

최종보고서

환경정책연구 (환경정책)

물순환 정책을 위한 공동주택 물 재이용율
향상 방안 연구

2024. 12.

박명균

환경부지정
경기녹색환경지원센터
Gyeonggi Green Environment Center

연구결과보고서

2024년도 연구개발사업에 따라 진행되고 있는 “물순환 정책을 위한 공동주택 물 재이용율 향상 방안 연구”에 관한 연구의 최종보고서를 붙임과 같이 제출합니다.

붙임 : 최종보고서 1부. 끝.

연구기관 : 해성엔지니어링 (주)

연구책임자 : 박명균 (인)

연구기관장 : 이광희 직인

경기녹색환경지원센터장 귀하

제 출 문

경기녹색환경지원센터장 귀하

본 보고서를 “물순환 정책을 위한 공동주택 물 재이용을 향상 방안 연구”에 관한 최종보고서로 제출합니다.

연구기관명 : 해성엔지니어링 (주)

연구책임자 : 박 명 균

연구 원 : 서승원, 이설준, 은범진

요 약 문

I. 연구개요 및 필요성

- 최근 기후변화로 인한 기온과 강수의 변화는 수문시스템에 크게 영향을 미치면서 지구적 규모의 물 순환 체계에 변화를 유발하고 있음
 - 지구 온난화는 물 순환 속도에 영향을 미쳐 지역적인 극한 가뭄과 홍수를 동반하면서, 자연환경을 악화시키는 원인으로 작용함
 - 기후변화 문제는 우리나라도 예외가 아니며, 특히 우리나라의 기후변화 진행 속도는 세계 평균을 상회하는 것으로 나타나 2050년 기온은 2000년 대비 2°C 상승하는 것으로 예측됨
 - 우리나라의 2050탄소중립전략(LEDs)에서는 평균 2°C 상승 시 최대 물 부족 인구가 50% 증가한다고 예측하였고, OECD는 2050년 24개 평가 대상 국가 중 물 스트레스 지수가 가장 높은 국가가 될 것으로 전망함
- 이에 우리나라는 물 관리의 중요성이 매우 높아지고 있으며, 향후 물 부족에 대비하기 위한 물 관리 방안 마련이 필요함
 - 특히 우리나라는 기후변화에 따른 물 순환의 변화 외에도 인구의 도시 집중 현상에 따른 도시화율의 급격한 증가, 새로운 수자원 확보의 어려움 등 향후 물 관리의 중요성이 매우 높아지고 있음
- 이와 같이 향후 물 부족 문제에 대응하기 위한 유력한 방안 중 하나는 물 재이용 분야이며, 향후 중요한 물 산업 분야 중 하나로 발전해 나갈 것으로 예측됨
 - 이에 우리나라도 선제적으로 대응하기 위하여 법률을 정비하고 물 관리 정책을 만들에 시행하고 있지만, 아직까지 구체적인 성과가 미진함
 - 이는 물 재이용에 대한 시민들의 부정적인 이미지 및 협소한 법적 기준, 정책적인 배려 부족 등 물 재이용 분야를 발전·확대시키는데 한계가 있기 때문으로 사료되며, 많은 개선방안 및 노력이 필요하다고 판단됨
- 결과적으로 향후 물 부족 문제에 효과적으로 대비하고 안정적인 수자원

확보를 위해서는 물 재이용 방안에 대한 개선이 필요하고, 특히 공동주택의 물 재이용은 수요처에서 직접 공급하는 방식이므로 효율성 및 안정성 측면에서 매우 큰 장점을 가지고 있어 적극적인 활용 방안 모색이 필요함

- 본 연구에서는 공동주택을 대상으로 물 재이용에 따른 문제점 및 한계점을 분석하고, 물 재이용을 향상 방안을 마련하고자 함

II. 연구의 목적

- 본 연구의 목적은 용인시의 물 재이용율을 향상시키기 위하여 공동주택을 중심으로 정치적·법적 문제점 및 한계점을 파악하고 개선점을 도출하여 보다 효율적인 물 재이용 방안을 제시하기 위한 것임
 - 이를 위해 공동주택 내 중수도 활용에 따른 경제적 가치를 재평가하여 향후 공동주택의 중수도 활용 가능성을 높이고, 궁극적으로 안정적인 수자원 확보를 통해 용인시 물 재이용 정책의 실효성 향상과 용인 시민들의 물 복지 향상에 기여하기 위함
- 이를 위해 본 연구에서는 공동주택의 물 사용, 물이용 형태, 수질 특성, 물 재이용 방안 등을 연구하고, 그에 따른 결과를 토대로 공동주택 물 재이용을 향상 방안을 제시하고자 함

III. 연구의 목표 및 내용

- 공동주택 내 중수도시설을 통한 물 재이용의 타당성을 확보하고, 정책에 반영할 수 있도록 함으로써 용인시 물 재이용 정책의 실효성 향상
 - 공동주택의 물 재이용에 따른 문제점 및 한계점을 분석하고 물 재이용을 향상을 위한 방안 및 개선안 제시
 - 기존 국내의 물 재이용 관련 법률 및 조례 등을 분석하고 공동주택 내 중수도 시설을 통한 물 재이용 활성화 정책안 제시
 - 공동주택 내 중수도 물 재이용에 따른 편익비 및 경제성 분석을 통해 중수도 시설의 활용성 강화

- 공동주택 내 중수도 시설을 활용한 물 재이용 시스템 제시를 통해 용인시 물 재이용 정책추진 기반 제공
 - 공동주택 내 물 재이용을 활성화하고 동시에 수질 안전성을 확보할 수 있도록 중수도 처리시스템 제시
- 본 연구의 세부적인 내용은 다음과 같음
 - 현행 국내·외 물 관리 및 재이용 관련 정책 자료 검색 및 분석
 - 물 재이용 관련 자료 및 통계 검색 및 조사
 - 공동주택 물 재이용 활성화를 위한 기반 자료 검토 및 분석
 - 공동주택의 중수도 활용을 위한 수질분석
 - 적용가능한 물 순환 시스템 및 적정 수질 개선시스템 검토
 - 용인시 물 관리 정책 분석을 통한 개선점 및 정책안 제시

IV. 연구결과

1. 국내외 물 재이용 관련 정책

가. 국내 물 관리 정책

- 2000년부터 우리나라 수자원 정책은 공급 위주에서 수요 중심으로 전환하면서 물 절약 종합대책을 수립하였고, 2001년에 수도 개정을 통해 일정 규모 이상 시설물의 빗물 및 중수도 시설 의무제도 도입
 - 적용 기준은 운동장 및 체육관으로 지붕 면적 2,400 m² 이상, 관람석 수 1,400석 이상임
- 2005년에는 “하수처리수 재이용 수질권고 기준”을 설정하여 6개 용도별 권고 기준 제시
 - 청소용수, 조경용수, 유지용수, 친수용수, 농업용수, 공업용수로 구분
- 2007년 환경부는 효과적인 빗물 관리 및 하수처리수 재이용을 위한 물 순환 기본계획 발표
 - 여기에서 환경부는 2016년까지 12.4억 m³의 하수처리수 재이용 목표를

- 제시하였고, 하수처리수 재이용을 “제3의 물산업” 으로 육성 계획 발표
- 2010년에는 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률” 이 제정 공포되어, 물 재이용 관련 법을 일원화하고 재이용 공급량을 기존 5%에서 10%로 확대
 - 2011년에는 “물 재이용 기본계획” 을 수립하였고, 물 재이용시설 설치·관리 통합 가이드북 마련
 - 2013년에는 “물 재이용 설계 및 유지관리 가이드라인” 을 마련함
 - 또한 2014년에는 “물 재이용 운영·관리 업무지침” 마련
 - 2015년에 통합 수질관리기준을 마련하였고, 2018년에는 수도정비기본계획 수립 지침 개정을 통해 물 부족 지역 공급계획 수립 시 신규 상수도 개발에 우선하여 하폐수 처리수 공급 방안 검토 의무화
 - 2018년 6월에 지속가능한 물 순환 체계구축 및 국민 삶의 질 향상 목표로 “물 관리 기본법” 제정
 - 국가 물 관리 기본계획, 유역 물 관리 종합계획을 통해 국가 물 관리 정책을 총괄하고 통합 물 관리 체계를 정착하고자 함
 - 2021년에는 “제2차 물 재이용 관리계획” 수립 발표 및 2022년에 “물 재이용 시설 설계 가이드라인 및 운영·관리 업무지침” 개정

나. 해외 물 관리 정책

- 세계 각국은 향후 물 부족에 대비한 수자원 확보에 관심을 보이고 있으며, 하·폐수 재이용은 역사에 비해 이용이 보편화되지 않은 중요한 잠재 수자원임
- 과거에는 직접적인 재이용 양이 매우 적었지만, 최근 재이용수의 다양한 장점으로 인해 산업 및 농업용수 등 다양한 용도로 활용하는 사례 증가
 - 재이용수 이용 증가 원인은 수질관리의 기술적 발전 및 담수화 등 대체 수자원보다 투자비용이 저렴하고 에너지를 절감할 수 있는 장점 때문임
 - IFC(International Finance Corporation)에 따르면 하·폐수 처리수의 재이용수 생산 비용은 m^3 당 0.32달러, 광역상수도 0.45달러, 담수화 0.50달러 이상으로 추정
- 이와 같은 이유로 많은 국가에서 물 재이용 기술에 관심을 가지고 기술개발 및 적용 방안 등을 위해 노력하고 있음

- 세계 지역별 총 도시의 하수처리수 재생설비는 약 3,000여개 이상이며, 일본 1,800개 이상, 북미(835), 오세아니아(456), 유럽(234) 순으로 나타남
- 라틴 아메리카 지역은 주로 농경지의 관개용수로 재이용수를 이용하는 경우가 많고, 도시하수 처리설비의 80% 이상이 이차처리 공정 사용
- 중동 및 지중해 지역에서는 50% 이상 설비가 이차처리 기술이며, 걸프지역 국가들은 관개나 지하수 충전 등을 위해 고도하수처리기술 사용
- 유럽, 오세아니아와 북미 지역은 농경의 관개, 지하수 충전, 환경 및 친수용수 관련 도시 용수 재이용 등을 위해 3차 처리공정 적용
- 유럽연합을 비롯한 각국은 자국의 안전한 물 재이용을 위해 기준 시행
 - 유럽에서는 식수와 같은 수준의 수질을 생산하기 위한 다층개념 (multi-barrier concepts) 공정 적용

2 용인시 중수도 활용 정책 분석

- 용인시 중수도 정책의 기반이 되는 조례안을 보면, 경기도 및 각 시군의 중수도 설치 기준과 비교해 볼 때 범위가 협소하고 명시적이지 않음
 - 고양시, 과천시 및 광명시, 구리시, 김포시, 부천시, 시흥시 등의 조례를 보면, 중수도의 경우 연면적 6만제곱미터 이상 시설 외에도 별도의 적용 기준을 두고 권장 내용이 포함되어 있음
 - 경기도 “물의 재이용 촉진 및 지원” 조례만 보더라도, 제4조(중수도의 설치·관리)에서 연면적 3만제곱미터 이상이 시설물에 대하여 중수도의 설치 및 운영을 권장할 수 있도록 하고 있음
- 용인시는 물 재이용 정책을 진단, 평가하고 변화된 사회 여건 및 전망 등을 반영하여 용인시 물 재이용 활성화를 위한 구체적이고 실질적인 행동 방향과 방침 확보를 목적으로 “용인시 물 재이용 관리계획” 수립
 - 계획상 중수도 이용 수량은 상대적으로 적지않지만 증가율로 볼 때 가장 낮은 약 1.2배로, 빗물이용시설 약 2배, 하수처리수 재이용 1.8배 보다 낮음
 - 이와 같이 중수도의 물 재이용 목표가 낮은 것은 적용 대상 사업장이 적기 때문으로 사료됨

- 계획상에서 중수도 시설은 개발사업 및 업무시설에 한정되어 있으며, 공동주택은 포함되어 있지 않았음
 - 이는 공동주택이 중수도 재이용 시설의 의무시설 범위에 포함되지 않았고, 경제성에 기반한 중수도 시설의 비용 편익이 낮아 설치 유인 요소가 적기 때문에 사료됨
- 하지만 용인시 물 재이용율의 획기적인 증가를 위해서는 용수 사용량이 가장 많은 가정용 공동주택에 대한 물 재이용 방안이 가장 효과적임
- 공공주택 중수도 활용은 발생처에서 직접 활용하므로 취수 및 공급이 안정적이며, 근접거리에 있어 에너지 사용 저감효과가 있고, 발생처와 이용처가 같으므로 관리 소재가 명확함
 - 또한, 수처리시스템을 원수에 맞추어 유용하고 컴팩트한 시스템 개발이 가능하고, 화장실 세정수 및 청소 용수 등 수요처가 충분하기 때문임

3. 중수도 처리시설의 원수 및 처리수의 수질평가 결과

- 현재 용인시에서 운영되고 있는 중수도 시설을 대상으로 공동주택 적용 가능성을 검토하기 위하여 유입원수 및 처리수의 수질분석을 실시하였음
- 조사대상지는 총 6개소이며, 해당 시설에 대한 내용을 정리하여 다음의 표에 제시하였음

시설명	주소	건물 용도	설치 위치	중수도 이용수량
용인 평생학습관	경기도 용인시 수지구 문정로	운동 및 학습시설	지하2층 기계실	35 m ³ /일
아르피아	용인시 수지구 포은대로	체육시설	옥외	35 m ³ /일
용인시 실내체육관	용인시 처인구 경안천로	운동시설	지하 기계실	15 m ³ /일
용인 시민체육센터	용인시 포곡읍 금어리	운동시설	지하 기계식	20 m ³ /일
포곡읍 주민자치센터	용인시 처인구 포곡읍 포곡로	업무시설	옥외	20 m ³ /일
수원 HPS 아파트	수원시 팔달구 효원로	대규모 아파트	지하 2층	15 m ³ /일

- 중수도 처리시스템은 모두 스크린 - 유량조정조 - 막분리호기조 - 접촉산화반응조 - 저류조(재이용 공급수)로 구성되어 있었음
- 중수도의 원수는 대부분 샤워 및 세면용수이며, 일부 혼합배수가 포함되어 있었고, 처리된 중수도는 청소 및 화장실, 조경용수 등으로 사용되었음
- 수질분석 항목은 중수도 용도별 수질기준을 참고하여 탁도, pH(수소이온 농도), BOD(생물화학적 산소요구량), 총대장균군수 4항목을 우선 선정하였고, 수온, 전기전도도(EC), DO, SS, TOC, T-N, T-P 6개 항목을 추가하였음
- 수질분석 결과, 탁도는 원수 범위가 4.9 ~ 58.9 NTU, 처리수는 1 ~ 3.9 NTU로 나타났으며, 평균 86.2%의 높은 처리효율을 보였음
- pH는 용인 평생학습관의 유입수가 10.5로 나타난 것 이외에는 모두 7.1 ~ 8.1으로 정상적인 범주로 나타남
- BOD 농도는 유입수유입이 8.6 ~ 13.0 mg/L의 범위에 평균 10.6 mg/L 였으며, 처리수는 1.7 ~ 4.1 mg/L의 범위에 평균 3.1 mg/L로 조사되어 평균 72.4%의 처리효율을 보였음
- 총대장균군수는 유입수의 경우 용인 시민체육센터 900개/100mL, 포곡읍 주민복지센터 1,200개/100mL, HPS 아파트 800개/100mL이었고, 처리수는 모두 불검출인 것으로 조사됨
- DO는 유입수 농도가 1.7 ~ 3.6 mg/L의 범위인 반면, 처리수는 모두 7 mg/L 이상을 보여 처리과정에서 DO 농도가 상승한 것으로 조사됨
- 또한 T-N은 평균 45.4%, T-P는 평균 77.7%의 처리효율을 보여 T-P의 처리효율이 상대적으로 높았음
- 본 결과에서 중수도 시설 중 용인 실내체육관 처리수의 탁도가 재이용수 용도별 수질기준 2 NTU를 초과한 것 외에는 모두 수질기준을 준수한 것으로 조사됨

4. 공동주택 내 중수도 활용성 평가

가. 중수도 원수 확보 및 재이용수 공급용도 검토

- 공동주택에서 발생하는 하수는 오수와 잡배수, 혼합배수로 구분되며,

중수도로 이용 가능한 물은 잡배수 및 혼합배수임

- 잡배수는 세면배수, 목욕배수, 혼합배수는 세탁수를 포함하며, 기타 화장실배수나 주방배수는 오수로 구분할 수 있음
- 결과적으로 공동주택 중수도 공급 원수는 저농도로 수질이 양호하고 수량이 충분한 목욕 및 세면 배수를 최우선으로 하고, 중수도 원수 수량 확보 차원에서 세탁수 등을 선택할 수 있음
- 또한 중수도 사용처는 이용 목적에 맞도록 수질적 문제 발생 요소가 적고, 충분히 수요 수량이 많으며, 인체에 직접 접촉하지 않는 화장실 세정용수 또는 청소용수 등으로 활용이 가능함
- 중수도의 원수 공급량은 공동주택 내 생활 과정에서 사용되는 상수량을 기반으로, 용도별 이용량 및 비율이 중요한 근거가 됨
 - 수자원공사 및 토목학회, 환경부 등에서 제시한 이용 목적에 따른 가정용수 사용비율은 화장실 16 ~ 27%, 싱크대(주방) 19 ~ 20%, 세탁 20 ~ 24%, 목욕 10 ~ 20%, 세면 10 ~ 12%, 기타 4 ~ 9%의 범위로 조사됨
 - 또한 2022년 수자원공사 자료에 따르면, 용인시 가정의 평균 상수사용량은 284.5 L/인/일로 조사되었음

나. 중수도 수처리시스템 검토

- 중수도 수처리시스템은 유입수 성상에 따라 수질안전성을 확실히 담보할 수 있도록 구성되어야 하며, 또한 경제적 편익성도 고려되어야 함
 - 환경부(2013)는 중수도 처리를 위한 단독처리공정은 존재할 수 없고, 중수도 사용용도, 원수 수질 및 수량 등을 고려하여 합리적인 처리공정을 선정하도록 권고함
 - 결과적으로 중수도 활용을 위한 처리공정은 유입되는 오염물질의 종류 및 중수도 용도, 처리용량 및 비용 등을 모두 고려하여 다양한 공법을 조합하고 최적의 연계 공정을 만들어 처리하는 것이 중요함
 - 예를 들면, 입자성 물질은 주로 응집침전 및 부상공법, 여과공법 등이 활용되고, 용해성 물질은 오염물질의 특성에 따라 생물학적, 화학적, 물리적 처리공법을 적절하게 연계하여 처리하며, 최종적으로 활성탄

공법 및 오존산화 등과 같은 고도산화공법이 주로 활용함

- 하지만 실질적으로 현장에서는 보다 다양한 변수가 존재하기 때문에 현장 여건을 고려하여 공정설계를 하는 것이 바람직함
 - 단, 생활용수의 용도별 원수 조건은 큰 변동성이 없을 것으로 판단되므로 유입 원수의 용도별 수질적 특성을 감안하여 표준공정을 검토하였음
 - 표준공정 검토 시 고려할 점으로는 처리효율이 충분하고 안정적인 것, 시설관리가 용이하고 조작성이 간단할 것, 비용이 합리적이고 경제적인 것으로 판단되어 이를 고려하였음
 - 본 연구에서는 유입수가 세면배수 및 목욕배수에 한정되는 경우의 잡배수와 세탁용수가 포함되는 혼합배수로 분류하였으며, 화장실 및 주방배수는 오수로서 배제하였음
 - 비교적 수질이 양호한 잡배수는 표준공정-L로 하였으며, 공정은 유입 → 스크린 → 유량조정조 → 여과설비 → 오존산화 → 재이용수 공급으로 설정하였음
 - 또한 혼합배수는 보다 높은 처리가 필요하므로 표준공정-M으로 하여, 유입 → 스크린 → 유량조정조 → 분리막(생물산화) → 오존산화 → 재이용수 공급으로 설정하였음

다. 중수도의 경제성 분석

- 공동주택에 중수도를 보급하기 위해서는 수질적 안전성과 시설의 유지관리 용이성, 경제적 편익성이 중요한 요소이며, 특히 경제적인 부분은 시설 투자에 있어서 가장 보편적인 평가 항목임
 - 중수도의 편익성은 중수도 도입에 따른 시설 설치 및 운영, 유지관리에 소요되는 비용과 시설의 설치 및 운영 과정에서 얻게 되는 편익적 가치를 비교하여 평가함
- 시설비는 먼저 기계설비, 전기/제어, 배관비용으로 구분됨
 - 시설비용은 시설의 구성 및 규모 등에 따라 비용 차가 크고, 시설을 설치하는 공정에 따라 다양한 변수가 존재하므로 앞에서 제시한 표준공정-M을 기준으로 하였음

- 표준공정-M만을 산정한 이유는 중수도 활용성을 높이기 위해서는 혼합배수까지 포함하는 것이 바람직할 것으로 판단되었기 때문임
- 또한 공용주택 중 용인시에서 가장 많은 비율을 차지하고 있는 아파트를 대상으로 세대수에 따른 시설비용을 산정하였음
- 시설비 산정은 표준공정-M 적용 시 용량별 설계가를 기준으로 상관식을 이용하여 100세대, 200세대, 300세대, 500세대, 700세대, 1,000세대로 구분하여 제시하였음
 - o 세대 당 구성원수는 경기도 자료를 활용하여 2.4명으로 하였고, 중수도 이용량은 혼합배수 발생비율 36%를 적용하였음
- 그에 따른 시설비 산정액은 다음과 같고, 세대수가 증가할수록 시설비는 감소하는 것으로 나타남

세대수	100	200	300	500	700	1,000
시설용량 (m ³ /day)	24.6	49.2	73.7	122.9	172.1	245.8
총시설비 (백만원)	448.3	653.4	869.9	1,335.8	1,848.2	2,702.0

- 시설의 유지관리비는 전력비, 약품비, 대수선비 등으로 구분되고, 대수선비는 기계 및 전기계측제어 설치비 및 교체비임
- 본 연구에서는 기존 중수도 시설에 적용되고 있는 유지관리비를 기준으로 단가를 산정하였으며, 시설의 이용연한을 고려하여 5년부터 20년까지 5년 단위로 산정한 결과를 제시하였음
 - 일반적으로 상수도시설은 30년, 하수도 시설은 20년을 시설연한으로 보기 때문에 본 시설도 20년을 가정하는 것이 타당할 것으로 판단됨

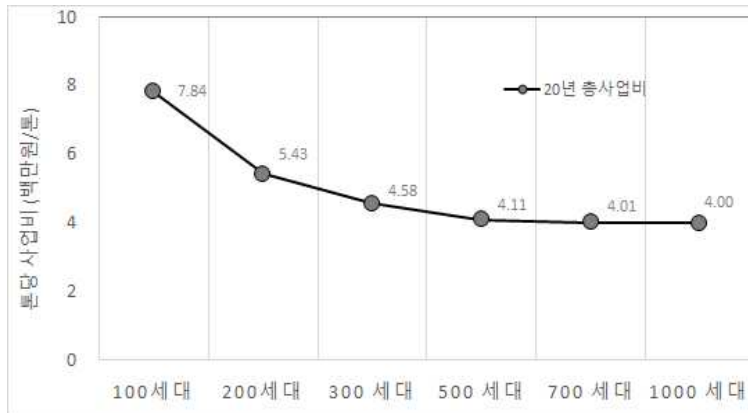
세대수	100	200	300	500	700	1,000
5년 (백만원)	84	108	126	180	240	324
10년 (백만원)	168	216	252	360	480	648
15년 (백만원)	252	324	378	540	720	972
20년 (백만원)	336	432	504	720	960	1,296

- 이에 따른 총사업비(시설비+유지관리비)는 다음과 같이 산정되었음

세대수	100	200	300	500	700	1,000
5년 (백만원)	532	761	996	1,516	2,088	3,026
10년 (백만원)	616	869	1,122	1,696	2,328	3,350
15년 (백만원)	700	977	1,248	1,876	2,568	3,674
20년 (백만원)	784	1,085	1,374	2,056	2,808	3,998

○ 이에 따른 시설용량별 세대수에 따른 톤당 총사업비 추이는 아래의 그림과 같음

- 결과적으로 세대수 규모가 커질수록 톤당 사업비는 감소하는 것으로 나타났으며, 700세대 이상에서는 큰 차이가 나지 않는 것으로 조사됨



□ 중수도 사용에 따른 편익은 크게 사적 편익과 사회적 편익으로 구분되며, 사적 편익은 상하수도 비용 절감 및 환경부담금 경감임

○ 사적 편익은 상하수도 이용료 및 환경부담금 등이며, 현재의 요금체계를 반영할 경우 세대당 13,024원의 편익비가 발생하는 것으로 산정됨

- 상수도 사용료 = 상수도 구경별 정액요금 + 상수도 사용량 × 상수도 사용료 효율 + 물이용 부담금
- 하수도 사용료 = 하수도 배출량 × 하수도 사용료 효율
- 단 용인시의 경우 중수도 사용시 하수도 감면혜택이 있어 이도 산정시 고려하여 산정하였음(65%)

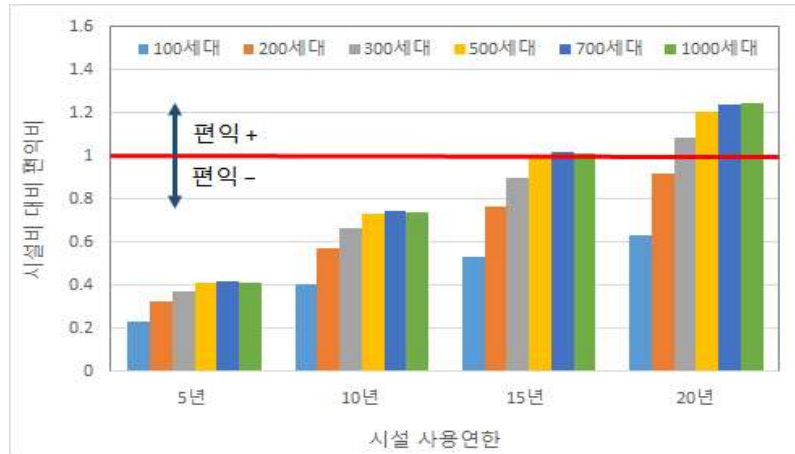
○ 이에 따른 중수도 사용에 따른 세대수별, 경과연도별 사적 편익비 총계는 다음의 표와 같음

구분	5년 (원)	10년 (원)	15년 (원)	20년 (원)
100세대	78,144,000	156,288,000	234,432,000	312,576,000
200세대	156,288,000	312,576,000	468,864,000	625,152,000
300세대	234,432,000	468,864,000	703,296,000	937,728,000
500세대	390,720,000	781,440,000	1,172,160,000	1,562,880,000
700세대	547,008,000	1,094,016,000	1,641,024,000	2,188,032,000
1,000세대	781,440,000	1,562,880,000	2,344,320,000	3,125,760,000

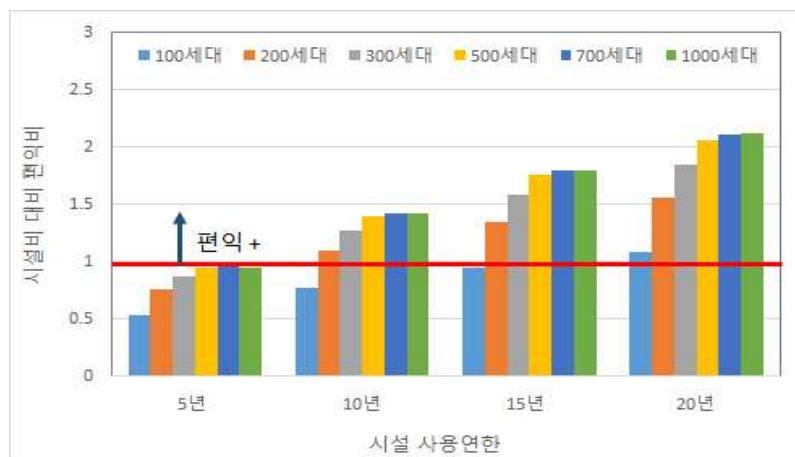
○ 이와 같은 결과를 토대로 시설연한에 따른 총사업비 대비 사적편익의 비율을 산정한 결과는 아래의 그림과 같음



- 위의 그래프에서 1이 나와야 편익이 발생하는 것으로 현재의 요금체계에서는 사적편익이 발생하지 않는 것으로 나타남
- 하지만 최근 용인시는 상하수도 요금이 낮아 누적적자가 지속되어 향후 5년간 단계적으로 요금을 인상하고 누진제에서 단일요금제로 전환하는 방안을 발표하였음
 - 이에 따른 요금은 상수도 520원/톤, 하수도 950원/톤이며, 이를 토대로 상하수도 요금에 따른 편익을 계산하여 아래의 표에 제시하였음
 - 이러한 경우 사용연한 15년에서는 500세대 이상, 20년의 경우 300세대 이상에서 사적편익이 발생하는 것을 알 수 있음



- 또한 사회적 편익비는 상수도 생산원가 절감과 하수의 처리비용 절감, 하수도 시설비 절감 등이 있음
- 이외에도 댐 등 물 공급시설의 증설 불필요, 오염부하량 감소에 따른 하수처리시설 운전효율화 및 수질개선효과, 지역주민들의 생활환경 개선에 따른 삶의 질 향상, 물 생산과정에서의 에너지 사용 저감효과 등 다양한 사회적 편익이 발생함
- 하지만 항목에 따라서 비용 산정이 너무 추상적이거나 어려운 경우가 많아, 본 연구에서는 우선적으로 상수도 생산원가 절감 및 하수처리비용 및 시설비 감소 효과에 따른 사회적 편익만을 산정하여 제시하였음
- 그에 따른 사업비 대비 편익 총액 비율을 산정한 결과는 다음의 그림과 같음



- 결과적으로 시설연한을 10년으로 하여도 200세대 이상에서 편익이 발생하는 것을 알 수 있음
- 중수도시설을 이용한 물 재이용은 사회적인 관점에서 물이용의 효율화, 에너지 절감 등의 효과가 있고, 사회적 편익이 발생된다는 점에서 향후 적극적인 적용을 검토하는 것이 바람직할 것으로 판단됨

V. 연구결과의 기대효과 및 활용계획

1. 기대효과

가. 기술적 측면

- 국내외 물 재이용 기술자료 확보 및 비교·검토를 통해 용인시에 적합한 공동주택 물 재이용 적용 기술 확보
- 용인시 및 국내 공동주택에 적합한 물 재이용 시스템 기술개발 확대 및 그에 따른 물산업 시장 활성화
 - 물 재이용과 관련된 새로운 시장 개척으로 인한 물 산업시장 확대 및 활성화에 따른 다양한 기술적 파급효과

나. 사회·경제적 측면

- 효율적인 처리기술 개발 및 보급, 홍보 등을 통해 물 재이용수 수질에 대한 시민들의 불안감 해소 및 이에 따른 물 재이용율 제고
 - 물 재이용율 확대에 따른 물관리 계획의 효율화 및 그에 따른 사회적 비용 감소 효과
 - 상수도 및 하수도 시설의 효율화 및 편익성에 따른 사회적 비용 절감
- 공급처와 수요처의 일원화에 따른 처리용수의 이송 비용 및 에너지 저감 효과

다. 정책적 측면

- 공동주택을 대상으로 중수도 활용 정책을 시행하고 장려함으로써 물 재이용

정책의 실효성을 담보하고, 물 재이용을 향상

- 현재 가장 용수 사용량이 많은 가정용수를 중수도로 활용하는 방안 및 정책 강구를 통해 획기적인 용인시 재이용을 향상 효과
- 선도적인 물 재이용 정책 채택에 따른 국가 물 관리 정책에 대한 효율적인 대응 및 효과적인 적용 체계구축

2. 활용방안

- 본 연구는 정책연구로서 공동주택의 중수도 활용방안 연구를 통해 물 재이용율을 높일 수 있는 정책적 수단을 제공하기 위한 것으로, 이를 통해 각 지자체 및 국가의 물 재이용 정책에도 파급효과를 가져올 수 있도록 활용
 - 또한 이를 기반으로 물산업 활성화 및 중수도 관련 업체의 기술 고도화를 유도하고, 용인시의 물순환 및 물 재이용 정책을 통해 용인시의 친환경적 이미지 향상에 활용
- 향후 공공주택 또는 민간주택단지의 200~300세대 규모에서 실제 중수도 시설에 대한 세부적인 정량적 평가를 위한 시범사업이 필요하며, 이 결과를 이용 신도시의 신규 주택단지나 재건축 단지의 중수도 시설 세부사업계획 시 참고자료로 활용이 가능

3. 정책 제언

- 앞서 본 연구에서 조사한 바와 용인시의 중수도 재이용 정책은 재이용수 확보가 용이한 빗물이용 및 공공처리시설에 주로 국한되어 있어 물 재이용수량을 획기적으로 높이는데 한계가 있음
 - 특히 이들 용수는 대부분 장내용수 또는 하천유지용수로 활용되는 경우가 많아 정책적 실효성을 담보하는데 한계가 있는 것으로 판단됨
 - 현재 가장 많은 물이 소비되고 있는 공동주택을 대상으로 재이용수를 활용한다면 물 재이용 정책의 실효성을 크게 높일 수 있을뿐더러

- 경제성도 확보할 수 있어 보다 효과적인 방안으로 판단됨
- 따라서 공동주택의 물 재이용을 장려할 필요가 있다고 판단되어 다음과 같은 정책이 필요할 것으로 판단됨
 - 공동주택에 대한 물 재이용을 적극 장려할 수 있도록 용인시 조례에 조문을 삽입 또는 강화하는 것이 바람직함
 - 조례에 공동주택에 대한 중수도시설 설치 관련 조문을 삽입함으로써 공동주택의 신축 또는 재건축 시 중수도시설 설치를 우선적으로 고려할 수 있도록 해야 함
 - 이때 사적 편익만을 고려한다면, 향후 상하수도 인상을 반영하여 300세대 이상으로 할 수 있을 것으로 사료됨
 - 또한 사회적 편익까지 고려할 경우에는 시설연한 20년으로 할 경우 100세대 이상, 시설연한 15년으로 할 경우 200세대 이상도 가능할 것으로 사료됨
 - 결과적으로 공공주택의 경우 100세대 이상의 신축 및 재건축 시 사적편익과 사회적 편익비가 모두 고려되어 소규모 중수도 시설의 설치 보급이 용이할 것으로 판단되며, 시 전체의 사업에서 추진한다면 물 수급계획에 매우 큰 효과를 볼 수 있을 것으로 사료됨
 - 사회적 편익은 장기적인 관점에서 용인시 전체 사회에 이익이 환원되는 성격을 가지고 있으므로 중수도 활용을 장려하기 위한 다양한 정책적 지원방안도 같이 고려된다면 상호 호혜적 관점에서 효과가 더 높아질 것으로 사료됨
 - 예를 들어 공공주택에 중수도를 설치할 경우, 사회적 편익 산출을 토대로 20%~50% 정도를 지원할 수 있도록 정책적인 배려 방안을 고려하는 것임
 - 구체적으로는 건설사나 시행사에게 사회적 편익 비용만큼의 인센티브로 용적율을 더 주거나, 개발에 따른 개발부담금을 줄여주는 제도적인 지원책도 고려해 볼 수 있음
 - 국토교통부의 녹색건축물조성지원법상(2017.1.20.시행)의 녹색 건축 인증기준 대상인 연면적 3,000 m²인 공공주택의 경우 중수도시설 배점이 1점으로, 물 재이용율이 낮고 지속성이 낮은 빗물시설의 배점 4점 보다 낮게 되어있어

공동주택 물 재이용을 향상에 어려움이 있음

- 중수도시설의 확대와 물 재이용율을 높이기 위해서는 중수도시설 배점을 빗물이용보다 상향 조정하는 정책이 필요하리라 판단됨
- 중수도 관련법은 30년 전 수도법에서 시작하여 현재의 물 재이용법까지 이어져오고 있어 과거의 의무설치 시설기준에 대한 확대 개정안이 필요함
 - 그럼으로써 도심지 내에서 대체수자원을 개발하여 향후 물 부족으로 인한 비상사태에 대비할 수 있도록 해야 함
 - 또한 세계적인 물 기업이 국내시장의 발전으로 탄생될 수 있도록 제도적 보완이 필요하다고 사료됨
- 아직까지 일반 시민들은 중수도시설 이용에 대한 수질적 불신 및 막연한 거부감이 존재하고 있어 이를 해소하기 위한 홍보 및 교육 프로그램 등을 마련하고, 물 재이용 정책에 적극 참여할 수 있는 정책적 배려 필요
 - 용인시 내 홍보관 등을 통해 중수도 이용의 필요성 및 수질적 안전성 등을 중심으로 적극 홍보함으로써 용인시의 물 재이용 정책에 적극 참여할 수 있는 사회적 분위기 조성
 - 특히 중수도 사용 시 환경 및 탄소발생량 저감에 기여한다는 점을 인식할 수 있도록 홍보 활동 강화

목 차

제 1장 연구 개요

제 1 절 연구의 배경 및 목적	1
1. 연구의 배경 및 필요성	1
2. 연구의 목적	7
제 2절 연구의 내용 및 방법	8
1. 연구개발 목표	8
2. 연구의 내용	8
3. 연구 추진전략 및 방법	10

제 2장 국내외 물 관련 정책

제 1절 국내 물 관련 정책	12
1. 국내 물 관리 정책	12
2. 국내 물의 재이용 관련법 및 기본계획 검토	20
제 2절 해외 물 재이용 정책	29
1. 해외 물 재이용 현황	29
2. 각 나라별 물 재이용 정책	33

목 차

제 3절 용인시 물 재이용 현황 및 정책 분석	43
1. 용인시 상수도 및 주택 현황	43
2. 용인시 물 재이용 관련 계획	51
3. 용인시 물 재이용 관련 정책	60
4. 중수도 관련 정책 분석	70
제 4절 물 재이용 사례	80
1. 용인 에버랜드	80
2. 인천 국제공항	83
3. 롯데월드	88
4. 서울대학교	89
5. 강남대학교	91
6. 수원시청	91
7. 용인시청	93

제 3장 공동주택 물 재이용 활성화 방안

제 1절 중수도 관련 수질분석 결과	94
1. 수질조사 및 분석항목	94
2. 수질조사 대상지 및 평가방법	96
3. 각 중수도시설 적용 사업장별 수질분석 결과	98
제 2절 공동주택 중수도 활성화 방안	117
1. 공동주택 중수도 활용을 위한 검토 사항	117
2. 중수도 처리시스템 검토	126
3. 중수도 시설 검토 시 경제성 분석	136

목 차

제 4장 결론 및 기대효과

제 1절 연구결과	164
1. 용인시 공동주택의 중수도 활용 정책	164
2. 중수도 처리시설의 원수 및 처리수의 수질평가 결과	165
3. 공동주택 내 중수도 활용성 평가	166
제 2절 기대효과 및 활용방안	170
1. 기대효과	170
2. 활용방안	172
3. 정책제언	172

표 목차

[표 1] 하천 취수율에 따른 물 스트레스 구분	3
[표 2] 우리나라 연도별 도시 인구 변화 및 인구비율 변화	4
[표 3] 연구 목표 및 내용	10
[표 4] 하수처리수 재이용수 수질기준	18
[표 5] 물 관련 정책 과정	19
[표 6] 빗물이용시설의 시기별 적용 대상	22
[표 7] 중수도의 시기별 적용대상	23
[표 8] 하수처리장 시설 인가 시기별 법적의무 대상	23
[표 9] 제1차 물 재이용 기본계획 단계별 물 재이용 목표	25
[표 10] 1차 및 2차 물 재이용 기본계획 비교	27
[표 11] 2021년 물 재이용 실적	29
[표 12] 물 산업 분야별 시장의 성장 규모	30
[표 13] 해외 주요 국가의 물 관련 부서 및 주요 업무 내용	32
[표 14] 용인시 상수도 보급현황	43
[표 15] 용인시 연도별 상수도 용수 사용량	45
[표 16] 용인시 상수도 구경별 손료표 및 상수도 사용료 요율표	46
[표 17] 용인시 하수도 요율표	47
[표 18] 용인시 업종별 수돗물 사용량 및 부과량 분석	48
[표 19] 용인시 주택현황 및 보급율	49
[표 20] 용인시 관내 분양 및 임대아파트 현황	49
[표 21] 용인시 내 아파트 세대수 크기에 따른 단지수 현황	50
[표 22] 물 수요관리 시행계획에 따른 연도별 물 절감 목표량	52
[표 23] 용인시 계획 단계별 물 재이용 총 목표량	54
[표 24] 용인시 빗물이용시설 설치목표량 산정 결과	55
[표 25] 용인시 단계별 빗물이용시설 목표량	56
[표 26] 용인시 중수도시설 설치목표량 산정 결과	57
[표 27] 용인시 단계별 중수도 재이용수 목표량	58
[표 28] 용인시 단계별 하수처리수 재이용수 목표량	59
[표 29] 용인시 하수도 사용료 감면 비율	61
[표 30] 물 재이용시설 설치대상에 대한 법 및 조례 비교	62
[표 31] 제1차 물 재이용 기본계획에서 조사된 중수도 이용 현황	72

표 목차

[표 32] 용인시의 2021년 기준 과거 10년간 급수량 변화	74
[표 33] 2021년 용인시 업종별 물 사용량 현황	75
[표 34] 중수도시설 용도별 현황	76
[표 35] 용인시 내 중수도시설 목록 및 개요	77
[표 36] 용인시 내 중수도 시설별 물 사용량 및 중수도 이용 현황	78
[표 37] 에버랜드 내 처리시설의 시설용량 및 중수도 사용율	80
[표 38] 에버랜드 내 수질항목에 대한 법적 기준 및 자체적인 수질관리 기준	80
[표 39] 오펜수 처리시설의 설계 조건	82
[표 40] 중수도 용수의 주요 사용처	83
[표 41] 인천국제공항 중수도 유입수질 및 보증수질	85
[표 42] 인천국제공항 중수도 공급 대상 시설물	86
[표 43] 인천국제공항 중수도 수질목표	87
[표 44] 인천국제공항 중수도 경제성 분석 결과	88
[표 45] 롯데월드 중수도 수질관리 기준 및 처리수질	89
[표 46] 연구사업 개요	90
[표 47] 연차별 주요 연구내용	90
[표 48] 강남대학교 그린캠퍼스 조성사업 개요	91
[표 49] 수원시청 중수도 시설 개요	92
[표 50] 용인시청 중수도 시설 개요	93
[표 51] 수질 측정항목별 측정분석기기 및 분석 방법	95
[표 52] 조사 대상지의 중수도시설 개요	97
[표 53] 중수도의 용도별 수질기준	98
[표 54] 용인 평생학습관 중수도시설 및 수질분석 모습	100
[표 55] 용인 평생학습관 중수도 유입원수 및 처리수의 현장평가 항목 결과	101
[표 56] 용인 평생학습관 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과	102
[표 57] 용인 아르피아 중수도시설 및 수질분석 모습	103
[표 58] 용인 아르피아 중수도 유입원수 및 처리수의 현장평가 항목 결과	104
[표 59] 용인 아르피아 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과	105
[표 60] 용인 실내체육관 중수도시설 및 수질분석 모습	106
[표 61] 용인 실내체육관 중수도 유입원수 및 처리수의 현장평가 항목 결과	107
[표 62] 용인 실내체육관 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과	108

표 목차

[표 63] 용인시 시민체육센터 중수도시설 및 수질분석 모습	109
[표 64] 용인시 시민체육센터 중수도 유입원수 및 처리수의 현장평가 항목 결과 ..	110
[표 65] 용인시 시민체육센터 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과	111
[표 66] 포곡읍 주민자치센터 중수도시설 및 수질분석 모습	112
[표 67] 포곡읍 주민자치센터 중수도 유입원수 및 처리수의 현장평가 항목 결과 ..	113
[표 68] 포곡읍 주민자치센터 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과	114
[표 69] HPS 아파트 중수도시설 모습	115
[표 70] HPS 아파트 중수도 유입 원수 및 처리수의 현장평가 항목 결과	116
[표 71] HPS 아파트 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과	117
[표 72] 중수도 원수에 따른 특성	119
[표 73] 생활용수 이용에 따른 수질 특성	120
[표 74] 이용목적별 가정용수 이용 현황	121
[표 75] 공동주택의 용도별 물 사용 구성비	122
[표 76] 공동주택의 용도별 사용수량 원단위 및 구성비	122
[표 77] 중수도시설에 의한 재이용수 공급 용도	124
[표 78] 공동주택에서의 중수도시설 재이용수의 활용	125
[표 79] 일본의 건물 유형에 따른 중수도 이용 용도 및 공법	134
[표 80] 중수도 처리시스템의 비교	134
[표 81] 접촉산화 공정을 활용한 중수도 시설의 톤당 건설비 및 운영비	137
[표 82] 생물학적 공정을 활용한 중수도 시설의 톤당 건설비 및 운영비	138
[표 83] 유입수 구분에 따른 발생원 및 특징	140
[표 84] 각 용도에 따른 유입수의 수질 범위 및 평균값	140
[표 85] 각 유입수 농도에 따른 중수도 시설에 요구되는 처리효율 산정	141
[표 86] 각 유입원수에 따른 표준공정 검토 결과	142
[표 87] 용인시 내 공동주택 세대수 현황	143
[표 88] 중수도 시설용량별 시설 비용	144
[표 89] 세대수에 따른 중수도 시설용량 및 시설비	145
[표 90] 세대수에 따른 중수도 시설 배관비를 포함한 총시설비	146
[표 91] 중수도 시설용량별 유지관리비 산정 결과	146
[표 92] 중수도 시설용량별 경과년수에 따른 유지관리비 산정 결과	147
[표 93] 중수도시설의 경과년수에 따른 총사업비 산정 결과	147

표 목차

[표 94] 세대수별/연수별 중수도 사용에 따른 사적 편익비 산정 결과	151
[표 95] 세대수별/연수별 상수도 생산원가에 따른 사회적 편익비	152
[표 96] 세대수별/연수별 하수도 처리원가에 따른 사회적 편익비	152
[표 97] 2002년 용량별 총사업비 및 m ³ 당 사업비 산정 값 및 2022년 환산 값	154
[표 98] 세대별 중수 사용에 따른 하수처리시설 설치비용 감소에 따른 편익	154
[표 99] 중수도 사용에 따른 세대수별 사회적 편익비 총액	155
[표 100] 중수도시설에 따른 세대별, 사용연한별 총사업비 및 사적편익비 비교	157
[표 101] 중수도시설에 따른 총사업비 및 사적편익비 비교(요금인상 반영)	159
[표 102] 중수도 사용에 따른 사적 편익 및 사회적 편익을 합산한 결과	161
[표 103] 본 연구의 활용방안	173

그림목차

[그림 1] 기후변화로 인한 물 순환 및 자연환경에 미치는 영향	1
[그림 2] 지구온난화로 예고되는 환경재앙	2
[그림 3] 연구추진 전략 및 방법	11
[그림 4] 수자원 관리정책(상) 및 물 환경정책(하)의 패러다임 변화	16
[그림 5] 용인시의 상수도 공급 계통모식도 현황	44
[그림 6] 2022년 용인시 용도별 상수 사용량	45
[그림 7] 용인시 아파트 대상 세대수에 따른 단지수 현황	51
[그림 8] 중수도시설 처리 프로세스	99
[그림 9] 용인 평생학습관의 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과	102
[그림 10] 용인 아르피아의 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과	105
[그림 11] 용인 실내체육관의 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과	108
[그림 12] 용인시 시민체육센터의 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과	111
[그림 13] 포곡읍 주민자치센터의 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과	114
[그림 14] HPS 아파트의 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과	117
[그림 15] 생활용수 용도별 공급 용수	125
[그림 16] 중수도 원수 내 물질 형태 및 특성에 따른 수질항목 관계	126
[그림 17] 일반적인 수처리 공정도	127
[그림 18] 중수도에 유입되는 오염물질에 따른 처리공정	134
[그림 19] 중수도 처리에 사용될 수 있는 공정도 예시	136
[그림 20] 우리나라 세대당 구성원수 경시변화	143
[그림 21] 시설용량 및 시설비용의 상관성 검토	144
[그림 22] 시설용량에 따른 톤당 시설비 변화	145
[그림 23] 시설용량별 세대수에 따른 톤당 총 사업비	148
[그림 24] 1996년부터 2023년까지의 생활물가 상승률	153
[그림 25] 세대수 및 시설 사용연한에 따른 시설비 대비 편익비 비율	157
[그림 26] 세대수 및 시설 사용연한에 따른 시설비 대비 편익비 비율(요금인상)	159
[그림 27] 세대수에 따른 총사업비 및 편익비 변화	160
[그림 28] 시설연한에 따른 세대수별 총사업비 및 총편익비 비교	162
[그림 29] 세대수에 따른 시설연한별 총사업비 및 총편익비 비교	162
[그림 30] 세대수 및 시설 사용연한에 따른 총사업비 대비 총편익비 비율	163
[그림 31] 연구결과 내용 정리	170

제 1장 연구 개요

제 1절 연구의 배경 및 목적

1. 연구의 배경 및 필요성

- 최근 기후변화로 인한 기온과 강수의 변화는 수문시스템에 크게 영향을 미치고 있으며, 이로 인해 지구 물순환 체계에 변화를 유발하고 사회 및 생태 환경에 많은 피해를 줄 것으로 예상됨
- 지구온난화로 인해 발생하는 지역적인 극심한 가뭄과 홍수는 인간 사회는 물론 자연 생태계에도 악영향을 미치고 있음



[그림 1] 기후변화로 인한 물 순환 및 자연환경에 미치는 영향

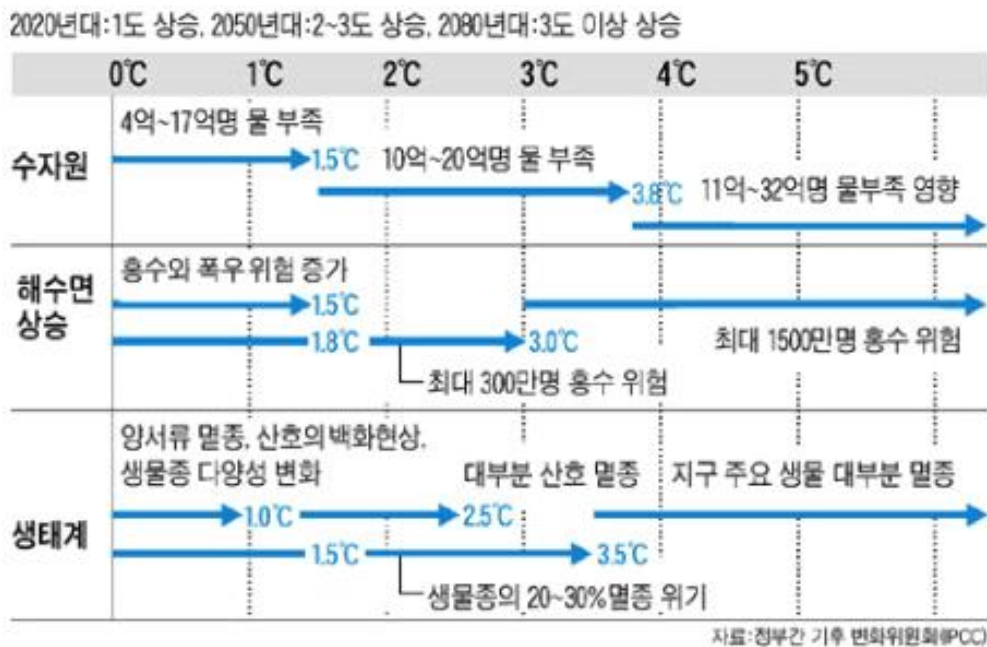
- 2021년 세계기상기구(WMO)는 “기상서비스 현황” 보고서를 통해 “2018년 36억 명의 사람들이 적어도 1년에 한달동안 물을 제대로 이용하지 못했고, 2050년까지 물 부족에 시달릴 사람은 50억명 이상으로 증가할 것으로 예상된다” 고 전망하였음¹⁾
- 미국 NIC(National Intelligence Council)는 2015년에는 세계 인구의 절반이 넘는 약 30억명이 물 부족국으로 분류되는 나라에 살게 될 것이라고 예측하였고²⁾, OECD 보고서는 현재 3억명이 겪고 있는 심각한 물 부족을 2025년에는 30억명(52개국), 2050년에는 전 세계 인구의 2/3가 직면할

1) “2050년엔 50억명 물 부족“...세계기상기구의 경고[과학을읽다] - 아시아경제

2) 지구촌 물현황 정책정보 상세보기 (molit.go.kr)

것이라고 예측함

- IPCC에서는 온도의 상승으로 인해 예고되는 환경재앙(그림 2 참조)을 수자원, 해수면 상승, 생태계 관점으로 분류하여 제시하였음³⁾
 - 수자원 분야에서 보면 1.5°C까지 상승 시 4억 ~ 17억명, 3.8°C까지 상승 시 10억 ~ 20억명, 그 이상일 경우에는 11억 ~ 32억명이 물 부족에 의한 영향을 받을 것으로 예측함



[그림 2] 지구온난화로 예고되는 환경재앙

- 기후변화 문제는 우리나라도 예외는 아니며, 특히 우리나라의 기후변화 진행 속도는 세계 평균을 상회하는 것으로 나타나 2050년의 기온은 2000년 대비 2°C 상승할 것으로 전망하였음⁴⁾
 - 우리나라의 2050탄소중립전략(LEDs)에서는 전 지구 온도상승 1.5°C와 2°C의 주요 영향을 비교한 결과에서 평균 2°C 상승 시 최대 물 부족 인구가 50% 증가한다고 예측하였음
 - 경제협력개발기구(OECD)의 환경전망 2050 보고서⁵⁾에 따르면 2025년

3) 지구온난화로 예고되는 환경재앙 - Building Bridge of LOVE (tistory.com)

4) 관계부처합동, 저탄소 녹색성장 기본법 시행에 따른 국가 기후변화 적응대책, 2010

5) OECD, OECD Environmental Outlook to 2050. The Consequences of Inaction, 2012

한국은 “물 기근 국가” 를 피할 수 없고, 2050년에는 24개 평가 대상 국가 중 “물 스트레스 지수가 가장 높은 국가” 가 될 것이라고 전망함

- 우리나라는 1인당 강수량(연 2,591 m³)이 세계 평균의 약 1/8 수준이고, 특히 하천 취수율이 36%로 나타나 물에 관한 스트레스가 높은 국가군에 속하여 가뭄 시 물 이용에 취약한 실정임⁶⁾
 - 우리나라의 연간 평균 강수량은 세계 평균 강수량을 크게 상회하고 있지만, 인구밀도가 상대적으로 높기 때문에 1인당 강수량이 세계 평균에 미치지 못하고 있음
- 따라서 우리나라는 물 관리의 중요성이 매우 높으며, 향후 물 부족에 대비한 물 재이용 방안에 대한 충분한 검토 및 대책이 필요함

[표 1] 하천 취수율에 따른 물 스트레스 구분

하천 취수율	물 스트레스 구분	국 가
10% 이하	低	뉴질랜드, 캐나다, 러시아 등
10~20%	中	중국, 일본, 미국, 영국, 프랑스 등
20~40%	中 ~ 高	한국, 인도, 이탈리아, 남아공 등

출처: UN Economic and Social Council, 1997

- 또한, 물 부족 문제는 기후변화뿐 아니라 사회적 여건의 변화도 하나의 원인으로 작용하고 있음
 - 우리나라는 인구의 도시 집중 현상이 빠르게 일어났기 때문에 도시화율이 높고, 이로 인해 건전한 물 순환 및 관리에 어려움을 주고 있음
 - 아래의 [표 2]를 보면 2000년 이후 행정구역 기준 도시인구의 비율은 2022년까지 지속적으로 증가하였고, 도시지역 기준 인구가 볼 때에도 2016년부터 2020년까지 유지되는 구간도 있었지만 전반적으로 증가하는 추세인 것으로 조사됨

6) 환경부, 물 재이용 기본계획(2011~2020), 2011

- 이에 반해 비도시 인구는 지속적으로 감소하는 경향을 보여, 인구의 도시 이주에 따른 영향인 것으로 판단됨

[표 2] 우리나라 연도별 도시 인구 변화 및 인구비율 변화

분류		2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022
도시 지역 기준	도시	42,375	43,256	43,852	44,233	44,835	45,933	46,381	47,048	47,469	47,596	47,571	47,294
	비도시	5,579	5,162	4,942	4,759	4,704	4,583	4,566	4,280	4,227	4,230	4,258	4,145
행정 구역 기준	도시	42,055	42,828	43,484	43,745	44,256	45,278	45,949	46,451	46,845	47,147	47,279	47,039
	농촌	5,909	5,589	5,311	5,251	5,284	5,237	4,998	4,877	4,850	4,679	4,550	4,400
인구 비율 (%)	도시	88.3	89.3	89.9	90.3	90.5	90.9	91.0	91.7	91.8	91.8	91.8	91.9
	행정	87.7	88.5	89.1	89.3	89.3	89.6	90.2	90.5	90.6	91.0	91.2	91.5

- 도시지역의 인구 증가는 그만큼 도시의 새로운 개발을 필요로 하고, 이로 인해 물순환 및 물이용 측면에서 불리하게 작용될 수밖에 없음
 - 도시화는 한 지역으로 인구 및 산업을 집중시켜 그 지역의 물 이용량을 증가시키게 되고, 새로운 용수 공급원을 필요로 하게 됨
 - 도시화로 인한 개발활동은 지표의 불투수층을 증가시키게 되고 건전한 물 순환을 왜곡시켜 용수의 활용성을 떨어뜨리게 함
 - 용수의 사용량은 그 지역의 경제 및 생활수준의 영향을 받게 되는데 도시화는 개인의 물 이용량을 증가시키는 요인으로 작용함
 - 도시화는 수질오염을 가중시키고 물이용에 어려움을 줄 수 있음
- 물은 원칙적으로 순환자원이므로 물의 순환작용에 대한 수문 왜곡은 지역적 물 부족 문제를 발생시킬 수 있는 변수로 작용함
 - 왜곡된 물 순환은 지역적인 물 부족 문제를 빈번하게 일으키게 되고, 용수의 부족으로 인해 생활환경 및 산업환경에 악영향을 미칠 수 있음
 - 따라서 지역적 물 문제를 효과적으로 해결하기 위한 방안 마련 및 새로운 수자원을 확보하기 위한 노력이 필요함

- 이와 같이 향후 물 부족 위험에 따른 새로운 수자원을 확보하기 위한 유력한 방안 중 하나는 물 재활용 및 물 재이용 분야이며, 향후 중요한 물산업 분야로 발전해 나갈 것으로 예측됨
- BCC Research(2013)에 따르면, 전 세계 물 재활용 및 재이용 기술시장은 2009년 67억 달러에서 2012년 95억 달러로 연평균 성장률이 12.6%에 달했으며, 2017년에는 234억 달러까지 증가할 것으로 예측하였음⁷⁾
 - 지역별로는 아시아 및 호주 시장이 세계 물 재활용 및 재이용 시장을 계속해서 이끌어 나갈 것으로 전망하였고, 아시아와 호주의 세계시장 점유율이 2012년 45%에서 2017년에는 49%로 성장할 것으로 예측하였음
- 안중호(2011)⁸⁾는 “물 재이용을 통한 도시하천 물 순환개선 정책방향” 연구를 통해 전국 유역별 이용 가능한 하수방류량과 지류하천의 유지유량의 수급 관계를 통해 하천유지유량으로 이용 가능한 하수 재이용량을 추산해보면, 연간 총 7억 8천만 톤의 하천유지용수 공급량을 확보할 수 있을 것으로 예상하였음
- 또한 하수 재이용을 통해 부가적으로 공공하수처리시설 총 배출오염부하량의 21%까지 부하량 삭감 효과가 발생할 것으로 추산하였으며, 7천 5백억원 규모의 국내 물 산업시장 창출 효과도 발생한다고 제시함
- 또한 안중호는 물 순환시스템 구축을 위한 워크숍에서 “국가 물 재이용 정책 추진 현황과 방향”에 대한 발표를 통해 물 부족이 심각한 중동 및 북아프리카 일부 지역에서는 80% 이상의 높은 물 재이용율을 보였고, 싱가포르, 호주, 스페인, 이탈리아 등 수자원의 수입 의존도가 높고, 가뭄 등으로 물 부족 스트레스를 받는 지역도 대부분 10% 이상의 하수처리수 재이용율을 보인다고 하였음
- 이원태(2018)⁹⁾는 한국막학회 학술발표회에서 “환경변화에 적응하기 위한 하수처리수 재이용 방안” 발표를 통해 인구 구조 및 생활방식 등의 변화로 물 소비는 증가되고 있는 반면, 가뭄 등 기후변화로 가용수자원 여건은 악화되고 있어 안정적인 용수공급의 필요성이 증대되고 있다고 주장함

7) <https://icnweb.kr/2013/2704/>

8) 안중호 외, 물 재이용을 통한 도시하천 물순환개선 정책 방향, 2011 (연구보고서)

9) 이원태, 2018, 환경변화에 적응하기 위한 하수처리수 재이용 방안, 한국막학회 학술발표회, p.29

- 이에 정부는 물 재이용 관리체제를 강화하고 시설기반을 구축하는 한편 관련 산업 육성과 전문인력 양성을 위해 노력해 왔지만, 국내 물 재이용은 여러 가지 정책·재정·기술적 한계로 인해 계획 대비 더디게 진행되고 있어 물 재이용 방향성의 재정립이 필요하다고 하였으며, 물 재이용의 방향을 하수처리수 재이용 중심으로 할 것을 제안하였음
- 김영일(2016)¹⁰⁾은 “지속가능한 물 재이용 체계구축방안”에서 물 재이용 활성화를 위해서는 물 재이용시설 설치 대상기준 확대, 물 재이용 수요처 확대 및 활성화, 물 재이용 신기술 도입 및 확대, 물 재이용 통합관리 시스템 구축 등이 필요하다고 제안하였음
- 물 재이용을 확대를 위해서는 가장 우선되어야 할 문제 중 하나로 처리수에 대한 신뢰성 확보 및 경제성, 수요처 확보 등이 우선될 필요가 있음
 - 이용곤(2014)¹¹⁾은 “하수처리수 재이용에 대한 고찰”에서 하수처리수의 재이용은 물 수요를 저감할 수 있는 좋은 대안이지만 활성화를 위해서는 위생 및 심리적인 거부감, 경제성 및 수요처 확보 등이 필요하다고 하였음
 - 박현주 등(2014)¹²⁾은 “물재이용 활성화를 위한 결정요인분석”을 통해 물 재이용 활성화를 위해서는 물재이용 정책개발뿐만 아니라 환경보호에 관한 교육과 재이용수 수질에 대한 신뢰성 향상이 중요 요인이라 하였음
- 또한 물 재이용 시설에 대한 법적 설치기준이 협소하고 범위가 한정되어 물 재이용 정책에 한계가 있으므로 보다 적극적인 정책안 마련 및 개선이 필요하고, 효과적으로 관리할 수 있는 관리 시스템 및 다양한 물 재이용 시설을 통합 관리할 수 있는 방안 마련을 위한 대책 등이 필요함
 - 최지용(2012년)¹³⁾은 “중수처리시설의 설계와 적용”에서 사용처에 대한 정확한 필요 물량과 수질을 알고 최적의 원수를 확보할 수 있는 방법을 모색한 뒤 유지관리가 편리한 처리공정을 계획한다면 중수처리시설은 충분히 친환경적 시설이 될 수 있다고 하였음
- 결과적으로 향후 물 부족 문제에 효과적으로 대비하고 안정적인 수자원을

10) 김영일, 2016, 지속가능한 물 재이용 체계 구축방안, 27권, 19-30

11) 이용곤, 2014, 하수처리수 재이용에 대한 고찰, 경남발전 130호, 74-84

12) 박현주, 김충일, 한무영, 2013, 물재이용 활성화를 위한 결정요인분석, 대한환경공학회지, 36권 4호, 271-276

13) 최지용, 2012, 중수처리시설의 설계와 적용, 설비저널, 제41권, p. 36-43

확보하기 위해서는 물 재이용 방안 마련이 필요하고, 특히 공동주택의 물 재이용은 수요처에서 직접 공급하는 방식이므로 효율성 및 경제성 측면에서 장점을 가지고 있어 적극적으로 활용방안을 모색할 필요가 있음

○ 임갑울과 강두선(2018)¹⁴은 “하수 재이용수의 활용을 위한 경제성 분석: 용인시 소재 골프장 조경용수 공급” 연구에서 분석대상 7곳의 처리장 B/C Ratio가 1.0에 미치지 못하는 것으로 발표함

○ 하지만 처리비용이 톤당 400원으로 낮아질 경우 B/C Ratio가 1.0을 넘을 것으로 예측하여 경제성이 있을 것으로 분석하였고, 공급지의 거리가 골프장보다 짧은 공동주택은 보다 경제성이 높을 것으로 판단된다고 발표하였음

□ 이에 본 연구에서는 향후 물 순환정책의 활성화 및 안정적인 수자원 확보차원에서 공동주택의 물 재이용을 향상 방안을 마련하고자 하며, 이를 통해 용인시 물 재이용을 향상을 크게 높이는데 기여하고자 함

2. 연구의 목적

□ 본 연구의 목적은 용인시의 물 재이용을 향상을 위하여 공동주택을 중심으로 제도 및 정책적인 문제점을 파악하고 개선점을 도출함으로써 보다 효율적인 물 재이용 방안을 제시하기 위한 것임

○ 이에 본 연구에서는 공동주택의 물이용 특성, 용도별 사용량, 수질적 특성 등을 연구하고 재이용수의 처리 및 순환 방법 등 물 재이용을 위한 구체적인 방안을 제시하고자 함

○ 이를 통해 공동주택 내 중수도 활용의 당위성을 확보하고 용인시 물 재이용 정책의 확대 및 실효성을 향상시키기 위함

□ 본 연구의 최종 목적은 용인시 내 공동주택의 중수도시설 확대를 위한 조례 개선안 및 정책안 등을 제시함으로써, 용인시 물 재이용을 향상을 위한 정책적 기반을 제시하고자 함

14) 임갑울, 강두선, 2018, 하수 재이용수의 활용을 위한 경제성 분석: 용인시 소재 골프장 조경용수 공급, 수자원학회지, 51권 4호, pp. 323-334

제 2절 연구의 내용 및 방법

1. 연구개발 목표

- 공동주택 내 중수도시설을 통한 물 재이용의 타당성을 확보하고, 정책에 반영할 수 있도록 함으로써 용인시 물 재이용 정책의 실효성 향상
 - 공동주택의 물 재이용에 따른 문제점 및 한계점을 분석하고 물 재이용을 향상을 위한 방안 모색을 통해 개선안 제시
 - 기존 국내의 물 재이용 관련 법률 및 조례 등을 세부적으로 분석하고 공동주택 내 중수도시설 도입을 통한 물 재이용 활성화 정책안 제시
- 또한 공동주택 내 중수도시설 활용을 위한 물 재이용 시스템 제시를 통해 용인시 물순환 정책 및 물 재이용 정책 추진의 기반 제공
 - 용인시 내 공동주택에 적합한 중수도 물 재이용 시스템 구축 방안 제시
 - 용인시의 용수이용 특성에 따른 중수도의 원수 확보 및 공급 방안, 중수도 처리시스템, 수질안전성 등을 검토하고 표준공정 검토
 - 공동주택 내 중수도 물 재이용에 따른 편익비 분석 및 경제성 분석을 통해 중수도의 활용성 강화

2. 연구의 내용

- 현행 국내·외 물 관리 및 재이용 관련 정책 자료 검색 및 분석
 - 국내 물 관리 및 물 재이용 정책 자료 수집 및 분석
 - 국내 물순환 및 물 재이용 법령 및 조례 분석
 - 경기도 및 각 시군의 조례 검토 및 분석
 - 국외 물 관리 및 물 재이용 정책 자료 분석
- 물 재이용 관련 자료 및 통계 조사
 - 물 재이용 관련 논문 및 보고서, 특허 등 조사
 - 물 재이용 관련 현황 자료 조사 및 분석

- 물 재이용 관련 기술 자료 조사 및 분석
- 용인시 물 재이용 관련 통계자료 분석
 - 용인시 물 재이용율과 관련된 통계자료 수집 및 분석
 - 용인시 공동주택 관련 통계자료 수집 및 분석
 - 용인시 물 재이용 관련 현황자료 수집 및 분석
- 물 재이용 활성화를 위한 기반조성 방안 검토
 - 용인시 물 재이용 정책 및 현황 검토 및 분석
 - 물 재이용 정책 및 현황, 문제점 분석
 - 중수도 활용을 위한 원수 확보 및 공급 방안 검토
 - 공동주택의 중수도 활용을 통한 물 재이용율 확대 방안 검토
- 공동주택의 중수도 활용에 따른 수질안전성 분석
 - 공동주택 내 공급용수의 용도별 수질특성 및 발생량 검토
 - 기존 수처리 공정에 따른 수질개선 특성 및 효과 검토
 - 기존 중수도시설 조사를 통한 수질안전성 분석 및 검토
 - 재이용수 수질기준에 따른 처리수의 수질안전성 분석
- 공동주택 내 중수도 활용을 위한 처리시스템 검토 및 기술 분석
 - 국내외 중수도 처리시스템 기술자료 조사 및 검토
 - 현행 우리나라에서 적용된 기술 사례 검토 및 분석
 - 공동주택에 적합한 처리시스템 검토 및 표준공정 제시
 - 공동주택 중수도 도입을 위한 경제성 분석 및 적용방안 검토
- 용인시 물 재이용 정책 분석을 통한 개선점 및 정책안 제시
 - 용인시 물 재이용 정책의 문제점에 따른 개선방안 도출
 - 도출된 개선점을 기반으로 공동주택 물 재이용율 향상을 위한 정책안 및 조례안 등 제시

[표 3] 연구 목표 및 내용

구 분	연구 목표	연구 내용
1차연도 (2024. 04. 01. ~ 2024. 12. 31.)	○ 경기도 및 국가 물 재이용 관련 정책 자료 검토	- 물 순환 및 물 재이용 법령 분석 - 경기도 및 각 시군 조례 검토 및 분석 - 주요 물 재이용 정책에 대한 조사 및 분석 - 물 재이용과 관련된 통계자료 수집 및 분석
	○ 용인시 물 재이용 현황 및 문제점 분석	- 용인시 내 가용수량 및 소비수량 분석 등을 통한 물이용 현황 분석 - 물 재이용 정책 및 현황, 문제점 분석
	○ 물 재이용 활성화를 위한 기반 조성 방안 검토	- 물 재이용 활성화를 위한 공동주택 물순환 체계 검토 - 적용 가능한 공동주택 내 중수도 처리시스템 검토 및 기술분석 - 중수도의 적정 수질 달성을 위한 처리효율 검토 및 수질확보 방안 검토 - 공동주택 중수도 도입을 위한 경제성 분석 및 적용방안 검토
	○ 용인시 물 재이용 정책 분석을 통한 개선점 및 정책안 제시	- 용인시 물 재이용 문제점 분석 결과에 기반한 개선방안 도출 - 도출된 개선점을 기반으로 공동주택 내 물 재이용을 향상을 위한 정책 및 조례안 제시

3. 연구 추진전략 및 방법

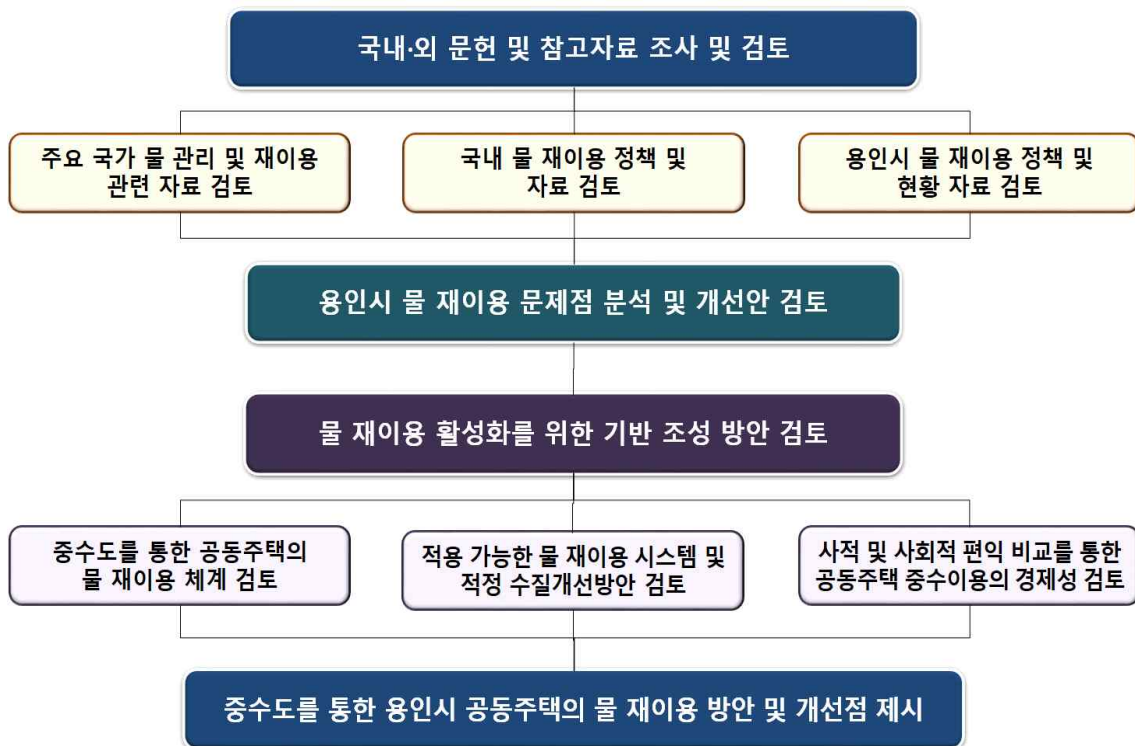
□ 본 연구는 국내·외 물 관리 및 재이용 관련 자료를 탐색 및 조사하여 참고 및 활용 자료로 활용하고, 용인시가 현재 진행하고 있는 물 순환 및 물 재이용 정책을 충분히 고려하여 실행 가능한 물 재이용 확대 방안을 제시하고자 함

○ 이에 본 연구에서는 공동주택을 대상으로 물 재이용 적용방안에 대하여 집중적으로 검토할 예정이며, 적용 시 발생될 수 있는 현행 정책 및 법령상의 문제점, 장애요인 등에 대하여 충분한 검토를 통해 보다 효율적이고 효과적인 정책방안 및 적용방안 제시

○ 또한, 현행 공동주택 내 중수도 이용에 따른 용수별 원수 확보 및 공급

방안 등에 대한 조사 및 분석을 통해 효과적으로 공동주택에 적용할 수 있는 공동주택 물 재이용 방안 제시

- 현행 중수도에 적용 가능한 처리시스템 검토를 통해 용인시의 공동주택에 적합한 최적화된 처리시스템 제시
 - 이를 위해 현장조사를 중심으로 발생될 수 있는 문제점 및 개선사항을 검토하고 개선방안을 제시할 수 있도록 연구 진행
 - 제시된 시스템에 대한 수질분석 및 경제성 분석 등을 통해 현장적용 시 장애요인을 검토하고 현장 적용 가능성을 높일 수 있도록 함
- 이와 같은 연구결과를 토대로 국가 및 경기도 정책에 반영 또는 보완할 수 있는 조례 및 정책방안을 제시하고자 함



[그림 3] 연구추진 전략 및 방법

제2장 국내외 물 관련 정책

제 1절 국내 물 관련 정책

1. 국내 물 관리 정책

가. 우리나라 물 관리 정책의 변화 과정

- 우리나라는 기후적인 특성 및 지형적인 특징 등으로 충분한 수자원을 확보하기 어려운 환경적 특성을 가지고 있음
 - 우리나라는 기후적 특성으로 인해 연평균 강수량이 세계 평균 강수량 대비 약 1.4배가 많음에도 불구하고 연평균 강수량의 2/3가 6 ~ 9월의 우기에 집중되어 안정적인 수자원 확보에 어려움을 겪어왔음
 - 이와 같이 일정 시기에 집중적으로 내리는 강수는 연중 안정적으로 지표수를 확보하는데 어려움이 있었을 뿐만 아니라, 일시적으로 늘어나는 많은 하천 유출 수량은 하천 주변의 범람으로 인해 홍수 피해를 일으키는 원인이 되어왔음
 - 이와 같이 홍수피해를 예방하기 위하여 우기 시 빠른 배수 체계가 필요했으며, 이로 인해 손실되는 수자원량이 매우 많아 용수 확보에 어려움을 가중시킴
- 물은 다양한 용수로서 활용되고 있으며, 이를 통해 사회가 유지되고 산업이 발전될 수 있는 원동력으로 작용하기 때문에 중요한 자연자원의 역할을 하고 있음
 - 가장 기본적으로는 가정에서 사용되는 생활용수, 식량생산 등을 위한 농업용수, 산업발전을 위한 공업용수, 그 밖에 다양한 환경용수 등으로 활용됨
 - 또한 수산자원 및 에너지 자원 등 매우 다양한 분야에서 중요한 역할을 담당하고 있음
- 이와 같은 이유로 물은 국가적 차원에서 관리해야 할 중요한 수자원이며,

기본적으로 수자원의 안정적인 확보 및 이용은 국가 정책에서 매우 중요한 위치를 차지하여 왔음

○ 우리나라의 물 관리 역사는 앞에서 언급된 다양한 물의 역할로 인해 홍수로부터 안전한 환경을 조성하고, 충분히 이용할 수 있는 용수량을 확보하기 위한 노력으로 진행되어 왔음

- 이러한 이유때문에 우리나라 물 관리 정책은 홍수 시 피해를 방지하기 위한 치수정책과 안정적으로 물을 공급하기 위한 이수정책을 중심으로 시작되었음

□ 우리나라의 물 관리정책은 1960년대와 1970년대를 거치면서 치수적인 안전성을 바탕으로 안정적으로 물을 공급하기 위해 다양한 수자원을 확보하기 위한 개발사업으로부터 시작되었음

○ 이 시기에는 주로 중앙정부 주도로 대규모 토목공사 위주의 물 관리 정책이 주를 이루었고, 많은 댐 및 저수지를 건설하면서 만성적인 홍수 및 가뭄 피해를 크게 줄이는데 일조하였음

- 1962년 제1차 경제개발 5개년 계획을 시작하면서 해외로부터 차관을 들여와 본격적으로 대규모 댐 건설공사를 시작하였고, 이 시기에 전국 각지에서 많은 댐 및 저수지 등이 개발되었음

- 이 시기 댐의 규모는 점점 더 커져 이수 및 치수, 발전 등의 다양한 기능을 동시에 수행하기 위한 다목적 댐도 건설되었음

◦ 약 10여개의 다목적 댐이 이때 만들어진 것임

- 현재 우리나라에는 댐 및 저수지가 모두 약 1,800여개가 있고, 이중 대댐은 1,206개소, 다목적댐은 15개소임

○ 특히 이 시기는 산업 및 경제발전에 중점을 두고 정부 정책이 시행되던 시기로 충분한 용수 공급은 국가 경제의 중요한 과제 중 하나였음

□ 수질관리의 중요성은 1980년대 후반부터 본격적으로 강조되기 시작하였으며, 점오염원과 비점오염원에 대한 관리가 강화되기 시작하였고, 이후 자연환경 및 생태환경 등 물의 부가적인 측면에서 환경기능의 강화가 새로운 중요 이슈로 떠오르게 됨

○ 1980년대 후반 및 1990년대 전반에 발생한 다양한 수질오염 사고는

수질의 안전성 문제에 전 국민적인 관심을 가지게 되는 계기가 되었고, 과거 수자원의 수량적 문제에 더해 수질적 문제가 중요한 물 관리 정책의 이슈로 대두됨

- 수돗물 오염사고가 처음으로 언론의 관심을 받은 것은 1988년이며, 이때 수돗물에서 중금속이 환경기준을 초과하여 검출되었다는 언론 보도때문임

- 부산, 대구, 목포 등 10개의 정수장에서 철, 카드뮴, 페놀 등의 중금속이 수질기준치를 초과한 것으로 조사되어, 상수도를 이용하는 국민들이 충격을 받으며 수질오염 문제가 공론화되었음

- 또한 1990년에는 전국 17개의 정수장을 조사한 결과, 이중 8개의 정수장에서 발암물질로 알려진 트리할로메탄(THM)이 수질기준을 초과한 것으로 보도되면서 수돗물의 안전성에 대한 문제가 다시 한번 주목받게 됨

- 결정적인 수질오염 사고는 1991년 발생한 낙동강 페놀오염 사고였으며, 이는 공장에서 배출된 페놀 원액 30톤이 인근 하천으로 유출되면서 상수 취수원에 유입되었고, 식수로 시민들에게 공급되면서 발생하였음

- 결과적으로 이를 이용한 시민들은 물론 국민 전체의 수돗물에 대한 불신을 불러일으키는 계기가 되었음

○ 이와 같은 과정을 겪으면서 수질관리의 중요성이 대두되면서 본격적으로 하천수질을 개선하기 위한 물 관리 정책이 수행됨

- 점오염원으로 인한 공공수역의 수질을 개선하기 위한 목적으로 환경기초 시설들이 대대적으로 신축되었고, 1994년에는 공공수역의 수질관리를 위해 낙동강 수질관리 개선대책이 발표되었으며, 1998년에는 한강수계 상수원 수질관리 특별종합대책이 시작됨

- 또한 상수도의 수질개선을 위하여 전국 정수장에 고도처리시설을 대대적으로 설치하여 상수도 수질안전성을 확보함으로써 국민들에게 안전한 수돗물 공급을 위하여 노력함

○ 이와 같은 노력에도 불구하고 하천의 수질이 일정 이상 개선되지 않으면서, 그 원인을 비점오염원으로 보고 2000년대 들어서 비점오염

관리를 위한 적극적인 노력이 시작됨

- 특히, 2000년대에는 유역관리 시대로 수자원과 수질관리 그리고 수생태계 관리를 동시에 지향하는 종합적인 물 관리 시대로 진입함
 - 2000년대 전반기에는 사전 예방적인 물 환경 관리정책의 기틀을 마련한 시기로, 수변구역제도(Riparian Buffer Zone), 토지매수제도(상수원 보호구역, 수변구역 등), 수계별 수질오염총량 관리제가 단계별로 적용됨
 - 2000년대 중반에는 하천관리를 수량 및 수질에 한정하지 않고 수생태계 관리로 확산되면서, 2007년에는 “수질환경보전법”이 “수생태계 보전에 관한 법률”로 개정되어 수생태계 관리의 법적 기반을 마련함
 - 또한 이 시기에는 수자원 정책이 물의 공급 확대에서 수요관리의 중요성이 강조되기 시작하였으며, 물의 절약과 수자원의 효율적인 활용, 중수도 활용을 통한 수요 감소를 유도하기 위한 정책이 활용되기 시작함
 - 이러한 과정에서 과거 중앙정부 주도로 이루어졌던 수자원 관련 사업에 민간기업의 참여가 활발해졌으며, 지표수와 지하수 등 매체별 분산 관리되던 수자원을 통합적으로 관리하는 정책으로 전환되었고, 다양한 수자원 확보를 위한 정책 전환이 이루어지게 됨
- 2010년대 이후로는 유역의 통합물관리의 중요성이 강조되었으며, 이는 물 관리 업무가 환경부, 국토부, 행정안전부 등 부처별로 분산되어 관리됨에 따라 정책적으로 효율성이 떨어지고 이해관계가 상충되는 등 근본적인 문제점을 해결하기 위한 것임
 - 통합물관리 정책은 수량 및 수질관리를 일원화하기 위한 것으로, 과거 분산되어 있던 물 관리 업무를 모두 환경부에 통합 이관함으로써 유역 내 물 관리에 영향을 미치는 모든 요소들을 고려하여 기능적으로 통합적인 관리가 이루어지도록 하기 위한 것임
 - 통합물관리 정책은 2018년부터 시행되기 시작하였으며, 정책을 효과적으로 진행하기 위해 2019년에 “물관리기본법”이 제정되었음
 - 현재 물 관리 주요 이슈는 통합물관리, 물 재이용, 물순환 등이며, 전 지구적인 기후변화는 장래 물 수급의 불균형을 초래하고 심각한 물 부족

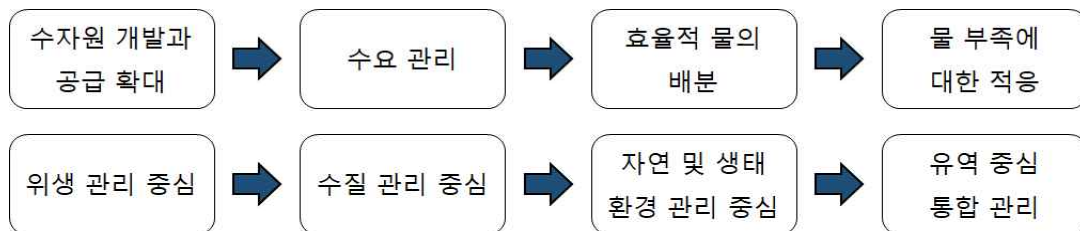
현상을 초래할 수 있어 다양한 수자원 확보를 위한 지속적인 노력이 필요한 시점임

- 환경부에서는 기후변화 시대에 맞춰 2023년 물 관리 3대 기본목표와 10대 핵심과제를 선정해 추진하고 있음

○ 현재의 기후위기에도 국민이 안전하게 누릴 수 있는 물 안심 사회 구현이라는 비전으로 다음과 같은 3대 기본목표를 제시하였음

- ① 홍수·가뭄 등 물 위기로부터 안전한 사회 구축
- ② 국민이 함께 누리는 통합물관리의 성과
- ③ 물이용 에너지 등 새로운 물의 가치 창출

○ 또한, 기후변화는 물 관리 산업의 패러다임을 바꾸면서 물 부족에 대한 적응 기술에 초점을 맞추고 있으며, 기후변화에 대응하기 위한 탄소중립 기술을 요구하고 있음



[그림 4] 수자원 관리정책(상) 및 물 환경정책(하)의 패러다임 변화

나. 우리나라 물 재이용 정책

□ 2000년부터 우리나라 수자원 정책은 공급 위주에서 수요 중심으로 전환하면서 “물절약종합대책”을 수립하였음

○ “물절약종합대책”은 국가 물 절약 기본목표를 설정하고, 2006년까지 물 생산량의 13.5%인 790만톤을 절감시킨다는 것임

○ 이를 위해 절수기기 설치 확대, 절수형 수도 요금 체계 도입, 하수 및 폐수 재이용 확대 등 총 14개 대책으로 구성되어 있음

□ 2001년에는 수도법을 개정하여 일정 규모 이상 시설물의 빗물 및 중수도 시설 의무 제도를 도입하였음

- 적용기준은 운동장 및 체육관으로, 지붕면적 2,400m² 이상, 관람석 수 1,400석 이상임
- 또한 하수도법을 개정하여 “하수도정비기본계획” 수립 시 하수처리 시설의 방류수에 대한 재이용 계획 및 재이용 시설 설치에 관한 사항을 포함하도록 하였음
- 2005년에는 “하수처리수 재이용수질 권고기준”을 설정하여 6개 용도별 권고 기준을 제시하였음
 - 여기서 6개 용도는 청소용수, 조경용수, 유지용수, 친수용수, 농업용수, 공업용수이며, 각 용도에 따른 수질 권고기준은 [표 4]와 같음
- 2007년 환경부는 빗물을 효과적으로 관리하고 하수처리수를 다시 재이용하는 내용의 “물순환기본계획”을 발표하였음
 - 여기에서 환경부는 2016년까지 12.4억m³의 하수처리수 재이용 목표를 제시하였음
 - 환경부는 하수처리수 재이용을 상수와 하수에 이은 “제3의 물산업”으로 육성하겠다는 계획을 제시함
 - 같은 해에 중수도시설 설치와 관련된 규정이 “하수도법”으로 이관되어 관리되기 시작하였고, “하수처리수 재이용 가이드북”이 발간됨
- 2010년에는 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률”이 제정 공포되어, 물 재이용 관련법을 일원화하고 재이용 공급량을 기존 5%에서 10%로 확대하였음
 - 2011년에는 “물의 재이용시설 설치관리 통합가이드북”을 마련하였고, “물재이용기본계획”을 수립하여 2020년까지 재이용 목표량을 설정하여 제시하였음
 - 2013년에 “물 재이용시설 설계 및 유지관리 가이드라인”을 환경부에서 발간하였고, 이는 물 재이용 촉진을 통한 물 자원의 지속가능한 이용을 도모하기 위하여 마련한 것임

[표 4] 하수처리수 재이용수 수질기준

수질항목	청소용수 ¹⁾	조경용수 ²⁾	유지용수 ³⁾	친수용수 ⁴⁾	농업용수 ⁵⁾	공업용수 ⁶⁾
pH	5.8 ~ 8.5	5.8 ~ 8.5	5.8 ~ 8.5	5.8 ~ 8.5	6.0 ~ 8.5	6.5 ~ 8.5
SS (mg/L)	-	-	-	6 이하	-	10 이하
BOD (mg/L)	10 이하	10 이하	10 이하	3 이하	8 이하	6 이하
COD (mg/L)	20 이하	20 이하	-	-	-	-
DO (mg/L)	-	-	2 이상	2 이상	2 이상	-
탁도 (NTU)	2 이하	2 이하	-	-	-	10 이하
잔류염소 (mg/L) ⁷⁾	0.2 이상	-	-	-	-	-
냄새	불쾌하지않음	불쾌하지않음	불쾌하지않음	불쾌하지않음	-	-
색도 (도)	20 이하	20 이하	40 이하	10 이하	-	-
외관	불쾌하지않음	불쾌하지않음	-	-	-	-
Cl ⁻ (mg/L)	-	250 이하	-	-	250 이하	-
T-N (mg/L) ⁸⁾	-	-	10 이하	10 이하	-	-
T-P (mg/L) ⁸⁾	-	-	1 이하	1 이하	-	-
Al (mg/L)	-	-	-	-	5 이하	-
As (mg/L)	-	-	-	-	0.05 이하	-
B-total (mg/L)	-	-	-	-	0.75 이하	-
ABS (mg/L)	-	-	1.0	1.0	0.5 이하	-
총대장균군수 (개/100mL)	불검출	불검출	1,000 이하	불검출	200 이하	1,000 이하

Al: 5 이하, As: 0.05 이하, B-total: 0.75 이하, Cd: 0.01 이하, Cr⁺⁶: 0.05 이하, Co: 0.05 이하, Cu: 0.2 이하, Pb: 0.1 이하, Li: 2.5 이하, Mn: 0.2 이하, Hg: 0.001 이하, Ni: 0.2 이하, Se: 0.02 이하, Zn: 2 이하, CN: 불검출, PCB: 불검출 (단위: mg/L)

- 주 1. 청소세차용수, 수세식 화장실 변기 세척용수, 도로청소용 살수용수와 이와 유사한 용도에 적용
 2. 연못, 가로수, 공원 및 골프코스등 이와 유사한 용도로 사용되는 경우에 적용
 3. 하천의 건천화에 따른 유지용수 공급 및 하천기능 유지, 낚시, 물놀이 등 레크리에이션 활동 가능
 4. 수영 등 인체에 직접 접촉 가능한 경우에 적용
 5. 논 농사용 관개용수로 이용하는 경우에 적용. 밭농사, 화훼용수 등은 수요처와 별도 협의하여 결정
 6. 산업용 냉각용수로 이용하는 경우에 적용. 다회 순환 냉각수, 공정수, 보일러용수 등은 수요처와 협의 결정
 7. 염소 소독하는 경우에만 적용
 8. 하수처리장 방류수수질기준과 같이 겨울철(12월 ~ 3월)에는 T-N 60 mg/L, T-P 8mg/L을 적용
 ※ 재이용 수질권고기준은 하수처리장에서 최종 처리하여 송수하는 수질에 대하여 적용함

- 2015년에는 통합 수질관리 기준을 마련하였고, 2018년에는 수도정비 기본계획 수립 지침을 개정하여 물 부족지역 공급계획 수립 시 신규 상수도 개발에 우선하여 하폐수 처리수 공급 방안 검토를 의무화 하였음
- 지속가능한 물순환 체계 구축 및 국민 삶의 질 향상을 목표로 “물관리 기본법” 을 2018년 6월에 제정함
 - 국가 물관리 기본계획, 유역 물관리 종합계획을 통해 국가 물관리 정책을 총괄하고 통합 물관리 체계를 정착하고자 함
- 2021년에는 “제2차 물 재이용 기본계획” 을 수립 발표하였고, 2022년에 “물 재이용시설 설계 가이드라인 및 운영·관리 업무지침” 이 개정되었음

[표 5] 물 관련 정책 과정

연도	주요 내용
2000	- “물 절약 종합대책” 수립 ◦공급위주에서 수요관리 중심으로 정책 전환
2001	- “수도법” 개정 ◦지자체별 “물 수요관리 종합계획” 및 “물 수요관리 시행계획” 수립 의무화 ◦일정 규모 이상 시설물의 빗물 및 중수도 시설 의무제도 도입
2001	- “하수도법” 을 개정하여 하수도정비기본계획 수립 시 방류수 처리수의 재이용계획 및 재이용시설 설치에 관한 사항 포함
2005	- 하수처리수 재이용 촉진 시범사업 계획 수립 - 하수처리수 재이용 수질권고 기준설정(6개 용도별 권고기준) ◦청소, 조경, 유지, 친수, 농업, 공업용수
2006	- 하수처리수 재이용사업 국고지원
2007	- “물 수요관리 종합대책” 수립 - 물순환 이용 기본계획 수립 ◦2016년까지 12.4억 m ³ /년 하수처리수 재이용 - “하수도법” 개정 ◦공공하수처리시설 재이용 의무, 요금징수 근거 마련 등 ◦중수도 설치와 관련된 규정이 “하수도법” 으로 이관·관리 - 하수처리수 재이용 가이드북 발간 - “물 수요관리 종합대책” 수립
2009	- 하수처리수 재이용 가이드북 개정 ◦빗물이용, 중수도, 하수처리수 재이용 통합 ◦“하수도법” 및 용도별 재이용 수질권고 개정 사항 반영
2010	- “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 제정 공포 ◦물 재이용 관련법 일원화 및 재이용 공급량 확대(5% → 10%) 등
2011	- 공중화장실 등에 관한 법률 제정

	<ul style="list-style-type: none"> ◦세면대에서 사용한 물의 재활용에 관한 규정 추가 - “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률” 시행령 및 시행규칙 제정 공포 - “물 재이용시설 설치관리 통합 가이드북” 마련 - “물재이용 기본계획” 수립 ◦2020년까지 재이용 목표량 설정
2013	- “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률” 개정
2014	<ul style="list-style-type: none"> - 물 재이용 시설 운영·관리 업무 지침 마련 - 빗물이용시설 의무 대상 확대 ◦학교, 공동주택, 골프장 등
2015	<ul style="list-style-type: none"> - “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률” 시행규칙 개정 ◦물 재이용 용도 구분 및 수질기준 개선 - 통합 수질관리 기준 마련
2016	<ul style="list-style-type: none"> - 녹색건축물 조성 지원법 개정 - 자연재해 대책법 개정
2018	<ul style="list-style-type: none"> - “물관리기본법” 제정 - 수도정비기본계획 수립 지침 개정 ◦물 부족 지역 공급계획 수립 시 신규 상수도 개발에 우선하여 하·폐수처리수 공급 방안 검토 의무화 - 수자원법 개정 ◦하폐수 처리수를 수자원의 일환인 대체 보조수자원으로 호환
2019	- 물 재이용 관리계획 수립 세부지침
2021	- “제2차 물 재이용 기본계획(2021 ~ 2030)” 수립
2022	<ul style="list-style-type: none"> - 물 재이용시설 설계 가이드라인 개정 - 물 재이용시설 운영, 관리 업무지침 개정
2023	- 물순환 촉진 및 지원에 관한 법률 제정

참고: 김영일, 2016, 지속가능한 물 재이용 체계 구축방안, 물 정책·경제 27호, pp.19~30
 환경부, 2021, 제2차 물 재이용 기본계획(2021~2030)
 서울특별시, 2021, 2040 서울특별시 물순환 회복 기본계획(요약보고서)

2. 국내 물 재이용 관련법 및 기본계획 검토

가. 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률

□ “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률”은 2010년 6월 8일 제정되어 2011년 6월 9일부터 시행된 법률로, 국민 생활수준 향상 및 경제활동 증가에 따라 물 사용량은 늘어나는 반면, 한정된 물 자원과 기후변화로 인해 향후 물 공급의 지역적인 불균형이 나타날 것으로 전망되어 물

부족에 능동적으로 대처하기 위하여 제정됨

- 즉, 기존 물 자원에 대한 의존도를 줄이고 그동안 버려졌던 빗물, 오수 및 하·폐수처리수를 생활용수 등 각종 용수로 재이용함으로써 물 자원을 효율적으로 이용하기 위한 것임

□ 본 법률의 주요 내용은 다음과 같음

- 물 재이용 기본계획 및 물 재이용 관리계획의 수립
- 빗물이용시설 및 중수도의 설치 및 관리
- 하·폐수의 재이용시설 설계 및 시공에 관련된 사항
- 공공하수도관리청의 하·폐수처리수의 재처리수 공급
- 하·폐수 재이용 사업과 관련된 내용

□ 본 법률의 주요 조항은 다음과 같음

▶ 제1조(목적)

- 물의 재이용을 촉진하여 물 자원을 효율적으로 활용하고 수질에 미치는 해로운 영향을 줄임으로써 물 자원의 지속 가능한 이용을 도모하고 국민의 삶의 질을 높이기 위함

▶ 제5조(물 재이용 기본계획의 수립)

- 환경부 장관은 10년마다 물 재이용 정책위원회의 심의를 거쳐 물의 재이용 촉진에 관한 종합적인 기본계획을 수립·시행해야 함
- 물의 재이용 기본계획에 포함되어야 할 사항
 - ① 물의 재이용 여건에 관한 사항
 - ② 처리수의 수요 전망 및 공급 목표에 관한 사항
 - ③ 물의 재이용 시책의 기본방향 및 추진전략 등에 관한 사항
 - ④ 물의 재이용 관련 기술의 개발 및 보급계획
 - ⑤ 물 재이용 사업에 드는 비용의 산정 및 재원조달계획에 관한 사항
 - ⑥ 그 밖에 물 재이용 촉진에 관한 사항으로서 대통령령으로 정하는 사항

▶ 제3장은 각 재이용시설의 설치 및 관리, 등록, 인가 등의 내용이 포함됨

▶ 제8조(빗물이용시설의 설치·관리)

- 대통령령으로 정하는 종합운동장, 실내체육관 및 공공청사를 신축(대통령령으로 정하는 규모 이상 증축·개축 또는 재축하는 경우 포함)하려는 자는 빗물이용시설을 설치·운영하여야 함

▶ 제9조(중수도의 설치·관리)

- 다음의 각 호의 어느 하나에 해당하는 시설물을 신축(대통령령으로 정하는 규모 이상으로 증축·개축 또는 재축하는 경우 포함)하거나 개발사업을 시행하려는 자는 물 사용량의 10퍼센트 이상을

<p>재이용할 수 있도록 중수도를 설치·운영하여야 함</p> <p>① 숙박업 또는 목욕장업에 사용되는 시설로서 건축 연면적이 6만 제곱미터 이상인 시설물</p> <p>② 공장으로서 1일 폐수배출량이 1천500제곱미터 이상인 시설물</p> <p>③ 관광단지의 개발사업</p> <p>④ 도시개발사업</p> <p>⑤ 산업단지개발사업</p> <p>⑥ 택지개발사업</p> <p>⑦ 그 밖에 대통령령으로 정하는 종류 및 규모 이상의 시설물 또는 개발사업</p> <p>▶ 제10조 공공하수도관리청의 하·폐수처리수 재처리수 공급</p> <p>▶ 제22조(연구·개발 촉진 등)</p> <p>▶ 제23조(재정지원 등)</p>

□ 가장 중요한 내용 중 각 물 재이용시설인 빗물이용시설 및 중수도시설의 시기별 적용 대상과 하·폐수처리수 재처리수 공급에 관한 내용은 별도로 [표 6], [표 7], [표 8]에 자세히 정리하여 제시하였음

[표 6] 빗물이용시설의 시기별 적용 대상

구분	2001.9.29. ~ 2011.6.8.	2011.6.9. ~ 2014.7.16.	2014.7.17. ~
해당 법령	수도법 제11조의3 시행령 제15조의3	물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 제8조, 시행령 제10조	물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 제8조, 시행령 제10조
법적 의무 대상	- 운동장 또는 체육관 (지붕면적 2,400 ㎡ 이상, 관람석 수 1,400석 이상)	- 종합운동장, 실내체육관 - 공공업무시설 (군사, 국방시설 제외) - 공공기관의 청사 ※ 지붕면적 1,000 ㎡ 이상	- 종합운동장, 실내체육관, 공공업무시설(군사, 국방시설 제외), 및 공공기관의 청사 (지붕 면적 1,000 ㎡ 이상) - 공동주택(건축면적 1만 ㎡ 이상) - 학교(건축면적 5천 ㎡ 이상, 유치원 제외) - 유통산업발전법」 제2조제3호에 따른 대규모 점포 (매장면적의 합계 3,000 ㎡ 이상) - 골프장(부지면적 10만 ㎡ 이상)
설치 용량	- 지붕면적×0.05 m 이상	- 지붕 집수면적× 0.05 m 이상	- 지붕 집수면적×0.05 m 이상 - 연간 물 사용량의 40% 이상을 활용가능한 용량(골프장)

[표 7] 중수도의 시기별 적용대상

구분	2001.9.29. ~ 2007.9.17.	2007.9.28. ~ 2011.6.8.	2011.6.9. 이후	2013.7.16. ~
해당 법령	수도법 제11조, 시행령 제15조	하수도법 제26조 시행령 제21조	물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 제9조, 시행령 제11조	물의 재이용 촉진 및 지원 에 관한 법률 제9조, 시 행령 제11조
법적 의무 대상	-숙박업 또는 목욕장업 -공장(1일 폐수배출량 1,500 m ³ 이상) -대규모점포 -여객자동차 터미널 및 화물터미널, 철도역사 -공항시설, 항만시설 및 종합여객시설 -업무시설, 교도소 -방송국, 전신전화국 (※ 공장 이외에는 모두 건축연면적 60,000 m ² 이상)	-숙박업 또는 목욕장업 -공장(1일 폐수배출량 1,500 m ³ 이상) -대규모점포 -운수시설(집 배송 시설 제외) -업무시설 -교정시설 -방송국, 전신전화국 (※ 공장 이외에는 모두 건축연면적 60,000 m ² 이상)	-숙박업 또는 목욕장업 -공장, 발전시설(1일 폐수 배출량이 1,500 m ³ 이상) -대규모 점포, 물류시설 -운수시설, 업무시설, 교정시설 -방송국, 전신전화국 -지자체 조례로 정하는 시설 (※ 공장 이외에는 모두 건축연면적 60,000 m ² 이상이고 아래 항목은 건축 연면적 해당 없음) -관광단지 및 도시개발사업 -산업단지 및 택지개발사업	-숙박업 또는 목욕장업 -공장, 발전시설(1일 폐수 배출량이 1,500 m ³ 이상) -관광단지 개발사업, 도시개발사업, 산업단지 개발사업, 택지개발사업 -대통령령으로 정하는 종류 및 규모 이상의 시설물 (연면적 60,000 m ² 이상의 대규모점포, 물류시설, 운수시설, 업무시설, 교정시설, 방송국, 전신전화국) -지자체 조례로 정하는 시설(※ 공장 이외에는 모두 건축 연면적 60,000 m ² 이상)
재이 용량	물 사용량의 10% 이상			

[표 8] 하수처리장 시설 인가 시기별 법적의무 대상

구분	2008.9.29. ~ 2011.6.8.	2011.6.9. 이후
관련법	하수도법	물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률
법적의무대상	신설·증설 해당	신설·증설 해당 (총인(개량) 제외)
대상용량	5천m ³ /일 이상	5천m ³ /일 이상
재이용량	1일 하수처리수 양의 5% 이상	1일 하수처리수 양의 10% 이상

나. 물 재이용 기본계획

1) 제1차 물 재이용 기본 계획(2011년 ~ 2020년)

- 앞서 2010년 제정된 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률” 제5조의 “물 재이용 기본계획의 수립”에 따라 2011년 제1차 물 재이용 기본계획이 수립됨
 - 본 기본계획은 환경부 장관이 10년마다 수립하는 것으로, 물 재이용 정책위원회의 심의를 거쳐 물의 재이용 촉진에 관해 종합적인 기본계획을 수립하고 시행하기 위한 것임
- 본 기본계획은 지속가능한 물 재이용 활성화로 친환경 대체 용수를 확보하기 위하여 Water reuse 2020: 25.4억 톤을 목표로 하였음
 - 기본계획의 목적은 수자원을 보호하고, 기후변화에 대비하며, 친환경 물 순환을 회복하기 위함임
- 기본계획의 정책 비전은 다음과 같음
 - 수질환경 개선과 지속가능한 대체용수 확보로 깨끗하고 풍부한 물 환경 구축
 - 건전한 물 순환계 회복과 합리적 물이용을 통한 순환형 물 환경 미래 도시 건설에 기여
 - 절수와 재이용 이미지 홍보를 통해 수자원을 아껴 쓰고 다시 쓰는 사회시스템 구축
 - 물 재이용 기술을 제3의 물 산업으로 육성하여 녹색성장을 선도하는 물 재이용 산업 강국으로의 도약
- 기타 주요 지표 및 정책방향 및 주요 정책과제는 다음과 같음
 - 주요 지표로는 빗물이용 시설의 보급 확대, 중수도 시설의 활성화, 하수처리수 재이용 사업 확대 추진 및 수요처 확보
 - 전국 빗물사용량: 연간 49백만 톤으로 증대
 - 중수도 사용량: 연간 489백만 톤까지 증가
 - 하수처리수 사용량: 연간 1,576백만 톤으로 증대
 - 물 재이용 산업육성을 위한 정부지원: 7조 251억 원 규모의 국내시장

창출 및 해외진출 기반 확립

- 기본계획은 3단계로 구성되어 있으며, 계획년도인 2011년에 877백만 m³/년인 재이용량을 1단계 1,165백만 m³/년, 2단계 1,881백만 m³/년, 3단계 2,535백만 m³/년으로 끌어올리는 것을 목표로 하고 있음
- 주요 정책과제로는 물 재이용 관리체계 강화, 물 재이용 시설의 과학적 관리기반 구축, 물 재이용 산업육성과 기술개발, 물 재이용 전문인력 양성 및 홍보임

[표 9] 제1차 물 재이용 기본계획 단계별 물 재이용 목표 (단위: 백만m³/년)

단계 구분		계획년도	1단계	2단계	3단계	
목표연도		2008	2011~2012	2013~2016	2017~2020	
빗물		0.7	5.2	17.6	48.6	
중수도		198	256	364	489	
공공 하수 도	장 외 용 수	공업용수	15	105	353	507
		농업용수	27	50	85	106
		하천유지용수	214	279	527	778
		기타 도시용수	21	70	125	185
		합계	277	503	1,090	1,576
	장내용수	401	401	401	401	
폐수		-	-	8	20	
총합계		877	1,165	1,881	2,535	

자료: 환경부(2011), 물재이용 기본계획(2011~2020)

2) 제2차 물 재이용 기본계획(2021년 ~ 2030년)

- 제2차 물 재이용 기본계획은 2020년으로 완료되는 제1차 물 재이용 기본계획의 후속으로 계획되었으며, 기존 물 재이용 정책을 진단·평가하고 변화된 사회여건 및 전망 등을 반영하여 물 재이용 분야의 올바른 정책 방향을 제시하기 위한 것임
- 정책비전으로 “지속가능한 물 재이용 정착으로 건전한 물 순환 확산” 을

제시하였고, 하수처리수 장외 재이용을 향상, 공업용수의 하수처리수 재이용을 확대, 물 재이용으로 하천 건천화 개선을 목표로 제시하였음

- 하수처리수 장외 재이용을 향상: 8% → 17%

- 공업용수의 하수처리수 재이용을 확대: 0.9% → 5%

- 물 재이용으로 하천 건천화 개선: 73개

□ 정책 추진방향

○ 지속가능한 통합 물 관리를 지향하는 물순환 이용체계로 제도 정비

○ 유역기반의 합리적 수요를 반영한 물 재이용 실행력 제고

○ 기술개발 지원으로 산업발전 기반 마련

□ 주요 내용으로는 도시 물순환 이용체계로 전환, 유역 기반 물 재이용 체계구축, 물 재이용 산업발전 지원이며, 그에 따른 구체적인 사업내용은 다음과 같음

○ 도시 물순환 이용체계로 전환

- 지속 가능한 물 순환이용 체계구축: 빗물저류시설의 빗물이용 활성화, 개발사업별 지역단위 중수도시스템 활성화, 하수처리시설의 재이용수 공급능력 활성화

- 물 재이용시설 관리체계 강화: 물 재이용 설치 의무제도 합리화, 물 재이용시설 설치 신고제도 개선, 물 재이용시설 운영관리 체계 정비, 물 재이용 정보관리체계 구축

○ 유역 기반 물 재이용 체계구축

- 유역 기반 통합 물 관리 연계 강화: 유역 기반 하수처리수의 수자원 기능 강화, 하수처리수 재이용을 통한 유역 물 환경 개선

- 하수처리수 재이용 공업용수 공급 활성화: 민간투자사업 다양화, 하수처리수 재이용·공업용 수도 연계사업 추진

- 하수처리수 재이용을 활용한 물 순환 촉진: 하수처리수 재이용을 활용한 하천 건천화 개선, 가뭄 대비 취약지역 비상 농업용수 공급

○ 물 재이용 산업발전 지원

- 핵심기술 육성 및 산업발전 지원 강화: 저에너지·저비용 물 재이용

핵심기술 개발, 물 재이용 기술 국산화 지원 및 국제표준화 대응

- 물 재이용 교육 및 인식 제고: 물 재이용 교육 전문교육체계 마련, 국민 중심의 물 재이용 홍보

[표 10] 1차 및 2차 물 재이용 기본계획 비교

구분	1차	2차
비전	- 지속가능한 물 재이용 활성화로 친환경 대체 용수 확보	- 지속가능한 물 재이용 정착으로 건전한 물 순환 확산
정책 방향	- 물 재이용 법·제도 개선 및 인센티브 확대 - 지역별 물 순환 시스템과 연계한 재이용 보급 확대 - 물 재이용 산업 육성과 기술개발을 통한 민간에 새로운 투자 기회 제공 및 국제 경쟁력 강화 - 적극적인 물 재이용 수요처 발굴 및 홍보	- 지속가능한 통합 물 관리를 지향하는 물 순환이용 체계로 제도 정비 - 유역 기반의 합리적인 수요를 반영한 물 재이용 실행력 제고 - 체계적 교육 홍보를 통한 인식 제고 및 산업발전 기반 마련
목표	- 깨끗하고 풍부한 물 환경 구축 - 순환형 물 환경 미래도시 건설 기여 - 물 자원을 아껴쓰고, 다시 쓰는 사회시스템 구축 - 녹색성장을 선도하는 물 재이용 산업 강국으로의 도약	- 도시 물 순환이용 체계로의 전환 - 유역 기반 하수처리수 재이용 수요확보 및 공급 체계구축 - 물 재이용 인식 제고 및 산업 발전 기반 마련
추진 전략	- 물 재이용 관리체계 강화 - 물 재이용 시설의 과학적 관리 기반 구축 - 물 재이용 산업육성 및 기술개발 - 물 재이용 전문인력 양성 및 홍보	- 지속 가능한 물 재이용 체계구축 - 물 재이용 시설 관리체계 강화 - 유역 기반 통합 물관리 연계 강화 - 하수처리 재이용수의 공업용수 공급 활성화 - 물 재이용 교육 및 대국민 홍보 강화 - 핵심기술 육성 및 산업발전 지원 강화

출처: 환경부, 2021, 제2차 물 재이용 기본계획(2021 ~ 2030)

3) 제1차 물 재이용 기본계획에 대한 평가 및 한계 분석

□ 1차년도에 대한 실적 분석결과에서 2018년 물 재이용량 총 15.2억 m³으로 3단계 목표(25.4억 m³) 대비 60%의 실적을 보인 것으로 나타남

○ 각 부문별로는 하수처리수가 2018년 기준으로 목표량 대비 56%로 평가됨

- 평가 결과를 보면, 장내 용수 이용은 목표량을 초과하여 달성하였으나, 장외용수는 목표량 대비 37.6% 달성함

- 특히 공업용수가 14.8% 달성으로 실적 부진의 대부분을 차지하였음

- ▶ 시설용량 제한에 따른 의무 대상 하수처리시설 증가 정체 (현 5,000 m³/일 이상)
- ▶ 장내 용수 중심의 한정된 수요처에 따른 중수도 시설 확대 어려움
- ▶ 하천유지용수 활용에 대한 사회적 인식 및 경제적 환경 변화

○ 중수도는 2018년 기준 3단계 목표량 대비 74% 달성

- 전체 이용량의 97%(3.37억 m³/년)가 공장에서 폐수처리수를 중수도로 이용

- ▶ 협소한 시설용량 제한으로 의무 대상 시설 한계
- ▶ 중수도시설에 대한 민간 부담 가중: 효과적인 물 재이용 정책 확대를 위해 지원방안 필요
- ▶ 중수도 설치 의무 규정에 대한 제도적 미비: 개발사업과 개별시설물에 대한 의무 규제 중복

○ 빗물은 2018년 기준 3단계 목표량 대비 8.0% 달성

- 전체 목표량의 88.6%(0.49 m³/년)를 차지하는 하수저류시설의 실적이 없어 부진함

- ▶ 의무 대상 시설의 확대 및 지원방안 마련
- ▶ 다양한 빗물 재이용수 활용 방안 및 연계 방안 마련

○ 폐수처리수는 2018년 기준 3단계 목표량 대비 187% 달성

- 물 재이용율을 확대하여 건전한 물 순환을 유도하고, 새로운 수자원을 확보하기 위해서는 물 재이용 시설에 대한 의무 설치 기준의 확대 및 그에 따른 지원방안이 마련되어야 하고, 다양한 수요처를 확보할 수 있도록 제도적 정비 및 국민인식 변화를 위한 홍보가 필요하며, 시설의 통합 운영을 통한 효율적인 물 배분을 통해 활용성을 높이기 위한 노력이 필요함

[표 11] 2021년 물 재이용 실적

(단위: 백만 m³/년)

구분	계	장내 용수	하천 등 유지용수	공업용수	농업용수	기타
전체 이용량	1,432.6	532.4	453.7	354.7	10.7	81.2
하수처리수	1,127	520.3	442.7	130	10.7	23.3
폐수처리수	36.8	12.1	11	7.5	0.01	6.2
중수도	254.8	-	-	217.1	-	37.7
빗물	14	-	-	0.1	-	13.9

출처: 최한주 (2023)¹⁵⁾

제2절 해외 물 재이용 정책

1. 해외 물 재이용 현황

□ 전 세계적인 인구 증가와 급속한 도시화는 안정적인 수자원의 공급을 요구되고 있으며, UN 및 OECD 등은 상·하수 분야의 지속적인 성장을 예상되고 있음

○ 1980년대 이후 경제성장과 소비 형태의 변화로 물 수요량이 매년 약 1%씩 증가하고 있으며, 2050년에는 물 수요량이 현재보다 20 ~ 30% 증가할 것으로 예상됨

- 특히 상·하수도 분야는 현재까지 물 산업시장에서 90%를 점유(GWI Report)하고 있으며, 향후에도 지속적인 성장을 이룰 것으로 예측되고 있음 ([표 12] 참조)

○ 대륙권별 물 산업시장 현황을 보면 아시아/태평양 시장이 2,199억\$(38%)로 가장 크며, 유럽(27%), 아메리카(26%), 중동(5%) 순으로 규모가 큼

- 성장률 측면에서는 중동시장(성장률이 8.8%)이 더 높은 것으로 나타남

15) 최한주, 2023, 하수재이용 활성화를 위한 정책 제언: 하폐수처리수 재이용의 사회적 가치 반영을 중심으로, 물 정책·경제 38호, pp. 68~75

[표 12] 물 산업 분야별 시장의 성장 규모

(단위: 천만 USD)

구분	2007	2025	연평균 증가율(%)
세계 물 시장	3,620	8,650	4.9
상수	1,720	3,880	4.6
하수	1,530	3,550	4.8
해수담수화	120	440	7.5
공업용수	240	570	4.9
재이용수	10	210	18.4

자료: GWI Report

- 세계 각국이 향후 물 부족에 대비한 수자원 확보에 관심을 보이고 있는 가운데, 하·폐수 등에서 발생하는 재이용수에 대한 관심은 역사에 비해 이용이 보편화되지 않은 중요한 잠재 수자원임
 - 과거에는 직접적으로 재이용하는 양이 매우 적었지만, 최근에는 재이용수가 가지고 있는 다양한 장점으로 인해 산업용수와 농업용수 등 다양한 용도로 활용하는 사례가 늘고 있음
 - 이와 같이 재이용수의 이용이 증가하는 원인은 산업용수와 농업용수 그리고 간간이 음용수 이용을 위한 신뢰할 만한 수원을 제공할 수 있을 정도로 기술적 발전이 이루어졌고, 담수화 또는 유역 간 물 이동과 같은 대체 수자원보다 투자 비용이 저렴하고 에너지 사용 또한 절감할 수 있다는 장점이 있기 때문임
 - IFC(International Finance Corporation)¹⁶⁾에 따르면 하·폐수 처리를 통한 재이용수 생산 비용은 입방미터(m³)당 미화 0.32달러, 광역상수도는 0.45달러, 담수화의 경우 0.50달러 이상으로 추정됨
 - 더욱이 물 재이용은 지속가능한 원수 공급원을 추가 확보할 수 있다는 장점 때문에, 현재 기후변화로 인한 용수의 수급 문제 및 불확실성을

16) [Global Water Issue]II. 물재이용 확대 : 왜 하·폐수 재이용이 합리적일 수 있는가 < 특집/이슈/진단 > 주요뉴스 < 기사본문 - 워터저널

해결하는데 큰 도움이 될 것으로 기대됨

- 이와 같은 이유로 많은 국가에서는 물 재이용 기술에 관심을 가지고 기술개발 및 적용방안에 많은 노력을 기울이고 있는 실정임
 - 세계의 지역별 총 도시의 하수처리수 재생설비는 약 3,000여개 이상으로 확인되며, 일본이 1,800개 이상으로 가장 많은 설비를 보유하고 있고, 북미(835), 오세아니아(456), 유럽(234) 순으로 나타남
 - 라틴 아메리카 지역은 주로 농경지의 관개용수로 물 재이용수를 이용하는 경우가 많고, 도시하수처리설비의 80% 이상이 이차처리 공정을 사용하고 있음
 - 중동 및 지중해 지역에서는 50% 이상의 설비가 이차 처리기술이며, 걸프지역 국가들은 식량 및 작물, 조경의 관개 또는 지하수 충전을 위해 고도하수처리기술을 사용하기 시작함
 - 한외여과와 역삼투압 여과와 같은 분리막을 활용한 공정이 현재 쿠웨이트 Sulaibiyah에 위치한 하수처리플랜트에 적용되어 무제한적인 비식수용 재생수를 생산하고 있음
 - 유럽, 오세아니아와 북미 지역은 농경의 관개, 지하수의 충전, 환경 및 친수용수 관련 도시용수 재이용을 위해 3차 처리공정이 적용되고 있음
 - 유럽연합을 비롯하여 각국은 자국에서 안전하게 물을 재이용하기 위한 기준을 시행 중임
 - 유럽에서는 식수와 같은 수준의 수질을 생산하기 위한 다층개념 (multi-barrier concepts)의 공정이 적용되고 있음
 - 세계보건기구 가이드라인의 위험관리체계는 먹는 물 및 하·폐수의 사용, 물놀이 등에 적용 권장하고 있음
 - 가이드라인 수립에 관한 규정은 세계보건기구 가이드라인(WHO, 2006)의 위험관리체계를 적용하고 있음
- 해외 주요국의 물 관련 부서 및 주요 업무내용은 다음의 [표 13]와 같음

[표 13] 해외 주요 국가의 물 관련 부서 및 주요 업무 내용

국가	중앙부처	주요 업무
미국	- 주무 부처 : 환경청 (수질 부문)	- 주정부 환경부에 규제권 위임 - 강/호수의 수질보전 - 음용수 수질기준 - 수질측정망 설치
	- 관련 부처: 내무부, 국방부, 농무부	- 부처의 목적별로 단위 사업 수행 - 점진적으로 주정부로 기능 이관
영국	- 주무 부처: 환경식품부 (DEFRA)	- 환경식품부 산하 8개 수계사무소에서 수량/ 수질 통합관 - 하천의 수질규제, 기준 설정 - 수변구역 활용, 수원 개발 - 수자원 이용계획
	- 관련 기관: 독립 규제 기관 (OFWAT)	- 상하수도 경제적 규제 담당 - 실제 서비스 공급은 민간기관
프랑스	- 주무 부처: 다수	- 수자원 및 수질 총괄은 환경/발전/지속가능 개발부 및 내무/해외영토/지방자치부 - 음용수 수질규제는 보건/청소년/체육부 소관
	- 서비스 공급: 지자체	- 지자체는 다양한 공급방식의 상하수도 서비스 제공
독일	- 주무 : 환경부	- 물 관련 수량/수질 등 정책 총괄
	- 관련 부처: 식량농업부 등	- 식량농업부, 보건부, 교통/주택/건설부, 교육 연구부 등에서 일부 기능 분담
일본	- 주무 부처: 다수 부처	- 환경성: 수질보전 및 규제 - 국토교통성: 수자원, 하천 - 후생노동성: 상수도 - 통상산업성: 수력발전, 공업용수 - 농림수산업성: 농업용수
	- 서비스 공급: 지자체	- 지자체 책임하에 상하수도 서비스 공급
이스라엘	- 주무: 물 관리청	- 물에 관한 통합적 집행기관
	- 관련 부처: 농업부, 보건부, 환경부	- 오염방지: 환경부 - 음용수 수질: 보건부

2. 각 나라별 물 재이용 정책

가. 미국

- 미국의 헌법은 연방정부의 권한을 국방, 외교, 재정 등으로 제한하고 있기 때문에 본래는 물 관리에 권한은 각 주가 전적으로 가지고 있지만, 미국 내 물 관리에 있어 공병단이 중요한 역할을 수행하고 있음
 - 하지만 미국은 각 주가 물 정책과 방법 수립에 있어서 실질적으로 일차적인 주체라고 할 수 있음
- 미국은 주 전체에 일괄적으로 적용되는 물 재이용과 관련된 법은 존재하지 않지만, 수자원의 보호와 보전을 위한 수질기준 및 처리 등에 관한 조례를 설정하여 적용하고 있음
 - 미국의 각 주에서는 농업용수 공급을 위한 관개용수 및 간접 음용수 생산을 위해 하수 재이용 프로젝트와 같은 다양한 재이용 실천을 위한 활동들을 실행하고 있음
 - 또한 미국의 하수 재이용은 대부분 농업을 위한 관개용수나 지하수 충전용수 공급으로 대부분 이용되며, 각 주별로 하·폐수 재이용을 확대를 위해 자율제 및 인센티브제를 운영하고 있음 (상하수도 요금 25% 감면)
- 미국 환경보호청(EPA)에서 국가 물 재이용 실행 계획을 2020년 발표하였음
 - 또한 미국 전역의 폐수 재이용 촉진을 위하여 가이드북 “물 재이용 지침(Guidelines for Water Reuse)”을 활용하여 애리조나, 플로리다, 텍사스, 캘리포니아 지역에서 성공적인 물 재이용을 이루어 냈음
- 미국 연방환경청(EPA)은 독성 금속 및 기타 유해물질 수준에 대한 폐수 배출 기준을 설정하고, 발전소 등은 무방류(ZLD: Zero Liquid Discharge)시스템 설치 시 인센티브를 제공하고 있음
- 물 재이용 전문단체 설립 및 캠페인 실시 등을 통해 시민이나 기업인들의 적극적인 참여를 유도하고, 물 재이용 인식개선을 위한 홍보 방안을 연구함
 - 블라인드 테스트, 재이용수 관련 축제 및 캠페인 등을 통한 인식 개선 사업 활성화

나. 유럽연합(EU)

- 유럽지역은 담수가 비교적 풍부한 지역임에도 불구하고 물 이용 가능성(water availability), 인구 밀도 및 경제활동이 불균일하게 분포되어 강 유역 전체에 걸쳐 물 스트레스 수준에 주요한 차이가 발생하는 특성이 있음
 - 유럽연합(EU) 지역 내 강 유역의 605가 단일 회원국 간의 영토를 넘나들기 때문에 이는 강력한 초국경적인 차원의 문제이며, 유럽 경제의 경쟁력에 부정적인 영향을 미침
- EU에서는 '적절한 용도별 하수를 재이용해야 한다'라는 「생활하수처리 지침」과 강 유역의 대책프로그램에 포함되는 방안으로 물 재이용을 열거한 「물관리 기본지침(WFD)」의 두 가지 법적 근거를 통해 물 재이용을 허용하고 장려하고 있음
 - 2011년에는 “유럽 수자원 효율성을 위한 로드맵”에서 취수는 이용 가능 수자원의 20% 미만으로 유지하도록 명시하였음
- 2012년 EU 담수 정책에 대한 적합도 조사에서 물 부족 현상을 주요 난제 중 하나로 구분하였고, 유럽연합 집행위원회(European Commission)는 유럽 물 산업 부문의 잠재력을 충분히 끌어내기 위해 ‘유럽 물 산업혁신 파트너십(European Innovation Partnership on Water; EIPW)’을 제안하였음
 - 유럽 물 산업 혁신파트너십의 목적은 혁신을 가로막는 장애 요인을 제거하고, 물 관련 혁신의 수요와 공급을 연결하고, 검증된 해결방안을 보급할 전략을 세우며, 관련 혁신 분야의 시장 성장을 지원하는 것임
 - 여기서 물 재이용 및 재활용은 5대 우선 과제에 속해 있으며, ‘유럽 수자원을 보호하기 위한 청사진’의 영향평가 부분을 보면 2015년까지 물 재이용 규정을 수립한다는 제안과 함께 물 재이용의 극대화가 세부 목표로 명시되어 있음
- 유럽은 유럽연합 차원의 재이용 기준과 관련하여 아직은 통합적인 지침 및 규정은 없기 때문에 EU 회원국들과의 아젠다와 정책적 합의를 통해 통합형 물 관리에 대한 규정 및 실행 방안에 대하여 고민하고 있음
 - EU는 수자원 기본지침을 수립하여 각 회원국별로 물 재이용 정책을 마련하고, 이를 통해 농업용수의 사용뿐만 아니라 구체적인 이용계획을

검토하고 있음

- 또한 2018년 유럽위원회는 농업용 관개용수로 이용하기 위해 재이용수 기준 충족 관련 규정을 제정하고 안전의 상정 검토로 재이용수 용도 및 목적에 따라 안정성을 보장하기 위해 논의 중임
 - 유럽연합 의회에서는 환경위원회가 본 발의를 검토 중이며, 환경협의회는 본 발의에 대해 논의한 상태임

1) 프랑스

- 프랑스는 파리 일원 및 남서부 지역에서 농업용수 소비가 높은 수준을 보여, 1990년대 초부터 농업을 위한 관개용수 재이용과 관련된 이슈에 초점을 맞추고 있음
- 프랑스는 양호한 기반시설 및 충분한 강우량으로 인해 하수 재이용에 크게 의존하지는 않음
 - 그럼에도 불구하고 원예 작물, 과수원 재배, 농장, 골프장 잔디 관개 등과 같은 다양한 적용 분야에 하수 재이용을 포괄적으로 도입하려는 시도를 지속적으로 하고 있음
 - 또한 초순수 생산, 고형물 제거를 위한 새로운 처리 공정 개발을 통해 도시용수, 가정용 재이용, 산업폐수 처리 재이용 등에 적용하고 있음
- 프랑스 보건당국(Health Authority)은 1991년 “처리된 하수를 이용한 작물 및 녹지 관개를 위한 하수 재이용 보건 가이드라인”을 발표하였음
 - 하수 재이용 허가 시 보건 당국에 건강에 미치는 영향을 추정할 수 있는 정보를 제출하도록 하였음
 - 또한 하수의 재이용수 시 미생물 및 화학적 수질기준 항목을 엄격하게 모니터링하고 있음
- 이후 1996년 2월 Association of Water Supply and Sewerage Practitioners (AGHTM)는 프랑스 지침을 준수하는 데 필요한 하수처리에 관한 기술 권장 사항을 발표하였음
 - 프랑스에서 발표한 지침 및 권장 사항은 주변 유럽연합 회원국에서도 받아들여져 몇몇 유럽국가의 재이용 가이드라인을 설정하는 데 활용되고 있음

2) 이탈리아

- 이탈리아는 처리된 하수방류수를 재이용이 가능한 잠재적 수자원으로 여기고 있으며, 도시생활하수 방류량의 약 60%를 차지하는 중대형 규모의 처리시설은 비용편익적 측면에서 재이용이 가능한 처리된 하수량을 제공할 수 있다고 분석함
 - 처리된 하수의 재이용은 주로 농업용 관개용수로 이용되며 약 4,000ha 이상의 면적에 공급됨
- 이탈리아는 2003년 Decree of Environment Ministry를 시행하여 하수 재이용을 도입할 수 있는 법적 근거를 마련하였음
 - 여기에서 재이용이 가능한 생활하수는 도시생활하수와 산업폐수로 규정 하고 재이용 용도는 크게 농업용수, 비음용 도시용수, 공업용수 등 3가지로 구분하였음
- 하수 재이용을 적절하게 실행하기 위한 지침으로는 이탈리아 환경보호 연구기술원(Institute for Environmental Protection and Research)에서 개발한 처리된 하수 재이용의 기술적·경제적 타당성을 평가하기 위한 방법론이 있으며, 경제적 유인책은 다음과 같음
 - ① Decree 152/2006: 산업 생산 활동을 위해 하수 재이용수를 이용하는 산업사용자에게 면세 혜택 제공
 - ② Ministerial Decree 185/2003: 처리된 하수의 배수를 위한 적절한 비용 회수뿐만 아니라 하수처리시설로부터 급수관망으로 처리된 하수의 무상 공급
 - ③ Public-private Partnerships: 특정 재이용 계획에 자금조달이 될 수 있도록 파트너쉽 구축
 - ④ The National Irrigation Plan: 농업부(Ministry of Agriculture)는 처리된 하수의 관개용수 재이용을 촉진하기 위하여 재이용을 위한 관개 기반시설 및 재정 지원

3) 네덜란드

- 네덜란드는 특정 지역에서 발생하는 물 부족 문제를 제외하면 극심한 물 위기가 없는 물 자원이 풍부한 국가로 물 재이용이 많지 않음
 - 일부 지역에서 주로 수원을 지하수에 의존하는데, 이러한 지방에서 갈수기에 물 부족 문제가 발생됨
- 네덜란드 정부는 지하수 수질 보존을 위해 대수층 취수에 대한 세금과 이용에 제한을 두고 있어 기존 지하수를 산업용수로 이용하던 사용자들 중심으로 하수 재이용수에 관심이 증가하고 있으며, 정부 차원에서도 물 재이용을 위해 몇 가지 프로젝트를 시범적으로 진행하고 있음
 - 실증센터 R&D 플랫폼을 산학연과 연계하여 운영하면서 직접 체험 등 다기능 홍보관을 설립하여 운영하고 있으며, 하수 재이용수를 활용한 맥주 등을 시판하여 음용수로서 안전성을 검증하고 있음
 - 이는 재이용수가 기술적으로 안전하지만, 대부분의 사람들이 여전히 실제로 마시는 하수에 대한 불신이 있기 때문임

4) 스페인

- 스페인은 도시, 농업, 산업, 친수, 환경 등 대부분 분야에서 재이용수를 이용하도록 규정하고 있음
 - 음용수의 간접 재이용을 포함하여 다양한 범위의 재이용 분야에 대해 용도별로 기술하고 설명하고 있음
- Water Reuse Hubs를 설립하고, 수자원 관련 산학협동 연구 수행을 통한 물 재이용에 대한 인식을 제고하고자 함
 - 아그바르 워터, 카탈루냐 주립공대, 스페인 국립연구센터(CSIC)가 공동으로 설립
 - 물 재이용에 중점을 둔 가상적인 전문센터로서 실제 데이터를 수집하고 자동적으로 변환·계산하여 물 수요를 제시함

다. 호주

- 호주는 물 부족이 심각한 국가로 영토 내에 댐을 쌓을 정도의 큰 강이 거의 존재하지 않기 때문에 하천과 지하수 개발이 주된 물 관리 업무임
 - 그럼에도 호주는 연방국가인 관계로 실질적인 물 관리는 주정부에 의해 이루어지고 있고, 물 관리 법률도 주법의 차원에서 이루어짐
- 40여 년 전부터 호주는 하수를 폐기물이 아닌 자원으로 인식했으며, 하수의 재이용 확대를 위해 재이용수의 장점을 지역 및 이해관계자들에게 홍보하였고 재이용수의 이용이 경쟁력을 갖도록 먹는 물 가격을 올렸음
 - 호주의 1인당 연간 물 사용량은 1.3 ML(million liters)로 세계 3번째로 물 소비량이 높은 국가임(Water Recycling in Australia, 2006)
 - 이에 물 재이용에 따른 공중보건, 환경 및 사회적 영향에 대한 연구 프로그램을 실시해 왔고, 가이드라인을 제정하여 기술적으로나 사업적으로 많은 진전이 있었음
- 1992년 하수 재이용을 위한 적극적인 국가 수질관리전략 가이드라인(Australian National Water Quality Management Strategy guidelines)이 제정되었으며, 이 가이드라인은 호주 내 모든 주에서 채택돼 각 주의 환경법에 추가됨
 - 본 가이드라인은 신규 또는 업그레이드된 물 재이용 시설에 대해 다양한 지역단체 및 이해관계자의 지지가 있었음을 증명하기 위해 계획과정부터 지역단체들이 참여하도록 하였음
 - 호주 전체 재이용수는 2001년 166백만^m³ 이었으며, 2004 ~ 5년에는 NSW 주가 약 194백만 ^m³으로 가장 많은 물을 재이용하고 있고, 빅토리아주, 퀸즈랜드주는 각각 130백만^m³, 52백만^m³을 사용한 것으로 보고됨
- 특히 극심한 가뭄으로 물의 재이용 가치가 더 높아지면서 국가 물 계획(National water initiative)에 대한 정부간 협정을 지원하는 호주 정부협의회(Council of Australian Governments) 역시 이러한 변화를 지지했으며, 호주 내 주정부들은 도시 물 관련 시설들에 대한 재이용수 목표를 설정하기 시작하였음
 - 2009년 호주 정부는 재이용수의 용도를 더욱 다양화하고 공중보건에

대한 위해성을 최소화함으로써 더 많은 이용을 촉진시키기 위한 수단으로 국가 차원에서 물 재이용 가이드라인 개발에 자금을 지원

라. 싱가포르

- 싱가포르의 물 자급률은 60% 수준으로, 한 사람당 가용 수자원량은 연간 121 m³으로 세계 평균(6천383m³/년)의 53분의 1 수준에 불과함
 - 싱가포르는 만성적인 식수 부족 문제의 악조건을 극복하기 위해 1970년대부터 국가 차원에서 수자원 확보 방안을 연구하였음
 - 싱가포르는 물 관리 계획 측면에서 수요 감소를 위해 물 보존 방안 실천을 병행하는 한편 하수처리 재이용수를 공급 관망에 포함하는 ‘conserve and load’ 접근법을 실행하고 있으며, 이는 궁극적으로 물 자급화를 달성하기 위함임
 - 이와 같은 노력으로 1995년부터 2015년까지 싱가포르는 1인당 국내 물 소비량을 일일 172L에서 150L로 약 13%나 꾸준히 감소시켰으며, 이후 2020년까지 1인당 147L, 2030년까지 140L에 이르는 게 목표임
 - 싱가포르의 국립환경청인 PUB(Public Utilities Board)는 안정적이면서 효율적으로 물을 공급하기 위하여 수자원 관리와 물 절약을 촉진하면서, 싱가포르의 수자원 부족에 대응할 수 있는 다양한 수원을 활용하고 있으며, 지속가능한 개발을 위한 프로젝트와 이니셔티브 이행을 촉진하고 있음
 - PUB에서는 빗물 집수(20%), 말레이시아로부터 원수 수입(40%), 하수처리수 재이용(30%), 해수담수화(10%) 등 일명 ‘4가지 탭(Four Taps)’ 이라고 불리는 수자원 공급원을 개발하고 있음
- 이 중 주목해야 할 수자원 공급원은 하수 재처리 시스템인 뉴워터 플랜(NEWater Plan)임
 - “뉴워터(NEWater)” 는 “하수를 마실 수 있는 깨끗한 물로 재생하는 것” 을 의미하며 신생수라고도 불림
 - NEWater는 싱가포르 전체 물 수요의 30%를 담당하고 있으며,

2060년까지 물 수요의 50%를 공급하는 것을 목표로 하고 있음

- Bedok NEWater Factory Visitor Center 등 4개의 NEWater 공장에 일반인들을 대상으로 하수처리수 재이용의 과정을 전달하는 홍보관을 구축하는 등 성공적인 사례로, 많은 나라에서 벤치마킹하고 있음

마. 일본

- 일본에서는 우수와 재생수를 통칭해 잡용수라 하며, 잡용수는 주변에서 필요로 하는 물 중 화장실용수, 냉각·냉방용수, 살수용수 등 상수도 수준만큼 높은 수질을 요구하지 않는 비교적 낮은 수질의 물을 뜻¹⁷⁾
 - 현재 일본에서는 동경도와 오키나와현 등 14개 지방공공단체 7개 처리장에서 하수 재이용을 실시하고 있으며, 연간 140억8,000만m³의 하수처리수 중 1억 8,700만m³, 약 1.3% 정도를 재이용하고 있음
 - 그 중 약 60%가 조경용수나 하천유지용수 등 다양한 목적으로 이용되고 있음
- 일본에서는 물 관리에 있어서 각 부서별로 분산 관리하는 것을 기본으로 하고 있음
 - 그 중 국토교통성 산하의 토지수자원국과 하천국이 주된 업무를 담당하고 있음
 - 물 관리에 관한 기본법에 대한 논의를 여러 번 있었으나 아직까지 물 관리에 관한 기본법을 두지 못하고 있으며, 하천법이 그 역할을 수행하고 있음
- 일본 도쿄의 하수도국은 2003년부터 하수처리장 명칭을 “물재생센터”로 바꿔 사용하고 있으며, 이는 처리된 물을 재활용한다는 의미를 강조하기 위한 것임
 - 현재 도쿄에는 32개 구에 13개, 다마 지구에 7개 등 총 20개의 재생센터에서 물을 재활용하고 있음
- 물순환기본법(2014년)에서 가뭄지역 등 물 부족 지역의 물 재이용 확대를 권고하고 있으며, 하수도 정책에서는 가뭄 등 응급상황 시 물 재이용을

17) <http://www.jejunews.com>

의무화하고 있음

- 물 재이용에 따른 각 지자체별 자율제 또는 인센티브제는 없지만 보조금으로 50% 이내를 지급하고 있음
- 2018년도에는 하수의 재이용 활용방안 중 농업 분야에서 하수를 농업용수로 재이용하는 방안을 주요 안건으로 채택하였음
- 일본의 경우 국가 정책을 통해 공업용수의 재이용을 확대하고 있는데 대표적으로 일본 후쿠오카 재이용수 사용 계획 제출 의무화, 절수 추진 조례, 하수 처리 수 재이용 모델 사업 시행 요강 등이 있음
- 일본의 경우 국가 정책을 통해 공업용수의 재이용을 확대하고 있는데 대표적으로 “하수 처리 수 재이용 모델 사업 시행 요강” 등의 방안을 마련 후쿠오카 하수처리장 인근 내에 건축물을 신축하는 경우 하수 재생수 이용계획, 신청 등에 대해서 가이드라인을 제공하고 있음

바. 중국

- 중국은 급격한 도시화와 인구 성장으로 인해서 도시의 물 사용량이 2004년 5,550억 톤에서 2013년 6,180억 톤으로 증가하였으며, 2020년에는 도시화가 60% 이상 진행되어 물 이용의 한계점에 이를 것으로 예측됨
- 중국은 당 중앙과 국무원은 수자원 문제를 매우 중시하여 수자원을 양식, 석유와 함께 국가의 중요 전략자원으로 여기고 수자원을 지속적이고 효율적으로 이용하기 위한 일련의 방침과 정책을 수립하였음
- 1988년 중국 최초의 수자원관리기본법을 제정하였고, 2002년 수법을 개정하였으며 주요 내용은 다음과 같음
 - ① 수자원의 통일적 관리 및 합리적 이용
 - ② 용수절약을 최우선으로 하여 용수 효율성 향상
 - 총량관리와 정액관리를 결합한 취수허가제도와 수자원 유상 사용제도를 중점적으로 실시
 - ③ 수자원 계획 실시에 대한 감독관리 강화
 - 수자원의 거시적 관리 강화 및 수자원 계획의 법률적 사항을

명확히 구분

④ 수자원 개발과 이용 시 생태환경보호 중시

- 수자원과 인구, 경제발전과 생태환경과의 관계를 조화시키기 위한

⑤ 법적 행정 요구에 부응하고 법률적 책임 강화

- 또한 중앙정부는 물 가격 개혁, 물 소비 할당제도 시행 등 재이용을 향상을 위해 노력하고 있음
 - 세금 및 수수료 감면 등 재정적 지원을 하고 있으며, 폐수 재활용 정책을 장려하고 있음
 - 조경의 경우에는 재이용수를 우선적으로 이용하도록 하고 있으며, 농업은 폐수처리시설의 2차 처리수를 이용하도록 하고 있음
 - 중국의 환경부와 국가품질감독 검사검역총국은 폐수의 재생 및 재이용을 확대하기 위해 환경용수, 다목적 도시용수, 산업용수, 농지 관개용수, 녹지 관개 재이용 수질표준을 제정하였음
- 2015년에 ‘저영향 설계 및 개발의 성능평가 진단 척도’를 통해 수질 기준이 4등급보다 높은 수준인 도시의 경우 도시 내 폐수 재이용율을 20% 이상으로 규제하고 있음
- 하지만 국가적 차원에서 폐수 재생 및 재이용의 초기 단계에 있고, 도시 폐수 재이용 정책 및 규정에 대한 수용 속도가 느리며, 탄력성이 낮다는 점은 단점으로 지적됨
 - 지속 가능한 폐수 재이용을 위해서는 통합물관리체계, 폐수 재이용 프로그램 관련 지침 및 정당화 가능한 수질 기준의 수립이 절대적으로 필요함
 - 또한 재이용수의 제한된 상업적 개발, 대중 수용성, 이해당사자 간 협력 또한 폐수 재이용을 위해 직면하고 있는 중요한 과제임
- 경제개발에 따른 수질오염 가속화로 인해 수질개선을 목표로 2020년까지 수자원 및 생태계 오염물질을 엄격하게 통제하고, 수질 재활용을 촉진하여 ZLD 설치를 지원하고 있음

제 3절 용인시 물 재이용 현황 및 정책 분석

1. 용인시 상수도 및 주택 현황

가. 용인시 상수도 현황

□ 용인시의 상수도 보급현황은 다음과 같음

- 용인시의 급수인구는 1,085,461명으로 경기도 급수인구 13,794,012명의 약 7.9%에 해당하였으며, 급수량은 349,790 m³/일로 1일 1인 급수량은 322.3 L로 조사됨
- 용인시의 전체 급수인구 중 당해 수도사업자에 의한 공급받는 인구는 262,860명으로 급수인구의 24.2%에 불과했고, 나머지는 75.8%에 해당하는 822,601명은 타 수도사업자로부터 급수받고 있었음
- 또한 용인시의 지방 및 광역상수도의 상수도 보급률은 99.4%로 조사되었음

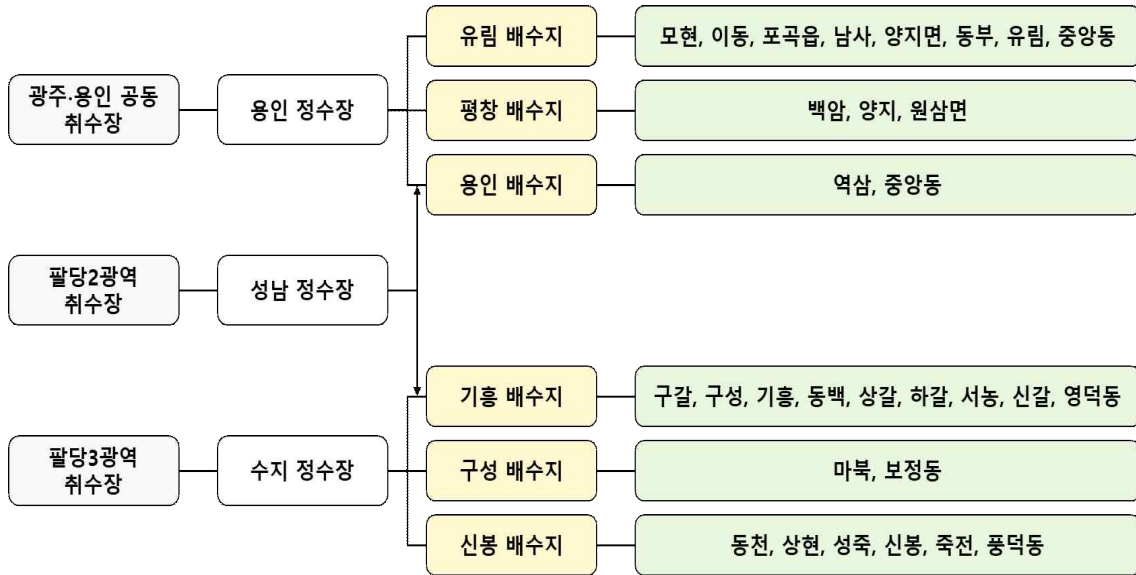
[표 14] 용인시 상수도 보급현황

2022년	총인구 (명)	급수인구 (명)	보급률 (%)	시설용량 (m ³ /일)	급수량 (m ³ /일)	1일1인당 급수량 (L)	급수전수 (개)
용인시	1,092,294	1,085,461	99.4	350,100	349,790	322.3	92,020

- 용인시는 마을상수도 1개소, 소규모 급수시설 1개소, 전용상수도 25개의 상수도시설이 있었으며, 전용상수도 1개소는 운휴 상태인 것으로 파악됨
 - 이들 시설로부터 공급되는 물의 양은 24,943 m³/일인 것으로 나타남
- 용인시에는 취수시설은 없는 것으로 파악되었고, 용인시에 공급되는 물은 광주·용인 공동취수장, 팔당2 광역취수장, 팔당3 광역취수장인 것으로 조사되었음([그림 5] 참조)
 - 또한 정수시설은 용인정수장, 성남정수장, 수지정수장을 활용하고 있으며, 용인정수장의 설계 시설용량은 100,000 m³/일이며, 광주와 성남, 수지에서

정수를 수입하여 공급하고 있는 것으로 조사됨

- 2022년 기준 광주로부터의 수입량은 97,008 m³, 성남 40,837,465 m³, 수지 56,128,399 m³인 것으로 조사됨
- 용인시의 상수도 공급 계통은 [그림 5]과 같음



[그림 5] 용인시의 상수도 공급 계통모식도 현황

출처: 한국수자원공사, 2020, 가뭄기초조사보고서

□ 상수도 용도별 사용량은 다음의 [표 15]와 같음

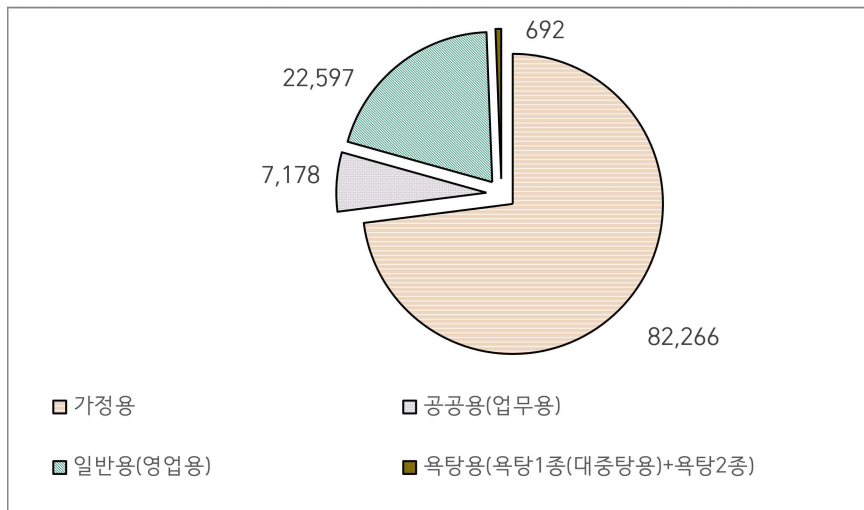
- 2022년의 통계자료를 보면, 용인시는 전체 정수 사용량 중 72.9%가 가정용으로 사용되어 대부분을 차지하였고, 일반영업용이 22.6%, 공공업무용 6.4%, 옥탕업 0.6%를 차지하는 것으로 나타남
- 결과적으로 가정용으로 소요되는 수량이 상대적으로 많기 때문에 이를 중수도로 활용하기 위한 방안 마련이 필요함

[표 15] 용인시 연도별 상수도 용수 사용량

(단위: 천 m³)

용도	2020년	2021년	2022년
가정용	82,530	83,864	82,266
공공용(업무용)	6,482	6,612	7,178
일반용(영업용)	20,799	21,324	22,597
욕탕용(욕탕1종(대중탕용)+욕탕2종)	816	529	692
합계	110,627	112,329	112,733

출처: 용인시 기본통계 (2020~2022)



[그림 6] 2022년 용인시 용도별 상수 사용량

- 용인시의 상수도 이용에 대한 구경별 손료표 및 상수도 사용료 효율표는 다음의 [표 16]와 같음
 - 상수도 요금은 상수도 구경별 정액요금으로 부과되는 요금과 업종 및 사용량에 따라 사용료 효율을 적용하여 부과되는 금액으로 산정됨
 - 또한 용인시 물이용 부담금은 업종에 관계없이 사용량에 170원이 곱하여 산정되고 있음
 - 결과적으로 상수도 사용량은 계량기 구경에 따른 정액요금과 상수도 사용에 따른 효율, 물이용부담금을 합산하여 산정됨
- 참고로 하수도 효율표도 [표 17]에 같이 제시하였음

[표 16] 용인시 상수도 구경별 손료표 및 상수도 사용료 요율표

상수도 구경별 정액요금		상수도 사용료 요율표		
계량기구경별 (m.m)	요금(원)	업종	사용량(톤)	요금(원)
13	1,200	가정용	1~20	400
20	1,600		21~30	550
25	1,900		31 이상	840
32	2,600	업무용	1~50	640
40	2,800		51~100	790
50	4,100		101~300	950
80	15,700		301~500	1,120
100	20,900		501 이상	1,210
150	31,400	영업용	1~50	650
200	38,900		51~100	920
250	80,700		101~300	1,210
300	91,200		301~500	1,380
350	164,000		501 이상	1,460
400	189,000	대중탕용	1~500	640
500	278,000		501~1,000	1,020
600	349,800		1,001~1,500	1,060
-	-		1,501 이상	1,100

용인시 물이용부담금 : 톤(m³)당 170원

[표 17] 용인시 하수도 요금표

업종	사용요금	하수도 사용료 요금표	
	사용구분(m ³)	처리구역 단가(원)	배수구역 단가(원) [2018년 7월 고지분부터 폐지]
가정용	1 ~ 20	520	350
	21 ~ 30	810	510
	31 이상	1,180	860
업무용	1 ~ 50	660	420
	51 ~ 100	1,030	700
	101 ~ 300	1,430	990
	301 ~ 500	1,560	1,050
	501 이상	1,620	1,120
영업용	1 ~ 50	680	460
	51 ~ 100	1,110	770
	101 ~ 300	1,450	1,100
	301 ~ 500	1,590	1,210
	501 이상	1,640	1,240
대중탕용	1 ~ 500	710	410
	501 ~ 1,000	750	430
	1,001 ~ 1,500	880	490
	1,501 이상	1,010	620

출처: 용인특례시(2024) “상하수도사용료 요금표”

□ 용인시 업종별 수돗물 사용량에 따른 수도요금 부과량은 2022년을 기준으로 가정용이 351,121,127원이었으며, 이는 전체 부과량의 50.5%에

해당하는 것으로 나타났음

- 다음으로는 일반용(영업용)으로 38.6%에 해당하며, 나머지는 공공용(업무용), 욕탕1종의 순으로 조사됨

[표 18] 용인시 업종별 수도물 사용량 및 부과량 분석 (년도 : 2022년)

용인시	가정용	공공용 (업무용)	일반용 (영업용)	욕탕1종 (대중탕용)
부과액 (천원)	35,121,127	6,905,741	26,832,992	683,523
부과량 (m ³)	82,266,129	7,178,377	22,596,565	691,670
평균단가 (원/m ³)	426.92	962.02	1,187.48	988.22
최초 1m ³ 요금 (원/m ³)	400	640	650	640
총 부과액 (천원)	69,543,383			
총 부과량 (m ³)	112,732,741			
평균단가 (원/m ³)	616.89			

자료 : 통계청(2022) “경기도 상수도 보급현황”

나. 용인시 주택 현황

- 용인시 주택현황과 보급률을 보면, 2020년부터 2022년까지 꾸준히 증가하고 있는 것으로 조사되었으나, 주택보급률은 오히려 감소한 것으로 나타나 용인시 인구의 증가에 따른 결과로 판단됨
- 용인시의 주택현황 자료를 보면, 총 주택수 435,696호 중 아파트가 2022년 기준으로 274,840호인 것으로 조사되어 약 50% 이상을 차지하는 것으로 나타남
 - 다음으로는 단독주택이 65,030호, 비거주 건물 내 주택 46,874호의 순으로 많았음
 - 그 외 다가구주택과 다세대주의 순이었으며, 연립주택이 가장 적은 11,699호인 것으로 나타남
- 용인시의 주택보급률은 일반가구수보다 주택수가 많아 이미 100%를 초과한 것으로 조사됨

[표 19] 용인시 주택현황 및 보급율

행정구역	주택현황별(1)	주택현황별(2)	2020년	2021년	2022년
용인시	일반가구수 (A) (가구)	소계	420,519	429,492	432,151
	주택수 (B) (호)	소계	425,117	430,193	435,696
		단독주택	63,639	64,381	65,030
		다가구주택	38,362	38,548	38,835
		아파트	270,576	273,105	274,840
		연립주택	11,421	11,453	11,699
		다세대주택	34,920	35,874	37,253
		비거주용 건물 내 주택	44,561	45,380	46,874
	주택보급률(% (B/A)*100)	소계	101.1	100.2	100.8

□ 용인시 처인구, 기흥구, 수지구의 분양 및 임대아파트 현황은 [표 20]에
참고로 제시하였음

○ 결과적으로 세대수 및 단지수는 기흥구가 가장 많았고, 처인구가 가장
적었던 것으로 조사됨

[표 20] 용인시 관내 분양 및 임대아파트 현황

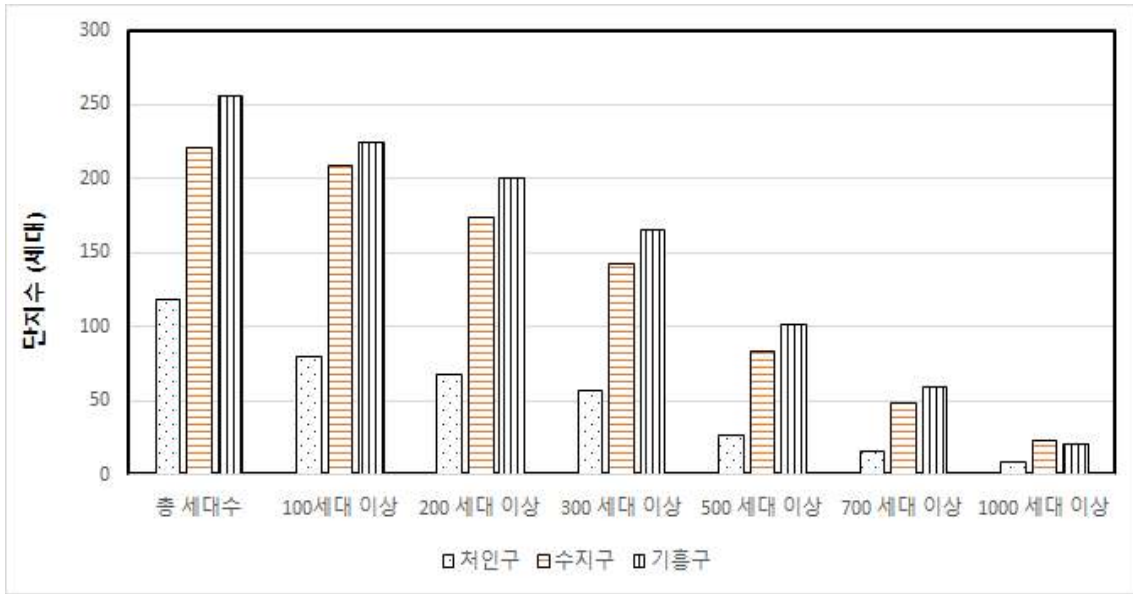
	합계		분양		임대 아파트	
	단지수	세대수	단지수	세대수	단지수	세대수
합 계	595	291,388	564	271,241	31	20,147
처인구	118	47,752	113	45,634	5	2,118
기흥구	256	129,538	237	114,296	19	15,242
수지구	221	114,098	214	111,311	7	2,787

자료 : 용인특례시(2024) “주택현황 및 보급률”

- 본 연구는 공동주택의 중수도시설 보급 확대를 위한 것이므로 실질적으로 중요한 주택의 형태는 아파트임
- 이는 중수도를 보급하고 물 재이용을 위해서는 일정 규모 이상이 되어야 경제적인 측면에서 유리하고 운영적 측면에서 안정적으로 유지될 수 있기 때문임
- 이러한 측면에서 공동주택의 중수도 보급은 자연스럽게 아파트가 주요 대상이 될 수밖에 없으며, 이에 아파트의 세대별 아파트 단지를 조사하여 다음의 [표 21] 및 [그림 7]에 제시하였음
- 총 세대수는 용인시 기흥구가 가장 많았고, 처인구가 가장 적었던 것으로 조사되었음
 - 기흥구는 일정 규모 이상 세대수에서도 가장 많았던 것으로 조사됨
- 세대수에 따른 단지수 현황을 보면, 300세대로 구성된 단지가 153개 단지로 가장 많았으며, 1,000세대 이상은 52개 단지로 가장 적었음

[표 21] 용인시 내 아파트 세대수 크기에 따른 단지수 현황

구분	처인구	수지구	기흥구	합계
총세대수	118	221	256	595
100세대 미만	38	12	32	82
100세대 이상	13	35	24	72
200세대 이상	10	32	35	77
300세대 이상	30	59	64	153
500세대 이상	22	35	42	88
700세대 이상	7	25	39	71
1,000세대 이상	9	23	20	52



[그림 7] 용인시 아파트 대상 세대수에 따른 단지수 현황

2. 용인시 물 재이용 관련 계획

□ 용인시 물 수요관리 시행계획(2013)

- 용인시는 경기도 물 수요관리 종합계획(2012)에 맞춰 용인시의 물 부족 문제를 사전에 예방하고자 용인시 물 수요관리 시행계획을 수립하였음
 - 수립 배경으로는 ① 공급 중심의 수자원 정책의 지속적 추진 어려움, ② 물의 효율적 사용 및 관리의 필요성, ③ 수요관리를 통한 에너지 절약 정책 수립 등임
 - 이는 기존 수도시설의 양적인 확대 중심의 정책에서 벗어나 적절한 수요관리를 통해 수자원의 효율적 이용과 합리적인 재원 운용으로 지속가능한 수자원 관리를 위한 것임
- 기준연도는 2012년이며, 목표연도는 2015년까지로 4년임
 - 본 계획을 통해 지역적 특성을 고려한 물 절약 목표를 설정하였고, 지역개발에 따른 상수도 확충계획과 연계, 경제적이고 적용가능한 절수 정책 수단 결정, 효율적인 사업추진 체계 및 재원 조달 방안 도출을 기본 방향으로 하였음
- 물 수요량 감소 대책으로는 ① 노후관 교체, ② Block System 구축, ③

계량기 실태 및 개량, ④ 중수도 보급, ⑤ 절수기 보급, ⑥ 빗물이용시설 설치, ⑦ 하폐수처리수 이용, ⑧ 수도요금 체계로 구분됨

○ 이에 따른 용인시의 연도별 절감 목표량은 다음의 [표 22]와 같음

- 이때는 수요 절감을 주요 목적으로 계획되었기 때문에 주로 유수율 제고 및 절수 중심으로 계획이 수립된 것으로 사료됨
- 아래의 시설별 절감 목표량에 나타나지는 않았지만, 소요사업비 산정 결과에서는 중수도 3억4,000만원, 빗물이용시설 2억원이 산정되었음
 - 중수도는 시행 주체인 민간에서 비용을 부담하는 것으로 계획되어 절감 목표량이 제시되지 않은 것으로 사료되며, 빗물이용시설은 시비에서 부담하는 것으로 계획됨
 - 이때 하·폐수처리시설의 재이용 계획은 포함되어 있지 않았음

[표 22] 물 수요관리 시행계획에 따른 연도별 물 절감 목표량

구분	2012년		2013년		2014년		2015년	
	절감량 (m ³ /일)	l pcd	절감량 (m ³ /일)	l pcd	절감량 (m ³ /일)	l pcd	절감량 (m ³ /일)	l pcd
총절감량	1,134	1.280	2,007	2.118	2,726	2.779	3,587	3.538
유수율 제고	675	0.738	1,016	1.072	1,239	1.263	1,605	1.583
중수도	-	-	-	-	-	-	-	-
절수설비	459	0.542	991	1.046	1,487	1.516	1,982	1.955
빗물이용시설	-	-	-	-	-	-	-	-
하폐수처리시설	-	-	-	-	-	-	-	-
수도요금현실화율	-	-	-	-	-	-	-	-

□ 용인시 수도정비기본계획(2017)

- 2017년 용인시는 수도정비기본계획을 수립하였으며, 이는 지역 주민들에게 깨끗하고 안전한 수돗물을 안정적으로 공급하기 위함임
 - 본 수도정비기본계획에는 안정적인 수돗물 공급을 위해 합리적인 규모 결정으로 장기적인 시설 확충과 정비계획 마련, 먹는 물의 안전성 확보와 주민에 대한 신뢰성 제고를 위한 수질관리 계획, 당면 과제인 경영개선 계획과 용인시 재정 여건에 맞는 상수도 운영관리 개선계획 수립 및 시행 등을 목적으로 하고 있음
 - 본 계획의 내용에서 상수도 수요관리계획은 물 수요관리 종합계획의 내용을 반영하고 있음

□ 용인시 물 재이용 관리계획(2022)

- 환경부의 “제2차 물 재이용 기본계획” 이 수립됨에 따라 용인시의 물 재이용 정책을 진단, 평가하고 변화된 사회 여건, 전망 등을 반영하여 용인시의 물 재이용 활성화를 위한 구체적이고 실체적인 행동 방향과 방침을 확보할 목적으로 “용인시 물 재이용 관리계획” 을 수립하였음
 - 용인시 물 재이용 관리계획은 2024년 환경부로부터 최종 승인을 받았음
- 계획은 2021년부터 2030년까지 10년 동안 주로 빗물이용시설과 중수도시설, 하·폐수 처리수 재이용시설 등의 활용에 관한 것임
- 계획의 내용을 보면, 2020년에 292,000 m³에 달했던 연간 물 재이용 목표량을 2030년까지 75,801,000 m³으로 상향 조정했으며, 이 중 빗물이용시설은 2020년 289,000 m³에서 2030년 581,000 m³으로 늘리고, 하수처리수는 16,587,000 m³에서 30,274,000 m³으로, 중수도는 3,216,000 m³에서 3,847,000 m³으로 각각 상향하는 것으로 물 재이용 목표를 재설정하였음

[표 23] 용인시 계획 단계별 물 재이용 총 목표량

(단위: 천 m³/년)

구분	기준연도	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계	
목표년도	2020년	2022년	2024년	2026년	2028년	2030년	
계	20,092	20,293	22,400	71,149	72,873	75,801	
빗물이용시설	289	292	449	501	581	581	
중수도	3,216	3,350	3,374	3,847	3,847	3,847	
하수 처리 수	소계	16,587	16,651	18,577	25,702	27,346	30,274
	장내	6,398	6,398	6,398	11,407	12,539	13,634
	장외	10,189	10,253	12,179	14,295	14,807	16,640
폐수처리수	-	-	-	41,099	41,099	41,099	

○ 각 재이용수에 따른 설치목표량 산정 결과 및 단계별 목표량은 다음과 같음

- 빗물이용시설

- 빗물이용시설은 건축물의 지붕면 등에 내린 빗물을 모아 용수로 이용하기 위한 것으로, 강우 시 비교적 양질의 우수를 모아 대체 용수로 활용함
- 빗물이용시설은 시설의 설치 및 운영 등에 제한적 요인이 많지 않고, 비교적 양질의 우수를 손쉽게 확보할 수 있어 적용성이 양호한 장점 등이 있음
- 하지만 빗물은 기후의 영향을 받을 수밖에 없기 때문에 공급적인 측면에서 불확실성을 내포하고 있고, 시설의 위치 및 규모, 용도 등에 따라 충분한 용수 확보에 어려움이 있는 단점을 가지고 있음
- 용인시의 빗물이용시설 설치목표량을 보면, 2단계 기간에 집중적으로

설치되는 것으로 나타났고, 의무 및 비의무 시설 모두 공동주택이나 학교시설에 집중되는 경향을 보였음

- 용인시의 단계별 빗물이용시설에 대한 목표량은 2020년 기준년도의 289,190 m³/년 대비 580,860 m³/년으로 약 2배 증가하는 것으로 나타남

[표 24] 용인시 빗물이용시설 설치목표량 산정 결과 (단위: m³)

구분	현재	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계	합계	
	2020	2022	2024	2026	2028	2030		
의무	체육시설	-	-	234	-	125	-	359
	공공청사	-	129	143	-	-	-	272
	공동주택	-	-	3,480	-	-	-	3,480
	학교시설	-	-	649	285	-	-	934
	대규모점포	109	-	-	61	-	-	61
	기타 시설	-	-	-	-	-	-	-
비의무	체육시설	-	-	-	-	-	-	-
	공공청사	-	-	-	-	-	-	-
	공동주택	-	-	962	377	-	-	1,339
	학교시설	114	-	-	2,743	-	-	2,743
	대규모점포	-	-	-	-	-	-	-
	기타 시설	-	-	1,758	-	-	-	1,758
합계	223	129	7,226	3,472	125	-	11,175	

[표 25] 용인시 단계별 빗물이용시설 목표량

(단위: 천m³/년)

구분		기준연도	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
		2020	2022	2024	2026	2028	2030
의무	체육시설	23.08	23.08	26.630	26.63	28.52	28.52
	공공청사	11.58	13.54	15.71	15.71	15.71	15.71
	공동주택	92.36	92.36	145.13	145.13	145.13	145.13
	학교	-	-	9.85	14.16	14.16	14.16
	골프장	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25
	대규모점포	80.46	80.46	80.46	81.47	81.47	81.47
비의무	-	78.47	78.47	119.71	167.02	167.02	167.02
빗물 재이용 시스템	플랫폼시티	-	-	-	-	77.56	77.56
	반도체 클러스터	-	-	46.78	46.78	46.78	46.78
	성북1 근린공원	-	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
	용인실내 체육관	-	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
합계		289.19	292.41	448.77	501.41	580.86	580.86

- 중수도시설

- 중수도 시설은 개별 시설물이나 개발사업 등으로 조성되는 지역에서 발생하는 오수를 공공하수도로 배출하지 않고 재이용할 수 있도록 개별적 또는 지역적으로 처리하는 시설을 말함
- 따라서 중수도는 물의 수요와 공급이 같은 장소에서 일어나기 때문에 편리하고 안정적으로 수량을 확보할 수 있다는 장점이 있으며, 다량의 재이용수를 수요자 근접지에서 제공하므로 규모의 경제성을 확보할 수 있으며, 직접적인 수질정화시설을 거쳐

- 공급되므로 수질 안전성을 확보할 수 있는 장점이 있음
- 하지만 중수도는 고농도와 저농도의 배출관을 별도로 만들어야 하므로 기존 이들 관이 분리되어 있지 않으면 적용이 어렵거나 별도의 추가 비용이 발생되고, 이용자의 하수처리수라는 선입관에 따른 불신과 수질개선 비용 및 운전관리 비용이 소요되는 경제성 문제가 있음
 - 중수도에 대한 용인시의 설치목표량은 의무 대상인 물류/운수시설과 비의무 대상인 기타 시설에 집중되어 있으며, 특히 의무 대상의 물류/운수사업이 3단계인 2026년에 2,168 m³으로 크게 증가하는 것으로 나타남
 - 중수도 재이용시설은 2001년 수도법에서부터 의무화가 추진되어 기준연도의 재이용수량이 3,216,300 m³/년으로 빗물이용시설 대비 많았지만, 본 계획에서는 2030년 목표량이 3,846,500 m³/년으로 약 1.2배 증가하는데 그침

[표 26] 용인시 중수도시설 설치목표량 산정 결과 (단위: m³)

구분		1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
		2022	2024	2026	2028	2030
의무	개발사업	536	-	-	-	-
	업무시설	-	-	40	-	-
	물류/운수시설	5	54	1,728	-	-
비의무	기타시설	70.0	53	400	-	-
소계		611	107	2,168	-	-
합계		2,886				

[표 27] 용인시 단계별 중수도 재이용수 목표량

(단위: 천 m³/년)

구분		기준연도	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
		2020	2022	2024	2026	2028	2030
의무	기존시설	273.0	273.0	273.0	273.0	273.0	273.0
	계획시설	-	-	130.2	515.6	515.6	515.6
비의무	기존시설	2,943.4	2,943.4	2,943.4	2,943.4	2,943.4	2,943.4
	계획시설	-	-	26.9	114.5	114.5	114.5
소계		3,216.3	3,350.0	3,373.5	3,846.5	3,846.5	3,846.5

- 하폐수처리시설

- 하폐수처리시설은 하수 또는 폐수를 처리하는 시설을 말하며, 재이용시설은 이러한 물을 재이용할 수 있도록 처리하는 시설과 그 부속시설, 공급관로를 말함
- 하폐수처리시설은 가정이나 공장 등에서 이용되고 버려진 물을 처리하는 시설로 비교적 일정한 수량이 발생되므로 이를 재처리하여 용수로 활용할 경우 안정적인 용수 확보가 가능하기 때문에 일찍부터 물 부족 문제를 해결하기 위한 대안으로 부각됨
- 즉, 이들 시설은 안정적인 대체 수자원으로 활용할 수 있고, 처리장의 오염부하량 감소 및 재활용에 따른 사회, 경제적 비용절감효과가 있으나, 용도에 맞게 추가적인 수처리기술이 적용되어야 하고, 근접지에서 적절한 용도로 활용할 수 있는 수요처를 확보하기 어렵다는 단점이 있음
- 용인시의 경우 총 하수처리량 대비 재이용율은 14.8%로 법적 기준 10%를 상회하는 재이용율을 보이고 있지만, 대부분 하천유지용수로 활용되거나 일부 조경용수 및 공업용수로 활용되고 있으며, 그 외 장내 용수로 활용되고 있음
- 하수처리수에 대한 재이용수량은 기준년도(2020년)의 전체 재이용수량

16,586,000 m³/년에서 목표연도인 2030년에 30,274,000 m³/년으로 약 1.8배 증가하는 것으로 나타남

- 중수도의 이용수량은 상대적으로 적지는 않지만 증가율로 볼 때 가장 낮은 약 1.2배로, 빗물이용시설의 약 2배, 하수처리수 재이용의 1.8배 보다 낮았음
 - 이는 중수도 재이용 시설의 의무시설 범위가 작아 적절한 적용 대상사업이 적고, 비의무시설의 경우 경제성에 기반한 비용 상승으로 설치에 부정적인 영향도 있었을 것으로 사료됨

[표 28] 용인시 단계별 하수처리수 재이용수 목표량 (단위: 천m³/년)

구분	2020	2022	2024	2026	2028	2030
총하수처리량	112,346	116,815	121,284	124,128	136,662	137,881
공업용수	1,532	-	365	-	-	-
농업용수	-	-	730	-	-	-
조경용수	2,861	-	256	-	-	-
도시재이용수	-	65	71	379	169	169
하천유지용수	5,782	-	504	596	343	533
기타	13	-	-	1,140	-	219
장외 재이용(누적)	10,189	10,253	12,179	14,295	14,807	16,640
장내 재이용(누적)	6,398	6,398	6,398	11,407	12,539	13,634
전체 재이용(누적)	16,586	16,651	18,577	25,703	27,345	30,274
전체 재이용율*	14.8%	14.3%	15.3%	20.7%	20.0%	22.0%
장외 재이용율	9.1%	8.8%	10.0%	11.5%	10.8%	12.1%

* 전체 재이용율 = (장내 + 장외 재이용량)/총하수처리량

3. 용인시 물 재이용 관련 정책

가. 용인시 조례 내용 및 검토

- 용인시는 물의 재이용 촉진 및 지원을 위하여 2014년에 조례로 제정하였고, 2017년 일부 개정하여 유지해 오고 있음
- 용인시 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 조례”는 빗물이용시설의 설치·관리, 중수도의 설치·관리, 하·폐수 처리수 재처리수 공급에 대한 내용, 재정지원 및 상수도 요금 감면 등의 내용이 포함되어 있음
 - 제3조(물 재이용 관리계획의 수립)
 - 제10조(빗물이용시설의 설치·관리)
 - 권장 기준: 지붕면적 1천 제곱미터 이상인 시설물
 - 제11조(중수도의 설치·관리)
 - 권장 기준: 연면적 6만 제곱미터 이상인 시설물
 - 제12조(하폐수처리수 재처리수 공급)
 - 권장 기준: 1일 하수처리 용량이 5천 세제곱미터 이상인 처리시설로 1일 처리량의 100분의 10 이상
 - 제13조(물 재이용 촉진 등)
 - 시범사업 발굴 및 사업비의 전부 또는 일부 보조
 - 교육·홍보 확대를 시민들이 자발적 참여 및 실천
 - 제14조(재정지원 등)
 - 물 재이용시설 설치자에게 필요 비용의 일부를 보조 또는 융자
 - 제15조(수도요금 또는 하수도 사용료의 감면)
 - 재이용수 사용량에 대해 상수도 사용량의 10% 범위에서 수도 요금 감면
 - 재이용수 관련 하수도 사용료 감면 실시 (감면 비율은 다음의 표와 같음)

[표 29] 용인시 하수도 사용료 감면 비율

구분	감면비율(%)
가정용	65
업무용	50
영업용	10
대중탕용	10

주) 감면비율은 공공하수도사용료를 기준으로 감면하는 금액의 비율을 말함

- 용인시 조례를 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률” 과 경기도의 조례를 대상으로 각 물 재이용시설 설치 대상 및 내용을 토대로 비교해 보았음
- 빗물이용시설의 경우 법률 제8조와 시행령에 제10조 제1항 및 제2항에 설치 대상이 명확히 제시되어 있으며, 법적으로 설치되어야 함이 명시되어 있음
 - 경기도의 경우에는 빗물이용 시설에 대한 별도의 내용이 없어 법률을 따라야 하는 것으로 판단되며, 용인시는 법률 시행규칙 제4조에 따라 신축, 증축, 개축, 재축하는 경우 지붕면적 1천 제곱미터 이상이 경우 시설 설치를 권장할 수 있도록 하였음
 - 결과적으로 경기도 및 용인시의 경우에는 물 재이용법에 따라 빗물이용시설 설치를 따르는 것으로 판단됨
- 중수도의 경우에는 법률 제9조에 대상을 제시하였고, 구체적인 시설물의 기준은 시행령 제11조에 구체적으로 명시하였음
 - 시행령에서는 중수도시설을 설치해야 하는 대상 시설물의 규모를 연면적 6만 제곱미터 이상으로 하였음
 - 경기도 조례에서 중수도시설에 대한 시설물 규모는 정부에서 제시한 6만 제곱미터보다 작은 3만 제곱미터로 하였으며, 이러한 시설물에 대해서는 권장할 수 있도록 하였음
 - 용인시 조례에서는 다시 시행령과 같은 6만 제곱미터 이상의 시설물에

대해서는 권장할 수 있도록 규정되어 있음

- 하수처리수의 재이용 공급 대상 시설은 시행령에서 1일 하수처리용량 5천 세제곱미터 이상인 처리시설을 대상으로 하고 있으나, 경기도 조례에는 별도의 내용이 없는 것으로 조사됨
 - 용인시의 경우 이에 대한 별도의 내용이 없었고, 하·폐수처리수 재이용수 공급협약 내용만 포함되어 있었음
- 전반적으로 용인시는 물 재이용법을 준용하여 조례가 만들어진 것으로 보이며, 중수도의 경우에는 권장하는 시설물의 규모가 경기도보다 높아 공동주택의 적용 범위가 낮은 것으로 판단됨

[표 30] 물 재이용시설 설치대상에 대한 법 및 조례 비교

구분	물 재이용법	경기도 조례	용인시 조례
빗물이용 시설 설치 대상	- 법률 제8조와 시행령 제10조 제1항 및 제2항의 각 호에 구체적인 시설별 설치 기준이 제시되어 있음	- 별도 내용 없음	- 법 시행규칙 제4조에 따른 빗물이용시설의 기준을 만족하는 지붕 면적이 1천 제곱미터 이상인 시설물에 권장
중수도 시설의 설치 대상	- 법률 제9조 및 시행령 제11조 제1항 및 제2항에 연면적 6만 제곱미터 이상으로 대상 시설들이 제시됨 - 또한 시행령 제2항의 제7호에 지방자치단체가 물 재이용을 위해 필요하다고 인정하는 경우 조례로 정하여 설치할 수 있도록 하였음	- 제4조(중수도의 설치·관리)에 연면적 3만 제곱미터 이상인 시설물로 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행령 제11조 제2항에 해당하는 경우 시설의 설치 권장	- 제5조(중수도의 권고 및 설치 확인)에 연면적 6만 제곱미터 이상인 시설물에 권장 (법 제9조에 해당하는 시설 제외)
하수 처리수 설치 대상	- 시행령 제12조에 1일 하수처리용량 5천 세제곱미터 이상인 처리시설로 규정하였음	- 별도 내용 없음	제6조(하·폐수처리수 재이용수 공급협약 등) 내용만 포함됨

나. 경기도 내 30개 시군의 조례 내용 검토 및 비교

□ 경기도 내 모든 31개 시군은 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 조례가 있는 것으로 조사되었으며, 각 시군별 내용은 다음과 같음

○ 고양시

- 제5조(빗물이용시설의 설치·관리)의 규정 외에도 제5조의2에(빗물 저류 시설 및 빗물침투시설의 설치·권고) 조항이 추가되어 있음
- 또한 제6조(중수도의 설치·관리)에서는 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행령” 제11조 제2항 제1호부터 제6호까지의 시설물에 대해서는 1만 제곱미터 이상인 건축물을 설치하는 자에 대해서도 중수도 시설 설치 조항을 제시하였음
- 또한 제7조(하수처리수 재처리수 공급)에서는 재처리수 공급단가를 전년도 결산 기준 공공하수도 사용료의 37%를 감한 금액으로 규정하여, 용인시의 재처리수 공급에 드는 총괄 원가를 보상하는 수준에서 결정한다는 규정보다 명확함
- 제14조(재정지원 등)의 부분에 있어서는 고양시의 경우 총사업비의 100분의 90 이내로 하되 지원금의 상한액을 1,000만원으로 한정하였음
- 재이용수 사용에 따른 수도요금 감면 혜택은 100분의 90이며, 기간은 15년으로 한정하였음

○ 과천시

- 제4조(중수도의 설치 의무 및 권장 대상)에서 연면적이 6만 제곱미터 이상인 시설 외에도 문화 및 집회시설은 3만 제곱미터 이상, 운수시설, 의료시설, 업무시설 등에 대해서는 5만 제곱미터 이상인 경우 중수도 시설 설치를 권장할 수 있다는 내용이 별도로 추가되어 있음
- 제6조(수도요금 또는 하수도 사용료 감면 등) 제4항에는 의무 및 권장 대상 이하의 소규모 시설이라도 설치하여 사용하는 경우 제1항의 규정에 따라 수도요금 또는 하수도 사용료를 감면받을 수 있는 내용이 포함됨

○ 광명시

- 제5조(중수도의 설치·관리)에서 연면적이 6만 제곱미터 이상인 시설 외에도 시장은 연면적 3만 제곱미터 이상인 건축물을 신축(증축·개축·재축하는 경우 포함)하는 자에게 중수도의 설치·운영을 권장할 수 있다고 규정함
- 다만 광명시의 경우에는 하·폐수처리수에 대한 내용은 없었음
- 수도요금의 감면 혜택은 가정용의 경우 빗물 사용량에 해당하는 요금의 65%, 일반용은 40%, 대중탕용은 20%로 정하였음

○ 광주시

- 대부분의 내용에 큰 차이가 없는 것으로 조사됨

○ 구리시

- 구리시도 각 세부적인 재이용수 처리시설 설치 기준에 대한 내용 및 시설기준에 대하여 구체적인 내용을 적시하고 있는 것으로 조사됨
- 제5조(빗물이용시설의 설치 및 권고대상) 제2항에 시에서 설치하는 공공건축물 및 공공시설, 대단위 개발계획에 따른 300세대 이상의 공동주택 건설사업, 급수구경 80 밀리미터 이상 또는 건축 연면적 1만 제곱미터 이상의 건축물, 그 밖의 빗물이용시설의 설치·관리가 용이하고, 잡용수의 사용이 많은 시설물 및 건축물에 대해서는 적극적인 권고 조항이 포함되어 있음
- 제8조(중수도의 설치 및 권고대상) 제4항에서는 연면적 1만 제곱미터 이상인 건축물을 설치하는 자에게 시장이 설치·운영을 권고할 수 있으며, 또한 물 공급사정을 고려하여 특별히 인정되는 건축물 또는 시설물에 대해서 제4항 규정에 관계없이 중수도 설치를 권고하고 있음

○ 군포시

- 제6조(재정지원 등) 제2항에서는 비의무 대상시설에 한하여 재이용수 시설 총사업비의 50% 이내에서 지원하되, 지원금은 1회 한하여 500만원 이내로 지원할 수 있도록 규정함

○ 김포시

- 제4조(중수도의 권고 및 설치 확인) 제1항 제2호에서 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행령” 제11조제2항제1호부터 6호까지의 시설물 중 연면적 1만 제곱미터에서 6만 제곱미터 미만인 시설물을 신축하거나, 증축·개축 또는 재축하는 연면적이 1만 제곱미터에서 6만 제곱미터 미만인 시설에 대해서도 중수도 설치를 권고할 수 있도록 함
- 남양주시
 - 대부분의 내용에 큰 차이가 없는 것으로 조사됨
- 동두천시
 - 대부분의 내용에 큰 차이가 없으나 설치 및 관리 부분에서 보다 세부적인 내용이 추가되어 있음
- 부천시
 - 부천시의 경우에는 재이용시설별 설치 및 운영 등에 대한 내용이 포함되어 있지 않지만, 제5조(빗물이용시설·중수도 시설의 설치 및 운영 권장)에서 시장은 수돗물 공급 사정을 감안하여 특별히 필요하다고 인정될 경우 법 제8조 및 제9조에 따른 빗물이용시설·중수도 이용 대상 이외의 시설에 빗물이용시설 또는 중수도 시설의 설치·운영을 권장할 수 있도록 하였음
 - 재이용시설 별 설치 및 운영 등의 내용은 별도의 조례를 준용하여 활용
 - 또한 다른 시군과 달리 제6조(재처리수 급수공사 등), 제7조(재처리수 급수공사 등의 다른 조례의 준용) 등의 내용이 포함되어 있음
- 성남시
 - 성남시도 대부분의 내용에는 큰 차이가 없었으나, 재이용시설별 설치 및 운영 등의 구체적 내용은 제시되어 있지 않으며, 부천시와 마찬가지로 별도의 조례를 준용하여 활용하는 것으로 보임
- 수원시
 - 수원시에는 다른 시군과 달리 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 조례”가 별도로 없으며, “물순환 관리에 관한 조례”에 포함되어

있었음

- 제10조(빗물이용시설의 설치 대상·관리)에서 빗물이용시설 설치 대상의 규모는 별도의 규정이 없었으며, 다만, 법 제8조에 따라 설치하는 의무시설은 제외함
- 제15조(재정지원)제1항에서는 수도요금 또는 하수도사용료 경감외에 건축물 용적률 기준 완화와 빗물포인트 지급 등이 포함되어 있으며, 제2항에서는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에 예산의 범위에서 설치비를 지원할 수 있도록 하였음
 - ① 기존의 주택에 빗물이용시설을 설치하는 경우
 - ② 건축물 등에 빗물이용시설을 설치하여 용수의 자급률이 50퍼센트 이상인 경우
 - ③ 빗물을 주제로 특색 있는 건축물을 조성하는 경우. 단, 이 경우 시에서 홍보용으로 활용할 수 있도록 동의하여야 함
 - ④ 그 밖에 위원회에서 지원이 필요하다고 심의한 경우

○ 시흥시

- 이 조례가 재정되면서 시흥시 빗물이용시설 설치에 관한 조례 및 시흥시 중수도 설치 및 운영에 관한 조례는 폐지된 것으로 조사됨
- 조례가 간단히 정리되어 있으며 대부분 국가의 물 재이용법을 따르는 것으로 보이며, 법률 제9조제1항제7호 및 시행령 제11조제2항제7호에 따라 특별히 필요하다고 인정될 경우 중수도 이용 대상 이외의 시설에 중수도 설치·운영을 권장할 수 있다고 규정하고 있음

○ 안산시

- 안산시의 물 재이용 관련 조례는 총 9개의 조로 간단히 구성되어 있으며, 대부분 국가 물 재이용법을 준용한 것으로 보임

○ 안성시

- 별다른 차별성은 없으며 조례 내용이 간단함

○ 안양시

- 용인시와 대체로 큰 차이가 없는 것으로 보이며, 다만 제8조(설치비

지원) 제1항에서 빗물이용시설 설치에 필요한 총사업비의 100분의 90 이내로 하되 지원 금액의 상한액은 5백만원으로 규정함

○ 양주시

- 용인시와 큰 차이점이 없는 것으로 판단됨

○ 여주시

- 제5조(빗물이용시설의 설치 및 권장 대상)에서 다음 각 호의 시설물을 설치하는 자는 빗물이용시설의 설치·운영을 권장할 수 있다고 규정함

- ① 여주시에서 설치하는 공공건축물 및 공공시설
- ② 제2조의 대단위 개발계획에 따른 300세대 이상의 공동주택 건설사업
- ③ 건축 연면적 1만 제곱미터 이상의 건축물
- ④ 그 밖에 빗물이용시설의 설치·관리가 쉽고 생활용수·조경용수·공업용수 등의 사용이 많은 시설물

- 또한 제6조(중수도의 설치 및 권장대상)에도 연면적 3천 제곱미터 이상인 건축물을 설치하는 자는 중수도의 설치·운영을 권장할 수 있도록 함

○ 오산시

- 제5조(빗물이용시설의 설치 및 권장대상)제2항에서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우 빗물이용시설의 설치를 적극 권장할 수 있다고 규정함

- ① 제2조의 대단위 개발계획에 따른 300세대 이상의 공동주택 건설사업
- ② 급수구경 80 밀리미터 이상 또는 건축 연면적 1만 제곱미터 이상의 건축물
- ③ 그 밖에 빗물이용시설의 설치·관리가 용이하고, 잡용수의 사용이 많은 시설물 및 건축물

○ 의왕시

- 제6조(재정지원)에서 재이용시설을 설치하는 자는 예산 범위에서 총사업비의 50%를 이내 지원할 수 있으며 한도는 1천만원 이내로 규정함

- 또한 재이용수 사용량에 대하여 수도요금과 하수도 사용료는 100분의 30을 감면하도록 하였음

○ 의정부시

- 대부분 국가의 물 재이용법을 따르고 있었음
- 제8조(수도요금의 감면)은 제3항제1호에 감면 산정법을 제시하였고, 가정용은 최대 100분의 65, 일반용은 최대 100분의 35, 옥탕용은 최대 100분의 20으로 한정하고 감면기간은 15년으로 하였음
 - 감면금액 = 물 재이용시설의 처리수 사용수량 × 업종별 수도 사용요금 × 재이용율

○ 이천시

- 이천시는 단 5개 조로 구성되어 가장 간단하였으며, 이는 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률”을 따르는 것으로 판단됨

○ 파주시

- 제8조(재정지원 등)에서 재이용시설의 설치비 중 100분의 90 이내에서 지원할 수 있도록 하였음

○ 평택시

- 평택시는 각 시설의 설치 및 관리는 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행규칙”을 따르도록 하였으며, 용인시와 큰 차이를 보이지 않았음

○ 포천시

- 용인시와 주요 내용에 대해서 큰 차이를 보이지 않았음

○ 하남시

- 용인시와 주요 내용에 대해서 큰 차이를 보이지 않았음

○ 화성시

- 제8조의2(빗물저장시설 설치 및 운영)에는 빗물을 저장하기 위해 부지확보 및 빗물저장시설을 설치할 수 있도록 별도의 규정을 두었음

○ 가평군

- 제4조(빗물이용시설의 설치·관리)에 법 8조 외에 다음 각 호의 시설물을 설치 하고자 할 경우에는 빗물이용시설의 설치·운영을 권장할 수 있도록 하였음

- ① 군에서 설치하는 공공건축물 및 공공시설물
- ② 「건축법」 제2조제1항제2호에 따른 지붕면적 1천 제곱미터 이상인 시설물
- ③ 그 밖에 빗물이용시설의 설치 및 관리가 용이하고 잡용수의 사용이 많은 시설물

○ 연천군

- 제7조(재정지원 등)에 재이용시설을 설치하는 자에 대해 예산의 범위에서 다음 각 호의 지원을 할 수 있음
 - ① 설치에 필요한 비용의 전부 또는 일부의 지원
 - ② 수도요금 또는 하수도사용료의 경감
 - ③ 건축물 용적률의 기준 완화

○ 양평군

- 양평군은 단 6개 조로 구성되어 조례 내용이 간단하였음

□ 각 시군의 조례내용을 토대로 용인시의 조례와 비교해 보았음

- 대부분의 경우에는 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률에 준하여 조례가 설정되어 있는 경우가 대부분이었으나, 일부 시군의 경우에는 적용 범위를 자세히 제시하거나 확장하여 제시한 경우도 있었음

○ 먼저 빗물이용시설에 대한 내용에서는 가장 구체적으로 제시한 곳이 구리시임

- 구리시 및 여주시, 오산시는 300세대 이상의 공동주택 건설사업, 급수구경 80 mm 이상, 건축 연면적 1만 제곱미터 이상, 그 밖의 빗물이용시설의 설치·관리가 용이하고, 잡용수의 사용이 많은 시설물 및 건축물에 대해서는 적극적인 권고 조항이 포함됨
- 부천시와 별도의 기준없이 권장 내용으로 수돗물 공급사정을 감안하여 필요하다고 인정되는 경우 법에서 정한 시설 외에도 빗물이용시설 시설을 설치하도록 권장할 수 있음
- 가평군은 법률 외에 군에서 설치한 건축물이나 공공시설물, 빗물이용시설의 설치 및 관리가 용이하고 잡용수가 많이 사용되는 시설물은 빗물이용시설 설치를 권장할 수 있도록 함

○ 중수도의 경우, 고양시는 중수도의 설치 기준에 대하여 시행령 제11조

제2항 제1호부터 6호까지 1만 제곱미터 이상인 건축물을 설치하는 경우로 제시하였음

- 또한 과천시 및 광명시, 구리시, 김포시에서도 중수도 시설의 경우 연면적 6만 제곱미터 이상의 시설 외에도 별도의 적용 기준을 두고 권장하는 내용이 포함됨
- 부천시의 경우에는 빗물이용시설과 마찬가지로 수돗물 공급사정을 감안하여 특별히 필요하다고 인정될 경우 법에서 정한 시설 외에도 중수도 시설을 설치하도록 권장할 수 있도록 규정함
 - 시흥시에서도 특별히 인정될 경우 중수도 시설을 설치·운영할 수 있도록 권장할 수 있음

□ 앞서 경기도 및 각 시군의 시설기준과 비교해 볼 때 용인시의 설치 기준은 다소 법률에 의존하여 확장성을 확보하기 어렵게 설정된 것으로 판단됨

4. 중수도 관련 정책 분석

□ 앞서 언급한 바와 같이 우리나라는 2010년도에 “물 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률”을 제정하였고, 2011년도에는 “물 재이용 기본계획”을 수립 완료하였음

○ 현재는 2011년 ~ 2020년까지의 “제1차 물 재이용 기본계획”이 마무리되었고, 2021년 ~ 2030년까지의 “제2차 물 재이용 기본계획”이 시행되고 있으며, 이를 통해 물의 재이용을 촉진하고 관련 기술의 체계적 발전을 도모하고자 하고 있음¹⁸⁾

- 제1차 물 재이용 기본계획 목표 대비 실적을 보면, 중수는 2018년도 기준 2020년 목표량 대비 74%를 달성한 것으로 파악되며, 이는 폐수 재이용의 187%를 제외하고 타 분야의 재이용시설에 비하여 비교적 양호한 성과를 나타낸 것으로 파악됨
- 하지만 전체적인 내용을 들여다보면, 전체 이용량의 약 94%가 공장에서 재이용되고 있으며, 나머지는 업무시설이나 교도소, 숙박업

18) 환경부, 제2차 물 재이용 기본계획, 2021

및 목욕장업 등으로 그 활용도는 매우 낮은 것으로 파악됨 (아래 [표 31] 참조)

- 또한, 지자체 물 재이용 관리계획에서는 택지개발에 대한 계획을 수립하였으나, 실적이 전무하였음¹⁹⁾

○ 이와 같이 중수도의 실적이 저조한 이유는 “물 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률”에서 정하고 있는 중수도 설치 대상 종류의 한계 및 일정 규모 이상의 시설물²⁰⁾에만 적용되기 때문임

- 숙박업, 목욕장업 등 건축 연면적 6만 제곱미터 이상인 시설을 신축·증축·개축 또는 재축하는 경우

- 1일 폐수배출량이 1천500 세제곱미터 이상인 공장·발전시설을 신축·증축·개축 또는 재축하는 경우

- 국가 또는 지방자치단체, 공기업, 지방공기업에서 시행하는 관광단지 개발사업, 도시개발사업, 산업단지개발사업, 택지개발사업

- 건축연면적 6만 제곱미터 이상인 시설로서 지방자치단체 조례가 정하는 시설물을 신축·증축·개축 또는 재축하는 경우

○ 제1차 “물 재이용 기본계획”에 대한 성과를 평가하면서 획일적인 재이용시설 설치 중심의 정책추진으로는 활용도가 저조하고 실효성이 미흡하므로 중수도 의무 대상 시설의 조정이 필요하고, 사후신고제를 사전신고제로 전환하는 방안이 필요하다고 제안함

19) 안중호, 물 재이용 기본계획 수립을 위한 연구, 2020.12

20) 환경부, 물 재이용시설 운영·관리 업무지침(개정), 2022.8

[표 31] 제1차 물 재이용 기본계획에서 조사된 중수도 이용 현황

구분	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18
시설수 (개소)	357	376	431	499	523	560	641	701
이용량 (만m ³ /년)	32,918	32,532	31,323	38,318	30,053	26,843	66,098	35,936
용도	합계	공장	운수 시설	대규모 점포	업무시설 교도소	숙박업 목욕장업	방송국· 전신국	기타
시설수 (개소)	701	125	13	74	309	51	7	122
이용량 (만m ³ /년)	35,936	33,712	759	393	340	270	10	453

- “제1차 물 재이용 기본계획”의 성과 및 한계에 대한 평가에서 구체적인 중수도와 관련된 내용은 다음과 같음

[전략1] 물 재이용 관리체계 강화

(성과)

- 중수도 설치 의무 대상 확대(물재이용법 제정, '11.6)
 - 당초 건축연면적 6만m² 이상 숙박, 목욕 건축물, 대통령령 지정 건축물(대규모 점포, 업무시설, 교도소, 방송국, 전신국 등)에서 공공에서 시행하는 관광단지개발사업, 도시개발사업, 산업단지 개발사업, 택지개발사업 등으로 확대

(한계)

- 개발사업과 개별시설물의 중수도 설치 의무 규정이 동시에 적용되는 경우 개발 사업에만 의무 규정을 적용토록 제도개선 필요
 - 개발사업 구역 내 중수도 설치는 수요처 확보, 시설물 설치·관리의 효율성을 고려하여 개발사업자가 시행하는 것이 효율적
- 중수도는 주로 도로 청소용수, 조경용수 등으로 사용되므로 공공기반 시설에 포함하여 지자체에서 관리하는 방안 검토 필요
 - 기반시설 : 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 정의된 시설로 항만, 도로, 하수도, 철도시설 등을 말하며, 중수도는 기반시설에 미포함되어 있음

[전략2] 물 재이용시설의 과학적 관리기반 구축

(한계)

- 중수도 의무 대상시설 조정 필요
 - 획일적인 설치 중심의 정책 추진으로 활용도 저조 및 실효성 미흡
 - 중수도 시설수는 '11년 357개에서 '18년 701개로 약 2배 증가하였으나, 이용량은 약 9%만 증가, 공장 외 시설의 사용 실적 저조

- 결과적으로 중수도 사용을 확대하고 활성화하기 위해서는 중수도 설치 대상을 넓힐 필요가 있으며, 중수도 수질의 안전성 확보, 편익비 저감 등을 위한 전제 조건에 대해서 충분한 검토가 필요하다고 판단됨
- 용인시의 경우에도 물 재이용을 촉진하고 지원하기 위하여 2013년 “용인시 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률” 을 조례로 제정하였음
 - 조례안에서의 중수도 설치에 대한 규정은 제5조에 제시되어 있으며, 전반적인 그 내용은 국가에서 규정한 내용과 큰 차이가 없었음

○ 용인시 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 조례

- 제5조(중수도의 권고 및 설치 확인)

① 시장은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에게 시행규칙 제7조에 따른 중수도의 설치·운영을 권장할 수 있다.

1. 건축물 중 연면적이 6만 제곱미터 이상인 시설물(법 제9조에 해당하는 시설물은 제외한다)을 신축하는 자

2. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 규모로 증축·개축 또는 재축하는 자
가. 증축으로 누적된 연면적이 6만 제곱미터 이상인 경우

나. 개축·재축한 연면적이 6만 제곱미터 이상인 경우

□ 용인시는 2025년부터 2034년까지 시 전역에 대한 물 관련 주요 정책과 추진 전략을 수립하기 위하여 “용인시 통합 물관리 기본계획” 연구를 진행하고 있음

○ 이는 용인시가 안정적인 용수공급과 건강한 물 생태계를 유지하기 위한 것이며, 취수장이 없고 각종 개발사업 등으로 매년 급수량이 증가하고 있는 용인시는 향후 양질의 수자원을 확보하는 것이 매우 중요한 과제인 것으로 사료됨

- 과거 10년간 용인시 급수량 현황을 보면 꾸준히 증가하고 있으며([표 32] 참조), 2021년의 경우 용인시 급수량이 83,573 m³/일로 용인시 소재 정수장 설계 용량 10,000 m³/일에 근접하고 있음 21)

[표 32] 용인시의 2021년 기준 과거 10년간 급수량 변화

년도	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
급수량 (m ³ /일)	35,694	40,604	47,118	53,204	57,033	68,758	74,087	74,808	78,293	83,573

출처: 주요지표 < 상수도정보 ! 국가상수도정보시스템 (waternow.go.kr)

21) 상수도통계 : 상수도정보 : 국가상수도정보시스템 (waternow.go.kr)

- 또한, 용인시는 2020년 기준으로 2021년부터 2030년까지 10년 동안 빗물이용시설과 중수도, 하·폐수처리수 재이용시설 등을 활용한 “물 재이용 관리계획” 을 이미 수립하여 발표하였음
 - 수립된 계획에 따르면, 빗물이용시설은 2020년 289,000 m³에서 2030년 581,000 m³, 하수처리수는 16,587,000 m³에서 30,274,000 m³, 중수도는 3,216,000 m³에서 3,847,000 m³로 물 재이용 목표를 설정하였음²²⁾
 - 결과적으로 보면, 주로 물 재이용 목표에 빗물이용시설 및 하수처리수가 큰 비율로 확대되었고, 중수도는 소폭 증가하는데 그쳤음
- 이와 같이 중수도에 의한 물 재이용 목표가 낮은 것은 적용 대상 사업장이 적기 때문으로 사료됨
 - 계획상에서 중수도 시설은 개발사업 및 업무시설에 한정되어 있으며, 이는 재이용 시설의 적용범위가 좁기 때문에 재이용율을 크게 증가시키는데 한계가 있는 것으로 사료됨
 - 하지만 물 재이용율의 획기적인 증가를 위해서는 용수 사용량이 가장 많은 가정용에 대한 물 재이용 방안이 가장 효과적일 것으로 사료됨
 - [표 33]의 용인시 업종별 물 사용량 현황 자료를 보면, 용인시 전체 물 사용량 112,329,140 m³ 중 가정용이 83,864,108 m³으로 74.7%를 차지하고 있기 때문임

[표 33] 2021년 용인시 업종별 물 사용량 현황 (단위: m³)

전체	가정용	업무용	일반용 (영업용)	육탕1종	산업 및 공업용	기타 업종
112,329,140	83,864,108	6,611,970	21,324,035	529,027	0	0

출처: 주요지표 < 상수도정보 ! 국가상수도정보시스템 (waternow.go.kr)

- 또한, 물 재이용수의 활용적 측면을 고려하면, 중수도는 매우 효율적이며 근본적인 물 부족문제 해결을 위한 대안 중 하나라는 사실을 알 수 있음

22) 용인특례시, 물 재이용 관리계획 승인 < 보도자료 < 수도권 < 전국네트워크 < 기사본문 - 환경일보 (hkbs.co.kr)

- 물의 재이용을 위해서는 재이용수의 포집시설 및 저장시설, 처리시설, 공급시설 등이 필요하기 때문에 이를 이용하는 수요처와 이격거리가 멀수록 시설비용이 크게 증가할 수밖에 없고 안정적인 공급에 장애요인으로 작용할 수 있음
- 빗물이용시설이나 하수처리수의 재이용시설이 정책적으로나 법적으로 확대하기 쉽고, 목표 달성이 용이하며, 계획 및 예측이 용이하기 때문에 쉽게 접근할 수 있지만, 실질적인 물 재이용을 확대 및 물 수요에 따른 공급 효과 측면에서는 중수도가 보다 효율적임
 - 실질적으로 제1차 물관리 기본계획의 성과분석을 보면, 빗물이용시설의 설치 성과가 미약하고, 하수처리수는 대부분 하천유지용수 및 처리장 관내수로 이용되어 실효성이 떨어지는 것으로 분석하고 있음
 - 하지만 공공주택의 중수도 활용은 발생처에서 직접 활용하므로 취수 및 안정적인 공급이 가능하고, 근접거리에 있어 에너지 사용 저감효과가 있으며, 발생처와 이용처가 같으므로 관리 소재가 명확한 점이 장점임
 - 또한, 수처리 시스템의 발전이 지속되고 있어 장래에 처리단가를 낮추면서 유용하고 컴팩트한 시스템 개발이 가능하며, 실질적으로 가정에서 가장 많이 사용하는 용수가 청소 및 화장실 용수이므로 중수도만 생산할 수 있다면 수요처는 충분하기 때문임

[표 34] 중수도시설 용도별 현황

구분	용도별 구분						
	계	조경 용수	화장실 청소용수	세척 살균용수	공업 용수	친수 용수	기타
개소수	701	103	446	18	110	3	21
처리용량 (천m ³ /일)	1,809	21	385	28	1,371	1	2
연간이용량 (천m ³ /년)	359,363	3,139	16,509	8,602	330,827	286	-

출처: 환경부, 2019, 2018년 하수도 통계²³⁾

23) 환경부, 2018년 하수도 통계. 2019

[표 35] 용인시 내 중수도시설 목록 및 개요

시설명	주소	설치완료일	가동개시일	시설용도	법적의무 대상여부	건축 연면적(m ²)
용인시 평생학습관	수지구 문정로7번길 15	2021-05-31	2021-05-31	기타	미대상	13,647.4
삼계고등학교	처인구 포곡읍 삼계리 143-11	2015-01-01	2015-01-03	기타	미대상	11,041.7
수지아르피아	수지구 포은대로 499	2021-05-31	2021-05-31	기타	미대상	87,304.4
(주)대한항공 연수원	기흥구 하갈동 71-4	2014-01-02	2014-01-02	기타	미대상	13,083.5
용인시민 체육센터	처인구 포곡읍 금어로 317	2013-01-02	2013-01-02	기타	미대상	6,664.5
기흥ICT밸리 SKV1 B블럭	기흥구 기흥로 58-1	2021-05-04	2021-07-01	공장	미대상	99,751.1
용인시 종합운동장	처인구 경안천로 76	2019-12-01	2019-12-31	기타	미대상	9,847.6
포곡읍 주민자치센터	처인구 포곡읍 포곡로 258	2015-08-28	2015-08-28	업무시설	미대상	3,934.1
용인시문화 복지행정타운	처인구 중부대로 1199	2005-01-06	2005-01-06	업무시설	대상	80,121.5
기흥ICT밸리 SKV1 A블럭	기흥구 기흥로 58-1	2021-05-04	2021-07-01	공장	미대상	98,088.6
삼성전자(주) 기흥사업장	기흥구 삼성로1	2015-01-01	2015-01-02	공장	대상	103,267.0
양지아레나스 물류센터	처인구 양지면 양지리 914번지	2018-12-27	2018-12-27	물류시설	대상	350,201.1
AK&기흥	기흥구 구갈동 227-26	2018-08-01	2018-08-01	대규모 점포	대상	65,967.1
남사 복리 물류센터	처인구 남사읍 당하로 121	2021-07-06	2021-08-20	물류시설	대상	78,951.6
(주)신세계 백화점(경기점)	수지구 포은대로 536	2007-01-02	2007-02-15	대규모 점포	대상	99,895.5
(주)이마트 죽전점	수지구 포은대로 552	2005-01-08	2005-01-09	대규모 점포	대상	70,804.4
롯데몰 수지점	수지로112번길 27	2019-06-21	2019-08-01	대규모 점포	대상	199,700.3
롯데프리미엄 아울렛(기흥점)	기흥구 고매동 280	2018-11-20	2018-11-20	대규모 점포	대상	175,337.2
리빙과워센터	기흥구 신고매로 59	2020-03-01	2020-04-01	대규모 점포	대상	91,491.6
(주)바텍	처인구 이동읍 송전리 86-8	2017-11-10	2017-12-01	공장	미대상	4,696.1
수지문화복지 타운(수지구청)	수지구 포은대로 435	2011-09-23	2011-10-13	업무시설	미대상	42,019.6
삼성물산(주) 에버랜드	처인구 포곡읍 전대리 310	2009-01-01	2009-01-01	기타	미대상	221,112.0

[표 36] 용인시 내 중수도 시설별 물 사용량 및 중수도 이용 현황

시설명	물 사용량 (m ³ /년)	처리 용량 (m ³ /일)	중수도 이용량 (m ³ /년)	중수도 용도	비고
용인시 평생학습관	26,794.0	35.0	913.0	청소화장실용수	
삼계고등학교	5,880.0	15.0	1,442.0	청소화장실용수	
수지아르피아	69,954.0	35.0	732.0	청소화장실용수	
(주)대한항공 연수원	4,576.0	150.0	184.5	청소화장실용수	
용인시민 체육센터	14,687.0	20.0	6,364.0	청소화장실용수	
기흥ICT밸리 SKV1 B블럭	0.0	80.0	0.0	청소화장실용수	
용인시 종합운동장	3,511.0	15.0	523.0	청소화장실용수	
포곡읍 주민자치센터	690.0	20.0	866.0	청소화장실용수	
용인시문화복지 행정타운(시청)	47,224.0	160.0	21,371.0	청소화장실용수	
기흥ICT밸리 SKV1 A블럭	0.0	50.0	0.0	청소화장실용수	
삼성전자(주) 기흥사업장	0.0	25,896.0	2,050,998.0	공업용수	
양지아레나스 물류센터	15,854.0	40.0	752.0	청소화장실용수	
AK&기흥	54,772.0	40.0	1,619.0	청소화장실용수	
남사 북리 물류센터	0.0	10.0	0.0	조경용수	
(주)신세계 백화점(경기점)	125,521.0	400.0	26,441.0	청소화장실용수	
(주)이마트 죽전점	74,731.0	150.0	17,166.0	청소화장실용수	
롯데몰 수지점	155,507.0	120.0	7,681.0	청소화장실용수	
롯데프리미엄아울 렛(기흥점)	90,056.0	300.0	27,557.0	청소화장실용수	
리빙파워센터	67,778.0	250.0	9,891.0	청소화장실용수	
(주)바텍	0.0	30.0	0.0	청소화장실용수	
수지문화복지타운(수지구청)	14,831.0	60.0	7,008.8	청소화장실용수	
삼성물산(주) 에버랜드	20,649.0	13,000.0	1,043,725.0	청소화장실용수	
합계	793,015.0	40,876.0	3,225,234.3	-	-

- 물론 중수도의 이용이 장점만 있는 것은 아니며 한계점에 대한 정확한 분석과 이에 대한 해결방안 검토도 필요함
- 우선적으로 수질적 관점에서 잠재적 수요자들의 인식 문제 및 중수도 처리시설에 대한 님비현상 해결이 필요함
 - 중수도에 의한 재이용수는 근원적으로 하수이므로 이에 대한 이용자들의 수질에 대한 막연한 불신 및 처리시설의 적절한 설치 장소 확보, 지역주민의 반대에 대한 해결방안이 필요함
 - 이를 해결하기 위해서는 발생원수에 대한 정확한 수질자료 확보 및 분석, 중수도 활용적 측면 및 배관 구성에 따른 적절한 위치 및 시스템 구성, 각 용도별 수질기준을 준수할 수 있는 적절한 처리기술에 대한 특장점 분석을 토대로 최적 처리방안 등에 대한 검토가 필요함
- 또한, 중수도 활용을 확대하기 위해 무엇보다도 선행되어야 할 점은 처리시설 및 운전·관리 비용을 포함한 경제성 확보임
 - 공동주택의 중수도 활용을 확대하기 위해서는 상수도 공급가와 비교하여 경제성이 확보되어야만 투자와 수요가 발생하기 때문이며, 이를 위해서는 중수도 설치에 따른 편익비 검토를 통하여 경제성을 확보할 수 있도록 해야 함
 - 결과적으로 중수도 이용이 상수도 이용보다 편익비가 높아야 시설 보급이 용이할 것임
 - 편익비는 시설비 및 유지관리비와 함께 정책적 지원 및 기타 환경적 요소에 따른 파급효과도 포함하여 검토하는 것이 바람직함
 - 또한, 장래 처리시스템의 효율화 및 발전에 따른 비용 절감 효과, 장래 물 수요 및 수도 요금 정책에 따른 변화 요인도 검토되어야 할 요소임
- 마지막으로 중수도 시설에 대한 관리 문제 및 법적·정책적 관점에서의 문제해결을 위한 검토가 필요함
 - 현재 법적으로 중수도 설치 대상 범위의 법적 중복성 문제, 중수도 시설 설치 및 운영에 대한 정책적 지원방안에 대해서 검토가 필요함

- 또한, 시설의 부식 및 슬라임 등으로 발생하는 관리 문제 및 상수와 중수의 오접합 방지 방안 등에 대한 검토도 사전에 이루어질 필요가 있음

□ 이와 같은 공동주택의 중수도 재이용과 관련된 문제들이 해결되고 물 재이용시설로 활용할 수 있도록 법적 근거가 마련된다면, 공동주택의 중수도 재이용 정책은 용인시의 물 재이용율을 획기적으로 높일 수 있을 것으로 사료됨

○ 또한, 안정적인 물 공급을 통해 빠르게 성장하는 용인시의 산업화 및 도시화에 따른 물 수요를 충족시키면서 지속가능한 발전을 추구할 수 있고, 물 재이용을 통해 에너지 저감 및 탄소중립을 앞당기는데 일조할 수 있음

○ 현재 용인시의 물 재이용 현황을 보면 전국 대비 1.7%이며, 경기도 대비 7.2%로 결코 낮은 편은 아니지만, 용인시의 성장성 및 반도체 클러스터 등과 같은 대규모 개발계획을 감안하면 효과적인 물 재이용 계획을 수립하는 것이 바람직함

제4절 물 재이용 사례

1. 용인 에버랜드

□ 경기도 용인시 처인구에 있는 에버랜드는 동물과 식물, 각종 위락시설이 복합된 종합놀이시설로서 2003년 입장객이 8,567,000명으로 세계 7대 테마파크 중 하나임

□ 에버랜드는 2004년까지 총 450만평 중에서 658,000평이 개발되었으며, 용수계획에 의거하여 중수도시설 사업이 진행되었음

○ 이는 수자원을 효율적으로 이용하기 위한 것으로, 용수 공급을 사용 목적에 맞추어 재활용하는 것임

○ 현재 에버랜드의 연간 용수사용량은 2,670,000톤이며, 이중 상수도

128.3만톤, 지하수 64.7만톤, 재활용수 74만톤을 사용하고 있음

- 에버랜드 내 오수는 화장실이나 식당, 기숙사, 물놀이 시설, 연수원, 캐리비안베이 샤워수 등으로부터 배출되고, 이들은 생물학적 및 물리화학적 처리공정을 통해 처리되고 있고, 처리된 오수는 다시 에버랜드 내 화장실 변기, 청소수, 소방용수, 식물관수용 등으로 재활용되고 있음

[표 37] 에버랜드 내 처리시설의 시설용량 및 중수도 사용율

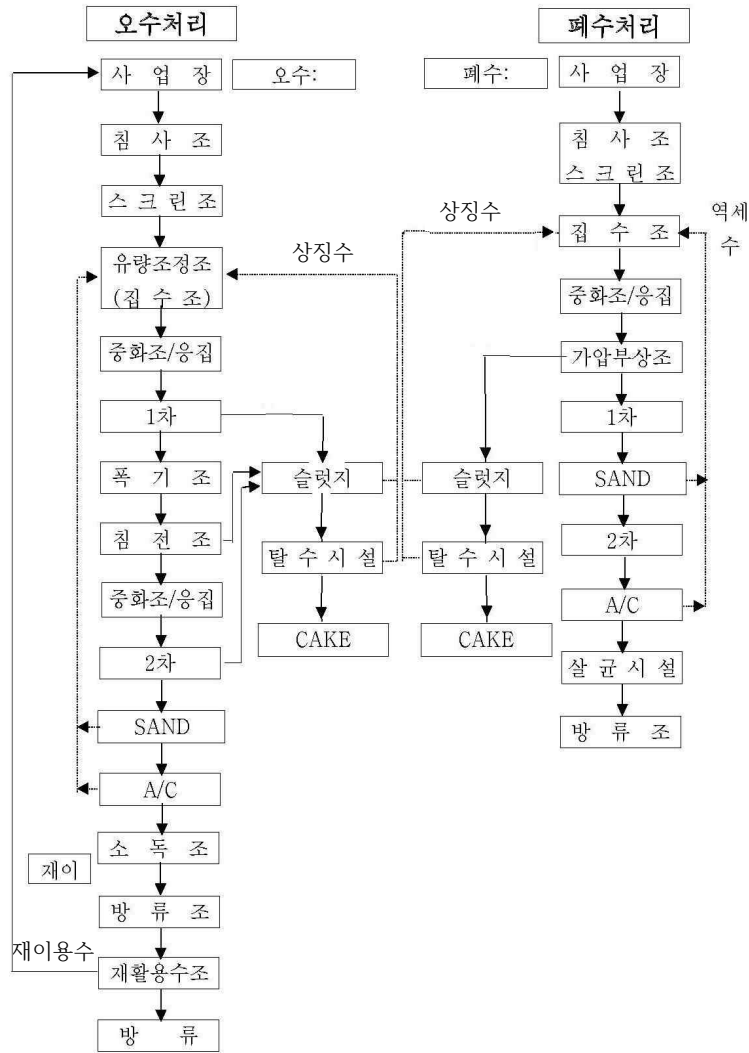
유입원수	시설용량	일평균 발생량	중수도 사용율	비고
오수	6,500 m ³ /일	4,422 m ³ /일	45~60%	

- 에버랜드는 자체적으로 오수에 대한 방류수 수질관리기준을 설정하여 수질을 관리하고 있으며, 기준은 아래의 표와 같음

[표 38] 에버랜드 내 수질항목에 대한 법적 기준 및 자체적인 수질관리 기준

구분	수질항목	법적기준	그룹/사내기준	비고
오수 (단위: mg/L)	BOD	10 이하	3 이하	
	SS	10 이하	3 이하	
	COD	-	6 이하	
	pH	5.8~8.6	6.5~7.5	
	N-H	-	2 이하	
	T-N	-	30 이하	
	T-P	-	4 이하	

- 처리방식은 표준활성슬러지법과 물리화학적 처리를 택하고 있으며, 기본 설계 조건은 아래의 그림과 같으며, 처리된 중수도는 화장실 세척수와 청소수, 조경용수, 동물원 등 다양한 용도로 활용되고 있음



[그림 8] 에버랜드 오폐수 처리시스템

[표 39] 오폐수 처리시설의 설계 조건

계획유입량		유입수질		최종처리수	
일 평균유입량	5,247.3m ³ /일	BOD	120 mg/L	BOD	2.0 mg/L 이하
시간평균 유입량	218.6m ³ /hr	SS	150 mg/L	SS	1.0 mg/L 이하
설 계 용 량	5,247.3m ³ /일 x 1.2 = 6,500m ³ /일				

[표 40] 중수도 용수의 주요 사용처

구 분	사용량(m ³ /년)	사 용 방 법
테마파크 내 화장실 세척수	96,000	세척수 전용
테마파크 내외 청소수	100,000	비산먼지 억제 및 도로청소
조경용수	150,000	초화류(튤립, 장미, 국화 등)
물놀이 시설	77,000	아마존익스프레스 등(정수시설 운영)
동물원 지역	197,000	사파리 등
기타(환경시설 외)	120,000	탈수기세척, 스크린 청소수 등
계	740,000	-

- 에버랜드 중수도는 용수자동화 시스템에 의하여 수량 및 소독살균제 투입 등에 대한 모니터링을 실시하고 있으며, 지역별 용수사용량 및 수질검사기록·유지하기 위하여 월별 데이터 관리를 통합하여 관리하고 있으며, 지속적인 운영방안과 개선계획을 수립하여 운영하고 있음
- 또한, 상수관로는 Stainless pipe를, 중수도 및 지하수 관로는 일반강관(배관용 탄소강관)을 사용하여 구분하고 있음
- 상수도 사용시와 비교하여 경제성을 분석해 보면, 연간 6억원 이상의 절감효과가 있는 것으로 분석됨
- 현재는 물이끼 등 녹조류 번식으로 인한 수질개선 및 위생적인 문제가 발생하고 있으므로, 살균시스템을 도입하여 보완하였음
- 향후 에버랜드는 개발사업 계획에 의거 콘도, 호텔 등 각종 건축물과 공원 등 유기사설이 늘어날 것으로 예상되며, 이에 따라 용수의 효율적인 사용이 요구되고 있음

2. 인천국제공항

- 인천국제공항은 공항 및 부대시설에서 발생하는 하수를 적정하게 처리하고 양질의

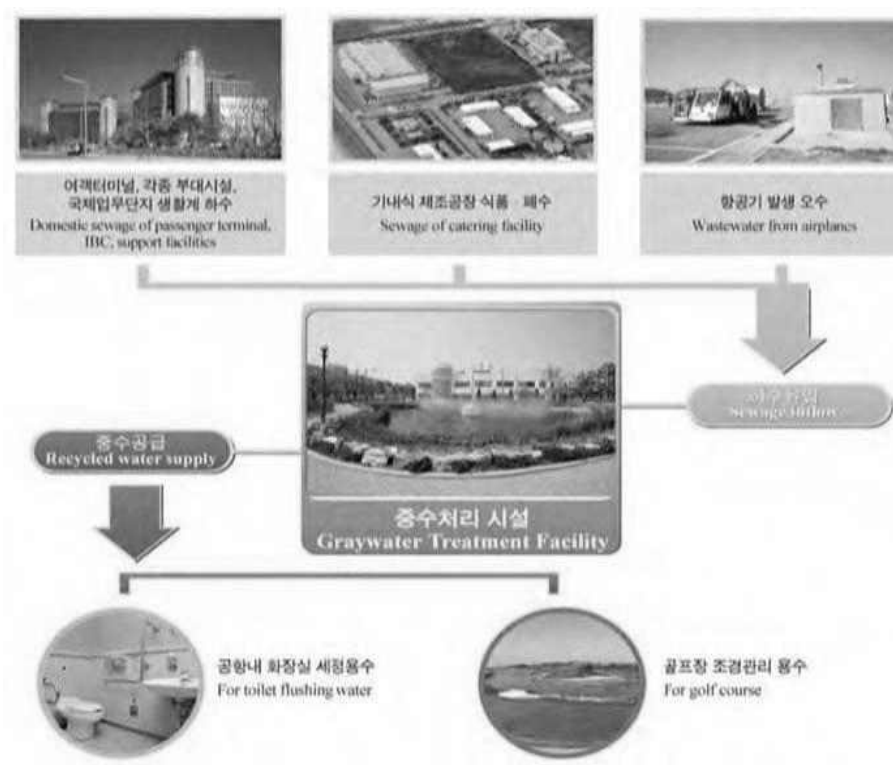
중수도로 재활용함으로써 수자원을 절감하고 주변 지역 해역의 환경을 보존하고자 총 30,000톤/일 규모의 처리시설을 운영하고 있음

○ 총 시설면적은 19,820㎡(관리동, 수처리동, 여과지동으로 구성)이며, 단계별로 처리시설을 준공하여 운행중임

- 1단계: 일 최대 2만톤 (2000년 준공)

- 2단계: 일 최대 1만톤 (2009년 준공)

□ 아래의 그림은 인천국제공항의 하수유입 및 중수도 공급 현황도를 나타낸 것임



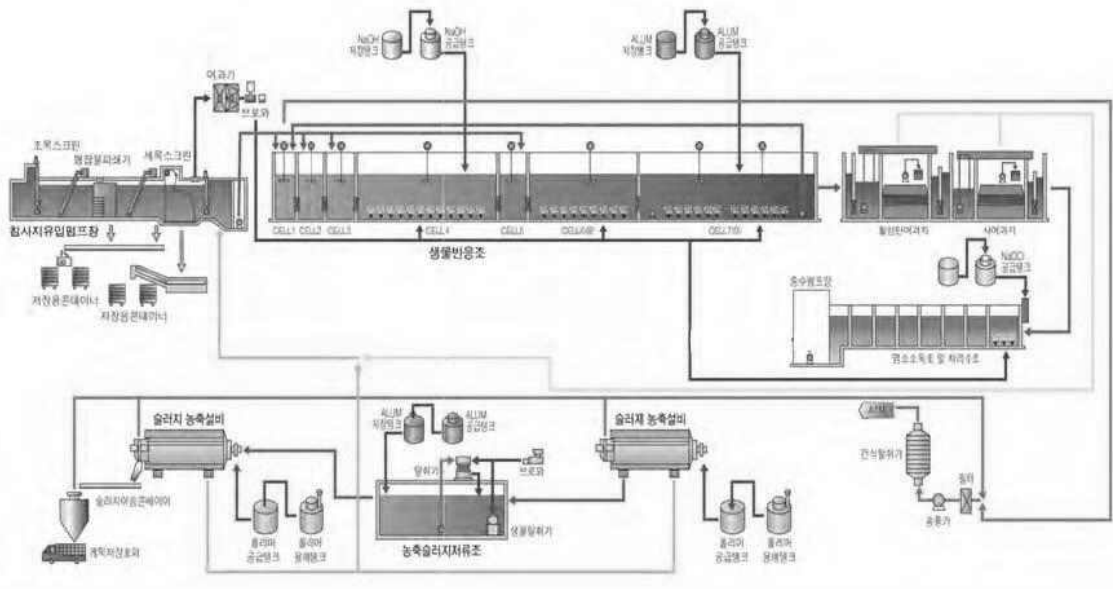
□ 또한 아래의 그림은 인천국제공항 중수도 수처리 프로세스를 나타낸 것임

○ 인천국제공항 중수도의 수처리방식은 Aqua MSBR(Modified Sequencing Batch Reactor)로서, 중·대규모 처리시스템에 적합한 연속흐름식 활성슬러지법(CAS)과 회분식 반응조(SBR)를 결합한 수정된 연속흐름식 SBR 활성슬러지 공정임

○ 또한 고도처리 방식은 Aqua ABF(Automatic Bridge Filter)에 의한 모래여과 및 활성탄 여과방식으로서 중력에 의하여 여과를 진행하여

필요 시 브릿지가 주행하면서 강제로 역세하는 방식임

- 발생 슬러지는 원심력에 의한 기계농축 및 탈수에 의하여 케익은 소각시설로 반출되어 소각처리됨



- 유입수질은 일반적인 하수처리시설에 비해 높은 편으로 나타나며, 그에 따른 유입수질 및 보증수질은 [표 41]와 같음

[표 41] 인천국제공항 중수도 유입수질 및 보증수질

항 목	BOD5	SS	CORcr	T-N	T-P
유입수질	260	290	460	60	12
보증수질	6	6	10	10	1

- 중수도 공급 대상 시설물은 여객터미널(동편) 등 8개소이며, 기타 건물은 직수공급을 하고 있음 ([표 42] 참조)

[표 42] 인천국제공항 중수도 공급 대상 시설물

구 분	저장용량 (㎥)	사 용 처
여객터미널(동편)	2,500	청사위생설비 및 조경수
여객터미널(서편)	2,500	청사위생설비 및 교통센터
동측지역지하펌프실	2,120	동측관리지역 부대건물공급
공항관리청사	450	공항청사 중수 공급
항공기정비고(A)	280	대한항공 정비고
항공기정비고(B)	30	아시아나항공 정비고
GSE정비(A)	50	한국공항 차량 정비고
화물터미널(C)	65	화물터미널 공급용

- 본 중수도 처리시설로부터 생산된 물은 급수대상인 인천국제공항 시설 지역과 국제업무 지역 내 각 빌딩의 화장실 세정용수, 잡용수, 냉각용수, 조경용수 등으로 사용되며, 용도별 사용기준은 국내외의 자료를 비교 검토하여 목표수질기준을 산정하였음
 - 각 수질항목별 수질기준의 특성을 살펴보면 이용형태나 이용조건에 따라 다른데 주로 관로에 의해 공급되고 도중에 인체와의 접촉이 거의 없는 경우(수세, 살수)와 인체와의 접촉을 배제할수 없는 경우(조경, 화장실 세정용수)로 구분할 수 있음
 - 결합잔류염소는 중수도에 있어서 염소처리의 효과의 정도를 나타냄과 동시에 처리수(중수)가 위생적으로 적합한가를 나타내는 지표이기도 함
 - 외관은 이용자의 불쾌감 및 조정시설에서의 심미성을 반영하는 항목으로 외관을 좌우하는 인자로서는 중수의 색도, 탁도, 거품 등을 들 수 있음
 - 또한, 중수도 및 급수대상의 설비기능을 보호하기 위하여 부식, 스케일, 슬라임 및 막힘 등의 발생을 방지하기 위하여 시설 기능적 항목을 적용하고 있음

[표 43] 인천국제공항 중수도 수질목표

수 질 항 목		단위	기준치	적용근거
위생적 항 목	BOD5	mg/L	5 이하	중수도 기준치 강화고려
	CODcr	mg/L	10 이하	냉각시스템 보급수 기준치
	SS	mg/L	6 이하	중수도 기준치 강화고려
	T-N	mg/L	10 이하	국내 하수처리장 해양방류수질
	T-P	mg/L	1 이하	기준치 강화 고려한 최근 동향
	대장균군수	MPN/100ml	2.2	미국 California주 중수수질 기준
감각적 항 목	외 관	-	이용자 불쾌감 없을 것	중수도 시설기준
	탁 도	-	3도 이하	중수도 시설기준 중 화장실 세정용수보다 엄격한 규정
	냄 새	-	불쾌한 냄새 없을 것	중수도 시설기준
	색 도	-	불쾌감이 없을 것	중수도 시설기준 중 화장실 세정용수기준
시 설 기능적 항 목	결합잔류염소	mg/L	2.0(사용장소에서)	-
	pH	-	5.8~8.5	중수도 시설기준
	총경도	mg/L	300 이하	중수도 기술개발방안 연구 중 냉각시스템 보급수 기준치
	철+망간	mg/L	0.5 이하	중수도 기술개발방안 연구
	MBAS	mg/L	0.5 이하	중수도 기술개발방안 연구
	염소이온	mg/L	300 이하	청정지역 오염물질 배출허용기준
유 해 물 질 항 목	수은	mg/L	불검출	청정지역 오염물질 배출허용기준
	유기인	mg/L	0.7 이하	
	비소	mg/L	0.05 이하	
	납	mg/L	0.1 이하	
	6가 크롬	mg/L	0.05 이하	
	용해성 망간	mg/L	0.3 이하	
	불소	mg/L	6 이하	
	동	mg/L	1 이하	
	아연	mg/L	1 이하	
	카드뮴	mg/L	0.001 이하	
	페놀류	mg/L	3.5 이하	
시안	mg/L	0.7 이하		

□ 인천국제공항의 중수도 공급에 따른 경제적인 효과는 아래와 같이 연간 472백만원의 절감효과가 있는 것으로 판단됨

[표 44] 인천국제공항 중수도 경제성 분석 결과

구 분	연간 중수공급량	중수도 공급시		상수 사용시		중수도사용 절감금액(원)
		단가(원/톤)	금액(원)	단가(원/톤)	금액(원)	
사용요금 대비	524,298톤	450	235,934,100	1,350	707,802,300	471,868,200

3. 롯데월드

- 서울시 롯데월드는 비교적 우리나라에서 빨리 도입한 중수도시설로서, 1989년 2억2천3백만원(토목공사비 제외)을 투자하여 준공하였음
 - 롯데월드 중수도시설 처리용량은 1,850m³/일이며, 사용용도는 화장실용수, 청소용수임
 - 중수도의 원수는 세면, 샤워 등으로 사용된 오수로서 접촉포기조 등에 의하여 처리한 후 롯데월드 내, 호텔, 어드벤처, 백화점 등 모든 양변기에 100% 사용되고 있음
 - 현재까지 이용자의 불편사항이 없었으며 수돗물과 중수의 구별이 안될 정도이며, 배관 내 부식 및 막힘 현상을 염려하였으나, 강관 내면에 어느 정도의 슬라임 막이 형성된 후 더 이상 진행이 되지 않아 배관부식이나 막힘현상은 오히려 더 안정적인 것으로 평가되고 있음
- 중수도 수질관리기준 및 롯데월드 처리수질은 [표 45]와 같으며 중수도 수질기준과 비교하여 처리수질은 양호한 편으로 조사됨
- 1990년부터 1998년까지 9년 동안 약 40억원을 절감시키고 있으며, 수돗물사용량은 중수도의 사용량이 증가됨에 따라 총 사용량의 80% 정도로서 롯데월드의 경우 20%의 상수도 사용량을 줄임으로써 수자원을 절약하고 있음

[표 45] 롯데월드 중수도 수질관리 기준 및 처리수질

항목	단위	수 질 기 준		원 수 (평균치)	처리수 (평균치)	판정
		법적기준(설치당초)	자 체			
총대장균군수	개/mL	10 이하	7 이하	-	3	적합
잔류염소(결합형)	mg/ l	검출될 것	0.2~0.4	-	0.23	적합
외관	-	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것	-	무색투명	적합
탁도	도	5도 이하	3도 이하	-	3	적합
BOD	mg/ l	10 이하	7이하	134	3	적합
냄새	-	불쾌한 냄새가 나지 않을 것	불쾌한 냄새가 나지 않을 것	-	소독 냄새	적합
pH	-	5.8~8.5	6~8	6.9	7.2	적합
SS	mg/ l	-	7이하	107	4	적합

4. 서울대학교(도시 내 빗물저류조 및 중수시설 운영시스템 실증화 연구사업)

- 도시 내 빗물저류조 및 중수시설 운영시스템 실증화 연구사업은 지속가능한 발전을 실현하는 환경보전 물순환 시스템 구축을 위하여 중수와 빗물을 이용한 Hybrid형 물 재이용 시스템을 구축하고 실증하는데 중점을 두고 연구한 사업임
- 실증화 사업은 2년간의 과제로서 1차년도에는 최적 재이용 Process 도출을 통한 40 ton/day 규모의 Hybrid형 물 재이용 처리 Pilot Plant를 구축하고, 2차년도에는 구축된 시스템의 최적화 및 환경신기술 출원을 통해 기술을 검증할 목표로 하였음
 - 또한 개발된 기술의 사업성과 경제성 평가를 통해 해당 기술을 정부청사 및 해당 사업 관련 지구에 실증 제시를 하기 위한 것임
 - 위탁기관인 서울대는 빗물 집수 및 처리에 대하여 오랜 연구를 통하여 대규모 실제 빗물이용시설(광진구 스타시티(3000톤), 서울대 대학원 기숙사(200톤) 등)을 설계·운영한 경험을 보유하고 있었음

[표 46] 연구사업 개요

구분	사업개요
사업명	도시 내 빗물저류조 및 중수시설 운영시스템 실증화 연구사업
대상시설명	서울대학교 공과대학원 교육연구동(39동)
소재지	서울특별시 관악구 신림동 산56-1 서울대학교 내
재이용계획	빗물저류 및 저농도오수 처리에 의한 재이용(40m ³ /일)
설치기간	2014. 5~2015.5(12개월)
처리공정	공기접촉산화 및 여과막처리(빗물, 잡배수 복합처리)

[표 47] 연차별 주요 연구내용

1차 년도	2차 년도
<ul style="list-style-type: none"> 하수방류수 및 빗물재이용 시스템개발 기초연구 용도별 중수재이용 설계 및 Hybrid형 시스템구축 연계운영 Smart Control 프로그램개발 저비용, 저에너지 빗물이용시스템요소 기술개발 Hybrid(중수+빗물)처리시스템 설계 및 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 저에너지 Hybrid형 물재이용 시스템 성능 평가 및 운전조건 최적화 연계 처리시스템 최적화 및 설계 인자 도출 환경신기술 출원 및 개발 프로세스 성능 검증 경제성 및 사업성 평가



5. 강남대학교(그린캠퍼스 조성사업)

- 강남대학교에서는 Campus 에너지 절약 및 이용효율화 등을 확대하고 이를 통하여 온실가스 저감 등 기후변화에 적극 대응하여, 대학 부문의 선도적 실천을 통해 인지도 제고 및 사회적 관심도를 제고시키고자 「Green Campus 조성 사업」을 통해 에너지 및 물 사용의 절약시스템 및 기술도입을 확대하여 절감 효과 향상을 계획하였음
- 계획의 일환으로 기숙사에서 발생하는 저농도 오수를 중수처리하여 공공요금 및 물 사용량을 절감하였으며, 2012~2013년 성과분석을 통해 약 40%의 상수도 사용량이 절감되는 것으로 조사됨

[표 48] 강남대학교 그린캠퍼스 조성사업 개요

구 분	사 업 개 요
사 업 명	강남대학교 Green Campus 조성 사업
소 재 지	경기도 용인시 기흥구 강남로 40
대상건축물	강남대학교 기숙사(심전2관)
처 리 공 정	공기접촉산화 및 여과막처리(잡배수 복합처리)



6. 수원시청

- 수원시 물재이용(중수도)시설 설치 시범사업으로 설치된 대상지로서, 공공청사의 세면수와 빗물을 연계하여 중수도 처리 후 청소 및 화장실

용수와 옥외 조경용수로 활용 중인 시설임

□ 그에 따른 중수도 시설의 주요 공정은 다음과 같음

○ 중수도공법: 침지형 여과막 + 오존산화

○ 처리원리 및 메커니즘

- 침지식 여과막으로 수중 입자성 잔류유기물을 제거하고 오존-마이크로버블 고도산화장비를 통하여 색도, 냄새, 대장균군 등 제거

- 오존-마이크로버블의 강력한 산화력으로 색도 및 난분해성 물질 등도 일부 제거 가능

○ 처리공정 흐름도

- 유입 → 유량조정조 → 막분리호기조 → 접촉산화반응조 → 처리수조

□ 수원시청 청사 내에서 발생하는 잡배수(세면수 및 청소수) 및 빗물을 중수도 시설로 재처리하여 화장실용수·청소용수, 야외 수변시설 보충수로 공급

○ 다양한 공급처를 구성하여 재이용수의 홍보·효과 및 주민 인식 개선에 큰 효과

[표 49] 수원시청 중수도 시설 개요

구 분	시설구분	시설용량 (㎥/일)	시설 가동일	원수 확보처	중수도 사용처
수원시청	공공기관	21	2017.06	잡배수(세면) 및 빗물	화장실·청소용수/조경용수



7. 용인시청

□ 경기도 용인시 처인구에 위치한 용인시청에 중수도 시설을 설치하여, 청사 내에서 발생하는 잡배수(세면수 및 청소수)를 중수도 시설로 재처리하여 화장실용수·청소용수 공급하고 있으며, 이때 유입원수는 잡배수로 세면수나 청소수임

○ 주민들의 접근도가 높고 중수도 사용 정책 홍보 및 시민참여의 역할

[표 50] 용인시청 중수도 시설 개요

구 분	시설구분	시설용량 (㎥/일)	시설 가동일	원수 확보처	중수도 사용처
용인시청	공공기관	160	2005.01	잡배수 (세면 및 청소)	화장실 및 청소용수

□ 중수도 처리시설의 개요는 다음과 같음

○ 중수도공법: 막일체형 고도처리공법

○ 처리원리 및 메커니즘

- 유기물, SS 및 질소·인 제거기술을 결합한 주처리시설로 생물학적 고도처리 운영

- 스크린 설비로 부피가 큰 물질을 분리 여과한 후 무산소조, 혐기조, 호기조 및 분리막 여과장치를 통해 원수 중 주요 오염성분 제거

○ 처리공정 흐름도

- 유입 잡배수(스크린) → 유량조정조 → 무산소조/혐기조 → 호기조/분리막 여과 → 처리수조

제 3장 공동주택 물 재이용 활성화 방안

제 1절 중수도 관련 수질분석 결과

1. 수질조사 및 분석항목

- 현재 용인시에서 운영되고 있는 중수도시설에 대한 성능을 평가하고, 공동주택 적용가능성을 검토하기 위하여 대상지를 선정하여 수질분석을 실시하였음
 - 본 연구에서는 중수도시설 처리수뿐 아니라 유입원수의 수질도 같이 분석하여 현재 적용된 시설의 수질개선 평가도 같이 이루어졌음
 - 다만 현재 용인시에는 공동주택을 대상으로 중수도시설이 설치된 곳이 없어 유입원수가 샤워수나 세면수 등 일반적인 중수도 원수를 이용하고 있는 시설 중심으로 수질조사가 이루어졌음
- 앞서 언급한 바와 같이 수질분석은 중수도 유입원수 및 처리수를 대상으로 하였으며, 이를 통해 시설별 처리효율도 같이 평가하였음
 - 수질 시료 채수 및 분석과 관련된 기본적 고려사항
 - 발생 관로를 기반으로 유입 원수를 채수하여 수질분석
 - 분석된 자료는 기존 자료가 있을 경우 비교 검토를 통해 신뢰성 확보
 - 실험분석은 수질오염공정시험 기준에 준하여 실시하였음
- 수질분석 항목
 - 수질분석 항목은 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률” 시행규칙 [별표 1]을 참고하여 선정하였음
 - 본 연구에서는 재이용수의 수요처를 주로 청소·화장실용수, 세척·상수용수, 조경용수만을 대상으로 할 계획이므로 3가지 용도별 수질기준에 모두 포함되는 항목을 중심으로 수질분석을 실시하였으며, 그 외에도 수질적 관점에서 중요한 항목과 수질평가에 이용될 수 있는 항목을 추가하였음

- 이에 따른 분석항목은 먼저 중수도 수질항목 기준에 포함되어 있는 탁도, 수소이온농도(pH), 생물화학적 산소요구량(BOD), 총대장균군수 4항목을 우선 선정하였고, 이외에 수온, 전기전도도(EC), DO, SS, TOC, T-N, T-P 6개 항목을 추가하여 수질을 분석하였음

□ 수질분석 방법

- 현장에서 직접 측정이 가능한 항목은 현장에서 측정하였고, 실내분석이 필요한 항목은 2L 이상 채수한 후 실험실에서 신속하게 분석하였음
- 각 항목별 분석방법 및 기기 등과 관련된 사항은 아래의 [표 51]에 제시하였음

[표 51] 수질 측정항목별 측정분석기기 및 분석 방법

측정항목	측정분석기기	분 석 방 법
수온	다항목측정기 (Orion Star A329)	유리전극법
pH	다항목측정기 (Orion Star A329)	이온전극법
EC	다항목측정기 (Orion Star A329)	이온전극법
DO	다항목측정기 (Orion Star A329)	전극법
탁도	탁도 측정기 (TN 100)	산란광 측정법
SS	Electric Muffle Furnace	유리섬유 거름종이법
BOD	배양기	윙클러아지드화나트륨 변법
TOC	Total Organic Carbon Analyzer (TOC-V CSN, Shimadzu, Japan)	고온연소산화법
T-N	UV Absorption Photometry (220nm)	자외선 흡광광도법
T-P	Ascorbic Acid Reduction (880nm)	자외선 흡광광도법
총대장균군수	배양기	평판집락법

2.. 수질조사 대상지 및 평가방법

가. 수질조사 대상지 선정

- 수질조사 대상지는 용인시에 설치된 중수도시설을 대상으로 하였으며, 현재 시설이 가동되는 곳으로 하였음
 - 선정된 지점은 대부분 기타 시설로 분류되는 체육시설 또는 학습시설이며, 포곡행정복지 시설과 HPS 아파트만 각각 업무시설과 대단위 아파트에 해당하였음
 - 유입원수는 체육시설에서 발생하는 욕실의 샤워수 및 세면수였으며, 중수도시설 처리수는 청소, 화장실 세정수로 대부분 사용되고, 일부 조경용수로 사용되는 것으로 조사됨
 - 이들 조사대상지는 법적으로 중수도시설 설치 의무가 없는 곳이었으며, 모두 일일 중수도 공급용량이 35 m³/일 이하인 것으로 조사되었음
- 그에 따른 각 조사 대상지 및 중수도시설에 대한 개요는 [표 52]에 제시하였음

[표 52] 조사 대상지의 중수도시설 개요

시설명	주소	건물 용도	설치 위치	이용자 수	중수도 시설 원수	중수도 시설 용도	중수도 이용수량
용인 평생 학습관	용인시 수지구 문정로	운동 및 학습 시설	지하2층 기계실	1,500 명	샤워수, 세면용수	청소, 화장실 세정용수	35 m ³ /일
아르 피아	용인시 수지구 포은대	체육 시설	옥외	1,100 명	샤워수, 세면용수	청소, 화장실 세정용수, 조경용수	35 m ³ /일
용인시 실내 체육관	용인시 처인구 경안천로	운동 시설	지하 기계실	693명	샤워수, 세면용수	청소, 화장실 세정용수	15 m ³ /일
용인시민 체육센터	용인시 포곡읍 금어리	운동 시설	지하 기계식	-	샤워수, 세면용수	청소, 화장실 세정용수	20 m ³ /일
포곡읍 주민자치 센터	용인시 처인구 포곡로	업무 시설	옥외	-	샤워수, 세면용수	청소, 화장실 세정용수	20 m ³ /일
HPS 아파트	수원시 팔달구 효원로	대규모 아파트	지하 2층	-	샤워수, 세면용수, 잡배수	청소, 화장실 세정용수	15 m ³ /일

나. 수질조사 결과의 평가방법

- 조사대상지의 중수도시설에 의한 처리수질에 대한 평가는 환경부에서 제시하고 있는 중수도의 용도별 수질기준과 비교하여 평가하였음
- 아래의 [표 53]에는 용도별 수질기준을 제시한 것이며, 앞에서 언급한 바와 같이 공동주택의 경우 청소·화장실용수, 세척·살수용수, 조경용수로 사용할 수 있으므로 이들에 대한 수질기준에 대해서만 평가하였음
- 또한 각 유입원수에 대한 중수도시설의 처리효과를 파악하기 위하여 각 항목에 대한 처리효율을 산정하였으며, 산정방식은 다음의 같음

$$R = [(WQ_i - WQ_o) / WQ_i] \times 100$$

R: 제거효율, WQ_i: 유입원수 수질, WQ_o: 중수도시설 처리 후 수질

[표 53] 중수도의 용도별 수질기준

구분	청소·화장실 용수	세척·살수용수	조정용수
수소이온 농도 (pH)	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5
탁도 (NTU)	2 이하	2 이하	2 이하
생물화학적 산소요구량 (BOD) (mg/L)	5 이하	5 이하	5 이하
총질소 (T-N) (mg/L)	-	-	-
총인(T-P) (mg/L)	-	-	-
총대장균군수 (개/100mL)	불검출	1,000 이하	1,000 이하

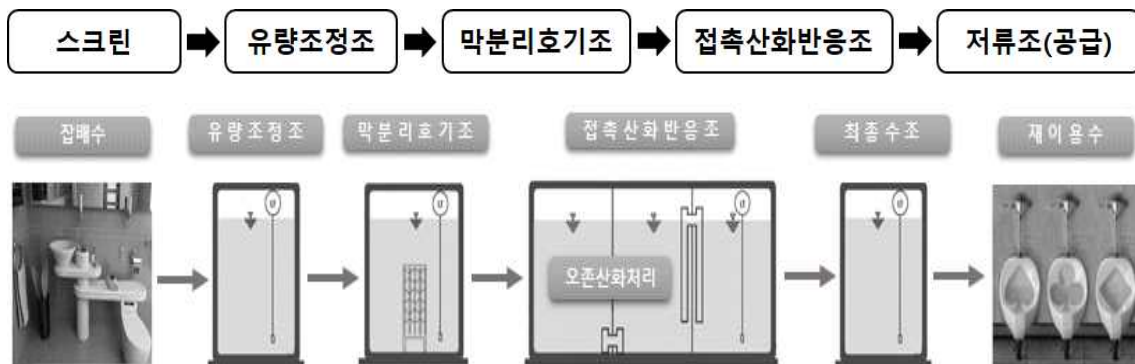
3. 각 중수도시설 적용 사업장별 수질분석 결과

가. 용인평생학습관

- 용인시 평생학습관은 2019년에 개관되어 이용되고 있으며, 교육시설 및 공연시설, 체육시설이 한 공간에 있는 복합문화시설로써 다양한 복지 공간을 제공하는 곳임
 - 교육분야에서는 자격증, 외국어, 정보화, 문화 및 예술, 취미 및 교양 등 다양한 강좌를 개설하여 운영하고 있음
 - 체육분야는 용인 YMCA에 위탁하여 수영, 헬스, 스쿼시 등 스포츠 관련 프로그램을 운영함
 - 공연은 클래식, 재즈, 연극, 아동극 등 다양한 공연을 통해 지역 시민들에게 문화생활을 즐길 수 있도록 하고 있음
- 평생학습관 내 중수도시설 처리시스템은 시설에서 발생한 잡배수가 먼저 스크린을 거치면서 조대협잡물이 제거되고 유량조정조로 유입된 후 막분리호기조를 통해 입자성 미세 고형물질이 제거되고, 접촉산화 반응조에서 색도 및 잔류유기물, 대장균 등이 제거되어 재이용수로

공급되는 공정을 거침

- 스크린 시설은 조대협잡물을 사전에 처리하여 유입수의 균질성 및 수질 안정성을 유지하고, 협잡물로부터 시설을 보호하는 등을 목적으로 하는 전처리 공정 중 하나임
- 유량조정조는 유입원수의 성상을 균질하게 하고 안정적인 수량을 후단 공정에 공급하기 위한 것임
- 막분리호기조의 막은 침지식이며, 호기성 조건에서 막을 통해 부유성 미세입자물질을 제거하여 수질적 안전성을 확보하기 위한 것임
- 접촉산화반응조는 오존과 마이크로버블을 활용하여 OH라디칼을 생성하고 이를 통해 오염수 중의 유기물을 강력 산화작용으로 분해 또는 무해화 하는 공정임



[그림 8] 중수도시설 처리 프로세스

[표 54] 용인 평생학습관 중수도시설 모습

	
<p>중수도시설 설치지점 내부</p>	<p>중수도시설 배관 모습</p>
	
<p>수질 분석용 시료채취 모습</p>	<p>현장분석항목 측정모습</p>

□ 용인평생학습관의 수질조사 결과를 보면, 유입수의 pH가 10.5로, 중수도 시설의 물 재이용 수질에 미치지 못하는 것으로 나타났지만, 처리수는 7.8로 기준을 만족시키는 것으로 조사됨

○ 유입원수 및 처리수의 수온은 비슷한 것으로 나타났으며, EC와 DO는 증가한 것으로 나타났음

- EC는 전기전도도로 이온성 물질의 총량을 평가하는 방법이며, 본 대상 시설의 경우 접촉산화반응에 의해 일부 무해화되는 과정에서 증가될 수 있으나 정확한 원인은 파악되지 않음

- DO의 증가 원인은 호기성 조건에서 막분리공정이 이루어지고 있고, 오존 주입으로 수중의 DO 농도가 증가된 것으로 사료됨

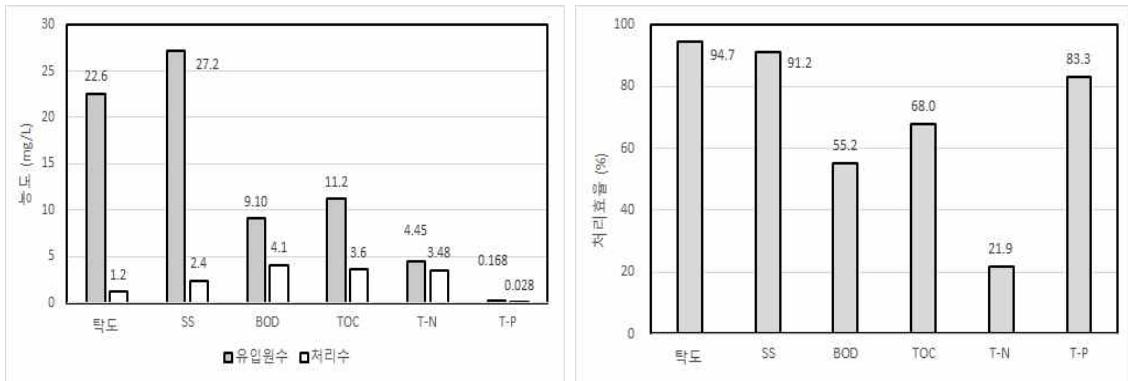
[표 55] 용인 평생학습관 중수도 유입원수 및 처리수의 현장평가 항목 결과

항목	수온 (°C)	pH	EC (μs/cm)	DO (mg/L)
유입 원수	31.3	10.5	255	4.4
처리수	29.9	7.8	282	7.3

- 수질평가항목에 있어서 입자성 고형물질을 주로 평가하는 탁도 및 SS는 각각 94.7%, 91.2%의 처리효과를 보여 막분리공정의 영향으로 평가됨
 - 본 중수도시설에서 사용되는 여과막의 공극은 0.1 μm이므로 미세 입자성 물질 제거에 효과가 있었던 것으로 판단됨
- 또한 유기물질의 양을 평가하는 BOD 및 TOC는 유입수가 각각 9.1 mg/L, 11.2 mg/L로 조사되었고, 이에 따른 처리수의 농도는 각각 4.1 mg/L, 3.6 mg/L인 것으로 나타났음
 - 결과적으로 BOD 및 TOC에 대한 처리효율은 각각 55.2%, 68.0%로 나타나 TOC의 처리효율이 조금 더 높았던 것으로 조사됨
 - 이는 유입원수 중에 포함된 난분해성 물질 중 일부가 접촉산화반응조에 의해 산화분해되면서 처리효율이 더 높았기 때문으로 사료됨
- 본 연구에서는 수중 영양물질인 T-N 및 T-P에 대해서도 수질평가를 실시하였으며, 그에 따른 결과를 보면 T-N보다 T-P에 대한 저감효과가 높게 조사되었음
 - 본 처리시설에서는 질소 및 인을 저감하기 위한 별도의 프로세스가 없으므로 막분리공정 등을 통해 입자물질이 제거되면서 같이 제거된 것으로 사료됨
- 마지막으로 총대장균균수는 유입원수에 대한 분석이 이루어지지 않았고, 처리수에 대해서만 평가가 이루어졌음
 - 결과적으로 총대장균균수는 불검출로 평가되었음
- 수질분석결과를 중수도의 용도별 수질기준과 비교해 보면, pH(5.8 ~ 8.5), 탁도(2 NTU 이하), BOD(5 mg/L 이하), 대장균균수(불검출) 등 모든 항목이 기준을 만족시킨 것으로 평가되었음

[표 56] 용인 평생학습관 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과

항목	탁도 (NTU)	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	대장균군수 (마리/100mL)
유입 원수	22.6	27.2	9.1	11.2	4.54	0.168	-
처리수	1.2	2.4	4.1	3.6	3.48	0.028	불검출
처리효율	94.7	91.2	55.2	68.0	21.9	83.3	-



[그림 9] 용인 평생학습관의 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과

나. 용인 아르피아

- 용인시 수지구에 있는 아르피아는 실내수영장 및 축구장, 육상 트랙, 인라인 스케이트장, 테니스 코트 등 광범위한 스포츠 및 여가를 즐길 수 있도록 시설이 갖추어진 스포츠 센터임
- 용인 아르피아는 앞서 용인시 평생학습관과 같이 중수도시설이 설치된 것으로 파악되며, 따라서 처리시스템 및 처리용량 등이 모두 동일한 것으로 조사됨
- 아르피아의 중수도시설에 대한 처리프로세스는 앞서 용인시 평생학습관과 동일하므로 자료를 참고하기 바람

[표 57] 용인 아르피아 중수도시설 및 수질분석 모습

<p>중수도시설 계통도</p>	<p>옥외 중수도시설 지하 출입부 모습</p>
<p>중수도시설 전경</p>	<p>수질분석용 시료채취 및 현장측정 모습</p>

- 용인 아르피아의 유입원수 및 처리수 수온은 각각 27.8℃, 24.7℃로 나타났고, EC는 각각 274 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 277 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 으로 조사되어 큰 차이가 없었음
- 또한 pH는 유입원수가 7.8, 처리수는 8.0으로 나타나, 중수도 용도별 수질기준(5.8 ~ 8.5)을 만족시키는 것으로 나타났음
- 유입원수와 처리수의 DO 농도는 각각 4.6 mg/L와 7.3 mg/L로 나타나 중수도시설 처리과정에서 DO 농도가 크게 증가되는 결과를 보여 용인시 평생학습관과 비슷한 경향을 보였음
 - DO의 증가 원인은 앞서와 마찬가지로 호기성 조건에서 막분리공정이 이루어지고 있고, 오존 주입으로 수중의 DO 농도가 증가되었을 것으로 추정됨

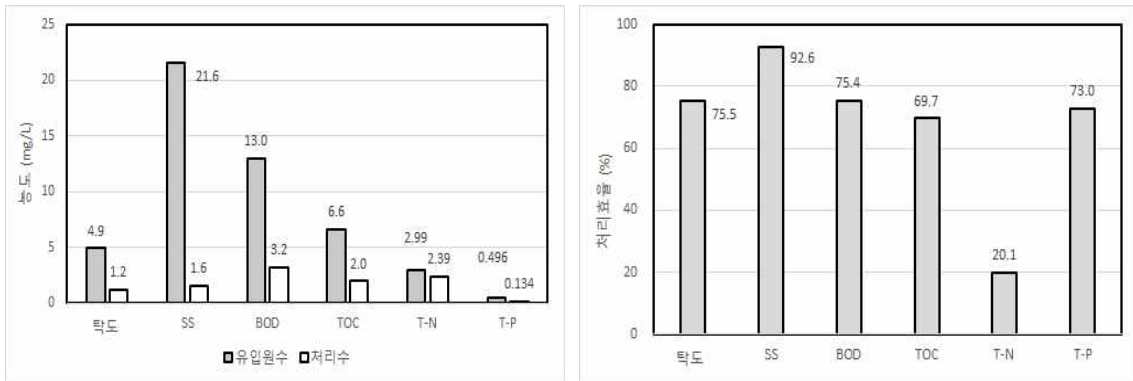
[표 58] 용인 아르피아 중수도 유입원수 및 처리수의 현장평가 항목 결과

항목	수온 (°C)	pH	EC (μs/cm)	DO (mg/L)
유입 원수	27.8	7.8	274	4.6
처리수	24.7	8.0	277	7.3

- 중수도시설 유입원수 및 처리수의 탁도는 각각 4.9 NTU, 1.2 NTU로 나타났고, SS는 각각 21.6 mg/L와 1.6 mg/L로 조사되었음
 - 이에 따른 탁도 및 SS의 중수도 처리시설에 의한 처리효율은 각각 75.5%, 92.6%로 평가되었음
 - 앞서 용인 평생학습관의 결과와 비교해 보면, 탁도의 처리효율이 낮게 나타났는데, 이는 유입원수의 농도가 낮았기 때문으로 처리수의 탁도는 1.2 NTU로 같은 값을 보였음
- BOD 및 TOC의 경우에는 유입수가 각각 13.0 mg/L, 6.6 mg/L로 조사되었고, 이에 따른 처리수의 농도는 각각 3.2 mg/L, 2.0 mg/L으로 나타났음
 - BOD 및 TOC에 대한 처리효율은 각각 75.4%, 69.7%로 나타나 용인 평생학습관의 결과와 유사한 것으로 조사됨
- 또한 T-N 및 T-P의 수질분석 결과에서는 각각 유입수 농도가 2.99 mg/L, 0.496 mg/L에, 처리수 농도가 각각 2.39 mg/L, 0.134 mg/L로 조사되었음
 - 이에 따른 처리효율은 T-N 20.1%, T-P 73.0%로 역시 T-P의 처리효율이 더 높았던 것으로 조사됨
- 수질분석결과를 중수도의 용도별 수질기준과 비교해 보면, 모든 항목이 중수도 용도별 수질기준을 만족시키는 것으로 나타나 중수도의 이용에 어려움이 없는 것으로 평가됨

[표 59] 용인 아르피아 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과

항목	탁도 (NTU)	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	대장균군수 (마리/100mL)
유입원수	4.9	21.6	13.0	6.6	2.99	0.496	-
처리수	1.2	1.6	3.2	2.0	2.39	0.134	불검출
처리효율	75.5	92.6	75.4	69.7	20.1	73.0	-



[그림 10] 용인 아르피아의 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과

다. 용인 실내체육관

- 용인 실내체육관은 일일 평균 이용객이 약 693명(상주 58명, 이용객 635명) 정도이며, 생활체육 및 농구 경기 관람 등이 가능한 다목적 체육시설임
 - 실내체육관 내 시설로는 다목적 체육관, 에어로빅장, 헬스장, 스쿼시장, 골프연습장, 탁구장 등이 있는 것으로 파악됨
- 시설 내 헬스장 및 에어로빅장에서 발생하는 샤워수 및 세면용수로 원수 확보가 가능하고 중수도 처리시설을 거친 후 시설 전체의 청소 및 화장실, 열섬 저감 용수로 공급이 가능함
- 용인 실내체육관 역시 동일한 업체에서 중수도시설을 설치한 관계로 중수도 처리시스템은 동일한 것으로 조사됨

[표 60] 용인 실내체육관 중수도시설 및 수질분석 모습

<p>중수도시설 전체 모습</p>	<p>접촉산화반응조 모습</p>
<p>막분리호기조 모습</p>	<p>수질분석용 시료채취 및 현장측정 모습</p>

- 용인 실내체육관의 유입원수 및 처리수에 대한 현장분석 항목의 결과는 수온이 각각 24.8℃, 22.0℃로 나타나 큰 차이가 없는 것으로 나타남
- EC는 유입원수 301 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 처리수 264 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 조사되어 중수도 처리 후 미약하게 낮아지는 것으로 나타났음
- pH는 유입원수가 7.1 중성에 가까웠으나, 처리 후 8.1로 약알칼리성 상태를 보이는 것으로 조사되었음
- 유입원수와 처리수의 DO 농도는 각각 2.1 mg/L와 8.1 mg/L로 앞서 두 시설과 마찬가지로 중수도시설을 거치면서 증가하는 것으로 분석됨

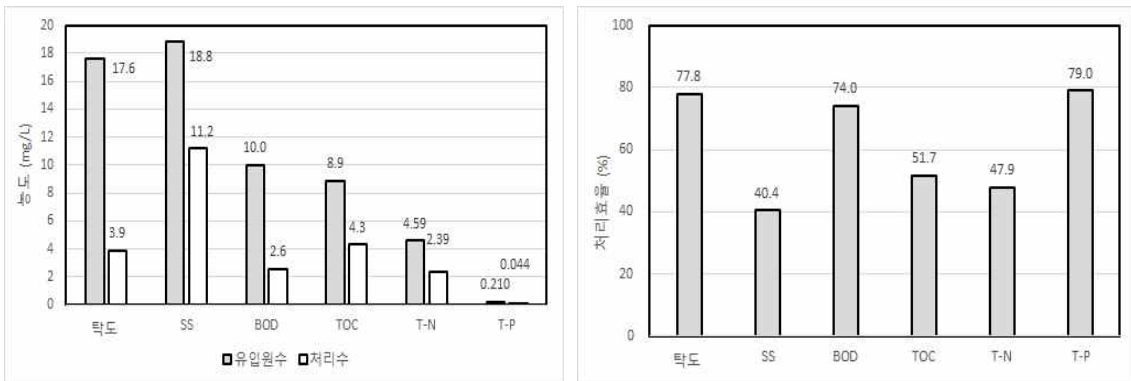
[표 61] 용인 실내체육관 중수도 유입원수 및 처리수의 현장평가 항목 결과

항목	수온 (°C)	pH	EC (μs/cm)	DO (mg/L)
유입 원수	24.8	7.1	301	2.1
처리수	22.0	8.1	264	8.1

- 실내분석 항목에 대한 결과에서는 유입원수 및 처리수의 탁도가 각각 17.6 NTU, 3.9 NTU로 나타나 77.8%의 처리효율을 보이는 것으로 나타났음
 - 이와 같은 결과는 중수도의 용도별 수질기준 중 처리수의 수질이 2 NTU 이하여야 한다는 점을 고려할 때 기준을 초과하는 것임
 - 이는 수체 내에 매우 미세한 입자물질에 의한 영향일 수 있고, 처리 후 저류조 오염에 따른 영향일 수 있으므로 추가적인 조사가 필요할 것으로 판단됨
- 또한 SS의 경우에도 유입원수 농도가 18.8 mg/L, 처리수가 11.2 mg/L로 조사되어 40.4%의 처리효율을 보였음
 - 이와 같은 결과는 앞서 두 시설의 결과와 비교할 때 크게 처리성능이 낮아진 것임
 - SS와 탁도가 수중 입자성 고형물의 양을 평가한다는 점에서 결과적으로 유사한 특성을 보인 것으로 판단되며, 추후 입자성 고형물에 대한 처리시설의 성능에 대한 추가적인 수질적 검토가 필요할 것으로 사료됨
- 중수도시설의 유입원수 및 처리수의 수질은 BOD가 각각 10.0 mg/L, 2.6 mg/L, TOC가 각각 8.9 mg/L, 4.3 mg/L로 조사되었음
 - 이에 따른 BOD 및 TOC의 처리효율은 각각 74.0%, 51.7%로 나타났음
- T-N 및 T-P의 수질분석 결과는 각각 유입원수 농도가 4.59 mg/L, 0.210 mg/L에, 처리수 농도가 각각 2.39 mg/L, 0.044 mg/L로 조사되었음
 - 이에 따른 처리효율은 T-N 47.9%, T-P 79.0%인 것으로 평가됨
- 수질분석결과를 중수도의 용도별 수질기준과 비교해 보면, 탁도가 기준을 초과한 것으로 나타났으나, 이외의 항목을 기준을 만족시키는 것으로 조사됨

[표 62] 용인 실내체육관 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과

항목	탁도 (NTU)	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	대장균군수 (마리/100mL)
유입원수	17.6	18.8	10.0	8.9	4.59	0.210	-
처리수	3.9	11.2	2.6	4.3	2.39	0.044	불검출
처리효율	77.8	40.4	74.0	51.7	47.9	79.0	-



[그림 11] 용인 실내체육관의 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과

라. 용인시 시민체육센터

- 용인시 시민체육센터는 골프연습장 및 헬스장, 다목적 체육관, 헬스장 등 다양한 체육시설이 갖추어져 있으며, 지역 주민들에게 휴식처를 제공하기 위해 건립된 종합스포츠 센터임
- 본 시설은 시설 내에서 발생하는 저농도 배수를 원수로 활용하여 중수도 처리시설을 통해 수질을 개선한 후 재이용수로 활용하고 있으며, 일부 빗물도 같이 재이용하는 것으로 조사됨
- 용인시 시민체육센터 역시 중수도시설의 처리시스템은 앞서 3개 시설과 동일한 것으로 조사됨

[표 63] 용인시 시민체육센터 중수도시설 및 수질분석 모습

<p>중수도 시설 안내판</p>	<p>집수조 모습</p>
<p>유입원수 채수 모습</p>	<p>중수도시설 및 처리수 채수 모습</p>

- 용인시 시민체육센터의 유입원수 및 처리수에 대한 현장분석 항목의 결과는 먼저 수온이 각각 27.7℃, 24.5℃로 조사되었음
- pH는 유입원수와 처리수가 각각 7.6, 7.8로 조사되어 큰 차이가 없었고, 모두 중성에 가까운 것으로 조사되었음
- EC는 유입원수 239 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 처리수 204 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 조사되어 유입수 대비 유출수의 농도가 약간 낮은 것으로 나타났음
- DO 농도는 유입원수가 1.8 mg/L, 처리수가 7.9 mg/L로 조사되어 처리되는 과정에서 충분히 호기상태로 전환된 것을 볼 수 있었음

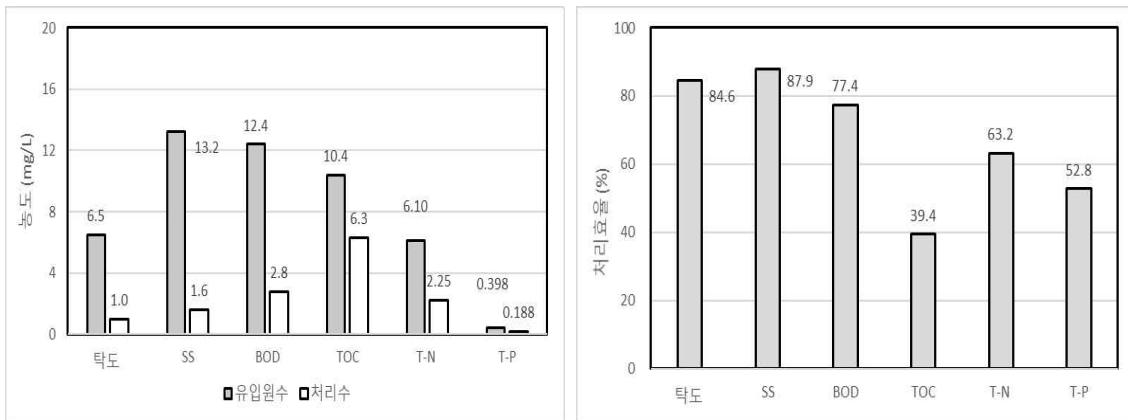
[표 64] 용인시 시민체육센터 중수도 유입원수 및 처리수의 현장평가 항목 결과

항목	수온 (°C)	pH	EC (μs/cm)	DO (mg/L)
유입 원수	27.7	7.6	239	1.8
처리수	24.5	7.8	204	7.5

- 실내분석 항목에 대한 결과에서는 유입원수 및 처리수의 탁도가 각각 6.5 NTU, 1.0 NTU로 나타나 84.6%의 처리효율을 보이는 것으로 나타났음
 - 전반적으로 유입수의 수질이 양호한 상태였으며, 막에 의한 처리효과도 양호하여 재이용수 용도별 수질기준을 만족시키는 결과를 보임
- 또한 SS도 유입원수 농도가 13.2 mg/L, 처리수의 농도가 1.6 mg/L로 87.9%의 양호한 수질결과를 보였음
- 중수도시설에 따른 유입원수 및 처리수의 BOD 농도는 각각 12.4 mg/L, 2.8 mg/L, TOC가 각각 10.4 mg/L, 6.3 mg/L로 조사되었음
 - 이에 따른 BOD 및 TOC의 처리효율은 각각 77.4%, 39.4%로 나타났음
 - 결과적으로 BOD는 TOC에 비하여 양호한 수질상태를 보였으나, TOC는 처리수의 농도가 높아 처리효율이 떨어지는 결과를 보였음
- T-N 및 T-P의 수질분석 결과는 각각 유입원수 농도가 6.10 mg/L, 0.398 mg/L에, 처리수 농도가 각각 2.25 mg/L, 0.188 mg/L로 조사되었음
 - 이에 따른 처리효율은 T-N 63.2%, T-P 52.8%인 것으로 평가됨
- 수질분석결과를 중수도의 용도별 수질기준과 비교해 보면, 모두 기준을 만족시키는 것으로 조사됨

[표 65] 용인시 시민체육센터 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과

항목	탁도 (NTU)	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	대장균군수 (마리/100mL)
유입원수	6.5	13.2	12.4	10.4	6.10	0.398	900
처리수	1.0	1.6	2.8	6.3	2.25	0.188	불검출
처리효율	84.6	87.9	77.4	39.4	63.2	52.8	-



[그림 12] 용인시 시민체육센터의 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과

마. 포곡읍 주민자치센터

□ 포곡읍 주민자치센터는 일반 행정업무를 보는 공공시설이지만, 2층과 3층에는 주민자치사무실, 취미교실, 체력단련실, 헬스샤워실 등이 있어 주로 샤워 및 세면 과정에서 발생하는 저농도 하수를 원수로 하여 중수처리한 후 재이용하도록 되어 있음

○ 중수도 시설의 시설용량은 20 m³/일이지만 이용량은 많지 않은 것으로 조사됨

□ 포곡읍 주민자치센터 내 시설은 내부에 공간이 없어 외부에 설치되어 있으며, 육안으로 봤을 때 원수의 수질상태가 가장 탁하고 안좋은 것으로 판단되었음

- 포곡읍 주민자치센터 역시 중수도 처리시스템은 동일한 것으로 조사됨
- 포곡읍 주민자치센터의 유입원수 및 처리수에 대한 현장분석 항목의 결과는 수온이 각각 24.5℃, 28.2℃로 조사되었음
- pH는 유입원수와 처리수가 각각 7.7, 7.5로 조사되어 큰 차이가 없었고, 모두 중성에 가까운 것으로 나타났음
- EC는 유입원수 214 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 처리수 314 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 조사되어 처리수의 농도가 높았던 것으로 나타남
- DO 농도는 유입원수가 1.7 mg/L, 처리수가 7.9 mg/L로 조사되어 처리되는 과정에서 DO 농도가 증가한 것으로 나타남

[표 66] 포곡읍 주민자치센터 중수도시설 모습

<p>중수도시설 안내판</p>	<p>집수조 시설 및 수질상태</p>
<p>수 시료 채수 모습</p>	<p>수질시료의 현장측정 모습</p>

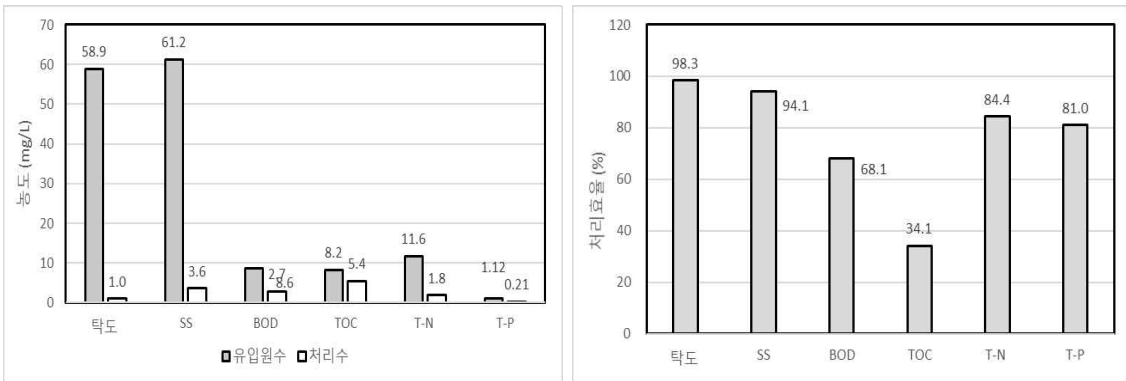
[표 67] 포곡읍 주민자치센터 중수도 유입원수 및 처리수의 현장평가 항목 결과

항목	수온 (°C)	pH	EC (μs/cm)	DO (mg/L)
유입 원수	24.5	7.7	214	1.7
처리수	28.2	7.5	314	7.9

- 실내분석 항목에 대한 결과에서는 유입원수 및 처리수의 탁도가 각각 58.9 NTU, 1.0 NTU로 나타나 98.3%의 처리효율을 보였음
 - 현장에서 파악된 원수의 수질상태는 입자성 물질이 많았지만, 처리과정을 거치면서 크게 개선된 것으로 나타남
- 또한 SS도 유입원수 농도가 61.2 mg/L, 처리수의 농도가 3.6 mg/L로 탁도와 마찬가지로 크게 개선되어 처리효율이 94.1%인 것으로 조사됨
- 중수도시설에 따른 유입원수 및 처리수의 BOD 농도는 각각 8.6 mg/L, 2.7 mg/L, TOC가 각각 8.2 mg/L, 5.4 mg/L로 조사되었음
 - 이에 따른 BOD 및 TOC의 처리효율은 각각 68.1%, 34.1%로 나타났음
 - 결과적으로 BOD는 양호한 결과를 보였으나, TOC는 유출수의 수질이 상대적으로 높아 처리효율적 측면에서도 34.1%의 결과를 보였음
- T-N 및 T-P의 수질분석 결과는 각각 유입원수 농도가 11.63 mg/L, 0.212 mg/L에, 처리수 농도가 각각 1.82 mg/L, 0.212 mg/L로 조사되었음
 - 이에 따른 처리효율은 T-N 84.4%, T-P 81.0%인 것으로 평가됨
- 수질분석결과를 중수도의 용도별 수질기준과 비교해 보면, 모두 기준을 만족시키는 것으로 조사됨

[표 68] 포곡읍 주민자치센터 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과

항목	탁도 (NTU)	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	대장균군수 (마리/100mL)
유입원수	58.9	61.2	8.6	8.2	11.63	1.118	1,200
처리수	0.7	3.6	2.7	5.4	1.82	0.212	불검출
처리효율	98.3	94.1	68.1	34.1	84.4	81.0	-







[그림 13] 포곡읍 주민자치센터의 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과

바. HPS 아파트

- HPS 아파트는 2023년에 사용 승인되어 세대원들이 입주하였으며, 세대 규모는 2개 단지의 비교적 대단위 아파트임
 - 단지 내에서는 피트니스센터 G.X룸, 체육관, 스크린골프, 실내골프연습장, 키즈집 등의 다양한 운동공간과 사우나(남/여), 동호회실, 맘스 카페, 클럽하우스, 어린이놀이터, 독서실(남/여), 작은 도서관, 생활지원센터 등의 편의시설이 조성되어 운영되고 있음
- 단지 내 커뮤니티 중수도시설 처리시스템은 커뮤니티 시설에서 발생한 잡배수가 먼저 스크린을 거치면서 조대협잡물이 제거되고 유량조정조로 유입된 후 막분리호기조를 통해 입자성 미세 고형물질이 제거되고, 접촉산화반응조에서 색도 및 잔류유기물, 대장균 등이 제거되어 재이용수로 공급되는 공정을 거침

○ 처리시설은 지하 2층에 설치되었으며, 처리용량은 15 m³/일임

[표 69] HPS 아파트 중수도시설 모습

	
<p>중수도시설 설치 지점 내부</p>	<p>중수도 처리시설 모습</p>
	
<p>수질 분석용 시료 채취 장소</p>	<p>상수도 및 중수도의 연결부위</p>

□ HPS 아파트의 현장평가 항목에 대한 수질조사 결과를 보면, 수온은 유입수 및 처리수가 각각 19.8℃와 20.1℃로 큰 차이가 없었고, pH는 모두 pH가 7.6인 것으로 조사되었음

○ 수중의 이온물질 총량을 평가하는 EC 값은 유입수가 309 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 처리수가 188 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 인 것으로 조사되어, 중수도 처리시설을 거치면서 크게 감소한 것으로 나타났음

- 이는 막분리호기조 및 접촉산화반응조에서 일부 이온물질이 저감되고 있음을 시사하는 것임

○ DO 농도는 유입수(3.6 mg/L)에 비하여 처리수(8.5 mg/L)의 농도가 높음

것으로 조사되어 접촉산화반응조에서 용존산소가 증가한 결과에 따른 것으로 판단됨

- 이는 앞서 소개된 시설에서도 공통적으로 보인 특성임

[표 70] HPS 아파트 중수도 유입 원수 및 처리수의 현장평가 항목 결과

항목	수온 (°C)	pH	EC (µs/cm)	DO (mg/L)
유입 원수	19.8	7.6	309	3.6
처리수	20.1	7.6	188	8.5

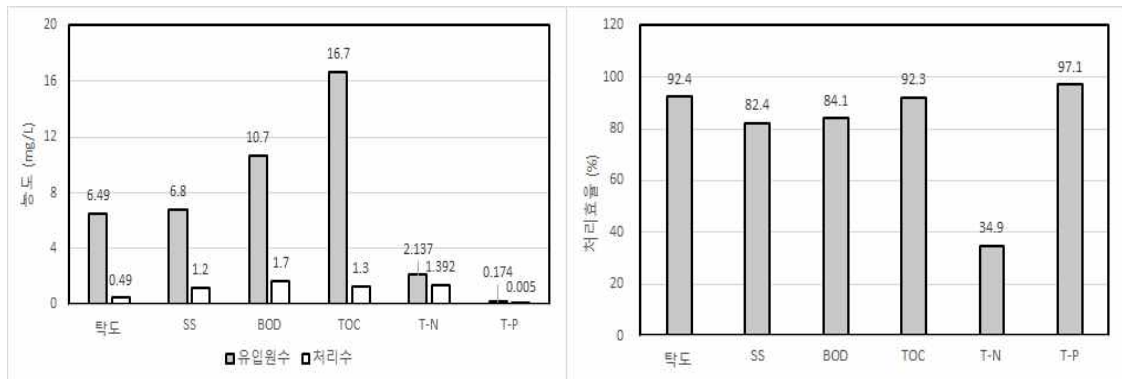
- 실내분석에 따른 수질평가항목에 있어서는 유입원수 및 처리수의 탁도가 각각 6.5 NTU, 0.5 NTU로 나타나 92.4%의 처리효율을 보여, 유입수 농도가 낮았음에도 90% 이상의 높은 처리효율을 보였음
- SS 역시 탁도와 마찬가지로 비교적 낮은 유입수 농도를 보여 6.8 mg/L로 조사되었고, 이에 따른 처리수 농도는 1.2 mg/L로 나타났음
 - 이에 따른 SS에 대한 처리효율은 82.4%로 조사되었음
- 중수도시설에 따른 유입원수 및 처리수의 BOD 농도는 각각 10.7 mg/L, 1.7 mg/L, TOC가 각각 16.7 mg/L, 1.3 mg/L로 조사되었음
 - 이에 따른 BOD 및 TOC 처리효율은 각각 84.1%, 92.3%로 조사되어 양호한 처리효율을 보였으며, 특히 TOC의 처리효율이 BOD의 처리효율 보다 높게 나타난 점이 특이함
- T-N 및 T-P의 수질분석 결과는 각각 유입원수 농도가 2.14 mg/L, 0.174 mg/L에, 처리수 농도가 각각 1.39 mg/L, 0.005 mg/L로 조사되었음
 - 이에 따른 각 처리효율은 T-N이 34.9%, T-P가 97.1%로 조사되어, T-N의 처리효율이 상대적으로 크게 낮았던 것으로 나타남
 - 본 중수도 처리시설의 경우 T-N에 대한 제거메커니즘이 없기 때문이며, 인은 처리과정에서 입자성으로 여과처리되기 때문으로 판단됨
- 마지막으로 대장균군수는 유입수에서 800 마리/100mL가 검출된 것으로 나타났지만, 처리수의 수질에서는 불검출인 것으로 나타나 수질안전성은

양호한 것으로 판단됨

- 위에서 나타난 수질분석결과를 중수도의 용도별 수질기준과 비교해 보면, 모두 기준을 만족시키는 것으로 조사되었음

[표 71] HPS 아파트 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과

항목	탁도 (NTU)	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	대장균군수 (마리/100mL)
유입원수	6.5	6.8	10.7	16.7	2.14	0.174	800
처리수	0.5	1.2	1.7	1.3	1.39	0.005	불검출
처리효율	92.4	82.4	84.1	92.3	34.9	97.1	-



[그림 14] HPS 아파트의 중수도 유입원수 및 처리수의 수질조사 결과

제2절 공동주택 중수도 활성화 방안

1. 공동주택 중수도 활용을 위한 검토 사항

- 중수도는 사용하는 수요자의 관점에서 충분하고 안정적인 수량을 확보하여야 하고 수질적인 안전성을 갖추어야 함
- “물 재이용시설 설계 및 유지관리 가이드라인(2013)”에서는 중수도시설 설치 시 고려해야 할 사항으로 위생 및 수질상의 안전성, 시설의

합리성, 안정성, 경제성 등이 확보되어야 한다고 제시함

- 공동주택에서 공급 원수로 활용하기 위해서는 연간 안정적으로 수량이 확보될 수 있는 물을 대상으로 하는 것이 바람직함
- 또한 합리성 및 경제성 등을 확보하기 위해서는 수처리 비용을 절감할 수 있도록 수질적으로 오염도가 적은 물이 중수도 원수로 적합함

가. 용도별 중수도 물 재이용 원수 이용 방안

1) 수질적 측면에서 용도별 원수 이용 가능성

- 공동주택에서 발생하는 하수는 크게 구분하면, 생활용수와 공동용수로 구분할 수 있음
 - 생활용수는 가정에서 개별적으로 사용되는 용수이며, 이를 다시 오수와 잡배수로 구분할 수 있음
 - 오수는 남성의 경우 소변기 및 대변기, 여성의 변기에서 발생하는 물이며, 잡배수는 남성 및 여성의 세면수나 청소수, 식당(주방) 및 세탁 과정에서 발생하는 물 등으로 구분됨
 - 중수도는 이들 물을 원수로 사용하기 때문에 이들 물 중 어떻게 조합하는가에 따라 원수 확보 수량에 차이가 발생하게 됨
 - 공동용수는 아파트 등 공동주택의 관리에 필요한 용수로 조경용수, 건물 등의 청소용수 등으로 구분할 수 있음
- 공동주택에서 중수도의 원수로 사용될 수 있는 물은 앞서 언급한 바와 같이 저농도 오염수가 유리함
 - 아래의 [표 72]에는 중수도시설의 원수로 사용될 수 있는 물에 대한 특성을 나타낸 것이며, [표 73]은 생활용수 용도에 따른 배수의 수질 특성을 제시한 것임
 - 오수로 분류되는 화장실 배수는 오염도가 높고 각종 바이러스 등이 존재하므로 고도의 수처리가 필요하여 중수도 원수로 사용하기에는 적합하지 않음
 - 또한 주방에서 배수되는 물은 유기성분의 오염도가 높고, 각종 유지류 및

계면활성제가 포함되어 수질적인 안전성 확보가 어렵고, 수처리 비용 상승의 원인이 될 수 있음

- 주방배수의 수질적 특성을 보면 BOD가 하계 15 ~ 1,300 mg/L의 범위에 평균 480 mg/L, 동계 108 ~ 980 mg/L의 범위에 평균 418 mg/L로 조사되어 상대적으로 다른 배수의 수질에 비해 오염도가 높은 것을 알 수 있음
- 따라서 주방배수는 원수로 사용하는데 제한적이며, 고도처리 후 이용이 가능하지만 앞서 언급한 바와 같이 경제성이 떨어지는 약점이 있음

[표 72] 중수도 원수에 따른 특성

중수도 원수	특성
세면배수	전체 배수량은 적으나 비교적 오염도가 낮기 때문에 대상 원수 선정 시 최우선적으로 고려됨
목욕배수	수량 및 수질 측면에서 중수도의 대상 원수로 설정하기에 적합하며, 물리·화학적 처리만으로 재이용 가능
냉각수	냉각수는 유기물 성분이 거의 없으나 용존염류가 높음. 전체 배수량 중에서 차지하는 비중이 높지 않고, 여름철에만 한시적으로 이용되기 때문에 연중 운전이 불가능한 것이 제약조건
주방배수	유기성분의 오염도가 높고, 유지류 및 계면활성제 등의 농도가 높기 때문에 수질적 측면에서 신중한 검토가 필요
수세식 화장실 배수	수세식 화장실 배수는 세정량에 따라 배수량이 달라질 수 있으며, 일반적으로 수세식 화장실 배수는 배설물이 포함되어 있는 관계로 오염도가 높고 용존염류 농도가 높음. 특히 주의가 필요한 부분은 각종 바이러스가 존재할 수 있다는 점임
공동주택 및 빌딩의 혼합배수	양질의 잡배수(세면배수, 목욕배수, 냉각수)와 주방배수가 섞인 혼합 배수의 수질은 단위 원수의 혼합 비율에 따라 상당히 달라짐. 이들 혼합 배수의 수질 중 주방배수가 미치는 영향은 상당히 큰데 재이용을 위해서는 상당한 수준의 처리가 요구됨

출처: 조수현, 2012, 공동주택의 수자원 절약 방법에 관한 연구

- 결과적으로 공동주택 중수도시설의 공급원수는 목욕이나 샤워, 세면 등에 사용되는 물이 가장 유리한 것으로 판단됨
- 가정에서 배수되는 목욕용수 및 세면용수는 비교적 수질이 양호하고 안정적이기 때문에 중수도시설의 원수로 활용하는데 있어 가장

우선적으로 고려하는 것이 바람직할 것으로 사료됨

- 또한 오수로 구분되는 화장실배수와 오염도가 높은 주방배수는 수질적 안전성 확보가 어렵고 경제성 측면에서도 불리할 것으로 판단되어 중수도의 유입원수로 활용하는데 있어 제외하는 것으로 하였음

[표 73] 생활용수 이용에 따른 수질 특성

항목	목욕배수	세면배수		주방배수	
		하계	동계	하계	동계
CODcr (mg/L)	-	106	155	732	844
BOD (mg/L)	48.8	49	80	480	418
SS (mg/L)	15.4	41	101	218	296
ABS (mg/L)	0.2	2.8	2.0	54.4	21.7
pH	-	7.6	6.5	5.4	6.0

출처: 최지용, 2012, 중수처리시설의 설계와 적용, 설비저널 제41권 (2월호)

2) 수량적 측면에서 중수도 확보 가능성

- 중수도로 활용하기 위해서는 안정적이면서 충분한 중수도 공급원수의 확보가 중요하므로, 공동주택에서 이용되는 물의 용도별 발생량을 근거로 중수 대체 가능량을 산정하고 중수도의 필요량과 비교·검토하였음
- 가정생활에서 이용되고 배수되는 물 중 중수도의 공급원수로 이용할 수 있는 수량을 중수 대체 가능량이라고 한다면 다음과 같은 식에 의해 산정될 수 있음

$\text{중수 대체 가능량} = \text{상수 사용량} \times \text{오수화율} \times \text{대체 가능 비율} \times \text{오니 발생 제외 수량}$
--

- 오수화율은 상수 사용량 중 손실되는 수량으로 증발이나 누수 등임
- 대체 가능 비율은 중수도 시설 공급 가능 유량 중 실제로 중수도의 물 사용량으로 평가되는 비율을 의미함

- 오니 발생량은 중수도의 공급 원수 중 처리시설에 의해 오니 등으로 배제되는 수량임
- 결과적으로 중수도의 원수 공급량은 공동주택 내 생활 과정에서 사용되는 상수량을 기반으로, 용도별 이용량 및 비율이 중요한 근거가 됨
- 아래의 [표 74]는 각종 문헌에서 나타난 우리나라 가정용수의 이용 목적별 수량 및 비율을 제시한 것임
- 수자원공사 및 토목학회, 환경부에서 제시하고 있는 이용 목적에 따른 각 가정용수의 결과를 보면, 대체적으로 화장실 용수는 16 ~ 27%, 싱크대(주방) 용수는 19 ~ 20%, 세탁용수는 20 ~ 24%, 목욕용수는 10 ~ 20%, 세면용수는 10 ~ 12%, 기타 4 ~ 9%의 범위인 것으로 조사됨

[표 74] 이용목적별 가정용수 이용 현황

구분		화장실	싱크대	세탁	목욕	세면	기타
한국수자원 공사(2006) ²⁴⁾	물사용량(L/일)	38.5	29.7	30.8	23.8	16.3	13.5
	물사용비(%)	25	19	20	16	11	7
토목학회 (2008) ²⁵⁾	물사용량(L/일)	38.5	28.4	30.8	24.7	15.4	13.5
	물사용비(%)	25	19	20	16	10	9
환경부 (2007) ²⁶⁾	물사용비(%)	27	20	21	17	11	4
최지용 ²⁷⁾ (2001)	물사용비(%)	16	20	24	20	12	8

출처: 조수현, 2012, 공동주택의 수자원 절약방법에 관한 연구(석사논문)

- 또한 임만택(2009) 자료를 보면 보다 세분하여 공동주택 용도별 물 사용 구성비를 제시하였으며, 그에 따른 결과는 다음의 [표 75]와 같음
 - 화장실 용수는 27%, 음용 및 취사용수는 20%, 세탁용수가 20%, 목욕용수가 14%, 세면 및 세수용수가 10%, 기타가 9%로 위에서

24) 한국수자원공사, 2006, 가정용수의 수요량 예측모델 개발 연구
 25) 대한토목학회, 2008, 가정용수 용도별 사용 원단위 분석
 26) 환경부, 2008, 한국형 노출지수 개발 및 운영체계 구축
 27) 최지용, 2012, 중수처리시설의 설계와 적용, 설비저널, 제41권, pp 36~43

제시한 결과와 큰 차이가 없는 것으로 나타남

[표 75] 공동주택의 용도별 물 사용 구성비

용도	물 사용 구성비 (%)	용도	물 사용 구성비 (%)
음용 및 취사용수	20	청소용수	5
목욕용수	14	수세식화장실, 세정용수	27
세면 및 세수용수	10	세차용수	2
세탁용수	20	살수용수	2

출처: 임만택, 2009, 건축설비계획

- 환경부에서 2013년도에 제시한 물 재이용시설 설계 및 유지관리 가이드라인의 공동주택 용도별 사용수량 원단위 및 구성비는 [표 76]과 같음
 - 이에 따르면, 평균 사용량 합계는 235 lpcd이며, 비율별로 보면 앞서 제시된 임만택(2009)의 결과와 동일함

[표 76] 공동주택의 용도별 사용수량 원단위 및 구성비

용도	화장실	목욕	세탁	세면	주방	기타	합계
평균사용량 (lpcd)	63	34	47	24	47	20	235
비율 (%)	27	14	20	10	20	9	100

출처: 한국상하수도협회, 2013, 환경부 제정 물 재이용시설 설계 및 유지관리 가이드라인

- 위의 결과에서 용도별 사용수량 구성비를 보면 세탁용수의 사용량을 무시하기는 어려워보임
- 세탁배수는 세제의 사용량 및 빈도, 세탁물의 오탁 정도, 세탁수의 발생 비율 등에 따라 다르기 때문에 잡배수의 수질적 특성에도 영향을 미칠

수 있을 것으로 사료됨

- 따라서 본 연구에서는 세탁수를 포함하는 경우 혼합배수로 하여 별도로 표기하였음
 - 혼합배수는 다양한 배수가 혼합된 것을 의미하며, 일반적으로 주방배수 까지 포함하지만, 본 연구에서는 앞서 주방배수를 제외하였으므로 본 연구에서는 세탁배수가 포함된 경우로 한정함
- 따라서 위에서 제시된 원수로 사용 가능한 수량은 주로 목욕, 세탁, 세면 배수이며, 기타는 활용 여부에 따라 포함 여부가 결정되므로 안정적으로 공급 가능한 용도별 중수도 사용수량은 이들의 구성비를 합한 44%로 상정하여 계산하였음
- 또한 최근 수자원공사에서 발표한 상수도 통계자료(2022년)를 보면, 용인시 평균 1인 1일 급수량은 322.3 L, 가정에서의 사용량은 284.5 L/인/일로 나타남
 - 결과적으로 중수도의 원수로 공급 가능한 수량은 샤워 및 목욕, 세탁수를 합할 경우 1인당 1일 사용수량의 44%인 125.2 L로 나타남
- 중수도 대체 가능 수량은 앞에서 언급한 바와 같이 상수 사용량에 오수화율, 대체 가능 비율, 오니 발생 제외 수량을 곱하여 산정하게 됨
- 이를 대입하여 공동주택의 중수 대체 가능 수량 즉 중수도 원수로 공급될 수 있는 수량은 90.1 Lpcd인 것으로 산정됨

$$\text{중수 대체 가능량} = 284.5 \text{ lpcd} \times 0.9 \times 0.44 \times 0.8 = 90.1 \text{ Lpcd}$$

- 여기서 상수도 사용량에 따른 오수화율 및 오니발생율은 다양한 변수를 고려해야 한다는 점을 고려할 때 일부 보수적인 값이라고 사료됨

나. 공동주택의 중수도 재이용수 공급 용도

- 일반적으로 중수도 시설을 이용하는 시설의 특성에 따라 재이용수의 공급 용도는 다양함
- 아래의 [표 77]에서 볼 수 있는 것처럼 주요 공급 용도는 도시 재이용수,

조경용수, 친수용수, 하천유지용수, 습지용수, 공업용수로 구분될 수 있으며, 공동주택은 생활용수 중 주로 화장실 세척용수나 청소용수, 살수 및 관개용수 등으로 공급하는 것이 가능함

- “물의 재이용시설 설계 및 유지관리 가이드라인(2013)” 에서 제시하고 있는 중수도 공급 용도는 다음의 [표 77]과 같음

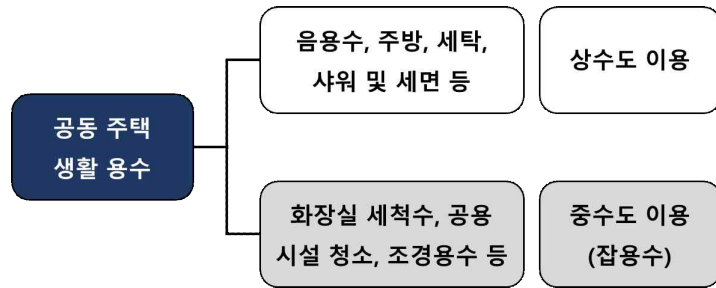
[표 77] 중수도시설에 의한 재이용수 공급 용도

용도	내용
1) 도시 재이용수	- 도로·건물 세척 및 살수, 화장실 세척용수 등
2) 조경용수	- 도시 가로수 및 공원이나 체육시설 잔디 등 관개용수
3) 친수용수	- 도시 및 주거지역에 인공적으로 건설된 실개천 등의 공급용수
4) 하천유지용수	- 하천 저수지 및 소류지 등의 수량 유지를 위한 공급용수
5) 습지용수	- 습지에 대한 공급용수
6) 공업용수	- 냉각용수, 보일러 용수 및 생산 공정에 공급되는 산업용수

- 하지만 공동주택의 중수도는 근거리의 발생원에서 직접 이용하기 위한 목적으로 활용되기 때문에 생활공간 내에서 활용하는 것이 바람직함
 - 따라서 공급 용도로 가능한 것은 도시 재이용수 및 조경용수 정도로 판단됨
 - 수요처가 근거리에 있다면 장거리 이송으로 인한 수송비용을 절감할 수 있고, 수질적 안전성을 확보할 수 있어 유리함
- 중수도 공급 시 가장 중요한 사항은 중수도 이용 목적에 맞도록 수질의 안전성을 확보하는 것임
 - 아직까지 시민들의 중수도에 대한 인식이 부정적이고, 접촉 시 위생적인 문제가 발생할 수 있으므로 가능한 인체에 접촉하는 용도로 사용하는 것은 지양해야 함
 - 따라서 중수도의 사용처는 주로 화장실 세정수, 청소용수, 공동주택 내

조경용수 등으로 한정하여 사용하는 것이 바람직함

- 중수도를 화장실 세정수 및 청소용수 등으로 활용한다고 하더라도 항상 인체에 대한 위생적인 문제가 없도록 관리하여야 하고, 중수도 재이용수 이용 시 시설 및 기계에 대한 영향과 막힘현상 등의 기능적 장애가 발생하지 않도록 적절하게 관리하여야 함



[그림 15] 생활용수 용도별 공급 용수

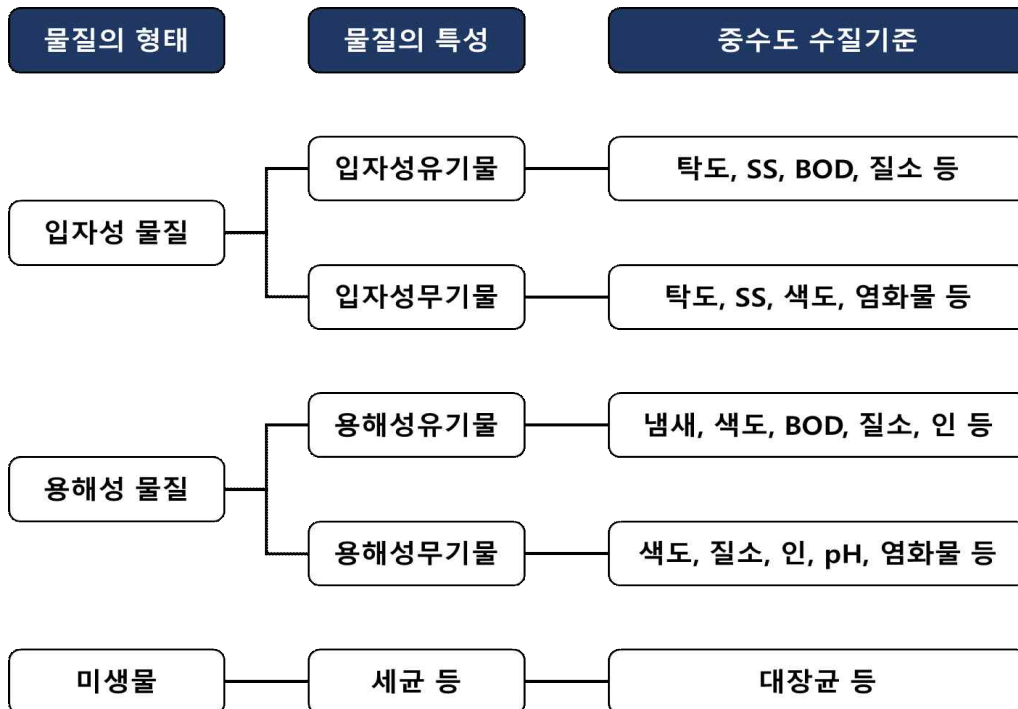
- 해외 사례인 일본의 경우, 빌딩 등에 공급되는 재이용수의 용도는 전체의 70% 정도가 화장실 용수로 가장 많이 이용되고 있고, 그 외에 살수, 냉각·냉방용수, 청소용수 등으로 사용되고 있음

[표 78] 공동주택에서의 중수도시설 재이용수의 활용

용도	내용
청소, 화장실	<ul style="list-style-type: none"> - 중수의 주 사용 용도로 화장실 내 대·소변기에 재이용수를 공급하여 급수로 사용함 - 해당 화장실까지 공급배관 등의 설치가 필요하며, 비데 사용 시 추가적인 상수 공급이 필요함
세척, 살수용수	<ul style="list-style-type: none"> - 각종 세척 및 살수용수, 도로 살수용수 등으로 활용 가능함 - 각종 비산되는 대기오염물질을 방지하고, 지면의 열을 낮추어 생활환경 개선에 활용
조경용수	<ul style="list-style-type: none"> - 조경용으로 평시 및 갈수기에 사용하여 수목의 고사를 방지하고 정상적인 생육환경을 조성함 - 계절적 요인에 따라 활용시기가 제한적인 점을 고려하여 시설 용량 선정 필요

2. 중수도 처리시스템 검토

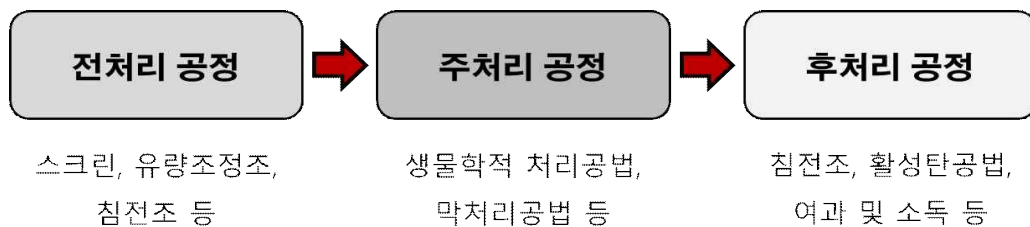
- 중수도 처리시스템을 검토하기 위해서는 먼저 중수도 원수의 오염물질 종류를 파악하는 것이 우선되어야 함
- 중수도에 포함되어 있는 오염물질은 크게 나누면 형태에 따라 입자성 물질과 용해성 물질로 구분될 수 있고, 성질에 따라 유기물과 무기물로 구분할 수 있음
 - 중수도 용도별 수질기준으로 보면, 총대장균군수, 결합잔류염소, 탁도, BOD, 냄새, 색도, 총질소, 총인, pH, 염화물 항목이 설정되어 있음
 - 이를 세분하여 구분하면 다음의 [그림 16]과 같음



[그림 16] 중수도 원수 내 물질 형태 및 특성에 따른 수질항목 관계

- 중수도의 처리시스템을 구축하기 위해서는 유입원수에 포함되어 있는 물질에 따라 적절한 처리시스템을 구축하는 것이 필요함
 - 예를 들어 입자성 물질은 입경의 크기에 따라 여과공정을 적절하게 선정하는 것이 중요함

- 또한 유기물질이 원수중에 많이 포함되어 있는 경우에는 생물학적 처리공정을 중심으로 하되 난분해성 물질이 다량 포함되어 있다면 산화처리를 추가하는 방법 등이 고려될 수 있음
 - 또한 무기성 물질이 포함되어 있는 경우에는 응집공법이나 흡착공법을 이용할 수도 있음
- 결과적으로 중수도 처리시스템을 선정하는 것은 유입수 성상에 따라 달라지며, 처리시스템은 공법 및 공정에 따라 적절하게 구성하는 것이 필요함
- 처리공법은 일반적으로 생물학적 처리공법, 화학적 처리공법, 물리적 처리공법으로 크게 구분할 수 있으며, 처리공정상으로는 전처리 공정, 주처리공정, 후처리공정으로 구분할 수 있음



[그림 17] 일반적인 수처리 공정도

- 전처리 공정은 협잡물과 같은 조대입자물질이나 독성물질 등을 사전에 제어하여 주처리공정을 원활하고 효율적으로 운영하기 위한 것으로 주로 물리적 또는 화학적 공법을 활용함
 - 주처리공정은 원수 중에 포함되어 있는 제거 목적 오염물질을 주로 처리하기 위한 공정으로 하수의 경우 통상적으로 생물학적 공정을 이용하며, 최근에는 침지식 분리막이나 생물학적 고도처리공정 등을 활용하는 경우도 있음
 - 후처리공정은 주처리공정을 보조하여 남아있는 오염물질을 추가 제거하거나 수질 이용목적에 맞추어 살균, 소독 공정 등을 거쳐 최종적으로 배출하기 전 공정임
- 각 오염항목에 따른 적절한 처리공정을 설정하기 위하여 단위공정 또는

공법별 개요 및 특징 등을 검토하여 제시하였음

① 스크린

- 중수도의 유입원수는 성상에 따라 머리카락, 인체 분비물, 미세섬유 등이 유입될 수 있고, 주방 잡배수를 포함하는 경우 음식물 찌꺼기, 고형화된 기름 성분 등이 포함되어 있는 경우가 있음
- 스크린 시설은 이들을 걸러내 주기 위한 조대 슬릿을 가진 처리시설로 수동 또는 자동으로 운전이 가능함



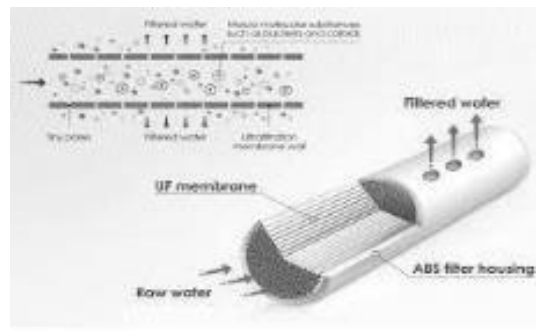
② 정밀여과법(MF)

- 정밀여과법은 약 0.05 ~ 10 μm 의 공극을 가진 막을 이용하여 유입수를 여과하는 방식의 처리공법이며, 주로 순수 클리닝, 역삼투막 장치의 전처리, 박테리아 제거 등을 목적으로 개발되었음
- 중수도에서는 주로 카트리지가식 침지형 분리막 방식이 많이 사용됨



③ 한외여과법(UF)

- 한외여과법은 반투막을 이용하여 수중에 용해되어 있거나 부유하고 있는 고분자 물질과 콜로이드 입자 등을 분리, 제거하는 수처리공법
- 주로 순수 제조 및 단백질이나 박테리아 같은 세균류 제거를 포함한 중수처리에 이용



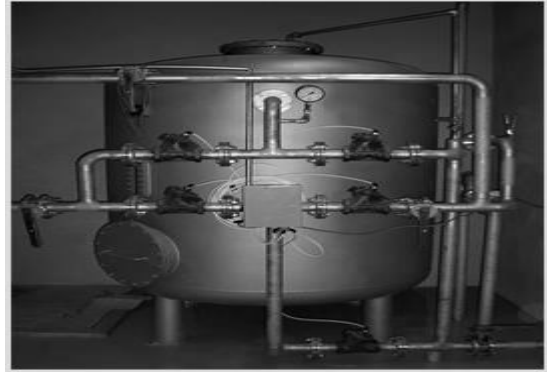
④ 활성탄 흡착

- 활성탄은 목탄이나 카본블랙, 코크스 등과 같이 무정형의 탄소 (Amorphous carbon) 구조를 가진 비극성 성질의 흡착제임
- 활성탄은 탄소를 함유하는 물질을 탄화 및 활성화시켜 얻어지며, 내부에 무수히 많은 미세공으로 연결되어 있어 넓은 표면적을 가지고 있고, 여과 및 흡착능력이 뛰어나고 악취 저감에도 효과적임



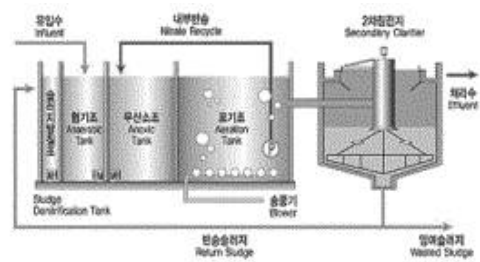
⑤ 다층여과

- 압력식 여과장치로, 밀폐된 용기 내 하부 집배수장치 위에 지지대(자갈, 모래 등)를 깔고, 그 위에 여재(안트라사이트 또는 모래 등)를 충전한 후 원수를 통과시켜 처리하는 수처리장치



⑥ 활성슬러지법

- 대표적인 호기성 부유성장식 생물학적 처리공정으로 미생물과 고농도 잡배수의 혼합액 내에서 미생물이 부유상태로 성장하면서 원수 중에 함유된 유기물을 산화분해하여 새로운 세포나 최종생성물로 전환시켜 제거하는 공정

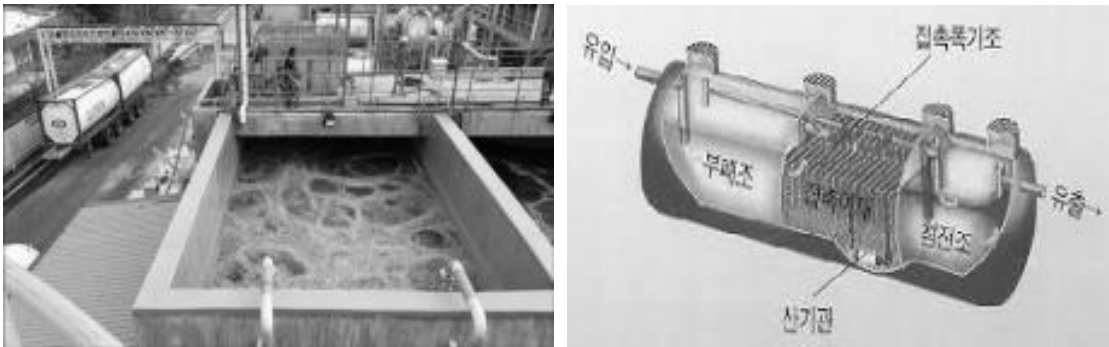


⑦ 생물막여과법

- 생물막여과법은 호기성의 폭기조에 접촉성 매체를 장착하여 매체 표면에

생성된 생물막에 의해 원수 중 유기물을 제거하는 생물학적 처리공법임

- 생물막여과법은 비교적 소규모 처리시설에 적용하기 쉬워 중수도 처리시설에 적용할 수 있음



⑧ 자외선(UV) 소독법

- 중수도 공정 중 소독조 내 설치되는 입수형 자외선 소독 방식과 공급설비 전단에 관로형 자외선 소독방식으로 나눌 수 있음
- 자외선 파장 중 가장 살균력이 우수한 파장 범위는 250 nm ~ 260 nm로 알려져 있으며, 살균선의 조사 범위에 따라 세균의 핵산류에 흡수되어 변화되고, 신진대사에 장애를 일으켜 증식 능력을 잃고 사멸시키는 방식
 - 처리 후, 인체에 유해한 화학물질이 잔류하지 않는다는 장점이 있지만, 자외선 조사 시 중수도 처리가 안정적이지 않은 처리수에서는 처리능력이 크게 저하된다는 단점이 있음



⑨ 오존산화법

- 오존은 강력한 산화제로서 유기물, 색도, 악취제거 및 살균 등에 광범위한 효과가 있음
- 살균력은 염소 등과 비교하여 수십 배 강하고, 염소 소독의 경우에는 암모니아와 반응하여 클로라민을 생성시킴으로써 살균효과가 저하될 수 있지만 오존산화의 경우에는 이와 같은 문제가 발생하지 않음
- 단, 유기물 제거에는 오존산화 공법상 한계가 있으며, 다량의 오존을 필요로 하므로 처리비용도 높아지는 단점이 있음
- 하지만 냄새 및 색도 등과 같이 관능적 또는 심미적 오염물질에 대한 처리에 효과적인 처리공법으로 많이 이용되고 있음
- 또한 처리 후 남은 오존이 대기 중에 배출되지 않도록 항상 잔류오존 제거를 위한 배오존 처리장치가 필수적임

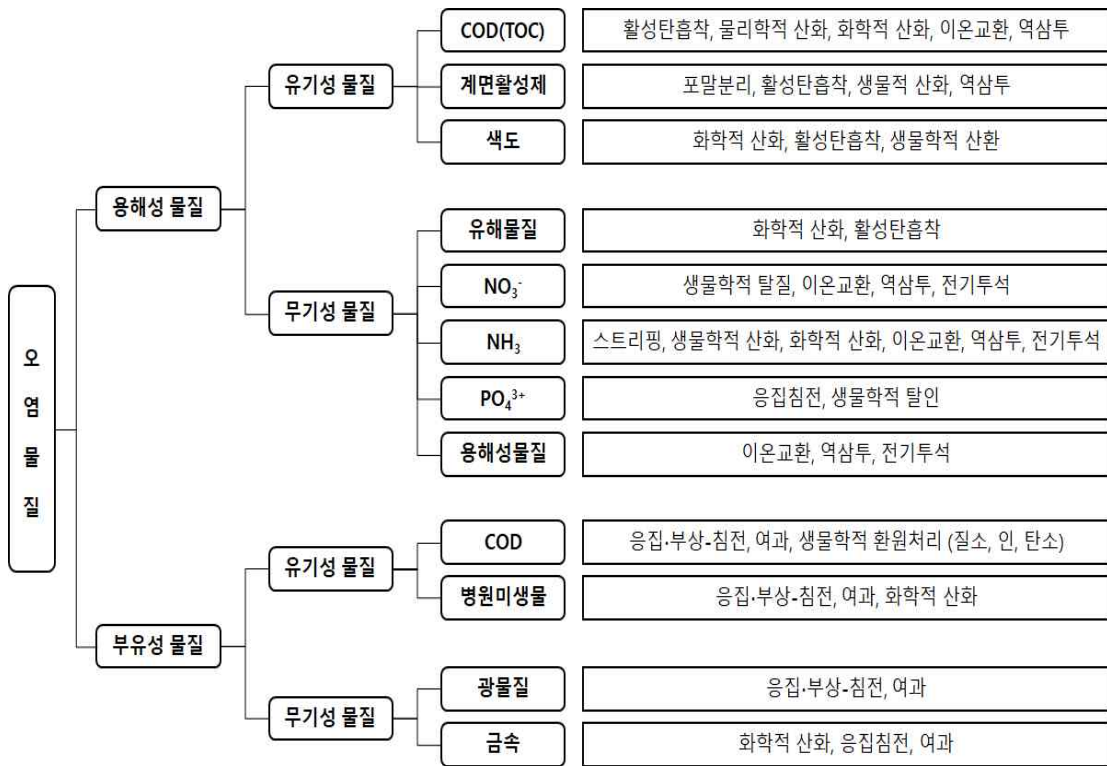


⑩ 염소살균법

- 염소(Cl_2)가 세포막을 통과하여 세포 내 효소를 파괴하고, HClO 의 산화력 등으로 균체막 파괴 및 SH 효소를 산화시킴
- 염소 소독은 수중에 잔류염소를 유지시킬 수 있으므로 수도관 내 급배수 과정에서 발생될 수 있는 추가 오염에 대한 안전 확보에 유리
- 다만, 오존산화 등과 비교하여 살균력이 상대적으로 약하고, 특유의 냄새 및 독성으로 생태계에 영향을 미칠 수 있음



- 환경부(2013)에서는 중수도 처리를 위한 단독처리공정은 존재할 수 없고 중수도의 용도와 원수수질, 수량에 따라서 합리적인 처리공정을 적용해야 한다면서 유입되는 오염물질에 따라 일반적인 중수도 처리공정을 다음의 [그림 18]과 같이 제시하였음
 - 오염물질에 따라 부유성 물질과 용해성 물질로 구분하고 유기물과 무기물로 구분하여 전체적인 처리시스템을 제시하였음
 - 입자성 물질인 부유성 물질은 주로 응집침전 및 부상공법, 여과공법 등이 적용되며, 용해성 물질은 생물학적, 화학적, 물리적 처리공법이 다양하게 적용되는 것을 알 수 있고, 활성탄 공법과 산화처리공법이 주로 활용됨
 - 결과적으로 중수도 활용을 위한 처리공정은 유입되는 오염물질의 종류 및 중수도의 용도, 처리용량 및 비용 등을 고려하여 다양한 공법 등을 조합하고 최적으로 연계된 공정을 만들어 처리하는 것이 중요한 것으로 판단됨
- 결과적으로 중수도시설을 검토할 경우 우선적으로 고려할 사항으로는 다음과 같음
 - 처리효율성: 중수도 이용목적에 부합할 수 있는 처리효율을 가질 것
 - 수질안전성: 중수도에 포함된 오염물질이나 독성물질로부터 안전할 것
 - 유지관리의 편리성: 대상 시설의 관리자가 충분히 유지관리할 수 있도록 운전조작이 간단하고 편리할 것
 - 시설의 합리성: 원수 수질을 정확히 하는데 적당하고 합리적인 구성일 것
 - 경제성: 시설구성이 적당하면서도 비용적 편익이 확보될 수 있을 것



출처: 한국상하수도협회, 2013, 환경부 제정 물 재이용시설 설계 및 유지관리 가이드라인

[그림 18] 중수도에 유입되는 오염물질에 따른 처리공정

- 또한 한국상하수도협회(2013)는 일본의 건물유형에 따른 중수도 이용용도 및 처리공법을 정리하여 제시하였음 ([표 79] 참조)
 - 공동주택과 유사할 것으로 판단되는 다세대의 경우에는 점축산화공법 및 모래여과, 활성탄여과 공법 등으로 조합되어 있으며, 여기에 탈인 및 탈질 공정, 오존산화공법 등이 추가되어 있음
- 최근에는 정밀여과 및 한외여과막을 사용하는 공법이 많이 이용되고 있으며, 이외에 응집침전, 응집부상, 활성탄 여과, 고도산화 등의 공법이 연계되는 경우도 많은 것으로 판단됨
 - 최지용(2012)은 중수처리시스템을 물리화학적 처리, 생물학적 처리, 막 처리로 구분하여 비교한 결과를 [표 80]에 제시하였음
 - 결과적으로 볼 때, 막 처리는 초기 투자비가 많이 소요되는 것으로 나타나고 있으나, 운전관리비가 적게 소요되고 자동운전이 가능하며 처리효율이 높은 것으로 제시됨

[표 79] 일본의 건물 유형에 따른 중수도 이용 용도 및 공법

구분	중수도 원수	용도	주공법
백화점	오수처리수, 세면수, 청소수, 목욕수	청소수, 화장실세정수	S/F, A/C, U/F, C/F, 화학응집, 활성오니, 오존, 응집침전
레저	목욕수, 세면수, 욕실수, 생활오수	청소수, 화장실세정수, 조경용수, 축사용수, 제설용, 화장실용수	S/F, A/C, C/F, 단계폭기법, 응집침전, 가압부상
호텔	세면수, 욕실수, 생활오수	냉각수, 화장실세정수, 조경용수	RBC, 화학침전, S/F, A/C, 화학응집
공공	세면수, 청소수, 목욕수, 주방배수, 오수처리수	화장실세정수, 청소용수, 조경용수	활성슬러지법, S/F, A/C, U/F, A/F, C/F, Uni-F, 화학침전, 오존산화
다세대	세면수, 목욕수, 생활오수	화장실세정수	접촉산화, S/F, A/C, 탈질, 탈인, 오존산화
병원	오수처리수	청소용	화학응집, A/C
기타	오수처리수, 생활오수	청소용, 화장실세정수	화학응집, S/F, C/F

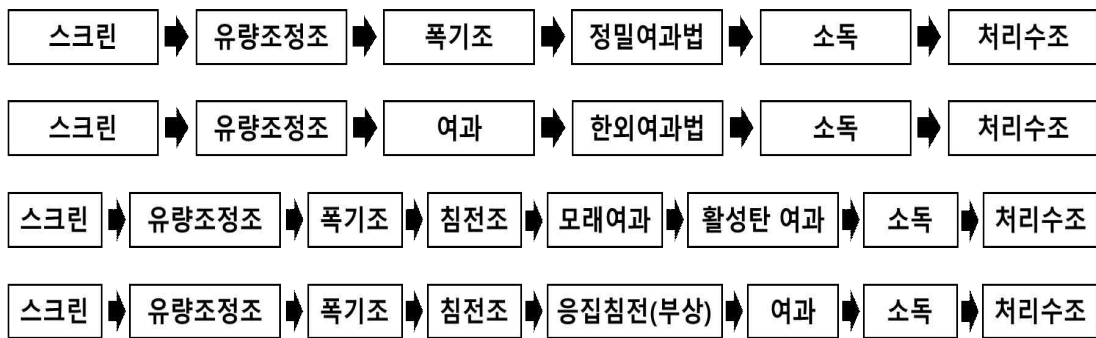
주) S/F : Sand Filtration, A/C : Activated Carbon, U/F : Ultra Filtration, Uni-F : Uni-Filtration, A/F : 안트라사이트 Filtration, M/F : Micro Filtration, R/O : Reverse Osmosis, B/R : Bio-Reactor

출처: 한국상하수도협회, 2013, 환경부 제정 물 재이용시설 설계 및 유지관리 가이드라인

[표 80] 중수도 처리시스템의 비교

구분	물리화학적 처리	생물학적 처리	막 처리
처리과정	시스템→응집침전→여과→오존→활성탄→중수	스크린→생물학적 처리→오존→활성탄→중수	스크린→생물학적 처리→막 처리→염소 소독→중수
처리효율	원수유입 부하변동에 대응이 어려움	처리효율이 좋으나 안정성이 떨어짐	처리효율이 안정적임
초기투자비	소	중	대
동력비	소	중	중
소요면적	소	대	중
유지관리	관리인 필요	전문관리인 필요	전자동 운전 가능
소모품비	대	중	중
세제류 제거능력	보통(90% 이상)	낮음(85~88%)	높음(95% 이상)

- 아래의 [그림 19]은 다양한 자료를 토대로 중수도에 이용될 수 있는 공정들을 조합하여 제시한 것임
- 하지만 실질적으로 현장에서는 보다 다양한 변수가 존재하기 때문에 현장 여건을 고려하여 공정설계를 하는 것이 바람직함



[그림 19] 중수도 처리에 사용될 수 있는 공정도 예시

3. 중수도 시설 검토 시 경제성 분석

- 공동주택에 중수도를 보급하기 위해서는 수질적 안전성과 시설의 운전 및 유지관리의 용이성, 경제적 편익성 등이 중요한 요소이며, 특히 경제적인 부분은 시설투자에 있어서 가장 보편적으로 평가되는 항목임
- 중수도의 편익성은 중수도 도입에 따른 시설의 설치 및 운영, 유지관리에 소요되는 비용과 시설의 설치 및 운영과정에서 얻게되는 편익적 가치를 비교하여 평가함
- 시설의 설치비는 초기투자비용으로 시설설치에 소요되는 처리용지 비용, 기계설비 및 전기제어 비용, 송배수를 위한 배관설비 비용 등이 포함됨
 - 운영비는 전력비, 약품비, 인건비, 수질분석비 등 시설을 정상 가동하는데 소요되는 정기적인 비용임
 - 또한 시설의 이상이나 고장, 내구연한 초과 등에 따른 교체 등 기타 제경비를 포함함

- 시설 설치에 따른 편익은 매우 폭넓고 다양하며, 이중 대표적으로는 물 재이용에 따른 상·하수도 이용요금 저감 및 환경개선을 위한 부담금의 저감에 따른 사업 주체인 당사자가 얻는 사적 편익과 중수도 설치에 따른 댐 건설비용 및 환경비용 저감효과, 하수처리장 감소에 따른 주변 환경개선으로 인한 편익 및 상수원 보호구역 지원비 감소, 수변지역 지원비 감소, 수변지역 관리비용 절감 등과 같은 사회적 편익이 발생함

가. 중수도 시설비 및 운전·유지관리비 등 소요 비용

1) 시설비

- 시설비는 먼저 기초공사비용으로 토목비, 전기비용, 설치장소 및 설치 면적에 따라 결정되는 용지 비용, 기계설비, 배관설비 등으로 구분됨
 - 처리시설 비용은 공법이나 구성 및 규모 등에 따라 각 비용이 크게 차이가 나고 또한 시설을 설치하는 항목별로도 다양한 변수가 존재하므로 항목 선정이 매우 중요함
- 남영우와 박태욱(2000)²⁸⁾은 접촉폭기방식 중수도의 경제성 분석에서 용량에 따른 비용산정 결과를 다음의 [표 81]와 같이 제시하였음

[표 81] 접촉산화 공정을 활용한 중수도 시설의 톤당 건설비 및 운영비

용량 (m ³ /day)	건설비 (원/m ³)	운영비 (원/m ³)	합계 (원/m ³)
50	454.5	725.4	1179.9
100	341.3	423.3	764.6
300	272.2	250.6	522.8
500	235.0	206.4	441.4
1,000	210.0	185.1	395.1
2,000	197.0	171.1	368.1
3,000	190.1	167.4	357.5

28) 남영우, 박태욱, 2000, 경제성분석을 이용한 접촉폭기방식 중수도의 설치규모분석에 관한 연구, 대한 환경공학회지 22권 11호, pp. 1945~1954

- 여기서 건설비는 내구연수 15년이며, 운영비의 산정은 15년 동안 동일하다고 가정하여 산정된 총비용을 톤으로 나누어 산정된 값임
- 또한 인천발전연구원(2001)은 “인천시 중수도 보급방안 연구”에서 중수도의 톤당 비용을 아래의 [표 82]와 같이 산정하여 제시하였음
- 산정하는 과정은 앞서 남영우와 박태욱(2000)²⁹⁾의 연구 내용과 같은 방식이지만, 결과에서는 인천시의 비용이 큰 것으로 나타났는데, 이는 중수도 원수 및 처리방식의 차이, 건설비 내역의 차이 등이 작용한 결과로 사료됨
- 또한 이들 자료들은 모두 20년 이상된 자료이므로 직접 활용하기 어려울 것으로 판단되었음

[표 82] 생물학적 공정을 활용한 중수도 시설의 톤당 건설비 및 운영비

용량 (m ³ /day)	건설비 (원/m ³)	운영비 (원/m ³)	합계 (원/m ³)
50	1,585	543	2,128
100	995	499	1,493
300	699	482	1,181
500	584	482	1,066
1,000	508	476	984
2,000	486	475	961
3,000	470	427	897

- 이에 통계자료를 이용하여 전국 공공처리장의 시설용량 및 사업비를 토대로 톤당 건설비를 산정해 보았으나, 평균 1,194,518원/m³으로 산정되어 앞서의 자료와 큰 차이를 보였음
- 이는 건설비에 포함된 항목을 어떻게 선정하는가와 주변 여건, 시설의 구성, 제품의 차이 등 변수가 너무 많기 때문으로 사료됨
- 즉, 공공하수처리장은 비교적 고농도의 유입 하수 처리를 목적으로 하고

29) 인천발전연구원, 2001, 인천시 중수도 보급방안 연구

있기때문에 기본적으로 처리시스템이 중수도 시설과 비교하여 복잡하고 유지관리를 위한 많은 부속시설이나 건물 등을 필요로 함

- 이에 반하여 중수도 처리시설은 중수가 발생하는 근거리에서 간단한 처리공정에 의하여 처리되기 때문에 공공하수처리장의 시설비가 다소 과장되게 산정될 수 있음

□ 따라서 본 연구에서는 시설비를 산정하기 위하여 유입수질과 용도별 목표수질을 설정하고, 용도별 목표수질을 달성하기 위한 중수도 처리시설 표준공정을 결정한 후 단위 공정별 시설비를 합산하여 톤당 시설비를 산정하는 것으로 하였음

○ 이와 같이 기존 표준공정 시설을 기준으로 한 사례별 단가를 산정한 것은 다음과 같은 이유때문임

- 중수도시설은 단위공법별로 구성되어 유입수질 및 이용목적 등에 따라 조합되어 적용되기 때문에 시설비를 일괄 적용하기 어려움
- 중수도시설은 공동주택사업 시 여러 공종 중 하나이며, 별도의 토목 및 건축과 관련성이 떨어지기 때문에 단위공정으로 산정하는 것이 타당함
- 이제까지 공동주택에 중수도시설이 적용된 사례가 적어 시설비 산정에 직접적으로 활용할 자료가 거의 없음
- 중수도시설에 대한 연구는 대부분 많은 시간이 흘러 그때의 가치와 현재의 가치를 비교하기 어려움

□ 먼저 유입수질은 처리공정을 구성하는데 있어서 매우 중요한 요소로서, 유입 대상수를 어디까지로 할 것인가에 따라 달라짐

○ 본 연구에서는 앞서 충분한 원수를 확보하기 위하여 목욕용수, 세면용수, 세탁용수까지를 원수 사용량으로 산정하였으므로, 유입원수는 아래의 표에 따라 세탁배수를 포함한 혼합배수까지 가능할 것으로 판단됨

[표 83] 유입수 구분에 따른 발생원 및 특징

구분	주요 발생원	원수의 특징
잡배수	◆ 세면수, 냉각용수 등을 포함한 배수	◆ 오염도가 낮음
혼합배수	◆ 저오탁배수 및 샤워, 수영장 역세수, 세탁·세척 배수 등을 포함한 배수	◆ 헝잡물(머리카락 등), 미세섬유 등 포함
주방잡배수 포함 배수	◆ 혼합배수 및 주방배수 등을 포함한 배수	◆ 일부 기름기 유입과 오염도가 높은 특징(음식찌꺼기 등)

○ 이에 따른 각 유입원수의 수질을 자체적으로 검토해 본 결과는 아래의 [표 84]와 같음

- 결과적으로 혼합배수까지를 유입원수로 사용한다면, 수질적 유입원수의 한계 농도는 pH 6.3 또는 7.6, 탁도 114.6 NTU, BOD 114.6 mg/L, 대장균군수 147,524마리/100mL인 것으로 판단됨

[표 84] 각 용도에 따른 유입수의 수질 범위 및 평균값

구분		총대장균군수 (마리/100ml)	결합잔류염소(mg/L)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	냄새	색도 (도)	pH
잡배수	최대	35,000	불검출	22.5	49.5	불쾌	140	7.5
	평균	25,286	불검출	15.6	17.4	불쾌	92	7.0
	최저	17,000	불검출	6.8	27.0	양호	34	6.7
혼합배수	최대	147,524	60.5	114.6	65.3	불쾌	43	7.6
	평균	33,872	14.2	10.9	41.6	불쾌	29	7.3
	최저	800	불검출	2.5	11.4	불쾌	12	6.3
주방잡배수	평균	13,000	불검출	93.5	445.2	불쾌	62	6.9

○ 본 연구에서는 중수도의 사용처를 화장실 세정수, 청소용수, 공동주택 내

조경용수로 한정하였으므로, 재이용수 수질기준과 비교해 보았음

- 수질기준을 보며, 청소·화장실 용수가 가장 엄격한 수질기준이 적용되고 있었으며, 따라서 청소·화장실 용수 기준에 맞추어 잡배수 및 혼합배수에 대한 재이용 수질기준을 준수하여야 할 것으로 사료됨
- 참고로 청소·화장실 용수로 사용하기 위한 각 유입원수(잡배수 및 혼합배수)에 대한 처리시설의 요구되는 처리효율을 산정하여 그 결과를 다음의 [표 85]에 제시하였음
- 결합잔류염소는 수질의 안전성을 확보하기 위한 것으로 중수도시설의 처리효율과 큰 관계가 없고, 냄새는 관능적인 부분으로 처리효율로 나타낼 수 없고, pH는 현재의 유입수에 대한 처리효율의 문제가 아닌 유출수 수질상태를 평가하기 위한 것이므로 처리효율에서 제외하였음
- 결과적으로 처리시설의 조건은 잡배수의 경우 총대장균군수 불검출, 탁도 91.2%, BOD 89.9%, 색도 85.8% 이상의 처리효율이 필요하고, 혼합배수는 총대장균군수 불검출, 탁도 98.3%, BOD 92.49%, 색도 53.5% 이상의 처리효율이 필요한 것으로 조사됨

[표 85] 각 유입수 농도에 따른 중수도 시설에 요구되는 처리효율 산정

구분		총대장균군수 (마리/100ml)	결합잔류염소 (mg/L)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	냄새	색도 (도)	pH
재이용수 기준		불검출	0.2 이상	2 이하	5 이하	불쾌하지 않을 것	20 이하	5.8-8.5
잡배수	유입수질	35,000	불검출	22.5	49.5	불쾌	140	7.5
	처리효율(%)	100	-	91.2	89.9	-	85.8	-
혼합배수	유입수질	147,524	60.5	114.6	65.3	불쾌	43	7.6
	처리효율(%)	100	-	98.3	92.4	-	53.5	-

- 위에서 검토된 처리공법을 토대로 잡배수와 혼합배수에 대한 적절한 처리공정을 구성하여 보았음
- 잡배수의 경우에는 비교적 다른 유입원수에 비하여 저농도로 유입되고 있으므로 단위공정을 다음과 같이 전처리공정과 주처리공정으로

구분하여 선정하였음

- 전처리공정: 스크린, 유량조정조
- 주처리공정: 여과시설, 오존산화시설
- 표준처리공정: 스크린 → 유량조정조 → 여과시설 → 오존산화시설 → 처리수조 → 공급설비(펌프, 관망, 계측기 등)
- 혼합배수는 대체로 중농도에 해당하며, 잡배수보다 높은 처리효율을 요구하므로 주처리공정에서 여과시설 대신 분리막을 도입하였음
 - 표준처리공정: 스크린 → 유량조정조 → 분리막 → 오존산화시설 → 처리수조 → 공급설비
- 위의 결과를 토대로 잡배수에 대한 표준공정(표준공정-L)과 혼합배수에 대한 표준공정(표준공정-M)으로 구분하여 각 특성을 검토하여 다음의 [표 86]에 제시하였음

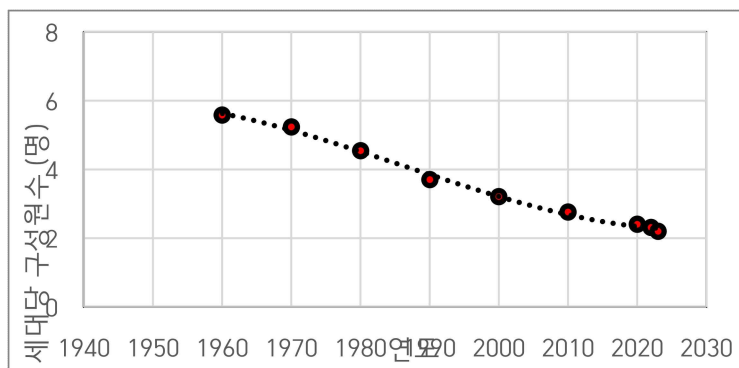
[표 86] 각 유입원수에 따른 표준공정 검토 결과

구분	표준공정-L	표준공정-M
원수	잡배수	혼합 배수
수질 특성	저농도	중농도
공정계획	여과설비+오존산화	분리막+오존산화
처리공정	<pre> graph LR A[유입] --> B[스크린] B --> C[유량조정조] C --> D[여과설비] D --> E[오존산화] E --> F[재이용수 공급설비] F --> G[재이용] </pre>	<pre> graph LR A[유입] --> B[스크린] B --> C[유량조정조] C --> D[분리막] D --> E[오존산화] E --> F[재이용수 공급설비] F --> G[재이용] </pre>
장 점	<ul style="list-style-type: none"> • 오염물질 안정적 제거 • 저농도 유입수에 적용 가능한 컴팩트한 공정 	<ul style="list-style-type: none"> • 수질/수온 변동에 높은 처리효율 • 적은 부지 이용으로 높은 현장 적용성 • 안정적 처리로 신뢰성 확보
단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 활성탄 및 모래 여제 교체 및 역세 공정으로 인한 유지관리 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> • 초기 투자 비용 다소 높음

- 표준사업비 산정을 위한 중수도시설 용량 범위는 용인시 내 공동주택 세대수를 기준으로 하여 산정하였음
- 또한 우리나라의 세대당 구성원수에 대한 경시변화를 1960년에서부터 2023년까지 10년 또는 1년 단위로 아래의 [그림 20]에 제시하였음
- 2023년을 기준으로 우리나라의 세대당 구성원수는 전국적으로 2.2명, 경기도는 2.4명인 것으로 조사되었음

[표 87] 용인시 내 공동주택(아파트) 세대수 현황 (2023년)

세대수	처인구	수지구	기흥구	합계
100세대 미만	38	12	32	82
100세대 이상	13	35	24	72
200세대 이상	10	32	35	77
300세대 이상	30	59	64	153
500세대 이상	11	35	42	88
700세대 이상	7	25	39	71
1,000세대 이상	9	23	20	52
합계	118	221	256	-



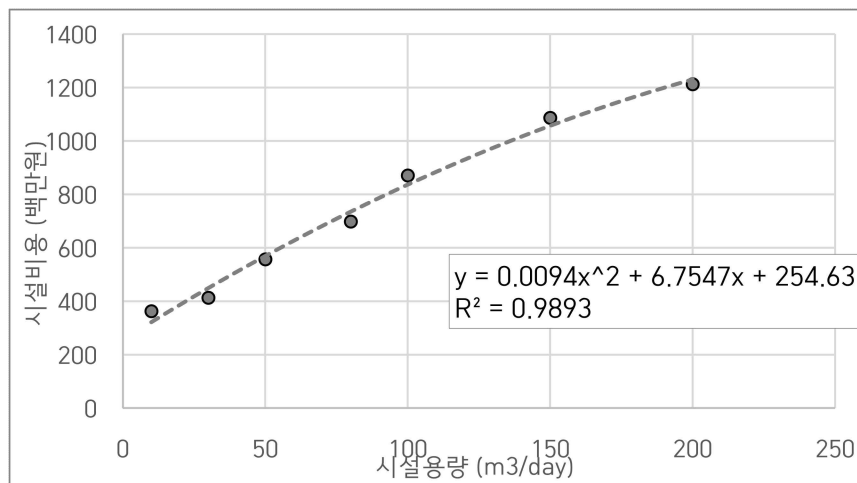
[그림 20] 우리나라 세대당 구성원수 경시변화

- 본 연구에서는 중수도 이용적 측면에서 혼합배수를 대상으로 표준공정을 상정하여 실질적으로 소요되는 시설비용을 산출하였음
 - 이에 따른 처리공정은 표준공정-M이며, 주 공정의 조합은 분리막과 오존산화이고, 시설비용은 기계설비와 전기/제어로 구분하여 산정하였음
 - 또한 재이용 용도는 청소·화장실용수와 기타 조경용수 등임
 - 처리시설의 설치비용의 산출 단위는 m³/day로 하였으며, 세대수에 따른 중수도 이용을 고려하여 10 ~ 200 m³/day까지 산정해 보았음

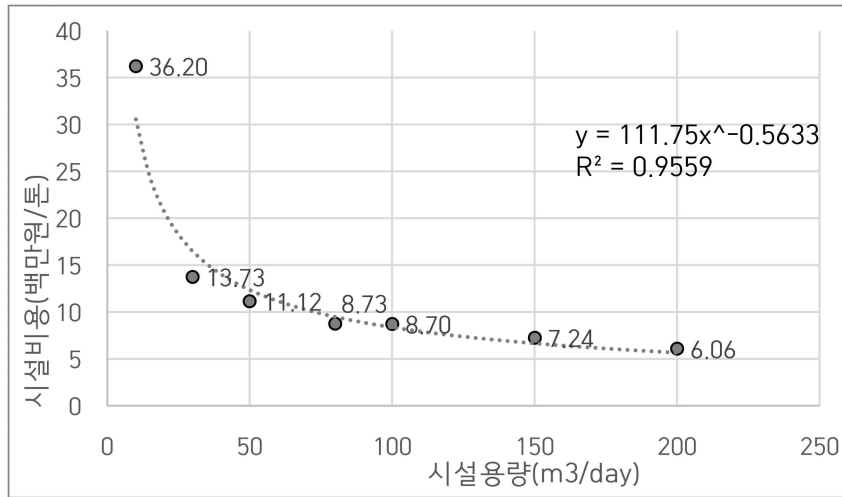
[표 88] 중수도 시설용량별 시설비용

시설용량	10 m ³ /일	30 m ³ /일	50 m ³ /일	80 m ³ /일	100 m ³ /일	150 m ³ /일	200 m ³ /일
계 (백만원)	362	412	556	698	870	1,086	1,212
기계 (백만원)	307	349	485	621	784	992	1,110
전기/제어 (백만원)	55	63	71	77	86	94	102

- 위의 결과를 토대로 시설용량 및 시설비용 간 상관성 분석을 통하여 상관관계식을 도출해 보았음
 - 결과적으로 이차식이 R²값 98.9로 가장 정확히 묘사하는 것으로 나타남



[그림 21] 시설용량 및 시설비용의 상관성 검토



[그림 22] 시설용량에 따른 톤당 시설비 변화

- 위의 [그림 22]은 시설비를 용량으로 나누어 산정한 톤당 시설비를 나타낸 것이며, 본 연구에서는 공동주택을 대상으로 중수도 활용성을 평가하고자 하였으므로, 세대별로 구분하여 시설비를 산정하였음
 - 2022년 상수도통계 자료를 보면, 용인시의 1인 1일 용수사용량은 284.5 L/day이고, 앞서 제시한 바와 같이 중수도를 이용할 수 있는 용량은 36%(화장실 용수 27%, 기타 9%)이므로 102.4 L/day임
 - 또한 2023년 통계자료를 보면, 전국의 경우 1세대 당 가구원수 2.2명, 경기도는 2.4명으로 조사되어 세대당 가구원수는 2.4명을 적용하였음
 - 이에 따라 세대별 중수도의 시설용량을 산정하고, 용량에 따른 시설비를 산정한 결과는 다음과 같음

[표 89] 세대수에 따른 중수도 시설 용량 및 시설비

세대수	100	200	300	500	700	1,000
시설용량 (m³/day)	24.6	49.2	73.7	122.9	172.1	245.8
시설비 (백만원)	426.3	609.4	803.9	1,226.8	1,695.2	2,483.0

- 또한 배관비는 별도로 산정하여 합산하였으며, 세대수에 따른 배관 비용은 다음의 표와 같음

[표 90] 세대수에 따른 중수도시설 배관비를 포함한 총시설비

세대수	100	200	300	500	700	1,000
배관비 (백만원)	22	44	66	109	153	219
총시설비(백만원)	448.3	653.4	869.9	1,335.8	1,848.2	2,702.0

2) 유지관리비

- 시설의 유지관리비는 전력비, 약품비, 경상수선비, 대수선비로 구분되며 대수선비는 기계 및 전기기계측제어 설치비 및 교체비로 구성됨
 - 유지관리비는 노상환저 환경부(1999년)의 “중수도 이용확대를 위한 정책방안 연구” 최종보고서 토대로 직선보간법에 의하여 산정하였으며, 앞서 시설용량과 마찬가지로 세대별로 구분하여 제시하였음
 - 시설비는 초기에 투자되는 비용이며, 유지관리비는 지속적으로 지출되는 비용이므로 본 연구에서는 시설의 경과연수에 따른 사업비의 변화를 파악하기 위하여 연간 비용으로 환산하여 적용하였음
 - 또한 시설의 사용연한을 토대로 유지관리비가 발생되므로 대체로 5년 단위로 하수도시설의 시설연한인 20년까지 유지관리비를 제시하였음

[표 91] 중수도 시설용량별 유지관리비 산정 결과

세대수	100	200	300	500	700	1,000
유지관리비 (백만원/월)	1.4	1.8	2.1	3.0	4.0	5.4
유지관리비 (백만원/년)	16.8	21.6	25.2	36.0	48.0	64.8

[표 92] 중수도 시설용량별 경과년수에 따른 유지관리비 산정 결과

세대수	100	200	300	500	700	1,000
5년 (백만원)	84	108	126	180	240	324
10년 (백만원)	168	216	252	360	480	648
15년 (백만원)	252	324	378	540	720	972
20년 (백만원)	336	432	504	720	960	1,296

3) 시설비와 유지관리비를 포함한 총사업비

□ 시설비는 초기에 투자되는 비용이며, 유지관리비는 지속적으로 지출되는 비용이므로 각 연차에 맞추어 시설비와 유지관리비를 합산하여 다음의 [표 93]에 제시하였음

- 세대수가 증가할수록 시설용량이 커지고 총사업비도 증가하는 것으로 나타나지만, 이를 톤당으로 환산해 보면 [그림 23]에서 볼 수 있듯이 비용이 크게 낮아진다는 사실을 알 수 있음
- 결과적으로 중수도 시설은 가능한 규모가 큰 공동주택에에서 총사업비 측면에서 유리하다는 사실을 알 수 있음

[표 93] 중수도시설의 경과년수에 따른 총사업비 산정 결과

세대수	100	200	300	500	700	1,000
5년 (백만원)	532	761	996	1,516	2,088	3,026
10년 (백만원)	616	869	1,122	1,696	2,328	3,350
15년 (백만원)	700	977	1,248	1,876	2,568	3,674
20년 (백만원)	784	1,085	1,374	2,056	2,808	3,998



[그림 23] 시설용량별 세대수에 따른 톤당 총 사업비

나. 중수도 사용에 따른 편익비

1) 사적 편익비 산정결과

- 중수도 사용에 따른 편익은 크게 사적 편익과 사회적 편익으로 구분되며, 사적 편익은 상하수도 비용절감 및 환경부담금 경감 등임
- 중수도 사용에 따른 사적 편익비를 산정하기 위하여 2022년 통계자료를 이용하여 기본적인 자료를 수집하였음
- 먼저 상수도 사용 및 하수도 배출 저감에 따른 비용을 산정하는 방법은 다음과 같았음
 - 상수도 사용료 절감 및 하수도 발생량 절감에 따른 편익비는 상하수도 요금표에 따르며, 이는 앞서 자료에 제시하였음
 - 본 연구에서는 효율을 계산하기 위하여 상수도 계량기 구경은 가정용이므로 가장 작은 구경인 13 mm로 계산하였으며, 요금은 20 m³ 이하의 경우 400원, 20 m³ 이상 30 m³ 이하의 경우 550원을 적용하였고, 물이용부담금은 m³ 당 170원을 적용하였음

▶ 상수도 사용료 = 상수도 구경별 정액요금 + 상수도 사용량 × 상수도 사용료
 요율 + 물이용부담금
 ※ 물이용부담금 = 상수도 사용량 × 170 원/m³

○ 또한 하수도 이용에 따른 요금은 공동주택이므로 가정용을 적용하였고,
 20 m³ 이하의 처리구역 단가 520원, 20 m³ 초과외 처리구역 단가
 810원을 적용하여 산정하였음

▶ 하수도 사용료 = 하수도 배출량 × 하수도 사용료 요율

- 중수도 사용 시 용인시는 중수도 사용에 따른 하수도 감면 혜택을
 부여하고 있으며, 가정용은 65%, 일반용은 50%임
- 중수도 사용수량을 산정하기 위하여 중수도 원수 확보량과 이용량의
 비율을 검토하였음
- 중수도시설의 원수로 사용할 수 있는 물의 양은 세면 10%, 세탁 20%,
 목욕 14%로 총 44%인 것으로 조사됨 (환경부, 2013)
- 또한 중수도의 용도를 화장실 세정수 및 기타로 한정한다면, 화장실 27%,
 기타 9%로 총 36%로 산정됨
- 결과적으로 원수 확보 수량이 중수도시설 이용량보다 많으므로 중수도
 공급량은 중수도시설 이용량인 36%로 설정하였음
- 수자원공사에서 공시한 상수도통계(2022년) 자료를 보면, 용인시의 1인
 1일 급수량은 322.3 L/인/일, 사용량은 284.5 L/인/일로 조사되었음
- 이에 용인시 1인 1일 사용량은 284.5 L/인/일로 하였음
- 용인시 가구별 물 사용량을 산정하기 위하여 통계청 자료를 조사해 본
 결과, 용인시의 1가구 평균 구성원 수는 2.4명으로 조사되었음
- 위의 내용을 토대로 1가구가 중수도를 사용하지 않을 경우의 상하수도
 요금과 중수도를 사용하는 경우의 상하수도 요금차를 계산하여 이를
 편익비로 하였음
- 1세대의 월별 중수도 사용에 따른 편익비는 결과적으로 8,531원으로
 산정됨

- 중수도 미사용 시 상하수도 요금

▶ 월별 상하수도 사용량	= 284.5 L/인/일 × 30.4일/월 × 1/1000 m ³ /L × 2.4인/세대
	= 20.8 m ³ /세대/월
▶ 가구당 월별 사용료	= 1,200+20×400+0.8×550+20.8×170+20×520+0.8×810
	= 24,219 원/세대/월

- 중수도 사용 시 상하수도 요금 : 중수사용량 102.4 L/인/일 제외

▶ 월별 상하수도 사용량	= 182.1 L/인/일 × 30.4일/월 × 1/1000 m ³ /L × 2.4인/가구
	= 13.3 m ³ /가구/월
▶ 가구당 월별 사용료	= 1,200+13.3×400+13.3×170+13.3×520
	= 15,688 원/가구/월

- 또한 중수도 사용 시 하수도 요금의 65% 감면 혜택이 있으므로 가구당 월별 사용료에서 4,493원을 빼야하며, 이를 고려하면 월별 하수도 사용료의 세대당 편익은 다음과 같이 13,024원/월로 산정됨

▶ 중수도 사용에 따른 하수도 감면 혜택을 고려한 가구당 월별 하수도 사용료 =	8,531 + 4,493 = 13,024 원
--	--------------------------

- 결과적으로 중수도 사용에 따른 사적 편익(상수도 및 하수도 요금, 물 이용 부담금, 하수도 사용료 감면 혜택 모두를 고려한 편익비는 13,024 원/월인 것으로 산정됨

□ 위의 과정을 통하여 가구당 월별 상수도 및 하수도 사용에 따른 편익비를 산정하였으며, 세대수에 따라 중수도 총발생량이 달라지므로 100세대, 200세대, 300세대, 500세대, 700세대, 1000세대로 구분하여 제시하였음

○ 또한 시설의 사용연수에 따라 편익비 변화를 알 수 있도록 일반적인 하수도 시설 사용 연한인 20년까지로 하여 5년, 10년, 15년, 20년으로 각각 산정하여 제시하였음

[표 94] 세대수별/연수별 중수도 사용에 따른 사회적 편익비 산정 결과

구분	5년 (원)	10년 (원)	15년 (원)	20년 (원)
100세대	78,144,000	156,288,000	234,432,000	312,576,000
200세대	156,288,000	312,576,000	468,864,000	625,152,000
300세대	234,432,000	468,864,000	703,296,000	937,728,000
500세대	390,720,000	781,440,000	1,172,160,000	1,562,880,000
700세대	547,008,000	1,094,016,000	1,641,024,000	2,188,032,000
1,000세대	781,440,000	1,562,880,000	2,344,320,000	3,125,760,000

2) 사회적 편익비

가) 상수도 생산원가 및 하수도 처리비용 감소에 따른 편익비

□ 사회적 편익비는 먼저 상수 생산원가 절감과 하수 처리비용 절감, 하수도 시설비 절감, 댐과 같이 물 공급시설 증설 불요에 따른 비용 편익, 오염부하량 감소에 따른 하수시설 운전효율화에 따른 효과, 오염수 저감에 따른 수질개선효과, 지역주민들의 삶의 개선에 따른 관능적 효과, 물 생산과정에서의 에너지 저감효과 등 매우 다양함

○ 하지만 항목에 따라서는 비용을 산정하는데 있어 너무 추상적이거나 어려운 경우가 있으므로 본 연구에서는 우선적으로 상수도 생산원가 절감 및 하수처리비용 절감에 따른 사회적 편익을 계산하여 제시하였음

□ 용인시 톤당 상수도 생산원가는 m³ 당 785원으로 조사되었고, 또한 톤당 하수도 처리원가는 m³ 당 1,637원으로 조사됨

○ 용인시 상수도 요금은 전국에서도 비교적 저렴한 편으로 요금현실화율은 78.8%이고, 앞으로 재정적 측면에서 안전화를 위해 2024년부터 매년 평균 6.2%의 요금인상이 결정된 상태로 향후 중수도 이용에 따른 사회적 편익은 더욱 증가할 것으로 판단됨

○ 이에 따라 산정된 상수도 생산원가를 앞서서와 마찬가지로 5년 단위로 20년까지 산정하여 다음의 [표 95]에 제시하였음

[표 95] 세대수별/연수별 상수도 생산원가에 따른 사회적 편익비

구분	5년 (원)	10년 (원)	15년 (원)	20년 (원)
100세대	35,125,349	70,250,697	105,376,046	140,501,395
200세대	70,250,697	140,501,395	210,752,092	281,002,789
300세대	105,376,046	210,752,092	316,128,138	421,504,184
500세대	175,626,743	351,253,487	526,880,230	702,506,974
700세대	245,877,441	491,754,882	737,632,322	983,509,763
1,000세대	351,253,487	702,506,974	1,053,760,460	1,405,013,947

[표 96] 세대수별/연수별 하수도 처리원가에 따른 사회적 편익비

구분	5년 (원)	10년 (원)	15년 (원)	20년 (원)
100세대	73,435,755	146,871,509	220,307,264	293,743,018
200세대	146,871,509	293,743,018	440,614,527	587,486,036
300세대	220,307,264	440,614,527	660,921,791	881,229,054
500세대	367,178,773	734,357,545	1,101,536,318	1,468,715,090
700세대	514,050,282	1,028,100,563	1,542,150,845	2,056,201,127
1,000세대	734,357,545	1,468,715,090	2,203,072,636	2,937,430,181

나 하수도 처리용량 감소에 따른 편익비

- 용인시가 중수도를 사용함에 따른 하수도 처리시설 용량 감소에 따른 편익비는 하수도 시설 설치비를 기준으로 산정하였음
- 하수도 시설비의 톤당 비용은 최종수와 김형복(2003)³⁰⁾ 자료를 활용하여 산정해 보았음

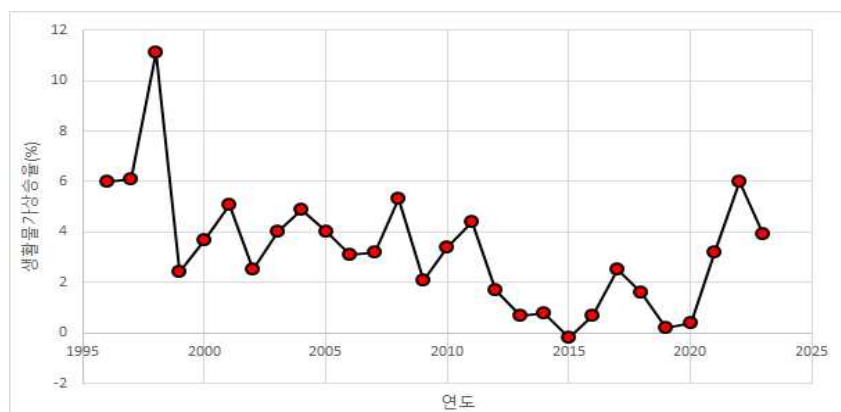
30) 최종수, 김형복, 2002, 하수처리시설 건설 및 유지관리비용 산출방안, 대한환경공학회지, Vol. 25, No. 1, pp. 33~37

- 본 논문에서 2002년 기준으로 하수처리시설 건설비용의 비용함수식은 공법을 구분하지 않을 경우 다음과 같은 식을 제시하였음

$$C = 94.39Q^{0.568}$$

여기서, C는 공사비(백만원), Q는 시설용량임

- 제시된 식을 적용하여 100가구의 24.58 m³/일로 할 경우 582.6백만원, 200가구일 경우 860.3백만원의 건설비가 소요되어 용량에 따라 차이가 많이 발생하는 것으로 나타남
 - 이를 m³ 당 건설비로 환산하면, 100가구 24.58 m³/일의 경우 약 23.7백만원, 200가구 49.16 m³/일의 경우 약 17.5백만원으로 용량이 클수록 건설비가 줄어듦
 - 하수처리구역 내 시설의 경우 이보다는 크게 건설되므로 용량 적용 값은 한국환경공단에서 제공된 2021년 공공하수처리시설 현황자료를 참고하여 평균 용량인 6,583.2 m³/일을 적용해 보았으며, 계산해 본 결과 총액 13,956.4백만원이며, m³ 당으로 환산할 경우 2.1백만원인 것으로 나타남
- 본 식이 2002년 만들어진 점을 고려하여 각 용량에 따른 건설비를 현재의 가격으로 환산하여 나타낸 결과는 다음의 [표 97]과 같음



[그림 24] 1996년부터 2023년까지의 생활물가 상승률

[표 97] 2002년 용량별 총사업비 및 m³ 당 사업비 산정 값 및 2022년 환산 값

용량 구분		24.58 m ³ /일	49.16 m ³ /일	6,583.2 m ³ /일
2002년 건설비	총액 (백만원)	582.6	860.3	13,956.4
	m ³ 당 (백만원/m ³)	23.7	17.5	2.1
2022년 건설비	총액 (백만원)	970.4	1,433.1	23,249.0
	m ³ 당 (백만원/m ³)	39.5	29.2	3.5

- 또한, 앞서 제시된 한국환경공단의 자료를 토대로 하수처리장의 평균 용량인 6,438 m³/일을 기준으로 실제 사업비 평균을 산정해 본 결과, 총 사업비 26,609백만원으로 산정되어 m³ 당 4.13백만원으로 산정되어 앞서 제시된 3.5백만원보다는 높은 것으로 조사되었음
- 하수처리장 건설비는 처리공법 및 구성, 용량, 배출수 특성 등 매우 다양한 변수를 가지고 있어 정확하게 산정하는 것으로 어려움
 - 본 연구에서는 이중 실측에 기반한 m³ 당 4.13백만원의 한국환경공단 자료를 기반으로 산정하였음
 - 하수처리장 건설비 감소에 따른 사회적 편익은 처리장 건설 시 초기에 소모되는 비용이므로 연차별 비용은 해당사항이 없음
 - 그에 따른 세대별 중수도 사용에 따른 하수처리시설 설치비용 감소에 따른 편익비 산정 결과는 다음의 [표 98]과 같음

[표 98] 세대별 중수도 사용에 따른 하수처리시설 설치비용 감소에 따른 편익

세대수	시설편익	세대수	시설편익	세대수	시설편익
100세대	101,595,295	300세대	304,785,884	700세대	711,167,063
200세대	203,190,589	500세대	507,976,473	1,000세대	1,015,952,947

- 앞서 산정된 사적 편익비를 모두 합산하여 사회적 편익 총합계액은 다음과 같음

[표 99] 중수도 사용에 따른 세대수별 사회적 편익비 총액

구분	5년 (원)	10년 (원)	15년 (원)	20년 (원)
100세대	210,156,398	318,717,501	427,278,604	535,839,707
200세대	420,312,796	637,435,002	854,557,209	1,071,679,415
300세대	630,469,194	956,152,503	1,281,835,813	1,607,519,122
500세대	1,050,781,989	1,593,587,505	2,136,393,021	2,679,198,537
700세대	1,471,094,785	2,231,022,508	2,990,950,230	3,750,877,952
1,000세대	2,101,563,979	3,187,175,011	4,272,786,043	5,358,397,075

다) 기타 편익비

- 이외에 편익비로는 댐 건설비, 온실가스 감축효과, 수질개선에 따른 생활환경 및 생태환경 개선 등 다양하지만 이를 비용으로 환산하는 것은 추후 검토 예정임
 - 댐 건설의 경우 적지의 부족 및 지역사회의 반대, 환경적 문제 등 다양한 요인으로 인해 최근 건설된 자료가 많이 없으며, 과거 연구 자료를 활용하는 것이 가능하지만 정확성은 담보하기 어려움
 - 하수처리개선효과는 명확한 근거 자료가 부족하고, 이를 방류함에 따른 지역주민들의 생활환경 및 생태환경 개선효과에 대한 추상적인 평가만 가능함
 - 환경개선에 대한 지역주민들의 지불의사에 따른 비용 추정 등
 - 중수사용에 따른 에너지 사용 저감 및 이에 따른 CO₂ 감축효과는 수치화가 가능할 것으로 판단됨
 - 통계자료를 보면 정수장의 연간 전력 사용비가 나오고 연간 상수 총생산량으로 나눈다면 톤당 전력비(kWh)가 산정됨
 - 또한 단위생산량당 전력사용량과 단위생산량당 전력사용량 자료가 있으므로 추후 세부적인 검토를 거쳐 추산이 가능할 것으로 생각됨

- 통계자료에 따르면 단위생산량당 전력사용량은 0.27 kWh/m³, 단위생산량당 전력사용량은 0.13 kgCO₂/kWh로 제시됨

다. 중수도 사용에 따른 경제성 분석

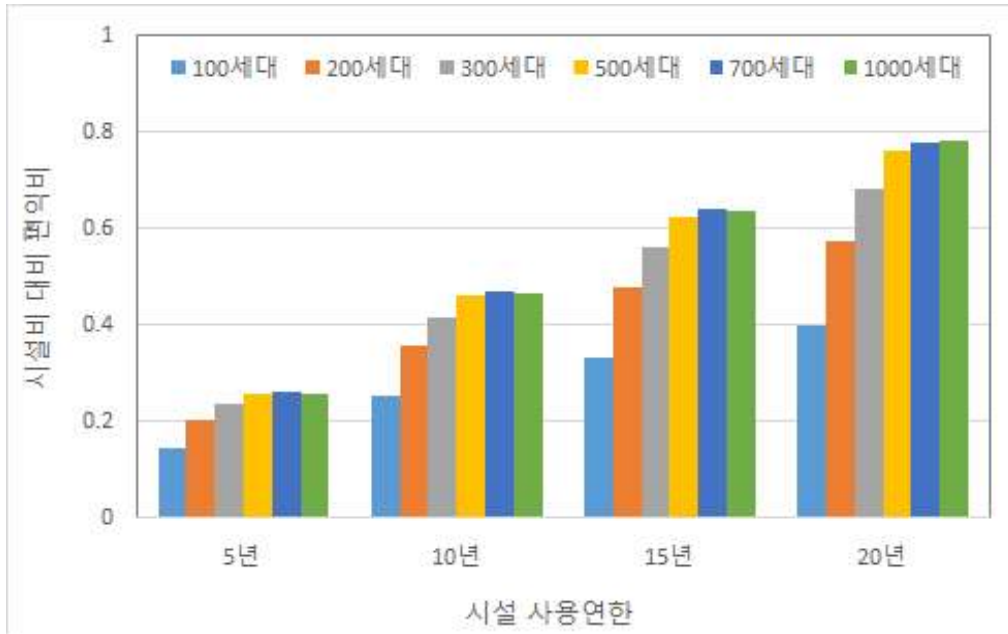
- 앞서 산정된 중수도 시설 총사업비 및 중수도 사용에 따른 편익비를 토대로 경제성 분석을 실시해 보았음
 - 본 연구에서는 중수도를 설치하는데 적절한 세대수 및 시설연한을 검토하기 위하여 세대별과 시설연한으로 구분하여 평가해 보았음

1) 사적 편익만을 고려한 경제성 분석

- 사적 편익만을 고려한 경제성 분석을 위하여 사업비 및 편익비 산정 결과를 [표 100]에 제시하였음
 - 결과적으로 사적 편익비용만으로는 현재의 상수도 및 하수도 이용요금을 기반으로 산정한 결과에서는 어떠한 경우에도 경제성이 확보되기 어렵다는 사실을 알 수 있음
 - 이는 중수도 시설의 초기시설비가 많이 소요되기 때문으로, 현재의 상하수도 요금체계로는 중수도의 초기 시설비를 상하수도 편익으로만 만회하기 어렵기 때문으로 사료됨
 - 중수도시설에 따른 세대별, 시설의 사용연한별 편익비를 사업비로 나누어 산정한 비율을 [그림 25]에 나타내었음
 - 편익비를 시설비로 나눈 비율에서 1이 되면 사적 편익비에 따른 경제성이 확보된다는 것을 의미하지만, 모든 결과에서 1에 도달하지 못하는 결과를 보임
 - 다만, 세대수가 증가할수록, 시설의 사용연한이 증가할수록 수치가 높아지는 우상향 경향을 보이는 것으로 나타남

[표 100] 중수도시설에 따른 세대별, 사용연한별 총사업비 및 사적편익비 비교

시설 사용연한		5년	10년	15년	20년
100세대	총사업비(백만원)	532.3	616.3	700.3	784.3
	사적편익비(백만원)	78.1	156.3	234.4	312.6
200세대	총사업비(백만원)	761.4	869.4	977.4	1,085.4
	사적편익비(백만원)	156.3	312.6	468.9	625.2
300세대	총사업비(백만원)	995.9	1,121.9	1,247.9	1,373.9
	사적편익비(백만원)	234.4	468.9	703.3	937.7
500세대	총사업비(백만원)	1,515.8	1,695.8	1,875.8	2,055.8
	사적편익비(백만원)	390.7	781.4	1,172.2	1,562.9
500세대	총사업비(백만원)	2,088.2	2,328.2	2,568.2	2,808.2
	사적편익비(백만원)	547.0	1,094.0	1,641.0	2,188.0
1,000세대	총사업비(백만원)	3,026.0	3,350.0	3,674.0	3,998.0
	사적편익비(백만원)	781.4	1,562.9	2,344.3	3,125.8



[그림 25] 세대수 및 시설 사용연한에 따른 시설비 대비 편익비 비율

- 용인시는 상하수도 요금을 5년간 단계적으로 인상하고 누진제도를 없애는 방안을 추진하고 있으며, 이에 따라 2028년말까지 1 m³ 당 상수도요금 520원, 하수도요금 950원으로 인상한다고 발표함³¹⁾
- 이에 따른 경제성 평가를 위해 2028년 누진제 없이 단일요금으로 인상된 상하수도 요금으로 사익적 편익비를 산정하여 산정한 결과는 다음의 [표 101]과 같음
 - 결과적으로 200세대 이하에서는 편익비가 나오지 않지만, 300세대의 경우 20년 시설 사용 시 편익비가 +로 돌아서는 것을 알 수 있음

31) 용인시, 9년 만에 상·하수도 요금 5년간 단계적 인상 | 경인방송 (2024년 10월 2일)

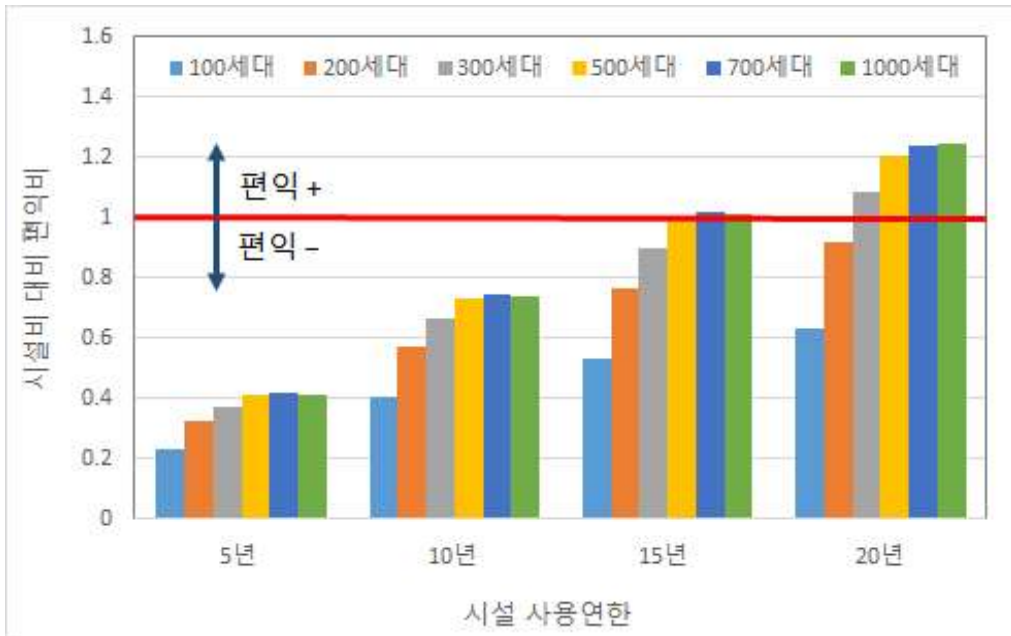
[표 101] 중수도시설에 따른 세대별, 사용연한별 총사업비 및 사적편익비 비교 (2028년 상하수도 요금 인상을 반영 시)

시설 사용연한		5년	10년	15년	20년
100세대	총사업비(백만원)	532.3	616.3	700.3	784.3
	사적편익비(백만원)	124.1	248.1	372.2	496.3
200세대	총사업비(백만원)	761.4	869.4	977.4	1,085.4
	사적편익비(백만원)	248.1	496.3	744.4	992.5
300세대	총사업비(백만원)	995.9	1,121.9	1,247.9	1,373.9
	사적편익비(백만원)	372.2	744.4	1,116.6	1,488.8
500세대	총사업비(백만원)	1,515.8	1,695.8	1,875.8	2,055.8
	사적편익비(백만원)	620.3	1,240.6	1,860.9	2,481.3
500세대	총사업비(백만원)	2,088.2	2,328.2	2,568.2	2,808.2
	사적편익비(백만원)	868.4	1,736.9	2,605.3	3,473.8
1,000세대	총사업비(백만원)	3,026.0	3,350.0	3,674.0	3,998.0
	사적편익비(백만원)	1,240.6	2,481.3	3,721.9	4,962.5

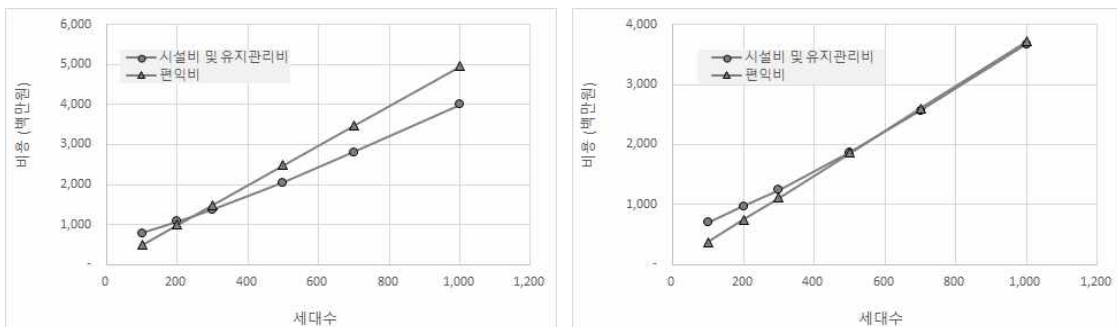
- 중수도시설에 따른 세대별, 시설의 사용연한별 편익비를 사업비로 나누어 산정한 비율을 [그림 26]에 나타내었음
 - 편익이 양의 값으로 전환되는 시점은 시설 사용연한 15년의 경우 500세대 이상, 20년의 경우 300세대 이상인 것으로 나타남
- 각 시설연한에 따른 적절한 세대수를 산정하기 위하여 총사업비(시설비 및 유지관리비)와 편익비를 한 그래프에 표시하여 제시하였음
 - 이를 토대로 선형 상관식을 도출한 후 교점에서의 세대수를 산정하여 보았음
 - 먼저 사용연한 10년 이하는 편익비가 발생하지 않았으므로 적정 세대수

산정에서 제외하였고, 따라서 15년과 20년에 대해서만 산정하였음

- 결과적으로 20년 사용연한인 경우에는 257.6세대인 것으로 나타났고, 15년 사용연한에서는 760.1세대 이상이어야 하는 것으로 조사되었음
- 15년 사용연한의 경우 그래프 상으로는 약 600세대로 보이지만, 직선식으로 교점을 계산한 관계로 기간이 길어진 것으로 사료됨



[그림 26] 세대수 및 시설 사용연한에 따른 시설비 대비 편익비 비율 (2028년 상하수도 요금 인상을 반영 시)



[그림 27] 세대수에 따른 총사업비 및 편익비 변화 (시설연한: 20년(왼쪽), 15년(오른쪽))

2) 사회적 편익까지 고려한 경제성 분석

사적 편익 및 사회적 편익을 함께 고려하여 경제성 분석을 하였음

- 앞서 제시된 사적 편익과 사회적 편익을 합산한 총편익비 산정결과는 다음 표와 같음

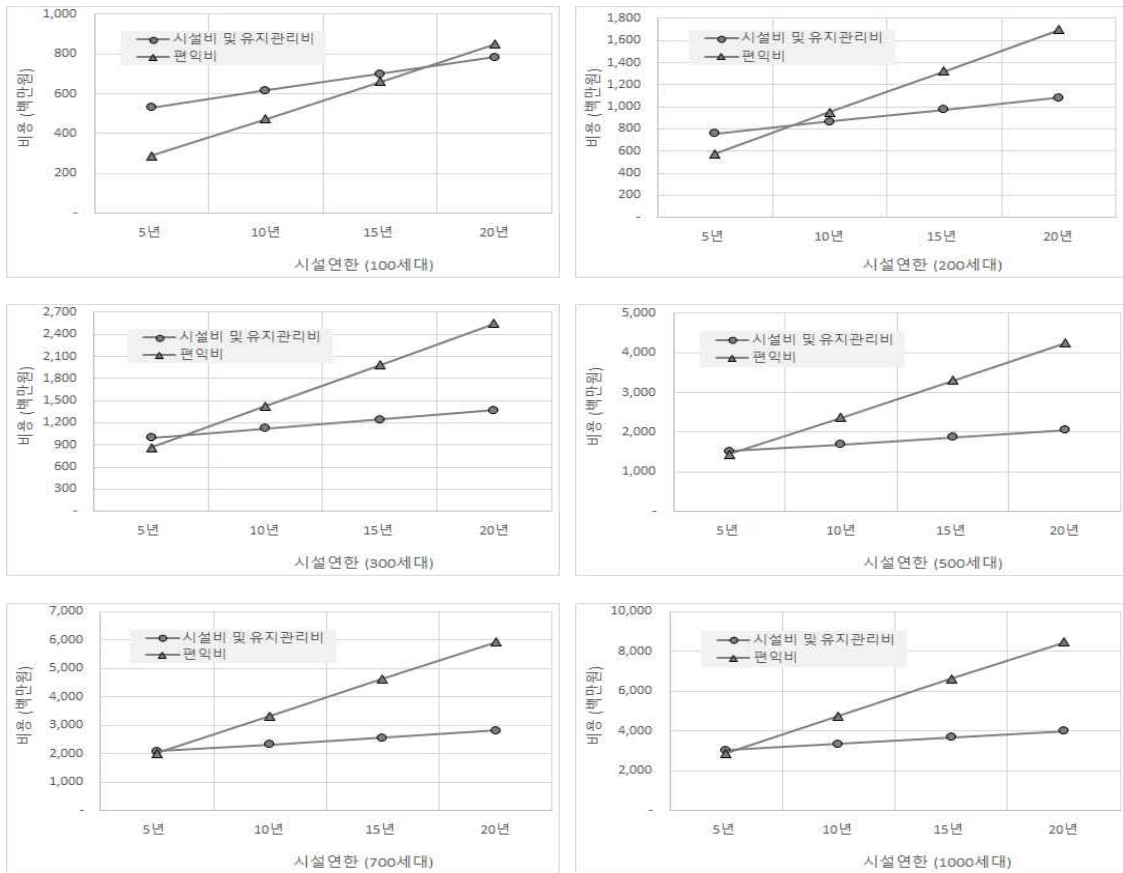
[표 102] 중수도 사용에 따른 사적 편익 및 사회적 편익을 합산한 결과

구분	5년 (원)	10년 (원)	15년 (원)	20년 (원)
100세대	288,300,398	475,005,501	661,710,604	848,415,707
200세대	576,600,796	950,011,002	1,323,421,209	1,696,831,415
300세대	864,901,194	1,425,016,503	1,985,131,813	2,545,247,122
500세대	1,441,501,989	2,375,027,505	3,308,553,021	4,242,078,537
700세대	2,018,102,785	3,325,038,508	4,631,974,230	5,938,909,952
1,000세대	2,883,003,979	4,750,055,011	6,617,106,043	8,484,157,075

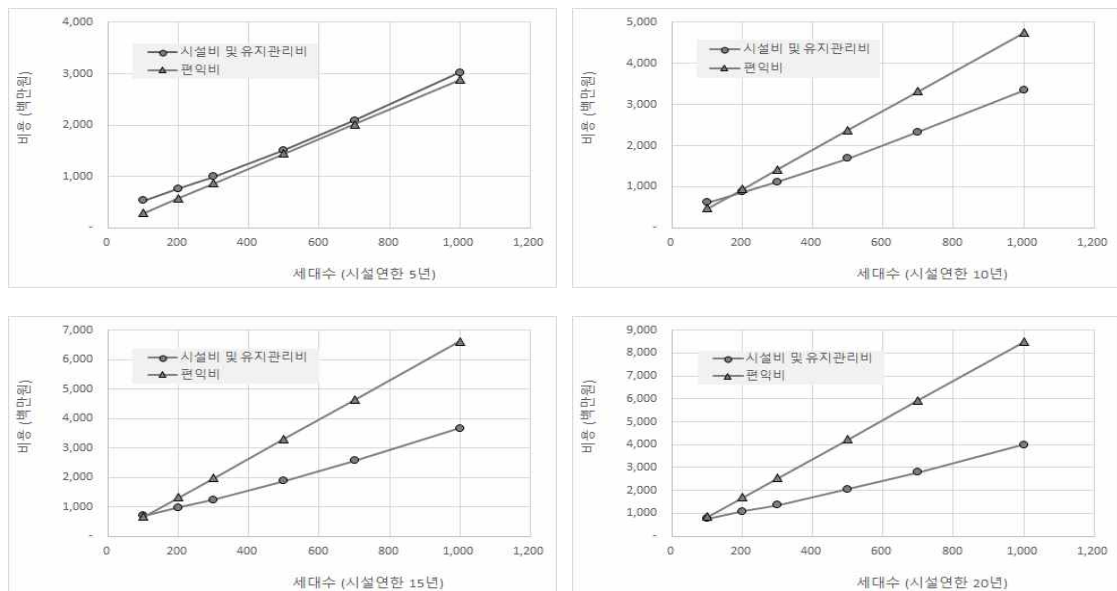
앞서 제시된 총사업비(시설비+유지관리비)와 위에서 제시된 편익비 총합의 관계를 아래의 [그림 29], [그림 30]에 제시하였음

- [그림 29]는 시설연한에 따른 세대수별 결과를 보여주고 있으며, [그림 30]은 세대수에 따른 시설연한별 결과를 보여주는 것임
- 총편익비용을 고려했을 경우에는 100세대인 경우에도 시설연한 약 17년이면 경제성이 발생하는 것으로 나타났고, 세대수가 증가하면서 시설연한이 지속적으로 감소하여 1000세대에서는 시설연한 약 6년 정도에서 편익비가 발생하는 것으로 나타남
 - 결과적으로 세대수가 증가할수록 경제성이 증가하며, 총편익비용까지 고려할 경우 시설연한 10년이면 200세대에서도 충분한 경제성이 있는 것으로 조사됨
- 세대수에 따른 시설연한별 총사업비 및 총편익비를 비교한 결과에서는 시설연한 5년 미만에서는 경제성이 없는 것으로 나타남

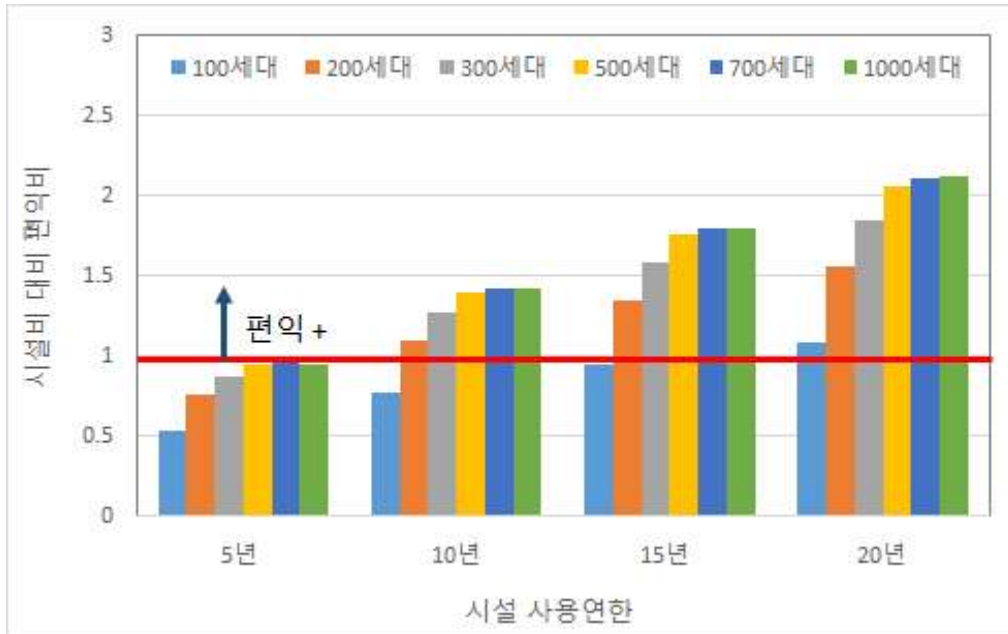
- 하지만 10년 이상에서는 모두 세대수에 따라 편익성이 사업비보다 높아지는 것으로 조사되었음
 - 결과적으로 10년 사용연한의 경우 143.7세대 이상, 15년은 89.9세대 이상, 20년은 71.1세대 이상에서 경제성이 발생하는 것으로 나타났음
- 총사업비 대비 총편익비의 비율을 보여주는 [그림 30]에서는 대부분의 중수도시설 사용연한에서 편익이 발생하여 사업성이 있는 것으로 평가됨
- [그림 31]에서 Y축 값이 1 이상이면 편익이 발생한다는 것을 의미하는데 10년 이상 사용연한에서 200세대 이상이면 1을 초과하는 것으로 나타났음
- 이는 사회적 편익까지 고려할 경우 공동주택의 중수도 이용이 충분한 경제성이 있다는 점을 의미함
 - 특히 시설연한을 20년으로 할 경우에는 500세대 이상에서 비율이 2 이상의 값을 보여 편익성이 2배 이상으로 증가하는 것으로 조사됨
- 결과적으로 중수도시설의 설치에 사적 편익도 발생하지만, 중수도 설치에 따른 사회적 비용절감 및 경제성을 고려할 때 공동주택에 더욱 적극적으로 홍보하고 설치할 수 있도록 할 필요가 있음
- 이는 중수도시설 설치로 시설주체인 개인뿐 아니라 사회구성원 모두에게 그 혜택이 돌아간다는 점을 고려할 때 매우 바람직한 결과임
- 따라서 용인시는 적극적으로 공동주택의 중수도시설 확대를 위한 노력을 기울일 필요가 있는 것으로 판단됨



[그림 28] 시설연한에 따른 세대수별 총사업비 및 총편익비 비교



[그림 29] 세대수에 따른 시설연한별 총사업비 및 총편익비 비교



[그림 30] 세대수 및 시설 사용연한에 따른 총사업비 대비 총편익비 비율
(사회적 편익까지 포함할 경우)

제4장 결론 및 기대효과

제1절 연구결과

1. 용인시 공동주택의 중수도 활용 정책

- 용인시 중수도 정책의 기반이 되는 조례안을 보면, 전반적으로 용인시는 물 재이용법을 준용하여 조례가 만들어졌으며, 경기도 및 각 시군의 중수도시설 설치기준과 비교해 볼 때 용인시의 기준은 다소 확장성을 확보하기 어렵게 설정된 것으로 판단됨
 - 타지역의 조례를 보면, 고양시는 중수도의 설치 기준에 대하여 1만제곱미터 이상으로 하였고, 과천시 및 광명시, 구리시, 김포시에서도 중수도 시설의 경우 연면적 6만제곱미터 이상의 시설 외에도 별도의 적용 기준을 두고 권장하는 내용이 포함되어 있음
 - 또한 부천시 및 시흥시의 경우에도 수도물 공급사정을 감안하여 특별히 필요하다고 인정될 경우 법에서 정한 시설 외에도 중수도 시설 설치를 권장할 수 있도록 규정하였음
- 용인시는 물 재이용 정책을 진단, 평가하고 변화된 사회 여건, 전망 등을 반영하여 용인시의 물 재이용 활성화를 위한 구체적이고 실질적인 행동 방향과 방침을 확보할 목적으로 “용인시 물 재이용 관리계획”을 수립하였음
 - 계획상에서 중수도의 이용수량은 상대적으로 적지는 않지만 증가율로 볼 때 가장 낮은 약 1.2배로 계획되어 빗물이용시설의 약 2배, 하수처리수 재이용의 1.8배 보다 낮은 것으로 조사됨
 - 이와 같이 중수도에 의한 물 재이용 목표가 낮은 것은 적용 대상 사업장이 적기 때문으로 사료됨
 - 계획상에서 중수도 시설은 개발사업 및 업무시설에 한정되어 있으며, 공동주택은 포함되어 있지 않았음
 - 이는 공동주택이 중수도 재이용 시설의 의무시설 범위에 포함되지

않았고, 경제성에 기반한 중수도 시설의 비용편익이 낮아 설치 유인 요소가 적기 때문에 사료됨

- 하지만 물 재이용율의 획기적인 증가를 위해서는 용수 사용량이 가장 많은 가정용 공동주택에 대한 물 재이용 방안이 가장 효과적인 것으로 판단됨
 - 공공주택의 중수도 활용은 발생처에서 직접 활용하므로 취수 및 안정적인 공급이 가능하고, 근접거리에 있어 에너지 사용 저감효과가 있으며, 발생처와 이용처가 같으므로 관리 소재가 명확한 점이 장점임
 - 또한, 수처리시스템을 원수에 맞추어 유용하고 컴팩트한 시스템 개발이 가능하고, 실질적으로 가정에서 가장 많이 사용하는 용수가 청소 및 화장실 용수이므로 중수도시설 활용이 용이할 것으로 판단됨

2. 중수도 처리시설의 원수 및 처리수의 수질평가 결과

- 현재 용인시에서 운영되고 있는 중수도시설을 대상으로 공동주택 적용 가능성을 검토하기 위하여 수질분석 실험을 실시하였음
 - 수질분석 항목은 중수도 용도별 수질기준을 참고하여 탁도, pH(수소이온 농도), BOD(생물화학적 산소요구량), 총대장균군수 4항목을 우선적으로 선정하였고, 이외에 수온, 전기전도도(EC), DO, SS, TOC, T-N, T-P 6개 항목을 추가하였음
- 수질분석결과를 보면, 탁도는 원수 범위가 4.9 ~ 58.9 NTU, 처리수는 1 ~ 3.9 NTU로 나타났으며, 평균 86.2%의 높은 처리효율을 보였음
 - 이를 중수도 탁도의 용도별 수질기준과 비교하면 용인 실내체육관에서 한차례 초과한 것을 제외하면 그 외에는 기준을 준수한 것으로 나타남
- pH는 용인 평생학습관의 유입수가 10.5로 나타난 것 이외에는 모두 7.1 ~ 8.1으로 정상적인 범주로 나타남
- BOD 농도는 유입수유입이 8.6 ~ 13.0 mg/L의 범위에 평균 10.6 mg/L였으며, 처리수는 2.6 ~ 4.1 mg/L의 범위에 평균 3.1 mg/L로 조사되어 평균 70%의 처리효율을 보였음

- 처리수의 BOD는 모두 5 mg/L 이하로 조사되어 기준을 모두 준수한 것으로 나타났음
- 총대장균군수는 용인 시민체육센터의 유입수가 900개/100mL, 포곡읍 주민복지센터가 1,200개/100mL로 나타난 반면, 처리수는 대상시설 모두 불검출로 나타나 기준을 준수한 것으로 조사됨
- 그 외에 DO는 유입수 농도가 대부분 1 ~ 2 mg/L의 범위인 반면 처리수는 7 mg/L 이상을 보여 처리과정에서 DO 농도가 회복되는 것으로 조사됨
- 또한 T-N은 평균 47.5%, T-P는 평균 73.8%의 처리효율을 보여 T-P의 처리효율이 상대적으로 높았음

3. 공동주택 내 중수도 활용성 평가

가. 중수도 원수 확보 및 재이용수 공급용도 검토

- 공동주택에서 발생하는 하수는 오수와 잡배수로 구분되며, 중수도로 이용 가능한 물은 잡배수임
 - 여기서 잡배수는 세면, 청소, 주방 및 세탁 과정에서 발생하는 물이며, 오수는 화장실에서 발생하는 배수임
 - 하지만 주방에서 배수되는 물은 유기성분의 오염도가 높고, 각종 유지류 및 계면활성제가 포함되어 수질적인 안전성 확보가 어렵고, 수처리 비용 상승의 원인이 되므로 공급원수에서 제외하였음
 - 세탁원수가 포함되는 경우 발생량 및 세제 사용에 따라 수질적 특성에 차이가 크게 발생하므로 세탁수도 공급원수로 포함시키지 않고 혼합배수로 구분하였음
 - 결과적으로 본 연구에서는 공동주택의 중수도시설 공급원수는 저농도로 수질이 양호한 샤워수, 세면수 등을 우선적으로 고려하고, 중수도 원수 공급 수량 확보를 위하여 세탁수가 혼합된 물까지로 한정하였음
- 중수도의 원수 공급량은 공동주택 내 생활 과정에서 사용되는 상수량을 기반으로, 용도별 이용량 및 비율이 중요한 근거가 됨

- 수자원공사 및 토목학회, 환경부에서 제시하고 있는 이용 목적에 따른 각 가정용수의 결과를 보면, 대체적으로 화장실 용수는 16 ~ 27%, 싱크대(주방) 용수는 19 ~ 20%, 세탁용수는 20 ~ 24%, 목욕용수는 10 ~ 20%, 세면용수는 10 ~ 12%, 기타 4 ~ 9%의 범위인 것으로 조사됨
- 또한 2022년 수자원공사 자료에 따르면, 용인시 가정의 평균 상수사용량은 284.5 L/인/일로 조사되었음
- 이들 자료를 토대로 용인시 가정에 대한 중수 대체 가능량은 90.1 L/인/일로 산정되었음
- 또한 중수도의 사용처는 이용 목적에 맞도록 수질의 안전성을 확보할 수 있고, 안정적인 수량 공급이 가능해야 함
 - 아직까지 시민들의 중수도에 대한 인식이 부정적이고, 접촉 시 위생적인 문제가 발생할 수 있으므로 가능한 인체에 접촉하는 용도로 사용하는 것은 지양해야 함
 - 따라서 중수도의 사용처는 주로 화장실 세정수, 청소용수, 공동주택 내 조경용수 등으로 한정하여 사용하는 것이 바람직함
 - 중수도를 화장실 세정수 및 청소용수 등으로 활용한다고 하더라도 항상 인체에 대한 위생적인 문제가 없도록 관리하여야 하고, 중수도 재이용수 이용 시 시설 및 기계에 대한 영향과 막힘현상 등의 기능적 장애가 발생하지 않도록 적절하게 관리하여야 함
 - 이에 따른 공급 수량은 공동주택 내 상수도 공급량 중 36%에 해당되므로 충분히 공급 가능할 것으로 판단됨

나. 중수도 처리시스템 검토

수 있도록 구성되어야 하며, 또한 경제적 편익성도 고려되어야 함

- 환경부(2013)는 중수도 처리를 위한 단독처리공정은 존재할 수 없고, 중수도 사용용도, 원수 수질 및 수량 등을 고려하여 합리적인 처리공정을 선정하도록 권고함
- 결과적으로 중수도 활용을 위한 처리공정은 유입되는 오염물질의 종류 및

중수도 용도, 처리용량 및 비용 등을 모두 고려하여 다양한 공법을 조합하고 최적의 연계 공정을 만들어 처리하는 것이 중요함

- 예를 들면, 입자성 물질은 주로 응집침전 및 부상공법, 여과공법 등이 활용되고, 용해성 물질은 오염물질의 특성에 따라 생물학적, 화학적, 물리적 처리공법을 적절하게 연계하여 처리하며, 최종적으로 활성탄 공법 및 오존산화 등과 같은 고도산화공법이 주로 활용함

□ 하지만 실질적으로 현장에서는 보다 다양한 변수가 존재하기 때문에 현장 여건을 고려하여 공정설계를 하는 것이 바람직함

○ 단, 생활용수의 용도별 원수 조건은 큰 변동성이 없을 것으로 판단되므로 유입 원수의 용도별 수질적 특성을 감안하여 표준공정을 검토하였음

- 표준공정 검토 시 고려할 점으로는 처리효율이 충분하고 안정적인 것, 시설관리가 용이하고 조작이 간단할 것, 비용이 합리적이고 경제적인 것으로 판단되어 이를 고려하였음

○ 본 연구에서는 유입수가 세면배수 및 목욕배수에 한정되는 경우의 잡배수와 세탁용수가 포함되는 혼합배수로 분류하였으며, 화장실 및 주방배수는 오수로서 배제하였음

- 비교적 수질이 양호한 잡배수는 표준공정-L로 하였으며, 공정은 유입 → 스크린 → 유량조정조 → 여과설비 → 오존산화 → 재이용수 공급으로 설정하였음
- 또한 혼합배수는 보다 높은 처리가 필요하므로 표준공정-M으로 하여, 유입 → 스크린 → 유량조정조 → 분리막(생물산화) → 오존산화 → 재이용수 공급으로 설정하였음

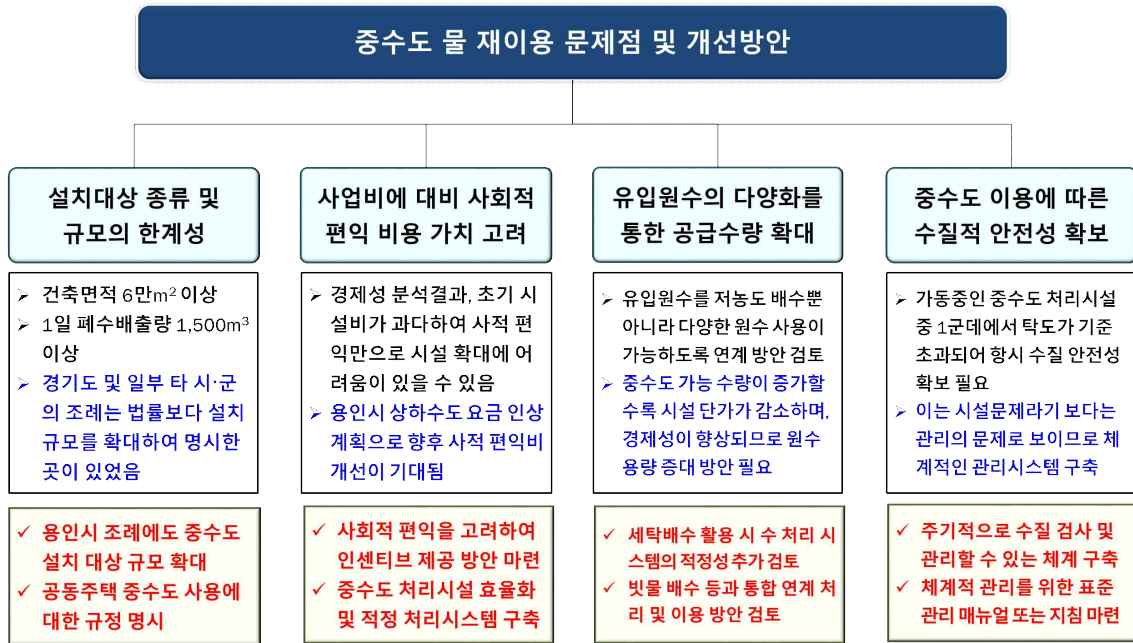
다. 중수도의 경제성 분석

□ 공동주택에 중수도를 보급하기 위해서는 수질적 안전성과 시설의 운전 및 유지관리의 용이성, 경제적 편익성 등이 중요한 요소이며, 특히 경제적인 부분은 시설투자에 있어서 가장 보편적으로 평가되는 항목임

○ 중수도의 편익성은 중수도 도입에 따른 시설의 설치 및 운영,

유지관리에 소요되는 비용과 시설의 설치 및 운영과정에서 얻게 되는 편익적 가치를 비교하여 평가함

- 편익적 가치는 사적 편익과 사회적 편익으로 구분할 수 있으며, 사적 편익은 사업자가 공동주택 개발사업에서 직접적으로 얻게 되는 이익이고, 사회적 편익은 중수도 사용에 따라 파급되는 사회적 이익을 나타내는 것임
 - 본 연구에서 사적 편익은 상하수도 사용료 절감 효과 및 물이용부담금 감면 효과로 하였으며, 사회적 편익은 공공하수처리장 및 상수도 생산량 감소, 처리시설 용량 감소에 따른 시설비 감소효과를 대상으로 하였음
- 본 연구결과에서 사적 편익만을 대상으로 편익성을 분석해 보면, 현재의 상하수도 요금체계에서는 총사업비 대비 총편익비가 1 이하로 나타나 경제성이 떨어지는 것으로 조사됨
 - 하지만 용인시가 최근 2028년까지 상하수도 요금을 올리고, 누진제를 없애기로 결정함에 따라 사적편익비를 2028년 요금체계로 변경하여 산정해 보았으며, 그 결과 사적 편익비만으로도 15년 시설연한일 경우 500세대 이상, 20년 시설연한일 경우 300세대 이상에서 충분히 편익성이 있는 것으로 산정됨
- 또한 사회적 편익까지 고려할 경우에는 시설연한 10년일 경우에도 200세대 이상에서 충분한 편익비가 발생하는 것으로 나타남
 - 특히 시설연한을 20년으로 한 경우에는 500세대부터 편익비율이 2 이상으로 나타나 사회적 비용을 크게 절감할 수 있는 것으로 나타남
- 결과적으로 공동주택의 중수도시설을 이용한 물 재이용은 사회적인 관점에서 수자원의 효율적 이용 및 에너지 절감 등의 추가적인 효과가 있고, 충분한 사회적 편익이 발생된다는 점에서 향후 적극적인 적용을 검토하는 것이 바람직할 것으로 판단됨



[그림 31] 연구결과 내용 정리

제2절 기대효과 및 활용방안

1. 기대효과

가. 기술적 측면

- 국내외 물 재이용 기술자료 확보 및 비교·검토를 통해 용인시에 적합한 공동주택 물 재이용 적용 기술 확보
 - 용인시 물 재이용을 확대에 기여
- 용인시 공동주택을 대상으로 한 물 재이용을 확대 정책에 따른 물산업 시장 활성화 및 그에 따른 선진화된 처리시스템 개발 촉진
 - 용인시 및 국내 공동주택에 적합한 물 재이용 처리시스템 개발 확대
- 용인시의 선도적인 공동주택 물 재이용에 따른 새로운 시장 개척으로 인한 물산업 시장 확대 및 활성화를 통한 기술적 파급효과

나. 사회·경제적 측면

- 효율적인 처리기술 개발 및 보급을 통해 물 재이용수 수질에 대한 시민들의 불안감 해소 및 이에 따른 물 재이용을 제고
 - 물 재이용을 확대에 따른 물관리 계획의 효율화 및 그에 따른 사회적 비용 감소 효과
 - 기타 물 재이용에 따른 공공시설의 운용 효율화 기여 및 생활환경 개선
 - 상하수도 이용량 감소에 따른 상하수도 관련 공공시설의 운영 부담 감소 및 시설관리의 효율화
 - 하수 발생량 감소에 따른 공공수역 수질개선 및 그에 따른 삶의 질 개선 효과
- 공동주택 내 중수도 이용 시 공급처와 수요처가 일원화되고, 그에 따른 처리용수의 이송 비용 및 에너지 저감효과
- 물 재이용을 향상을 통해 용인시 및 국내 물산업 활성화에 기여할 수 있고, 시장 확대에 따른 경제적 파급효과 및 신규 일자리 창출 효과

다. 정책적 측면

- 공동주택을 대상으로 중수도 활용 정책을 시행하고 장려함으로써 물 재이용 정책의 실효성을 담보하고, 물 재이용을 향상
 - 현재 가장 용수 사용량이 많은 가정용수를 중수도로 활용하는 방안 및 정책 강구를 통해 획기적인 용인시 재이용율 향상 효과
 - 중수도 공급처와 수요처의 일원화에 따른 효율성/안정성 강화
- 선도적인 물 재이용 정책 채택에 따른 국가 물관리 정책에 대한 효율적인 대응 및 효과적인 적응 체계구축
 - 버려지는 하수의 물 재이용에 따른 에너지 저감 및 탄소중립 정책에 대한 실효성 강화 및 환경정책의 효율성 확보

2. 활용방안

- 본 연구는 정책연구로서 공동주택의 중수도 활용방안 연구를 통해 물 재이용율을 높일 수 있는 정책적 수단을 제공하기 위한 것으로, 이를 통해 각 지자체 및 국가의 물 재이용 정책에도 파급효과를 가져올 수 있도록 활용
 - 또한 이를 기반으로 물산업 활성화 및 중수도 관련 업체의 기술 고도화를 유도하고, 용인시의 물순환 및 물 재이용 정책을 통해 용인시의 친환경적 이미지 향상에 활용
- 향후 공공주택 또는 민간주택단지의 200~300세대 규모에서 실제 중수도 시설에 대한 세부적인 정량적 평가를 위한 시범사업이 필요하며, 이 결과를 이용 신도시의 신규 주택단지나 재건축 단지의 중수도 시설 세부사업계획 시 참고자료로 활용이 가능

[표 103] 본 연구의 활용방안

활용내용	활용기관	활용가능기간/대상
공동주택의 중수도 활용방안에 대한 정책 기반 자료 전파 및 유사 정책 확대	국내 지자체	항시/관련 정책 및 조례
공동주택 중수도 정책 확대를 통한 물산업 활성화 및 시장 확대	지자체/물산업 관련 업체	항시/중수도 대상 모든 시설
선진화된 공동주택에 적합한 중수도 시스템 및 요소 기술	지자체/중수도 관련 업체	항시/공동주택 등

3. 정책 제언

- 앞서 본 연구에서 조사한 바와 용인시의 중수도 재이용 정책은 재이용수 확보가 용이한 빗물이용 및 공공처리시설에 주로 국한되어 있어 물 재이용수량을 획기적으로 높이는데 한계가 있음
 - 특히 이들 용수는 대부분 장내용수 또는 하천유지용수로 활용되는 경우가 많아 정책적 실효성을 담보하는데 한계가 있는 것으로 판단됨

- 현재 가장 많은 물이 소비되고 있는 공동주택을 대상으로 재이용수를 활용한다면 물 재이용 정책의 실효성을 크게 높일 수 있을뿐더러 경제성도 확보할 수 있어 보다 효과적인 방안으로 판단됨
- 따라서 공동주택의 물 재이용을 장려할 필요가 있다고 판단되어 다음과 같은 정책이 필요할 것으로 판단됨
- 공동주택에 대한 물 재이용을 적극 장려할 수 있도록 용인시 조례에 조문을 삽입 또는 강화하는 것이 바람직함
 - 조례에 공동주택에 대한 중수도시설 설치 관련 조문을 삽입함으로써 공동주택의 신축 또는 재건축 시 중수도시설 설치를 우선적으로 고려할 수 있도록 해야 함
 - 이때 사적 편익만을 고려한다면, 향후 상하수도 인상율을 반영하여 300세대 이상으로 할 수 있을 것으로 사료됨
 - 또한 사회적 편익까지 고려할 경우에는 시설연한 20년으로 할 경우 100세대 이상, 시설연한 15년으로 할 경우 200세대 이상도 가능할 것으로 사료됨
 - 결과적으로 공공주택의 경우 100세대 이상의 신축 및 재건축 시 사적편익과 사회적 편익비가 모두 고려되어 소규모 중수도 시설의 설치 보급이 용이할 것으로 판단되며, 시 전체의 사업에서 추진한다면 물 수급계획에 매우 큰 효과를 볼 수 있을 것으로 사료됨
- 사회적 편익은 장기적인 관점에서 용인시 전체 사회에 이익이 환원되는 성격을 가지고 있으므로 중수도 활용을 장려하기 위한 다양한 정책적 지원방안도 같이 고려된다면 상호 호혜적 관점에서 효과가 더 높아질 것으로 사료됨
 - 예를 들어 공공주택에 중수도를 설치할 경우, 사회적 편익 산출을 토대로 20%~50% 정도를 지원할 수 있도록 정책적인 배려 방안을 고려하는 것임
 - 구체적으로는 건설사나 시행사에게 사회적 편익 비용만큼의 인센티브로 용적율을 더 주거나, 개발에 따른 개발부담금을 줄여주는 제도적인 지원책도 고려해 볼 수 있음
- 국토교통부의 녹색건축물조성지원법상(2017.1.20.시행)의 녹색 건축 인증기준

대상인 연면적 3,000 m²인 공공주택의 경우 중수도시설 배점이 1점으로, 물 재이용율이 낮고 지속성이 낮은 빗물시설의 배점 4점 보다 낮게 되어있어 공동주택 물 재이용율 향상에 어려움이 있음

- 중수도시설의 확대와 물 재이용율을 높이기 위해서는 중수도시설 배점을 빗물이용보다 상향 조정하는 정책이 필요하리라 판단됨
- 중수도 관련법은 30년 전 수도법에서 시작하여 현재의 물 재이용법까지 이어져오고 있어 과거의 의무설치 시설기준에 대한 확대 개정안이 필요함
 - 그럼으로써 도심지 내에서 대체수자원을 개발하여 향후 물 부족으로 인한 비상사태에 대비할 수 있도록 해야 함
 - 또한 세계적인 물 기업이 국내시장의 발전으로 탄생될 수 있도록 제도적 보완이 필요하다고 사료됨
- 아직까지 일반 시민들은 중수도시설 이용에 대한 수질적 불신 및 막연한 거부감이 존재하고 있어 이를 해소하기 위한 홍보 및 교육 프로그램 등을 마련하고, 물 재이용 정책에 적극 참여할 수 있는 정책적 배려 필요
 - 용인시 내 홍보관 등을 통해 중수도 이용의 필요성 및 수질적 안전성 등을 중심으로 적극 홍보함으로써 용인시의 물 재이용 정책에 적극 참여할 수 있는 사회적 분위기 조성
 - 특히 중수도 사용 시 환경 및 탄소발생량 저감에 기여한다는 점을 인식할 수 있도록 홍보 활동 강화

주 의

1. 이 보고서는 경기녹색환경지원센터에서 시행한 연구개발사업의 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 경기녹색환경지원센터에서 시행한 연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

물순환
정책에
의한
국민소득
분배
향상
방안
연구

정책
연구

경기색경원터
녹색환지센터