

2023년도 재정사업 심층평가 보고서

# 하수도 관리 사업군





최종보고서

2023년 재정사업 심층평가

# 하수도 관리 사업군

2024. 7





# 제 출 문

기획재정부 장관 귀하

본 보고서를 귀 기획재정부가 의뢰한 『2023년 재정사업 심층평가 하수도 관리 사업군』의 최종보고서로 제출합니다.

2024. 7.

한국조세재정연구원    원장    김 재 진



— < 연구진 > —

■ 『하수도 관리 사업군』 2023년 재정사업 심층평가

연구주관기관: 기획재정부·한국조세재정연구원

연구수행기관: 서울시립대학교 산학협력단

연구책임자: 이동규 교수 (서울시립대학교 경제학부 교수)

참여연구자: 장희선 교수 (전북대학교 경제학부 교수)  
전호철 교수 (충남대학교 경제학과 교수)

연구보조원: 양석 석사수료생 (서울시립대학교 경제학과)  
이지연 석사과정생 (서울시립대학교 경제학과)  
김유진 학사과정생 (충남대학교 경제학과)



## 목 차

I. 서론 .....	1
II. 하수도 관리 사업군에 대한 지원정책의 법적·제도적 근거 .....	3
1. 하수처리장설치 .....	3
2. 하수처리수재이용 .....	5
3. 스마트하수도 관리체계 구축·운영 .....	8
4. 하수관로정비BTL .....	9
5. 하수관로정비 .....	10
6. 면단위하수처리시설 설치 .....	11
7. 우수저류시설설치 .....	12
III. 하수도 관리 사업군 개요 및 평가 필요성 .....	14
1. 총론 .....	14
2. 하수처리장설치 .....	16
가. 하수처리장 확충 .....	16
나. 농어촌마을하수도 정비 .....	21
3. 하수처리수재이용 .....	22
4. 스마트하수도 관리체계 구축·운영 .....	26
가. 스마트 하수처리장 .....	28
나. 스마트 하수관로 .....	30
다. 하수도 자산관리 .....	33
라. 스마트 통합 하수관제시스템 구축 .....	37
5. 하수관로정비BTL .....	38
가. 하수관로정비BTL 임대료지급 .....	42

6. 하수관로정비 .....	44
가. 하수관로정비 .....	46
나. 도시침수대응 .....	48
다. 노후하수관로 정밀조사지원 .....	49
라. 대심도 하수저류시설 설치 .....	50
7. 면단위하수처리시설 설치 .....	53
8. 우수저류시설 설치사업 .....	54
9. 평가의 필요성 및 세부사업별 논리모형 .....	58
가. 심층평가의 필요성 .....	58
나. 세부(내역)사업별 논리모형 .....	59
IV. 평가요소별 분석 결과 .....	62
1. 사업의 타당성: 이론적 근거 .....	62
가. 외부효과 .....	62
나. 공공재 .....	64
다. 규모의 경제 .....	66
라. 시장의 불비 .....	67
2. 사업의 효율성 .....	68
가. 효율성 평가 개요 .....	68
나. 하수처리의 효율성 .....	68
3. 사업의 효과성 .....	96
가. 효과성 평가 개요 .....	96
나. 수질개선효과 .....	97
다. 침수예방효과 .....	109
라. 국고보조의 하수처리효율에 대한 효과 .....	134
4. 사업의 적절성 .....	137
가. 하수처리장 설치사업(농어촌/면단위) .....	137
나. 하수처리수 재이용사업 .....	141

---

다. 스마트하수도 관리체계 구축운영사업 .....	148
라. 하수관로정비BTL .....	151
마. 침수예방 관련 사업(도시침수 대응, 대심도 하수저류시설 설치, 우수저류시설 설치) ...	156
바. 기타 정책 이슈(국고보조율 및 요금현실화율 관련) .....	164
5. 하수도 관리사업 실무자 설문결과 .....	174
가. 설문 개요 .....	174
나. 주요 설문 결과 .....	175
V. 평가결과 요약 및 정책제언 .....	188
참고문헌 .....	194
부 록 .....	198
〈부록 I : 하수저류시설과 우수유출저감시설 비교〉 .....	198
〈부록 II : 소규모 하수처리시설 통합 신설 및 공공연계 처리 사례〉 .....	200

---

## 표 목차

〈표 II-1〉 하수처리장설치사업 관련 법령상 근거 및 조항	4
〈표 II-2〉 하수도사업의 국고보조율	4
〈표 II-3〉 하수처리수 재이용사업 관련 법령상 근거 및 조항	6
〈표 II-4〉 하수처리장 설치 인가 시기별 법적 의무 대상	8
〈표 II-5〉 스마트하수도 관리체계 구축·운영 관련 법령상 근거 및 조항	9
〈표 II-6〉 하수관로정비BTL 관련 법령상 근거 및 조항	10
〈표 II-7〉 하수관로정비 관련 법령상 근거 및 조항	10
〈표 II-8〉 면단위하수처리시설설치 사업 관련 법령상 근거 및 조항	12
〈표 II-9〉 우수저류시설설치 사업 관련 법령상 근거 및 조항	13
〈표 III-1〉 환경부 예산 개요	14
〈표 III-2〉 하수도 관리 사업군 예산 현황	15
〈표 III-3〉 하수처리장 설치 사업의 내역사업 개요	16
〈표 III-4〉 하수처리시설 설치 기준	17
〈표 III-5〉 500m <sup>3</sup> 이상 하수처리장 현황	18
〈표 III-6〉 500m <sup>3</sup> 미만 하수처리장 현황	20
〈표 III-7〉 하수처리수 재이용사업의 내역사업 개요	22
〈표 III-8〉 하수처리수 재이용사업 관련 주요 정책	23
〈표 III-9〉 하수처리수 재이용시설 설치 기준	24
〈표 III-10〉 하수처리수 재이용수의 용도별 수질기준	25
〈표 III-11〉 2023년 하수처리수 재이용 국고보조사업 현황	26
〈표 III-12〉 세부사업 ‘스마트하수도 관리체계 구축·운영’ 예산 현황	27
〈표 III-13〉 내역사업 ‘스마트하수처리장’ 사업 개요	28
〈표 III-14〉 스마트 하수처리장 대상사업 목록	28
〈표 III-15〉 내역사업 ‘스마트 하수관로’ 사업 개요	31
〈표 III-16〉 내역사업 ‘하수도 자산관리체계 구축’ 사업 개요	33

---

〈표 III-17〉 내역사업 ‘스마트 통합 하수관제시스템 구축’ 사업 개요 .....	37
〈표 III-18〉 내역사업 ‘하수관로정비BTL 임대료 지급’ 신청 자격 .....	40
〈표 III-19〉 세부사업 ‘하수관리정비BTL’ 예산 현황: 내역사업 ‘하수관로정비BTL 임대료 지급’ .....	42
〈표 III-20〉 연도별 하수관로 보급현황 .....	45
〈표 III-21〉 세부사업 ‘하수관로정비’ 예산 현황 .....	47
〈표 III-22〉 내역사업 ‘하수관로정비’ 신청 자격 .....	47
〈표 III-23〉 내역사업 ‘도시침수대응’ 신청 자격 .....	49
〈표 III-24〉 내역사업 ‘노후하수관로 정밀조사지원’ 신청 자격 .....	50
〈표 III-25〉 강남역 인근 침수피해현황 .....	51
〈표 III-26〉 면단위하수처리시설 설치 사업의 내역사업 개요 .....	53
〈표 III-27〉 행정구역 단위별 하수도 보급률 비교 .....	54
〈표 III-28〉 내역사업 ‘우수유출저감시설 설치사업’ 개요 .....	54
〈표 III-29〉 세부사업 ‘우수저류시설설치’ 예산 현황 .....	55
〈표 III-30〉 내역사업 ‘우수유출저감시설 설치사업’ 추진 경과 .....	55
〈표 III-31〉 우수유출저감시설의 종류 .....	57
〈표 IV-1〉 500 <sup>m³</sup> 미만 하수처리시설의 기초통계량 .....	73
〈표 IV-2〉 500 <sup>m³</sup> 이상 하수처리시설의 기초통계량 .....	74
〈표 IV-3〉 하수처리시설 방류수질 분석 결과 .....	75
〈표 IV-4〉 500 <sup>m³</sup> 미만 하수처리시설 비용함수의 OLS 추정결과 .....	76
〈표 IV-5〉 500 <sup>m³</sup> 이상 하수처리시설 비용함수의 OLS 추정결과 .....	77
〈표 IV-6〉 500 <sup>m³</sup> 미만 하수처리시설 비용함수의 SFA 추정결과 .....	79
〈표 IV-7〉 500 <sup>m³</sup> 이상 하수처리시설 비용함수의 SFA 추정결과 .....	80
〈표 IV-8〉 규모의 경제 분석결과 .....	81
〈표 IV-9〉 소규모 및 대규모 하수처리시설 생산함수의 SFA 추정결과 .....	83
〈표 IV-10〉 500 <sup>m³</sup> 이상 하수처리시설 가동연수에 따른 유입하수량 추이 .....	85
〈표 IV-11〉 500 <sup>m³</sup> 미만 하수처리시설 가동연수에 따른 유입하수량 추이 .....	85

---

〈표 IV-12〉 소규모 및 대규모 하수처리시설의 연도별 가동률	86
〈표 IV-13〉 가동률 구간별 하수처리시설 수	87
〈표 IV-14〉 가동률 10% 미만 하수처리시설 목록(2021년 기준)	89
〈표 IV-15〉 가동률 160% 이상 하수처리시설 목록(2021년 기준)	91
〈표 IV-16〉 소규모 및 대규모 하수처리시설의 생산효율성 분석결과	94
〈표 IV-17〉 생산함수의 규모의 수익>Returns to Scale) 분석결과	95
〈표 IV-18〉 연도별 하수처리장 원수(유입) 및 방류 수질 추이	100
〈표 IV-19〉 방류수수질기준	101
〈표 IV-20〉 행정안전부 우수저류시설의 침수피해저감 효과 추정결과: 전체표본	120
〈표 IV-21〉 행정안전부 우수저류시설의 침수피해저감 효과 추정결과: 군지역 제외	120
〈표 IV-22〉 행정안전부 우수저류시설의 침수피해저감 효과 추정결과: 군지역 제외 & 2017년 이전 설치된 시설만 포함	125
〈표 IV-23〉 행정안전부 우수저류시설의 침수피해저감 효과 추정결과: 군지역 제외 & 2017년 이후 설치된 시설만 포함	125
〈표 IV-24〉 환경부 (홍수예방목적포함) 하수저류시설의 침수피해저감 효과 추정결과: 전체표본	127
〈표 IV-25〉 환경부 (홍수예방목적포함) 하수저류시설의 침수피해저감 효과 추정결과: 군지역 제외	128
〈표 IV-26〉 환경부 (홍수예방목적포함) 하수저류시설의 침수피해저감 효과 추정결과: 군지역 제외 & 2017년 이전 설치된 시설만 포함	128
〈표 IV-27〉 환경부 (홍수예방목적포함) 하수저류시설의 침수피해저감 효과 추정결과: 군지역 제외 & 2017년 이후 설치된 시설만 포함	129
〈표 IV-28〉 (신월) 빗물저류시설의 침수피해저감효과 추정결과(이중차분법)	131
〈표 IV-29〉 하수도 정비 중점관리지역 피해저감효과	133
〈표 IV-30〉 하수처리시설 특성별 생산효율성 차이 분석	136
〈표 IV-31〉 읍면동 인구규모별 하수도 보급률 추이	138
〈표 IV-32〉 하수처리시설의 신·증설 및 개량 현황	139
〈표 IV-33〉 소규모 및 대규모 하수처리시설 단위당 사업비 추이	140

---

〈표 IV-34〉 연도별 하수처리수 장외 재이용 현황	143
〈표 IV-35〉 시도별 하수처리수 재이용 현황(2021년 기준)	144
〈표 IV-36〉 하수처리수 재이용 법적 의무대상 시설의 운영형태별 특성(2021년 기준)	145
〈표 IV-37〉 하수처리수 재이용 의무율 달성 미만 하수처리시설의 목록(2021년 기준)	146
〈표 IV-38〉 하수처리수 재이용 법적 의무대상 시설에 대한 과태료 부과 기준	147
〈표 IV-39〉 지능형 관리 분야의 국내 기술 수준	150
〈표 IV-40〉 하수관로BTL 이전 이후 비교	153
〈표 IV-41〉 하수로 사업형태별 현황(준공연도기준: 2005~2015년)	155
〈표 IV-42〉 우수 및 하수 저류시설 특성 비교	157
〈표 IV-43〉 하수 저류시설 설치현황: 하수도정비 중점관리지역 사업	159
〈표 IV-44〉 도시침수대응 및 우수저류시설 사업 비교	160
〈표 IV-45〉 우수유출저감시설 신규지구 평가표	161
〈표 IV-46〉 요금 현실화율 비교	167
〈표 IV-47〉 최근 10년간 국내 하수도 보급률 추이	171
〈표 IV-48〉 2011~2021년도 국가별 하수도 보급률	173
〈표 IV-49〉 기관별 관리 하수처리시설 및 투입인력 수	176
〈표 IV-50〉 하수처리시설 밖 정화조의 관리 여부 1	185
〈표 IV-51〉 하수처리시설 밖 정화조의 관리 여부 2	185
〈표 V-1〉 하수도 관리 사업군의 평가내용 및 정책제언	191
〈부표 1〉 하수저류시설과 우수유출저감시설 비교	199
〈부표 2〉 공공연계 및 통합 신설 사례	200

---

## 그림 목차

[그림 III-1] 세부사업 '스마트하수도 관리체계 구축·운영' 시행 체계	27
[그림 III-2] 단계별 자동화 수준	29
[그림 III-3] 스마트 하수처리장 사업을 통한 기대효과	30
[그림 III-4] 도시침수 관련 하수관로 스마트 관리체계	31
[그림 III-5] 하수 악취 관련 하수관로 스마트 관리체계	32
[그림 III-6] 하수도 자산관리체계의 방향성	34
[그림 III-7] 하수도 자산관리체계 추진 모식도	35
[그림 III-8] 하수도 자산관리체계 구축 흐름도	36
[그림 III-9] 내역사업 '스마트 통합 하수관제시스템 구축' 운영 체계 개념도	38
[그림 III-10] 내역사업 '스마트 통합 하수관제시스템 구축' 추진 체계	38
[그림 III-11] 하수관로정비BTL 운영방식	41
[그림 III-12] 하수관로정비BTL 임대료: 국비 및 순지방비(2009~2021)	43
[그림 III-13] 지역별 하수관로정비BTL 임대료: 국비 및 순지방비(2009~2021)	44
[그림 III-14] 하수저류시설 예시	51
[그림 III-15] 서울 대심도 하수저류시설 사업계획	52
[그림 III-16] 내역사업 '우수유출저감시설 설치사업' 집행절차	56
[그림 III-17] 내역사업 '우수유출저감시설 설치사업' 추진 체계	56
[그림 III-18] 수질개선효과 관련 사업의 논리모형	60
[그림 III-19] 침수피해 예방효과 관련 사업의 논리모형	61
[그림 IV-1] 보조금 지원의 필요성(외부경제)	63
[그림 IV-2] 보조금 지원의 필요성(공공재)	65
[그림 IV-3] 규모의 경제와 자연독점의 폐해	66
[그림 IV-4] 가동연수와 유입하수량의 상관관계	84
[그림 IV-5] 가동연수와 가동률의 상관관계	86
[그림 IV-6] 가동연수와 시설용량의 상관관계	93

---

[그림 V-7] 생산효율성 추정치의 분포 .....	94
[그림 V-8] 하수도의 개념 .....	97
[그림 V-9] 하천의 수질측정망 정보 .....	98
[그림 V-10] 하천의 네트워크 정보를 이용하여 수질측정망 연결 .....	99
[그림 V-11] 2017년 및 2021년 유입 및 방류 BOD .....	101
[그림 V-12] 유입 및 방류 BOD 분포: 2017년 이후 .....	103
[그림 V-13] 하수처리장 처리용량에 따른 방류 BOD 수준 .....	104
[그림 V-14] 주요 하천 수질(BOD) 변화 .....	105
[그림 V-15] 하수처리장 가동연도 전후 주변하천 수질 비교 .....	106
[그림 V-16] 하수처리시설 설치 전후 연도 수질과 강수량 비교 .....	107
[그림 V-17] 프로그램 평가방법론 개요 .....	110
[그림 V-18] 이중차분방법론 개요 .....	111
[그림 V-19] 연 강수량 및 (호우) 피해액 추이 .....	114
[그림 V-20] 유형별 호우로 인한 피해액 추이 .....	115
[그림 V-21] 연도별 우수저류시설 설치현황 .....	116
[그림 V-22] 연도별 하수저류시설 설치현황 .....	116
[그림 V-23] 지역별 우수저류시설 설치용량 .....	117
[그림 V-24] 지역별 하수저류시설 설치용량(침수예방 기능) .....	117
[그림 V-25] 지역별 우수저류시설 설치용량: 2017년 이전 설치 .....	122
[그림 V-26] 지역별 우수저류시설 설치용량: 2017년 이후 설치 .....	123
[그림 V-27] 호우로 인한 지역별 총피해액: 1998~2022년 .....	123
[그림 V-28] 호우로 인한 지역별 건물 피해액: 1998~2022년 .....	124
[그림 V-29] 통제집단의 특성에 따른 추정결과의 차이 개요 .....	124
[그림 V-30] 신월 빗물저류 배수시설 조감도 .....	130
[그림 V-31] 최소 비용의 소규모 처리장 통합 수준 .....	141
[그림 V-32] OECD 회원국별 물 스트레스(freshwater stress) .....	142
[그림 V-33] 연도별 하수처리수 재이용 추이 .....	143
[그림 V-34] 하수처리수 재이용시설과 공업용수도 연계 예시 .....	148

---

[그림 IV-35] 물산업 분야 업종별, 종사자 규모별 사업체 분포 .....	149
[그림 IV-36] 하수관로정비BTL 추이 .....	152
[그림 IV-37] 하수관로BTL 전후의 하천수질 변화 .....	154
[그림 IV-38] 우수 및 하수 저류시설 설치 현황 .....	158
[그림 IV-39] 네덜란드 로테르담시 우수저류시설 및 주차장 활용 .....	163
[그림 IV-40] 전국 하수도 재정 현황 .....	165
[그림 IV-41] 전국 하수도사용료 수익, 총괄원가, 현실화율 .....	166
[그림 IV-42] 시도별 하수도 재정의 구성(2021년 기준) .....	168
[그림 IV-43] 시도별 하수도요금 현실화율 .....	169
[그림 IV-44] 광역시·도별 중앙정부지원비중과 재정자립도 및 요금 현실화율의 상관관계 .....	170
[그림 IV-45] 주요 국가별 수도요금과 1인당 물사용량 간의 상관성 .....	171
[그림 IV-46] OECD 주요 회원국의 최근 하수도 보급률 .....	172
[그림 IV-47] 하수도 관리사업 실무자 설문응답자 구성 .....	175
[그림 IV-48] 하수도 관리 사업 중 우선 해결해야 할 문제 .....	177
[그림 IV-49] 민간위탁 방식 선호 이유(복수 응답) .....	178
[그림 IV-50] 운영방식에 대한 평가 .....	179
[그림 IV-51] 국고보조금 비율에 대한 평가 .....	180
[그림 IV-52] 단기적(향후 3년 이내)으로 적극 추진해야 할 사업 .....	181
[그림 IV-53] 장기적(향후 10년 이후)으로 적극 추진해야 할 사업 .....	182
[그림 IV-54] 하수처리시설 밖 오수로 인한 민원 분쟁에 대한 응답 .....	183
[그림 IV-55] 하수처리시설 밖 정화조의 오수로 인한 민원 분쟁 빈도 .....	184
[그림 IV-56] 하수처리시설 밖 정화조의 관리 여부 .....	184
[그림 IV-57] 하수처리시설 밖 미처리 오수가 주변 수계에 미치는 영향 .....	186
[그림 IV-58] 도농 간 하수도 보급 형평성·효과성에 가장 중요한 것 .....	187
[부도 1] 하수저류시설 개념도 .....	198

---

# I. 서론

---

우리나라는 정부의 재정사업이 적절하게 수행되고 있는지 확인하고 사업의 효율성과 책임성을 제고하기 위해 2003년부터 재정사업 성과관리를 시행하고 있다. 이러한 성과관리의 일환으로 주요 재정사업에 대한 운용성과를 사후적으로 점검하고, 그 결과를 향후 재정 운용에 반영하기 위해 재정사업 심층평가를 도입하였다.<sup>1)</sup> 재정사업 심층평가는 주요 재정사업의 추진 과정과 성과를 객관적으로 점검하고 성과에 영향을 미치는 원인을 분석하여 원활한 사업목적의 달성과 효율적인 사업 추진을 위한 방안을 도출함으로써 향후 예산편성 및 자금운용계획의 수립, 재정사업의 집행 및 성과관리 등 재정운용의 성과를 제고함을 목적으로 한다(「재정사업 심층평가 운용지침」 제3조).

재정사업 심층평가는 2005년 시험평가를 시작으로 지금까지 18년간 135개 사업군에 대하여 수행되었다. 2006년부터 2009년까지는 개별사업에 대한 심층평가로 진행되었고, 2010년부터 사업군에 대한 심층평가로 전환되었다. 심층평가의 대상이 되는 재정사업은 다음의 특성 중 어느 하나에 해당하는 개별 사업 및 사업군에서 선정하게 된다(「재정사업 심층평가 운용지침」 제5조).

1. 재정사업자율평가 결과 추가적인 평가가 필요하다고 판단되는 사업
2. 부처 간 또는 부처 내 사업 간 유사·중복 또는 비효율적 사업 추진 등으로 예산낭비의 소지가 있는 사업
3. 향후 지속적인 재정지출이 예상되어 사업 추진성과를 점검하고 지출효율화를 추진할 필요가 있다고 판단되는 사업
4. 과거 지속적인 재정투자에도 불구하고, 객관적인 성과 검증이 미흡하다고 판단되는 사업
5. 그밖에 예산 편성 및 자금운용계획의 수립, 재정집행 및 성과관리 등 재정운용 과정에서 문제가 제기되거나, 재정운용 과정에 참고하기 위하여 그간의 사업성과를 점검

---

1) 서론의 재정사업 심층평가제도에 대한 일반적인 사항은 한국조세재정연구원의 재정성과평가센터 홈페이지 내용에서 주로 발췌하였다.

([https://www.kipf.re.kr/cpem/cpem\\_info05.do;jsessionid=2AD7C6E7C32DCE86C7DA4454F449CC50](https://www.kipf.re.kr/cpem/cpem_info05.do;jsessionid=2AD7C6E7C32DCE86C7DA4454F449CC50))

## 할 필요가 있는 사업

### 6. 재정 사업(군)의 효과성을 높이기 위해 제도개선이 요구되는 법령, 절차 및 규정

본 심층평가의 대상이 되는 하수도 관리 사업군은 최근 5년 내 심층평가가 적었던 분야 중 하나인 '환경' 분야에서 가장 많은 재원이 투입되는 사업 중 하나이다. 하수도 관리 사업군은 크게 7개의 세부사업으로 구성되어 있다. 하수처리장설치, 하수처리수재이용, 면단위 하수처리장 설치, 하수관로정비, 하수관로정비 BTL, 스마트하수도 관리체계 등 6개의 환경부 세부사업과 우수저류시설 설치 등 1개의 행정안전부 세부사업으로 사업군의 예산 규모는 2조 2,000억원 수준에 이른다.

한편, 우리나라의 하수도 보급률은 2021년 기준 94.8%로 상당히 높은 수준이며, 상수도 보급률(2021년 기준 99.4%)과도 크게 차이나지 않는다. 그렇지만 중앙정부의 재정지원 규모는 매년 증가하고 있다. 하수도 관련 예산규모는 2020년 1조 5,593억원 수준에서 2023년에는 2조 1,512억원으로 확대되었다. 특히, 보급률에서 크게 차이나지 않는 상수도와 비교하여 하수도 사업은 중앙정부에 대한 의존도가 2배 이상 높다. 2021년 지방자치단체의 상수도 세입에서 국고보조의 비중은 9.5%(0.8조원) 수준이지만 하수도에서의 국고보조 비중은 19.5%(1.8조원)에 이르고 있다.<sup>2)</sup> 또한 요금 현실화율도 하수도는 상수도에 비해 현저히 낮은 수준에 머물러 있다. 2021년 기준 상수도의 요금 현실화율은 72.9%지만 하수도의 요금 현실화율은 45.3%에 불과하다. 이러한 일련의 기록들은 하수도에 대한 재정지원이 상수도에 비해 비효율적일 수 있음을 암시한다고 볼 수 있다. 이에 따라 본 심층평가에서는 하수도 관리 사업군 재정사업에 대하여 보다 면밀하게 살펴봄으로써 해당 사업군의 재정사업에서 개선할 부분이 없는지 평가하고자 한다.

---

2) 본 문단의 예산 관련 수치들은 기획재정부의 내부자료를 인용하였다.

---

## II. 하수도 관리 사업군에 대한 지원정책의 법적·제도적 근거

---

### 1. 하수처리장설치

하수처리장설치 사업은 ① 하수처리장 확충 사업과 ② 농어촌마을하수도 정비사업으로 구성되며, 환경개선특별회계를 통해 지원하고 있다. 1992년 지방양여금제도의 도입 이후 지방자치단체의 하수도사업에 대한 국가의 지원은 주로 지방양여금을 통해 이루어졌다. 그런데 1990년대 잇따른 수질오염사고로 하수도시설의 확충이 시급해지면서 지방양여금만으로는 재원이 부족해지자 정부는 환경개선특별회계를 통해 지방자치단체의 하수도사업에 대한 국고지원을 확대하였다. 2005년 지방양여금관리특별회계가 폐지되면서 하수처리장설치 사업에 대한 지원은 환경개선특별회계로 전환되었다. 농어촌마을하수도 정비사업은 2005년 이후 농어촌특별세관리특별회계 보조사업으로 전환되어 추진되었는데, 농어촌지역개발 관련 부처 간 업무조정에서 2007년부터 행정자치부에서 환경부로 이관되었으며, 이관 당시 농어촌특별세관리특별회계에서 환경개선특별회계로 전환되었다.

하수처리장설치 사업에 대한 법적 근거는 <표 II-1>에 제시되어 있다. 「하수도법」 제3조에 따라 ① 국가는 하수도의 설치·관리 및 관련 기술개발 등에 관한 기본정책을 수립하고, 지방자치단체가 제2항의 규정에 따른 책무를 성실하게 수행할 수 있도록 필요한 기술적·재정적 지원을 할 책무를 지며, ② 지방자치단체의 장은 공공하수도의 설치·관리를 통하여 관할구역 안에서 발생하는 하수 및 분뇨를 적정하게 처리하고 하수의 범람으로 인한 침수 피해를 예방할 책무를 진다. 「하수도법」 제32조에서 국가는 개인하수도의 보급확대 등을 위하여 개인하수처리시설 설치에 필요한 재정적 지원을 할 수 있도록 하고 있다. 「하수도법」 제63조에서 국가는 공공하수도의 설치·개축 또는 재해복구에 관한 공사비용의 전부 또는 일부를 예산의 범위 안에서 지방자치단체에 보조할 수 있도록 하고 있다.

〈표 II-1〉 하수처리장설치사업 관련 법령상 근거 및 조항

법조항	내용
「하수도법」 제3조 (국가 및 지방자치 단체의 책무)	① 국가는 하수도의 설치·관리 및 관련 기술개발 등에 관한 기본정책을 수립하고, 지방자치단체가 제2항의 규정에 따른 책무를 성실하게 수행할 수 있도록 필요한 기술적·재정적 지원을 할 책무를 진다. ② 지방자치단체의 장은 공공하수도의 설치·관리를 통하여 관할구역 안에서 발생하는 하수 및 분뇨를 적정하게 처리하고 하수의 범람으로 인한 침수 피해를 예방할 책무를 진다.
「하수도법」 제32조 (개인하수도의 설 치지원 등)	국가는 개인하수도의 보급확대 등을 위하여 개인하수처리시설 설치에 필요한 재정적 지원을 할 수 있다.
「하수도법」 제63조 (국고보조)	국가는 공공하수도의 설치·개축 또는 재해복구에 관한 공사비용의 전부 또는 일부를 예산의 범위 안에서 지방자치단체에 보조할 수 있다

자료: 국가법령정보센터

하수도사업에 대한 국고보조율은 〈표 II-2〉에 제시하는 바와 같이 사업 유형별로 「보조금 관리에 관한 법률 시행령」에 따라 규정된다. 사업에 따라 약간의 차이는 있으나 2023년 이후 광역시에 대해서는 사업비의 30%를 국고에서 보조하고 있으며 도청소재지, 특별자치시·도, 일반 시·군에 대해서는 사업비의 60%를 국고에서 보조하고 있다. 개인하수처리시설설치 사업과 분뇨처리시설확충 사업에 대해서는 광역·기초 여부와 상관 없이 사업비의 50%를 국고에서 보조한다. 국고보조액은 총사업비에서 원인가부담금을 제외한 금액에 국고보조율을 적용하여 산출한다.

〈표 II-2〉 하수도사업의 국고보조율

(단위: %)

사업명	~2008	2009~2016	2017~2022	2023~	비고
1) 하수관로정비사업					
◦ 특별시	10	(기준삭제)	(기준삭제)	-	
◦ 광역시	30(10)	30(10)	30(20)	30	2014년부터 특별자치시·도 지원 2016년까지 ( )는 보수 2017년부터 ( )는 교체/보수
◦ 도청소재지, 특별자치시·도	50(20)	50(20)	50(30)	60	
◦ 일반 시·군	70(30)	70(30)	70(50)		
2) 도시침수대응사업					
◦ 광역시	30(10)	30(10)	30(20)	30	( )는 보수
◦ 도청 소재지	50(20)	50(20)	50(30)	60	
◦ 일반 시·군	70(30)	70(30)	70(50)		

〈표 II-2〉의 계속

(단위: %)

사업명	~2008	2009~2016	2017~2022	2023~	비고
3) 농어촌마을하수도 정비	70	70(30)	70(30)	60	( )는 개량
4) 하수처리장설치사업					
〈하수처리장 확충〉					
◦ 광역시	10	10(50)	10(50)	30	( )는 총인처리시설, 간이공공하수처리시설
◦ 일반 시·군(읍 이상)	53	50	50	60	
◦ 일반 시·군(면 이하)	70	70	70		
◦ 주한미군공여구역, 방폐장주변지역		80	80	80	2011년부터 지원
〈개인하수처리시설설치〉	50	50(25)	50(25)	50(25)	( )는 자부담
〈분뇨처리시설확충〉					
◦ 광역시	60	50	50	50	
◦ 일반 시·군	80	50(70)	50	50	( )는 2011년까지 지원율
5) 하수찌꺼기처리시설, 하수처리수 재이용(빗물이용포함)					
◦ 광역시	30	30(60)	30(60)	30(60)	( )는 하수처리수 재이용 민투사업 정부부담 분 중 국고지원율
◦ 도청 소재지	50	50(80)	50(80)	60(80)	
◦ 일반 시·군	70	70(90)	70(90)	60(90)	
6) 면단위하수처리장	70	70	70(30)	60	( )는 개량
7) 스마트하수도 관리체계 구축·운영					
◦ 스마트하수처리장	-	-	50	50	13개소
◦ 스마트하수관로	-	-	70	70	10개소
◦ 하수도 자산관리체계 구축	-	-	70	70	10개소
8) 우수저류시설 설치사업					
◦ 특별시, 광역시, 도, 특별자치시·도, 일반 시·군	-	2009~13년 60% 2014~16년 50%	50	50	

주: 개량은 하수처리용량이나 하수처리구역의 변경없이 시설 노후화로 인한 하수도 기능저하를 예방하기 위한 사업  
 자료: 환경부(2023a), 행정안전부 내부자료

## 2. 하수처리수재이용

하수처리수 재이용사업은 2008년까지 하수처리장 확충 예산 내 기타하수처리장에 포함 되어 있었으나, 2009년부터 별도 세부사업으로 편성하고 있다. 〈표 II-3〉에서 제시하는

바와 같이 하수처리수 재이용사업의 법적 근거는 「하수도법」 제5조(하수도정비기본계획의 수립권자 등), 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제3조(국가 및 지방자치단체 등의 책무)와 제23조(재정지원 등)이다. 「하수도법」 제5조에 따르면 특별시장·광역시장·시장 또는 군수는 하수도의 정비에 관한 20년 단위의 기본계획을 수립하여야 하며, 하수도정비기본계획에는 공공하수처리시설에서 처리된 물의 재이용 계획 및 재이용 시설의 설치에 관한 사항이 포함되어야 한다. 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제3조는 국가는 물의 재이용을 촉진하기 위한 계획을 수립하고 합리적인 시책을 마련하며, 지방자치단체 및 물 재이용시설을 설치·운영하는 자에게 필요한 기술 및 재정 지원을 하기 위하여 노력하여야 한다고 규정하고 있다. 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제23조에 따라 ① 국가 및 지방자치단체는 빗물이용시설, 중수도, 하·폐수처리수 재이용시설을 설치하는 자에게 설치에 필요한 비용의 일부를 보조하거나 융자할 수 있으며, ② 지방자치단체는 빗물이용시설 또는 중수도를 설치한 시설물의 소유자 또는 관리자나 하·폐수처리수 재처리수를 공급받는 자에 대하여 조례로 정하는 바에 따라 수도요금 또는 하수도사용료를 경감할 수 있다. 한편 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제26조 제2항에 따르면 동 법에 따른 환경부장관의 업무는 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 일부를 관계 전문기관에 위탁할 수 있도록 규정하고 있다.

〈표 II-3〉 하수처리수 재이용사업 관련 법령상 근거 및 조항

법조항	내용
「하수도법」 제5조 (하수도정비기본계획 의 수립권자 등)	① 특별시장·광역시장·특별자치시장·특별자치도지사·시장 또는 군수(광역시의 군수는 제외한다)는 사람의 건강을 보호하는 데 필요한 공중위생 및 생활환경의 개선과 「환경정책기본법」에서 정한 수질환경기준을 유지하고, 관할 구역의 침수를 예방하기 위하여 종합계획 및 유역하수도정비계획을 바탕으로 관할구역 안의 유역별로 하수도의 정비에 관한 20년 단위의 기본계획(이하 “하수도정비기본계획”이라 한다)을 수립하여야 한다. ③ 하수도정비기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. 8의2. 하수처리수의 재이용에 관한 사항
「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제3조 (국가 및 지방자치단체 등의 책무)	① 국가는 물의 재이용을 촉진하기 위한 계획을 수립하고 합리적인 시책을 마련하며, 지방자치단체 및 물 재이용시설을 설치·운영하는 자에게 필요한 기술 및 재정 지원을 하기 위하여 노력하여야 한다. ② 지방자치단체는 관할 지역에서 물의 재이용을 촉진하기 위한 시책을 수립·시행하고, 관련 시설의 설치·관리 등을 위하여 노력하여야 한다. ③ 국민은 국가와 지방자치단체가 추진하는 물의 재이용과 관련된 시책에 협력하여야 한다.

〈표 II-3〉의 계속

법조항	내용
「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제23조 (재정지원 등)	① 국가 및 지방자치단체는 빗물이용시설, 중수도, 하·폐수처리수 재이용시설을 설치하는 자에게 설치에 필요한 비용의 일부를 보조하거나 융자할 수 있다. ② 지방자치단체는 빗물이용시설 또는 중수도를 설치한 시설물의 소유자 또는 관리자나 하·폐수처리수 재처리수를 공급받는 자에 대하여 조례로 정하는 바에 따라 수도요금 또는 하수도사용료를 경감할 수 있다.
「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제26조 (권한의 위임·위탁)	① 이 법에 따른 환경부장관의 권한은 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 일부를 시·도지사 또는 지방환경관서의 장에게 위임할 수 있다. ② 이 법에 따른 환경부장관의 업무는 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 일부를 관계 전문기관에 위탁할 수 있다.
「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행령」 제12조 (공공하수도관리청의 하·폐수처리수 재처리수 공급대상 시설 등)	법 제10조제1항에 따라 하·폐수처리수 재처리수(하수처리수를 처리한 것만 해당한다. 이하 이 조에서 같다)를 재이용하거나 공급하여야 하는 대상 시설은 1일 하수처리 용량이 5천세제곱미터 이상인 처리시설을 말하며, 하·폐수처리수 재처리수로 재이용하거나 공급하여야 하는 하수처리수의 양은 1일 처리량의 100분의 10 이상으로 한다.

자료: 국가법령정보센터

하수처리수 재이용사업의 대상 공공하수처리시설은 〈표 II-4〉와 같다. 「하수도법」 부칙(제8014호, 2006. 9. 27.) 제3조 제1항에 따라 공공하수처리시설 처리수의 재이용에 관한 적용은 2008년 9월 29일 이후 최초로 공공하수처리시설의 설치를 위한 고시·인가 또는 허가를 하는 시설에 해당한다. 구체적으로, 2008년 9월 29일부터 2011년 6월 8일까지 하·폐수처리수를 재이용수로 이용하거나 공급하여야 하는 대상 공공하수처리시설은 1일 하수처리용량이 5,000m<sup>3</sup> 이상인 공공하수처리시설의 신·증설에 해당하며, 해당 공공하수처리시설이 재이용수로 이용하거나 공급하여야 하는 양은 1일 하수처리량의 5% 이상으로 규정하였다. 한편 2010년 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」을 제정 및 공포하면서 공공하수처리시설 재이용률을 5%에서 10%로 확대하였다. 이에 따라 2011년 6월 9일 이후부터는 해당 공공하수처리시설이 재이용수로 이용하거나 공급하여야 하는 양을 1일 하수처리량의 10% 이상으로 확대하여 적용하고 있다.

〈표 II-4〉 하수처리장 설치 인가 시기별 법적 의무 대상

구분	2008. 9. 29.~2011. 6. 8.	2011. 6. 9. 이후
관련법	「하수도법」	「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」
법적 의무 대상	신설·증설 해당	신설·증설 해당 (총인(개량) 제외)
대상용량	5,000㎥/일 이상	5,000㎥/일 이상
재이용량	1일 하수처리수 양의 5% 이상	1일 하수처리수 양의 10% 이상

자료: 환경부 내부자료

한편 하수처리수 재이용사업은 크게 세 가지 추진방식이 있다. 첫 번째는 공공부문에 의한 재이용사업이다. 하수처리수 재이용사업은 막대한 초기투자비가 소요되므로 공공부문의 운영경험과 재정을 바탕으로 대규모 택지개발 등 개발사업과 병행 추진이 효과적이다. 일반적으로 하천유지용수, 농업용수 등 공공성을 띤 재이용사업의 경우 지역주민 서비스 차원에서 공공부문에서 추진함이 바람직하다고 평가된다. 두 번째는 민간부문에 의한 재이용사업이다. 공업용수 등 수익성 있는 하수처리수 재이용사업에 민간의 참여를 유도하여 민간의 자본과 기술을 활용하는 방법으로, 사회기반시설 민간투자 대상사업에 포함하여 BOT(Build-Operate-Transfer) 또는 BTO(Build-Transfer-Operate) 등의 방식으로 참여하게 된다. 세 번째는 민관합동법인에 의한 재이용사업이다. 공업용수 등 수익성 있는 사업과 수익성은 낮으나 공공성이 큰 재이용사업을 함께 추진하고자 하는 경우 민관합동법인에 의한 재이용사업이 바람직한 대안이 될 수 있다.

〈표 II-2〉를 보면 광역시 소재의 하수처리수 재이용사업에 대해서는 사업비의 30%를 국고에서 보조하고 있으며 도청소재지, 특별자치시·도, 일반 시·군 소재의 하수처리수 재이용사업에 대해서는 사업비의 60%를 국고에서 보조하고 있다. 한편 하수처리수 재이용사업이 민간투자가 포함되는 방식으로 추진되는 경우 정부부담분에 대한 국고지원율은 확대되어, 광역시는 정부부담분의 60%, 도청소재지는 80%, 일반 시·군은 90%를 국고에서 보조하고 있다.

### 3. 스마트하수도 관리체계 구축·운영

스마트하수도 관리체계 구축·운영사업은 「하수도법」과 「지속가능한 기반시설 관리 기본법」에 근거하여 시행되고 있다. 아래와 같이 「하수도법」 제3조에 의해 국가 및 지방자치단체

는 하수도의 설치·관리 및 관련 기술개발 등에 지원할 책무를 가지며, 제63조에 의해 공공 하수도의 설치·개축 또는 재해복구에 관한 비용을 지방자치단체에 국고보조를 할 수 있다. 또한 「지속가능한 기반시설 관리 기본법」에 의해 국가 및 지방자치단체는 기반시설의 하나인 하수도 시설에 대한 관리 책임과 함께 하수도 시설의 유지관리와 성능개선에 필요한 기술개발을 촉진하는 책임이 있다.

〈표 II-5〉 스마트하수도 관리체계 구축·운영 관련 법령상 근거 및 조항

법조항	내용
「하수도법」 제3조 (국가 및 지방자치단체의 의무)	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 국가는 하수도의 설치·관리 및 관련 기술개발 등에 관한 기본정책을 수립하고, 지방자치단체가 제2항의 규정에 따른 책무를 성실하게 수행할 수 있도록 필요한 기술적·재정적 지원을 할 책무를 진다.</li> <li>② 지방자치단체의 장은 공공하수도의 설치·관리를 통하여 관할구역 안에서 발생하는 하수 및 분뇨를 적정하게 처리하고 하수의 범람으로 인한 침수 피해를 예방할 책무를 진다.</li> </ul>
「하수도법」 제63조 (국고보조)	국가는 공공하수도의 설치·개축 또는 재해복구에 관한 공사비용의 전부 또는 일부를 예산의 범위 안에서 지방자치단체에 보조할 수 있다
「하수도법」 제68조의3 (유역하수도지원센터의 설립·운영)	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 환경부장관은 공공하수도관리청의 하수도관리업무 및 관련 기술·정책 등을 지원하기 위하여 유역하수도지원센터(이하 “지원센터”라 한다)를 설립·운영할 수 있다.</li> <li>② 환경부장관은 지원센터의 운영에 필요하다고 인정하는 경우에는 공공하수도관리청에 관련 자료의 제출을 요구할 수 있다.</li> <li>③ 제1항 및 제2항에 따른 지원센터의 설립·운영 및 자료제출 요구 등에 필요한 사항은 환경부장관이 정하여 고시한다.</li> </ul>
「지속가능한 기반시설 관리 기본법」 제1조 (목적)	이 법은 기반시설의 체계적인 유지관리와 성능개선을 통하여 국민이 보다 안전하고 편리하게 기반시설을 활용할 수 있도록 하고, 나아가 국가경제 발전에 기여함을 목적으로 한다.
「지속가능한 기반시설 관리 기본법」 제3조 (기본원칙)	<p>관리주체는 다음 각 호의 기본원칙에 따라 기반시설을 관리하여야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 관리주체는 기반시설의 안전성, 사용성, 내구성 등을 종합적으로 고려하여 선제적으로 관리함으로써 노후화에 따른 생애주기비용을 최소화한다.</li> <li>2. 국가 및 지방자치단체는 유지관리와 성능개선에 필요한 기술개발을 촉진하고 관련 산업을 진흥하여 새로운 일자리를 창출한다.</li> </ul>

자료: 국가법령정보센터

#### 4. 하수관로정비BTL

하수관로정비BTL은 환경개선특별회계에서 지원되는 사업으로 법령상 근거 및 조항은 크게 「하수도법」과 「보조금 관리에 관한 법률」, 「사회기반시설에 대한 민간투자법」에서 찾을 수 있다.

〈표 II-6〉 하수관로정비BTL 관련 법령상 근거 및 조항

법조항	내용
「하수도법」 제3조 (국가 및 지방자치단체의 의무)	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 국가는 하수도의 설치·관리 및 관련 기술개발 등에 관한 기본정책을 수립하고, 지방자치단체가 제2항의 규정에 따른 책무를 성실하게 수행할 수 있도록 필요한 기술적·재정적 지원을 할 책무를 진다.</li> <li>② 지방자치단체의 장은 공공하수도의 설치·관리를 통하여 관할구역 안에서 발생하는 하수 및 분뇨를 적정하게 처리하고 하수의 범람으로 인한 침수 피해를 예방할 책무를 진다.</li> </ol>
「하수도법」 제63조 (국고보조)	국가는 공공하수도의 설치·개축 또는 재해복구에 관한 공사비용의 전부 또는 일부를 예산의 범위 안에서 지방자치단체에 보조할 수 있다.
「보조금 관리에 관한 법률」 제9조 (보조금의 대상사업 및 기준보조율 등)	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 보조금이 지급되는 대상 사업, 경비의 종류, 국고 보조율 및 금액은 매년 예산으로 정한다. 다만, 지방자치단체에 대한 보조금의 경우 다음 각 호에 해당하는 사항은 대통령령으로 정한다. <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 보조금이 지급되는 대상 사업의 범위</li> <li>2. 보조금의 예산 계상 신청 및 예산 편성 시 보조사업별로 적용하는 기준이 되는 국고 보조율 (이하 “기준보조율”이라 한다)</li> </ol> </li> <li>② 국가는 지방자치단체가 수행하는 국고보조사업의 기준보조율을 변경하여 보조금 예산을 편성할 경우에는 사전에 지방자치단체에 통보하여야 한다.</li> </ol>
「사회기반시설에 대한 민간투자법」 제2조 (정의)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. “사회기반시설”이란 각종 생산활동의 기반이 되는 시설, 해당 시설의 효용을 증진시키거나 이용자의 편익을 도모하는 시설 및 국민생활의 편익을 증진시키는 시설로서, 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 시설을 말한다. <ol style="list-style-type: none"> <li>가. 도로, 철도, 항만, 하수도, 하수·분뇨·폐기물처리시설, 재이용시설 등 경제활동의 기반이 되는 시설</li> </ol> </li> </ol>
「사회기반시설에 대한 민간투자법」 제4조 (민간투자사업의 추진방식)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 민간투자사업은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 방식으로 추진하여야 한다.</li> <li>2. 사회기반시설의 준공과 동시에 해당 시설의 소유권이 국가 또는 지방자치단체에 귀속되며, 사업시행자에게 일정기간의 시설관리운영권을 인정하되, 그 시설을 국가 또는 지방자치단체 등이 협약에서 정한 기간 동안 임차하여 사용·수익하는 방식</li> </ol>

자료: 국가법령정보센터

## 5. 하수관로정비

하수관로정비는 국가균형발전특별회계(지역지원계정)에서 지원하는 사업으로 법령상 근거 및 조항은 다음과 같다.

〈표 II-7〉 하수관로정비 관련 법령상 근거 및 조항

법조항	내용
「하수도법」 제3조 (국가 및 지방자치단체의 의무)	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 국가는 하수도의 설치·관리 및 관련 기술개발 등에 관한 기본정책을 수립하고, 지방자치단체가 제2항의 규정에 따른 책무를 성실하게 수행할 수 있도록 필요한 기술적·재정적 지원을 할 책무를 진다.</li> <li>② 지방자치단체의 장은 공공하수도의 설치·관리를 통하여 관할구역 안에서 발생하는 하수 및 분뇨를 적정하게 처리하고 하수의 범람으로 인한 침수 피해를 예방할 책무를 진다.</li> </ol>

〈표 II-7〉의 계속

법조항	내용
「하수도법」 제4조의 3 (하수도 중점관리지역의 지정 등)	환경부장관은 하수의 범람으로 인하여 침수 피해가 발생하거나 발생할 우려가 있는 지역, 공공수역의 수질을 악화시킬 우려가 있는 지역에 대하여 관할 시·도지사와의 협의하여 하수도정비중점관리지역으로 지정할 수 있다
「하수도법」 제63조 (국고보조)	국가는 공공하수도의 설치·개축 또는 재해복구에 관한 공사비용의 전부 또는 일부를 예산의 범위 안에서 지방자치단체에 보조할 수 있다
「보조금 관리에 관한 법률」 제9조 (보조금의 대상사업 및 기준보조율 등)	① 보조금이 지급되는 대상 사업, 경비의 종류, 국고 보조율 및 금액은 매년 예산으로 정한다. 다만, 지방자치단체에 대한 보조금의 경우 다음 각 호에 해당하는 사항은 대통령령으로 정한다. 〈개정 2016. 1. 28.〉 1. 보조금이 지급되는 대상 사업의 범위 2. 보조금의 예산 계상 신청 및 예산 편성 시 보조사업별로 적용하는 기준이 되는 국고 보조율(이하 “기준보조율”이라 한다) ② 국가는 지방자치단체가 수행하는 국고보조사업의 기준보조율을 변경하여 보조금 예산을 편성할 경우에는 사전에 지방자치단체에 통보하여야 한다.

자료: 국가법령정보센터

「하수도법」 제5조(하수도정비기본계획의 수립권자 등), 제6조(하수도정비기본계획의 수립 등), 「하수도법」 제19조(공공하수도의 유지·관리 및 손괴·방해행위 금지 등) 제5항 및 제6항3)에 따라 특별시장·광역시장·시장 또는 군수(광역시의 군수 제외)는 하수도정비기본계획을 수립하게 되어 있다. 하수도정비기본계획은 공공수역의 수질보전 및 생활환경 개선을 위해 오염물질을 체계적으로 이송·처리하고 강우 시 우수배제를 통하여 도시 내수침수를 예방하는 것을 목적으로 한다. 『하수도정비기본계획 수립지침』(환경부, 2024)의 「붙임 1. 세부 항목별 기본계획 작성방법」에 따라 하수관로에 대한 계획을 수립하게 되어 있다.

## 6. 면단위하수처리시설 설치

면단위하수처리시설 설치 사업은 우루과이 라운드 협상 타결로 침체된 농어촌 지역의 분위기를 개선하기 위해 기존의 농어촌 구조개선사업과는 별도로 농어촌지역의 생활환경개선 및 수질오염 방지를 목적으로 도입되었다. 1995년부터 2004년까지는 농어촌특별세의 일부를 지방양여금으로 전입시켜 면단위하수처리장 설치사업을 추진하였으며, 2005년 지방양여금관리특별회계 폐지에 따라 농어촌특별세관리특별회계 보조사업으로 전환되었다. 이

3) 관련 시행령 제2조(하수도정비기본계획의 수립권자 등), 제3조(하수도정비기본계획의 수립 등), 제41조(권한의 위임) 시행규칙: 제2조(하수도정비기본계획의 변경승인 대상)

후 2007년 예산과목 구조개편에 따라 현재는 농어촌구조개선특별회계의 농어촌특별세사업 계정으로 전환되어 추진되고 있다. 면단위하수처리시설 설치 사업에 대한 법적 근거는 <표 II-8>에 제시되어 있다. 「하수도법」 제3조에 따라 ① 국가는 하수도의 설치·관리 및 관련 기술개발 등에 관한 기본정책을 수립하고, 지방자치단체가 제2항의 규정에 따른 책무를 성실하게 수행할 수 있도록 필요한 기술적·재정적 지원을 할 책무를 지며, ② 지방자치단체의 장은 공공하수도의 설치·관리를 통하여 관할구역 안에서 발생하는 하수 및 분뇨를 적정하게 처리하고 하수의 범람으로 인한 침수 피해를 예방할 책무를 진다. 「하수도법」 제32조에서 국가는 개인하수도의 보급확대 등을 위하여 개인하수처리시설 설치에 필요한 재정적 지원을 할 수 있도록 하고 있다. 「하수도법」 제63조에서 국가는 공공하수도의 설치·개축 또는 재해복구에 관한 공사비용의 전부 또는 일부를 예산의 범위 안에서 지방자치단체에 보조할 수 있도록 하고 있다. 한편, 면단위하수처리시설 설치 사업은 하수도정비기본계획에 반영된 행정구역 단위상 면(面)지역을 하수처리구역으로 하는 공공하수처리시설을 대상으로 하며, 광역·기초 여부와 상관 없이 사업비의 60%를 국고에서 보조하고 있다.

<표 II-8> 면단위하수처리시설설치 사업 관련 법령상 근거 및 조항

법조항	내용
「하수도법」 제3조 (국가 및 지방자치 단체의 책무)	① 국가는 하수도의 설치·관리 및 관련 기술개발 등에 관한 기본정책을 수립하고, 지방자치단체가 제2항의 규정에 따른 책무를 성실하게 수행할 수 있도록 필요한 기술적·재정적 지원을 할 책무를 진다. ② 지방자치단체의 장은 공공하수도의 설치·관리를 통하여 관할구역 안에서 발생하는 하수 및 분뇨를 적정하게 처리하고 하수의 범람으로 인한 침수 피해를 예방할 책무를 진다.
「하수도법」 제32조 (개인하수도의 설치 지원 등)	국가는 개인하수도의 보급확대 등을 위하여 개인하수처리시설 설치에 필요한 재정적 지원을 할 수 있다.
「하수도법」 제63조 (국고보조)	국가는 공공하수도의 설치·개축 또는 재해복구에 관한 공사비용의 전부 또는 일부를 예산의 범위 안에서 지방자치단체에 보조할 수 있다

자료: 국가법령정보센터

## 7. 우수저류시설설치

우수저류시설 설치사업의 법적 시행 근거는 「자연재해대책법」이다. 「자연재해대책법」에서는 우수유출저감시설을 정의하고 재난관리책임기관에서 자연재해 예방을 위해 우수유출저감시설의 설치 기준을 제정하고 운영하도록 명시하고 있다. 재난관리책임기관은 「재난

및 안전관리 기본법」 제3조 제5호에 따라 중앙행정기관 및 지방자치단체가 포함된다. 또한 개발사업 등을 시행하거나 공공시설을 관리하는 자는 우수유출저감대책을 수립하고 우수유출저감시설을 설치해야 하는 책임이 있음도 밝히고 있다. 그리고 국가는 우수유출저감시설 사업에 대하여 필요하면 그 비용의 전부 또는 일부를 국고에서 부담하거나 보조할 수 있도록 하였다.

〈표 II-9〉 우수저류시설설치 사업 관련 법령상 근거 및 조항

법조항	내용
「자연재해대책법」 제2조 (정의)	이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. ... 7. “우수유출저감시설”이란 우수(雨水)의 직접적인 유출을 억제하기 위하여 인위적으로 우수를 지하로 스며들게 하거나 지하에 가두어 두는 시설과 가두어 둔 우수를 원활하게 흐르도록 하는 시설을 말한다.
「자연재해대책법」 제3조 (책무)	② 기본법 제3조제5호에 따른 재난관리책임기관(이하 “재난관리책임기관”이라 한다)의 장은 자연재해 예방을 위하여 다음 각 호의 소관 업무에 해당하는 조치를 하여야 한다. ... 2. 풍수해 예방 및 대비 ... 다. 우수유출저감시설 설치 기준 제정·운영
「자연재해대책법」 제19조의2	특별시장·광역시장·특별자치시장·특별자치도지사 및 시장·군수는 제19조의 우수유출저감대책에 따라 매년 다음 연도의 우수유출저감시설 사업계획을 수립하여야 한다.
「자연재해대책법」 제19조의6 (개발사업 시행자 등의 우수유출저감시설 설치)	① 개발사업등을 시행하거나 공공시설을 관리하는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 우수유출저감대책을 수립하고 우수유출저감시설을 설치하여야 한다.
「자연재해대책법」 제70조 (국고보조 등)	국가는 자연재해위험개선지구 정비, 우수유출저감시설사업 등의 자연재해 예방대책, 자연재해 응급대책 또는 자연재해 복구사업을 원활하게 추진하기 위하여 필요하면 그 비용(제68조에 따른 손실보상금을 포함한다)의 전부 또는 일부를 국고에서 부담하거나 지방자치단체 또는 재난관리책임기관에 보조할 수 있다.
「보조금 관리에 관한 법률 시행령」 별표 1	보조금 지급 대상 사업의 범위와 기준보조율 114번 빗물저장시설 설치 기준보조율: 50%

자료: 국가법령정보센터

참고로, 「하수도법」 제2조 제10호에서는 하수저류시설을 정의하면서 「자연재해대책법」 제2조 제6호에 따른 우수유출저감시설은 제외하는 것으로 명시하고 있어 행정안전부에서 관리하는 우수유출저감시설(우수저류시설)과 환경부에서 관리하는 하수저류시설은 명백히 구분되는 시설임을 밝히고 있다.

### Ⅲ 하수도 관리 사업군 개요 및 평가 필요성

#### 1. 총론

〈표 Ⅲ-1〉은 2022년과 2023년 예산 개요를 제시한다. 2023년 환경부 예산은 11조 5,918억원이며, 이 중 물관리 예산이 4조 9,509억원으로 환경부 예산 전체의 42.7%를 차지한다. 물관리 분야는 상수도·지하수, 수질·하수도, 댐·하천·물산업으로 구성되는데, 이 중 수질·하수도가 2조 6,990억원으로 물관리 예산의 54.5%, 환경부 예산 전체의 23.2%를 차지한다. 물관리에 이어 기후·탄소 예산이 4조 5,264억원으로 환경부 예산 전체의 39.1%를 차지하며, 자연환경 9,555억원(8.2%), 자원순환 3,257억원(2.8%), 환경보건·화학 3,472억원(3.0%), 환경일반 4,861억원(4.2%)으로 구성된다. 2023년 환경부의 총지출은 예산 11조 5,918억원에 기금(기후대응기금, 수계관리기금, 석면피해구제기금) 1조 8,817억원을 합쳐 13조 4,735억원이다.

〈표 Ⅲ-1〉 환경부 예산 개요

(단위: 억원)

분야	2022	2023	
	본 예산	본예산	%
합계	115,700	115,918	100.0
물관리	49,564	49,509	42.7
- 상수도·지하수	14,603	10,098	-
- 수질·하수도	23,191	26,990	-
- 댐·하천·물산업	11,770	12,421	-
기후·탄소	46,331	45,264	39.1
- 기후	2,056	2,240	-
- 대기	38,780	37,833	-
- 환경경제	5,495	5,191	-
자연환경	8,616	9,555	8.2
자원순환	3,027	3,257	2.8
환경보건·화학	3,380	3,472	3.0
환경일반	4,782	4,861	4.2

주: 기금 사업 1조 8,817억원(2023년 기준)은 별도임  
 자료: 환경부(2023b)

〈표 III-2〉를 보면 하수도 사업은 하수관로정비 사업과 하수처리장 설치 사업이 가장 큰 비중을 차지하여 두 축을 이루고 있으며, 그 외 하수처리수 재이용사업, 스마트하수도 관리체계 구축·운영, 하수관로정비BTL 임대료지급, 면단위하수처리시설 설치, 우수저류시설 설치 사업 등으로 구성된다.

〈표 III-2〉 하수도 관리 사업군 예산 현황

(단위: 백만원)

담당부처	세부사업명	예산			
		2021 (추경)	2022 (본예산)	2023 (본예산)	
환경부	하수처리장 설치	449,448	496,418	771,603	
	- 하수처리장 확충	211,458	220,810	358,281	
	- 농어촌마을하수도 정비	237,990	275,608	413,332	
	하수처리수 재이용사업	34,461	29,449	49,735	
	- 처리수재이용	34,461	29,449	49,735	
	스마트하수도 관리체계 구축운영	20,400	38,361	53,823	
	- 스마트 하수처리장	12,000	14,755		
	- 스마트 하수관로	8,400	20,000	41,670	
	- 하수도 자산관리		3,606	8,103	
	- 스마트 통합 하수관제시스템			4,050	
	하수관로정비BTL 임대료지급	337,491	335,722	336,493	
	- 하수관로정비BTL 임대료지급	337,491	335,722	336,493	
	하수관로정비	882,078	862,681	953,051	
	- 도시침수 대응	88,123	96,397	154,078	
	- 하수관로 정비	715,507	748,773	783,948	
	- 노후하수관로 정밀조사 지원	18,448	17,511	9,590	
	- 대심도하수저류시설			5,435	
	하수관로정비(세종)	4,903	3,887	3,887	
	- 하수관로정비(세종)	4,903	3,887	3,887	
	하수도시설설치(제주)		400	1,040	
	- 하수도시설설치(제주)		400	1,040	
	농어촌구조개선 특별회계	면단위하수처리시설설치	39,588	38,155	36,152
	- 면단위하수처리시설 설치	39,588	38,155	36,152	
행안부	일반회계	우수저류시설설치	69,543	69,543	78,497

자료: 환경부(2023c)

## 2. 하수처리장설치

### 가. 하수처리장 확충

하수처리장 확충 사업은 공중위생 향상과 4대강 등 주요 하천 및 상수원의 수질개선을 위해 생활하수를 적정하게 처리하는 것을 목적으로 한다. <표 III-2>를 보면 하수처리장 확충 사업의 예산은 2021년 211,458백만원에서 2022년 220,810백만원으로 약 4.4% 증가 하였으나, 2023년에는 358,281백만원으로 2022년 대비 62.2% 증가하였다.

<표 III-3> 하수처리장 설치 사업의 내역사업 개요

내역사업명	지원대상	지원내용
Ⅰ 하수처리장 확충	• 지방자치단체	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (하수처리시설 신·증설) 시설용량이 500㎡/일 이상인 공공하수처리시설로서 시설용량을 초과하여 하수가 유입 또는 초과할 우려가 있는 처리시설의 신설 또는 증설 사업</li> <li>■ (하수처리시설 고도화) 방류수수질기준 강화, 고농도 하수유입, 큰 유량변동, 악취발생, 처리장 노후화 등으로 보완이 필요한 시설의 개선사업               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 처리시설의 정상적인 운영으로 강화된 방류수수질기준의 안정적인 준수가 어려운 시설의 개량사업</li> <li>- 하수관로 정비 등으로 설계 유입수질을 초과하는 고농도 하수가 유입되어 기존 처리시설로 안정적인 처리가 어려운 시설의 개량사업</li> <li>- 유입하수량의 일간 변동폭이 커서 후속 수처리공정에 영향을 미쳐 안정적인 처리가 어려운 시설의 개량사업</li> <li>- 집중강우 시 하천변에 위치한 기존 하수처리시설의 침수예방을 위하여 옹벽, 역류방지수문, 빗물 방류시설 등의 시설을 보강하는 사업</li> <li>- 기술진단 결과 기계설비 및 용량 부족 등으로 시설개량이 필요한 사업 또는 반복적 수질기준 초과한 사업</li> <li>- 전문기관의 악취기술진단 결과보고서의 개선방안에 제시된 악취저감을 위한 시설설치·개량사업</li> <li>- 처리장 노후화 등에 따른 성능 및 안전저하 문제로 개선이 필요한 시설</li> </ul> </li> <li>■ (분뇨처리시설) 발생량 증가로 인한 신·증설사업, 노후 시설 개선사업, 연계처리로 전환하기 위한 시설 개선사업 등</li> <li>■ (하수찌꺼기 처리시설 및 에너지화 시설 등) 하수처리과정에서 발생하는 하수찌꺼기를 처리 또는 재활용할 수 있는 시설을 설치하는 사업, 하수찌꺼기를 활용하여 바이오가스를 생산·이용할 수 있는 시설을 설치하는 사업, 소수력 발전시설, 하수열 이용시설 등 에너지 생산시설과 초미세기포 산기장치, 저에너지·고효율 설비 등 에너지 절감시설 설치사업 등</li> </ul>

〈표 Ⅲ-3〉의 계속

내역사업명	지원대상	지원내용
① 하수처리장 확충	• 지방자치단체	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (간이공공하수처리시설) 합류식 하수관로 설치지역의 강우 시 월류수를 처리하기 위한 사업</li> <li>■ (개인하수처리시설) 1995년까지 팔당, 대청호 특별대책지역의 기존 소규모 오염원 고효율정화조 교체사업, 1998년부터는 개인하수처리시설 설치 지원사업으로 추진, 2003년부터는 종교시설도 지원               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상수원보호구역, 특별대책지역, 수변구역, 관할 자치단체장이 수질보전을 위해 필요하다고 인정하는 지역 등에 설치하는 개인하수처리시설</li> </ul> </li> <li>■ 설비 노후화에 따른 단순 교체·개량은 예산신청 대상에서 제외</li> </ul>
② 농어촌마을 하수도 정비	• 지방자치단체	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 농어촌지역 내 시설용량 500㎥/일 미만인 공공하수도 신설 및 노후시설 개량               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인근 공공하수처리장과 연계, 무인자동화통합운영시스템 구축사업비 포함</li> <li>- 시설용량 500㎥/일 미만 시설과 연계되는 하수관로 정비사업 및 500㎥/일 미만 시설폐쇄 후 인근 공공하수처리시설로 연계하는 하수관로 정비사업은 하수관로 정비사업이 아닌 농어촌 마을하수도 정비사업으로 신청</li> </ul> </li> </ul>

자료: 환경부(2023), 『하수도 분야 보조금 편성 및 집행관리 실무요령』

하수처리시설 설치사업은 하수도정비기본계획을 기본으로 하여 추진된다. 각 지자체는 20년 단위의 하수도정비기본계획을 통해 목표연도까지의 하수도 정비에 관한 기본계획을 수립하며, 5년마다 타당성을 검토하여 필요한 경우 변경 절차를 거친다. 지자체가 수립한 하수도정비기본계획은 하수도정비기본계획 수립지침에 의거하여 환경부의 승인을 얻어야 한다. 하수도정비기본계획 수립 시 각 지자체는 지역의 자연적 여건, 토지이용, 인구, 환경, 산업배치 등 하수도와 관련된 여러 계획을 고려하여 하수처리구역을 지정하며, 하수처리구역 내 물 이용현황 및 오염부하량, 하수도보급률 달성 목표, 목표수질, 오염부하량 관리 목표 등을 고려하여 하수처리시설 설치 계획을 수립하게 된다.

〈표 Ⅲ-4〉 하수처리시설 설치 기준

환경부의 하수도시설 설치 기준
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 각 지자체별 하수도정비기본계획(20년 단위)을 수립하고 환경부는 하수도정비기본계획 수립지침을 기준으로 승인 → 기본계획에 따라 하수도시설 설치</li> <li>○ 각 지자체는 인구, 지하수사용량, 공장폐수량, 관광오수량, 군부대오수량 등을 고려하여 하수처리구역을 지정하고 구역 내 생활오수량(=물사용량(상수도사용량 등) × 오수전환율(예: 70%))을 산정하여 이에 맞추어 구역 내 시설 설치</li> </ul>

자료: 환경부 내부자료

국회예산정책처(2009)는 하수처리장 확충 사업이 비효율성이 높으며 적정 규모 이하의 운영 등으로 규모의 경제를 살리지 못하고 있음을 지적한 바 있다. <표 III-5>와 <표 III-6>을 보면 2021년 기준 전국 4,339개의 하수처리장이 운영되고 있는데, 이 중 704개가 시설용량 500m<sup>3</sup>/일 이상의 하수처리시설이고 3,635개가 시설용량 500m<sup>3</sup>/일 미만의 하수처리시설에 해당한다. 먼저 <표 III-5>의 시설용량 500m<sup>3</sup>/일 이상 하수처리시설의 광역시·도별 현황을 보면 17개 광역자치단체 중 7개 특별·광역시와 10개 특별자치시·도의 특징이 구분된다. 광주광역시, 대구광역시, 대전광역시, 부산광역시, 서울특별시, 울산광역시, 인천광역시 등 7개 특별·광역시의 경우 대체로 소수의 대규모 하수처리장을 운영하고 있으며, 대부분 공기업의 형태로 운영하고 있다. 반면 강원도, 경기도, 경상남도, 경상북도, 세종특별자치시, 전라남도, 전라북도, 제주특별자치도, 충청남도, 충청북도 등 10개 특별자치시·도의 경우 상대적으로 다수의 중규모 하수처리장을 운영하고 있으며, 민간대행의 비중이 높다.

이러한 차이는 <표 III-6>의 시설용량 500m<sup>3</sup>/일 미만 하수처리시설 현황에서 더욱 눈에 띈다. 7개 특별·광역시는 시설용량 500m<sup>3</sup>/일 미만의 소규모 하수처리시설의 수가 작으며, 특히 대전광역시와 서울특별시는 시설용량 500m<sup>3</sup>/일 미만의 하수처리시설을 운영하고 있지 않다. 반면 10개 특별자치시·도는 많은 수의 시설용량 500m<sup>3</sup>/일 미만의 하수처리시설을 운영하고 있으며, 대부분 민간대행의 형태이다. 또한 <표 III-5>와 <표 III-6>을 비교하면 500m<sup>3</sup>/일 이상의 하수처리시설에 비해 500m<sup>3</sup>/일 미만의 하수처리시설의 방류 BOD가 높은 것도 눈에 띈다. 이러한 특징을 볼 때 하수처리장 설치 사업의 경우 하수처리시설의 규모 및 운영방식에 따른 효율성과 수질관리의 적절성 등을 평가할 필요가 있다.

〈표 III-5〉 500m<sup>3</sup> 이상 하수처리장 현황

(단위: 개, m<sup>3</sup>/일, km<sup>2</sup>, m, ppm)

시도	시설 수	시설용량	유입 하수량	처리구역 면적	하수관로 길이	유입 BOD	방류 BOD	운영주체		
								공기업	민간 대행	지자체
강원도	66	11,192 (28,298)	9,535 (24,880)	6.85 (19.97)	127,523 (195,305)	167 (62)	2.25 (1.25)	0	56	10
경기도	173	39,427 (103,512)	31,213 (83,863)	8.55 (11.21)	183,442 (287,653)	215 (69)	2.29 (1.58)	30	140	3
경상남도	75	21,323 (65,542)	15,069 (45,505)	13.91 (32.24)	175,773 (373,829)	160 (56)	1.81 (1.35)	24	36	15

〈표 III-5〉의 계속

(단위: 개, m<sup>3</sup>/일, km<sup>2</sup>, m, ppm)

시도	시설 수	시설용량	유입 하수량	처리구역 면적	하수관로 길이	유입 BOD	방류 BOD	운영주체		
								공기업	민간 대행	지자체
경상북도	79	18,223 (47,410)	14,746 (40,075)	9.51 (17.32)	187,349 (309,274)	169 (57)	2.01 (1.58)	15	50	14
광주광역시	3	245,333 (311,521)	234,826 (306,930)	48.64 (31.16)	1,433,688 (1,038,706)	175 (76)	1.83 (0.40)	3	0	0
대구광역시	7	267,678 (265,836)	180,034 (190,699)	19.94 (22.84)	886,979 (892,447)	171 (63)	1.07 (0.86)	7	0	0
대전광역시	2	450,500 (635,689)	310,088 (437,873)	63.28 (88.97)	1,801,859 (2,526,858)	137 (39)	0.85 (0.35)	2	0	0
부산광역시	13	146,853 (162,315)	109,465 (144,280)	19.51 (20.54)	793,062 (1,033,017)	164 (50)	3.40 (2.21)	13	0	0
서울특별시	4	1245,000 (422,097)	1,050,853 (488,319)	121.62 (31.79)	2,910,816 (939,486)	136 (26)	3.6 (1.49)	2	0	2
세종특별자치시	8	20,590 (34,140)	12,737 (19,123)	5.05 (6.60)	196,435 (214,697)	225 (59)	1.28 (0.59)	0	8	0
울산광역시	8	91,750 (73,769)	80,996 (68,959)	35.59 (15.44)	583,041 (311,457)	151 (58)	1.9 (1.04)	0	6	2
인천광역시	17	66,677 (98,681)	47,878 (73,919)	11.91 (17.54)	287,583 (378,007)	174 (49)	4.68 (5.15)	10	7	0
전라남도	83	8,843 (21,933)	6,622 (17,301)	3.92 (6.22)	107,566 (154,650)	141 (55)	2.37 (1.48)	0	55	28
전라북도	55	18,533 (61,308)	15,118 (52,587)	7.39 (21.20)	154,458 (320,169)	145 (53)	1.84 (0.79)	0	54	1
제주특별자치도	8	32,250 (40,237)	30,527 (44,274)	23.28 (9.20)	541,706 (383,641)	214 (41)	4.85 (2.22)	0	0	8
충청남도	66	12,648 (29,593)	10,451 (26,989)	4.75 (7.80)	111,407 (176,372)	175 (54)	2.19 (1.17)	4	62	0
충청북도	37	16,617 (47,431)	14,982 (48,624)	7.31 (11.80)	161,505 (313,922)	196 (67)	1.51 (0.75)	0	31	6

주: 괄호 안은 표준편차를 나타냄

자료: 환경부(2021), 「하수도통계」

〈표 III-6〉 500m³ 미만 하수처리장 현황

(단위: 개, m³/일, km², m, ppm)

시도	시설 수	시설용량	유입 하수량	처리구역 면적	하수관로 길이	유입 BOD	방류 BOD	운영주체		
								공기업	민간 대행	지자체
강원도	321	100 (91)	71 (72)	0.23 (0.26)	5,264 (7,816)	134 (69)	5.17 (9.55)	0	316	5
경기도	241	115 (100)	80 (79)	0.38 (1.11)	5,817 (9,705)	150 (70)	3.89 (1.87)	64	177	0
경상남도	568	91 (84)	65 (61)	0.74 (4.02)	4,836 (9,871)	121 (43)	3.67 (1.72)	140	357	71
경상북도	425	83 (81)	57 (64)	0.22 (0.39)	5,112 (7,290)	125 (65)	2.98 (1.64)	84	304	37
광주광역시	24	101 (85)	87 (124)	0.19 (0.15)	6,889 (8,483)	243 (206)	5.90 (9.86)	0	24	0
대구광역시	11	109 (126)	66 (103)	0.13 (0.13)	3,303 (3,268)	98 (52)	3.63 (2.21)	0	11	0
대전광역시	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
부산광역시	17	99 (106)	50 (45)	0.06 (0.05)	0 (0)	111 (38)	5.02 (1.30)	0	17	0
서울특별시	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
세종특별자치시	17	59 (59)	33 (37)	0.08 (0.10)	6,741 (5,229)	150 (39)	3.20 (0.86)	0	17	0
울산광역시	8	290 (94)	258 (97)	0.40 (0.22)	15,736 (16,507)	117 (10)	2.06 (0.14)	0	8	0
인천광역시	10	191 (126)	135 (83)	0.23 (0.20)	2,302 (2,086)	164 (14)	4.09 (1.83)	1	9	0
전라남도	871	66 (69)	48 (52)	0.14 (0.33)	3,670 (5,364)	90 (32)	5.13 (2.09)	0	787	84
전라북도	439	75 (77)	62 (62)	0.28 (1.50)	4,632 (8,889)	116 (42)	3.62 (1.63)	0	437	2
제주특별자치도	26	72 (56)	49 (41)	0.20 (0.18)	3,420 (2,795)	141 (65)	17.71 (15.71)	0	26	0
충청남도	341	84 (92)	63 (73)	0.18 (0.23)	4,612 (5,991)	142 (51)	5.29 (1.91)	11	328	2
충청북도	316	85 (85)	60 (71)	0.21 (0.32)	5,072 (6,111)	140 (64)	2.41 (1.59)	0	316	0

주: 괄호 안은 표준편차를 나타냄

자료: 환경부(2021), 「하수도통계」

## 나. 농어촌마을하수도 정비

농어촌마을하수도 정비사업은 주거환경이 낙후된 농어촌지역의 하수도보급을 확대하고, 농어촌마을에서 배출되는 생활하수를 초기단계에서 정화함으로써 하천 및 상수원 등의 수질오염 방지를 목적으로 한다. 「농업·농촌 및 식품산업 기본법」 제3조 제5호에 따른 농촌과 「수산업·어촌발전 기본법」 제3조 제6호에 따른 어촌 지역을 대상으로 시설용량 500m<sup>3</sup>/일 미만인 공공하수도 신설 및 노후시설 개량 사업을 지원하고 있다. 시설용량 500m<sup>3</sup>/일 미만 시설과 연계되는 하수관로 정비사업이나 500m<sup>3</sup>/일 미만 시설 폐쇄 후 인근 공공하수처리 시설로 연계하는 하수관로 정비사업은 하수관로 정비사업이 아닌 농어촌 마을하수도 정비 사업에서 지원하고 있다. <표 III-2>를 보면 농어촌마을하수도 정비사업의 예산은 2021년 237,990백만원에서 2022년 275,608백만원으로 약 15.8% 증가하였으며, 2023년에는 413,332백만원으로 2022년 대비 49.9% 증가하였다.

농촌경제연구원(2017)은 농어촌마을하수도 정비사업이 농어촌지역 하수도 보급 개선에 긍정적인 기여를 하였다고 평가하였다. 다만 농어촌마을하수도 정비 사업이든 후술하는 면 단위하수처리시설 설치 사업이든 현재의 기술과 경제성 평가의 범위 내에서는 하수처리시설 설치가 가능한 곳은 어느 정도 사업이 완료되었다고 하였다. 남아 있는 농어촌 지역은 너무 소규모이고 외딴 마을들이라 경제성 등을 고려할 때 사업 추진이 힘든 곳이 대부분이라고 한다. 처리구역을 조금씩 확대하고 있지만 처리인구 1인당 소요되는 사업비는 향후 계속 증가할 것으로 예상되어, 일정한 경제성의 기준을 가지고 농어촌 혹은 면단위 하수처리시설을 설치할 수 있는 지역이 어느 정도 남아 있는지 점검하고, 사각 지역에 존재하는 지역에 대한 대책을 마련할 필요가 있다고 평가하였다. 농어촌마을하수도 정비사업과 후술하는 면단위하수처리시설 설치사업은 <표 III-6>의 시설용량 500m<sup>3</sup>/일 미만 소규모 하수처리시설 관련 사업이며, 하수처리장 확충 사업은 <표 III-5>의 시설용량 500m<sup>3</sup>/일 이상 하수처리시설 관련 사업에 해당한다. 이에 따라 하수처리장 확충, 농어촌마을하수도 정비, 면단위하수처리시설 설치사업은 하수처리시설의 규모 및 운영방식에 따른 효율성, 수질관리의 적절성에 대한 정량평가에 있어 함께 살펴볼 필요가 있다.

### 3. 하수처리수재이용

하수처리수 재이용사업은 수량이 일정하고 수질이 양호한 하수처리수를 공업용수, 농업용수, 생활용수 등의 용도로 안정적으로 공급함으로써 수자원의 효율적 이용을 도모하고 물 부족에 대응하는 것을 목적으로 한다. <표 III-2>를 보면 하수처리수 재이용사업 예산은 2021년 34,461백만원에서 2022년 29,449백만원으로 감소하였으나, 2023년 49,735백만원으로 증가하였다.

<표 III-7> 하수처리수 재이용사업의 내역사업 개요

내역사업명	지원대상	지원내용
① 하수처리수 재이용사업	<ul style="list-style-type: none"> <li>지방자치단체</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 물 재이용 관리계획에 반영되어 공업용수, 농업용수, 생활용수, 하천유지용수 등으로 재이용하고자 하는 하·폐수처리수 재이용시설, 빗물이용시설, 중수도 및 빗물과 중수를 연계 처리하여 상시 이용하는 시설               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공업용수는 가급적 수익형 민간투자사업으로 추진하고, 농업·하천유지용수 등 공익적 비수의 사업은 재정사업으로 추진 가능</li> <li>- 재이용시설 설치에 소요되는 처리시설(여과, 소독시설, R/O시설 등), 송·배수관로, 펌프장, 저류시설 등에 대한 시설비 및 설계비, 감리비 등 지원</li> <li>- 지원대상에서 토지매입비와 자연형 하천정화사업에서 지원하는 사업 및 분수대, 조명 등 하천 주변 공원화·체육시설 조성비는 제외</li> </ul> </li> </ul>

자료: 환경부(2023), 『하수도 분야 보조금 편성 및 집행관리 실무요령』

<표 III-8>을 보면 하수처리수 재이용사업은 2000년 물 절약 종합대책을 통해 물 부족 문제 해결을 위해 기존 공급 중심에서 수요관리 중심으로 정책을 전환하면서 기반이 마련되었다. 2000년 3월 수립된 물 절약 종합대책은 2008년까지 중수도시설 300개를 설치하여 3,000만 $m^3$ /연 절수, 2008년까지 산업체 물 재이용을 통해 공업용수 10%를 절약하여 3,000만 $m^3$ /연 절수 등의 목표를 수립하였다. 2001년에는 「하수도법」을 개정하여 하수도정비기본계획을 수립할 때 공공하수처리시설에 방류되는 처리수의 재이용계획 및 재이용시설의 설치에 관한 사항을 포함하도록 명시하였으며, 2005년에는 하수처리수 재이용 촉진을 위한 시범사업을 추진하고 청소, 조경, 유지, 친수, 농업, 공업용수의 6개 용도별 하수처리수 재이용수질에 대한 권고기준을 마련하였다.

2006년에는 하수처리수 재이용 시범사업을 확대 시행하여, 2006~2010년 기간 중 2,649억원을 투자하여 39개 처리장을 대상으로 103.9만 $m^3$ /일 재이용을 추진하고, 하천유지용수, 농업용수 등 공공성을 띤 사업의 경우 오염저감 및 지역주민 서비스차원에서 공공부문 국

고지원 사업으로 추진하도록 하였다. 2007년에는 국가 물 수요관리 종합대책을 수립하여 물 절약 종합대책의 성과평가 결과 도출된 문제점을 보완하고 새로운 수요관리 정책추진의 목표와 방향을 설정하였으며, 또한 「하수도법」을 개정하여 공공하수처리시설의 재이용률 5%를 의무화하였다. 2009년에는 정부의 재정 부담을 완화하고 민간의 자본과 기술을 도입하기 위해 하수처리수의 공업용수 재이용을 수익형민자사업(BTO)으로 추진하도록 하였다.

2010년에는 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」을 제정 및 공표하면서 공공하수처리시설 재이용률을 10%로 확대하였으며, 2011년에는 「국가 물 재이용 기본계획」에서 물 재이용 목표를 2020년까지 25.35억톤으로 설정하였다. 또한 「수도정비기본계획수립지침」 개정을 통해 물 부족 지역에 물 공급계획 수립 시 신규 상수도를 설치하는 것보다 하·폐수 처리수 재이용을 우선적으로 검토하도록 의무화하였다. 그리고 2021년에는 「제2차 물 재이용 기본계획」을 수립하고 2030년까지 물 재이용 목표를 25.92억톤으로 설정하였다.

〈표 III-8〉 하수처리수 재이용사업 관련 주요 정책

연도	정책	주요 내용
2000	물절약 종합대책 수립	- 물 부족 문제 해결을 위해 공급 중심에서 수요관리 중심으로 정책 전환 - 2008년까지 중수도시설 300개를 설치하여 3,000만㎥/연 절수 - 2008년까지 산업체 물 재이용을 통해 공업용수 10% 절약하여 3,000만㎥/연 절수
2001	「하수도법」 개정	하수도정비기본계획을 수립할 때 공공하수처리시설에 방류되는 처리수의 재이용 계획 및 재이용시설의 설치에 관한 사항을 포함하도록 명시
2005	「하수처리수 재이용 촉진 시범사업계획」 수립	시범사업 실시
2005	하수처리수재이용 수질 권고기준 설정	청소, 조경, 유지, 친수, 농업, 공업용수의 6개 용도별 권고기준 마련
2006	하수처리수재이용사업 국고지원	- 2006~2010년 기간 중 2,649억원을 투자하여 39개 처리장을 대상으로 103.9만㎥/일 재이용 추진 - 하천유지용수, 농업용수 등 공공성을 띤 사업의 경우 오염저감 및 지역주민 서비스차원에서 공공부문 국고지원 사업으로 추진
2007	물 수요관리 종합대책 수립	- 하수처리수 재이용 범위 확대 - 공업용수 재이용량을 2016년까지 4.4억㎥/일로 확대
2007	「하수도법」 개정	공공하수처리시설 재이용 의무화(5%)
2009	하수처리수재이용 공업용수 민간투자 사업추진	- 민간의 자본과 기술을 활용하기 위해 공업용수 등 수익성 재이용사업에 민간의 직·간접 참여 유도 - 하수처리수의 공업용수 재이용을 수익형민자사업(BTO)으로 추진

〈표 Ⅲ-8〉의 계속

연도	정책	주요 내용
2010	「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」	- 물 재이용 관련 법 일원화 - 공공하수처리시설 재이용 5%에서 10%로 확대 - 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행령, 시행규칙 제정 및 공포 (2011년 6월)
2011	국가 물 재이용 기본계획 수립	2020년까지 25.35억톤 물 재이용 목표 수립
2013	「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 개정	빗물이용시설, 중수도 범위 확대
2018	「수도정비기본계획 수립지침」 개정	물 부족 지역에 대한 공급계획 수립 시 신규 상수도 확충에 우선하여 하폐수 처리수 이용방안 검토를 의무화
2021	제2차 국가 물 재이용 기본계획 수립	2030년까지 25.92억톤 물 재이용 목표 수립

자료: 한국수자원공사(2020)

하수처리수 재이용사업은 물 재이용기본계획 및 물 재이용관리계획 수립을 통해 추진된다. 환경부는 10년 주기로 물의 재이용 촉진 및 관리에 관한 종합적인 기본계획을 수립하고, 각 지자체는 물 재이용관리계획을 수립하며 환경부는 물 재이용관리계획 수립지침을 기준으로 지자체의 관리계획을 승인하게 된다.

〈표 Ⅲ-9〉 하수처리수 재이용시설 설치 기준

하수처리수 재이용시설 설치 기준
○ 물 재이용 기본계획(환)에 부합하게 각 지자체별 물 재이용 관리계획을 수립하고 환경부는 물 재이용관리계획 수립지침을 기준으로 승인 → 관리계획에 따라 하수처리수 재이용시설 설치
○ 각 지자체의 하수처리수 재이용시설 설치 시 물 재이용 기본계획 등의 용량에 맞는지 등을 작성·제출하고 환경부도 이를 검토·승인(기술검토 등)

자료: 환경부 내부자료

〈표 Ⅲ-10〉을 보면 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행규칙」에 따라 하수처리수 재처리수는 공공하수처리시설의 방류수질보다 높은 기준이 요구된다. 하수처리수 재처리수의 용도별 추가적인 수질기준을 충족하기 위해서는 하천유지용수의 경우 소독시설, 농업용수의 경우 활성탄, 공업용수의 경우 역삼투 등의 추가적인 처리시설이 필요하다. 또한 수요처에 재처리수를 공급하기 위한 관로 연결이 필요하다. 〈표 Ⅲ-11〉을 보면 2023년 기준 22개 하수처리수 재이용사업에 대해 42,614백만원의 국고가 지원되고 있다. 22개 재이용

사업 모두 하천유지용수, 농업용수, 공업용수, 도로살수용수, 조경용수 등 장외용수에 해당 하며, 하수처리수 재이용을 위한 추가적인 처리시설 및 부속시설, 관로 연결 등이 지원 대 상이다.

〈표 III-10〉 하수처리수 재이용수의 용도별 수질기준

구분	청소·화장 실용수	세척· 살수용수	조경용수	친수용수	하천 등 유지용수	농업용수		지하수 충전용수	공업용수
						직접 식용	불검출		
총대장균 군수 (개/100mL)	불검출	1,000 이하	1,000 이하	불검출	1,000 이하	직접 식용	불검출	「먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙」 별표1에 따른 먹는 물의 수질 기준을 준수 할 것	수요자와 공급자 간 협의에 따라 정함
						간접 식용	200 이하		
결합잔류 염소 (mg/L)	0.2 이상	-	-	0.1 이상	-	-			
탁도 (NTU)	2 이하	2 이하	2 이하	2 이하	-	직접 식용	2 이하		
						간접 식용	5 이하		
생물화학적 산소요구량 (BOD) (mg/L)	5 이하	5 이하	5 이하	3 이하	5 이하	8 이하			
냄새	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것			
색도 (도)	20 이하	-	-	10 이하	-	-			
총질소 (T-N) (mg/L)	-	-	-	10 이하	20 이하	-			
총인 (T-P) (mg/L)	-	-	-	0.5 이하	0.5 이하	-			
수소이온 농도 (pH)	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5			
염화물 (mgCl/L)	-	-	250 이하	-	-	-			
전기전도도 ( $\mu$ s/cm)	-	-	-	-	-	직접 식용	700 이하		
						간접 식용	2,000 이하		

주: 공공하수처리시설의 방류수수질기준은 〈표 IV-19〉를 참조  
자료: 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행규칙」 [별표 2]

〈표 Ⅲ-11〉 2023년 하수처리수 재이용 국고보조사업 현황

용도	시군	사업명	2023년 국고 (백만원)	재처리 시설용량 (m <sup>3</sup> /일)	관로 (km)
하천 유지용수	김포시	김포 하수처리수 재이용	3,555	18,400	7.11
	수원시	황구지천 하수처리수 재이용	302	25,000	5.8
	고양시	일산수질복원센터 재이용	342	100,000	3.7
	용인시	아곡 하수처리수 재이용	2,227	2,000	4.4
	안성시	안성 하수처리수 재이용	2,659	14,000	8.0
	서산시	서산 하수처리수 재이용	1,000	20,000	10.4
	천안시	업성저수지 하수처리수 재이용	1,016	10,000	8.0
	천안시	장재천 하수처리수 재이용	812	5,000	1.4
	서산시	대산 하수처리수 재이용	189	3,000	1.5
	금산군	금산하수처리장 하수 재이용시설	1,423	10,000	4.3
	인천시	만수하수 재이용	78	50,000	0.5(타사업 예산 집행)
농업용수	연천군	연천 하수처리수 재이용시설	2,118	28,430	14.1
	김해시	진례지구 하수처리수 재이용	571	4,000	7.3
	김해시	한림지구 하수처리수 재이용	1,051	7,000	25.0
	천안시	성환 하수처리수 재이용	254	20,000	5.6
	예산군	예산 하수처리수 재이용	1,373	15,000	28.6
공업용수	보령시	보령 하수처리수 재이용	4,105	10,000	8.7
	여수시	여수 하수처리수 재이용	9,217	50,000	18.6
	청주시	청주 하수처리수 재이용	4,700	35,000	8.3
도로 살수용수	용인시	용인하수 재이용	2,890	180	1.8
	구리시	구리시 하수처리수 재이용사업	1,774	미설치	2.4
조경용수	합천군	합천군 하수처리수 재이용	958	3,000	2.5

자료: 환경부 내부자료

#### 4. 스마트하수도 관리체계 구축·운영

스마트하수도 관리체계 구축·운영사업은 하수처리 과정의 실시간 모니터링이 가능하도록 정보통신기술(Information & Communications Technology, ICT) 시스템을 설치하는 사업이며, 크게 4개의 내역사업으로 구성되어 있다. 〈표 Ⅲ-12〉에서 확인할 수 있듯, 스마

트 하수처리장사업, 스마트 하수관로사업, 하수도 자산관리사업, 스마트 통합 하수관제시스템 구축사업 등의 내역사업이 포함되어 있다. 사업의 성격상 시설 설치에 장기간이 필요하여 선도사업으로 추진 중이다.

〈표 III-12〉 세부사업 ‘스마트하수도 관리체계 구축·운영’ 예산 현황

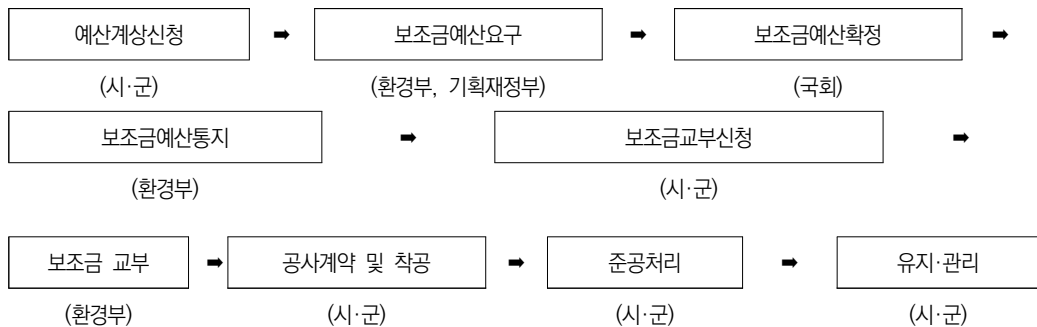
(단위: 억원)

담당부처	내역사업명	예산			
		2021	2022	2023	2024
환경부	스마트 하수처리장	94	148	-	-
	스마트 하수관로	82	200	417	100
	하수도 자산관리	-	36	81	10
	스마트 통합 하수관제시스템 구축	-	-	41	118
합 계		176	384	538	228

주: 예산은 본예산 기준으로 소수첫째자리에서 반올림함  
 자료: 환경부 사업설명자료

각 내역사업이 시행되는 체계는 지방자치단체에서 예산을 신청하면, 이를 환경부에서 수합하여 대상시설을 선정하고, 기획재정부에 보조금 예산을 요구하게 되며, 국회를 통해 예산이 확정된다. 이후 보조금 교부가 끝나면, 공사의 계약 및 착공, 준공처리, 유지·관리, 효과분석 및 결과보고 등의 후속조치는 모두 지방자치단체에서 진행한다. 마지막으로, 한국환경공단은 사업 추진과 관련한 기술지원과 성과분석에 대한 자문 등의 역할을 수행한다.

[그림 III-1] 세부사업 ‘스마트하수도 관리체계 구축·운영’ 시행 체계



자료: 환경부 사업설명자료

### 가. 스마트 하수처리장

스마트 하수처리장사업은 ICT를 기반으로 한 계측제어 설비를 도입하여 실시간으로 처리공정의 진단 및 분석을 통해 안정적인 방류수질을 확보하고 에너지를 절감하고자 추진하는 사업이다.

〈표 III-13〉 내역사업 ‘스마트하수처리장’ 사업 개요

지원대상	지원내용
• 지방자치단체	○ 에너지 절감, 수질개선, 휴먼에러 제로화 등을 위해 디지털 기반 의사결정 체계를 구축하는 공공하수처리장 지능화 선도사업 추진

자료: 환경부 사업설명자료

2021년 6개소와 2022년 7개소 등 전국 13개소, 273,200m<sup>3</sup>/일의 시설용량에 대하여 총 484억원의 사업비가 투입되어 사업을 진행하고 있다. 13개소 중 10개소는 2024년 내에 사업기간이 종료될 예정이다. 이 외에 대구광역시의 안심처리장은 2023년 12월에 사업이 종료되었으며, 평택시 이화처리장과 남원시 남원처리장은 2025년 중에 사업이 종료된다.

〈표 III-14〉 스마트 하수처리장 대상사업 목록

(단위: 백만원, m<sup>3</sup>/일)

지자체(처리장명)	총사업비	시설용량	사업기간	
2021년 (중규모 6개소)	광주시(도척)	3,412	4,000	2021. 12.~2024. 12.
	강릉시(정동진)	3,033	1,600	2021. 12.~2024. 12.
	무주군(구천동)	3,120	8,500	2021. 10.~2024. 12.
	구례군(산동)	3,016	4,000	2022. 9.~2024. 4.
	의성군(의성)	3,245	8,000	2022. 1.~2024. 5.
	거창군(가초)	3,017	5,500	2021. 12.~2024. 7.
2022년 (대규모 7개소)	부산광역시(서부)	4,118	15,000	2022. 5.~2024. 12.
	대구광역시(안심)	4,461	47,000	2022. 3.~2023. 12.
	구리시(갈매)	4,057	11,000	2022. 1.~2024. 12.
	평택시(이화)	4,264	22,000	2023. 1.~2025. 1.
	남원시(남원)	4,074	75,000	2021. 12.~2025. 6.
	정읍시(정읍)	4,385	58,600	2022. 1.~2024. 12.
창원시(대산)	4,151	13,000	2022. 12.~2024. 12.	

자료: 환경부 내부자료

[그림 III-2] 단계별 자동화 수준

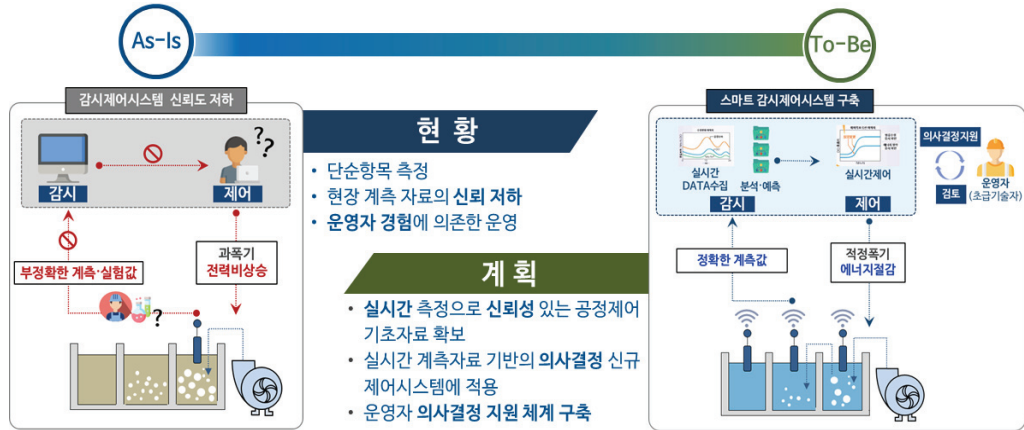


자료: 환경부 내부자료

스마트 하수처리장사업에서는 각 처리장에 스마트화를 위한 프로세스 제어반 등의 설비와 현장 계측설비(스마트센서, MLSS, pH, DO 등)를 설치하고 지능화시스템을 구축한다.4) 지능화시스템을 통해 유입수질 예측, 공정진단을 통한 최적 운영방안 도출, 생물반응조의 최적 송풍량 제어(전력비용 절감), 약품투입량 제어, 방류수질 예측 및 조기경보 등의 기능을 활용할 수 있다. 현재 추진하는 스마트 하수처리장의 스마트화 수준은 조건부자동화인 Level 3.5로 4차 산업 기술을 적용하여 수질 개선 및 에너지 절감 등의 운영효율을 기대하고 있다. 보다 구체적인 기대효과는 [그림 III-3]에 요약되어 있다.

4) MLSS, PH, DO는 계측항목들로, 각각 활성오니 부유물질(Mixed Liquor Suspended Solid), 수소이온농도(pH value), 용존산소(Dissolved Oxygen)를 의미한다.

[그림 III-3] 스마트 하수처리장 사업을 통한 기대효과



	<As-Is>	<To-Be>
계측	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 단순항목 측정으로 공정제어 불가 (예, 유량, DO, MLSS 등)</li> <li>○ 기기 노후화, 유지비·기술력·인력 부족으로 관리 미흡</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다항목 동시·실시간 측정으로 신뢰성 있는 공정제어 기초자료 확보 (예, 기존 계측 + 산소소비량, 슬러지침강성 등)</li> <li>○ ICT 활용 및 진보된 기술(자동교정·세척)로 유지관리 용이</li> </ul>
감시	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현장계측자료를 신뢰하지 못해 휴대용 계측장비로 직접 측정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 정밀·정확 계측으로 빅데이터 자동 수집</li> </ul>
의사 결정	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 운영자 경험에 의존</li> <li>↳ 문제점: 일관된 판단 및 적정 대응 불가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 객관적 빅데이터 계측자료를 기반으로 운영자 의사결정 지원 체계 구축</li> </ul>
공정 제어	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실시간 계측자료 부재로 비상시 방류 수질기준 초과 발생</li> <li>↳ 문제점: 상황인지 지연 및 적기 대응 불가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실시간 계측자료 기반의 의사결정을 신규 제어시스템에 적용</li> <li>⇒ 스마트 자동제어(운영자 대기)</li> </ul>
유지 관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 운영자 경험에 의존한 과잉 운영 (예, 송풍량 및 약품주입량 과다)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 계측데이터 기반의 운영으로 유지관리비(전력비, 약품비) 저감 가능</li> </ul>

자료: 환경부 내부자료

## 나. 스마트 하수관로

스마트 하수관로사업은 크게 도시침수대응과 하수악취관리를 목적으로 도입하였다. ICT 측정 장비를 활용하여 실시간으로 강우량을 모니터링하고 이를 하수관로 운영현황과 연계

하여 분석함으로써 실시간으로 도시침수 위험성을 파악하고 위험수준에 따라 이에 대한 대응체계를 구축한다. 또한 ICT 측정 장비로 하수 악취에 대해서도 실시간 모니터링이 가능하며, 악취 수준에 따라 악취 저감장치를 자동으로 운영하여 하수 악취를 관리하는 체계를 구축하는 사업이다. 해당 사업은 2021년부터 시작하여 2025년까지 10개소에 하수관로의 스마트화를 진행할 계획으로, 2023년까지 총 558억원의 사업비가 투입되었으며 전체 사업비의 70%를 국비에서 보조받고 있다.

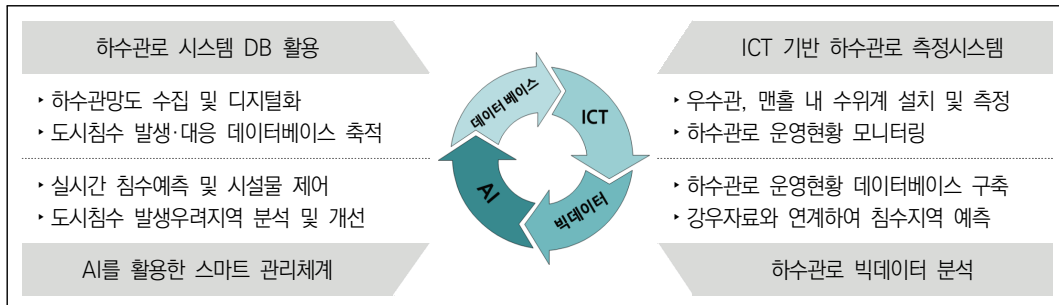
〈표 III-15〉 내역사업 ‘스마트 하수관로’ 사업 개요

지원대상	지원내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>지방자치단체</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(도시침수대응) ICT 측정 장비를 활용한 실시간 강우량 모니터링, 하수관로 운영현황 연계 분석 등을 통한 도시침수 대응 체계 구축</li> <li>(하수악취관리) ICT 측정 장비를 활용한 하수 악취 실시간 모니터링, 악취 저감장치 자동 운영 등 하수 악취 관리체계 구축</li> </ul>

자료: 환경부 사업설명자료

도시침수대응과 관련해서는, 실시간 강우유출 시뮬레이션 결과를 분석하여 도시침수 발생 위험지역 내의 빗물펌프장, 저류시설, 유입수문 등의 하수도 시설의 운영을 최적화하는 것을 지원한다. 1단계로 2021년에 5개 선도사업 지역의 현장 적용성을 검토·분석하여 ICT 기반의 스마트 도시침수 대응체계를 설계하였다. 2단계로 2022년부터 2024년까지 사업지역 분석을 기반으로 우수관 수위계의 설치, 도시침수 실시간 모델링시스템 개발 및 하수도시설 스마트 운영체계를 구축하는 작업을 진행한다.

[그림 III-4] 도시침수 관련 하수관로 스마트 관리체계

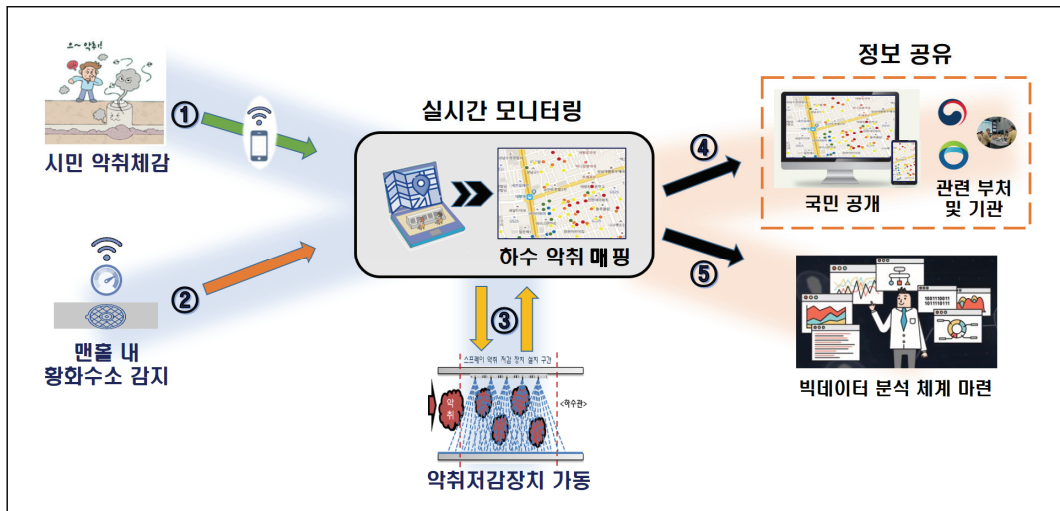


자료: 환경부 내부자료

하수 악취 관리와 관련해서는, 선도사업 지역 내 하수 악취 취약지역을 선정하여 실시간 악취 센서 및 데이터 전송시스템, 관로 내 악취저감장치 등의 자동제어 시스템을 마련하는 일정으로 사업을 추진하고 있다. 이러한 시스템을 운영함으로써 시민체감·악취측정·저감장치 운영 자료 등의 빅데이터를 확보하고, 이를 분석하고 적용함으로써 하수 악취를 저감하고 악취로부터 발생하는 문제들을 해결하고자 한다.

사업추진 일정은 2021년에 ICT 기반으로 실시간 악취자료를 수집 및 분석하는 체계를 설계하고, 2021년부터 2022년까지는 이렇게 설계한 시스템을 5개소에 시범적으로 구축한다. 다음 단계로 2022년부터 2024년까지 악취취약지역의 시민 악취 체감도 데이터를 수집하고, 실시간 전송을 위한 서버 시스템을 구축하며 악취 측정기와 저감장치 등을 설치할 계획이다. 이를 통해 하수 악취데이터를 확보·분석하여 예측기능을 더하여 취약지역에 대한 체계적인 하수 악취개선 체계를 마련하고, 실시간 하수 악취 모니터링 및 저감 활동을 통해 쾌적하고 안전한 생활환경 조성을 목표로 한다.

[그림 III-5] 하수 악취 관련 하수관로 스마트 관리체계



자료: 환경부 내부자료

## 다. 하수도 자산관리

하수도 자산관리사업은 하수도 자산의 체계적인 유지·관리 및 최적 투자 의사결정을 위해 각종 하수도 자산의 이력 및 상태를 빅데이터로 구축하고 데이터마이닝 등의 자산관리 체계를 도입하는 사업이다. 그동안 하수도보급률은 선진국 수준으로 상당 부분 끌어올렸으나, 기존 하수도 시설물의 내용연수가 거의 종료에 임박함에 따라 하수도 시설물의 재구축 필요성이 급격히 증가하고 있다. 한국환경연구원(2019)에 따르면, 2030년이 되면 기존 하수도 시설의 69.4%, 2050년에는 97.5%가 내용연수(30년)를 초과할 것으로 전망되었다. 동 보고서에 따르면, 2016년 기준 하수도 시설 자산규모는 약 156조원에 이르며, 2050년까지 노후화에 따른 재구축비용은 317조원(연평균 약 9.6조원)이 소요될 것으로 추정된다. 이러한 여건에도 불구하고 아직까지 우리나라에는 장기적 관점에서 시설물을 체계적으로 관리하지 못하고 있어 이에 대한 효과적이면서도 효율적인 체계를 구축할 필요가 있다.

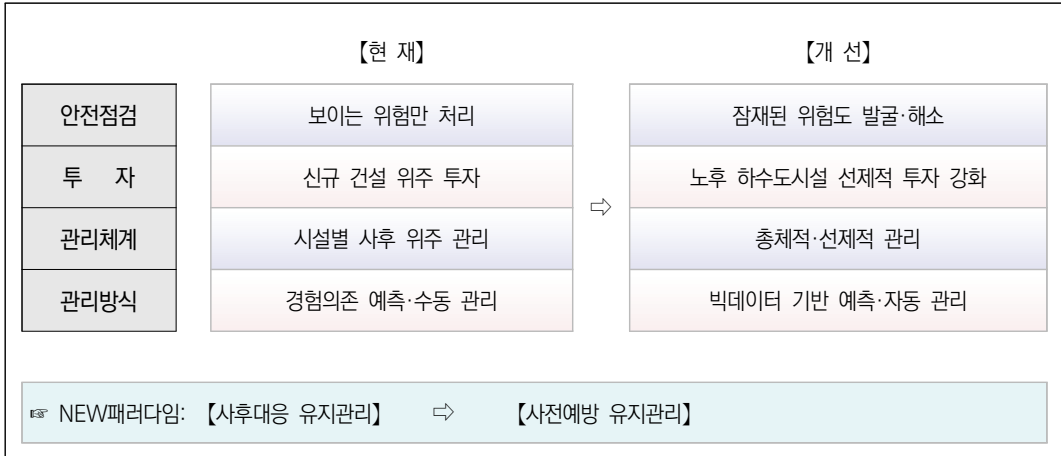
〈표 III-16〉 내역사업 ‘하수도 자산관리체계 구축’ 사업 개요

지원대상	지원내용
• 지방자치단체	○ 하수도의 체계적 유지관리 및 최적 투자 의사결정을 위하여 하수도 이력 관리 및 자산 상태 빅데이터화, 데이터마이닝 등 하수도 자산관리체계 도입

자료: 환경부 사업설명자료

이에 따라 하수도 시설물에 대해서도 사후대응이 아닌 이력관리, 시설별 위험요소 파악, 잔존수명 예측 등을 토대로 선제적 대응이 가능한 체계적 유지관리기법이 요구되고 있다. 하수도 자산관리체계 구축사업은 이러한 필요에 맞춰 지속가능한 하수도 서비스를 제공하고자 시설물의 효율적 관리로 수명을 연장하고 재정부담을 경감할 수 있도록 체계화하는 사업이다.

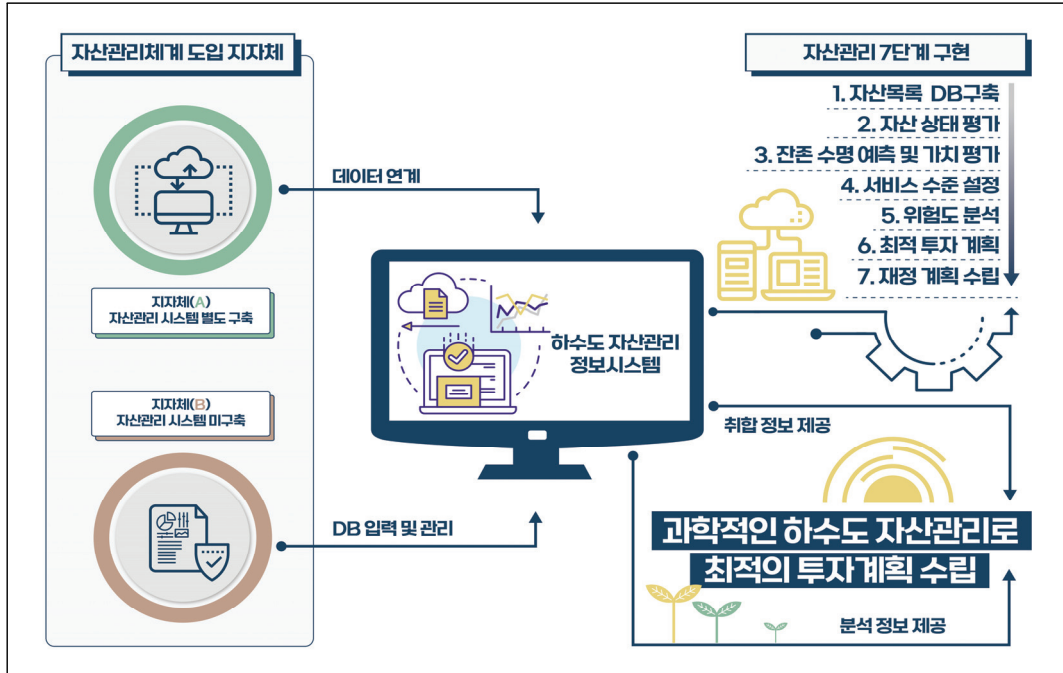
[그림 III-6] 하수도 자산관리체계의 방향성



자료: 환경부 내부자료

사업의 수행은 크게 5가지로 구분할 수 있다. ① 하수도 시설(자산)의 모든 정보를 수집하여 인벤토리 DB를 구축하고 이를 바탕으로 시설을 진단하고 분석하여 분류 및 계층화한다. ② 각 자산의 운영기록과 기술진단결과를 반영하여 DB를 업데이트한다. ③ 자산별 내용연수를 기초로 운영자료 DB상의 자산들의 잔존수명을 예측하고 서비스 수준(Level of Service, LoS)을 설정한다. ④ 자산의 중요도와 투자 우선순위를 고려하여 각 시설별 개량 시기를 검토하고 잔존수명 및 서비스 수준 설정결과를 바탕으로 개량수요를 분석한다. ⑤ 자산 개량을 위해 투자되는 최적 비용 및 연간 투자금액을 바탕으로 공공하수도관리청의 재정계획을 수립한다. 이러한 자산관리체계의 수립과정은 [그림 III-7]에 요약되어 있다.

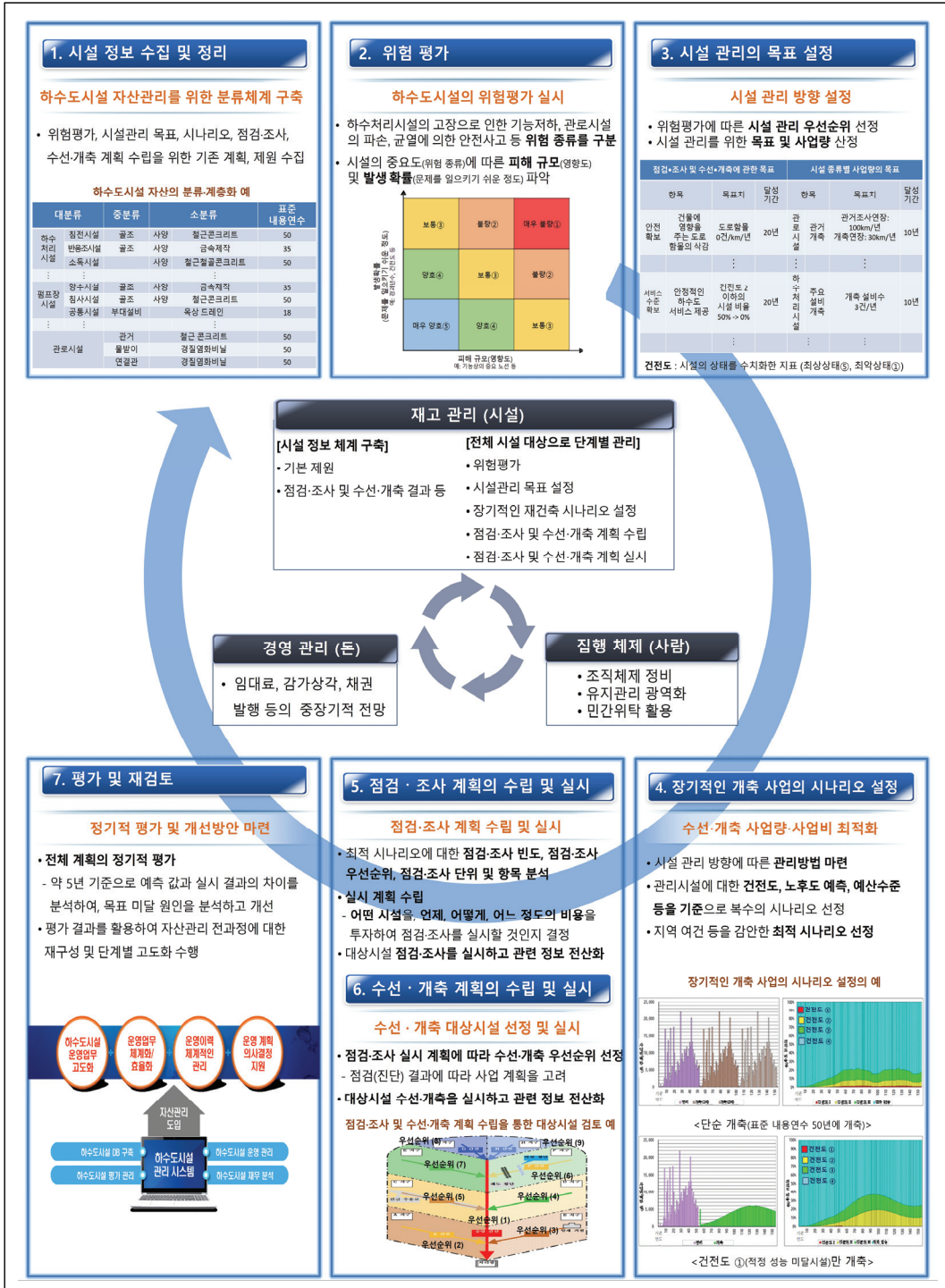
[그림 III-7] 하수도 자산관리체계 추진 모식도



자료: 환경부 내부자료

사업 추진일정은 2단계로 구분되는데, 1단계에서는 2020년부터 2021년까지 하수도시설 스마트 자산관리 기본계획을 수립한다. 2단계에서는 2022년부터 2024년까지 각 지방자치 단체의 자산관리 체계를 구축한다. 환경부에서는 이러한 자산관리체계를 구축하여 하수도 시설 노후화에 따른 재구축비용을 절감하고, 시설 장수명화로 인한 유지관리비도 절감될 것으로 기대하고 있다. 더불어 중장기 재정소요의 파악 및 하수도 요금 현실화 등 하수도 사업의 경영 건전성을 도모하는 데에도 일정 수준 기여할 수 있을 것으로 보고 있다.

[그림 III-8] 하수도 자산관리체계 구축 흐름도



자료: 환경부 내부자료

## 라. 스마트 통합 하수관제시스템 구축

스마트 통합 하수관제시스템 구축사업은 유역 특성을 반영하여 유역물관리를 강화하고 비용효율적인 하수도 시설 운영을 목적으로 한다. 또한 탄소중립화 등 고도 기술기반 정책의 효과적인 추진을 위해서도 필요한 사업이다. 빅데이터를 기반으로 하여 선제적 기술지원을 통해 공공하수도 운영관리상의 효율성을 제고하고자 한다.

〈표 III-17〉 내역사업 ‘스마트 통합 하수관제시스템 구축’ 사업 개요

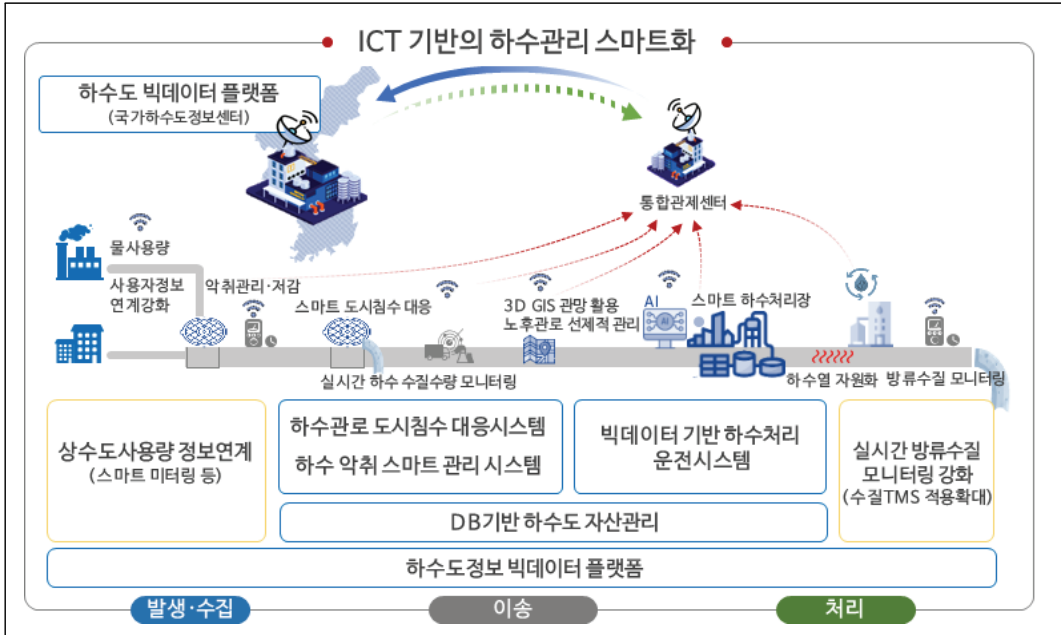
사업시행주체(직접사업)	지원내용
• 환경부(한국환경공단)	○ 유역특성을 반영한 유역물관리 강화, 운영관리 효율성 제고 및 탄소중립화 등 고도 기술기반 정책의 효과적 추진과 빅데이터 기반 선제적 기술지원

자료: 환경부 사업설명자료

스마트 통합 하수관제시스템은 지역에서 발생하는 하수의 배출, 이송, 처리 및 재이용에 이르기까지 하수도 서비스 전 과정에 걸쳐 빅데이터를 구축하여 실시간으로 관리함으로써 침수 피해를 예방하고 효율적으로 하수를 처리하는 등 하수관리를 체계화한다. 기본적으로 하수처리장에 통합관제실을 구축하고 침수중점관리지역의 하수관로를 실시간 모니터링하면서 위험 발생 시 조기경보를 발령한다. 환경부는 4대강을 아우르는 통합 하수관제시스템을 [그림 III-10]과 같이 구축할 계획이며, 중앙관제시스템은 2023년 12월에 준공, 4개 유역하수도지원센터는 설계를 발주하는 단계이다. 또한 원도심 노후 하수관로의 개선 우선순위를 결정하여 처리되지 않은 불명수가 관로로 유입되는 것도 차단한다. 해당 시범사업은 인천에서 전국 최초로 진행되고 있다.<sup>5)</sup>

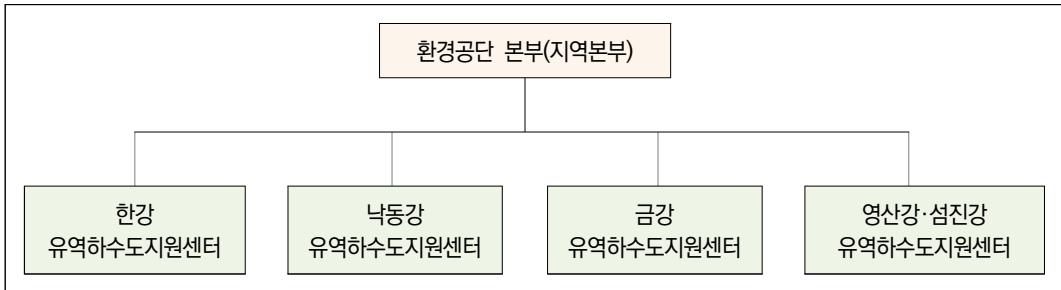
5) 『한국경제신문』, 「인천에 국내 첫 통합 스마트 하수도 시스템 구축」, 2023. 10. 23., <https://www.hankyung.com/article/202310238133Y>, 검색일자: 2023. 12. 30.

[그림 III-9] 내역사업 '스마트 통합 하수관제시스템 구축' 운영 체계 개념도



자료: 환경부 내부자료

[그림 III-10] 내역사업 '스마트 통합 하수관제시스템 구축' 추진 체계



자료: 하수도 관리 사업군(2024년 예산 요구서)

## 5. 하수관로정비BTL

하수관로정비를 통한 하수처리 효율 향상을 위하여 재정사업과 병행하여 민간의 자본과 기술 및 창의를 활용하는 임대형 민자사업(BTL)을 추진하게 되었다. 민간이 투자한 비용은 임대형식으로 사업 준공 후 20년간 균등하게 지급하는 사업이다. 2004년 12월 대통령 주재 경제 민생점검회의 겸 국민경제자문회의에서 2005년 5% 경제성장 목표달성 및 40만

개 일자리 창출을 위해 100조원 조기 집행 계획을 수립하면서 하수관로 BTL 사업 도입이 결정되었다. 2005년부터 사업이 추진되었으며 2009년부터 정부지급금(임대료)이 지급되기 시작하였다. 하수관로정비BTL 사업은 ① 하수관로정비사업을 지속적으로 추진하여 국민 보건위생을 향상시키고, ② 하수관로 보급을 통해 미처리 하수를 감소시켜 공공수계 수질 오염을 저감시키며, ③ 하수처리장 유입수질을 설계수질 수준으로 높여 하수처리장 운영 효율을 증대시키는 것을 목적으로 하고 있다.

2005년부터 민간투자사업의 BTL 방식이 도입되어 일반지침 및 추진단계별 세부요령에 따라 BTL 민간투자사업이 전면적으로 추진되었다(KDI 공공투자센터, 2014). 민간투자사업을 통해 전통적으로 정부예산으로 건설·운영하여 온 도로, 항만, 철도, 학교, 환경시설 등 사회기반시설에 대한 민간의 투자를 촉진하여 창의적이고 효율적인 사회기반시설의 확충·운영을 도모함으로써 국민경제의 발전에 이바지함을 목적으로 한다. 다만, 장기간 운영 서비스를 제공받는 BTL사업의 특성상 운영단계의 성과평가에 대한 관심이 높아지고 있다. 시설이용자의 불편한 점이 성과평가 점수로 연계되지 않는 사례가 많이 발생하고 있으며, 이것이 저품질의 운영서비스 제공으로 이어질 경우 그로 인해 발생한 불편은 모두 시설이용자가 받을 수 있다(KDI 공공투자센터, 2014). 정부지급금은 실시협약, 성과 요구수준서에 나타난 정도의 서비스 품질에 한하여 100% 지급된다는 점에서 효율성에 대해 지속적인 평가 및 관리가 필요하다. 더불어 이효성(2017)은 임대형민자사업(BTL) 하수관로 정비 공사의 설계 대비 과다 공사비 투입, 인원 투입 비용의 설계 미반영 등으로 설계 측면에도 한계가 있으며, 관리 측면에서도 감리의 실효성이 없는 등의 한계가 존재한다는 점을 지적하였다. 다만, 정부 예산에 포함된 BTL 임대료는 이미 완료된 사업에 대한 후속적인 비용 지불이기 때문에 현재 예산에서 개선될 부분을 살펴볼 필요가 있음을 지적하였다.

〈표 III-18〉 내역사업 ‘하수관로정비BTL 임대료 지급’ 신청 자격

신청 자격

(공통조건) 유역하수도정비계획 또는 하수도정비기본계획, 물 재이용관리계획에 반영된 사업에 한하여 검토하며, 사업별 기준에 대해 검토할 수 있는 자료가 미흡할 경우 미반영

※ 침수피해가 크고 침수대응대책 추진이 긴급하여 하수도정비중점관리지역으로 지정된 경우에는 하수도정비기본계획 등에 반영되지 않아도 검토 가능

(우선순위) 유역/지방환경청은 관할구역 내의 하수도사업별 우선 순위를 검토하여 제출

- 목표수질을 초과한 중권역, 상수원보호구역, 특별대책지역, 수변구역 등 보호지역의 수질개선이 시급히 필요한 사업
  - 하수찌꺼기에 가축분뇨, 음식물류폐기물 등을 혼합하여 바이오가스를 생산(통합 바이오가스화)하는 사업
  - 오염지류지천 개선사업지역, 새만금 수질개선사업 지역, 패류 생산해역 주변 지역(FDA 지정해역 포함), 정부시책에 포함된 도서지역 등
  - 지자체의 하수도보급률, 하수도요금 현실화율, 해당 지자체 전체 하수도 사업 실행행률을 고려하여 우선순위 결정, 실행행률 제고를 위해 부지확보, 재원협약, 인·허가 및 실시설계 등 사전절차를 이행한 사업은 우선 선정
  - 시설노후화 및 사회여건변화, 처리구역 변경 등에 따라 적정 운영이 어려운 기존 처리시설의 연계처리, 통합 등 운영효율화 개선사업
  - 공공하수도 운영실태 점검결과가 미흡(2년 연속 80점 미만)한 지자체는 하수도 분야 보조금 예산편성 우선순위 적용 배제 가능
  - 하수도 자산관리체계 도입\*을 통해 수립된 투자계획에 따른 개량사업
- \* 지자체별로 하수도자산DB를 구축하고 개별 또는 국가하수도자산관리 정보시스템을 활용하여 잔존수명 예측 및 최적 투자계획 도출

(지원대상) 2005년부터 추진한 하수관로정비 임대형민자사업(BTL) 중 완료된 사업에 대하여 2023년도 임대료의 정부지급금 - 2023년도 준공예정인 사업은 준공 익일부터 정부지급금을 산정하여 예산 신청

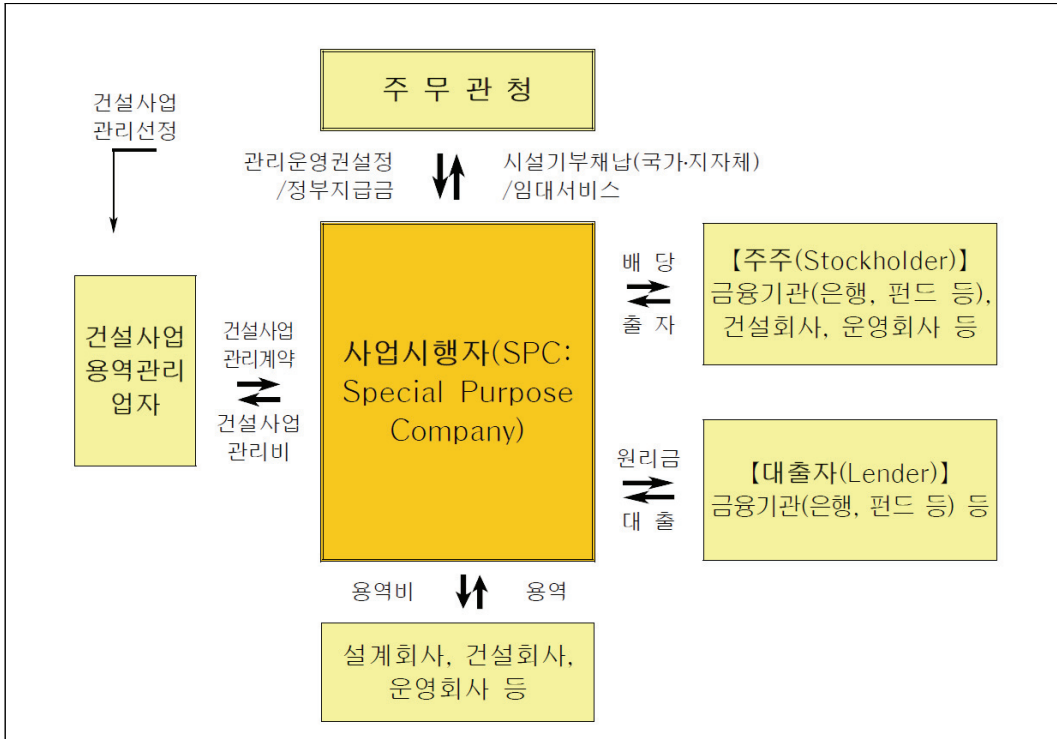
※ 환경청은 사업 준공 시 보조금 확정(정산) 및 5년마다 재확정을 실시하고, 지자체에서는 이를 토대로 임대료 예산 신청

자료: 환경부(2023), 『하수도 분야 보조금 편성 및 집행관리 실무요령』

「민간투자법」 제9조에 따라 민간이 민간투자대상사업을 발굴하여 주무관청에 민간투자 사업을 제안하는 방식으로 하수관로 민간투자사업이 이루어진다. 민간사업자는 설계, 자금 조달, 건설 및 운영을 모두 담당하게 되고 운영의 범위는 운영기간 중 사업의 성과를 보증할 수 있는 범위 내에서 주무관청이 결정하도록 되어 있다.

[그림 III-11] 하수관로정비BTL 운영방식

(단위: 억원)



자료: 환경부(2018), 『하수관로정비 임대형 민자사업(BTL) 시행지침』

정부는 민간사업자에게 시설임대료와 운영비용을 지급하게 된다. 시설임대료는 민간이 투입한 시설투자비에 대한 보상분이며 운영비용은 하수관로의 유지 및 보수 등 민간이 시설운영을 담당하면서 지출한 비용에 대한 보전분에 해당한다. 준공시점의 시설임대료는 다음과 같은 방식으로 정해진다.

$$\text{시설임대료} = \text{총민간투자비} \times \frac{\text{수익률}}{1 - (1 + \text{수익률})^{-\text{(임대기간)}}}$$

총민간투자비는 총민간사업비에 물가변동분과 건설이자를 가산하여 산출되며 총사업비는 조사비, 설계비, 보상비, 공사비, 부대비, 운영설비비, 제세공과금 및 영업준비금으로 구성된다.

하수관로 BTL 사업지역의 선정은 ‘수질관리특별대책지역, 수질오염총량제 시행지역, 댐 상류지역 등 수질개선이 긴급하여 관로정비가 시급한 지역’과 ‘BTL 사업의 효율적인 집행 및 추진성과 제고를 위하여 사업규모가 300억원 이상인 사업을 우선적으로 선정’하도록 되어 있다. 타당성 검토 및 우선순위 선정의 평가기준은 관로보급률이 낮을수록, 하수처리장의 가동률이 높을수록, 하수처리장의 BOD 설계수질대비 유입수질이 낮을수록, 처리장의 완공연도가 가까울수록 우선순위의 점수를 부여하게 된다. 또한 정비가 시급한 지역일수록 높은 우선순위가 부여되는 방식이다.

### 가. 하수관로정비BTL 임대료지급

〈표 III-19〉와 [그림 III-12]는 2005년부터 사업이 추진되어 2009년부터 지급된 하수관로정비BTL 임대료(예산)를 나타내고 있다. 2005년부터 시작된 사업은 2010년대 초반까지 활발히 진행되어 왔으나 이후 하수관로정비는 재정사업을 위주로 진행되었다. 따라서 2010년대 이후의 BTL 임대료 중 국비는 약 3,000억원 내외로 꾸준히 유지되고 있다. 지방비는 약 2,000억원 수준이다. 2010년 이후 지급되는 일정 수준의 임대료는 추가적으로 많은 BTL 사업이 진행되지 않는다면 20년 후인 2030년대 초반까지 비슷한 수준을 유지할 것으로 예상된다.

〈표 III-19〉 세부사업 ‘하수관로정비BTL’ 예산 현황: 내역사업 ‘하수관로정비BTL 임대료 지급’

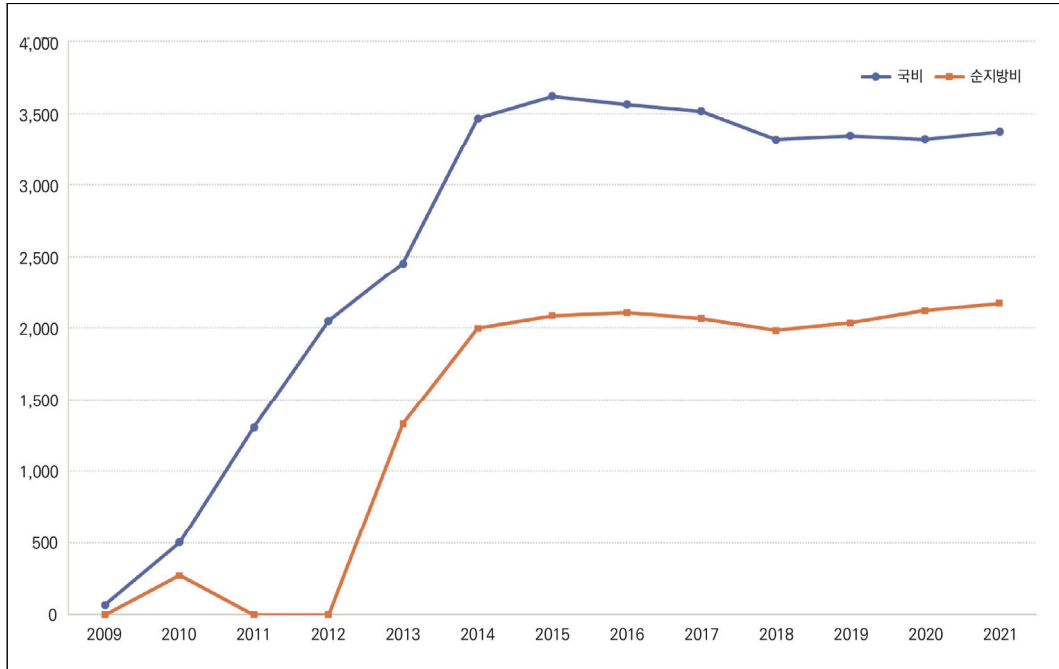
(단위: 백만원)

담당부처	내역사업명	예산		
		2021	2022	2023
환경부	하수관로정비BTL 임대료 지급	337,491	335,722	336,493

자료: 환경부 내부자료

[그림 III-12] 하수관로정비BTL 임대료: 국비 및 순지방비(2009~2021)

(단위: 억원)



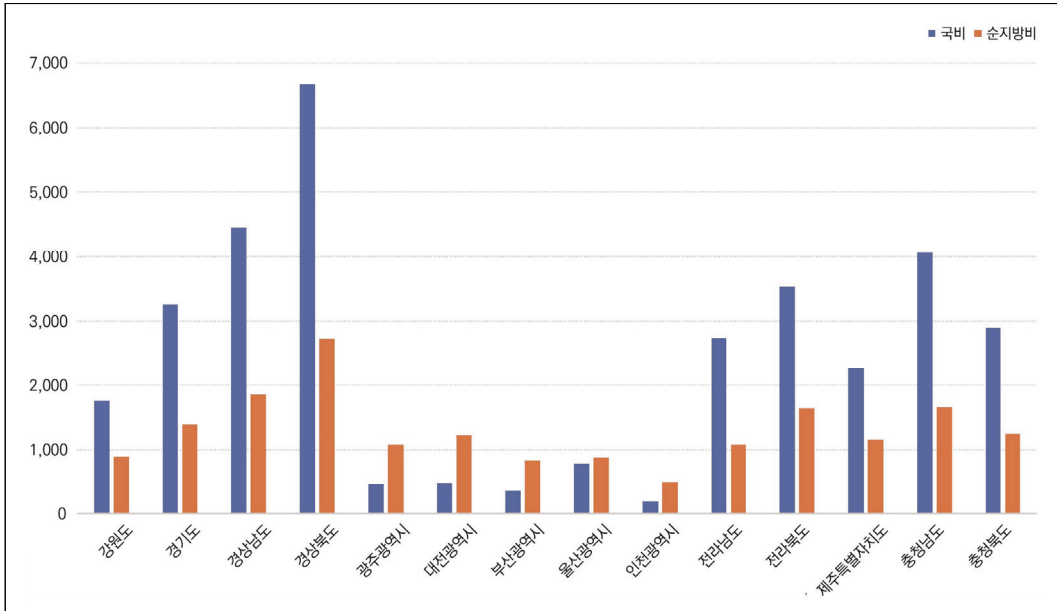
자료: 환경부 내부자료

[그림 III-13]은 2009년에서 2021년까지의 지자체별 국비 및 순지방비로 지급된 BTL 임대료를 나타내고 있다. 경상북도와 경상남도가 가장 많은 BTL 임대료를 지급하였으며 충청남도 및 전라북도가 다음으로 높은 임대료를 지급하였다. 이는 대체로 지역의 넓이와 비례의 관계를 보이고 있다.<sup>6)</sup> 다만 제주특별자치도는 토지 면적이 국내의 1.8%에 불과하나 BTL 임대료(국비 + 순지방비)는 약 6.6%를 차지하고 있다.

6) 2022년 기준 경상북도는 우리나라의 총면적의 19.0%, 강원도 16.8%, 전라남도 12.3%, 경상남도 10.5%, 경기도 10.2%를 차지하고 있다.

[그림 Ⅲ-13] 지역별 하수관로정비BTL 임대료: 국비 및 순지방비(2009~2021)

(단위: 억원)



자료: 환경부 내부자료

## 6. 하수관로정비

하수도는 크게 배수설비, 관로, 처리장으로 구분된다. 이 중 하수관로는 오수관, 오수맨홀, 빗물맨홀, 빗물관으로 구성되며, 주로 오수관을 통해 오수를 하수처리장으로 보내는 역할을 한다. 하수도는 크게 오수관과 빗물관을 분리하는 분류식과 빗물과 오수를 하나의 관으로 하는 합류식 하수도로 나뉜다. 합류식 관로는 모든 하수를 하수처리장으로 보내어 처리하는 방식이지만, 폭우와 같이 많은 양의 우수가 발생하는 상황에서는 시스템의 용량을 초과할 수 있다. 이런 경우 일부 미처리 하수가 하천이나 바다로 직접 방류될 수 있다. 따라서 환경오염을 야기할 수 있는 큰 단점이 존재하여 최근에는 분류식 관로를 많이 설치하고 있다. 다만, 분류식 관로는 두 개의 별도 관로 시스템이 필요하기 때문에 설치 및 유지관리비용이 비싸다는 단점이 존재한다. 또한 관리적인 측면에서 분류식은 더 어려우며 정기적인 점검이 필수적이다.

2021년 기준 하수관로 설치계획은 194,932km인데 167,409km가 설치되어 관로 보급률이 85.9%를 나타내고 있다.<sup>7)</sup> 합류식관로 42,601km(25.4%), 오수관로 72,621km(43.4%),

우수관로 52,187km(31.2%)로 구성되어 있다. 다만 서울시의 하수관로 보급률은 99.8%인 반면, 농어촌지역이 많은 전라남도의 경우 78.9%로 지역별로 차이가 큰 것을 확인할 수 있다.

〈표 III-20〉 연도별 하수관로 보급현황

구분(km)	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
계획연장	171,803	178,951	184,771	191,025	194,547	196,960	194,932	
시설 연장	총계	137,194	143,168	149,029	156,258	160,093	163,099	
	합류식	44,228	43,738	43,210	43,826	43,376	42,137	
	분류식	합계	92,966	99,430	105,819	112,432	116,717	120,962
		우수	54,721	58,334	61,376	64,857	67,458	69,656
	우수	38,245	41,096	44,443	47,575	49,259	51,306	
하수관로 보급률(%)	79.9	80.0	80.7	81.8	82.3	82.8	85.9	

자료: 환경백서(2022)

하수관로 정비의 주요 목적은 오수를 일정 수준 이상으로 처리하여 하천의 오염을 방지하는 것이다. 더불어 기후변화에 따른 집중호우의 빈도가 높아져 홍수 등의 자연재해가 발생하게 되어 빗물관리기능 강화 필요성이 대두되었다. 이에 공공하수도의 빗물관리 기능을 강화한 하수도정비 종합대책(2012년 5월)이 수립되었다. 이를 위해 기존의 하수관로정비 뿐만 아니라 하수저류시설 및 대심도 하수 저류터널 설치 등에 대한 지원을 하게 되었다.

하수도사업에 대한 비효율성 및 비효과성에 대한 지적은 지속적으로 제기되었다. 국회예산정책처(2009)는 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, DEA)을 통하여 하수도사업이 방만한 투자 및 적정 규모 이하의 운영 등으로 말미암아 비효율성이 큰 것으로 지적하였다. 특히 지역별 하수도공기업들 간의 상대적 효율성의 차이가 컸으며, 특히 하수처리장이 집중적으로 많이 건설된 한강수계 하수관로정비사업지역의 효율성이 매우 낮은 것으로 나타났다. 다만 하수관로정비사업과 관련하여서는 효율성 향상에 기여하고 있는 것으로 평가하였다. 도시침수 및 하천홍수 방지대책과 관련하여 국회예산정책처(2022)에서 정부에서 수해 대응체계 업그레이드 계획으로 2023년 예산안에 반영한 ‘도림천 일대 침수방지사업’과 ‘대심도 하수저류시설 사업’에 대한 철저한 관리의견을 제시하였다. 특히 대심도

7) 환경백서(2022), 하수관로 보급률(%) = (시설연장/계획연장) × 100

하수처리시설 사업은 신규 추진되는 점을 고려하여 기본계획 수립 및 입찰방법 심의 등 관련 절차에서 철저한 관리가 필요할 것임을 지적하고 있다. 감사원(2018)은 국회의 요구<sup>8)</sup>로 환경부의 하수관로 정비사업에 대해 감사를 진행하였다. 감사결과 일부 지역(부산광역시, 광주광역시, 청주시, 의정부시)에서 여건상 우수·오수를 분리처리하는 완전 분류식화가 불가능한데도 이를 추진하여 우수와 오수가 섞여 하수처리시설 혹은 하천 및 해변으로 유입되는 문제가 발생하였음을 지적하였다. 이에 따라 환경부는 우수관에서 하천으로 방류되는 우수 수질 등을 철저히 관리할 필요가 있고, 분류식화 사업의 효율적 추진을 위해 성과평가를 통한 예산차등지원방안 등을 마련할 필요성이 있음을 통보하였다.

### 가. 하수관로정비

하수관로정비는 하수의 완벽한 배수체계 구축을 통해 국민보건·위생확보 및 쾌적한 생활환경을 조성하고, 하수의 유출 및 누출을 방지하여 하수처리장의 운영효율 제고 및 하천수질개선 도모를 목적으로 지원하는 사업이다. 국고보조율은 광역시 30%, 특별자치시·도, 시군 60%이다.

사업이 진행된 이력을 간략히 살펴보면 '94년 건교부에서 환경부로 '하수관거 업무'가 이관되었다.<sup>9)</sup> 강우 시 지표유출수 배제를 목적으로 설치된 우수관로는 노후화가 진행되고 불량한 상태가 되어 하수처리시설의 건설에도 불구하고 하수가 제대로 유입되지 못하여 처리효율이 매우 낮았다.<sup>10)</sup> 이에 따라 '02년 하수관거 정비 원년을 선포하였으며 '05년부터 지방양여금에서 국고보조사업으로 전환되었다.<sup>11)</sup>

8) 2018년 4월 2일 「국회법」 제127조의2의 규정에 따라 감사원에 하수관로 정비사업에 대한 감사요구안을 통보하였다

9) '하수관거'라는 용어는 2013년 법 개정 과정에서 '하수관로'로 개정되었고, 이에 따라 본 보고서에서는 기본적으로는 하수관로라는 용어를 사용하되 과거 사업의 명칭 등에 한정하여 하수관거라는 용어를 유지하였다.

10) 본 내용은 환경백서(2022)의 내용을 참고하여 작성하였다. 1999년 조사결과 150개 하수처리장 중 103개소가 저농도로 드러나 맹물처리장이라는 지적을 받았다.

11) 2004년 1월 29일 「지방양여금법」이 폐지되면서 2005년부터 지방양여금제도는 시행되지 않게 되었다.(나무위키: 지방양여금)

〈표 III-21〉 세부사업 ‘하수관로정비’ 예산 현황

(단위: 백만원)

담당부처	내역사업명	예산		
		2021	2022	2023
환경부	도시침수대응	88,123	96,397	154,078
	하수관로정비	715,507	748,773	783,948
	노후하수관로 정밀조사지원	18,448	17,511	9,590
	대심도 하수저류시설 설치	-	-	5,435

자료: 환경부 내부자료

〈표 III-22〉 내역사업 ‘하수관로정비’ 신청 자격

신청 자격
<p>(공통조건) 유역하수도정비계획 또는 하수도정비기본계획, 물 재이용관리계획에 반영된 사업에 한하여 검토하며 사업별 기준에 대해 검토할 수 있는 자료가 미흡할 경우 미반영</p> <p>※ 침수피해가 크고 침수대응대책 추진이 긴급하여 하수도정비중점관리지역으로 지정된 경우에는 하수도정비기본계획 등에 반영되지 않아도 검토 가능</p>
<p>(우선순위) 유역/지방환경청은 관할구역 내의 하수도사업별 우선순위를 검토하여 제출</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목표수질을 초과한 중권역, 상수원보호구역, 특별대책지역, 수변구역 등 보호지역의 수질개선이 시급히 필요한 사업</li> <li>- 하수찌꺼기에 가축분뇨, 음식물류폐기물 등을 혼합하여 바이오가스를 생산(통합 바이오가스화)하는 사업</li> <li>- 오염저류지천 개선사업지역, 새만금 수질개선사업 지역, 패류 생산해역 주변 지역(FDA 지정해역 포함), 정부시책에 포함된 도서지역 등</li> <li>- 지자체의 하수도보급률, 하수도요금 현실화율, 해당 지자체 전체 하수도 사업 실행행률에 고려하여 우선순위 결정, 실행행률 제고를 위해 부지확보, 재원협외, 인·허가 및 실시설계 등 사전절차를 이행한 사업은 우선 선정</li> <li>- 시설노후화 및 사회여건변화, 처리구역 변경 등에 따라 적정 운영이 어려운 기존 처리시설의 연계처리, 통합 등 운영효율화 개선사업</li> <li>- 공공하수도 운영실태 점검결과가 미흡(2년 연속 80점 미만)한 지자체는 하수도 분야 보조금 예산편성 우선순위 적용 배제 가능</li> <li>- 하수도 자산관리체계 도입*을 통해 수립된 투자계획에 따른 개량사업</li> </ul> <p>* 지자체별로 하수도자산DB를 구축하고 개별 또는 국가하수도자산관리 정보시스템을 활용하여 잔존수명 예측 및 최적 투자계획 도출</p>
<p>(신청대상) 지반침하 및 하수의 안전한 이송을 위한 노후하수관로 개량(교체·보수)사업, 하수처리구역 확대를 위한 하수관로 신설사업, 기존 합류식 지역의 분류식화를 위한 관로정비사업, 하수관로 기인 약취 저감을 위한 약취 개선 사업</p>
<p>(제외대상) 「하수도법」 제16조의 규정에 따라 비관리청이 공공하수도 관리청의 허가를 받아 시행 예정된 하수관로정비사업 (택지개발 및 재개발, 산업단지개발, 관광단지개발, 공항건설 등) 도로개설, 주차장 건설, 제방정비, 하천복개 등 하수의 차집·이송과 무관한 시설</p>
<p>(우선지원) ‘지반침하 대응 노후 하수관로 정비대책’(2017. 3.)에 포함된 사업, 2차 노후관로 정밀조사(2019~) 결과 보수가 필요하다고 평가된 관로 정비사업</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 하수처리장 신·증설 계획 시 하수관로 신설이 포함된 경우(하수처리장과 하수관로의 준공연도 고려)</li> <li>- ‘지반침하 대응 노후하수관로 정비대책’(2017. 3.)에 포함된 일반물량 사업, 처리장 유입수질이 낮고 처리장 가동률이 높아 정비가 시급한 지역 중 기술진단 등을 실시하여 타당성이 검증된 경우</li> </ul> <p>※ 기술진단 결과보고서, CCTV 조사결과보고서 등 결함 정도를 확인할 수 있는 객관적 자료 제시</p>

자료: 환경부(2023), 『하수도 분야 보조금 편성 및 집행관리 실무요령』

주요 지원대상은 ① (노후관 개량) 노후하수관로 정밀조사 결과, 대도시 지역 등 지반침하 발생 시 피해가 크다고 우려되는 지역으로 기술진단 실시 결과 하수처리장 유입수질이 낮고 가동률이 높아 관로 개량이 시급한 경우, ② (처리구역 확대) 처리장 신증설과 연계된 하수관로 정비사업, 하수처리장 여유용량이 확보(가동률 80% 이내)되고 기존 하수처리장 유입수질이 설계 대비 80% 이상, ③ (분류식화 사업) 처리장 인접 또는 고농도 오수의 하수처리장 직송을 위한 오수간선관로 설치, 처리장 유입수질이 낮고 가동률이 높아 기존 관로 개량이 시급한 지역 등이다.

공공하수도는 환경부의 지침에 따라 광역시 및 군 단위에서 수립되는 하수도정비기본계획에 따라 행정구역 단위로 하수도 시설이 운영 및 관리되어 실제 유역 단위의 수질개선이나 투자효율화 측면에서 문제가 제기되었다(류재나·김호정, 2019). 이에 따라 2012년 「하수도법」 개정을 통해 유역하수도정비계획을 수립하여 유역단위로 하수도시설 최적설치계획 및 시군 간 하수도를 통합하여 운영 관리하게 되었다. 이를 반영하여 2019년부터 하수도 국고보조사업 편성 시 유역별 여건을 고려하여 예산을 편성하는 방식으로 전환하였다.

## 나. 도시침수대응

도시침수대응 사업은 하수범람으로 침수피해가 발생하거나 발생할 우려가 있는 지역에 하수관 정비, 저류시설 설치 등 하수도 인프라를 확충하여 상습 침수지역 해소 및 공공수역 수질개선을 목적으로 한다. 도시침수대응사업은 기후변화에 따른 집중호우 등의 기상재해가 빈번하게 발생함에 따라 필요성이 대두되었다. 이에 공공하수도의 빗물관리기능 강화 필요성이 대두됨에 따라 공공하수도의 빗물관리기능을 강화한 도시침수 예방을 위한 하수도 정비대책을 마련(2012. 5.)하게 되었으며, 이에 따라 시설설치 및 정비에 연도별로 국고를 지원하고 있다. 2013년 2월, 「하수도법」을 개정하여 하수도정비중점관리지역 지정 제도를 도입·시행함으로써 하수관로의 우수 관리 기능을 강화하고 있다.

〈표 III-23〉 내역사업 ‘도시침수대응’ 신청 자격

신청 자격
<p>(공통조건) 유역하수도정비계획 또는 하수도정비기본계획, 물 재이용관리계획에 반영된 사업에 한하여 검토하며, 사업별 기준에 대해 검토할 수 있는 자료가 미흡할 경우 미반영</p> <p>※ 침수피해가 크고 침수대응대책 추진이 긴급하여 하수도정비중점관리지역으로 지정된 경우에는 하수도정비기본계획 등에 반영되지 않아도 검토 가능</p>
<p>(우선순위) 유역/지방환경청은 관할구역 내의 하수도사업별 우선 순위를 검토하여 제출</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목표수질을 초과한 중권역, 상수원보호구역, 특별대책지역, 수변구역 등 보호지역의 수질개선이 시급히 필요한 사업</li> <li>- 하수찌꺼기에 가축분뇨, 음식물류폐기물 등을 혼합하여 바이오가스를 생산(통합 바이오가스화)하는 사업</li> <li>- 오염저류지천 개선사업지역, 새만금 수질개선사업 지역, 패류 생산해역 주변 지역(FDA 지정해역 포함), 정부시책에 포함된 도서지역 등</li> <li>- 지자체의 하수도보급률, 하수도요금 현실화율, 해당 지자체 전체 하수도 사업 실적행률에 고려하여 우선순위 결정</li> <li>- 실적행률 제고를 위해 부지확보, 재원협의, 인·허가 및 실시설계 등 사전절차를 이행한 사업은 우선 선정</li> <li>- 시설노후화 및 사회여건변화, 처리구역 변경 등에 따라 적정 운영이 어려운 기존 처리시설의 연계처리, 통합 등 운영효율화 개선사업</li> <li>- 공공하수도 운영실태 점검결과가 미흡(2년 연속 80점 미만)한 지자체는 하수도 분야 보조금 예산편성 우선순위 적용 배제 가능</li> <li>- 하수도 자산관리체계 도입*을 통해 수립된 투자계획에 따른 개량사업</li> </ul> <p>* 지자체별로 하수도자산DB를 구축하고 개별 또는 국가하수도자산관리 정보시스템을 활용하여 잔존수명 예측 및 최적 투자계획 도출</p>
<p>(지원대상) 하수관로 용량부족에 따른 도시침수를 예방하기 위한 관로정비사업 및 하수저류시설 설치사업 등을 지원</p> <p>※ 침수피해가 크고 침수대응대책 추진이 긴급할 경우 지정 전이라도 신청하고, 추후 지정 가능한 사업</p>
<p>(전제조건) 신청대상은 하수의 범람으로 인하여 침수피해가 발생하거나 발생할 우려가 있는 지역, 공공수역의 수질을 악화시킬 우려가 있는 지역에 한함</p>
<p>(제외대상) 「재난 및 안전관리 기본법」 등 타 법에 따라 국고보조금이 관련 정비계획에 반영된 지역, 농작물이 경작되는 농경지 지역</p>
<p>(우선순위) 하수도정비중점관리지역 지정, 하수도정비대책 승인완료, 최근 10년간 3회 이상 침수되었거나, 피해액 10억원 이상 발생한 지역</p>

자료: 환경부(2023), 『하수도 분야 보조금 편성 및 집행관리 실무요령』

#### 다. 노후하수관로 정밀조사지원

노후하수관로 정밀조사지원사업은 지반침하 우려가 높은 노후 하수관로에 대한 정밀조사 지원으로 파손, 결함 하수관로에 대한 정비를 통해 지반침하 사전 예방을 목적으로 하고 있다. 2014년 12월, 관계부처 합동으로 지반침하 예방대책을 수립함에 따라 2015~2016년 전국에서 매설된 지 20년 이상 경과된 하수관로 16,500km에 대하여 정밀조사를 추진하였다. 이후 진행되는 정밀조사지원사업은 2015~2016년 사이에 조사를 실시하지 않

은 구간 중 매설된 지 20년 이상 지난 하수관로를 대상으로 하며, 특히 지반침하 가능성이 있는 하수관로가 신청대상이 된다. 예산의 신청은 노후 하수관로 제2차 정밀조사 지자체 수요조사(2019. 3.) 시 제출한 정밀조사 계획 물량과 비교·검토하여 결정된다.

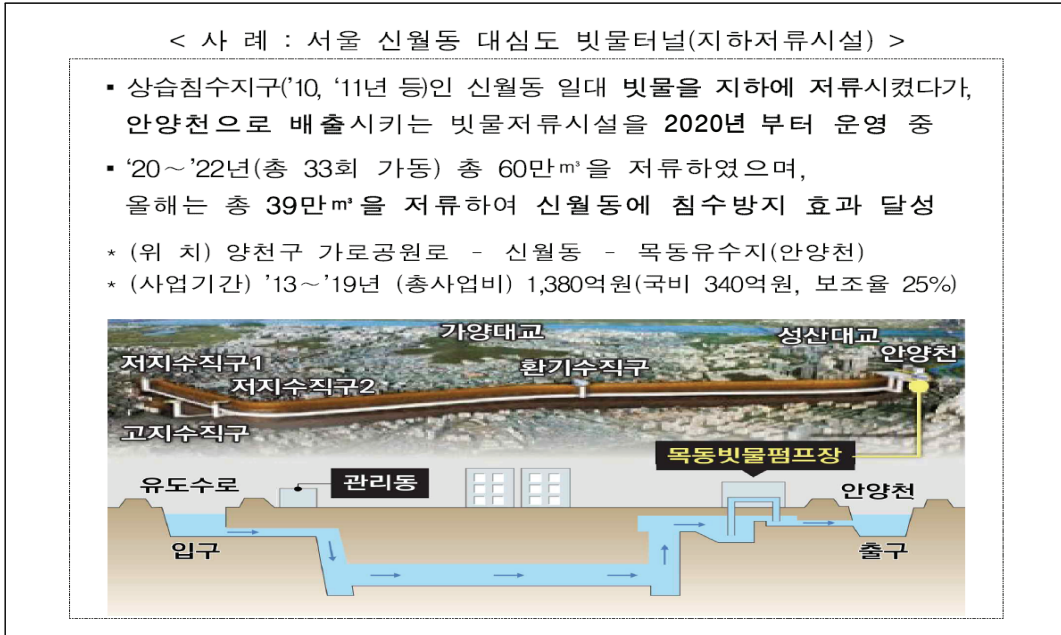
### 〈표 III-24〉 내역사업 ‘노후하수관로 정밀조사지원’ 신청 자격

신청 자격
<p>(공통조건) 유역하수도정비계획 또는 하수도정비기본계획, 물 재이용관리계획에 반영된 사업에 한하여 검토하며, 사업별 기준에 대해 검토할 수 있는 자료가 미흡할 경우 미반영</p> <p>※ 침수피해가 크고 침수대응대책 추진이 긴급하여 하수도정비중점관리지역으로 지정된 경우에는 하수도정비기본계획 등에 반영되지 않아도 검토 가능</p>
<p>(우선순위) 유역/지방환경청은 관할구역 내의 하수도사업별 우선 순위를 검토하여 제출</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 목표수질을 초과한 중권역, 상수원보호구역, 특별대책지역, 수변구역 등 보호지역의 수질개선이 시급히 필요한 사업</li> <li>- 하수찌꺼기에 가축분뇨, 음식물류폐기물 등을 혼합하여 바이오가스를 생산(통합 바이오가스화)하는 사업</li> <li>- 오염저류지천 개선사업지역, 새만금 수질개선사업 지역, 패류 생산해역 주변 지역(FDA 지정해역 포함), 정부시책에 포함된 도서지역 등</li> <li>- 지자체의 하수도보급률, 하수도요금 현실화율, 해당 지자체 전체 하수도 사업 실행행률에 고려하여 우선순위 결정</li> <li>- 실행행률 제고를 위해 부지확보, 재원협약, 인·허가 및 실시설계 등 사전절차를 이행한 사업은 우선 선정</li> <li>- 시설노후화 및 사회여건변화, 처리구역 변경 등에 따라 적정 운영이 어려운 기존 처리시설의 연계처리, 통합 등 운영효율화 개선사업</li> <li>- 공공하수도 운영실태 점검결과가 미흡(2년 연속 80점 미만)한 지자체는 하수도 분야 보조금 예산편성 우선순위 적용 배제 가능</li> <li>- 하수도 자산관리체계 도입*을 통해 수립된 투자계획에 따른 개량사업</li> </ul> <p>* 지자체별로 하수도자산DB를 구축하고 개별 또는 국가하수도자산관리 정보시스템을 활용하여 잔존수명 예측 및 최적 투자계획 도출</p>
<p>(지원대상) 매설된 지 20년 이상된 하수관로 중 지반침하 가능성이 있는 하수관로로 과거조사('15~'16) 미 실시 구간</p>
<p>자료: 환경부(2023), 『하수도 분야 보조금 편성 및 집행관리 실무요령』</p>

## 라. 도심도 하수저류시설 설치

도심도 하수저류시설은 지하에 큰 저류조(터널)를 설치하여 도심지의 빗물을 일시에 저류하였다가 호우가 끝나면 펌프장을 통해 인근 하천으로 배출하는 시설을 말한다. 2022년 8월 서울시에 집중호우 피해가 발생함에 따라 강남역과 광화문에 우선 설치를 추진하였으며, 2022년 11월 예비타당성 조사를 면제하여 2023년 설계를 착수, 2027년 완공을 목표로 하고 있다. 국고보조율은 25%이며 2023년 설계비 55억원이 예산에 반영되었다.

[그림 III-14] 하수저류시설 예시



자료: 환경부(2022. 8. 23.), 「도시침수 및 하천홍수 방지대책」

강남구의 대심도 하수저류시설에는 총사업비 약 5,386억원이 투입될 예정이다. 강남역 인근 상습 침수지역의 2022년 피해 현황은 다음과 같다. 상당한 수의 건물이 침수되고 3,000명이 넘는 이재민이 발생한 것으로 보고되었다.

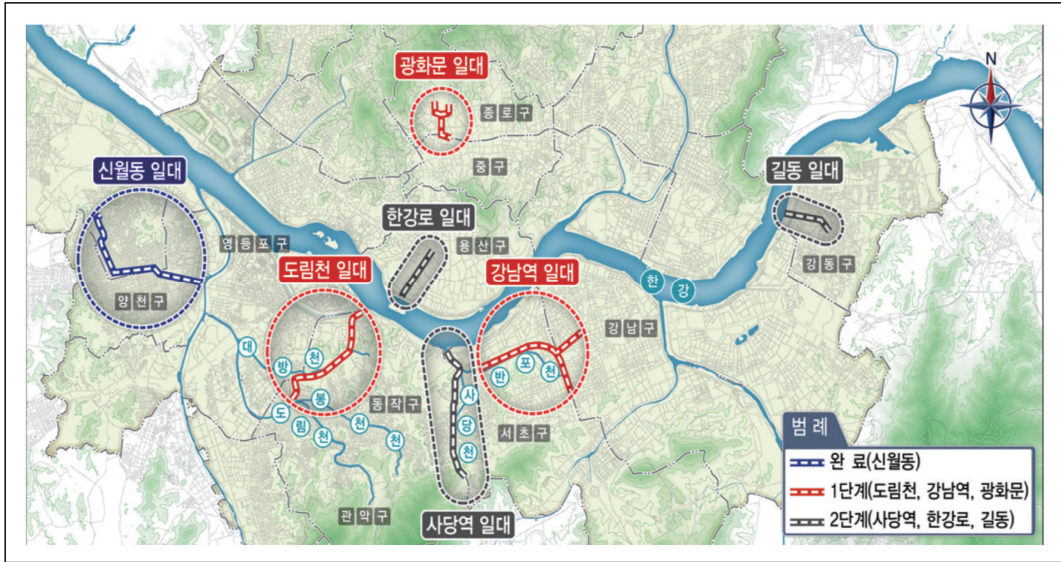
<표 III-25> 강남역 인근 침수피해현황

침수 위치	침 수 발생일	강우량 (mm/d)	시간 최대 강우량 (mm/hr)	강우 지속 시간 (hr)	침수 면적 (km <sup>2</sup> )	침수피해대상				피해액 (백만원)	근거 자료
						시가지 침수 (km <sup>2</sup> )	건물 (동)	이재민 (인)	인명 피해 (인)		
강남구 역삼동, 서초구 서초동 일원	'10.9.21.	293.0	71.5	15	-	-	316	-	-	-	자연 재해 저감 종합 계획
	'11.7.27.	320.0	72.0	17	-	-	1,214	-	-	-	자치구 자료
	'22.8.8.	326.5	116.0	19	1.72	1.72	3,092	3,078	3	-	자치구 자료

자료: 환경부 내부자료

대심도 하수저류시설은 1980년대 초 미국에서 건설되기 시작한 후 홍수피해방지 및 하수오염저감을 위해 설치되고 있다(손민영·장기철, 2023). 서울시는 총 6곳에 10년간 1조 5,000억원을 투입하여 대심도 하수저류시설을 건설할 계획을 발표한 바 있다.

[그림 III-15] 서울 대심도 하수저류시설 사업계획



자료: 손민영·장기철(2023)

대심도 하수저류시설은 막대한 공사비가 필요하다. 그러나 건물, 지하시설, 통신 및 기타 관로 등이 복잡하게 얽힌 도심지에서는 침수예방 시설의 설치가 어려울 뿐만 아니라 그 효과성에도 한계가 있다. 또한 대심도 시설은(고층 시가지의 경우 지표면에서 40m 이상) 지하에 설치하게 되어 토지 소유권 문제에서 비교적 자유로울 수 있다는 장점이 있다.<sup>12)</sup> 이러한 장점으로 인하여 인구와 건물이 밀집한 도심지에서 침수예방대책으로 적극적으로 고려되고 있다.

12) 지하소유권에 대해서는 법률로 명확히 정의되지 않고 있다. 다만 판례를 보면 1981년 대구고등법원은 18~130m 지하에 터널을 만든 것은 토지소유권을 침해한 것이 아니라고 판단한 바 있다. 반면 2011년 대구지방법원에서는 지하 22~95m 지점까지의 토지소유권을 인정했다. 2013년 부산지방법원도 허가받은 범위를 넘어서 지하 23~50m를 굴착해 터널을 만드는 일은 토지소유권을 침해한 것이라고 인정했다. 『한국경제신문』, 2014. 8. 26., <https://www.hankyung.com/article/2014082683791>, 검색일자: 2024. 1. 31.

## 7. 면단위하수처리시설 설치

면단위하수처리시설 설치사업은 농어촌마을하수도 정비사업과 목적이 같다. 주거환경이 낙후된 농어촌지역의 하수도보급을 확대하고, 농어촌마을에서 배출되는 생활하수를 초기단계에서 정화함으로써 하천 및 상수원 등의 수질오염을 방지하는 것을 목적으로 한다. 다만, 농어촌마을하수도 정비사업이 「농업·농촌 및 식품산업 기본법」 제3조 제5호에 따른 농촌과, 「수산업·어촌발전 기본법」 제3조 제6호에 따른 어촌 지역이 대상인 것과 달리, 면단위하수처리시설 설치사업은 하수도정비기본계획에 반영된 행정구역 단위상 면(面)지역을 하수처리구역으로 하는 공공하수처리시설이 대상이다.

〈표 III-26〉 면단위하수처리시설 설치 사업의 내역사업 개요

내역사업명	지원대상	지원내용
Ⅰ 면단위하수처리시설 설치	• 지방자치단체	○ 하수도정비기본계획에 반영된 행정구역 단위상 면(面)지역을 하수처리구역으로 하는 공공하수처리시설 ○ 하수처리장 설치사업의 내용을 동일하게 적용

자료: 환경부(2023), 『하수도 분야 보조금 편성 및 집행관리 실무요령』

〈표 III-27〉은 행정구역의 단위별 2021년 공공하수처리구역인구 보급률, 고도처리인구 보급률, 하수도 설치율을 나타낸다. 〈표 III-27〉을 보면 7개 특별·광역시 69개 구지역의 공공하수처리구역인구 보급률은 99.51%에 달하며, 고도처리인구 보급률과 하수도 설치율도 각각 98.94%와 91.44%이다. 군지역의 공공하수처리구역인구 보급률은 76.78%, 고도처리인구 보급률은 76.78%, 하수도 설치율은 64.1%이다. 같은 지역의 공공하수처리구역인구 보급률은 95.64%, 고도처리인구 보급률은 94.79%, 하수도 설치율은 76.75%이다. 읍지역의 공공하수처리구역인구 보급률은 85.84%, 고도처리인구 보급률은 80.88%, 하수도 설치율은 74.33%이다. 다른 행정구역 단위에 비해 면지역의 공공하수처리구역인구 보급률은 55.09%, 고도처리인구 보급률은 49.12%, 하수도 설치율은 45.08%로 낮게 나타나는 등 면단위 지역에 대한 하수도보급 확대의 정책적 수요가 확인된다. 이러한 정책여건을 바탕으로 면단위하수처리시설 설치사업이 시행되고 있다.

〈표 III-27〉 행정구역 단위별 하수도 보급률 비교

(단위: %)

구분	구	군	동	면	읍
공공하수처리구역인구 보급률	99.51 (1.41)	76.78 (26.95)	95.64 (14.82)	55.09 (26.16)	85.84 (13.78)
고도처리인구 보급률	98.94 (4.52)	76.78 (26.95)	94.79 (15.48)	49.12 (28.31)	80.88 (22.28)
하수도 설치율	91.44 (16.17)	64.1 (30.59)	76.75 (34.28)	45.08 (26.75)	74.33 (18.91)
행정구역 수(개)	69	5	986	1147	216

주: 괄호 안은 표준편차를 나타냄  
 자료: 환경부(2021), 「하수도통계」

## 8. 우수저류시설 설치사업

우수저류시설 설치사업은 ‘우수유출저감시설 설치사업’과 ‘우수유출저감시설 설계검토회의 등 운영’ 등 2개의 내역사업으로 구성되어 있다. 다만, 우수유출저감시설 설계검토회의 등 운영사업은 우수유출저감시설 설치사업의 효율적 관리를 위한 설계검토, 전문가 현장점검 등을 실시하는 활동으로 이하에서 더 자세하게 다룰 만한 사업으로 보기 어려워 여기에서 소개하는 것으로 같음한다. 우수유출저감시설 설계검토회의 등 운영사업의 예산은 최근 3년간 매년 3,300만원이었으며, 위원 참여수당, 현장확인 여비 및 업무협약의 소요비용으로 구성되어 있다.

〈표 III-28〉 내역사업 ‘우수유출저감시설 설치사업’ 개요

지원대상	지원내용
• 지방자치단체	○ 도시화로 불투수 면적이 확대되어 빗물이 급속히 일시적으로 증가함에 따라 발생하는 도시 저지대 침수피해 예방을 위해 저류시설 설치 지원

자료: 하수도 관리 사업군(2024년 예산 요구서)

내역사업인 ‘우수유출저감시설 설치사업’의 경우, 최근 기후변화에 따른 강우강도 증가, 도시화에 따른 불투수 면적 확대 등으로 강우 시 빗물 중 표면유출량이 급증하는 데 반해 증발 및 지반 침투 빗물량은 감소하여 침수피해가 빈번해짐에 따라 이에 대응하기 위하여 도입되었다. 우수저류시설은 재해를 예방하기 위하여 우수를 인위적으로 가두거나 흐르도

록 하는 시설을 의미한다. 해당 시설의 설치사업은 집중호우 시 표면유출량의 처리를 위해 홍수량을 일시 저장하여 침수를 방지하기 위한 목적으로 2009년부터 시행되고 있다.

〈표 III-29〉 세부사업 ‘우수저류시설설치’ 예산 현황

(단위: 억원)

담당부처	내역사업명	예산		
		2021	2022	2023
행정안전부	우수유출저감시설 설치사업	695.1	695.1	784.6
	우수유출저감시설 설계검토회의 등 운영	0.3	0.3	0.3
	합 계	695.4	695.4	785.0

자료: 행정안전부 사업설명자료, 하수도 관리 사업군(2024년 예산 요구서)

우수저류시설 설치사업은 2022년까지 110개소의 시설물을 설치하였고 총사업비 1조 5,919억원(국비 8,345억원)이 소요되었다. 2023년에는 29개소(신규 8개소, 계속 13개소, 마무리 8개소)에 1,570억원의 사업비(국비 785억원)가 배정되어 있으며, 2023년 사업이 종료되면 2009년 이래 총 118개 지구가 완료될 예정이다.

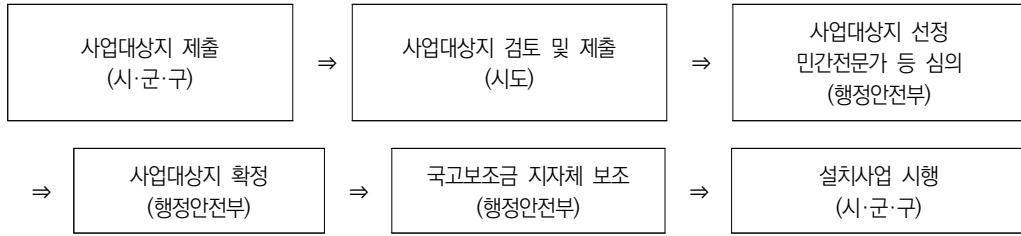
〈표 III-30〉 내역사업 ‘우수유출저감시설 설치사업’ 추진 경과

연도	2009	2009	2009	2019	2020	2022	2023
내용	1월 6일, 「우수유출저감 시설 설치 활성화 사업」 핵심 사업으로 확정	2월 4일, 「우수저류시설 설치사업」으로 사업명 변경	4월 29일, 「우수저류시설 설치사업」 추경 예산 확정(국비 148억원)	생활SOC사업 으로 선정, 사업 확대 추진	“우수유출저감 시설 설계 검토 회의 등 운영” 관련 예산 사업 이관	2022년까지 완료사업: 120개소 (1조 5,919억원)	현재 우수유출 저감시설 설치 사업: 29개소 (1,570억원) 추진 중

자료: 행정안전부 사업설명자료, 하수도 관리 사업군(2024년 예산 요구서)

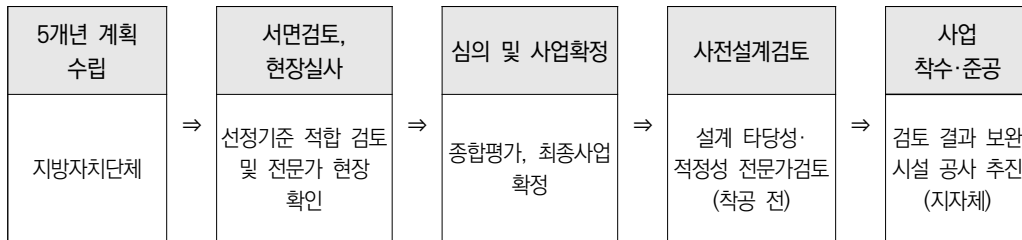
정부에서 시행하는 우수유출저감시설 설치사업은 지방자치단체에서 사업대상지를 선별 하여 제출하고, 대상지가 행정안전부의 심의를 거쳐 최종 사업지로 확정되면 해당 지방자치단체에서 총사업비의 50%를 국고보조금으로 지원받아 사업을 시행하게 된다. 선정 과정에서 전문가들의 심의와 함께 사전타당성도 검토받는다.

[그림 Ⅲ-16] 내역사업 '우수유출저감시설 설치사업' 집행절차



자료: 행정안전부 사업설명자료

[그림 Ⅲ-17] 내역사업 '우수유출저감시설 설치사업' 추진 체계







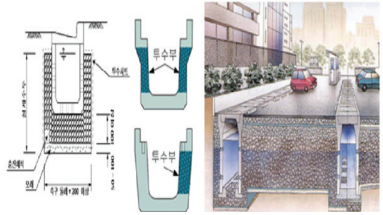


자료: 하수도 관리 사업군(2024년 예산 요구서)

우수유출저감시설은 크게 저류시설과 침투시설이 있다. 저류시설에는 쇄석공극 저류, 운동장저류, 공원저류, 주차장저류 등이 있으며, 침투시설에는 침투통, 침투트렌지, 침투측구, 투수성 포장, 투수성 보도블록 등이 있다.<sup>13)</sup> 참고로, 정부가 재정사업으로 설치하는 시설과 별개로 「자연재해대책법」 제19조의6에 의해 민간사업자가 국토·지역 계획 및 도시의 개발, 산업 및 유통 단지 조성, 관광지 및 관광단지 개발 등 우수유출에 영향을 미치는 개발사업을 시행하는 경우 우수유출저감대책을 수립하고 우수유출저감시설을 설치해야 한다.

13) 행정안전부 홈페이지, <https://www.mois.go.kr/frt/sub/a06/b11/runoffPrevention/screen.do>, 검색일자: 2024. 1. 31.

〈표 III-31〉 우수유출저감시설의 종류

분류		우수유출저감시설	
저류 시설	지역 외 저류 (off-site)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 전용 저류시설: 지하저류시설, 건식저류지, 하수도간선저류 등</li> <li>· 겸용 저류시설: 다목적우수지, 연못 저류, 습지 등</li> </ul>	
			
		〈지하저류시설〉	〈다목적우수지〉
저류 시설	지역 내 저류 (on-site)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 침수형 저류                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 단지 내 저류, 주차장저류, 공원저류, 운동장저류</li> <li>- 전용 저류: 쇄석공극 저류시설</li> </ul> </li> <li>· 건축물 저류: 지하저류조, 저류탱크, 지붕저류, 옥상녹화, 식생수로</li> <li>· 기타: 저류형화단</li> </ul>	
			
		〈아파트 동간 저류〉	〈식생수로〉
침투시설		침투통, 침투트렌치, 침투촉구	투수성 포장, 투수성 보도블록
			
			〈침투촉구〉

자료: 행정안전부 홈페이지, <https://www.mois.go.kr/frt/sub/a06/b11/runoffPrevention/screen.do>, 검색일자: 2024. 1. 31.

행정안전부가 관할하는 우수저류시설은 환경부의 하수저류시설과 목적성 측면에서 유사한 사업으로 평가할 수 있다. 다만 우수저류시설은 「자연재해대책법」 제2조 제6호 및 제19조에 따라 우수의 직접적인 유출을 억제함으로써 재해를 예방하기 위하여 인위적으로 우수를 가두거나 흐르도록 하는 시설로 정의된다. 반면 하수저류시설은 「하수도법」 제2조 제10호에 따라 하수관로에 유입된 하수에 포함된 오염물질이 하천·바다 등으로 방류되는

것을 줄이고 하수가 원활하게 유출될 수 있도록 하수를 일시적으로 저장하는 시설로 구분될 수 있다. 하지만 그 목적성 및 시설의 구조 측면에서 유사성이 있어 다음 장에서 이에 대해 자세히 다룬다.

## 9. 평가의 필요성 및 세부사업별 논리모형

### 가. 심층평가의 필요성

제1절에서도 언급한 바와 같이 2023년 기준 수질·하수도에 대한 예산은 환경부 전체 예산의 23.2%를 차지하며, 물관리 분야 예산 중에서는 54.5%를 차지하는 대표적인 재정 투입 부문이다. 그러나 물관리 분야의 양대 축이라 할 수 있는 상수도과 하수도를 비교하면 하수도 부문의 요금 현실화율은 낮고(2021년 기준 상수도 72.9%, 하수도 45.3%), 지자체 국고보조 비중은 높아(2021년 기준 상수도 9.5%, 하수도 19.5%) 관리비용에 있어 중앙정부 의존도가 높은 상황이다. 또한 하수도 보급률은 95% 수준에 이르지만 예산은 계속 확대되고 있다. 물론 신규 설치뿐 아니라 노후된 시설을 정비하는 비용도 들어가지만 보급이 거의 대부분 이루어진 상황에서 예산이 계속 증가하는 것은 적정한 예산이 투입되는지에 대한 검토 필요성을 단적으로 보여주는 부분이라 할 수 있다. 하수도 관리 사업군의 상황이 이러하지만 지금까지 한 차례도 심층평가 등을 통한 재원 운용의 효과나 적절성에 대한 분석이 이루어지지 않았다. 다만, 국회예산정책처 등에서 일부 사업에 대한 문제 제기가 있었을 뿐이다.

지금까지 하수도 관리 사업군과 관련하여 제기된 이슈를 요약하면 다음과 같다. 국회예산정책처(2009)는 하수도 부문이 방만한 투자 및 적정 규모 이하의 운영 등으로 비효율성이 나타나고 있음을 지적하였다. 그렇지만 이러한 지적에도 불구하고 하수관로 정비사업이 하수도 시설의 효율성을 향상시키는 데에 일정 수준 기여하고 있다고도 평가하였다. 문현주·정아영(2014)은 하수도 요금 현실화율이 낮아 재원조달 구조를 개선할 필요가 있음을 지적하였다. 최근에는 스마트하수도 관리체계 구축·운영 사업이 더디게 진행됨에 따라 예산 집행 지연을 감안하여 예산배정을 적정 규모로 조정할 필요가 있음을 지적하였다(국회예산정책처, 2021). 또한 도시침수 및 하천홍수 방지대책 관련 사업에 적정 예산 규모가 편성되고 차질 없이 집행될 수 있도록 철저한 관리가 필요하다는 지적도 있었다(국회예산정책처, 2022).

지금까지 언급한 하수도 관리사업의 재원 규모와 중앙정부 지원비중, 과거 지적사항들을 감안할 때 재정사업에 대한 전반적인 검토가 필요할 것으로 판단된다. 하수도 관리사업과 관련된 설비와 서비스는 일종의 지역공공재로 볼 수 있을 만한 특성이 있다.<sup>14)</sup> 따라서 해당 사업군의 평가는 공공부문으로서 재정이 투입될 정당성을 충분히 확보하고 있는지부터 시작되어야 할 것이다. 나아가 됴에 따라 기대하는 정책효과가 나타나고 있는지, 또는 비용효과적으로 재정이 투입되고 있는지에 대한 점검이 필요하다. 특히, 중앙정부의 재정지원 방향성과 지원방식에서 개선의 여지가 있는지 살펴보고 향후 더 효율적인 지원이 이루어지도록 고민할 필요가 있다.

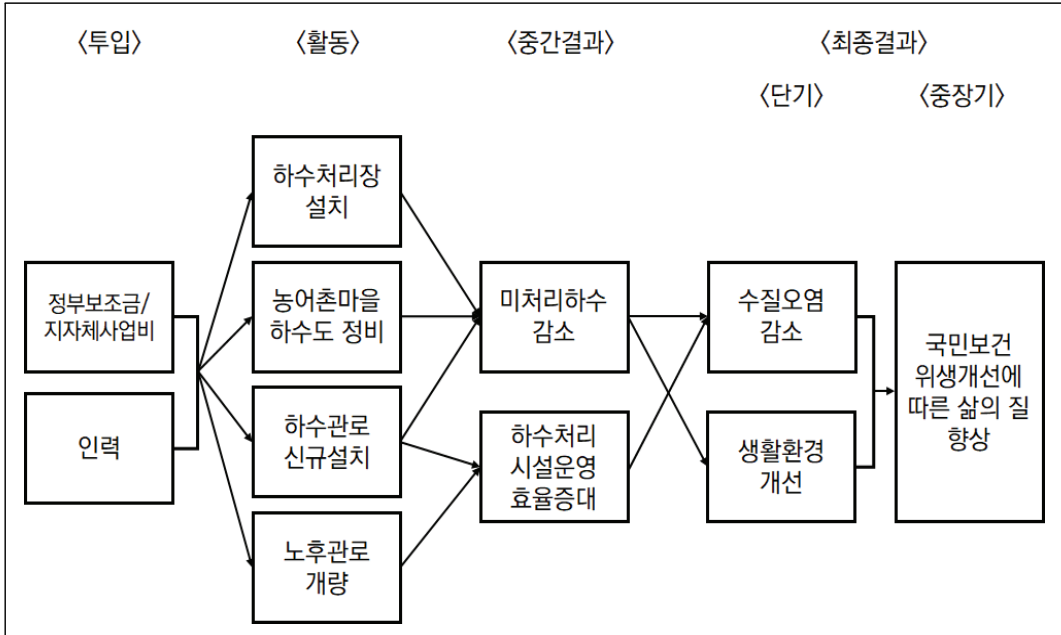
#### 나. 세부(내역)사업별 논리모형

하수도 관리 사업군은 세부사업(혹은 내역사업)별로 제각각의 사업목표를 가진다고 하기 어려우며, 각 사업들이 공통적으로 크게 두 가지 사업목표에 도달하기 위해 각각의 영역에서 역할을 하는 것으로 이해된다. 두 가지 사업목표는 수질개선과 침수피해예방이다. 물론 이 두 가지 목표 외에도 하수도 관리 사업군에서 추구하는 목표는 존재한다. 예를 들어, 100%에 가까운 하수도 보급과 하수처리수 재활용을 통한 물 부족 해소 등도 하수도 관리 사업군에 기대하는 목표 중 하나이다. 다만, 우리나라의 하수도 보급률은 2021년 기준 94.8%로 OECD 회원국 사이에서도 높은 보급률을 가진 그룹에 속해 있다. OECD 회원국 중 우리나라보다 높은 보급률을 기록하는 국가로는 오스트리아(96.0%), 그리스(94.7%), 헝가리(97.9%), 이스라엘(97.0%), 네덜란드(99.5%), 영국(100.0%) 등이 있으나 큰 격차라고 말하기는 힘들다. 이러한 점에서 볼 때, 하수도 보급률을 제고하는 것은 상대적으로 우선 순위에서 시급한 목표로 보기는 어렵다. 즉, 이제는 하수도 보급률을 1~2%p 높이는 것보다는 어떻게 하면 보다 효과적이면서도 효율적으로 하수도 서비스를 공급하느냐의 문제를 풀어가는 것이 더 중요할 수 있다.

마찬가지로 하수처리수 재활용은 해당 사업의 규모나 진행상황을 볼 때 주요 목표로 보기보다는 부차적인 목표에 가깝다. 따라서 본 평가에서는 하수도 관련 재정지원사업군의 사업목표 중 핵심이 되는 수질개선 및 침수피해예방을 중점적으로 살펴보고자 하며, 해당 효과에 대한 하수도 관리 사업군의 논리모형은 [그림 III-18] 및 [그림 III-19]와 같이 정리될 수 있다.

14) 보다 구체적인 내용은 제IV장 제1절을 참고할 수 있다.

[그림 III-18] 수질개선효과 관련 사업의 논리모형

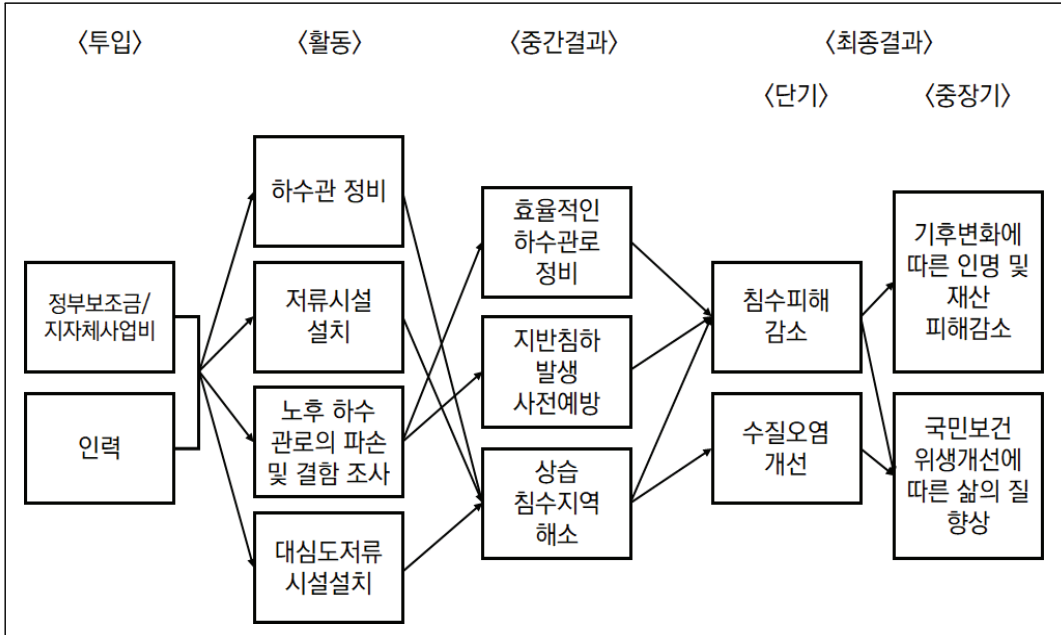


자료: 저자 작성

우선 수질개선효과는 농어촌 등 취약지역을 중심으로 하수처리장을 확충하고 하수관로를 누수 없이 더 많은 곳에 설치하며 센서와 자동화를 통해 효율적으로 모니터링함으로써 미처리하수를 줄이고 기존 하수처리시설의 효율성을 제고하여 수질 및 수변 악취를 개선하는 효과이다. 재정사업 중 하수처리장 설치, 스마트하수도 관리체계 구축운영, 하수관로정비, 면단위하수처리시설설치 등의 세부사업이 해당 효과를 기대하며 도입되었다.

침수피해 예방효과는 집중호우 시 하수나 우수 수량의 급증으로 생활지가 침수되어 발생하는 인명과 재산의 피해를 사전에 감소시키는 효과이다. 하수관로를 효율적으로 정비하고 노후 하수관로를 교체하는 등의 하수관로 정비활동과 단시간 내에 급격히 불어난 수량을 저장할 수 있는 저류시설을 설치하는 활동, 실시간으로 하수관로나 하수처리장의 수량을 파악하여 범람이나 역류가 발생하기 전에 수문을 통제하는 등의 스마트 관리체계를 구축하는 활동 등이 침수피해를 줄이기 위한 활동이라 할 수 있다. 이에 관련된 세부(혹은 내역) 사업에는 도시침수 대응사업, 대심도하수저류시설사업, 우수저류시설설치사업, 스마트하수도 관리체계 구축운영사업 등이 해당된다.

[그림 III-19] 침수피해 예방효과 관련 사업의 논리모형



자료: 저자 작성

---

## IV. 평가요소별 분석 결과

---

### 1. 사업의 타당성: 이론적 근거

시장경제에서는 시장의 효율성에 주목한다. 시장에서 일정한 조건을 만족한다면 참여자들의 거래가 균형에 도달하면서 자원이 효율적으로 배분되기 때문이다. 그럼에도 불구하고 전제조건이 성립되지 않을 경우 시장 메커니즘의 효율성이 달성되지 않는 시장의 실패(market failure)가 발생할 수 있다. 시장의 실패가 발생하는 상황에서는 정부의 개입으로 사회 후생을 개선시킬 수 있다. 물론 시장에 대한 정부의 개입이 항상 사회 후생의 개선으로 이어지는 것은 아니지만 적어도 정부가 정책에 개입할 정당성과 타당성을 제공한다.<sup>15)</sup> 하수도 서비스도 정부의 개입 없이는 '시장의 실패'가 발생할 수 있는 특성들을 가지고 있다. 그 대표적인 특성은 다음과 같다.

#### 가. 외부효과

외부효과는 어떤 행위가 제3자에게 의도하지 않은 혜택이나 손해를 가져다주면서 이에 대한 대가를 받지도 지불하지도 않는 경우를 일컫는다(이준구·조명환, 2021). 일반적으로 환경오염은 부정적인 외부효과인 외부불경제를 유발하는 대표적인 사례이다. 하수도 서비스의 경우, 기존에 배출된 수질오염물질을 줄이는 역할을 하므로 긍정적인 외부효과(외부경제)를 일으킨다. 하수도를 통한 수질 개선으로 해당 지방자치단체에 속하지 않은 사람들도 해당 하천 유역을 찾는 모든 사람들에게 맑은 물과 깨끗한 수변지역을 누릴 수 있게 한다.

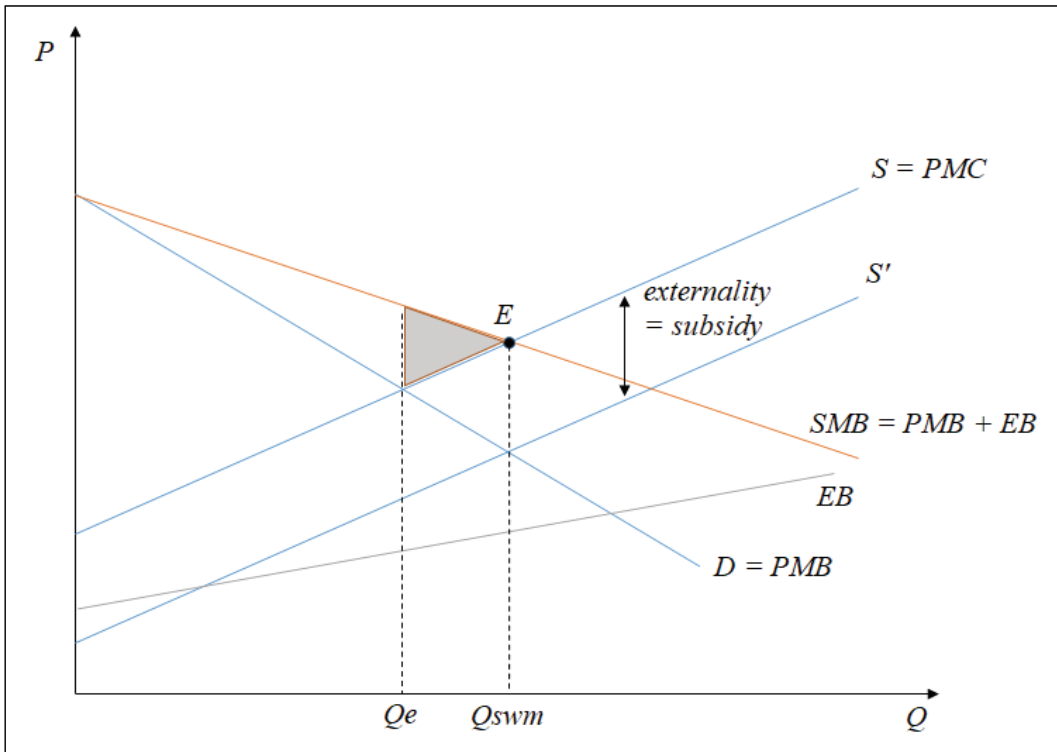
이를 그래프로 설명하면 [그림 IV-1]과 같다. 하수도 서비스의 공급곡선( $S$ )과 수요곡선( $D$ )이 시장에 형성되어 있으나, 이 서비스 상품은 시장의 소비자들에게 주는 편익( $PMB = D$ )에 더하여 제3자에게도 추가로 편익을 제공하기에 사회 전체에 제공하는 편익은  $SMB (= PMB + EB)$

---

15) 정부의 개입에도 불구하고 시장이 왜곡된 현상이 개선되지 않고 더 악화될 수도 있는데 이를 정부의 실패(government failure)라 한다. 즉, 시장의 실패는 정부의 개입을 정당화하는 필요조건이며 충분조건은 아니다(나성린 외, 2022).

와 같다. 따라서 사회적으로 최적인 거래량은  $Q_{swm}$  이 되지만 이를 시장에 맡길 경우, 시장의 균형거래량은  $Q_e$ 가 되어 추가로 더 누릴 수 있는 잉여를 누리지 못하고 회색 삼각형 크기만큼 비효율성이 나타난다. 이러한 비효율성을 개선하기 위해 정부에서 보조금을 생산자에게 제공한다면, 공급곡선은  $S$ 에서  $S'$ 으로 이동하여 시장의 새로운 균형거래량은  $Q_{swm}$ 으로 증가하여 사회 후생을 극대화할 수 있다.

[그림 IV-1] 보조금 지원의 필요성(외부경제)



자료: 저자 작성

한편, 외부효과와 밀접한 관계가 있는 상품의 속성은 소유권이다. 모든 재화나 서비스에 대하여 소유권이 명확하게 구분되어 있다면 외부효과로 인한 문제도 사실상 발생하지 않을 수 있다. 소유권이 모두 정해져 있다면 외부효과로 제3자가 아무리 피해를 보더라도 그 인과성의 입증을 통해 소유권을 행사할 수 있기 때문이다. 그러나 하수에 의해 직접적으로 피해를 입는 하천의 경우 개별 소유권이 설정되어 있지 않다. 이에 따라 하천 수질이 악화되어 하천을 이용하는 사람들이 피해를 입더라도 하천에 대한 소유권이 침범되었다고 주장

할 수 있는 개인은 없다. 이렇게 소유권이 특정 개인에게 귀속되지 않은 곳을 공유지라 부르며, 공유지는 정부에서 별도의 관리를 하지 않을 경우 남용이나 남획이 발생하게 된다.<sup>16)</sup> 하수도와 하천의 경우도 예외는 아니어서 정부의 정책개입을 통해 하수가 적절한 수준의 정화를 거쳐 하천으로 유입되도록 관리해야 하며, 이는 하수도 관리 사업에 대한 재정지원에 정당성을 부여한다.

## 나. 공공재

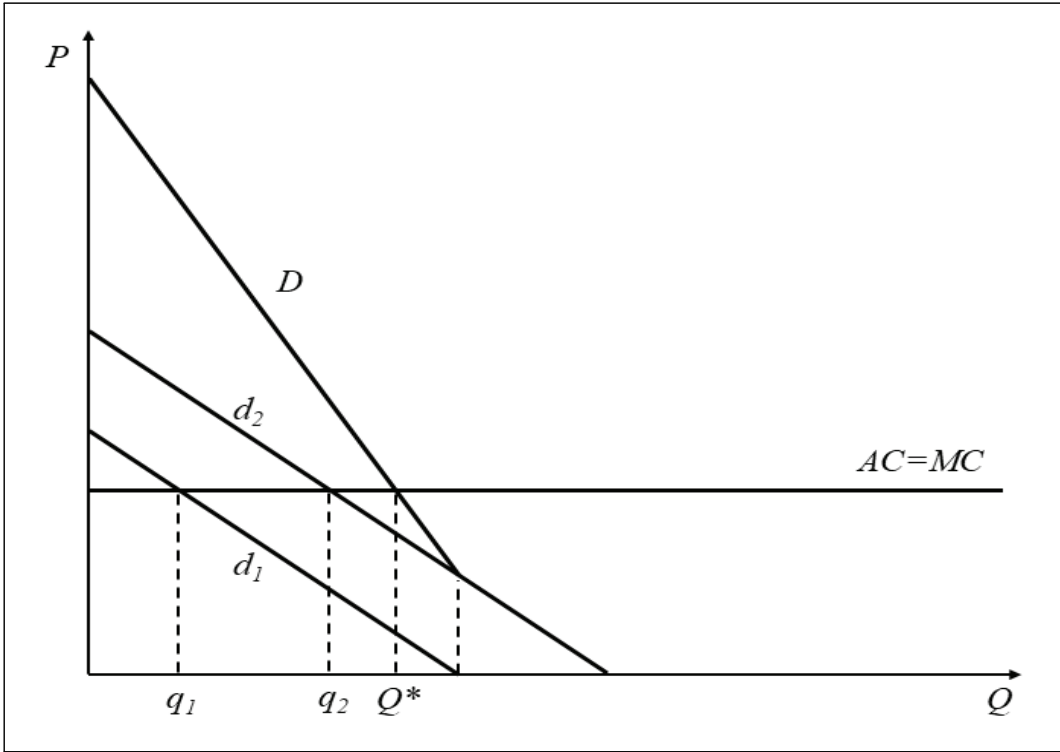
시장의 실패가 발생하는 또 다른 대표적인 사례가 바로 공공재이다. 공공재는 비경합성(non-rivalry) 및 비배제성(non-excludability)의 속성으로 인해 무임승차(free-rider)의 문제에 직면하게 된다. 무임승차가 발생할 경우, 공공재를 소비하는 사람들 중 일부만이 그 가격을 지불하기 때문에 이를 시장에 맡길 경우 공급량이 사회적으로 적절한 수준에 비해 부족하게 된다. 하수도의 경우도 공공재의 특성을 모두 가지고 있다. 지방자치단체 주민이 아니더라도 하수관이나 우수관에 물을 버리는 데에 제한이 없다(비배제성).<sup>17)</sup> 또한 다른 사람들이 하수관에 물을 버린다고 내가 물을 버리지 못하는 것이 아니다(비경합성). 물론 폭우 시 하수관이 역류하는 경우도 발생하기는 하나 이러한 이례적인 상황이 아닌 이상 평상시에는 비경합성 조건도 만족한다.

---

16) 통상적으로 이러한 현상을 ‘공유지의 비극(tragedy of commons)’이라 부른다.

17) 수도배관에 연결시키는 것은 별도로 신청한다는 점에서 배제성이 있다고 볼 수 있으나, 상수도와 달리 하수도의 경우 물이 어디에서 나왔든지 버리기만 하면 된다는 점에서 배제성이 상수도에 비해서 매우 약하다고 볼 수 있다.

[그림 IV-2] 보조금 지원의 필요성(공공재)



자료: 저자 작성

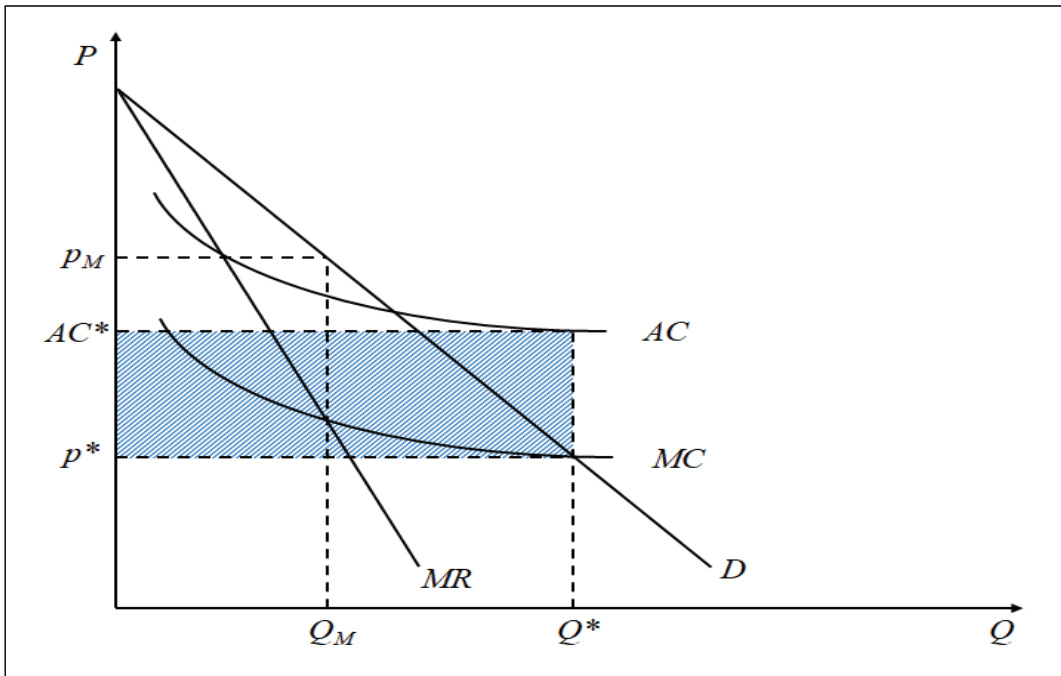
이를 [그림 IV-2]에서 다시 살펴보자. 소비자가 두 명 있다고 단순화하고, 각각의 공공재에 대한 수요곡선이  $d_1$ 과  $d_2$ 라 하자. 이 경우, 시장의 수요곡선은  $D$ 가 되며, 한계생산비용인 공급곡선과 만나는 지점인  $Q^*$ 가 사회적으로 최적인 거래량이 된다.<sup>18)</sup> 그러나 공공재의 경우 무임승차가 가능하기 때문에 소비자 1이 먼저  $q_1$ 만큼 구매하면 소비자 2는  $q_2$ 가 아닌  $q_2 - q_1$ 만큼만 구매하기 때문에 시장 전체의 거래량은  $Q^*$ 가 아닌  $q_2$ 가 된다. 마찬가지로 소비자 2가 먼저  $q_2$ 만큼 구매할 경우 소비자 1은 자신이 원하는 수요량이 소비자 2의 구매량보다 작기 때문에( $q_1 < q_2$ ) 추가 구매를 하지 않고 소비자 2의 구매량에 무임승차하여 소비하게 된다. 그 결과, 이때도 시장 전체의 거래량은  $Q^*$ 가 아닌  $q_2$ 가 된다. 따라서 공공재가 사회적으로 적절한 수준만큼 공급되기 위해서는 정부가 추가적으로 비용을 들여 공급량을 확대해야 할 필요가 발생한다.

18) 일반적인 상품의 시장 수요는 개인 수요의 수평합이지만, 공공재의 시장 수요는 개인 수요의 수직합이다.

## 다. 규모의 경제

상품의 생산에 있어 고정자본(각종 설비 및 건물 등)에 대한 비용이 초기에 대규모로 소요되고 이후 생산량에 따른 변동비용은 상대적으로 크지 않은 경우 규모의 경제(economies of scale)가 발생한다. 공급자가 생산과정에서 규모의 경제를 얻을 수 있는 경우, 생산자는 대규모 생산시설을 구비하는 것이 유리하며 이러한 과정을 거쳐 시장에서 소규모 생산자들은 비용경쟁력이 낮아 점차 퇴출되고 대규모 생산자만이 남는 것을 자연독점(natural monopoly)이라 한다. 전력, 철도 통신 등이 이러한 자연독점의 영역에 포함되며, 하수도도 이에 포함된다.

[그림 IV-3] 규모의 경제와 자연독점의 폐해



자료: 저자 작성

[그림 IV-3]에서 생산자는 생산량이 증가함에 따라 평균비용( $AC$ )이 감소하는 규모의 경제를 보여준다. 일반적으로 독점시장에서는 독점기업이 생산량과 가격을 결정하기 때문에 기업의 이윤극대화 의사결정( $MR = MC$ )으로 거래량은  $Q_M$ , 가격은  $p_M$ 으로 결정된다. 그러나 이 경우에는 사회적으로 최적거래량( $D(=MB) = MC$ )인  $Q^*$ 보다 적은 수량이 생산·

거래되므로 사회적으로는 비효율성이 발생한다. 따라서 자연독점을 누리는 산업에 대해서는 정부가 공기업을 통해 직접 생산활동을 하든 생산자의 생산량이나 가격을 통제하는 방식으로든 시장에 개입하게 된다. 어떤 형태로든 독점시장의 생산량을 사회적으로 최적 수준인  $Q^*$ 까지 확대시키는 경우 시장가격도 한계생산비용에 맞춰  $p^*$ 가 되면 자연독점하에서는 독점기업이 그림의 빗금친 사각형만큼 생산할수록 손해를 입게 된다. 이는 일반적인 독점과 다르게 자연독점에서는 한계생산비용보다 평균비용이 더 높기 때문이다. 따라서 생산자가 계속하여 생산활동을 유지하기 위해서는 시장가격을 최소한  $AC^*$ 까지는 보장해 주어야 하며, 이 과정에서 정부는 생산자에 대한 보조금을 지원할 필요가 발생한다.

현재 우리나라 하수도 부문을 보면 요금현실화율이 40%대에 불과하여 하수도 요금이 생산원가(총괄원가)에 비해 매우 낮은 수준이다. 자연독점시장에서 사회적으로 최적인 거래량을 유도하는 과정에서 요금이 생산자의 평균비용보다 낮게 결정되는 상황은 종종 발생하며, 이로 인해 기업에 원가를 보전하여 국민에게 안정적으로 하수도 서비스가 공급되도록 하는 것은 정부의 역할이라 할 수 있다. 하수도 관리 사업군 재정사업의 경우, 하수도 서비스 생산비용 중 고정비용에 대한 지원금으로 정부의 보조금을 통해 규모의 경제를 누리기에 충분한 규모의 생산설비를 초기에 갖추 수 있도록 지원하고 원가의 일부를 보전한다는 점에서 사업의 타당성이 인정된다.

## 라. 시장의 불비

앞서 시장의 실패가 나타나는 것은 시장 메커니즘의 효율성을 담보할 수 있는 전제가 만족되지 않았기 때문이라고 하였다. 이러한 시장 메커니즘의 효율성의 전제조건 중에는 시장의 완비성이 있다. 시장의 완비성을 만족시키지 못할 때에도 시장의 실패가 나타나는 데 이를 시장의 불비라 부른다. 여기에는 시장의 부재도 포함된다. 하수도 서비스는 상술한 여러 이유 등에 의해 지방자치단체에서 직접 혹은 위탁하여 관리하고 있다. 그러다 보니 관리 서비스는 민간위탁업체가 활동하는 시장이 형성되어 있으나 하수도 시설까지 공급하는 하수도 전체적인 서비스에 대해서는 사실상 정부의 계획에 의해 제공되고 있어 시장이 제대로 형성되어 있다고 보기 어렵다. 즉, 하수도 서비스는 부분적으로만 시장이 형성되어 있다고 할 수 있으며, 이러한 상황에서 시장의 효율성을 기대할 수는 없다. 따라서 시장의 불완전성에 의해서도 하수도 서비스는 시장의 실패가 발생할 수 있다.

## 2. 사업의 효율성

### 가. 효율성 평가 개요

본 절에서는 하수도 관리 사업군에 대한 재정사업의 효율성을 분석한다. 하수도 관리 사업의 효율성 분석에서는 비용효율성과 생산효율성을 구분하여 살펴본다. 효율성을 분석하는 기법으로는 확률변경분석(Stochastic Frontier Analysis, SFA)을 중심으로 활용한다. 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, DEA)도 분석수단으로 고려하였으나, 방법론상의 우월성과 분석진행의 어려움 등을 고려하여 확률변경분석을 주모형으로 접근한다. 비모수적 접근방법인 DEA의 경우 확률오차(random error)를 기술비효율 오차(technical inefficiency error)에서 분리하지 않고 모두 기술비효율 오차로 간주하기 때문에 기술효율 추정의 정확도에서 한계가 지적되고 있다(강상목, 2015). SFA는 모수적 접근방법으로 DEA가 가지는 오차 처리의 한계를 극복하고 있으며, 패널분석에서도 장점이 있어 본 연구에서는 SFA를 주된 분석방법론으로 채택하였다.<sup>19)20)</sup>

### 나. 하수처리의 효율성

#### 1) 평가모형

##### 가) 하수처리시설의 방류수질 분석

본 연구에서는 하수처리시설의 규모 및 운영방식에 따른 방류수질의 차이를 측정하도록 한다. 추정식은 다음과 같다.

$$y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 S_i + \alpha_2 O_{it} + \alpha_3 S_i O_{it} + \gamma_{it} + \epsilon_{it} \quad \text{식 (1)}$$

식 (1)에서  $y_{it}$ 는 하수처리시설  $i$ 의  $t$ 년도 방류수질을 나타낸다. 본 연구에서는 방류수질의 지표로서 두 가지를 고려한다. 첫 번째는 하수처리시설 방류수의 BOD이다. 두 번째는

19) 본 연구의 접근 방식과 가장 유사한 해외의 선행연구로는 Farsi et al.(2005)가 있다. Farsi et al.(2005)은 비용함수 추정에 SFA 분석 방법을 적용하여 스위스 철도산업의 효율성과 규모의 경제를 분석한 연구이다.

20) 다만, SFA가 가지는 장점에도 불구하고 모형설정의 오류(model misspecification)의 가능성과 같은 모수적 접근방법이 가지는 한계는 여전히 존재한다.

하수처리시설의 방류수 처리효율로서, 하수처리시설 유입수와 방류수의 BOD의 차이를 유입수의 BOD로 나눈 값, 즉, (유입BOD-방류BOD)/유입BOD로 정의한다. 이와 같이 정의한 처리효율은 0과 1 사이의 값을 가지게 된다. 처리효율이 0이면 유입BOD와 방류BOD가 동일하다는 의미이기 때문에 하수처리시설의 수질 개선 효과가 없다는 것을 의미한다. 반면 처리효율이 1이면 방류BOD가 0의 값을 가진다는 의미이기 때문에 수질 개선이 완전하게 이루어진다는 것을 의미한다.  $S_i$ 는 하수처리시설  $i$ 의 시설용량이 500m<sup>3</sup> 미만의 소규모 하수처리시설이면 1의 값을 가지는 더미변수이다.  $O_{it}$ 은 하수처리시설  $i$ 의  $t$ 년도 운영방식을 지자체·공기업·민간대행에 따라 구분하는 더미변수이다.<sup>21)</sup>  $\gamma_{it}$ 는 종속변수인  $y_{it}$ 에 영향을 미칠 수 있는 하수처리시설  $i$ 의  $t$ 년도 특성을 통제하는 변수들의 벡터이다. 본 연구에서는 하수처리시설  $i$ 가 위치한 시군구 고정효과와  $t$ 년도 고정효과를 통제하도록 한다.  $\epsilon_{it}$ 는 하수처리시설별 군집표준오차항이다.

#### 나) 하수처리시설의 비용 및 생산효율성 분석

하수처리시설의 생산함수는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$Q_{it} = Q(L_{it}, M_{it}, K_{it}, N_{it}, \omega_{it}) \quad \text{식 (2)}$$

식 (2)에서  $Q_{it}$ 는 하수처리시설  $i$ 의  $t$ 년도 하수처리량이다.  $L_{it}$ 와  $M_{it}$ 는 각각 노동과 에너지 투입량을 나타낸다.  $K_{it}$ 는 시설용량이며,  $N_{it}$ 는 하수관로길이를 나타낸다.  $\omega_{it}$ 는 하수처리시설의 효율성을 나타내는 변수이다. 본 연구에서는 식 (2)에 대해 코브-더글러스 (Cobb- Douglas) 로그 선형 형태의 생산함수를 가정하고, 식 (2)를 SFA 방법론을 적용하여 추정하여 생산효율성 분석을 수행한다.

한편, 하수처리시설의 비용효율성 분석을 위해서는 다음과 같은 비용최소화 문제를 고려한다.

$$\begin{aligned} C_{it} &= \min_{L_{it}, M_{it}} p_{it}^L L_{it} + p_{it}^M M_{it} \quad \text{subject to } Q_{it} \geq \bar{Q}_{it} \\ &\equiv C(p_{it}^L, p_{it}^M, K_{it}, N_{it}, \bar{Q}_{it}, \omega_{it}) \end{aligned} \quad \text{식 (3)}$$

21) 본 연구의 표본에서 분석 기간 동안 하수처리시설의 시설용량( $S_i$ )이 변화하는 경우는 존재하지 않았다. 반면 하수처리시설의 운영방식( $O_{it}$ )은 변화하는 경우가 존재하기 때문에  $t$ 를 표기하였다.

식 (3)에서 하수처리시설의 비용함수는 가변생산요소인 노동과 에너지의 가격, 고정생산요소인 시설용량과 하수관로길이, 하수처리량, 효율성의 함수이다.

본 연구에서는 식 (3)의 비용함수에 대해 다음과 같이 코브-더글러스 로그 선형 함수 형태를 적용하도록 한다.

$$\ln C_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln K_{it} + \beta_2 \ln N_{it} + \beta_3 \ln Q_{it} + \beta_4 \ln A_{it} + \delta_t - \omega_{it} + \nu_{it} \quad \text{식 (4)}$$

식 (4)는 효율성  $\omega_{it}$ 가 시설용량, 하수관로길이 등 생산요소와는 무관한 요소중립적인 특성을 가진다는 것을 가정한다.<sup>22)</sup> 식 (4)에서  $\delta_t$ 는  $t$ 년도 고정효과로서, 노동과 에너지의 가격이 모든 하수처리시설에 대해 동일하다는 가정하에 식 (3)의  $p_{it}^L$ 와  $p_{it}^M$ 을 통제한다.  $A_{it}$ 는 하수처리시설  $i$ 의 가동연수를 나타낸다. 하수처리시설의 효율성  $\omega_{it}$ 가 높을수록 노동과 에너지의 가격, 시설용량, 하수관로길이, 하수처리량이 같더라도 종속변수인 연간운영 비용이 적게 소요된다.  $\nu_{it}$ 는 하수처리시설별 군집표준오차항이다.

식 (4)에서 효율성을 나타내는  $\omega_{it}$ 에 대한 가정에 따라 여러 가지 확률변경모형을 추정할 수 있다. 확률변경모형에 대한 선행연구는 효율성  $\omega_{it}$ 가 시간에 따라 변화하지 않느냐(time-invariant) 또는 시간에 따라 변화하느냐(time-variant)에 따라 두 가지 문헌으로 나눌 수 있다. 먼저 효율성  $\omega_{it}$ 가 시간에 따라 변화하지 않는 경우로서 Pitt and Lee(1981)의 확률변경모형은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\ln C_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln K_{it} + \beta_2 \ln N_{it} + \beta_3 \ln Q_{it} + \beta_4 \ln A_{it} + \delta_t - \omega_i + \nu_{it}, \quad \omega_i \sim N^+(0, \sigma_u^2) \quad \text{식 (5)}$$

식 (5)에서 시간 불변인 효율성  $\omega_i$ 는 평균이 0이고 분산이  $\sigma_u^2$ 인 half-normal 분포를 따르게 된다.

한편 Greene(2005)은 시간에 따라 변화하는 효율성  $\omega_{it}$ 를 시간에 따라 변화하지 않는 개별 하수처리시설의 이질성(unobserved individual heterogeneity)과 구분하여 추정하는 방법을 제안하였다. 개별 하수처리시설의 이질성은 식 (4)에서  $\beta_0$ 를  $\beta_i$ 로 대체함으로써 나타낼 수 있으며, 시간에 따라 변화하는 효율성  $\omega_{it}$ 는 half-normal 분포를 따른다고 가정한다.

22) 문헌에서는 이를 Hicks 중립적(Hicks-neutral) 효율성이라고 한다(De Loecker, 2013).

$$\ln C_{it} = \beta_i + \beta_1 \ln K_{it} + \beta_2 \ln N_{it} + \beta_3 \ln Q_{it} + \beta_4 \ln A_{it} + \delta_t - \omega_{it} + \nu_{it}, \omega_{it} \sim N^+(0, \sigma_u^2) \quad \text{식 (6)}$$

식 (6)은  $\beta_i$ 에 대한 가정에 따라 고정효과 모형을 적용할 수도 있고 임의효과 모형을 적용할 수도 있다. 본 연구에서는  $\beta_i$ 가 정규분포를 따른다는 가정하에 임의효과 모형을 적용하도록 한다. 본 연구에서 분석 대상으로 하는 하수처리시설의 특성상 식 (6)의 설명변수들의 개별 하수처리시설 내 분산(within variation)이 크지 않기 때문이다. 고정생산요소에 해당하는 시설용량과 하수관로길이는 분석 기간 동안 변화가 거의 없으며, 하수처리시설의 특성상 유입하수량도 매년 거의 일정하다는 특징이 있다. 이에 따라 고정효과 모형을 적용할 경우 다중공선성의 문제가 발생하기 때문에 본 연구에서는 임의효과 모형을 적용하기로 한다.

일반적으로 임의효과 모형에 비해 고정효과 모형을 선호하는 이유는 식 (6)에서  $\beta_i$ 와 다른 설명변수들과의 상관관계가 존재할 경우 임의효과 모형의 추정계수에 편의(bias)가 발생하기 때문이다. Mundlak(1978)은 임의효과 모형에 개별 하수처리시설의 설명변수의 평균값을 설명변수로 추가함으로써 고정효과 모형과 동일한 결과를 얻을 수 있다고 하였다. 즉, 식 (6)의  $\beta_i$ 를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\beta_i = \theta_1 \ln \bar{N}_i + \theta_2 \ln \bar{Q}_i + \theta_3 \ln \bar{A}_i + \eta_i, \eta_i \sim N(0, \sigma_\eta^2) \quad \text{식 (7)}$$

식 (7)에서  $\bar{N}_i$ ,  $\bar{Q}_i$ ,  $\bar{A}_i$ 는 각각 하수처리시설  $i$ 의 분석 기간 동안 평균 하수관로길이, 유입하수량, 가동연수를 나타낸다. 본 연구의 표본에서 분석 기간 동안 개별 하수처리시설의 시설용량이 변화하는 경우는 존재하지 않아 시설용량의 평균값은 식 (7)에서 제외하였다. 본 연구에서는 식 (5)의 Pitt and Lee(1981) 모형, 식 (6)의 Greene(2005)의 임의효과 모형, 그리고 Greene(2005)의 임의효과 모형에 식 (7) Mundlak(1978)의 모형을 결합하여 추정한 결과를 각각 제시함으로써 추정결과의 강건성을 확인하도록 한다.

비용함수의 추정계수를 바탕으로 하수처리시설의 규모의 경제(Economies of Scale, ES)는 다음과 같이 계산할 수 있다(Farsi et al., 2005).

$$ES = \frac{1}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3} \quad \text{식 (8)}$$

식 (8)의 값이 1보다 크면 하수처리시설에 규모의 경제가 존재함을 의미하며, 1보다 작으면 하수처리시설에 규모의 불경제가 존재한다고 해석할 수 있다. 즉, 식 (5)와 식 (6)에서 고정생산요소인 시설용량과 하수관로길이 및 유입하수량의 추정계수의 합이 1보다 작으면 규모의 경제가 존재함을 의미한다. 고정생산요소와 유입하수량을 한 단위 증가시킬 때 비용은 한 단위보다 작게 상승하기 때문이다. 반대로 고정생산요소와 유입하수량의 추정계수의 합이 1보다 크면 규모의 불경제가 존재함을 의미한다. 고정생산요소와 유입하수량을 한 단위 증가시킬 때 비용은 한 단위보다 크게 상승하기 때문이다.

## 2) 자료수집 및 기초통계량

하수처리시설의 유입하수량, 시설용량, 에너지투입량, 하수관로길이, 가동연도, 유입BOD, 방류BOD 자료는 연도별 하수도통계를 바탕으로 구축하였다. 하수처리시설의 연간운영비용과 처리인구 자료는 환경부에서 제공한 자료를 활용하였다. 본 연구의 분석 기간은 2017년부터 2021년까지의 5개년이며, 운영비용에 대한 자료가 부재하거나 유입하수량이 0인 하수처리시설 등을 제외하고 총 4,228개의 하수처리시설에 대한 패널자료를 구축하였다. 4,228개의 하수처리시설은 3,460개의 500m<sup>3</sup> 이하 하수처리시설과 768개의 500m<sup>3</sup> 이상 하수처리시설로 구성되어 있다.<sup>23)</sup>

〈표 IV-1〉은 500m<sup>3</sup> 미만 소규모 하수처리시설의 기초통계량을 운영방식에 따라 구분하여 나타낸다. 소규모 하수처리시설 중에서 지방자치단체가 직접 운영하는 하수처리시설의 연간운영비용, 유입하수량, 시설용량, 하수관로길이가 모두 가장 작으며, 민간이 대행하는 하수처리시설이 중간 규모를 차지하고 있고 공기업이 운영하는 하수처리시설의 규모가 가장 크다. 한편 민간대행 하수처리시설의 시설용량이나 연간운영비용 대비 하수관로길이가 가장 길고 처리인구도 많은 것으로 나타나 상대적으로 인구밀도가 낮은 지역에 위치한 하수처리시설이 주로 민간대행 방식으로 운영되고 있음을 알 수 있다. 지방자치단체가 직접 운영하는 하수처리시설의 유입BOD가 가장 낮은 반면 방류BOD는 가장 높으며, 공기업 운영 하수처리시설의 유입BOD가 가장 높고 방류BOD는 가장 낮다. 큰 차이는 아니지만 유입BOD와 방류BOD의 차이를 유입BOD로 나누어 계산한 처리효율도 지방자치단체 운영 하수처리시설에서 가장 낮은 것으로 나타난다.

23) 한편 〈표 IV-1〉과 〈표 IV-2〉의 하수처리시설 수를 모두 합하면 395+280+2945+478+486+2250=6834개이다. 이는 동일한 하수처리시설의 운영방식이 분석 기간 동안 변경되는 경우 중복해서 포함하기 때문이다.

〈표 IV-1〉 500m³ 미만 하수처리시설의 기초통계량

	지방자치단체	공기업	민간대행
연간운영비용(천원)	18,146 (96,253)	37,312 (77,229)	19,861 (54,312)
유입하수량(m³)	53 (54)	69 (61)	61 (67)
시설용량(m³)	73 (70)	100 (80)	82 (83)
연간에너지사용량(TOE)	5.14 (47.64)	6.65 (10.82)	6.08 (15.08)
하수관로길이(m)	2,925 (5,082)	5,003 (9,675)	4,188 (7,555)
가동시작연도	2007 (4)	2007 (6)	2006 (10)
처리인구(명)	349 (859)	348 (396)	363 (1,181)
유입BOD(ppm)	105 (45)	127 (74)	123 (51)
방류BOD(ppm)	5.22 (2.15)	4.04 (1.78)	4.25 (3.49)
처리효율	0.94 (0.03)	0.95 (0.03)	0.95 (0.03)
하수처리시설 수	395	280	2,945
관측치 수	1,222	1,150	11,892

주: 괄호 안은 표준편차를 나타냄

자료: 환경부 제공 자료 및 2017~2021 하수도통계 바탕으로 저자 작성

〈표 IV-2〉는 500m³ 이상 하수처리시설의 기초통계량을 운영방식에 따라 구분하여 나타낸다. 연간운영비용, 유입하수량, 시설용량, 하수관로길이 측면에서 공기업이 운영하는 하수처리시설의 규모가 가장 크며, 민간대행 하수처리시설의 규모가 가장 작은 것으로 나타난다. 〈표 IV-1〉과 비교하여 가장 큰 차이점은 500m³ 이상 하수처리시설의 방류BOD가 상대적으로 낮으며, 처리효율은 더 높다는 것이다.

〈표 IV-2〉 500m<sup>3</sup> 이상 하수처리시설의 기초통계량

	지방자치단체	공기업	민간대행
연간운영비용(천원)	3,231,328 (10,000,000)	4,481,916 (10,000,000)	1,951,149 (5,236,720)
유입하수량(m <sup>3</sup> )	41,444 (136,044)	63,825 (148,772)	21,131 (92,454)
시설용량(m <sup>3</sup> )	52,209 (173,570)	83,218 (180,433)	25,667 (103,755)
연간에너지사용량(TOE)	1,160 (4,083)	1,426 (3,793)	724 (6,182)
하수관로길이(m)	266,305 (493,305)	311,721 (633,601)	127,268 (275,909)
가동시작연도	2002 (7)	2002 (7)	2007 (6)
처리인구(명)	87,987 (349,498)	138,033 (335,179)	53,028 (223,161)
유입BOD(ppm)	153 (61)	165 (56)	172 (61)
방류BOD(ppm)	3.06 (2.73)	1.91 (2.04)	2.19 (1.42)
처리효율	0.97 (0.02)	0.98 (0.01)	0.98 (0.01)
하수처리시설 수	123	125	563
관측치 수	478	486	2,250

주: 괄호 안은 표준편차를 나타냄

자료: 환경부 제공 자료 및 2017~2021 하수도통계 바탕으로 저자 작성

### 3) 평가 결과

#### 가) 하수처리시설의 방류수질 분석 결과

〈표 IV-3〉은 하수처리시설의 처리효율과 방류BOD를 각각 종속변수로 두고 식 (1)을 추정 한 결과이다. 처리효율을 종속변수로 한 추정 결과에서 500m<sup>3</sup> 이상 하수처리시설의 운영방식에 따른 처리효율의 차이는 통계적으로 유의하지 않다. 반면 500m<sup>3</sup> 이상 하수처리 시설에 비해 500m<sup>3</sup> 미만 소규모 하수처리시설의 처리효율은 통계적으로 유의하게 낮은 것으로 나타난다. 구체적으로, 지방자치단체가 직접 운영하는 소규모 하수처리시설의 처리효

율은 500m<sup>3</sup> 이상 하수처리시설에 비해 0.03 낮고, 공기업이 운영하는 소규모 하수처리시설의 처리효율은 0.023, 민간이 운영대행하는 소규모 하수처리시설의 처리효율은 0.02만큼 낮은 것으로 분석되었다.<sup>24)</sup> 방류BOD를 종속변수로 한 추정 결과에서 500m<sup>3</sup> 이상 하수처리시설에 비해 500m<sup>3</sup> 미만 소규모 하수처리시설의 방류수BOD는 2.13~2.28mg/L 높은 한편, 운영방식에 따른 차이는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타난다.

〈표 IV-3〉 하수처리시설 방류수질 분석 결과

변수	종속변수: 처리효율		종속변수: 방류BOD	
	(1)	(2)	(3)	(4)
공사/공단	0.009* (0.005)	0.01 (-0.002)	-0.98 (0.79)	-1.05 (0.98)
민간대행	-0.002 (0.002)	-0.002 (0.002)	-0.16 (0.28)	-0.10 (0.33)
소규모하수처리시설	-0.03** (0.002)	-0.03** (0.003)	2.13** (0.27)	2.28** (0.29)
공기업×소규모하수처리시설	0.007* (0.004)	0.008* (0.004)	0.52 (0.40)	0.43 (0.45)
민간대행×소규모하수처리시설	0.01** (0.003)	0.01** (0.003)	-0.13 (0.27)	-0.27 (0.30)
시군구고정효과	Yes	No	Yes	No
연도고정효과	Yes	No	Yes	No
시군구×연도고정효과	No	Yes	No	Yes
하수처리시설 수	4,228	4,228	4,228	4,228
관측치 수	17,478	17,478	17,478	17,478
R <sup>2</sup>	0.36	0.46	0.33	0.45

주: 1. \* significant at 10%; \*\* significant at 5% or stricter

2. 괄호 안은 하수처리시설별 군집표준오차를 의미함

자료: 저자 작성

24) 〈표 VI-3〉에서 소규모 하수처리시설 변수의 추정계수는 지자체가 운영하는 대규모 하수처리시설 대비 지자체가 운영하는 소규모 하수처리시설의 처리효율 또는 방류BOD의 차이를 의미한다. 열 (1)을 기준으로, 지자체가 운영하는 대규모 하수처리시설 대비 공기업이 운영하는 소규모 하수처리시설의 처리효율 차이는 ‘소규모하수처리시설’ 계수의 추정값인 -0.03과 ‘공기업 × 소규모하수처리시설’ 계수 추정값 0.007을 더해서 계산할 수 있다. 마찬가지로 지자체가 운영하는 대규모 하수처리시설 대비 민간대행 소규모 하수처리시설의 처리효율 차이는 ‘소규모하수처리시설’ 계수의 추정값인 -0.03과 ‘민간대행 × 소규모하수처리시설’ 계수 추정값인 0.01을 더해서 계산한다. 〈표 VI-3〉의 모든 열에서 대규모 하수처리시설의 경우 운영방식에 따른 차이는 통계적으로 유의하지 않다.

나) 하수처리시설의 비용효율성 분석 결과

〈표 IV-4〉는 500m<sup>3</sup> 미만 소규모 하수처리시설을 대상으로 식 (4)의 비용함수를 OLS 추정된 결과이다. 먼저 열 (1)은 식 (4)의 비용함수를 OLS로 추정하되,  $\omega_{it} = 0$ 을 가정한 결과이다. 열 (2)는 시군구 고정효과를 포함하였다. 즉, 열 (2)는 하수처리시설  $i$ 가 위치한 시군구를  $j$ 라고 할 때 식 (4)에서  $\omega_{it} = \omega_j$ 임을 가정한 것이다. 만약 하수처리시설의 효율성이 시간에 따라 변하지 않고 동일한 시군구 내에 위치한 하수처리시설의 효율성이 동일하다면 열 (2)는 일치성 있는 추정결과를 제시한다. 열 (3)은 열 (2)에 더하여 개별 하수처리시설의 분석 기간 평균 유입하수량, 하수관로길이, 가동연수 변수를 설명변수로 포함한 결과이다. 열 (4)는 시군구×연도 고정효과를 포함한 추정 결과로서 식 (4)에서  $\omega_{it} = \omega_{jt}$ 임을 가정한 것이다. 열 (2)와 마찬가지로 동일한 시군구 내에 위치한 하수처리시설의 효율성은 동일하지만, 하수처리시설의 효율성이 시간에 따라 변화할 수 있음을 가정한다. 열 (5)는 열 (4)에 더하여 개별 하수처리시설의 분석 기간 평균 유입하수량, 하수관로길이, 가동연수 변수를 설명변수로 포함한 결과를 제시한다. 〈표 IV-4〉의 모든 열에서 추정계수의 차이가 크지 않으며, 특히 유입하수량, 시설용량, 하수관로길이의 추정계수의 합이 1보다 작아서 500m<sup>3</sup> 미만 소규모 하수처리시설에 규모의 경제가 존재함을 예상할 수 있다.

〈표 IV-4〉 500m<sup>3</sup> 미만 하수처리시설 비용함수의 OLS 추정결과

변수	종속변수: ln연간운영비용				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ln유입하수량	-0.06* (0.03)	0.07** (0.02)	0.05 (0.04)	0.07** (0.02)	0.05** (0.02)
ln시설용량	0.80** (0.04)	0.59** (0.02)	0.58** (0.03)	0.60** (0.02)	0.60** (0.03)
ln하수관로길이	0.05** (0.02)	0.05** (0.01)	0.05** (0.01)	0.03** (0.01)	0.02* (0.01)
ln가동연수	-0.20** (0.03)	-0.16** (0.02)	0.04 (0.06)	-0.17** (0.01)	0.10** (0.05)
평균(ln유입하수량)			0.02 (0.05)		0.02 (0.03)
평균(ln하수관로길이)			0.002 (0.01)		0.01 (0.01)

〈표 IV-4〉의 계속

변수	종속변수: ln연간운영비용				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
평균(ln가동연수)			-0.21** (0.06)		-0.28** (0.05)
상수항	6.51** (0.12)	6.78** (0.07)	6.84** (0.12)	6.61** (0.08)	6.64** (0.09)
시군구고정효과	No	Yes	Yes	No	No
연도고정효과	Yes	Yes	Yes	No	No
시군구×연도고정효과	No	No	No	Yes	Yes
하수처리시설수	3,460	3,460	3,460	3,460	3,460
관측치수	14,264	14,264	14,264	14,264	14,264
R <sup>2</sup>	0.24	0.63	0.63	0.83	0.83

주: 1. \* significant at 10%; \*\* significant at 5% or stricter

2. 괄호 안은 하수처리시설별 군집표준오차를 의미함

자료: 저자 작성

〈표 IV-5〉는 500m<sup>3</sup> 이상 하수처리시설을 대상으로 식 (4)의 비용함수를 OLS 추정한 결과이다. 〈표 IV-4〉의 추정 결과와 마찬가지로 열 (1)에서 열 (5)의 추정 결과의 차이가 크지 않으며, 유입하수량, 시설용량, 하수관로길이의 추정계수의 합이 1보다 작아서 500m<sup>3</sup> 이상 하수처리시설에서도 규모의 경제가 존재함을 예상할 수 있다.

〈표 IV-5〉 500m<sup>3</sup> 이상 하수처리시설 비용함수의 OLS 추정결과

변수	종속변수: ln연간운영비용				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ln유입하수량	0.22** (0.06)	0.16** (0.06)	-0.11 (0.19)	0.16** (0.06)	-0.19 (0.24)
ln시설용량	0.38** (0.05)	0.29** (0.04)	0.27** (0.05)	0.29** (0.05)	0.27** (0.05)
ln하수관로길이	0.02 (0.04)	0.11** (0.04)	0.09* (0.05)	0.10** (0.05)	0.07 (0.06)
ln가동연수	-0.008 (0.04)	0.04 (0.04)	0.97** (0.23)	0.03 (0.04)	1.09** (0.22)
평균(ln유입하수량)			0.29 (0.21)		0.36 (0.26)

〈표 IV-5〉의 계속

변수	종속변수: ln연간운영비용				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
평균(ln하수관로길이)			0.02 (0.03)		0.02 (0.04)
평균(ln가동연수)			-0.96** (0.22)		-1.09** (0.22)
상수항	8.14** (0.13)	8.96** (0.11)	9.04** (0.21)	8.52** (0.30)	
시군구고정효과	No	Yes	Yes	No	No
연도고정효과	Yes	Yes	Yes	No	No
시군구×연도고정효과	No	No	No	Yes	Yes
하수처리시설수	768	768	768	768	768
관측치수	3,214	3,214	3,214	3,214	3,214
R <sup>2</sup>	0.60	0.69	0.69	0.76	0.77

주: 1. \* significant at 10%; \*\* significant at 5% or stricter

2. 괄호 안은 하수처리시설별 군집표준오차를 의미함

자료: 저자 작성

〈표 IV-6〉은 500m<sup>3</sup> 미만 하수처리시설을 대상으로 식 (4)~식 (7)의 비용함수에 대해 확률변경모형을 추정한 결과이다. 〈표 IV-6〉의 모든 열에서 연도고정효과는 생산요소 단가를 포함하여 모든 하수처리시설에 동일하게 발생한 연도별 영향을 통제한다. 열 (1)의 Pooled 모형은 패널자료의 특성은 고려하지 않고 횡단면 모형을 적용하여 추정한 결과이다. 효율성  $w_{it}$ 는 half-normal 분포를 따른다고 가정하였다. 또한 하수처리시설이 위치한 시군구 더미변수를 포함하였다. 열 (2)는 식 (5)의 Pitt and Lee(1981) 모형을 추정한 결과이며, 열 (3)은 식 (6)의 Greene(2005)의 임의효과 모형을 추정한 결과이다. 열 (4)는 Greene(2005)의 임의효과 모형에서  $\beta_i$ 와 다른 설명변수들 간의 상관관계를 통제하기 위해 식 (7)의 Mundlak(1978) 보정 방식을 적용한 결과이다. 〈표 IV-6〉의 열 (1)의 추정결과는 〈표 IV-4〉의 열 (2)의 추정결과와 거의 동일하다. 〈표 IV-6〉의 열 (2)~열 (4)의 추정결과는 모형에 상관없이 전반적으로 유사한 한편, 〈표 IV-4〉의 OLS 추정결과에 비해 시설용량의 추정계수가 커지는 점이 눈에 띈다. 이는 개별 하수처리시설의 효율성을 통제하지 않은 OLS 추정결과에서 시설용량의 추정계수가 과소추정되었다는 것을 의미한다.<sup>25)</sup> 한편 〈표 IV-6〉에서 가동연수의 추정계수가 음의 값으로 유의하다. 후술하는 바와 같이 500m<sup>3</sup> 이상 하수

처리시설을 대상으로 한 추정결과에서는 가동연수에 대한 추정계수가 유의하지 않다. 소규모 하수처리시설의 경우 가동연수가 오래된 하수처리시설은 인구감소 등으로 인해 유입하수량이 감소하는 경우가 많고, 이에 따라 운영비용도 감소하는 경우가 많기 때문에 추정된다. <표 IV-6>의 모든 추정결과에서 유입하수량, 시설용량, 하수관로길이 추정계수의 합이 1보다 작아 500m<sup>3</sup> 미만 하수처리시설에서 규모의 경제가 존재함을 확인할 수 있다.

<표 IV-6> 500m<sup>3</sup> 미만 하수처리시설 비용함수의 SFA 추정결과

변수	Pooled	RE	True RE	True RE + Mundlak(1978)
	(1)	(2)	(3)	(4)
ln유입하수량	0.07** (0.02)	-0.002 (0.03)	-0.0007 (0.03)	0.05 (0.04)
ln시설용량	0.59** (0.02)	0.77** (0.05)	0.73** (0.04)	0.83** (0.05)
ln하수관로길이	0.05** (0.01)	0.08** (0.02)	0.08** (0.01)	0.05** (0.01)
ln가동연수	-0.16** (0.02)	-0.19** (0.03)	-0.12** (0.03)	0.09 (0.06)
평균(ln유입하수량)				-0.19** (0.07)
평균(ln하수관로길이)				0.05** (0.02)
평균(ln가동연수)				-0.22** (0.08)
상수항	5.28** (0.12)	4.88** (0.19)	6.32** (0.14)	6.18** (0.18)
$\sigma_{\omega}$	0.0007** (0.0001)	1.67** (0.03)	0.001** (0.0001)	0.002** (0.0001)
$\sigma_v$	0.82** (0.01)	0.82** (0.02)	0.79** (0.01)	0.79** (0.02)
시군구고정효과	Yes	No	No	No
연도고정효과	Yes	Yes	Yes	Yes
하수처리시설수	3,460	3,460	3,460	3,460
관측치수	14,264	14,264	14,264	14,264
Log likelihood	-17,420	-20,500	-19,950	-199,40

주: 1. \* significant at 10%; \*\* significant at 5% or stricter

2. 괄호 안은 하수처리시설별 군집표준오차를 의미함

자료: 저자 작성

25) 이는 효율성과 운영비용 간의 상관관계와 효율성과 시설용량 간의 상관관계가 반대 방향임을 의미한다. 효율성이 높은 하수처리시설은 운영비용이 감소한다는 점을 고려할 때 효율성이 높은 하수처리시설의 시설용량이 크다고 해석할 수 있다.

〈표 IV-7〉은 500m<sup>3</sup> 이상 하수처리시설을 대상으로 식 (4)~식 (7)의 비용함수에 대해 확률변경모형을 추정한 결과이다. 〈표 IV-7〉의 열 (1)의 Pooled 모형 추정결과는 〈표 IV-5〉에서 시군구 고정효과를 통제한 열 (2)의 추정 결과와 거의 동일하다. 패널 모형을 추정한 〈표 IV-7〉의 열 (2)~열 (4)의 추정 결과는 서로 유사한 한편 열 (1)에 비해 시설용량의 추정계수가 커지는 점이 눈에 띈다. 이는 소규모 하수처리시설의 분석 결과와 마찬가지로 〈표 IV-5〉의 OLS 추정 결과에서 시설용량의 추정계수가 과소추정되었다는 것을 의미한다. 한편 소규모 하수처리시설의 분석 결과와 비교해서 시설용량의 추정계수가 절반 수준으로 작으며, 가동연수의 추정계수가 유의하지 않다. 시설용량의 추정계수가 작은 것은 한 단위 시설용량의 증가가 종속변수인 비용에 미치는 영향이 소규모 하수처리시설보다 500m<sup>3</sup> 이상의 하수처리시설이 작다는 것을 의미한다. 가동연수의 추정계수가 유의하지 않은 것은 소규모 하수처리시설과 달리 500m<sup>3</sup> 이상의 하수처리시설의 경우 가동연수의 많고 적음이 유입하수량이나 운영비용에 미치는 영향이 통계적으로 유의하지 않음을 의미한다. 〈표 IV-7〉의 모든 추정결과에서 유입하수량, 시설용량, 하수관로길이 추정계수의 합이 1보다 작아 500m<sup>3</sup> 이상 하수처리시설에서도 규모의 경제가 존재함을 확인할 수 있다.

〈표 IV-7〉 500m<sup>3</sup> 이상 하수처리시설 비용함수의 SFA 추정결과

변수	Pooled	RE	True RE	True RE + Mundlak(1978)
	(1)	(2)	(3)	(4)
ln유입하수량	0.15** (0.05)	0.19** (0.07)	0.17** (0.07)	-0.12 (0.19)
ln시설용량	0.29** (0.04)	0.39** (0.06)	0.40** (0.06)	0.37** (0.06)
ln하수관로길이	0.11** (0.04)	0.05 (0.04)	0.07 (0.04)	0.05 (0.05)
ln가동연수	0.04 (0.04)	0.002 (0.05)	0.02 (0.05)	0.97** (0.22)
평균(ln유입하수량)				0.33 (0.21)
평균(ln하수관로길이)				0.01 (0.03)
평균(ln가동연수)				-1.005** (0.22)

〈표 IV-7〉의 계속

변수	Pooled	RE	True RE	True RE + Mundlak(1978)
	(1)	(2)	(3)	(4)
상수항	10.43** (0.17)	7.70** (0.15)	8.15** (0.13)	8.34** (0.23)
$\sigma_{\omega}$	0.002** (0.0007)	0.53** (0.05)	0.001** (0.0002)	0.0007** (0.0002)
$\sigma_v$	0.83** (0.02)	0.89** (0.02)	0.86** (0.02)	0.85** (0.02)
시군구고정효과	Yes	No	No	No
연도고정효과	Yes	Yes	Yes	Yes
하수처리시설수	768	768	768	768
관측치수	3,214	3,214	3,214	3,214
Log likelihood	-3983.88	-4364.39	-4329.96	-4305.03

주: 1. \* significant at 10%; \*\* significant at 5% or strictor  
 2. 괄호 안은 하수처리시설별 군집표준오차를 의미함

〈표 IV-8〉은 〈표 IV-6〉과 〈표 IV-7〉의 추정 결과를 바탕으로 식 (8)의 규모의 경제를 계산한 결과이다. 500m<sup>3</sup> 미만의 소규모 하수처리시설과 500m<sup>3</sup> 이상의 하수처리시설 모두에서 규모의 경제가 존재하는 것을 알 수 있다. 특히 500m<sup>3</sup> 미만의 소규모 하수처리시설에 비해 500m<sup>3</sup> 이상의 하수처리시설에서 한 단위 고정생산요소 및 하수처리량의 증가가 운영비용의 상승에 미치는 영향이 더 작다는 것을 알 수 있다.

〈표 IV-8〉 규모의 경제 분석결과

구분	Pooled	RE	True RE	True RE + Mundlak(1978)
	(1)	(2)	(3)	(4)
500m <sup>3</sup> 미만	1.40	1.18	1.23	1.07
500m <sup>3</sup> 이상	1.82	1.58	1.56	3.33

#### 다) 하수처리시설의 생산효율성 분석 결과

〈표 IV-9〉는 식 (1)의 생산함수에 대해 코브-더글러스 형태의 생산함수를 적용하여 추정 한 결과이다. 2017년부터 2021년까지 500m<sup>3</sup> 미만의 소규모 하수처리시설과 500m<sup>3</sup> 이상 대규모 하수처리시설을 동시에 추정하되, 소규모 하수처리시설과 대규모 하수처리시설의 추정계수가 다를 수 있도록 가정하였다. 〈표 IV-9〉의 열 (1)~(4)의 추정결과는 대체로 유사하다. 하수관로길이와 에너지사용량 변수의 경우 분석 모형에 상관없이 소규모 하수처리 시설과 대규모 하수처리시설의 추정계수가 거의 동일하다. 반면 시설용량과 가동연수 추정 계수에서 소규모 하수처리시설과 대규모 하수처리시설 간 차이가 존재하는 것으로 나타난다. 열 (1)~(3)을 보면 대규모 하수처리시설의 시설용량 추정계수가 소규모 하수처리시설 보다 크다. 이는 시설용량의 한 단위 증가가 종속변수인 유입하수량을 증가시키는 정도가 대규모 하수처리시설에서 더 크다는 것을 의미한다. 열 (4)에서 대규모 하수처리시설의 시설용량 추정계수가 더 작는데, 이는 Mundlak(1978) 모형에서 평균 하수관로길이와 평균 에너지사용량 추정계수에 시설용량의 영향이 일부 반영되었기 때문으로 해석된다. 평균 하수관로길이와 평균 에너지사용량 추정계수는 대규모 하수처리시설에 대해서만 유의하며, 소규모 하수처리시설에서는 유의하지 않다.

대규모 하수처리시설과 소규모 하수처리시설 추정계수의 가장 큰 차이는 가동연수에서 나타난다. 〈표 IV-9〉의 모든 열에서 대규모 하수처리시설의 가동연수 추정계수는 양의 값을 가지며 통계적으로 유의하다. 이는 대규모 하수처리시설의 경우 가동연수가 오래된 시설일수록 유입하수량이 많다는 것을 의미한다. 대규모 하수처리시설의 경우 인구밀도가 높은 도시지역 등 가장 필요한 곳부터 설치되었다는 점을 고려할 때 이는 직관적으로 타당한 결과이다. 반면 소규모 하수처리시설의 가동연수 추정계수는 열 (1)에서는 음의 값을 가지며 통계적으로 유의하고, 열 (2)와 열 (3)에서는 통계적으로 유의하지 않다. 열 (4)에서 소규모 하수처리시설의 가동연수 추정계수가 양의 값을 가지며 통계적으로 유의한데, 소규모 하수처리시설의 평균 가동연수에 대한 추정계수가 음의 값이며 통계적으로 유의하다는 점을 고려할 때 두 추정계수의 합은 음의 값을 가지며 통계적으로 유의하다고 해석할 수 있다. 열 (4)에서 평균 가동연수에 대한 추정계수는 소규모 하수처리시설에서만 유의하며 대규모 하수처리시설은 유의하지 않다.

〈표 IV-9〉 소규모 및 대규모 하수처리시설 생산함수의 SFA 추정결과

변수		Pooled	RE	True RE	True RE + Mundlak(1978)
		(1)	(2)	(3)	(4)
ln시설용량	소규모	0.91** (0.01)	0.94** (0.01)	0.91** (0.01)	0.89** (0.02)
	대규모	0.95** (0.01)	0.95** (0.01)	0.98** (0.01)	0.82** (0.02)
ln하수관로 길이	소규모	0.06** (0.01)	0.02** (0.01)	0.03** (0.01)	0.03** (0.01)
	대규모	0.06** (0.01)	0.02** (0.01)	0.03** (0.01)	0.03** (0.01)
ln에너지 사용량	소규모	0.03** (0.01)	0.02** (0.01)	0.02** (0.01)	0.02** (0.005)
	대규모	0.04** (0.01)	0.02** (0.01)	0.02** (0.01)	0.01** (0.005)
ln가동연수	소규모	-0.02** (0.01)	0.008 (0.01)	-0.007 (0.01)	0.05** (0.02)
	대규모	0.09** (0.02)	0.12** (0.01)	0.11** (0.02)	0.15** (0.02)
평균 (ln하수관로길이)	소규모				0.007 (0.01)
	대규모				0.03** (0.01)
평균 (ln에너지 사용량)	소규모				0.01 (0.01)
	대규모				0.17** (0.04)
평균 (ln가동연수)	소규모				-0.08** (0.02)
	대규모				-0.008 (0.04)
소규모 하수처리시설		0.61** (0.07)	0.43** (0.07)	0.78** (0.14)	0.79** (0.16)
상수항		-0.59** (0.09)	-0.19** (0.05)	-0.61** (0.10)	-0.57** (0.12)
$\sigma_\omega$		0.48** (0.01)	0.57** (0.01)	0.31** (0.01)	0.31** (0.01)
$\sigma_v$		0.21** (0.01)	0.21** (0.01)	0.11** (0.01)	0.11** (0.01)

〈표 IV-9〉의 계속

변수	Pooled	RE	True RE	True RE + Mundlak(1978)
	(1)	(2)	(3)	(4)
시군구고정효과	Yes	No	No	No
연도고정효과	Yes	Yes	Yes	Yes
하수처리시설수	4,220	4,220	4,220	4,220
관측치수	17,256	17,256	17,256	17,256
Log likelihood	-6,617.79	-2,775.74	-2,852.92	-2,815.68

주: 1. \* significant at 10%; \*\* significant at 5% or stricter

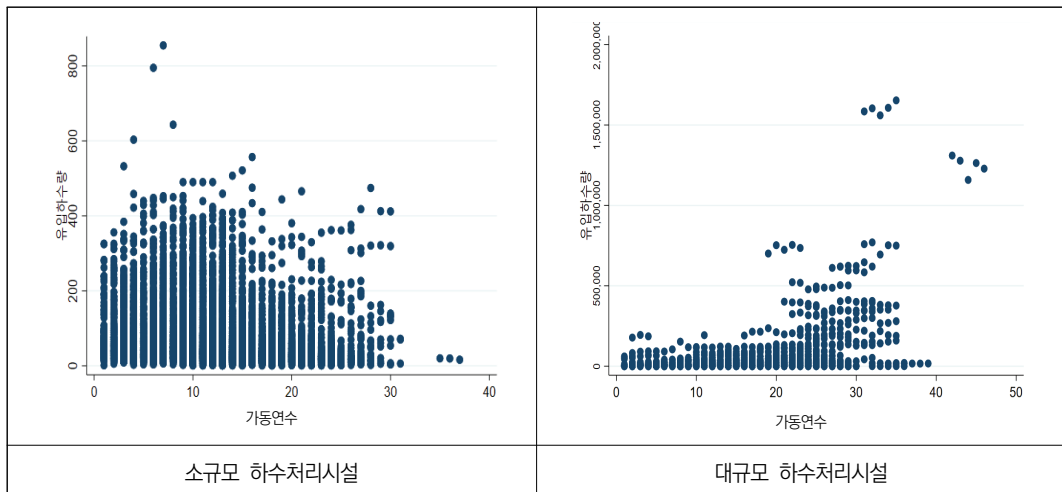
2. 괄호 안은 하수처리시설별 군집표준오차를 의미함

자료: 저자 작성

아래에서는 소규모 하수처리시설과 대규모 하수처리시설 간 가동연수에 따른 차이를 좀 더 자세히 분석하도록 한다. [그림 IV-4]는 소규모 하수처리시설과 대규모 하수처리시설의 가동연수와 유입하수량의 관계를 보여주는데, 두 그룹의 가동연수와 유입하수량의 상관관계에 눈에 띄는 차이가 나타난다. 소규모 하수처리시설은 가동연수가 오래된 하수처리시설의 유입하수량이 감소하는 경향이 나타나는 반면, 대규모 하수처리시설은 가동연수가 오래 될수록 유입하수량이 오히려 많은 추세가 나타난다.

[그림 IV-4] 가동연수와 유입하수량의 상관관계

(단위: 년, m<sup>3</sup>/일)



자료: 저자 작성

〈표 IV-10〉과 〈표 IV-11〉은 2021년을 기준으로 대규모 하수처리시설과 소규모 하수처리시설의 가동연수에 따른 유입하수량을 나타낸다. 대규모 하수처리시설은 오래될수록 오히려 유입하수량이 많은데, 소규모 하수처리시설은 가동연수가 증가할수록 유입하수량이 감소하는 추세가 나타난다. 다만 가동연수가 30년 이상인 12개 소규모 하수처리시설의 경우 예외적으로 유입하수량이 여전히 많은 것으로 나타난다.

〈표 IV-10〉 500㎥ 이상 하수처리시설 가동연수에 따른 유입하수량 추이

(단위: 톤/일)

	10년 미만	10년 이상 ~ 20년 미만	20년 이상 ~ 30년 미만	30년 이상~
하위 10%	355	418	1,260	493
평균	7,173	8,466	51,420	323,747
상위 10%	16,408	25,645	130,474	750,054
하수처리시설 수	147	368	163	26

자료: 환경부(2021), 「하수도통계」 바탕으로 저자 작성

〈표 IV-11〉 500㎥ 미만 하수처리시설 가동연수에 따른 유입하수량 추이

(단위: 톤/일)

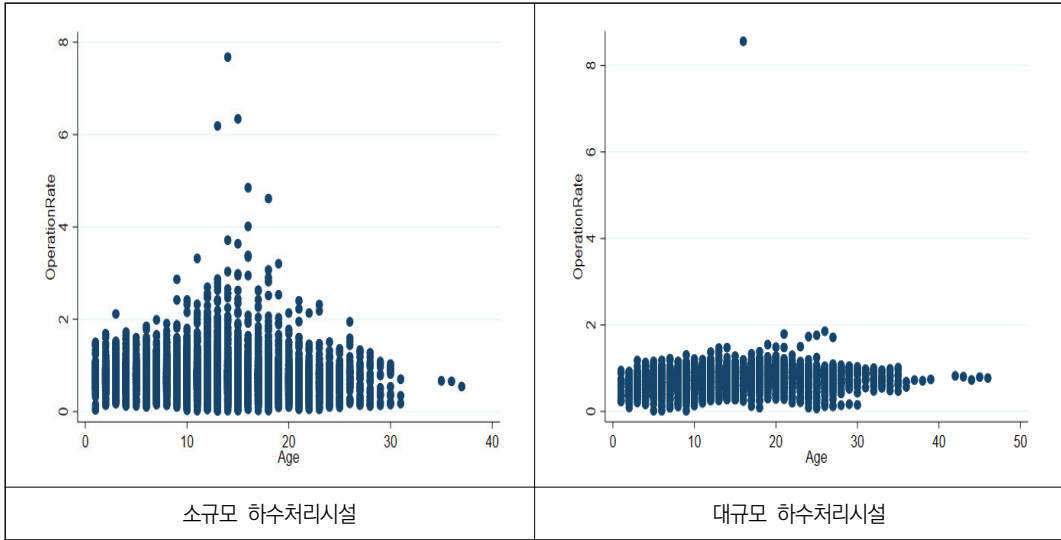
	10년 미만	10년 이상 ~ 20년 미만	20년 이상 ~ 30년 미만	30년 이상~*
하위 10%	18	14	9	4
평균	86	60	38	117
상위 10%	190	132	71	319
하수처리시설 수	726	2207	690	12

주: \* 30년 이상의 소규모 하수처리시설의 경우 유입하수량이 예외적으로 높은 소수의 하수처리시설에 의해 평균 및 상위 10%의 수치가 높게 나타남

자료: 환경부(2021), 「하수도통계」 바탕으로 저자 작성

유입하수량은 가동률과 시설용량의 영향을 동시에 받을 수 있다. [그림 IV-5]는 시설용량의 영향을 통제하기 위해 유입하수량을 시설용량으로 나누어 가동률을 계산하고, 가동연수와 가동률의 상관관계를 그림으로 나타낸 결과이다. [그림 IV-5]에서 눈에 띄는 점은 소규모 하수처리시설의 가동률 편차가 크다는 점이다. 가동률이 매우 낮거나 가동률이 1보다 커서 시설용량보다 유입하수량이 많은 소규모 하수처리시설이 다수 존재한다고 해석할 수 있다. 반면 대규모 하수처리시설의 가동률 편차는 소규모 하수처리시설에 비해 작으며, 가동연수와 상관 없이 일정한 편차를 유지하는 것으로 나타난다.

[그림 IV-5] 가동연수와 가동률의 상관관계



자료: 저자 작성

〈표 IV-12〉를 보면 소규모 하수처리시설과 대규모 하수처리시설의 평균적인 가동률은 두 그룹 모두 70% 중반 정도로 거의 차이가 없다. 가동률은 유입하수량을 시설용량으로 나누어 계산하므로 이는 시설용량의 약 70% 정도에 해당하는 유입 하수를 처리한다는 의미이다. 소규모 하수처리시설과 대규모 하수처리시설 간 가동률의 평균에는 거의 차이가 없지만 표준편차는 소규모 하수처리시설이 더 크게 나타난다.

〈표 IV-12〉 소규모 및 대규모 하수처리시설의 연도별 가동률

연도	전체	대규모	소규모
2017	0.71 (0.27)	0.71 (0.21)	0.71 (0.28)
2018	0.75 (0.31)	0.77 (0.38)	0.74 (0.30)
2019	0.72 (0.31)	0.74 (0.21)	0.72 (0.33)
2020	0.76 (0.33)	0.74 (0.22)	0.76 (0.35)
2021	0.74 (0.33)	0.74 (0.22)	0.74 (0.35)

주: 괄호 안은 표준편차를 나타냄

〈표 IV-13〉은 2021년 기준 가동률 구간별 대규모 하수처리시설과 소규모 하수처리시설의 개수를 나타낸다. 대규모 하수처리시설도 가동률이 매우 낮거나 시설용량 이상으로 높은 시설들이 존재하기는 하지만 대부분 적정한 범위 내의 가동률을 보인다. 예를 들어, 대규모 하수처리시설의 경우 가동률이 5% 미만으로 사실상 거의 운영되지 않는 시설은 2개(0.2%)이며, 가동률이 135% 이상으로 시설용량을 초과하는 시설은 1개(0.1%)이다.<sup>26)</sup> 반면 소규모 하수처리시설은 가동률이 5% 미만으로 거의 운영되지 않는 시설이 48개(1.3%)이며, 가동률이 135% 이상인 시설이 132개(3.6%)이다. 가동률이 160% 이상인 소규모 하수처리시설도 64개(1.7%)에 달하는 것으로 나타난다.<sup>27)</sup> 대규모 하수처리시설에 비해 소규모 하수처리시설의 가동률 편차가 매우 크다는 것은 소규모 하수처리시설의 시설용량이 유입하수량을 제대로 예측하지 못하고 필요한 규모에 비해 작거나 크게 지어지는 경우가 많다고 해석할 수 있다.

〈표 IV-13〉 가동률 구간별 하수처리시설 수

(단위: 개수)

가동률	대규모	소규모
5% 미만	2	48
5% 이상~10% 미만	3	15
10% 이상~15% 미만	2	20
15% 이상~20% 미만	2	31
20% 이상~25% 미만	8	59
25% 이상~30% 미만	10	65
30% 이상~35% 미만	10	83
35% 이상~40% 미만	13	90
40% 이상~45% 미만	14	120
45% 이상~50% 미만	25	156
50% 이상~55% 미만	39	174
55% 이상~60% 미만	50	184
60% 이상~65% 미만	51	241
65% 이상~70% 미만	61	258
70% 이상~75% 미만	66	280

26) 괄호 안은 대규모 하수처리시설 704개에서 차지하는 비중을 나타낸다.

27) 괄호 안은 소규모 하수처리시설 3,635개에서 차지하는 비중을 나타낸다.

〈표 IV-13〉의 계속

(단위: 개수)

가동률	대규모	소규모
75% 이상~80% 미만	62	365
80% 이상~85% 미만	69	421
85% 이상~90% 미만	54	282
90% 이상~95% 미만	53	187
95% 이상~100% 미만	43	92
100% 이상~105% 미만	25	146
105% 이상~110% 미만	17	49
110% 이상~115% 미만	13	39
115% 이상~120% 미만	4	23
120% 이상~125% 미만	4	27
125% 이상~130% 미만	2	25
130% 이상~135% 미만	1	23
135% 이상~140% 미만	0	21
140% 이상~145% 미만	0	10
145% 이상~150% 미만	0	18
150% 이상~155% 미만	0	13
155% 이상~160% 미만	0	6
160% 이상	1*	64
합계	704	3,635

주: \* 경상남도 거창 하수처리시설(시설용량 14,000톤, 가동률 171%)

자료: 환경부(2021), 「하수도통계」 바탕으로 저자 작성

〈표 IV-14〉는 2021년 기준 가동률이 10% 미만인 하수처리시설을, 〈표 IV-15〉는 가동률이 160% 이상인 하수처리시설의 목록을 보여준다. 2021년 가동률이 10% 미만인 하수처리시설은 총 68개이며, 이 중 63개가 500톤 미만의 소규모 하수처리시설에 해당한다. 가동률이 10% 미만인 63개의 소규모 하수처리시설 중 44개는 2021년 가동률이 0인 것으로 분석되었다. 500톤 이상의 대규모 하수처리시설 중 구례 하수처리장 1곳의 2021년 가동률이 0인데, 이는 2020년 기록적인 폭우로 섬진강이 범람하여 하수처리장이 침수됨에 따라 복구 중이었기 때문으로 확인되었다. 이를 제외하면 대규모 하수처리시설 중 가동률이 0인 곳은 없다.

한편, 2021년 기준 가동률이 160% 이상인 하수처리시설은 총 65개이며, 1곳을 제외한 64개 하수처리시설이 모두 소규모 하수처리시설이다. 특히 64개 소규모 하수처리시설 중 55개의 시설용량이 100톤 미만으로 소규모 하수처리시설 중에서도 규모가 매우 작은 편에 하수처리시설에 해당한다. 가동률이 160% 이상이라는 것은 시설용량보다 유입하수량이 1.6배 이상 많다는 것을 의미한다. 다시 말해, 하수처리시설 가동률이 지나치게 높으면 설비에 대한 과소투자를, 가동률이 상당히 낮다면 해당 설비에 대한 과잉투자를 의심해볼 수 있다. 그리고 이렇게 적정 규모의 투자가 잘 이루어지지 않는 것으로 보이는 설비가 주로 소규모 하수처리시설에서 나타나고 있다는 것이다.

〈표 IV-14〉 가동률 10% 미만 하수처리시설 목록(2021년 기준)

시도	구군	시설명	시설용량(㎥/일)	유입하수량(㎥/일)	가동률	운영방식
강원도	삼척시	월천지구	70	6.7	0.10	민간대행
	인제군	귀둔군량밭	100	4.1	0.04	민간대행
	횡성군	전재	20	1	0.05	민간대행
경기도	안성시	미산1	110	0	0.00	민간대행
		평장	70	0	0.00	민간대행
	양주시	운암리	30	0	0.00	민간대행
		입암리	30	0	0.00	민간대행
	포천시	지장산	49	3.2	0.07	민간대행
경상남도	거제시	주령	16	1.1	0.07	민간대행
		해금강	780	73.4	0.09	민간대행
	남해군	단항	300	23.2	0.08	민간대행
		석교	40	2.4	0.06	민간대행
	창녕군	정녕	35	3.3	0.09	공기업
		후포	30	2.7	0.09	공기업
	하동군	동산	50	0	0.00	자체
		지소	40	0	0.00	자체
		흥룡	50	0	0.00	자체
경상북도	군위군	고곡	130	0	0.00	민간대행
		문화1	46	0	0.00	민간대행
		바위골	7	0	0.00	민간대행
		병풍암	5	0	0.00	민간대행
		사직	30	0	0.00	민간대행

〈표 IV-14〉의 계속

시도	구군	시설명	시설용량(m³/일)	유입하수량(m³/일)	가동률	운영방식
경상북도	군위군	새산	13	0	0.00	민간대행
		성황골	13	0	0.00	민간대행
		송원	90	0	0.00	민간대행
		신남	60	0	0.00	민간대행
		양지	100	0	0.00	민간대행
		이화	130	0	0.00	민간대행
		조락	9	0	0.00	민간대행
		화북이주단지	20	0	0.00	민간대행
	김천시	조마 신안	110	0	0.00	민간대행
	영천시	고경 도암	260	0	0.00	민간대행
		대천	40	3.6	0.09	민간대행
		보성	40	3.6	0.09	민간대행
		연계	40	1.3	0.03	민간대행
		정각1	40	2.5	0.06	민간대행
	예천군	감천문화	80	7.1	0.09	민간대행
		우망	70	0	0.00	민간대행
	칠곡군	보병	45	1	0.02	민간대행
포항시	소동리	50	0	0.00	자체	
	청진리	35	0	0.00	자체	
대구광역시	달성군	구지 도동	30	0	0.00	민간대행
전라남도	곡성군	본토	45	1	0.02	자체
	구례군	구례	5,500	0	0.00	민간대행
		내죽 증설	75	0	0.00	민간대행
	담양군	무정면	150	0	0.00	민간대행
		봉산면	220	0	0.00	민간대행
	무안군	대치	80	0	0.00	민간대행
		봉산	30	0	0.00	민간대행
		송계	40	0	0.00	민간대행
		유교	290	0	0.00	민간대행
	순천시	학산	50	0	0.00	민간대행
	여수시	신기0	120	0	0.00	민간대행
전라북도	군산시	남수라	30	0	0.00	자체
		무녀도	150	0	0.00	민간대행
		신시도	120	0	0.00	민간대행

〈표 IV-14〉의 계속

시도	구군	시설명	시설용량(㎡/일)	유입하수량(㎡/일)	가동률	운영방식
전라북도	김제시	동반월	25	0	0.00	민간대행
	장수군	구암2	85	0	0.00	민간대행
		오연	90	0	0.00	민간대행
	정읍시	서신	30	0	0.00	민간대행
		하례	30	0	0.00	민간대행
충청남도	당진시	난지섬	600	10.2	0.02	민간대행
		송산지구	20	0	0.00	민간대행
	보령시	죽도	380	37.7	0.10	공기업
	서천군	금강하구둑관광지	1,100	77.8	0.07	민간대행
		춘장대해수욕장	3,100	275.8	0.09	민간대행
	천안시	뗏거리1지구	13	1	0.08	민간대행
충청북도	단양군	하리 영춘	20	1	0.05	민간대행

자료: 환경부(2021), 「하수도통계」를 바탕으로 저자 작성

〈표 IV-15〉 가동률 160% 이상 하수처리시설 목록(2021년 기준)

시도	구군	시설명	시설용량(㎡/일)	유입하수량(㎡/일)	가동률	운영방식
강원도	인제군	월학사현동	30	67.8	2.26	민간대행
	원주시	지정면 능촌	35	88.6	2.53	민간대행
	인제군	귀둔평동	45	105.7	2.35	민간대행
	철원군	청양1리	50	82.2	1.64	민간대행
	강릉시	뒷섬	60	200.9	3.35	민간대행
	철원군	양지리	90	145.9	1.62	민간대행
경기도	용인시	호동	20	36.2	1.81	민간대행
		고초골	48	110.9	2.31	민간대행
		학일	48	116.3	2.42	민간대행
	양평군	덕촌리	50	93.2	1.86	공기업
		연수1리	60	106.8	1.78	공기업
평택시	장등	90	165.1	1.83	민간대행	
경상남도	김해시	외오서	30	53.6	1.79	공기업
	남해군	아메리칸빌리지	30	79.7	2.66	민간대행
	고성군	법진	40	83.3	2.08	민간대행
	거제시	다대	45	79.2	1.76	민간대행
		다대윗모실	45	83.3	1.85	민간대행

〈표 IV-15〉의 계속

시도	구군	시설명	시설용량(㎥/일)	유입하수량(㎥/일)	가동률	운영방식	
경상남도	거제시	저구	45	92.9	2.06	민간대행	
	고성군	봉림	55	195.3	3.55	민간대행	
	거제시	다포	60	125	2.08	민간대행	
	창녕군	대견	60	105.4	1.76	공기업	
	밀양시	단장	70	116.4	1.66	공기업	
	거제시	옥산1	75	125.8	1.68	민간대행	
	고성군	오동	90	162.7	1.81	민간대행	
	남해군	초음(다천)	90	157.5	1.75	민간대행	
	고성군		낙동	100	238.5	2.39	민간대행
			신은	130	342	2.63	민간대행
			입포	200	322	1.61	민간대행
거창군	거창	14,000	23,980.4	1.71	민간대행		
경상북도	문경시	내화	28	61.1	2.18	자체	
	영양군	청기마을	45	74.7	1.66	공기업	
	영천시	북안	280	540	1.93	민간대행	
전라북도	남원시	와운	19	132.4	6.97	민간대행	
	임실군	방길	20	34.8	1.74	민간대행	
		사양	20	42.7	2.14	민간대행	
		연화	20	40	2.00	민간대행	
		정읍시	사교	20	33.8	1.69	민간대행
	진안군	오동	25	60.1	2.40	민간대행	
	김제시	아직산수	30	92.1	3.07	민간대행	
	임실군	지장	30	78.9	2.63	민간대행	
	전주시	삼천	30	60.5	2.02	민간대행	
	군산시	신기1	40	99.6	2.49	민간대행	
	임실군	정월	40	253.6	6.34	민간대행	
	전주시	공덕	40	117.2	2.93	민간대행	
	진안군	원좌	50	85.4	1.71	민간대행	
	전주시	추동1	60	171	2.85	민간대행	
	진안군	신고	60	110	1.83	민간대행	
	전주시	아중용계	75	264.5	3.53	민간대행	
	장수군		하평	80	128.4	1.61	민간대행
			과정	80	144.9	1.81	민간대행
			장등1	90	163.2	1.81	민간대행
	무주군	신대	120	200.1	1.67	민간대행	
제주특별자치도	제주시	신양리	100	164.9	1.65	민간대행	
충청남도	천안시	대평지구	16	35.5	2.22	민간대행	

〈표 IV-15〉의 계속

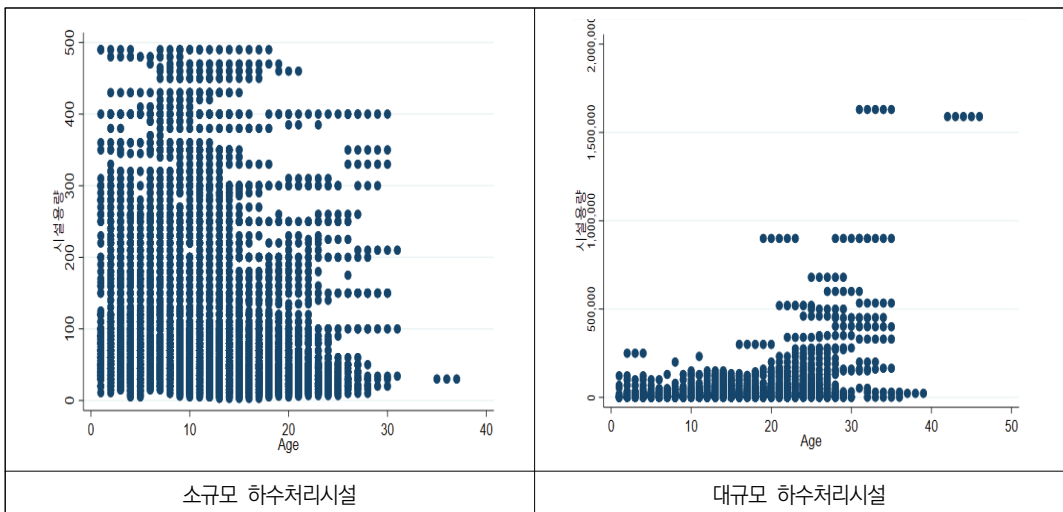
시도	구군	시설명	시설용량(m <sup>3</sup> /일)	유입하수량(m <sup>3</sup> /일)	가동률	운영방식
충청남도	천안시	양곡지구	38	66.4	1.75	민간대행
		광덕2리지구	40	127.7	3.19	민간대행
	공주시	화월지구	48	141.5	2.95	민간대행
	논산시	신양	75	124.9	1.67	민간대행
		한삼천	80	128.9	1.61	민간대행
보령시	도화담	150	248.1	1.65	공기업	
충청북도	단양군	노동	20	42.3	2.12	민간대행
		사평	50	107.6	2.15	민간대행
	옥천군	와정	50	88.7	1.77	민간대행
	괴산군	신평	100	261.8	2.62	민간대행
	단양군	대대1리	100	203.7	2.04	민간대행

자료: 환경부(2021), 「하수도통계」를 바탕으로 저자 작성

[그림 IV-6]은 소규모 하수처리시설과 대규모 하수처리시설의 가동연수와 시설용량의 상관관계를 보여준다. 대규모 하수처리시설은 가동연수가 오래될수록 시설용량이 큰 경향이 나타난다. 반면 소규모 하수처리시설은 가동연수가 오래될수록 시설용량이 오히려 작은 경향이 나타나며, 최근에 지어진 소규모 하수처리시설은 최대 용량인 500m<sup>3</sup>에 가까운 시설들이 존재한다.

[그림 IV-6] 가동연수와 시설용량의 상관관계

(단위: 년, m<sup>3</sup>/일)



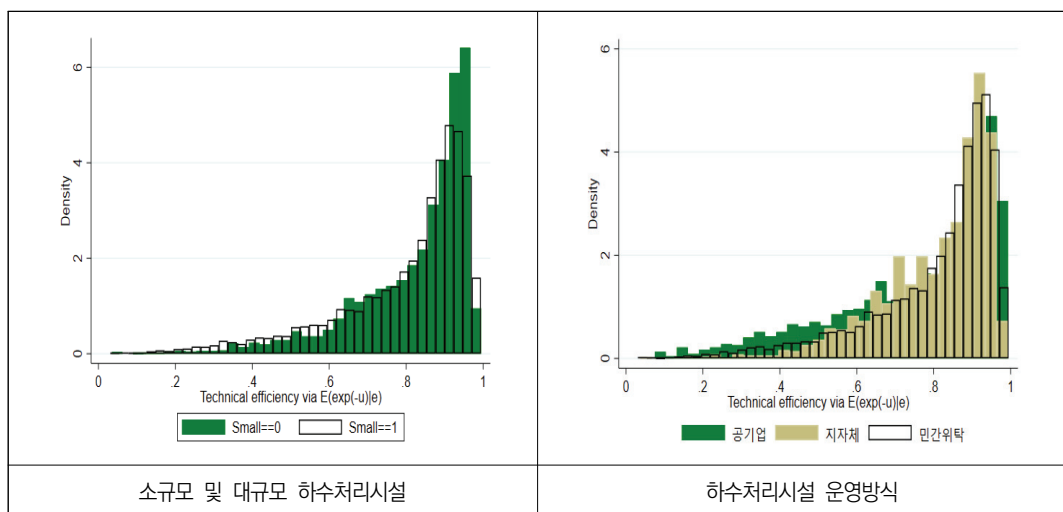
〈표 IV-16〉은 〈표 IV-9〉의 생산함수 추정결과를 바탕으로 하수처리시설의 연도별 생산 효율성을 계산한 뒤 소규모 및 대규모 그리고 운영방식에 따라 구분하여 나타낸다. [그림 IV-7]은 이를 그래프로 보여준다. 제IV장 제3절의 효과성 분석에서는 〈표 IV-16〉과 [그림 IV-7]의 생산효율성 추정치를 종속변수로 두고, 하수처리시설의 특성에 따른 생산효율성의 차이를 통계적으로 분석하도록 한다.

〈표 IV-16〉 소규모 및 대규모 하수처리시설의 생산효율성 분석결과

		Pooled	RE	True RE	True RE + Mundlak(1978)
		(1)	(2)	(3)	(4)
지방 자치 단체	소규모	0.72 (0.12)	0.68 (0.13)	0.80 (0.15)	0.80 (0.14)
	대규모	0.71 (0.11)	0.69 (0.14)	0.81 (0.13)	0.81 (0.12)
공기업	소규모	0.67 (0.19)	0.62 (0.22)	0.73 (0.22)	0.74 (0.22)
	대규모	0.72 (0.13)	0.68 (0.18)	0.78 (0.17)	0.78 (0.16)
민간대행	소규모	0.72 (0.14)	0.68 (0.16)	0.80 (0.17)	0.80 (0.17)
	대규모	0.73 (0.12)	0.72 (0.16)	0.83 (0.15)	0.83 (0.14)

주: 괄호 안은 표준편차를 의미함

[그림 IV-7] 생산효율성 추정치의 분포



〈표 IV-17〉은 〈표 IV-9〉의 생산함수 추정결과를 바탕으로 규모의 수익>Returns to Scale)을 계산한 결과이다. 시설용량, 하수관로 길이, 에너지사용량 추정계수의 합이 1보다 크면 규모의 수익 체증(Increasing Returns to Scale), 1과 같으면 규모의 수익 불변(Constant Returns to Scale), 1보다 작으면 규모의 수익 체감(Decreasing Returns to Scale)이 존재한다고 해석할 수 있다. 규모의 수익 체증은 시설용량, 하수관로 길이, 에너지사용량의 생산요소 투입량을 한 단위 증가시킬 때 유입하수량은 한 단위보다 많이 증가함을 의미하며, 규모의 수익 불변은 생산요소 투입량을 한 단위 증가시킬 때 유입하수량도 한 단위만큼 증가함을 의미한다. 규모의 수익 체감은 생산요소 투입량을 한 단위 증가시킬 때 유입하수량은 한 단위보다 작게 증가하여 생산요소 투입량을 증가시키는 이득이 없다고 해석할 수 있다. 〈표 IV-17〉을 보면 소규모 하수처리시설은 추정계수의 합이 1과 같다는 귀무가설을 기각하지 못하는 반면, 대규모 하수처리시설은 추정계수의 합이 1과 같다는 귀무가설을 기각한다. 특히 대규모 하수처리시설 추정계수의 합은 열 (2)를 제외하면 모두 1보다 커서, 규모의 수익 체증이 존재한다고 해석할 수 있다. 즉, 소규모 하수처리시설에서는 규모의 수익 체증이 존재하지 않지만 대규모 하수처리시설 추정계수의 합은 열 (2)를 제외하면 모두 1보다 커서 규모의 수익 체증이 존재한다고 해석할 수 있다.

〈표 IV-17〉 생산함수의 규모의 수익>Returns to Scale) 분석결과

	Pooled	RE	True RE	True RE + Mundlak(1978)
	(1)	(2)	(3)	(4)
소규모	1 (0.33)	0.98 (0.94)	0.96 (0.16)	0.95 (0.12)
대규모	1.05* (0.00)	0.99* (0.02)	1.03* (0.00)	1.09* (0.00)

주: \*는 추정계수의 합이 1이라는 귀무가설을 기각함을 의미하며, 괄호 안은 p-value를 나타냄

#### 4) 소결

하수처리시설의 효율성을 비용효율성과 생산효율성의 두 가지 측면에서 모두 살펴본 결과, 공통적으로 나타난 것은 하수처리시설에 대한 규모의 이점이 존재한다는 점이다. 이러한 결과는 향후 하수처리시설의 운영방향을 규모의 이점을 누릴 수 있도록 설정해야 함을 의미한다. 특히, 소규모 하수처리시설에 대한 활용에 신중을 기해야 함을 보여준다. 하수처

리 서비스가 취약한 농어촌이나 격오지에 대한 하수도 보급을 높이기 위한 수단으로 소규모 하수처리시설을 증설하는 방법과 하수관로를 연장하여 기존 하수처리시설에 연계하는 방법 간의 비용효과성을 엄격하게 따지며 적절한 수단을 선택해야 한다. 또한 기존의 소규모 하수처리시설들을 대규모 하수처리시설로 통합하는 방안을 적용하는 것도 필요하다.

한편, 소규모 하수처리시설의 가동률은 가동연수와도 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다. 가동연수가 오래되어도 가동률이 일정하게 유지되는 대규모 하수처리시설과 달리 소규모 하수처리시설은 가동연수가 오래될수록 가동률은 낮은 경향을 보이고 있다. 가동연수가 오래될수록 시설물 내구연한에도 가까워지기 때문에 시설대체를 진행하기에 앞서 통폐합이나 대규모 공공하수처리시설로의 연계 등 대안들을 면밀히 검토하고 적용할 필요가 있다. 또한 소규모 하수처리시설과 대규모 하수처리시설의 가동률은 평균적으로는 큰 차이가 없지만, 소규모 하수처리시설의 경우 가동률의 편차가 매우 크게 나타났다. 가동률이 매우 낮은 소규모 하수처리시설이 다수 존재할 뿐만 아니라, 가동률이 과도하게 높아 유입하수량을 제대로 처리하지 못하는 소규모 하수처리시설도 다수 존재하는 것으로 분석되었다. 해당 시설물에 대해서는 별도의 점검과 함께 효과적으로 하수처리장을 운영할 방안을 마련해야 할 것이다.

### 3. 사업의 효과성

#### 가. 효과성 평가 개요

본 절에서는 하수도 관리 사업군에 대한 재정사업의 효과성을 분석한다. 하수도 관리 사업의 효과는 여러 측면에서 고려해 볼 수 있겠으나, 본 절에서는 제Ⅲ장의 논리모형에서도 언급한 대표적인 사업에서의 기대효과인 침수예방효과와 수질개선을 중심으로 살펴본다. 또한 이와 더불어 하수처리효율에서의 효과에 대해서도 살펴본다. 하수처리효율에서의 효과는 앞서 제2절에서 살펴본 사업의 효율성과 연계된 것으로, 하수도 관리 사업의 사업비에서 국고보조금의 비중을 높이는 것이 사업의 효율성에 미치는 영향을 의미한다. 즉, 동일한 하수도 관리사업을 하더라도 국고보조를 많이 받으며 사업을 진행하는 것과 국고보조를 덜 받으며 사업을 진행하는 것 사이에 효율성에서 유의미한 차이가 있는지를 분석하고자 한다. 이를 통해 하수도 관리 사업의 효율성을 위해서는 국고보조금을 확대하는 것이 더 적절할지 축소하는 것이 더 적절할지 살펴본다.

## 나. 수질개선효과

### 1) 자료수집

[그림 IV-8]은 하수도의 개념을 나타내고 있다. 크게 보면 하수관로를 통해 하수와 분뇨를 수송하여 하수처리장에서 처리하여 하천으로 내보내게 된다. 따라서 수질개선은 하수관로에서 하수처리장으로 들어오는 유입 수질과 하수처리장에서 하천으로 방류되는 방류 수질의 차이에서 확인할 수 있다. 하지만 하수처리를 하는 궁극적인 목적은 하천의 수질을 개선하는 데 있다는 점에서 결국 하수관로와 하수처리장을 설치함으로써 하천의 수질이 얼마나 개선되는지 살펴볼 필요가 있다. 다만 하천의 수질은 강수량, 인근 도시와의 관계, 유입 오염원의 종류와 부하량 등 다양한 요소들이 복합적으로 영향을 미친다는 점에서 하천의 수질에 대한 하수처리장 및 하수관로의 독립적인 영향을 파악하는 것은 어려운 일이다. 이러한 한계에도 불구하고 본 연구에서는 하수처리장이 설치된 전후의 인근 하천 수질변화를 비교해 봄으로써 간략히 이를 평가하고자 한다.

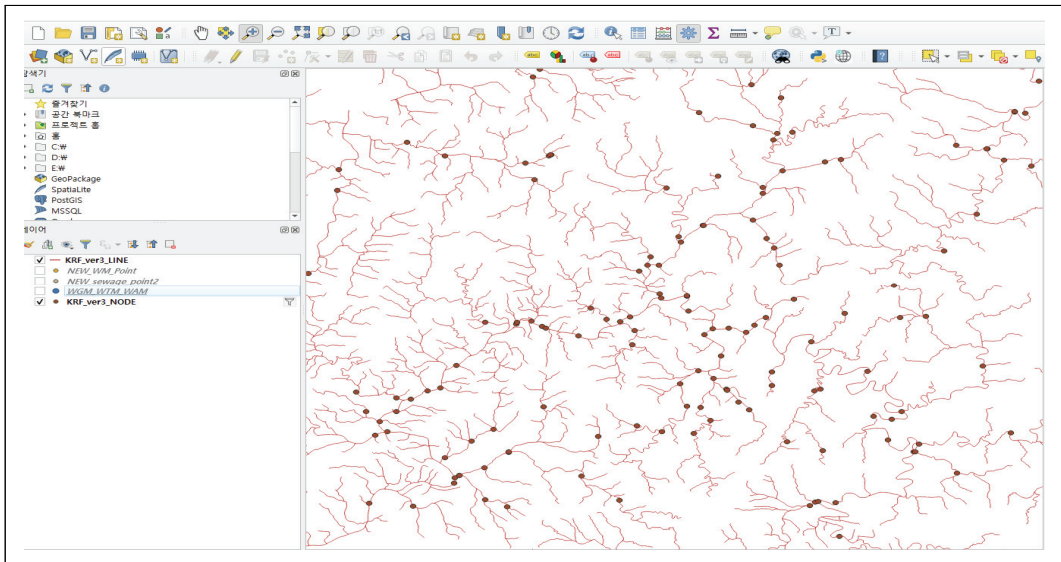
[그림 IV-8] 하수도의 개념



자료: 환경부 내부자료

하수관로 및 하수처리장의 수질개선효과를 평가하기 위해 개별 하수처리장의 유입수질과 방류수질에 대한 자료를 환경부로부터 취득하였다. 하수처리장 설치에 따른 인근 하천의 수질을 평가하기 위해서는 크게 세 가지 정보가 필요하다. 첫 번째는 하수처리장의 위치와 가동시작일 자료이다. 해당 자료는 환경부 하수도통계로부터 구축하였다. 두 번째는 하수처리장과 인근 수질측정망의 위치 정보이다. 이와 함께 하수처리장과 인근의 수질측정망을 연결하기 위해서는 하천 흐름에 대한 정보가 필요하다. 해당 정보는 물환경정보시스템에서 제공하는 KRF(Korean Reach File) 정보를 활용하였다.<sup>28)</sup> 끝으로 개별 수질측정망의 수질측정데이터는 물환경정보시스템에서 제공하는 개별 수질측정망 연별 수질측정자료를 조회하여 사용하였다.

[그림 IV-9] 하천의 수질측정망 정보



자료: 물환경정보시스템 KRF\_ver3 자료를 이용하여 저자작성

[그림 IV-9]는 하천에 위치한 수질측정망 정보이며 동일한 방법으로 하수처리장의 위치 정보를 처리하였다. 하수처리장의 위치와 하천의 수질측정망을 연결해 주기 위해서는 하천의 흐름에 대한 정보가 필요한데, 이는 KRF\_ver3\_LINE의 정보를 이용하여 [그림 IV-10]과 같이 연결하였다.

28) KRF는 GIS 기반의 효율적인 유역 및 수질 관리를 위하여 하천 흐름특성, 연결 관계, 위상 관계 등의 정보를 포함하는 하천 네트워크 공간자료이다([https://water.nier.go.kr/web/gisKrf?pMENU\\_NO=89](https://water.nier.go.kr/web/gisKrf?pMENU_NO=89)).

[그림 IV-10] 하천의 네트워크 정보를 이용하여 수질측정망 연결



자료: 물환경정보시스템 KRF\_ver3 자료를 이용하여 자작작성

연결된 하수처리장과 수질측정망 정보를 이용하여 물환경정보시스템상의 수질측정정보를 획득하였다. 다만 물환경정보시스템의 수질측정정보에서의 지점명 혹은 지점코드와 KRF에서 제공하는 측정망 정보(WGM\_ID, WGM\_NM)가 일치하지 않는 지점이 다수 발견되었다. 예를 들어 금강 갑천의 경우 총 6개의 수질측정망이 설치되었는데, 지점명은 갑천1에서 갑천7까지 존재한다. 하지만 KRF에서의 지점명은 갑천1에서 갑천6과 갑천5-1이 존재하여 일치하지 않는다. 따라서 이러한 지점은 분석 표본에서 제외하고 지점명과 지점코드가 모두 일치하는 지점만을 대상으로 분석하였다.

## 2) 평가 결과

수질개선효과는 논리모형에서 살펴본 바와 같이 하수관로정비 및 하수처리시설의 확충 등의 종합된 효과로 볼 수 있다. 현재 하수도통계에서는 하수처리시설별 원수수질과 방류수질을 모니터링하고 있는데, <표 IV-18>에서 알 수 있듯이 원수에 비해 방류수의 수질은 기초통계의 전후비교(Before-after analysis)만으로도 크게 개선된 것을 확인할 수 있다.

〈표 IV-18〉 연도별 하수처리장 원수(유입) 및 방류 수질 추이

연도	원수수질		방류수질		개선율(%)	
	BOD(mg/L)	T-P(mg/L)	BOD(mg/L)	T-P(mg/L)	BOD(mg/L)	T-P(mg/L)
2001	85.78	8.67	2.70	1.33	96.8	84.6
2002	88.59	7.80	26.37	1.25	70.2	84.0
2003	82.95	6.82	3.01	1.19	96.4	82.6
2004	86.87	5.90	2.88	1.15	96.7	80.5
2005	94.41	5.22	2.93	1.10	96.9	78.9
2006	99.88	4.86	3.06	4.74	96.9	2.5
2007	150.10	11.73	4.82	1.79	96.8	84.7
2008	119.44	4.03	3.57	0.96	97.0	76.1
2009	128.19	3.58	3.67	0.90	97.1	74.7
2010	131.90	3.44	3.79	0.80	97.1	76.7
2011	136.36	3.33	3.86	0.73	97.2	78.0
2012	141.18	2.82	3.85	0.46	97.3	83.8
2013	145.93	2.72	4.08	0.39	97.2	85.6
2014	154.75	2.65	4.16	0.35	97.3	86.7
2015	159.89	2.52	4.26	0.31	97.3	87.7
2016	160.91	2.34	4.27	0.28	97.3	87.9
2017	164.92	2.29	4.40	0.28	97.3	87.8
2018	162.08	2.34	4.22	0.27	97.4	88.4
2019	169.92	2.31	4.42	0.26	97.4	88.8
2020	170.67	2.20	4.33	0.24	97.5	89.2
2021	177.11	2.22	4.42	0.23	97.5	89.7

자료: 환경부 내부자료

〈표 IV-18〉에서 확인할 수 있듯이 원수수질 대비 방류수질은 명백히 개선되었으며, 이는 하천의 수질개선에 긍정적인 영향을 미쳤을 것으로 판단할 수 있다. 2012년 1월 1월부터 적용된 방류수질기준을 보면 1일 하수처리용량 500m<sup>3</sup> 이상인 하수처리장의 BOD 방류수질기준은 5mg/L 이하(1지역 및 2지역) 혹은 10mg/L 이하여야 한다. 따라서 평균 방류수질은 3mg/L 이하를 보이고 있다. 또한 점진적으로나마 방류수질 및 개선율이 개선되고 있음을 알 수 있다. 이는 「하수도법 시행규칙」 제3조제1항제1호 관련 별표1 「공공하수처

리시설간이공공하수처리시설의 방류수수질기준」을 따라야 한다는 점에서 당연한 결과라 할 수 있을 것이다.

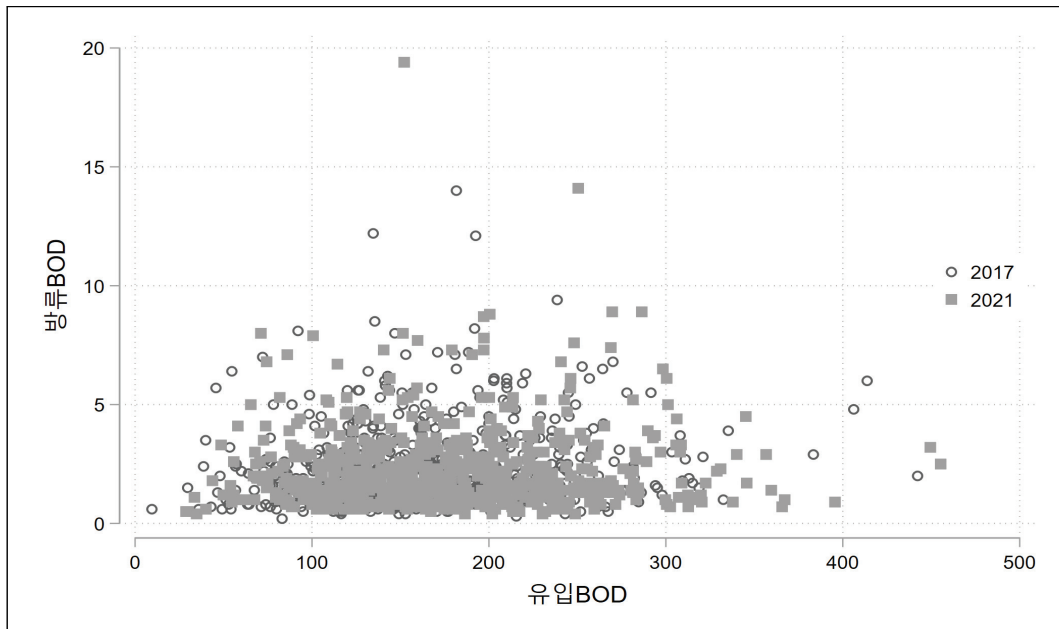
〈표 IV-19〉 방류수수질기준

구분	생물화학적 산소요구량 (BOD) (mg/L)	총유기 탄소량 (TOC) (mg/L)	부유물질 (SS) (mg/L)	총질소 (T-N) (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)	총대장균군수 (개/mL)	생태 독성 (TU)	
1일 하수처리 용량 500㎥ 이상	I 지역	5 이하	15 이하	10 이하	20 이하	0.2 이하	1,000 이하	1 이하
	II 지역	5 이하	15 이하	10 이하	20 이하	0.3 이하	3,000 이하	
	III 지역	10 이하	25 이하	10 이하	20 이하	0.5 이하		
	IV 지역	10 이하	25 이하	10 이하	20 이하	2 이하		
1일 하수처리용량 500㎥ 미만 50㎥ 이상	10 이하	25 이하	10 이하	20 이하	2 이하			
1일 하수처리용량 50㎥ 미만	10 이하	25 이하	10 이하	40 이하	4 이하			

자료: 하수도법 시행규칙 별표1

[그림 IV-11] 2017년 및 2021년 유입 및 방류 BOD

(단위: mg/L)



자료: 저자 작성

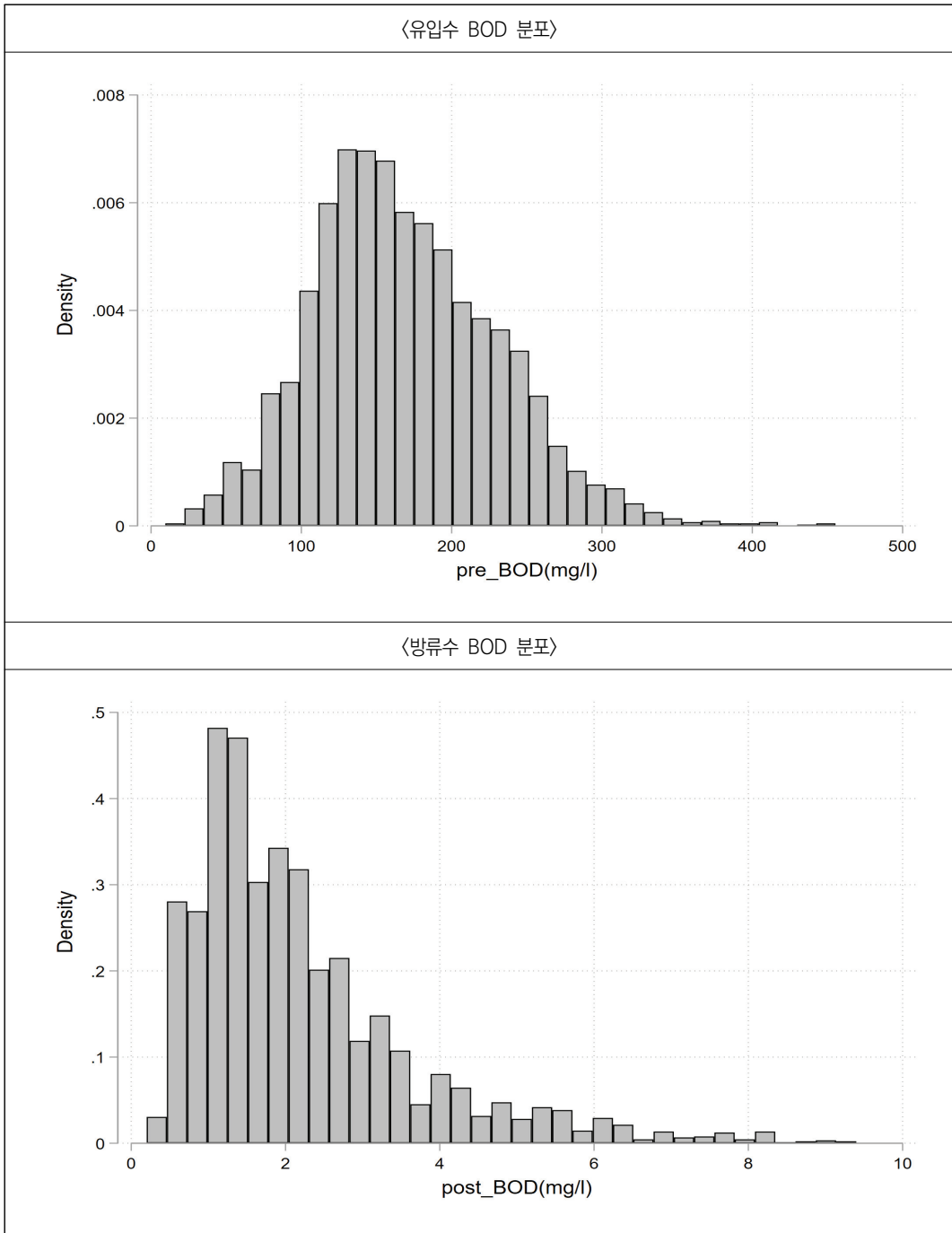
[그림 IV-11]은 2017년과 2021년의 하수처리장별 연평균 유입수 및 방류수의 BOD를 나타내고 있다. 평균적인 방류수질이 앞서 <표 IV-19>의 방류수질기준인 5mg/L 이하를 달성하고 있는 것으로 나타났다. 다만 일부 하수처리장의 방류수질 BOD가 5mg/L 이상 혹은 10mg/L 이상인 경우도 확인할 수 있다. 시간이나 일 자료가 아닌 연평균 자료라는 점에서 일부 하수처리장은 방류수의 수질 기준을 초과하고 있는 것으로 판단된다. 방류수 수질 기준을 초과하는 일부 하수처리장을 제외한다면 앞서 <표 IV-18>에서 본 바와 같이 하수관로의 설치 및 확장 등으로 인하여 유입 수질은 다소 높아졌으며 방류 수질은 수질 기준의 개선으로 인하여 더 낮아졌음을 확인할 수 있다.<sup>29)</sup>

[그림 IV-12]는 2017년 이후의 유입수 및 방류수의 BOD 분포를 나타내고 있다. 유입수의 수질 분포가 정규분포에 가까운 매우 넓은 범위를 형성하고 있음에도 불구하고 방류수의 수질은 방류수 수질기준에 대한 준수로 인하여 BOD 2ml 수준에서 분포가 높게 형성되어 있음을 알 수 있다.

---

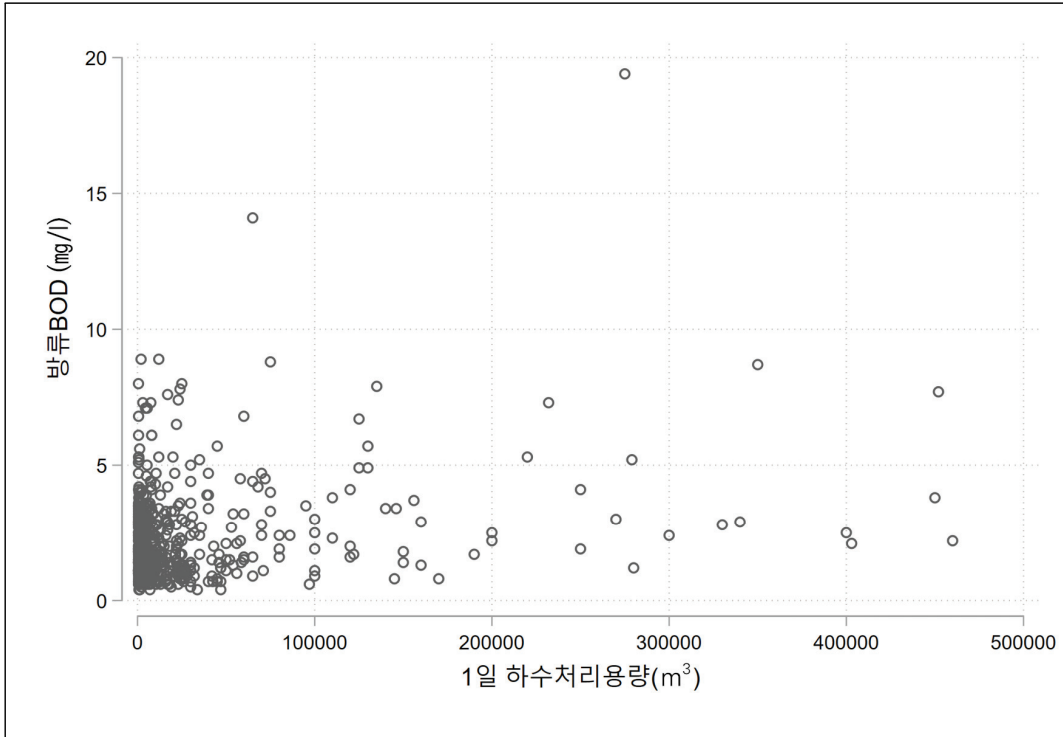
29) 2021년 1월 1일 방류수질기준이 강화되었다. 비록 생물화학적 산소요구량(BOD)은 기존과 같은 기준이나 화학적 산소요구량(COD)은 더 강화되었다.

[그림 IV-12] 유입 및 방류 BOD 분포: 2017년 이후



자료: 환경부 내부자료를 이용하여 저자 작성

[그림 IV-13] 하수처리장 처리용량에 따른 방류 BOD 수준



자료: 환경부 내부자료를 이용하여 저자 작성

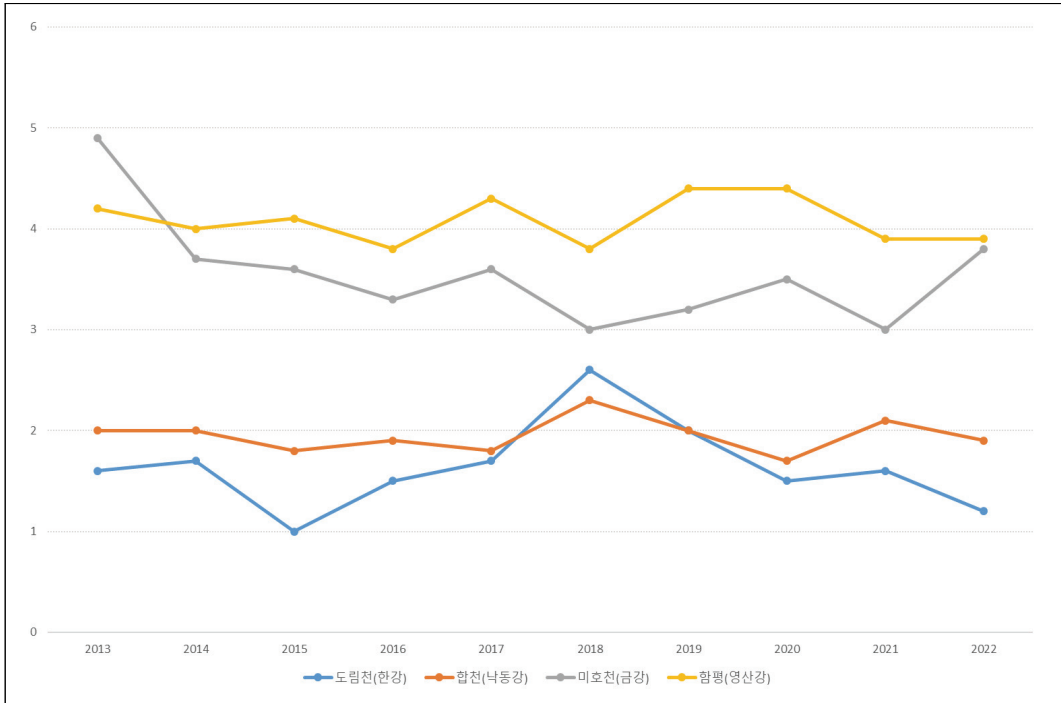
[그림 IV-13]은 하수처리용량에 따른 방류수 BOD의 관계를 살펴본 결과이다. 그림에서 확인할 수 있듯이 하수처리용량과 관계없이 방류수 수질기준에 따르기 때문에 대부분의 하수처리장 방류수 수질이 유사함을 알 수 있다. 위의 세 개의 그래프와 표를 종합해 본다면 방류수 수질은 점진적으로 개선되고 있으며 유입수의 수질이나 하수처리장의 처리용량과 관계없이 방류수 수질 기준에 따라 방류수의 수질은 일정하다는 것을 알 수 있다.

하수처리장을 비롯한 하수처리시설의 궁극적인 목적은 하천의 수질을 개선하는 것이라는 점에서 하수처리장의 방류수질 개선과 함께 하천의 수질 변화를 살펴볼 필요가 있다. [그림 IV-14]는 4대강 주요 하천의 2013년부터 2022년까지의 수질(BOD) 변화를 나타내고 있다. 모든 하천에서 뚜렷한 개선 효과가 있었다고 판단하기는 어렵다.<sup>30)</sup>

30) 2013년과 2022년을 단순 비교한다면 4개 지점 모두 BOD가 일정 수준 개선되었음을 알 수 있다. 하지만 연도별로 변동이 있어 일률적으로 판단하기는 어렵다.

[그림 IV-14] 주요 하천 수질(BOD) 변화

(단위: mg/L)



자료: 물환경정보시스템(<https://water.nier.go.kr/web>)

개별 하수처리장의 하천 수질개선 효과를 엄밀하게 보기 위해서는 비점오염원에서 하천 수질까지 이어지는 엄밀한 공학적 모델링을 통한 연구가 필요하다. 하지만 이러한 접근은 본 연구의 범위를 넘어선다. 따라서 본 연구에서는 일부 공공하수처리장의 설치 전과 후 주변 하천의 수질 개선이 이루어졌는지 살펴보기로 한다. 앞서 자료의 구축 부문에서 설명한 바와 같이 하수처리장과 하천 흐름으로 이어진 수질측정망과 해당 측정망에서 측정된 수질자료를 활용하여 하수처리시설 설치 전과 후를 비교하였다. 2001년부터 2019년까지 하수처리장 중 총 285개 하수처리장 준공 전후 인근 하천 수질을 비교·분석하였다.<sup>31)</sup>

31) 하수처리장의 수질측정정보는 1998년부터 존재하나 본 연구에서 구축한 기상정보가 1999년부터 존재하며 전후 2년까지 비교하기 위하여 2001년부터 가동된 하수처리장만을 대상으로 하였다.

[그림 IV-15] 하수처리장 가동연도 전후 주변하천 수질 비교

(단위: mg/L)



자료: 저자 작성

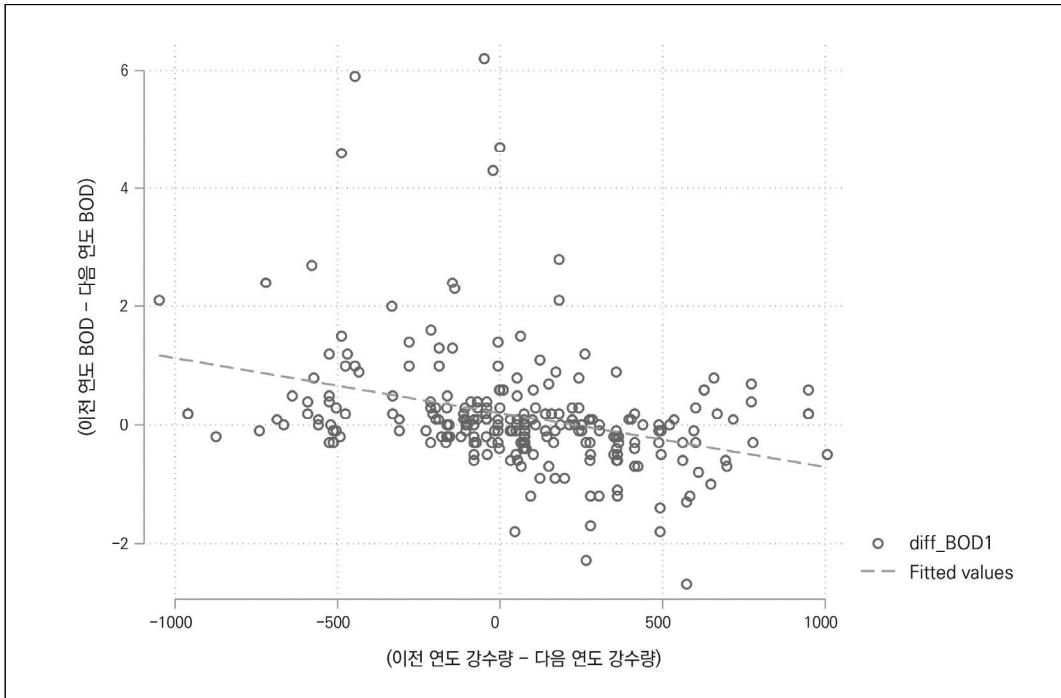
[그림 IV-15]는 하수처리장의 가동연도 전후(1년과 2년 평균) BOD 차이를 나타내고 있다.<sup>32)</sup> 양의 값을 나타내면 설치 후 하천의 수질이 개선되었다는 의미이며, 음의 값은 오히려 악화되었다는 것을 의미한다. 일부 연도에서 하수처리시설 설치 전후의 BOD가 역전되는 현상이 발생하기도 하지만 대체로 양의 값, 즉 BOD 수치가 낮아지는 현상을 확인할 수 있다. 다만 앞서도 언급하였듯이 하수처리장의 주변 하천 수질에 대한 영향분석은 하천 수질에 영향을 줄 수 있는 다양한 요인들을 통제할 수 있는 정교한 공학적 모델링 분석이 필요하다. 특히 강수량이나 기온 등 하천에 영향을 주는 다양한 요인이 통제되지 않은 결과는 해석하는 데 주의가 필요하다. [그림 IV-16]은 하천 수질에 큰 영향을 주는 강수량과 하수처리장 설치 전후 하천 수질변화의 관계를 나타내고 있다. 가동 후 강수량이 가동 전 연도보다 적었을 때 수질개선의 수준이 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 이러한 점을 고려할 때 일부 연도를 중심으로 수질개선이 두드러지지 않거나 오히려 역전 현상이 발생하는 것은 이와 같이 강수량이나 기타 원인들로 인한 것으로 평가할 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 본 연구에서 실시한 하수처리시설 설치 전과 후 수질의 비교는 결과의 해석에 있어

32) (가동 1년 전 BOD-가동 1년 후 BOD)가 -10 이하인 경우 이상치로 처리하여 분석에서는 제외하였다.

많은 한계가 있다. 하지만 이를 고려하더라도 이상의 분석결과를 토대로 봤을 때 전반적으로 하수처리장의 설치는 주변 하천의 수질개선에 효과가 있었다고 평가할 수 있다.

[그림 IV-16] 하수처리시설 설치 전후 연도 수질과 강수량 비교

(단위: mg/L)



자료: 저자 작성

앞에서 살펴본 바와 같이 하수처리장의 방류수질은 유입 수질과 상관없이 점진적으로 개선되어 왔다. 하수처리장의 용량이나 지역별로 다소 차이가 있지만 하수처리장은 방류수 수질기준을 준수하여야 한다는 점에서 유입 수질이나 하수처리장의 용량과 무관하게 방류수질은 크게 개선되었다. 하수처리시설의 목적은 하천의 수질을 개선하여 국민 후생을 증진하는 것에 있다. 경제학에서 널리 알려진 바와 같이 목표하는 환경수준, 즉 환경개선을 달성하는 과정에서 일종의 가격정책인 세금 혹은 부담금 형태나 배출권 거래제와 같은 시장기반의 정책이 여타 정책보다 비용효과적이다. 하지만 이론적인 우월성에도 불구하고 이러한 정책은 실행하는 데 어려움이 있다. 따라서 전통적인 직접규제 방식을 조금 유연하게 관리하는 제도가 2012년 「하수도법」 개정을 통해 도입된 유역단위의 하수도 관리, 즉 유역하수도 정비계획 제도이다. 지자체 단위 하수도 개념에서 개별 하수도의 수질기준은 관

리의 편리성은 확보될 수 있지만 비용효과적이지 못하다. 예를 들어 A라는 하수처리시설에서는 기술 수준이나 혹은 주변의 여건상 낮은 수준의 방류 수질을 유지하기 위해서는 많은 비용이 필요하다고 하자. A에서는 심지어 과태료나 벌금을 지불하는 것이 비용을 줄이는 선택일 수 있다. 그에 반해 B 하수처리장은 유입되는 유입 수질이 상대적으로 좋거나 혹은 기술 수준이 높아 상대적으로 적은 비용으로도 방류수질 기준을 준수할 수 있다고 하자. B 입장에서는 추가 수질개선의 여력이 있음에도 불구하고 처리장 방류수질 규제만 지키면 되므로 방류수질 기준에만 맞게 하수를 처리하는 것이 최적 선택이 될 것이다. 그렇지만 유역하수도 혹은 보다 넓은 권역에서 전체적인 수질을 관리한다면 수질 개선이 어려운 지역에서는 다소 유연하게 통제하지만 개선 여지가 큰 곳은 더 높은 수준으로 관리하여 전체적인 하천의 수질개선을 유도할 수 있다. 이러한 경우 넓은 지역의 평균적인 수질이나 이에 상응하는 지표를 통해 관리할 수 있다. 그러나 유역 내의 하수도를 통합 관리하여 보다 비용효과적인 관리를 위한 유역하수도제도의 실효적인 시행은 되고 있지 않다. 따라서 정부 재정의 효율적 활용이라는 측면에서 유역하수도 단위의 목표나 구체적인 실행방안을 마련하는 것이 필요하다.

### 3) 소결

본 절에서는 하수처리시설의 설치가 수질개선에 미치는 효과를 하수처리장 유입수와 방출수의 수질개선 효과와 하수처리장 인근 하천의 수질개선 효과를 통해 살펴보았다. 하수처리장 유입수는 방류수 수질기준을 준수하여 하천으로 방류하여야 하므로 대체로 상당한 수준의 개선이 있는 것으로 분석되었다. 다만 일부 하수처리장은 방류수 수질기준에 미치지 못한 상태로 방류하는 것으로 나타났다. 방류수 수질기준에 미치지 못하는 하수처리장에 대해 세부적인 기술 및 원인을 파악하여 처리할 필요가 있다. 또한 지속적인 모니터링 및 처벌 기준을 강화할 필요가 있다. 현재는 방류수 수질기준을 위반하였을 때 개선 명령과 500만원 이하의 과태료가 부과되고 있을 뿐이다. 더 높은 수준의 과태료와 함께 향후 해당 지자체의 하수도 정비사업에 대한 정부 재정지원의 제한 등 더 엄격한 조치가 필요하다.

한편, 하수처리장 인근 하천의 수질을 하수처리장이 가동되기 전년도와 후년도를 비교한 결과 일부 연도를 제외하고 대체로 수질개선이 있었던 것으로 분석되었다. 비록 특정 연도에는 오히려 반대의 효과, 즉 수질이 악화된 경우도 있는 것으로 나타났으나 이는 강수량 등 하천 수질에 영향을 주는 다른 요인이 작용한 것으로 분석되었다.

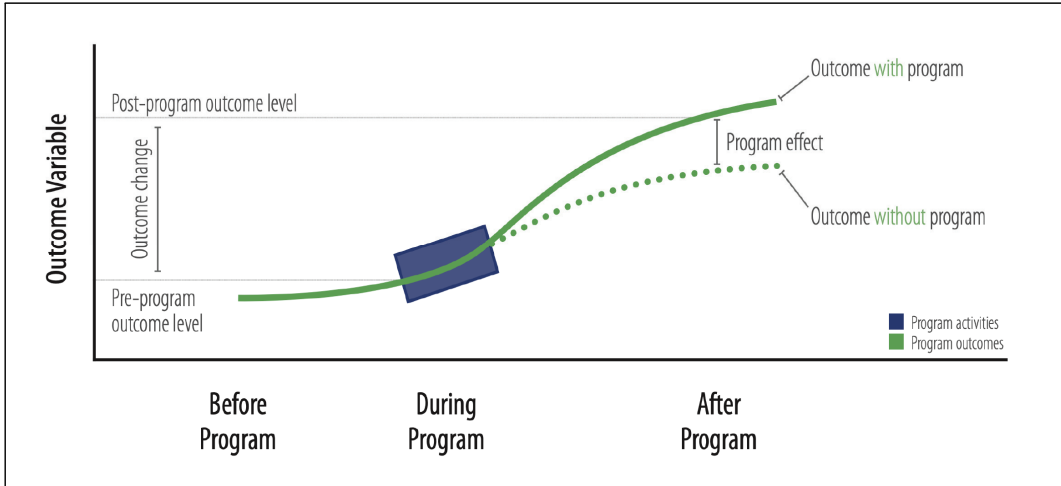
지금까지 하수처리시설의 설치에 따른 수질 개선효과를 두 가지 측면에서 살펴보았다. 즉, 하수처리장 유입수와 방출수를 비교하였고, 하수처리시설 인근 하천의 수질을 시설 설치 전후로 비교하였다. 두 비교분석 결과 모두 수질이 개선된 것으로 분석되었다. 다만, 비용효과성 측면에서는 현재의 제도를 개선할 필요가 있는 것으로 나타났다. 특히, 수질기준에 대한 준수를 개별 하수처리시설별로 제한하는 것은 비용효과적이지 못하다. 현재 활발히 논의되는 유역하수도 혹은 더 넓은 권역 수준에서 수질기준을 설정하는 것이 개별 하수처리시설별로 수질기준을 정하는 것보다 유연한 관리가 이루어질 수 있다. 이를 위해 현재 시행되는 유역하수도 정비계획 등에서 해당 내용을 적극적으로 반영할 수 있도록 검토가 필요하다.

## 다. 침수예방효과

### 1) 평가모형

앞서 논리모형에서도 살펴본 바와 같이 본 하수도 관리 재정사업군 심층평가의 효과성 평가 대상은 크게 수질개선 및 홍수로 인한 피해의 저감에 있다. 정책 효과의 정량적 평가 방법, 특히 통계적 접근은 다양한 방법이 존재한다. 본 연구에서는 이 중 가장 널리 사용되는 이중차분방법(difference-in-difference)을 중심으로 적용하였다. 평가방법론에 대한 개략적인 이론적 배경은 다음과 같다.

[그림 IV-17] 프로그램 평가방법론 개요



자료: Program Evaluation, <https://evalf21.classes.andrewheiss.com>, 검색일자: 2024. 1. 31.

[그림 IV-17]은 프로그램 평가방법 개념을 도식화한 것으로 프로그램 실시 전후의 평가 대상 변수(수질, 홍수빈도 등)의 변화를 살펴봄으로써 프로그램 효과의 평가를 나타내고 있다. 평가대상이 되는 변수 및 관련 정보가 충분히 확보되면, 효과성 분석은 기본적으로 다음과 같은 선형회귀방정식의 모수를 추정하는 것에서 시작한다.

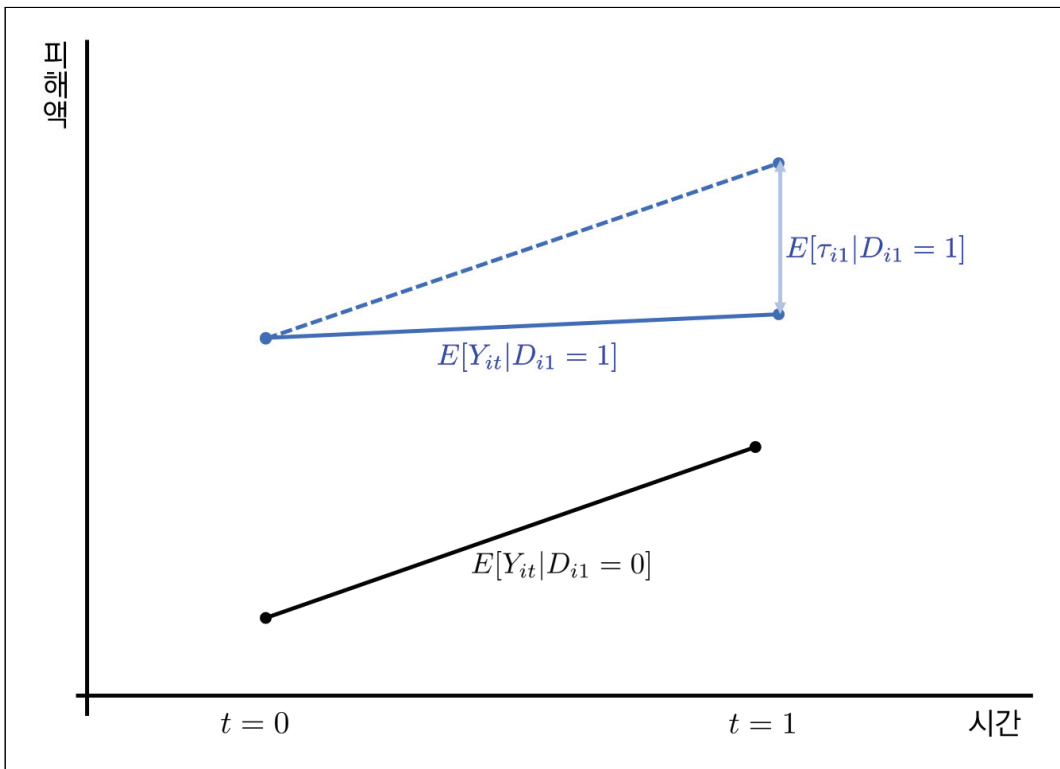
$$y_i = \beta_0 + \beta_1 D_i + \beta_2 X_i + \varepsilon_i$$

위 식에서  $y_i$ 는 평가대상변수,  $D_i$ 는 관측치  $i$ 에 프로그램이 적용된 경우, 즉 처치(treatment)의 적용 여부를 나타내는 더미변수,  $X_i$ 는 기타 설명변수 벡터,  $\varepsilon_i$ 는 모형의 오차항을 나타낸다. 따라서 위 선형회귀방정식에서는 계수인  $\beta_1$ 이 프로그램이 적용됨에 따라 평가항목에 영향을 주는 효과를 의미한다.

그러나 프로그램의 성과 측정을 선형회귀모형으로 추정하는 경우 처치변수  $D_i$ 의 내생성에 문제, 즉 처치변수와 모형의 오차항이 통계적으로 독립적이지 않은 경우 프로그램의 효과가 과장되거나 혹은 과소 평가될 우려가 있다. 이를 해결하는 여러 방법 중 가장 널리 활용되는 방법이 이중차분법이다. 이중차분법은 처치집단(treatment group)과 비교집단(control group)의 평가대상 변수의 평균값을 두 번 차분하여 추정하는 방법론이다. 이중차분법은 가장 단순하면서도 가장 널리 사용되어 온 방법론이지만 처치 및 비교 집단의 자

료가 충분히 많아야 하며 비교집단이 명확해야 하는 단점이 존재한다. 더불어 이중차분법을 적용하는 데 있어 핵심적인 가정은 공통추세가정(common trend assumption)이 만족하여야 한다는 것이다. 즉, 정책적인 개입이 없었다면 처치집단과 통제집단이 시간에 따라 동일한 경향을 보였을 것이라는 가정이다. [그림 IV-18]에서 파란색에 해당하는 실선이 처치집단의 실현된 값을, 검은색 실선이 통제집단의 실현된 값을 나타낸다. 이때 공통추세 가정이라 함은 파란색 점선이 검은색 실선과 평행하게 유지된다는 가정을 말한다. 다시 말해 그림에서 정책적 개입이 없었다면 통제집단이나 처치집단이 동일한 수준의 감소(혹은 증가)가 발생하였을 것이라는 가정을 말하며 이러한 가정에서 도출된 가상적인 값과 처치집단의 실현된 값의 차이가 정책의 효과가 된다.

[그림 IV-18] 이중차분방법론 개요



자료: 저자 작성

다만 이중차분법은 두 개의 집단(처치 및 비교)이 존재하고 두 시점(정책 시행 전과 후)만이 존재하는 경우에만 적용할 수 있다. 하지만 현실의 많은 경우 여러 개의 집단이 존재

할 수 있으며 특히 여러 시점에서 처치가 점진적으로 발생할 수 있다. 이러한 경우 전형적인 이중차분법을 적용하는 것에는 한계가 존재한다. 여러 개의 집단과 시간 효과가 있는 경우를 위한 이중차분법의 일반화된 모형이 이원 고정효과모형(two-way fixed effects model)이다.<sup>33)</sup> 모형식은 이중차분법과 유사하게 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$y = \tau D + \beta X + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon$$

위 식에서  $y_i$ 는 평가대상이 되는 변수, 즉 결과(outcome)가 되는 변수이고,  $D$ 는  $t$ 기에  $i$ 가 처치를 받게 되는지 여부를 나타내는 더미변수,  $\mu_i$ 는  $i$ 의 고정효과를 나타낸다.  $\mu_i$ 는 개별  $i$ 의 관측되지 않은 고유한 내재적 특성을 통제하게 된다.  $\lambda_t$ 는 시간에 대한 고정효과를 나타내며 시간별로 가지는 관측되지 않은 특징을 나타낸다.  $\mu_i$ 와  $\lambda_t$ 와 같이 관측되지 않은 내재적 특성은 오차항  $\varepsilon_{it}$ 와 상관관계가 존재하여 단순 회귀모형을 통해 추정하는 경우 추정치는 편향(biased)되게 된다. 이를 해결하기 위한 일반적인 접근 방식은 내적 변환(within transformation), 즉 각 변수에서 시간 평균과 개별 평균을 빼는 방법을 통해 해결할 수 있다. 간략히 설명하면 먼저 다음과 같이 변수를 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} \bar{y}_i &= \sum_{t=1}^T y, & \bar{y}_t &= \sum_{i=1}^N y, & \bar{y} &= \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T y \\ \bar{D}_i &= \sum_{t=1}^T D, & \bar{D}_t &= \sum_{i=1}^N D, & \bar{D} &= \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T D \\ \bar{X}_i &= \sum_{t=1}^T X, & \bar{X}_t &= \sum_{i=1}^N X, & \bar{X} &= \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T X \end{aligned}$$

이를 이용하여 이원 고정효과모형을 다음과 같이 새롭게 정리할 수 있다.

$$y - \bar{y}_i - \bar{y}_t + \bar{y} = \tau(D - \bar{D}_i - \bar{D}_t + \bar{D}) + \beta(X - \bar{X}_i - \bar{X}_t + \bar{X}) + (\varepsilon - \bar{\varepsilon}_i - \bar{\varepsilon}_t + \bar{\varepsilon})$$

$$y^* = \tau D^* + \beta X^* + \varepsilon^*$$

이제 오차항과 상관관계를 가질 수 있는 개별  $i$  및 시간  $t$ 의 관측되지 않은 특징이 사라져

33) 전형적인 이원 고정효과모형은 처치효과가 모든 단위와 기간에 걸쳐 균일한 경우, 즉 처치효과와 동적인 변화가 없는 경우에만 적용될 수 있다(Goodman-Bacon, 2021).

$D^*$ 와  $\varepsilon^*$ 가 독립적이라면 OLS와 같은 추정방법을 통해 편향되지 않은 추정 계수를 얻을 수 있다.

## 2) 자료수집 및 기초통계량

평가의 대상이 되는 변수로 '침수로 인한 피해'에 대한 통계는 행안부 국민재난안전포털에서 제공하는 자연재난상황통계를 통해 구축하였다. 다만 침수로 인한 피해는 호우로 인한 피해 가운데 하나의 부분으로 구분되어 있다. 또한 침수로 인한 피해는 물리적 피해(침수된 건물 동수 등)로 한정되어 통계로 제공되므로 그 범위가 제한적이다. 따라서 본 연구에서는 보다 넓은 개념으로 호우로 인한 피해를 전체적으로 살펴보고자 한다. 더군다나 정량적 분석에 있어서 단위의 통일성을 위해 화폐단위로 표시된 피해, 즉 피해액이 필요하나 자연재난상황통계에서는 침수로 인한 피해액을 제공하지 않고 있다. 따라서 본 심층평가에서는 화폐단위의 피해액을 제공하는 호우로 인한 총피해액, 건물피해액, 공공시설피해액, 농경지피해액, 사육시설피해액을 중심으로 분석하였다.

호우로 인한 피해액을 시군구 단위로 수집(1998~2022)<sup>34)</sup>하였다. 자연재난상황통계에서 제공하는 지역 구분 중 가장 상세한 단위가 시군구 단위<sup>35)</sup>이다. 다만 일부 시군구는 지역의 면적이 매우 넓어 우수저류시설이나 하수저류시설을 통한 침수의 저감이 일부만을 대상으로 할 수 있어 시군구 단위 침수 피해의 정량적 추정에 한계가 존재할 수 있다.

다음으로 설명변수 중 본 심층평가의 대상이 되는 침수예방사업으로 행안부 우수저류시설 및 환경부의 하수저류시설에 대한 통계를 구축하였다. 각 시설이 위치한 지역에 대한 정보, 용량, 사업비용과 운영되기 시작한 시점에 대한 정보를 포함하고 있다. 또한 침수피해의 원인이 되는 강수량 정보가 필요한데 기상청에서 제공하는 기상자료는 관측소별 강수량으로 본 심층평가를 위해서는 시군구별 강수량 정보가 필요하다. 이를 위해 기후정보포털에서 제공되는 시군구 MK-PRISM(Modified Korean Parameter-elevation Regression on Independent Slopes Model)<sup>36)</sup> 자료를 이용하였다. 다만 MK-PRISM의 시군구별 정보는 2000년에서 2019년까지만 제공한다. 자연재난상황통계에서 제공하는 정보는 1998

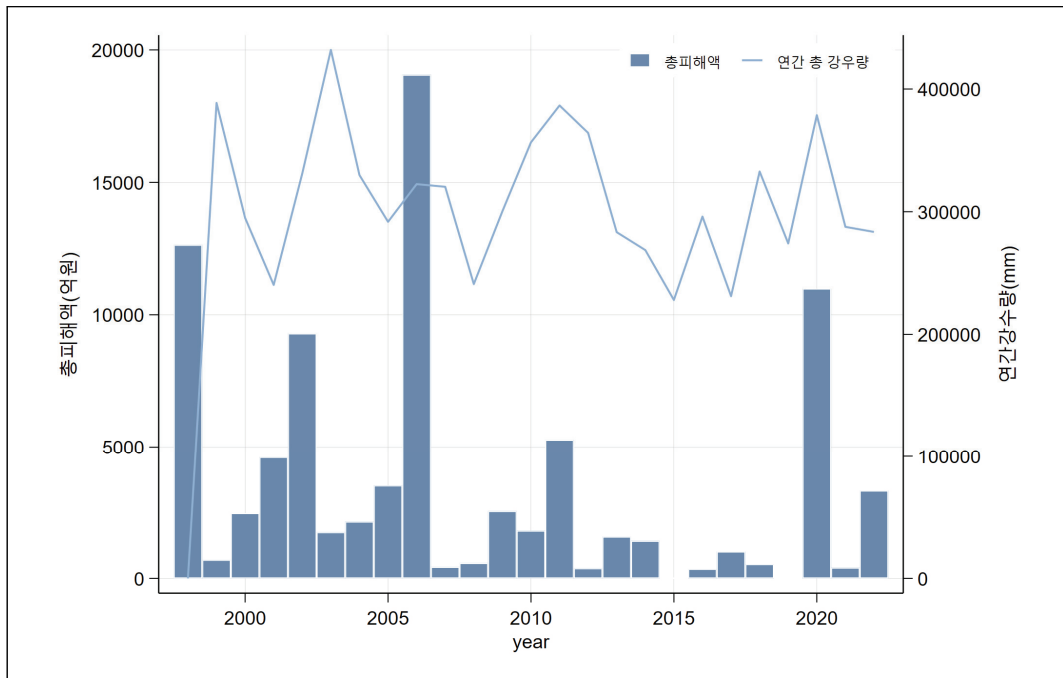
34) 원인별 피해로 총피해액, 인명피해 등의 자료가 존재하나 본 연구에서는 호우로 인한 총피해액만을 분석 대상으로 한정하였다. 특히 재난의 원인 중 태풍으로 인한 피해는 홍수뿐만 아니라 강풍으로 인한 피해 등을 구분할 수 없어 제외하였다. 2023년 12월 26일 현재 행안부 국민재난안전포털에서는 2021년까지 자료를 제공하고 있으나 행안부 내부자료를 이용하여 2022년 자료를 구축하였다.

35) 자연재난상황통계에서 정의하는 시군구 지역구분은 일반적인 행정통계상의 시군구 구분과는 차이가 존재한다.

36) MK-PRISM은 관측자료를 통계적으로 고해상도 격자형 관측 자료로 생산하는 기법이다.

년에서 2022년까지로 2000년 이전과 2020~2022년 기상정보는 별도로 구축하였다. 간단히 구축 과정을 설명하면 티센 폴리곤을 이용한 면적평균법을 적용하였다. 원본 입력자료로는 기상청의 기상자료개방포털(data.kma.go.kr)을 통해 획득한 총 96개의 지상 종합기상관측망(Automated Synoptic Observation System, ASOS) 자료를 활용하였다.

[그림 IV-19] 연 강수량 및 (호우) 피해액 추이



자료: 저자 작성

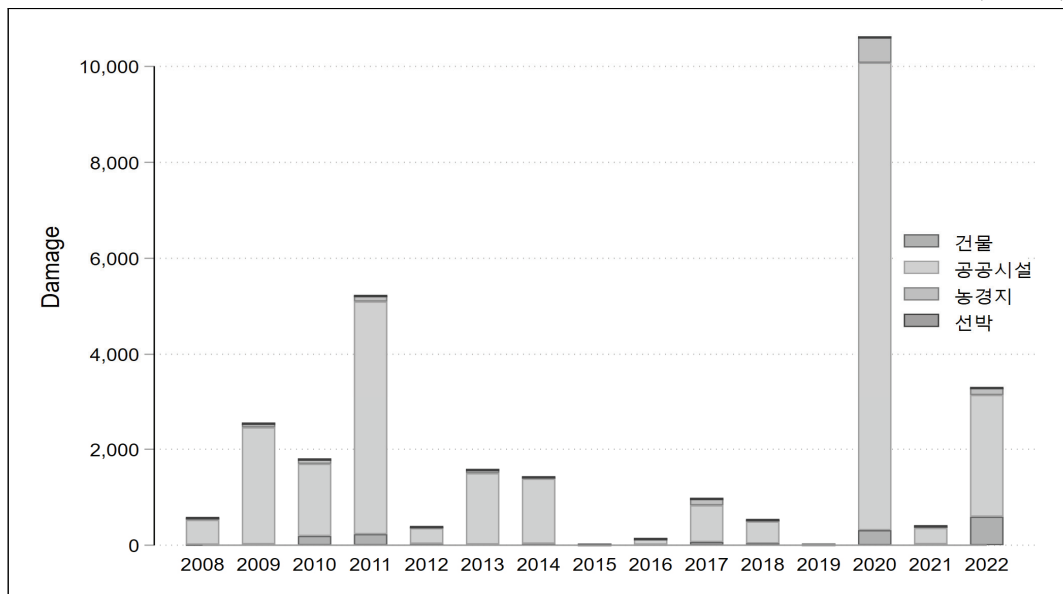
[그림 IV-19]는 연 강수량과 호우로 인한 피해액을 나타내고 있다. 예상한 바와 같이 강수량이 많은 해에는 호우로 인한 피해가 큰 것을 알 수 있다. 하지만 위 그림만으로 완전한 인과관계가 있다고 해석할 수는 없다. 지역마다 유수를 일정 수준까지 흘려보낼 수 있는 시설이 일부 설치되어 있으며 자연적으로도 일정 수준까지는 피해예방이 가능하다. 따라서 일반적으로 평균적인 강수량보다 더 직접적인 영향을 미치는 것은 집중호우로 판단된다. 즉, 일정 시간, 하루 혹은 더 짧은 시간 동안 강수가 얼마나 집중되는지가 더 중요한 요소이다. 따라서 호우로 인한 피해액을 설명하는 변수로서 총강수량과 더불어 집중호우를 나타낼 수 있는 설명변수가 필요하다. 본 연구에서는 연중 각 지역별(시군구) 연중 1일 최

대 강수량을 추가적인 설명변수로 적용하였다. 특히 호우로 인한 집중적인 피해가 1년에 한 차례 혹은 두 차례 일어나는 것이 일반적이기 때문에 가장 집중적으로 내린 강수량이 호우로 인한 피해의 상당 부분을 설명할 수 있다.

[그림 IV-20]은 유형별 피해액을 연도별로 나타낸 그림이다. 2011년, 2020년 및 2022년의 피해의 규모가 큰 것으로 나타났다. 또한 유형별로 보면 농경지 피해액이 가장 큰 것으로 나타났다.

[그림 IV-20] 유형별 호우로 인한 피해액 추이

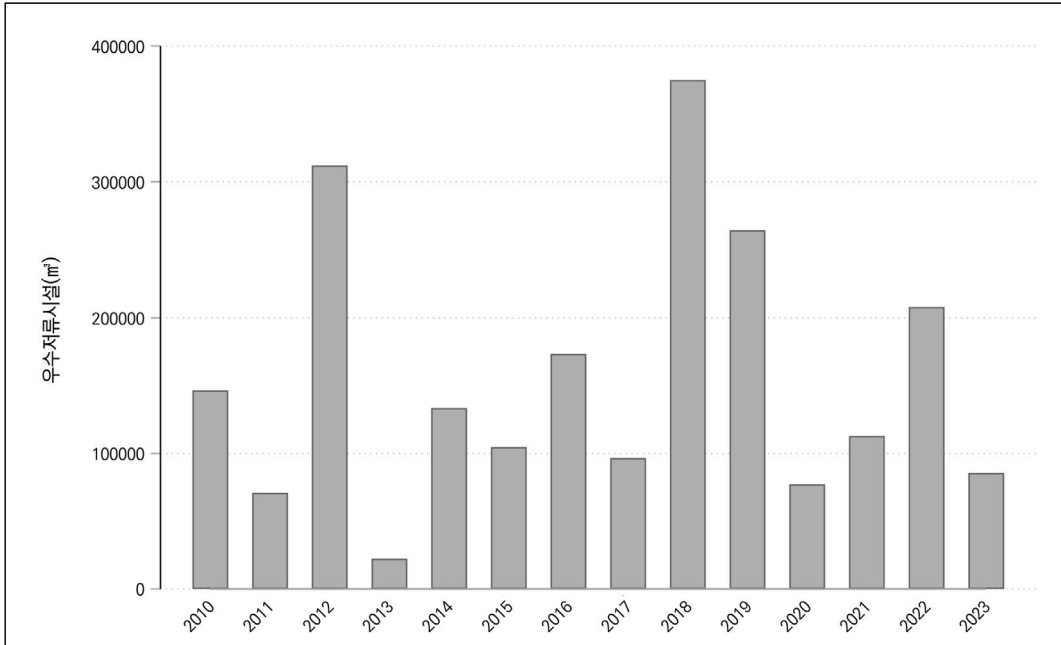
(단위: 억원)



자료: 저자 작성

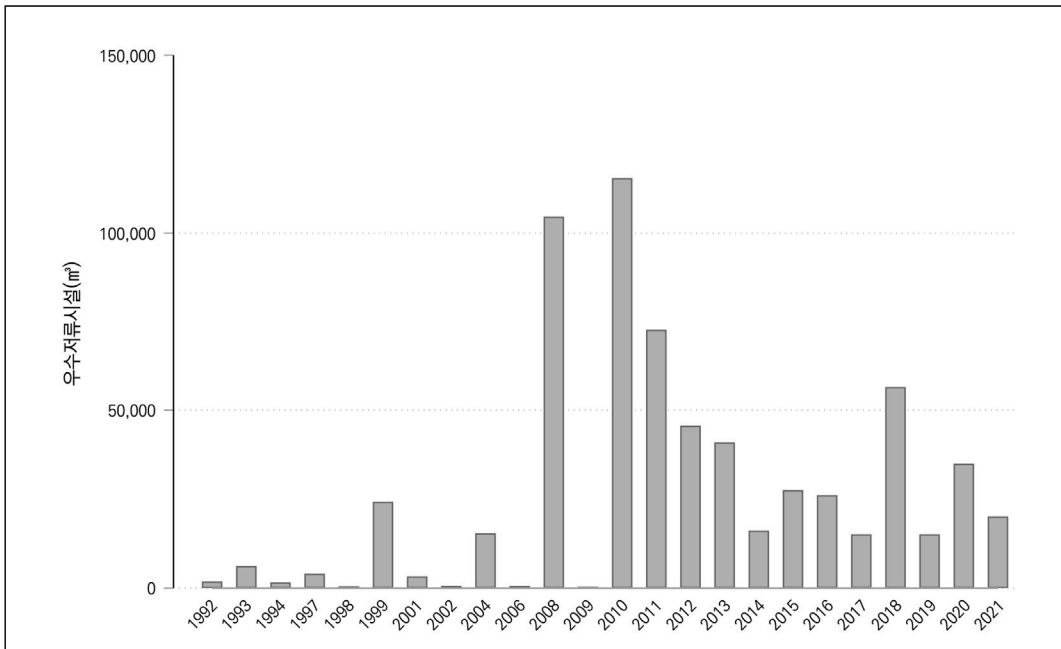
[그림 IV-21]과 [그림 IV-22]는 행안부 우수저류시설과 환경부 하수저류시설의 용량 추이를 나타내고 있다. 우수저류시설 설치는 2010년부터 시작한 반면 하수저류시설은 그 이전부터 설치되어 운영되고 있었으며 2010년대 이후로 크게 증가한 것을 확인할 수 있다. 본 연구에서는 두 사업의 침수피해 예방효과를 비교하기 위해 동일하게 2010년 이후 설치된 시설만을 포함하였다. [그림 IV-23]과 [그림 IV-24]는 각 시설의 지역별 설치현황을 나타내고 있다. 우수저류시설은 제주도, 전라남도 및 경상남도에 많은 용량이 설치되었으며 하수저류시설은 광주광역시, 부산광역시 및 경기도에 많은 시설이 설치되었음을 알 수 있다. 현재까지 두 시설의 설치 지역은 겹치지 않고 있다.

[그림 IV-21] 연도별 우수저류시설 설치현황



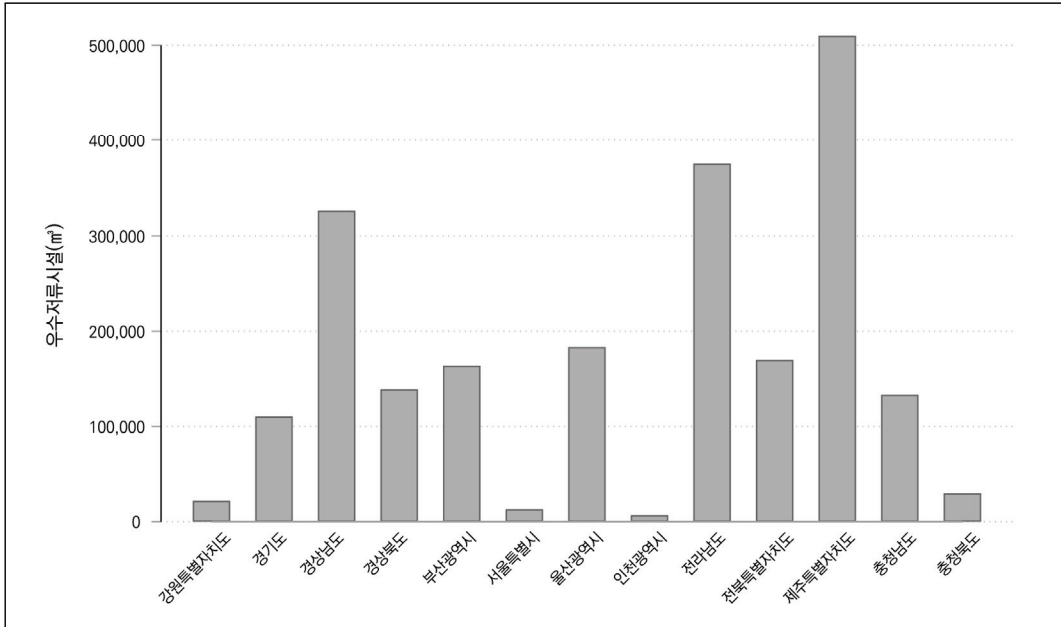
자료: 저자 작성

[그림 IV-22] 연도별 하수저류시설 설치현황



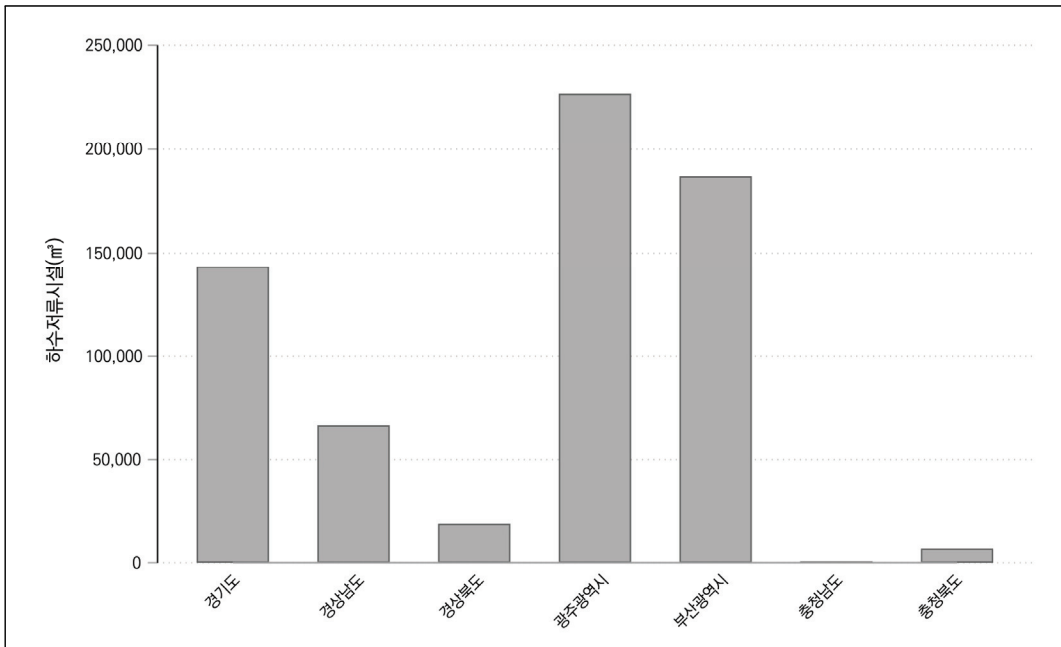
자료: 저자 작성

[그림 IV-23] 지역별 우수저류시설 설치용량



자료: 저자 작성

[그림 IV-24] 지역별 하수저류시설 설치용량(침수예방 기능)



자료: 저자 작성

### 3) 평가 결과

이하에서는 심층평가대상 사업 중 침수피해 예방을 목적으로 하는 행안부의 ‘우수저류시설 설치사업’과 환경부의 ‘하수저류시설’<sup>37)</sup> 및 (신월) 빗물저류시설과 하수도 정비 중점관리지역이 분석대상이다.<sup>38)</sup> 각 시설 설치의 침수피해 방지효과를 추정하기 위해 앞서 소개한 것과 같이 이원 고정효과모형(two-way fixed model)을 주 모형으로 활용하였다. 앞서 언급한 바와 같이 이원 고정효과모형은 패널자료를 활용하여 정책의 효과를 평가하는 모형으로 정책의 시점 혹은 집단이 여러 개인 경우 가장 널리 사용되는 모형의 하나이다.

[그림 IV-21]과 [그림 IV-22]에서도 알 수 있듯이 행안부의 우수저류시설과 환경부의 하수저류시설은 동일한 목적을 가진 사업으로 본격적으로 가동이 시작된 시기도 2010년 전후로 유사하다. 따라서 하나의 추정식에서 각 효과를 분리하여 추정하는 것은 매우 어렵다. 하지만 현재까지 시군구 수준에서 두 시설이 동시에 설치된 지역은 소수에 불과해 해당 지역은 분석에서 제외하고 분석하여도 자료의 손실이 크지 않아 각 시설에 대한 평가시 다른 시설이 설치된 지역은 표본에서 제외하고 각각의 추정식을 통해 우수저류시설과 하수저류시설의 효과를 추정하였다.<sup>39)</sup>

다음 식은 본 연구에서 적용한 기본적인 실증분석 모형을 나타내고 있다.

$$y = \tau D + \beta X + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_i$$

$i, t$ : 시군구 index 및 연도 index

$y$ : log(침수피해액): 총피해액, 건물, 농경지 등 피해액

$D$ : 우수저류시설(하수저류시설) 설치 더미변수

$\mu_i$ : 시군구 고정효과

$X$ : 설명변수(강수량 등)

$\lambda_t$ : 연도별 더미변수

$\varepsilon$ : 오차항

37) 「하수도법」 제2조에 따르면 “하수저류시설”이란 하수관로로 유입된 하수에 포함된 오염물질이 하천이나 바다, 그 밖의 공유 수면으로 방류되는 것을 줄이고 하수가 원활하게 유출될 수 있도록 하수를 일시적으로 저장하거나 오염물질을 제거 또는 감소하게 하는 시설을 말한다. 따라서 하수저류시설은 침수예방 이외 수질오염을 감소시키는 역할을 함께한다. 하수저류시설 중 일부 시설만이 침수예방 목적을 포함하고 있는데, 본 절에서는 침수예방 목적을 포함하는 하수저류시설만을 대상으로 평가를 진행하였다.

38) ‘대심도 하수저류시설 설치’도 도시침수예방 사업이나 현재 신월동 대심도 하수저류시설을 제외하고는 완공되지 않았으며 시설의 규모와 설치되는 지역에서도 일반 하수처리시설과 차이가 있어 하수저류시설의 효과에서는 제외하여 별도로 분석하였다.

39) 2022년까지 시군구 수준에서 두 시설이 모두 설치된 지역은 경남 밀양시, 경남 창원시, 부산 금정구, 부산 남구, 부산 수영구와 충북 청주시 총 6개 지역이다.

종속변수로는 재난안전포털에서 확보한 시군구 수준의 호우로 인한 피해액(총피해액, 건물 피해액, 공공시설 피해액, 농경지 피해액, 사육시설 피해액)을 로그변환한 값을 사용하였다. 국민재난안전포털에서 제공하는 자연재난상황통계에는 인명, 농경지, 농작물, 선박 등에 대한 인적 및 물리적 피해를 구분하고 있다. 다만 본 연구에서는 재난별 비교를 위해 동일한 단위인 화폐로 환산된 피해액만을 분석 대상으로 하였다. 설명변수로는 각 지역별 총연강수량과 연중 일 최대강수량을 포함하였다. 앞서 언급한 바와 같이 호우로 인한 피해는 총강수량은 물론 집중적인 호우에도 인과관계가 있기 때문에 두 변수를 모두 설명변수로 포함하였다.

〈표 IV-20〉은 1998년부터 2022년까지 전국의 모든 시군구를 포함한 표본으로 분석한 행안부의 우수저류시설의 호우로 인한 피해액 저감효과를 분석한 결과이다. 총피해액은 물론 건물, 공공시설, 농경지 및 사육시설 피해액을 모두 통계적으로 유의하게 저감하는 것으로 추정되었다. 이원 고정효과모형의 정책변수, 즉 본 연구의 경우 우수 혹은 하수 저류 시설의 설치에 대한 추정계수의 해석에 유의하여야 한다. 앞에서 이중차분법을 설명할 때 가장 중요한 가정이 공통추세가정이며 정책변수에 대한 계수는 실제 실현된 값, 즉 시설이 설치된 지역에서 실제 발생한 피해액과, 설치되지 않았을 경우 공통추세가정에 따라 산정 가능한 가상적인 값, 즉 시설이 설치된 지역에 시설이 설치되지 않았을 경우 나타났을 피해액과의 차이로 해석할 수 있다.

추정결과, 우수저류시설 설치로 인하여 총피해액의 경우 약 71.7%, 건물 피해액은 69.7%, 공공시설 피해액은 60%, 농경지 피해액은 56.1%가 감소한 것으로 나타났다.<sup>40)</sup> 이는 시설이 설치됨으로써 시설이 설치되지 않았을 때 가상적인 상황보다 평균적으로 감소하는 비율이라고 해석할 수 있다. 설명변수로 일 최대강수량과 연 강수량은 모든 피해액 종속변수에 대해 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 이는 강수량이 증가하면 피해가 증가한다는 의미로 일반적인 합리적 예상에 부합하는 결과이다.<sup>41)</sup>

행안부의 우수저류시설의 사업목적은 도시화 지역의 불투수면적 확대에 따른 빗물유출량 증가로 인한 침수 피해를 예방하는 데 목적이 있다. 따라서 모든 지역보다 도시화 지역으로 한정하여 사업의 근본적인 목적이 달성되었는지 확인할 필요가 있다. 〈표 IV-21〉은 시군구 구분에서 군지역을 제외한 시나 특광역시의 구 지역만을 표본으로 분석한 결과이

40) 종속변수가 로그값인 경우 더미변수, 본 연구에서는 시설의 설치 여부( $D$ )에 대한 추정계수의 해석은 시설이 설치되었을 경우  $(100 \times [\exp(\tau) - 1])\%$  효과가 있다고 해석이 된다.

41) 일 최대강수량이 1mm 증가할 때마다 약 2.2%의 총피해액이 증가하는 것으로 나타났다.

다. 앞서 전체 표본에서와 마찬가지로 모든 피해액에 대해서 통계적으로 유의하게 추정되었다. 이는 우수저류시설을 설치함으로써 총피해액이 약 81.0% 감소하는 효과를 가져다주는 것으로 나타났다. 두 결과를 종합하면 2010년부터 설치되기 시작한 행안부의 우수저류시설은 화폐단위로 표시된 피해를 크게 감소시키는 역할을 하였으며, 이는 사업의 본 목적인 도시화 지역에서 더 명확히 나타나고 있다는 것을 알 수 있다.

〈표 IV-20〉 행정안전부 우수저류시설의 침수피해저감 효과 추정결과: 전체표본

구분	종속변수				
	ln(총피해액)	ln(건물 피해액)	ln(공공시설 피해액)	ln(농경지 피해액)	ln(사육시설 피해액)
우수저류시설 설치 지역	-1.264*** (0.363)	-1.194*** (0.344)	-0.917*** (0.338)	-0.822*** (0.214)	-0.366* (0.221)
일 최대강수량 (mm)	0.022*** (0.002)	0.016*** (0.002)	0.024*** (0.002)	0.013*** (0.002)	0.011*** (0.002)
연 강수량 (mm)	0.006*** (0.001)	0.003*** (0.000)	0.004*** (0.001)	0.003*** (0.000)	0.001*** (0.000)
상수항	-10.728*** (0.798)	-7.406*** (0.559)	-9.663*** (0.898)	-5.780*** (0.702)	-3.023*** (0.447)
연도 더미변수	0	0	0	0	0

주: 괄호 안은 표준오차를 나타내며 표준오차는 각 시군구 cluster standard error  
\* significant at 10%; \*\* significant at 5%, \*\*\* significant at 1%

자료: 저자 작성

〈표 IV-21〉 행정안전부 우수저류시설의 침수피해저감 효과 추정결과: 군지역 제외

구분	종속변수				
	ln(총피해액)	ln(건물 피해액)	ln(공공시설 피해액)	ln(농경지 피해액)	ln(사육시설 피해액)
우수저류시설 설치 지역	-1.663*** (0.484)	-0.928** (0.391)	-1.268** (0.579)	-0.873*** (0.326)	-0.181 (0.312)
일 최대강수량 (mm)	0.024*** (0.003)	0.017*** (0.003)	0.024*** (0.003)	0.008*** (0.002)	0.006*** (0.002)
연 강수량 (mm)	0.004*** (0.001)	0.003*** (0.001)	0.002*** (0.001)	0.001*** (0.000)	0.001** (0.000)
상수항	-9.963*** (1.123)	-8.187*** (0.868)	-6.512*** (1.069)	-3.045*** (0.842)	-2.085*** (0.558)
연도 더미변수	0	0	0	0	0

주: 괄호 안은 표준오차를 나타내며 표준오차는 각 시군구 cluster standard error  
\* significant at 10%; \*\* significant at 5%, \*\*\* significant at 1%

자료: 저자 작성

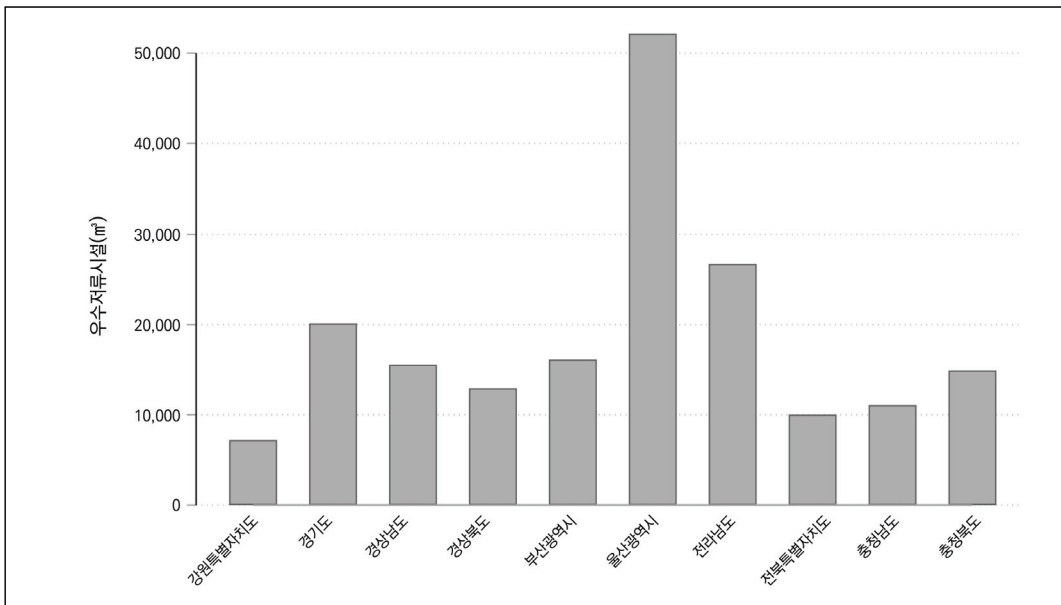
[그림 IV-25]와 [그림 IV-26]은 2017년 이전과 이후로 지역별로 설치된 우수저류시설 용량을 나타내고 있다. 2017년 이전에는 울산광역시, 전라남도 및 경기도에 많은 용량의 시설이 설치된 반면 2017년 이후에는 제주특별자치도에 시설용량이 크게 늘어난 것을 확인할 수 있다. 그에 반해 [그림 IV-27]과 [그림 IV-28]에 나타난 것과 같이 총피해액과 건물부문의 피해액은 설치된 지역과 이질적임을 알 수 있다. 이러한 피해지역과 설치지역의 불일치(mismatch)로 우수저류시설이 본래의 목적인 도시침수예방 역할을 충분히 다하지 못할 수 있다는 점은 감안해야 한다. 일부 지역, 예를 들어, 서울특별시는 많은 피해에도 불구하고 지하지장물(상하수도관, 통신망 등)로 인해 이러한 시설의 설치에 어려움이 있을 것으로 판단된다. 다른 한편으로는 침수 피해가 가장 심각한 지역에서 시설의 설치가 2010년 이후 초기에 이루어졌으며 이후에는 침수 피해가 상대적으로 덜 심각한 지역에 설치되었다고 해석할 수도 있다.

이러한 한계를 고려하더라도 시기별로 다소 차이가 나는 설치 지역의 효과성을 살펴보기 위하여 본 연구에서는 2017년을 기점으로 이전에 설치된 지역과 이후에 설치된 지역에서 우수저류시설이 호우로 인한 피해 저감에 미치는 영향을 분석하였다.<sup>42)</sup> <표 IV-22>와 <표 IV-23>은 각각 2017년 이전과 이후에 설치된 지역을 구분하여 구성한 표본을 이용한 추정 결과이다. 2017년 이전에 설치된 지역만을 포함한 표본의 경우 이전과 같이 사육시설 피해만 제외하고 통계적으로 유의하게 음의 효과가 있는 것으로 분석되었으나 2017년 이후에 설치된 지역의 경우 농경지 피해액을 감소시키는 효과 이외에는 유의하지 않은 것으로 도출되었다. 이는 [그림 IV-25]와 [그림 IV-26]에서 확인한 바와 같이 2017년 이후에는 제주특별자치도, 경상남도 및 충청남도 지역에 설치 용량이 많이 늘어난 것과 연관해서 설명할 수 있다. 즉, 도시지역 침수 피해 저감을 본 목적으로 하는 우수저류시설이 해당 기간 군지역에 주로 설치되어 농경지 피해를 줄이는 역할을 하였지만 건물이나 공공시설 등의 피해를 줄이는 것에는 유의한 역할을 하지 못했음을 알 수 있다. 특히 총피해액에 대한 감소 효과 역시 확인할 수 없었다는 점에서 최근 설치되는 우수저류시설 지역 선정에 있어 피해가 빈번하게 발생하는 지역과의 이질성 등을 검토할 필요가 있음을 보여준다. 다만 본 연구는 통계적으로 이에 접근하였다는 점에서 그 원인을 정확히 보여주는 것에는 한계가 존재한다. 지역 선정 이외 공학적 혹은 다른 원인이 있을 수 있음을 밝혀둔다. 무엇보다

42) 2017년은 절대적인 기준으로 선정된 것은 아니다. 비교적 최근에 설치된 시설과 과거 설치된 시설의 효과성을 분리하여 추정하기 위하여 최소한의 표본이 확보되는 연도를 정하는 과정에서 2017년을 기준으로 표본을 구분하여 검토하였다.

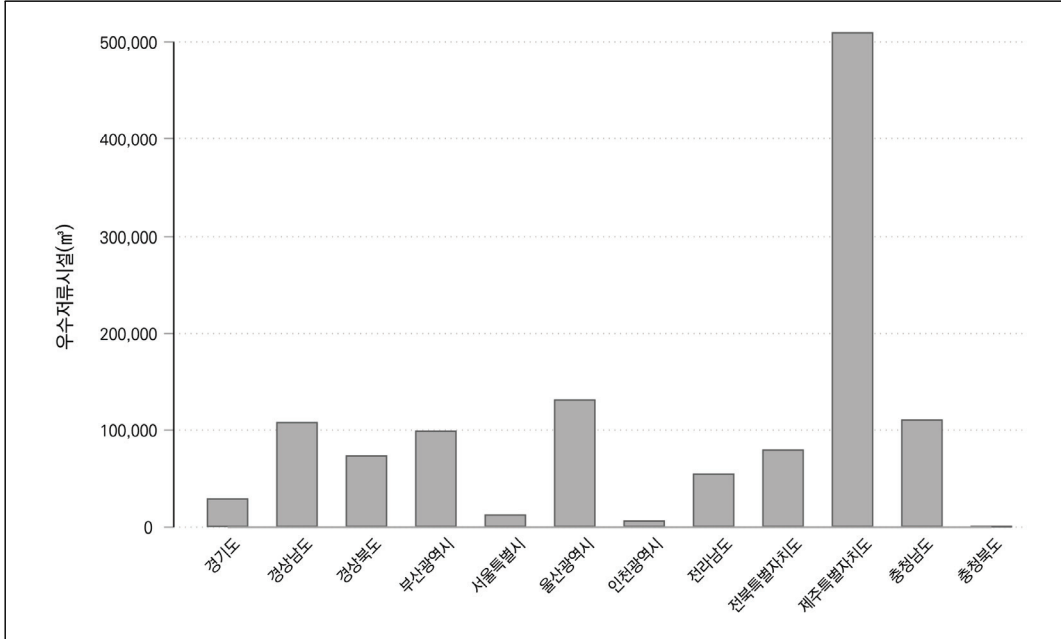
해당 결과를 해석하는 데 주의를 기울여야 하는 이유는 본 연구에서 사용한 이원 고정효과 모형의 특징 때문이다. 2017년 이후에 설치된 시설의 효과를 추정함에 있어 설치된 지역과 설치되지 않은 지역의 피해액을 이용한다는 점이다. 이원 고정효과모형의 중요한 가정 중의 하나가 공통추세가정(common trend assumption)이라는 점을 앞서 언급하였다. 이는 2017년 이후의 우수저류시설이 설치된 지역에 시설이 설치되지 않았을 가상의 상황에서 피해액의 증가(혹은 감소)는 실제로 설치되지 않은 지역과 공통적인 추세를 공유한다는 점이다. 하지만 2017년 이전에 이미 설치된 지역은 표본에서 제외되어야 하므로 2017년 이후 비교가 되는 시설이 설치되지 않은 지역은 상대적으로 침수가 심하지 않은 지역이라는 점이다. 따라서 설치되지 않은 지역에서 추정되는 2017년 이후 시설이 설치된 지역의 설치되지 않은 가상의 상황에서의 피해액이 상대적으로 낮게 되기 때문에 시설의 효과가 작게 나타날 수 있다는 점이다. [그림 IV-29]에서 예를 들어 설치되지 않은 지역(빨간색)이 호우에도 불구하고 피해액의 증가가 크지 않다면 시설의 설치 효과 역시 작게 추정될 수 있다. 그렇지만 설치된 지역 역시 통제집단과 특성이 다르지 않다고 가정한다면(시설을 설치하였을 때 피해의 증가가 크지 않다면) 설치의 효과가 상대적으로 작다는 추정 결과는 여전히 유효하다.

[그림 IV-25] 지역별 우수저류시설 설치용량: 2017년 이전 설치



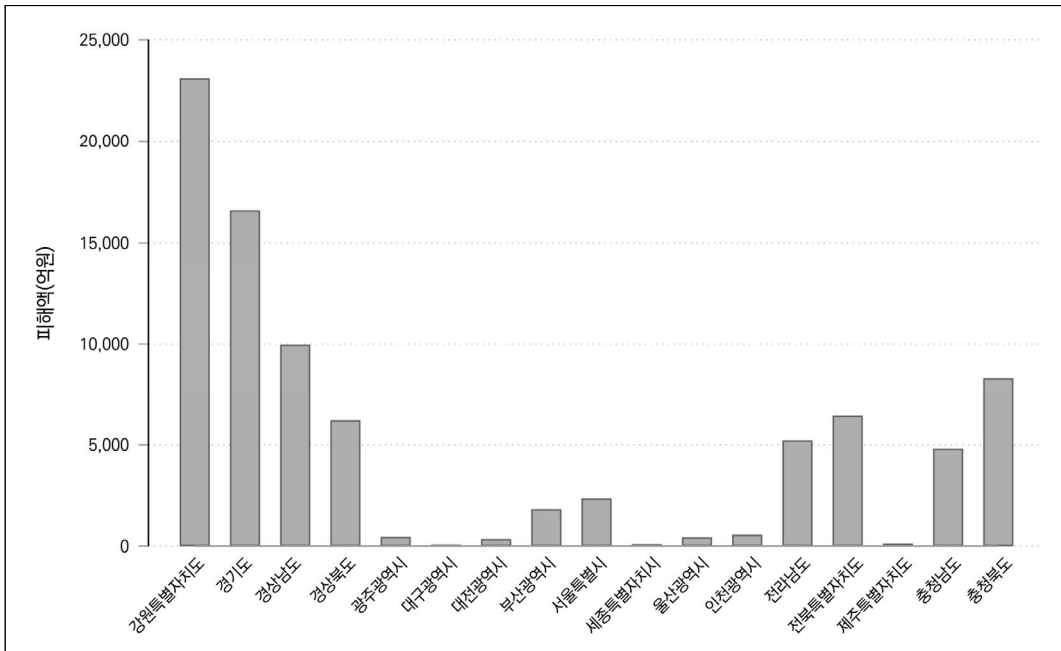
자료: 저자 작성

[그림 IV-26] 지역별 우수저류시설 설치용량: 2017년 이후 설치



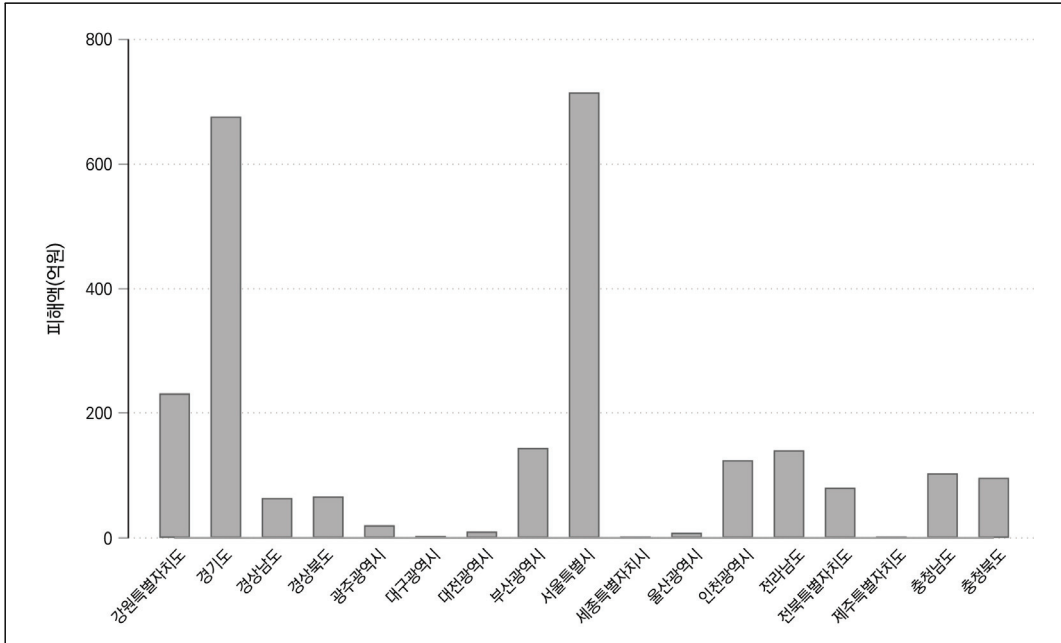
자료: 저자 작성

[그림 IV-27] 호우로 인한 지역별 총피해액: 1998~2022년



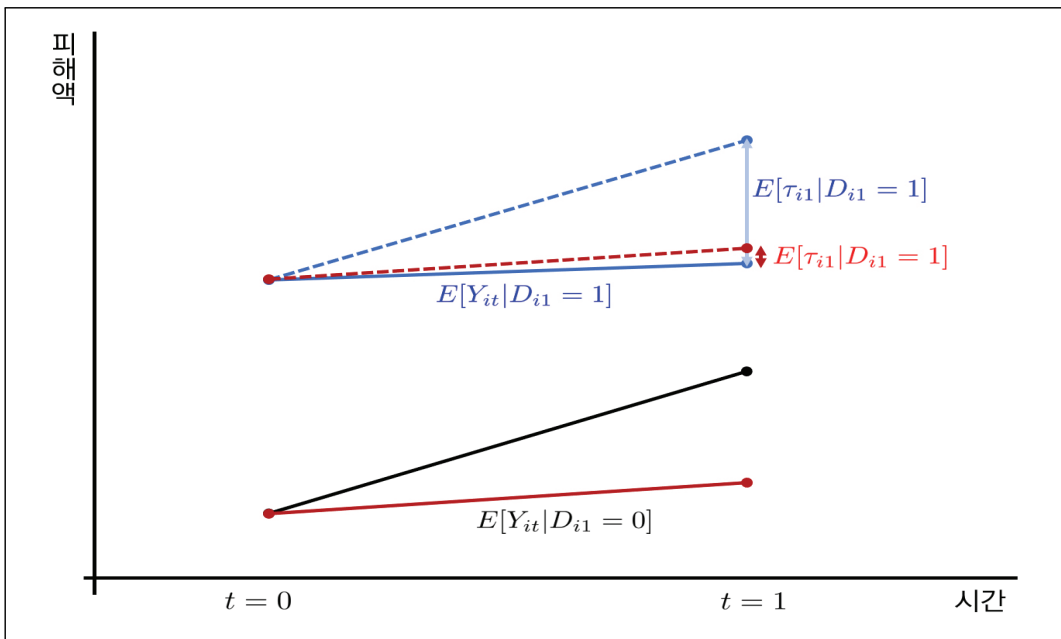
자료: 저자 작성

[그림 IV-28] 호우로 인한 지역별 건물 피해액: 1998~2022년



자료: 저자 작성

[그림 IV-29] 통제집단의 특성에 따른 추정결과의 차이 개요



자료: 저자 작성

〈표 IV-22〉 행정안전부 우수저류시설의 침수피해저감 효과 추정결과: 군지역 제외 & 2017년 이전 설치된 시설만 포함

구분	종속변수				
	ln(총피해액)	ln(건물 피해액)	ln(공공시설 피해액)	ln(농경지 피해액)	ln(사육시설 피해액)
우수저류시설 설치 지역	-2.239***	-1.352***	-1.688**	-1.278***	-0.198
	(0.579)	(0.451)	(0.700)	(0.389)	(0.407)
일 최대강수량 (mm)	0.024***	0.017***	0.023***	0.007***	0.005**
	(0.004)	(0.003)	(0.003)	(0.002)	(0.002)
연 강수량 (mm)	0.005***	0.004***	0.002***	0.002***	0.001**
	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.000)	(0.000)
상수항	-10.710***	-8.800***	-6.930***	-3.452***	-2.377***
	(1.071)	(0.893)	(1.029)	(0.810)	(0.576)
연도 더미변수	0	0	0	0	0

주: 괄호 안은 표준오차를 나타내며 표준오차는 각 시군구 cluster standard error

\* significant at 10%; \*\* significant at 5%, \*\*\* significant at 1%

자료: 저자 작성

〈표 IV-23〉 행정안전부 우수저류시설의 침수피해저감 효과 추정결과: 군지역 제외 & 2017년 이후 설치된 시설만 포함

구분	종속변수				
	ln(총피해액)	ln(건물 피해액)	ln(공공시설 피해액)	ln(농경지 피해액)	ln(사육시설 피해액)
우수저류시설 설치 지역	-0.226	0.205	-0.214	-1.278***	0.028
	(0.689)	(0.594)	(0.897)	(0.389)	(0.445)
일 최대강수량 (mm)	0.024***	0.017***	0.023***	0.007***	0.004**
	(0.004)	(0.003)	(0.003)	(0.002)	(0.002)
연 강수량 (mm)	0.004***	0.003***	0.002***	0.002***	0.001**
	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.000)	(0.000)
상수항	-9.428***	-7.747***	-6.123***	-3.452***	-1.695***
	(1.209)	(0.885)	(1.137)	(0.810)	(0.591)
연도 더미변수	0	0	0	0	0

주: 괄호 안은 표준오차를 나타내며 표준오차는 각 시군구 cluster standard error

\* significant at 10%; \*\* significant at 5%, \*\*\* significant at 1%

자료: 저자 작성

「하수저류시설 설치 및 운영관리매뉴얼(2013)」에 따르면 환경부의 하수저류시설 설치목적은 침수방지, 수질관리 및 하수재이용 등이다.<sup>43)</sup> 침수방지 기능은 우천 시 하수관로의 설계용량을 초과한 침투유출량의 일정 부분을 일시적으로 저류시켜 하류측 하수도 시설이 부담하는 유출량을 저감시키고 침수를 방지하기 위한 시설로 규정되어 있다. 따라서 개별 하수저류시설의 주요 기능은 다양하게 존재하여 침수예방을 목적으로 하는 시설만을 대상으로 침수예방 효과를 분석하는 것이 합리적이다.<sup>44)</sup>

〈표 IV-24〉는 전국 모든 지역을 대상으로 하수저류시설의 침수예방 기능에 대해 추정된 결과 단지 건물 피해액 감소에 유의수준 10%에서 유의한 것으로 추정되었을 뿐 총피해액, 공공시설, 농경지, 사육시설에 대한 피해에는 통계적으로 유의한 감소 효과는 없는 것으로 나타났다. 연 강수량과 일 최대강수량은 예상한 바와 같이 피해를 증가시키는 역할을 한다. 군 지역을 제외한 표본에서는 통계적으로 유의하게 건물 피해액을 약 87.3% 감소시키는 효과가 있는 것으로 추정되었다. 하지만 이러한 효과를 단지 하수저류시설 자체만의 효과로 해석하는 것에는 한계가 있다. 왜냐하면 「하수저류시설 설치 및 운영관리매뉴얼(2013. p. 8)」에 하수저류시설 기본계획 시 고려사항으로 “도시 내수침수 예방을 위하여 관로, 펌프장 등 타 하수도시설을 계획하는 경우 시설 간 상호 연계되어 영향을 미치기 때문에 개별시설별로 분석하는 것은 지양하고 기존 관거시설, 펌프장 시설 및 관거, 펌프장 개량 및 신설계획과 연계하여 하수저류시설 설치의 타당성을 검토하고...”와 같이 명시된 점을 고려할 때 이러한 효과를 복합적인 시설의 효과로 판단할 수 있다. 다만 이를 통계적으로 분리하는 것은 자료의 한계 등으로 인하여 어려운 일이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 한계가 있음을 인정하고 하수저류시설의 효과로 추정된 부분을 복합 시설의 효과로 판단한다.

앞서 우수저류시설의 분석과 같이 하수저류시설에 대해서도 2017년 이전 설치된 시설의 효과와 이후 설치된 시설의 효과를 분리하여 추정하였다. 〈표 IV-26〉과 〈표 IV-27〉은 이에 대한 추정결과를 보여주고 있다. 우수저류시설과 마찬가지로 2017년 이후 설치된 시설

43) 하수도 통계에 따르면 일부 하수저류시설의 경우 복합적인 목적을 가지기도 하나 대부분 하나의 목적을 가진다.

44) 본고에서 하수저류시설에 대한 목록 및 현황은 2022 「하수도통계」에서 하수저류시설로 분류된 통계를 활용하였다. 「하수도통계」 작성 매뉴얼에 따르면 「하수도통계」에서 하수저류시설로 분류된 시설은 ‘하수관로로 유입된 하수에 포함된 오염물질이 하천, 바다, 그 밖의 공유수면으로 방류되는 것을 줄이고 하수가 원활하게 유출될 수 있도록 하수를 일시적으로 저장하거나 오염물질을 제거 또는 감소하게 하는 시설’로 규정되어 있으며 ‘유수지 및 빗물펌프장은 하수저류시설과 별도로 분리하여 작성’하도록 되어 있다(<https://www.youtube.com/watch?v=yvoHPOcvzU>). 다만 해당 시설 중 서울 양천구의 신월빗물저류배수시설은 하수저류시설로 통합되어 작성되고 있으나 대신도 빗물터널이므로 하수저류시설에 포함하지 않았다. 해당 시설은 향후 대신도 빗물터널 분석에서 별도로 분석하였다.

은 통계적으로 유의하지 않은 결과를 보여주고 있다. 이러한 결과 역시 앞서 우수저류시설 부분에서 언급한 바와 같이 해석에 유의할 필요가 있다. 다시 말하자면 효과 추정의 비교의 대상이 되는 하수저류시설이 설치되지 않은 지역에는 침수 피해가 상대적으로 심각하여 이미 하수저류시설이 2017년 이전에 설치된 지역은 제외되기 때문이다. 따라서 비교가 되는 통제집단이 2017년 이전 설치된 지역의 효과를 추정하는 통제집단보다 피해가 상대적으로 작을 수 있어 이에 따라 효과가 작은 것으로 나타날 가능성이 존재한다. 따라서 향후 이와 관련하여 표본을 더 확보하거나 혹은 공학적인 방법 등을 통해 검증할 필요가 있다.

〈표 IV-24〉 환경부 (홍수예방목적포함) 하수저류시설의 침수피해저감 효과 추정결과: 전체표본

구분	종속변수				
	ln(총피해액)	ln(건물 피해액)	ln(공공시설 피해액)	ln(농경지 피해액)	ln(사육시설 피해액)
하수저류시설 설치 지역	-0.952	-1.949*	0.040	-0.180	-0.606
	(0.920)	(0.950)	(1.334)	(0.701)	(0.891)
일 최대강수량 (mm)	0.020***	0.019**	0.026***	0.021***	0.013**
	(0.006)	(0.007)	(0.007)	(0.006)	(0.006)
연 강수량 (mm)	0.006***	0.002	0.005**	0.003***	0.001
	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.001)	(0.001)
상수항	-11.167***	-6.521**	-10.976**	-8.932***	-4.613**
	(3.462)	(2.346)	(4.401)	(2.853)	(2.119)
연도 더미변수	0	0	0	0	0

주: 1 괄호 안은 표준오차를 나타내며 표준오차는 각 시군구 cluster standard error

2 호우로 인한 피해액 통계가 1998년부터 존재하여 1998년 이전 설치된 하수저류시설은 분석에서 제외하였음

\* significant at 10%; \*\* significant at 5%, \*\*\* significant at 1%

자료: 저자 작성

〈표 IV-25〉 환경부 (홍수예방목적포함) 하수저류시설의 침수피해저감 효과 추정결과: 군지역 제외

구분	종속변수				
	ln(총피해액)	ln(건물 피해액)	ln(공공시설 피해액)	ln(농경지 피해액)	ln(사육시설 피해액)
하수저류시설 설치 지역	-0.961	-2.060***	-0.441	0.030	0.054
	(1.012)	(0.647)	(1.456)	(0.781)	(0.815)
일 최대강수량 (mm)	0.024**	0.021*	0.028***	0.016**	0.014**
	(0.009)	(0.010)	(0.009)	(0.006)	(0.006)
연 강수량 (mm)	0.003	0.001	0.002	0.002	-0.000
	(0.002)	(0.003)	(0.002)	(0.001)	(0.001)
상수항	-6.631	-3.479	-3.639	-4.590	-2.365
	(3.733)	(3.755)	(3.353)	(2.940)	(1.752)
연도 더미변수	0	0	0	0	0

주: 1 괄호 안은 표준오차를 나타내며 표준오차는 각 시군구 cluster standard error

2 호우로 인한 피해액 통계가 1998년부터 존재하여 1998년 이전 설치된 하수저류시설은 분석에서 제외하였음

\* significant at 10%; \*\* significant at 5%, \*\*\* significant at 1%

자료: 저자 작성

〈표 IV-26〉 환경부 (홍수예방목적포함) 하수저류시설의 침수피해저감 효과 추정결과:  
군지역 제외 & 2017년 이전 설치된 시설만 포함

구분	종속변수				
	ln(총피해액)	ln(건물 피해액)	ln(공공시설 피해액)	ln(농경지 피해액)	ln(사육시설 피해액)
하수저류시설 설치 지역	-1.197	-2.188***	0.218	0.542	0.175
	(0.828)	(0.724)	(1.017)	(0.509)	(0.539)
일 최대강수량 (mm)	0.023***	0.017***	0.023***	0.007***	0.006***
	(0.003)	(0.003)	(0.003)	(0.002)	(0.002)
연 강수량 (mm)	0.004***	0.003***	0.002***	0.001***	0.001**
	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.000)	(0.000)
상수항	-10.060***	-7.981***	-6.434***	-2.820***	-2.051***
	(1.105)	(0.877)	(1.061)	(0.776)	(0.570)
연도 더미변수	0	0	0	0	0

주: 1 괄호 안은 표준오차를 나타내며 표준오차는 각 시군구 cluster standard error

2 호우로 인한 피해액 통계가 1998년부터 존재하여 1998년 이전 설치된 하수저류시설은 분석에서 제외하였음

\* significant at 10%; \*\* significant at 5%, \*\*\* significant at 1%

자료: 저자 작성

〈표 IV-27〉 환경부 (홍수예방목적포함) 하수저류시설의 침수피해저감 효과 추정결과:  
군지역 제외 & 2017년 이후 설치된 시설만 포함

구분	종속변수				
	ln(총피해액)	ln(건물 피해액)	ln(공공시설 피해액)	ln(농경지 피해액)	ln(사육시설 피해액)
하수저류시설 설치 지역	-0.592 (0.965)	-1.556 (1.439)	0.445 (1.078)	0.817 (0.953)	-0.168 (0.238)
일 최대강수량 (mm)	0.023*** (0.004)	0.016*** (0.003)	0.022*** (0.003)	0.006*** (0.002)	0.005** (0.002)
연 강수량 (mm)	0.004*** (0.001)	0.003*** (0.001)	0.002*** (0.001)	0.001*** (0.000)	0.001** (0.000)
상수항	-9.836*** (1.139)	-7.866*** (0.918)	-6.229*** (1.095)	-2.600*** (0.801)	-1.906*** (0.581)
연도 더미변수	0	0	0	0	0

주: 1 괄호 안은 표준오차를 나타내며 표준오차는 각 시군구 cluster standard error

2 호우로 인한 피해액 통계가 1998년부터 존재하여 1998년 이전 설치된 하수저류시설은 분석에서 제외하였음

\* significant at 10%; \*\* significant at 5%, \*\*\* significant at 1%

자료: 저자 작성

우수저류시설과 하수저류시설의 호우 피해저감 효과를 분석한 결과, 우수저류시설은 모든 피해에 대해 감소 효과를 가지는 것으로 나타났지만, 하수저류시설은 건물 피해액에 대해서만 통계적으로 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. 더불어 두 시설 모두 2017년 이전 설치된 지역에서는 효과가 있지만 그 이후 설치된 지역에서는 통계적으로 유의한 효과가 없는 것으로 나타났다.

대심도 빗물저류시설은 우수저류시설 및 하수저류시설의 도시 침수예방이라는 동일한 목적을 가진다. 다만 대심도 빗물배수시설은 지하 40~50m 아래에 큰 터널을 만들어 폭우 시 빗물을 보관하고 하천으로 방류하는 시설을 말한다. 현재 국내에서는 신월 빗물저류시설이 준공되어 가동하고 있으며 강남, 광화문 및 도림천 일대에 대심도 빗물저류시설을 추진하고 있다. 서울과 같은 도심지의 경우 배수시설 설계용량이 강우 발생빈도에 비해 부족하고, 기후변화로 인하여 집중호우가 발생하여 상습적으로 침수가 발생할 수밖에 없는 구조이다. 하지만 대도시는 인구가 집중되어 있고 건물 및 기타 배관 등의 시설이 밀집되어 있어 기존 저류시설의 설치나 우수 및 하수 관로 등의 확장이 쉽지 않다. 이러한 문제를 해결하고자 국내에서는 최초로 서울 양천구에서 신월 빗물저류시설을 2020년 5월 15일부

터 운용하고 있다.45) 따라서 현재 대심도 빗물저류시설의 효과 평가의 대상은 신월 대심도 시설만 존재하여 평가에 한계가 존재한다.

[그림 IV-30] 신월 빗물저류 배수시설 조감도



자료: 양천구청

이러한 점을 고려할 때 대심도 빗물저류 배수시설의 엄밀한 평가는 현재 강남, 광화문, 도림천 등 상습 침수지역에 건설이 진행되고 있는바 정확한 평가는 해당 시설들이 운영되고 일정한 시간이 지난 후에 가능할 것으로 판단된다. 다만 이러한 한계가 있음에도 불구하고 신월 빗물저류 배수시설이 침수예방에 얼마나 효과적이었는지 이중차분법을 통해 분석하였다. 특히 신월 빗물저류 배수시설이 완공된 후 2020년과 2022년 서울에 집중호우 시 큰 피해가 발생하였다는 점에서 일정 부분 효과 평가가 가능할 것으로 판단하였다.

<표 IV-28>은 종속변수로는 총피해액의 로그변환한 값을 이용하였으며 Model1과

45) 다만 2019년 6월 30일 공사가 끝나 2019년에는 시범가동되어 분석에서 2019년부터를 효과가 발생한 시점으로 가정하였다.

Model2는 전국의 모든 시군구를 포함하였으며 Model3과 Model4는 서울의 구들만 포함하였다. 서울시의 구로 한정된 이유는 다른 지역보다 상대적으로 유사한 인구, 구조물 등의 특징을 공유한다는 가정 때문이다. 또한 빗물저류 배수시설 이외 침수 피해에 영향을 줄 수 있는 설명변수로 일 최대강수량과 연 총강수량을 포함하였다. 더불어 침수 예방에 영향을 미칠 수 있는 우수저류시설과 하수저류시설에 대해 Model1과 Model3에서는 설명변수로 추가하여 통제하였으며 Model2와 Model4는 해당 시설이 설치된 지역은 분석에서 제외하였다. 추정결과 신월 빗물저류 배수시설은 약 91.7%에서 96.0%의 피해를 감소시키는 효과가 있는 것으로 추정되었다. 실제로 2022년 8월 8일부터 사흘간 양천구에 300mm에 달하는 많은 비에도 불구하고 빗물터널에 22만 5,728톤의 빗물이 유입되어 피해가 크게 줄어든 것으로 보고되었다.<sup>46)</sup>

앞서 언급한 바와 같이 대심도 저류시설은 국내에서 하나의 사례만 존재할뿐더러 설치된 이후 2019년 시범 운영을 거쳐 2020년부터 본격적으로 가동되었다. 이러한 이유로 효과 평가를 위한 충분한 기간이 확보되지 않아 추정치의 강건성이 확보되었다고 보기는 어렵다. 다만 현재 확보된 통계에 한정한다면 사례 연구로서 상당한 효과가 나타나고 있음이 확인되었다. 향후 강남, 광화문과 도림천 일대 시설 공사가 완료된 후 재평가가 필요할 것으로 판단된다.

대심도 저류시설이 침수 예방에 탁월한 효과가 있더라도 충분한 경제성 검토가 필요할 것으로 판단된다. 신월 빗물저류 배수시설의 총사업비가 1,381억원(국고보조금 350억원)으로 막대하였다는 점과 시설의 활용 빈도가 특성상 낮을 수밖에 없고 다른 용도로 활용도 힘들다는 점에서 추가적인 설치 시 신중한 검토가 필요하다.

〈표 IV-28〉 (신월) 빗물저류시설의 침수피해저감효과 추정결과(이중차분법)

	종속변수: ln(총피해액)			
	Model1 (전국표본)	Model2 (전국표본)	Model3 (서울표본)	Model4 (서울표본)
(신월) 빗물저류시설 설치구(양천구)	2.597*** (0.136)	2.518*** (0.175)	1.572*** (0.337)	1.584*** (0.346)
2019년 이후 (Post)	0.524*** (0.167)	0.526*** (0.185)	2.105*** (0.505)	1.962*** (0.495)

46) 『한국일보』(2022. 8. 11.), 「32만톤 담은 ‘신월 빗물터널’ 덕에 양천구 침수 피해 없었다」

〈표 IV-28〉의 계속

	종속변수: ln(총피해액)			
	Model1 (전국표본)	Model2 (전국표본)	Model3 (서울표본)	Model4 (서울표본)
양천구×2019년 이후	-2.572*** (0.196)	-2.492*** (0.222)	-3.230*** (0.433)	-3.138*** (0.431)
일 최대강수량(mm)	0.033*** (0.002)	0.035*** (0.003)	0.048*** (0.005)	0.047*** (0.005)
연 강수량(mm)	0.003*** (0.000)	0.003*** (0.000)	0.000 (0.001)	0.000 (0.001)
log(우수저류시설용량)	-0.132*** (0.034)	-	-0.188*** (0.028)	-
log(하수저류시설용량)	0.070 (0.057)	-		-
상수항	-6.824*** (0.429)	-6.763*** (0.540)	-3.807*** (1.026)	-3.732*** (1.055)
우수/하수저류시설지역	X	O	X	O
관측치수	5,503	3,696	600	576

주: 1 괄호 안은 표준오차를 나타내며 표준오차는 각 시군구 cluster standard error

2 호우로 인한 피해액 통계가 1998년부터 존재하여 1998년 이전 설치된 하수저류시설은 분석에서 제외하였음

\* significant at 10%; \*\* significant at 5%, \*\*\* significant at 1%

자료: 저자 작성

환경부는 2013년부터 「하수도법」 제4조의3에 따라 하수도 정비 중점관리지역을 도입하여 하수의 범람으로 침수피해가 발생하거나 발생할 우려가 있는 지역을 관리지역으로 지정한다. 지정된 지자체에는 침수 원인 해소를 위한 빗물관 개량, 하수저류시설 및 빗물펌프장을 설치·증설하는 데 국비를 지원하고 있다. 환경부는 2013년부터 2022년까지 총 173 곳을 하수도 정비 중점관리지역으로 지정하였으며 2022년까지 51개 지역에 준공을 완료하였다. 완료된 51개 지역을 대상으로 호우로 인한 피해 저감 효과를 추정한 결과 통계적으로 유의한 효과를 보이지는 않았다(〈표 IV-29〉 참조).

〈표 IV-29〉 하수도 정비 중점관리지역 피해저감효과

구분	종속변수				
	ln(총피해액)	ln(건물 피해액)	ln(공공시설 피해액)	ln(농경지 피해액)	ln(사육시설 피해액)
하수도정비 중점관리지역	0.188 (0.638)	0.441 (0.541)	0.369 (0.927)	-0.642 (0.556)	-0.318 (0.739)
일 최대강수량 (mm)	0.022*** (0.003)	0.015*** (0.003)	0.023*** (0.003)	0.007*** (0.002)	0.005*** (0.002)
연 강수량 (mm)	0.004*** (0.001)	0.003*** (0.001)	0.002*** (0.001)	0.001*** (0.000)	0.001** (0.000)
상수항	-10.060*** (1.132)	-8.018*** (0.900)	-6.486*** (1.095)	-2.770*** (0.779)	-2.083*** (0.580)
연도 더미변수	0	0	0	0	0

주: 1 괄호 안은 표준오차를 나타내며 표준오차는 각 시군구 cluster standard error

2 이전 사업을 통해 설치된 우수 및 하수처리 시설이 있는 지역은 표본에서 제외하였으며 군지역은 역시 표본에서 제외하였음  
\* significant at 10%; \*\* significant at 5%, \*\*\* significant at 1%

자료: 저자 작성

참고로, 환경부 보도자료(2023. 10. 31.)에 따르면 2023년 상반기 기준으로 부산 금정 등 사업이 완료된 51개 지역에서는 침수 피해가 재발하지 않았다. 환경부 보도자료의 침수 피해는 재난통계에서 침수로 정의된 구분의 도시 부분 면적(ha)을 말하며, 중점관리지역으로 선정된 지역의 반경 3km 이내의 공간에 대한 침수 피해에 대한 것이다. 그렇지만 본 연구는 재해연보에서 중점관리지역이 포함된 시군구 단위의 호우로 인한 피해를 분석대상으로 하고 있어 환경부 보도자료 내용과는 피해와 지역의 범위상 다소 차이가 있다. 본 평가에서 사용한 자료가 비록 중점관리지역의 지정 및 관리 효과를 분석하기에 최적의 지역 단위나 재해 범주는 아닐지라도 중점관리지역이 각 시군구에서 하수의 범람에 가장 취약한 곳이었다면 충분히 유의미한 결과가 기대될 수 있는 상황으로 판단된다. 그렇지만 유의미한 피해저감효과가 도출되지 않았다는 것은 관리당국에서 중점관리지역의 운용과 관련하여 주의할 요소를 확인할 필요가 있음을 암시한다.

현 수준의 분석으로는 이러한 결과가 나온 원인을 명확하게 특정할 수 없다. 중점지역에 설치된 시설구성이 효과적이지 않을 수도 있다. 현재 중점관리지역에는 우수관로 282km, 빗물펌프장 44개소가 설치된 반면 하수처리시설은 전북 부안군에 1,600m<sup>3</sup> 용량이 설치된 것이 유일하다.<sup>47)</sup> 혹은 중점관리지역의 선정이 부적절했을 가능성도 있다. 즉, 중점관리지

역의 선정과정에서 다양한 지역의 여건을 종합하여 고려하다 보니 침수위험이 높은 지역을 우선적으로 선정하지 못하였을 가능성도 배제할 수 없다. 또한 본 연구의 분석대상 기간에는 현재 설치 예정이거나 최근 완료된 16곳의 중점관리지역이 반영되지 않아 해당 지역들의 지정 이후의 효과까지 포함하여 재평가할 경우 결과가 달라질 수도 있다. 따라서 향후 하수도정비 중점관리지역의 지정에 따른 효과를 보다 엄밀하고 정교하게 분석할 필요가 있다. 소관부처에서는 중점관리지역의 피해저감효과에 대한 재평가도 중요하지만 정교한 분석이 가능하도록 성과분석에 필요한 정보를 데이터베이스화하여 추적·관리할 필요가 있다.

#### 4) 소결

계량분석 결과 행정안전부와의 우수저류시설 및 환경부의 하수저류시설 모두 기본적으로는 침수예방에 효과가 있었던 것으로 나타났다. 다만, 2017년 이후에 설치된 해당 저류시설들은 우수저류시설, 하수저류시설 모두 호우로 인한 총피해액 및 건물 피해액이 평균적으로 감소하였으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 통상 30년 빈도 수준의 침수 가능성을 고려하여 저류시설을 설치하였다는 점에서 최근 설치된 지역은 10년도 채 되지 않은 상태에서 그 효과를 보기에는 부적절하다고 볼 수도 있을 것이다. 그러나 <그림 IV-20>에서 보듯 2017년 이후 이미 최근 15년 중 호우로 인한 피해가 가장 컸던 연도(2020년)와 세 번째로 피해가 컸던 연도(2022년)가 포함되었다는 점에서 분석기간의 제약만으로 결과의 의미를 희석시키기는 어렵다. 이러한 결과는 저류시설 설치사업의 초기에 선정된 지역보다 최근에 선정된 지역에서의 침수예방효과가 상대적으로 약함을 보여주는 것으로 이해할 수 있다. 따라서 향후 저류시설 설치지역 선정에 있어 더 신중하고 적절한 기준을 적용해야 하는 시사점을 내포한다고 말할 수 있다. 특히, 정부 보조사업이 매칭지원이기 때문에 특성상 재정이 상대적으로 우수한 지방자치단체 위주로 편성될 가능성이 있다. 따라서 소관부처에서는 저류시설 설치지역을 선정할 때 침수피해 가능성보다 침수 위험에 대응이 필요한 지역 위주로 선정될 수 있도록 기준을 정비하여야 하겠다.

#### 라. 국고보조의 하수처리효율에 대한 효과

<표 IV-30>은 Greene(2005)의 하수처리시설별 연도별 생산효율성 추정치를 종속변수

47) 경기도 부천 여월의 하수터널은 2013년부터 운영되었으며 하수터널이 하수저류 기능을 가진다는 점에서 하수저류시설로 분류할 수 있다. 따라서 경기도 부천 여월의 하수터널을 포함한다면 두 곳으로 평가할 수 있다.

로 두고, 지자체/공기업/민간대행의 운영방식, 소규모/대규모 하수처리시설, 하수처리시설의 총사업비에서 국비가 차지하는 비중, 연간운영비용, 가동연수 등을 설명변수로 하여 회귀식을 추정한 결과이다. <표 IV-30>의 열 (1)~(4)에 따른 차이가 크지 않기 때문에 열 (3)과 (4)의 결과를 중심으로 설명하도록 한다. 열 (3)은 운영방식을 구분하는 더미변수, 소규모 하수처리시설 더미변수, 운영방식과 소규모 하수처리시설의 교차항, 하수처리시설 총사업비의 국비 비중, 연간운영비용을 설명변수로 하며, 시군구×연도 고정효과를 통제하였다. 열 (3)을 보면 소규모 하수처리시설과 연간운영비용 변수가 통계적으로 유의하다. 이는 대규모 하수처리시설에 비해 소규모 하수처리시설의 생산효율성이 평균적으로 5% 낮은 반면, 운영방식에 따른 차이는 통계적으로 유의하지 않음을 의미한다. 또한 하수처리시설 총사업비의 국비 비중이 생산효율성에 미치는 영향은 유의하지 않다. 이는 하수처리시설의 생산효율성은 사업비의 원천이 국비인지 아니면 다른 재원인지와는 유의한 상관관계가 없음을 의미한다. 반면 연간운영비용이 높은 하수처리시설일수록 생산효율성은 유의하게 증가하는 것으로 분석되었다. 구체적으로, 열 (3)을 기준으로 연간운영비용이 1% 상승하면 생산효율성은 0.3% 증가하는 것으로 분석되었다. 하수처리시설의 규모가 클수록 연간운영비용도 상승하기 때문에, 연간운영비용이 생산효율성에 미치는 영향은 하수처리시설의 규모에 따른 생산효율성의 차이로 해석하는 것이 타당하다. 열 (3)은 소규모 하수처리시설 더미변수를 포함하므로, 연간운영비용에 대한 추정계수는 소규모 하수처리시설 중에서도 상대적으로 규모가 큰 소규모 하수처리시설의 생산효율성이 높고, 대규모 하수처리시설 중에서도 규모가 큰 하수처리시설일수록 생산효율성이 높다는 것으로 해석할 수 있다.

열 (4)는 가동연수가 생산효율성에 미치는 영향을 추가적으로 살펴보는 것이 목적이다. 이를 위해 운영방식 및 소규모 하수처리시설 더미변수와 가동연수의 교차항을 설명변수로 추가하였다. 열 (4)를 보면 가동연수 관련 설명변수를 추가한 이후 소규모 하수처리시설 더미변수는 더 이상 유의하지 않다. 반면 공기업×소규모 하수처리시설×가동연수 변수가 유의하다. 이는 대규모 하수처리시설에 비해 공기업이 운영하는 소규모 하수처리시설의 생산효율성이 낮으며, 특히 가동연수가 1% 증가할수록 공기업이 운영하는 소규모 하수처리시설의 생산효율성이 1% 감소함을 의미한다. 열 (4)에서도 마찬가지로 연간운영비용은 하수처리시설의 생산효율성에 유의한 양의 영향을 미치며, 추정계수의 크기는 열 (3)의 결과와 거의 동일한 것으로 분석되었다.

〈표 IV-30〉 하수처리시설 특성별 생산효율성 차이 분석

변수	종속변수: True RE 생산효율성 추정치			
	(1)	(2)	(3)	(4)
공기업	0.01 (0.03)	-0.001 (0.03)	0.002 (0.04)	0.01 (0.06)
민간대행	0.02 (0.01)	0.02 (0.01)	0.02 (0.01)	0.03 (0.04)
소규모 하수처리시설	-0.06** (0.02)	-0.06** (0.02)	-0.05** (0.02)	-0.04 (0.04)
공기업×소규모 하수처리시설	-0.02 (0.03)	-0.01 (0.03)	-0.01 (0.03)	0.09 (0.07)
민간대행×소규모 하수처리시설	0.03 (0.02)	0.03 (0.02)	0.02 (0.02)	0.04 (0.05)
국비비중			0.002 (0.01)	0.006 (0.01)
연간운영비용			0.003** (0.001)	0.004** (0.001)
가동연수				-0.0006 (0.002)
공기업×가동연수				-0.001 (0.003)
민간대행×가동연수				-0.001 (0.002)
소규모 하수처리시설×가동연수				-0.001 (0.002)
공기업×소규모 하수처리시설×가동연수				-0.01** (0.004)
민간대행×소규모 하수처리시설×가동연수				-0.001 (0.002)
상수항	0.81** (0.01)	0.81** (0.01)	0.80** (0.01)	0.81** (0.04)
시군구고정효과	Yes	No	No	No
연도고정효과	Yes	No	No	No
시군구×연도고정효과	No	Yes	Yes	Yes
하수처리시설수	4,220	4,220	3,966	3,966
관측치수	17,256	17,256	16,112	16,112
R-squared	0.18	0.23	0.22	0.23

주: 괄호 안은 하수처리시설별 군집표준오차를 의미함

\* significant at 10%; \*\* significant at 5% or stricter

자료: 저자 작성

## 4. 사업의 적절성

### 가. 하수처리장 설치사업(농어촌/면단위)

〈표 IV-31〉은 읍면동 인구규모별 공공하수처리구역인구보급률, 고도처리인구보급률, 하수도설치율을 보여준다. 공공하수처리구역인구보급률은 행정구역 내 총인구 중 공공하수처리구역 내 인구의 비율을 나타낸다. 고도처리인구보급률은 행정구역 내 총인구 중 고도처리가 이루어지는 구역 내 인구의 비율을 의미한다. 하수도설치율은 공공하수처리구역인구보급률에 하수관로보급률을 곱해서 계산하며, 하수관로보급률은 계획연장 대비 설치연장의 비율로 정의한다. 즉, 하수도설치율은 하수관로 연장에 대한 정부의 계획 목표가 반영되어 있기 때문에 공공하수처리구역인구보급률이나 고도처리인구보급률에 비해 일반적으로 낮다.

〈표 IV-31〉을 보면 인구 50만명 초과 읍면동의 공공하수처리구역인구보급률은 2017년에 이미 99.74%로 행정구역 내 인구의 대부분이 공공하수처리구역 내 거주하였다. 인구 50만명 초과 읍면동의 고도처리인구보급률은 2017년에는 94.87%로 공공하수처리구역인구보급률에 비해 낮은 수준이었으나 2021년에는 99.70%로 공공하수처리구역인구보급률과 동일한 수치를 기록하고 있다. 인구 50만명 초과 읍면동의 하수도설치율은 공공하수처리구역인구보급률이나 고도처리인구보급률보다는 낮지만 2021년 94.85% 이상을 기록하여 하수관로 연장 계획의 대부분이 실제 이루어지고 있는 것으로 나타난다.

행정구역 내 인구 규모가 10만명 초과~50만명 이하, 5만명 초과~10만명 이하, 1만명 초과~5만명 이하로 작아질수록 공공하수처리구역인구보급률과 고도처리인구보급률이 감소하기는 하지만 여전히 90% 이상으로 높다. 그러나 인구 1만명 이하의 읍면동에서 공공하수처리구역인구보급률과 고도처리인구보급률은 2021년 기준 62.76%와 57.43%로 급격히 낮아지는 모습을 보인다. 정부의 하수관로 연장 계획 대비 실제 이행 정도를 반영하는 하수도설치율은 공공하수처리구역인구보급률이나 고도처리인구보급률보다 행정구역에 따라 더 큰 차이를 보인다. 예를 들어, 인구 50만명 초과 읍면동에서는 2021년 공공하수처리구역인구보급률이 99.70%이며 하수도보급률도 94.85%로 큰 차이가 없는 반면, 인구 1만명 초과~5만명 이하의 읍면동에서는 공공하수처리구역인구보급률은 94.64%인 반면 하수도보급률은 76.10%로 하수관로 연장 계획 대비 실제 이행률이 크게 감소하는 현상이 나타난다. 인구 1만명 이하 읍면동의 2021년 하수도설치율은 51.64%로 하수관로 연장 계획의 낮은 비중만이 실제 이행되고 있는 것으로 나타난다.

〈표 IV-31〉 읍면동 인구규모별 하수도 보급률 추이

(단위: %)

공공하수처리구역인구보급률	2017	2018	2019	2020	2021
1만명 이하	56.04	58.01	59.95	61.43	62.76
1만명 초과 ~ 5만명 이하	93.76	94.10	94.37	94.50	94.64
5만명 초과 ~ 10만명 이하	95.76	95.66	96.27	96.93	96.77
10만명 초과 ~ 50만명 이하	98.61	98.68	98.91	98.93	99.09
50만명 초과	99.74	99.76	99.81	99.81	99.70
고도처리인구보급률	2017	2018	2019	2020	2021
1만명 이하	49.26	51.58	54.32	55.87	57.43
1만명 초과 ~ 5만명 이하	92.18	92.52	93.01	92.81	93.12
5만명 초과 ~ 10만명 이하	95.57	95.51	96.09	96.80	96.65
10만명 초과 ~ 50만명 이하	96.06	94.68	97.31	98.32	98.50
50만명 초과	94.87	94.88	99.81	99.81	99.70
하수도설치율	2017	2018	2019	2020	2021
1만명 이하	40.60	44.84	47.92	49.98	51.64
1만명 초과 ~ 5만명 이하	68.99	73.61	72.88	74.70	76.10
5만명 초과 ~ 10만명 이하	76.04	73.87	77.58	77.19	80.69
10만명 초과 ~ 50만명 이하	81.29	85.87	85.78	84.72	90.83
50만명 초과	93.16	94.33	94.42	94.53	94.85

자료: 환경부(2021), 「하수도통계」 바탕으로 저자 작성

〈표 IV-31〉을 볼 때 지역 간 형평성의 측면에서 하수도 보급률이 낮은 농어촌 및 면단 위 지역을 중심으로 하수도 보급을 확대하는 정책에 대한 수요는 존재한다고 볼 수 있다. 다만 신규 소규모 하수처리시설의 확대 위주로 시행되고 있는 사업의 방향성이 적절한지에 대해서는 점검이 필요하다. 〈표 IV-32〉를 보면 주로 시설용량 500톤/일 이상의 대규모 하수처리시설을 대상으로 하는 하수처리장 확충 사업의 경우 신설보다는 개량 및 증설 사업이 많은 반면, 농어촌마을하수도정비와 면단위하수처리장설치 사업의 경우 개량이나 증설보다는 신설 사업 위주로 집행되고 있는 것을 알 수 있다.

〈표 IV-32〉 하수처리시설의 신·증설 및 개량 현황

(단위: 개소)

사업명	연도	신규사업 수	신설	개량	증설
하수처리장 확충	2021	48	8	12	28
	2022	45	3	12	30
	2023	38	8	7	23
	2024	29	2	11	16
농어촌마을하수도정비	2021	110	87	8	15
	2022	105	74	11	20
	2023	90	64	7	19
	2024	67	48	2	17
면단위하수처리장설치	2021	8	3	0	5
	2022	9	6	0	3
	2023	6	3	0	3
	2024	5	2	0	3

자료: 환경부 내부자료

〈표 IV-33〉은 소규모 하수처리시설과 대규모 하수처리시설의 단위당 사업비를 비교해서 보여준다. 단위당 사업비는 시설용량 1톤당 사업비를 의미한다. 2021년 기준 소규모 하수처리시설의 시설용량 1톤당 사업비는 평균 57.98백만원인 반면 대규모 하수처리시설의 1톤당 사업비는 8.31백만원으로 소규모 하수처리시설의 시설용량 단위당 사업비가 몇 배 이상 높다. 대규모 하수처리시설이 가진 규모의 이점을 살리며 농어촌 및 면단위 지역의 하수도보급률을 높일 방안을 마련할 필요가 있다. 이를 위해서는 제IV장 제2절의 효율성분석에서 살펴본 바와 같이 가동연수가 오래되고 가동률이 낮은 소규모 하수처리시설을 우선적으로 통폐합하여 효율적으로 운영할 방안을 마련할 필요가 있다.<sup>48)</sup> 또한 시설용량 대비 유입하수량이 지나치게 높은 소규모 하수처리시설에 대해서도 시설용량의 신·증설에 대한 점검이 필요하다.

48) 지난 2019년 환경부는 소규모 하수처리시설 중 효율성이 낮아 개선이 필요한 시설에 대한 정밀조사를 실시해 개선대책을 마련한 바 있다. 공법개량 및 처리시설개선 등이 필요한 시설 566곳과 통합처리 및 시설증설이 필요한 시설 169곳을 대상으로 하였다(환경부 보도자료, 2019. 7. 1.). 소규모 하수처리시설의 통합신설 및 공공연계 처리 사례에 대해서는 부록II를 참고할 수 있다.

〈표 IV-33〉 소규모 및 대규모 하수처리시설 단위당 사업비 추이

(단위: 백만원)

시설용량당 사업비	2017	2018	2019	2020	2021
소규모 하수처리시설	57.97 (596.04)	65.31 (700.58)	77.53 (819.99)	61.25 (655.81)	57.98 (605.68)
대규모 하수처리시설	7.91 (7.71)	7.63 (7.43)	8.15 (8.07)	8.14 (8.11)	8.31 (8.15)
처리인구당 사업비	2017	2018	2019	2020	2021
소규모 하수처리시설	0.05 (0.37)	0.06 (0.66)	0.16 (4.72)	0.06 (0.62)	0.06 (0.61)
대규모 하수처리시설	0.36 (0.48)	0.36 (0.46)	0.37 (0.48)	0.37 (0.48)	0.37 (0.44)

주: 괄호 안은 표준편차를 나타냄

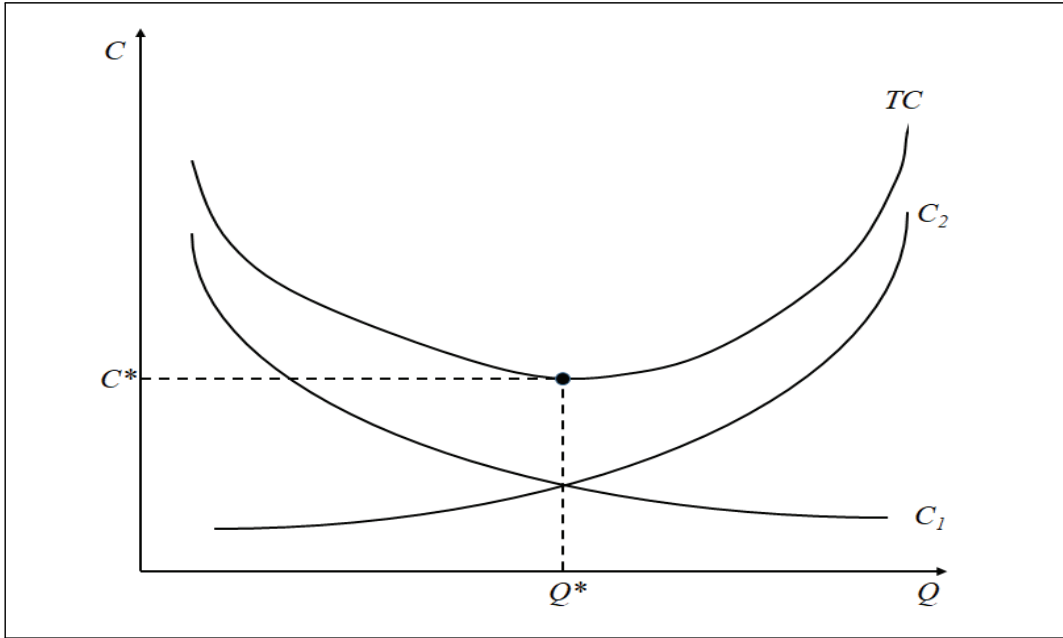
자료: 환경부(2021), 「하수도통계」 바탕으로 저자 작성

일반적으로 농어촌과 같이 소수의 인구가 광범위하게 퍼져서 정주형태를 가지고 있는 경우에 하수도 서비스는 크게 두 가지 방법을 고려하게 된다. 하나는 소규모 처리장을 곳곳에 설치하는 방법이며, 다른 하나는 곳곳에 떨어진 점 오염원에 대하여 하수관로를 길게 연결하여 대표 처리장에 오폐수를 집중시키는 방법이다. 각 방법의 장단점은 명확한데, 소규모 처리장을 여러 곳에 설치하면, 처리장 설치비용이 들고 처리장 운영 및 하수처리과정에서 규모의 경제를 누리지 못함에 따라 발생하는 비효율성이 발생한다. 반면, 처리장을 통폐합하고 하수관로를 통한 연결을 강화하는 것은 처리장 설치와 운영, 처리과정에서의 규모의 경제를 기대할 수 있으나 그 대신 분산되어 있는 점 오염원마다 하수관로를 연결하고 관리하는 데에 발생하는 비용이 높게 된다.

이를 그림으로 표현하면 [그림 IV-31]과 같다.  $C$ 는 동일한 면적의 농어촌에 대한 하수도 서비스 비용이며,  $Q$ 는 처리장 수량이다. 하수도 서비스 총관리비용( $TC$ )은  $C_1$ 과  $C_2$ 의 합으로 표현할 수 있는데,  $C_1$ 은 하수관로의 설치 및 운영 비용이고  $C_2$ 는 하수처리장의 설치 및 운영, 하수처리과정 비용을 의미한다. 소규모 처리장을 계속 설치하면 하수관로에 대한 비용은 줄일 수 있겠으나 처리장과 관련된 비용은 급속하게 늘어나며, 반대로 처리장을 통폐합하면 할수록 처리장과 관련된 비용은 줄어드나 하수관로에 대한 비용은 기하급수적으로 증가한다. 이러한 상황에서는 비용을 최소화하는 처리장 수가 중간 어느 지점에서 결정되는데 이는 처리장 개수에 따른 처리장과 하수관로의 운영비용을 정확하게 파악하면

적절한 수준에서 통폐합을 추진하는 것이 최적이 됨을 의미한다. 즉, 무조건 소규모 처리장을 늘리거나 줄이는 일방향의 정책은 최적 수준을 달성하기 어려우며, 각 지역의 비용여건을 충분히 확인하고 분석하여 적절한 처리장 개수를 결정하여 통폐합을 추진해야 한다.

[그림 IV-31] 최소 비용의 소규모 처리장 통폐합 수준



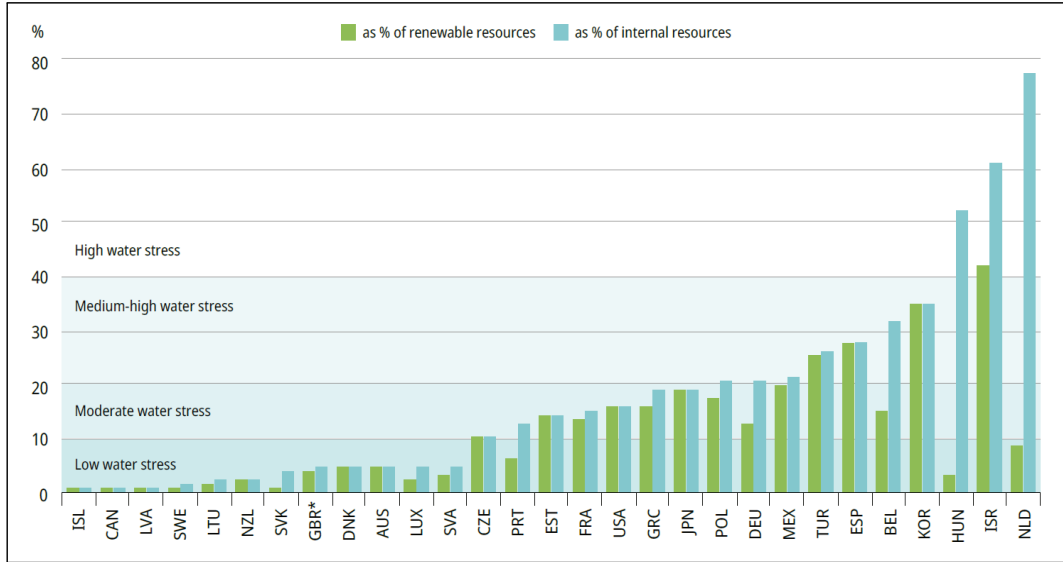
자료: 저자 작성

#### 나. 하수처리수 재이용사업

제Ⅲ장에서 설명한 바와 같이 하수처리수 재이용사업은 하수처리수를 각종 용수로 재이용함으로써 수자원의 효율적 이용을 도모하는 사업이다. 해당 사업의 정책적 필요성은 비교적 자명하다. 예를 들어, [그림 IV-32]는 OECD 회원국들의 물 스트레스 수준을 비교한 것이다. 물 스트레스는 총담수자원 중 연간 취수되는 추출량의 비율이다. 이 비율이 10% 미만이면 물 부족과 관련하여 특별한 스트레스가 없다고 평가되며 수치가 높을수록 물의 가용성과 관련한 스트레스가 큰 것을 의미한다. OECD(2020a)에 따르면 대부분의 OECD 회원국들은 지난 수십 년 동안 물 스트레스의 평균적인 수준이 하락하고 있다. 그러나 우리나라는 이 수치가 30%대로 네덜란드, 이스라엘, 헝가리 등 스트레스 수준 최상위권 국가들의 뒤를 바로 잇고 있다. 다시 말해, 우리나라는 보유하고 있는 수자원에 비해 매년

취수하는 용수량이 높은 비중을 차지하고 있어 수자원 고갈 위험이 상대적으로 높다고 말할 수 있다. 따라서 물을 여러 차례 재활용하는 하수처리수 재이용은 우리나라의 자연적·인구학적 여건을 고려할 때 필요한 활동이다.

[그림 IV-32] OECD 회원국별 물 스트레스(freshwater stress)



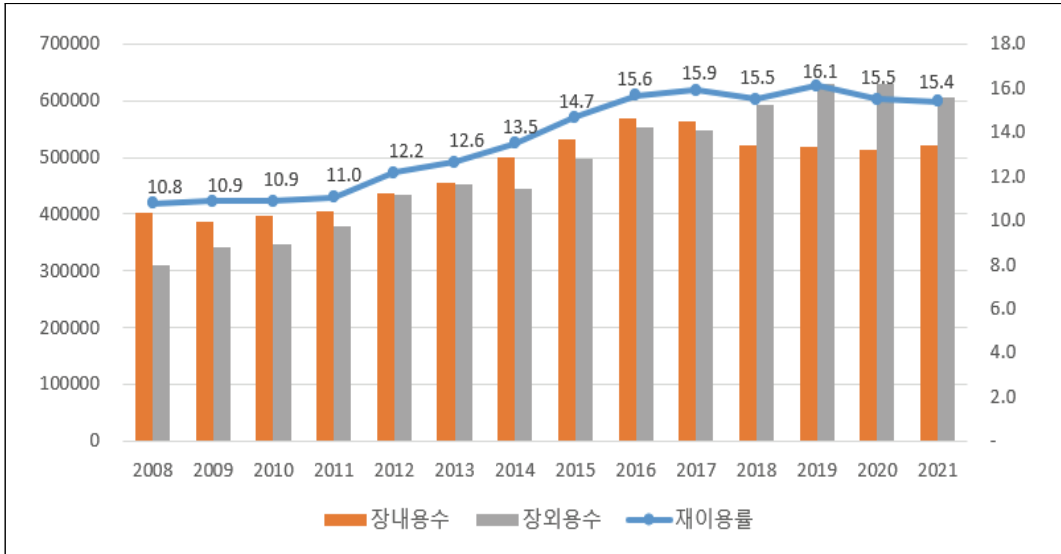
주: \* 영국은 잉글랜드와 웨일스의 수치임

자료: OECD(2020a), p. 37, Figure 9.(원자료: OECD(2019), OECD Environment Statistics(database))

그렇지만 사업 시행의 필요성과는 별개로 현재의 사업운용 방식이 적절한지에 대해서는 세심하게 짚고 넘어가야 한다. 하수처리수 재이용률은 정부의 지속적인 하수처리수 재이용 확대 정책에 따라 2000년 2.9%에서 2008년 10.8%까지 증가하였으나, 2016년 15.6%를 기록한 이후 현재까지 15% 수준에 머물러 있다. [그림 IV-33]의 연도별 하수처리수 재이용 추이를 살펴보면 2017년까지는 장내용수의 비중이 장외용수의 비중보다 높았으나, 2018년부터 장외용수의 비중이 증가하고 장내용수의 비중이 감소한 것이 특징이라고 볼 수 있다. <표 IV-34>에서 연도별 하수처리수 장외 재이용 현황을 세부적으로 살펴보면, 공업용수 재이용량이 2008년 15,044천톤에서 2021년 129,923천톤으로 증가하고 하천유지용수 재이용량이 2008년 213,537톤에서 2021년 442,686톤으로 증가하여 공업용수와 하천유지용수를 위주로 장외용수의 비중이 증가하는 것을 알 수 있다.

[그림 IV-33] 연도별 하수처리수 재이용 추이

(단위: 천톤/년, %)



자료: 저자 작성

〈표 IV-34〉 연도별 하수처리수 장외 재이용 현황

(단위: 천톤)

연도	장외 중수도	공업 용수	농업 용수	하천 유지용수	장외 기타용수	청소, 화장실수	세척, 살수 용수	조경 용수	친수 용수	지하수 충전
2008	1,654	15,044	60,840	213,537	19,401	-	-	-	-	-
2009	2,117	14,420	37,088	241,365	45,878	-	-	-	-	-
2010	893	18,790	33,337	241,506	52,111	-	-	-	-	-
2011	5,496	12,098	43,556	264,960	51,063	-	-	-	-	-
2012	1,639	13,532	29,721	295,759	94,559	-	-	-	-	-
2013	6,601	13,598	20,670	288,207	123,401	-	-	-	-	-
2014	3,318	30,578	23,724	321,443	64,947	-	-	-	-	-
2015	1,262	53,483	16,483	369,164	55,677	-	-	-	-	-
2016	555	62,225	12,427	396,625	81,223	-	-	-	-	-
2017	-	63,549	27,378	429,841	-	419	6,844	11,918	8,428	92
2018	-	75,236	12,213	480,475	-	619	5,574	10,270	7,754	-
2019	-	104,616	11,924	482,533	-	424	9,871	16,390	3,145	-
2020	-	108,939	13,363	496,165	-	443	2,916	5,885	3,099	-
2021	-	129,923	10,711	442,686	-	397	2,136	4,467	3,035	-

자료: 환경부 제공자료

〈표 IV-35〉의 광역시도별 하수처리수 재이용현황을 살펴보면 지역 간의 편차가 크다. 재이용량을 기준으로 볼 때 경기도가 연간 290,474톤으로 재이용량이 가장 많은 지역으로 나타난다. 경기도의 하수처리수 재이용은 장내용수가 42%, 장외용수가 58%를 차지하며, 장외용수 중에는 하천용수의 비중이 가장 높고 공업용수도 전체 재이용 비율의 13%를 차지하는 것으로 분석되었다. 재이용률을 기준으로 보면 경상북도가 36%로 가장 높으며, 이어서 충청북도가 29%, 부산광역시가 26%로 높게 나타났다. 특히 경상북도는 공업용수가 전체 재이용의 63%를 차지한다. 경상북도 포항 및 구미에 위치한 하수처리수 재이용시설에서 각각 인근 철강산업단지 및 구미산업단지에 공급하는 공업용수가 높은 비중을 차지하는 것으로 분석된다. 반면 충청북도와 부산광역시는 재이용률은 높지만 두 지역 모두 80% 이상이 장내용수로 활용되고 있어 마땅한 수요처 확보 없이 재이용 의무비율을 준수하기 위한 것으로 보인다. 인천광역시, 경기도, 경상북도를 제외한 나머지 시도에서는 재이용의 대부분을 장내용수로 활용하거나 장외용수는 하천용수로 활용하는 것으로 나타났다.

〈표 IV-35〉 시도별 하수처리수 재이용 현황(2021년 기준)

시도	하수처리량 (천톤/년)	재이용량 (천톤/년)	재이용률 (%)	장내용수 (%)	장외용수 (%)	공업용수 (%)	하천용수 (%)
서울특별시	1,542,808	122,831	0.08	0.51	0.49	0.00	0.49
부산광역시	498,566	128,026	0.26	0.81	0.19	0.00	0.19
대구광역시	438,758	108,307	0.25	0.36	0.64	0.00	0.64
인천광역시	280,547	37,804	0.13	0.25	0.75	0.12	0.38
광주광역시	227,673	32,230	0.14	0.20	0.80	0.00	0.80
대전광역시	226,364	11,365	0.05	0.99	0.01	0.00	0.00
울산광역시	233,396	36,925	0.16	0.16	0.84	0.00	0.83
세종특별자치시	36,298	2,406	0.07	0.92	0.08	0.00	0.00
경기도	1,827,679	290,474	0.16	0.42	0.58	0.13	0.41
강원도	254,018	17,447	0.07	0.86	0.14	0.00	0.13
충청북도	185,564	53,675	0.29	0.83	0.17	0.01	0.15
충청남도	240,066	42,555	0.18	0.44	0.56	0.06	0.39
전라북도	293,148	40,007	0.14	0.18	0.82	0.00	0.79
전라남도	187,595	22,398	0.12	0.54	0.46	0.00	0.39
경상북도	377,201	134,978	0.36	0.22	0.78	0.63	0.14
경상남도	400,073	43,635	0.11	0.65	0.35	0.01	0.28
제주특별자치도	86,051	1,933	0.02	0.93	0.07	0.00	0.00

자료: 환경부(2021), 「하수도통계」 바탕으로 저자 작성

2021년 기준 하수처리수재이용 법적 의무대상인 하수처리시설은 총 97개이다. <표 IV-36>을 보면 지자체가 운영 중인 하수처리시설 3개, 공기업이 운영 중인 하수처리시설 22개, 민간이 대행 운영 중인 하수처리시설 72개가 법적 의무대상이다. 지자체가 운영 중인 하수처리시설의 재이용률은 평균 10%이며, 재이용량의 77%와 22%가 각각 장내용수와 장외용수로 활용되고 있어 대부분 재이용 의무비율을 준수하기 위한 것으로 나타난다. 장외용수로 활용 중인 재이용수는 모두 하천용수로 활용되고 있다. 한편 공기업과 민간대행을 비교하면 재이용률은 공기업과 민간대행이 각각 28%와 25%로 공기업이 더 높지만, 장외용수의 비중은 각각 22%와 37%로 민간대행이 더 높다. 공업용수의 비중은 공기업과 민간대행이 유사한 수준으로 분석된다.

<표 IV-36> 하수처리수 재이용 법적 의무대상 시설의 운영형태별 특성(2021년 기준)

	지자체	공기업	민간대행
시설용량	88,000 (29,866)	44,622 (72,701)	43,979 (72,453)
가동개시연도	1995 (2.08)	2007 (8.36)	2009 (8.12)
하수처리량 (천톤/년)	22,666 (10,347)	10,637 (15,775)	11,898 (20,047)
재이용량 (천톤/년)	3,016 (3,305)	3,621 (10,507)	2,165 (3,475)
재이용률	0.10 (0.10)	0.28 (0.29)	0.25 (0.29)
장내용수 (%)	0.77 (0.38)	0.77 (0.32)	0.54 (0.43)
장외용수 (%)	0.22 (0.38)	0.22 (0.32)	0.37 (0.41)
하천용수 (%)	0.22 (0.38)	0.15 (0.28)	0.25 (0.38)
공업용수 (%)	0 (0)	0.06 (0.19)	0.05 (0.21)
시설 수	3	22	72

주: 괄호 안은 표준편차를 나타냄

<표 IV-36>의 하수처리수재이용 법적 의무대상인 하수처리시설의 재이용률은 전반적으로 [그림 IV-33]에서 살펴본 전국 평균 재이용률인 15% 수준보다는 높게 나타난다. 그러

나 일부 하수처리시설의 경우 법적 의무대상임에도 불구하고 재이용 의무비율을 준수하지 못하고 있다. <표 IV-37>은 하수처리수재이용 법적 의무대상인 하수처리시설임에도 불구하고 2021년 기준 재이용률에 미달한 18개 하수처리시설의 목록을 보여준다. 현재 하수처리수재이용 법적 의무대상인 하수처리시설의 재이용률이 미달하더라도 이를 강제할 수 있는 규정은 없다. 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행령」에서 위반 행위에 대한 과태료 부과 기준을 제시하고 있는데, 하수처리수 재이용사업의 경우 설치 기준을 위반하거나 수질 검사 및 관리를 위반한 경우에 대해서만 과태료를 부과하고 있다.

<표 IV-37> 하수처리수 재이용 의무율 달성 미만 하수처리시설의 목록(2021년 기준)

시도	행정구역명	시설명	시설용량 (m <sup>3</sup> /일)	가동률	재이용 총계 (m <sup>3</sup> /년)	장내 용수 비중	장외 용수 비중	재이용 의무량 달성률 (%)	운영방식
강원도	원주시	문막	7,000	0.74	84	1.00	0.00	45	민간대행
		흥업	6,500	1.03	112	1.00	0.00	54	민간대행
경기도	안양시	안양	250,000	0.74	0	0.00	0.00	66	민간대행
	양주시	옥정	22,000	0.97	0	0.00	0.00	0	민간대행
	용인시	용인레스피아	56,000	0.94	1,348	0.82	0.18	99	민간대행
	이천시	마장	9,000	0.79	203	1.00	0.00	85	민간대행
	화성시	남양2 증설	10,100	0.73	200	1.00	0.00	83	민간대행
		동탄2	122,000	0.59	1,669	0.86	0.14	68	민간대행
		봉담 증설 2020	9,600	0.36	64	1.00	0.00	59	민간대행
		봉담2 증설1	5,400	1.04	91	1.00	0.00	53	민간대행
	향남2	17,000	0.74	134	1.00	0.00	37	민간대행	
경상남도	창원시	웅동	20,000	0.30	71	0.95	0.05	32	민간대행
경상북도	구미시	구미확장단지	14,300	0.37	114	0.58	0.42	89	공기업
	청송군	진보	5,000	1.07	85	1.00	0.00	55	공기업
세종특별자치시	세종특별자치시	수질복원센터(B)	30,000	0.57	261	0.98	0.02	42	민간대행
전라남도	순천시	순천	130,000	0.90	2,088	1.00	0.00	50	민간대행
전라북도	전주시	전북혁신도시 수질복원센터	16,500	0.85	473	0.77	0.23	95	민간대행
충청남도	당진시	고대부곡	22,800	0.57	71	0.87	0.13	66	민간대행

자료: 환경부 제공자료

〈표 IV-38〉 하수처리수 재이용 법적 의무대상 시설에 대한 과태료 부과 기준

위반행위	근거 법조문	과태료(만원)		
		1차	2차	3차 이상
하. 공공하수도관리청, 하·폐수처리수 재이용사업자 또는 온배수 재이용사업자가 법 제13조에 따른 설치기준 등을 위반하여 하·폐수처리수 재이용시설 또는 온배수 재이용시설을 설치한 경우	법 제28조 제1항제3호	500	700	1,000
거. 공공하수도관리청, 하·폐수처리수 재이용사업자 또는 온배수 재이용사업자가 법 제14조제1항에 따른 수질검사 결과를 보고하지 않은 경우	법 제28조 제3항제8호	150	200	300
너. 법 제14조제2항에 따른 하·폐수처리수 재처리수 및 온배수 재처리수의 용도별 수질기준 및 수질관리 등에 관한 사항을 위반한 경우	법 제28조 제2항제3호	250	350	500

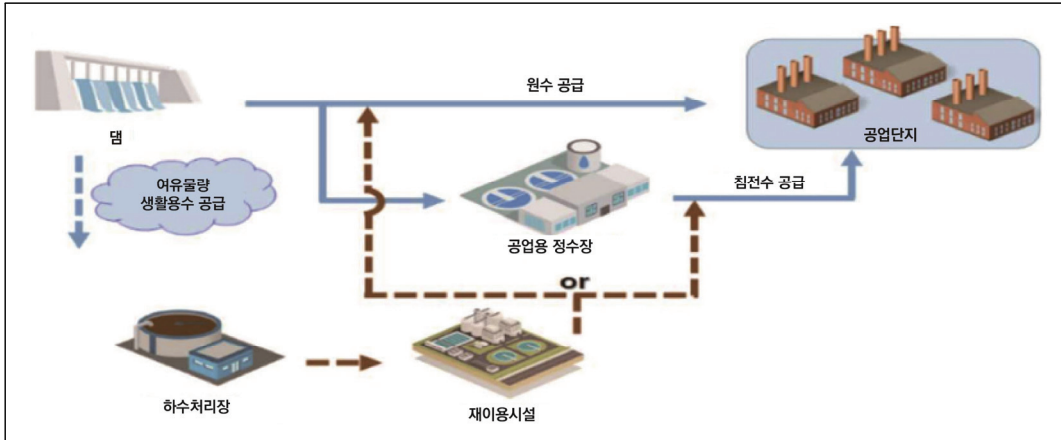
자료: 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행령

종합하면 현재 하수처리수 재이용사업은 대부분의 법적 의무대상 하수처리시설에서 마땅한 수요처 확보 없이 재이용 의무비율을 준수하기 위해 세척용수 등의 장내용수로 활용하고 있으며, 재이용 의무비율을 준수하지 못하더라도 이를 강제할 규정은 없는 상황이다. 이에 따라 하수처리수 재이용사업은 현실성 있게 사업의 내용을 조정할 필요가 있는 것으로 판단된다. 지자체에서 불가피하게 하수처리수 재이용 의무량 달성이 어려울 경우에는 무조건적인 의무규정 준수를 위한 사업계획 수립보다는 지역 여건을 고려하여 신규 수요 발굴 등에 대한 보완계획을 물 재이용 관리계획에 포함하고, 보완계획 추진내용과 결과를 매년 지정일까지 승인권자에게 제출하는 방안도 고려해 볼 수 있다. 적극적으로 수요처를 발굴하되 수요처에 대한 확보 없이 신규사업을 추진하는 것은 재이용률 감소의 원인이 될 것이므로 신중할 필요가 있다.

또한 환경부는 2018년 수도정비기본계획 수립지침 개정에 따라 물 부족 지역에 대한 공급계획 수립 시 신규 상수도 확충에 우선하여 하폐수 처리수 이용방안에 대한 검토를 의무화하였다. 그렇지만 이에 더하여 기존 공업용수 공급체계에 하수처리수 재이용수를 연계 공급하는 방안도 활용할 수 있다. 기존 공업용수도시설에 하수처리수 재이용시설을 연계함으로써 신규 관로 등에 대한 투자비용을 절감하고, 공업용수 수요의 일부를 재이용수로 활용하는 방안이다. [그림 IV-34]를 기준으로 하면 원수 공급 및 침전수 공급을 위해 기설치한 관로(파란색)에 연결하여 신규 관로 매설비용의 일부나 기존 공업용수 공급 수원을 보존하는 효과를 기대할 수 있다.<sup>49)</sup>

49) 최근 환경부는 이와 같은 방법으로 반도체 산업단지에 재이용수를 활용한 공업용수를 공급할 계획을 발표한 바 있다(<https://www.etnews.com/20221130000125>).

[그림 IV-34] 하수처리수 재이용시설과 공업용수도 연계 예시

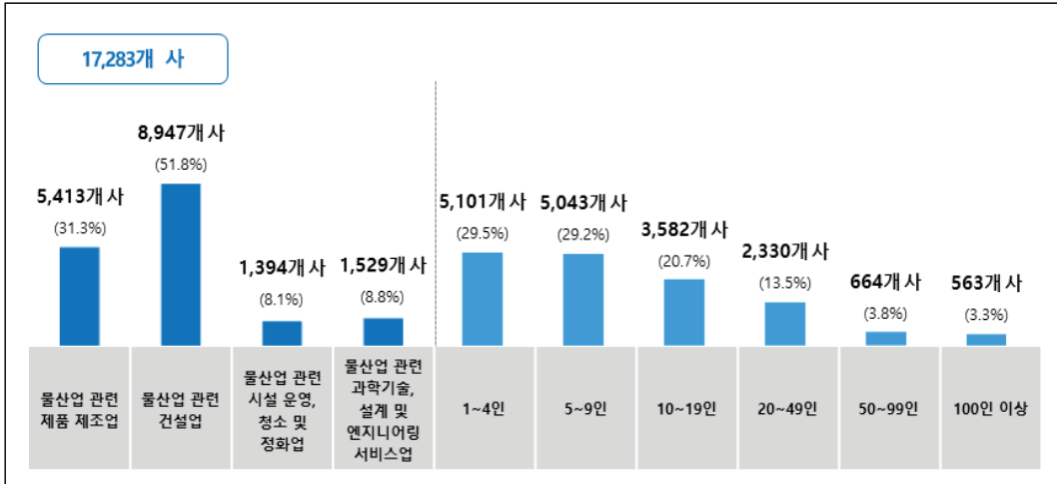


자료: 환경부(2021), 『제2차 물 재이용 기본계획』

#### 다. 스마트하수도 관리체계 구축운영사업

스마트하수도 관리체계 구축운영사업은 2021년부터 시작되어 이제 각 내역사업별로 시범사업을 진행하는 수준이다. 하수도 관리의 스마트화가 필요한 이유를 몇 가지 짚어보면, 우선 산업의 인력충원이 원활하지 않다는 점을 들 수 있다. 물산업 분야 사업체는 2021년 기준 종사자가 10인 미만인 경우가 58.7%, 20인 미만이 79.4%를 차지하는 등 과거보다 사업체별 종사자 수가 증가하였음에도 불구하고 여전히 대부분 영세 소규모 업체이다. 기술력이 필요한 상·하수도 시설 운영업 등에서는 기술직 인력이 부족하며, 이 분야 전체의 수출실적은 2021년 기준 1.5%이며, 하수도 관리와 관련된 물산업 관련 시설 운영, 청소 및 정화업은 0.1%에 불과한 상태이다(환경부, 2022). 민간위탁의 경우 단순관리 중심의 업무가 중심이 되고 있으며, 운영비와 인센티브 기준이 미흡하여 급여도 낮은 수준이다(조영무·홍이슬, 2017). 이미 인력수급이 원활하지 않지만 업종의 특성과 시장 여건을 감안할 때 갈수록 인력수급 여건은 악화될 가능성이 높아 보이며, 결국 자동화를 통해 최소 인원으로 기존과 유사하거나 그 이상의 관리품질을 창출해야 하는 상황에 직면할 것이다. 이러한 점에서 스마트하수도 관리체계는 선택사항이 아닌 필수사항이 될 것이며, 지금부터 이러한 관리구조로의 전환이 원활하게 이루어질 수 있도록 정책적 배려가 필요하다.

[그림 IV-35] 물산업 분야 업종별, 종사자 규모별 사업체 분포



자료: 환경부(2022), p. 39 [그림 4-1]

다음으로, 선진 하수도 관리기술 수준에 가까워지기 위해서 적극적인 기술투자가 필요하다. 상·하수도 분야의 평균 기술수준은 세계 최고기술 보유국으로 평가받는 미국 대비 74.4%, 기술격차는 6.1년로 나타났으며, 특히 스마트 기술과 관련된 ‘지능형 관리’ 분야는 미국 대비 71.9% 수준이며 기술격차는 6.8년으로 조사된 바 있다(정성우 외, 2021). 하수도 관리기술을 계속하여 제고하는 노력이 필요한 것은 상술한 바와 같은 산업에서의 인적 자원 약화에 대한 대응도 있지만 더 양질의 수자원을 더 비용효율적으로 양산하기 위함도 있다. 기술의 발전으로 동일한 인력으로 하수정화 품질을 높이거나 혹은 동일한 품질의 하수처리수를 방출하는 데에 소요되는 비용을 줄일 수 있다. 나아가 우리나라도 물산업에서 국제 경쟁력을 갖추어 세계시장으로의 진출이 확대된다면 산업에 인적자본도 개선될 수 있어 선순환 구조로의 전환을 기대해 볼 수 있다.

〈표 IV-39〉 지능형 관리 분야의 국내 기술 수준

(단위: %, 년)

구분	기술명	세계최고 기술 보유국명	최고기술 보유국 대비 국내 기술 수준				기술 실현 시기
			2016년		2026년		
			기술수준	기술격차	기술수준	기술격차	
측정 및 모니터링	상수관망 모니터링	미국	71.7	6.4	90.6	2.4	2029
	하수관망 모니터링	미국	74.4	7.1	91.2	2.6	2028
	상수도 수질·수량 계측 시스템	미국	72.4	6.2	88.8	2.6	2030
	하수도 수질·수량 계측 시스템	미국	74.7	6.9	90.9	2.8	2029
	평균	-	73.3	6.6	90.4	2.6	2029
최적 공정 제어	하수처리 플랜트 시뮬레이터	미국	73.1	6.6	88.6	3.4	2030
	하수 공정 자동제어 시스템	미국	76.5	5.7	90.7	4.2	2029
	정수장 공정 자율제어 시스템	미국	76.2	6.0	90.8	2.8	2028
	평균	-	75.3	6.1	90.0	3.5	2029
통합 운영·유지 관리	상수도 자산 및 에너지 관리 시스템	미국	70.1	7.3	88.7	3.5	2030
	하수도 운영관리 플랫폼	미국	73.5	6.5	89.8	3.0	2030
	4세대 인공지능 기반 상·하수도 운영관리 시스템	미국	66.4	8.2	87.0	3.8	2031
	평균	-	70.0	7.3	88.5	3.4	2030
정보 서비스	상수도 웰니스 구현기술	미국	66.3	7.7	86.9	3.5	2030
	상·하수도 빅데이터 관리/해석 플랫폼 및 표준화 기술	미국	67.4	7.1	88.1	3.2	2030
	평균	-	66.9	7.4	87.5	3.3	2030
전체 평균		-	71.9	6.8	89.3	3.2	2029

자료: 정성우 외(2021), p. 254, 〈표 IV-22〉

다만, 스마트 하수처리장과 스마트 하수관로에 대한 시범사업은 2021년부터 시작되어 2023년까지 3년째 진행해 오고 있다. 당초 2024년까지 모든 사업을 완료하는 것으로 계획하고 예산을 편성·교부하였으나, 지자체의 행정절차 기일 소요, 기본 및 실시 설계 지연

등으로 2025년 완료될 예정이다. 이로 인해 현재까지 사업 추진단계별 성과 등이 부족한 상황이며, 이에 환경부 및 지자체, 한국환경공단 등으로 구성된 스마트 하수도 협의체를 운영하여 사업 추진 및 예산 집행 현황, 사업 추진 시 애로사항 등을 모니터링하고 있다.<sup>50)</sup> 이러한 모니터링 체계를 갖추고 진행과 자료를 관리하는 것은 적절하다고 판단된다. 연차별 진행사항이 원활하게 이루어지면 그것대로, 장애요소나 예상 밖의 상황이 발생하면 그것대로 해당 내용과 그 문제를 해결해 나가는 과정이 기록되고 관리되어야 한다. 그래야 이를 바탕으로 시범사업 이후 본사업을 진행할 때도 시행착오를 최소화할 수 있을 것이다.

## 라. 하수관로정비BTL

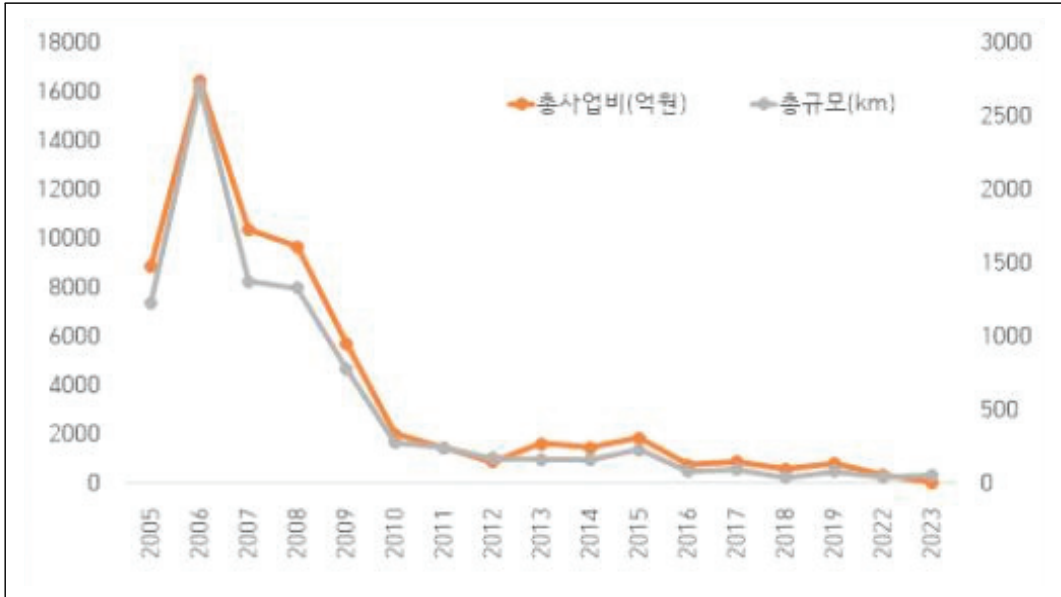
민간투자사업은 정부의 재정으로 건설 및 운영되어 온 사회기반시설(도로, 철도, 환경시설 등)을 민간의 투자를 촉진하여 효율적으로 진행하는 데 목적이 있다. 더불어 BTL 방식은 투자 기간 동안 민간 투자자에게 임대료 등의 수익을 제공하므로 정부는 초기에 큰 자금을 투자하지 않고도 시설을 이용할 수 있는 재무 유연성을 확보할 수 있다. 우리나라는 1994년 8월 「사회간접자본시설에 대한 민자유치촉진법」 제정을 계기로 사회기반시설의 건설·운영에 민간투자방식이 도입되었다.<sup>51)</sup> 2005년에는 법 개정을 통해 기존의 수익형 민간투자사업(BTO) 방식뿐만 아니라 임대형 민간투자사업(BTL) 방식도 도입하게 되었다. BTL의 대표적인 분야로는 교육시설, 군관사 및 병영시설, 문화시설과 하수관로시설이 있다.

하수관로정비BTL은 2005년을 시작으로 2009년까지 5개년간 86개 사업에 총사업비 5조 1,004억원, 총설치길이는 7,408km로 급격히 진행되었으나 이후 2023년까지 22개 사업만 진행되었다. 현재로는 일부 지자체에서 1년에 1건 내외로 진행되고 있는 실정이다.

50) 스마트 하수처리장, 스마트 하수관로, 하수도자산관리 사업 각각에 대해 적게는 연 2회, 많게는 연 7회에 걸쳐 협의체를 운영하는 것으로 확인되었다.

51) KDI 공공투자관리센터(<https://pimac.kdi.re.kr/about/private.jsp>)의 내용을 인용하였다.

[그림 IV-36] 하수관로정비BTL 추이



자료: 환경부 내부자료

대부분의 하수관로 BTL은 오수와 빗물을 별개의 관거로 수송하는 분류식 하수도로 설치되었다. 따라서 하수관로가 설치되면 다른 요인에 변동이 없다면 유입하수량은 줄어들게 되어 하수처리시설의 효율이 향상되는 효과를 가져오게 된다. 따라서 하수관로 설치에 따른 효과를 살펴보기 위해서는 유입하수량의 변화와 이에 따른 처리효율의 상승을 살펴보아야 한다. 또한 하수처리장 처리효율의 상승은 주변 하천의 수질 개선에 기여하게 된다.

하수관로 BTL의 효과분석과 관련하여 송호면 외(2010)는 사례분석 방법을 통해 BTL로 인한 하수처리장 유입개선효과, 직접 및 간접 비용 편익효과 및 친환경적 효과를 분석하였다.<sup>52)</sup> 진천군, 청주시, 강진군의 공사 전과 공사 후의 유입 유량과 수질을 분석한 결과 청주시와 강진군은 유입유량이 20~30% 감소하였으나 유입수질(BOD)은 청주시는 소폭 상승, 강진군은 대폭 상승하는 것으로 나타났다.<sup>53)</sup> 해당 결과를 그대로 해석한다면 하수관로 사업 후 오히려 수질이 악화되는 효과가 나타났다고 할 수 있다. 하지만 배수설비의 정비

52) 진천군, 청주시, 강진군의 하수관로정비 BTL을 대상으로 하였다.

53) 환경부(2007)에 따르면 분류식 하수관로 체계로 전환하면 유입수질은 분류처리시설이 별도 설치 여부와 기준의 정화조가 완전히 폐쇄되어 있는지 등 상황에 따라 유입수질이 매우 다양하게 변화할 수 있다. 분류식 하수관로 체계에서는 분뇨가 직접 하수도에 투입되므로 하수처리장의 유입 BOD가 증가하고, 유입BOD 부하량도 증가하게 되어 전환 과정에서 더욱 복잡한 상황이 발생할 수 있다.

및 미차집 오수의 유입으로 인하여 유입유량이 증가하거나 유입수질이 오히려 악화되는 경우가 발생할 수 있다. 또한 강우량이 과다한 경우 유입수량은 증가하나 유입수질은 악화하게 되는 경우도 있다.

이와 유사한 방법으로 2016년에서 2018년 사이에 준공된 하수관로 BTL과 연계된 하수처리장의 유입하수량과 유입수 및 방류수의 BOD를 비교하여 <표 IV-40>에 정리하였다. <표 IV-40>에서도 송호면 외(2010)와 유사하게 일부 하수처리장의 유입하수량은 늘어났으며 유입BOD 역시 높아진 것으로 나타났다.

<표 IV-40> 하수관로BTL 이전 이후 비교

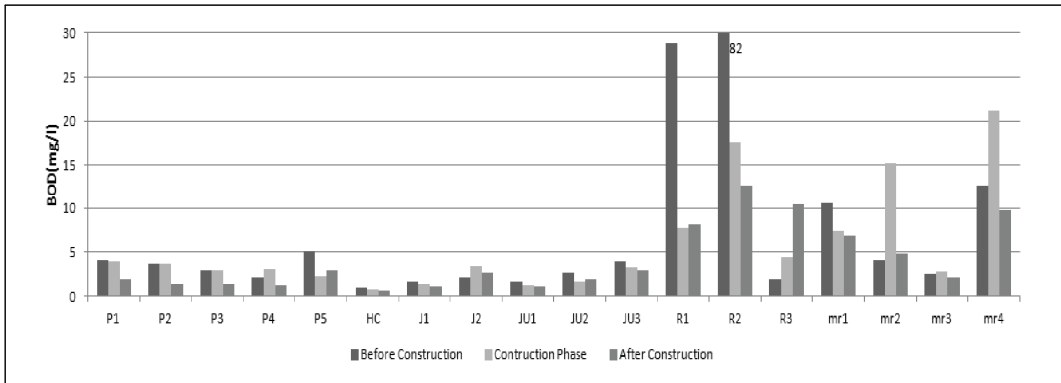
(단위: m<sup>3</sup>/일, mg/L, %)

준공 연도	사업명	설치길이 (km)	준공 이전연도				준공 이후연도			
			유입 하수량	유입 BOD	방류 BOD	처리 효율	유입 하수량	유입 BOD	방류 BOD	처리 효율
2016	10포항시	48	213,266	114.5	6.6	94.2	214,330	98.6	5.4	94.5
2016	11파주시	127	6,057	234.1	0.5	99.8	5,991	267.4	0.5	99.8
2016	12예산군	48	21,687	102.9	1.2	98.8	22,224	85.6	1.4	98.4
2018	13부산	76	324,464	120.4	4.1	96.6	289,738	111.7	2.1	98.1
2018	13포항시	53	193,094	98.6	5.4	94.5	204,877	154.9	6.4	95.9
2017	13함양군	32	7,742	131.7	1.1	99.2	6,579	143	1.0	99.3
2018	14부산	95	329,950	138.9	4.1	97.0	317,115	147.8	5.9	96.0
2018	14순천시	62	104,879	249.0	5.0	98.0	115,898	153.2	5.6	96.3

자료: 환경부 내부자료, 「하수도통계」를 바탕으로 저자 작성

하수관로 사업의 효과로 하수처리장의 처리효율이 높아지면 주변 하천의 수질 개선 효과가 나타날 수 있다. 안대훈·김종오(2013)는 총 6개 사업 18개 지점에 대해 하천 수질의 개선효과를 분석하였다. 사업 전 18개 지점의 평균 BOD는 9.7mg/L, 공사 후는 4.1mg/L로 평균 135%의 하천수질 개선효과가 있는 것으로 분석되었다.

[그림 IV-37] 하수관로BTL 전후의 하천수질 변화



자료: 안대훈·김종오(2013)

2005년부터 시작된 하수관리BTL은 민간 섹터의 효율적인 관리 및 운영 능력을 활용하여 사업의 효과성은 물론 정부 재정의 효율적 지출을 목적으로 함에도 불구하고 일부 문제가 제기되었다. 특히 감사원은 「하수관로정비 임대형 민자사업 추진실태(2016. 10. 31.~2016. 11. 25.)」에서 국고보조금 교부 및 관리가 부적정하게 집행되었음을 지적하였다. 또한 하수관로 BTL에 대한 성과평가가 미흡하다는 평가 역시 존재한다.<sup>54)</sup> 다만 이러한 평가는 일부 BTL에서 나타나는 문제로 사업의 구조적인 원인에 의한 것으로 보기는 어렵다. <표 IV-41>은 BTL이 시작된 2005년부터 2015년까지 준공된 하수관로 사업 중 BTL과 재정사업으로 추진되고 총사업비와 설치된 하수관로의 길이에 대한 통계가 있는 사업들의 현황 평균치를 비교한 자료이다. 이를 보면, 단위당 총사업비에 일정한 추세나 차이를 보이는 것을 확인할 수 없다. 예를 들어, 단위당 사업비 단가는 특·광역시외의 경우 재정사업에서 BTL에 비해 더 높은 반면, 일반 시·군의 경우 BTL에서 더 높게 나온 것으로 확인된다. 이는 각 사업별 형태나 지역 등에 따라 큰 차이가 나서 일관된 형태가 있다고 판단하기는 어렵다. 다만 앞서 살펴본 바와 같이 BTL은 2005년에서 2010년에 집중된 반면, 그 이후에는 재정사업 위주로 진행되었다. 이를 조금 더 엄밀하게 살펴보기 위해 회귀분석을 통해 BTL과 재정사업 간의 사업비 단가가 차이가 있는지 확인하였다. 분석대상은 2005년부터 2015년까지 준공된 하수관로 사업 중 자료의 확보가 가능한 총 554개 사업이며, 회귀방정식과 그 계수의 추정결과는 다음의 식과 같다.

54) 환경부 보도자료(2013. 11. 21.)

$$y_{it} = 8.643 + 0.603 \times D_{BTL} + 7.700 \times D_{metro} + 5.937 \times D_{center} + D_{year} + \varepsilon_{it}$$

(1.453)    (1.369)                    (1.453)\*\*\*                    (2.877)\*\*

위 식에서 종속변수( $y_{it}$ )는 단위 사업비(억원/km), DBTL은 BTL 사업에 대한 더미변수,  $D_{metro}$ 는 특·광역시에 대한 더미변수,  $D_{center}$ 는 도청 소재지에 대한 더미변수,  $D_{year}$ 는 연도별 더미변수를 각각 의미한다. 특·광역시 및 도청 소재지에 대한 더미변수는 특·광역시 및 도청 소재지의 도시 특성은 물론 보조율에 따른 차이를 통제하기 위한 변수이며 연도별 더미는 시간에 따른 사업 환경의 변화를 통제하기 위한 변수이다. 회귀분석 결과, 특·광역시 및 도청 소재지의 단위 사업비가 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 특·광역시 및 도청 소재지의 경우 일반 시·군에 비해 도시의 복잡성 등으로 인하여 관로 공사에 필요한 사업비가 더 소요된다는 점을 고려할 때 일반적인 상식에 부합하는 결과라 할 수 있다. 반면, BTL과 재정사업이라는 사업 형태에 따른 단위 사업비의 차이는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 즉, 하수관로의 사업 형태에 따라 사업비에서 차이가 발생한다고 말할 수 없다. 이러한 분석결과를 근거로 할 때, 사업비 기준에서는 BTL 방식과 재정사업 방식 중 어느 방법이 더 우월하거나 열위하다고 단정할 수 없다.

〈표 IV-41〉 하수로 사업형태별 현황(준공연도기준: 2005~2015년)

사업구분	지역구분	총사업비(억원)	관로(km)	사업수	단가(억원/km)
재정사업	특·광역시	4,302	538	34	15.1
	도청 소재지	1,209	115	5	11.2
	일반 시·군	20,199	309,061	161	5.8
BTL	특·광역시	7,066	1,044	8	6.9
	도청 소재지	3,256	284	4	12.5
	일반 시·군	42,517	6,419	78	7.1

주: 당시 국고보조율은 지역구분에 따라 특·광역시 30%, 도청 소재지 50%, 일반 시·군 70% 한도. 일부 사업 중 시설의 규모(관로 길이) 등 자료가 없는 사업은 제외

자료: 환경부 내부자료를 바탕으로 저자작성

또한 하수관로 BTL은 추진 전 민자 적격성 여부를 판단하여 실시된다는 점에서 과거 추진된 하수관로 BTL 중 일부 문제가 발생하였다고 하여 BTL 방식이 재정사업과 비교해 전반적인 문제가 있다고 할 수 없으며 개별 사업별로 BTL과 재정사업의 적격성을 평가하여

야 한다.55) 지자체의 재정자립도 측면에서도 살펴보면, BTL 도입 지역과 BTL 도입 이외 지역의 재정자립도는 각각 26.6%, 29.8%로 BTL 도입 지역이 다소 낮으나, 유의미한 차이는 없는 것으로 나타났다. 앞서 살펴보았듯이 사업의 효과성 측면에서도 BTL과 재정사업으로 추진된 경우의 차이가 발생하였다고 할 수 없다. 수질개선, 공사단가, 재정자립도 등 분석에서 재정사업과 BTL 사업 간 비교우위가 존재한다고 볼 수 없으므로 사업의 경제성 측면이나 효과성 측면 모두를 고려해 개별적으로 더 나은 방법을 지자체가 결정하여야 한다.

#### 마. 침수예방 관련 사업(도시침수 대응, 대심도 하수저류시설 설치, 우수저류시설 설치)

하수도 관리 사업군의 세부 사업 중 침수 예방, 특히 도시 침수 예방 사업과 관련된 세부 사업으로는 행정안전부의 우수저류시설 설치 사업과 환경부의 도시침수대응사업,56) 환경부의 대심도 하수저류시설 등이 있다. 사업의 최종 목적이 도시침수대응이라는 측면에서는 동일하지만 시설의 특징, 설치지역, 법률적 및 기술적 정의에서는 다소 차이가 있다. 더불어 일부는 행정안전부가, 다른 시설은 환경부가 지원하는 사업이라는 차이점도 존재한다.

행정안전부의 우수저류시설과 환경부의 하수저류시설(침수예방목적)은 도시 침수예방을 목적으로 한다는 점과 더불어 기능이나 시설의 특징 면에서 유사한 점이 존재한다. <표 IV-4 2>는 우수저류시설과 하수저류시설의 특성을 비교하고 있다.57)

55) 최근에는 일부 지자체에서만 하수관로BTL를 추진하고 있다. 2021년 이후 아산시, 대구광역시, 여주시, 의정부시 및 포천시 등의 BTL에 대한 민자 적격성이 있는 것으로 분석되어 추진 중이다.

56) 도시 침수 대응 사업은 하수 범람으로 침수 피해가 발생하거나 발생할 우려가 있는 지역을 하수도 정비 중점 관리 지역으로 지정하여 하수관 정비, 저류시설 설치 등 하수도시설을 설치하여 상습 침수지역 해소 및 공공수역 수질 개선 등 복합적인 목적과 시설을 설치하는 사업이다. 본고에서는 하수저류시설과 하수도정비중점관리지역을 분리하여 분석하였다.

57) 우수저류시설과 하수저류시설에 대한 자세한 비교는 <부록 I>에서 다루고 있다.

〈표 IV-42〉 우수 및 하수 저류시설 특성 비교

구분	우수저류시설	하수저류시설
설치위치	침투홍수량 일시 저류를 통한 침수 예방을 목적으로 주로 중·상류에 설치	오염물질 침전·배출을 통한 수질오염 방지를 목적으로 주로 하류에 설치
설계기준	침투강우 저류를 위해 50년 강우빈도 적용	초기강우 저류를 위해 10~30년 강우빈도 적용 (간선 30년, 지선 10년)
운영 효과 그래프		

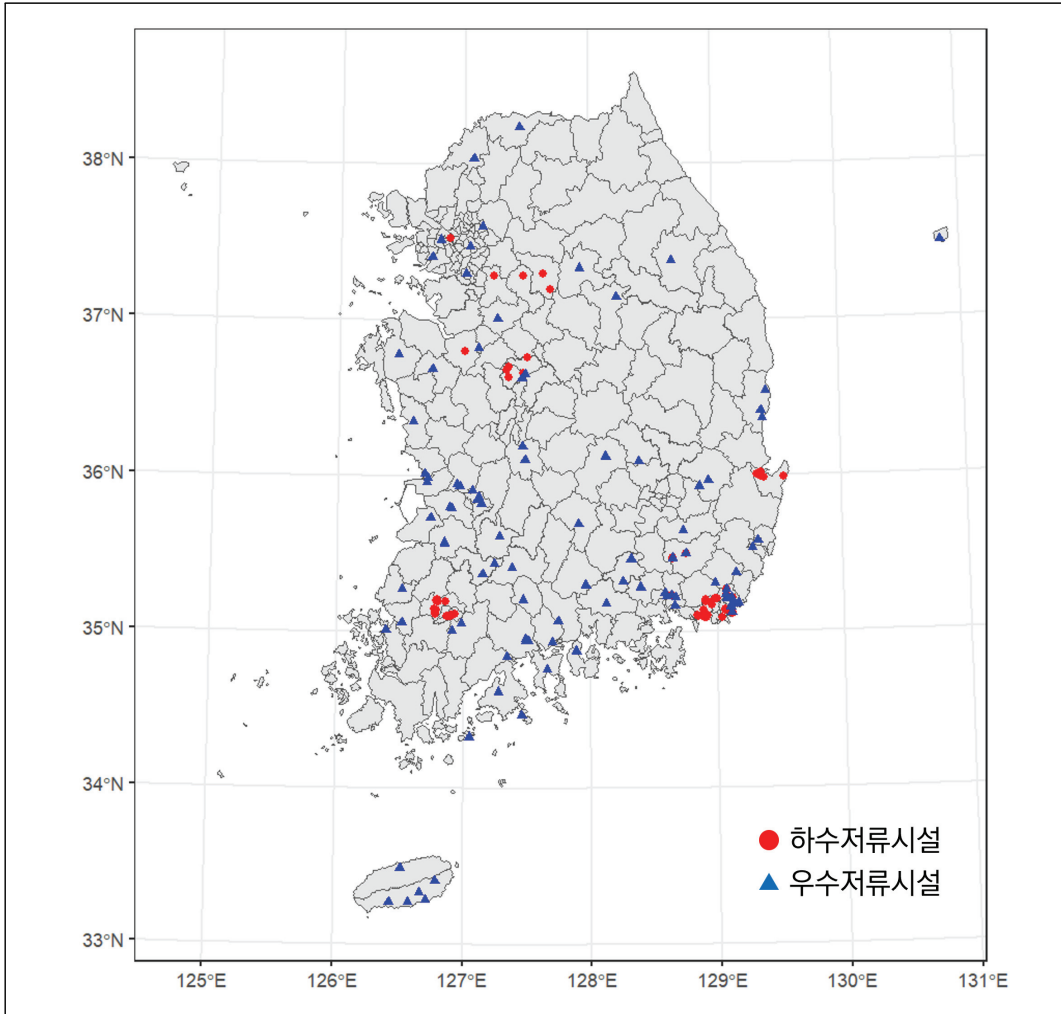
자료: 행정안전부 내부자료

법적 정의상 우수저류시설은 우수의 직접적인 유출을 억제함으로써 재해를 예방하기 위하여 우수를 가두거나 흐르도록 하는 시설을 말한다(「자연재해대책법」 제2조 제6호 및 제19조). 그에 반해 하수저류시설은 하수관로에 유입된 하수에 포함된 오염물질이 하천 및 바다 등으로 방류되는 것을 줄이고 하수가 원활하게 유출될 수 있도록 하수를 일시적으로 저장하는 시설을 말한다(「하수도법」 제2조 10호). 다만 사업이 진행됨에 따라 그 형태적 차이로 인한 구분이 쉽지 않고 각 부처별 업무의 중복성은 물론 국가 차원에서의 효율적 예산 및 자원 활용의 측면에서는 문제가 발생할 여지가 있다. 특히 「2011. 9. 1. 정부입법정책실무협의회 회의결과 보고」에 따르면 이미 환경부의 「하수도법」 제2조 및 제5조 개정<sup>58)</sup>과 관련하여 국토해양부, 소방방재청 등 빗물저류사업과 하수저류시설 신설의 업무 중복 문제 발생에 대해 검토하였으며, 관계부처(당시 국토해양부, 소방방재청, 환경부) 협의를 통해 하수저류시설의 정의를 명확히 한 바 있다.<sup>59)</sup>

58) 법률 제11084호, 2011. 11. 14. 일부개정: 하수저류시설 설치·확대를 통하여 비점오염물질 등 하수 내 오염물질이 직접 방류되는 것을 줄이고 하수가 원활하게 유출될 수 있도록 함으로써 하천수질 개선 및 도시침수를 예방.

59) 해당 법률에서는 하수를 하수관로로 유입된 빗물·지하수로 규정하였으며, 하수저류시설은 하수가 원활하게 유출될 수 있도록 하수를 일시적으로 저장하거나 오염물질을 제거 또는 감소하게 하는 시설로 제한하였다.

[그림 IV-38] 우수 및 하수 저류시설 설치 현황



자료: 저자 작성

[그림 IV-38]은 우수 및 하수 저류시설의 위치를 표시하고 있다. 두 시설이 설치된 지역을 검토한 결과 시설의 중복 설치 문제는 발생하지 않은 것으로 나타났다. 하지만 위의 그림에서는 표시되지 않았지만 건설 중인 시설이 상당수 있다. 예를 들어 하수도 중점관리지역 사업의 일환으로 추진되는 하수저류시설 중 현재 공사 중이거나 최근 완료된 곳이 16개소이다. 행안부의 우수저류시설은 2025년 이후 총 86개소를 추가 설치할 필요가 있는 것으로 조사되었다.<sup>60)</sup> 향후 기후변화의 심화로 인한 강수량 변동성이 커짐에 따라 우수 혹

60) 행정안전부 우수저류시설 설치사업 관련 답변자료(2024. 2. 27.)

은 하수 저류시설 등 침수 예방을 위한 시설의 필요성이 더욱 증대될 것으로 예상된다. 따라서 시설을 설치할 때 각기 다른 부처에서 관할하게 된다면 중복 문제가 나타날 수 있다. 더욱이 단순한 중복의 문제보다 중요한 점은 각 시설의 역할과 필요성에 따라 효율적으로 설치하는 것이며 여기에는 장기적인 종합계획에 따른 로드맵이 필요할 것으로 판단된다.

〈표 IV-43〉 하수 저류시설 설치현황: 하수도정비 중점관리지역 사업

중점관리지역 지정연도	사업지역 (분구)	하수저류시설 현황		비고
		개소	용량(㎥)	
2013	부천시 굴포	1	15,000	완료
2014	부안군 줄포	1	1,600	완료
2020	진천군 진천	1	8,000	설치예정 (공사 또는 설계 중)
	부산시 거제천	6	11,970/13,764/4,284/38,480/5,755/1,805	
	통영시 중앙	3	35,000/10,000/3,500	
2022	서울시 반포1	1	491,000	
	서울시 효자	1	119,700	
	고성군 복천	1	12,000	
2023	부천시	1	39,500	

자료: 환경부 내부자료

두 시설은 유사한 목적을 가지는 사업으로 지방자치단체가 예산을 신청하여 보조금을 정부에 요구하게 된다. 하지만 행정안전부의 우수저류시설은 국고보조율이 50%인 반면 환경부의 하수저류시설 설치 사업의 국고보조율은 30~60%(광역시 30%, 도청 소재지 및 일반시·군 60%)<sup>61)</sup>로 정해진다. 침수를 예방하기 위해서는 각 시설별 특징과 지리적 특성을 고려하여 설치하여야 한다. 특히 하수저류시설은 하수관로 정비, 하수터널 및 빗물펌프장 등과 연계하여 최적으로 설치될 필요가 있다. 하지만 침수 피해가 발생하는 지자체, 특히 재정자립도가 낮은 지방자치단체의 입장에서는 이러한 최적의 시설을 설치하는 것보다 높은 국고보조율을 받을 수 있는 시설을 선택할 유인이 존재하게 된다. 따라서 소관부처별로 국고보조율을 통일하는 것도 적극적으로 고려해 볼 사안이다.

61) 교체 및 개보수의 경우 20~60%를 정부가 보조한다.

〈표 IV-44〉 도시침수대응 및 우수저류시설 사업 비교

구 분	도시침수대응(환경부)	우수저류시설(행안부)
2024년 예산	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시침수 3,275억원(계속 68개, 신규 28개),</li> <li>대심도 하수저류시설 137억원(계속 27개)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>715억원</li> </ul>
지원방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>지자체 보조</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>지자체 보조</li> </ul>
보조율	<ul style="list-style-type: none"> <li>(도시침수대응) 보조율 30, 60%,</li> <li>(대심도 하수저류시설) 보조율 25%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>보조율 50%</li> </ul>
지원내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>(도시침수대응) 하수도정비 중점관리지역 내 하수 관로, 저류시설 등 인프라 확충 지원</li> <li>(대심도 하수저류시설) 하수범람피해 우려지역 대 심도 시설 설치 지원(강서 신월동, 광화문, 강남역)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시 저지대 침수 피해 예방용 우수저류시설 설치 지원</li> <li>- ~2022년: 120개소(누적 1조 5,919억원), 2023년: +29개(1,570억원)</li> </ul>
차이점	<ul style="list-style-type: none"> <li>초기강우 저류</li> <li>10년(지선), 30년(간선) 강우빈도 적용</li> <li>주로 하류에 설치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>첨두강우 저류</li> <li>Max(50년 강우빈도, 방재목표강우량)</li> <li>주로 중·상류 설치</li> </ul>

자료: 환경부 및 행정안전부 내부자료를 이용해 저자 작성

앞서 각 시설의 효과를 분석한 결과와 유사한 목적성, 향후 업무의 중복성과 각기 다른 정부 보조율 등을 고려할 때 다음과 같은 점을 고려하여 재정사업의 방향성을 검토할 필요가 있다.

첫째, 앞서 분석한 결과 각 시설은 목적에 따라 피해를 줄이는 각각의 효과를 가졌음에도 불구하고 최근 몇 년간 설치된 시설은 평균적으로 침수 예방에 효과가 충분하지 못한 것으로 나타났다. 이러한 결과의 원인에는 여러 가지가 있을 수 있으나 결국 설치 지역의 선정 과정에 문제를 제기할 수 있다. 따라서 각 시설의 설치에 대한 선정 기준을 보다 엄밀히 마련하여 효과성을 높일 수 있는 방안 마련이 필요하다. 예를 들어, 〈표 IV-45〉는 우수유출저감시설 선정의 검토 사항으로 침수피해의 현황과 지역 주민의 수용성 등을 주요 항목으로 지정하고 있다. 다만 침수피해 이력 및 장래 침수 위험성이 실제 시설의 효과성 측면에서는 가장 중요하게 검토되어야 하는 사항임에도 불구하고 총 100점 중 15점의 배점만 할당되었다는 점은 시설의 효과성을 저해할 여지가 있다.

〈표 IV-45〉 우수유출저감시설 신규지구 평가표

검토항목		배점	조사 결과	비 고 (증빙서류)
총점수		100		
I. 침수피해 이력 및 장래 침수 위험성		15		
1	침수피해 현황	5		피해 현황 (복구과)
2	침수피해 정도	5		침수흔적도 (보험과)
3	침수피해 위험성	5		사안별 사유 적시
II. 지역주민 사업추진 의견 수렴		20		
4	지역주민(설치지역 및 침수피해 지역) 동의	10		찬반 목록
5	우수유출저감시설 설치사업 관련 주민설명회 개최	5		결과 보고서 (누계 인원)
6	우수유출저감시설 설치사업 주민 설득 노력도	3		결과 보고서
7	주민 대상 사업 홍보 여부	2		결과 보고서, 홍보 화면 캡처 등
III. 신청기관 사업추진 의지		20		
8	사업추진계획 수립 여부	5		결재 사본
9	사업 시행 부지확보 여부	5		공문 사본, 동의서 전체
10	기본 및 실시 설계용역 우선 추진	5		용역 착공·준공계, 예산서 등
11	도시계획시설 결정	5		도시계획도
IV. 사업계획의 적정성		20		
12	저류시설 설치 가능지역 위치검토의 적정성	5		사업계획서 참고
13	종합적 사업계획 수립 여부	5		상동
14	저류시설 용량 및 설치 공법 등	5		상동
15	저류시설 활용계획의 적정성	3		상동
16	유역면적 및 배수구역 설정의 적정성	2		상동
V. 행정사항 이행 정도		25		
17	자연재해저감 종합계획 내수재해위험지구에 저감대책 포함 여부	5		위험지구 관리대장
18	타당성조사 용역 추진	10		용역 착공·준공계, 예산서 등
19	지방자치단체 우수유출저감대책 수립 여부	10		용역 착공·준공계, 예산서 등

자료: 행정안전부 사업설명자료

둘째, 우수저류시설과 하수저류시설은 세부적인 시설의 기능과 수혜대상 및 내용에 차이가 존재함에도 불구하고 도시 침수 예방이라는 근본적인 목적은 동일하다고 할 수 있다. 더불어 환경부는 유사한 목적의 도심 하수저류시설 사업도 진행하는바 각 시설은 목적과 지역의 여건 등에 맞게 효율적으로 설치될 필요가 있다. 유사한 시설설치 사업에 소관부처별로 서로 다른 국고보조율을 제시하다 보니 국제조세에서 발생하는 조약 쇼핑(treaty shopping)과 유사하게 좀 더 높은 국고보조를 받기 위해 지자체가 전략적으로 사업을 추진할 유인도 존재한다. 또한 현재까지는 두 시설의 중복성 문제가 크게 나타나지는 않지만 기후변화 등으로 그 필요성이 점점 증가하는바 향후 중복성 문제에 대한 우려가 존재한다. 따라서 이를 하나의 부처에서 총괄하거나, 하나의 부처에서 총괄하는 것이 여러 측면에서 어렵다면 각 소관부처별 계획수립 시 부처 간에 상호 계획과 사업 관련 정보를 더욱 긴밀하게 공유하고 반영해야 할 것이다. 국고보조율을 통일하거나 저류시설 설치계획에서 소관부처 상호 보완적으로 설계하는 것을 구체적으로 명시하는 등의 대안을 고려할 필요성이 있다.

셋째, 우수저류시설과 하수저류시설은 미래 기후변화가 심각해짐에 따라 심화될 도시 침수대응에 반드시 필요한 사업임에도 불구하고 그 활용도 측면에서 제고가 필요하다. 특히 개별 시설이 1년 1회 혹은 그 이하로 활용된다는 점과 이를 운영하는 데 소요되는 비용이 큰 점을 고려할 때 향후 각 시설을 설계할 때 활용도 측면에서 제고가 필요하다. 예를 들어 네덜란드 로테르담시는 주차장과 지하 저류시설의 복합기능 시설을 설치하고 쇼핑몰과의 연계성을 개선하는 등 복합적 형태의 공간으로 활용하고 있다. 따라서 경제성 평가 항목에서 관련 시설의 활용도를 편익에 산정하여 사업을 선정할 필요가 있다.

[그림 IV-39] 네덜란드 로테르담시 우수저류시설 및 주차장 활용



자료: Urban Green-Blue Grids for resilient cities(<https://urbangreenbluegrids.com/measures/rainwater-storage-below-buildings-such-as-parking-garages/>), 검색일자: 2024. 1. 31.

대심도 빗물저류시설은 하수저류시설의 일종으로 구분될 수 있지만 주로 토지이용률이 높은 도시지역에는 기존의 침수 대응시설로는 한계가 존재하며 특히 교통 혼잡 및 복잡한 지하의 기타 시설들로 인하여 설치가 쉽지 않은 경우에 설치된다. 앞서 효과분석에서도 언

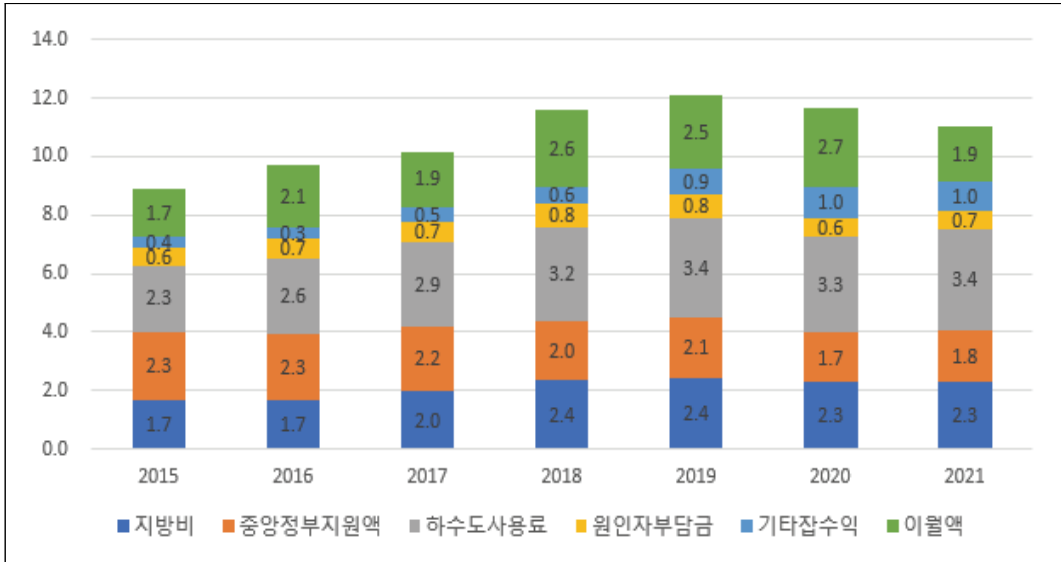
급한 바와 같이 현재 국내에서 준공이 완료되어 가동 중인 시설은 ‘신월 빗물저류배수시설’이 유일하며 광화문, 도림천, 강남역 일대에 사업을 추진하고 있다. 따라서 효과성에서 우수한 것으로 나타났음에도 불구하고 기존 시설 및 신규 시설이 설치되어 일정 기간이 흐른 후 보다 엄밀한 평가가 가능하다. 대심도 빗물저류배수시설은 시설물 분류를 위한 명확한 법적 기준이 마련되어 있지 않다(손민영·정기철, 2023). 명확한 법적 기준이 없는 상태라 문헌이나 심지어 정부의 문서에서도 용어가 통일되어 있지 못한 상태이다. 따라서 대심도 빗물저류배수시설에 대한 명확한 법적 정의와 기준 등에 대한 정립이 필요한 시점이며, 더불어 대심도 빗물저류배수시설은 막대한 예산이 소요된다는 점에서 보다 세밀한 경제성 평가가 요구된다.

#### 바. 기타 정책 이슈(국고보조율 및 요금현실화율 관련)

[그림 IV-40]을 보면 전국 하수도사업의 규모는 2015년 8.9조원에서 2019년 12조원 수준까지 지속적으로 증가하다가 2020년 이후에는 11조원 수준까지 감소하는 추세를 보이고 있다. 하수도 재정에서 중앙정부지원액이 차지하는 비중은 2015년 2.3조원(26%)에서 2021년 1.8조원(16%)까지 감소하고 있으며, 지방비의 비중은 2015년 1.7조원(18%)에서 2021년 2.3조원(20%)까지 증가하였다. 2018년부터는 중앙정부지원액보다 지방비가 차지하는 비중이 더 높다. 하수도사용료, 원인자부담금, 기타잡수익이 차지하는 비중은 2015년 3.2조원(36%)에서 2021년 5.1조원(45%)까지 상승하였다. 원인자부담금의 비중은 거의 변화가 없이 일정하며, 기타잡수익이 2015년 0.4조원(4%)에서 2021년 1조원(9%)으로 증가하였다. 또한 하수도사용료의 비중이 2015년 2.3조원(25%)에서 2021년 3.4조원(31%)으로 상당 부분 증가하였다. 중앙정부지원액이 감소한 부분을 지방비와 하수도사용료가 증가함으로써 메우고 있다고 이해할 수 있다.

[그림 IV-40] 전국 하수도 재정 현황

(단위: 조원)

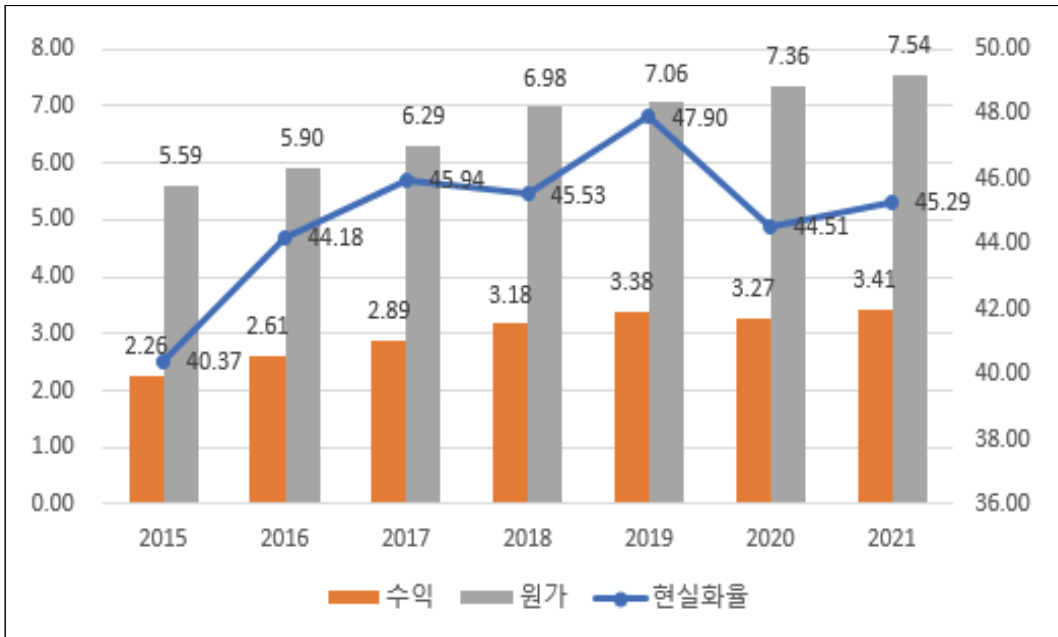


자료: 환경부(2021), 「하수도통계」

하수도 재정에서 하수도사용료가 차지하는 비중이 증가하고 있기는 하지만 하수도요금의 현실화율은 여전히 낮다. [그림 IV-41]을 보면 전국 하수도사용료 수익은 2015년 2.2조원에서 2021년 3.4조원으로 상승하였으나, 같은 기간 총괄원가는 5.5조원에서 7.5조원으로 상승하였다. 이에 따라 하수도사용료 수익을 총괄원가로 나눈 하수도요금의 현실화율은 2015년 40.4%에서 2019년 47.9%까지 상승하였으나, 2020년 44.5%로 감소하였다가 2021년 45.3%로 약간 증가하는 추세를 보이고 있다. [그림 IV-41]에서 현실화율이 가장 높았던 2019년에도 요금수준이 총괄원가의 절반에 미치지 못하고 있는 상황이다.

[그림 IV-41] 전국 하수도사용료 수익, 총괄원가, 현실화율

(단위: 조원, %)



자료: 환경부(2021), 「하수도통계」

〈표 IV-46〉은 연도별 하수도요금 현실화율을 상수도 및 전기요금 현실화율과 비교해서 보여주고 있다. 상수도요금 현실화율은 2015년 77.5%에서 2018년 80.6%까지 상승하였으나 이후 다시 하락하여 2021년에는 72.9%까지 하락하였다. 전기요금 현실화율은 국제유가의 상황에 따라 변동이 크다. 국제유가의 상황에 따라 총괄원가가 변화하기 때문이다. 유가가 낮은 2015~2017년과 2020년에는 한전의 판매수입이 총괄원가보다 커서 전기요금 현실화율이 100%를 상회하였으나, 국제유가가 급등한 2021년에는 86.3%까지 하락하였다. 상수도 및 전기요금 현실화율과 비교하더라도 하수도요금 현실화율은 매우 낮은 상황을 알 수 있다. 낮은 하수도요금의 현실화율은 결국 장기적으로 산업의 경쟁력 약화나 국가의 재정 부담으로 이어지기 때문에, 요금 현실화율이 낮은 원인을 분석하고 개선방안을 마련할 필요가 있다.

〈표 IV-46〉 요금 현실화율 비교

(단위: %)

연도	하수도	상수도	전기
2015	40.4	77.5	106.3
2016	44.2	81.1	106.7
2017	45.9	80.5	101.1
2018	45.5	80.6	94.1
2019	47.9	78.2	93.1
2020	44.5	73.6	101.2
2021	45.3	72.9	86.3

자료: 환경부(2021), 「상수도통계」; 한국전력공사, 「전기요금 원가정보」 각 연도

상·하수도 관리의 재원은 크게 요금, 정부 재정, 국제 지원의 세 가지로 구성된다.<sup>62)</sup> 상·하수도요금의 현실화율이 충분치 못한 것은 고스란히 정부의 재정지원으로 연결된다. 상·하수도 관리의 재원 중 정부 재정의 비중을 국제적으로 비교해보면, 대체로 개발도상국이나 후진국일수록 높게 나타나는 경향이 있다(OECD, 2022). 이는 개발도상국 및 후진국에서는 상대적으로 국민이 수도요금을 충분히 지불하는 데에 부담을 크게 느끼기 때문이다. 우리나라는 2021년 기준으로 정부 재정지원의 비중이 45%(하수도) 수준으로 알려져 있다. 상·하수도 관리재원에서 정부 재정의 비중을 국제적으로 비교할 수 있는 자료로는 비록 과거 자료이기는 하나, OECD(2009)를 들 수 있다. OECD(2009)에 따르면, 프랑스는 5.7%(상·하수도), 오스트리아 16%(하수도), 멕시코 37% 등으로 나타났다. 영국은 전부 민영화하였고 미국과 독일은 지방자치단체를 중심으로 용자를 통한 간접지원의 형태로 정부 재원이 투입되는 것으로 알려져 있다(김호정 외, 2018). 참고로, 당시 기준으로 우리나라는 60%로 조사되었다. 이러한 점들로 미루어 볼 때, 우리나라에서 상·하수도 관리를 위해 국고가 투입되는 수준은 주요 선진국들과 비교하기에는 높은 수준인 것을 알 수 있다.

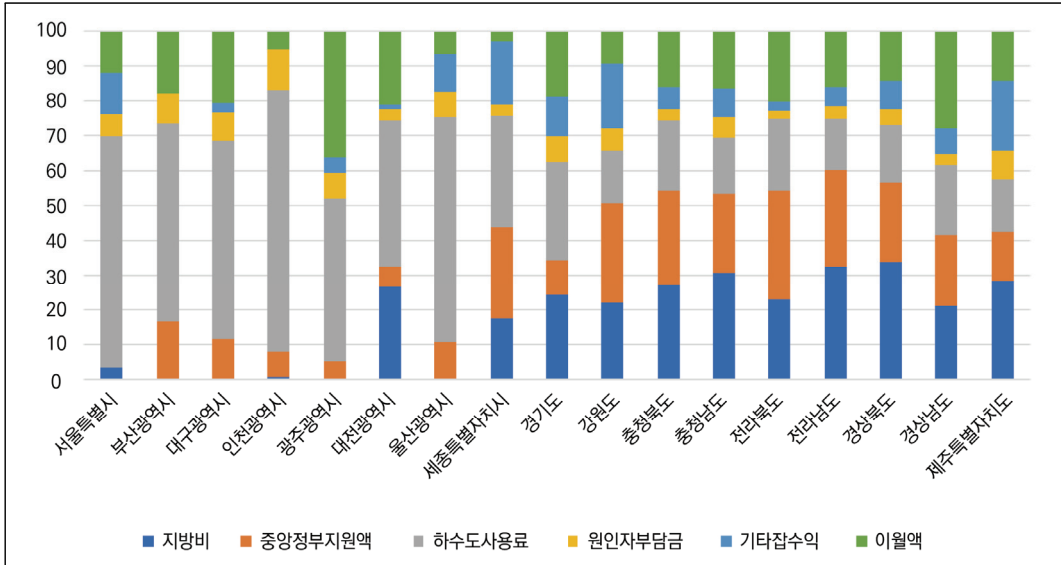
또 한 가지 하수도사업의 특징은 지역별 편차가 상당히 크다는 점이다. [그림 IV-42]는 2021년 기준 하수도 재정을 17개 광역시·도별로 구분해서 보여준다. 서울시를 비롯한 7개 특·광역시 경우 하수도 재정에서 하수도사용료의 비중이 가장 높은 것을 알 수 있다. 서울시의 경우 중앙정부지원액은 거의 없으며, 지방비가 차지하는 비중도 매우 낮다. 부산, 대구, 인천, 광주, 울산 광역시의 경우 지방비의 비중이 거의 없으며, 중앙정부지원액과 하

62) 이를 통상 3T(Tariff, Tax, Transfer)라 부른다.

수도사용료에 재정의 상당 부분을 의존하고 있다. 다른 특·광역시들과 달리 대전은 지방비의 비중이 20%를 상회한다. 7개 특·광역시를 제외한 10개 시도는 하수도 재정에서 하수도사용료가 차지하는 비중이 낮으며, 중앙정부지원액과 지방비의 의존도가 높은 것을 알 수 있다.

[그림 IV-42] 시도별 하수도 재정의 구성(2021년 기준)

(단위: %)

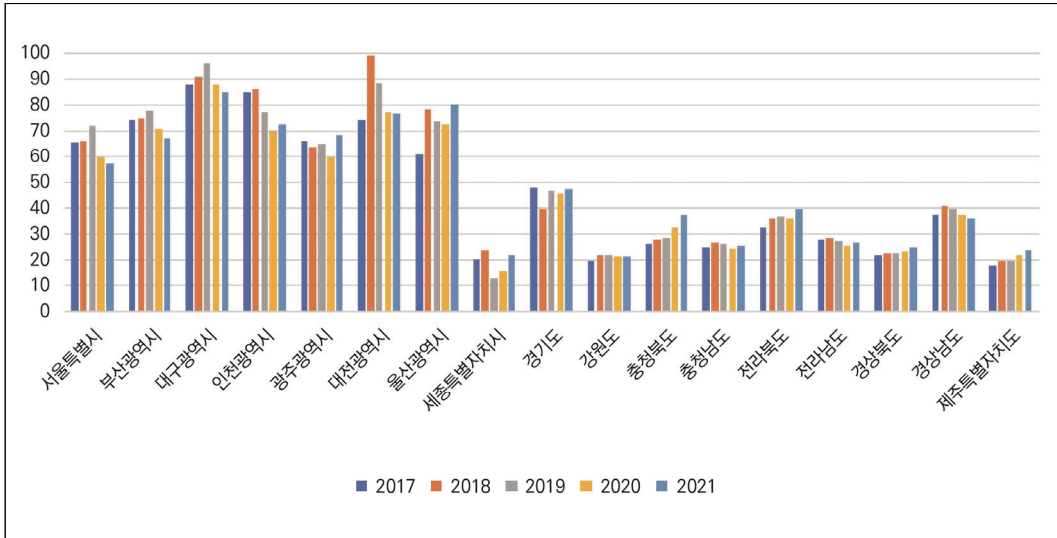


자료: 환경부(2021), 「하수도통계」

[그림 IV-43]은 2017~2021년 하수도요금 현실화율을 17개 광역시·도별로 구분해서 보여준다. 연도마다 차이는 있지만 7개 특·광역시의 하수도요금 현실화율은 2021년 기준 평균 72%로 전국 평균보다 훨씬 높다. 그중에서도 대구광역시의 요금 현실화율은 2021년 기준 85%로 전국에서 가장 높은 지역으로 나타난다. 서울시는 하수도 재정에서 하수도사용료가 차지하는 비중이 가장 높음에도 불구하고 요금 현실화율은 7개 특·광역시 중 가장 낮다. 서울시의 하수도요금 현실화율은 2021년 기준 57%이다. 7개 특·광역시를 제외한 10개 시도의 요금 현실화율은 2021년 기준 평균 30%로 분석되어, 전국 평균보다도 훨씬 낮은 것으로 나타났다.

[그림 IV-43] 시도별 하수도요금 현실화율

(단위: %)

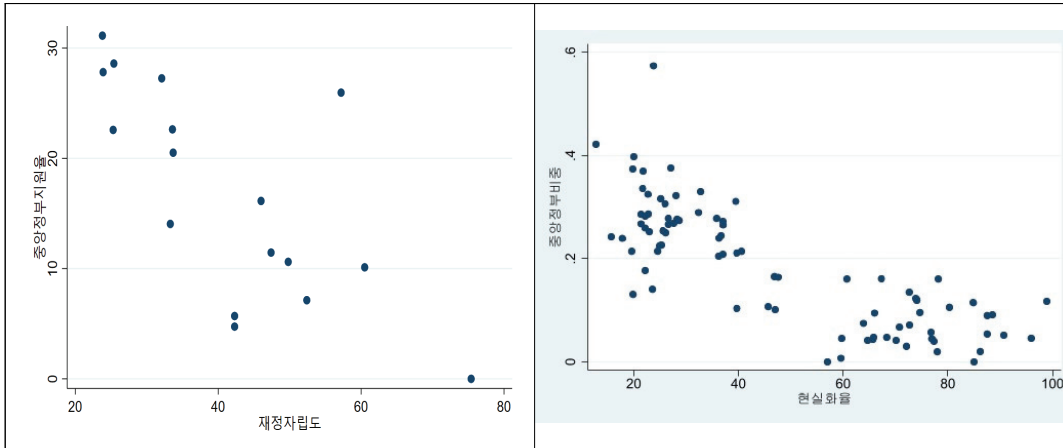


자료: 환경부(2021), 「하수도통계」

[그림 IV-44]의 왼쪽은 전국 17개 광역시·도별 하수도 재정에서 2021년 기준 중앙정부 지원액이 차지하는 비중과 재정자립도의 상관관계를 그림으로 나타내며, 오른쪽은 2017~2021년 중앙정부지원액의 비중과 요금 현실화율의 상관관계를 그림으로 나타낸다. 왼쪽 그림을 보면 재정자립도가 높은 광역자치단체일수록 하수도 재정에서 중앙정부지원액이 차지하는 비중이 감소하는 경향이 뚜렷하다. 재정자립도가 각각 23.8%, 23.9%, 25.4%로 가장 낮은 전라북도, 전라남도, 강원도의 중앙정부지원 비중이 31.1%, 27.8%, 28.6%로 높으며, 재정자립도가 75.4%로 가장 높은 서울특별시는 중앙정부의 지원이 거의 없다. 예외적으로 재정자립도가 57.2%로 높지만 중앙정부지원 비중이 26.0%에 달하는 세종시를 제외하고 하수도 재정에서 중앙정부의 지원이 재정자립도가 낮은 지역을 중심으로 이루어지고 있다는 것을 알 수 있다. 오른쪽 그림을 보면 요금 현실화율이 낮은 지역의 중앙정부지원 비중이 높으며, 요금 현실화율이 높은 지역의 중앙정부지원 비중이 낮은 상관관계가 나타남을 알 수 있다. 다만 [그림 IV-44]는 두 변수들 간의 상관관계를 보여주는 것이며 인과성을 나타내는 것은 아니기 때문에 해석에 유의할 필요가 있다.

[그림 IV-44] 광역시·도별 중앙정부지원비중과 재정자립도 및 요금 현실화율의 상관관계

(단위: %)



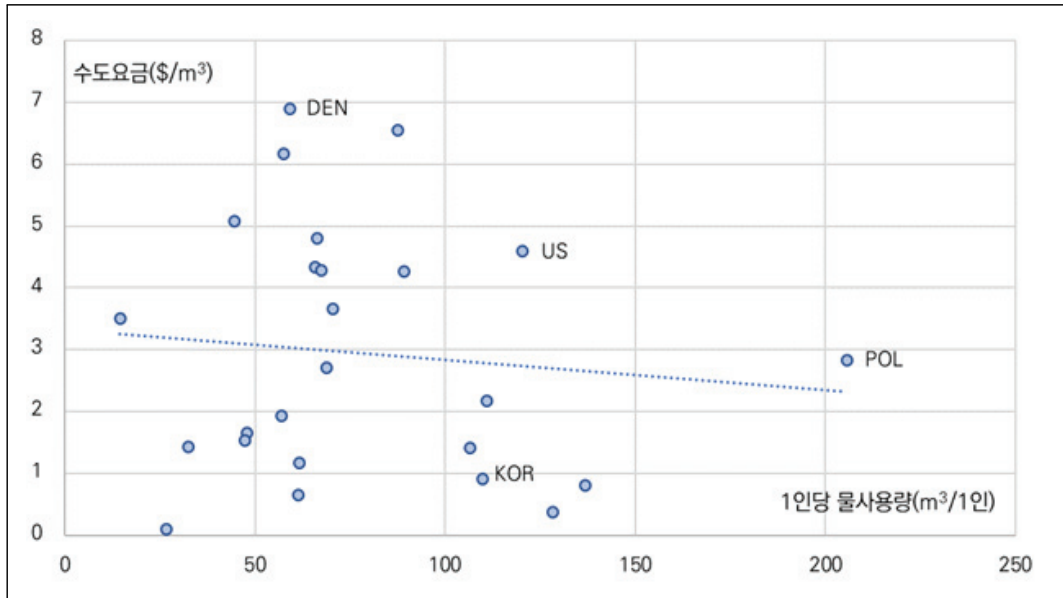
자료: 환경부(2021), 「하수도통계」 지방재정통계, <https://www.lofin365.go.kr/portal/LF3140101.do>, 검색일자: 2023. 11. 2.

하수도요금과 관련하여 추가로 생각할 부분이 있다. 정도의 차이는 있겠으나 통상적으로 가격은 소비량에 영향을 준다. 에너지나 물과 같은 자원도 마찬가지이다. 이러한 자원은 필수재적인 성격을 가지고 있어서 가격의 인하가 서민을 위한 조치로 간주되기도 한다. 이는 일견 맞는 부분도 있으나 그렇지 않은 부분도 존재한다. 에너지원이나 수자원과 같은 자원은 필수적으로 확보되어야 일상생활이 유지될 수 있다. 그러나 이렇게 반드시 필요한 최소한도의 수요량을 넘어서면 그 이상의 소비량은 임의적이어서 적절한 비용을 부과하지 않으면 무지성 소비, 즉 절약할 수 있는 부분도 낭비적으로 소비하는 행태도 쉽게 목격된다. 그래서 여러 연구에서 수도요금에 비용을 충분히 반영할 수 있어야 사람들의 물 소비 행태도 개선되며, 상·하수도에 필요한 재원도 안정적으로 확보될 수 있음을 지적한다(Jha et al., 2023; OECD, 2022; OECD, 2020b; Leflaive & Hjort, 2020; OECD, 2017). [그림 IV-45]는 주요 국가들의 수도(상수 + 하수 + 우수)요금과 국민 1인당 물사용량의 관계를 산포도로 표현한 것이다. 여기에서도 어느 정도의 요금과 사용량 사이에 역의 관계가 발견된다. 즉, 수도요금에 낮을수록 국민 1인당 물사용량은 증가하는 경향을 보여준다.<sup>63)</sup> 하수처리원가가 적정하게 반영될 수 있도록 요금을 부과하는 것은 하수처리사업의 안정적 유지에도 중요할 뿐 아니라 국민들의 물 소비 절약의 차원에서도 의미가 있다. 참고로,

63) 이러한 경향은 해외 연구에서도 발견되는데, 예를 들어 미국 네바다주에서 물 수요의 가격탄력성을 분석한 결과, 단독주택은 -0.34, 다주택은 -0.68, 상업부분 -0.61, 복합 -0.51로 추정되기도 하였다(Bowman et al., 2018).

OECD(2017)는 상하수도 요금제도와 관련하여 우리나라에 다음과 같이 권고한 바 있다. 먼저, 요금이 취수지점에서의 공급비용을 더 잘 반영해야 한다. 또한 요금수입으로 하천유역관리에 효과적으로 기여할 수 있는 지출사업의 재원을 조달할 수 있어야 한다.

[그림 IV-45] 주요 국가별 수도요금과 1인당 물사용량 간의 상관성



자료: OECD 및 GWI 자료를 바탕으로 저자 작성

한편, 지원 수준의 적절성을 평가함에 있어 하수도 인프라의 보급 수준에 대한 고려도 필요하다. 우리나라 하수도 보급률은 2021년 기준 94.8%이다.<sup>64)</sup> 지난 10년 동안 전국 하수도 보급률은 3.2%p 증가하였다. 하수도 보급률이 매년 꾸준히 증가하는 것은 긍정적인 부분이지만 보급률이 100%에 다가갈수록 보급률 그 자체의 양적 개선보다는 하수도의 질적 개선이 상대적으로 더 중요해진다.

〈표 IV-47〉 최근 10년간 국내 하수도 보급률 추이

연도	총인구(천명)	처리인구(천명)	하수도 보급률(%)
2021	52,732	49,968	94.8
2020	52,975	50,081	94.5

64) 2024년 1월에 발표된 2022년 하수도 보급률은 95.1%로 직전년도(2021년)보다 0.3%p 증가하였다.

〈표 IV-47〉의 계속

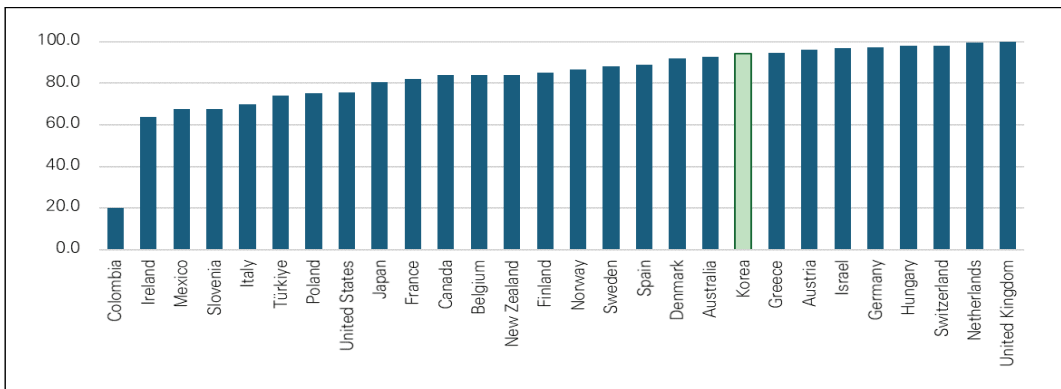
연도	총인구(천명)	처리인구(천명)	하수도 보급률(%)
2019	53,122	50,075	94.3
2018	53,073	49,834	93.9
2017	52,950	49,546	93.6
2016	52,858	49,275	93.2
2015	52,672	48,925	92.9
2014	52,419	48,507	92.5
2013	52,127	48,016	92.1
2012	51,881	47,538	91.6

자료: 하수도정보시스템(<https://www.hasudoinfo.or.kr/stat/statNormal.do>) 자료로 저자 작성

우리나라의 하수도 보급 수준은 양적 기준으로 볼 때 OECD 회원국들과 비교해도 크게 뒤떨어지지 않는다. [그림 IV-46]은 OECD 주요 회원국들의 하수도 보급률 수준을 비교할 수 있게 해준다. 2021년을 기준으로 2021년 값이 제시되지 않은 경우에는 〈표 IV-48〉에서 국가별로 2021년 가장 가까운 연도의 수치를 사용하였다. 〈표 IV-48〉은 28개 OECD 회원국의 최근 10년 동안의 하수도 보급률을 보여준다. 콜롬비아가 예외적으로 낮다는 점에서 콜롬비아를 제외한 27개국의 평균은 85.8%이며, 우리나라는 상위 아홉 번째에 해당된다. 우리나라보다 보급률이 낮은 국가에 스웨덴, 노르웨이, 핀란드 등의 북유럽 복지국가들도 포함되어 있다.

[그림 IV-46] OECD 주요 회원국의 최근 하수도 보급률

(단위: %)



주: 〈표 IV-48〉에서 국가별 최근 수치로 구성

자료: OECD Stat. 자료를 바탕으로 저자 작성

〈표 IV-48〉 2011~2021년도 국가별 하수도 보급률

Country	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Australia	94.10	94.08	92.57	92.38	92.48	92.69	92.64	92.86	92.86	92.86
Austria	94.50	94.75	95.00	95.10	95.20	95.58	95.95	95.95	96.04	96.04
Belgium	76.76	79.13	80.51	81.93	82.84	83.33	84.34	84.25	83.58	84.02
Canada	-	84.00	84.20	84.00	84.00	84.00	-	-	-	-
Colombia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.20
Denmark	90.50	90.60	90.70	90.90	91.40	91.60	91.70	91.80	92.00	92.10
Finland	83.00	83.00	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00	85.00
France	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	82.00	-
Germany	96.01	96.16	96.48	96.80	97.12	97.18	97.24	97.29	-	-
Greece	92.04	92.80	92.80	93.40	93.40	94.80	94.80	94.20	94.70	94.70
Hungary	72.90	72.76	73.60	76.59	78.18	79.19	80.43	80.34	81.02	97.93
Ireland	60.61	61.13	61.63	62.13	62.63	63.02	63.25	63.26	63.40	63.64
Israel	96.30	96.60	96.70	96.80	96.80	96.70	96.80	96.90	97.00	97.00
Italy	60.90	-	-	62.50	-	-	70.00	-	-	-
Japan	76.30	77.00	77.60	77.80	78.30	78.80	79.30	79.70	80.10	80.60
Korea	91.60	92.11	92.54	92.89	93.22	93.20	93.55	93.91	94.06	94.36
Mexico	47.46	50.19	52.73	56.97	58.24	63.01	63.80	65.70	67.18	67.50
Netherlands	99.40	99.40	99.40	99.43	99.45	99.50	99.50	99.50	99.52	99.52
New Zealand	82.00	82.00	82.00	84.10	84.10	-	-	-	-	-
Norway	82.56	82.76	83.09	84.12	84.45	84.25	85.38	85.15	85.77	86.73
Poland	68.70	70.30	71.40	72.60	73.50	73.60	74.00	74.44	74.88	75.21
Slovenia	53.70	55.10	55.30	56.50	62.07	66.00	67.22	67.52	67.27	67.55
Spain	89.20	87.00	85.86	87.00	88.28	89.00	89.50	89.00	88.80	-
Sweden	87.00	87.00	87.00	87.00	87.00	87.00	88.00	88.00	88.00	-
Switzerland	-	98.00	-	-	-	-	-	-	-	-
Türkiye	58.30	-	64.02	69.92	70.70	74.24	74.45	73.93	74.04	-
United Kingdom	-	-	100.00	-	-	-	-	-	-	-
United States	75.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-

주: 공공하수처리장에 연결된 전국 인구의 비율 및 처리 정도를 나타냄

자료: OECD.Stat, Water, Connection rates to wastewater treatment

이러한 지표상의 기록이 하수도 보급에 대한 지원을 중단해도 된다는 의미는 아니다. 아직까지 전체 인구에서 5% 정도의 사람들이 하수도 처리서비스를 받지 못하고 있다. 사회구성원으로서 기본적인 생활서비스를 향유하는 것은 필수적인 요소이다. 하수도 서비스 역시 대표적인 기본 생활서비스의 하나이다. 따라서 앞으로도 중앙 및 지방 정부는 하수도 보급률을 높이는 노력을 중단할 수는 없다. 다만, 사안의 시급성을 볼 때에 양적 성장이 주도해야 하는 시기는 이미 지났으며, 앞으로는 어떻게 하면 보다 효과적이면서도 효율적으로 하수도 서비스를 공급하느냐의 문제를 풀어나가는 것에 집중해야 할 시기에 진입하였다고 판단된다.

## 5. 하수도 관리사업 실무자 설문결과

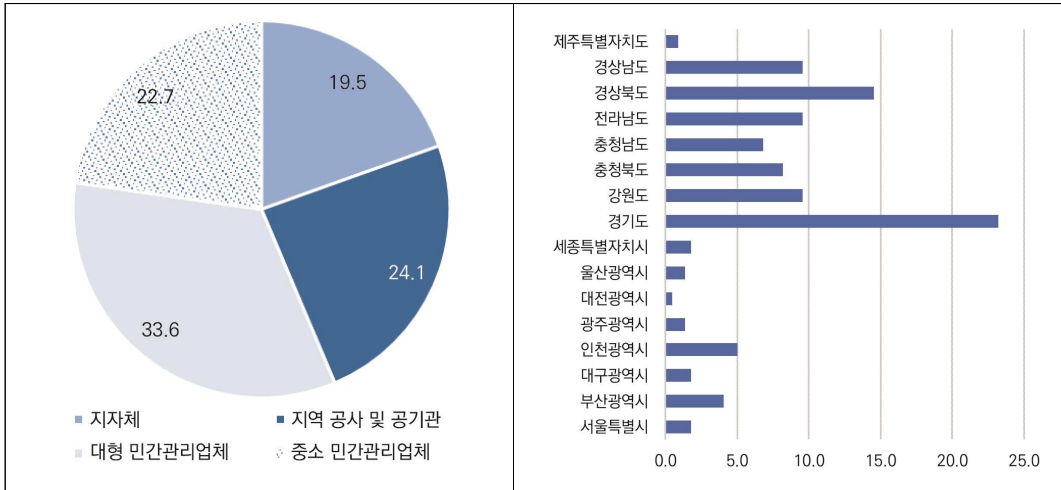
### 가. 설문 개요

본 연구에서는 계량적인 결과분석과 병행하여 일선 지방자치단체에서 하수도 관리사업의 실무를 맡고 있는 담당자들을 대상으로 사업에 대한 의견을 묻는 설문을 실시함으로써 현장에서 느끼는 바도 평가에 반영하고 있다. 설문조사에서는 설문참여자들의 응답 분포를 통해 엄밀한 계량기법이 아닌 1차적인 수치통계로 현업에서 느끼고 있는 바를 직관적으로 파악할 수 있도록 하였다. 해당 설문조사는 2023년 12월 14일부터 2024년 1월 5일까지 전국 지방자치단체의 하수도 관리사업 실무자 220명을 대상으로 실시하였다. 설문대상 실무자는 환경부에서 제공한 지방자치단체별 공공하수처리시설 위탁현황 자료상에 있는 지방자치단체 담당자와 위탁사(지역공사 및 공기관, 중소 및 대형 민간 위탁 관리업체) 담당자들 가운데 안분하여 선별하였으며, 전화 통화 후 온라인 설문으로 진행하였다.

기본적인 설문응답자의 구성은 [그림 IV-47]과 같다. 지방자치단체 담당자는 43명으로 전체 응답자 220명 중 19.5%를 차지하였으며, 민간관리업체 담당자는 대형 업체와 중소형 업체에서 각각 74명(33.6%), 50명(22.7%)이 참여하였다. 마지막으로 지역 공사 및 공기관 담당자는 53명으로 24.1%를 차지하였다.

[그림 IV-47] 하수도 관리사업 실무자 설문응답자 구성

(단위: %)



자료: 저자 작성

## 나. 주요 설문 결과

관리주체별로 투입인력 1인당 관리 하수처리시설 수를 보면 지방자치단체 자체적으로 관리하거나 민간위탁업체에서 관리하는 지역에 비해 지역공사 및 공공기관이 관리하는 지역이 가장 낮게 나타났다(〈표 IV-49〉 참조). 다만, 이 결과는 하수처리시설 규모의 차이를 반영하지 않고 모든 시설에 동일한 가중치를 부여하여 투입인력으로 나눈 결과이기 때문에 담당하는 시설의 규모에 따라 살펴볼 필요는 있다. 특히, 지역공사 및 공공기관이 관리하는 경우 처리규모가 500m<sup>3</sup>/일 이상인 대형 시설의 수가 다른 운영주체들에 비해 상당히 높게 나타났다(지역공사 및 공공기관이 관리하는 500m<sup>3</sup>/일 이상인 대형 시설의 수가 10개 이상인 경우: 13.2%, 다른 운영 주체: 지방자치단체 4.7%, 대형 민간업체 0.0%, 중소 민간업체 4.0%). 그럼에도 불구하고 처리규모에 비례하여 관리자 인원수가 증가하는 것이 아니라는 점을 감안할 때 투입인력 1인당 관리시설 수의 비율이 지방자치단체에서 자체적으로 관리하거나 민간위탁업체를 통한 경우보다 지역공사 및 공공기관에서 절반 수준에 불과하다는 것은 유의미한 차이로 판단된다.

〈표 IV-49〉 기관별 관리 하수처리시설 및 투입인력 수

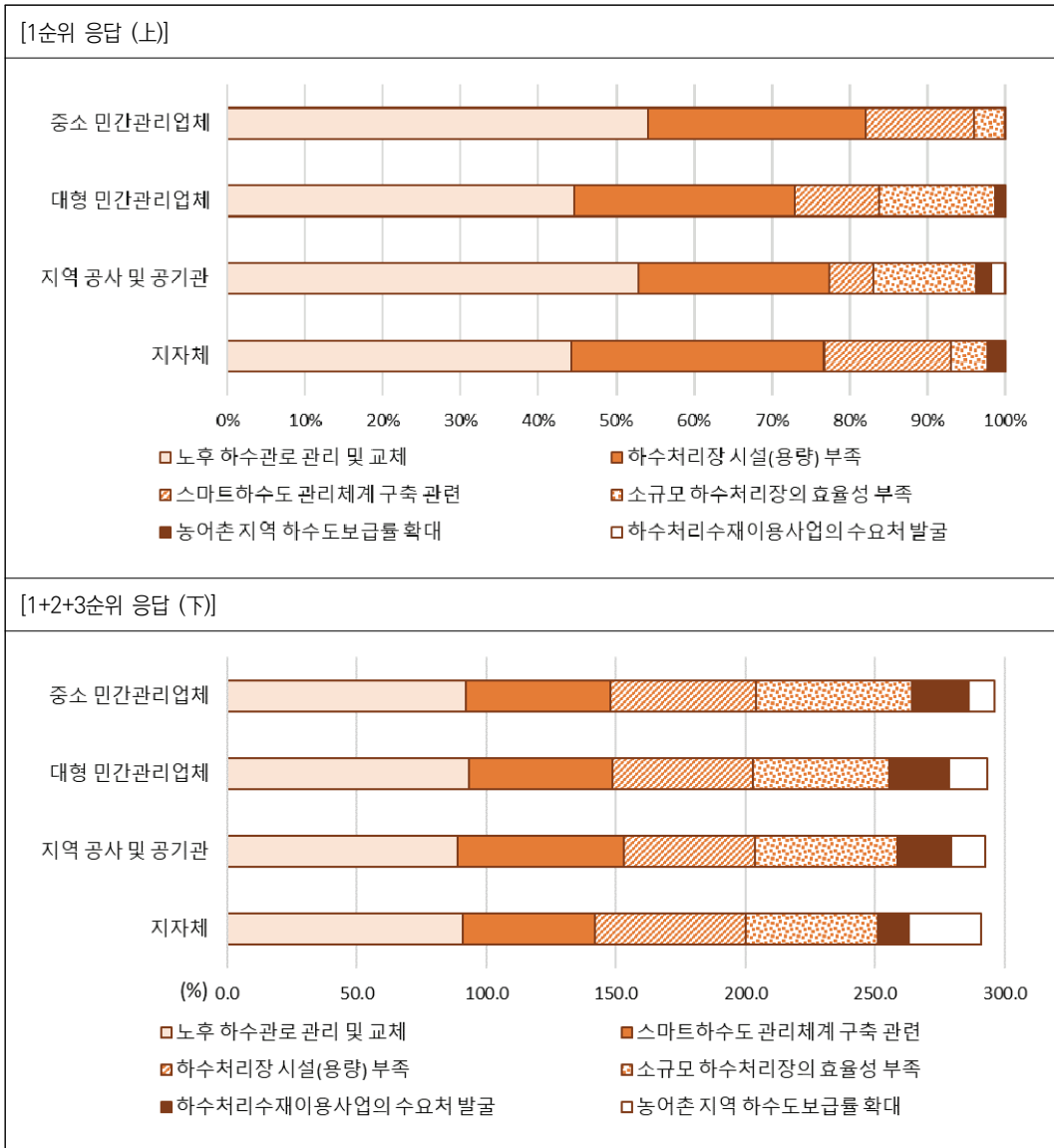
(단위: %)

구분		지자체	지역공사 및 공기관	대형 민간관리 업체	중소 민간관리 업체	평균
관리 시설 수(A) (500㎥/일 이상)	2개 이하	39.5	50.9	54.1	50.0	3.4개
	3~5개	53.5	24.5	28.4	36.0	
	6~9개	2.3	11.3	17.6	10.0	
	10개 이상	4.7	13.2	0.0	4.0	
관리 시설 수(B) (500㎥/일 미만)	2개 이하	44.2	52.8	47.3	34.0	13.3개
	3~5개	7.0	3.8	2.7	8.0	
	6~9개	2.3	3.8	12.2	14.0	
	10~19개	7.0	18.9	6.8	16.0	
	20~29개	2.3	7.5	14.9	12.0	
	30개 이상	37.2	13.2	16.2	16.0	
투입 인력 수(C)	10명 미만	14.0	5.7	5.4	10.0	44.3명
	10~19명	18.6	11.3	21.6	20.0	
	20~29명	18.6	17.0	18.9	22.0	
	30~39명	18.6	17.0	14.9	22.0	
	40~49명	9.3	1.9	18.9	8.0	
	50~99명	9.3	26.4	17.6	12.0	
	100명 이상	11.6	20.8	2.7	6.0	
(A+B)/C (개)		0.54	0.23	0.42	0.47	0.38

자료: 저자 작성

하수도 관리 사업 중 우선 해결해야 할 문제에 대하여 실무자들은 노후 하수관로가 가장 중요하다는 인식을 가지고 있는 것으로 나타났다. 소속에 무관하게 실무자들은 노후 하수관로의 관리를 1순위(48.6%)에서도, 1~3순위까지 합산해서도 가장 높게 응답하였다. 다음으로는, 하수처리장의 확충이 1순위(28.2%) 응답에서 노후 하수관로 문제에 이어 두 번째로 높은 지지를 받았다. 다만, 1~3순위 합산에서는 하수처리장 확충은 54.5%로 스마트하수도 관리체계 구축(56.8%)보다 소폭이지만 낮았으며, 소규모 하수처리장의 효율성 개선(54.5%)과 동일한 수준이었다.

[그림 IV-48] 하수도 관리 사업 중 우선 해결해야 할 문제

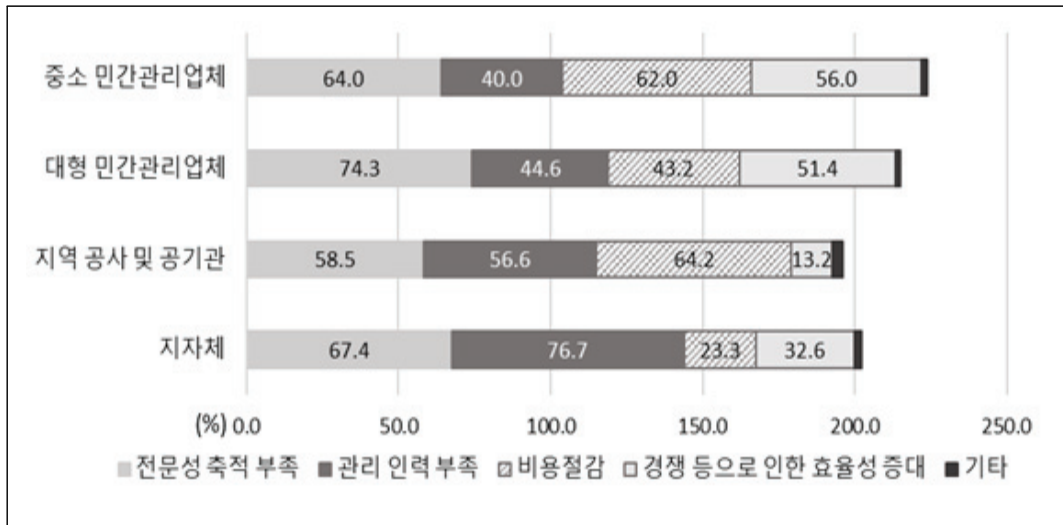


자료: 저자 작성

하수도 관리에 있어 민간위탁 방식이 선호되는 이유에 대한 질문에 응답자들은 지방자치단체 자체적으로 운영하는 데에는 전문성 축적이 부족하기 때문이라는 답의 선택이 가장 높았다. 그렇지만 이는 응답자의 소속에 따라 다소간의 차이를 보였는데, 지자체 담당자의 경우 전문성 축적 부족보다 관리 인력 부족을 가장 높게 응답하였고, 대형 민간관리업체

담당자들은 전문성 축적에서의 차이를 가장 두드러지게 응답하였다. 비용절감 및 경쟁 등으로 인한 효율성 증대라는 보기에 대한 응답도 참여자들의 소속에 따라 차이를 보였다. 비용절감은 지방자치단체 담당자들 사이에서는 상대적으로 적은 공감만을 얻었지만 중소 민간관리업체나 지역공사 및 공기관으로부터는 매우 높은 비율로 선택을 받았다. 효율성 증대에 대해서도 민간관리업체는 업체의 규모에 무관하게 절반 이상이 선택하였으나, 지역공사 및 공기관, 지방자치단체 담당자들은 적은 비율만이 선택하였다.

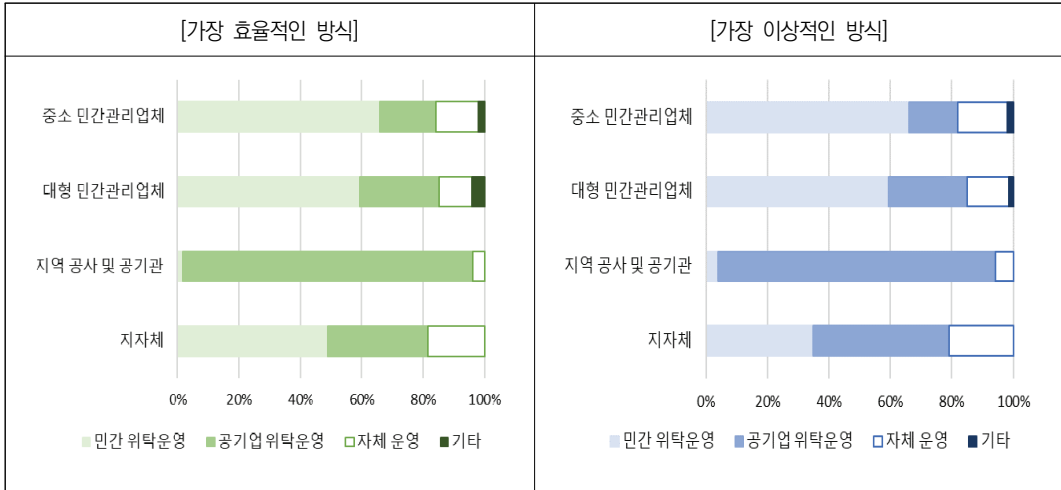
[그림 IV-49] 민간위탁 방식 선호 이유(복수 응답)



자료: 저자 작성

운영방식에 대한 평가는 소속에 따라 이해관계가 직접적인 영향을 줄 수 있는 문항으로 실제 응답결과에서도 위탁기관 소속의 담당자들은 각자 자신이 속한 기관에 위탁하는 방식에 대하여 후하게 평가하였다. 따라서 해당 문항에 대해서는 지방자치단체의 담당자들이 어떻게 응답하였는지를 보는 것이 중요하다고 판단된다. 지방자치단체 담당자들의 경우, 효율적인 운영방식은 민간업체에 위탁하는 방식이라는 응답이 전체의 절반가량(48.8%)을 차지하였다. 반면, 이상적인 운영방식으로는 공기업 위탁운영방식을 가장 많이 선택하였다(44.2%). 이러한 결과는 지방자치단체 담당자들 사이에서 하수도 관리를 민간에 위탁하는 것이 효율적이라고는 여기지만 효율적인 것 이상이라는 것과는 괴리감이 있음을 보여준다.

[그림 IV-50] 운영방식에 대한 평가

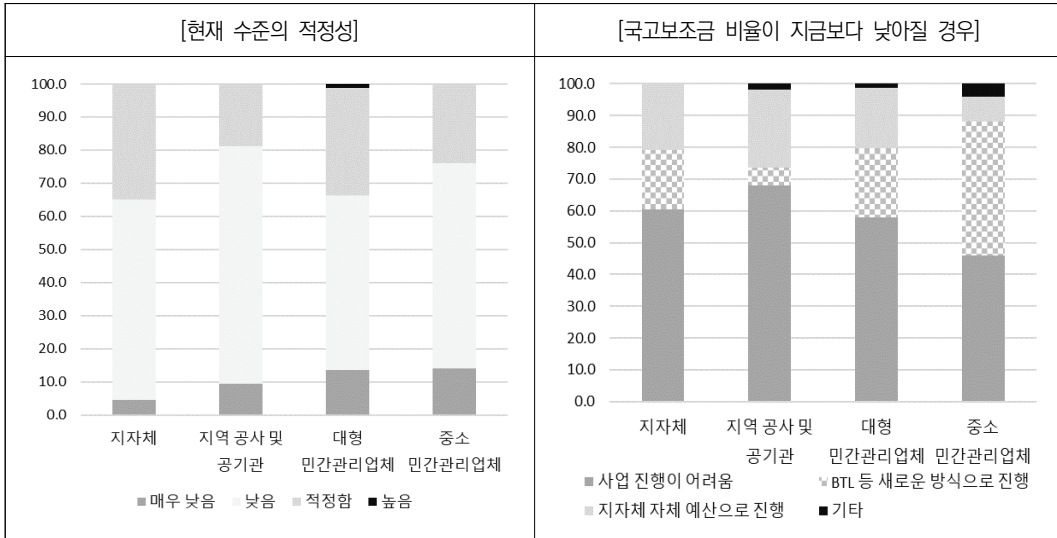


자료: 저자 작성

현행 국고보조금의 비율이 적정한지를 묻는 문항에서는 모든 소속에서 낮다(낮음 + 매우 낮음)는 응답이 71.8%로 나타났다. 그러나 이 역시 담당자들의 업무 중 각종 설치 및 정비 사업들의 주요 재원이 국고보조금이라는 점에서 이 수치를 있는 그대로 받아들이기에는 주의가 필요할 것이다. 이러한 결과는 유인 구조상 문항설계 당시부터 예상했던 부분이다. 그래서 이를 보완하기 위한 문항으로 현행보다 국고보조금 비율이 낮아질 경우 관련 사업 전망을 함께 물어보았다. 이 질문에서 사업 진행이 어렵다는 응답이 58.2%를 차지한 데에 반해 지방자치단체 자체 예산으로 진행한다는 응답은 18.2%로 나타났다. 이러한 결과는 전국 평균 재정자립도가 45%(2023년 기준)에 머무르고 있는 현실을 감안할 때 지방자치단체의 자체 재원으로 하수도 사업을 이끌어가기에는 지자체의 부담이 큰 상황임이 다시 한번 확인된다. 이러한 응답결과는 지방자치단체에서 설비를 충분히 갖출 여력이 부족하기에 적정 설비규모를 갖추는 데에 중앙정부의 지원이 일정 부분 필요하다는 제1절 다항의 규모의 경제에서의 서술과 맥락을 같이한다.

[그림 IV-51] 국고보조금 비율에 대한 평가

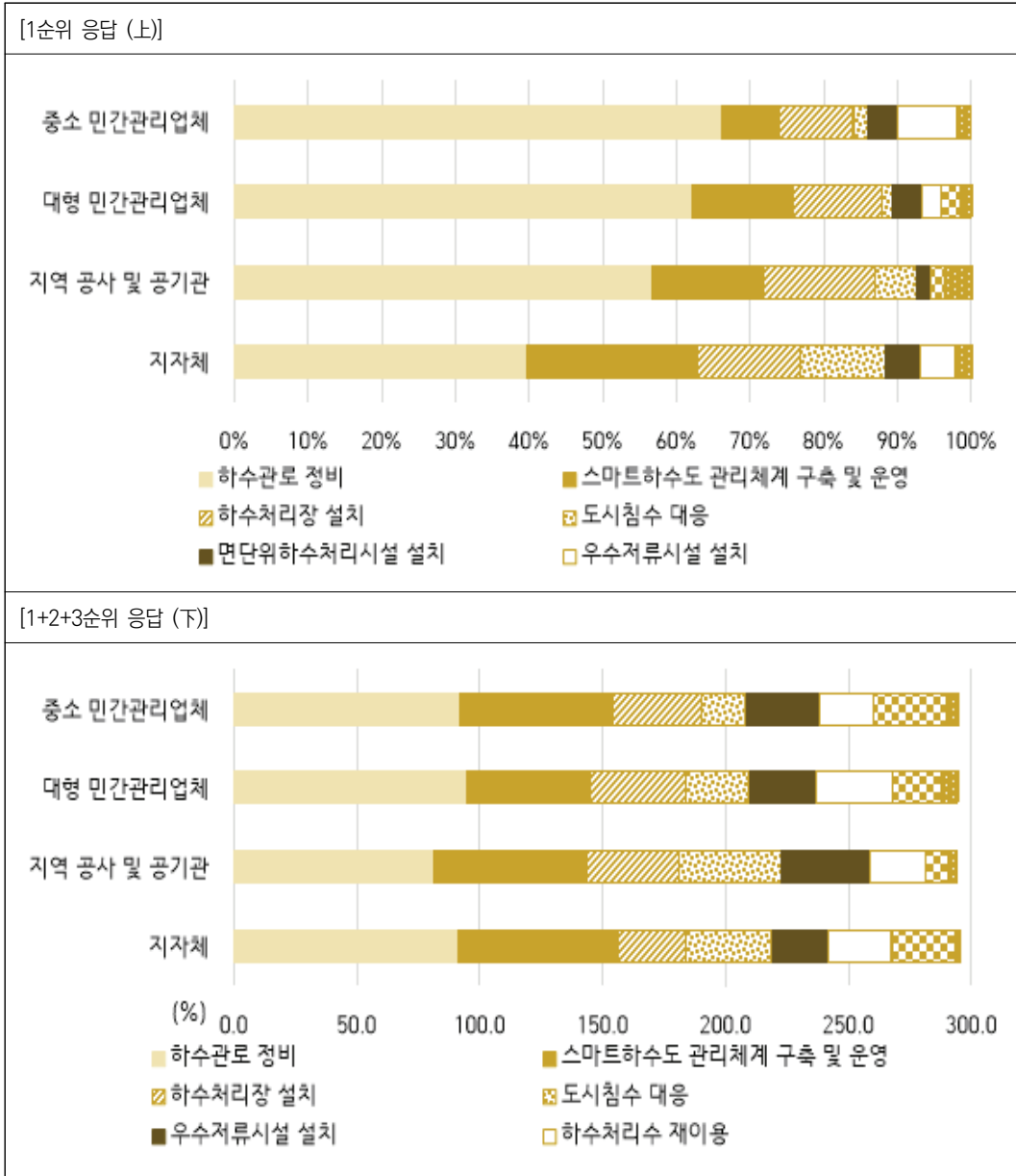
(단위: %)



자료: 저자 작성

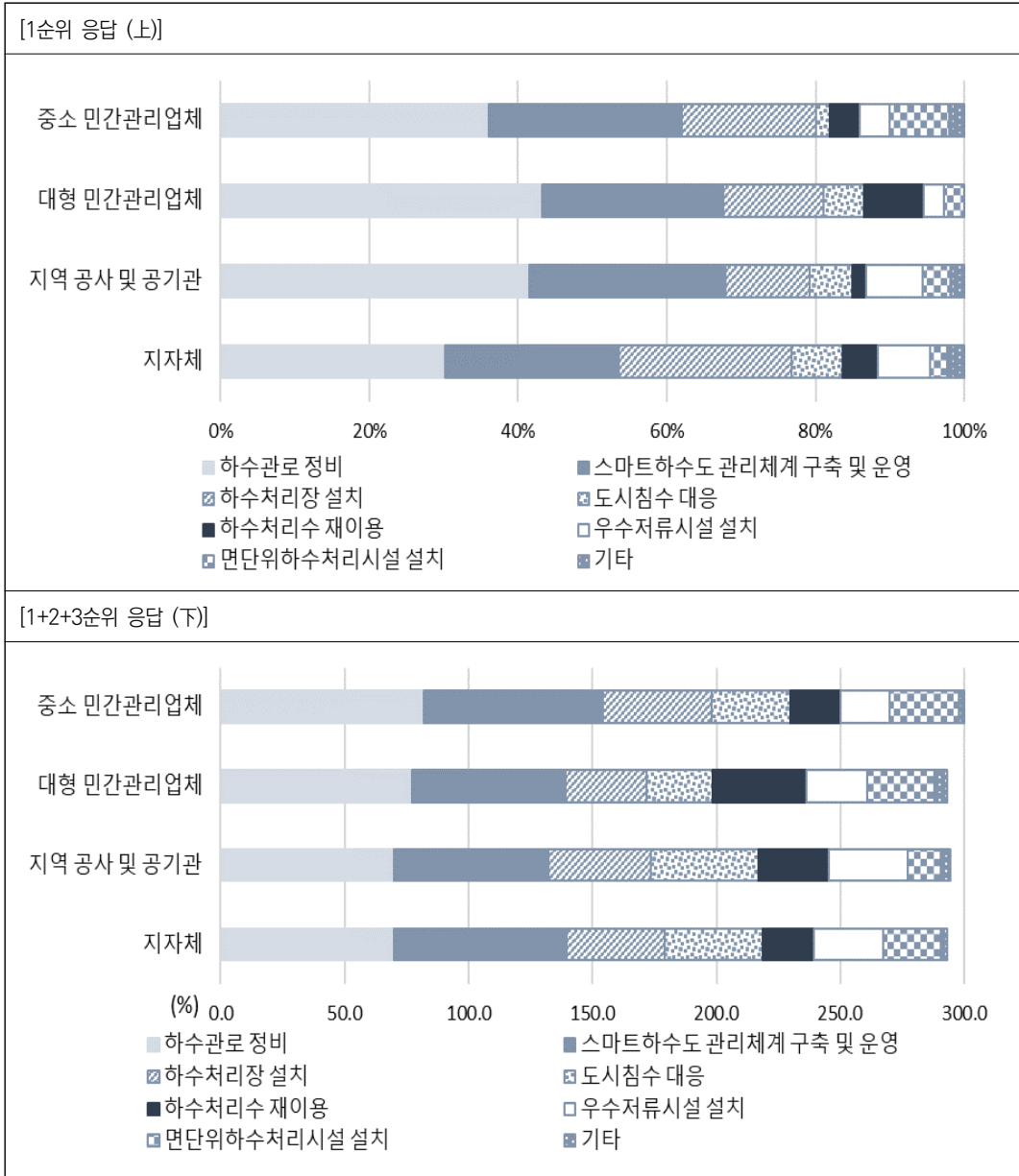
향후 적극적으로 추진해야 하는 사업을 단기(향후 3년 이내)와 장기(향후 10년 이후)로 구분하여 물어본 결과, 장·단기를 막론하고 하수관로 정비사업을 가장 많이 손꼽았다. 이는 앞서 질문한 우선 해결해야 하는 문제와 일관된 결과로 실무자들은 하수도 관리 사업 중 하수관로 정비에 문제의식을 많이 가지고 있음을 확인할 수 있는 부분이다. 하수관로 정비 다음으로 적극적으로 추진해야 할 사업으로는 스마트하수도 관리체계 구축운영이 손꼽혔다. 스마트하수도 관리체계 구축운영사업은 10년 이후의 장기 과제뿐만 아니라 3년 이내 단기 과제로도 두 번째로 많은 지지를 받았다. 갈수록 인력확보가 어려운 하수도 관리업계의 상황과 자동화를 통한 하수도 체계 전반에 대한 관리 필요성 등을 고려하여 실무자들에게 스마트하수도 관리체계 구축 및 운영은 상당히 중요한 사업으로 인식되는 것으로 판단된다. 그 뒤를 하수처리장 설치사업이 줄을 이었다.

[그림 IV-52] 단기적(향후 3년 이내)으로 적극 추진해야 할 사업



자료: 저자 작성

[그림 IV-53] 장기적(향후 10년 이후)으로 적극 추진해야 할 사업

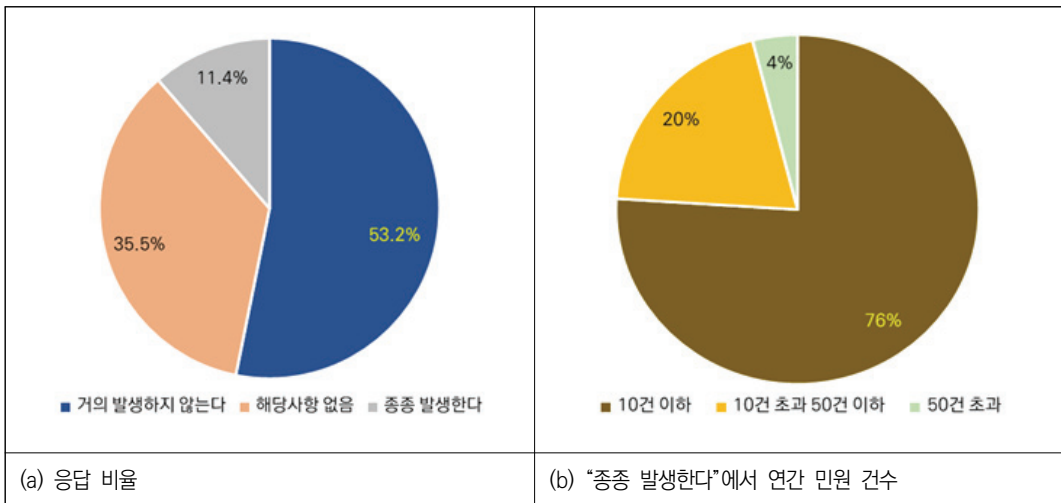


자료: 저자 작성

설문의 마지막 부분은 농어촌 마을의 하수도 보급 이슈와 관련된 문항들로 구성하였다. 우선 담당 지역 내에 하수처리구역 밖의 정화조만 설치된 시설에서 방류되는 오수로 인한 민원이나 분쟁의 빈도에 대하여 물어본 결과, 대부분은 해당사항이 없거나 거의 발생하지

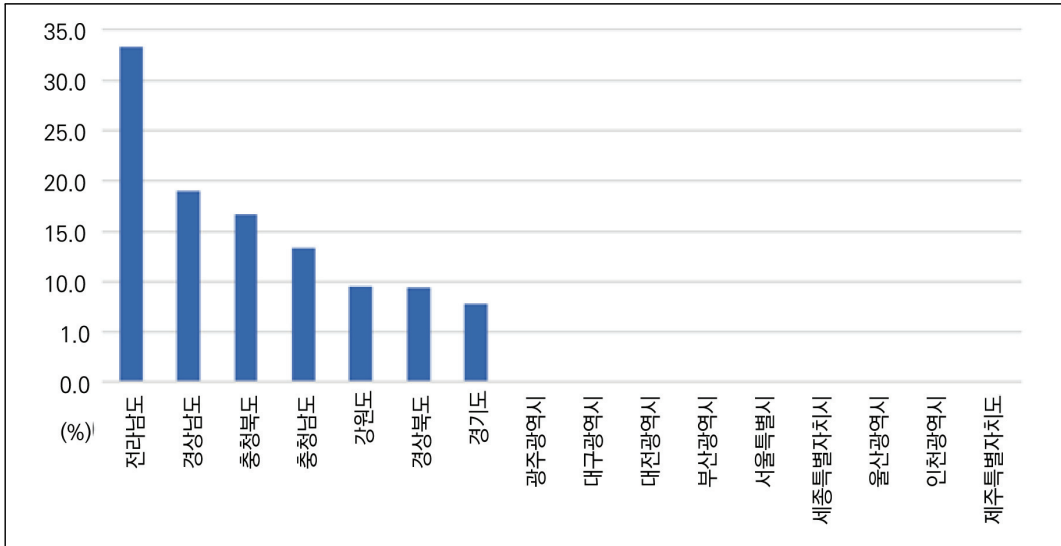
않는다고 응답하였다(88.6%). ‘종종 발생한다’고 응답한 실무자들은 전체 응답자 중 11.4%를 차지하였는데 이들 중 대부분은 월 1회가 채 안 되는 연간 10회 이하라고 응답하였다(76%). 나머지 중 20%에 해당하는 응답자는 주 1회 이하(연간 50회 이하)로 민원을 겪는 것으로 나타났으며, 응답자의 4%는 연간 50회가 넘는 오수 민원을 겪는다고 응답하였다. 지역별로는 전라남도과 경상남도, 충청북도, 충청남도의 순으로 ‘종종 발생한다’의 응답 비중이 높은 것으로 나타났다. 주로 지역 내에서 농어촌의 비중이 높은 지방자치단체에서 실무자들이 정화조 오수로 인한 민원을 더 자주 겪는 것으로 보인다. 광역시 및 특별(자치)시는 이러한 민원은 거의 겪지 않는 것으로 나타났다.

[그림 IV-54] 하수처리시설 밖 오수로 인한 민원 분쟁에 대한 응답



자료: 저자 작성

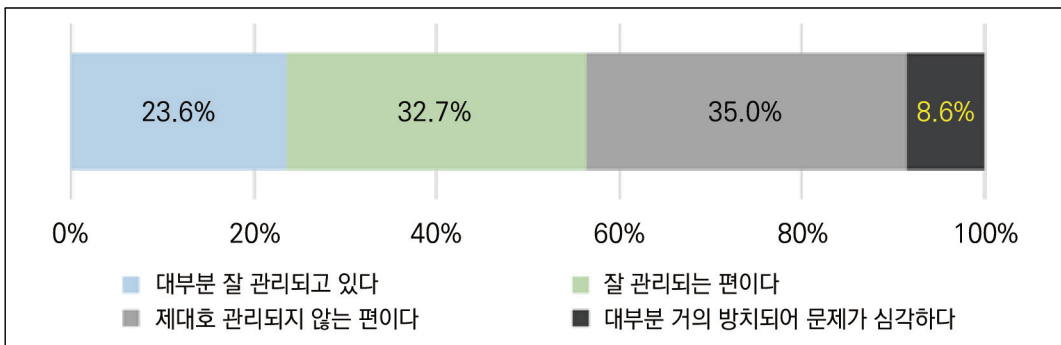
[그림 IV-55] 하수처리시설 밖 정화조의 오수로 인한 민원 분쟁 빈도  
 (“종종 발생한다”의 응답 비중)



자료: 저자 작성

하수처리시설 밖의 정화조가 잘 관리되고 있는지에 대한 여부를 물어본 결과에는 절반 이상의 응답자(56.4%)가 잘 관리된다고 답하였으나 관리에 문제를 제기한 응답자도 43.6%에 이르고 있어 거의 절반 가까이 문제의식을 가진 것으로 확인되었다. 정화조의 관리 여부를 긍정적으로 바라본 응답자들은 그 근거로 민원이나 특이사항이 없었기 때문이라는 응답이 가장 많았다(37.9%). 반면, 부정 응답자들은 개인이 관리하다 보니 전문성도 결여되고 관리가 소홀하다는 지적이 대부분이었다(<표 IV-51> 참조).

[그림 IV-56] 하수처리시설 밖 정화조의 관리 여부



자료: 저자 작성

〈표 IV-50〉 하수처리시설 밖 정화조의 관리 여부 1  
 ('대부분 잘 관리되고 있다' 또는 '잘 관리되는 편이다'에 대한 이유)

분류	이유
1	관련 민원이 적거나 없기 때문(31)
2	관련하여 특이사항 발생이 없기 때문(16)
3	지자체에서 체계적으로 관리하고 있기 때문(6)
4	응답자의 업무와 연관이 없어 1번 혹은 2번에 답변함(12)
5	정기적인 정화조 관리 감독(12)
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 분뇨처리업체들의 생존이 걸려 있으므로 잘 관리하고 있음</li> <li>- 도시지역의 경우 정화조 설비 및 처리가 잘 관리되고 있음</li> <li>- 법적 방류수질 초과 사례가 없음</li> <li>- 연 1회 청소 외에 관리할 내용이 없으므로 개인 부담이 적기 때문에 잘 관리될 것임</li> </ul>

주: 1~5의 이유는 대체로 자주 나타난 답변을 요약하여 작성하였으며 괄호 안은 응답 빈도를 의미함  
 자료: 저자 작성

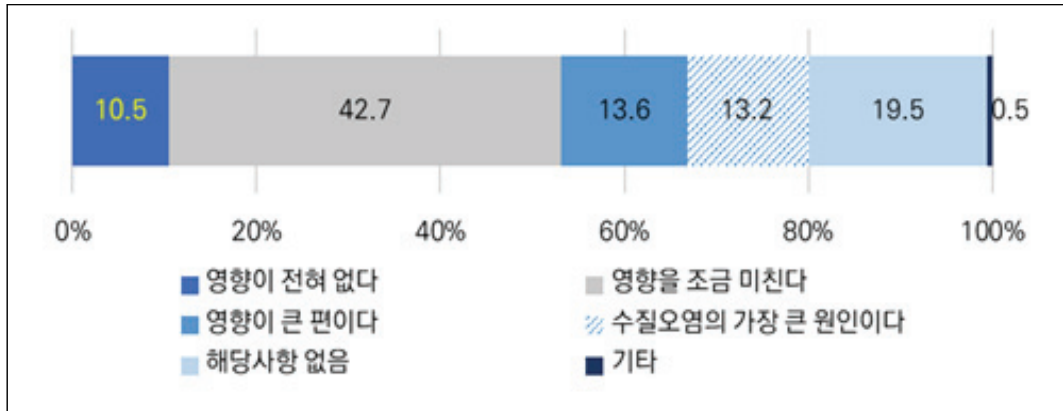
〈표 IV-51〉 하수처리시설 밖 정화조의 관리 여부 2  
 ('제대로 관리되고 있지 않은 편이다' 또는 '대부분 거의 방치되어 문제가 심각하다'에 대한 이유)

분류	이유
1	정화조에 대해 정기적인 청소 및 점검이 이루어져야 하나 관심 부족으로 인해 대체로 미이행되고 있음(31)
2	관리 감독의 주체가 없는 경우도 존재하며 개인이 관리하는 경우 운영 관리에 미흡하거나 소홀할 수밖에 없음(14)
3	담당자의 전문성 결여(12)
4	하수처리시설이 설치된 곳은 전문 인력에 의해 관리되지만, 정화조 시설은 개인이 관리하기 때문에 전문성이 떨어지고 개인 비용이 많이 발생하여 점검을 꺼려하는 반응이 있음(16)
5	관리인력 부족 및 예산 부족(7)
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 오버플로우 관리 부실</li> <li>- 농어촌 지역 특성상 고령 인구 비율이 높기 때문에 하수시설에 대한 이해도 부족으로 음식물 폐수 등의 분리배출이 잘 이루어지지 않음</li> <li>- 실질적으로 농어촌 지역 주민들은 이에 대해 잘 모르기 때문에 큰 불편함이 없는 이상 문제제기를 하지 않고 따라서 점검이 제대로 이루어지지 않음</li> <li>- 축산 농가의 무단방류를 사전에 방지할 방법이 없음</li> <li>- 이상 유입수 유입이 종종 발생함</li> <li>- 시설 노후화</li> <li>- 정화조 청소 시 청소비 지출 부담으로 인해 관리가 이루어지지 않고 이에 따라 관리 소홀 발생</li> <li>- 주민들의 의식 및 교육 부족, 담당 지자체의 지도 점검 및 주민들에 대한 계도 부족</li> <li>- 하수처리구역 외 하천방류에 따른 관리소홀</li> <li>- 방류수 수질기준 미준수</li> </ul>

주: 1~5의 이유는 대체로 자주 나타난 답변을 요약하여 작성하였으며 괄호 안은 응답 빈도를 의미함  
 자료: 저자 작성

하수처리가 이루어지지 않은 오수가 발생하는 지방자치단체(전체 응답자의 80.5%) 중 이 오수가 주변 수계에 미치는 영향에 대해서도 큰 문제 없다고 생각하는 실무자가 66.1%를 차지하여 미처리 오수에 의한 수질오염 우려가 큰 실무자(33.9%)의 2배 가까이를 차지하였다.

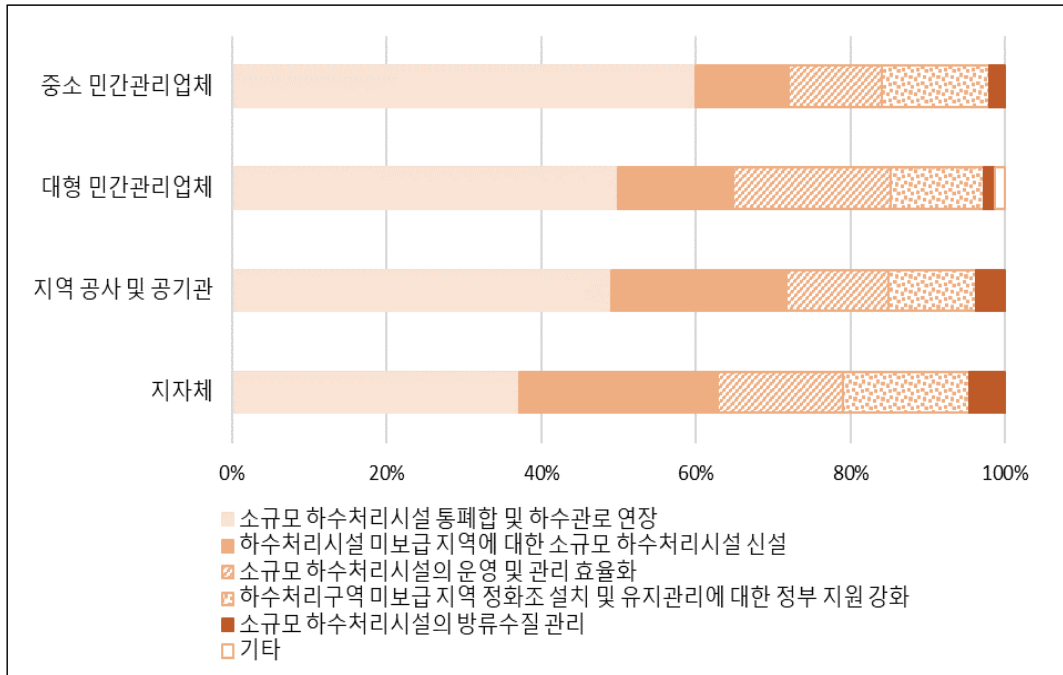
[그림 IV-57] 하수처리시설 밖 미처리 오수가 주변 수계에 미치는 영향



자료: 저자 작성

이에 대해 도농 간의 하수도 보급에서 형평성과 효과성을 높이기 위해 가장 중요한 것으로는 '소규모 하수처리시설을 통합하고 하수관로를 연장하는 것'이라는 응답이 전체 응답자 중 거의 절반가량(49.5%)의 지지를 받았다. 또 다른 접근방법인 '하수처리시설 미보급 지역에 대한 소규모 하수처리시설을 신설하는 것'에 대한 응답이 그 뒤를 잇고 있다(18.2%). 그렇지만 실무자들은 소규모 하수처리시설을 신설하는 것보다 소규모 시설을 통합하고 하수관로를 연장하는 것에 두 배 이상의 지지를 보이고 있다. 이는 실무자들도 하수처리시설은 소규모 시설을 여러 개 설치하는 것보다 통합하여 규모의 경제를 누리는 것이 하수관로를 연장하는 비용에도 불구하고 더 적절한 수단이라고 생각하는 경향이 있는 것으로 해석된다.

[그림 IV-58] 도농 간 하수도 보급 형평성·효과성에 가장 중요한 것



자료: 저자 작성

---

## V. 평가결과 요약 및 정책제언

---

본고는 하수도 관리와 관련된 재정사업군에 대한 평가 보고서이다. 하수도 관리 사업군은 크게 하수처리장 설치사업, 하수처리수 재이용사업, 스마트하수도 관리체계 구축·운영사업, 하수관로정비BTL과 하수관로정비 사업, 면단위하수처리시설 설치사업, 우수저류시설 설치사업 등의 세부사업으로 구성되어 있다. 본고의 평가는 크게 사업의 타당성, 효율성, 효과성, 적정성의 관점에서 진행되었다. 사업의 타당성에서는 하수도 관리 사업군을 통해 정부에서 재정지원을 하는 데에 이론적 측면에서 정당성이 인정되는지를 확인하였다.

하수도 관리 사업군은 크게 네 가지 특성으로 하수처리 서비스 시장의 실패에 대응하여 시행함에 타당성이 인정되었다. 먼저, 하수처리 서비스가 가지는 사회에 대한 긍정적인 외부효과가 존재하기 때문에 시장에 맡길 경우 충분한 하수처리 서비스를 제공받지 못할 시장의 실패가 우려된다. 또한 하수처리 서비스는 공공재의 성격을 띠고 있어 이를 시장에 맡길 경우 무임승차의 문제와 같은 시장의 비효율성이 나타날 수 있기에 정부 개입이 인정된다. 하수처리 서비스가 가지는 규모의 경제 특성도 중요한 요인이다. 자연독점의 성격을 가지는 시장에서는 요금이 상품의 원가를 충당하지 못하는 경우가 흔히 발생하며 이를 정부가 지원하지 않을 경우 서비스 상품은 시장에 충분히 공급되지 못하는 문제가 발생한다. 규모의 경제를 충분히 누릴 수 있도록 정부가 보조하는 것은 시장의 공급자가 지속가능한 생산활동을 유지하는 데에 중요한 역할을 할 수 있다. 마지막으로 하수처리 서비스라는 상품을 자유롭게 거래하는 시장 자체가 완비되지 못하였다는 점에서도 시장의 실패가 발생할 수 있으며, 이에 따른 정부의 개입은 정당성을 가진다.

사업의 효율성은 크게 비용효율성과 생산효율성으로 구분하여 살펴보았다. 분석결과, 두 가지 측면 모두에서 하수처리시설은 규모의 경제를 가짐이 실증자료를 통해서도 다시 한번 입증되었다. 이에 따라 하수처리시설 중에서도 특히 소규모 하수처리시설들의 통합 내지 대규모 하수처리시설과의 연계가 필요하며, 약 5%가량 남은 하수도 비보급지역에 대한 서비스 제공방식에 신중한 접근이 요구된다.

사업의 효과성은 본 심층평가에서 가장 중요한 요소 중 하나로, 세부사업들이 각 목적에 맞게 효과를 거두고 있는지, 구체적으로는 수질개선의 효과가 있었는지, 그리고 침수예방

의 효과가 있었는지를 중심으로 분석하였다. 또한 국고보조가 하수처리사업에 효율성을 제고하는 데 얼마나 효과가 있었는지도 함께 분석을 진행하였다. 이로써 국고보조의 필요성을 재검토하는 효과를 기대하였다. 먼저, 수질개선과 관련해서는 데이터의 한계상 엄밀한 통계적 유의성을 기반으로 한 분석은 진행할 수 없었으나, 기초적인 전후비교법을 통해 하수유입수 대비 방류수 수질의 BOD가 명백히 개선되었음이 확인되었다. 나아가 근본적인 수질개선은 하수처리시설 단위의 개선보다 하천유역별로 수질을 얼마나 잘 관리하고 개선하였느냐의 관점으로 평가되기에 하수처리시설 주변 지역의 하천 수질에 미치는 영향을 살펴보고 대체로 수질이 개선된 것을 확인할 수 있었다. 다만, 수질개선을 이루는 과정이 비용효과적이었는가는 별개의 문제로, 처리시설 단위로 수질 하한을 두어 관리하는 것보다 유역 단위에서 최저 수질을 설정하는 것이 더 비용효과적이어서 관리 단위의 조정이 필요하다.

침수예방을 목적으로 하는 사업으로는 우수저류시설과 하수저류시설 설치사업이 있으며, 두 가지 저류시설 모두 침수예방효과가 있었던 것으로 나타났다. 다만, 2017년 이후 설치된 시설들은 이전에 설치된 시설들에 비해 그 효과가 명확하지는 않게 나타나 저류시설 설치장소의 선정에 신중을 기해야 한다는 시사점이 도출되었다. 특히, 정부 보조사업이 매칭 지원이기 때문에 특성상 상대적으로 재정이 우수한 지방자치단체 위주로 편성될 수 있어 사업 대상 선정기준에서 침수피해 가능성에 대한 배점 비중을 높이는 방향으로 정비할 필요가 있다. 효과성의 마지막으로, 국고보조의 수준에 따라 하수처리의 효율이 영향을 받았는지의 분석에서는 국고보조율이 높아지더라도 처리시설의 효율성은 특별히 개선되지 않는 것으로 나타났다. 결국, 국고보조를 확대하는 방향은 하수처리 서비스의 효율개선에 의미 있는 영향을 미치지 않으므로 국고보조를 확대하는 방식으로 하수처리 재원을 확보하는 정책 방향성은 지양해야 할 것이다.

사업의 적절성에서는 세부사업별로 현행 방식에서 부적절한 측면이 있는지를 검토하였다. 면단위하수처리시설을 포함한 하수처리장 설치사업에 대해서는 핵심적인 사항이 처리시설의 규모의 경제이다. 소규모 하수처리시설의 효율성은 특히 가동연수가 길수록 현저하게 떨어지는 것으로 나타났다. 따라서 농어촌이나 격오지에 하수도를 보급하더라도 소규모 하수처리시설을 신규 설치하는 것은 엄격한 기준에 따라 결정해야 한다. 예를 들어, 예측 생활오수량 규모에 따라 설치를 제한하는 것도 하나의 방법이다. 또한 기존의 소규모 하수처리시설 중에서도 가동연수가 오래되어 효율이 저하된 지역에서는 재설치를 준비할 때 단

순히 시설물을 신규로 대체하기보다 가까운 지역의 소규모 하수처리시설끼리 통폐합을 하거나 가까운 대규모 하수처리시설과 연계시키는 등의 대안을 적극적으로 적용해야 한다. 이 경우, 통폐합 혹은 연계로 인한 규모의 경제라는 편익과 이 과정에서 발생하는 추가적인 하수관로 설치에 따른 비용을 함께 고려하여 합리적인 정책선택을 해야 할 것이다.

하수처리수 재이용사업의 경우, 재이용률이 15% 수준에서 정채되어 있으며, 대부분의 하수처리시설에서 마땅한 수요처 확보 없이 재이용 의무비율을 준수하기 위해 장내용수로 활용하고 있다. 수요처를 사전에 확보하지 못하고 무조건적인 의무규정을 준수하기 위해 사업을 진행하는 것은 사업의 비효율을 높이게 된다. 따라서 공업용수나 여타 장외용수의 수요처를 발굴하는 것을 전제로 신규사업을 추진하거나 지자체에서 불가피하게 하수처리수 재이용 의무량 달성이 어려운 경우 무조건적인 의무규정 준수를 위한 사업계획 수립보다는 지역여건을 고려한 신규사업 발굴 등에 대한 보완계획을 물 재이용 관리계획에 포함하도록 하는 등의 개선방안 모색이 필요하다. 기존 공업용수 시설과 하수처리수 재이용시설을 연계할 수 있는 방안도 고려할 필요가 있다.

스마트하수도 관리체계 구축·운영사업은 우리나라의 상·하수도 지능형 관리 기술이 최고 기술을 보유한 국가 대비 70%대 수준이며, 관련 산업의 인력 유출이 심각한 상황이기에 적극적으로 추진해야 할 필요가 인정된다. 그렇지만 현재 시범사업 수준인 스마트하수도 관리체계 사업들이 이미 진행한 지 3년이 지났지만 사업 지연 등으로 성과분석이 제대로 이루어지지 못하고 있다. 이에 대응하여 환경부 및 지자체, 한국환경공단 등으로 구성된 스마트하수도협의체를 만들어 사업 추진 현황 및 계획을 점검하고 예산집행 제고, 사업 추진 시 애로사항 등에 대해 모니터링하고 있다. 이러한 정보들이 누적되면 이를 바탕으로 시범사업 이후 본사업을 진행할 때도 시행착오를 최소화하는 데에 기여할 것이다.

하수관로정비와 관련하여 BTL은 일반 재정사업과 비교해 효과성, 사업비 차원에서는 큰 차이를 발견하기 어려웠다. BTL을 도입한 지역이 그렇지 않은 지역보다 재정자립도에서 평균적으로 다소 낮았으나 유의미한 차이는 아니었다. 이러한 점들을 종합할 때 하수관로 정비의 지원방식은 각 지자체에서 지자체의 여건 등을 종합적으로 고려하여 개별 사업별로 결정해야 할 것이다.

우수저류시설과 하수저류시설을 설치하는 것은 모두 침수예방을 핵심사업목적으로 진행하는 사업이다. 사업의 내용도 매우 유사함에도 불구하고 전자는 행정안전부, 후자는 환경부 소관 사업이다. 앞으로 추가 설치하려는 수요도 우수저류시설의 경우 2025년 이후 86개소

가 계획되어 있고, 하수저류시설도 하수도 정비 중점관리지역의 지정을 통해 설치를 늘릴 계획이다. 즉, 향후 하나의 지역에 두 부처의 사업이 충돌하거나 협의하여 진행되어야 할 상황이 얼마든지 발생할 수 있으며, 유사 사업을 서로 다른 부처에서 진행하면 행정적인 비효율성은 피할 수 없다. 따라서 하나의 부처에서 총괄하거나, 각 소관부처의 계획수립 시 부처 간에 상호 계획과 사업정보를 공유하고 해당 내용을 계획에 반영할 필요가 있다. 유사 사업임에도 소관부처에 따라 다른 국고보조율을 적용하는 것도 지양하는 것이 적절하다. 또한 대심도 하수저류시설의 경우 사업의 특성상 막대한 사업비가 소요되기 때문에 선정 기준을 보다 엄밀하게 보완할 필요가 있으며, 법적 시설물 분류기준도 없어 시설물에 대한 명확한 정의도 수립해야 한다. 본고에서 사업별로 평가한 내용과 그에 대한 정책제언을 정리하면 <표 V-1>과 같다.

<표 V-1> 하수도 관리 사업군의 평가내용 및 정책제언

세부사업명	평가내용	정책제언
하수처리장 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수질기준을 개별하수처리시설별로 제한하는 것은 비효율적이지 않음</li> <li>- 소규모 하수처리시설의 BOD 처리효율이 낮으며, 특히 지자체가 운영하는 소규모 하수처리시설의 BOD 처리효율이 가장 낮음</li> <li>- 대규모·소규모 하수처리시설의 규모의 경계가 존재</li> <li>- 소규모 하수처리시설에서는 규모에 대한 수익 체증이 발견되지 않으며, 대규모 하수처리시설의 규모에 대한 수익 체증 존재</li> <li>- 소규모 하수처리시설의 가동률 편차가 크며, 특히 가동연수가 오래된 소규모 하수처리시설의 가동률 하락 문제 발생</li> <li>- 소규모 하수처리시설의 생산효율성이 낮음</li> <li>- 하수처리시설의 총사업비에서 국비가 차지하는 비중이 생산효율성에 미치는 영향은 유의하지 않음</li> <li>- 연간운영비용이 클수록 생산효율성은 증가하며, 이는 하수처리시설의 규모가 클수록 생산효율성이 높다는 것을 의미</li> <li>- 운영방식에 따른 생산효율성 차이는 미미함</li> <li>- 하수도보급률은 이미 높은 수준이나, 농어촌/면지역의 하수도보급률은 낮다는 점에서 농어촌/면단위 사업의 타당성 존재</li> <li>- 소규모 하수처리시설의 시설용량 톤당 사업비가 일반 하수처리시설에 비해 몇 배 이상 높음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 비용효과적인 관리를 위해 개별하수처리시설 단위로 수질기준을 적용하는 대신 유역 단위의 목표나 실행방안 마련 적극 검토</li> <li>- 선진국 수준의 높은 하수도 보급률(94.8%, 2021년 기준) 고려 시 하수처리장 설치의 재정확대는 지양. 특히, 소규모 하수처리시설의 경우 운영이 오래될수록 하수유입량이 감소하고 일부 시설의 가동률이 현저히 낮아 추가 설치 시 설치지역 및 규모에 대한 분석을 통해 신중하게 추진</li> <li>- 하수처리시설에 대한 규모의 경계가 나타나므로 소규모 하수처리시설 신설 시 기존 대규모 하수처리시설과 연계 등을 고려하되 추가 관로 설치 등의 비용측면을 함께 비교하여 비용효과적인 방안 선택</li> <li>- 소규모 하수처리시설 신설을 중심으로 운영되고 있는 농어촌마을하수도정비 사업과 면단위하수처리시설 설치 사업의 방향성을 조정할 필요</li> <li>- 가동연수가 오래되고 가동률이 낮은 소규모 하수처리시설에 대한 우선적인 통폐합 및 대규모 공공 하수처리시설 연계 등 필요. 다만, 통폐합 및 연계 방식을 적용할 경우 하수관로 추가설치에 따른 비용도 발생하므로 비용과 편익을 함께 고려한 합리적인 정책선택 필요</li> <li>- 시설용량 대비 유입수량이 지나치게 높거나 낮은 소규모 하수처리시설에 대한 점검 및 효과적인 운영방안 마련 필요</li> <li>- 향후 농어촌마을하수도정비 사업과 면단위하수처리시설 설치 사업 추진 시 설치지역과 설치규모를 적정하게 산정하는 기준 마련 필요</li> </ul>

〈표 V-1〉의 계속

세부사업명	평가내용	정책제언
하수처리수 재이용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하수처리수재이용률은 2016년 이후 15% 수준에서 정체</li> <li>- 현재 대부분의 하수처리시설에서 마땅한 수요처 확보 없이 재이용 의무비율을 준수하기 위해 장내용수로 활용하고 있음</li> <li>- 일부 하수처리시설은 법적 의무대상임에도 재이용 의무비율을 준수하지 못하고 있으며, 현재 물재이용법상에는 재이용 의무비율 미준수 시 과태료 부과기준 미비</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지자체에서 불가피하게 하수처리수 재이용 의무량 달성이 어려울 경우 하수처리수 재이용 의무규정 준수를 위한 무조건적인 사업추진보다는 지자체 물 재이용 관리계획 수립 시 지역여건을 고려하여 신규 수요 발굴 등에 대한 계획을 반영하고, 추진 사항·결과를 승인권자에게 정기적으로 제출하도록 하는 등의 방안 추진 필요</li> <li>- 현재 공업용수는 수요처 발굴에 어려움이 있으므로 우선적으로 정밀수요조사 등 수요처 발굴 방안을 마련하고, 신규사업 추진 시 선정기준을 강화하는 등 신중 추진</li> <li>- 신규사업뿐만 아니라 기존 공업용수 시설과 하수처리수 재이용 연계방안 마련</li> </ul>
스마트 하수도 관리체계 구축운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시대적·정책적·산업적 여건을 감안할 때 하수도 관리의 스마트화는 필수적인 요소</li> <li>- 다만, 스마트사업이 진행된 지 3년이 지났음에도 사업 지연 등으로 성과분석이 제대로 이루어지지 않고 있음. 이에 환경부는 지자체, 한국환경공단과 함께 협의체를 구성하여 모니터링 수행 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하수도 자산관리 및 통합관제시스템 구축사업은 각각 기존에 없던 사업이므로 향후에는 하나의 통합관리사업으로 운영·보완되도록 시행하는 것도 방법</li> <li>- 사업의 원활한 진행과 성과분석을 위해 모니터링 및 성과점검이 지속적으로 이루어질 수 있도록 관리체계 유지</li> </ul>
하수관로 정비(BTL)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하수관로 재정사업과 BTL 간 효과성(하수처리장 유입하수량, 유입BOD, 처리 효율, 인근 하천 수질 등) 평가결과 사업 추진별 차이는 존재하지 않음</li> <li>- 하수관로 재정사업과 BTL 간 총사업비 차이는 사업추진 방식별로 차이가 존재하지 않음</li> <li>- BTL 도입 지역과 미도입 지역 간 평균 재정자립도는 소폭 차이가 있으나 유의미한 차이는 아님</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하수관로에 대한 재정사업과 BTL 간 유의미한 차이를 발견하지 못함에 따라 지원방식의 선택은 각 지자체에서 사업의 경제성, 효과성, 특수성 등을 고려하여 개별 사업별로 결정해야 할 것</li> </ul>
하수관로 정비/ 우수저류 시설설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 행안부의 우수저류시설과 환경부의 하수저류시설의 호우로 인한 피해 예방 효과 추정: 추정결과 우수 및 하수 저류시설은 피해를 감소시키는 효과가 있는 것으로 도출. 다만 2010년에서 2017년 이전 설치된 시설은 효과가 있는 반면 이후 시설은 통계적으로 유의한 효과가 없는 것으로 추정됨</li> <li>- 대심도 하수저류시설은 현재 국내 운영 중인 시설이 신월 대심도 빗물저류시설만 있어 엄밀한 효과 추정은 어려우나 추정결과 유의한 재난 방지 효과 있음</li> <li>- 하수도 중점관리지역 지정의 효과 추정 결과 통계적으로 유의한 효과는 없는 것으로 추정됨</li> <li>* 지역과 피해 범위에 대한 분석 자료 한계 존재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 행안부의 우수저류시설과 환경부의 하수저류시설 모두 효과적인 침수예방 효과가 있는 것으로 나타남에도 불구하고 2017년 이후 설치된 시설은 상대적으로 효과성이 부족함. 시설의 설치, 즉 정부 보조 대상에 대한 심의 및 선택에 있어 새롭게 기준 정비 필요. 특히, 정부 보조사업이 상대적으로 재정이 우수한 지자체 위주로 편성될 가능성이 있어 대상 선정기준에서 침수위험성에 대한 배점 비중을 높일 필요</li> <li>- 대심도 하수저류시설은 추가적인 사업이 완료된 후 지속적인 모니터링이 필요하며 사업 특성상 막대한 사업비가 소요되는 만큼 선정 기준을 보다 엄밀히 마련할 필요가 있음. 또한 현재 대심도 하수저류시설은 법적으로 시설을 분류에 있어 명확한 기준이 마련되어 있지 않아 이에 대한 「하천법」 혹은 「하수도법」을 개정하여 시설물에 대한 명확한 정의 필요</li> </ul>

〈표 V-1〉의 계속

세부사업명	평가내용	정책제언
하수관로 정비/ 우수저류 시설설치		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하수도 중점관리지역의 지정 효과가 통계적으로 유의미하게 나타나지 않은 원인은 다양한 측면에서 존재할 수 있으므로 이에 대한 객관적이며 정교한 분석을 통해 개선방향 설계 필요</li> <li>- 현재 행안부의 우수저류시설과 환경부의 하수저류 시설은 설치 위치 및 주요 목적의 차이로 인하여 각각 행안부와 환경부에서 관장하고 있으나 주요 목적 측면에서는 중복의 우려가 있음. 행정안전부에 따르면 향후(2025년 이후) 추가 설치가 필요한 우수저류시설이 총 86개소로 파악되었으며 환경부도 지속적으로 하수도 중점관리지역 지정을 통해 하수저류시설 설치를 늘려갈 계획임. 또한 환경부의 하수저류시설 시행 시 문제가 되어 이에 대해 부처 간 협의로 이를 조정하였음(2011. 9. 1.). 소관부처별로 적용하는 국고보조율을 통일하거나 구체적인 상호 보완적인 설치계획을 설계하는 등의 방안 적용 필요</li> <li>- 도시 침수대응에 필요한 사업임에도 평상시 활용도가 낮아 향후 설계 시에는 이러한 활용도를 제고할 수 있도록 계획에 적극적인 반영 필요</li> </ul>
※ 국고보조 수준 및 요금현실화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국고 보조율을 높이는 것이 하수처리의 생산효율을 높이는 것과는 유의미한 관계가 없는 것으로 나타남</li> <li>- 낮은 요금 현실화율이 고착화되고 있어 개선이 필요한 상황임</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업의 특성상 국고보조 그 자체는 필요하나 보조수준은 이슈가 될 수 있음. 재정자립도가 현저히 낮은 지자체에 대한 지원을 우선하는 방법 등이 고려될 수 있으나, 기존 하수처리시설 확충에 대한 국고 보조율 및 재정확대는 지양할 필요</li> </ul>

## 참고문헌

[국내자료]

- 감사원, 「감사보고서-분류식 하수관로 정비사업 추진실태(국회감사요구사항)」, 2018.
- 강상목, 『효율성·생산성·성과분석』, 법문사, 2015.
- 국회예산정책처, 「하수도시설확충사업 평가: 하수도공기업 효율성 평가를 중심으로」, 2009.
- \_\_\_\_\_, 「2022년도 예산안 위원회별 분석(환경노동위원회)」, 국회예산정책처 예산안분석시리즈 II, 2021.
- \_\_\_\_\_, 「2023년도 예산안 위원회별 분석(환경노동위원회)」, 국회예산정책처 예산안분석시리즈 II, 2022.
- 김호정·류재나·한대호·이영경, 『지방자치·분권 강화에 따른 유역 중심의 하수도 관리체계 연구』, 한국환경정책·평가연구원, 2018.
- 나성린·전영섭·홍성훈·허은정, 『공공경제학』, 박영사, 2022.
- 농림축산식품부, 「2017 농어업인 삶의 질 향상 및 농어촌 지역개발 시행계획 지역평가 보고서(정주생활기반)」, 2017.
- 문현주·정아영, 『지속가능한 상하수도 재정체계 구축 및 운용방안 연구(II)』, 연구보고서 2014-13, 한국환경정책·평가연구원, 2014.
- 손민영·장기철, 「서울시 ‘대심도 빗물배수터널 타당성 및 기본설계용역’ 소개」, 『물과미래』, 56(5), 2023, pp. 24~33.
- 송호면·조정일·안충희, 「하수관거정비 btl사업의 효과분석 및 방안 수립 연구」, 『상하수도학회지』, 24(6), 2010, pp. 743~751.
- 안대훈·김종오, 「하수관거정비사업의 사업효과 분석 및 유량계 설치 개선방안에 관한 연구」, 『한국습지학회지』, 15(4), 2013, pp. 461~469.
- 이준구·조명환, 『재정학』, 문우사, 2021.
- 이효성, 「임대형민자사업(BTL) 하수관거 정비공사 개선방안」, 한양대학교 석사학위논문, 2017.
- 정성우·김남원·김은광·이명은·고애진·김송연·정세미, 『2020년 상·하수도R&D 기술동향보고서』, 환경부·한국환경산업기술원, 2021.
- 조영무·홍이실, 『물산업 운영·관리 분야의 민간참여 활성화 방안』, 기본연구 2017-04. 경기연구원, 2017.
- 한국수자원공사, 『하폐수 재이용 활성화를 위한 정책방안 연구』, 2020.
- 한국전력공사, 「전기요금 원가정보」, 각 연도(2017~2021).

- 한국환경연구원, 「공공하수도 자산관리 제도 도입 방안 연구」, 2019.
- 환경부, 『분류식하수도 시설기준 및 유지보수기준 개선방안 연구』, 2007.
- \_\_\_\_\_, 『하수저류시설 설치 및 운영관리매뉴얼』, 2013.
- \_\_\_\_\_, 「하수도통계」, 각 연도(2017~2021).
- \_\_\_\_\_, 『하수관로정비 임대형 민자사업(BTL) 시행지침』, 2018.
- \_\_\_\_\_, 「상수도통계」, 2021a.
- \_\_\_\_\_, 「제2차 물 재이용 기본계획」, 2021b.
- \_\_\_\_\_, 2021년 기준 물산업 통계조사 보고서, 2022.
- \_\_\_\_\_, 『하수도분야 보조금 편성 및 집행관리 실무요령』, 2023a.
- \_\_\_\_\_, 『2023년도 환경부 소관 예산 및 기금운용계획 개요』, 2023b.
- \_\_\_\_\_, 『하수도 관리 사업군 사업설명서』, 2023c.
- \_\_\_\_\_, 『하수도정비기본계획 수립지침』, 2024.
- KDI 공공투자센터, 『임대형 민자사업(BTL) 서비스 성과평가 개선방안 연구』, 2014.

[해외자료]

- Bowman, A., C. Lott, C. Meenan, K. Rollins, S. Stoddard, and L. Singletary, *Elasticity of Price Demand for Water for Residential and Commercial Sectors in Nevada*. Special Publication 18-05, University of Nevada Cooperative Extension, 2018.
- De Loecker, J., “Detecting Learning by Exporting,” *American Economic Journal: Microeconomics*, 5(3), 2013, pp. 1~21.
- Farsi, M., M. Filippini, and W. Greene, “Efficiency measurement in network industries: Application to the Swiss railway companies,” *Journal of Regulatory Economics* 28, 2005, pp. 69~90.
- Goodman-Bacon, A., “Difference-in-differences with variation in treatment timing,” *Journal of Econometrics*, 225(2), 2021, pp. 254~277.
- Greene, W., “Reconsidering heterogeneity in panel data estimators of the stochastic frontier model,” *Journal of Econometrics*, 126, 2005, pp. 269~303.

- Jha, S. K., G. Saltiel, and L. Andres, “Can Tariffs Support Affordable and Sustainable Water and Sanitation Services in Times of Climate Change and other Crisis?,” The Water Blog. World Bank, 2023.
- Mundlak, Y., “On the pooling of time-series and cross-section data,” *Econometrica* 64(1), 1978, pp. 69~85.
- Leflaive, X., and M. Hjort, Addressing the social consequences of tariffs for water supply and sanitation. Environment Working Paper No. 166, 2020.
- OECD, *Managing Water for All: An OECD Perspective on Pricing and Financing*. OECD Publishing, Paris, 2009.
- \_\_\_\_\_, *Enhancing Water Use Efficiency in Korea: Policy Issues and Recommendations*. OECD Studies on Water. OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264281707-en>, 2017.
- \_\_\_\_\_, *Water: Freshwater abstractions*. OECD Publishing, Paris, 2019.
- \_\_\_\_\_, *Environment at a Glance 2020*. OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/4ea7d35f-en>, 2020a.
- \_\_\_\_\_, *Financing Water Supply, Sanitation and Flood Protection: Challenges in EU Member States and Policy Options*. OECD Studies on Water. OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/6893cdac-en>, 2020b.
- \_\_\_\_\_, *Financing a Water Secure Future*. OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/a2ecb261-en>, 2022.
- \_\_\_\_\_, Environment Statistics(database).
- Pitt, M. M., and L.-F. Lee, “The measurement and sources of technical inefficiency in the Indonesian weaving industry,” *Journal of Development Economics* 9, 1981, pp. 43~64.

[보도자료 및 기사]

- 『전자신문』, 「삼성전자 “하수처리수, 반도체 공업용수로 재탄생”…환경부·경기도와 ‘맞손’」, 2022. 11. 30, <https://www.etnews.com/20221130000125>, 검색일자: 2023. 12. 30.
- 『한국경제』, 「인천에 국내 첫 통합 스마트 하수도 시스템 구축」, 2023. 10. 23, <https://www.hankyung.com/article/202310238133Y>, 검색일자: 2024. 2. 15.
- 『한국경제신문』, 「땅 속 몇 m까지가 내 땅?」, 2014. 8. 26, <https://www.hankyung.com/article/2014082683791>, 검색일자: 2024. 1. 31.

- 『한국일보』, 「32만톤 담은 ‘신월 빗물터널’ 덕에 양천구 침수 피해 없었다」, 2022. 8. 11,  
<https://m.hankookilbo.com/News/Read/A2022081116270001444?rPrev=A2022081117170000025>, 검색일자: 2024. 1. 31.
- 환경부, 『13.11.20, 11.21 아시아경제와 건설경제에 보도된 “하수관거 BTL 사업 성과평가 미흡” 내용에 대하여 해명합니다.』, 2013. 11. 21.
- \_\_\_\_\_, 「전국 소규모공공하수도, 정밀조사 후 개선대책 마련」, 2019. 7. 1.
- \_\_\_\_\_, 『도시침수 예방을 위한 하수도시설 확충』, 2023. 10. 31.

[웹사이트]

- 국가법령정보센터(<https://www.law.go.kr/>)
- 국민재난안전포털(<https://www.safekorea.go.kr/idsiSFK/neo/main/main.html>)
- 기후정보포털(<http://www.climate.go.kr/home/>)
- 물환경정보시스템(<https://water.nier.go.kr/web>)
- 지방재정통계(<https://www.lofin365.go.kr/portal/LF3140101.do>)
- 하수도정보시스템(<https://www.hasudoinfo.or.kr/stat/statNormal.do>)
- 행정안전부(<https://www.mois.go.kr/frt/sub/a06/b11/runoffPrevention/screen.do>)
- KDI 공공투자관리센터(<https://pimac.kdi.re.kr/about/private.jsp>)
- Program Evaluation(<https://evalf21.classes.andrewheiss.com/>)
- Urban Green-Blue Grids for resilient cities(<https://urbangreenbluegrids.com/measures/rainwater-storage-below-buildings-such-as-parking-garages/>)

## 부 록

### <부록 1: 하수처리시설과 우수유출저감시설 비교>

하수처리시설과 우수유출저감시설은 목적과 단위 규모상 다음과 같은 차이가 있다. 행정안전부의 우수유출저감시설은 침수예방만을 목적으로 지구단위 규모의 단일 기능시설이다. 반면, 환경부의 하수처리시설은 배수구역(분구) 단위 규모에서 수질개선(비점오염저감 등), 침수예방, 물 재이용 등 다양한 기능을 수행할 수 있는 하수도 시설이다([부도 1] 참조). 이외에도 구분할 수 있는 두 시설 간의 차이는 <부표 1>을 참고할 수 있다.

[부도 1] 하수처리시설 개념도



자료: 저자 작성

〈부표 1〉 하수처리시설과 우수유출저감시설 비교

구분	우수유출저감시설	하수처리시설
시행주체 (주무부처)	지자체(행정안전부)	지자체(환경부)
주요 기능	침수예방 및 저감	수질개선(비점오염예방 등), 침수예방, 물 재이용 등
수혜대상	지역주민	지역주민
사업내용 (설치 목적, 위치)	빗물이 하수관로에 유입되기 전 산지·계곡 등 상류지역에서 내려오는 침투유출량을 저감하기 위해 유역 중상류 지역에 설치	배수구역 내에서 하수관로로 유입된 관로용량 초과 하수 저장
관련 법령	자연재해대책법	하수도법
대상시설	· 우수유출저감시설(자연재해대책법 제2조 제7호) - "우수유출저감시설"이란 우수(雨水)의 직접적인 유출을 억제하기 위하여 인위적으로 우수를 지하로 스며들게 하거나 지하에 가두어 두는 시설과 가두어 둔 우수를 원활하게 흐르도록 하는 시설을 말한다. - "우수처리시설"은 우수유출저감시설 중 지하에 가두어 두는 시설	· 하수도시설 - 「하수도법」 제2조제3호에 따른 하수도 중 하수관로, 하수처리시설
내수배제 계획	· 우수유출저감시설* , 빗물펌프장 중심 대책 - 기존 하수도시설과 연계하여 우수처리시설 설치(우수처리조 유입, 유출 관로, 유역분리 등 사업 효과 발휘에 필요한 시설설치에 예산 지원) * 대부분 유역 중 상류부 설치, 기존 하수관로와 연계하여 저류조 규모, 설치 위치 결정	· 하수도시설(관로, 저류시설 등) 연계*로 종합대책 마련 - 배수구역 내 종합적인 침수원인분석 및 침수해소방안 제시(관로 + 저류시설 + 펌프장 등) * 하수관로, 저류시설, 펌프장 등 하수도시설 유기적인 연계로 침수예방
계획기준 (설계강우)	· 50년 빈도 확률 강우량, 방재성능목표*를 고려하여 상향 적용 * 각 지자체별 공표된 "방재성능목표 설정 기준"	· 하수도설계기준 적용 강우자료 분석을 통해 하수도 시설물별 최소 설계빈도는 지선관로 10년, 간선관로 30년, 빗물펌프장 30년으로 하며, 기후변화로 인한 강우특성의 변화 추세, 방재상 필요성, 지역의 특성을 반영하여 설계빈도를 지선관로 30년, 간선관로 50년, 빗물펌프장 50년으로 하거나 이보다 크게 정할 수 있다. ⇒ 지역적 특성을 반영한 적정설계빈도 기준 설정
설계기준 적용	· 하수관로: 하수도설계기준 적용 · 우수유출저감시설: 우수유출저감시설의 종류, 구조, 설치 및 유지관리 기준 (고시) 적용	· 하수관로, 하수처리시설: 하수도설계기준 적용
오염관리계획	미고려(침수예방 위주)	하수처리시설(오염물질 저감 및 감소 계획 반영)

## 〈부록 II: 소규모 하수처리시설 통합 신설 및 공공연계 처리 사례〉

환경부는 소규모 하수처리시설 통합·연계 처리 시 예산을 우선지원하고 일정규모(50m<sup>3</sup>/일) 이상으로 설치 시 예산을 지원하는 정책방향(생활하수와-1451호(2021. 6. 4.))을 반영하여 소규모 하수처리시설을 통합 신설하거나 공공연계하는 등의 시도를 하고 있다. 이는 기존 시설이 노후하여 하수처리 효율이 저하되고 있으며, 소규모 하수처리시설이 산재되어 있다 보니 유지관리가 쉽지 않은 데에 따른 것이다. 통합 신설과 공공연계 처리를 통해 하수의 효율적 처리능력을 확보하고 방류수역 수질 개선을 통한 농어촌지역의 생활환경 개선을 목적으로 한다.

소규모 하수처리시설을 폐쇄한 뒤 후속조치로 공공연계와 통합 신설의 방법으로 시설 운영의 효율화를 도모한다. 공공연계는 기존 소규모 하수처리시설을 폐쇄(또는 운영 중지)하고 공공하수처리시설(500m<sup>3</sup>/일 이상)에 연계처리하는 것이다. 통합 신설은 기존 소규모 하수처리시설을 폐쇄하고 인근 시설 또는 하수 미처리 가옥들을 통합하여 하나의 처리장으로 신설하는 계획이다. 이러한 작업이 실제 진행된 사례는 〈부표 2〉와 같다.

〈부표 2〉 공공연계 및 통합 신설 사례

지역	사업명	사업내용	주요 사유	비고 (완공예정일)
보성군	용추·대산	용추(40m <sup>3</sup> /일) 폐쇄 후 인근지역 통합 신설(170m <sup>3</sup> /일)	기존 시설 고도처리 불가로 처리효율 저하	공사 중 (공정률 48%)
고성군	초도리	초도(300m <sup>3</sup> /일) 폐쇄 후 거진공공하수처리시설(5,000m <sup>3</sup> /일) 연계처리	시설 노후화에 따른 기술진단 결과 반영	2023. 4. 준공
양평군	무왕	거치리(40m <sup>3</sup> /일), 초왕골(40m <sup>3</sup> /일) 폐쇄 및 통합 신설(80m <sup>3</sup> /일)	시설노후화에 따른 구조적 결함 발생	공사 중 (공정률 60%)
문경시	현리	현리(30m <sup>3</sup> /일) 폐쇄 후 점촌공공하수처리시설(30,000m <sup>3</sup> /일) 연계처리	시설 노후화에 따른 시설 운영 및 유지관리 곤란으로 운영중지('17, '18, '19) 이후 지방비 투입을 통한 관로매설 및 공공연계 계획	연계관로 준공
	노루이	노루이(40m <sup>3</sup> /일) 폐쇄 후 적성 소규모하수처리시설(125m <sup>3</sup> /일) 연계처리		
	백합동	백합동(40m <sup>3</sup> /일) 폐쇄 후 가은 공공하수처리시설(3,000m <sup>3</sup> /일) 연계처리		

자료: 환경부 내부자료