

# 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℃ 상승할 것으로 예측됨
  - 우리나라의 2050탄소중립전략(LEDs)에서는 평균 2℃ 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 산업분야 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 개선 방안 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 용인시 물 재이용을 향상을 위하여 공동주택을 중심으로 정치적 또는 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, 궁극적으로는 안정적인 수자원의 확보를 통해 용인시 물 재이용 정책의 실효성을 높임으로써 용인 시민들의 물 복지 향상에 기여하기 위함
- 이를 위해 본 연구에서는 공동주택의 물이용 현황 및 형태, 수질적 특성, 물 재이용 방안 등을 연구하고, 그에 따른 결과를 토대로 공동주택 물 재이용을 향상 방안을 제시하고자 함

## III. 연구의 목표 및 내용

- 공동주택 내 중수도 시설을 통한 물 재이용의 타당성을 확보하고, 정책에 반영할 수 있도록 함으로써 용인시 물 재이용 정책의 실효성 향상
- 공동주택의 물 재이용에 있어 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 검토 및 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·조사
  - 공동주택 물 재이용 활성화를 위한 기반 자료 검토 및 분석
  - 공동주택의 중수도 활용을 위한 수질분석
  - 적용 가능한 물 순환 시스템 및 적절한 중수도 처리시스템 검토
  - 용인시 물 관리 정책 분석을 통한 개선점 및 정책안 제시

## IV. 연구 결과

### 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 m<sup>2</sup> 이상, 관람석 수 1,400석 이상임
- 2005년에 “하수처리수 재이용 수질권고기준”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 m<sup>3</sup>의 하수처리수 재이용 목표를 제시하였고, 하수처리수 재이용을 “제3의 물 산업”으로 육성 계획 발표
- 2010년에는 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률”이 제정 공포되어, 물 재이용 관련법을 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 업무 지침” 마련
- 2015년에 통합 수질관리기준을 마련하였고, 2018년에는 수도정비기본계획 수립 지침 개정을 통해 물 부족 지역 공급계획 수립 시 신규 상수도 개발에 우선하여 하·폐수처리수 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·폐수처리수의 재이용수 생산 비용은 m<sup>3</sup>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 이차처리공정 사용
- 중동 및 지중해 지역에서는 50% 이상 설비가 이차처리기술이며, 걸프지역 국가들은 관개나 지하수 충전 등을 위해 고도하수처리기술 사용
- 유럽, 오세아니아와 북미 지역은 농경지 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 6만 제곱미터 이상 시설 외에도 별도의 적용 기준을 두는 권장 내용이 포함되어 있음
- 경기도 “물의 재이용 촉진 및 지원” 조례만 보더라도, 제4조(중수도의 설치·관리)에서 연면적 3만 제곱미터 이상인 시설물에서도 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 적은 편은 아니지만, 증가율로만 볼 때 가장 낮은 약 1.2배로, 빗물이용시설의 약 2배, 하수처리수 재이용의 1.8배에 비해 상대적으로 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 않음
  - 이는 공동주택이 중수도 재이용시설의 의무시설 범위에 포함되어 있지 않고, 수질적 안전성 및 선호도 측면에서 중수도 시설 보급의 유인 요소가 적었기 때문으로 판단됨
- 하지만 용인시 물 재이용율을 획기적으로 증대시키기 위해서는 공급되는 용수 중 가장 사용량이 많은 가정용 공동주택에 대한 물 재이용율 향상이 가장 효과적이라고 사료됨
  - 공동주택에서의 중수도 활용은 발생처에서 직접 활용하므로 취수 및 공급이 안정적이고, 근접거리에 있어 이송 등으로 인한 에너지 소비를 저감할 수 있으며, 발생처와 이용처가 같으므로 관리 소재가 명확함
  - 또한, 수처리시스템을 원수에 맞추어 유용하고 콤팩트하게 구성할 수 있고, 화장실 세정수 및 청소 용수 등 수요량이 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
- 조사 대상지는 총 6개소이며, 해당 시설들에 대한 조사 내용을 정리하여 아래의 표에 제시하였음

시설명	주소	건물 용도	설치 위치	중수도 이용수량
용인 평생학습관	경기도 용인시 수지구 문정로	운동 및 학습시설	지하2층 기계실	35 m <sup>3</sup> /일
아르피아	용인시 수지구 포은대로	체육시설	옥외	35 m <sup>3</sup> /일
용인시 실내체육관	용인시 처인구 경안천로	운동시설	지하 기계실	15 m <sup>3</sup> /일
용인 시민체육센터	용인시 포곡읍 금어리	운동시설	지하 기계식	20 m <sup>3</sup> /일
포곡읍 주민자치센터	용인시 처인구 포곡읍 포곡로	업무시설	옥외	20 m <sup>3</sup> /일
수원 HPS 아파트	수원시 팔달구 효원로	대규모 아파트	지하 2층	15 m <sup>3</sup> /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(용존산소), SS(부유성고형물), TOC(총유기탄소), T-N(총질소), T-P(총인) 7개 항목을 추가 조사하였음
- 수질분석 결과, 탁도는 원수 범위가 4.9 ~ 58.9 NTU, 처리수는 1 ~ 3.9 NTU로 조사되어, 평균 86.2%의 높은 처리효율을 보였음
  - pH는 용인 평생학습관의 유입수가 10.5로 나타난 것 이외에는 모두 7.1 ~ 8.1의 정상적인 범위로 조사됨
  - BOD 농도는 유입수가 8.6 ~ 13.0 mg/L의 범위에 평균 10.6 mg/L로 조사되었고, 처리수는 1.7 ~ 4.1 mg/L의 범위에 평균 3.1 mg/L로 나타나 평균 72.4%의 처리효율을 보였음
  - 총대장균군수는 용인 시민체육센터, 포곡읍 주민복지센터, HPS 아파트 유입수에서 각각 900 개/100mL, 1,200 개/100mL, 800 개/100mL가 검출된 반면, 처리수는 모두 불검출 되었음
  - DO는 유입수 농도가 1.7 ~ 3.6 mg/L의 범위로 조사되었지만, 처리수는 모두 7 mg/L 이상을 보여 처리되는 과정에서 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 조사대상지의 중수도 시설 중 용인 실내체육관의 처리수 중 탁도가 재이용수 용도별 수질기준 2 NTU를 초과한 것 이외에는 모두 수질기준을 만족시키는 것으로 조사됨
  - 결과적으로 기존 중수도 처리시설을 활용하여도 안정적인 수질을 유지할 수 있는 것으로 조사됨

#### 4. 공동주택 내 중수도 활용성 평가

##### 가. 중수도 원수 확보 및 재이용수 공급용도 검토

- 공동주택에서 발생하는 하수는 간단히 오수와 잡배수, 혼합배수로 구분할 수 있으며, 중수도로 이용 가능한 물은 잡배수 및 혼합배수임
  - 잡배수는 주로 세면배수 및 목욕배수로서 저농도 오염수이고, 혼합배수는 세탁배수 등이 혼합된 것으로 중농도 오염수, 화장실배수는 오수로 고농도 오염수로 구분할 수 있음
  - 결과적으로 공동주택 중수도 공급 원수는 저농도로 수질이 양호하고 수량이 충분한 목욕 및 세면 배수를 최우선으로 하고, 중수도의 원수 수량 확보 차원에서 세탁수 등이 혼합된 배수를 선택할 수 있음
- 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 각 가정용수 사용비율은 화장실 16 ~ 27%, 싱크대(주방) 19 ~ 20%, 세탁 20 ~ 24%, 목욕 10 ~ 20%, 세면 10 ~ 12%, 기타 4 ~ 9%의 범위로 조사됨
    - 이에 따른 중수도 공급 원수 비율은 상수도 이용량의 44% 정도로 평가됨
  - 또한 2022년 수자원공사 자료에 따르면, 용인시 가정의 평균 상수 사용량은 284.5 L/인/일로 조사되었음
- 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 사용 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 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 권고하고 있음
  - 결과적으로 중수도 활용을 위한 처리공정은 유입되는 오염물질의 종류 및 중수도의 용도, 처리용량 및 비용 등을 모두 고려하여 다양한 공법을 조합하고 최적의 연계 공정으로 하는 것이 바람직함
    - 예를 들면, 입자성 물질은 주로 응집침전 및 부상공법, 여과공법 등을 활용하고, 용해성 물질은 오염물질의 특성에 따라 생물학적, 화학적, 물리적 처리공법을 적절하게 연계 처리하며, 최종적으로 활성탄 공법 및 오존산화 등과 같은 고도산화처리를 사용하는 것이 일반적임
- 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 수질특성을 감안하여 표준공정을 검토하였음
    - 표준공정 검토 시 반드시 고려할 점으로는 처리효율이 충분하고 안정적인 것, 시설의 유지관리가 용이하고 조작성이 간단할 것, 비용이 합리적이고 경제적인 것 등임
  - 본 연구에서는 유입수가 세면배수와 목욕배수로 한정되는 경우의 잡배수와 세탁배수가 포함되는 혼합배수로 구분하였으며, 화장실 및 주방배수는 배제하였음
    - 비교적 수질이 양호한 잡배수는 표준공정-L로 하였으며, 공정은 유입 → 스크린 → 유량조정조 → 여과설비 → 오존산화 → 재이용수 공급으로 설정하였음
    - 또한 혼합배수는 잡배수보다 높은 처리효율이 필요하므로 표준공정-M으로

하여, 유입 → 스크린 → 유량조정조 → 분리막(생물산화) → 오존산화  
→ 재이용수 공급으로 설정하였음

#### 다. 중수도의 경제성 분석

□ 공동주택에 중수도를 보급하기 위해서는 수질 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

- 시설비는 표준공정-M 적용 시 용량별 설계가를 기준으로 상관식을 이용하여 100세대, 200세대, 300세대, 500세대, 700세대, 1,000세대로 구분하여 제시하였음

- 세대당 구성원 수는 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 <sup>3</sup> /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

□ 처리시설의 유지관리비는 전력비, 약품비, 대수선비 등으로 구분되고, 대수선비는 기계 및 전기기계측제어 설치비 및 교체비임

○ 본 연구에서는 기존 중수도 시설에 실제 적용되고 있는 유지관리비를 기준으로 단가를 산정하였으며, 시설의 이용 연한을 고려하여 5년부터 20년까지 5년 단위로 산정한 결과를 제시하였음

- 일반적으로 상수도 시설은 30년, 하수도 시설은 20년을 시설 연한으로 보기 때문에 본 시설도 20년을 가정하는 것이 타당할 것으로 판단됨

○ 아래의 표는 세대별, 시설 연한별 유지관리비를 산정하여 제시한 것임

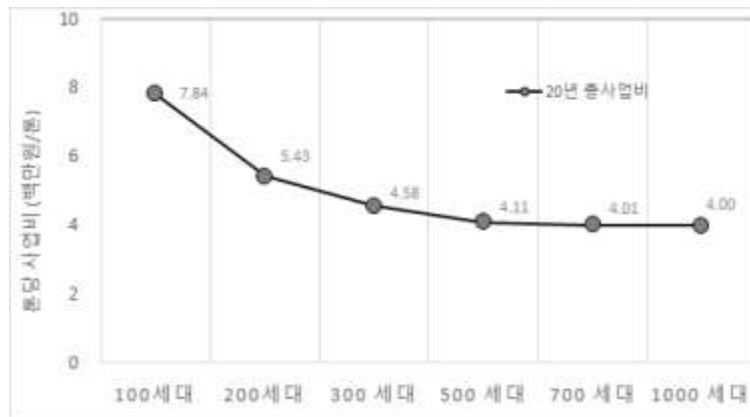
세대수	100	200	300	500	700	1,000
5년 (백만원)	84	108	126	180	240	324
10년 (백만원)	168	216	252	360	480	648
15년 (백만원)	252	324	378	540	720	972
20년 (백만원)	336	432	504	720	960	1,296

□ 결과적으로 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

- 그래프에서 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 요금 절감 및 환경부담금 경감 등임

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

- 상수도 사용료 = 상수도 구경별 정액요금 + 상수도 사용량 × 상수도 사용료 요율 + 물이용 부담금

- 하수도 사용료 = 하수도 배출량 × 하수도 사용료 요율

- 단 용인시의 경우 중수도 사용 시 하수도 감면 혜택이 있어 이도 산정 시 고려하였음(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 시설 연한에 따른 총사업비 대비 사적 편익 비율을 산정한 결과는 아래의 그림과 같음



- 위 그래프에서 1 이상일 경우 중수도 이용에 따른 경제성 확보를 기대할 수 있지만, 모두 1 이하의 값을 보여 현재의 요금체계에서는 사적 편익이 발생하지 않는 것으로 나타남
- 하지만 최근 용인시는 상수도 요금이 낮아 누적 적자가 지속되어 향후 5년간 단계적으로 요금을 인상하고 누진제에서 단일요금제로 전환하는 방안을 발표하였음
- 이에 따른 요금은 상수도 520원/톤, 하수도 950원/톤이며, 이를 토대로 시설비 대비 편익비 비율을 계산하여 아래의 그래프로 제시하였음
- 이와 같은 요금체계에서는 사용 연한 15년에서 500세대 이상, 20년에서 300세대 이상에서 1 이상의 값을 보여 경제성이 있는 것으로 조사됨

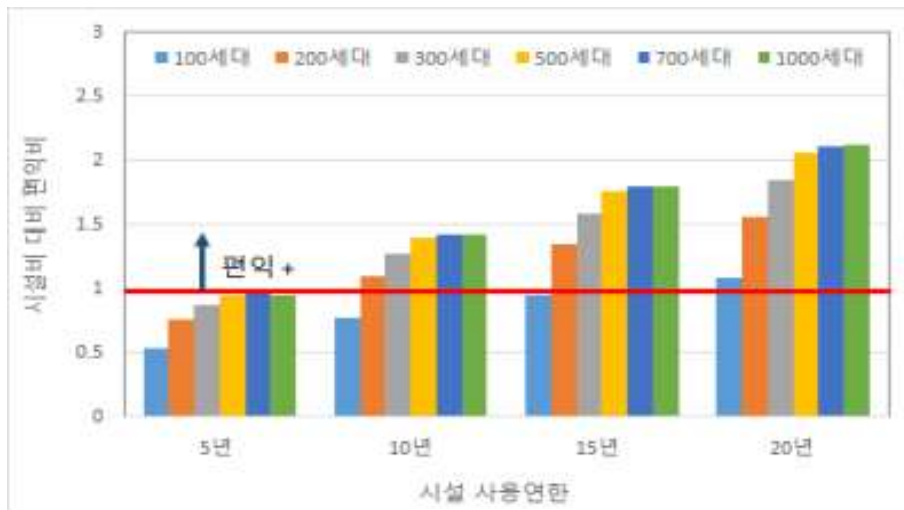


□ 또한 사회적 편익비는 상수도 생산원가 절감과 하수의 처리비용 절감, 하수도 시설비 절감 등이 있음

○ 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 시설 연한을 10년으로 하여도 200세대 이상에서 편익비가 1 이상이 되고 경제성이 확보되는 것으로 나타남

○ 중수도 시설을 이용한 물 재이용은 사회적인 관점에서 물이용의 효율화, 에너지 절감 등의 추가적인 효과가 있고, 이에 따른 사회적 편익이 더 커진다는 점을 고려할 때 향후 적극적인 적용 검토가 필요하다고 판단됨

## V. 연구결과의 기대효과 및 활용계획

### 1. 기대효과

#### 가. 기술적 측면

- ☐ 국내외 물 재이용 기술자료 수집 및 비교·검토 등을 통해 용인시에 적합한 공동주택 물 재이용 적용 기술 확보
- ☐ 용인시 및 국내 공동주택에 적합한 물 재이용 시스템 기술개발 확대 및 그에 따른 물 산업 시장 활성화
  - 물 재이용 관련 새로운 시장의 확대 및 물 산업 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 재이용을 제고
  - 물 재이용을 확대에 따른 물 관리 계획의 효율화 및 그에 따른 사회적 비용 감소 효과
  - 상수도 및 하수도 시설의 효율화 및 편익성에 따른 사회적 비용 절감
- ☐ 공급처와 수요처의 일원화에 따른 중수도 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 가정용수의 중수도 활용 방안 및 정책을 강구함에 따라 용인시 물 재이용을 향상 효과
- ☐ 선도적인 중수도 재이용 정책을 채택함에 따른 국가 물 관리 정책에 대한 효율적인 대응 및 효과적인 적응 체계구축

## 2. 활용 방안

- 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 물 산업 활성화 및 중수도 관련 업체의 기술 고도화를 유도하고, 용인시의 물 순환 및 물 재이용 정책을 통해 용인시의 친환경적 이미지 향상에 활용
- 향후 공공주택 또는 민간 주택단지에 적용할 수 있도록 세부적인 계획 및 정책 수립 시 참고자료로 활용
  - 각 지자체별 중수도 관련 정책 수립 시 다양한 기반 자료로 활용 가능

## 3. 정책 제언

- 현재 용인시의 중수도 재이용 정책은 상대적으로 재이용수 확보가 용이한 빗물 재이용 및 공공처리시설 중수도 재이용을 중심으로 하고 있어 물 재이용율을 획기적으로 높이는 데 한계가 있음
  - 현재 가장 많은 물이 소비되고 있는 공동주택을 대상으로 중수도 정책을 도입한다면 물 재이용 정책의 실효성을 크게 높일 수 있고 경제적 편익성도 확보할 수 있는 것으로 조사되어 효율적인 방안으로 판단됨
  - 이에 공동주택에 대한 물 재이용을 장려할 필요가 있다고 판단되어 다음과 같은 정책 방안을 제안함
- 공동주택에 대한 물 재이용을 적극 장려할 수 있도록 용인시 조례에 조문을 삽입 또는 강화하는 것이 필요함
  - 공동주택에 대한 중수도 시설 설치 관련 내용을 조례에 삽입함으로써 공동주택의 신축 또는 재건축 시 중수도 시설 설치를 우선적으로 고려할 수 있도록 해야 함
  - 이때 사적 편익만을 고려한다면 향후 용인시 상하수도 요금 인상율을 반영하여 300세대 이상으로 할 수 있으며, 사회적 편익까지 고려한다면 시설 연한 20년으로 할 경우 100세대 이상, 시설 연한 15년으로 할 경우 200세대 이상도 가능할 것으로 판단됨



- 사회적 편익은 장기적인 관점에서 용인시 전체 사회에 이익이 환원되는 성격을 지니고 있으므로, 공동주택의 중수도 활용을 장려하기 위한 차원에서 다양한 정책적 지원방안도 같이 고려된다면 상호 호혜적 관점에서 효과가 더 높아질 것으로 사료됨
  - 예를 들어 공동주택에 중수도를 설치할 경우, 경제성 분석을 통하여 사회적 편익비의 20 ~ 50% 정도를 지원할 수 있도록 정책적인 배려 방안을 고려하는 것임
- 현재 국토교통부의 녹색건축 인증기준을 보면, 대상인 연면적 3,000 m<sup>2</sup>인 공공주택의 경우 중수도 재이용의 배점이 1점으로, 물 재이용율이 낮고 지속성이 떨어지는 빗물 이용의 배점(4점) 보다 낮게 되어있어 공동주택의 물 재이용을 향상에 어려움이 있음
  - 중수도 시설의 확대와 물 재이용율을 높이기 위해서는 중수도 시설 배점을 빗물 이용보다 상향 조정하는 정책이 필요하리라 판단됨
- 중수도 관련법은 30년 전 수도법에서 시작하여 현재의 물 재이용법까지 이어져 오고 있어 과거의 의무설치 시설기준에 대한 확대 개정안이 필요함
  - 앞으로 기후변화에 따른 물 환경변화에 적극 대응하기 위해서는 안정적이고 효율적인 대체 수자원 확보가 중요하며, 이를 위해 도심지 내 자체 수자원 공급원으로서 중수도 활용성이 높게 평가될 것으로 판단되기 때문에 중수도 보급을 높일 수 있도록 선제적으로 중수도 관련 법 개정이 필요하다고 사료됨
- 아직까지 일반 시민들은 중수도 시설 이용에 대한 수질적 불신 및 막연한 거부감이 존재하고 있어 이를 해소하기 위한 홍보 및 교육 프로그램 등을 마련하고, 물 재이용 정책에 적극 참여할 수 있도록 제도적 지원방안 필요
  - 용인시 내 홍보관 등을 통해 중수도 이용의 필요성 및 수질적 안전성 등을 중심으로 적극적으로 홍보하여 용인시의 물 재이용 정책에 동참할 수 있는 사회적 분위기 조성