중수도시설(물재생시설) 설치 시 수도요금이나 하천용수 비용 등 경제적 지원 사항
 - 대부분의 중수도사업이 경제성이 있으므로 적절한 비율의 감면규정이

마련되어야 함.

- 재생용수량 측정 및 인정에 대한 사항
- 법규에 규정된 중수도 의무화기준보다 강화된 조례 제정
 - 서울의 특성을 고려하여 법에 규정된 중수도 의무화기준보다 강화된 조례를 제정함. 즉 법에는 연면적 6만㎡ 이상 건물에 중수도시설을 의무화하는 규정이 있는데 조례에서 3만~5만㎡ 이상의 건물로 강화하는 조례를 제정하는 방안 등이 포함되어야 함.

제7장 결론 및 정책건의의

제1절 연구결과

제2절 정책건의의

제 7 장

결론 및 정책건의

제1절 연구결과

1. 물재생 및 관리산업의 현황 및 제도

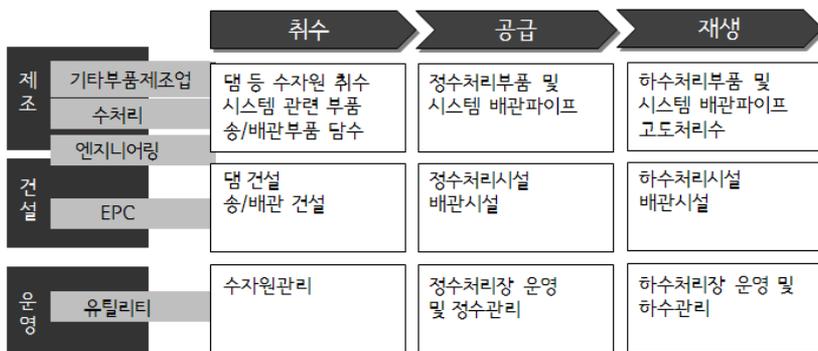
1) 물재생 및 관리산업의 정의

(1) 물재생측면에서 본 정의

물재생산업이란 한번 사용한 물을 재생하여 부가가치를 형성하는 사업을 말한다. 물재생산업은 Value Chain의 제조-건설-운영으로 구성되어 있다(<그림 7-1>).

물재생산업을 처리수의 이용측면으로 분류하면 5가지로 나눌 수 있다. 1) 재생수의 하천유지용수 활용, 2) 대형 건물의 중수도시설, 3) 인공연못과 바닥분수, 실개천 등 친수용수로 활용, 4) 청소 및 조경용수로 활용, 5) 열섬완화 등 기후조절용수로 활용 등이 그것이다.

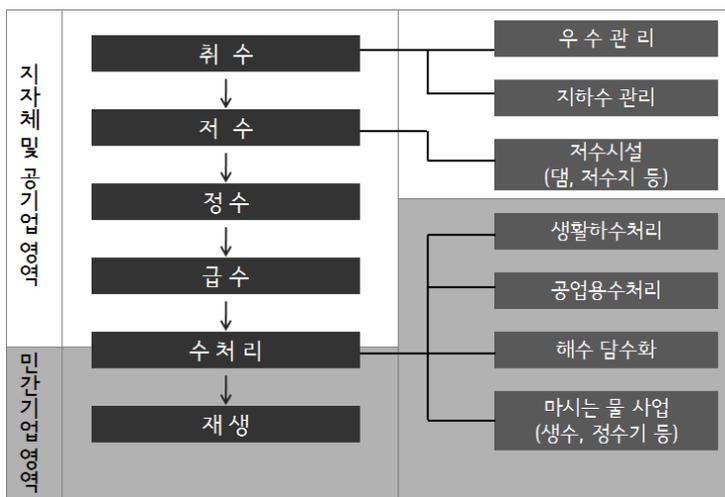
물산업이란 각종 용수(생활, 공업)를 생산하여 보급하는 산업과 하·폐수를 이송 및 처리하는 산업서비스를 총칭한다. 그 범위는 상수도, 하수도, 폐수, 생수, 정수기, 기타로 나눌 수 있다.



〈그림 7-1〉 물산업의 제조, 건설, 운영의 Value Chain

(2) 물순환측면에서 본 정의

물재생이란 오수, 하수 및 폐수, 빗물을 재생처리하여 생활, 공업, 농업, 조경, 하천유지 등의 용도로 이용하는 것을 말한다. 물재생 부문은 주로 민간기업영역에 속한다(〈그림 7-2〉).



〈그림 7-2〉 물재생 부문 중 민간기업영역과 공공영역의 대략적 구분

(3) 물(수질)관리산업

물관리산업이란 물재생처리와 연관된 수질관리산업을 말한다. 도시 내 하천의 호수 및 연못, 실개천용수, 바다분수의 수질관리산업이 해당된다.

2) 물재생산업의 현황 및 실태

(1) 물재생산업의 종류 및 규모

2007년기준 사업체조사보고서에 따르면 물재생산업과 관련된 산업은 생활용수공급업, 산업용수공급업, 하수 및 폐수처리업, 건설업이다. 관련된 사업체를 세부분류하면 <표 7-1>과 같이 생활용수 및 산업용수 공급업체가 21개, 하수처리업체가 63개, 폐수처리업체가 3개, 폐기물처리 및 오염방지시설업체가 120개로 나타났다.

<표 7-1> 서울시 물재생산업의 세부분류 사업체수

D. 전기, 가스, 증기 및 수도사업		E. 하수, 폐기물처리업 원료재생 및 환경복원업		F. 건설업
36010 생활용수공급업	36020 산업용수공급업	37011 하수처리업	37012 폐수처리업	41224 폐기물처리 및 오염방지시설 건설업
21	0	63	3	120

자료 : 2007년기준 사업체조사보고서(2008)

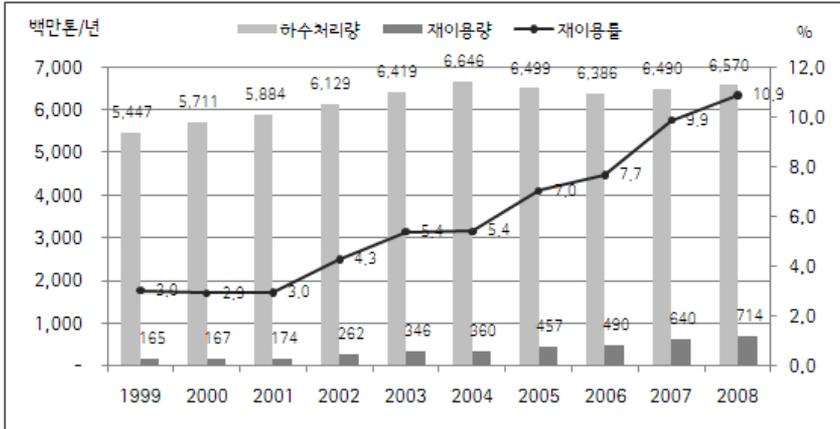
국가환경기술정보센터에 등록된 환경산업체 중 수질관련 업체는 방지시설업, 설계시공업, 측정검사대행업, 수집·운반·처리업, 환경설비제조·판매업, 서비스업, 에너지업 등의 분야에 총 404개가 있다.

(2) 중수도시설

서울시 중수도시설은 2008년말 기준 총 52개소에 설치되어 있으며, 시설용량은 17,484m³/일 이다. 중수도 처리수는 주로 화장실용수로 사용되고 있으며, 청소용수나 조경용수로도 활용되고 있다.

(3) 하수처리재이용시설

2008년말 기준 전국에 가동 중인 하수처리시설의 처리용량은 연간 66억톤/년이며, 하수처리수 재이용량은 2006년 4.9억톤/년에서 2008년 7.1억톤/년으로 2.2억톤/년 증가하였다(<그림 7-3>).



<그림 7-3> 연도별 하수처리수 재이용 현황

2) 바닥분수의 물(수질)관리현황

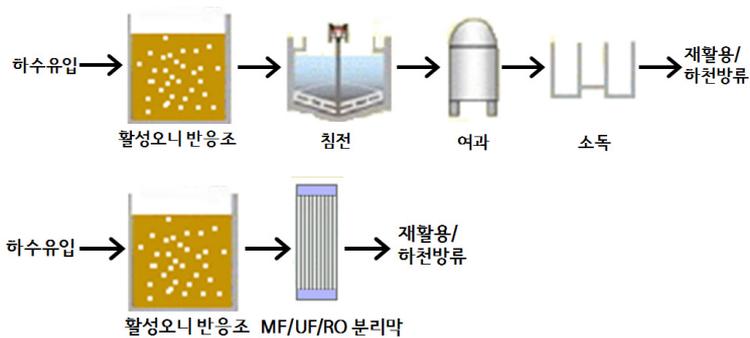
2009년 기준 서울시에는 총 216개의 분수가 설치되어 있으며, 도시공원 및 가로녹지대에도 많은 수의 수경시설이 설치되어 있다. 특히 바닥분수는 어린이들이 물놀이 시 잘못해서 음용하는 경우가 있어 수질관리가 필요하다. 최근 개장하는 대규모 야외 물놀이시설에도 수질관리를 위한 물재생시설 설치가 필수적이다.

3) 물재생처리 기술의 진보

막분리공법은 특정크기의 물질을 분리할 수 있는 미세공을 가진 분리막을 이용하여 오염물질을 제거하는 기술이다. 분리막은 난분해성 물질을 제거할 수

있고, 물질을 선택해서 제거할 수도 있다. 또한 이 공법은 시설공간이 작아도 되고 자동화가 가능하여 유지관리가 쉽다. 단일공정으로 제어가 어려운 경우 생물학적 공정 등 타 공정과 조합하여 적용할 수 있다는 특징이 있어 수처리분야의 고도처리에 적용 가능성이 높다.

생활하수와 같은 유기물질의 비율이 높은 오염수처리에도 생물학적 처리와 분리막을 조합한 시스템을 적용하면 처리효과가 높다.



〈그림 7-4〉 막분리공정과 타 공정을 조합한 시스템의 예

분리막을 포함한 막모듈 세계시장 규모는 2003년에 80억달러에서 2004년 87억달러로 커지고 있다. 미국 Elsevier Advanced Technology사의 자료를 바탕으로 추정한 막모듈 국내시장 규모는 2003년 1,200억원, 2004년 1,300억원, 2008년 1,800억원으로 나타나고 있다.

4) 관련제도

중수도와 관련해서 하수도법, 수도법, 조세특례제한법, 수자원공사 수돗물 공급규정에 정의, 이용계획 및 시설, 시설의 조세감면, 이용량 요금감면 등이 규정되어 있다. 하수처리수 재이용과 관련해서는 하수도법에 공공처리수 재이용 시설의 정의 및 시설의 설치 등이 규정되어 있다.

〈표 7-2〉 중수도 및 하수처리수 재이용과 관련된 하수도법 내용

조항	내용
하수도법 제2조	11. "중수도"라 함은 건물·시설 등에서 발생하는 오수를 다시 처리하여 생활용수·공업용수 등으로 재이용하는 시설을 말한다. 9의2. "공공처리수재이용시설"이란 공공하수처리시설에서 처리된 물을 생활용수·공업용수 등으로 다시 이용하기 위하여 지방자치단체가 설치 또는 관리하는 처리시설 및 그 부속시설을 말한다.
하수도법 제26조 수도법제14조 (중수도의 설치)	① 물을 효율적으로 이용하기 위하여 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 시설물을 신축(증축·개축 또는 재축되는 부분이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 포함한다. 이하 이 조에서 같다)하고자 하는 자는 단독 또는 공동으로 사용수량의 100분의 10 이상을 재이용할 수 있는 중수도를 설치·운영하여야 하며, 환경부령이 정하는 바에 따라 중수도의 설치결과를 시장·군수·구청장에게 통보하여야 한다. 다만, 제21조제1항의 규정에 따라 공공하수도관리청으로부터 재이용수를 사용수량의 100분의 10 이상 공급받는 경우에는 그러하지 아니하다. 1. 「공중위생관리법」 제2조제1항제2호 또는 제3호의 규정에 따른 숙박업 또는 목욕장업에 사용되는 시설로서 건축 연면적이 6만제곱미터 이상인 시설물 2. 「산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률」 제2조제1호의 규정에 따른 공장으로서 1일 폐수배출량이 1천500세제곱미터 이상인 시설물 3. 그 밖에 대통령령이 정하는 종류 및 규모 이상인 시설물
하수도법 시행령 제21조 (중수도의 설치 등)	① 법 제26조제1항제3호에서 "대통령령이 정하는 종류 및 규모 이상인 시설물"이란 건축의 연면적이 6만제곱미터 이상인 시설물로서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 시설물을 말한다.〈개정 2009.7.16〉 1. 「유동산업발전법」 제2조제3호에 따른 대규모 점포 2. 「건축법 시행령」 별표 1 제8호에 따른 운수시설 3. 「건축법 시행령」 별표 1 제14호에 따른 업무시설 4. 「건축법 시행령」 별표 1 제23호가목에 따른 교정시설 5. 「건축법 시행령」 별표 1 제24호가목 및 나목에 따른 방송국 및 전신전화국 6. 그 밖에 물의 효율적인 이용을 위하여 특히 필요하다고 인정하여 지방자치단체의 조례로 정하는 시설
하수도법 제5조 (하수도정비기본계획의 수립권자 등)	③ 하수도정비기본계획에는 「공공하수처리시설에서 처리된 물의 재이용계획 및 공공처리수재이용시설의 설치에 관한 사항」이 포함되어야 한다.
하수도법 제21조 (공공하수처리시설 처리수의 재이용)	① 공공하수도관리청은 공공하수처리시설의 처리수를 공업용수·화장실용수·살수용수·세차용수·청소용수·조경용수 등(이하 "재이용수"라 한다)으로 이용하거나 이를 필요로 하는 자에게 공급하여야 한다.
하수도법 시행령 제17조 (공공하수처리시설 처리수의 재이용)	법 제21조제1항 및 제2항에 따라 처리수를 공업용수·화장실용수·살수용수·세차용수·청소용수·조경용수 등(이하 "재이용수"라 한다)으로 이용하거나 공급하여야 하는 대상 공공하수처리시설은 1일 하수처리용량이 5천세제곱미터 이상인 공공하수처리시설을 말하며, 해당 공공하수처리시설이 재이용수로 이용하거나 공급하여야 하는 양은 1일 하수처리량의 100분의 5 이상으로 한다.

중수도의 수질기준은 <표 7-3>과 같으며, 하수도법 시행규칙 제20조 별표 6에 규정되어 있다.

<표 7-3> 중수도의 수질기준

구분	수세식변소 용수	살수용수	조경용수	세차·청소 용수
대장균군수	불검출 /100ml	불검출 /100ml	불검출 /100ml	불검출 /100ml
잔류염소(결합)	0.2mg/l 이상일 것	0.2mg/l 이상일 것	0.2mg/l 이상일 것	0.2mg/l 이상일 것
외관	이용자에게 불쾌감을 주지 아니할 것			
탁도	2NTU를 넘지 아니할 것			
생물학적 산소 요구량(BOD)	10mg/l 를 넘지 아니할 것			
냄새	불쾌한 냄새가 나지 아니할 것			
pH	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5
색도	20도를 넘지 아니할 것			
화학적 산소요구량 (COD, Mn기준)	20mg/l 를 넘지 아니할 것			

참고 1) 총대장균군, 잔류염소, 탁도, 냄새는 먹는 물 공정 시험방법에 따라 분석하여야 한다.
 2) 생물학적 산소요구량, pH, 색도, 화학적 산소요구량은 수질오염 공정 시험방법에 따라 분석하여야 한다.

2. 물재생 용수량 및 장래 수요량 분석

서울시의 현재 물재생 용수량 및 장래 수요량을 추정하기 위하여 하천유지용수, 중수도용수, 청소용수 및 열섬완화용수, 뉴타운 등 수경시설용수, 공원녹지의 조경용수 등 5가지로 나누어 살펴보았다.

〈표 7-4〉 현재 재생용수량과 장래 수요량 추정

구분	현재 용수량	장래 수요량
하천유지용수	<ul style="list-style-type: none"> 서울시 36개 법정하천 중 국가하천인 한강, 중랑천, 안양천과 지방1급 하천인 청계천을 제외하고 총 32개 하천을 대상으로 유지용수 추정 32개 하천에 필요한 용수량은 265,294m³/일임. 	<ul style="list-style-type: none"> 2030년 서울지역의 50여개 하천 복원에 따른 유지용수는 75만m³/일임.
중수도용수	<ul style="list-style-type: none"> 현행 하수도법에는 대통령령이 정하는 종류에 해당하는 건물 중 연면적이 6만m² 이상 시설물에 설치 의무화 2008년 기준 서울시 상업용 건물의 중수도시설은 52개소이며 시설용량은 17,484m³/일임. 	<ul style="list-style-type: none"> 기존건물의 연면적 의무기준을 5만m²로 강화할 경우 중수도 설치대상 건물은 700개가 증가함. 장래 중수도시설용량은 235,340m³/일임.
청소용수 및 열섬완화용수	<ul style="list-style-type: none"> 현재 도로 1km당 약 0.1~1.5m³/일의 물이 사용됨. 2009년 1년간 청소한 거리는 100만km이며, 총 사용한 물의 양은 987,579m³/일임 	<ul style="list-style-type: none"> 이면도로를 제외한 1차선 이상의 지방도로 연장길이는 총 14,333km임 장래 물청소용수 하루 소요량은 20,743m³/일임.
뉴타운 등 수경시설용수	<ul style="list-style-type: none"> 도시공원 및 가로녹지대 수경시설 확보용수량은 각각 446,696m³/일, 86,129m³/일임 	<ul style="list-style-type: none"> 뉴타운 사업계획에 제시된 실개천 사업의 계획에 따라 장래 물수요가 증가할 것임 뉴타운단지 건립세대수는 317,337세대이며, 단지 내 실개천조성용수는 92,208m³/일임.
공원녹지의 조경용수	<ul style="list-style-type: none"> 서울시 공원녹지관리는 수목 등에 용수를 공급하는 스프링클러 시설이 설치된 곳을 제외하고는 별도의 관리를 하지 않고 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> 서울시 도시림은 도로변녹지, 하천변녹지, 학교숲 등을 포함하여 총 9,007,200m²임. 서울숲 녹지관리에 소요되는 용수량으로 서울시 도시림 관리 물소요량을 예측하면 119m³/일임 서울숲과 같은 주요 공원에서도 조경용수 사용량이 적어 전체적인 공원녹지 관리 물사용량이 적게 나타남. 즉, 자연강우량에 의존하고 있음.

3. 국내외 사례

1) 반포2단지 삼성래미안 아파트 연못

반포 2단지 삼성래미안아파트는 대지면적이 133,661.30m²이며, 가구수는 2,444가구이다. 단지 내에는 생태연못 3개와 소규모 벽천 등 수경시설이 설치되어 있으며, 역삼투막을 이용하여 순환정수처리를 하고 있다. 생태연못은 담수량이 1,050m³이며, 수심은 0.1~0.4m로 낮다.



〈그림 7-5〉 반포 2단지 삼성래미안아파트 생태연못 조성모습

수질정화시설 운용기준을 보면 효율적이고 경제적인 녹조 예방을 위하여 혹서기 및 하절기 3~5일을 기준으로 전체수량을 설정하였다. 반포 2단지 내 생태연못의 처리용량은 10m³/hr이다.

생태연못의 수질정화를 위해 적용한 공법은 오염원을 산화, 살균하여 녹조를 파괴하고 억제하는 효과가 뛰어난 전기장장치를 설치하였으며, 후속장치로 막여과장치(SMF : Superior Micro Filtration)를 사용하여 처리효율을 높였다.

2) 교하신도시 물순환시스템

교하신도시는 총 개발면적 16.4km², 인구 205천명의 신도시로 계획되어 있다. 인공호수와 하천, 실개울이 끊이지 않고 연결된 수변공간을 창출하였으며, 주요 시설물은 인공호수, 소리천, 실개천, 순환수 및 원수처리용 수처리시설, 초기 우수처리시설, 수중폭기시설 등이 있다.

취수장에서 취수된 물 5만8천m³/일과 임진강 원수의 하루 유입량 6천m³/일 등 총 6만 4천m³/일의 물이 단지 3곳의 연못 지하수로를 통해 압송된다. 이 물은 다시 8개의 실개천으로 유입되며 실개천 물은 기존의 와등저수지를 넓혀 조성될 인공호수로 모이도록 설계되었다.



사진출처 : <http://pajutimes.newsk.kr>(파주타임스)

〈그림 7-6〉 교하신도시 종합계획도

3) 코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도시스템

코엑스 인터컨티넨탈호텔에는 가압형 멤브레인을 이용하여 여과, 재처리한 하수를 화장실용수로 재이용하는 중수도시스템이 가동되고 있다. 막-프레임 일체형설비로 0.05 μ m 이하의 기공(pore)으로 투과한 물은 조경용수, 쿨링타워 냉각수, 화장실용수, 청소용수 등 여러 가지 용도로 재이용되고 있다. 중수도시스템은 2007년에 설치되었으며, 시설용량은 400m³/일이다. 중수도 1일 평균 생산량은 약 150m³/일이며 최근에는 1년간 평균 73,197m³를 생산하였다. 전체적인 시설 개요는 <표 7-5>와 같다.

〈표 7-5〉 코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도시스템 개요

구분	개요
설치시기	2007. 11.
시설용량	400m ³ /day
운전 FIUX	1 m ³ /m ² · day
모듈	HIFIM-50(8개)
운전방식	Outside-In(Cross flow)
막면적	50m ²



〈그림 7-7〉 코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도시스템 운영모습

중수도시스템 운영에 따른 수질은 유입수의 BOD가 60~100mg/L이며, 처리후 수질은 BOD가 2~2.6mg/L로 나타났다. 처리된 물은 객실 및 공공지역의 화장실 변기 세정수, 쿨링타워 보충수, 조경용수, 청소용수 등으로 사용된다.

중수생산단가는 600원/m³이며, 물재이용 요금단가는 2,270원/m³(상·하수도 요금 및 물이용부담금 포함)이다. 중수도시설 가동으로 인한 2009년 1년간 요금 절감액은 1억2천만원 정도이다.

$$(2,270\text{원}/\text{m}^3 - 600\text{원}/\text{m}^3) \times 73,197\text{m}^3 = 122,238,990\text{원}/\text{년}$$

코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도용수는 변기 세정수로도 활용되고 있어 경제성이 좋은 것으로 나타났다.

4) San Diego의 용수 재이용

San Diego에는 130만명이 거주하며 하루 평균 2억 1천만 갤런의 식수를 사용하고 있다. 향후 25년동안 인구는 50%가량 증가할 것으로 예상되어 도시용수 공급을 늘리기 위한 용수의 재이용에 관한 연구를 시작하였다. 샌디에고의 용수 재이용은 간접음용 용도와 비음용 용도 두 가지로 나눌 수 있다.

간접음용 용도의 용수는 화학적 혼화, 응집, 침전, 여과 및 살균의 처리과정을 거치는 공법을 이용하여 완전처리한 후 공급하고 있다.

비음용 용도의 용수는 관개용수, 산업용수 및 습지조성용수로 사용되고 있다. 캘리포니아주에서 비음용 재이용수는 관개용도가 70%로 가장 많이 사용되고 있으며 5%는 산업용, 특히 냉각수로 사용되고 있다.

비음용 재이용수는 일반적으로 공급 관리, 1차 처리, 2차 처리, 3차 처리 및 염소 소독을 거친다. 산업용수와 같은 특정 용도에서는 기관 손상을 일으킬 수 있는 무기물의 제거를 위해 추가적인 처리가 요구되기도 한다.

5) 싱가포르

대표적인 물부족국가인 싱가포르는 말레이시아로부터 국내 물수요의 80%에 해당하는 물을 수입하고 있으며, 원수와 정수의 비율은 50:50이다.

국가 생존차원에서 하수재이용을 위해 NEWater Project를 추진하고 있다. 싱가포르 공공자원국은 NEWater 프로젝트의 일환으로 Bedok, Kranji, Sebetar, Ulu Pandan NEWater Plant를 건설하였는데, 그 중 Bedok NEWater Plant는 2002년 12월에 완공되었다. 2002년말부터 Bedok처리장(3만2천m³/일)과 Kranji 처리장(4만m³/일)에서 7만2천m³/일의 뉴워터(정화수)가 생산되고 있다. NEWater 공정은 막분리시설과 UV소독공정으로 구성된다.

1. 전통적인 하수처리 전 공정	뉴워터공장으로 이동하기 전에 침전 등 전통적인 방법으로 하수찌꺼기 처리
2. 마이크로 필터	밖에서 압력을 가한 오폐수를 마이크로필터를 통과시켜 0.2 μ m보다 큰 분자나 박테리아 등을 걸러냄.
3. 역삼투압(RO)	역삼투압 장치를 통과시킴으로써 0.001 μ m 크기 이상의 분자를 걸러냄. 이 과정에서 바이러스, 중금속, 염화물 등이 걸려져 높은 수준의 물로 다시 만들어짐.
4. 자외선(UV) 살균	안전성을 위해 자외선을 이용한 추가 살균과정을 거침.

〈그림 7-8〉 뉴워터 처리공정

4. 물재생시설의 사업모델 구축

물재생시설사업의 대상지를 선정하기 위해 여러 건물유형에 대해 분석하였다. 특히 도심권 인근에 위치한 건물을 대상으로 재생용수 수요가 많은 하천용수의 활용가능성 등을 분석하였다(〈표 7-6〉).

〈표 7-6〉 물재생시설 분석 대상건물의 현황

구역	건물명	전용면적(m ²)	이용인구수(명)	지상층수	지하층수
A	신도림포스빌	63,985.23	1,840	25	5
	신도림테크노마트	140,923.98	120,000	40	7
B	대림현대1차아파트	41,350.16	476(세대수)	20	1
	대림현대2차아파트	24,755.77	280(세대수)	20	1
	대림현대3차아파트	97,545.38	591(세대수)	20	0
C	우림이비지센터 1차	60,116.89	4,122	14	2
	우림이비지센터 2차	54,605.43	3,744	14	2
D	이마트구로점	38,945.64	5,000	8	2
E	대룡포스트타워 2차	77,401.82	5,307	15	3
	대룡포스트타워 3차	51,039.71	3,500	14	3

대상지 건물에 물재생시설을 설치할 경우 소요되는 비용에는 공사비(토목/건축, 기계/배관, 전기/계측제어, 시운전비), 기본조사 및 감리비, 기본 및 실시설계비 등 시설설치비와 인건비, 경비(전력비, 약품비, 소모품비) 등 유지관리비,

전처리 및 슬러지처리비용(시설설치비의 30%), 막교체비(4년에 1회 교체) 등이 있다. 건물군별 물재생시설 설치에 따른 경제성분석 결과는 <표 7-7>과 같다.

(표 7-7) 물재생시설 분석 대상건물의 현황

건물 유형별 구분	편익현재가치 (천원)	비용현재가치 (천원)	NPV	B/C ratio	비용 회수	비고
대형 업무용건물 (A구역)	1,385,942	708,041	677,901	1.957	4년	◦설치용량 : 물사용량의 10%
기존 공동주택단지 (B-1구역)	462,408	409,066	53,341	1.130	16년	◦설치용량 : 물사용량의 10% ◦재생용수량의 50%에 해당 하는 관련요금 지원 ◦인건비* : 총인건비의 50%
신축 공동주택단지 (B-2구역)	308,272	253,066	55,206	1.218	1년	◦설치용량 : 물사용량의 10% ◦재생시설 설치를 의무화함 ◦인건비* : 총인건비의 50%
소규모 영업용건물 (C구역)	614,358	479,019	135,338	1.283	9년	◦설치용량 : 물사용량의 20%
대규모 판매시설 (D구역)	368,987	283,542	85,444	1.301	10년	◦설치용량 : 물사용량의 20% ◦인건비* : 총인건비의 50%
소규모 영업용건물 (E구역)	802,949	49,019	323,929	1.676	5년	◦설치용량 : 물사용량의 20%

*주 : 공동주택 및 대규모 판매시설의 경우 관리인이 물재생시설의 관리를 겸직한다고 보고 총 소요되는 인건비의 50%만 산정함.

제2절 정책건의

현재 서울시의 물재생산업 중 몇 개의 수처리 전문대기업을 제외하고는 자체적으로 경제성을 확보한 업체는 거의 없다. 물재생부문에서 하수처리수의 재이용에만 치중하고 있어 중소기업이 활동하는 산업으로 발전하는데 저해요소가 되고 있다. 그러나 물재생기술의 패러다임 변화로 시장성장 가능성을 가지고 있다. 막분리공정은 아직도 처리비용이 고가이므로 상용화에 어려움이 있으나 처리비용이 크게 떨어지고 있는데다 자동화가 유리하여 유지관리비용이 낮다.

또한 공간 활용성이 뛰어나 대도시의 건물 내 소규모 물재생시설에 활용이 가능하다.

1. 물재생산업 활성화를 위한 정책방향

1) 재생용수의 새로운 수요창출로 산업기반 확보

물재생산업의 활성화를 위해서는 보다 많은 재생용수의 수요를 창출하여 산업기반을 확보하는 것이 중요하다. ①공동주택단지 내 조성된 실개천의 수경용수, ②공원과 수목, 잔디면적 확대에 따른 조경용수, ③열섬완화용수 등으로 수요를 확대할 필요가 있다.

2) 막분리 등 새로운 물재생처리기술의 적용

①막분리필터의 가격하락 등으로 상용화를 추진한다. 막분리의 핵심필터인 멤브레인은 처리대상범위가 넓어 공공 상하수도, 산업용수, 해수담수화처리에 활용되고 있다. ②막분리처리는 처리프로세스를 단순화시켜 처리시설의 공간을 최소화 할 수 있기 때문에 상업용 빌딩 및 공동주택단지에 설치가 가능하다. ③건물 내에서 처리한 수 하천으로 직방류하는 물순환시스템 확보가 가능하여 민간업체의 활성화 기반 확보가 가능하다.

3) 인센티브와 규제정책 확대를 통한 활성화

연면적 6만㎡ 이상의 건축물은 중수도시설 설치가 의무화되어 있으나 이 기준에 포함되는 건물이 많지 않다. ①중수도시설 설치 의무화 기준을 상향조정하여 물재생업체의 수요를 창출해야 한다. ②수경시설이 설치된 대형 아파트 단지에도 물재생시설(중수도시설) 설치를 단계적으로 의무화하는 방향으로 나아가야 한다. ③건물에 중수도시설을 설치하고 용수를 하천용수나 청소용수로

활용할 경우 공공에서 이를 구매하는 방식으로 인센티브를 제공하는 것이 필요하다.

4) 성장과 고용촉진을 위해 녹색산업으로 육성

물재생산업은 환경을 보존하면서 성장을 추진하는 녹색성장의 핵심분야임에도 불구하고 정책적인 지원이 미약하다. ①물재생산업을 녹색성장산업으로 분류하여 육성하고 ②중소규모의 물재생업체의 신·증설로 성장과 고용을 촉진시켜야 한다.

5) 물재생산업 클러스터 조성

서울은 가장 큰 상·하수도시설이 작동하는 도시이다. 빌딩군, 대형아파트단지, 녹지, 열섬완화지역 등을 상하수도시설과 연계하면 ①서울의 대규모 상하수도시설과 연계된 물재생산업 클러스터 조성이 가능하다. ②물재생산업과 연관된 산업에도 지원해야 한다. 수처리와 관련된 장비, 기기제품, 수량계측 장비, 수처리약품, 분리막 제조 등의 산업과도 연계하여 활성화할 수 있다. 이러한 중소기업이 클러스터를 형성할 수 있는 방향으로 정책적 지원대책이 수립되어야 한다.

2. 물재생산업의 활성화 방안

1) 물재생기업의 새로운 수요창출 기반마련

(1) 신축건물의 중수도시설 설치 의무화 기준 강화

신축건물의 경우 중수도시설 설치 의무화 기준을 연면적 5만㎡ 이상의 상업용 빌딩으로 상향조정해야 한다.

(2) 신축건물의 경우 중수도관 설치로 변기 세정용수 사용 의무화

신축건물의 경우 중수도를 이용한 화장실의 변기 세정용수 사용을 의무화해야 한다. 이를 위해서는 중수도관과 변기 세정관이 연결되는 배관구조를 의무화하여야 한다. 재생용수 활용처를 변기 세정용수로 확대하면 보다 높은 경제성을 확보할 수 있을 것이다.

(3) 연면적 5만㎡ 이상의 기존건물까지 중수도시설 설치 확대

연면적 5만㎡ 이상의 기존건물도 3~5년 정도의 준비기간을 거쳐 중수도시설 설치를 단계적으로 의무화해야 한다.

(4) 500세대 이상 공동주택단지의 중수도시설 설치 의무화

500세대 이상의 신·개축 공동주택단지에도 중수도시설 설치 의무화가 필요하다. 공동주택의 물재생처리를 통해 조경용수나 실개천 용수로 활용하고 나아가 청소용수로도 사용하는 것이 필요하다. 또한 서울시 500세대 이상의 기존 공동주택단지 825개에 대해서도 중수도시설 설치를 단계적으로 의무화할 필요가 있다.

(5) 열섬완화용수와 수경용수 등 새로운 재생용수 수요확보

공동주택의 친수용수시설 설치에 아파트의 고급화전략에 맞물려 지속적으로 증가할 것이다. 또한 열섬완화용수와 청소용수의 사용도 지속적으로 증가할 것이다.

(6) 바닥분수와 대규모 물놀이시설의 물재생시설 운영과 수질관리

바닥분수는 물을 순환시켜 활용하므로 수질이 악화될 경우가 많다. 바닥분수 등 친수시설의 운영 및 유지관리는 물재생처리업체나 수질 관리업체를 통해 이뤄져야 한다.

(7) 세차장 등 다량의 물사용업소에 물재생시설 설치를 단계적으로 의무화
세차장 등의 업소에 물재생처리시설 설치를 단계적으로 의무화하여 재생된
물을 사용하도록 해야 한다. 서울시 세차업소는 1,749개소이며, 물을 다량으로
사용하는 기계자동식 세차장 등을 대상으로 물재생 시설을 설치하도록 한다.

2) 물재생산업을 서울시 전략산업으로 육성

(1) 물재생산업을 서울시 전략산업으로 육성·관리

서울특별시장은 「국가균형발전특별법」 제28조 1항과 「서울특별시전략산업
육성및기업지원에관한조례」 제5조(전략산업의선정)에 의해 물재생산업을 서울
시 전략산업으로 육성할 수 있다. 이 조례에 의하면 시장은 ①성장잠재력과 경
제성장에 기여도가 높은 산업 ②지역혁신에 중심적인 역할을 할 수 있는 산업
③기술지식집약성과 입지우위성이 높은 산업을 전략산업으로 선정하여 육성할
수 있다. 서울시에는 현재 위의 3가지 사항을 충족시킬 수 있는 여건이 마련되
어 있다.

(2) 전략산업으로 지정, 인센티브 등 지원규정

서울특별시장은 「서울특별시전략산업육성및기업지원에관한조례」 제6조(중
합지원계획의 수립), 제7조(기반시설의 우선공급), 제8조(마케팅의 지원), 제9조
(기술개발의 지원)에 의해 물재생산업을 육성할 수 있다. 이와 별도로
「물재생산업의지원에관한조례(안)」을 제정하여 인센티브를 제공할 수 있다.

3) 물재생시설 및 업체에 경제적 인센티브를 제공

수원시, 인천시 등 타 지방자치단체에는 중수도사용량의 일정비율에 해당하
는 양만큼 수돗물 요금을 감면해주는 규정이 있다. 서울시에도 재생처리량(발
생량의 10%)의 일정비율만큼 상·하수도요금을 감면해주는 경제적 인센티브 방
안이 마련되어야 한다. 또한 건물 등에서 물을 재생 처리하여 하천으로 방류할

경우 친수용수로 사용되는 용수량에 대해 하천용수 확보비용을 공공에서 제공하는 방안이 마련되어야 할 것이다.

4) 수도요금의 일정비율을 출연하여 「물재생시설 및 업체의 활성화를 위한 기금」 조성

물재생시설 및 업체의 활성화를 위해 상수도요금에서 일정비율을 매년 출연하여 기금으로 조성해야 한다. 특히 재생처리수의 하천방류를 위한 관거시설 공사 등은 이 기금을 활용할 수 있도록 한다.

5) 물재생업체(중수도)사업 모델

이 연구에서는 도림천을 대상으로 여러 유형의 건물(업무용건물, 공동주택 등의 조합)에 대해 사업 모델을 제시하고, 경제성을 분석하였다. 그 결과 <표 7-8>과 같이 대부분의 건물군에서 경제성이 충분하며, 4~16년 정도면 중수도시설 설치비용을 회수할 수 있는 것으로 분석된다.

- ① 소규모 영업용건물은 재생처리량 40m³/일 이상이어야 중수도시설 설치의 경제성을 확보할 수 있는 것으로 분석되었다.
- ② 기존 공동주택군의 경우 상하수도요금이 상대적으로 낮아 재생용수의 활용처가 확보되면 물재생비용을 높여 운영하고 재생용수량의 50%에 해당하는 상하수도요금을 인센티브로 지원하면 경제성을 확보할 수 있다.
- ③ 500세대 이상의 신축공동주택인 경우 중수도시설 설치를 의무화하고 이를 기준으로 경제성을 분석하면 첫해에 설치비용을 회수할 수 있다.
- ④ 재생용수의 사용처 확보에 공공의 지원이 필요하다. 특히 하천용수나 청소용수로 활용 시 이에 따른 구매비용을 지원해야 한다.

〈표 7-8〉 건물 유형별 사업가능성(모델) 분석

건물군 유형		재생처리량 (m/일)	활용 가능량	경제성 분석(B/C)	평가 및 비교
A	대형 업무용 건물	121	청소용수로 전량 활용	4년 안에 시설 비용 회수	대형 상업용 건물이 설치되어 경제 성이 높음.
B	1 공동주택 재생용수량 50%에 해당하는 요금 감면의 경우	77	공동주택 내부 청 소용수로 활용	16년 안에 비용회수	기존공동주택의 경우 물관련 요금 이 낮아 경제적 타당성이 낮음. 따라 서 재생용수량의 50%에 해당하는 요금 감면 필요
	2 공동주택 신축의 경우		신축 시 화장실 변 기세정용수배관 을 설치하여야 하 고, 이 경우 재생 용수 수요는 매우 많음.	첫 해 비용회수	신축공동주택의 경우 중수도설치를 의무화하여야 하고, 이럴 경우 첫 해 에 비용 회수 가능
C	2개 업무용건물	42.8	청소용수로 활용	9년 안에 비용회수	변기세정용수로 활용하기 위한 중 수도 배관설치와 처리량을 높이면 비용회수기간이 크게 단축됨.
D	1개 판매시설건물	27.6	청소용수로 활용	10년 안에 비용회수	상동
E	2개 업무용건물	58.2	청소용수로 전량 활용	5년 안에 비용회수	상동

6) 물재생기업(중수도)의 ESCO사업 도입으로 활성화 추진

물재생사업(중수도시설)은 초기 투자비가 비교적 많기 때문에 물재생기업이 ESCO사업을 도입할 수 있도록 기반을 마련해주어야 한다.

7) 물재생이나 중수도에 대한 제도적 개선방안

(1) 「도시용수의 물재생 및 관리에 관한 법률」 제정

도시용수의 물재생 및 관리에 대한 수요·공급이 급증하고 있어 『하수도법』의 건축물에 대한 중수도시설 설치규정으로는 대처하기에 한계가 있다. 따라서 물재생산업의 활성화 및 하수도법의 중수도시설 설치 규정 등을 통합하여 「도시용수의 물재생 및 관리에 관한 법률」을 제정하여야 한다. 이 법에 포함되어야 하는 내용은 다음과 같다.

- 물재생시설의 수요처 확대에 대한 사항
- 물재생시설(공급시설) 확대에 대한 사항
 - 물재생시설의 의무화 대상 확대(단계별 의무화)
 - 기존 업무용 건축물(6만㎡ 이상), 신축 업무용 건축물(5만㎡ 이상)
 - 기존 공동주택 및 신개축 공동주택(500세대 이상)
- 물재생업체 신·증설과 운영에 대한 경제적 지원 사항
 - 중수도와 수경시설 등 물재생시설에 대한 조세감면 사항
 - 하천용수, 열섬완화용수 등으로 이용 시 비용 제공 사항
- 물재생산업의 육성에 대한 사항
 - 물재생산업의 육성을 위한 마스터 플랜 작성
 - 물재생 공법 및 기술 개발과 산업클러스터 조성에 대한 사항
- 지방자치단체에서는 법률보다 강화된 조례를 제정할 수 있는 사항
 - 서울시 등 지역특성을 고려하여 법에 규정된 중수도 의무화 기준보다 강화된 조례를 제정할 수 있도록 위임사항으로 규정

(2) 서울시 중수도 운영 및 이용요금 감면 조례 제정

현재 서울시에는 중수도설치에 대한 이용요금 경감과 관련된 조례가 없다. 따라서 중수도 및 물재생시설 설치에 대해 인센티브(수도요금이나 하수도사용료, 하천용수로 이용비용) 등을 지원할 수 있는 사항을 조례로 제정하여야 한다. 「서울시 중수도시설과 물재생시설의 설치 및 운영에 대한 조례」에 포함되어야 하는 사항은 다음과 같다.

- 중수도 및 물재생시설의 정의
- 중수도 설치 대상
- 중수도 관리(중수도 및 수경시설 등의 관리)
- 물재생 및 관리 시설 수질기준
- 시설 지원사항(설치 시 수도요금, 하천용수 비용 등)
- 재생용수량 측정 및 인정에 대한 사항
- 서울시의 중수도 의무화기준보다 강화된 조례 제정

참 고 문 헌



참고문헌

- 박호철, 2006, “하수처리수 재이용의 사례를 통한 발전방향에 관한 연구”, 광운대학교 환경대학원 석사학위논문.
- 서울시정개발연구원, 2009, 『고도재생수를 이용한 서울시 지천의 유지수량 확보방안』.
- 서울특별시 상수도사업본부, 2005, 물수요관리종합계획.
- 서울특별시, 2006, 『시민적 수요에 부응한 하천유지용수 확보 및 공급방안 연구』.
- _____, 2008, 『2007년 기준 사업체조사보고서』.
- _____, 2008, 『2007년 기준 사업체조사보고서』.
- _____, 2008, 『사업체기초통계조사보고서』.
- _____, 2008, 공원현황 2008. 1 현재.
- _____, 2009 서울특별시 물환경 종합관리계획.
- _____, 2009, 『서울통계연보 2009』.
- _____, 2009, 서울시 도시림 실태조사 및 도시림 조성·관리계획.
- 손정기, 2006, “하수처리장 방류수의 재이용을 위한 한외여고 막 공정의 적용”, 부경대학교 박사학위논문.
- 에너지관리공단, 2009, 『스페셜리포트-에너지 기후변화 녹색기술산업 신성장동력 6개분야-』.
- 울산발전연구원, 2009, 『하수처리장 방류수를 공업용수로 이용하는 방안』.
- 이승한, 2008, “과주운정택지개발사업지구에서의 친수환경조성계획”, 『한국수자원 학회지』 제41권 제2호 pp.80-85.
- 최귀남, 2005, “친수환경 생태도시 건설에 있어서 수자원 재이용에 관한 연구”, 서울산업대학교 석사학위논문.

- 한국환경기술개발원, 1995, 「산업별 공업용수의 수요·수량·수질현황 파악 및 재이용에 따른 제반문제 검토에 관한 연구」.
- 환경부, 1996, 「처리수 재이용시스템 기반기술개발」.
- _____, 1999, 「중수도 이용확대를 위한 정책방안 연구」.
- _____, 2001, 「중수도의 시설기준 및 관리방안 등 마련에 관한 연구」.
- _____, 2007, 「하수도통계연보」.
- _____, 2008, “물 재이용 국제심포지엄-녹색성장은 물재2용으로부터-”.
- _____, 2008, 「상수도통계연보」.
- _____, 2009, 「하수처리수 재이용 가이드북」.
- City of San Diego Water Department, 2006, City of San Diego Water Reuse Study.
- www.konetic.or.kr(국가환경정보센터)
- www.kwwa.or.kr(한국상하수도협회)
- development.seoul.go.kr(서울시균형발전본부)
- pajutimes.newsk.kr(과주타임스)

부

부



〈표 1〉 상하수도협회 회원업체 명단

지역 구분	업체명	구분	지역	주요 취급품명
서울 (82)	(주)서영엔지니어링	엔지니어링	서울 강남구	도로 및 공항, 토목구조, 상하수도 등
	(주)성호철관	제조업	서울 강남구	수지파형강관, 파형강관
	(주)디아이엔바이로(주) 디아이	제조업	서울 강남구	반도체검사장비, 반도체제조장비, 약품주입설비, 여과지하부집수장치 등
	(주)KC산업개발	제조업	서울 강남구	조립식 PC 암거, 프리캐스트, 콘크리트방음벽, 일체식PC맨홀
	(주)진행위터웨이	전문건설업 및 기타	서울 강남구	스케일부스터, 수처리기
	이메트릭스(주)	제조업	서울 강남구	하수관거 유지관리 모니터링 시스템 구축, 무인자동 하수처리 전문가 시스템 구축 외
	(주)간화	엔지니어링	서울 강남구	토목,설계, 환경타당성조사
	(주)베이스소프트	엔지니어링	서울 강남구	소프트웨어개발공급
	주식회사 그레넥스	제조업	서울 강남구	하수처리설비, 폐기물처리설비설계
	모건코리아(주)	제조업	서울 강남구	전동액추에이터
	(주)유창산업	제조업	서울 강남구	PVC파이프
	한국그린포스펌프(주)	제조업	서울 강남구	펌프
	지멘스(주)	제조업	서울 강남구	무역, 배전반 및 전기기기, 의료용구제조업, 전기공사, 전기, 전자제품, 의료기기, 정보통신 및 통신방법시스템설비공사
	(주)도화종합기술공사	엔지니어링	서울 강남구	실시설계, 감리
	(주)탄천환경	전문건설업 및 기타	서울 강남구	하수처리, 시설물유지관리
	(주)시티리폼	전문건설업 및 기타	서울 강동구	수도관세척갱생설비공사, 장비임대
	대운환경	전문건설업 및 기타	서울 강동구	정화조 설계, 시공
	(주)젠트로	제조업	서울 강동구	설치용 금속탱크 및 저장용기 제조업
	(주)피앤아이휴먼코리아	전문건설업 및 기타	서울 강동구	-
	(주)동호플랜트	제조업	서울 강동구	밸브제조, 설비
리플래시기술(주)	제조업	서울 강동구	철근콘크리트시설물, 리모델링, 상하수도, 포장, 조경	
(주)서남환경	전문건설업 및 기타	서울 강서구	수질오염방지	
삼환건설(주)	전문건설업 및 기타	서울 광진구	상하수도 전문건설	

〈표 계속〉 상하수도협회 회원업체 명단

지역 구분	업체명	구분	지역	주요 취급품명
서울 (82)	재현산업(주)	전문건설업 및 기타	서울 광진구	상하수도공사
	(주)한국종합기술	엔지니어링	서울 광진구	기술용역, 설계감리, 측량, 기술용역연구, 토목건축공사
	대풍건설	전문건설업 및 기타	서울 광진구	—
	(주)이화에코시스템	제조업	서울 구로구	원심분리기, 디칸타, 농축기, 3상분리기
	(주)그린텍아이엔씨	제조업	서울 구로구	계측기기
	자인테크놀로지(주)	제조업	서울 구로구	수도계량기, 유량계, 측정기구, 수동제어기기, 계장 설비, 수처리
	(주)수로텍	전문건설업 및 기타	서울 구로구	프로세스제어반, 용존산소계, 다중분석계, 전자유량계, 초음파유량계, 비만관유량계
	(주)웹솔루스	엔지니어링	서울 구로구	—
	(주)하나인스텍	제조업	서울 구로구	수소이온농도계, 용존산소계, 부유물질농도계, 탁도계, 도전율계, 잔류염소계, 초음파레벨계
	신호시스템(주)	제조업	서울 구로구	신호변환기, 디지털지시계, 적산계, 피뢰기
	동도기공(주)	전문건설업 및 기타	서울 구로구	상하수도공사
	(주)한성크린텍	제조업	서울 구로구	액체여과기, 정수기기 제조 무역, 환경관련엔지니어링
	(주)에코빅	전문건설업 및 기타	서울 구로구	—
	(주)일성종합기계	제조업	서울 구로구	펌프
	(주)유천엔바이로	제조업	서울 구로구	수중포기, 사여과기, 폴리머용해장치, 마이크로필터, 수중믹서 외
	신광SRP(주)	제조업	서울 금천구	강관류
	(주)AJS	제조업	서울 금천구	철용접식관 이음쇠, 스텐용접식관 이음쇠, 홀조인트, 밸브, 신축이음관
	케이넷(주)	제조업	서울 금천구	PE파이프, 통신공사, 무역업
	(주)한미엔텍	제조업	서울 금천구	하수처리기, 오폐수처리기, 하수처리시설공사, 오 폐수처리시설공사, 상수도설비공사, 플랜트설비공사
	(주)마커스코리아	제조업	서울 금천구	초음파유량계, 초음파수위계, 전자유량계, 시료채취기, 수질분석기, 트랜스미터
	(주)도우기술협력회	엔지니어링	서울 동대문구	상수도감리, 환경상담 및 엔지니어링서비스
	웅진케미칼(주)	제조업	서울 마포구	액체분리막필터, 원사, 원면, 직물, 침수처리서비스

〈표 계속〉 상하수도협회 회원업체 명단

지역 구분	업체명	구분	지역	주요 취급품명
서울 (82)	(주)환경바이오	제조업	서울 마포구	친환경건설링, 독성모니터링장비, 유해물질측정휴대용키트, 간이자동배양기, 조류경보장치, 박테리아 경보장치, 물고기경보장치, 수질환경계측기, 조류예보관련측정기, 해양장비, 수산장비, 오존발생설비
	에스텍엔지니어링	제조업	서울 마포구	계측기기 판매/서비스
	중앙크리텍건설	전문건설업 및 기타	서울 서초구	상하수도 전문건설
	H2O컨설팅	엔지니어링	서울 서초구	토목엔지니어링 설계
	(주)서광인터내셔널	제조업	서울 서초구	철강관연결구
	윌로펌프(주)	제조업	서울 서초구	액체펌프, 단단펌프, 인라인펌프, 오배수수중펌프, 부스터시스템
	(주)제컴	제조업	서울 서초구	PVC용혼합물, 상수도관, 하수도관
	삼성물산(주)건설부문	종합건설업	서울 서초구	플랜트공사, 아파트건설
	(주)한국피이엠	제조업	서울 서초구	일반플라스틱선, 봉, 관, 호스, 일반플라스틱필름, 시트 및 판 건축자재
	주식회사 금호환경기술	전문건설업 및 기타	서울 서초구	수질환경관리, 하수처리장운영, 하수처리장공사
	(주)팬아시아레인워터	제조업	서울 서초구	수도, 엔지니어링사업, 건설, 막여과사업, 강변여과수사업, 상하수도업
	(주)비츠로시스	제조업	서울 성동구	집중원방감시제어시스템, 분산제어시스템, 지능형교통제어시스템
	(주)라텍이엔지	전문건설업 및 기타	서울 성북구	합성고무 및 플라스틱물질 도매업
	(주)고리	제조업	서울 송파구	PVC파이프, 플라스틱선, 봉, 관, 호스
	주식회사 프라코	제조업	서울 송파구	폴리에틸렌파이프
	(주)동일기술공사	엔지니어링	서울 송파구	급속분사교반기, 차염투입설비, 2단 혼합 폴리머 투입설비
	(주)유경씨엔피	전문건설업 및 기타	서울 송파구	-
	현대엔지니어링 주식회사	엔지니어링	서울 양천구	-
	(주)홍일산업	제조업	서울 양천구	PVC관
	대지중건	전문건설업 및 기타	서울 영등포구	상하수도공사, 포장공사

〈표 계속〉 상하수도협회 회원업체 명단

지역 구분	업체명	구분	지역	주요 취급품명
서울 (82)	대양바이오테크(주)	전문건설업 및 기타	서울 영등포구	하수종말처리장, 시운전용역, 증균제
	(주)삼성건설	전문건설업 및 기타	서울 영등포구	-
	선진엔지니어링 종합건축사무소	엔지니어링	서울 영등포구	토목엔지니어링서비스, 도시및주거환경정비업, 토공사, 상하수도설비공사, 소프트웨어지문개발공급, 설계, 감리, 수질오염방지
	디엠상역(주)	전문건설업 및 기타	서울 영등포구	전문건설업(도장), 갑류무역대리업(건설, 서비스 등)
	일우산업(주)	제조업	서울 영등포구	하수도관 제조업(HDPE 하수관)
	(주)세진에스엠씨	제조업	서울 영등포구	SMC 물탱크, SMC 욕조, FRP물탱크, 화학탱크, FRP라이닝, DUCT
	(주)뉴보텍	제조업	서울 영등포구	고강성PVC 이중벽관, HDPE DC 파이프
	(주)태영	종합건설업	서울 영등포구	토목, 환경, 건축, 플랜트, 엔지니어링, SOC, 환경시설운영, ESCO
	(주)엘지화학	제조업	서울 영등포구	합성수지, 재생섬유소외 전기공사업, 임대
	동양파이프라이닝(주)	전문건설업 및 기타	서울 영등포구	파이프라이닝공사
	동양철관(주)	제조업	서울 용산구	강관 제조
	(주)동원프라스틱	제조업	서울 용산구	PE파이프, 수도관, 가스관, 전선관, 이중벽하수관
	도서출판 건설도서	전문건설업 및 기타	서울 용산구	출판
	현대건설(주)	종합건설업	서울 종로구	토목건축, 아파트 건설, 전기통신공사, 도로공사
	(주)한국마이옥스	제조업	서울 종로구	혼합산화제 발생기
	(주)대우건설	종합건설업	서울 종로구	건축공사, 주택공사, 토목공사, 플랜트공사
경기 (69)	(주)씨피이엔씨	엔지니어링	경기 고양시 일산구	-
	(주)삼안	엔지니어링	경기 과천시	토목엔지니어링 설계, 종합감리
	(주)코오롱	제조업	경기 과천시	-
	코오롱건설(주)	종합건설업	경기 과천시	터널, 아파트, 고속도로
	코오롱베니트주식회사	제조업	경기 과천시	소프트웨어 개발
(주)아셈	제조업	경기 과천시	인공식물섬, 인공습지, 자연형하천	

〈표 계속〉 상하수도협회 회원업체 명단

지역 구분	업체명	구분	지역	주요 취급품명
경기 (69)	주식회사 애강그린텍	제조업	경기 광명시	건축자재, 합성수지제품, 상수도용밸브류, 상하수도관 및 관련부제품 등
	미래환경기술(주)	제조업	경기 광주시	여과장치, 디스크드럼필터, 폐수처리장치, 역세척장치, 역삼투압장치설비,수처리설비공사
	탐환경(주)	전문건설업 및 기타	경기 광주시	수밀기, 보수기
	대전정공(주)	제조업	경기 광주시	EF이음관, 폴리에틸렌 볼밸브, 플라스틱금형, 가스용,수도용 폴리에틸렌 이음관 및 볼밸브 등 배관자재 제조,판매
	삼성계기공업	제조업	경기 군포시	계량기,유량계,계측기기
	에이텍이앤씨(주)	엔지니어링	경기 군포시	-
	(주)에이알케이	제조업	경기 군포시	-
	현대주철산업(주)	제조업	경기 김포시	상하수도주물, 무역
	(주)프레씨전	제조업	경기 김포시	-
	(주)대덕엔지니어링	제조업	경기 김포시	관류
	한서정밀기계(주)	제조업	경기 김포시	수도미터,유량계
	로벤텍	전문건설업 및 기타	경기 남양주시	관로CCTV촬영, 하수도 준설공사, 관로 수밀시험, 하수관비굴착보수공사
	지퍼엠	제조업	경기 부천시 소사구	관로표지기, 탐지형 경고시트, 경고테이프, 안전화, 안전모, 안전조끼
	(주)이알테크	전문건설업 및 기타	경기 부천시 원미구	-
	(주)미텍	제조업	경기 부천시 원미구	무인측정계량기(수도,가스,열량, 전자저울, 계측기, 아파트관리시스템장비, 온수전기) 유량계 프로세스제어반 수출입업 소프트웨어개발, 공급
	한솔이엠이 주식회사	엔지니어링	경기 성남시 분당구	에너지산업플랜트(엔지니어링)
	로토크 콘트롤스 코리아(주)	전문건설업 및 기타	경기 성남시 분당구	밸브 액츄에이터
	수자원기술(주)	엔지니어링	경기 성남시 분당구	다목적댐발전시설점검정비, 광역상수도 시설점검정비, 지하수관측방시설점검정비, 정수장불소화 사업 등
	(주)나코엔지니어링	제조업	경기 성남시 분당구	수도계량기
	서광공업(주)	제조업	경기 성남시 분당구	강관,밸브

〈표 계속〉 상하수도협회 회원업체 명단

지역 구분	업체명	구분	지역	주요 취급품명
경기 (69)	효림산업(주)	제조업	경기 성남시 분당구	슬러지수집기, 침사제거기
	(주)씨엠엔텍	제조업	경기 성남시 분당구	유량계, 수위계
	탑전자산업주식회사	제조업	경기 성남시 분당구	CCTV조사장비, 파이프검사장비, 인명탐색장비, 하수관보수장비
	(주)셈즈	제조업	경기 성남시 수정구	상수도 유지관리시스템
	(주)한일네트워크엔지니어링	엔지니어링	경기 성남시 중원구	건물, 토목 엔지니어링 서비스업
	(주)수인테크	제조업	경기 성남시 중원구	정밀계측기기, 유량계, 수위계 외
	(주)한국빅텍	엔지니어링	경기 성남시 중원구	탐사장비
	(주)신우엔지니어링	엔지니어링	경기 성남시 중원구	상하수도설계 및 토목설계
	(주)신흥코리아	전문건설업 및 기타	경기 성남시 중원구	주철관
	(주)한국구조	제조업	경기 시흥시	맨홀뚜껑, 태양열발전장치, 수직축풍력부품
	(주)코와스	제조업	경기 시흥시	폴리우레아, 에폭시, 방수방식공사
	간일브론즈밸브	제조업	경기 시흥시	밸브
	(주)위스코	제조업	경기 시흥시	폴리에틸렌피복 강관
	조흥배관	제조업	경기 안산시 단원구	관
	(주)에치케이밸브	제조업	경기 안산시 단원구	수도용제수밸브, 안나사 게이트밸브, 바깥나사 게이트밸브
	신일밸브산업(주)	제조업	경기 안산시 단원구	밸브
	(주)타셋	제조업	경기 안산시 단원구	여과기, 슬러지 수집기 제조
	(주)에스엠테크	제조업	경기 안산시 단원구	밸브
	(주)화인텍콤포지트	제조업	경기 안성시	마그네트프레임, 카본풀워랩 복합재료용기, 라이너모터 프레임, 카본휠체인, 카본휠, 첼로케이스, 플라멘트와인딩, 고압용기, 인라인케이스카본셀
	(주)팬지아21	제조업	경기 안양시 동안구	소프트웨어, 환경제어계측기기 및 부품

〈표 계속〉 상하수도협회 회원업체 명단

지역 구분	업체명	구분	지역	주요 취급품명
경기 (69)	뮤리아시아(주)	제조업	경기 안양시 동안구	침전지경사판설비, 슬러지수집기, 정류설비
	(주)엔포텍	엔지니어링	경기 안양시 동안구	-
	웰텍(주)	제조업	경기 안양시 동안구	직관, 강관, 이형관, 도시가스관, 표면처리강재 생산업
	(주)한국종합엔지니어링	엔지니어링	경기 안양시 동안구	-
	(주)블루웨이일스크린	제조업	경기 안양시 동안구	하폐수처리용 스크린, 필터
	(주)이피에스솔루션	엔지니어링	경기 안양시 동안구	유량, 수질조사, 수자원설계, 하수관 모니터링
	에치투엘(주)	제조업	경기 안양시 만안구	섬모상생물막, 하수처리, 오수처리
	주식회사 제이엔텍	제조업	경기 여주군	로타리펜 프레스, 슬러지수집기, 스크럼제거차
	도봉콘크리트(주)	제조업	경기 여주군	하수관, 오수관, 콘크리트파이프
	(주)성우	전문건설업 및 기타	경기 오산시	상하수도처리기자재
	(주)서원기술	제조업	경기 용인시	SR-JOINT(스테인리스 프레스 압착식 관이음쇠), 압착공구
	에스엔알테크놀러지(주)	제조업	경기 용인시	비굴착부분보수, 하수도준설 관내 CCTV조사장비, 건설자재 및 기타, 무역, 관내CCTV조사
	(주)라이닝시티	제조업	경기 의왕시	상하수도공사
	(주)피엘테크코리아	제조업	경기 의왕시	패널수조
	(주)케이제엔지니어링	엔지니어링	경기 의정부시	기술용역, 감리, 측량, 소프트웨어개발 및 공급, 기술용역연구
	주식회사 다성테크	제조업	경기 이천시	스테인리스배관이음쇠
	(주)하이트롤	제조업	경기 파주시	레벨계, 수준기스위치, 수준기지지기
	국제산업(주)	제조업	경기 포천시	PE하수관, 이중벽유공관, 부직포 고압 유공관, PVC 유공관
	동양수기산업(주)	제조업	경기 포천시	상하수도기계, 제어장치, 계장설비
	동양콘크리트산업(주)	제조업	경기 화성시	원심력 철근콘크리트관, 특수콘크리트집수관, 흠관, 레진관
안국인더스트리(주)	제조업	경기 화성시	하수, 통신용 맨홀, 이지너트, 악취방지 U-트랩	
주식회사 평화	제조업	경기 화성시	PVC 파이프, PVC 이음관	
대원인더스티리얼(주)	제조업	경기 화성시	수밀검사기기, 수압검사기기, 보수용기기, 고무접속구	

〈표 계속〉 상하수도협회 회원업체 명단

지역 구분	업체명	구분	지역	주요 취급품명
강원 (3)	원웅엔지니어링(주)	제조업	강원 정선군	-
	대림프라스틱(주)	제조업	강원 춘천시	상수도관, 하수도관
	한국주철산업(주)	제조업	강원 태백시	맨홀뚜껑, 스틸그레이팅, 교량용 집수구
경남 (7)	두리화학 주식회사	제조업	경남 김해시	합성수지제품, PVC관
	유영화학(주)	제조업	경남 김해시	PVC
	(주)하이스텐	제조업	경남 김해시	슬립인조인트, 위생용볼밸브, 원피스볼밸브
	삼정터빈	제조업	경남 김해시	터보차저, 터보블로워, 개스터빈, 고속회전체정비, 터보시스템연구소
	영동공업(주)	제조업	경남 김해시	자동차부품, 관이음식, 강파이프이음관, 배관용밸브, 시프트포크, 주철관
	(주)천산	제조업	경남 함안군	하수관개(오수받이)
	(주)한국화이바	제조업	경남 함양군	유리섬유관, 맨홀
경북 (8)	신성산업주식회사	제조업	경북 경산시	수도용세들불이 분수전, 익차형수도미터
	(주)용전	제조업	경북 군위군	이중벽 폴리에틸렌(PE)관
	(주)코리아테크	제조업	경북 김천시	PVC 리브파이프
	(주)대경산업	제조업	경북 문경시	PE 다층 SF관, PE이중벽하수관, PE수도관외
	주식회사파팩트	제조업	경북 영주시	PE맨홀, PVC오수받이, PE오수받이
	(주)삼성산업봉양공장	제조업	경북 의성군	콘크리트
	일영인더스트리(주)	제조업	광주 광산구	상하수도기자재
대구 (5)	청호환경개발(주)	전문건설업 및 기타	광주 북구	철근 콘크리트 공사, 상하수도 설비공사
	(주)문창	제조업	대구 달서구	스텐, PDF, SMC, 물탱크 등
	태화금속	제조업	대구 달성군	수도계량기보호통 게이트밸브
	중앙산업(주)	전문건설업 및 기타	대구 동구	상하수도설비공사, 토공사, 철근콘크리트공사, 기계설비공사, CCTV촬영조사
	영남주물공업(주)	제조업	대구 북구	덕타일주철관, 시멘트모르타르라이닝, 이형관
대전 (7)	(주)구마건설	전문건설업 및 기타	대구 서구	-
	(주)삼진정밀	제조업	대전 대덕구	상하수도용 소프트실 제수밸브, 새들분수전, 소화전, 삼중편심 버터플라이밸브, 공기변소화전
	부경엔지니어링(주)	엔지니어링	대전 대덕구	-
	(주)협신기업	제조업	대전 서구	PE우오수분리벽(PE하수구용 오수차단블록)
	SIB(주)	제조업	대전 유성구	수질정화장치, 오폐수처리장비

〈표 계속〉 상하수도협회 회원업체 명단

지역 구분	업체명	구분	지역	주요 취급품명
대전 (7)	(유)태양건설	전문건설업 및 기타	대전 유성구	상하수도
	(주)아름다운 세상	제조업	대전 유성구	정수장비세트, 생태블록, 환경블록, 오수관
	(주)휴마스	제조업	대전 유성구	수질분석KIT, 종합수질분석기, 침적형탁도센서, 먹는 물분석기, 잔류염소연속자동분석기, N/P자동분석기총대장균군/대장균분석KIT 등
부산 (9)	한국산업	제조업	부산 강서구	-
	(주)바람	제조업	부산 강서구	비람 밸브, 피스텍 밸브
	(주)서용엔지니어링	제조업	부산 강서구	국산누수탐사장비생산
	(주)신진수도	전문건설업 및 기타	부산 남구	상수도밸브
	(주)일성엔지니어링	전문건설업 및 기타	부산 동래구	토공사업, 토목공사업, 상하수도 공사업
	(주)동인	제조업	부산 북구	밸브, 수문
	주식회사 생	제조업	부산 사상구	섬유사여과기
	한국주철관공업(주)	제조업	부산 사하구	주철관, 강관
	(주)그린시티	제조업	부산 수영구	각종철계, 가로수보호덮개
울산 (2)	한미실업(주)	제조업	울산 울주군	PVC호스, PCF파이프, PCC파이프, PCH파이프, ELP지중전선관
	(주)국일INNTOT	제조업	울산 울주군	가스켓, 패킹, 커플링
인천 (15)	신한정밀(주)	제조업	인천 남구	수도미터, 가스미터
	신진정공(주)	제조업	인천 남동구	금속밸브, 소화전, 신축가동관
	(주)현대밸브	제조업	인천 남동구	버터플라이밸브, 제수밸브, 역지밸브
	(주)유천엔지니어링	제조업	인천 남동구	상하수도설비공사업, 벨트컨베이어, 모노펌프, 공해방지기(탈수기), 원심농축기, 원심탈수기, 상하수도처리기기, 고분자응집제여과포럼프, 무역(수출입업)
	(주)이엠테크	전문건설업 및 기타	인천 남동구	-
	(주)동아밸브	제조업	인천 남동구	-
	(주)동양밸브	제조업	인천 남동구	버터플라이밸브, 에어밸브, 제수밸브, 역지밸브, 콘밸브
	이큐조인트(주)	제조업	인천 남동구	배관부속, 일반배관용 스테인레스강관
	서우실업(주)	제조업	인천 남동구	탭, 밸브 및 유사장치, 이탈방지압륜
	(주)티에스	제조업	인천 남동구	노후배관갱생장비, 노후배관갱생, 자동화기계
플로우테크(주)	전문건설업 및 기타	인천 부평구	여과기장치, 수충격방지장치	

〈표 계속〉 상하수도협회 회원업체 명단

지역 구분	업체명	구분	지역	주요 취급품명
인천 (15)	창신기계제작소	제조업	인천 서구	상하수도 처리기기
	영동금속(주)	제조업	인천 서구	탭, 밸브 및 유사장치 제조업
	신우산업㈜	제조업	인천 서구	전선관, PVC 파이프, 편수칼라관, 발포 파이프, SLP 파이프 등
	부덕실업(주)	제조업	인천 서구	스냅탭, 수도용주름마디스테인리스강관
전남 (4)	(주)픽슨	제조업	전남 광양시	파형강관
	주식회사 정림	제조업	전남 순천시	스테인리스강, STS원통형저수조, STS다수격벽배수지
	(주)디에이엔지	제조업	전남 여수시	스테인레스물탱크
	대원엔지니어링컨설팅터트	엔지니어링	전남 함평군	토목, 건축설계 및 관련 서비스업
전북 (2)	(주)신흥콘크리트	제조업	전북 김제시	콘크리트 제조
	(주)삼정디씨피	제조업	전북 김제시	PE이종벽하수관, PE수도관
충남 (11)	(주)파스텍	제조업	충남 공주시	재생플라스틱성형제품
	(주)미라이후손관거	제조업	충남 금산군	플라스틱 선, 봉, 전선관, 하수관이음관, 컴파운드
	(주)한영계기	제조업	충남 금산군	정밀 계량·계측기, 수도미터기
	태성건설주식회사	종합건설업	충남 당진군	-
	에스이피엔씨(주)	제조업	충남 보령시	폴리에틸렌 피복강관(압축식, 분말용, 착식), 아스팔트 도복장강관, FBE 등
	웅진산업 주식회사	제조업	충남 천안시	-
	건설화성(주)	제조업	충남 천안시	상하수도관, 연결기관, 전선관, 광케이블 보호용관 등
	미래화학(주)	제조업	충남 천안시	폴리에틸렌파이프
	주식회사 오에치케이	제조업	충남 천안시	-
	웨스클로벌(주)	제조업	충남 천안시	계측기기
	(주)하은산업	제조업	충남 청양군	콘크리트 제품
충북 (3)	(주)대덕기술	제조업	충북 옥천군	유량계, 약품투입기, 배전반, 프로세스제어반 밸브, 교정검사
	한강산업	제조업	충북 음성군	하수관, 이중벽관, 조립식 쓰레기통
	퓨처이엔지주식회사	제조업	충북 청원군	밸브
도쿄 (1)	TAIHEIYO INDUSTRIES,PLC	제조업	TOKYO 114-0024	OEM産業-체인플라이트식 비금속 슬러지수집기 및 각종산업기계

〈표 2〉 서울시 도시공원 수경시설 종류 및 시설규모

관리청	수경시설 종류 및 시설규모(m)							급수원	
	공원명	연못	분수	비담분수	벽천	계류	습지		인공폭포
독지사업소	서울숲공원	3개(27,385)	2개(4,5)	169					청계천용수, 지하수, 상수도
	여의도공원	2개(540)							지하수
	영등포공원				1,840				지하수
	보라매공원		224		358	62			상수도, 지하수
	천호동공원	674							지하, 상수도
	시민의숲	2,600		30					지하, 상수도
남산공원 관리사업소	간테메	453							지하, 상수도
	남산공원(회현)		287						상수도,
	남산공원(장충)		842						지하철용수
	남산공원(백범)					337			상수도
	독립공원					486			상수도
	훈민정공원					308			상수도
월드컵공원 관리사업소	평화의공원								관수도, 상수도
	중앙분수		750						지하수
	백천분수				55				지하수
서울대공원 관리사업소	원형분수		28						지하수
	비담분수(장미원)			100					지하수
	살개천(장미원)						122		저수지
	틀고래 조각분수		33						상수도

〈표 계속〉 서울시 도시공원 수경시설 종류 및 시설규모

관리청	수경시설 종류 및 시설규모(m)										급수원
	공원명	연못	분수	비덕분수	벽천	계류	습지	인공폭포	비밀물이강		
서울시 시설관리공단	어린이대공원 (수경시설)					2,000					지하철용수, 상수도
	종로	미로니에공원		67							상수도
중구		인왕산(청운공원)			28.3						상수도
		서소문근린공원		20							상수도
		다산어린이공원				50					상수도
		응봉근린공원					100				지하수
용산		디동샬터					50				상수도
		효창근린공원						297			상수도
		효창근린공원									자연용출수
		한강로1어린이공원		300				392			상수도
		신용산근린공원	483.57								상수도
성동		용립토속공원		37							지하수
		왕십리문화공원		50							상수도
광진		약초원근린공원		25					960		상수도
		용마도시자연공원								4,600	지하수
동대문		장안근린공원		393							상수도
		우산각어린이공원		60							상수도
		용두희망어린이공원		60							상수도
용산		효창근린공원								297	상수도
		효창근린공원						392			자연용출수

〈표 계속〉 서울시 도시공원 수경시설 종류 및 시설규모

관리청	수경시설 종류 및 시설규모(m ²)										급수원
	공원명	연못	분수	비대분수	벽천	계류	습지	인공폭포	발물놀이장		
용산	한강로1어린이공원		300								상수도
	신용산근린공원	483.57									상수도
	용담도수공원		37								지하수
성동	왕십리문화공원		50								상수도
	약초원근린공원		25			960					상수도
광진	용마도시자연공원				4,600						지하수
	장안근린공원		393								상수도
	우산각어린이공원		60								상수도
동대문	용두회암어린이공원		60								상수도
	용마도시자연공원 (용마폭포공원)							2,400			수도
	봉화산근린공원 (봉수대공원)							224			수도
중랑	봉화산근린공원 (신내공원)										수도
	길음뉴타운1호 어린이공원								310		상수도
	솔밭근린공원	118									상수도
도봉	물방울어린이공원								38		상수도
	연신내물빛공원		205								지하철용수
서대문	독립문어린이공원								68		상수도
	은기어린이공원								28		상수도
	대현어린이공원								36.2		상수도

〈표 계속〉 서울시 도시공원 수경시설 종류 및 시설규모

관리청	수경시설 종류 및 시설규모(m ²)										급수원
	공원명	연못	분수	비덕분수	벽천	계류	습지	인공폭포	비물놀이장		
마포	상암근린공원	1,265									상수도
	마포어린이공원		112.4								상수도
	서강나루공원			43							상수도
	범섬공원				162						상수도
양천	파리공원		1,800								상수도
	오목공원		200								상수도
	푸른어린이					240					지하수
	범화공원					545					지하수
강서	구암공원	5,186									지하수
	새싹공원		25.4								지하수
	배다리공원					16					상수도
	새빛공원			50							상수도
구로	구로어린이공원		56			34.2					상수도
	애경어린이공원						52				상수도
금천	산기슭공원					60					상수도
	감로천생태공원		400								상수도
	심성산휴식공간					250					상수도
	독신동마을공원		26								상수도
영등포	영화폭포							1,620			상수도
	노량진근린공원		90					66			지하수, 상수도
동작	노량진근린공원										상수도
	노량진근린공원 (청소년수련시설)				20.25						

〈표 계속〉 서울시 도시공원 수경시설 종류 및 시설규모

관리청	수경시설 종류 및 시설규모(m ²)										급수원
	공원명	연못	분수	비딕분수	벽천	계류	습지	인공폭포	발물놀이장		
동작	노랑진근린공원 (송학대)				63						상수도
	까치산마을공원		150								상수도
	상도3동미올공원		130								상수도
관악	관악산호수공원		2,485								자연수
	낙성대공원		400								지하수
	관악산맨발공원		60								상수도
서초	서래골근린공원		186.49								상수도
	피랑새어린이공원		58.26								상수도
	한티근린공원				303						상수도
강남	청담근린공원								302		지하수
	송파나루공원 (매직아일랜드)		2개(55)								석촌호수
송파	송파나루공원(서호)		20								석촌호수
	오름근린공원	162									지하수
	인화근린공원	45									지하수
	문정근린공원								324		상수도
	한양근린공원		46								상수도
	아시아공원		66								상수도
강동	둔촌어린이공원									230	지하수
	명일근린공원	408									지하수
	셋마음근린공원		270								상수도

〈표 3〉 서울시 가로녹지대 수경시설 현황

관리청	공원명	수경시설 종류 및 시설규모(㎡)							급수원		
		연못	분수	바닥분수	벽천	계류	습지	인공폭포		물레방아	위터스크린
녹지사업소 남산공원 관리사업소	서울광장			90.25							상수
	구파발폭포							2개(22.3)			지하철용수+상수도
	월드컵경기장	2개 (800)	2개 (143.6)	400	2개 (224)	38		37개(180.4)		39.9	상수,유지용수, 하천수
서울시 시설관리공단	창계천		2개 (44+@)					2개(133.6)			유지용수
	청림도로공원		200								상수도
	백천분수				320						상수도
한강사업본부 (한강공원녹지)	청와대영민관앞		154								상수도
	세종로광장				90						상수도
	우정충국광장			132							상수도
	원남사거리			175							상수도
	세검정삼거리			300.0							상수도
중구	한국은행앞		314								상수도
	동대문운동장앞		28								상수도
	덕수궁애분수		27								상수도
용산	삼각지분수대			300							지하철용수
	원효로분수			50							지하철용수
	원효녹지대 수경시설			120							지하수+상수도
	이촌동 친수공간			130							지하수+상수도

〈표 계속〉 서울시 가로녹지대 수경시설 현황

관리청	공원명	수경시설 종류 및 시설규모(m ²)							급수원	
		연못	분수	바닥분수	벽천	계류	습지	인공폭포		물레방아
성동	군자교녹지(용답동237)		200							지하수+상수도
	능동로 길고싶은거리		8.5							상수도
	광장12차 현대아파트			18						상수도
	광나룻길 수변공원				222					상수도
광진	능동로 분수시설			144						지하철용수 상수도
	광진광장			300						상수도
	구의유수지 수변공원						128			지하수
동대문	광장빗물펌프장		2,600							지하철방류수
	군자교 녹지대							175		지하수
	사기정역마을마당				25					수도
	우림마을마당			10						수도
중랑	용기터마을마당		10							수도
	머골역분수공원		470							수도
	면목역공원				164					수도
	한신분수공원		70							수도
	중화수경공원				120					지하수
성북	월암교 로터리분수대		78.5							상수도
	중암로 물의거리 벽천				41.9					상수도
	중암로 물의거리 분수대 및 벽천		21.2		32					상수도
	고려대앞 분수대		28.3							상수도, 지하수

〈표 계속〉 서울시 가로녹지대 수경시설 현황

관리청	공원명	수경시설 종류 및 시설규모(m ²)										급수원	
		연못	분수	비단분수	벽천	계류	습지	인공폭포	물레방아	위터스크린			
강북	삼각산 분수대		654										수도
	수유동 마을공원			50									상수도
	도동산역 만남의광장				100								지하수
도봉	방학사계광장		854										지하수
	창3동 마을공원			80									상수도
	방학3동 가로공원			40									상수도
	창2동 마을공원			80									상수도
	구산동 마을공원			40.69									상수도
마포	공덕동로터리 분수대		250.0										상수도
	독마기길 길고싶은거리 분수대							108					상수도
양천	해누리분수광장 분수대			250									상수도
	미관광장 분수대		70										상수도
	개화동길		10										지하수
강서	염창동272-37 (공공공지-롯데A)		20										상수도
	염창동281-24 (광장-한화A)			10									상수도
구로	신도림역 북측광장		672										상수도
	시흥역앞		20										상수도
금천	독신본동다목적광장							82					상수도
	말뚝 마을미당							57					상수도

〈표 계속〉 서울시 가로녹지대 수경시설 현황

관리청	공원명	수경시설 종류 및 시설규모(㎡)						급수원			
		연못	분수	비덕분수	벽천	계류	습지		인공폭포	물레방아	워터스크린
영등포	여의나루역 변천				90						지하철
	노들길 분수대		70								상수도
	영등포구청영양 천수공간			79							상수도
	신길광장 천수공간 (신길5동431-28)		76								상수도
	꽃담마을마당 (당신2동4-23)	13.3		39.6							상수도
동작	사당동 천수공간						50				지하철용출수
	장승배기역 천수공간				80						지하철용출수
	송신대 걷고싶은 녹화거리천수공간				198.00						상수도
	관악로상장거리 천수공간				114						상수도
	이수교치로변 인공폭포							107			상수도
관악	노량진로변 천수공간				44						상수도
	남현동 수경시설				1,107.7						전철역지하수
	패션거리		10								상수도
서초	서초IC 분수대		300.00								지하수
	남부순환로 실개천						270				전철역지하수
강남	압구정동 분수대		177								지하수
	일원1동 생활수림대						155				전철역지하수
송파	버섯 조형분수		546								지하수
	실개천						370				지하철용출수
강동	천호동 마을마당	80									상수도, 지하수
	김고심은 거리						150				상수도
	상정가로공원		300								상수도

영문 요약 (Abstract)



The Vitalization Strategy of Water Reuse and Reclamation Industry

Yong-Mo Cho · Hyung-Ho Youn · Mi-A Nam

1. Outline

Since regional and seasonal water deficiency in urban area is prevalent, water reclamation and circulation in the region is emerging as a new alternative for the new water supply. At this present, foundation for vitalizing water reclamation industry has established owing to the development of water reclamation technology. This research is to analyze relevant businesses and their current state of affairs to vitalize water reclamation and management industry, and searching for the measure to vitalize small private industry on the basis of private investment.

2. Major research results

- 1) Current state and system of water reclamation and management industry
 - Water reclamation is recycling and purifying wastewater and rainwater, utilizing treated water into living water, industrial water, agricultural water, landscaping water, and maintaining water for river, stream, and brook.
 - According to the Seoul Business Survey Report, counted suppliers of living water and industrial water are 21, of sewage are 63, of wastewater are 3, and of waste treatment and pollution preventing facilities are 120.
 - Present condition of Wastewater Reclamation and Reusing System in Seoul at the end of 2008 is counted up to 52 mainly used for toilet water.

- Capacity for sewage treatment in the whole country is 6.6 billion ton per year, and reusing amount for treated sewage had increased 0.22 billion tons/year from 0.49 billion tons in 2006 to 0.71 billion tons in 2008 per year.
- Currently, water reclamation technology has evolved, and the membrane operation, cutting-edge technology, is commercialized. The membrane operation is easy to maintain and manage for its compactness and automatization. Contaminated water with high organic matter treatment also shows great efficacy when combining biological treatment and membrane operation.
- Relevant law of gray-water and waste water recycling is prescribed in the sewage law.

2) Analysis of future demand and capacity for water reclamation

- Demand for recycled water will soaring up comparing to the current capacity for maintaining water, gray-water, cleaning water, relieving heat-island water, tank farming water in New-Towns, park watering, and so on.

3. Policy suggestion

1) Policy implication for vitalizing water reclamation industry

(1) Ensuring industrial foundation with creating demand for additional reclamation water

- Establishing foundation for water recycling industry vitalization utilizing recycling water for the purpose of tank farming in apartment housings, landscaping water for the widen green land, and relieving water for heat island effect.

(2) Applying new technology of water reclamation such as membrane operation

- Price reduction of membrane operation filter enabled commercialization. Securability of water circulation system that purifying wastewater in buildings and discharging it directly into streams enabled establishing foundation for vitalizing private companies.

(3) Vitalization through widened incentive and regulation policy

- Creating water reclamation demand through tightening up the mandatory standards for gray water installation.
- Phasing in mandatory graywater installation in large apartments already installed tank farming facilities.
- Providing incentive in graywater installed buildings that use graywater as river maintenance and cleaning water.

(4) Nurturing into green industry for dualizing growth and employment.

- Classifying water reclamation industry into green growth industry and fostering growth and employment through establishing small and midium size water reclamation companies.

(5) Establishing cluster for water reclamation industry

- Connecting buildings, large apartments, and heat-island relieving zone into water and sewage facilities enables building large scale water reclamation industry cluster.

2) Vitalizing plan for water reclamation industry

- Establishing a foothold for creating new demand of water reclamation industry
 - In case of new buildings, heighten up the compulsory graywater standard floor area into more than 50,000m² commercial buildings.
 - In case of new buildings, compelling use of graywater for toilet.

- Expending graywater facility installation into existing building more than 50,000m² floor area.
- Obliging graywater facility installation into apartments over 500 units.
- Securing demand for new recycling water such as heat-island relieving water and tank farming water.
- Operating and managing water reclamation installations for ground fountain and large waterpark facilities.
- Phasing in mandatory water reclamation facilities in large water consuming companies such as a car wash.
- Fostering water reclamation industry as strategic industry in Seoul
 - Selecting and fostering water reclamation industry into strategic industry and offering incentives based on the 『Ordinance for fostering strategic industry and supporting companies in Seoul』
- Offering economic incentives to water reclamation facilities and companies.
 - Preparing economic incentives for reducing water and sewage cost in ratable recycling water.
- Raising 『Fund for vitalizing water reclamation facilities and companies』 allocating ratable water charge.
- Creating business model of water reclamation companies
 - In case of small business buildings, economic feasibility for graywater installation is positive when recycling capacity is more than 40m³ per day.
 - In case of existing apartments, economic feasibility is positive when offering incentives of water and sewage charge for 50% of recycling water capacity.
 - In case of new apartments, more than 500 units, expense is collectable within a year for obliging graywater installation.
 - Public support is necessary for securing recycling water users.

- Since water reclamation industry accompanies high cost of initial investment, introducing ESCO business plan should be prepared.
- Legislating the 『Law for water reclamation and management for urban water』 and the ordinance for operating graywater system and cost reducing.

〈Table 1〉 Feasibility analysis (types of buildings)

Build Type		Recycling Capacity (m ³ /day)	Utilizing Capacity	Cost-Benefit Analysis	Evaluation
A	Large Business Buildings	121	all capacity for cleaning water	facility expense collectable within 4 years	high economic feasibility in large business buildings
B	1 Apartments exempting 50% of recycling water cost	77	cleaning water in apartments	expense collectable within 16 years	low economic feasibility for low utility coast requiring cost reduction- reaching 50% of recycling water
	2 Apartments new buildings		installing pipes for toilet water a lot of demand	expense collectable within 1 years	in case of new apartments, obliging graywater installation expense is collectable within a year
C	2 Business buildings	42.8	cleaning water	expense collectable within 9 years	expense collecing period is truncated through installing graywater installation for toilet and expending capacity
D	1 Commercial buildings	27.6	cleaning water	expense collectable within 10 years	expense collecing period is truncated through installing graywater installation for toilet and expending capacity
E	2 Business buildings	58.2	all capacity for cleaning water	expense collectable within 5 years	expense collecing period is truncated through installing graywater installation for toilet and expending capacity

Table of Contents

Chapter I Outline

1. Background and Purpose
2. Scope of the Research

Chapter II Present Condition and System of Water Reclamation Industry and Management Industry

1. Definition of Water Reclamation and Management Industry
2. Present Condition and Affairs of Water Reclamation Industry
3. Technical Advancement of Water Reclamation
4. Analysis of Relevant Systems and Present Condition

Chapter III Analysis of Future Demand and Capacity for Water Reclamation

1. Maintaining Water
2. Graywater Facilities
3. Cleaning Water and Heat-island Relieving Water
4. Tank Farming Water for New Towns
5. Landscaping Water for Parks

Chapter IV Case of Domestic and Foreign Studies

1. Domestic Studies
2. Foreign Studies

Chapter V Establishing Business Model for Water Reclamation Installation

1. Selecting Targets for Water Reclamation Facilities Analysis
2. Feasibility Evaluation for Water Reclamation Facilities(Graywater)

Chapter VI Vitalizing Plan for Water Reclamation Industry

1. General Directions
2. Vitalizing Plan for Water Reclamation Industry
 - 1) Establishing Basis of Water Reclamation Companies for Creating New Demand
 - 2) Fostering Water Reclamation Industry into Strategic Industry in Seoul
 - 3) Offering Economic Incentives to Water Reclamation Installation and Companies
 - 4) Rasing 『Fund for Vitalizing Water Reclamation Facilities and Companies』 Allocating Ratable Water Charge
 - 5) Creating Business Model of Water Reclamatin Companies
 - 6) Introducing ESCO Business for Water Reclamation Companies
 - 7) Legislative Improvement Plan for Water Relcamation and Graywater

Chapter VII Conclusion and Policy Suggestions

1. Conclusion
2. Policy Suggestions

References

Appendice

시정연 2009-PR-55

물재생 및 관리산업의 활성화 방안 연구

발행인 정문건

발행일 2010년 3월 31일

발행처 서울시정개발연구원

137-071 서울특별시 서초구 서초동 391

전화 (02)2149-1234 팩스 (02)2149-1025

값 6,000원 ISBN 978-89-8052-710-6 93530

본 출판물의 판권은 서울시정개발연구원에 속합니다.