| 발 간 등 록 번 호 |
| --- |
| 12-1481022-000005-01 |

일반 보고서 2023-01

# 자연기반해법(NbS)을 활용한 지속가능한 통합물관리 방안 연구

대통령직속 국가물관리위원회

# 제 출 문

대통령 직속 국가물관리위원회 귀하

본 보고서를 “자연기반해법(NbS)을 활용한 지속가능한 통합물관리 방안 연구” 용역의 최종보고서로 제출합니다.

2023년 11월

연구기관명: (사)한국물환경학회 및 한국수자원공사

# 참 여 연 구 진

**연구 수행 책임자** 김이형, 공주대학교 스마트인프라공학과, 교수, 연구 총괄

**연구 수행자**

**책임연구원**

김이형, 공주대학교 스마트인프라공학과, 교수

**연구원**

최지용, 서울대학교 그린바이오과학기술연구원, 교수
김형수, 인하대학교 사회인프라공학과, 교수
김수전, 인하대학교 사회인프라공학과, 부교수
서재승, 인하대학교 수자원시스템연구소, 연구교수
조형진, ㈜에코앤지오, 대표이사
진승남, ㈜에코앤지오, 연구소장
박현오, 한국수자원공사, 부장
김세근, 한국수자원공사, 차장

**연구보조원**

배영혜, 인하대학교 수자원시스템연구소, 연구교수
최혜선, 공주대학교, 연구교수
최창호, ㈜에코앤지오, 전임연구원
원종서, ㈜에코앤지오, 주임연구원
성준규, 한국수자원공사, 과장
정재성, 한국수자원공사, 대리

# 요약문

# 요약문

## 1 과업 소개

❍ 과 업 명: 자연기반해법을 활용한 지속가능한 통합물관리 방안 연구

❍ 과업 기간: 2022년 11월 11일~2023년 11월 6일

❍ 수행 기관: ㈔한국물환경학회(총괄), 한국수자원공사

❍ 과업 목적: 수자원, 홍수와 가뭄, 하천과 하·폐수 등의 수질, 수생태계, 여가와 생태공간 창출 등 통합물관리 실현을 위해 물 분야에서의 자연기반해법의 적극적 활용 방안을 검토하고 제도적 기반 마련을 추진하고자 함

❍ 과업 내용

- 물관리 분야 자연기반해법 적용 사례 조사 및 시사점 도출
- 자연기반해법의 활용성 평가 및 우선 분야 도출
- 인식도 제고 및 관련 분야 간 협력체계 강화
- 자연기반해법 활용 확대를 위한 정책 방향 및 법·제도 개선 방안 제시

## 2 연구 배경

❍ 기후변화 체제

- 유엔 기후변화 협약(UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change)(1992년 6월): 브라질 리우에서 '공동의 그러나 차별화된 책임(Common But Differentiated Responsibilities)'에 따라 각자의 능력에 맞게 온실가스를 감축
- 교토의정서(Kyoto Protocol) 채택(1997년 제3차 당사국총회): 선진국의 수량적 온실가스 감 의무를 규정하고 기후변화의 주범인 여섯 가지 온실가스(이산화탄소, 메탄, 이산화질소, 수소불화탄소, 과불화탄소, 육불화황)을 정의함
- 파리협정(Paris Agreement) 채택(2015년 COP21): 모든 국가가 자국의 상황을 반영하고 참여하는 보편적인 온실가스 감축 체제 마련 및 지구 평균기온 상승을 산업화 이전 대비 2℃보다 낮은 수준으로 유지하고, 1.5℃로 제한하기 위해 노력함

❍ 생물다양성협약(Convention on Biological Diversity, CBD)

- 생물다양성은 세 가지(종다양성, 생태계 다양성, 유전자 다양성) 수준에서 파악하고 생물 다양성 보전, 생물다양성의 지속가능한 이용, 유전자원의 이익을 공정하고 공평하게 배분하려는 목적의 국제조약
- 1992년 리우 지구환경정상회담에서 150개 정부가 서명한 3개 협약(기후변화협약, 생물다양성협약, 사막화방지협약) 중 하나임
- 생물다양성이 곧 인류의 식량 안전, 의약품, 대기, 수질, 거주지 및 우리가 살고 있는 건강한 환경에 필요함
- COP15(2022)의 생물다양성협약 주요 목표: 2030년까지 육지, 해안 및 해양의 30%를 보호구역으로 지정 관리, 훼손된 육지·해안·해양의 최소 30%를 복원

❍ 지속가능목표(Sustainable Development Goals): 17개 목표, 169개 세부 목표로 이행하는 국제사회의 최대 공동 목표

- 2000~2015년 밀레니엄개발목표(MDGs) 종료 후 2016~2030년 기간 유엔과 국제사회의 최대 공동 목표
- 인류의 보편적 문제, 지구 환경 문제(기후변화, 에너지, 환경오염, 물, 생물다양성 등) 및 경제·사회 문제의 해결

## 3 연구 필요성

❍ 물환경 부문의 현황 및 한계

- 하수도보급률은 95%(2021년 기준)를 달성하고 있으나 여전히 수질 악화 지역이 존재하고 녹조가 발생하고 있기에 자연기반해법을 활용한 통합물관리가 필요함
- SDG6의 향상(2021년 기준)에도 불구하고 SDG13(기후대응), 14(수생태계), 15(육상생태계) 정체 또는 악화로 물과 생태계 연계성이 약화되어 있기에 자연기반해법을 활용해야 함
- 4대강 유입 부하의 약 70%(2020년 기준)가 비점오염원에 기인하고 있으나 비점오염관리 예산은 미흡한 상황이기에 비용효율적 방안인 자연기반해법을 추진해야 함

❍ 수자원 부문의 현황 및 한계

- 상수도보급률도 99%(2021년 기준) 달성하고 있으나 수자원의 편중화로 인하여 용수 공급 갈등이 심화됨
- 하천 관련 예산(생태하천 복원사업, 지방하천 정비사업, 소하천 정비사업 등)의 지방 이전으로 국가 중심 하천을 정비하는 데 어려움이 있기에 자연기반해법을 활용하는 기술적 지원 체계를 구축해야 함
- 건기에는 하천 유량의 50% 이상이 기저유출이기에 지표수 및 지하수 연계 관리를 위하여 자연기반해법의 통합물관리 전략이 필요함

❍ 기후변화의 현황 및 한계

- 30㎜/hr 이상의 호우 발생빈도와 대기 및 지표 온도의 지속적 상승 경향에 비해 평균 대기습도는 지속적 감소 경향을 보이는데 이는 극한기후(가뭄, 홍수 등) 발생 증가 의미
- 극한기후 발생 빈도 및 강도의 증가는 가뭄, 홍수, 침수, 수질, 녹조, 수생태계의 건강성에 동시적으로

영향을 미침

- 유역 내 토지 이용 고도화(도시 지역 불투수면적률, 시설재배지, 가축분뇨 자원화 정책 등)가 물순환 및 물질순환을 왜곡시키기에 생태계서비스 기반의 유역 기반 통합물관리가 필요함
- 세계경제포럼(2022년)의 「글로벌 위기보고서」의 향후 10년 이내에 발생할 수 있는 10가지 위기 요인 중 상위 5위가 환경적 요인(기후대응 실패, 극한기후, 생물다양성 훼손, 자연자원 위기, 사람에 의한 환경훼손 등)으로 자연기반해법(Nature-based Solutions, NbS)을 활용하는 건전한 물순환 체계 구축으로 생태계에서 사람과 자연의 지속가능성을 확보할 필요가 있음

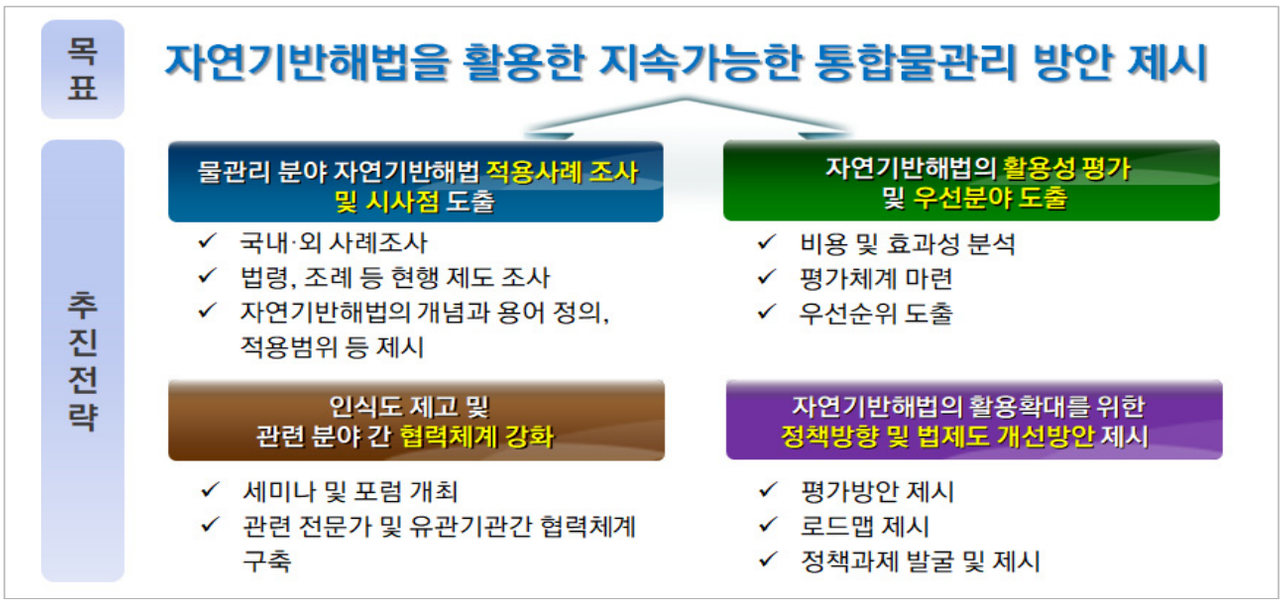
❍ 정책적 변화

- 물관리기본법 및 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030) 추진으로 유역 단위 통합물관리가 필요하나 개별법 위주의 물관리로 통합물관리에 한계가 있기에 자연기반해법을 연계한 통합물관리 전략이 필요함
- 물관리 일원화로 수량, 수질, 수생태 통합관리 기반이 구축되었으며 자연기반해법의 통합물관리 가능
- 물관리기본법 시행으로 물관리 패러다임이 선 관리와 면 관리가 동시에 필요한 시점이기에 자연기반해법을 활용한 유역 및 하천 연계 물순환이 가능함

## 4 연구 목표 및 내용

❍ 물인프라(물환경, 수자원 등)에 대한 지속적 투자로 물 이용, 물환경, 물재해 등에 대한 높은 성과를 도출하였으나 향후 기후변화 및 극한기후, 지속적 유역 토지 이용 변화, 물 이용의 가변성 등을 고려할 때 통합물관리 기반의 새로운 물관리기법 필요

❍ 본 연구는 물관리 분야(수자원, 물환경, 물재해 등)의 통합물관리 달성을 위하여 물 분야에 자연기반해법의 적극적 활용 방안을 검토하고 제도적 기반 마련을 추진하는 것이 목표임




## 5 물관리 분야의 자연기반해법 적용 사례

### (1) 자연기반해법의 정의 및 확대를 위한 정책수단

❍ 유엔은 기후변화, 생물다양성, 지속가능목표 달성을 위하여 자연기반해법을 중요한 이행 수단으로 평가하면서 2018년 제8차 세계물포럼 이후 보급을 확대

- 자연기반해법은 선진국뿐만 아니라 개도국에 이르기까지 공평하게 적용될 수 있는 기법이며, 사람과 자연에 지속가능성이라는 공동의 혜택을 제공하는 기법임
- 자연기반해법의 주요 원리는 자연이 물질순환, 물순환, 에너지 흐름을 사회, 경제, 문화 전반에 활용함으로써 지속가능한 복원력(sustainable resilience)을 확보하는 중요한 전략

❍ 자연기반해법은 경제적·환경적 혜택을 제공하는 동시에 다양한 사회적 문제를 다루고 해결하기 위해 확장

〈자연기반해법의 정의 사례〉

| 구분 | 정의 |
|---|---|
| 일반적인 자연기반해법 | 기후변화, 물 안보, 수질오염, 식량 안보, 사람의 건강, 생물다양성 손실, 재해 위험관리와 같은 사회 환경 문제 해결을 위해 자연적 특징과 과정을 지속가능하게 관리하고 사용하는 것을 의미 |
| European Commission | 자연적 기작을 활용하여 다양한 생태계서비스를 제공하면서 비용효율적이고 환경, 사회 및 경제적 이점을 제공하면서 복원력(resilience)을 구축하는 기법 |
| Nature-based Solutions Initiative | 사람들이 변화와 재해에 적응할 수 있도록 돕기 위해 자연과 협력하고 향상하는 행동(예: 맹그로브복원, 옥상녹화, 그린월 등)이며 수질 정화, 재해 예방, 탄소 흡수 및 격리, 열섬현상 완화, 생물다양성 확보, 사람의 웰빙 등에 기여하는 기법 |
| IUCN(International Union for Conservation of Nature) | 자연 또는 인공생태계를 보호하고 지속가능하게 관리·복원하기 위한 조치로 사회적 문제를 효과적이고 적응적으로 해결하면서 인간의 복지와 생물다양성 혜택 제공하고 기후변화, 식량 안보, 재난 위험 등 사회적 문제와 물 안보, 사회 및 경제발전, 인간의 건강에 기여하는 기법 |

| 구분 | 정의 |
|---|---|
| United Nations(UN) | 자연기반해법은 자연적 과정을 사용하거나 모방하여 물 가용성(예: 토양 수분 보유, 지하수 재충전) 개선, 수질 개선(예: 자연 및 인공 습지, 수변 완충대), 물 관련 재해 및 기후변화와 관련된 위험(예: 범람원 복원, 녹색 지붕)을 줄이기 위한 기법이며, 자연기반해법은 비용 효율적인 방식으로 회색 인프라를 대체, 확장 또는 병행할 수 있는 녹색 인프라를 포함 |
| 자연기반해법<br>(김이형, 자연기반해법의 원칙 및 적용 사례, 물과 미래) | 자연기반해법은 지속적인 인구증가, 도시개발 및 기후변화 등으로 야기된 다양한 문제, 특히 수자원 안보, 수질오염, 식량 안보, 인간의 건강, 재난 위험 등의 관리를 자연에 기반하여 효율적으로 관리하는 전략 |

**〈EU의 자연기반해법 관련 정책수단〉**

| 정책 분야 | 정책 수단 |
|---|---|
| 생물다양성 | • 서식지지침(Habitats Directive, 1992)<br>• 조류지침(Birds Directive, 1979/2009)<br>• 2020 생물다양성전략(Biodiversity Strategy to 2020, 2011)<br>• 그린인프라전략(Green Infrastructure Strategy, 2013)<br>• 환경 및 자연보전과 기후행동 프로젝트 지원을 위한 EU의 금융상품시장지침 (the EU's financial instrument supporting environmental, nature conservation and climate action projects, LIFE) |
| 물 | • 물관리기본지침(Water Framework Directive, 2000)<br>• 홍수지침(Floods Directive, 2006) |
| 해양환경 | • 해양전략기본지침(Marine Strategy Framework Directive, 2008)<br>• 청색 성장 전략 및 지침서(Blue Growth Strategy(& Guidance), 2012)<br>• 유럽해양수산기금(European Maritime and Fisheries Fund, 2014) |
| 산림 | • 산림 전략(Forest Strategy, 2013) |
| 농업 및 지역 정책 | • 유럽 농업농촌개발기금이 포함된 공동농업정책(Common Agricultural Policy including the European Agricultural Fund for Rural Development(EAFRD), 2013)<br>• 유럽연합을 위한 도시 어젠다(Urban Agenda for the EU, i.e. Pact of Amsterdam, 2016) |
| 적응 | • 기후변화 적응 전략(Climate Change Adaptation Strategy, 2013) |
| 연구 | • 7차 연구와 혁신을 위한 Horizon 2020 프레임워크 프로그램(7th & Horizon 2020 Framework Programmes for Research and Innovation) |
| 결속과 성장 | • Europe 2020 전략(Europe 2020 Strategy, 2010)<br>• 순환경제행동계획(Circular Economy Action Plan, 2015)<br>• 결속기금(Cohesion Fund)<br>• 유럽사회기금(European Social Fund)<br>• 유럽지역개발기금(European Regional Development Fund, ERDF) |
| 환경평가 | • 환경영향평가 지침(Environmental Impact Assessment Directive, 1985)<br>• 전략적 환경평가(Strategic Environmental Assessment Directive, 2001)<br>• 전략적 환경평가 협약(Protocol on Strategic Environmental Assessment, 2008) |

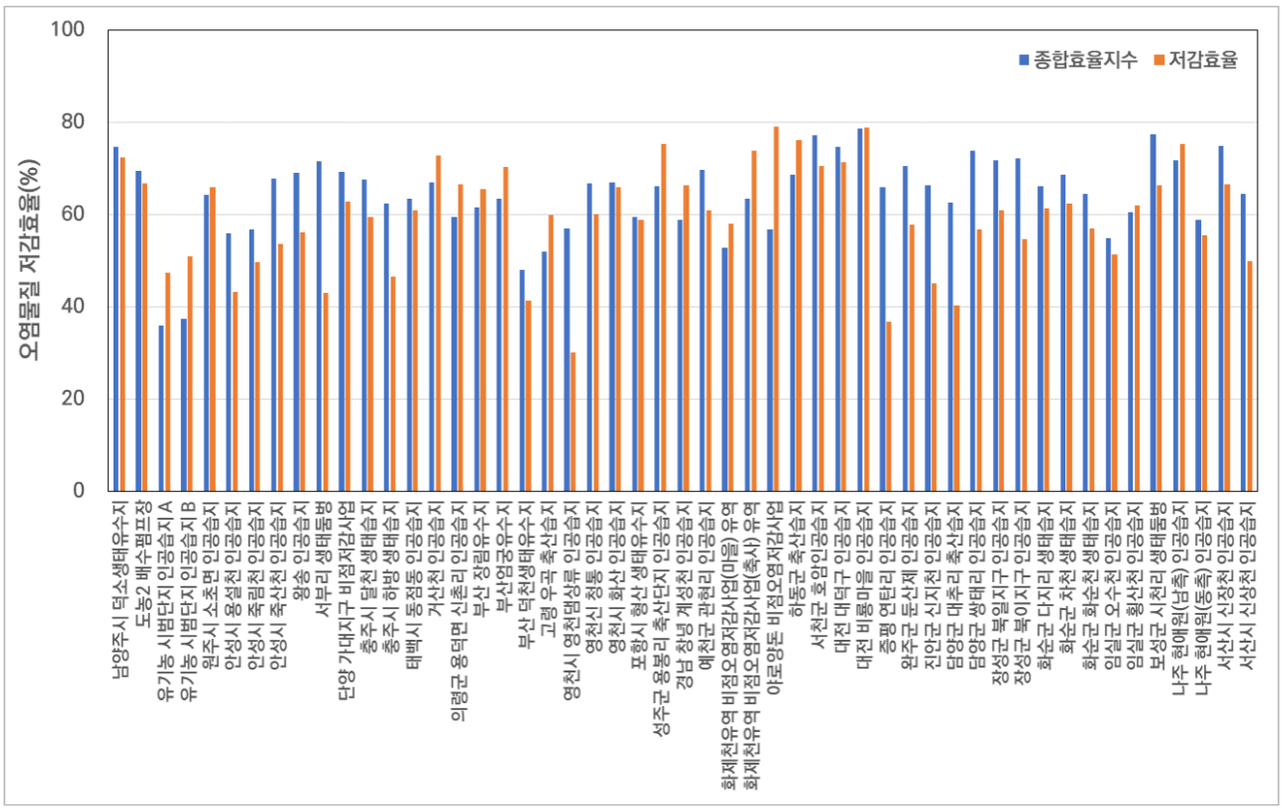
### (2) 자연기반해법 적용 사례 및 효과

❍ 수자원 부문

- 자연기반해법을 활용한 홍수관리시설의 설계 기술에는 홍수터와 주수로 준설을 통한 홍수공간 확보뿐만 아니라 분류수로, 이차수로를 통한 홍수 흐름의 분배, 제방 후퇴, 제방 이설, 구하도 복원, 강변 저류지 등을 활용한 저류공간 확보, 습지화를 통한 철새 도래지 제공, 홍수소통 장애물 제거(교량 개선 및 수제 높이 감소) 및 제방 강화 등의 요소 기술 등을 포함
- 수자원 부문의 자연기반해법 활용 사례는 유럽에서 광범위하게 적용되고 있으며 그 중 독일 뮌헨의 Isar Plan, 네덜란드의 Room for the River, 이탈리아 룸바르디아의 The Gorla Maggiore water park, 북아일랜드의 Garron Plateau Bog Restoration Project, 스코틀랜드의 Eddleston Water Project, 이탈리아의 EU Horizon 2020 Phusicos Project 등 다양한 국가에서 적용
- 국내에서는 유역 물관리를 위하여 자연기반해법을 적극적으로 적용하고 있으며, 그중에서 댐 홍수터의 자연 기반 수질 정화, 홍수 조절 및 탄소 흡수원 기능으로 수변정화림, 생태습지 등의 자연기반해법 요소 기술을 적용
- 국내에서 자연기반해법의 수자원 부문 적용 사례는 다양한 하천 정비사업 및 생태하천 복원사업(함평군의 함평천, 오산시 궐동천, 고양시 대장천, 밀양시 단장천 등) 등에서 인공습지, 천변저류지, 홍수터 복원, 제방 재배치, 수변생태벨트 등 다양한 기법으로 적용

❍ 물환경 부문

- 물환경 부문에서 자연기반해법 적용은 환경부의 오염원관리 측면에서 적용되었으며 환경부의 빗물유출제로화 사업, 그린인프라사업, 비점오염 저감 국고보조사업 등에 저영향개발기법(Low Impact Development, LID)이나 그린인프라(Green Infra) 기술의 형태로 적용
- 물환경 부문에서의 자연기반해법 적용 사례는 자연기반해법이 오염물질 저감, 탄소 흡수 및 저장, 지하수 충전, 녹지공간 조성, 도시열섬 저감, 주민 여가공간 창출 등 효과를 도출
- 물환경 부문의 빗물관리 관련 자연기반해법 적용 기술은 인공습지, 식생수로, 빗물정원, 옥상녹화, 그린월, 수변생태벨트, 침투도랑, 식생체류지 등의 형태로 도시 지역에 적용
- 물환경 부문의 하수처리 관련 자연기반해법 적용 기술은 하수처리시설과 연계된 인공습지나 수변생태벨트 및 생태수로 조성, 하수처리장 지하화 및 지상부 공원화 등으로 적용(예: 곡성 생태수로 설치 시범사업, 용인 서천 생태수로 설치 시범사업 등 다양)
- 자연기반해법을 활용한 하수처리와 관련한 해외 사례를 살펴보면, 호주에서는 인구 1,000명 이하의 도시하수처리에 인공습지를 활발하게 적용하며, 프랑스에서는 인구 5천 명 이하 도시의 하수처리를 위하여 인공습지를 적용(프랑스에 3,500개 이상의 인공습지 활용 하수처리시설이 존재)
- 자연기반해법의 하수처리와의 연계는 녹조를 발생시키는 영양염류(질소, 인)를 추가로 제거하고 하수처리시설의 경관 및 이미지 개선, 탄소중립, 처리수의 재이용 확대 등의 효과를 기대함




**〈자연기반해법을 활용한 비점오염국고보조사업의 오염물질 저감 효율〉**

❍ 국내 사례 조사를 통한 자연기반해법의 적용성 검토 결과

- 국내에서의 초기 자연기반해법 적용은 공공수역 수변생태벨트 및 습지 조성을 통한 수질 정화에 광범위하게 적용되었으며, 최근 하천 분야에서 홍수터 복원과 하천 정비사업에 일부 적용
- 국내에서는 탄소중립 2050을 달성하기 위한 수단으로 도심숲 조성 등 탄소 흡수원 확대에 자연기반해법 적용이 늘어나고 있는 추세이며, 도시 분야에서는 유역 물순환 구축과 물환경관리에 자연기반해법을 활용한 저영향개발기법 및 그린인프라의 적용이 확대됨

❍ 국외에서 자연기반해법은 수질관리, 하천관리, 탄소 흡수원, 조경경관 등 광범위하게 적용

- 1992년 리우 지구정상회의(Earth Summit)에서 기후변화 협약, 생물다양성협약, 사막화 방지협약 등 체결 이후 자연기반해법의 적용이 기후변화 대응, 생물다양성 증진, 사막화 방지 및 숲 조성 확대 등에 적용
- 미국의 자연기반해법 적용은 초기 수생태계의 건강성을 확보하기 위한 농업비점오염원 관리 수변 완충지역, 도시 그린인프라, 저영향개발기법 적용, 유역 연계 생태하천 복원, 기후변화 대응 재해관리, 하수 연계 저영향개발기법 등에 적용되었으며, 최근 탄소 흡수원 및 생물다양성과 연계하여 조성을 확대
- 일본, 독일, 프랑스, 영국 및 유럽 국가 등 평야를 크게 보유하고 있는 선진국에서는 홍수/침수 저감을 위한 자연기반해법 적용, 불투수면관리 물순환, 비점오염원관리, 자연기반해법과 연계한 소규모 하수처리 시설, 탄소 흡수원 등에 폭넓게 적용함
- 그리스, 이탈리아, 스위스, 오스트리아 등 산악 지역이 크게 분포하는 국가에서는 기후변화와 극한기후로 인한 돌발홍수 저감, 농업 활동 하천 수질 개선, 수생태계의 건강성을 위한 하천 복원 등에 자연기반해법의

활용을 확대함

❍ 자연기반해법과 관련하여 국내에서는 2004년부터 약 11개의 연구사업을 진행

- 2020년 이전에는 자연형 하천 복원 기술, 기후변화 적응을 위한 그린인프라 구축, 저영향개발기법 기반의 도시물순환 회복 등에 대한 연구사업을 수행
- 2020년 이후 자연기반해법에 대한 세계적 이슈와 함께 자연성을 회복하여 물 문제에 접근하고자 하는 노력이 커짐
- 특히 자연기반해법을 수질, 하천 분야를 포함하는 유역 전반에 활용하기 위한 필요성을 인지하고 다양한 노력이 전개되었는데, 환경부에서는 자연기반해법을 활용한 홍수 저감 및 탄소 저감을 위하여 연구개발사업(2022~2026)을 중점적으로 추진

❍ 기존 국내 수행 연구사업과 관련하여 본 연구의 차별성

- 기존 사업들은 자연기반해법의 요소 기술들이 각 현안을 해결하는 데 적용성이 있는지를 평가하고 어떻게 도입할 수 있는지에 중점을 둠
- 본 연구에서는 물관리 분야(수자원, 물환경, 물재해 등)에 대하여 통합물관리의 관점에서 자연기반해법의 적극적 활용 방안을 검토하고 제도적 기반을 마련하는 데 중점을 둠
- 자연기반해법을 활용한 통합물관리 평가 및 우선순위 선정, 자연기반해법 정책 방향 및 법·제도 개선 방안, 물관리 분야별 자연기반해법의 활용 확산을 위한 정책과제 발굴에 대한 내용
- 그리고 특정 부처의 단위 물 관련 사업에 대한 내용뿐만 아니라, 우리나라 물관리 전반에 대한 자연기반해법을 활용할 수 있는 물관리사업을 도출하는 부분도 포함

❍ 자연기반해법을 비롯하여 자연기반해법을 주요 기작으로 활용하는 기술적 방안은 최적관리기법(Best Management Practices, BMP), 저영향개발기법, 그린인프라, 블루-그린 네트워크 등 다양한 명칭으로 적용

| 구분 | 내용 |
|---|---|
| NbS (Nature-based Solutions) | • 자연기반해법은 인간에 의한 개발과 기후변화로 발생하는 다양한 환경적 문제를 자연이 가진 기작(물질순환, 에너지 흐름)을 통하여 해결하고자 제시된 기법임<br>• 자연기반해법은 물질순환 및 에너지 흐름을 구축하기 위하여 물순환, 식물의 광합성, 동물과 미생물의 호흡 등의 기작이 발현되도록 계획, 설계 및 관리하는 기법임 |
| BMP (Best Management Practices) | • 최적관리기법은 인간에 의한 농업 활동으로 인하여 훼손된 자연생태계를 회복, 수질을 정화하며 수생태계의 건강성을 증진하여 생물다양성을 회복하고자 도입된 방안임<br>• 최적관리기법은 친환경 농업이 될 수 있도록 비구조적 방법(지표피복, 경운 방법 개선, 등고선 경작, 밭두렁, 논 물꼬관리 등)과 구조적 방법(침사구, 인공습지, 초생수로, 완충녹지 등)을 조성하는 방안임 |
| LID (Low Impact Development) | • 저영향개발기법은 인간에 의한 도시개발 및 개발 과정에서 발생하는 환경 문제(수질, 수생태계의 건강성 훼손 등)을 저감하고자 도입된 친환경적 도시개발기법으로 도시계획 및 설계, 도시 운영관리에 이르기까지 적용하는 기법임<br>• 저영향개발기법은 도시의 불투수면적률을 줄이고 도시 물순환을 개선하기 위한 기법으로 침투형(침투도랑, 침투저류지, 유공포장), 식생형(식생체류지, 식생수로, 식생여과대, 인공습지, 옥상녹화 등) 시설 등을 조성함 |
| 그린인프라 (Green Infra) | • 그린인프라는 그레이인프라에 대비되는 용어이며 일반적으로 사람의 편리함만을 고려하여 조성된 사회 인프라는 그레이인프라고 하며, 사람과 자연을 동시에 고려하여 조성된 사회 인프라는 그린인프라로 칭함 |

| 구분 | 내용 |
|---|---|
| | • 그린인프라는 주차장, 빌딩, 도로, 인도 등 다양한 사회 인프라를 고유의 사회 인프라 기능과 함께 물순환도 고려하여 설계하는 기법을 의미함 |
| 블루-그린 네트워크 (Blue-Green Network) | • 블루-그린 네트워크는 녹지축과 물길축을 연계하여 건강한 생태계축을 만드는 기법을 의미하며, 이를 통하여 도시의 바람축, 녹지축, 경관축, 여가공간축 등 다양한 축(axis)을 만들어 내는 과정<br>• 그린을 의미하는 녹지의 생물(식물, 미생물, 동물 등)은 물과의 연계성이 약하면 생존률과 지속가능성이 낮기에 녹지 구축 시 물길(지하물길, 지표물길 등)을 구축해야 함<br>• 또한 하천 수질 개선 및 수생태계의 건강성 증진을 통한 생물다양성을 확보하기 위한 수단으로 하천의 수변 구역을 녹지공간으로 조성하여 하천을 보호하는 기법도 블루-그린 네트워크에 해당함 |

❍ 자연기반해법을 다양한 공간(도시, 농촌, 산림, 수변 구역, 하천 등)에 적용하면 통합물관리, 생물다양성 향상, 수질 및 녹조관리, 물 이용성 증진, 주민 여가공간 창출, 탄소 흡수원 등 다양한 효과를 가질 수 있지만 적용하는 데 한계가 있음

| 항목 | 내용 |
|---|---|
| 장점 | • 자연기반해법은 자연의 물질순환과 에너지 흐름을 원활하게 유도함으로써 기후변화 및 탄소 흡수원 확보 기능을 하며 수질, 수량, 재해관리, 수생태계의 건강성 증진과 통합물관리에 기여<br>• 인공습지, 저영향개발기법, 그린인프라 등의 자연기반해법이 오염원관리 기술(하수관리, 가축분뇨관리, 물환경관리 등)에 적용 시 수질 정화 기능과 함께 통합물관리가 가능함<br>• 농업 지역의 시설재배지 및 경작지 주변에 생태수로, 인공습지, 완충녹지 등으로 조성 시 영양염류(질소와 인)에 의한 지하수 오염을 저감하고 농업비점오염을 저감하는 데 기여함<br>• 수변생태벨트, 수변 완충녹지, 제방 후퇴 및 재배치, 홍수터 복원, 천변 저류지, 인공습지 및 생태수로, 탄소림 등과 같은 자연기반해법이 하천관리 및 수변 구역관리에 적용했을 때 홍수 발생 시 재해 저감, 영양염류가 함유된 기저유출 오염원관리를 통한 하천의 녹조관리와 함께 수생태계의 건강성 향상에 기여하면서 생물다양성을 증진<br>• 옥상녹화, 그린월, 그레이 인프라의 그린인프라 전환 등과 같은 자연기반해법이 도시 지역에 적용 시 도시 내 물순환 체계를 구축하면서 비점오염 저감, 도시 열섬현상 저감, 도시 녹지공간 향상, 시민의 여가공간 창출 등 다양한 기능 제공 |
| 한계 | • 자연기반해법 기법은 자연이 가진 생태계서비스를 제공하는 기법이지만 사람이 살고 있는 토지이용 공간에 적용되어야 하기에 지속적인 관리가 필요함<br>• 자연기반해법의 물질순환과 에너지 흐름으로 기작이 작동하지만 자연기반해법들이 상호 연계되지 못하고 단일로 존재할 경우 물질순환과 에너지 흐름의 단절로 기능이 저하될 수 있음<br>• 자연기반해법을 조성할 때 기능을 증진하기 위해서는 설계 시 물질순환과 에너지 흐름을 구축하여야 하나 자연적인 순환과 흐름이 부족한 설계기준은 자연기반해법 조성 후 기능 저하 문제를 발생시킬 수 있음<br>• 자연기반해법 기법은 조성 이후 생태계가 안정화되어야 하기에 기능 발휘에 일정기간이 필요하며, 기능평가에 이러한 시간적 개념이 고려되어야 함<br>• 새로운 개발계획 수립 시 자연기반해법 기술이 적용되면 비용적으로 저렴하지만 큰 효과를 발휘하나 기존 도시에 자연기반해법을 적용하기 위해서는 부지 매입비와 같은 추가 비용이 발생<br>• 자연기반해법을 적용하여 통합물관리 기능 및 탄소 흡수원 등의 생태계서비스 효과를 발휘하기 위해서는 인프라 조성 관련 설계 기준(토목설계, 건축설계, 도로설계, 조경설계 등)이 자연기반해법 전문가가 포함되어 개정되어야 기능이 향상됨<br>• 자연기반해법의 생태계서비스 기능이 증진되기 위해서는 물-녹지 연계(blue-green network)기법이 적용되어야 하며 지하물길과 지표물길이 상호 연계되어야 함 |

## 6 통합물관리를 위한 자연기반해법의 정의(안)

❍ 자연기반해법은 UNEP에 의하여 2018년 제8차 세계물포럼에서 유역 기반 통합물관리를 위한 기법으로 물관리 분야에 제시함

- 물관리에서 자연기반해법은 통합물관리를 위하여 자연의 기작과 공정을 지속가능하게 관리하고 이용하는 기법

❍ 유럽위원회는 자연기반해법을 "자연에서 영감을 얻고 지원하며, 비용 효율적이고 환경적, 사회적, 경제적 혜택을 동시에 제공하며 회복력을 구축하는 데 도움이 되는 솔루션"이라고 정의

- 자연기반해법은 생태계 및 생물다양성 보호뿐만 아니라 기후변화의 영향을 줄이기 위하여 중요하게 인식되며 지속가능발전목표를 달성할 수 있음
- 자연기반해법은 기후변화(완화 및 적응), 물재해 대응, 물환경 관리, 자연과 사람의 공존, 생물다양성 확보, 물관리의 효율성 등에 중요하게 적용될 수 있으며 이를 통하여 통합물관리에 기여할 수 있음
- 물 분야의 자연기반해법은 미국, 유럽, 일본 등 많은 국가에서 유역오염원 관리, 홍수 및 가뭄과 같은 물재해 관리, 하천관리, 주민 참여 환경관리 등에 다양하게 적용함

❍ 통합물관리 차원의 자연기반해법 정의(안): 지속적 인구 증가, 유역 개발 및 기후변화 등으로 야기되는 물 관련 사회환경적 문제를 저감하기 위하여 자연적 과정을 사용하거나 이용하는 기법

❍ 통합물관리 기반 자연기반해법의 기능

- 유역 내 물 가용성 개선: 토양 수분 보유, 지하수 재충전 등
- 물환경 개선: 자연 및 인공습지, 수변 완충대 등
- 물 관련 재해 개선: 가뭄, 홍수 등
- 기후변화와 관련된 위험 저감: 범람원 복원, 녹색 지붕 등
- 기타: 비용 효율적 기법으로 그레이인프라를 그린인프라로 대체·확장·병행하는 기법

## 7 자연기반해법을 활용한 통합물관리의 평가 및 우선순위 선정

### (1) 물관리사업과 자연기반해법 연계의 한계점

❍ 자연기반해법의 기술적 개념 부재

- 기존 시행 하천 정비 및 복원사업에 적용된 기술과 자연기반해법 기술의 차이점 모호

❍ 자연기반해법 적용 기준 및 지침 미비

- 자연기반해법과 기존 사업의 적절한 연계를 위한 지침 및 법적 근거 미비

❍ 자연기반해법의 활용 가능성 검토 체계 부재

- 환경적 효과 및 사회·경제적 효과를 명확하게 측정할 수 있는 정량적 평가 방법 및 모니터링 방안의 미흡 등 자연기반해법의 활용 가능성을 검토하는 체계가 없음

### (2) 환경부 물관리 관련 사업 중 자연기반해법 적용 가능 사업(안)

❍ 환경개선특별회계(이하 환특회계)는 환경부의 물환경 부문 주요 단위 사업을 추진하는 회계이며, 단위 사업 중에서 생태하천, 가축분뇨공공처리시설, 비점오염 저감사업, 공공폐수처리시설, 산업단지완충저류시설, 도시물순환 개선, 하수관로 정비, 하수처리장 설치, 공공수역 녹조 발생 대응, 새만금환경대책, 토양 환경보전 대책, 군사기지환경관리및정화사업, 하수처리수재이용사업 등이 자연기반해법을 적용할 수 있는 사업에 해당함

❍ 수자원 부문 예산은 환경부의 일반회계에서 편성되며 국가하천정비 및 유지보수사업이 자연기반해법 적용이 가능한 사업에 해당함

❍ 타 부처에서 지원되는 회계를 활용하는 단위 사업 중에서 자연기반해법을 적용할 수 있는 사업은 농어촌구조개선특별회계(이하 농특회계)의 면 단위 하수처리장 설치사업과 국가균형발전특별회계(이하 균특회계)의 하수관로 정비사업이 해당함

❍ 4대강 물 이용 부담으로 조성된 수계기금은 유역 기반 물관리사업에 중요한 재원이며 자연기반해법을 적용할 수 있는 사업은 환경기초시설 설치, 생태하천 복원, 비점오염 저감, 수변녹지 조성 등이 해당함

❍ 환경부의 수자원 및 물환경 부문 물관리 단위 사업의 통합물관리 기능을 강화하기 위한 자연기반해법 적용은 단위 사업에 자연기반해법 기능을 부여함으로써 가능

- 대부분의 물관리 단위 사업은 개별법에 근거한 단일 목적(물 이용, 물재해, 물환경) 달성을 위하여 단위 사업을 추진함으로써 기능이 단순화되어 있음
- 수자원 및 물환경 분야 중에서 국가하천정비, 하수처리시설, 비점오염, 생태하천, 산업폐수처리, 하수관로 사업, 수변녹지 조성 등 사업의 경우 자연기반해법을 연계하여 추진할 때 통합물관리가 가능함
- 물관리사업에 자연기반해법과의 연계는 통합물관리(물 이용, 물재해, 물환경, 기후적응 등)를 가능하게 하여 수질 개선, 물관리 시설의 다기능, 신규 물산업 창출, 주민친화시설, 탄소 흡수원 확보, 주민 참여 환경관리 등 다양한 효과를 기대함

### (3) 타 부처 물관리 관련 사업 중 자연기반해법 적용 가능 사업(안)

❍ 농업용수 및 물재해의 관리를 농림축산식품부와 행정안전부가 담당하고 있지만 농업용수 관리와 물재해는 환경부가 관리하는 물환경 및 수자원에 영향을 주고 있기에 이러한 분야의 자연기반해법 활용은 통합물관리를 가능하게 함

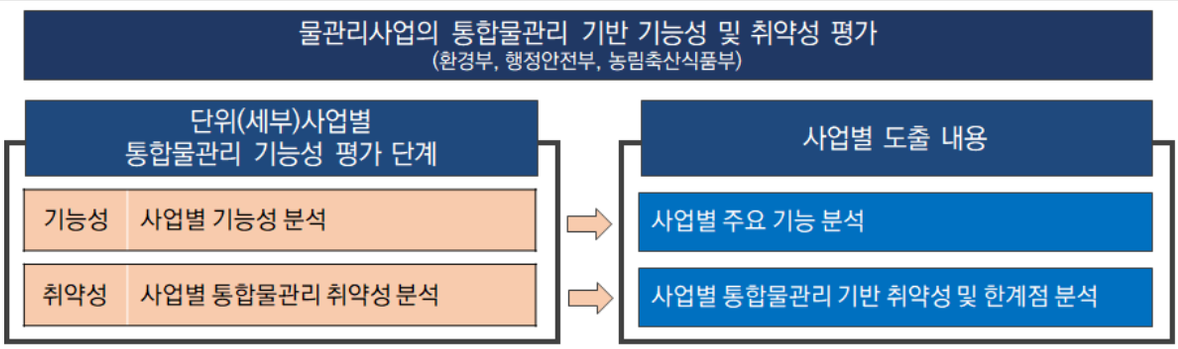
❍ 타 부처에서 관리하는 농업용수 및 물재해관리로 인한 물 이용, 물환경 등의 영향을 저감하기 위해서는 농업용수와 물재해 분야에 환경부의 자연기반해법을 활용한 수질 관련 내용이 부가되어야 통합물관리를 할 수 있음

- 행정안전부의 균특회계로 수행되는 재해위험지구 정비 및 풍수해 생활권 종합정비사업이 자연기반해법을 활용하여 통합물관리 기능을 강화할 수 있는 사업에 해당함
- 농림축산식품부의 농특회계로 수행되는 물관리 분야(수리시설, 가뭄 대비, 농업용수 수질 개선, 배수 개선, 농촌개발 등) 사업 추진 시 자연기반해법의 적용은 통합물관리를 가능하게 함

- 자연기반해법 적용은 수질 및 수생태계 건강에 영향을 끼치는 발생원 관리, 통합물관리 기능 확대, 주민 참여 시설관리, 주민친화시설 확보, 탄소 흡수원 확보, 극한기후 대응 강화, 지역환경 개선 등 다양한 효과를 기대함

### (4) 자연기반해법을 활용한 통합물관리의 평가 및 우선순위 선정

❍ 물관리사업의 통합물관리 기반 기능성 및 취약성 평가




- **물관리사업 한계 및 통합물관리 기반 NbS 연계 가능성 분석항목**

| 단계 | 분석 항목 | 평가요소 |
|---|---|---|
| 평가 단계 | 기능성 평가 | 수질개선, 물순환, 재이용, 홍수/침수 저감, 수생태계 건강성, 기후변화 적응, 생물다양성, 주민친화도 |
| | 취약성 평가 | 극한기후, 탄소중립, 주민인식(혐오), 주민참여관리 |

❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리사업의 우선순위 선정

- 환경부[일반회계: 수자원 부문]: 국가하천 정비사업, 국가하천 유지보수사업
- 환경부[농특회계 및 균특회계: 물환경 부문]: 면 단위 하수처리장 설치사업(농특회계), 하수관로 정비(균특회계)
- 환경부[환특회계: 물환경 부문]: 13개 사업 중 지방사무 이관 하천 정비사업(균특회계), 비점오염 저감사업, 도시물순환개선사업, 하수처리장 설치사업
- 환경부[수계관리기금: 물환경 부문]: 비점오염 저감사업 〉 환경기초시설 설치사업 〉 수변녹지 조성관리사업〉 생태하천 복원사업
- 행정안전부 및 농림축산식품부[물관리사업]: 10개 사업 중 재해위험지구 정비(행정안전부: 균특회계), 농업용수 수질 개선사업(농림축산식품부: 농특회계), 배수 개선사업(농림축산식품부: 농특회계)

## 8 자연기반해법의 정책 방향 및 법·제도 개선 방안

### (1) 자연기반해법의 활용을 위한 국가계획 및 대책 검토

❍ 지속가능한 통합물관리는 물관리기본법에 근거한 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030)에서 중요한 전략에 해당하며 자연기반해법의 활용으로 혁신정책 및 6대 분야의 주요 추진 과제를 달성할 수 있음

- 자연기반해법은 다양한 생태계서비스(지원, 공급, 조절, 문화 기능) 기능을 가지며 물관리기본계획의 3대 혁신정책(물순환, 미래세대 물 이용, 기후위기시대 물안전)은 자연기반해법의 생태계서비스 기능을 통해 달성할 수 있음
- 물관리기본계획의 6대 분야는 물환경, 물 이용, 물재해, 미래 인력양성, 물 기반시설 관리 효율화, 물산업육성 등을 포함하고 있으며 자연기반해법의 생태계서비스 기능을 통해 달성할 수 있음
- 특히 유역과 하천의 오염원 관리에 해당하는 물환경의 지속가능성 제고 분야와 홍수와 가뭄으로부터 안전한 사회를 만드는 물재해 안전 체계의 구축은 자연기반해법을 활용한 주요 추진전략에 해당

❍ 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030)에서 분야별 전략과 추진 과제 달성을 위하여 자연기반해법을 주요 도구로 제안

- 물관리기본계획에서는 자연기반해법을 "자연의 기능과 공정을 모방한 생태적 설계기법으로 하나의 시설이 수자원 확보, 오염물질 저감, 홍수 방어, 생태복원 등 수량·수질·수생태의 다기능·다혜택 서비스 제공"으로 명시
- 또한 자연기반해법을 "수문학과 생태 간의 상호 작용에 초점을 맞춘 통합과학인 Eco-hydrology를 이용하며, 인프라 설계에 생태계 원리(물질순환, 에너지 흐름)와 생태계 구성요소(식물, 토양, 물, 동물 등)을 연계하는 생태적 설계기법"으로 명시
- 즉, 자연기반해법은 자연의 기작과 원리를 최대한 활용함으로써 수질, 수량 및 수생태계를 포함하여 통합물관리(물환경, 물 이용, 물재해, 거버넌스, 물산업 등)를 가능하게 하는 수단

❍ 제3차 국가기후변화 적응 대책의 자연기반해법을 활용한 기후리스크 적응력 제고는 미래 기후위험을 고려한 물관리, 생태계 건강성 유지, 전 국토의 적응력 제고 등에 반영할 수 있음

- 미래 기후위험을 고려한 물관리에서는 자연기반해법의 조절 기능을 활용하여 홍수관리, 가뭄대응력 제고, 건전한 물환경 관리 등을 추진하여 통합물관리 체계 마련 및 기능 증진
- 생태계 건강성 유지를 위한 자연기반해법의 활용은 자연의 기작과 공정을 활용하여 물순환에 기반한 생태계 보전 및 복원 능력을 향상시키고 극한기후 및 이상기후에 의한 생태재난을 관리할 수 있음
- 전 국토의 적응력 제고 분야의 자연기반해법 활용은 자연적 기작을 활용하여 국토 및 연안 지역의 기후재해 기능을 향상시키고 물순환에 기반한 유역통합물관리를 가능하게 하여 기후위기 대응, 블루카본 및 그린카본 확보, 저영향개발기법, 그린인프라 구축 등을 가능

❍ 제3차 강우유출 비점오염원관리종합대책(2021~2025)의 도시, 농축산, 산업단지, 산림지역 비점오염관리는 자연기반해법을 활용한 통합물관리 기반 관리가 중요하며, 자연기반해법 적용은 기후변화 대응 능력을 향상시킴

- 비점오염원관리 분야의 자연기반해법 활용은 생태계서비스의 조절 기능을 활용하여 유역 통합물관리를 추진하게 함으로써 비점오염배출부하량 저감을 추진

❍ 자연기반해법의 조절 기능은 비점오염원관리에 저영향개발기법 보급, 물순환 구축, 노후산단 관리, 불투수면적률 고려한 하수도정비중점관리지역 추진, 강우 발생 시 저영향개발기법 활용한 하수관리 등이 가능함

- 자연기반해법의 생태 조절 기능은 농축산비점오염원관리시 토양양분관리, 최적관리기법 적용, 인공습지 조성 등을 추진할 수 있음
- 산림 분야 자연기반해법 연계는 고랭지 경작지 관리, 토사 유출 저감, 폐광 지역 개선을 가능하게 하며 자연기반해법의 문화 기능은 주민 참여 비점오염원관리를 추진

### (2) 국가물관리기본계획 및 대책과 연계한 평가 방안

❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리의 연계 기본 원칙

- [통합물관리 비전 달성] 물관리사업은 사람과 자연을 고려하는 통합물관리 비전이 달성되도록 계획함
- [상위 계획과의 부합성] 물관리사업은 상위 계획(제1차 국가물관리기본계획, 제1차 유역물관리종합계획, 제3차 비점오염원종합대책, 제3차 국가기후변화적응 대책 등)에 부합 필요
- [물관리사업의 생태계서비스 기능 강화] 물관리사업의 생태계서비스 기능(조절 기능, 문화 기능, 지원 기능 등)을 확대하기 위하여 가능한 자연기반해법과 연계되도록 계획함
- [단위 물관리사업의 주기능과 부가 기능을 명시] 단위 물관리사업의 자연기반해법을 활용한 통합물관리와의 연계는 단위 사업의 주기능과 부가적 기능(연계기능)이 도출되도록 계획함
- [부가적 기능의 종류] 단위 물관리사업의 부가적 기능은 생태계서비스의 조절 기능(탄소 흡수원 확보, 홍수 조절, 수질 개선, 미세먼지 개선 등), 문화 기능(여가공간, 수변공간, 생태공간, 공원과 체육시설 연계 주민친화시설 등) 및 공급 기능(재이용, 수자원 확보 등)의 역할이 수행되도록 계획함
- [단위 사업 간 연계를 통한 통합물관리 실현 강화] 자연기반해법을 활용한 통합물관리는 유역관리 패러다임 달성을 목표로 가능한  단위 사업 간 연계와 함께 자연기반해법 적용을 수행하여 비용 효율적 유역관리를 할 수 있도록 추진함

❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리와의 연계를 위한 평가 방안

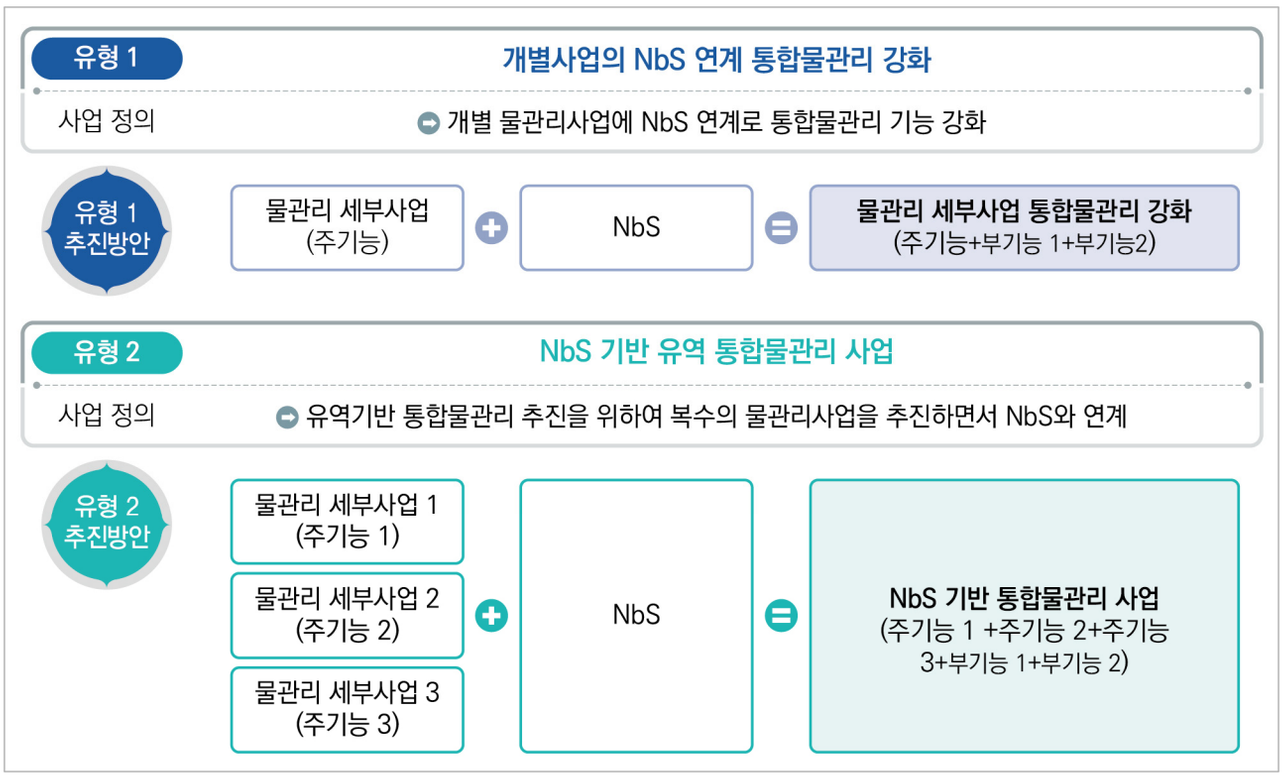
❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리와의 연계를 위한 항목별 세부 연계 방법

- 자연기반해법을 활용한 통합물관리와의 연계를 위해서는 항목별 세부 연계 방안이 필요하며, 단계별 항목의 세부 연계 항목에 대하여 연계 방법을 도출
- 1단계에 해당하는 사업별 상위 계획 연계성 확보는 물관리사업별 5개 상위 계획 및 대책 중에서 중요하게 고려될 수 있는 계획이나 대책을 연계
- 2단계의 사업별 통합물관리 강화는 물관리사업의 주요 기능에 취약성 평가 및 상위 계획 연계를 고려한 부가 기능을 연계
- 3단계의 사업별로 연계할 수 있는 자연기반해법은 물관리사업별로 연결할 수 있는 자연기반해법[1)]을 연계
- 4단계의 사업별 민간투자 및 수익 분야 연계성 확보는 물관리사업별 주민 참여 환경관리 가능성, 공원녹지 창출 여부, 생태관광 및 생태교육 가능성, 탄소 흡수 및 저장 공간으로 기업의 ESG(Environmental, Social, Governance) 경영 연계 가능성 등을 연계

1) 연계 가능한 자연기반해법 기술 : 완충녹지(수변생태벨트), 인공습지(천변 저류지 포함), 생태수로, 홍수터 복원, 제방 후퇴, 옥상녹화/그린월, 공원녹지, 저영향개발기법, 그린인프라 등

### (3) 물관리사업의 자연기반해법을 활용한 통합물관리의 추진 유형(안)

❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리의 핵심사업 유형 도출




### (4) 개별 사업의 통합물관리 기능 강화(유형 1)

❍ 기존 물관리사업의 통합물관리 기능 사업으로 전환하기 위해서는 자연기반해법을 연계하거나 활용하는 방안이 필요함

- 기존 물관리사업은 환경부의 개별법(하수도 관련 사업은 하수도법, 비점오염 저감사업은 물환경보전법, 가축분뇨관리사업은 가축분뇨법, 지하수 관련 사업은 지하수법, 하천 관련 사업은 하천법, 수도 관련 사업은 수도법 등)에 의하여 수행되면서 단일 기능으로 수행
- 기존 물관리 관련 사업을 통합물관리로 전환하기 위해서는 미흡한 기능(수생태 기능, 치수 기능, 기후변화 대응 등)을 보강하기 위하여 자연기반해법을 활용해야 함
- 특히 국제적 약속(기후변화협약, 생물다양성협약, 지속가능목표 등)을 이행하기 위해서도 기존 개별 물관리 사업을 통합물관리 기능과 연계해야 함

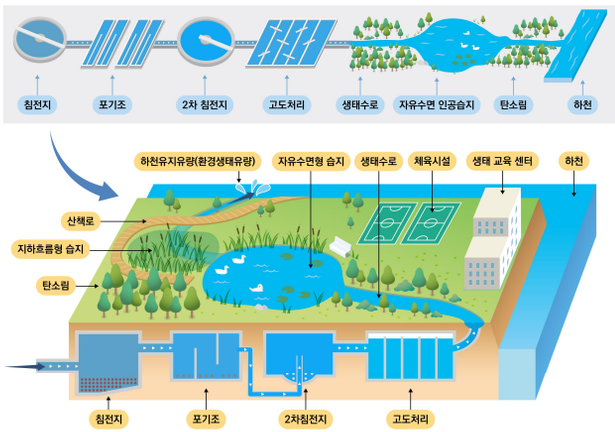
❍ 개별 물관리사업의 자연기반해법을 활용한 통합물관리 강화 방안

- 개별 물관리사업은 개별법에 근거하여 최소 또는 최적화된 비용으로 수행되면서 단일 기능으로 조성되면서 그레이인프라로 인식
- 자연기반해법을 활용한 통합물관리사업 유형 1은 개별 물관리사업에 자연기반해법을 활용할 때 통합물관리 기능(수생태, 치수, 기후변화 등)이 구현되도록 도출

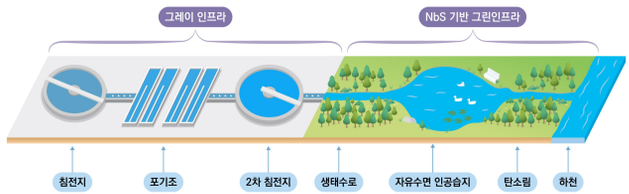
| 추진방안 | 세부 설명 | |
|---|---|---|
| 유형 1-1 | 사업 추진 | • 신규 하수처리장 설치(지하) + 지상 NbS(공원, 습지 등) |
| | 통합물관리 기능 | • 하수처리 기능에 탄소흡수원, 여가공간, 생태공원, 물순환, 재이용 등 |
| | 제도 개선 | • 하수도법에 NbS 기능강화 |
| 유형 1-2 | 사업 추진 | • 기존 하수처리시설 + NbS(생태수로, 생태습지 등) |
| | 통합물관리 기능 | • 하수처리 기능에 탄소흡수원, 추가적 영양염류 처리, 생태공간, 녹지공간, 재이용 등 |
| | 제도 개선 | • 하수도법에 NbS 기능강화 |
| 유형 1-3 | 사업 추진 | • 비점오염저감사업 + NbS(저영향개발기법 LID) |
| | 통합물관리 기능 | • 비점오염저감 기능에 불투수면적률 저감, 물순환율 향상, 도시열섬저감, 탄소흡수원 확대, 도시침수 저감, 주민참여 환경관리 등 |
| | 제도 개선 | • 물환경보전법에 NbS 기능강화 |
| 유형 1-4 | 사업 추진 | • 가축분뇨 공공처리시설 + NbS(생태수로, 완충녹지, 인공습지 등) |
| | 통합물관리 기능 | • 가축분뇨 수질정화 기능에 녹지공간 확보, 탄소흡수원 확보, 영양염류 순환, 주민참여 환경관리 등 |
| | 제도 개선 | • 가축분뇨법에 NbS 기능강화 |
| 유형 1-5 | 사업 추진 | • 소규모 하수처리시설 + NbS(인공습지, 생태수로 등) |
| | 통합물관리 기능 | • 하수처리 기능 안정화에 탄소흡수원, 생태공간, 주민참여 환경관리 등 |
| | 제도 개선 | • 하수도법에 NbS 기능강화 |

❍ 개별 물관리사업의 자연기반해법 활용 시 필요한 제도 개선 방안

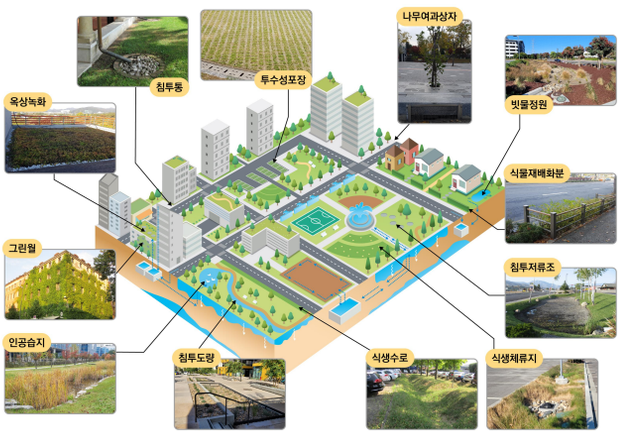
- 개별 물관리사업과 자연기반해법의 연계는 통합물관리를 가능하게 하는 방안으로 개별법(하수도법, 물환경보전법, 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법 등)의 관련 「국고보조사업 추진지침」에 자연기반해법을 활용한 통합물관리의 기능 강화 방안을 포함하면 추진 할 수 있음



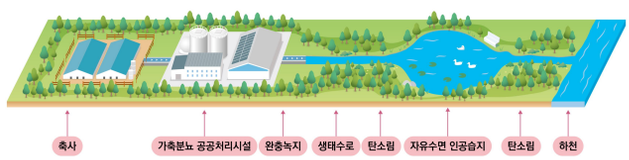

〈유형 1-1〉



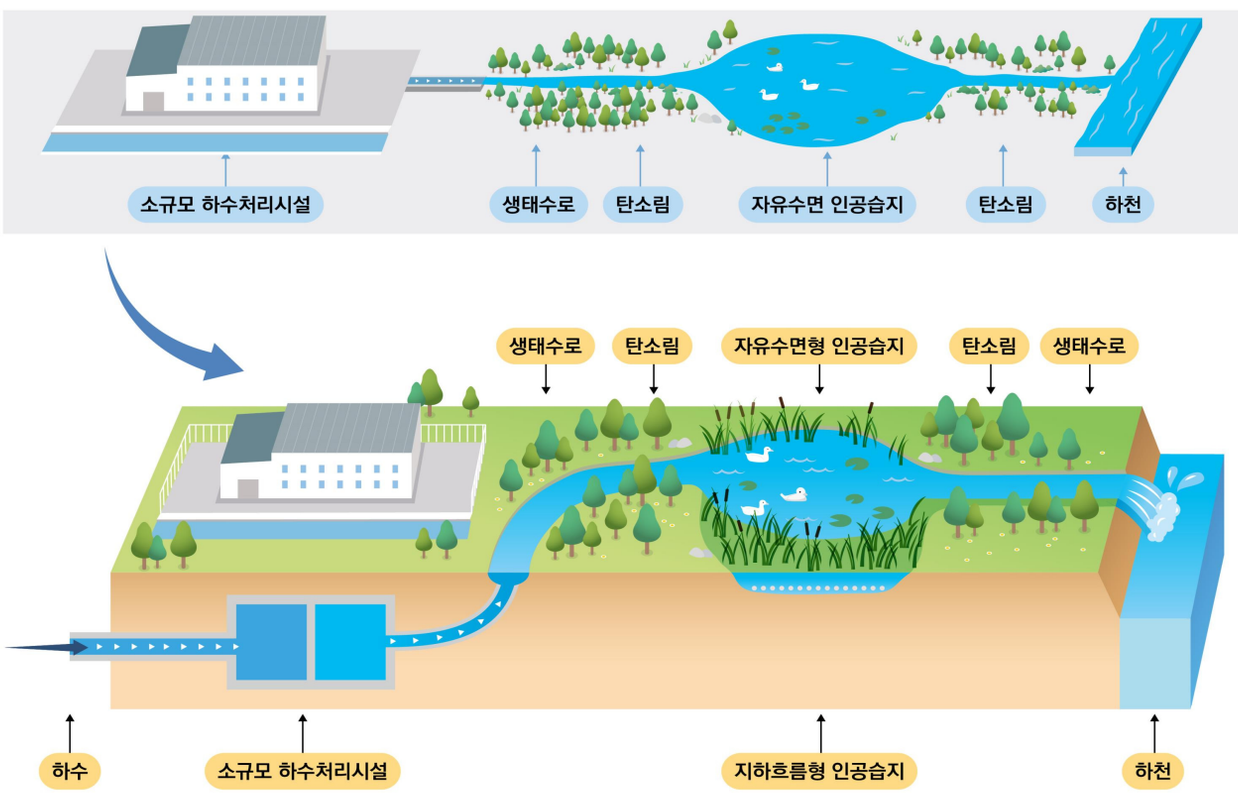

〈유형 1-2〉




〈유형 1-3〉




〈유형 1-4〉




〈유형 1-5〉

❍ 비용 및 효과성 분석

| 추진 방안 | 세부 설명 | |
|---|---|---|
| 유형 1-1 | 사업 추진 | 신규 하수처리장 설치(지하) + 지상 자연기반해법(공원, 습지 등) |
| | 효과 | 하수처리 기능에 탄소 흡수원, 여가공간, 생태공원, 물순환, 재이용 등 |
| | 정량적 효과 산정 | 지상부 습지의 2차 처리를 통해 질소 30~50%, 인 50~60% 저감효과 |
| | 비용 비교 | 기존 구조물 복개 + 상부 생태 시설물 설치로 기존에 비해 10~20% 비용 증가(단위 공사비는 약 100,000원/㎡) |
| 유형 1-2 | 사업 추진 | 기존 하수처리시설 + 자연기반해법(생태수로, 생태습지 등) |
| | 효과 | 하수처리 기능에 탄소 흡수원, 추가적 영양염류 처리, 생태공간, 녹지공간 재이용 등 |
| | 정량적 효과 산정 | 습지의 2차 처리를 통해 질소 30~50%, 인 50~60% 저감효과 |
| | 비용 비교 | 그린인프라의 추가 설치로 인해 기존에 비하여 5~10% 비용 증가 (단위 공사비는 약 60,000원/㎡) |
| 유형 1-3 | 사업 추진 | 비점오염 저감사업 + 자연기반해법(저영향개발기법) |
| | 효과 | 비점오염 저감 기능에 불투수면적률 저감, 물순환율 향상, 도시열섬 저감, 탄소 흡수원 확대, 도시침수 저감, 주민참여 환경관리 등 |
| | 정량적 효과 산정 | 오염물질(TSS 21.0%, BOD 30.9%, TOC 18.8%, T-N 25.6%, T-P 25.1%) 저감, 지하수 함유량 연간 12,688㎥ 증가, 기온감소 1.3℃, 온실가스 저감 1,254 tCO2-eq, 미세먼지 저감(SOx 919kg/yr, NOx 764kg/yr)을 통한 공기질 개선, 녹지면적 증가 2,382㎡ 확인 |
| | 비용 비교 | 불투수포장 대비 투수포장(투수블록, 잔디블록 등) 단가 10~20% 증가, 침투 측구 및 트렌치 약 300,000/m, 침투통 약 600,000원/개소, 식물 재배 화분 개당 68,000~440,000원의 비용 추가 |
| 유형 1-4 | 사업 추진 | 가축분뇨 공공처리시설 + 자연기반해법(생태수로, 완충녹지, 인공습지 등) |
| | 효과 | 가축분뇨 수질 정화 기능에 녹지공간 확보, 탄소 흡수원 확보, 영양염류 순환, 주민참여 환경관리 등 |
| | 정량적 효과 산정 | 습지의 2차 처리를 통해 질소 30~50%, 인 50~60% 저감효과 |
| | 비용 비교 | 그린인프라의 추가 설치로 인해 기존에 비하여 5~10% 비용 증가(단위 공사비는 약 60,000원/㎡) |
| 유형 1-5 | 사업 추진 | 소규모하수처리시설 + 자연기반해법(인공습지, 생태수로 등) |
| | 효과 | 하수처리 기능 안정화에 탄소 흡수원, 생태공간, 주민참여 환경관리 등 |
| | 정량적 효과 산정 | BOD 73~100%, COD 64~83%, T-N 11~58%, T-P 14~60%, 총대장균군수 99%, 중금속 8~100% 저감효과 |
| | 비용 비교 | 그린인프라의 추가 설치로 기존에 비하여 5~10% 비용 증가(단위 공사비는 약 60,000원/㎡) |

### (5) 자연기반해법을 활용한 유역 통합물관리사업(유형 2)

❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리사업은 개별법에 근거한 개별 사업이 아닌 유역 단위 사업으로 진행할 수 있기에 이를 유형 2사업으로 도출

- 유형 1은 개별법에 근거한 사업 추진 시 자연기반해법을 활용한 개별 사업의 통합물관리 기능 강화 방안이라면 유형 2는 유역 단위로 통합물관리사업을 추진하는 방안에 해당함

❍ 유역 단위 자연기반해법을 활용한 통합물관리사업의 방안

- 유역 단위 통합물관리사업은 유역통합관리사업에 자연기반해법을 연계하여 추진할 수 있으며 유역의 복합적 물 문제를 동시에 해결하는 사업에 해당함
- 유형 2사업은 복합적 물 문제가 발생하는 유역에서 여러 사업을 동시에 추진하면서 자연기반해법을 연계하는 사업

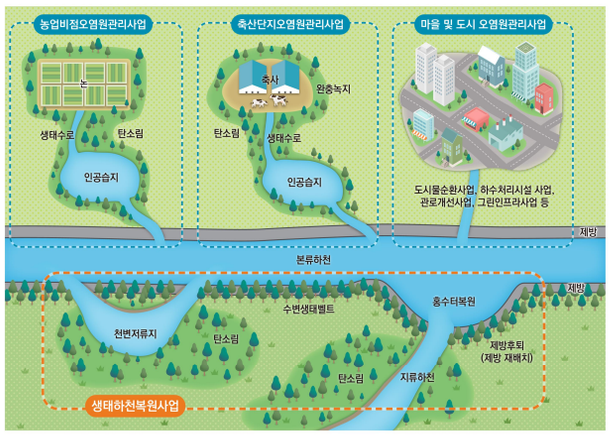
❍ 자연기반해법을 활용한 유역 통합물관리사업(유형 2)

| 추진방안 | 세부 설명 | |
|---|---|---|
| 유형 2-1 | 사업 추진 | • 물순환 기반 하수관로 조성사업(하수관로정비사업, NbS 기반 LID 비점오염저감사업) |
| | 통합물관리 기능 | • 하수관로 정비효과에 비점오염저감, 물순환율 제고, 불투수면적률 저감, 도심침수 저감, 도시 열섬현상 저감 등 |
| | 제도 개선 | • 하수도법과 물환경보전법 연계와 NbS 기능강화 |
| 유형 2-2 | 사업 추진 | • 통합집중형 오염지류 개선사업(생태하천복원, 비점오염저감, 하수관로정비, 하수처리시설 설치) |
| | 통합물관리 기능 | • 복합 오염원이 집중된 지역의 수질개선, 수생태개선, 하천유지용수 확보, 생활환경개선, 주민 여가공간 확보, 생태공간 창출, 주민참여 환경관리 등 |
| | 제도 개선 | • 하수도법, 하천법, 수계법, 물환경보전법 연계 및 NbS 기능강화 |
| 유형 2-3 | 사업 추진 | • 통합형 하천정비사업(수변생태벨트조성, 생태하천복원사업, 제방후퇴, 인공습지, 천변저류지) |
| | 통합물관리 기능 | • 하천 수질개선, 수생태 건강성 확보, 탄소흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천홍수 저감, 주민참여 환경관리 기능 등 |
| | 제도 개선 | • 하천법, 수계법 연계와 NbS 기능강화 |
| 유형 2-4 | 사업 추진 | • 저수지 유역 수질개선사업(NbS 기반 농업용수 수질개선, NbS 기능 비점오염저감사업, NbS 연계 소규모 하수처리시설) |
| | 통합물관리 기능 | • 저수지 수질개선, 탄소흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천유지용수 확보, 주민참여 환경관리 기능 등 |
| | 제도 개선 | • 농어촌정비법, 물환경보전법, 하수도법 연계와 NbS 기능강화 |
| 유형 2-5 | 사업 추진 | • 도시 물순환 구축사업(NbS 기반 비점오염저감사업, NbS 연계 재해위험지구정비사업) |
| | 통합물관리 기능 | • 불투수율 저감, 도시침수 저감, 수질개선, 탄소흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천유지용수 확보, 주민참여 환경관리 기능 등 |
| | 제도 개선 | • 물환경보전법, 자연재해대책법 연계와 NbS 기능강화 |
| 유형 2-6 | 사업 추진 | • 기저유출 수질개선사업(수변생태벨트, 천변저류지, 생태벨트) |
| | 통합물관리 기능 | • 하천 수질개선, 녹조 저감, 탄소흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천유지용수 확보, 주민참여 환경관리 기능, 홍수 저감 등 |
| | 제도 개선 | • 지하수법, 물환경보전법, 하천법 연계와 NbS 기능강화 |

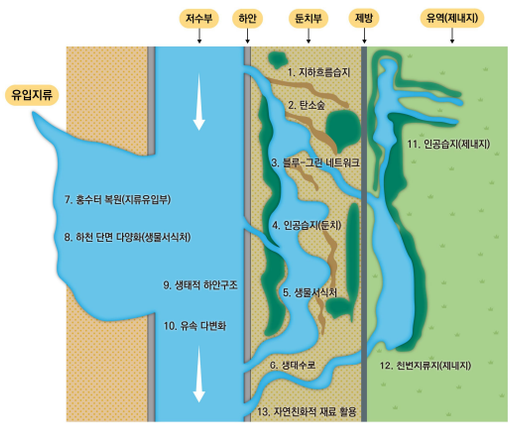
❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리사업 유형 2 추진 시 제도 개선 방안

- 유형 2사업은 여러 개별법에 근거하여 사업이 추진되어야 하기에 이를 통합적으로 관리할 수 있는 법이 필요함
- 유형 2사업의 효율적 추진을 위해서는 자연계 물순환과 인공계 물순환을 연계해야 하며, 「물관리기본법(전략법)」-「물순환촉진법(물순환 통합 실행법)」-「하위법(개별법)」을 연결하는 제도 개선이 필요함

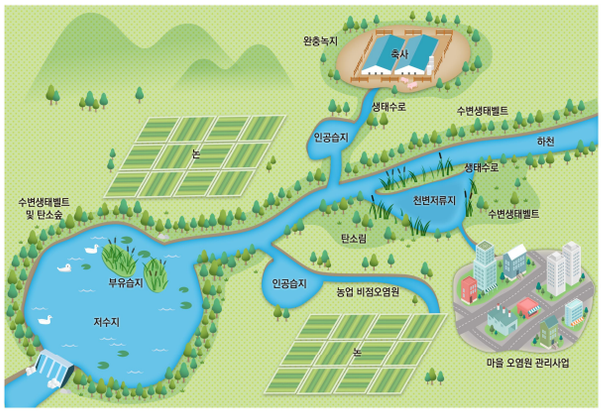
〈유형 2-1〉




〈유형 2-2〉

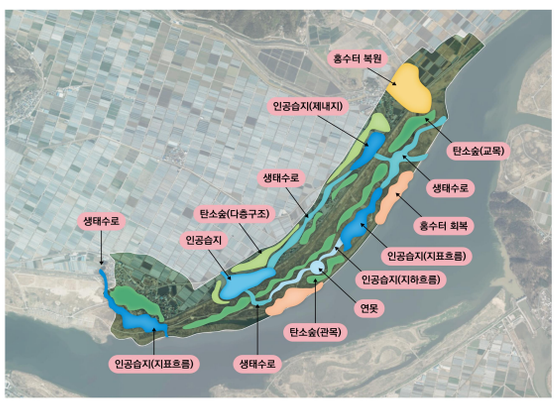



〈유형 2-3〉




〈유형 2-4〉

〈유형 2-5〉




〈유형 2-6〉

❍ 비용 및 효과성 분석

| 추진 방안 | 세부 설명 | |
|---|---|---|
| 유형 2-1 | 사업 추진 | 물순환 기반 하수관로 조성사업(하수관로 정비사업, 자연기반해법을 활용한 저영향개발기법 비점오염 저감사업) |
| | 효과 | 하수관로 정비효과에 비점오염 저감, 물순환율 제고, 불투수면적률 저감, 도심침수 저감, 도시 열섬현상 저감 등 |
| | 정량적 효과 산정 | 투수블록 및 식생체류지(수로, 화분 등) 모두 오염물질(TSS, BOD, TOC, T-N, T-P) 약 80% 저감 및 유출 저감 효율 약 85% |
| | 비용 비교 | 불투수포장 대비 투수포장(투수블록, 잔디블록 등) 단가가 10~20% 증가, 침투 측구 및 트렌치 약 300,000/m, 침투통 약 600,000원/개소, 식물 재배 화분 개당 68,000~440,000원의 비용 추가 |
| 유형 2-2 | 사업 추진 | 통합집중형 오염지류 개선사업(생태하천 복원, 비점오염 저감, 하수관로 정비, 하수처리시설 설치) |
| | 효과 | 복합 오염원이 집중된 지역의 수질 개선, 수생태 개선, 하천유지용수 확보, 생활환경 개선, 주민 여가공간 확보, 생태공간 창출, 주민참여 환경관리 등 |
| | 정량적 효과 산정 | 하천 제내외지 연결성 확보, 탄소 저장 능력 향상, 습지의 2차 처리를 통해 질소 30~50%, 인 50~60% 저감효과 |
| | 비용 비교 | 인공습지 1,350백만 원/개소, 수로 조성 50,000원/㎡, 탄소림 9,200원/㎡, 완충림 12,500원/㎡, 하천숲 920백만 원/개소, 하천개수(제방) 900백만 원/개소 등의 비용 추가 |
| 유형 2-3 | 사업 추진 | 통합형 하천 정비사업(수변생태벨트 조성, 생태하천 복원사업, 제방 후퇴, 인공습지, 천변 저류지) |
| | 효과 | 하천 수질 개선, 수생태 건강성 확보, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천 홍수 저감, 주민참여 환경관리 기능 등 |
| | 정량적 효과 산정 | 하천 제내외지 연결성 확보, 탄소 저장 능력 향상, 생물서식지 및 생물다양성 증가 |
| | 비용 비교 | 인공습지 1,350백만 원/개소, 수로 조성 50,000원/㎡, 탄소림 9,200원/㎡, 완충림 12,500원/㎡, 하천숲 920백만 원/개소, 하천개수(제방) 900백만 원/개소 등의 비용 추가 |
| 유형 2-4 | 사업 추진 | 저수지 유역 수질 개선사업(자연기반해법을 활용한 농업용수의 수질 개선, 자연기반해법을 활용한 비점오염 저감사업, 자연기반해법과 연계한 소규모 하수처리시설) |
| | 효과 | 저수지 수질 개선, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천유지용수 확보, 주민참여 환경관리 기능 등 |
| | 정량적 효과 산정 | 하천 제내외지 연결성 확보, 탄소 저장 능력 향상, 습지의 2차 처리를 통해 질소 30~50%, 인 50~60% 저감효과 |
| | 비용 비교 | 인공습지 1,350백만 원/개소, 수로 조성 50,000원/㎡, 탄소림 9,200원/㎡, 완충림 12,500원/㎡, 정화림 10,100원/㎡, 유로형습지 60,000원/㎡ 등의 비용 추가 |
| 유형 2-5 | 사업 추진 | 도시 물순환 구축사업(자연기반해법을 활용한 비점오염 저감사업, 자연기반해법 연계 재해위험지구정비사업) |
| | 효과 | 불투수율 저감, 도시침수 저감, 수질 개선, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천유지용수 확보, 주민참여 환경관리 기능 등 |
| | 정량적 효과 산정 | 오염물질(TSS 21.0%, BOD 30.9%, TOC 18.8%, T-N 25.6%, T-P 25.1%) 저감, 지하수 함유량 연간 12,688㎥ 증가, 기온감소 1.3℃, 온실가스 저감 1,254 tCO2-eq, 미세먼지 저감(SOx 919kg/yr, NOx 764kg/yr)을 통한 공기 질 개선, 녹지면적의 2,382㎡ 증가를 확인 |
| | 비용 비교 | 불투수포장 대비 투수포장(투수블록, 잔디블록 등)단가의 10~20% 증가, 침투 측구 및 트렌치 약 300,000/m, 침투통 약 600,000원/개소, 식물 재배 화분 개당 68,000~440,000원, 녹지 조성 6,700원/㎡, 생태습지 1,350백만 원/개소의 비용 추가 |

| 추진 방안 | 세부 설명 | |
|---|---|---|
| 유형 2-6 | 사업 추진 | 기저유출 수질 개선사업(수변생태벨트, 천변저류지, 생태벨트) |
| | 효과 | 하천 수질 개선, 녹조 저감, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천유지용수 확보, 주민참여 환경관리 기능, 홍수 저감 등 |
| | 정량적 효과 산정 | 하천 제내외지 연결성 확보, 탄소 저장 능력 향상, 습지의 2차 처리를 통해 질소 30~50%, 인 50~60% 저감효과 |
| | 비용 비교 | 인공습지 1,350백만 원/개소, 수로 조성 50,000원/㎡, 탄소림 9,200원/㎡, 완충림 12,500원/㎡, 하천숲 920백만 원/개소, 하천개수(제방) 900백만 원/개소 등의 비용 추가 |

### (6) 자연기반해법 활용 확대를 위한 제도 개선

❍ 국가물관리기본계획 이행 시 자연기반해법과의 연동 방안 검토와 동시 이행계획 추진 시 자연기반해법의 효율적인 적용을 위한 제도 개선 방안을 제안

- 국가물관리기본계획 이행계획은 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030)의 실행력 제고를 위해 기본계획의 세부 추진 과제에 대한 5년 단위 이행계획임
- 이행계획은 국가물관리기본계획의 통합물관리 3대 혁신정책 및 6대 분야별 추진전략 이행을 위해 155개 과제 중 자연기반해법 활용 방안 검토

❍ 국가물관리기본계획의 155개 이행과제와 본 연구에서 도출한 “자연기반해법 활용 물관리 사업” 중에서 개별 사업을 자연기반해법과 연계하는 ‘유형1 과제’와 복수의 물관리 사업을 추진하면서 자연기반해법과 연계하는 ‘유형2 과제’로 구분하여 연계 방안을 제시

❍ 자연기반해법의 활용을 확대하기 위한 법령별 제도 개선 방안

| 관련 법 | 자연기반해법을 활용한 통합물관리를 위한 관련 법/제도/지침의 개정 방향 도출 |
|---|---|
| 물환경보전법 | • 유역 내 저류공간, 물순환 확대(그린인프라, 저영향개발기법 등) |
| | • 수변 구역 수변생태벨트 조성 |
| | • 자연기반해법을 활용한 비점오염원 관리를 확대 |
| | • 농업 및 축산비점 관련 거버넌스 관리 강화(생태계서비스 지불제 확대) |
| | • 자연기반해법을 활용한 물환경 관리시설의 공공근로와의 연계를 강화 |
| | • 물, 생태 및 역사와 연계한 지역 축제에 대한 지원을 확대 |
| | • 물 연계 탄소중립, 생태교육, 물관리 교육 강화 |
| 하수도법 | • 소규모 처리시설 자연기반해법 전환 및 연계 |
| | • 하수처리시설 분산화 및 자연기반해법 연계 |
| | • 도심 침수 연계 하수도시설과 그린인프라 또는 저영향개발기법 연계 (하수도 정비 중점관리 지역 개선) |
| | • 공공하수도의 구조에 관한 기술적 기준 개정 |
| 수도법 | • 지방상수원 확보 |
| 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 (물재이용법) | • 하천 재이용과 연계한 자연기반해법을 활용한 소규모 하수처리시설 |
| | • 하천유지용수 연계한 하수처리시설 분산화 |

| 관련 법 | 자연기반해법을 활용한 통합물관리를 위한<br>관련 법/제도/지침의 개정 방향 도출 |
|---|---|
| 하천법 | • 자연기반해법을 활용한 홍수터 복원, 천변 저류지 조성 등 |
| | • 하천 상·중·하류별 기후변화 대응능력 강화 |
| | • 도심 침수 저감 그린인프라 확대 |
| | • 하천구역 행위 제한 개선(허용점용허가 기준 개선) |
| | • 자연기반해법을 활용한 하천 정비사업의 근거 규정 등 |
| | • 하천시설물의 자연기반해법을 활용한 기후변화 적응력을 강화 |
| 물관리기술 발달 및<br>물산업 진흥에 관한 법률<br>(물산업진흥법) | • 자연기반해법 연계 물산업 확대 |
| | • 분산형 물관리시설로 안전성 확보 및 고도화된 물산업 육성 |
| 수계법 | • 하천법의 하천 구역, 수변 구역과 연계한 자연기반해법 구축 |
| 도시·군계획시설의<br>결정·구조 및 설치기준에<br>관한 규칙<br>(도시계획시설규칙) | • 도시·군계획시설에 비점오염원관리시설을 반영 |
| 도시숲 등의 조성 및 관리에<br>관한 법률 (도시숲법) | • 가로수 사업 시행 시 물순환 연계 |
| 지하수법 | • 지하수 수질관리 강화(지표수-지하수 연계) |
| | • 공공수역의 기저유출 관리를 위한 자연기반해법 조성(수변생태벨트 등) |
| 농어촌정비법 | • 농업지역에서 자연기반해법을 활용한 물순환을 강화 |
| | • 지하수 수질과 연계한 농업기반시설 조성 및 관리 |
| | • 농어촌기반시설의 자연기반해법과의 연계성을 강화 |
| | • 농업용수 이용 및 비용 체계의 개선으로 재이용을 활성화 |
| | • 농업과 하천 사이에 완충녹지를 조성 |

### (7) 물관리 분야별 자연기반해법 활용 확대를 위한 정책과제 발굴

❍ 물환경 부문 자연기반해법 활용 확대를 위한 정책과제

| 주요 전략 | 자연기반해법 적용 방안 |
|---|---|
| 방류수의 하천 기여율 근거<br>하수처리시설 개선 | • 소규모 하수처리시설의 하류 이전 대신 자연기반해법 연계 처리 후 상류 방류 |
| | • 도시지역 분산형 하수처리시설 도입(지하화 및 지상부 공원이나 습지 등)으로 도심하천 방류 |
| | • 일정 규모 이상 개발사업의 경우 자체 하수처리시설 도입 |
| 소규모 하수처리시설의<br>자연기반해법과의 연계 추진 | • 1일 하수처리 용량 500㎥ 미만 시설: 유입수 성상에 따라 자연기반해법을 활용한 자연형 시설(인공습지 등)을 설치하고, 방류수 기준의 충족을 위하여 화학적 처리(철염 등)를 도입 |
| 미량오염물질 관리 기반 | • 자연기반해법의 생물학적 및 물리화학적 처리기작을 이용하여 다양한 미량물질(의약품, 항생제, 농약, 미세 플라스틱, 중금속 등) 관리 |
| 시설재배지 수질 영향 저감 | • 자연기반해법(인공습지, 생태수로, 생태벨트 등)의 적용으로 물순환 개선 및 지하수와 지표수 수질 개선 |

| 주요 전략 | 자연기반해법 적용 방안 |
|---|---|
| 통합집중형 오염지류개선사업 (건강한 우리강사업) | • 유역-하천 연계 사업 추진(안)<br>- 유역 물순환개선 사업(오염원분리 사업): 하수관로 정비, 오수관로 개선, 분류식화사업, 차집관로 개선 등<br>- 유역 물환경관리 사업(오염원처리 사업): 하수처리, 가축분뇨처리, 산단폐수처리, 비점오염(인공습지, 저영향개발기법) 등<br>- 하천 건강성 사업(하천회복사업, 사람과 자연 공존 사업): 생태하천 복원, 홍수터 복원, 천변저류지, 유량 확보, 퇴적물관리, 친수사업 등 |
| 공공수역 기저유출 관리 | • 지표수 수질과 연계하여 유역내 지하수 환경목표(목표 수질) 설정 |
| | • 하천 수질, 수생태 관리를 위해 지하수의 수량(기저유출량)과 수질을 통합관리 |
| | • 질산염 관리를 위한 관리지구 지정 및 관리이행계획 수립(농업, 축산 지역 중심) |
| | • 유역 내 질산염 관리를 위해 질산염 수질 기준을 지표수와 지하수에 동일하게 적용 |
| | • 블루-그린 네트워크 기반의 수변 완충 지역 조성 확대 |
| 탄소중립 및 생태용수와 연계하여 농촌 유역 자연기반해법의 기반 구축 | • 소규모 하수처리시설 및 자연적 물관리기법(둠벙, 습지 등)과의 연계 |
| | • 마을습지 확대 및 인벤토리 구축 |
| | • 축산단지 내에 자연기반해법을 활용한 완충녹지의 설치를 의무화 |
| | • 액비살포지 완충녹지 설치 의무화 |
| 유역 지표수-지하수 연계관리 제도 개선 | • 유역 내 지표수-지하수 연계 관리를 위한 법적 기반 정비(물환경보전법, 지하수법 개정) |
| | • 자연기반해법을 활용한 공공수역 및 지하수의 질소 관리를 위한 비점오염원 관리제도 정비 |
| 도시 지역 불투수면적 및 물순환관리 | • 도시 지역 블루-그린 네트워크 구축 |
| | • 그레이인프라를 그린인프라로 전환 |
| | • 물순환조례의 근거 법령 마련으로 물순환 의무화 |
| | • 탄소중립, 도시 침수 연계 도시 물순환 방안 |
| | • 하수도시설 개선 시 저영향개발기법을 동시에 고려하는 것을 제도화 |

❍ 수자원 부문 자연기반해법 활용 확대를 위한 정책과제

| 주요 전략 | 자연기반해법의 적용 방안 |
|---|---|
| 하천 건천화 저감 및 생태용수 확보 방안 | • 도시지역 저영향개발기법 및 그린인프라 확보(불투수면적 관리 등) |
| | • 생태면적률제도를 물의 저류 및 보유 기능과 연계(현재 녹지 위주 체계) |
| | • 농촌지역 저류공간 확보 및 농업용수 비용 체계 구축(농업용수 절감 방안) |
| | • 시설재배지 조성 시 저류지 조성과 연계 |
| | • 소규모 하수처리시설의 하류 이전 대신 자연기반해법 연계 |
| | • 일정 규모 개발 시(예: 인구 2만 명 이상) 하수처리시설의 설치 의무화(지하화 및 공원화) |
| | • 도시 하수처리시설의 도심지 분산배치 시 국고보조금 지원 비율의 향상 |
| | • 자연기반해법을 활용한 비점오염, 그린인프라, 저영향개발기법 등 물환경/수생태 관리를 위한 부서의 지속가능성 확보 |
| 자연기반해법을 활용한 하천정비 개선 방안 | • 둔치 개발화는 비점오염물질의 하천 직유입을 발생시키기에 하천점용허가 기준 개선 |
| | • 하천 설계기준 개선(상류 하천 홍수터 복원, 제방 후퇴), 중류 하천(천변저류지 등), 하류 하천(기수역 복원 등) |

| 주요 전략 | 자연기반해법의 적용 방안 |
|---|---|
| 하천 및 유역 연계 수변생태벨트 (탄소벨트) 조성 | • 하천점용허가 기준 개선 |
| | • 수계법 및 하천법 연계 추진 |
| 댐상류 통합물환경관리 기반 구축 및 시범사업 추진 | • 수면관리자의 유역-하천 연계 물환경사업 추진 근거가 필요(물환경보전법 등) |
| | • 수계법 개정으로 댐 상류 지역 유역 매수 토지-하천 연계 사업의 근거를 마련 |
| | • 지하수 수질을 고려한 매수 토지 확보를 위한 지하수 수질 조사가 필요함 |
| 유역-하천 연계 예산 확보 방안 | • 유역 오염원관리사업 추진 시 지자체 하천사업 필수 연계(중권역물환경관리계획 등) |

❍ 물관리 분야별 주요 전략 및 자연기반해법 적용 방안

| 분야 | 미래 관리 방향 | 분야별 자연기반해법 적용 방안 도출 |
|---|---|---|
| 물 이용 | 수원다변화 + 노후 수도 시설 개선 + 농업용수 합리화 등을 종합적으로 고려 | • 상수원보호구역 주변 오염원관리, 수변생태벨트 조성 |
| | | • 물 재이용 분야의 확대 |
| | | • 농업용수 효율화 및 저수지 기능의 다각화 |
| 물안전 | 수원 다변화 통한 신규 수자원 확보 + 지방하천의 치수 안전율 확보 등 기반 종합적 물 안전성 향상 | • 유역 내 저류공간 조성 확대(중소규모 저수지 조성 확대) |
| | | • 물관리시설물의 기후변화 취약성 평가 및 적응력 강화 (극한기후 탄력성 회복) |
| | | • 도심 침수의 저감을 위한 저영향개발기법 및 그린인프라 확대 |
| 거버넌스 | 통합형+ 유역관리+ 이해당사자 참여 물관리 거버넌스 구축을 통한 물 문화 창달 | • 오염지류 거버넌스 구축 제도화(농업 및 축산비점 관련) |
| | | • 물관리시설물의 공공근로 사업 연계성 확대(주민 활용 환경관리) |
| | | • 지역 축제의 물, 생태, 역사 연계성 확보 |
| | | • 자연기반해법을 활용한 물관리시설(저영향개발기법, 인공습지, 수변생태벨트, 완충녹지, 물과 연계된 녹지공간 등)의 주민 참여 환경관리 확대로 경제적 기여 |
| 물산업 | 디지털 물관리+ 유역 기반 물관리 및 기술 검증 플랫폼 구축 + 예산의 안전성 및 지속성 확보 + 민간 참여 확대 지원제도 구축으로 유역 물산업 진흥 추진 | • 초·중·고 학생의 물과 생태교육 활성화(교육청과 연계) |
| | | • 자연기반해법과 연계한 물관리시설의 지능화로 지역 물산업을 확대 |
| | | • 분산형 물관리시설의 확대 및 지역기업의 물관리시설 참여 확대 |
| | | • 자연기반해법을 활용한 통합물관리 지역 맞춤형 물관리 인력의 육성 |

### (8) 자연기반해법을 활용한 통합물관리 추진을 위한 근거 법 제정 방안

❍ 자연기반해법과 같은 물순환기작을 가진 기법은 생태계서비스 기능으로 도시 및 유역의 복합적 환경 문제 해결을 위해 다양한 방식으로 적용

❍ 자연기반해법을 적용할 수 있는 지자체 물순환 조례를 검토한 결과 다음과 같은 내용을 포함

- 조례에서는 “물순환 관리의 기본 원칙”을 담고 있으나 자연계 물순환과 인공계 물순환의 연계를 명시하지 않고 있음

❍ 자연기반해법을 활용한 물순환 기반 통합물관리 추진을 위한 『물순환촉진 및 지원에 관한 법률』 제정을 지원

- 물관리 일원화, 물관리기본법 시행 등을 통해 물순환에 기반한 통합물관리 기반은 구축되었으나 『물관리기본법』의 건전한 물순환 체계 구축은 관련 하위법의 구체적 실행 요구가 없어 선언적 의미에 그침
- 모든 물관리 사업이 개별법에 근거하여 수행됨으로써 『물관리기본법』에서 명시하는 통합물관리 사업의 효율적 추진과 물순환이 어려운 상황임
- 개별법에 의한 개별 물관리 사업이 통합물관리 기능 없이 단기 효과 위주 사업으로 수행되어 장기적인 효과를 가진 통합물관리 기반 물순환 사업이 외면받음
- 따라서 『물관리기본법』명시 물순환 체계 구축을 위한 제도와 정책의 효율적 추진을 위해서 『물순환촉진법』 필요
- 『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』은 『물관리기본법』에서 명시하는 유역의 건전한 물순환 체계 구축을 통한 홍수와 가뭄, 비점오염, 열섬현상, 하천 건천화 등 복합적 물 문제를 통합적으로 해소할 수 있는 법이며 자연기반해법의 적극적 활용이 필요함
- 본 과제 연구진은 본 연구 결과를 활용하여 국회토론회(2023년 6월 9일)에서 『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』의 제정에 필요한 방향성을 주제로 발표함으로써 법안의 방향성 정립에 기여하였으며, 환노위 법안소위(2023년 8월 22일)에 진술인으로 참여하여 법안의 가결에 기여함

❍ 물순환 촉진 및 지원에 관한 법률 제정 결론

- 모든 물관리 단위 사업이 개별법에 근거하여 단일 목적 달성으로 추진되면서 통합물관리를 달성하기가 어려움
- 물관리 사업이 통합물관리 기능 없이 단기간 효과 위주 사업으로 진행되면서 장기적인 효과를 가진 통합물관리 기반 물순환 사업이 외면받음
- 전략법인 『물관리기본법』의 목적과 기본 원칙에서 제시하는 건전한 물순환 체계 구축은 관련 하위법의 구체적 실행 요구가 없어 선언적 의미에 그침
- ‘물순환 기반 유역 통합물관리 사업’ 추진을 위해서는 자연기반해법을 활용하여 자연계 물순환과 인공계 물순환이 연계되어야 하며 이를 위하여 [전략 법: 물관리기본법]-[물순환 통합 실행법: 물순환촉진법]-[개별법]의 연결 체계가 필요함
- 『물순환촉진 및 지원에 관한 법률』의 주요 추진사업에는 자연기반해법을 폭넓게 활용할 수 있는 ‘물순환 기반 유역 통합물관리를 위한 사업(주요 개별법의 통합물관리 기능 강화, 개별법 연결부사업 추진 및 추진 주체, 물순환 기반 유역 통합물관리 사업 추진)’이 필요함
- 자연기반해법이 활용되는 ‘물순환 기반 유역 통합물관리 사업’ 추진의 효과는 통합물관리로 기후위기 대응, 생태계서비스 향상, 고도화된 선도 기술 도입으로 물순환 기반 통합물관리 물산업을 창출

# 목 차

# CONTENTS


**제1장 연구 개요 ····· 1**

1. 연구 배경 ····· 2
2. 연구의 목표 및 내용 ····· 5

**제2장 물관리 분야의 자연기반해법 적용 사례 ····· 7**

1. 자연기반해법의 추진과정 ····· 8
2. 물관리 분야 자연기반해법 적용 사례 및 효과 ····· 11
   2.1 수자원 부문 ····· 11
   2.2 물환경 부문 ····· 21
3. 시사점 ····· 38
4. 통합물관리를 위한 자연기반해법의 정의(안) 및 기능 ····· 42

**제3장 물관리사업 현황 및 자연기반해법 활용 가능 물관리사업 도출 ····· 43**

1. 물관리 사업 현황 및 한계 ····· 44
   1.1 물관리 사업 재정체계 현황 ····· 44
   1.2 물관리사업 재정체계 문제점 ····· 50
   1.3 물관리사업과 자연기반해법 연계의 한계점 ····· 51

2. 자연기반해법 활용 통합물관리 가능 물관리 사업 검토 ····· 51
2.1 환경부 물관리 관련 사업 중 자연기반해법 적용가능사업(안) ····· 51
2.2 타 부처 물관리 관련 사업 중 자연기반해법 적용가능 사업(안) ····· 53
3. 자연기반해법 적용 시 비용분석 ····· 54
3.1 하천 분야 적용 사례 ····· 54
3.2 유역 분야 적용 사례 ····· 58
3.3 하수 분야 적용 사례 ····· 60
4. 자연기반해법 활용 통합물관리 평가체계 ····· 64
4.1 물관리 사업의 자연기반해법을 활용한 통합물관리 평가 기준 ····· 64
4.2 물관리 사업의 자연기반해법을 활용한 통합물관리 평가 및 연계 방안 ····· 64
5. 자연기반해법 활용 통합물관리 평가 및 우선순위 선정 ····· 66
5.1 자연기반해법 활용 통합물관리 평가 ····· 66
5.2 자연기반해법 활용 통합물관리 사업 우선순위 선정 ····· 72

**제4장 자연기반해법 정책 방향 및 법·제도 개선 방안 ····· 73**

1. 국가물관리기본계획 및 대책과 연계한 평가 방안 ····· 74
1.1 자연기반해법 활용을 위한 국가계획 및 대책 검토 ····· 74
1.2 자연기반해법 활용 통합물관리 연계를 위한 기본 원칙 및 평가 방안 ····· 86
2. 자연기반해법을 활용한 통합물관리 추진 방안 ····· 91
3. 자연기반해법 활용 통합물관리 핵심사업 도출 및 체계 구축 ····· 93
3.1 물관리 사업의 자연기반해법을 활용한 통합물관리 추진 유형(안) ····· 93

# CONTENTS

3.2 자연기반해법을 활용한 통합물관리 사업과 기존 그레이인프라와 사업비 비교 ····· 103
4. 자연기반해법 활용 물관리사업제도 개선 방안 및 로드맵 방안 ····· 107
4.1 물관리 정책의 변화 및 한계 ····· 107
4.2 자연기반해법 활용 통합물관리 추진을 위한 근거법 추진 방안 ····· 111
4.3 자연기반해법 활용 확대를 위한 제도 개선 ····· 112
4.4 자연기반해법 활용 물관리사업과제 로드맵 방안 ····· 125
5. 물관리 분야별 자연기반해법 활용 확산을 위한 정책과제 발굴 ····· 130
5.1 물관리 여건 변화를 반영한 물관리 정책 방향 ····· 130
5.2 국가물관리계획 주요 전략별 자연기반해법 적용 방안 ····· 131
5.3 자연기반해법 활용 통합물관리 추진 위한『물순환촉진법』제정 지원 ····· 137

**제5장 인식도 제고 및 관련 분야 간 협력체계 강화 ····· 143**

1. 세미나·포럼 개최 배경 및 개요 ····· 144
2. 주요 의견 및 제언 ····· 145
2.1 1차 세미나 개최 ····· 145
2.2 2차 세미나 개최 ····· 146
2.3 1차 포럼 개최 ····· 148
2.4 2차 포럼 개최 ····· 149
2.5 3차 포럼 개최 ····· 150
3. 향후 추진이 필요한 정책 연구 제안 ····· 152

참고 문헌 ····· 153

부 록 ····· 157

부록 1. 자연기반해법을 활용한 통합물관리 추진방안 도출

부록 2. 물환경 부문 자연기반해법 적용 정책 과제

부록 3. 수자원 부문 자연기반해법 적용 정책 과제

부록 4. 물순환 관련 조례·물순환 및 저영향개발 관련 지자체 조례 개선방안 (국가법령정보센터)

부록 5. 세미나 및 포럼 개최 세부내용

부록 6. 연구진이 제정지원한『물순환촉진 및 지원에 관한 법률(안)』

# CONTENTS

## 표 목 차

표 2.1 자연기반해법의 정의 사례 ····· 9
표 2.2 EU의 자연기반해법 관련 법 ····· 10
표 2.3 빗물유출제로화 1, 2단계 특성 ····· 21
표 2.4 저영향개발기법 기술요소별 오염물질 저감효과 ····· 22
표 2.5 편익 및 사업효과 산정 결과 ····· 22
표 2.6 비점오염저감시설의 생태계서비스지수 및 세부 항목별 가중치 ····· 24
표 2.7 그린인프라조성사업 및 시설 유형 ····· 25
표 2.8 곡성 생태수로 현황 ····· 28
표 2.9 용인 생태수로 현황 ····· 30
표 2.10 인공습지 제원(Meney et al., 2009) ····· 32
표 2.11 습지 위치별 오염물질 저감효과 ····· 32
표 2.12 인공습지 운영 ····· 35
표 2.13 자연기반해법 관련 선행 연구사업 내용 ····· 40
표 2.14 자연기반해법과 유사 기술 분류와의 차별성 ····· 41
표 2.15 자연기반해법의 장점 및 한계 ····· 41
표 3.1 2016~2022년 물환경 부문 예산 ····· 45
표 3.2 2023년도 환경부 예산 내역 ····· 46
표 3.3 2023년 일반회계 세출 내역(수자원 부문) ····· 46
표 3.4 2023년 환경개선특별회계 세출 내역(물환경 부문) ····· 47
표 3.5 2023년 국가균형발전특별회계 세출 내역 ····· 48
표 3.6 2023년 농어촌구조개선특별회계 세출 내역 ····· 48
표 3.7 2023년 기금 세출 내역 ····· 48
표 3.8 2023년도 농림축산식품부 예산 내역 ····· 49
표 3.9 2023년도 행정안전부 예산 내역 ····· 50
표 3.10 환경부 물관리 관련 사업 중 자연기반해법 적용가능사업(안) ····· 52
표 3.11 물관리사업의 통합물관리 기반 기능분석 ····· 54
표 3.12 생태하천 복원 사업비 세부 공종별 사례분석(포천시, 2019) ····· 55

표 3.13 그린인프라 및 그레이인프라 고수호안 공법 비교(포천시, 2019) ····· 57
표 3.14 댐 유입 하천 홍수터 복원의 공종별 사례분석(K-water, 2022) ····· 58
표 3.15 대규모 개선사업(재건설) 및 지하화 사례(환경부, 2019) ····· 61
표 3.16 공촌하수처리시설 증설 및 고도처리시설공사 설계 내역 사례(한국토지공사, 2009) ····· 63
표 4.1 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030)의 주요 내용 ····· 76
표 4.2 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030)의 주요 내용 및 자연기반해법 연계성 ····· 77
표 4.3 제3차 국가기후변화 적응 대책(2021~2025)의 주요 내용 및 자연기반해법 연계성 ····· 82
표 4.4 국내 분야별 기후리스크 목록(관계부처 합동, 제3차 국가기후변화 적응 대책 (2021~2025)) ····· 83
표 4.5 제3차 국가기후변화 적응 대책의 자연기반해법 기반 기후리스크 적응력 제고 방안 ····· 84
표 4.6 제3차 강우유출비점오염관리 종합대책(2021~2025)의 주요 내용 및 자연기반해법 연계성 ····· 85
표 4.7 자연기반해법 활용 통합물관리 연계 기본 원칙 설정 ····· 86
표 4.8 자연기반해법을 활용한 통합물관리를 위한 물관리 사업 평가 항목 및 평가 지표 ····· 88
표 4.9 자연기반해법 활용 통합물관리 연계를 위한 항목별 세부 연계 방법 ····· 89
표 4.10 자연기반해법 활용 통합물관리를 위한 단위(세부) 물관리 사업 과제평가 카드 ····· 90
표 4.11 일반회계: 수자원 부문 ····· 91
표 4.12 농어촌구조개선특별회계 및 국가균형발전특별회계: 물환경 부문 ····· 91
표 4.13 환경개선특별회계: 물환경 부문 ····· 92
표 4.14 수계관리기금: 물환경 부문 ····· 92
표 4.15 환경개선특별회계: 물환경 부문 ····· 93
표 4.16 기존 개별 사업의 자연기반해법 활용 통합물관리 강화 방안 ····· 94
표 4.17 기존 개별 사업의 자연기반해법 활용 통합물관리 사업 유형 도출 ····· 94
표 4.18 자연기반해법 활용 신규 통합물관리 강화 방안 ····· 98
표 4.19 자연기반해법 활용 신규 통합물관리 사업 유형 도출 ····· 99
표 4.20 유형 1 사업 추진 시 기대효과 ····· 104
표 4.21 유형 2 사업 추진 시 기대효과 ····· 106
표 4.22 환경부 물관리 관련 2023년 단위 사업 현황(환경부, 2023) ····· 108

# CONTENTS

표 4.23 환경부 회계별 자연기반해법 물순환 기반 통합물관리 가능 단위사업의 예산 (환경부, 2023) ····· 109
표 4.24 수계관리기금의 자연기반해법을 활용한 물순환 활용 가능 사업 및 예산 (환경부, 2023) ····· 110
표 4.25 자연기반해법의 물순환 기반 통합물관리 사업 추진의 한계 ····· 111
표 4.26 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030) 이행과제 ····· 112
표 4.27 통합물관리를 위한 자연기반해법 제도 개선 방향 ····· 121
표 4.28 물환경 부문 주요 전략 및 자연기반해법 적용 방안 ····· 133
표 4.29 수자원 부문 주요 전략 및 자연기반해법 적용 방안 ····· 135
표 4.30 물관리 분야별 주요 전략 및 자연기반해법 적용 방안 ····· 136
표 4.31 물순환 촉진 및 지원에 관한 법률의 주요 내용 ····· 139
표 5.1 세미나 및 포럼 개요 및 내용 ····· 145
표 5.2 자연기반해법을 활용한 통합물관리 추진 확대를 위한 향후 필요 정책 연구 ····· 152

## 그 림 목 차

그림 1.1 물관리 변천사(제1차 국가물관리기본계획(2021~2030)) ····· 2
그림 1.2 자연기반해법을 활용한 물관리 연구 방향 ····· 4
그림 1.3 연구 목표 ····· 6
그림 1.4 자연기반해법을 활용한 통합물관리 방안 세부 연구 내용 ····· 6
그림 2.1 Isar Plan(Wulf and Schaufuβ, 2013) ····· 11
그림 2.2 Room for the River(Rijkswaterstaat, 2023) ····· 12
그림 2.3 The Gorla Maggiore water park(Reynaud et al., 2017) ····· 13
그림 2.4 Garron Plateau 생태계서비스 제공 단계(Rouquette et al., 2021) ····· 15
그림 2.5 Eddleston Water의 사행하천 복원(Tweed Form, 2023) ····· 16
그림 2.6 관개수로에 적용된 식생완충지대(PHUSICOS, 2023) ····· 17
그림 2.7 침전지 유역(PHUSICOS, 2023) ····· 17
그림 2.8 수로단면 정비(PHUSICOS, 2023) ····· 17
그림 2.9 함평천 복원(이두한, 2021) ····· 18
그림 2.10 궐동천 생태하천 복원(환경부, 2022) ····· 19
그림 2.11 대장천 생태하천 및 생태습지 복원 후(고양특례시, 2022) ····· 20
그림 2.12 단장천 생태하천 복원사업(환경부, 2022) ····· 20
그림 2.13 비점오염국고보조사업 오염물질 저감 효율 ····· 24
그림 2.14 그린인프라조성사업 적용 사례 ····· 26
그림 2.15 (a) 오스트리아의 리빙 월, (b) 오스트리아의 제로 배출 호텔,
(c) 독일의 에너지-옥상녹화 ····· 27
그림 2.16 곡성 하수처리장 연계 생태수로 현황 ····· 28
그림 2.17 용인 서천 생태수로 설치 시범사업 ····· 30
그림 2.18 인공습지의 개략도(Meney et al., 2009) ····· 31
그림 2.19 프랑스 인공습지 공정(프랑스 마흐뢰 지역) ····· 33
그림 2.20 프랑스 인공습지 전경 및 세부 시설 사진(사진 김이형 소장) ····· 33
그림 2.21 Dicomano 현장 사진 ····· 34
그림 2.22 인공습지 운영 방식 ····· 34

# CONTENTS

그림 2.23 자연기반해법 적용을 위한 식생 식재 ····· 35
그림 2.24 자연기반해법 원칙이 적용된 Bishan-Ang Mo Kio 공원(Schaefer et al., 2014) ··· 36
그림 2.25 하천 유역 환경 보호를 위한 생명공학적 접근법 (Schaefer et al., 2014) ····· 37
그림 2.26 Bishan-Ang Mo Kio Park ····· 38
그림 3.1 2014~2023년 환경 분야 예산 추이(한국재정정보원, 2023) ····· 44
그림 3.2 포천천 생태하천 복원사업 종합계획도(포천시, 2019) ····· 56
그림 3.3 대청댐 유입 하천 복원사업 종합계획도(K-water, 2022) ····· 58
그림 3.4 빗물탱크 설치 사례(서울시, 2022) ····· 59
그림 3.5 상자텃밭 종류(서울시, 2016) ····· 59
그림 3.6 투수포장 종류(사진 김이형 소장) ····· 60
그림 3.7 하수처리시설 완전지하화 계획(환경부, 2019) ····· 61
그림 3.8 공촌하수처리장 평면도 및 조감도(한국토지공사, 2009) ····· 62
그림 3.9 공촌하수처리장 복개 단면도(한국토지공사, 2009) ····· 63
그림 3.10 물관리 사업의 기능평가 및 통합물관리 기반 자연기반해법 연계 방안 ····· 65
그림 4.1 자연기반해법의 개념(제1차 국가물관리기본계획) ····· 75
그림 4.2 기온, 지온, 강수량 및 습도 장기 변화 (기상청, 기후정보포털 종합 기후변화 감시정보 (http://climate.go.kr/home/09_monitoring/)) ····· 78
그림 4.3 서울, 산청 및 인제군의 연평균 기온 및 강수량 변화 (기상청, 기후정보포털 종합 기후변화 감시정보 (http://climate.go.kr/home/09_monitoring/)) ····· 79
그림 4.4 지역별 및 원인별 자연재해 비용(행정안전부, 2021 재해연보: 자연재해) ····· 80
그림 4.5 단기, 중기 및 장기 수준의 글로벌 위기 (World Economic Forum, 2022, The Global Risks Report 2022, 17thedition) ····· 81
그림 4.6 자연기반해법 활용 통합물관리와의 연계를 위한 평가 방안 ····· 87
그림 4.7 유형 1-1 사업(신규 하수처리장사업 지하 설치 및 지상부 자연기반해법 연계) ····· 95
그림 4.8 유형 1-2 사업(기존 하수처리장사업에 자연기반해법 연계) ····· 96
그림 4.9 유형 1-3 사업(기존 도시 비점오염 저감사업에 자연기반해법 연계) ····· 96
그림 4.10 유형 1-4 사업(가축분뇨 공공처리시설 사업에 자연기반해법 연계) ····· 96
그림 4.11 유형 1-5 사업(소규모 하수처리시설사업에 자연기반해법 연계) ····· 97
그림 4.12 유형 2-1 사업(도시 유역 물순환 기반 하수관로 조성사업과 자연기반 해법 연계) ·· 100

그림 4.13 유형 2-2 사업(하천 유역 통합집중형 오염지류 개선사업과 자연기반해 법 연계) ···· 100
그림 4.14 유형 2-3 사업(하천 및 수변구역 연계 자연기반해법 사업) ····· 101
그림 4.15 유형 2-4 사업(저수지 상류 유역 자연기반해법 사업) ····· 101
그림 4.16 유형 2-5 사업(신도시 물순환 그린인프라 구축사업의 자연기반해법 연계) ····· 102
그림 4.17 유형 2-6 사업(하천 기저유출 저감사업의 자연기반해법 연계) ····· 103
그림 4.18 물순환 촉진법 제정을 위한 국회토론회 내용 ····· 140
그림 4.19 물순환 촉진법 제정을 위한 국회토론회(2023년 6월 9일) 주제 발표 내용 ····· 141
그림 4.20 물순환 촉진법 제정을 위한 입법공청회(2023년 8월 22일) 진술인 참여 ····· 142
그림 5.1 세미나 및 포럼 개최 일정 ····· 144

# 제1장

# 연구 개요

1. 연구 배경
2. 연구의 목표 및 내용

# 제1장

# 연구 개요

## 1 연구 배경

❍ 유역 토지 이용의 고도화, 물 사용의 다양성, 수자원의 편중성, 기후변화 등으로 야기되는 물관리의 어려움을 극복하기 위하여 정부는 물관리 일원화, 물관리기본법 시행 등을 통해 물관리에 대한 패러다임을 개선

- 정부조직법 개정을 통해 수행된 2018년 물관리 일원화는 그동안 국토교통부와 환경부로 분리되어 관리되던 수량과 수질을 환경부로 일원화하여 통합물관리를 가능하게 함
- 2019년도 시행된 물관리기본법은 물관리의 기본 이념과 물관리 정책의 기본 방향을 제시하고 물관리의 기본적인 사항을 규정하여 안정적 수자원 확보, 물환경 보전 및 개선, 가뭄·홍수 등 재해 예방 등을 통하여 지속가능한 물순환 체계를 구축하고 국민의 삶의 질 향상에 이바지함을 목적으로 제정

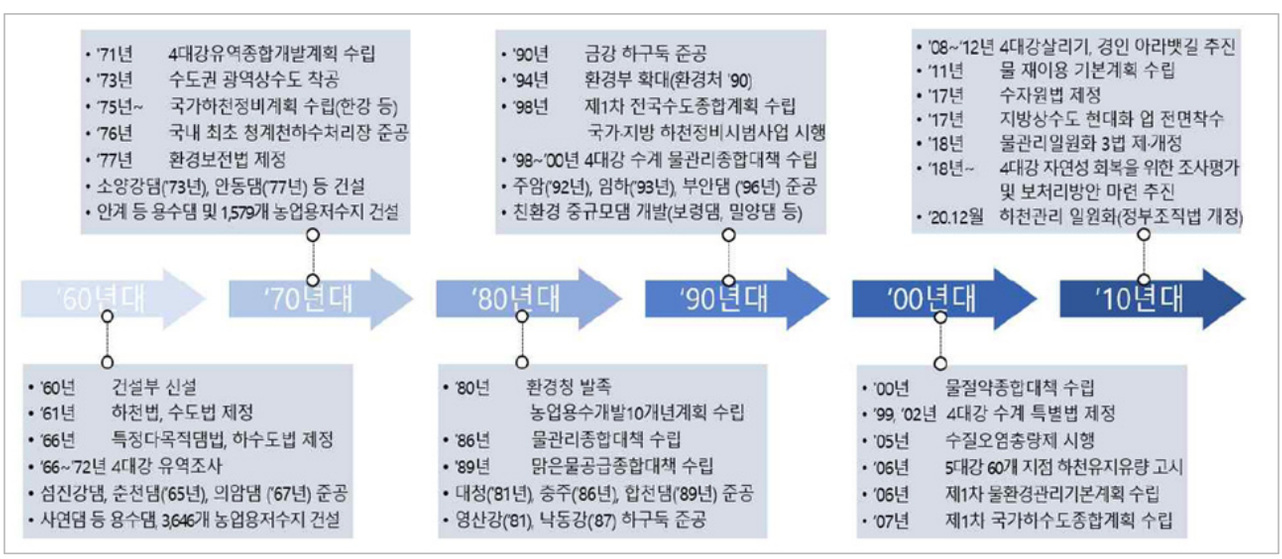



**그림 1.1 물관리 변천사(제1차 국가물관리기본계획(2021~2030))**

❍ 물관리기본법에서 제시하는 물관리의 기본 원칙은 지구의 물순환 체계로 얻어지는 물이 공공재라는 전제하에 모든 주체의 합리적 이용, 효율성 향상, 조화로운 이용, 미래세대의 자원이라는 전제하에 12가지로 명시

- 물관리의 기본 원칙은 물의 공공성, 건전한 물순환, 수생태환경의 보전, 유역관리, 통합물관리, 협력과 연계관리, 물의 배분, 물 수요 관리, 물 사용의 허가, 비용 부담, 기후변화 대응, 물관리정책 참여 등 12가지로 확정

- 물관리 기본 원칙은 “사람과 자연의 효율적 물 이용을 위하여 물순환 구축을 통한 유역 통합물관리를 추진하고 다양한 주체가 물관리에 참여”라는 기조를 반영하고 있으며, 이러한 물관리의 기본 원칙을 달성하기 위해서는 기존의 법 및 제도하에서 수행되는 물관리 체계를 전반적으로 개선이 필요함

❍ 유역 기반 통합물관리는 물의 원천인 유역을 기반으로 물 이용, 물환경, 물재해, 물복지, 물관리 등을 추진한 물관리기법이며, 물관리기본법에 의하여 수립된 ‘제1차 국가물관리기본계획(2021~2030)’에 주요한 전략으로 반영함

- 유역 단위의 통합물관리는 수질, 수생태, 수량을 통합적으로 관리를 가능하게 하면서 물의 지속가능성을 확보

- 국가물관리기본계획은 “자연과 인간이 함께 누리는 생명의 물”을 비전으로, “건전한 물순환 달성”을 목표로 설정

❍ 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030)은 “건전한 물순환 달성”을 위하여 3대 혁신정책의 6개 과제와 6개 분야별 25개 추진 과제를 담고 있으며, 이의 이행을 위해서는 물관리에 대한 새로운 방법론과 접근이 필요함

- 물관리기본계획의 혁신정책은 ① 물순환 전 과정의 통합물관리, ② 참여·협력·소통 기반의 유역물관리, ③ 기후위기 시대 국민 안전 물관리이며 “유역 통합물관리”가 중요한 전략적 방법에 해당

- 분야별 추진전략은 ① 물환경의 적정성 및 지속가능성 제고, ② 지속가능한 물 이용 체계 확립, ③ 물재해 안전체계 구축, ④ 미래 인력양성 및 물 정보 선진화, ⑤ 물 기반시설 관리 효율화, ⑥ 물산업 육성 및 국제협력 활성화이며, 주요 추진 과제를 실현하기 위해서는 물 이용, 물재해, 물환경, 물관리 등을 동시에 추진할 수 있는 전략적 방안이 필요함

❍ 자연기반해법(Nature-based Solutions, NbS)은 2018년 제8차 세계물포럼에서 유역 기반의 통합물관리를 위한 기법으로 제시되었으며, 물관리에서의 자연기반해법은 통합물관리를 위하여 자연의 기작과 공정을 지속가능하게 관리하고 이용하는 기법에 해당

- 유럽위원회는 자연기반해법을 “자연에서 영감을 얻고 지원하며, 비용효율적이고 환경적·사회적·경제적 혜택을 동시에 제공하며 회복력을 구축하는 데 도움이 되는 솔루션”이라고 정의함

- 자연기반해법은 생태계 및 생물다양성 보호뿐만 아니라 기후변화의 영향을 줄이기 위하여 중요하게 인식되며 지속가능 발전 목표를 달성할 수 있게 함

- 자연기반해법은 기후변화(완화 및 적응), 물재해 대응, 물환경 관리, 자연과 사람의 공존, 생물다양성 확보, 물관리의 효율성 등에 중요하게 적용될 수 있으며 이를 통하여 통합물관리에 기여할 수 있음

❍ 물 분야의 자연기반해법은 미국, 유럽, 일본 등 많은 국가에서 유역 오염원 관리, 홍수 및 가뭄과 같은 물재해 관리, 하천관리, 주민참여 환경관리 등에 다양하게 적용할 수 있음

- 유럽, 일본 등 선진국은 기후변화, 도시화 등의 외부 여건에 맞춰 물환경과 물재해 관리를 위하여 자연성 기반 기술을 적극적으로 활용하도록 법령, 지침 또는 국가계획에 명문화함

- 미국 오하이오주는 유역 산업단지와 하천의 물환경 관리를 위하여 유역의 하천 복원사업 추진 시 자연기반해법의 저영향개발기법(Low Impact Development, LID) 적용, 홍수터 복원, 하천 자연성 회복 등의

기법을 적용

- 유럽은 다기능 홍수터 조성으로 탄소 흡수, 수질 정화, 수생태 복원 등을 위하여 자연기반해법의 기술을 다양하게 적용함
- 국내에서도 도시물순환 체계 구축, 오염원 관리, 하천정비, 수생태 관리 등에 자연기반해법이 적용되고 있으며 다양한 복합적 효과를 도출

❍ 본 연구는 자연기반해법이 가진 복합적 효과를 물관리 전반에 확대시키고 유역 기반 통합물관리의 효율적 추진을 위하여 물환경, 물 이용, 물재해 등에 이르기까지 물 분야에 자연기반해법의 적극적 활용 방안을 검토하고 제도적 기반을 마련하고자 수행

- 우리나라의 물관리가 환경부로 통합되었지만 농업용수는 여전히 농림축산식품부가 관리하고 있으며, 물재해 관련 물관리는 행정안전부에서 관리됨으로써 통합물관리 추진은 다소 어려운 상황임
- 또한 환경부 내에서 물관리는 하수도법(하수관리), 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률(물재이용 관리), 물환경보전법(비점오염원 관리, 폐수 관리, 수생태 관리 등), 하천법(하천관리), 지하수법(지하수 관리), 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률(가축분뇨 관리), 수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률(수자원 관리) 등으로 개별법에 근거하여 관리됨으로써 통합물관리를 추진하는 데 어려움이 있음
- 통합물관리를 이행하기 위해서는 물관리에 대한 개별법이 수량, 수질, 수생태를 동시에 고려하면서 물관리가 기후변화, 물관리 효율성, 탄소중립 등을 동시에 충족시키도록 자연기반해법을 연계하거나 적용할 수 있게 제도 개선이 필요함
- 또한 유역 기반의 통합물관리를 추진하기 위해서는 물순환을 기반으로 한 통합물관리사업을 시행할 수 있도록 자연기반해법을 적극적으로 활용할 수 있는 법 제정 등 제도 개선이 필요함

**그림 1.2 자연기반해법을 활용한 물관리 연구 방향**

## 2 연구 목표 및 내용



❍ 우리나라는 물인프라(물환경, 수자원 등)에 대한 지속적 투자로 물 이용, 물환경, 물재해 등에 대한 높은 성과를 도출하였으나 향후 기후변화, 지속적 유역 토지 이용 변화, 물 이용의 가변성 등을 고려할 때 새로운 물관리기법이 필요한 실정임

- 한국의 하수도보급률은 94.5%(2020년 기준)로 매우 높은 수준이지만 여전히 수질 악화 지역 및 녹조는 지속적으로 발생하기에 자연기반해법을 활용한 물환경 관리에 대한 새로운 접근이 필요함
- 지구생태계에서 자연과 사람의 지속가능성을 확보하기 위한 지속가능개발목표(Sustainable Developments Goals, SDGs)의 경우 우리나라는 "물과 위생"에 해당하는 SDG6의 향상(2020년 기준)에도 불구하고 SDG13(기후대응), SDG14(해양생태계), SDG 15(육상생태계)는 정체되거나 악화되고 있기에 물과 생태계의 연계성을 강화하는 자연기반해법 기반 물관리 전략이 필요함
- 4대강 유입 부하의 약 70%(2020년 기준)가 비점오염원에 기인하지만 비점오염관리 예산을 확보하기가 쉽지 않기에 물환경 관리를 위한 자연기반해법을 활용한 전략이 필요함
- 건기의 하천유량의 약 50% 이상이 기저유출(현윤정, 2022)에 기인하기에 물관리 사각지대에 존재하는 기저유출로 인한 하천 수질 영향을 저감하기 위한 자연기반해법 활용이 필요함
- 강우량은 증가하고 있지만 대기습도는 낮아지면서 극한기후 발생이 증가하여 침수, 홍수, 가뭄 등이 증가하고 있기에 기후변화에 대응하는 자연기반해법을 활용한 물관리가 필요함
- 경제발전과 삶의 질 향상을 위하여 유역 내 토지 이용은 점점 고도화(시설재배지 확대, 가축분뇨 자원화 정책 등)되면서 불투수면적률은 증가하고 물순환은 왜곡되며 신규 오염물질이 공공수역에 영향을 주기에 유역관리에 자연기반해법을 활용한 새로운 물관리기법을 적용해야 함

❍ 본 연구는 물관리 분야(수자원, 물환경, 물재해 등)의 통합물관리 달성을 위하여 물 분야에 자연기반해법의 적극적 활용 방안을 검토하고 제도적 기반 마련을 추진하는 것을 연구 목표로 설정

- 『물관리기본법』 제12조(통합물관리)는 물관리 시 물순환 과정의 전주기(全週期)를 고려하면서 수량 확보, 수질보전, 가뭄 및 홍수 등으로 발생하는 재해 방지, 기후·토지·자원·환경·식생 등과 같은 자연환경, 경제·사회 등에 미치는 영향 등을 종합적으로 고려하는 물관리의 추진을 명시
- 통합물관리(수질, 수량, 생태계, 기후변화 등)의 실현을 위해 물 분야에 자연기반해법의 적극적 활용제도 기반 구축은 생태계서비스의 조절 기능(수질 정화, 대기 정화, 기후 조절, 토양 개선, 홍수/침수관리, 녹조관리, 수생태 건강성 등)을 물관리에 적극적으로 활용하는 것을 의미

**그림 1.3 연구 목표**

❍ 본 연구는 "자연기반해법을 활용한 지속가능한 통합물관리 방안 제시"를 목표로 2022년 11월 11일~2023년 11월 6일(총 361일)간 수행되며 자세한 연구 내용은 다음과 같음

- 물관리 분야 자연기반해법 적용 사례 조사 및 시사점 도출
- 자연기반해법의 활용성 평가 및 우선 분야 도출
- 인식도 제고 및 관련 분야 간 협력체계 강화
- 자연기반해법의 활용 확대를 위한 정책 방향 및 법·제도 개선 방안 제시

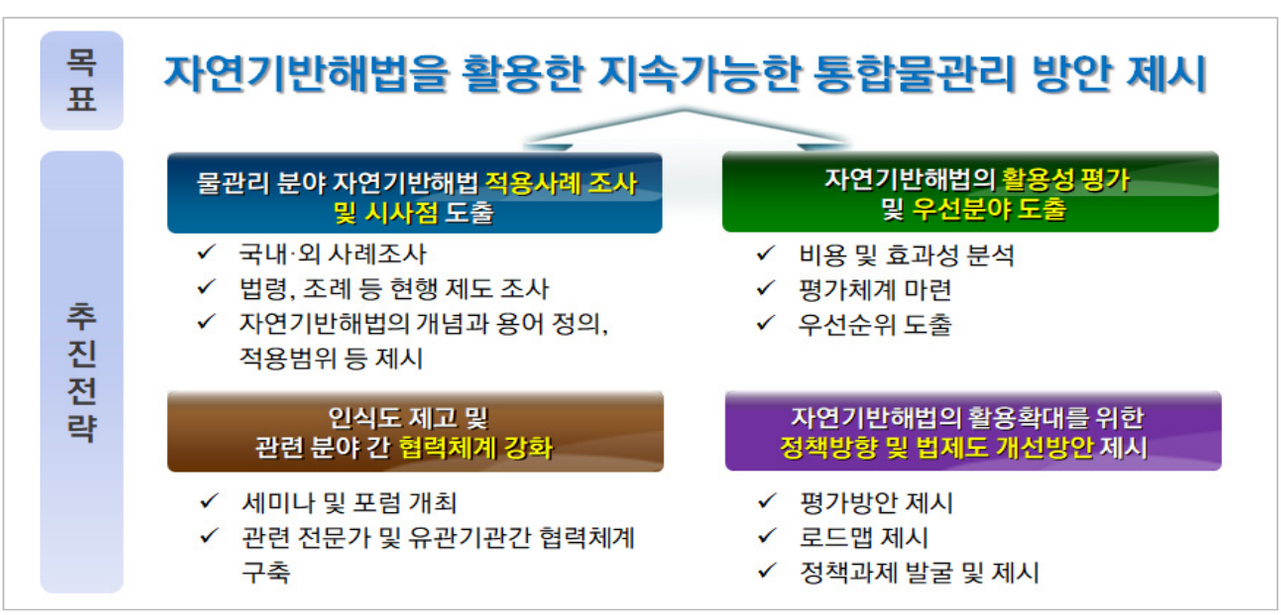



**그림 1.4 자연기반해법을 활용한 통합물관리 방안 세부 연구 내용**

# 제2장

# 물관리 분야의 자연기반해법 적용 사례

# 제2장

# 물관리 분야의 자연기반해법 적용 사례

## 1 자연기반해법의 추진과정

❍ 1992년 6월 3일에서 14일까지 브라질의 리우데자네이루에서는 세계 각국 정상들과 민간 단체들이 참가하여 지구 환경보전 문제에 대하여 리우회의를 개최함

- 리우회의는 정부 대표 중심의 유엔환경개발회의와 민간단체 중심의 지구환경회의가 수행되었으며 개발위주의 경제성장과 산업화로 인한 자연생태계를 보전하면서 지속가능한 개발을 달성하기 위하여 개최함
- 리우회의에서는 리우선언(Rio Declaration)과 이행을 위한 21개 세부 행동강령을 담은 의제21 (Agenda 21)을 채택하였으며 의제21은 에너지, 토지, 자원관리, 생물다양성 보호, 여성, 교육 등 경제와 사회제도 전반에 걸친 총체적 규범을 포함
- 리우회의의 중요성은 지구온난화를 방지하기 위한 “기후변화협약(Climatic change convention)”, 멸종위기 생물과 생태계 보호를 위한 “생물다양성협약(Convention on Biological Diversity, CBD)”, 사막화 방지를 위한 “산림 원칙(Forest Principle)” 등이 체결
- 리우선언과 의제21의 이행 점검, 평가 및 전략 수립을 위한 유엔지속가능발전위원회(UNCSD, UN Commission on Sustainable Development) 설치를 합의함

❍ 기후변화협약의 주요 내용 및 진화

- 1992년 리우회의 체결 기후변화협약은 모든 국가가 ‘공동의 그러나 차별화된 책임(Common But Differentiated Responsibilities)’에 따라 각자의 능력에 맞게 온실가스를 감축한다는 내용
- 1997년 제3차 당사국총회에서는 교토의정서(Kyoto Protocol)를 채택하여 선진국 중심의 수량적 온실가스 감축의무를 규정함
- 그러나 2015년 COP21을 통한 파리협정(Paris Agreement)이 채택되면서 기존의 선진국 위주의 온실가스 감축 의무를 모든 국가가 자국 상황을 반영하여 참여하는 보편적 체제로 전환
- 파리협정에서는 지구 평균기온을 산업화 이전 대비 2℃보다 상당히 낮은 수준으로 유지하고 1.5℃로 제한하기 위해 노력하기로 합의함

❍ 생물다양성협약(Convention on Biological Diversity, CBD)의 주요 내용

- 생물다양성협약은 생물다양성 보전, 생물다양성 구성 요소의 지속가능한 이용, 유전자원의 이용으로부터 발생하는 이익을 공정하고 공평하게 배분을 중요한 내용으로 포함함

- 생물다양성은 종다양성(Species diversity), 생태계 다양성(Ecosystem diversity), 유전자 다양성(Genetic diversity) 등 세 가지 수준에서 평가되며 생물다양성은 곧 인류의 식량 안전, 의약품, 대기, 수질, 거주지 및 우리가 살고 있는 건강한 환경에 필요한 항목
- COP15(2022)의 생물다양성협약의 주요 목표는 2030년까지 육지, 해안 및 해양의 30%를 보호구역으로 지정·관리하고 훼손된 육지와 해안 및 해양의 최소 30% 복원 내용을 포함

❍ 지속가능목표(Sustainable Development Goals)의 주요 내용

- 지속가능목표는 밀레니엄개발목표(MDGs, 2000~2015년)가 종료된 후 향후 15년간(2016~2030년) 유엔과 국제사회가 이행할 최대 공동목표이며 17개 목표 및 169개 세부 목표가 포함됨
- SDG는 인류의 보편적 문제(빈곤, 질병, 교육, 성평등, 난민, 분쟁 등)와 지구 환경 문제 (기후변화, 에너지, 환경오염, 물, 생물다양성 등), 경제·사회 문제(기술, 주거, 노사, 고용, 생산 소비, 사회구조, 법, 대내외 경제) 등 해결을 목적으로 함

❍ 유엔은 기후변화 대응, 생물다양성, 지속가능목표 달성을 위하여 자연기반해법을 중요한 이행 수단으로 평가하면서 2018년 제8차 세계물포럼 이후 보급을 확대함

- 자연기반해법은 선진국뿐만 아니라 개도국에 이르기까지 공평하게 적용될 수 있는 기법이며, 사람과 자연에 지속가능성이라는 공동의 혜택을 제공하는 기법에 해당함
- 자연기반해법의 주요 원리는 자연이 물질순환, 물순환, 에너지 흐름을 사회, 경제, 문화 전반에 활용함으로써 지속가능한 복원력(sustainable resilience)을 확보하는 중요한 전략

❍ 자연기반해법이라는 용어는 경제적·환경적 혜택을 제공하는 동시에 다양한 사회적 문제를 다루고 해결하기 위해 확장되었음

**표 2.1 자연기반해법의 정의 사례**

| 구분 | 정의 |
|---|---|
| 일반적인 자연기반해법 | 기후변화, 물 안보, 수질오염, 식량 안보, 사람의 건강, 생물다양성 손실, 재해 위험관리와 같은 사회 환경 문제를 해결하기 위해 자연적 특징과 과정을 지속가능하게 관리하고 사용하는 것을 의미 |
| European Commission | 자연적 기작을 활용하여 다양한 생태계서비스를 제공하면서 비용 효율적이고 환경, 사회 및 경제적 이점을 제공하면서 복원력(resilience)을 구축하는 기법 |
| Nature-based Solutions Initiative | 사람들이 변화와 재해에 적응할 수 있도록 돕기 위해 자연과 협력하고 향상하는 행동(예: 맹그로브복원, 옥상녹화, 그린월등)이며 수질 정화, 재해 예방, 탄소 흡수 및 격리, 열섬현상 완화, 생물다양성 확보, 사람의 웰빙 등에 기여하는 기법 |
| IUCN( International Union for Conservation of Nature) | 자연 또는 인공생태계를 보호하고 지속가능하게 관리·복원하기 위한 조치로 사회적 문제를 효과적이고 적응적으로 해결하면서 인간의 복지와 생물다양성 혜택 제공하고 기후변화, 식량 안보, 재난 위험 등 사회적 문제와 물 안보, 사회 및 경제발전, 인간의 건강 증진에 기여하는 기법 |
| United Nations(UN) | 자연기반해법은 자연적 과정을 사용하거나 모방하여 물 가용성(예: 토양 수분 보유, 지하수 재충전) 개선, 수질 개선(예: 자연 및 인공습지, 수변 완충대), 물 관련 재해 및 기후변화와 관련된 위험(예: 범람원 복원, 녹색 지붕)을 줄이기 위한 기법이며, 자연기반해법은 비용 효율적인 방식으로 회색 인프라를 대체, 확장 또는 병행할 수 있는 녹색 인프라를 포함 |

| 구분 | 정의 |
|---|---|
| 자연기반해법<br>(김이형, 자연기반해법의 원칙 및 적용 사례, 물과 미래) | 자연기반해법은 지속적인 인구 증가, 도시개발 및 기후변화 등으로 야기된 다양한 문제, 특히 수자원 안보, 수질오염, 식량 안보, 인간의 건강, 재난 위험 등의 관리를 자연에 기반하여 효율적으로 관리하는 전략 |

❍ 유럽위원회(DG Research and Innovation)도 자연기반해법의 개념과 용어를 채택하고 강화하고 있음

❍ 현재 녹색경제의 일부로 경제 성장을 지원하기 위하여 자연기반해법을 추진하고 있으며(EC, 2015) 2016~2017년 H2020 프로그램의 연구 프로젝트에 1억 2천만 유로를 투자하고 있음(EC, 2017)

❍ 그러나 아직 회원국(MS)이 자연기반해법에 투자하도록 요구하는 EU 차원의 법적 근거 또는 정책 조정이 미흡하고, 자연기반해법과 관련하여 제정되거나 개정되지 않은 입법 및 재정 지원만 다양한 정책 문서와 정책 분야에 산재해 있음

**표 2.2 EU의 자연기반해법 관련 법**

| 정책 분야 | 정책 수단 |
|---|---|
| 생물다양성 | • 서식지지침(Habitats Directive, 1992)<br>• 조류지침(Birds Directive, 1979/2009)<br>• 2020 생물다양성전략(Biodiversity Strategy to 2020, 2011)<br>• 그린인프라 전략(Green Infrastructure Strategy, 2013)<br>• 환경 및 자연보전과 기후행동 프로젝트 지원을 위한 EU의 금융상품시장지침 (the EU's financial instrument supporting environmental, nature conservation and climate action projects, LIFE) |
| 물 | • 물관리기본지침(Water Framework Directive, 2000)<br>• 홍수지침(Floods Directive, 2006) |
| 해양환경 | • 해양전략기본지침(Marine Strategy Framework Directive, 2008)<br>• 청색 성장 전략 및 지침서(Blue Growth Strategy (& Guidance), 2012)<br>• 유럽해양수산기금(European Maritime and Fisheries Fund, 2014) |
| 산림 | • 산림 전략(Forest Strategy, 2013) |
| 농업 및 지역 정책 | • 유럽 농업농촌개발기금이 포함된 공동농업정책(Common Agricultural Policy including the European Agricultural Fund for Rural Development(EAFRD, 2013)<br>• 유럽연합을 위한 도시 어젠다(Urban Agenda for the EU, i.e. Pact of Amsterdam, 2016) |
| 적응 | • 기후변화 적응 전략(Climate Change Adaptation Strategy, 2013) |
| 연구 | • 7차 연구와 혁신을 위한 Horizon 2020 프레임워크 프로그램(7th & Horizon 2020 Framework Programmes for Research and Innovation) |
| 결속과 성장 | • Europe 2020 전략(Europe 2020 Strategy, 2010)<br>• 순환경제행동계획(Circular Economy Action Plan, 2015)<br>• 결속기금(Cohesion Fund)<br>• 유럽사회기금(European Social Fund)<br>• 유럽지역개발기금(European Regional Development Fund, ERDF) |
| 환경평가 | • 환경영향평가 지침(Environmental Impact Assessment Directive, 1985)<br>• 전략적 환경평가(Strategic Environmental Assessment Directive, 2001)<br>• 전략적 환경평가 협약(Protocol on Strategic Environmental Assessment, 2008) |

* 출처: Davis et al.(2017). Nature-based solutions in European and national policy frameworks

## 2 물관리 분야 자연기반해법 적용 사례 및 효과

### 2.1 수자원 부문

#### (1) 국외 사례

❍ 국외에서 시도된 자연기반해법 홍수관리시설의 설계 기술에는 홍수터와 주수로 준설을 통한 홍수공간 확보뿐만 아니라 분류수로, 이차수로를 통한 홍수 흐름의 분배, 제방 후퇴, 제방이설, 구하도 복원, 강변 저류지 등을 활용한 저류공간 확보, 습지화를 통한 철새 도래지 제공, 홍수 소통 장애물 제거(교량 개선 및 수제 높이 감소) 및 제방 강화 등의 요소 기술들이 포함됨

(가) 독일 뮌헨의 Isar Plan

❍ Isar Plan은 1995년 바이에른 주 물관리국에서 착수하였으며, 복원은 2002년 2월에 시작하여 2011년에 완료되었음. 총복원구간은 8㎞임

❍ 총사업비는 총 3,500유로(약 488억 원)이며, 건설 비용은 2,800만 유로, 오염 지역 정화 및 청소 비용(무기 및 폐기물 제거)은 700만 유로가 집행되었음. 비용은 바이에른 주 정부(55%)와 뮌헨시(45%)가 분담하였음

❍ 직선형 하천 형태를 곡선 형태로 변환하였으며, 고수부지를 완경사로 절토하여 강폭을 넓힘

❍ 홍수 방어 능력을 향상하기 위한 제방 여유고를 확보하고, 어류 이동 및 유사 이동을 위해 하상보를 철거하였음

❍ 수질 개선을 위해 하수처리시설을 정비하였음

❍ Isar Plan과 관련된 시의회 결의안으로 사업을 진행하였음

❍ Isar Plan으로 수공간 확보, 유속 및 홍수위 저감으로 홍수 피해 발생이 감소하였으며, 수영수 수질(Bathing water quality)을 개선하였음

- 유럽은 1976년에 제정된 수영수 지침(Bathing Water Directive, 2006/7/EC)에 따라 해안 및 내륙 지역에 있는 수영 구역의 수질을 모니터링한 후 모니터링 결과를 공개하고 있음

❍ 여울과 못(pond)을 조성하여 토착 동식물의 서식 조건 및 서식처를 개선함으로써 생물다양성이 증가함

❍ 뮌헨 시민들의 여가 및 레크레이션 활동을 위한 친수공간을 확보하였음

(a) Before (b) After

그림 2.1 Isar Plan(Wulf and Schaufuβ, 2013)

### (나) 네덜란드의 Room for the River

- 네덜란드 정부는 높은 하천 수위를 관리하기 위하여 2007년에 Room for the River 프로그램의 개발을 시작하였음. 약 30개의 강에서 사업이 시행되었으며, 대부분은 2018년에 완료되었고 일부는 2022년에 완료되었음
- Room for the River 프로그램은 Rhine 강, Meuse 강, Waal 강, IJssel 강을 포함하고 있으며, 30개 이상의 강에서 강이 안전하게 범람할 수 있는 공간을 확보하고 하천환경을 개선할 수 있도록 설계되었음
- 총사업비는 약 23억 유로(약 3조 2,182억 원)임
- 퇴적에 의한 둔치 및 주수로를 준설하여 홍수 소통 공간을 확보하고, 홍수터 준설로 형성된 모래웅덩이를 이용하여 하천환경을 복원하였음
- 도시 구간의 병목 구간에는 방수로 건설, 분류 수로를 통해 홍수 시 흐름을 분배하였음
- 제방 후퇴 및 하천 확대, 강변저류지를 이용하여 저류공간을 확보하고 습지화하여 철새 도래지를 제공함
- 홍수 소통에 방해가 되는 교량 개선 및 수제 높이를 낮추는 등 홍수 소통의 장애물을 제거하고 제방을 강화함
- 네덜란드의 홍수방어법에 의하여 진행되었음
- 2015년까지 Rhine 강 지류는 16,000㎥/s에 대한 치수 안전성을 확보하였음
- 조성된 범람원으로 인하여 만조 시 수위가 감소하였으며, 수위 변화로 생물다양성이 개선되었음

(a) Before (b) After

**그림 2.2 Room for the River(Rijkswaterstaat, 2023)**

### (다) 이탈리아 룸바르디아의 The Gorla Maggiore water park

- 이탈리아 북부 롬바르디아에 있는 Gorla Maggiore 지자체는 우수유출수, 가정용 하수, 산업용 폐수를 동일 배관망을 통하여 이동하도록 설계된 전형적인 합류식 하수관거를 운영함
- 합류식 하수관거는 모든 오수를 Gorla Maggiore 하류에 위치한 하수처리시설에서 처리한 후, Olona 강으로 배출함
- 폭우로 인하여 오수가 초과하여 월류수가 발생할 수 있으며, 하수처리시설로 이동하지 않고 바로 Olona 강으로 유출될 수 있음. 이 월류수는 빗물뿐만 아니라 처리되지 않은 산업 폐기물 및 독성 물질을 포함하고

있으며, 홍수 발생의 원인이 될 수 있음. 이 문제를 해결하기 위하여 EU 물관리 기본 지침을 강화하여 모든 지자체가 하수관거 월류수를 처리하도록 강제하였음

❍ 수질오염 및 홍수 방지를 위하여 2008~2013년에 인공습지를 조성하였음(그린인프라 구축)

❍ 사업이 적용된 면적은 총 30,000㎡이며, 오염물질 제거 구역 7,000㎡, 수해 방지 구역 10,000㎡, 레저 휴양 구역 13,000㎡를 조성함

❍ 오염물질을 제거하기 위한 그리드, 침전조, 4개의 인공습지를 조성하였음

- 조성된 인공습지는 2·3차 오염 제거, 홍수 방어(완충형 탱크), 생물다양성 유지 및 레크레이션 등 다목적 기능을 가짐

❍ 복원된 수변림, 녹지, 산책로 및 자전거 도로, 기타 서비스(피크닉 테이블, 화장실 등)가 제공되는 레크레이션 공원을 조성하였음

❍ 롬바드리아 지방청의 예산 및 민간 재단/신탁에 의하여 약 50만 유로~200만 유로(약 6.9억 원~27.9억 원)의 사업비를 지원받음

❍ 물관리기본지침(Water Framework Directive 2000/60/EC, WFD)과 환경질 기준 지침(Environmental Quality Standards Directive, EQSD)에 의하여 시행되었음

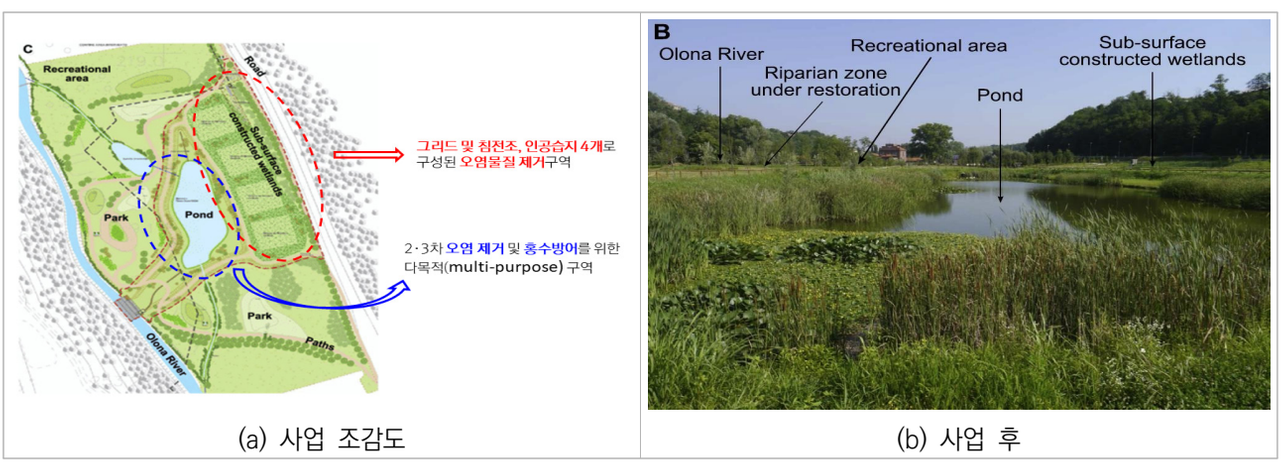
❍ The Gorla Maggiore water park 오염관리, 홍수 방지, 레크레이션 제공, 생물다양성 및 야생동물 지원 등 다목적 그린인프라(multi-purpose Green Infrastructure) 역할을 함

❍ 물관리 측면에서는 수질이 향상되었고 홍수 방어 기능 강화, 빗물관리의 개선이 실현되었음

❍ 생태학적 측면에서는 조류, 대형부척추동물, 양서류 등의 서식지 제공으로 생물다양성 손실 감소, 종의 수 증가, 생태적 연결성의 증가가 실현됨

❍ 경제적 측면에서는 수질 개선으로 도시 관리 비용이 감소하였음

❍ 사회문화적 측면에서는 운동 및 레크레이션을 위한 친수공간 제공, 교육 및 과학적 연구 지원의 증가가 실현됨

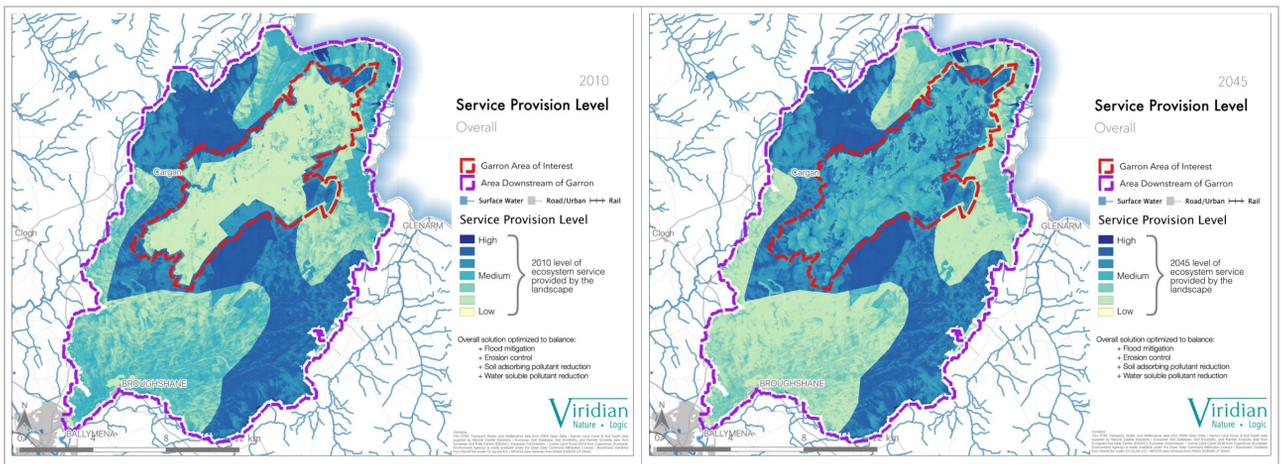



(a) 사업 조감도 (b) 사업 후

**그림 2.3 The Gorla Maggiore water park(Reynaud et al., 2017)**

### (라) 북아일랜드의 Garron Plateau Bog Restoration Project

- Garron Plateau의 이탄지 지역은 12,000명에게 용수를 공급하는 Dungonnell 저수지의 물공급을 담당하며, 세계적으로 중요한 람사르습지임. 그러나 이탄지의 95%가 훼손됨으로써 수질이 저하되어 수처리 비용이 증가하였음
- 영국 왕립조류보호협회(the Royal Society for the Protection of Birds)와 북아일랜드 수자원 및 북아일랜드 환경청이 2010~2016년까지 이탄지의 일부를 복원하였음
- 적용 면적은 1,188㏊(11.88 ㎢)이며, 총사업비는 약 490만 유로(약 68억 원)임
- 습윤한 상태를 유지하기 위하여 자연친화적 재료(목재, 이탄 및 돌)를 이용하여 자연형 댐을 조성하였음
- 이탄지가 복원되는 동안 가축 방목의 빈도를 줄이기 위한 지역주민과 협력체계를 구축하였음
- 이탄지 보존 및 관리 전략(Peatland Strategy), 토지 관리 전략(Land Strategy), 탄소중립 전략(Net Zero Strategy), 이탄지 정책, 농업·농촌·환경 정책 등에 의하여 진행되었음
- Garron Plateau 지역은 총 814만 $t$ 또는 1,509 $t/ha$의 탄소를 저장하는 것으로 추정함
- 2010년(복원 전) 탄소 배출량은 16,772 $t\ CO_{2^e}/yr$(3.11 $t\ CO_{2^e}/ha/yr$)에서 2016년(복원 후) 탄소배출량은 6,738 $t\ CO_{2^e}/yr$(1.25 $t\ CO_{2^e}/ha/yr$)으로 감소하였음
- 이탄지 복원 후, 홍수 완화 능력이 27% 향상(유역 전체 기준 6.3% 향상)하여 홍수에 의한 연간 손실 비용이 55,953파운드(약 8,759만 원) 감소하였음
- 또한, 담수의 변색, 탁도 및 용존유기탄소 감소 등으로 인하여 담수 공급의 품질이 향상되어 수처리 비용이 연간 4,158 파운드~17,325 파운드(약 668만 원~약 2,785만 원)감소하는 것으로 추정하였음
- 생물 서식처 조성으로 인하여 심각한 멸종위기에 놓인 조류 및 희귀식물을 포함하여 동·식물에게 혜택을 제공하여 생태학적 복원력이 증가할 것으로 기대함
- HydroloGIS 모델(Viridian)을 이용하여 Garron Plateau의 복원이 홍수 저감, 수질 개선, 토양 침식/축적 변화를 생태계서비스 가중치로 산정하였음(그림 2.4 참조)
  - Garron Plateau의 복원 외에 경관의 변화가 없다고 가정하고, 2010년과 2045년 사이에 물 관련 생태계서비스의 변화를 보여줌
  - High Level(Dark blue)일수록 홍수-토양 흡착 오염, 수용성오염, 침식/침투를 동시에 완화할 수 있는 양질의 서비스 제공을 의미함




(a) Before(2010년) (b) After(2045년)

**그림 2.4 Garron Plateau 생태계서비스 제공 단계(Rouquette et al., 2021)**

### (마) 스코틀랜드의 Eddleston Water Project

❍ Eddleston Water는 스코티시 보더(Scottish Borders)에 있는 Tweed 강의 지류이며, 유역면적은 70㎢인 전형적인 농촌 유역임

❍ Eddleston Water Project는 2009~2015년까지 NFM(Natural Flood Management)를 활용하여 하류 지역의 홍수위험 저감 및 야생동물과 어류의 서식지 개선을 위하여 진행되었음

- NFM(Natural Flood Management)는 홍수의 원인과 경로를 관리하기 위하여 자연의 특징과 과정을 이용하는 유역 규모의 기술임. 일반적으로 홍수를 지연시키거나 저장할 수 있는 유역의 자연적 능력을 복원 및 서식지 복원, 소규모 토지 관리 등 다양한 관리 방안을 다루고 있음. 또한 NFM은 홍수뿐만 아니라 생물다양성, 수질, 탄소 저장 및 기후변화의 영향에 대한 복원력 향상 등에도 혜택을 제공함(NFM Network Scotland, 2023)

❍ 총사업비는 약 723,000파운드(약 11억 2,000만 원)임

❍ [상류] 홍수량 감소, 침투 및 증발산을 증가시키기 위하여 207㏊에 330,000그루의 재래수종을 식재함

❍ [상류] 일시적으로 역류한 고유량을 홍수터로 유입시키고, 상류에 습지를 형성하기 위하여 어도 위로 목재구조물을 설치하였음

❍ [상류] 집중호우가 발생했을 때 우수를 저장하기 위하여 충분한 여유고를 확보한 28개의 습지(8,000㎡)를 형성하였음

❍ [계곡/홍수터 지역] 유로 연장 증가, 수면경사 및 유속 감소, 새로운 서식지 조성 및 경관 개선을 위하여 2,900m의 하천 제방을 제거하고 2.8㎞의 사행하천을 재형성하였음

❍ [계곡/홍수터 지역] 홍수 발생 시 일시적으로 물을 저장하기 위한 홍수터를 형성하였고, 느린 지표유출을 위하여 1㎞의 Transverse hedges를 형성하였음

❍ EU 물관리 기본 지침(EU Water Framework Directive, WFD)와 FRM(Flood Risk Management, (Scotland) Act 2009)에 의하여 진행되었음

- EU 물관리 기본 지침: 유럽연합 내의 지표수, 전이수, 연안수, 지하수를 보호하기 위한 기본 틀의 구축을 목적으로 함
- FRM법: 스코틀랜드의 홍수 위험 평가 및 관리를 위하여 제정됨. 지침의 목적은 인간의 건강, 환경, 문화유산 및 홍수와 관련된 경제 활동에 대한 부정적인 결과를 줄이는 것을 목표로 홍수 위험의 평가 및 관리를 위한 프레임워크 수립

❍ 재래수종 식재로 인하여 침투율이 5~8배 증가하였고, 공학적 목재구조물 설치로 인하여 하류의 첨두홍수량 발생 시간이 지연되고 홍수위 저감효과가 나타남

❍ 사행하천 복원으로 인하여 생물 서식처 복원 및 개선을 통한 생태적 기능을 향상함

❍ 유역의 토지 소유자와 지역사회와의 협력체계를 구축하여 지역 농장의 수익성을 유지하면서 강 서식지를 개선함

(a) Before (b) After

**그림 2.5 Eddleston Water의 사행하천 복원(Tweed Form, 2023)**

### (바) 이탈리아의 EU Horizon 2020 Phusicos Project

❍ Serchio 강 유역은 람사르습지로 지정된 해안 습지인 Massaciuccoli 호수(표면적 7㎢, 깊이 2m)를 포함하고 있으며, 1930년부터 농업을 목적으로 인공수로 및 양수장 등의 복잡한 네트워크에 의하여 배수되었음

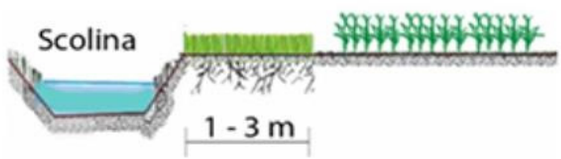
❍ 특히, Massaciuccoli 호수는 5~9월에 극심한 가뭄이 발생하고, 최근 기후변화에 의한 강우패턴 변화로 인하여 홍수 위험이 증가, 토양 침식이 발생함

❍ 또한 인근 집약농업 지역에서 배출되는 질산염 및 인산염과 같은 영양분에 의한 수질오염 및 생태계와 생물다양성 손실이 발생함

❍ EU Horizon 2020 Phusicos Project는 2018~2023년까지 기후변화에 의한 가뭄과 홍수에 대비하고 생태계 복원력을 높이기 위하여 자연기반해법의 적용 및 이해관계자(지역 농업종사자, 기업, 공공기관, 전문가 등)와 협력하여 유지관리 및 모니터링 계획을 포함함

❍ [완충지대 조성] 리빙랩(Living Lab) 프로세스를 통하여 과학적인 완충지대 설계 및 식생을 조성하여 농지에서 유출되는 오염물 및 퇴적물뿐만 아니라 홍수도 방지함

※ 리빙랩(Living Lab): 리빙랩은 기업, 공공기관, 대학, 시민 등을 포함하는 이해관계자들이 네트워크를 형성하여 새로운 기술을 공동개발하고 검증 및 테스트하기 위하여 협력하는 물리적 영역이자 상호 작용 공간을 의미함. 솔루션을 공동으로 설계 및 구현하기 위하여 공공 및 민간 주체와 시민 간의 긴밀한 협력은 환경 거버넌스에서 효율적인 도구로서, 자연기반해법을 성공적으로 구현하는 데 중요한 역할을 수행함

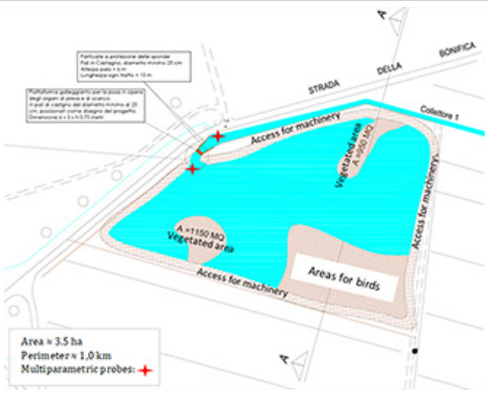



(a) 조감도

(b) 조성 후

**그림 2.6 관개수로에 적용된 식생완충지대(PHUSICOS, 2023)**

○ [침전지 유역 조성] 조성된 침전지 유역의 상류에서 발생하는 오염물질 및 퇴적물을 고려한 수생식물을 설치함으로써 하류부로 전달되는 오염물질 및 퇴적물을 감소시킴




(a) 조감도

(b) 조성 후

**그림 2.7 침전지 유역(PHUSICOS, 2023)**

○ [수로단면 정비] 하천의 수로단면에 식생을 설치하거나 정비함으로써 수로의 통수능을 증대시켜 수로에서 흐르는 물의 양을 증가시킴

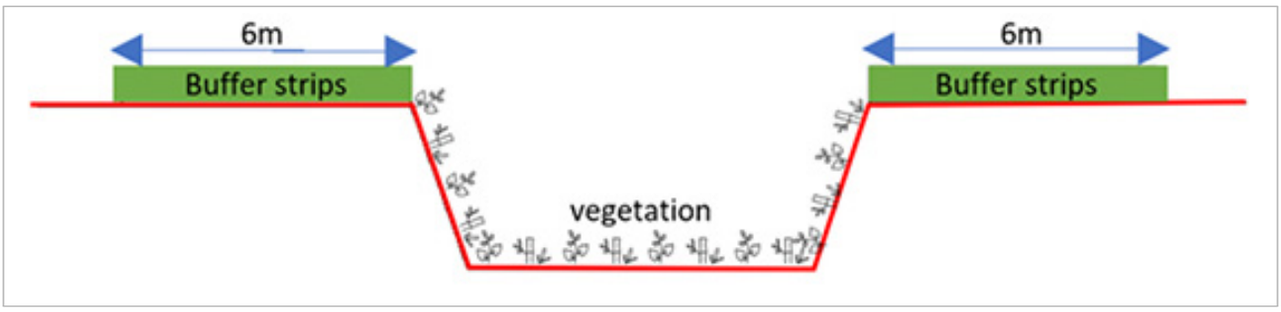



**그림 2.8 수로단면 정비(PHUSICOS, 2023)**

### (2) 국내 사례

○ 국내에서는 유역 물관리를 위하여 자연기반해법을 적극적으로 적용하고 있음. 특히, 댐 홍수터에 있어 자연적인 수질 정화, 홍수 조절 및 탄소 흡수원 기능으로 수변정화림, 생태습지 등의 자연기반해법 기술을 적용하고 시설 적용 이후의 유역 거버넌스 체계 구축을 통한 4대강 유역의 관리를 진행함

#### (가) 전남 함평천

○ 2006~2010년 함평지구 하천환경정비사업이 시행되었음

○ 총 복원구간은 8.3㎞이며, 총 사업비는 약 1,585억 원임

○ 제방을 축조 및 보강하고, 교량·수중보·어도 설치하였음

○ 약 29만㎡의 천변저류지를 조성하고, 연못, 식물원, 생태탐방로 등 생태학습장 및 친수공간 조성하였음

○ 하천법을 근거로 하여 사업이 시행되었음

○ 집중호우 발생 시 우수를 저장하여 홍수 피해가 저감되었으며, 평상시에는 인공 연못과 연못 단지 등으로 활용되어 조류와 양서류 서식 등 생태계 기능이 향상되었음

○ 자연생태하천 및 산책로 조성으로 관광수입이 증가하였음

(a) Before (b) After

**그림 2.9 함평천 복원(이두한, 2021)**

#### (나) 오산시 궐동천

○ 2011~2019년 경기도 생태하천 복원사업을 시행하였음

○ 총 복원구간은 1.63㎞이며, 총사업비는 200억 원임

○ 노후화되거나 훼손된 차집관로·우수토실을 정비하였고, 비점오염저감시설 3개소를 설치하였음

○ 인공호안 철거로 자연형 호안 및 생태여울이 조성되었고(1개소), 생태탐방로 설치(L=0.5km) 하였음

○ 하천법과 생태하천복원 관리지침(생태하천복원 업무·기술지침)을 근거로 하여 사업이 진행되었음

○ 환경부의 '2022년 생태하천복원 우수 사례'에서 최우수상으로 선정되었음

○ 평균 BOD 6.4ppm에서 2.4ppm으로 수질이 개선되었으며, 고유어종뿐만 아니라 수달(멸종위기 야생동물 1급)이 발견되는 등 생물다양성이 증가하였음

○ 매년 사후관리를 수행하며, 시민, 민간단체, 기업이 주도하는 시민 중심의 하천관리를 수행 중임

**그림 2.10 궐동천 생태하천 복원(환경부, 2022)**

(다) 고양시 대장천

○ 2011~2019년 대장천 도심생태하천 복원사업을 시행하였음

○ 총 사업 적용 면적은 24,500㎡이며, 총 사업비는 21,047백만 원(국비 14,733백만 원, 지방비 6,315백만 원)임

○ 생태습지, 생태탐방로(L=1.5㎞), 수변식생대 조성하였고, 하천유지용수를 상류에 10,000㎥/일, 중류에 5,000㎥/일을 공급하였음

○ 하천법에 근거하여 복원사업을 진행하였으며, 환경부의 '2022년 생태하천복원 우수 사례'에서 우수상으로 선정되었음

○ 자연정화 기능을 가진 생태하천과 생태습지로 복원하였음

○ 복원사업 전에는 BOD 수치가 3.47ppm였으나, 사업 후 2.94ppm로 개선되었음

○ 어류는 6종에서 14종으로 증가하였고, 저서성대형무척추동물은 14종에서 29종으로 증가하여 생물다양성 개선되었음

(a) 생태하천

(b) 생태습지

**그림 2.11 대장천 생태하천 및 생태습지 복원 후(고양특례시, 2022)**

### (라) 밀양시 단장천

- 2011~2020년 단장천 생태하천 복원사업을 진행하였음
- 복원 구간은 7.48㎞이며, 총 사업비는 45,000백만 원임
- 식생호안(10㎞), 생태숲 5개소(56,122㎡), 하반림 1개소가 조성되었으며, 구하도가 복원되었음(L=570m)
- 하천법에 근거하여 복원사업을 진행하였음
- 환경부의 '2022년 생태하천복원 우수 사례'에서 우수상으로 선정되었음
- 하천의 생태적 건강성 확보를 통해 멸종위기 야생생물을 보전하고 자연 친화적 시민 휴식공간을 제공하였음

**그림 2.12 단장천 생태하천 복원사업(환경부, 2022)**

## 2.2 물환경 부문

### (1) 빗물관리를 위한 자연기반해법 기반 사업: 빗물유출제로화사업

❍ 빗물유출제로화사업은 환경부가 주관으로 1단계 및 2단계로 진행되었으며, 1단계 '빗물유출제로화 단지조성 시범사업(2013~2014)'은 청주시 오창과학산업단지를 대상 유역으로 하여 총사업비 80억 원이 투자되어 시행됨. 2013년에 기본계획 및 기본설계가 진행되었으며 2014년에 실시설계 및 시설공사가 수행되었고, 2015년부터 2018년까지 3년간 모니터링 및 효과 평가 시행(환경부, 2019)

❍ 청주 오창과학산업단지와 전주 서곡지구에서 식물재배화분, 나무여과상자, 식생체류지 등 저영향개발기법 시설을 설치하여 수질·유출량 모니터링, 지하수 거동특성 및 부가가치 평가 등을 통해 다각적인 사업효과를 평가하고, 국내 여건에 부합하는 설계·운영 관리 기준을 도출하여 저영향개발기법의 적용을 확대하는 데 필요한 기틀을 확보하기 위해 수행됨

(가) 대상지의 특성

**표 2.3 빗물유출제로화 1, 2단계 특성**

| 구분 | 1단계 (오창) 시범사업 | 2단계 (전주) 시범사업 |
|---|---|---|
| 위치 | 충북 청주시 오창읍 오창과학산업단지 | 전북 전주시 완산구 효자동3가 서곡지구 |
| | | |
| 사업기간 | 2013~2014년 | 2014~2015년 |
| 모니터링 기간 | 2015~2018년 | 2016~2018년 |
| 부지 특성 | 상업지역 | 주거지역 |
| 배수 구역 | 41.1㏊(집수구역 면적 12.7㏊) | 38.4㏊(집수구역 면적 5.2㏊) |
| 시설 설치 면적 | 32,830㎡ | 17,097㎡ |
| 도입 저영향개발기법 시설 | 식생체류지(1,508㎡), 식물 재배 화분(483㎡), 나무여과상자(136개), 투수블럭(보도 27,290㎡, 주차장 2,579㎡), 침투도랑(676㎡), 침투통(22개) 등(※ 기타 침투형 빗물받이 5개소, 저류조 4개소) | 식생체류지(3개소), 식물 재배 화분(86개), 나무여과상자(15개), 식생수로(5개소), 옥상녹화(4개소), 침투도랑(4개소), 투수블럭(필터형 578.64㎡, 틈새형 4,314㎡), 침투도랑(4개소), 침투통(5개), 빗물통(35개소), 빗물침투 측구(103개), 침투형 빗물받이 33개소, 침투트렌치(침투 측구수로) 1개소 |

(나) 오염물질 저감효과

**표 2.4 저영향개발기법 기술요소별 오염물질 저감효과**

| 1단계 (오창) 시범사업 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 구분 | BOD | TOC | T-N | T-P | TSS | 유출량 저감효과(%) |
| 식물재배화분1 | 67.7 | 62.8 | 68.8 | 63.2 | 58.6 | 43.7 |
| 식물재배화분2 | 98.0 | 97.3 | 98.0 | 98.2 | 98.6 | 94.5 |
| 나무여과상자 1 | 78.0 | 79.3 | 85.9 | 72.2 | 87.7 | 72.9 |
| 나무여과상자 2 | 99.5 | 99.3 | 99.4 | 99.0 | 99.8 | 98.9 |
| 식생체류지 | - | - | - | - | - | 89.1 |
| 침투형 빗물받이 1 | 61.1 | 52.0 | 34.2 | 58.9 | 42.1 | 85.4 |
| 침투통 | - | - | - | - | - | 46.8 |
| 침투도랑 | 65.6 | 70.5 | 66.9 | 81.4 | 85.0 | 100.0 |
| 틈새형 투수성포장 | 44.0 | 31.0 | 63.0 | 91.0 | 80.0 | 66.0 |
| 집수형 투수성포장 | 42.0 | 39.0 | 43.0 | 80.0 | 49.0 | 68.0 |
| 저류형 투수성포장 | 51.0 | 21.0 | 45.0 | 57.0 | 66.0 | 61.0 |
| 2단계 (전주) 시범사업 | | | | | | |
| 구분 | BOD | TOC | T-N | T-P | TSS | 유출량 저감효과(%) |
| 식물재배화분1 | 87.3 | 85.4 | 84.1 | 78.2 | 91.8 | 80.9 |
| 식물재배화분2 | 88.8 | 86.4 | 88.5 | 88.3 | 89.5 | 88.9 |
| 나무여과상자 | 89.4 | 89.9 | 89.8 | 87.4 | 92.0 | 92.2 |
| 식생체류지 | 87.3 | 76.8 | 86.5 | 95.8 | 95.1 | 79.7 |
| 필터형 투수성 포장 | 90.0 | 86.9 | 89.0 | 98.1 | 97.9 | 62.8 |
| 틈새형 투수성 포장 | 93.6 | 90.4 | 90.4 | 98.0 | 96.5 | 76.1 |
| 옥상녹화 | 88.1 | 76.6 | 90.6 | 63.0 | 84.7 | 48.8 |
| 침투형 빗물받이 | 62.7 | 57.0 | 57.2 | 59.0 | 75.7 | 54.1 |

(다) 편익 및 사업효과 산정 결과

**표 2.5 편익 및 사업효과 산정 결과**

| 구분 | 1단계 (오창) 시범사업 | 2단계 (전주) 시범사업 |
|---|---|---|
| SS 저감량 | 47.4~461.74 ㎏/d(평균 118.3 ㎏/d) | 11.5~159.5 ㎏/d(평균 56.5 ㎏/d) |
| 지하수 함유량 증가 | 12,668㎥/년 | 30,113㎥/년 |
| 기온감소 | 1.3℃(최초연도 기준) | 1.5℃(최초연도 기준) |
| 온실가스 저감 | 1,254 tCO2-eq | 890 tCO2-eq |
| 공기질 개선 | SOx 979㎏/yr, NOx 794㎏/yr | SOx 689㎏/yr, NOx 549㎏/yr |
| 녹지면적 증가 | 2,382㎡(시설로 인한 녹지면적 증가) | 3,035㎡(시설로 인한 녹지면적 증가) |
| 편익 분석 | • 수질 개선: 181억 원(Max)<br>• 지하수 함량 증가: 1.8억 원<br>• 열섬현상 완화: 15억 원 | • 수질 개선: 161억 원(Max)<br>• 지하수 함량 증가: 4.6억 원<br>• 열섬현상 완화: 18억 원 |

<table>
<tr><th>구분</th><th>1단계 (오창) 시범사업</th><th>2단계 (전주) 시범사업</th></tr>
<tr><td></td><td>• 온실가스 저감: 0.7억 원<br>• 공기질 개선: 30억 원<br>• 경관 개선: 5억 원</td><td>• 온실가스 저감: 0.6억 원<br>• 공기질 개선: 22억 원<br>• 경관 개선: 6.5억 원</td></tr>
<tr><td>B/C 분석</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">구분</th><th colspan="3">금액(백만 원/30년)</th></tr>
<tr><th>2016</th><th>2017</th><th>2018</th></tr>
<tr><td rowspan="2">총편익</td><td>최대</td><td>12,568</td><td>13,042</td><td>21,290</td></tr>
<tr><td>최소</td><td>11,979</td><td>8,467</td><td>8,543</td></tr>
<tr><td>비용</td><td>총 생애주기</td><td>10,216</td><td>9,976</td><td>9,931</td></tr>
<tr><td rowspan="2">B/C</td><td>최 대</td><td>1.23</td><td>1.31</td><td>2.14</td></tr>
<tr><td>최 소</td><td>1.17</td><td>0.85</td><td>0.86</td></tr>
</table>
</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">구분</th><th colspan="3">금액(백만 원/30년)</th></tr>
<tr><th>2016</th><th>2017</th><th>2018</th></tr>
<tr><td rowspan="2">총편익</td><td>최대</td><td>12,568</td><td>13,042</td><td>21,290</td></tr>
<tr><td>최소</td><td>11,979</td><td>8,467</td><td>8,543</td></tr>
<tr><td>비용</td><td>총 생애주기</td><td>9,163</td><td>9,480</td><td>9,372</td></tr>
<tr><td rowspan="2">B/C</td><td>최 대</td><td>2.01</td><td>1.58</td><td>2.49</td></tr>
<tr><td>최 소</td><td>0.28</td><td>0.91</td><td>0.89</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

### (2) 빗물관리를 위한 자연기반해법 기반 사업: 비점오염저감시설 국고 보조사업

❍ 2004년부터 시범시설을 설치하여 모니터링과 유지 · 관리를 통해 시설별 운영 · 관리 기준을 마련하는 등 비점오염 저감사업의 추진 기반을 마련하였으며, 지속적인 유지관리를 통해 유역의 수질 개선과 생태공간 등으로 활용하고 있음. 2008년부터 지자체 비점오염 저감 국고보조사업을 추진하였고, 사업별 효과분석과 시설 설치 및 운영 · 관리 현황에 대한 전수조사를 통해 운영 · 관리 적정성 검토와 시설 개선 방안 도출을 진행하였음

❍ 유역에서 발생되는 비점오염관리를 위하여 자연기반해법을 활용한 국고보조사업 추진으로 수질 개선, 생태공간 창출, 주민친화시설 조성, 탄소중립 등의 다양한 효과를 제시하고 있음. 특히, 인공습지를 비롯한 식생형 시설은 자연이 가진 기능이 최대한 발휘되도록 인위적으로 조성한 자연기반해법의 자연형 시설이 그린인프라로서의 지속가능성을 확보할 수 있도록 종합효율 평가 방법(생태계서비스 평가지수)을 제시함

❍ 생태계서비스 평가지수는 저감 효율지수, 문화효율지수, 생태효율지수, 운영 및 경관관리지수로 분류하였음. 4개 지수별 가중치는 비점오염저감시설의 계획, 설계, 유지관리 및 연구와 관련되는 전문가의 설문조사를 통해 도출하였음

❍ 생태계서비스 평가지수는 지수별 평가 항목, 세부 평가 항목 등을 고려하였으며, 평가 항목에는 설치 목적, 관리 현황, 이용성 등을 종합적으로 고려하고 있음. 국고보조사업의 시설의 생태계서비스의 종합효율평가는 매 5년마다 수행하여야 하며, 재평가에서 생태계서비스 평가지수가 평가 기준을 충족시키지 못할 경우 다양한 모니터링과 시설 개선 방안 등을 평가할 수 있도록 제시하고 있음

$$ESI(\%) = \sum_{i=1}^{n}(\alpha_i PE_i) + \sum_{i=1}^{n}(\beta_i CE_i) + \sum_{i=1}^{n}(\gamma_i EE_i) + \sum_{i=1}^{n}(\delta_i ME_i)$$

$ESI(\%) = f$(Pollutant Removal Efficiency, Cultural Efficiency, Ecological Efficiency, Maintenance Efficiency)

$= f(PE_i, CE_i, EE_i, ME_i)$

where, · $ES$ Index(생태계서비스 지수) = Ecosystem services Index

· $PE_i$ (저감효율 지수) = Pollutant Removal Efficiency($\alpha_1, \alpha_2$)

· $CE_i$ (문화효율 지수) = Cultural Efficiency($\beta_1, \beta_2$)

· $EE_i$ (생태효율 지수) = Ecological Efficiency($\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$)

· $ME_i$ (운영 및 경관관리지수) = Maintenance Efficiency($\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5$)

**표 2.6 비점오염저감시설의 생태계서비스지수 및 세부 항목별 가중치**

| 지수 | 지수별 가중치 | 평가 항목 | 가중치 | 세부 항목 |
|---|---|---|---|---|
| 저감효율 (PEi) | α(0.5) | 수질 정화 | $\alpha_1$(0.4) | SS, BOD, COD, TN, TP 등 |
| | | 유량 흐름 | $\alpha_2$(0.1) | 유입 및 유출 용이성 확보, 정체수 여부 등 |
| 문화효율 (CEi) | β(0.1) | 주민 접근성 | $\beta_1$ (0.05) | 주차장 확보, 도로 근접성, 도시 및 민가 인접성 등 |
| | | 주민 활용성 | $\beta_2$ (0.05) | 산책로, 위락시설(휴게공간, 체육시설, 화장실 등) 등 |
| 생태효율 (EEi) | γ(0.2) | 녹조 발생 | $\gamma_1$(0.05) | 녹조 발생 여부 |
| | | 수생 서식처 | $\gamma_2$(0.1) | 어류서식처, 수생생물(습지식물, 저서생물, 어류 등) |
| | | 육상생태계 | $\gamma_3$(0.05) | 조경식물, 생물상(조류, 동물 등) |
| 운영 및 경관관리 효율 (MEi) | δ(0.2) | 사면관리 | $\delta_1$(0.04) | 사면붕괴 여부, 사면관리 등 |
| | | 식물관리 | $\delta_2$ (0.05) | 습지식물 고사체 제거, 조경수 관리, 잡초관리 등 |
| | | 퇴적물/폐기물 관리 | $\delta_3$(0.05) | 침강지 퇴적물 관리, 준설토 관리, 폐기물 관리, 막힘현상 등 |
| | | 부대시설 관리 | $\delta_4$ (0.04) | 데크 관리, 산책로 관리, 위락시설 관리 등 |
| | | 악취 관리 | $\delta_5$ (0.02) | 악취 발생 여부 |

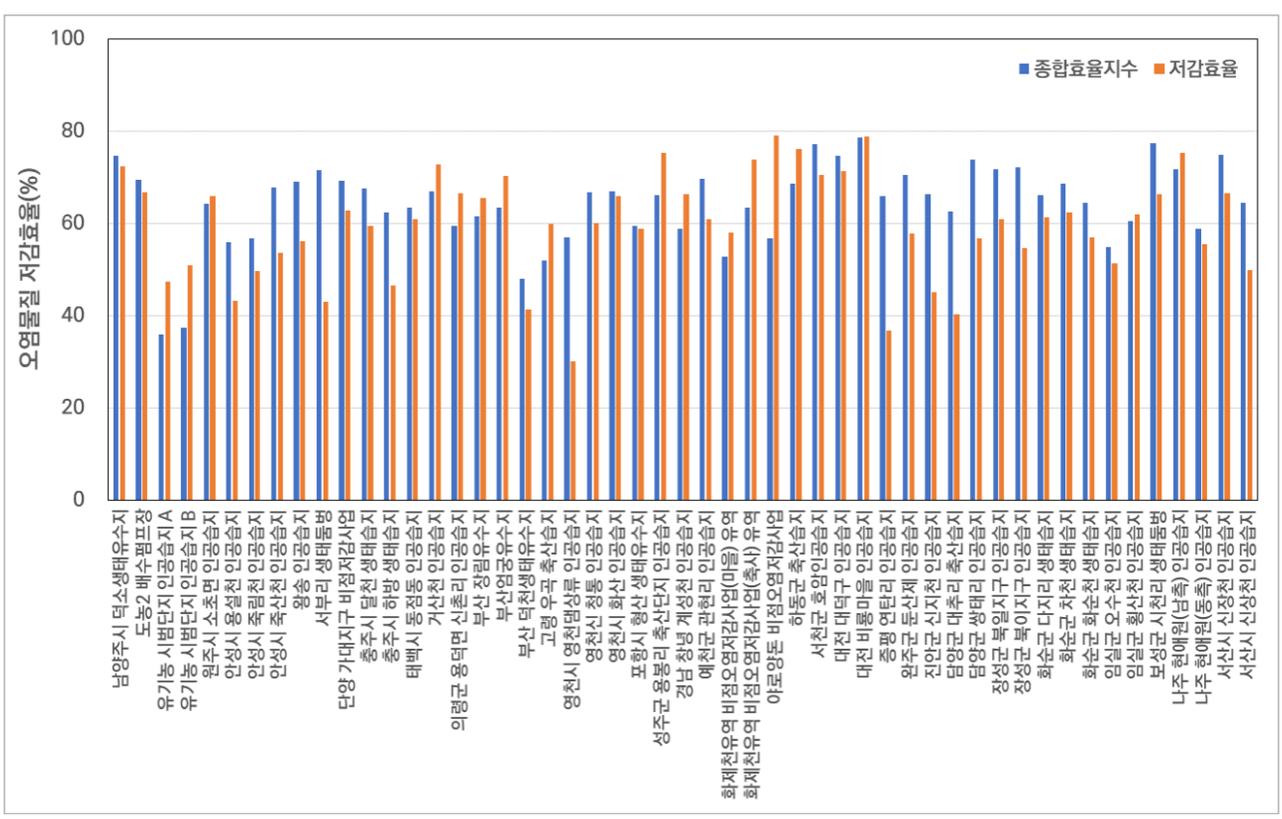



**그림 2.13 비점오염국고보조사업 오염물질 저감 효율**

### (3) 도시 그린인프라 구축을 위한 자연기반해법 기작의 저영향개발기법 연계: 그린인프라조성사업

❍ 저영향개발기법은 자연에 대한 영향을 최소화하여 개발하는 것으로 자연의 침투, 저류 및 여과 등의 메커니즘을 기반으로 개발 이전의 물 순환과정에 가까워질 수 있는 방법이며, 지역설계, 토양개량, 도시 물길 개선 등의 토지 이용 계획 단계에서 도시의 자연적인 물순환을 돕는 비구조적 방법과 작게는 다양한 저영향개발기법을 건물, 도로·교통시설, 공원 등의 공공부지 등에 설치·적용할 수 있음

❍ 저영향개발기법은 공공기관(시청, 공원, 도서관, 학교 등)에 조성하여 회색인프라를 그린인프라로 전환하여 물순환시설에 대해 교육·홍보하기 위함. 현재 국내 25개소 그린인프라조성사업에서는 옥상녹화, 빗물통, 건물 화분, 빗물정원, 빗물이용시설, 투수성포장(아스팔트, 콘크리트), 침투화분, 나무여과상자, 빗물정원, 침투도랑, 식물재배화분, 빗물저류조 등 건축물, 도로형, 도로 및 주차장, 빗물정원, 생태공원 등 다양한 공공기관의 토지 이용에 적용되고 있음

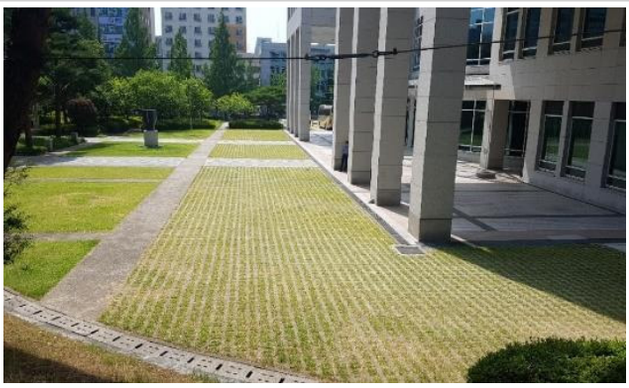
**표 2.7 그린인프라조성사업 및 시설 유형**

| 시도 | 시·군명 | 사업명 | 사업 기간 | 시설 유형 |
|---|---|---|---|---|
| 경기 | 수원시 | 장안구청 그린빗물인프라 조성사업 | 2014 | 투수포장/저류시설/옥상녹화 |
| 경기 | 수원시 | 레인시티수원시즌 2 | 2016 | 나무여과상자/침투도랑/레인가든 |
| 경기 | 수원시 | 수원시 그린빗물인프라 조성사업 | 2017~2020 | 빗물침투받이/침투 측구 |
| 경기 | 남양주시 | 남양주 시청 그린빗물인프라 조성사업 | 2014~2015 | 투수포장/침투도랑/식생수로 |
| 경기 | 양평군 | 에코폴리스 비점오염 저감사업 | 2016~2018 | 투수포장/나무여과상자/침투도랑 |
| 대전 | 대전광역시 | 대전광역시청 그린빗물인프라 조성사업 | 2014~2015 | 투수포장/식물 재배 화분/식생체류지 |
| 충북 | 제천시 | 그린빗물인프라 조성사업 | 2014~2015 | 투수포장/식생체류지/식생수로 |
| 충남 | 아산시 | 그린빗물인프라 조성사업 | 2015 | 옥상녹화/식생체류지/침투도랑 |
| 대구 | 대구광역시 | 북구청 그린빗물인프라 조성사업 | 2014~2016 | 투수포장/옥상녹화/식생체류지 |
| 경남 | 김해시 | 김해 시청사 그린빗물인프라 조성사업 | 2015~2016 | 투수블럭/식생수로 |
| 경남 | 김해시 | 김해시 도서관 그린빗물인프라 조성사업 | 2016~2017 | 침투도랑/침투빗물받이 |
| 경남 | 김해시 | 젤미마을그린빗물인프라 조성사업 | 2019~2020 | 침투도랑/식물 재배 화분 |
| 경남 | 양산시 | 양산시 그린빗물인프라 조성사업 | 2018~2020 | 투수블럭/쿨로드시스템 |
| 경남 | 밀양시 | 밀양 시청사그린빗물인프라 조성사업 | 2018 | 투수블럭/식생체류지 |
| 경남 | 거창군 | 상동주차장그린빗물인프라 조성사업 | 2016~2017 | 침투도랑/잔디블럭 |
| 경남 | 하동군 | 악양면사무소 그린빗물인프라 조성사업 | 2019~2020 | 식생수로/연못저류지 |
| 광주 | 광주광역시 | 그린빗물인프라 조성사업 | 2016~2018 | 식생체류지/나무여과상자/투수블럭 |
| 광주 | 광주광역시 | 광주광역시청 그린빗물인프라 조성사업 | 2014~2015 | 식생체류지/옥상녹화/투수성포장 |
| 전북 | 김제시 | 김제 시청사 그린빗물인프라 조성사업 | 2015~2017 | 옥상녹화/빗물정원 |
| 전북 | 정읍시 | 정읍시 제2청사 그린빗물인프라 조성사업 | 2016~2017 | 옥상녹화/빗물저금통/침투블럭 |
| 전북 | 완주군 | 삼례 주민자치센터 그린빗물인프라조성사업 | 2016 | 빗물저류조/투수성포장 |
| 전북 | 전북도 | 전북연구원그린빗물인프라 조성사업 | 2015~2016 | 빗물저류조/투수블럭 |

| 시도 | 시·군명 | 사업명 | 사업 기간 | 시설 유형 |
|---|---|---|---|---|
| 전남 | 화순군 | 화순군청 그린빗물인프라 조성사업 | 2017~2018 | 식생체류지/투수블럭/레인가든 |
| 강원 | 춘천시 | 캠프페이지 시민복합공원<br>그린빗물인프라조성사업 | 2017~2019 | 투수블럭/생태습지 |
| 제주 | 제주도 | 체육이용시설 그린빗물인프라 조성사업 | 2018~2020 | 침투화분/투수블럭 |
| 소계 | | 25개소 | | |

(a) 광주광역시 그린빗물인프라조성사업

(b) 제천시 그린빗물인프라조성사업



(c) 대전광역시 그린빗물인프라조성사업

(d) 아산시 그린빗물인프라조성사업

**그림 2.14 그린인프라조성사업 적용 사례**

### (4) 빗물관리: EU 옥상녹화 사례

❍ 자연기반해법의 공공 부문 적용 시 도시열섬 개선, 도시 미기후 개선, 빗물관리, 대기질 향상, 소음 저감, 미세먼지 저감, 레크리에이션 및 커뮤니티 활동, 건강 및 생물다양성 확보 등과 같은 효과를 제공하며 EU에서는 이러한 공공 부문에 자연기반해법 적용을 위한 투자 및 정책 확대

❍ 옥상녹화는 식물이 기온의 상승에 따른 냉각효과를 통해 여름철 쿨링 효과를 주고 있음. 더운 여름철 비엔나의 한 공공건물에 있는 850㎡ 규모의 리빙 월을 적용함(그림 2.15(a)). 8시간 동안 각각 3,000W의 에어컨 80여 대(총 712kWh)와 맞먹는 냉방 효과를 발휘하며, 100년 된 Fagus 나무 4그루와 맞먹는 하루 40명이 사용할 수 있는 산소를 생산함 (Magistrat der Stadt Wien 2017; Scharf et al. 2012). 이러한 공간적인 제한에도 불구하고 다양한 방식의 자연기반해법의 적용 방식을 보여주는 사례임

❍ 중량형 옥상녹화(Intensive greenroof)는 밀집된 도시지역의 열섬현상이 해소되며, 시뮬레이션 결과, 인간

의 쾌적함을 측정하는 생리적 등가 온도(PET)가 최대 -13°C까지 감소하고 소음 공해를 1~10dB까지 줄여 항공 및 교통으로 인한 소음도 완화하는 것으로 분석(Verband für Bauwerksbegrünung 2013; Pfoser 2013). 옥상녹화에 적용된 Ivy(Hedera helix)와 Veitchii (Parthenocissus tricuspidata)는 잎 표면에 1.7㎏/㎡의 미세오염물질 입자를 저감시키며, 도시의 회복력을 높일 수 있도록 기회를 제공(Thönessen 2002, 2006; Ottelé 2011)

○ 탄소 배출제로를 위한 옥상녹화 및 그린월 프로젝트는 아래와 같이 옥상표면에 친환경 인프라의 기질은 지붕에 태양광(PV) 패널의 무게를 유지하는 데 필요한 밸러스트를 제공함. 옥상녹화에 적용된 식물의 증발산은 태양광 패널을 시원하게 유지해 최대 20%까지 생산성을 높임(Mann, 2013, BUND 2008). 고밀도 도시개발에 대한 수요와 기존 건물 재고를 위해 지속가능한 개발을 위한 옥상녹화 및 그릴 월은 탄소 저감을 위한 프로세스의 일부임

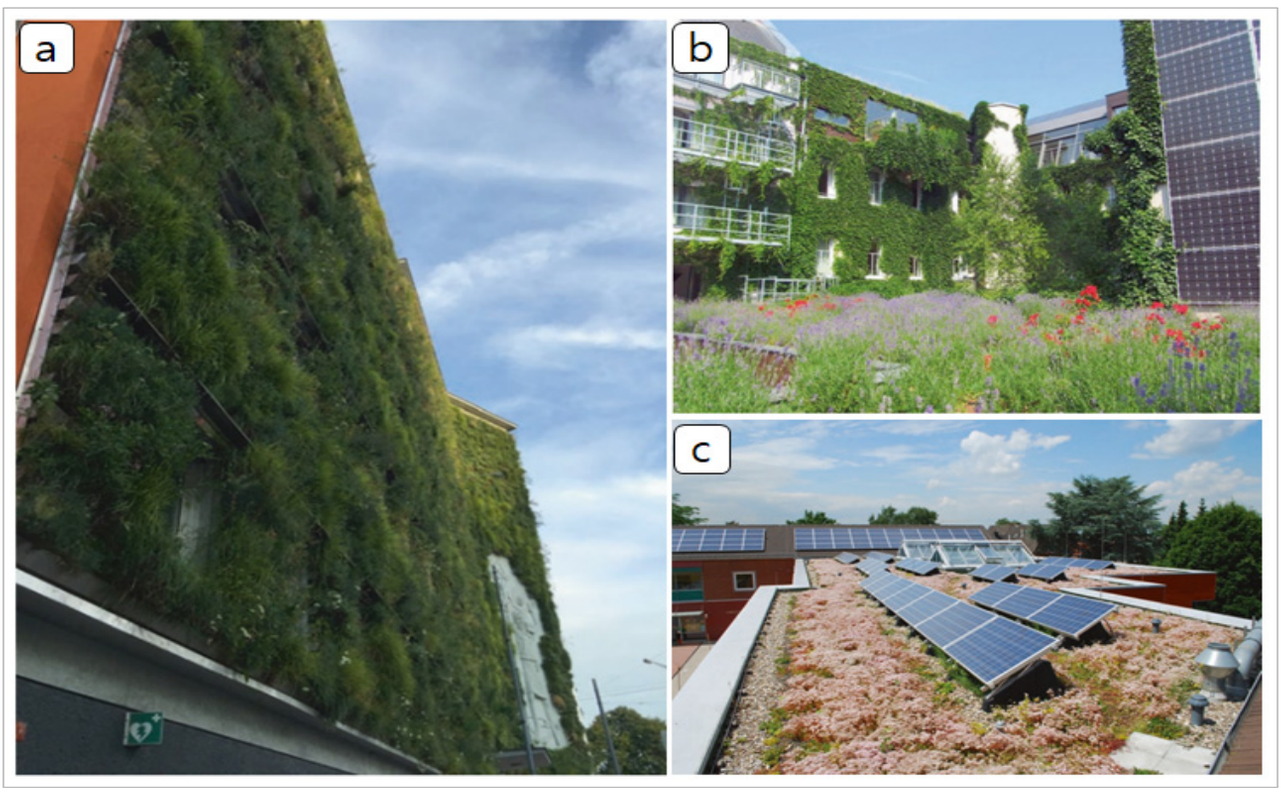



**그림 2.15 (a) 오스트리아의 리빙 월, (b) 오스트리아의 제로 배출 호텔, (c) 독일의 에너지-옥상녹화**

### (5) 하수처리시설 연계: 곡성 생태수로 설치 시범사업

○ 곡성 생태수로 시범사업은 곡성군 공공하수처리장 부지에 자연기반해법을 활용한 친환경 기반시설의 생태수로 설치사업임. 생태수로 설치사업은 하·폐수처리시설의 주변 여유 공간에 침전, 흡착, 산화분해, 여과 등 자연기반해법을 활용한 수로를 조성하여, 방류수 수질 개선 및 생물서식처 제공 등의 효과를 보이고 있음. 하수처리장의 방류수를 자연적으로 처리함과 동시에 인근 불투수면적에서 발생하는 비점오염물질을 저감하는 등 수질 개선 효과를 제공하며, 아울러 시설 주변 수공간 및 녹지대를 늘려 탄소흡수량을 확보하고 생태휴식 공간의 조성을 비롯해 생태교육 과정과 연계하는 등 생태 서비스 증진 효과도 있음

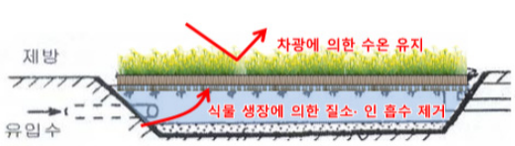
**그림 2.16 곡성 하수처리장 연계 생태수로 현황**

### (가) 대상지의 특성

❍ 환경부는 2021년 생태수로 시범사업 대상지 선정 및 마스터플랜 수립용역을 통해 2021년 12월 곡성 생태수로 시설공사를 착공하여 2023년 7월까지 약 6개월 동안 국비 약 20억 원이 투입됨. 총 수로면적은 5,899㎡, 길이는 394m, 폭은 2~4m이며 식물섬 형태의 지표흐름형 인공습지를 적용하였으며, 생태수로는 하수처리장의 방류수를 자연적으로 처리함과 동시에 인근 불투수면적에서 발생하는 비점오염물질을 저감하는 등 수질 개선 효과를 볼 수 있음. 수로 위에 뜨는 식물섬 형태의 지표흐름형 인공습지가 수로의 차광 역할을 하여 수온을 유지하고 동시에 식물이 자라면서 방류수의 질소, 인을 제거함. 또한, 수로 내부에 점토로 만들어진 다공성 여재를 도입하여 토양 미생물의 서식 공간을 제공하고 방류수의 질소와 인을 흡착할 수 있어서 수질 개선에 효과적으로 설계됨

**표 2.8 곡성 생태수로 현황**

| | 곡성 생태수로 | | |
|---|---|---|---|
| 현장 현황 | | | |
| 시설 개요 | 시설용량 | 평균 방류하수량 | 차집방식 |
| | 4,500㎥/일 | 3,210㎥/일 | 분류식 |

<table>
<tr><td rowspan="6">수질 현황</td><td colspan="2" rowspan="2">구 분</td><td colspan="6">수질(mg/L, 개/mL)</td></tr>
<tr><td>BOD</td><td>COD</td><td>SS</td><td>T-N</td><td>T-P</td><td>대장균군</td></tr>
<tr><td rowspan="2">유입수<br>('20년)</td><td>설계수질</td><td>149</td><td>200</td><td>150</td><td>36</td><td>6.5</td><td>-</td></tr>
<tr><td>운영수질</td><td>125.5</td><td>125.1</td><td>125.2</td><td>35.709</td><td>3.527</td><td>119,534</td></tr>
<tr><td rowspan="2">방류수<br>('20년)</td><td>설계수질</td><td>6.5</td><td>10</td><td>5</td><td>15</td><td>0.3</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>운영수질</td><td>2.2</td><td>4.4</td><td>4</td><td>10.129</td><td>0.19</td><td>35</td></tr>
<tr><td colspan="2">방류수 수질기준</td><td>10</td><td>40</td><td>10</td><td>20</td><td>0.5</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>수처리 방식</td><td colspan="8">침사지 → 유입펌프장 → SBR(KIDEA) → 유입수조 →총인(HM2) → 방류맨홀 → UV소독조→ 방류</td></tr>
<tr><td rowspan="2">수생태 현황*<br>(곡성천)</td><td>종합</td><td>부착돌말류</td><td>저서성대형<br>무척추동물</td><td>어류</td><td>서식수변</td><td>식생</td></tr>
<tr><td>D</td><td>D</td><td>D</td><td>C</td><td>C</td><td>C</td></tr>
<tr><td>연계 처리</td><td colspan="8">분뇨, 매립지 침출수</td></tr>
<tr><td>방류수역</td><td colspan="8">곡성천 → 섬진강 → 남해</td></tr>
<tr><td rowspan="2">추진사업 및<br>기대효과</td><td colspan="4"> 
</td><td colspan="4">
</td></tr>
<tr><td colspan="4">지표흐름형 인공습지</td><td colspan="4">여과형 식생수로</td></tr>
</table>

* 방류하천의 생물측정망을 통해 수생태계 건강성을 5등급(매우 좋음 A, 좋음 B, 보통 C, 나쁨 D, 매우 나쁨 E)으로 평가

### (나) 기대효과

❍ 곡성 생태수로에 대한 3개월간 생태수로 모니터링 결과에서는 TP 65%, TN 11%, BOD 23% 수질 개선 효과가 있는 것으로 나타남

- 전체 생태수로 부지면적(5,899㎡) 내 노랑꽃창포, 관목 및 교목 등을 조성하고 블루-그린 네트워크를 조성함으로써 수질 정화, 탄소흡수 기능 강화, 생물다양성 증진, 생태 경관 구축으로 생태관광, 생태교육장 활용 등의 효과를 도출

## (6) 하수처리시설 연계: 용인 서천 생태수로 설치 시범사업

❍ 환경부는 '2022년도 생태수로 시범사업 대상지'로 경기도 용인 서천 공공하수처리시설을 선정하여 하·폐수처리시설의 주변 여유 공간에 자연기반해법을 활용한 수로를 조성하였음. 환경부는 이번 생태수로 시범사업에 국비 35억 원을 투입하였음

❍ 생태수로 조성에 따라 점오염원 T-P 50~60%, BOD 30~50%, 비점오염원 T-P 20~30%, BOD 70~90%의 수질오염원 정화 효과가 예상되며, 생태연못 조성을 통해 생태계의 다양성 유지, 수로순환 및 수생식물 식재를 통해 수질을 자연정화 처리하여 수생태계 건강성을 회복·확보할 수 있음. 환경정화림, 수로 및 주변 녹지대 조성을 통한 대기 중 탄소 및 미세먼지 흡수, 산소 발생 등을 통해 대기정화 및 탄소저장 효과가 탁월할 것으로 예상됨. 체험학습이 가능한 자연경관을 제공하고 공원을 즐길 수 있는 재미를 부여하여 생태계서비스를 확보할 수 있음

**그림 2.17 용인 서천 생태수로 설치 시범사업**

**표 2.9 용인 생태수로 현황**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **현장 현황** | 용인 생태수로 | | |
| | | | |
| **시설 개요** | 시설용량 | 평균 방류하수량 | 차집방식 |
| | 7,800㎥/일 | 6,430㎥/일 | 분류식 |

**수질 현황**

| 구 분 | | 수질(mg/L, 개/mL) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | BOD | COD | SS | T-N | T-P | 대장균군 |
| 유입수 ('20년) | 설계수질 | 189 | - | 199 | 45.1 | 6.1 | - |
| | 운영수질 | 236.7 | 173.4 | 272.8 | 61.5 | 6.9 | 160,458 |
| 방류수 ('20년) | 설계수질 | 7.0 | - | 7.0 | 15.0 | 2.0 | 1,000 |
| | 운영수질 | 1.6 | 4.8 | 1.6 | 2.149 | 0.103 | 95 |
| 방류수 수질기준 | | 10 | 25 | 10 | 20 | 2.0 | 1,000 |

| | |
|---|---|
| **수처리 방식** | 침사지 → 유입펌프장 → SBR → 방류맨홀 → UV소독조→ 방류 |
| **연계 처리** | - |
| **방류수역** | 반정천 → 황구지천 → 진위천 → 안성천→ 서해 |

### (7) 소규모 하수처리: 호주 인공습지

❍ 호주의 많은 해안 도시에는 하수도 관망이 많이 존재하지만, 대부분 폐수를 처리하지 않고 바다로 직접 방류하고 있으며, 특히 소규모 마을에서는 폐수처리장을 건설하는 데 어려움이 있음. 호주 킹 아일랜드에 있는 인공습지는 약 850~1,000명이 발생시키는 폐수를 처리하기 위해 적용되어 있으며, 처리되지 않은 하수가 바다로 직접 방류되는 것을 방지하기 위해 설치됨

❍ 인공습지의 경우 전처리시설에서 큰 이물질을 제거하기 위한 7개의 연속 처리 단계로 구성되며, 1.5m 깊이의 폭기 연못이 있으며 부유물질, 오일 및 그리스, 유기물질(즉, BOD)을 제거하도록 설계됨. 2차 및 3차 처리 구역에는 식생여과대가 존재하며, FW 및 SSF 습지가 직렬로 연결되어 있음. TP를 제외한 모든 오염물질의 농도는 식물 흡수에 의한 것으로 추정(90% 이상) (Zhang et al. 2007). 대부분의 BOD, TSS 및 O&G는 지표 흐름형 셀에서 제거되는 구조이며, 바이오 필터를 이용한 식물과의 연계 적용을 통해 자연기반해법 방안을 제시하고 있으며, 긴 수리학적 체류 시간(HRT)(9.7~10일)으로 높은 오염물질 처리 효과를 보여주고 있음. 지하 흐름형 습지 셀(Cell)은 BOD 53%, TSS 65%의 저감 효율을 보이며, TN과 NH4-N의 지표 흐름 습지와 지하 흐름 습지가 가장 효율적으로 나타남

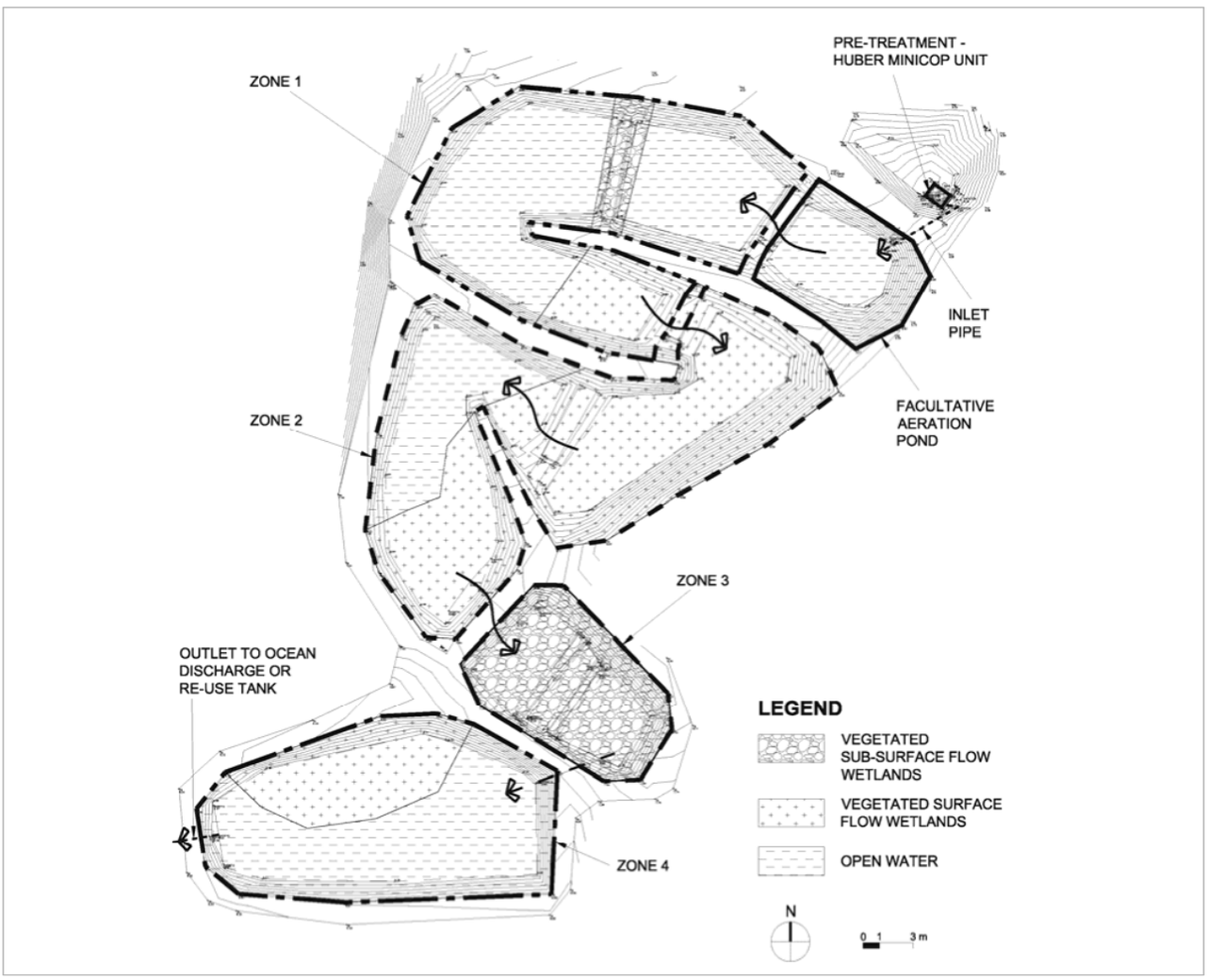



그림 2.18 인공습지의 개략도(Meney et al., 2009)

**표 2.10 인공습지 제원(Meney et al., 2009)**

| Parameter | Specifications/Components | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Main Inlet + Zone 1 (Biofilter) | Zone 2 (Surface flow wetland) | Zone 3 (Sub-surface flow wetland) | Outlet |
| Area(㎡) | 3996 | 3670 | 1136 | 2674 |
| Depth(m) | 1.0 -1.5m in open water areas, 0.3-0.5m in vegetated areas | 1m in open water areas, 0.2m in vegetated areas | 0.4m in all sections | 1m in open water areas, 0.3m in vegetated areas |
| Volume(㎥) | 3862 | 1284 | 182 | 1203 |
| HLR(m/yr) | 24.2 - 26.4 | 25.4 - 30.1 | 80.9 - 98.5 | 33.4 - 43.2 |
| Theoretical detention time(d) | 13.1 - 14.3 | 4.2 - 5.0 | 0.6 - 0.7 | 3.8 - 4.9 |

**표 2.11 습지 위치별 오염물질 저감효과**

| Parameter | Removal efficiency, % | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Inlet | Zone 1 | Zone 2 | Zone 3 | Outlet | Whole system |
| BOD | 31.9 | 72.7 | 51.7 | 53.4 | -19 | 92.6 |
| TSS | 41.8 | 66.2 | 62.8 | 64.8 | -236 | 87.5 |
| TN | 9.3 | 46.1 | 31.7 | 39.9 | 28.9 | 81.1 |
| NH4-N | 13.9 | 39.93 | 20.1 | 42.1 | 69.3 | 87.7 |
| O&G | 43.2 | 84.1 | 14.6 | 9.6 | -29.4 | 90.3 |
| TP | 17.9 | 10.3 | 6.3 | 16 | 0.1 | 32.1 |

### (8) 소규모 하수처리: 프랑스 인공습지

❍ 프랑스에 적용된 소규모 인공습지는 5,000명 미만의 소규모 형태로 하수처리장 말단에 적용되고 있음. 프랑스는 소규모 하수처리장에서 발생되는 가정용 폐수 처리를 위해 '프랑스식 인공습지'를 적용하고 있음. 프랑스는 10,000PE 용량(600㎏/d BOD5) 미만의 시설에 대해 질소 및 인 처리에 대한 의무를 규정하지 않고 있음. 현재 소규모 하수처리를 위하여 프랑스 내 약 3,500개 이상 인공습지를 가동 중이며, 대부분 수직지하흐름형태(VFCW)로 적용되고 있음. ARPE(Agence regionale pour L'Environnement) 매뉴얼을 기반으로 유입수 용량, 특성 등에 따라 습지의 형태와 달리 적용(일반적 2단계의 형태)함

❍ 프랑스식 인공습지는 수직지하흐름 형태로 습지 표면 위에 오염물질을 공급하여 저감시키는 원리로 일정한 시간 및 간격으로 습지 내부로 물을 공급함. 이러한 여과 과정을 통해 소규모에서 발생된 폐수를 처리함. 이 과정에서 여재를 통한 산소통기과정과 처리수의 재순으로 질산화 및 일부 탈질산화과정이 발생됨. 하수는 4~6일 동안 간헐적으로 공급되고 있으며, 1단의 수직 필터로 보내지면 이후에는 하수가 유입되지 않으며, 여과 기간에 부유 고형물은 필터 표면에 남아 호기성 바이오매스가 오염물질을 분해하는 과정을 거치게 됨

❍ 일반적인 프랑스식 인공습지는 ARPE(Agence regionale pour L'Environment) 매뉴얼 기반으로 유입수

용량, 특성 등에 따라 습지의 형태를 달리 적용하고 있으며, 일반적으로 2단계의 형태(1단계: 병렬로 3 stage, 2단계: 2~3개 stage)로 설계하고 있음. 따라서 마을 하수도는 1차 유입되는 오염수에 포함된 20~50mm의 입자상물질을 스크린시설을 통해 파쇄한 후 살수여상을 통해 여과재 표면에 형성된 미생물의 작용으로 오염물질을 제거함. 이후 인공습지로 이동시켜 구성인자(여재, 미생물, 식생)를 통해 잔여 오염물질을 처리하고 FeCl2와 같은 응집제 적용을 통해 침전과 여과 과정을 통해 최종 방류를 하거나 2단계 습지로 유입되는 방식을 통해 처리됨(최혜선, 2022)

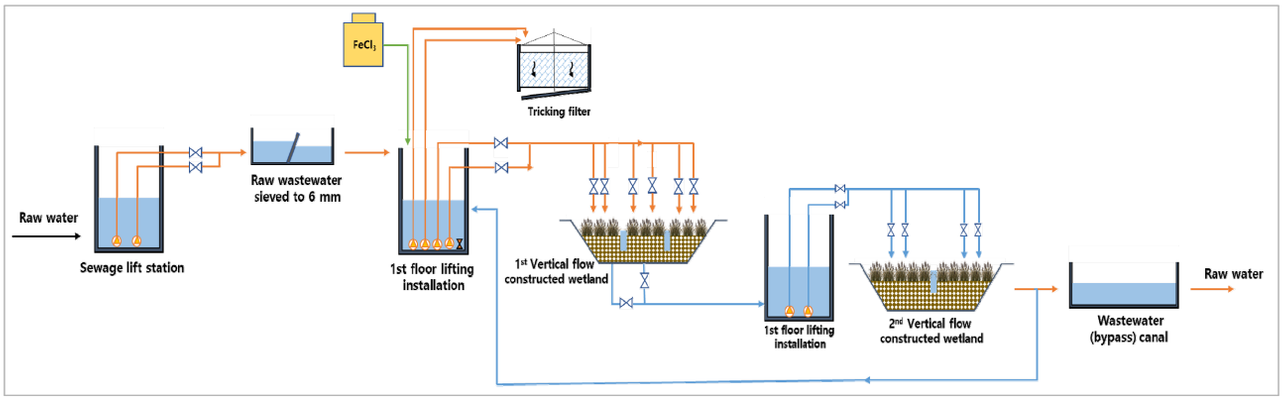



**그림 2.19 프랑스 인공습지 공정(프랑스 마흐뢰 지역)**

○ 일반적으로 소규모 하수처리시설은 충격부하로 인하여 미생물 방법으로만 처리할 때 안정적인 처리 효율을 기대하기가 어려우며, 생물학적 처리를 위한 지속적 송풍은 에너지 비용을 증가시킴. 따라서 소규모 하수처리시설의 경우 생물학적 처리와 함께 자연기반해법의 생태학적 처리 방법이 제시되어야 함

**그림 2.20 프랑스 인공습지 전경 및 세부 시설 사진(사진 김이형 소장)**

### (9) 소규모 하수처리: 이탈리아 Dicomano 인공습지

❍ 이탈리아 Dicomano 지역에 적용된 인공습지로 1997년 ARPAT의 타당성 조사에서 Dicomano 지역(3.500 pe)에서 발생하는 폐수가 처리되지 않은 상태로 Sieve River로 배출됨. 소규모 지역에서 발생되는 하수처리를 위해 인공습지를 설계하였으며, 2003년 9월부터 가동하여 현재까지 운영하고 있으며, 이탈리아에서 가장 크고 세계에서 가장 큰 2차 처리 인공습지 시스템임(Masi et al., 2013)

**그림 2.21 Dicomano 현장 사진**

#### (가) 대상지의 특성

❍ 도시 하수처리를 위한 다단습지(SFS-h+SFS-v+SFS-h+FWS) 형태로 구성되어 있으며, 1차 처리 후 폐수는 2차 처리(1단계)로 수평 지하 흐름 시스템으로 유입된 다음 수직 지하 흐름 시스템(2단계)으로 유입되고 다시 수평 지하 흐름 시스템(3단계)으로 유입됨. 이후 폐수는 3차 처리(4단계)로 자유수면 형태로 이동되어 처리된다. 높은 생물다양성을 얻기 위해 이와 같은 다단 형태로 고려되었으며, 16종의 자생종이 식재되어 있음. 수리학적 부하(하수 복원 계수 고려)는 150 lt/p.e, 유기물 부하는 140㎎/l(BOD5)로 고정적임. 또한, 겨울 폐수 온도는 보수적으로 6˚C로 고정하여 유입되도록 설계되었고, 설치비용은 550,000€(약 768백만 원)이며, 유지관리 비용으로 매년 20,000€(약 28백만 원)가 집행됨

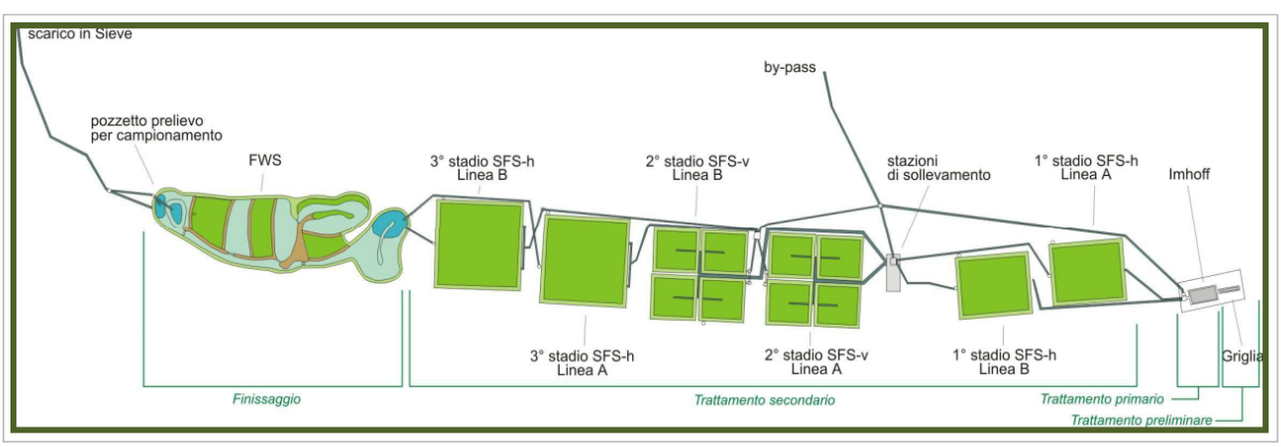



**그림 2.22 인공습지 운영 방식**

**표 2.12 인공습지 운영**

| 구분 | | 제원 |
|---|---|---|
| 수리학적 부하 | | 525㎥/day |
| 유기물 부하(PE) | | 3500 PE |
| 설계 유기물 부하 | | 210 |
| 시설 형태 | Stage 1 type | Horizontal sub-surface flow |
| | Stage 2 type | Vertical flow, unsaturated |
| | Stage 3 type | Horizontal sub-surface flow |
| | Stage 4 type | Free water surface flow |
| 시설 면적 | Stage 1 type | 1000㎥ |
| | Stage 2 type | 1680㎥ |
| | Stage 3 type | 1800㎥ |
| | Stage 4 type | 1600㎥ |
| 비용 | | 550.000€ |
| 유지관리 비용 | | 20.000€ |

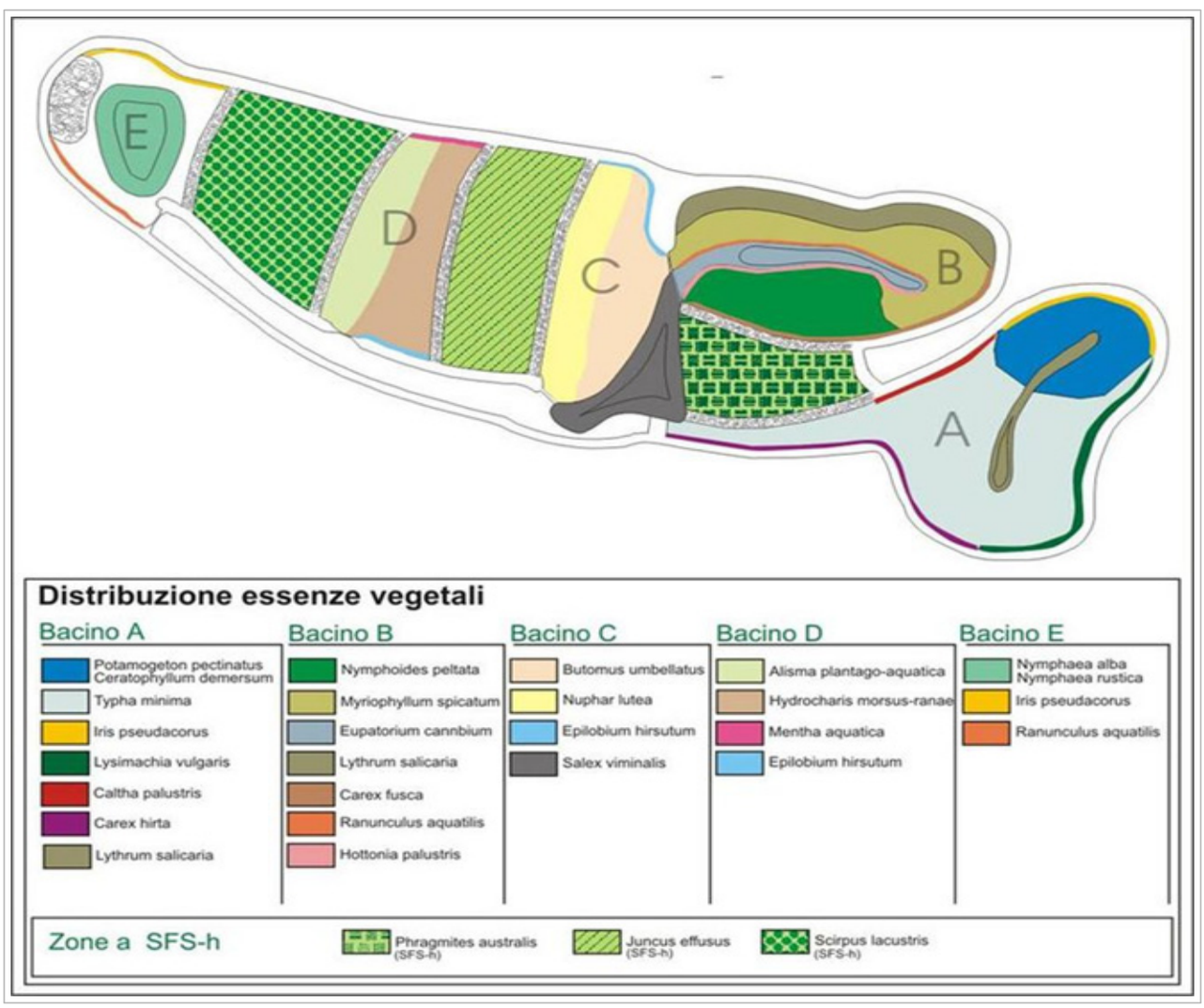



**그림 2.23 자연기반해법 적용을 위한 식생 식재**

### (나) 오염물질 저감효과 분석

❍ Dicomano CW는 유기물 부하에 대해 평균 86%, 총질소(TN)에 대해 60%, 총인(TP) 43%, 총부유물질(TSS)에 대해 89%, 암모늄(NH4+) 76%의 우수한 오염물질 저감효과를 보이고 있음(Masi et al., 2013). 또한, 본 다단습지를 통해 대장균의 저감효과도 우수한 것으로 나타남

## (10) 비점오염 관리: Bishan-Ang Mo Kio Park의 ABC(Active, Beautiful, Clean Waters) 프로그램

❍ 싱가포르는 물로 둘러싸인 섬인데도 주민들이 실제로 물을 접할 수 있는 곳은 거의 없음. Bishan-Ang Mo Kio Park은 62ha 규모의 홍수 및 토양 침식 방지를 위해 자연기반해법을 활용한 범람원 설계하고 토양생물공학 기술을 사용하여 재설계한 공원임. Bishan-Ang Mo Kio Park는 정화 비오톱, 최적화된 식물 적용을 통해 하천 정화과정을 적용하고 있으며, 인공습지 및 생태수로 등을 조성하여 여재를 통한 여과 및 수처리 과정을 적용함

❍ Bishan-Ang Mo Kio Park은 1988년에 개장한 후 2000년대 초반 배수 문제와 콘크리트 운하의 일부가 무너져 내린 것 때문에 유지보수가 필요하기에, 이에 따라 ABC 워터스 프로그램의 하나로 이 공원은 재설계됨(Rinaldi, 2013)

❍ 자연기반해법 통해 홍수 조절, 침식 제어, 수질 개선 및 생물다양성 증진을 위한 다양한 기능이 재설계된 공원에 통합되었으며, 콘크리트 수로를 사용하는 자연 형태의 공원 부지를 활용하는 아이디어에 기반을 두고 있음(Rinaldi, 2013). 식물 및 암석과 같은 천연 재료를 결합하여 토양 안정화를 위해 식물 뿌리에 의존하는 Hibiscus tiliaceus와 Thalia dealbata와 같은 하천 주변 환경을 조성하였으며, 친환경 조성을 통해 심미적 기능뿐만 아니라 생태공간도 제공함(Rinaldi, 2013; Kallang River Bishan Park, 2014)

**그림 2.24 자연기반해법 원칙이 적용된 Bishan-Ang Mo Kio 공원(Schaefer et al., 2014)**

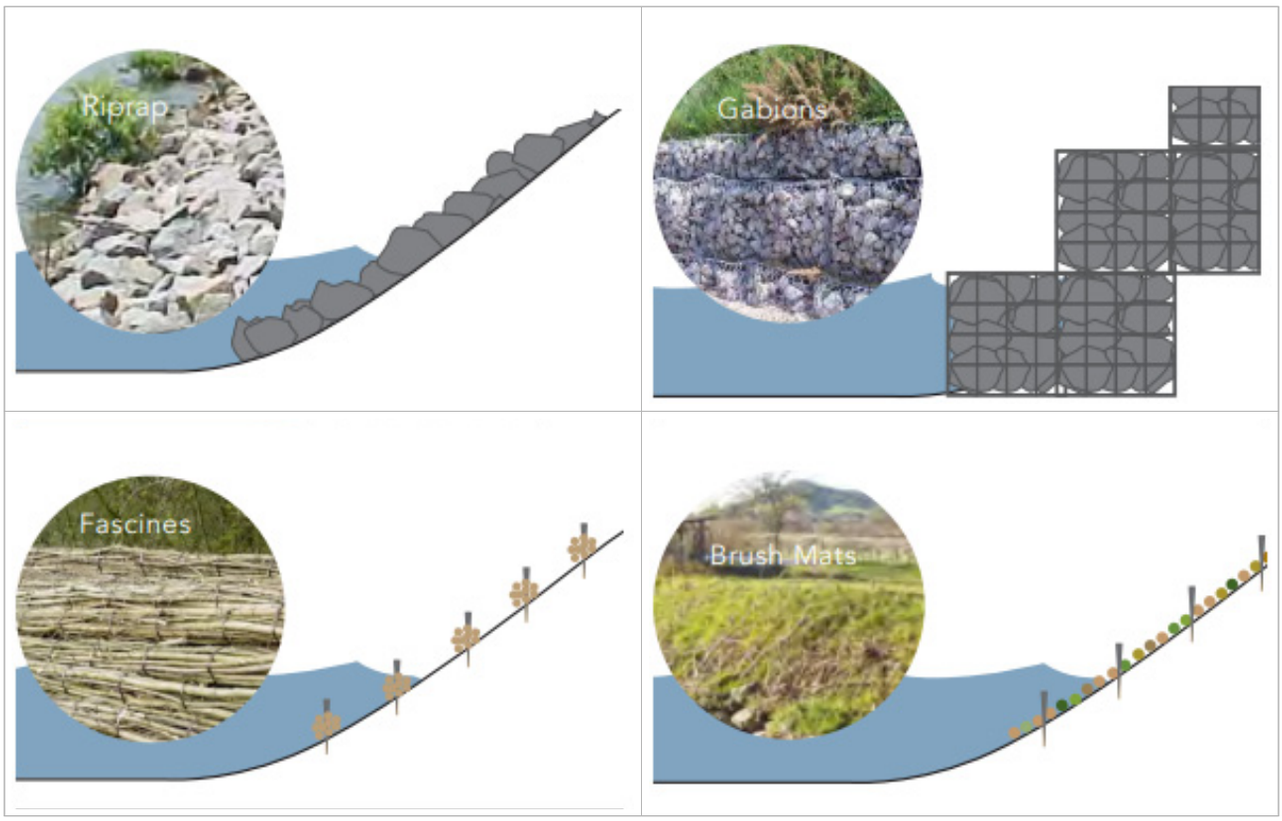



**그림 2.25 하천 유역 환경 보호를 위한 생명공학적 접근법**
**(Schaefer et al., 2014)**

○ 공원의 자연정화 및 처리 시스템 중 가장 큰 부분은 정화 비오톱을 적용하고 있으며, 하천과 강우유출수를 정화하기 위해 15개의 cell과 4개의 테라스로 구성된 인공습지임(PUB, Singapore, 2014b). 습지 Cell의 substrates는 일반적으로 영양분이 부족하며 인, 질소 또는 구리와 같은 오염물질의 물을 정화하는 능력이 뛰어난 인공습지 식물이 적용되어 있음(PUB, Singapore, 2014b). Bishan-Ang Mo Kio Park의 정화 비오톱에는 Equisetum hyemale, Cyperus alternifolius, Portulaca orleracea 및 Cyperus haspan와 같은 식생이 식재됨(NParks, Singapore, 2013). 또한, Bishan-Ang Mo Kio Park의 습지에 사용된 식물 중에는 물에서 카드뮴과 납을 걸러내는 역할을 하는 Bacopa monnieri(물우슬초)와 모기 기피제 역할을 하는 Bacopa monnieri(water hyssop)가 적용되어 있음

○ 공원에 생태수로를 적용하여 하천수를 정화하며, 수로의 완만한 경사면에 자연 배수로를 적용하고 있음. 물의 흐름을 늦추고 퇴적물을 포집하기 위해 바위와 식물이 적용되어 있음. 식생수로의 전처리 시스템은 퇴적물을 제거하는 데 효과적이며, 습지 및 생물 저류 시스템과 같은 하류 처리 시스템에 필수적이기에 적용되어 주변 지역의 강우유출수에 포함된 오염물질을 처리한 후 하천으로 유입될 수 있도록 도움을 줌

그림 2.26 Bishan-Ang Mo Kio Park

## 3 시사점

❍ 국내 사례 조사를 통한 자연기반해법의 적용성 검토 결과

- 국내에서의 초기 자연기반해법 적용은 공공수역 수변생태벨트 및 습지 조성을 통한 수질 정화에 광범위하게 적용되었으며, 최근 하천 분야에서 홍수터 복원과 하천정비사업에 일부 기술이 적용되고 있음
- 이와 함께 국내에서는 탄소중립 2050을 달성하기 위한 수단으로 도심숲 조성 등 탄소 흡수원 확대에 자연기반해법의 적용이 늘어나고 있는 추세이며, 도시 분야에서는 유역 물순환 구축과 물환경 관리에 자연기반해법을 활용한 저영향개발기법 및 그린인프라 적용이 확대되고 있음

❍ 국외에서는 자연기반해법을 수질관리 분야, 하천관리 분야, 탄소 흡수원 분야, 조경경관 분야 등 다양한 분야에 광범위하게 적용

- 선진국에서는 1992년 리우 지구정상회의(Earth Summit)에서 기후변화 협약, 생물다양성협약, 사막화 방지협약 등 체결 이후 자연기반해법을 기후변화 대응, 생물다양성 증진, 사막화 방지 및 숲 조성 확대 등에 적용
- 미국에서의 자연기반해법 적용은 초기 수생태계 건강성을 위한 농업비점오염원 관리 수변 완충 지역, 도시 그린인프라, 저영향개발기법, 유역 연계 생태하천 복원, 기후변화 대응 재해관리, 하수 연계 저영향개발기법 등에 적용되었으며, 최근 탄소 흡수원 및 생물다양성과 연계하여 조성이 확대됨
- 일본, 독일, 프랑스, 영국 및 유럽 국가 등 큰 평야를 보유한 선진국에서는 홍수/침수 저감을 위한 자연기반해법 적용, 불투수면관리 물순환, 비점오염원관리, 자연기반해법 연계 소규모하수처리시설, 탄소 흡수원 등에 폭넓게 적용
- 그리스, 이탈리아, 스위스, 오스트리아 등 산악 지역이 크게 분포하는 국가에서는 기후변화와 극한기후로 인한 돌발홍수 저감, 농업 활동의 하천 수질 개선, 수생태계 건강성을 위한 하천 복원 등에 자연기반해법의 활용을 확대함

❍ 자연기반해법과 관련하여 국내에서는 2004년부터 약 11개의 연구사업이 진행된 바 있으며 다음과 같이 요약할 수 있음

- 2020년 이전에는 자연형 하천 복원 기술, 기후변화 적응을 위한 그린인프라 구축, 저영향개발기법 기반의 도시물순환 회복 등에 대한 연구사업이 주를 이루었음
- 2020년 이후에는 자연기반해법에 대한 전 세계적인 이슈와 함께 자연성을 회복하여 물 문제에 접근하고자 하는 노력이 주를 이루었음
- 특히 자연기반해법을 수질, 하천 분야를 포함하는 유역 전반에 활용하기 위한 필요성을 인지하고 다양한 노력이 전개되었는데, 환경부에서는 자연기반해법을 활용한 홍수 저감 및 탄소 저감을 위하여 연구개발사업(2022~2026)을 중점적으로 추진하고 있음

❍ 기존 국내에서 수행된 관련 연구사업과 본 연구의 차별성은 다음과 같음

- 기존 사업들은 자연기반해법의 요소 기술들이 각 현안을 해결하는 데 적용성이 있는지를 평가하고 어떻게 도입할 수 있는지에 중점을 두었음
- 본 연구에서는 물관리 분야(수자원, 물환경, 물재해 등)에 대하여 통합물관리의 관점에서 자연기반해법의 적극적 활용 방안을 검토하고 제도적 기반을 마련하는 데 중점을 둠
- 이를 위하여, 자연기반해법을 활용한 통합물관리 평가 및 우선순위 선정, 자연기반해법 정책 방향 및 법·제도 개선 방안, 물관리 분야별 자연기반해법의 활용 확대를 위한 정책과제 발굴에 대한 내용을 다룸
- 그리고 특정 부처의 단위 물 관련 사업에 대한 내용뿐만 아니라, 우리나라 물관리 전반에 자연기반해법을 활용할 수 있는 물관리사업을 도출하는 부분도 포함함

**표 2.13 자연기반해법 관련 선행 연구사업 내용**

| 기간 | 사업명 | 발주처 | 내용 |
|---|---|---|---|
| 2004.12.17.<br>~<br>2005.12.16. | 천변저류지<br>기본계획수립에 관한<br>연구용역 | 건설교통부 | • 하천 주변에서 홍수량을 저류할 수 있는 다양한 천변저류지에 대한 정의 및 기능을 조사·분류하고, 과거 또는 현재의 홍수터나 저지대 농경지 등을 하천습지형 및 기타 천변저류지로 복원하거나 조성하기 위한 기본계획 수립 검토<br>• 유역 기반 하천습지의 다면적 가치 및 기능을 조사·분류하고, 공간적 요소 분석 |
| 2006.09.29.<br>~<br>2011.08.19. | 자연과 함께하는 하천<br>복원기술 개발 | 국토해양부 | • 하천의 치수 및 구조적 안전성 등을 보장하면서 자연성/환경성을 보전·복원시켜서 생태적·경제적으로 지속가능한 하천관리를 실현하는 "자연과 공생하는" 하천을 구현하기 위한 기반 기술의 개발 |
| 2009.04.10.<br>~<br>2009.11.05. | 기후변화 적응을 위한<br>한국형 그린인프라<br>구축 방안 연구 | 환경부 | • 기후변화 결과로 야기되는 에너지, 온난화, 가뭄, 홍수, 물부족 등의 영향을 저감하고 선제적으로 대응하기 위하여 적응 측면의 한국형 그린인프라 분석(도시물환경 중심) |
| 2012.11.28.<br>~<br>2017.02.28. | 저영향개발기법 기반<br>물순환 그린인프라<br>구축 기술 개발 | 국토해양부 | • 핵심 저영향개발기법 요소 기술의 선전화를 목적으로 기후변화에 대응하고 재해에 강건한 생태 도시를 조성하기 위한 공간시설, 공공문화체육시설, 교통시설을 대상으로 저영향개발기법 기반의 친환경 물순환 그린인프라 구축 기술 개발 |
| 2016.05.01.<br>~<br>2017.04.30. | 도심지역 물순환 체계<br>구축을 위한<br>강우유출수 처리 목적<br>저영향개발기법 기술의<br>개발 | 중소기업청 | • 자연적인 물순환 체계를 구축하고 효율적으로 비점오염물질을 저감하는 시설 개발 및 사업화를 달성하는 데 있으며 부가적으로 경관적인 기능, 주변의 온도 저감 및 증발산 향상, 에너지 절감 등 저영향개방기법의 장점을 고려한 기술의 개발 |
| 2020.04.29.<br>~<br>2022.12.31. | 도시생태계<br>현안대응을 위한 다중기반<br>그린인프라 기술개발 | 환경부 | • 도시생태계 현안(집중호우, 미세먼지, 유해조수)대응 및 피해 저감을 위한 다중기반 그린인프라 기술 개발 |
| 2020.07.01.<br>~<br>2020.12.31. | 미래 기술을 활용한<br>자연 기반 스마트그린도시<br>하천 조성 기술 개발<br>기획연구 | 한국건설<br>기술<br>연구원 | • 하천환경 서비스의 패러다임 변화에 따른 미래 기술(빅데이터, 인공지능, 드론, Remote Sensing)을 이용한 자연기반해법 개발과 더불어 스마트그린도시의 수리·수문-생태환경-사회·경제적 가치 평가 시스템 구축 |
| 2020.09.28.<br>~<br>2021.03.26. | 한강 자연성 회복 구상(안)<br>마련을 위한 연구용역 | 한강유역<br>환경청 | • 한강의 자연성 회복을 위한 구체적인 추진 방향 및 제도 개선 방안을 도출하고, 이를 위해 포럼을 구성하고 운영하는 방안 등을 연구 |
| 2022.04.01.<br>~<br>2026.12.31. | 자연성기반기술을 활용한<br>홍수 피해저감 및<br>완충 기술 개발 | 환경부 | • 녹지, 공원, 농지 등 하천 주변지역을 대상으로 자연성기반 홍수 완충공간으로서 조성 및 운영하는 기술을 개발하고, 홍수 완충공간의 홍수저감 효과를 정량적으로 제시하는 방안을 개발 |
| 2022.04.01.<br>~<br>2026.12.31. | 습지생태계 탄소흡수를<br>고려한 가치증진 기술개발 | 환경부 | • 도시의 자연적 및 인공적 물순환 과정에 습지생태계를 구현하여 생태계서비스 및 탄소저장능력을 향상시키는 자연기반해법 기반 도심습지 조성관리기술 개발<br>• 도심습지의 효율적 기능진단과 운영관리를 위하여 ICT 기술을 연계 |
| 2022.06.10.<br>~<br>2023.02.04. | 자연기반해법 기반<br>하천 정비 방안 연구 용역 | 한국수자원<br>공사 | • 하천정비 및 복원에 대한 정책방향 변화에 선제적 대비를 위하여 미국, 유럽 등에서 도입이 확대되고 있는 자연기반해법 기반의 하천정비방안을 수립 |

❍ 자연기반해법은 생태계서비스를 발휘하는 자연기법에 해당하지만 자연기반해법을 주요 기작으로 활용하는 기술적 방안은 최적관리기법(Best Management Practices, BMP), 저영향개발기법, 그린인프라, 블루-그린 네트워크 등 다양한 명칭으로 적용

**표 2.14 자연기반해법과 유사 기술 분류와의 차별성**

| 구분 | 내용 |
|---|---|
| NbS (Nature-based Solutions) | • 자연기반해법은 인간에 의한 개발과 기후변화로 발생하는 다양한 환경적 문제를 자연이 가진 기작(물질순환, 에너지 흐름)을 통하여 해결하고자 제시된 기법임<br>• 자연기반해법은 물질순환 및 에너지 흐름을 구축하기 위하여 물순환, 식물의 광합성, 동물과 미생물의 호흡 등의 기작이 발현되도록 계획, 설계 및 관리하는 기법임 |
| BMP (Best Management Practices) | • 최적관리기법은 인간에 의한 농업활동으로 인하여 훼손된 자연생태계를 회복, 수질을 정화하며 수생태계 건강성을 증진시켜 생물다양성을 회복하고자 도입된 방안<br>• 최적관리기법은 친환경 농업이 될 수 있도록 비구조적 방법(지표피복, 경운방법 개선, 등고선 경작, 밭두렁, 논 물꼬관리 등)과 구조적 방법(침사구, 인공습지, 초생수로, 완충녹지 등)을 조성하는 방안임 |
| LID (Low Impact Development) | • 저영향개발기법은 인간에 의한 도시개발 및 개발과정에서 발생하는 환경문제(수질, 수생태계 건강성 훼손 등)을 저감하고자 도입된 친환경적 도시개발기법으로 도시계획 및 설계, 도시 운영관리에 이르기까지 적용하는 기법<br>• 저영향개발기법은 도시의 불투수면적률을 줄이고 도시 물순환을 개선하기 위한 기법으로 침투형(침투도랑, 침투저류지, 유공포장), 식생형(식생체류지, 식생수로, 식생여과대, 인공습지, 옥상녹화 등) 시설 등을 조성함 |
| 그린인프라 (Green Infra) | • 그린인프라는 그레이인프라에 대비되는 용어이며 일반적으로 사람의 편리함만을 고려하여 조성된 사회 인프라는 그레이인프라라고 하며, 사람과 자연을 동시에 고려하여 조성된 사회 인프라는 그린인프라로 칭함<br>• 그린인프라는 주차장, 빌딩, 도로, 인도 등 다양한 사회 인프라를 고유의 사회 인프라 기능과 함께 물순환도 고려하여 설계하는 기법을 의미함 |
| 블루-그린 네트워크 (Blue-Green Network) | • 블루-그린 네트워크는 녹지축과 물길축을 연계하여 건강한 생태계축을 만드는 기법을 의미하며, 이를 통하여 도시의 바람축, 녹지축, 경관축, 여가공간축 등 다양한 축(axis)을 만들어 내는 과정임<br>• 그린을 의미하는 녹지의 생물(식물, 미생물, 동물 등)은 물과 연계성이 낮을 경우 생존률이 낮고 지속가능성이 낮기에 녹지구축 시 물길(지하물길, 지표물길 등)을 구축하는 방안임<br>• 또한 하천 수질 개선 및 수생태계 건강성 증진을 통한 생물다양성을 확보하기 위한 수단으로 하천의 수변구역을 녹지공간으로 조성하여 하천을 보호하는 기법도 블루-그린 네트워크에 해당함 |

❍ 자연기반해법을 다양한 공간(도시, 농촌, 산림, 수변 구역, 하천 등)에 적용할 때 통합물관리, 생물다양성 향상, 수질 및 녹조관리, 물 이용성 증진, 주민 여가공간 창출, 탄소 흡수원 등 다양한 효과를 주고 있지만 적용 시 한계가 있음

**표 2.15 자연기반해법의 장점 및 한계**

| 항목 | 내용 |
|---|---|
| 장점 | • 자연기반해법은 자연의 물질순환과 에너지 흐름을 원활하게 유도함으로써 기후변화 및 탄소 흡수원 확보 기능을 하며 수질, 수량, 재해관리, 수생태계 건강성 증진 등은 물론 통합물관리에도 기여함<br>• 인공습지, 저영향개발기법, 그린인프라 등의 자연기반해법이 오염원관리 기술(하수관리, 가축분뇨관리, 물환경관리 등)에 적용 시 수질 정화 기능과 함께 통합물관리도 가능함 |

| 항목 | 내용 |
|---|---|
| | • 농업 지역의 시설재배지 및 경작지 주변에 생태수로, 인공습지, 완충녹지 등으로 조성 시 영양염류(질소와 인)에 의한 지하수 오염을 저감하고 농업비점오염을 저감하는 데 기여함<br>• 수변생태벨트, 수변완충녹지, 제방 후퇴 및 재배치, 홍수터 복원, 천변저류지, 인공습지 및 생태수로, 탄소림 등과 같은 자연기반해법을 하천관리 및 수변구역관리에 적용하면, 홍수 발생 시 재해 저감, 영양염류가 함유된 기저유출 오염원관리를 통한 하천의 녹조관리와 함께 수생태계 건강성에 기여하면서 생물다양성을 증진시킴<br>• 옥상녹화, 그린월, 그레이인프라의 그린인프라 전환 등과 같은 자연기반해법이 도시지역에 적용 시 도시 내 물순환 체계를 구축하면서 비점오염 저감, 도시 열섬현상 저감, 도시녹지공간 향상, 시민의 여가공간 창출 등 다양한 기능을 제공함 |
| 한계 | • 자연기반해법은 자연이 가진 생태계서비스를 제공하는 기법이지만 사람이 살고 있는 토지이용 공간에 적용되어야 하기에 지속적 관리가 필요함<br>• 자연기반해법의 물질순환과 에너지 흐름으로 기작이 작동하지만 자연기반해법 기법들이 상호 연계되지 못하고 단일한 것으로 존재하면 물질순환과 에너지 흐름의 단절로 기능이 저하될 수 있음<br>• 자연기반해법 조성 시 기능 증진을 위해서는 설계 시 물질순환과 에너지 흐름을 구축하여야 하나 자연적 순환과 흐름이 부족한 설계 기준은 조성 후 기능 저하 문제를 초래할 수 있음<br>• 자연기반해법은 조성 이후 생태계가 안정화되어야 하기에 기능 발휘에 일정한 시간이 필요하며, 기능 평가에 이러한 시간적 개념이 고려되어야 함<br>• 새로운 개발계획 수립 시 자연기반해법 기술이 적용될 경우 비용적으로 저렴하고 큰 효과를 발휘하지만 기존 도시에 자연기반해법을 적용하기 위해서는 부지 매입과 같은 추가 비용이 발생함<br>• 자연기반해법을 적용하여 통합물관리 기능 및 탄소 흡수원 등의 생태계서비스 효과를 발휘하기 위해서는 인프라 조성 관련 설계 기준(토목설계, 건축설계, 도로설계, 조경설계 등)이 자연기반해법 전문가가 포함되어 개정되어야 기능이 향상됨<br>• 자연기반해법의 생태계서비스 기능이 증진되기 위해서는 물-녹지 연계(blue-green network)기법이 적용되어야 하며 지하물길과 지표물길이 상호 연계되어야 함 |

## 4 통합물관리를 위한 자연기반해법의 정의(안) 및 기능

❍ 통합물관리는 물 이용, 물환경, 물재해, 거버넌스, 물산업 등을 고려하여 물관리를 통합적으로 추진함으로써 비용효율성 확보, 지속가능성 확보, 자연과 사람의 공존 등이 가능함

❍ 자연기반해법은 자연의 기작과 공정을 이용하여 생태계의 물질순환 및 에너지 흐름을 원활하게 함으로써 생태계서비스를 구축하는 기법이며 이를 물관리에 적용 시 통합물관리를 가능하게 함

❍ 따라서 통합물관리를 위한 자연기반해법을 “지속적 인구 증가, 유역 개발 및 기후변화 등으로 야기되는 물 관련 사회환경적 문제를 저감하기 위하여 자연적 과정을 사용하거나 이용하는 기법”으로 정의함

❍ 통합물관리 기반의 자연기반해법 기능은 아래와 같이 분류함

- 유역 내 물 가용성 개선: 토양 수분 보유, 지하수 재충전 등
- 물환경 개선: 자연 및 인공습지, 수변완충대 등
- 물 관련 재해 개선: 가뭄, 홍수 등
- 기후변화와 관련된 위험 저감: 범람원 복원, 녹색 지붕 등
- 기타: 비용 효율적 기법으로 그레이인프라를 그린인프라로 대체, 확장 및 병행하는 기법

# 제3장

# 물관리사업 현황 및 자연기반해법 활용 가능 물관리 사업 도출

제3장

# 물관리사업 현황 및 자연기반해법 활용 가능 물관리 사업 도출

## 1 물관리 사업 현황 및 한계

### 1.1 물관리 사업 재정체계 현황

#### (1) 환경 분야 예산 추이(2014~2023년)

❍ 환경 분야는 기후대기 및 환경안전, 물환경, 자연환경, 자원순환 및 환경경제, 환경일반, 해양환경 부문으로 구분함

❍ 환경 분야의 예산은 연평균 8.0%씩 증가함

❍ 2023년 환경 분야 예산(12.2조 원)은 2022년(11.5조 원)보다 6.1% 증가하였음.

❍ 환경 분야 중 물환경 부문의 예산이 큰 비중을 차지(평균 4.22조 원)하였으나, 2019년부터 미세먼지 강화 대책으로 인하여 기후대기 및 환경안전 부문의 비중이 증가함

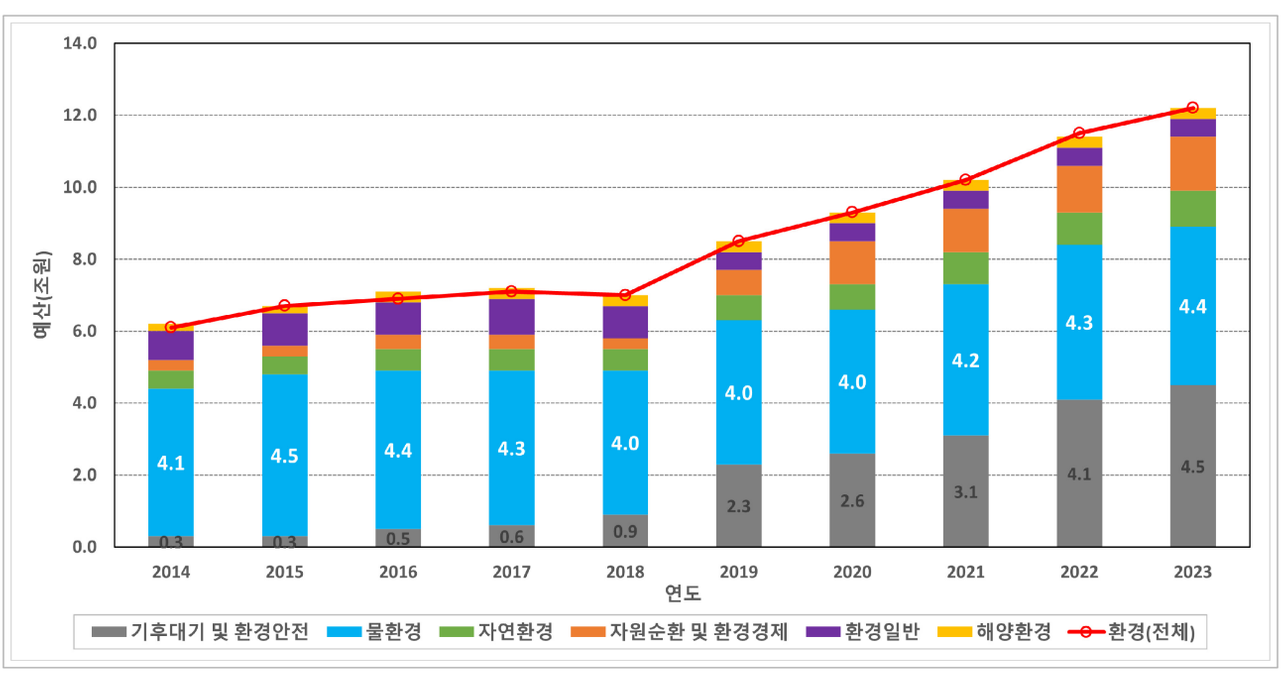



그림 3.1 2014~2023년 환경 분야 예산 추이(한국재정정보원, 2023)

### (2) 물환경 부문 재정 구조

❍ 환경 분야 물환경 부문은 수질 및 수생태계 관리, 맑은 물 공급·이용 등 5개 프로그램으로 구성됨

❍ 2022년 물환경 부문 프로그램 중 수질 및 수생태계 관리 프로그램이 53.4%(2.3조 원)로 큰 비중 차지하고 있으며, 맑은 물 공급·이용 23.2%(1.0조 원), 4대강 유역관리 22.4% (0.9조원), 토양지하수관리 1.0%(0.04조 원), 탄소중립 기반 구축 0.0%(19억 원)의 순으로 나타남

※ 수질 및 수생태계 관리: 2018년까지 상하수도 및 토양지하수 관리, 2021년까지 물오염원 관리

※ 토양지하수 관리: 2018년까지 수질보전 및 관리, 202년까지 수생태계 관리

**표 3.1 2016~2022년 물환경 부문 예산**

(단위: 억 원, %)

| 구분 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 수질 및 수생태계 관리 | 28,259<br>(64.9) | 27,404<br>(64.2) | 26,575<br>(66.5) | 20,101<br>(49.7) | 19,502<br>(49.3) | 21,545<br>(48.9) | 23,160<br>(53.4) |
| 맑은 물 공급·이용 | - | - | - | 9,640<br>(23.8) | 10,109<br>(25.6) | 12,191<br>(27.7) | 10,052<br>(23.2) |
| 4대강유역관리 | 9,069<br>(20.9) | 9,039<br>(21.2) | 8,789<br>(22.0) | 8,988<br>(22.2) | 9,390<br>(23.8) | 9,649<br>(21.9) | 9,724<br>(22.4) |
| 토양지하수관리 | 6,190<br>(14.2) | 6,224<br>(14.6) | 4,605<br>(11.5) | 1,699<br>(4.2) | 526<br>(1.3) | 630<br>(1.4) | 433<br>(1.0) |
| 탄소중립기반구축 | - | - | - | - | - | - | 19<br>(0.0) |
| **합계** | **43,517<br>(100.0)** | **42,664<br>(100.0)** | **39,969<br>(100.0)** | **40,427<br>(100.0)** | **39,527<br>(100.0)** | **44,015<br>(100.0)** | **43,388<br>(100.0)** |

* 출처: 한국재정정보원(2023). 2022 주요 재정통계

### (3) 환경부(2023년도 예산)

#### (가) 총괄

❍ 일반회계

- 국세 등 세입으로 국가의 일반적 재정사업에 사용함

❍ 특별회계

- 목적세, 일반회계 전입금 등 세입으로 특정 목적사업에 사용함
- 환경개선특별회계, 국가균형발전특별회계, 에너지 및 자원사업특별회계, 농어촌구조개선특별회계로 구성됨

❍ 기금

- 부담금, 기여금 등 수입으로 특정 목적사업에 사용함
- 한강수계기금, 낙동강수계기금, 금강수계기금, 영산강·섬진강수계기금, 석면피해구제기금으로 구성됨

**표 3.2 2023년도 환경부 예산 내역**

(단위: 백만 원, %)

| 구분 | | 2023예산 | | 증감 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 세입 | 세출 | 세입 | 세출 |
| 일반회계 | | 5,278 | 7,037,787 | 65.7 | ▽ 4.6 |
| 특별회계 | 환경개선특별회계 | 6,734,231 | 6,734,231 | ▽ 2.5 | ▽ 2.5 |
| | 에너지 및 자원사업특별회계 | 74,348 | 3,105,833 | 480.4 | 8.4 |
| | 국가균형발전특별회계 | 1,749 | 1,532,876 | - | 148.1 |
| | 농어촌구조개선특별회계 | 575 | 40,119 | 15.0 | ▽ 5.7 |
| 기금 | 한강수계기금 | 682,477 | | 0.9 | |
| | 낙동강수계기금 | 248,206 | | ▽ 2.1 | |
| | 금강수계기금 | 181,648 | | 4.5 | |
| | 영산강·섬진강수계기금 | 151,038 | | 6.3 | |
| | 석면피해구제기금 | 43,894 | | 36.7 | |

* 출처: 환경부(2023). 2023년도 예산 사업 설명 자료

### (나) 일반회계(수자원 부문 세출)

❍ 수자원 부문 일반회계 세출은 맑은 물 공급·이용(광역) 프로그램, 수자원정책 및 홍수관리 프로그램, 댐 운영 및 관리 프로그램, 하천관리 지원 프로그램, 환경행정 지원 프로그램 등 5개 프로그램으로 구성됨

❍ 맑은 물 공급·이용(광역) 프로그램

- 공업용수도 및 광역상수도 관리

❍ 수자원정책 및 홍수관리 프로그램

- 수자원정책 및 조사, 수문조사 및 시설 운영, 수자원 연구개발

❍ 댐 운영 및 관리 프로그램

- 댐 운영 및 안전관리

❍ 하천관리 지원 프로그램

- 국가하천 및 지방하천 정비 지원

❍ 환경행정 지원 프로그램

**표 3.3 2023년 일반회계 세출 내역(수자원 부문)**

| 구분 | 2023년 예산(백만 원) |
|---|---|
| 맑은 물 공급·이용(광역) 프로그램 | 106,626 |
| 수자원정책 및 홍수관리 프로그램 | 484,481 |
| 댐 운영 및 관리 프로그램 | 203,327 |
| 하천관리 지원 프로그램 | 750,324 |
| 환경행정 지원 프로그램 | 23,436 |
| **합계** | **1,568,194** |

(다) 환경개선특별회계(세출)

❍ 물환경 부문

- 수질 및 수생태계 관리 프로그램 , 토양지하수 관리 프로그램, 맑은 물 공급·이용 프로그램

❍ 자원순환 및 환경경제 부문

- 자원순환사회 형성 촉진 프로그램, 친환경경제사회 활성화 프로그램

❍ 기후대기 및 환경안전 부문

- 대기환경보건 프로그램, 기후변화 대응 프로그램, 환경보건관리 프로그램, 화학물질 안전관리 프로그램

❍ 자연환경 부문

- 자연생태보전 프로그램

❍ 환경 일반 부문

- 환경연구 및 교육 프로그램, 환경행정지원 프로그램

**표 3.4 2023년 환경개선특별회계 세출 내역(물환경 부문)**

| 구분 | 2023년 예산(백만 원) |
|---|---|
| 수질 및 수생태계 관리 프로그램 | 2,667,210 |
| 토양지하수관리 프로그램 | 43,664 |
| 맑은물 공급·이용 프로그램 | 686,880 |
| **합계** | **3,397,745** |

(라) 국가균형발전특별회계

❍ 물환경 부문

- 수질 및 수생태계 관리 프로그램, 맑은물 공급·이용 프로그램

❍ 자원순환 및 환경경제 부문

- 친환경경제사회 활성화 프로그램

❍ 기후대기 및 환경안전 부문

- 대기환경보건 프로그램, 환경보건관리 프로그램

❍ 자연환경 부문

- 자연생태보전 프로그램

❍ 환경일반 부문

- 환경행정지원 프로그램

**표 3.5 2023년 국가균형발전특별회계 세출 내역**

| 구분 | | 2023년 예산(백만 원) |
|---|---|---|
| **물환경 부문** | **수질 및 수생태계 관리 프로그램** | **957,978** |
| | **맑은물 공급·이용 프로그램** | **456,883** |
| 자원순환 및 환경경제 부문 | | 6,507 |
| 기후대기 및 환경안전 부문 | | 101,605 |
| 자연환경 부문 | | 10,150 |
| 환경일반 부분 | | 203 |

### (마) 농어촌구조개선특별회계

❍ 물환경 부문

- 수질 및 수생태계 관리 프로그램

❍ 자원순환 및 환경경제 부문

- 자원순환사회 형성촉진 프로그램

**표 3.6 2023년 농어촌구조개선특별회계 세출 내역**

| 구분 | 2023년 예산(백만 원) |
|---|---|
| **물환경 부문** | **36,152** |
| 자원순환 및 환경경제 부문 | 3,967 |

### (바) 기금

❍ 2023년 환경부 기금은 한강수계관리기금, 낙동강수계관리기금, 금강수계관리기금, 영산강·섬진강수계 관리기금, 석면피해구제기금으로 구성됨

❍ 2023년 환경부 기금 중 한강수계관리기금이 52.2% 차지하고 있으며, 그다음으로 낙동강수계관리기금(19.0%), 금강수계관리기금(13.9%), 영산강·섬진강수계관리기금(11.6%), 석면피해구제기금(3.4%) 순으로 나타남

**표 3.7 2023년 기금 세출 내역**

| 회계 | 부문 | 2023년 예산(백만 원) |
|---|---|---|
| 한강수계관리기금 | 물환경 부문(4대강유역관리, 여유자금운용) | 672,708 |
| | 환경일반 부문(환경행정지원) | 9,769 |
| 낙동강수계관리기금 | 물환경 부문(4대강유역관리, 여유자금운용) | 244,191 |
| | 환경일반 부문(환경행정지원) | 4,015 |
| 금강수계관리기금 | 물환경 부문(4대강유역관리, 여유자금운용) | 179,047 |
| | 환경일반 부문(환경행정지원) | 2,601 |

| 회계 | 부문 | 2023년 예산(백만 원) |
|---|---|---|
| 영산강·섬진강수계관리기금 | 물환경 부문(4대강유역관리, 여유자금운용) | 149,112 |
| | 환경일반 부문(환경행정지원) | 1,926 |
| 석면피해구제기금 | 기후대기 및 환경안전 부문(환경보건관리) | 31,151 |
| | 환경일반 부문(환경행정지원, 여유자금운용) | 12,743 |

### (4) 농림축산식품부(2023년도 예산)

#### (가) 총괄

❍ 일반회계

❍ 특별회계: 농어촌구조개선특별회계, 에너지 및 자원사업특별회계, 국가균형발전특별회계, 양곡리특별회계로 구성됨

❍ 기금: 농산물가격기금, 농지관리기금, 축산발전기금, 농업농촌공익증진직접지불기금, 자유무역이행지원기금, 농어업재해재보험기금, 양곡증권정리기금으로 구성됨

**표 3.8 2023년도 농림축산식품부 예산 내역**

(단위: 백만 원, %)

| 구분 | | 2023예산 | | 증감 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 세입 | 세출 | 세입 | 세출 |
| 일반회계 | | 21,170 | 5,537,241 | 2.2 | ▽ 4.4 |
| 특별회계 | 농어촌구조개선특별회계 | 13,582,092 | 12,096,305 | 9.6 | 15.4 |
| | 에너지 및 자원사업특별회계 | 42,929 | 15,150 | ▽ 0.05 | ▽ 31.3 |
| | 국가균형발전특별회계 | 14,332 | 726,243 | ▽ 4.5 | ▽ 3.5 |
| | 양곡리특별회계 | 2,324,848 | 2,324,848 | 3.7 | 3.7 |
| 기금 | 농산물가격기금 | 2,327,368 | | ▽ 9.9 | |
| | 농지관리기금 | 3,721,984 | | 13.5 | |
| | 축산발전기금 | 1,062,803 | | 1.7 | |
| | 농업농촌공익증진직접지불기금 | 2,857,596 | | 18.0 | |
| | 자유무역이행지원기금 | 510,734 | | 8.2 | |
| | 농어업재해보험기금 | 90,451 | | ▽ 37.6 | |
| | 양곡증권정리기금 | 1,141,884 | | 57.1 | |

* 출처: 농림축산식품부(2023). 2023년도 예산 및 기금운영계획 사업 설명 자료

#### (나) 특별회계(세출)

❍ 농어촌구조개선특별회계 324개 세부 사업(물 관련 사업 포함)

❍ 에너지 및 자원사업특별회계 1개 세부 사업

❍ 국가균형발전특별회계 18개 세부 사업

❍ 양곡관리특별회계 12개 세부 사업

### (5) 행정안전부(2023년도 예산)

(가) 총괄

❍ 일반회계와 특별회계(국가균형발전특별회계)로 구성됨

- 일반회계 세입: 재산수입, 경상이전수입, 재화 및 용역 판매 수입
- 일반회계 세출: 지방교부세, 인건비, 기본경비, 사업비
- 특별회계 세입·세출: 국가균형발전특별회계

(나) 특별회계(세출)

❍ 2023년도 세출예산 프로그램은 3개 분야, 6개 부문, 20개 프로그램, 117개 단위 사업, 291개 세부 사업으로 구성됨

❍ 물 관련 사업이 포함된 일반회계 재난관리 부문 세출예산은 589,322백만 원(2022년 대비 48.2% 감소), 국가균형발전특별회계 재난관리 부문의 세출예산은 717,839백만 원(2022년 대비 4,967.0% 증가)

※ 재해위험지역정비(보조)사업이 기존 일반회계에서 국가균형발전특별회계로 이관(2023년)

**표 3.9 2023년도 행정안전부 예산 내역**

(단위: 백만 원, %)

| 구분 | | 2023예산 | | 증감 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 세입 | 세출 | 세입 | 세출 |
| 일반회계 | | 632 | 788,400 | 3.4 | 13.4 |
| 특별회계 | 국가균형발전특별회계 | 55 | 16,446 | 3.8 | 42.9 |

* 출처: 농림축산식품부(2023). 2023년도 예산 및 기금운영계획 사업 설명 자료

## 1.2 물관리사업 재정체계 문제점

❍ 재정의 기획에서 운용에 이르기까지 통합적으로 관리할 물관리 재정 전문가가 부재함

- 통합물관리는 재해(홍수, 가뭄), 수량(물 이용), 수질, 수생태뿐만 아니라 자연과 사람, 이해관계자 등 물과 관련되는 복합 다양한 인자가 통합되어 운영되어야 하나 재정관리에 전문가의 활용도가 매우 낮음

❍ 지방자치단체의 물관리 재정관리가 미흡함

- 통합물관리에는 지자체의 다양한 부서가 참여하여야 하나 물관리 부서가 타 부서와 수평적 관계를 유지하여 통합물관리를 위한 체계적 재정계획을 수립·운용하는 데 어려움이 있음

❍ 지방자치단체로 이관된 예산의 효율적 집행력이 약화됨

- 지방자치단체로 이관된 물관리 예산(하천, 상하수도 등)이 물관리에 활용되지 않고 타 사업으로 전용할 수 있는 “지방자율회계”로의 전환은 효율적 재정구조를 어렵게 함

❍ 환경 분야의 일반회계 비중이 감소함

- 2022년 환경 분야 예산 중 일반회계가 1.9%, 특별회계 83.8%, 기금 14.3%를 차지하고 있어 일반회계의 비중이 매우 미미하며, 매년 일반회계의 비중이 감소하고 있음

※ 일반회계: 정부가 일반행정을 추진하기 위해 필요한 예산을 처리하는 회계로 사람과 인프라 관리를 위해 투입되는 재정

- 특별회계 체계로 운영되면서 물관리 시설 조성 이후 관리예산 부족으로 지자체에 이관하고 있으나 지자체도 재정자립도가 낮아 시설을 효율적으로 운영하는 데 문제가 발생함

※ 국토교통부는 일반회계를 통하여 다양한 사회 인프라에 대한 유지관리를 수행

❍ 수계관리기금의 활용 과정에서 전문가 참여가 미흡함

- 유역 수계기금의 기획 및 운용에 이르기까지 전문가가 배제된 행정 중심의 관리로 수행되면서 기술과 미래지향성에 기반한 운용을 하는 데 어려움을 겪음

❍ 오염원 발생 주체와 오염원관리 부처가 각기 다르기에 비용 효율적 물관리가 어려움

- 물관리 재정구조가 중앙부처(환경부, 농림축산식품부, 행정안전부 등), 지자체(하천, 상하수도 관련 예산), 기금(수계기금) 등으로 구성되어 있으나 오염원 발생 주체가 오염원관리를 할 수 있는 재정구조가 아님

### 1.3 물관리사업과 자연기반해법 연계의 한계점

❍ 자연기반해법의 기술적 개념 부재

- 기존에 시행되고 있는 하천정비 및 복원사업에 적용된 기술과 자연기반해법 기술의 차이점이 모호함

❍ 자연기반해법 적용 기준 지침 미비

- 자연기반해법과 기존 사업의 적절한 연계를 위한 지침 및 법적 근거가 미비함

❍ 자연기반해법의 활용 가능성 검토 체계 부재

- 환경적 효과 및 사회·경제적 효과를 명확하게 측정할 수 있는 정량적 평가 방법 및 모니터링 방안의 미흡 등 자연기반해법의 활용 가능성 검토 체계가 없음

## 2 자연기반해법 활용 통합물관리 가능 물관리 사업 검토

### 2.1 환경부 물관리 관련 사업 중 자연기반해법 적용가능사업(안)

❍ 환경부의 물관리 관련 단위 사업은 수자원 및 물환경 부문으로 구분하여 개별법에 근거하여 시행되고 있음

- 수자원 부문과 관련되는 근거 법령 및 단위 사업은 주로 하천법(하천관리), 지하수법(지하수 관리), 수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률(수자원 관리) 등이 해당함
- 물환경 부문 관련 근거법령은 하수도법(하수도관리), 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률(물재이용 관리), 물환경보전법(비점오염원관리, 폐수관리, 수생태관리 등), 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률(가축분뇨 관리) 등이 해당함

❍ 환경부의 물관리 관련 단위 사업의 예산은 주로 환경개선특별회계(이하 환특회계)와 수계관리기금이며, 일부 단위 사업은 환경부 일반회계, 농어촌구조개선특별회계(이하 농특회계)와 국가균형발전특별회계(이하 균특회계)에서 지원

- 환특회계는 환경부의 물환경 부문 주요 단위 사업을 추진하는 회계이며, 단위 사업 중에서 생태하천,

가축분뇨공공처리시설, 비점오염 저감사업, 공공폐수처리시설, 산업단지완충저류시설, 도시물순환 개선, 하수관로 정비, 하수처리장 설치, 공공수역 녹조발생 대응, 새만금환경대책, 토양환경보전대책, 군사기지환경관리및정화사업, 하수처리수재이용사업 등이 자연기반해법을 적용할 수 있는 사업에 해당함

- 수자원 부문 예산은 환경부의 일반회계에서 편성되며 국가하천 정비 및 유지보수사업이 자연기반해법을 적용할 수 있는 사업에 해당함
- 타 부처에서 지원되는 회계를 활용하는 단위사업 중에서 자연기반해법 적용이 가능한 사업은 농특회계의 면 단위 하수처리장 설치사업과 균특회계의 하수관로 정비사업이 해당함
- 4대강 물 이용 부담으로 조성된 수계기금은 유역 기반 물관리사업에 중요한 재원이며 자연기반해법을 적용할 수 있는 사업은 환경기초시설 설치, 생태하천 복원, 비점오염 저감, 수변녹지 조성 등이 해당함

❍ 환경부의 수자원 및 물환경 부문 물관리 단위사업의 통합물관리 기능을 강화하기 위한 자연기반해법 적용은 단위사업에 자연기반해법 기능을 부여함으로써 가능함

- 대부분의 물관리 단위사업은 개별법에 근거한 단일 목적(물 이용, 물재해, 물환경) 달성을 위하여 단위사업을 추진함으로써 기능이 단순화되어 있음
- 수자원 및 물환경 분야 중에서 국가하천 정비, 하수처리시설, 비점오염, 생태하천, 산업폐수처리, 하수관로사업, 수변녹지 조성 등 사업의 경우 자연기반해법 연계 추진 시 통합물관리가 가능함
- 물관리사업과 자연기반해법의 연계는 통합물관리(물 이용, 물재해, 물환경, 기후적응 등)를 가능하게 하여 수질 개선, 물관리 시설의 다기능, 신규 물산업 창출, 주민친화시설, 탄소 흡수원 확보, 주민참여 환경관리 등 다양한 효과를 기대

**표 3.10 환경부 물관리 관련 사업 중 자연기반해법 적용가능사업(안)**

| 회계 | 부문 | 단위사업 | 2023년 확정예산 (백만 원) |
|---|---|---|---|
| 일반회계 | 수자원 | • 국가하천 정비 및 유지보수 | 701,793 |
| 농어촌구조개선특별회계 | 물환경 | • 면 단위 하수처리장 설치 | 36,152 |
| 환경개선특별회계 | 물환경 | • 생태하천, 가축분뇨공공처리시설, 비점오염 저감사업, 공공폐수처리시설, 산업단지완충저류시설, 도시물순환 개선, 하수관로정비, 하수처리장 설치, 공공수역 녹조발생 대응, 새만금환경대책, 토양환경보전대책, 군사기지환경관리 및 정화사업, 하수처리수재이용사업 | 2,538,637 |
| 국가균형발전특별회계 | 물환경 | • 하수관로 정비 | 953,051 |
| 한강수계관리기금 | 물환경 | • 환경기초시설 설치, 생태하천 복원, 비점오염 저감, 수변녹지 조성, 오염총량, 친환경 청정사업 | 155,776 |
| 금강수계관리기금 | 물환경 | • 환경기초시설 설치, 생태하천 복원, 비점오염 저감, 수변녹지 조성, 오염총량 | 55,345 |
| 낙동강수계관리기금 | 물환경 | • 환경기초시설 설치, 비점오염 저감, 수변 녹지 조성, 오염총량 | 83,313 |
| 영산강·섬진강수계관리기금 | 물환경 | • 환경기초시설 설치, 생태하천 복원, 비점오염 저감, 수변녹지 조성, 오염총량 | 39,262 |
| 합계 | | | 4,563,329 |

## 2.2 타 부처 물관리 관련 사업 중 자연기반해법 적용가능 사업(안)

❍ 2018년 정부조직법 개정으로 물관리가 환경부로 일원화되었지만 농업용수관리 및 물재해 부문은 여전히 타 부처에 존재함

- 일반적으로 용수는 생활용수, 공업용수, 농업용수, 하천유지용수 등으로 구분되며 우리나라 용수사용량 중에서 가장 큰 분야는 농업용수에 해당함
- 생공용수는 높은 수준의 수질을 요구하는 반면 농업용수는 중간 등급 이하의 수질을 이용하기에 수질보다는 수량 관리가 더 중요하게 고려되면서 주무부처인 농림축산식품부가 농업용수의 수량과 수질을 관리함
- 물로 인한 재해(가뭄, 홍수 등) 발생 시 수질관리보다 우선시되는 정책은 인명과 재산상의 피해 저감이기에 물재해 관련 사업은 환경부보다는 행정안전부에서 관리함

❍ 농업용수 및 물재해 관리를 농림축산식품부 및 행정안전부가 관리하고 있지만 농업용수 관리와 물재해는 환경부가 관리하는 물환경 및 수자원에 영향을 주고 있기에 이러한 분야에서의 자연기반해법 활용은 통합물관리를 가능하게 함

- 우리나라의 농업용수는 지표수(저수지, 하천수 등)와 지하수가 주요 용수이며 농업용수의 과도한 이용은 하천 수량을 감소시켜 수질 및 수생태계 건강성에 영향을 미침
- 또한 농업 지역에서 물을 사용한 후 농업배수에 포함된 영양염류(질소, 인 등)는 하천 및 호수 유입 시 녹조 발생의 원인이 되며, 농업 지역에서 지하로 유입된 영양염류는 기저유출을 통해 하천으로 배출되면서 수질 및 수생태계에 영향을 미침
- 물재해와 관련되는 홍수와 가뭄도 물환경에 큰 영향을 주고 있으며 홍수는 하천으로 다량의 오염물질을 배출시키면서 수질에 영향을 주고 가뭄은 하천 유입 유량을 줄이면서 수질 악화와 수생태계 건강성에 영향을 미침

❍ 타 부처에서 관리하는 농업용수 및 물재해 관리로 인한 물 이용, 물환경 등의 영향을 저감하기 위해서는 농업용수와 물재해 분야에 환경부의 자연기반해법을 활용한 수질 관련 내용이 부가되어야 통합물관리가 가능함

- 행정안전부의 균특회계로 수행되는 재해위험지구 정비 및 풍수해 생활권 종합정비사업이 자연기반해법을 활용하여 통합물관리 기능을 강화할 수 있는 사업에 해당함
- 농림축산식품부의 농특회계로 수행되는 물관리 분야(수리시설, 가뭄 대비, 농업용수 수질 개선, 배수 개선, 농촌개발 등) 사업 추진 시 자연기반해법 적용은 통합물관리를 가능하게 함
- 자연기반해법 적용은 수질 및 수생태계 건강성에 영향을 끼치는 발생원 관리, 통합물관리 기능 확대, 주민참여 시설관리, 주민친화시설 확보, 탄소 흡수원 확보, 극한기후 대응 강화, 지역환경 개선 등 다양한 효과를 기대함

표 3.11 물관리사업의 통합물관리 기반 기능분석

| 부처 | 회계 | 단위 사업 | 2023년 확정예산 (백만 원) |
|---|---|---|---|
| 행정안전부 | 국가균형발전특별회계 | 재해위험지구 정비 | 434,869 |
| | | 풍수해 생활권 종합정비 | 141,775 |
| | 소계 | | 576,644 |
| 농림축산식품부 | 일반회계 | 수리시설 유지관리 | 160,908 |
| | 농어촌구조개선특별회계 | 가뭄 대비 용수 개발 | 11,800 |
| | 농어촌구조개선특별회계 | 농업용수 수질 개선 | 30,595 |
| | 농어촌구조개선특별회계 | 수리시설 개보수 | 651,832 |
| | 농어촌구조개선특별회계 | 다목적농촌용수 개발 | 244,942 |
| | 농어촌구조개선특별회계 | 배수 개선(지자체) | 412,411 |
| | 국가균형발전특별회계 | 일반농산어촌 개발(농촌) | 503,138 |
| | 국가균형발전특별회계 | 일반농산어촌 개발(어촌) | 44,780 |
| | 소계 | | 2,060,406 |

# 3 자연기반해법 적용 시 비용분석

## 3.1 하천 분야 적용 사례

### (1) 생태하천 복원사업

❍ 도시화에 따른 녹지공간의 부족으로 인해 생태하천에 대한 관심이 높아지고, 또한 인근 오염원(생활하수 및 농경지, 축산시설)의 유입으로 인해 수질 향상 및 환경 개선을 위해 지방자치단체별로 생태하천 복원사업이 활발하게 진행

❍ 이·치수형 하천공사의 대공종은 축제공, 호안공, 구조물공, 차수공, 부대공, 기타 공 등으로 구분되고, 축제공은 면 고르기, 비탈면 보호공, 순성토, 사토, 유용성토, 흙 쌓기, 범면다짐 등으로 구성됨. 호안공은 돌망태, 돌붙임, 돌쌓기, 전석쌓기, 호안블럭, 필터매트, 사석부설 등으로 구성되고, 구조물공은 배수관, 배수문, 옹벽공, 보, 수로 이설 등으로 구성됨(이시욱 등, 2009)

❍ 자연형 하천공사의 대공종은 자연형 호안공, 자연형 구조물공, 식생공의 세 가지 공종으로 분류되며, 기존 이·치수형 하천공사에 자연형 하천 공사가 추가되는 형태임. 자연형 호안공은 에코매트, 그린매트, 스톤네트, 코이어네트, 코이어롤, 자연석 붙임, 조경석 쌓기, 식물재 호안, 계단호안, 옹벽녹화공으로 구성되고, 자연형 구조물공은 하천 환경공으로 여울, 징검여울, 수제, 어도, 습지공임. 친수 시설물공은 징검다리, 친수계단, 데크 설치 등으로 구성되고, 식생공은 자연형 하천을 구성하는 구조물이 아닌 친자연 환경을 구성하기 위한 식재들로 구성됨(최인욱 등, 2009)

❍ 2019년에 수립된 '포천시 생태하천 복원사업 기본계획 보고서'를 분석하여 하천 분야 자연기반해법 적용 시 비용을 검토함. 복원사업의 목적은 관내 주요 하천의 훼손된 수생태계의 건강성 회복이며, 복원 목표

및 복원사업 우선순위는 멸종위기종 등의 과거 서식지 복원, 인공시설로 인한 종적, 횡적 연속성 개선, 수질 악화 개선 및 생태유량 확보 등임

- 복원사업의 전체 예산은 4,203억 원이며 기본계획 설계안의 주요 내역은 수질 개선시설, 수생태계 복원시설, 생태관찰 및 학습시설, 친수공간 조성, 하천개수, 환경생태 유량 공급 등으로 설계됨
- 수질 개선시설은 생태습지, 저수로 사행 조성, 징검여울, 초기우수처리시설, 초지 조성이고, 수생태계 복원시설은 낙차공(어도 포함) 개량, 단풍잎돼지풀 제거, 생태방틀, 생태통로, 수변생태관찰원, 인공호안 개량, 하중도, 하천숲, 하천 식재이며, 생태관찰 및 학습시설은 생태관찰데크, 생태탐방로임. 친수공간은 가로수, 마을 정자, 야외음악당, 하천쉼터이고, 하천개수로는 교량 개량, 배수구조물, 하천개수이며, 환경생태 유량 공급은 가동보, 하수처리수 재이용으로 구성되어 있음
- 이·치수형 하천공사의 대공종인 축제공, 호안공, 구조물공, 차수공 등에서 언급하였던 공종을 제외하고 자연기반해법이 적용된 생태하천의 주요 공종을 구분하여 그린인프라 및 그레이인프라 영역으로 구분하고 비용을 분석함
- 설계안의 주요 내역에서 그린인프라는 수질 개선시설, 수생태계 복원시설, 생태관찰 및 학습시설이 해당하며, 그레이인프라는 친수공간 조성, 하천개수, 환경생태 유량 공급이 해당함
- 전체 설계 내역의 공사비에 해당하는 금액은 4,203억 원 중에서 74%에 해당하는 3,114억 원이며 공사비의 그린인프라 공종은 62.4%, 그레이인프라 공종은 37.6%를 차지함
- 호안공은 이·치수형 하천공사와 자연형 하천공사에 모두 포함되며 대표 공법으로는 그린인프라 방식에서 식생계 호안과 그레이인프라 방식에서 망태계 호안이며, 식생계 호안은 상대적으로 자재 비용이 많이 들고 시공비가 저렴하며 결과적으로 단가는 높았음. 또한 식생계 호안은 상대적으로 소류력과 유속 허용 한계치가 낮으므로 적용하는 데 한계가 있음

**표 3.12 생태하천 복원 사업비 세부 공종별 사례분석(포천시, 2019)**

| 구분 | | 세부 공종 | 공사금액 (천 원) | 비율(%) | 단위 | 수량 | 평균단가 (천 원) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 공사비 | 수질 개선시설 | 생태습지 | 16,589,000 | 3.95 | 개소 | 12 | 1,349,750 |
| | | 저수로 사행 조성 | 7,414,000 | 1.76 | ㎡ | 655,168 | 11 |
| | | 징검여울 | 5,400,000 | 1.28 | 개소 | 43 | 142,670 |
| | | 초기우수처리시설 | 1,320,000 | 0.31 | 개소 | 8 | 165,000 |
| | | 초지 조성 | 2,257,500 | 0.54 | ㎡ | 301,052 | 7.4 |
| | 수생태계 복원시설 | 낙차공(어도 포함) 개량 | 39,699,500 | 9.44 | 개소 | 54 | 747,994 |
| | | 단풍잎돼지풀 제거 | 2,336,000 | 0.56 | ㎡ | 3,718,000 | 0.6 |
| | | 생태방틀 | 32,010,000 | 7.62 | m | 48,500 | 660 |
| | | 생태통로 | 326,000 | 0.08 | 개소 | 3 | 108,666 |
| | | 수변생태관찰원 | 3,554,000 | 0.85 | 개소 | 5 | 740,500 |
| | | 인공호안 개량 | 63,408,000 | 15.08 | m | 28,600 | 2,198 |

| 구분 | | 세부 공종 | 공사금액 (천 원) | 비율(%) | 단위 | 수량 | 평균단가 (천 원) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 하중도 | 138,000 | 0.03 | 개소 | 3 | 44,000 |
| | | 하천숲 | 7,491,000 | 1.78 | 개소 | 9 | 918,428 |
| | | 하천 식재 | 4,069,900 | 0.97 | 본 | 3,981,825 | 1.8 |
| | 생태관찰 학습시설 | 생태관찰데크 | 2,702,100 | 0.64 | 개소 | 12 | 509,448 |
| | | 생태탐방로 | 5,519,500 | 1.31 | m | 48,500 | 115 |
| | 친수공간 조성 | 가로수 | 2,555,600 | 0.61 | 주 | 1,814 | 1,424 |
| | | 마을정자 | 200,000 | 0.05 | 개소 | 2 | 100,000 |
| | | 야외음악당 | 200,000 | 0.05 | 개소 | 1 | 200,000 |
| | | 하천 쉼터 | 11,906,000 | 2.83 | 개소 | 19 | 981,755 |
| | 하천개수 | 교량 개량 | 32,641,200 | 7.77 | 개소 | 29 | 1,424,108 |
| | | 배수구조물 | 707,600 | 0.17 | 개소 | 47 | 15,605 |
| | | 하천개수 | 51,033,000 | 12.14 | 개소 | 62 | 889,437 |
| | 환경생태 유량 공급 | 가동보 | 13,662,100 | 3.25 | 개소 | 4 | 3,548,500 |
| | | 하수처리수 재이용 | 4,300,000 | 1.02 | 개소 | 1 | 4,300,000 |
| 기타 | 설계, 환경영향평가, 감리비, 모니터링, 보상비 등 | | 108,912,000 | 25.91 | | | |
| 총합계 | | | 420,352,000 | 100 | | | |

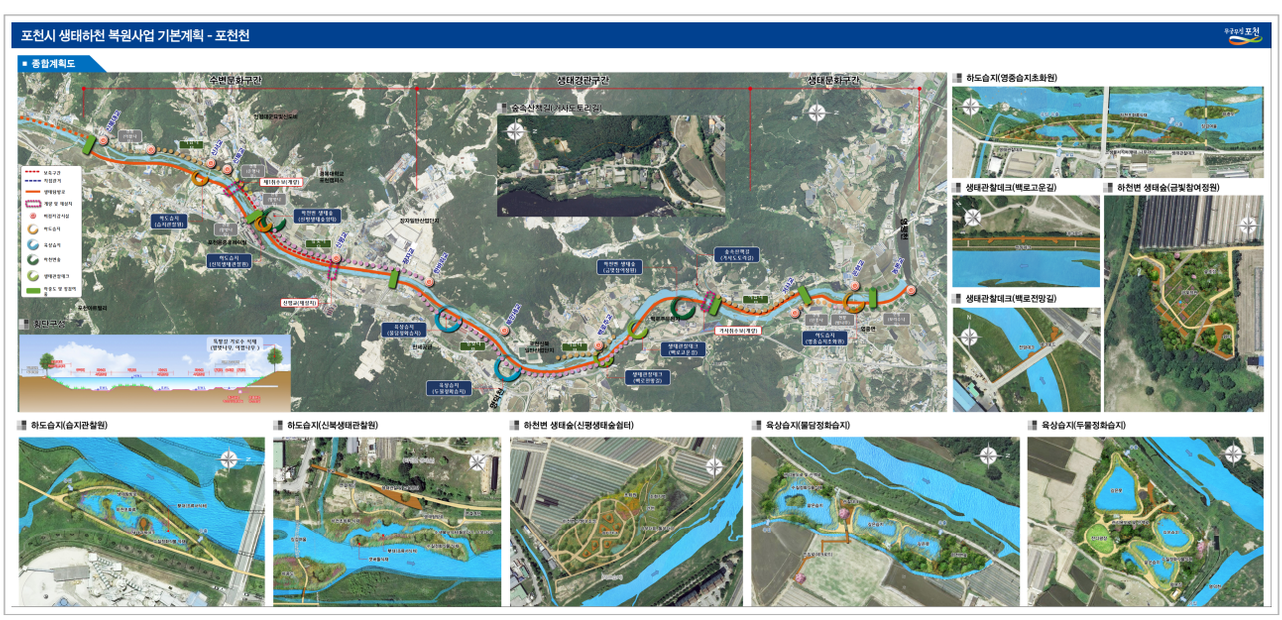



그림 3.2 포천천 생태하천 복원사업 종합계획도(포천시, 2019)

**표 3.13 그린인프라 및 그레이인프라 고수호안 공법 비교(포천시, 2019)**

| 구분 | 식생계 호안 | 망태계 호안 |
|---|---|---|
| 사진 | | |
| 공법 | • 이토 및 부석 등을 제거하고 절취 및 면 고르기를 한 후<br>• 양질의 토사를 포설<br>• 식물을 직접 식재하거나 종자를 포설하는 공법<br>• 유속이나 소류력에 대한 저항력을 다소 높인 매트 및 고정핀 등을 이용한 공법 | • 철선을 일체형 방식으로 사석을 담아 고정<br>• 철망태를 설치하고 사석을 적치한 후 덮개를 고정<br>• 일체형 방식으로 연결<br>• 여건에 따라 복토한 후 식재 가능 |
| 소류력 | 3~15㎏/㎡ | 30~60㎏/㎡ |
| 유속 | 2.0~5.0m/s | 6.0~10.0m/s |
| 단가 | • 자재비: 12,000원~50,000원/㎡<br>• 설치비: 6,000원~10,000원/㎡<br>• 합 계: 18,000원~60,000원/㎡ | • 자재비: 15,000원~25,000원/㎡<br>• 설치비: 20,000원~25,000원/㎡<br>• 합 계: 35,000원~50,000원/㎡ |

### (2) 댐 유입 하천 홍수터 복원 사업

❍ 댐·하천 홍수터의 적극적인 복원(정화림, 초지, 습지 조성 등)을 통한 단절된 생태계의 종적 연결성 강화, 생태적 여과 기능 향상, 소유역의 비점오염원 관리 등을 위한 복원사업이며 지역 참여형 친환경적 관리와 생태자원화 및 지역자원과 연계하여 지역 주도의 생태계서비스를 제공함

❍ 조성 사례는 대청댐 유입 하천인 서화천으로 충청북도 옥천군 군북면 이백리 및 지오리 일원으로 이백리는 정화림 및 소득수종림 조성사업(43,436㎡), 지오리는 다단형 습지, 휴게·관찰시설 조성사업(18,983㎡)으로 구성

❍ 조성기간은 2019년 8월부터 2022년 12월까지이며, 총 사업비는 1,124백만 원으로 순공사비 592백만 원 중에서 이백리 사업지는 372백만 원, 지오리 사업지는 173백만 원, 부대공 47백만 원임

❍ 이백리 사업지는 침사지(989㎡, 수심 0.3m)와 물길지표층 정화(꽃창포, 수련, 애기부들 등 식재), 정화림(포플러 330주 식재), 소득수종림(고로쇠, 아로니아 등 325주 식재)을 도입하여 조성 후 BOD 59%, T-N 67%, T-P 77% 저감효과, 대상지 토양 침식 저감효과, 생태계 교란 야생식물인 단풍잎돼지풀 제거효과, 지역주민 소득 증대효과가 나타남

❍ 지오리 사업지는 정화습지(2,600㎡) 조성, 습지식물원(갯버들, 키버들 등 식재), 수생식물원(수련, 꽃창포 등 식재), 야외학습장(관찰동선, 식물터널, 횃대, 원두막, 안내판 등 설치)을 도입하여 조성한 후 BOD 63%, T-N 66%, T-P 76% 저감, 생물서식처 제공, 종 다양성 증진 및 단풍잎돼지풀 군락지 제거, 주변 습지 또는 이지당 등 지역자원과 연계하여 관찰 및 학습 장소로 활용됨

**표 3.14 댐 유입 하천 홍수터 복원의 공종별 사례분석(K-water, 2022)**

| 구분 | 옥천군 군북면 이백리 | | | 옥천군 군북면 지오리 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 공사금액 (천 원) | 비율(%) | 단가 (천 원/㎡) | 공사금액 (천 원) | 비율(%) | 단가 (천 원/㎡) |
| 토공 | 18,765 | 5.03 | 0.43 | 7,646 | 4.40 | 0.40 |
| 구조물공 | 23,623 | 6.33 | 0.54 | 7,126 | 4.10 | 0.37 |
| 배수공 | 165,719 | 44.47 | 3.81 | 2,174 | 1.25 | 0.11 |
| 시설물공 | 30,225 | 8.11 | 0.69 | 73,071 | 42.10 | 3.84 |
| 포장공 | 9,833 | 2.63 | 0.22 | 29,373 | 16.92 | 1.54 |
| 식재공 | 124,456 | 33.40 | 2.86 | 54,168 | 31.21 | 2.85 |
| 총 합계 | 372,621 | 100 | | 173,558 | 100 | |

옥천군 군북면 이백리 사업지 | 옥천군 군북면 지오리 사업지

**그림 3.3 대청댐 유입 하천 복원사업 종합계획도(K-water, 2022)**

## 3.2 유역 분야 적용 사례

### (1) 빗물저장시설

❍ 도시 유역 내 물순환 개선을 위한 저영향개발기법 기술요소 중에서 빗물이용시설은 서울시에서 2007년부터 서울시 전역의 공동주택 및 학교기관을 대상으로 설치 보조금 사업을 진행해오고 있으며 빗물탱크와 상자텃밭(화분) 사업으로 구분됨

❍ 서울시에서 제시하는 빗물탱크의 기준설치비(2022년 기준)는 0.6㎥ 2,145천 원, 1.0㎥ 2,396천 원, 2.0㎥ 2,673천 원이며, 상자텃밭은 68천 원에서 440천 원까지로 다양하며 2021년 기준으로 서울시내에서 117,908㎡에 323,014세트를 설치한 바 있음

그림 3.4 빗물탱크 설치 사례(서울시, 2022)

그림 3.5 상자텃밭 종류(서울시, 2016)

### (2) 빗물침투시설

❍ 강우유출수와 오염물질 저감을 위해 다공성 아스팔트, 콘크리트, 투수블록 등과 쇄석의 공극을 통과하여 강우유출수를 토양에 침투시키고 오염물질을 저감하는 기술(서울시, 2016)

❍ 투수포장은 제품별 구조와 투수계수, 시공 단가 또한 차이를 보이나 서울시에서 제시하는 단가 기준으로 송파구 동남로, 강남구 강남대로 등에 설치한 투수블록은 60T 기준 33,000원/㎡, 한강시민공원 잠원지구, 성북구 공용주차장 등에 설치한 잔디블록은 150T 기준 35,900원/㎡이며, 빗물침투시설인 침투 측구 및 트렌치의 평균단가는 281,620원/m, 침투통의 평균단가는 599,000원/개소임

그림 3.6 투수포장 종류(사진 김이형 소장)

## 3.3 하수 분야 적용 사례

### (1) 하수처리장 지상부의 자연기반해법 및 주민친화시설 연계 사업

❍ 하수처리시설에는 처리하는 과정에 악취 발생, 슬러지 처리 시 환경 문제, 처리시설에서의 온실가스 배출, 에너지 과다사용 등 다양한 환경 문제가 있음. 최근 이러한 문제를 해결하는 다양한 고도처리 기술이 개발되었으나 신규 하수처리시설 및 하수처리시설의 개선사업이 미흡하여 적용하는 데 한계가 있음

❍ 하수처리시설의 지하화 및 상부의 자연기반해법 적용은 지역주민들에게 친환경적 공간 제공, 도심지 미세먼지 저감, 탄소 흡수원 확보, 생태교육공간 창출, 생물다양성 증진 등의 효과를 제공

- 향후 하수처리시설 신설사업이나 시설 현대화사업 추진 시 지하화 및 상부의 자연기반해법 적용은 에너지 절감을 통한 에너지 자립효과를 도출하여 국가의 탄소중립에도 기여할 것으로 기대되며 도시 발전, 지역경제의 활성화에도 기여할 것으로 예상

○ 최근 개선사업이 완료된 서울시 중랑 및 서남, 안양시 박달하수처리시설 사례를 살펴보면 기존 노후 시설 개선과 더불어 방류 수질 강화 및 지속적인 악취 민원 등의 정책적·사회적 변화에 대응하기 위해 기존 시설을 철거 후 재건설·지하화하여 시설 상부를 주민 친화공간으로 조성한 것으로 조사됨. 이는 하수처리시설이 과거에는 단순히 환경을 보전하고 개선하는 역할만 수행하였지만, 최근에는 도시재생을 위해 혐오시설 이미지 탈피 및 정주 여건 개선과 주민들의 니즈(needs)를 충족해야 하는 역할에까지 확대되었기 때문임(환경부, 2019)

**표 3.15 대규모 개선사업(재건설) 및 지하화 사례(환경부, 2019)**

| 구분 | | 지역 | 시설명 | 시설용량(㎥/일) | 지하화 여부 |
|---|---|---|---|---|---|
| 시설 개선 | 완료 사업 | 서울특별시 | 중랑 | 250,000 | 일부 |
| | | | 서남 | 360,000 | 일부 |
| | | 부산광역시 | 수영 | 100,000 | 일부 |
| | | 안양시 | 박달 | 250,000 | 일부 |
| | 계획 사업 | 대전광역시 | 대전 | 650,000 | 완전 |
| | | 천안시 | 천안 | 220,000 | 완전 |
| | | 인천광역시 | 승기 | 275,000 | 완전 |
| | | 의정부시 | 의정부 | 200,000 | 완전 |
| | | 과천시 | 과천 | 30,000 | 완전 |
| | | 춘천시 | 춘천 | 150,000 | 시설 이전 |

안양새물공원의 지하화 조감도

중랑물재생센터의 현대화 마스터플랜

**그림 3.7 하수처리시설 완전지하화 계획(환경부, 2019)**

### (2) 사업비분석

○ 인천 서구 공촌하수처리시설 증설 및 고도처리시설공사는 기존 그레이인프라 방식의 하수처리장과 증설 부지를 복개하고 지상부에 자연환경과의 생태적·경관적 융합 및 시설의 위화감 완화, 방문객과 근무자에게 쾌적한 휴게공간 및 근무공간을 제공

(a) 기존 평면도

(b) 신규 평면도

(c) 조감도

**그림 3.8 공촌하수처리장 평면도 및 조감도(한국토지공사, 2009)**

○ 공촌하수처리시설 기본설계 내역상 총사업비는 928억, 총 부지면적은 79,000㎡, 시설용량은 기존 26,000㎥/일, 증설 39,000㎥/일이며 주요 설계 내역은 수질복원센터의 이미지 완화를 위한 조경 녹지공간 및 휴게시설(파고라, 등의자 등), 운동시설, 관리시설 등을 지하구조물(하수처리장)의 상부에 설치함

○ 기본계획상 개략사업비는 방류수 수질 기준 및 재이용 공급 수질에 만족할 수 있도록 일반적인 처리 공정을 조합하여 산정함. 총 공사 대비 그린인프라 구축을 위한 복개 및 지상부 조경공사비는 총 공사비의 약 11%인 8,465백만 원이며, 단위공사비는 107,152원/㎡(8,465백만 원/79,000㎡)임

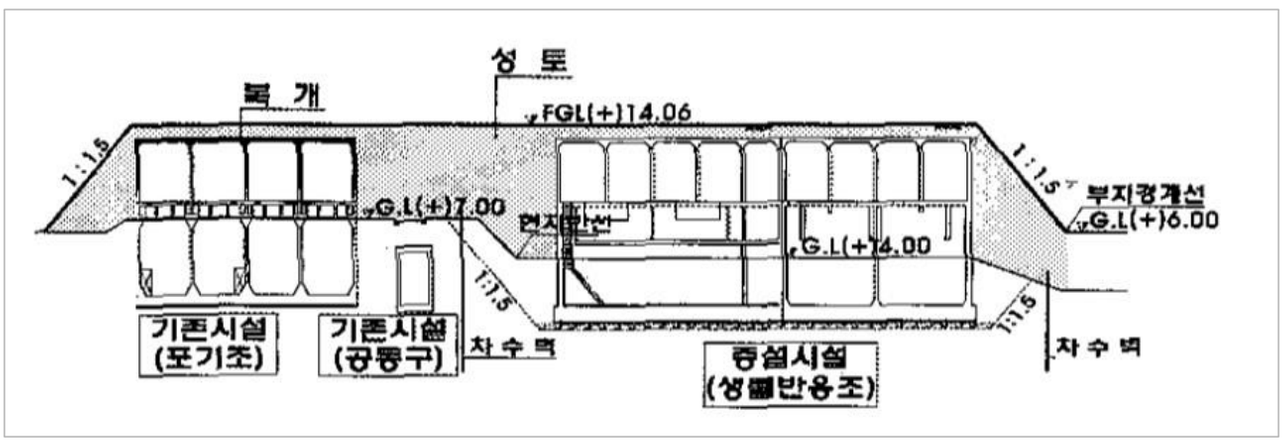



**그림 3.9 공촌하수처리장 복개 단면도(한국토지공사, 2009)**

**표 3.16 공촌하수처리시설 증설 및 고도처리시설공사 설계 내역 사례(한국토지공사, 2009)**

| 구분 | | 사업비(기본+증설분 복개) |
|---|---|---|
| 1. 공사비 | 1) 증설공사 | 72,554 |
| | 가. 토목공사 | 45,316 |
| | 나. 건축공사 | 847 |
| | 다. 기계공사 | 15,999 |
| | 라. 전기 및 계측제어 공사 | 5,750 |
| | 마. 조경공사 | 4,642 |
| | 2) 고도처리시설 설치공사 | 17,020 |
| | 가. 고도처리시설 | 9,103 |
| | 나. 시설 개선 | 4,094 |
| | 다. 기존 구조물 복개 | 3,823 |
| | 3) 소계 | 89,574 |
| | 4) 종합시운전비 | 1,339 |
| | 5) 한전수탁공사비 | 87 |
| | 소계 | 91,000 |
| 2. 설계보상비(공사비의 2%) | | 1,820 |
| 3. 총사업비 | | 92,820 |

# 4 자연기반해법 활용 통합물관리 평가체계

## 4.1 물관리 사업의 자연기반해법을 활용한 통합물관리 평가 기준

❍ (통합물관리 비전 달성) 물관리사업은 사람과 자연을 고려하는 통합물관리 비전이 달성되도록 계획되어야 함

❍ (상위계획과의 부합성) 물관리사업은 상위계획(제1차 국가물관리기본계획, 제1차 유역물관리종합계획, 제3차 비점오염원종합대책, 제3차 국가기후변화적응 대책 등)에 부합하여야 함

❍ (물관리사업의 생태계서비스 기능 강화) 물관리사업의 생태계서비스 기능(조절 기능, 문화 기능, 지원 기능 등)을 확대하기 위하여 가능한 자연기반해법과 연계되도록 계획되어야 함

❍ (단위 물관리사업의 주기능과 부가 기능 명시) 단위 물관리사업의 자연기반해법을 활용한 통합물관리와의 연계는 단위사업의 주기능과 부가적 기능(연계 기능)이 도출되도록 계획되어야 함

❍ (부가적 기능의 종류) 단위 물관리사업의 부가적 기능은 생태계서비스의 조절 기능(탄소 흡수원 확보, 홍수조절, 수질 개선, 미세먼지 개선 등), 문화 기능(여가공간, 수변공간, 생태공간, 공원과 체육시설 연계 주민친화시설 등) 및 공급 기능(재이용, 수자원 확보 등)의 역할이 수행되도록 계획되어야 함

❍ (단위사업 간의 연계를 통한 통합물관리 실현 강화) 자연기반해법을 활용한 통합물관리는 유역관리 패러다임 달성을 목표로 가능한 단위사업 간 연계와 함께 자연기반해법을 적용하여 비용 효율적 유역관리를 할 수 있도록 추진하여야 함

## 4.2 물관리 사업의 자연기반해법을 활용한 통합물관리 평가 및 연계 방안

### (1) 물관리 사업의 통합물관리 기능성 평가 및 자연기반해법 연계 방안

❍ 단위(세부) 사업별 통합물관리의 기능성 평가 단계

- (평가) 국가 물관리 사업별 통합물관리 기능성 및 취약성 평가를 통해 통합물관리 기반 한계점을 분석함

❍ 물관리 사업의 자연기반해법 연계 방안 단계

- (1단계) 물관리 사업별 상위계획과의 연계성 분석을 통해 융합기능의 연계 필요성을 도출함
- (2단계) 물관리 사업별 통합물관리 강화 방안을 마련하여 사업별 융합기능의 통합물관리 기능을 부가함
- (3단계) 물관리 사업별 통합물관리 기능 강화를 위한 자연기반해법 기술 또는 기법을 연계함
- (4단계) 통합물관리의 자연기반해법 기능을 연계한 물관리 사업의 민간투자 가능성 및 수익모델을 검토함

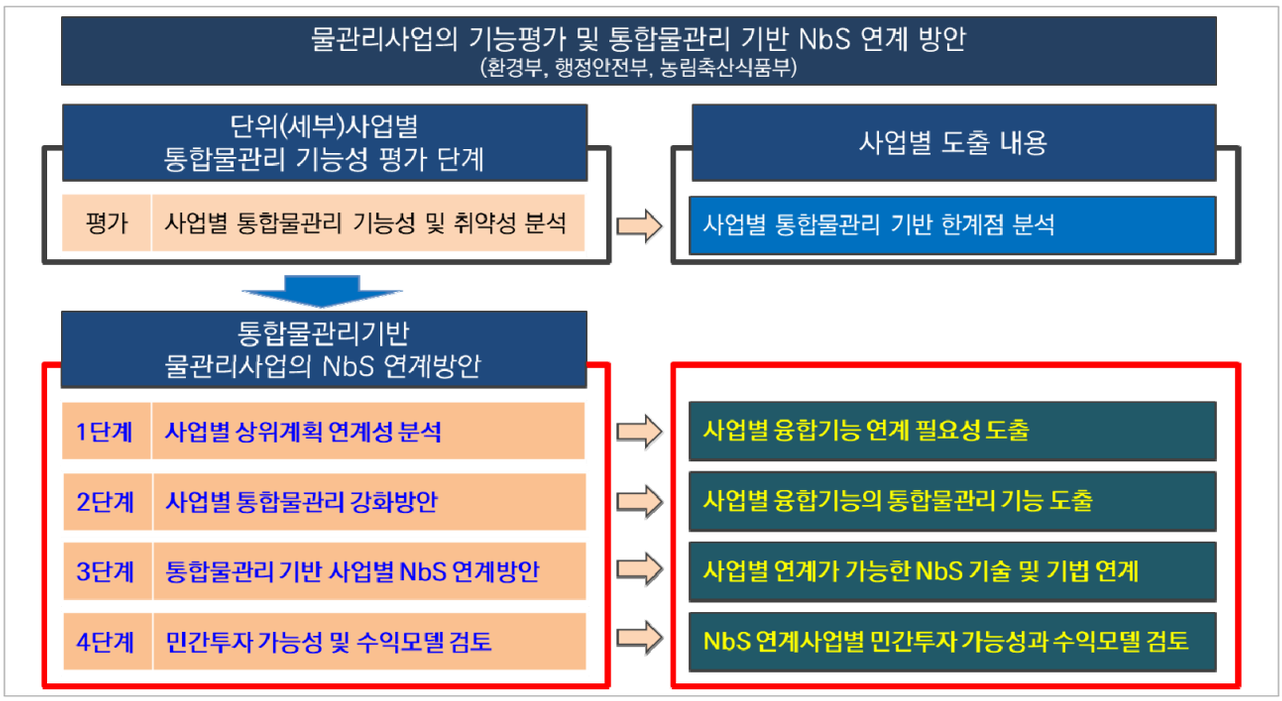



**그림 3.10 물관리 사업의 기능평가 및 통합물관리 기반 자연기반해법 연계 방안**

### (2) 자연기반해법을 활용한 통합물관리를 위한 물관리 사업 평가

❍ 물관리일원화 및 물관리기본법 시행 이후 건전한 물순환 체계 구축을 위한 통합물관리는 국가적 물관리 방향이며 자연기반해법은 통합물관리 추진을 위한 중요한 도구에 해당함

- 통합물관리는 수량, 수질, 수생태계 등을 동시에 고려함으로써 물환경, 물 이용, 물안전, 물복지 등을 동시에 구현할 수 있는 전략에 해당함

❍ 정부의 물관리 사업의 대부분은 환경부에서 추진되고 있으나 농업용수관리는 농림축산식품부, 재해방지 관련 물사업은 행정안전부에서 수행되고 있기에 통합물관리 기능 평가가 중요함

- 물관리 사업을 자연기반해법을 통한 통합물관리로 추진하기 위해서는 물관리 사업별 통합물관리 기능을 평가해야 함
- 또한 물관리 사업에서 기후변화 적응 능력, 생물다양성, 탄소중립, 주민 친화성 등이 종합적으로 고려되어야 통합물관리 기능이 향상됨

❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리 평가는 개별법 위주로 수행되는 개별 물관리 사업을 통합물관리 관점에서 평가하여야 함

- 개별법에 근거해 수행되는 물관리 사업의 통합물관리 기능평가는 기능성 평가 및 취약성 평가로 수행되어야 함
- 물관리 사업의 기능성 평가는 주요 기능(수질 개선, 물순환, 재이용, 홍수/침수 저감, 수생태계 건강성)과 부가 기능(기후변화 적응, 생물다양성, 주민친화도 등)의 부유 여부를 평가함
- 물관리 사업의 취약성 평가는 물관리 분야가 당면하고 있는 취약한 항목(극한기후, 탄소중립, 주민 인식, 주민참여 환경관리 등)을 중요한 평가 항목으로 선정하여 평가하여야 함

# 5 자연기반해법 활용 통합물관리 평가 및 우선순위 선정

## 5.1 자연기반해법 활용 통합물관리 평가

### (1) 환경부 물관리 사업(일반회계: 수자원 부문)의 통합물관리 기반 평가

❍ 물관리 사업의 기능성 및 취약성 분석

- 환경부[수자원 부문: 기능성] 분석

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 2023년 예산 (억 원) | 주기능 | 통합물관리 기반 필요 기능 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 일반 회계 | 하천관리 | 국가하천 정비지원 | 국가하천정비 | 4,510 | 홍수 저감 | • 수질 개선, 수생태계 건강성, 생물 다양성, 주민친화도 등 |
| | | | 국가하천유지보수 | 2,507 | 국가하천 시설 유지관리 | • 수질 개선, 수생태계 건강성, 기후변화 적응, 생물다양성, 주민친화도 등 |

- 환경부[수자원 부문: 취약성] 분석

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 2023년 예산 (억 원) | 극한기후적응성 | 탄소중립 기능성 | 주민인식 (친환경성) | 주민참여 환경관리 기능 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 일반 회계 | 하천관리 | 국가하천 정비지원 | 국가하천정비 | 4,510 | | ◎ | ○ | ○ |
| | | | 국가하천유지보수 | 2,507 | | ◎ | ◎ | ◎ |

※ ◎: 관련성 매우 높음, ○: 관련성 높음

❍ 환경부 물관리 사업(농특회계 및 균특회계: 물환경부문)의 통합물관리 기반 평가

- 환경부[물환경 부문: 기능성] 분석: 농특회계 및 균특회계 사업

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 2023년 예산 (억 원) | 주기능 | 통합물관리 기반 필요 기능 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 농어촌구조 개선특별회계 | 수질 및 수생태계 관리 | 하수도 관리 (농특) | 면 단위 하수처리장 설치 | 361 | 수질 개선(하수) | • 재이용, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| 국가균형발전 특별회계 | 수질 및 수생태계 관리 | 하수도 관리 | 하수관로 정비 | 9,530 | 수질 개선(하수) | • 물순환, 홍수/침수 저감, 기후변화 적응 |

- 환경부[물환경 부문: 취약성] 분석: 농특회계 및 균특회계 사업

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 2023년 예산 (억 원) | 극한기후 적응성 | 탄소중립 기능성 | 주민인식 (친환경성) | 주민참여 환경관리 기능 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 농어촌구조 개선특별회계 | 수질 및 수생태계 관리 | 하수도 관리 (농특) | 면 단위 하수처리장 설치 | 361 | ○ | ◎ | ◎ | ◎ |
| 국가균형발전 특별회계 | 수질 및 수생태계 관리 | 하수도 관리 | 하수관로 정비 | 9,530 | ◎ | | | |

※ ◎: 관련성 매우 높음, ○: 관련성 높음

❍ 환경부 물관리 사업(환특회계: 물환경 부문)의 통합물관리 기반 평가

- 환경부[물환경 부문: 기능성] 분석: 환특회계 사업

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 2023년 예산 (억 원) | 주기능 | 통합물관리 기반 필요 기능 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 환경개선 특별회계 | 회계 간 거래 | 회계 간 전출 | 국가균형발전특별회계(지역지원계정) 전출 | 13,465 | 수생태계 건강성 | • 홍수/침수 저감, 물순환, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | 수질 및 수생태계 관리 | 산업폐수 및 기타 오염원 관리 | 가축분뇨 공공처리시설 설치 | 459 | 수질 개선 (가축분뇨) | • 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | | 비점오염 저감사업 | 392 | 수질 개선 (비점오염) | • 물순환, 홍수/침수 저감, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | | 공공폐수처리시설 | 893 | 수질 개선 (산업폐수) | • 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | | 산업단지 완충저류시설 설치 | 511 | 수질 개선, 홍수/침수 저감 | • 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | | 도시물순환 개선사업 | 0 | 수질 개선, 물순환 | • 홍수/침수 저감, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | 하수도 관리 | 하수관로 정비 | 0 | 수질 개선(하수) | • 물순환, 홍수/침수 저감, 기후변화 적응 |
| | | | 하수처리장 설치 | 7,716 | 수질 개선(하수) | • 재이용, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | 수질 개선 기반 구축 | 공공수역 녹조발생 대응 | 848 | 수생태계 건강성 | • 기후변화 적응 |
| | | | 새만금사업 환경대책 | 350 | 수질 개선 (점오염, 비점오염) | • 물순환, 재이용, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | 토양 지하수 관리 | 토양 지하수 관리 | 토양환경 보전대책 | 116 | 수질 개선 (지하수오염) | • 물순환, 기후변화 적응 |
| | | | 군사기지 환경관리 및 정화사업 | 136 | 수질 개선 (지하수오염) | • 물순환, 기후변화 적응 |
| | 맑은물 공급·이용 | 물산업 및 물기술 진흥 | 하수처리수 재이용사업 | 497 | 재이용 | • 수생태계 건강성, 물순환, 기후변화 적응, 주민친화도 |

- 환경부[물환경 부문: 기능성] 분석: 환특회계 사업

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 2023년 예산 (억 원) | 극한기후 적응성 | 탄소중립 기능성 | 주민인식 (친환경성) | 주민참여 환경관리 기능 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 환경개선 특별회계 | 회계 간 거래 | 회계 간 전출 | 국가균형발전특별회계(지역지원계정) 전출 | 13,465 | ○ | ◎ | | ◎ |
| | 수질 및 수생태계 관리 | 산업폐수 및 기타오염원 관리 | 가축분뇨 공공처리시설 설치 | 459 | | ◎ | ◎ | |
| | | | 비점오염 저감사업 | 392 | | ◎ | | ○ |
| | | | 공공폐수처리시설 | 893 | | ◎ | ○ | |
| | | | 산업단지 완충저류시설 설치 | 511 | ○ | | | |
| | | | 도시물순환 개선사업 | 0 | | | | |
| | | 하수도 관리 | 하수관로 정비 | 0 | ○ | | ○ | |
| | | | 하수처리장 설치 | 7,716 | ◎ | ◎ | ◎ | |
| | | 수질 개선 기반 구축 | 공공수역 녹조 발생 대응 | 848 | ◎ | | | |
| | | | 새만금사업 환경대책 | 350 | ○ | | | ◎ |
| | 토양 지하수 관리 | 토양 지하수 관리 | 토양환경 보전대책 | 116 | ○ | | | |
| | | | 군사기지 환경관리 및 정화사업 | 136 | ○ | | | |
| | 맑은물 공급·이용 | 물산업 및 물기술 진흥 | 하수처리수 재이용사업 | 497 | | ○ | ○ | |

※ ◎: 관련성 매우 높음, ○: 관련성 높음

❍ 환경부(수계관리기금: 물환경 부문)의 통합물관리 기반 평가

- 환경부[수계기금: 기능성] 분석

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 2023년 예산 (억 원) | 주기능 | 통합물관리 기반 필요 기능 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 한강수계 관리기금 | 4대강 유역관리 | 환경기초시설 | 환경기초 시설 설치 | 759 | 수질 개선 (하수) | • 재이용, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | 기타 수질 개선 지원 | 생태하천 복원사업 | 106 | 수생태계 건강성 | • 홍수/침수 저감, 물순환, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | | 비점오염 저감사업 | 1,380 | 수질 개선 (비점오염) | • 물순환, 홍수/침수 저감, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | 토지매수 및 수변구역관리 | 수변녹지조성 관리사업 | 176 | 8가지 주요 기능 모두 포함 | |
| 낙동강수계 관리기금 | 4대강 유역관리 | 환경기초시설 | 환경기초 시설 설치 | 628 | 수질 개선 (하수) | • 재이용, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | 기타 수질 개선 지원 | 비점오염 저감사업 | 46 | 수질 개선 (비점오염) | • 물순환, 홍수/침수 저감, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | 토지매수 및 수변구역관리 | 수변녹지조성 관리사업 | 129 | 8가지 주요 기능 모두 포함 | |
| 금강수계 관리기금 | 4대강 유역관리 | 환경기초시설 | 환경기초 시설 설치 | 363 | 수질 개선 (하수) | • 재이용, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | 기타 수질 개선 지원 | 비점오염 저감사업 | 44 | 수질 개선 (비점오염) | • 물순환, 홍수/침수 저감, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | | 생태하천 복원사업 | 17 | 수생태계 건강성 | • 홍수/침수 저감, 물순환, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | 토지매수 및 수변구역관리 | 수변녹지조성 관리사업 | 97 | 8가지 주요 기능 모두 포함 | |
| 영산강·섬진강 수계관리 기금 | 4대강 유역관리 | 환경기초시설 | 환경기초시설 설치 | 16.9 | 수질 개선 (하수) | • 재이용, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | 기타 수질 개선 지원 | 생태하천 복원사업 | 21 | 수생태계 건강성 | • 홍수/침수 저감, 물순환, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | | 비점오염 저감사업 | 22 | 수질 개선 (비점오염) | • 물순환, 홍수/침수 저감, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | 토지매수 및 수변구역관리 | 수변녹지조성 관리사업 | 158 | 8가지 주요 기능 모두 포함 | |

- 환경부[수계기금: 취약성] 분석

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 2023년 예산 (억 원) | 극한기후 적응성 | 탄소중립 기능성 | 주민인식 (친환경성) | 주민참여 환경관리 기능 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 한강수계 관리기금 | 4대강 유역관리 | 환경기초시설 | 환경기초 시설 설치 | 759 | ◎ | ◎ | ◎ | |
| | | 기타 수질 개선 지원 | 생태하천 복원사업 | 106 | ○ | ◎ | | |
| | | | 비점오염 저감사업 | 1,380 | | | | ○ |
| | | 토지매수 및 수변구역관리 | 수변녹지조성 관리사업 | 176 | | | | |
| 낙동강수계 관리기금 | 4대강 유역관리 | 환경기초시설 | 환경기초 시설 설치 | 628 | ◎ | ◎ | ◎ | |
| | | 기타 수질 개선 지원 | 비점오염 저감사업 | 46 | | | | ○ |
| | | 토지매수 및 수변구역관리 | 수변녹지조성 관리사업 | 129 | | | | |
| 금강수계 관리기금 | 4대강 유역관리 | 환경기초시설 | 환경기초 시설 설치 | 363 | ◎ | ◎ | ◎ | |
| | | 기타 수질 개선 지원 | 비점오염 저감사업 | 44 | | | | ○ |
| | | | 생태하천 복원사업 | 17 | ○ | ◎ | | |
| | | 토지매수 및 수변구역관리 | 수변녹지조성 관리사업 | 97 | | | | |
| 영산강·섬진강 수계관리 기금 | 4대강 유역관리 | 환경기초시설 | 환경기초시설 설치 | 16.9 | ◎ | ◎ | ◎ | |
| | | 기타 수질 개선 지원 | 생태하천 복원사업 | 21 | ○ | ◎ | | |
| | | | 비점오염 저감사업 | 22 | | | | ○ |
| | | 토지매수 및 수변구역관리 | 수변녹지조성 관리사업 | 158 | | | | |

※ ◎: 관련성 매우 높음, ○: 관련성 높음

❍ 행정안전부 및 농림축산식품부[균특 및 환특회계: 물관리 사업]의 통합물관리 기반 평가

- 행정안전부 및 농림축산식품부 물관리 사업[기능성] 분석

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 2023년 예산 (억 원) | 주기능 | 통합물관리 기반 필요 기능 |
|---|---|---|---|---|---|
| 행정안전부 | 국가균형발전 특별회계 | 재해위험지구 정비 | 4,349 | 홍수/침수 저감, 물순환, 기후변화 적응 | • 수질 개선, 수생태계 건강성, 주민친화도 |
| | | 풍수해 생활권 종합정비 | 1,418 | | |
| 농림축산 식품부 | 일반회계 | 수리시설 유지관리 | 1,609 | 수질 개선 | • 수생태계 건강성, 주민 친화도 |
| | 농어촌구조 개선특별회계 | 가뭄 대비 용수개발 | 118 | 물순환 | • 수질 개선, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | 농업용수 수질 개선 | 306 | 수질 개선 | • 수생태계 건강성, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | 수리시설 개보수 | 6,518 | 수질 개선 | • 수생태계 건강성, 주민 친화도 |
| | | 다목적 농촌용수 개발 | 2,449 | 물순환 | • 수질 개선, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | | 배수 개선(지자체) | 4,124 | 물순환 | • 수질 개선, 기후변화 적응, 주민친화도 |
| | 국가균형발전 특별회계 | 일반 농산어촌개발(농촌) | 5,031 | 홍수/침수 저감, 물순환, 기후변화 적응 | • 수질 개선, 수생태계 건강성, 주민친화도 |
| | | 일반 농산어촌개발(어촌) | 448 | | |

- 행정안전부 및 농림축산식품부의 물관리 사업[취약성] 분석

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 2023년 예산 (억 원) | 극한기후 적응성 | 탄소중립 기능성 | 주민인식 (친환경성) | 주민참여 환경관리 기능 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 행정안전부 | 국가균형발전 특별회계 | 재해위험지구 정비 | 4,349 | | ◎ | ○ | ◎ |
| | | 풍수해 생활권 종합정비 | 1,418 | | ◎ | ○ | ◎ |
| 농림축산 식품부 | 일반회계 | 수리시설 유지관리 | 1,609 | ○ | ○ | ○ | ◎ |
| | 농어촌구조 개선특별회계 | 가뭄 대비 용수개발 | 118 | ◎ | | | |
| | | 농업용수 수질 개선 | 306 | ◎ | ◎ | ○ | ◎ |
| | | 수리시설 개보수 | 6,518 | ○ | ○ | ○ | ◎ |
| | | 다목적 농촌용수 개발 | 2,449 | ◎ | ◎ | ○ | ◎ |
| | | 배수 개선(지자체) | 4,124 | ◎ | ◎ | ○ | ◎ |
| | 국가균형발전 특별회계 | 일반 농산어촌개발(농촌) | 5,031 | | ◎ | ○ | ◎ |
| | | 일반 농산어촌개발(어촌) | 448 | | ◎ | ○ | ◎ |

※ ◎: 관련성 매우 높음, ○: 관련성 높음

## 5.2 자연기반해법 활용 통합물관리 사업 우선순위 선정

❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리 사업의 우선순위는 통합물관리 기반 기능성과 취약성을 평가하여 선정함

❍ 환경부[일반회계: 수자원 부문]의 우선순위 선정

- 국가하천 정비사업: 기존 기능 + 자연기반해법 활용의 부가 기능(수질 개선, 수생태계 건강성, 생물다양성, 주민친화도, 탄소중립 등) 포함하고 유역과 연계하는 정비사업을 추진하여야 함
- 국가하천 유지보수사업: 기존 기능 + 자연기반해법 활용의 부가 기능(수질 개선, 수생태계 건강성, 기후변화 적응, 생물다양성, 탄소중립, 주민친화도, 주민참여 환경관리 등) 포함

❍ 환경부[농특회계 및 균특회계: 물환경 부문]의 우선순위 선정

- 면 단위 하수처리장 설치사업(농특회계): 기존 기능 + 자연기반해법 활용의 부가 기능(재이용, 기후변화 적응, 주민친화도, 주민참여 환경관리, 탄소중립 등)을 포함하여 개선
- 하수관로 정비(균특회계): 기존 기능 + 자연기반해법을 활용한 저영향개발기법 활용의 부가 기능(물순환, 홍수/침수 저감, 기후변화 적응 등)을 포함하여 개선

❍ 환경부[환특회계: 물환경 부문]의 우선순위 선정: 13개 사업 중 4개 우선순위 선정

- 지방사무 이관 하천정비 사업(균특회계): 기존 기능 + 자연기반해법 활용의 부가 기능(홍수/침수 저감, 물순환, 기후변화 적응, 주민친화도, 탄소중립, 주민참여 환경관리 등)을 포함하고 유역을 연계하여 추진하여야 함
- 비점오염 저감사업: 기존 기능 + 자연기반해법 활용의 부가 기능(물순환, 홍수/침수 저감, 기후변화 적응, 주민친화도, 탄소중립 등)을 포함하여 개선
- 도시 물순환 개선 사업: 기존 기능 + 자연기반해법 활용의 부가 기능(물순환, 홍수/침수 저감, 기후변화 적응, 주민친화도, 탄소중립 등)을 포함하여 개선
- 하수처리장 설치사업: 기존 기능 + 자연기반해법 활용의 부가 기능(재이용, 기후변화 적응, 주민친화도, 극한기후 적응, 탄소중립, 주민친화도 등)을 포함하여 개선

❍ 환경부[수계관리기금: 물환경 부문]의 우선순위 선정

- 비점오염 저감사업 〉 환경기초시설 설치사업 〉 수변녹지조성 관리사업 〉 생태하천 복원사업

❍ 행정안전부 및 농림축산식품부[물관리사업]의 우선순위 선정: 10개 사업 중 3개 우선순위 선정

- 재해위험지구 정비(행정안전부: 균특회계): 기존 기능 + 자연기반해법 활용의 부가 기능(수질 개선, 수생태계 건강성, 주민친화도, 탄소중립, 주민참여 환경관리 등) 포함하여 개선
- 농업용수 수질 개선사업(농림축산식품부: 농특회계): 기존 기능 + 자연기반해법 활용의 부가 기능(수생태계 건강성, 기후변화 적응, 주민친화도, 탄소중립, 탄소중립, 주민참여 환경관리 등) 포함하여 개선
- 배수개선사업(농림축산식품부: 농특회계): 기존 기능 + 자연기반해법 활용의 부가 기능(수질 개선, 기후변화 적응, 주민친화도, 탄소중립, 탄소중립, 주민참여 환경관리 등) 포함하여 개선

# 제4장

# 자연기반해법 정책 방향 및 법·제도 개선 방안

제4장

# 자연기반해법 정책 방향 및 법·제도 개선 방안

## 1 국가물관리기본계획 및 대책과 연계한 평가 방안

### 1.1 자연기반해법 활용을 위한 국가계획 및 대책 검토

#### (1) 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030)

❍ 지속가능한 통합물관리는 물관리기본법에 근거한 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030)에서 중요한 전략에 해당하며 자연기반해법 활용을 통하여 혁신정책 및 6대 분야의 주요 추진과제를 달성할 수 있음

- 자연기반해법은 다양한 생태계서비스(지원, 공급, 조절, 문화 기능) 기능을 가지며 물관리기본계획의 3대 혁신정책(물순환, 미래세대 물 이용, 기후위기시대 물안전)은 자연기반해법의 생태계서비스 기능을 통해 달성할 수 있음
- 물관리기본계획의 6대 분야는 물환경, 물 이용, 물재해, 미래 인력양성, 물 기반시설 관리 효율화, 물산업 육성 등을 포함하고 있으며 자연기반해법의 생태계서비스 기능을 통해 달성할 수 있음
- 특히 유역과 하천의 오염원관리에 해당하는 물환경의 지속가능성 제고 분야와 홍수와 가뭄으로부터 안전한 사회를 구축하는 물재해 안전 체계 구축은 자연기반해법을 활용한 주요 추진전략에 해당

〈자연기반해법 개념〉

자연기반해법(Nature-based Solution, NBS)은 자연의 기능과 공정을 모방한 생태적 설계기법으로 하나의 시설이 수자원확보, 오염물질저감, 홍수방어, 생태복원 등 수량-수질-수생태의 다기능·다혜택 서비스 제공

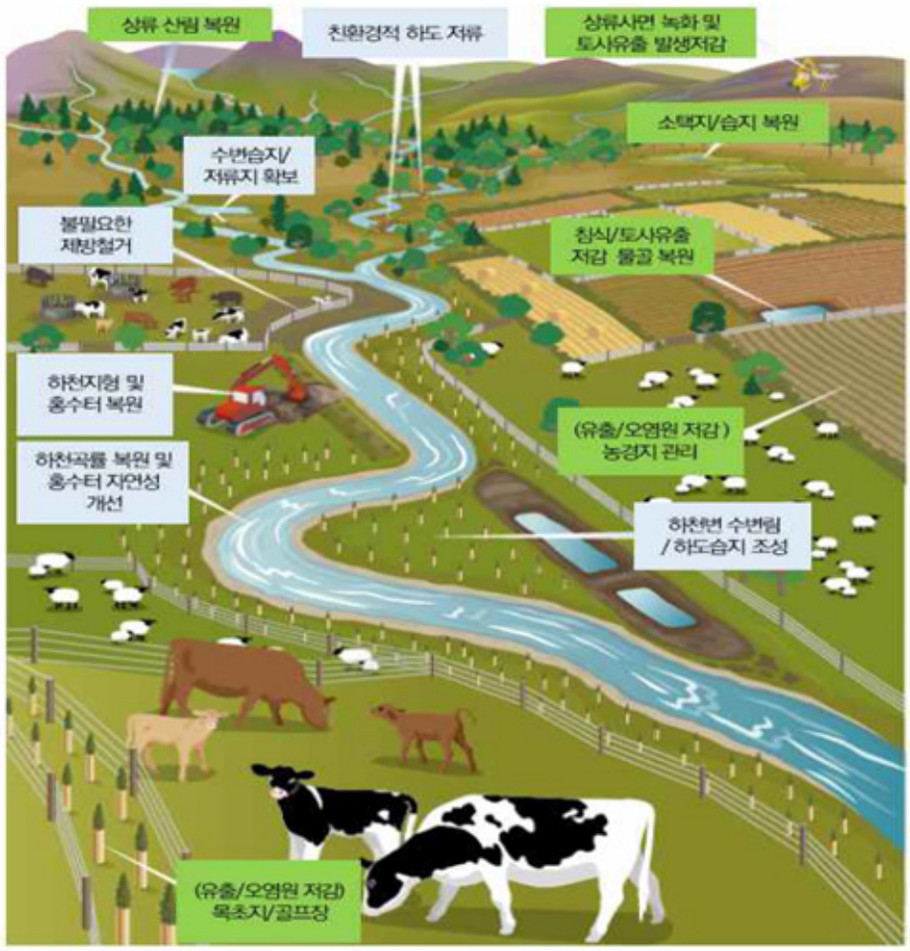



**그림 4.1 자연기반해법의 개념(제1차 국가물관리기본계획)**

❍ 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030)에서도 분야별 전략과 추진 과제 달성을 위하여 자연기반해법을 주요 도구로 제안

- 물관리기본계획에서는 자연기반해법은 "자연의 기능과 공정을 모방한 생태적 설계기법으로 하나의 시설이 수자원 확보, 오염물질 저감, 홍수 방어, 생태 복원 등 수량·수질·수생태의 다기능·다혜택 서비스 제공"으로 명시
- 우리 강의 나아가야 할 방향성을 제시하고 있는 환경부의 [우리 강 자연성 회복 구상(2020)]에서도 자연기반해법을 "수문학과 생태 간의 상호 작용에 초점을 맞춘 통합과학인 Eco-hydrology를 이용하며, 인프라 설계에 생태계 원리(물질순환, 에너지 흐름)와 생태계 구성요소(식물, 토양, 물, 동물 등)를 연계하는 생태적 설계기법"으로 명시
- 즉, 자연기반해법은 자연의 기작과 원리를 최대한 활용함으로써 수질, 수량 및 수생태계를 포함하여 통합물관리(물환경, 물 이용, 물재해, 거버넌스, 물산업 등)를 가능하게 하는 수단임

**표 4.1 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030)의 주요 내용**

| 구분 | | 내용 | 자연기반해법 연계성 |
|---|---|---|---|
| 비전 | | 자연과 인간이 함께 누리는 생명의 물 | • 자연과 인간이 누리는 물은 자연기반해법을 물관리에 연계함으로써 생태계서비스 기능을 통한 생명의 물 창출 |
| 목표 | | 건전한 물순환 달성 | • 자연기반해법의 물순환 기능을 통하여 목표 달성 |
| 3대 기본목표 | | • 유역 공동체의 건강성 증진<br>• 미래 세대의 물이용 보장<br>• 기후위기에 강한 물안전 사회 구축 | • 자연기반해법은 생태계서비스 기능(조절, 문화, 공급, 지원)을 통하여 공동체의 건강성, 미래세대 물이용 및 기후위기 물안전사회 구축 가능 |
| 통합물관리 3대 혁신정책 | 혁신1. 물순환 전과정의 통합물관리 | • 물순환 전과정의 통합·연계 체계 구축<br>• 통합물관리를 위한 법령·제도·조직정비 등 정비 | • 자연기반해법은 물순환에 기반을 두고 있기에 자연기반해법 적용을 통해 통합물관리 수행 |
| | 혁신2. 참여·협력 및 소통 기반의 유역물관리 | • 유역공동체의 참여·협력·소통 기반강화<br>• 물갈등 및 물분쟁 조정·해소 체계 구축 | • 자연기반해법은 물확보 기능을 가지고 있고 주민참여 물관리를 가능하게 함 |
| | 혁신3. 기후위기 시대 국민안전 물관리 | • 물분야 탄소중립 이행으로 기후위기 적극 대응<br>• 신기술 개발·활용 및 기반시설 관리강화 등으로 국민 안전 확보 | • 물 분야에 자연기반해법 연계는 탄소 흡수원 확보, 자연기반해법 산업 등 구축 가능 |

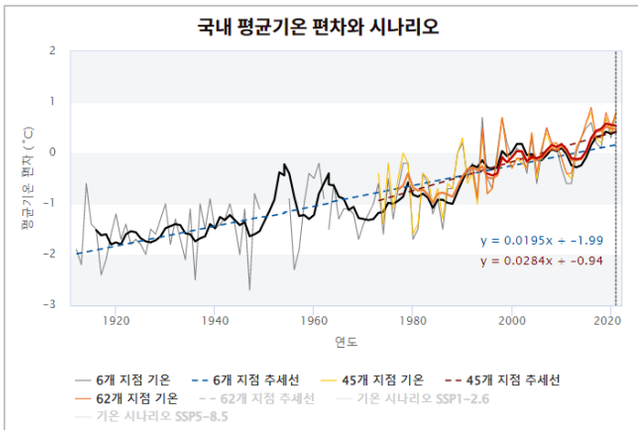
**표 4.2 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030)의 주요 내용 및 자연기반해법 연계성**

| 구분 | | 내용 | 자연기반해법 연계성 |
|---|---|---|---|
| 6대 분야별 추진전략 | 전략1.<br>물환경의 적정성 및 지속가능성 제고 | • 오염원관리 강화를 통한 목표수질 달성<br>• 안전하고 깨끗한 상수원 확보 및 지하수 보전 관리<br>• 하천유역의 지속가능성 및 수생태계 건강성 확보<br>• 수변공간 관리체계의 정비 및 강문화 활성화<br>• 물환경관리 기준 및 관리체계 개선 | • 자연기반해법의 조절 기능 중에서 수질 정화기능은 유역과 하천의 오염원 관리를 가능하게 하여 물환경을 개선함 |
| | 전략2.<br>지속가능한 물이용 체계 확립 | • 미래 물부족 대비를 위한 수요관리 강화기반 조성<br>• 공급시설 효율화 및 수원다변화를 통한 수자원 확보<br>• 서로 배려하는 합리적 물배분 기반 마련<br>• 국민이 믿고 마시는 수돗물 공급<br>• 물복지 사각지대에 있는 취약지역의 물 기본권 보장 | • 자연기반해법의 공급 기능은 수자원 확보, 지속가능한 물 이용, 수원 다변화를 유도할 수 있게 함 |
| | 전략3.<br>물재해 안전체계 구축 | • 가뭄관리체계 선진화 및 극한가뭄 대응체계 구축<br>• 기반시설 홍수안전 강화 및 예방 투자 확대<br>• 기후변화에 따른 극한 홍수 대응체계 구축<br>• 홍수 예보체계 고도화<br>• 도시침수 관리체계 강화 | • 자연기반해법의 조절 기능 중에서 물순환 기능은 가뭄, 홍수, 침수 대응 능력을 향상 |
| | 전략4.<br>미래 인력양성 및 물정보 선진화 | • 물관리 전문인력 양성 및 일자리 창출<br>• 물관련 조사·분석·정보화 관리체계 지능화<br>• 세계 최고 수준의 물관리 기술 확보 | • 자연기반해법의 문화 기능은 자연기반해법 기반 물 관련 인력을 양성 |
| | 전략5.<br>물 기반시설 관리 효율화 | • 재해예방 위한 선제적 유지관리 체계 마련<br>• 생활안전 관리수준 상향<br>• 스마트 기술을 통한 유지관리 성능 고도화 | • 자연기반해법의 지원기능 및 문화 기능은 주민참여 물관리 기능 강화 |
| | 전략6.<br>물산업 육성 및 국제협력 활성화 | • 물관련 글로벌 선도국가 도약을 통한 국제 위상 제고<br>• 물산업 육성 생태계 조성 및 활력 제고<br>• 국내기업 해외진출 활성화<br>• 남북 공유하천관리 및 북한 수자원 조사·분석체계 구축 | • 자연기반해법의 문화 기능은 자연기반해법 기반 물산업을 육성 |

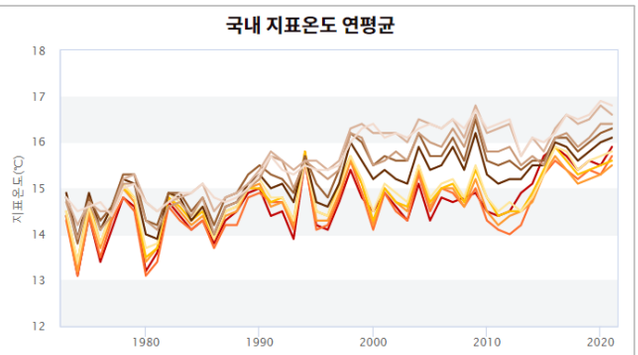
### (2) 제3차 국가 기후변화 적응 대책(2021~2025)

❍ 자연적 원인이든 인위적 원인이든 기후변화는 발생하고 있으며, 기후변화는 도시, 농촌 및 산림지역 이르기까지 나타나고 있고 극한기후 발생빈도는 증가함

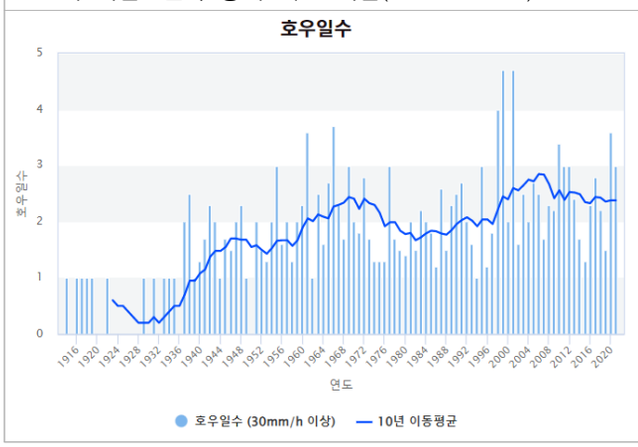
- 1910년 이후 국내 평균기온 및 1970년 이후 연평균 지표 온도는 전국적으로 증가하는 추세를 보여 기후변화가 대기와 토양에 영향에 미침
- 1910년 이후 강수량과 호우일수는 전국적으로 증가하는 추세를 보이나 1975년 이후 계측된 연평균 상대습도는 감소하는 추세를 보여 극한기후로 인한 가뭄과 홍수빈도는 증가하는 것으로 평가됨




주)
- 연평균 기온 편차: 연평균 기온과 평년(1991~2020년 평균)값의 차이
- 평년값: (6개 지점) 13.7℃, (45개 지점) 12.8℃, (62개 지점) 12.5℃
- 6개 지점: 서울, 인천, 강릉, 대구, 부산, 목포(1912~2021)
- 45개 지점: 전국 통계 대표 지점(1973~2021)
- 62개 지점: 전국 통계 대표 지점(1991~2021)




주)
- 지면 온도: 맨땅 또는 짧은 잔디 밑 온도
- 지중 온도: 토양 깊이별 지중 온도(0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1, 1.5, 3, 5m)
- 지표~0.3m 관측 지점: 춘천, 강릉, 서울, 인천, 수원, 서산, 대전, 부산, 여수, 제주
- 0.5~5m 관측 지점: 춘천, 강릉, 서울, 인천, 대전, 부산, 여수, 제주



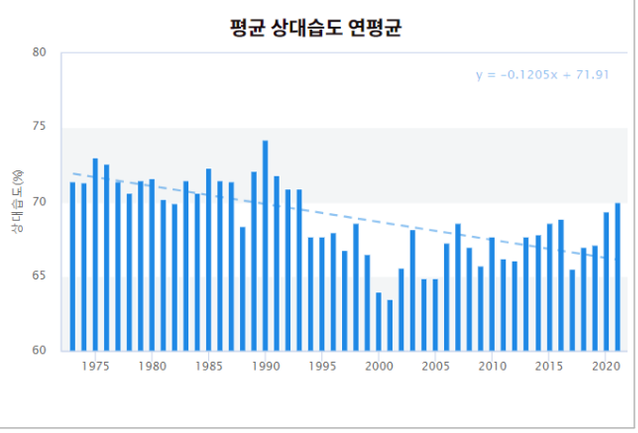




**그림 4.2 기온, 지온, 강수량 및 습도 장기 변화**
**(기상청, 기후정보포털 종합 기후변화 감시정보 (http://climate.go.kr/home/09_monitoring/))**

○ 기후변화, 극한기후 및 물순환 왜곡은 자연재해의 피해를 증가시키기 때문에 물 관련 인프라 구축 시 기후변화를 고려하는 대안적 물인프라 조성 방안 마련이 필요함

- 지속적 단일 기능 인프라 구축은 또 다른 환경 문제를 유발하기에 물순환 기반의 통합물관리가 필요함
- 행정안전부의 재해연보(2021)에 따르면 우리나라 자연재해 피해액 규모는 전남 〉 경북 〉 경남 〉 강원 〉 충남 순이며 전국적으로 피해가 발생함
- 세계경제포럼에서는 기후대응 실패, 극한기후, 생물다양성 훼손, 인간의 자연 훼손 등은 향후 세계적 위기를 초래할 것으로 예상하면서 사회 전반에 걸친 물순환 기반 통합물관리의 필요성이 제기됨

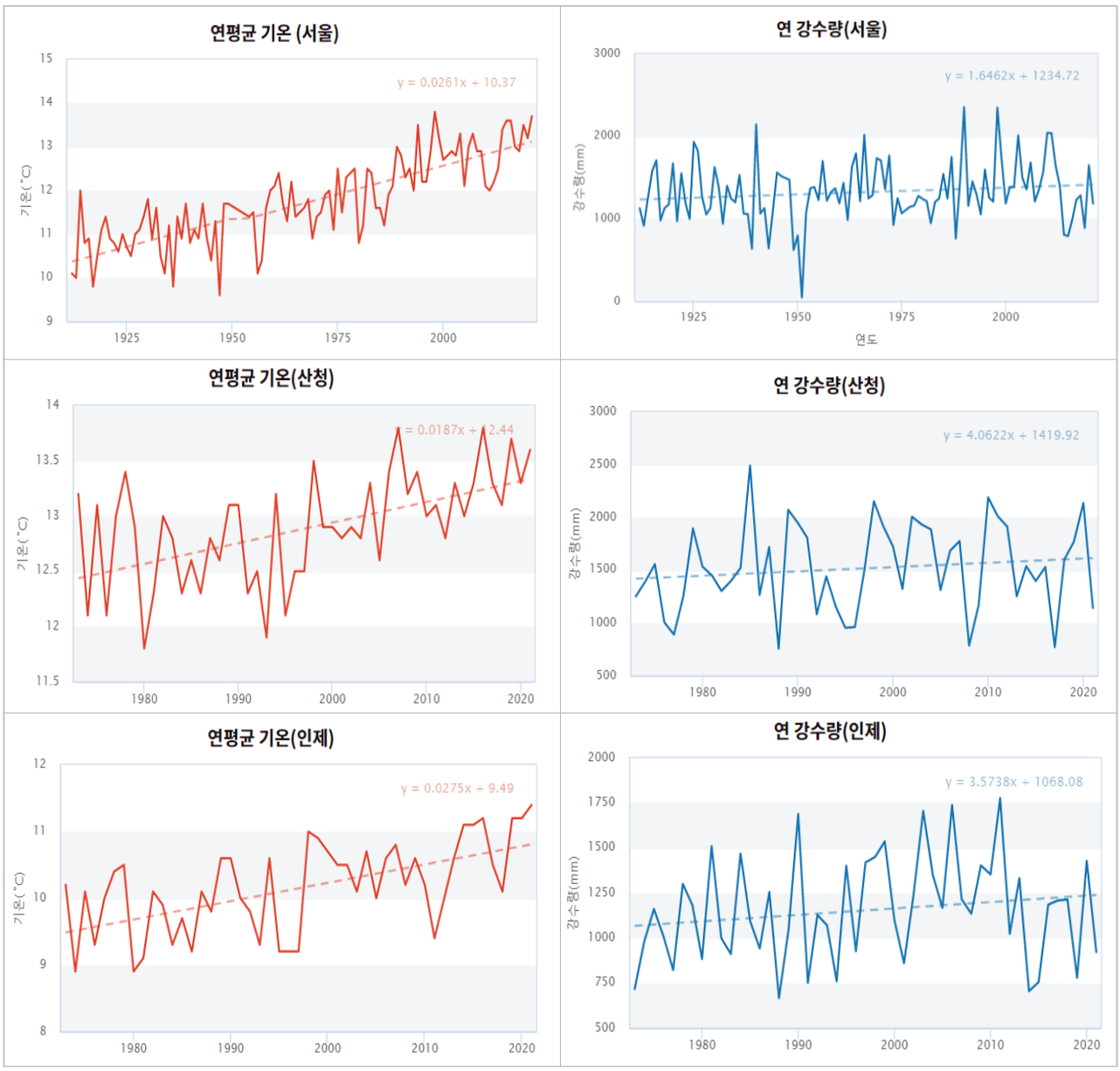
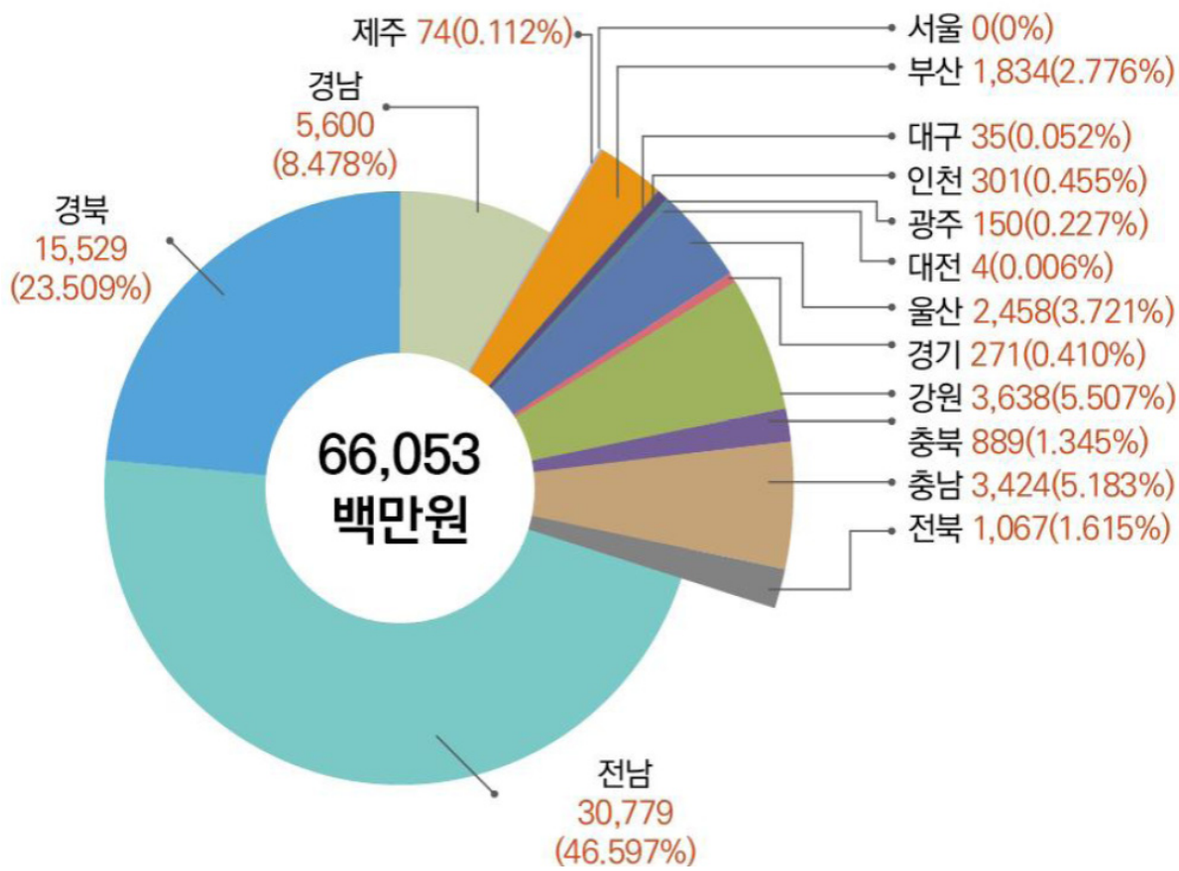



**그림 4.3 서울, 산청 및 인제군의 연평균 기온 및 강수량 변화**
**(기상청, 기후정보포털 종합 기후변화 감시정보 (http://climate.go.kr/home/09_monitoring/))**




〈지역별 자연재해 비용〉

〈원인별 자연재해 종류 및 비용(단위: 백만 원)〉

| 구분 | 합계 | 호우 | 대설 | 강풍 | 태풍 | 우박 | 낙뢰 | 한파 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 피해액 | 66,053 | 40,646 | 3,527 | 445 | 21,086 | 16 | 52 | 280 |
| 비율(%) | 100% | 61.546% | 5.339% | 0.674% | 31.923% | 0.024% | 0.078% | 0.423% |

**그림 4.4 지역별 및 원인별 자연재해 비용(행정안전부, 2021 재해연보: 자연재해)**

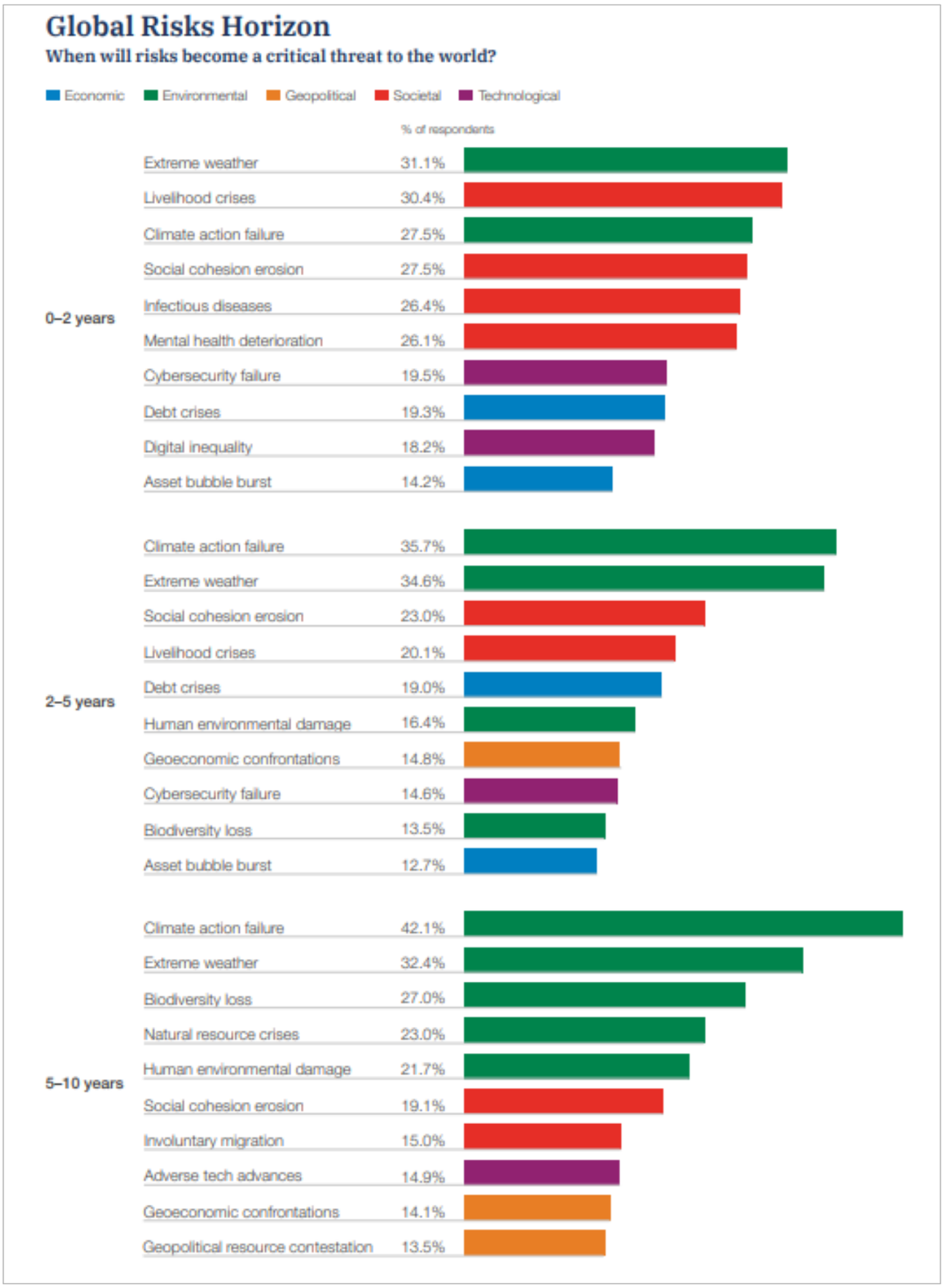



그림 4.5 단기, 중기 및 장기 수준의 글로벌 위기
(World Economic Forum, 2022, The Global Risks Report 2022, 17thedition)

❍ 관계부처 합동으로 수립한 [제3차 국가 기후변화 적응 대책(2021~2025)]은 기후변화로 발생할 수 있는 위기를 극복하고 국민이 안심하고 살 수 있는 국가를 구현하기 위하여 수립

- 국내 분야별 기후리스크는 기후변화로 발생하는 극한기후에 대한 대응능력 향상과 평균치 변화에 대한 적응능력을 포함
- 정부의 기후변화 적응대책에서는 기후변화가 가장 크게 영향을 끼치는 중요한 항목을 물관리로 인정하고 있으며 다음으로 국토 연안, 산업과 에너지 및 생태계 영향을 주목

❍ 기후변화로 인한 기후리스크는 극한기후(폭우, 가뭄, 폭염, 한파, 폭설 등)의 발생빈도를 증가시키면서 물관리(물 이용, 물안전 및 물재해 등), 국토 연안 및 생태계 전 분야와 관련되면서 통합물관리에 영향

- 기후변화 및 극한기후로 인한 물관리 분야에 미치는 영향은 지하수 함양 감소, 홍수, 가뭄, 수질오염, 하천건천화, 도심 침수, 물관리 인프라 안전 취약성 등을 유발
- 국토 연안에 미치는 영향은 저지대 침수, 비탈면 붕괴, 사회 인프라 파손, 연안갯벌 침식, 도시 침수, 배수시설 기능 저하, 포장도로 조기 파손 등을 유발
- 생태계 분야에 미치는 영향은 식물 변화, 생물서식지 변화, 생태계 변화, 외래종 증가, 토양미생물 변화, 보호조 영향, 산림의 탄소흡수량 감소, 육상 및 해양생태계 영향 등 다양한 영향을 미침

**표 4.3 제3차 국가기후변화 적응 대책(2021~2025)의 주요 내용 및 자연기반해법 연계성**

| 구분 | | 내용 | 자연기반해법 연계성 |
|---|---|---|---|
| 비전 | | • 국민과 함께하는 기후안심국가 구현 | • 자연기반해법의 조절 기능을 통해 기후변화에 대응하여 안심할 수 있는 국가 구현에 기여 |
| 목표 | | • 2℃ 지구 온도 상승에도 대비하는 사회 전 부문의 기후탄력성 제고<br>• 기후 감시 및 예측 인프라 구축으로 과학기반 적응 추진<br>• 모든 적응 이행 주체가 적응 주류화 실현 | • 자연기반해법은 물질순환과 에너지 흐름을 구축하면서 개발을 가능하게 하기에 지구 온도 상승에 대한 기후탄력성을 향상 |
| 3대 정책 | ① 기후리스크 적응력 제고 | • 미래 기후위험을 고려한 물관리<br>• 생태계 건강성 유지<br>• 전 국토의 적응력 제고<br>• 지속가능한 농수산 환경 구축<br>• 건강피해 사전예방 체계 마련<br>• 산업 및 에너지 분야 적응역량 강화 | • 자연기반해법의 생태계서비스 기능(공급, 지원, 조절, 문화 기능)을 통해 물순환에 기반한 물관리를 가능하게 하여 수질, 수생태계 건강성, 탄소중립 등 기능 강화 |
| | ② 감시·예측 및 평가 강화 | • 종합감시체계 구축<br>• 시나리오 생산 및 예측 고도화<br>• 평가도구 및 정보제공 강화 | • 물관리에 자연기반해법과 ICT 연계는 과학기반 예측 및 관리체계 구축 가능 |
| | ③ 적응 주류화 실현 | • 기후적응 추진체계 강화<br>• 기후탄력성 제고 기반 마련<br>• 기후적응 협력체계 구축 및 인식제고 | • 물 분야에 자연기반해법 연계는 극한기후에 대한 기후탄력성 제고 기반 강화 및 주민참여 환경관리 가능 |

❍ 기후변화 및 극한기후 발생으로 인한 기후리스크 영향을 저감하고 적응력을 높이기 위해서는 미래 기후위험을 고려한 자연기반해법 활용 통합물관리(홍수, 가뭄, 물환경 등)를 추진해야 함

- 국토의 적응력을 높이기 위해서는 재해 예방 도시계획, 그린도시, 자연기반해법을 활용한 기후위기 대응, 사회기반시설 기후위험 관리 등 정책이 중요함
- 즉, 기후변화 및 극한기후는 물관리, 국토 연안, 생태계 등 전반에 영향을 끼치기에 자연기반해법을 활용한 물순환과 연계한 통합물관리가 필요함

❍ 제3차 국가기후변화 적응 대책의 자연기반해법을 활용한 기후리스크 적응력 제고는 미래 기후위험을 고려한 물관리, 생태계 건강성 유지, 전 국토의 적응력 제고 등에 반영할 수 있음

- 미래 기후위험을 고려한 물관리에서는 자연기반해법의 조절 기능을 활용하여 홍수관리, 가뭄 대응력 제고, 건전한 물환경 관리 등을 추진하여 통합물관리 체계를 마련하고 기능을 증진함
- 생태계 건강성을 유지하기 위한 자연기반해법의 활용은 자연의 기작과 공정을 활용하여 물순환에 기반한 생태계 보전 및 복원능력을 향상하고 극한기후 및 이상기후에 의한 생태재난을 관리할 수 있음
- 전 국토의 적응력 제고 분야의 자연기반해법 활용은 자연적 기작을 활용하여 국토 및 연안 지역의 기후재해 기능을 향상시키고 물순환에 기반한 유역통합물관리를 가능하게 하여 기후위기 대응, 블루카본 및 그린카본 확보, 저영향개발기법, 그린인프라 구축 등을 가능하게 함

**표 4.4 국내 분야별 기후리스크 목록(관계부처 합동, 제3차 국가기후변화 적응 대책(2021~2025))**

| 분야 | 목록 |
|---|---|
| 물관리 | • 폭우로 하천 및 유역의 홍수 피해 증가<br>• 가뭄으로 인한 물 공급(생활/공업/농업용수, 하천유지용수) 능력 저하<br>• 폭우로 인한 하천/호소로의 오염물질 유입 증가<br>• 기온 상승 및 가뭄으로 인한 지하수 함양량 감소<br>• 폭우로 인한 댐과 하천의 기반시설 안정성 저하<br>• 해수면 상승으로 인한 하구 및 연안 물관리 취약성 증가<br>• 가뭄으로 인한 하천의 건천화 심화<br>• 강우량 변동 폭 증가로 댐/저수지 관리 취약성 증가<br>• 기온 상승 및 가뭄으로 인한 하천/호소 수질 악화<br>• 폭염에 의한 수생생물 열 스트레스 증가 |
| 국토·연안 | • 폭우로 인한 저지대 침수 위험 증가<br>• 폭염으로 인한 철도 레일 변형 및 탈선 위험 증가<br>• 폭우로 인한 주거지역 비탈면 붕괴 위험성 확대<br>• 기상 현상(강풍, 폭우, 폭설)로 인한 항만 시설, 공항 시설물의 파손 및 운영 정지<br>• 폭우, 해일, 파랑, 해수면 상승으로 연안 지역 침수 범람 위험 증가<br>• 이상 기상 현상(폭우, 강풍, 폭설, 폭염)으로 인한 전기/통신시설 피해 증가<br>• 파랑 및 해수면 상승으로 인한 백사장, 사구, 연안, 갯벌, 수림지의 침식<br>• 강우 패턴 변화로 인한 배수시설의 기능 저하<br>• 폭우로 인한 도시 침수 피해 증가<br>• 폭설, 강풍으로 인한 노후 불량 건축물 파손 증가<br>• 폭우, 폭설로 인한 육상교통 운행 중단 및 사고 증가<br>• 폭염으로 인한 주거지역 열 스트레스 증가<br>• 기온변동성 증가로 인한 포장도로 조기파손 현상 증가<br>• 해일, 강풍, 파랑, 해수면 상승으로 인한 연안 시설물 피해 증가 |

| 분야 | 목록 |
|---|---|
| 산업·<br>에너지 | • 폭염, 한파, 폭우로 인한 제조업 생산성 감소 강풍 및 태풍 시 태양광발전 설비 손상<br>• 강풍으로 인한 생산시설 피해<br>• 기온 상승, 강우량 증가, 바람 패턴 변화로 인한 풍력 발전 변동성 심화 및 풍력자원 유효지의 이동<br>• 극한 기상 현상으로 인한 건설업 피해 증가<br>• 해일 및 해수면 상승으로 인한 발전소 안정성 약화<br>• 기온 상승, 폭염, 폭우, 강풍으로 인한 송전/변전<br>• 효율 저하 및 시설 손상<br>• 매출 감소 폭염 및 한파로 인한 냉난방 에너지 사용 증가<br>• 기후변화로 인한 소비자의 소비패턴 변화<br>• 폭염 및 한파로 인한 전력 수요 증가와 정전 위험 |
| 생태계 | • 기온 상승 및 강수량 증가로 인한 식물(종, 군락, 식물계절, 분포) 변화<br>• 기온 상승으로 인한 산림 생물 서식지의 변화<br>• 기온 상승 및 강수량 변동으로 인한 아고산대(종, 생육, 분포) 변화 극한기상에 의한 생태계 변화<br>• 기후변화에 의한 외래종(육상동물, 육상식물, 해양 외래, 해적 생물 등) 증가 및 질병 증가<br>• 기온 상승 및 강수 변동, 가뭄으로 인한 토양 미생물 변화<br>• 기후변화에 의한 멸종위기종 및 희귀/보호종 감소<br>• 폭우 및 가뭄으로 인한 산림 계류수의 변화<br>• 이상기후로 인한 생물 종 및 개체수 증가<br>• 기온 상승 및 해수면 상승으로 인한 도서 생태계 변화<br>• 가뭄 및 기온 상승으로 인한 산림의 탄소 흡수량 감소<br>• 기후변화로 인한 습지 면적 감소, 육화 및 생물상 변화<br>• 기후변화로 인한 임산물 피해 강우 패턴 변화 및 해양 산성화로 인한 연안 및 하구역, 해양생태의 환경 변화 및 피해<br>• 파랑 및 해수면 상승으로 인한 백사장, 사구, 연안, 갯벌, 수림지의 침식<br>• 척추·무척추동물의 개체수 감소 및 서식지 축소<br>• 해수면 상승으로 인한 조간대 및 하구 생태계 변화<br>• 기온 상승 및 강수량 변화에 따른 담수생물(동물, 식물) 개체수 감소 및 서식지 축소<br>• 폭우 및 가뭄으로 인한 산림재해(산사태, 산불 등) 발생 증가 및 대형화 |

**표 4.5 제3차 국가기후변화 적응 대책의 자연기반해법 기반 기후리스크 적응력 제고 방안**

| 분야 | 추진과제 | 자연기반해법 연계 방안 |
|---|---|---|
| 미래 기후위험을 고려한 물관리 | • 기후변화에 대비한 지속가능한 홍수관리<br>• 가뭄대응력 제고 및 수자원 다변화로 물안보 강화<br>• 기후 위기에 대응하는 건전한 물환경 조성(도시 물순환 회복, 수질오염관리, 수생태계 건강성 증진, 수량-수질 통합물관리 체계 마련) | • 자연기반해법의 조절기능을 활용하여 홍수관리, 가뭄대응력 제고, 건전한 물환경 관리 등을 추진하여 통합물관리 체계 마련 및 기능 증진 |
| 생태계 건강성 유지 | • 국가 생태계 기후변화 모니터링 및 대응 기반 강화<br>• 생태계 보전 및 복원을 통한 생태계 건강성 유지<br>• 이상기후로 인한 생태계 위해·재난 관리 강화 | • 자연기반해법은 자연의 기작과 공정을 활용하여 물순환에 기반한 생태계 보전 및 복원능력을 향상하고 극한기후 및 이상기후에 의한 생태재난 관리 |
| 전 국토의 적응력 제고 | • 국토·연안 기후재해 대응 기반 강화<br>• 지역중심 기후탄력성 관리기반 확대 및 강화(스마트 그린도시, 재해예방형 도시계획, 지역단위 기후탄력성, 연안갯벌 보전 및 활용, 자연기반해법 활용 기후위기 대응, 연안지역 침수 및 침식 관리 등)<br>• 사회기반시설·건축물 적응력 제고(사회기반시설 기후변화 대응력 확보 등) | • 자연기반해법은 자연적 기작을 활용함으로써 국토 및 연안지역의 기후재해 기능을 향상시키고 물순환에 기반한 유역통합물관리를 가능하게 하여 기후위기 대응, 블루카본 및 그린카본 확보, 저영향개발기법, 그린인프라 구축 등을 가능 |

### (3) 제3차 강우유출 비점오염관리종합대책(2021~2025)

❍ 비점오염은 다양한 토지 이용(도시, 산업단지, 농축산 지역, 산림 지역 등)에서 강우 시 발생하는 오염물질에 의하여 수질오염 및 수생태계의 건강성 훼손

- 도시비점은 높은 불투수면적률로 인한 물순환 왜곡으로 발생하며 유기물질, 영양물질, 중금속, 각종 화학물질 등 다양한 물질이 배출
- 농축산 비점은 축산단지, 시설재배지 및 액비살포지와 같은 농업 지역에서 과잉양분이 유출되면서 지하수 오염, 지표수 오염 및 녹조 발생 등을 유발
- 산업단지 및 폐광 지역은 산업 활동으로 인하여 강우 시 중금속을 포함하여 미량화학물질 배출로 수질오염 유발

❍ 도시, 농축산, 산업단지, 산림지역 비점오염관리는 자연기반해법을 활용한 통합물관리 기반 관리가 중요하며, 자연기반해법 적용은 기후변화 대응능력 향상

- 비점오염원관리 분야의 자연기반해법 활용은 생태계서비스의 조절 기능을 활용하여 유역 통합물관리를 추진하게 함으로써 비점오염 배출 부하량 저감을 추진
- 자연기반해법의 조절 기능은 비점오염원관리에 저영향개발기법 보급, 물순환 구축, 노후산단 관리, 불투수면적률 고려한 하수도정비중점관리 지역 추진, 강우 시 저영향개발기법을 활용한 하수관리 등 가능
- 자연기반해법의 생태 조절 기능은 농축산비점오염원관리 시 토양양분관리, 최적관리기법 적용, 인공습지 조성 등 추진 가능
- 산림 분야의 자연기반해법 연계는 고랭지 경작지 관리, 토사 유출 저감, 폐광 지역 개선을 가능하게 하며 자연기반해법의 문화 기능은 주민 참여 비점오염원관리를 추진

**표 4.6 제3차 강우유출비점오염관리 종합대책(2021~2025)의 주요 내용 및 자연기반해법 연계성**

| 구분 | | 내용 | 자연기반해법 연계성 |
|---|---|---|---|
| 비전 | | • 수질 개선이 체감되는 비점오염원관리 | • 자연기반해법을 비점오염원관리에 활용함으로써 생태계서비스 기능을 통한 비점오염원관리를 추진 |
| 목표 | | • 비점오염 배출 부하량 T-P 5% 감축 | • 자연기반해법의 조절 기능을 활용하여 유역 통합물관리를 추진하여 비점오염배출부하량 저감 추진 |
| 중점관리 분야 | | • 기후변화 대응, 물순환 등 그린뉴딜 연계 및 통합물관리 원칙 반영<br>• 대책의 실효성 제고를 위한 협력강화 및 이행평가체계 구축 | • 자연기반해법의 생태계서비스 기능을 이용하여 기후변화 대응, 물순환을 이용한 통합물관리를 추진 |
| 분야별 대책 | 도시 | • 물순환목표제 정착을 위한 이행기반 마련<br>• 산업시설 비점오염원관리 강화<br>• 강우 시 하수관리 체계 구축 | • 자연기반해법의 조절 기능을 이용하여 저영향개발기법 보급, 물순환 구축, 노후산단 관리, 불투수면적률 고려한 하수도정비중점관리지역 추진, 강우 시 저영향개발기법 활용한 하수관리 등 추진 |

| 구분 | | 내용 | 자연기반해법 연계성 |
|---|---|---|---|
| | 농·축산 | • 양분관리제 도입 및 가축분뇨관리 선진화<br>• 농업 비점오염원 최적관리기법 적용 확대<br>• 유역 단위 맞춤형 비점오염원관리 강화 | • 자연기반해법의 생태조절 기능을 이용하여 토양양분관리, 최적관리기법 적용, 인공습지 조성 등 추진 |
| | 산림 | • 고랭지 경작지 흙탕물 관리 강화<br>• 산림복원사업의 비점오염원관리 강화<br>• 폐광지역 비점오염원관리 지속 추진 | • 산림 분야의 자연기반해법과의 연계는 고랭지 경작지 관리, 토사 유출 저감, 폐광지역 개선을 추진 |
| | 거버넌스 | • 이행력 있는 지역 거버넌스 구축<br>• 비점오염 관리제도의 실효성 제고<br>• 비점오염관리 고도화를 위한 연구개발 강화 | • 자연기반해법의 문화 기능을 활용하여 주민참여 비점오염원관리를 추진 |

## 1.2 자연기반해법 활용 통합물관리 연계를 위한 기본 원칙 및 평가 방안

### (1) 자연기반해법을 활용한 통합물관리와의 연계 기본 원칙

❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리를 위한 제도 개선을 위해서 자연기반해법의 생태계서비스 기능을 물관리 전 분야에 반영함으로써 통합물관리 이행에 기여할 수 있도록 6개 기본원칙을 설정

- 통합물관리 비전 달성, 상위계획과의 부합성, 물관리사업의 생태계서비스 기능 강화, 단위 물관리사업의 주기능과 부가기능 명시, 부가기능의 종류 구분, 단위사업 간 연계를 통한 통합물관리 실현 강화 등으로 구분

**표 4.7 자연기반해법 활용 통합물관리 연계 기본 원칙 설정**

| 내용 | 자연기반해법 연계성 |
|---|---|
| 통합물관리 비전 달성 | • 물관리사업은 사람과 자연을 고려하는 통합물관리 비전이 달성되도록 계획 |
| 상위계획과의 부합성 | • 물관리사업은 상위계획(제1차 국가물관리기본계획, 제1차 유역물관리종합계획, 제3차 비점오염원종합대책, 제3차 국가기후변화적응 대책 등)에 부합 필요 |
| 물관리사업의 생태계서비스 기능 강화 | • 물관리사업의 생태계서비스 기능(조절 기능, 문화 기능, 지원 기능 등)을 확대하기 위하여 가능한 자연기반해법과 연계되도록 계획 |
| 단위 물관리사업의 주기능과 부가기능 명시 | • 단위 물관리사업의 주기능과 부가기능 명시(단위 물관리사업의 자연기반해법을 활용한 통합물관리와의 연계는 단위사업의 주기능과 부가기능)로 통합물관리 기능이 구현되도록 계획 |
| 부가기능의 종류 | • 단위 물관리사업의 부가적 기능은 생태계서비스의 조절 기능(탄소 흡수원 확보, 홍수 조절, 수질 개선, 미세먼지 개선 등), 문화 기능(여가공간, 수변공간, 생태공간, 공원과 체육시설 연계 주민친화시설 등) 및 공급 기능(재이용, 수자원 확보 등)의 역할이 수행되도록 계획 |
| 단위사업 간 연계를 통한 통합물관리 실현 강화 | • 자연기반해법을 활용한 통합물관리는 유역관리 패러다임 달성을 목표로 가능한 단위사업 간 연계와 함께 자연기반해법을 적용하여 비용 효율적인 유역관리를 할 수 있도록 추진 |

### (2) 자연기반해법을 활용한 통합물관리와의 연계를 위한 평가 방안

❍ 물관리에서의 자연기반해법 활용은 생태계 기작(물순환을 포함하는 물질순환, 에너지 흐름)을 물관리에 적용함으로써 생태계서비스 기능의 통합물관리를 가능하게 함

- 지구생태계는 생명체(식물, 동물, 미생물 등)와 무생명체(환경)로 구성되어 있으며 물질순환(물순환 포함)과 에너지 흐름을 통해 유지
- 도시화로 인한 불투수면적률의 증가와 환경오염 등은 생태계의 기작에 영향을 주어 생태계의 지속가능성을 떨어뜨림
- 기후변화 및 극한기후도 물질순환과 에너지 흐름에 영향을 줌으로써 인간이 살고 있는 지구생태계의 지속가능성에 영향을 미침
- 지구의 지속가능성을 확보하기 위해서는 생태계에 영향을 덜 주는 생태친화기법, 즉 자연기반해법 기법을 적용해야 하며 이를 통하여 물질순환과 에너지 흐름을 정상화할 수 있음

❍ 현재 단일 기능으로 조성·관리되는 물관리 사업을 복합적인 생태계서비스 기능을 가진 통합물관리가 되도록 하기 위해서는 기존 물관리 사업의 평가, 자연기반해법의 적용 및 연계 방안을 검토하여야 함

- 자연기반해법을 활용한 통합물관리와의 연계 방안을 도출하기 위해서는 사업별 융합기능의 연계 필요성을 도출하고, 융합기능의 통합물관리 기능을 도출하며, 사업별로 연계할 수 있는 자연기반해법 기술 및 기법을 연계시킨 후 민간투자 가능성과 수익모델을 검토하여야 함
- 이러한 과정을 위하여 통합물관리 기반 물관리사업의 자연기반해법과의 연계를 위하여 4단계의 방안을 도출: ① 사업별 상위계획과의 연계성 검토, ② 사업별 통합물관리 강화 방안, ③ 통합물관리 기반 사업별 자연기반해법 연계 방안, ④ 민간투자 가능성 및 수익모델 검토

**그림 4.6 자연기반해법 활용 통합물관리와의 연계를 위한 평가 방안**

❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리와의 연계를 위한 평가 항목 및 평가 요소의 도출

- 1단계 상위계획과의 연계성 분석은 국가계획 및 대책과의 부합성 및 연계성을 가져야 하기에 평가 요소로 국가물관리기본계획, 3차 비점오염관리종합대책, 3차 기후변화적응 대책, 생물다양성 협약 등을 설정
- 2단계 통합물관리 강화 방안은 사업별 융합 기능의 통합물관리 기능을 가지도록 해야 하기에 평가 요소로 수질 개선, 물순환, 재이용, 홍수/침수 저감, 수생태계 건강성, 기후변화 적응, 생물다양성, 주민친화도 등 설정
- 3단계 통합물관리 기반 사업별 자연기반해법과의 연계 방안에는 연계할 수 있는 자연기반해법 기술과 기법 제시가 필요하기에 평가 요소로 완충녹지(수변생태벨트), 인공습지(천변 저류지 포함), 생태수로, 홍수터 복원, 제방 후퇴, 옥상녹화/그린월, 공원녹지, 저영향개발기법, 그린인프라 등을 설정
- 4단계 민간투자 가능성 및 수익모델 검토는 사업의 지속가능성에 대한 중요한 검토 항목에 해당하기에 기존 물관리 사업에서 크게 고려되지 못하였던 주민참여 환경관리, 공원녹지 창출, 생태관광 및 생태교육, 기업의 ESG 경영 연계 등을 평가 요소로 설정

**표 4.8 자연기반해법을 활용한 통합물관리를 위한 물관리 사업 평가 항목 및 평가 지표**

| 평가 항목 (배점) | 기능 (배점) | 평가지표(배점) | 측정방법 |
|---|---|---|---|
| 기능성 (70) | 주요 기능 (50) | • 수질 개선(10)<br>• 물순환(10)<br>• 재이용(10)<br>• 홍수/침수 저감(10)<br>• 수생태계 건강성(10) | • 주요 기능별 1(매우 낮음)~10점(매우 높음)으로 배점 |
| | 부가 기능 (20) | • 기후변화 적응(10)<br>• 생물다양성(5)<br>• 주민친화도(5) | • 기후변화 적응 능력: 1(매우 낮음)~10점(매우 높음)으로 배점<br>• 생물다양성 및 주민친화도: 각각 1(매우 낮음)~5점(매우 높음)으로 배점 |
| 취약성 (30) | • 극한기후(10)<br>• 탄소중립(10)<br>• 주민인식(혐오)(5)<br>• 주민참여 환경관리(5) | | • 극한기후(폭염, 한파, 폭우, 가뭄, 강풍 등) 적응력은 1(매우 낮음)~10점(매우 높음)으로 배점<br>• 탄소 흡수원 및 저장 능력 등 탄소중립 기여도는 1(매우 낮음)~10점(매우 높음)으로 배점<br>• 주민으로부터 친환경시설 인식도 및 주민 참여 환경관리 가능성은 각각 1(매우 낮음)~5점(매우 높음)으로 배점 |

❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리와의 연계를 위한 항목별 세부 연계 방법

- 자연기반해법을 활용한 통합물관리와의 연계를 위해서는 항목별 세부 연계 방안이 필요하며, 단계별 항목의 세부 연계 항목에 대하여 연계 방법을 도출
- 1단계에 해당하는 사업별 상위 계획과의 연계성 확보는 물관리사업별 5개 상위계획 및 대책 중에서 중요하게 고려될 수 있는 계획이나 대책을 연계
- 2단계의 사업별 통합물관리 강화는 물관리 사업의 주요 기능에 취약성 평가 및 상위계획과의 연계를 고려한 부가 기능을 연계

- 3단계의 사업별로 연계할 수 있는 자연기반해법은 물관리 사업별로 연계할 수 있는 자연기반해법(완충녹지(수변생태벨트), 인공습지(천변 저류지 포함), 생태수로, 홍수터 복원, 제방 후퇴, 옥상녹화/그린월, 공원녹지, 저영향개발기법, 그린인프라 등)과 연계
- 4단계의 사업별 민간투자 및 수익 분야 연계성 확보는 물관리사업별 주민참여 환경관리 가능성, 공원녹지 창출 여부, 생태관광 및 생태교육 가능성, 탄소 흡수 및 저장 공간으로 기업의 ESG 경영 연계 가능성 등을 연계

**표 4.9 자연기반해법 활용 통합물관리 연계를 위한 항목별 세부 연계 방법**

| 단계 | 항목 | 세부 연계 항목 | 연계 방법 |
|---|---|---|---|
| 1단계 | 상위계획 과의 연계성 | • 제1차 국가물관리기본계획<br>• 제1차 유역물관리종합계획<br>• 제3차 비점오염관리종합대책<br>• 제3차 기후변화적응 대책<br>• 국가생물다양성 협약 | • 물관리 사업별 5개 상위계획 및 대책 중에서 중요하게 고려될 수 있는 계획이나 대책을 연계 |
| 2단계 | 통합물관리강화 방안 | • 수질 개선<br>• 물순환<br>• 재이용<br>• 홍수/침수 저감<br>• 수생태계 건강성<br>• 기후변화 적응<br>• 생물다양성<br>• 주민친화도 | • 물관리 사업별 주요 기능 명시<br>• 물관리 사업별 취약성 평가 및 상위계획 연계를 고려하여 필요한 부가기능을 제시 |
| 3단계 | 연계할 수 있는 자연기반해법 | • 완충녹지(수변생태벨트)<br>• 인공습지(천변 저류지 포함)<br>• 생태수로<br>• 홍수터 복원<br>• 제방 후퇴<br>• 옥상녹화/그린월<br>• 공원녹지<br>• 저영향개발기법<br>• 그린인프라 | • 물관리 사업별로 연계할 수 있는 자연기반해법을 명시하여 통합물관리(수질, 수량, 생태계, 탄소 흡수 등)의 기능을 강화 |
| 4단계 | 민간투자 및 수익 분야 | • 주민참여 환경관리<br>• 공원녹지 창출<br>• 생태관광 및 생태교육<br>• 기업의 ESG 경영 연계 | • 물관리 사업별 주민참여 환경관리 가능성, 공원녹지 창출 가능성을 연계<br>• 물관리 사업별 생태관광 및 생태교육 가능성을 연계<br>• 물관리 사업별 탄소 흡수 및 저장 공간으로 기업의 ESG 경영과의 연계 가능성을 명시 |

❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리를 위한 단위(세부) 물관리 사업 과제평가 카드 작성

- 물관리 사업별 자연기반해법을 활용한 통합물관리를 위하여 단위 물관리 사업별 과제평가 카드를 작성하였으며, 이를 통하여 물관리 사업에 기능성 평가, 취약성 평가와 자연기반해법을 연계할 수 있음

## 표 4.10 자연기반해법 활용 통합물관리를 위한 단위(세부) 물관리 사업 과제평가 카드

| 관련 부처 | | | 회계 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 근거법 | | 부문(프로그램) | | 단위사업 | |
| 세부 사업명 | | | | | |

**평가**

**기능성 (70)** — 평가 점수

| 기능 | 지표(배점) | 배점(매우 낮음~매우 높음) 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 주요 기능 | 수질개선(10) | | | | | | | | | | | |
| | 물순환(10) | | | | | | | | | | | |
| | 재이용(10) | | | | | | | | | | | |
| | 홍수/침수 저감(10) | | | | | | | | | | | |
| | 수생태 건강성(10) | | | | | | | | | | | |
| 부가 기능 | 기후변화 적응(10) | | | | | | | | | | | |
| | 생물다양성(5) | | | | | | | | | | | |
| | 주민친화도(5) | | | | | | | | | | | |
| 총점(70) | | | | | | | | | | | | |

평가 의견
- 주요 기능 순위:
- 부가 기능 순위:

**취약성 (30)** — 평가 점수

| 지표(배점) | 배점(매우 낮음~매우 높음) 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 극한기후 적응성(10) | | | | | | | | | | | |
| 탄소중립 기능성(10) | | | | | | | | | | | |
| 주민 인식(친환경성)(5) | | | | | | | | | | | |
| 주민참여 환경관리 기능(5) | | | | | | | | | | | |
| 총점(30) | | | | | | | | | | | |

평가 의견
- 취약성 지표 순위:

**합계 (100)**

| 점수 |
|---|
| |

- 주요 기능 보강 분야:
- 부가 기능 보강 분야:

**자연기반해법 연계 방안**

**상위계획과의 연계성**

| 평가 항목 | 1차 국가물관리기본 계획 | 3차 비점오염관리종합대책 | 3차 기후변화 적응 대책 | 생물다양성 협약 |
|---|---|---|---|---|
| 연계성 | | | | |

**통합물관리 기반 강화 필요 항목** — 강화 필요 항목

| 강화 필요 항목(배점) | 배점(매우 낮게~매우 높게) 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 수질개선(10) | | | | | | | | | | | |
| 물순환(10) | | | | | | | | | | | |
| 재이용(10) | | | | | | | | | | | |
| 홍수/침수 저감(10) | | | | | | | | | | | |
| 수생태 건강성(10) | | | | | | | | | | | |
| 기후변화 적응(10) | | | | | | | | | | | |
| 생물다양성(5) | | | | | | | | | | | |
| 주민친화도(5) | | | | | | | | | | | |
| 합계 | | | | | | | | | | | |

강화 필요 기능 설명
- 강화가 필요한 기능의 순위를 기술하고 설명:

<table>
<tr><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">연계 가능 자연기반 해법</td><td>연계 가능 자연기반 해법 순위</td><td>
<table>
<tr><td>완충녹지<br>(수변생태벨트)</td><td>인공습지<br>(천변저류지 포함)</td><td>생태수로</td><td>홍수터 복원</td><td>제방 후퇴</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>옥상녹화<br>/그린월</td><td>공원녹지</td><td>저영향개발기법</td><td>그린<br>인프라</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>연계 기술</td><td>• 연계 가능한 기술 순위를 기술하고 설명</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">민간투자 및 수익 분야</td><td>항목</td><td>주민참여 환경관리, 공원녹지 창출, 생태관광 및 생태교육, 기업의 ESG 경영 연계</td></tr>
<tr><td>설명</td><td>• 연계 가능 항목의 연관성을 설명</td></tr>
<tr><td colspan="2">제도 개선 방안</td><td colspan="2">• 법, 지침, 규정의 개정<br>• 국고보조사업의 추진 지침 개정<br>• 설계기준의 개정<br>• 매뉴얼 개정<br>• 설계 기준 또는 매뉴얼 작성 필요<br>• 품셈 현행화</td></tr>
</table>

## 2 자연기반해법을 활용한 통합물관리 추진 방안

### (1) 환경부

**표 4.11 일반회계: 수자원 부문**

| 세부 사업 | 상위계획과의 연계성 | 통합물관리 기반 강화 필요 항목 | 연계 가능 자연기반해법 | 민간투자 및 수익 분야 |
|---|---|---|---|---|
| 국가하천 정비사업 | 국가물관리기본계획, 유역물관리종합계획, 기후변화 적응 대책 등 | 수질 개선, 수생태계 건강성, 기후변화 적응, 생물다양성 등 | 완충녹지, 인공습지, 생태수로, 홍수터 복원, 제방 후퇴 등 | 공원녹지 창출, 생태관광 및 생태교육 등 |
| 국가하천유지 보수사업 | 국가물관리기본계획, 유역물관리종합계획, 기후변화 적응 대책 등 | 수질 개선, 수생태계 건강성, 기후변화 적응, 생물다양성 등 | 완충녹지, 인공습지, 생태수로, 홍수터 복원, 제방 후퇴 등 | 공원녹지 창출, 생태관광 및 생태교육 등 |

**표 4.12 농어촌구조개선특별회계 및 국가균형발전특별회계: 물환경 부문**

| 세부 사업 | 상위계획과의 연계성 | 통합물관리 기반 강화 필요 항목 | 연계 가능 자연기반해법 | 민간투자 및 수익 분야 |
|---|---|---|---|---|
| 면 단위 하수처리장 설치 (농특회계) | 국가물관리기본계획, 유역물관리종합계획, 기후변화 적응 대책 등 | 수질 개선, 재이용, 기후변화 적응, 주민친화도 등 | 완충녹지, 인공습지, 생태수로 등 | 주민참여 환경관리, 공원녹지 창출, 생태관광 및 생태교육 등 |
| 하수관로 정비 (균특회계) | 국가물관리기본계획, 유역물관리종합계획, 기후변화 적응 대책 등 | 물순환, 홍수/침수 저감, 기후변화 적응 등 | 저영향개발기법, 그린인프라 등 | 주민참여 환경관리 등 |

### 표 4.13 환경개선특별회계: 물환경 부문

| 세부 사업 | 상위계획과의 연계성 | 통합물관리 기반 강화 필요 항목 | 연계 가능 자연기반해법 | 민간투자 및 수익 분야 |
|---|---|---|---|---|
| 국가 균형발전 특별회계 (지역지원계정) 전출 | 국가물관리기본계획, 유역물관리종합계획, 기후변화 적응 대책, 생물다양성협약 등 | 홍수/침수 저감, 기후변화 적응, 생물다양성 등 | 완충녹지, 인공습지, 생태수로, 홍수터복원, 제방 후퇴 등 | 주민참여 환경관리, 공원녹지 창출, 생태관광 및 생태교육 등 |
| 비점오염 저감사업 | 국가물관리기본계획, 유역물관리종합계획, 비점오염종합대책, 기후변화 적응 대책, 생물다양성협약 등 | 물순환, 홍수/침수 저감, 기후변화 적응, 주민친화도 등 | 완충녹지, 인공습지, 생태수로, 홍수터복원, 저영향개발기법, 그린인프라 등 | 주민참여 환경관리, 공원녹지 창출, 생태관광 및 생태교육, 기업의 ESG 경영 연계 등 |
| 도시물순환 개선사업 | 국가물관리기본계획, 유역물관리종합계획, 비점오염종합대책, 기후변화 적응 대책, 생물다양성협약 등 | 물순환, 홍수/침수 저감, 기후변화 적응, 주민친화도 등 | 인공습지, 생태수로, 옥상녹화/그린월, 공원녹지, 저영향개발기법, 그린인프라 등 | 주민참여 환경관리, 공원녹지 창출, 생태관광 및 생태교육, 기업의 ESG 경영 연계 등 |
| 하수처리장 설치 | 국가물관리기본계획, 유역물관리종합계획, 기후변화적응 대책, 생물다양성협약 등 | 물순환, 재이용, 기후변화 적응, 주민친화도 등 | 인공습지, 생태수로, 옥상녹화/그린월, 공원녹지, 저영향개발기법, 그린인프라 등 | 공원녹지 창출, 생태관광 및 생태교육, 기업의 ESG 경영 연계 등 |

### 표 4.14 수계관리기금: 물환경 부문

| 세부 사업 | 상위계획과의 연계성 | 통합물관리 기반 강화 필요 항목 | 연계 가능 자연기반해법 | 민간투자 및 수익 분야 |
|---|---|---|---|---|
| 환경기초시설 설치 | 국가물관리기본계획, 유역물관리종합계획, 기후변화적응 대책 등 | 물순환, 재이용, 기후변화 적응, 주민친화도 등 | 인공습지, 생태수로, 옥상녹화/그린월, 공원녹지, 저영향개발기법, 그린인프라 등 | 공원녹지 창출, 생태관광 및 생태교육, 기업의 ESG 경영 연계 등 |
| 생태하천 복원사업 | 국가물관리기본계획, 유역물관리종합계획, 기후변화 적응 대책 등 | 홍수/침수 저감, 기후변화 적응, 생물다양성 등 | 완충녹지, 인공습지, 생태수로, 홍수터 복원, 제방 후퇴 등 | 주민참여 환경관리, 공원녹지 창출, 생태관광 및 생태교육 등 |
| 비점오염 저감사업 | 국가물관리기본계획, 유역물관리종합계획, 비점오염종합대책, 기후변화 적응 대책, 생물다양성협약 등 | 물순환, 홍수/침수 저감, 기후변화 적응, 주민친화도 등 | 완충녹지, 인공습지, 생태수로, 홍수터 복원, 저영향개발기법, 그린인프라 등 | 주민참여 환경관리, 공원녹지 창출, 생태관광 및 생태교육, 기업의 ESG 경영 연계 등 |
| 수변녹지조성 관리사업 | 국가물관리기본계획, 유역물관리종합계획, 비점오염종합대책, 기후변화적응대책, 생물다양성협약 등 | 수질 개선, 물순환, 홍수/침수저감, 수생태계 건강성, 기후변화 적응, 생물다양성, 주민친화도 등 | 인공습지, 생태수로, 홍수터 복원, 제방 후퇴 등 | 공원녹지 창출, 생태관광 및 생태교육, 기업의 ESG 경영 연계 등 |

### (2) 행정안전부 및 농림축산식품부

**표 4.15 환경개선특별회계: 물환경 부문**

| 세부 사업 | 상위계획과의 연계성 | 통합물관리 기반 강화 필요 항목 | 연계 가능 자연기반해법 | 민간투자 및 수익 분야 |
|---|---|---|---|---|
| 재해위험지구 정비 | 국가물관리기본계획, 유역물관리종합계획, 기후변화 적응 대책 등 | 물순환, 수생태계 건강성, 주민친화도 등 | 완충녹지, 인공습지, 생태수로, 홍수터 복원, 제방 후퇴, 공원녹지, 저영향개발기법, 그린인프라 등 | 주민참여 환경관리, 공원녹지 창출 등 |
| 농업용수 수질 개선 | 국가물관리기본계획, 유역물관리종합계획, 기후변화 적응 대책 등 | 물순환, 재이용, 수생태계 건강성, 기후변화 적응, 생물다양성, 주민친화도 등 | 완충녹지, 인공습지, 생태수로, 홍수터복원 등 | 주민참여 환경관리, 공원녹지 창출, 생태관광 및 생태교육 등 |
| 배수 개선 (지자체) | 국가물관리기본계획, 유역물관리종합계획, 비점오염종합대책, 기후변화 적응 대책 등 | 수질 개선, 물순환, 재이용, 홍수/침수저감, 기후변화 적응, 주민친화도 등 | 완충녹지, 인공습지, 생태수로, 홍수터 복원, 제방 후퇴 등 | 주민참여 환경관리 등 |

## 3 자연기반해법 활용 통합물관리 핵심사업 도출 및 체계 구축

### 3.1 물관리 사업의 자연기반해법을 활용한 통합물관리 추진 유형(안)

#### (1) 유형 1: 개별 사업의 자연기반해법을 연계한 통합물관리 강화

❍ 기존 물관리사업의 통합물관리 기능 사업으로 전환하기 위해서는 자연기반해법을 연계하거나 활용하는 방안이 필요함

- 기존 물관리 사업은 환경부의 개별법(하수도 관련 사업은 하수도법, 비점오염 저감사업은 물환경보전법, 가축분뇨관리사업은 가축분뇨법, 지하수 관련 사업은 지하수법, 하천 관련 사업은 하천법, 수도 관련 사업은 수도법 등)에 의하여 단일 기능으로 수행됨
- 기존 물관리 관련 사업을 통합물관리로 전환하기 위해서는 미흡한 기능(수생태 기능, 치수기능, 기후변화 대응 등)을 보강하기 위하여 자연기반해법을 활용해야 함
- 특히 국제적 약속(기후변화협약, 생물다양성협약, 지속가능목표 등)을 이행하기 위해서도 기존 개별 물관리 사업을 통합물관리 기능과 연계해야 함

❍ 개별 물관리 사업의 자연기반해법을 활용한 통합물관리의 강화 방안

- 개별 물관리 사업은 개별법에 근거하여 최소 또는 최적화된 비용으로 수행되면서 단일기능으로 조성되면서 그레이인프라로 인식
- 자연기반해법을 활용한 통합물관리 사업 [유형 1]은 개별 물관리 사업에 자연기반해법을 활용할 때 통합물관리 기능(수생태, 치수, 기후변화 등)이 구현되도록 도출

**표 4.16 기존 개별 사업의 자연기반해법 활용 통합물관리 강화 방안**

| 구분 | 세부 설명 |
|---|---|
| 사업 정의 | • (개별 사업의 통합물관리 강화) 개별 물관리사업에 자연기반해법을 연계하 여 통합물관리의 기능을 강화 |
| 유형 1<br>추진 방안 | 물관리 세부사업 (주기능) ⊕ NbS ⊜ **물관리 세부사업 통합물관리 강화** (주기능+부기능 1+부기능2) |

❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리 사업 [유형 1]은 5개 사업으로 구현할 수 있음

- [유형 1-1]은 신규 하수처리장을 지하에 설치하면서 지상부는 자연기반해법(공원, 습지 등)을 연계하여 하수처리 기능에 탄소 흡수원, 여가공간, 생태공원, 물순환, 재이용 등의 기능을 부여
- [유형 1-2]는 기존 하수처리시설에 자연기반해법(생태수로, 생태습지 등)을 연계하여 하수처리 기능에 탄소 흡수원, 추가적 영양염류 처리, 생태공간, 녹지공간, 재이용 등의 기능을 부여
- [유형 1-3]은 비점오염 저감사업에 자연기반해법(저영향개발기법)을 연계하여 비점오염저감 기능에 불투수면적률 저감, 물순환율 향상, 도시열섬 저감, 탄소 흡수원 확대, 도시침수 저감, 주민참여 환경관리 등의 기능을 부여할 수 있음
- [유형 1-4]는 가축분뇨 공공처리시설 사업을 수행할 때 자연기반해법(생태수로, 완충녹지, 인공습지 등)을 연계하여 가축분뇨 수질 정화 기능에 녹지공간 확보, 탄소 흡수원 확보, 영양염류 순환, 주민참여 환경관리 등의 기능을 부여
- [유형 1-5]는 소규모 하수처리시설사업 추진 시 자연기반해법(인공습지, 생태수로 등)을 연계하여 하수처리 기능 안정화에 탄소 흡수원, 생태공간, 주민참여 환경관리 등의 기능을 부여

❍ 개별 물관리 사업의 자연기반해법 활용 시 필요한 제도의 개선 방안

- 개별 물관리 사업에 자연기반해법의 연계는 통합물관리를 가능하게 하는 방안으로 개별법(하수도법, 물환경보전법, 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법 등)의 관련 [국고보조사업 추진 지침]에 자연기반해법을 활용한 통합물관리 기능 강화 방안을 포함하면 추진할 수 있음

**표 4.17 기존 개별 사업의 자연기반해법 활용 통합물관리 사업 유형 도출**

| 추진방안 | 세부 설명 | |
|---|---|---|
| 유형 1-1 | 사업 추진 | • 신규 하수처리장 설치(지하) + 지상 자연기반해법(공원, 습지 등) |
| | 통합물관리 기능 | • 하수처리 기능에 탄소 흡수원, 여가공간, 녹조관리, 생태공원, 물순환, 재이용 등 |
| | 제도 개선 | • 하수도법에 자연기반해법의 기능을 강화 |
| 유형 1-2 | 사업 추진 | • 기존 하수처리시설 + 자연기반해법(생태수로, 생태습지 등) |
| | 통합물관리 기능 | • 하수처리 기능에 , 추가적 영양염류 처리, 녹조관리, 생태공간, 녹지공간, 재이용 등 |
| | 제도 개선 | • 하수도법에 자연기반해법의 기능을 강화 |

| 추진방안 | 세부 설명 | |
|---|---|---|
| 유형 1-3 | 사업 추진 | • 비점오염 저감사업 + 자연기반해법(저영향개발기법) |
| | 통합물관리 기능 | • 기존 도시의 비점오염 저감 기능에 불투수면적률 저감, 물순환율 향상, 도시열섬 저감, 탄소 흡수원 확대, 도시침수 저감, 주민참여 환경관리, 녹조관리 등 |
| | 제도 개선 | • 물환경보전법에 자연기반해법의 기능을 강화 |
| 유형 1-4 | 사업 추진 | • 가축분뇨 공공처리시설 + 자연기반해법(생태수로, 완충녹지, 인공습지 등) |
| | 통합물관리 기능 | • 가축분뇨 수질정화 기능에 녹지공간 확보, 탄소 흡수원 확보, 영양염류 순환, 녹조관리, 주민참여 환경관리 등 |
| | 제도 개선 | • 가축분뇨법에 자연기반해법의 기능을 강화 |
| 유형 1-5 | 사업 추진 | • 소규모 하수처리시설 + 자연기반해법(인공습지, 생태수로 등) |
| | 통합물관리 기능 | • 하수처리 기능 안정화에 탄소 흡수원, 생태공간, 녹조관리, 주민참여 환경관리 등 |
| | 제도 개선 | • 하수도법에 자연기반해법의 기능을 강화 |

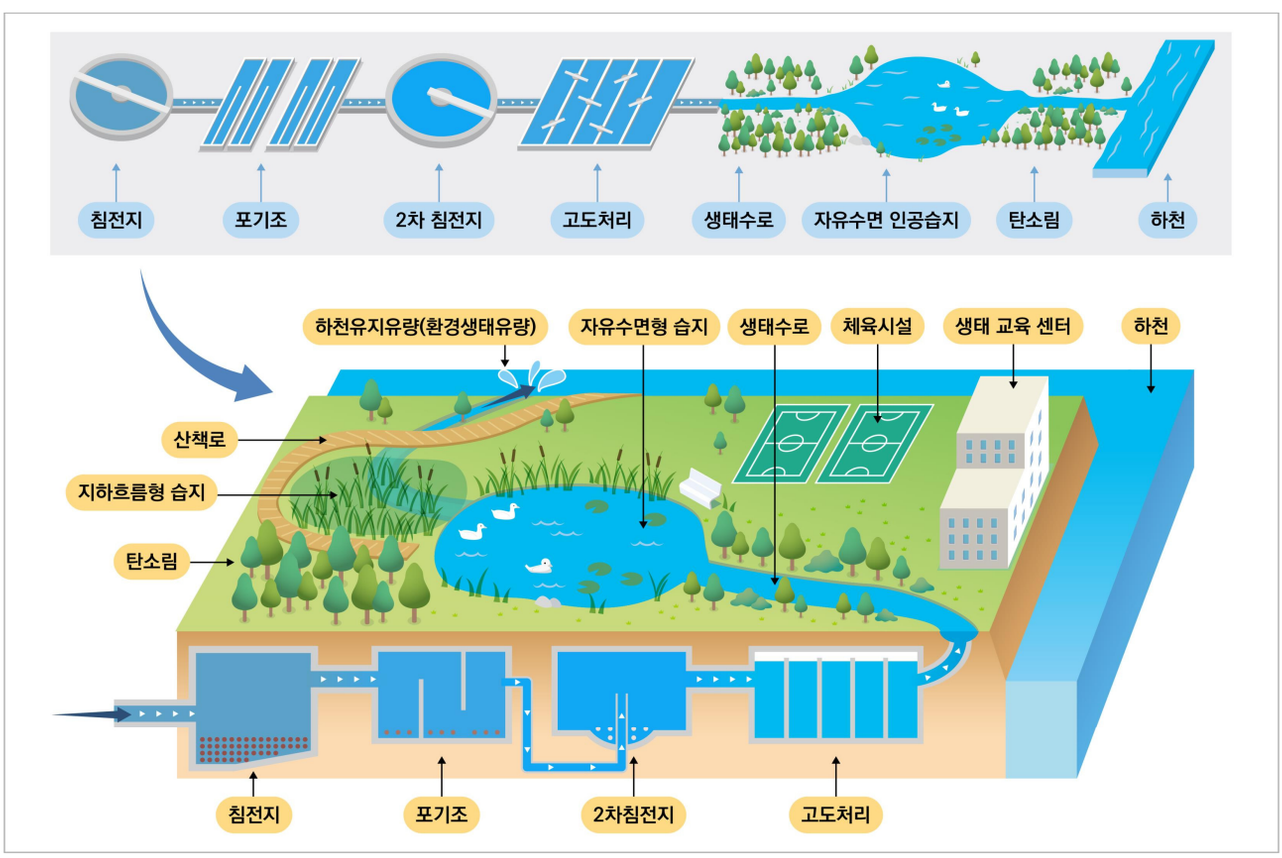



**그림 4.7 유형 1-1 사업(신규 하수처리장사업 지하 설치 및 지상부 자연기반해법 연계)**

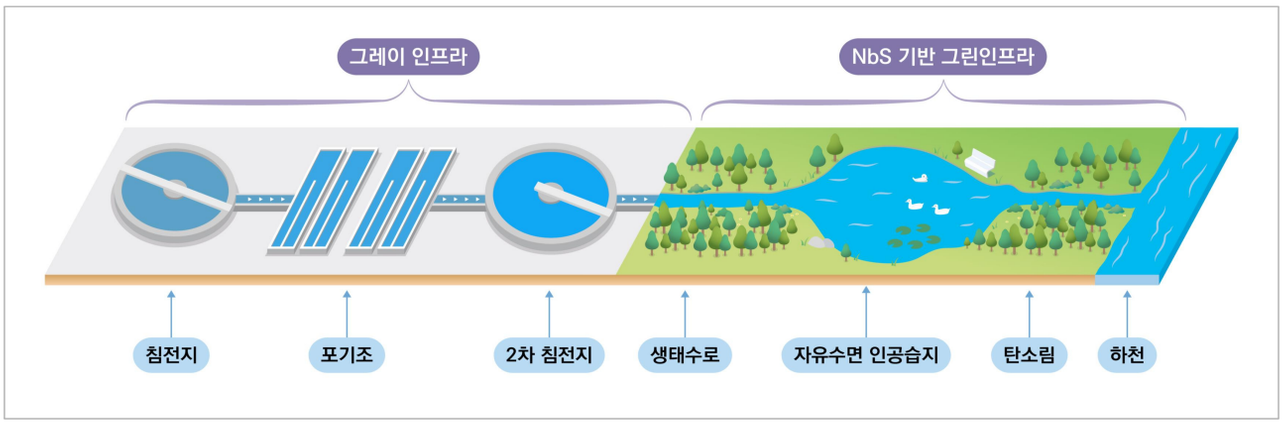



그림 4.8 유형 1-2 사업(기존 하수처리장사업에 자연기반해법 연계)

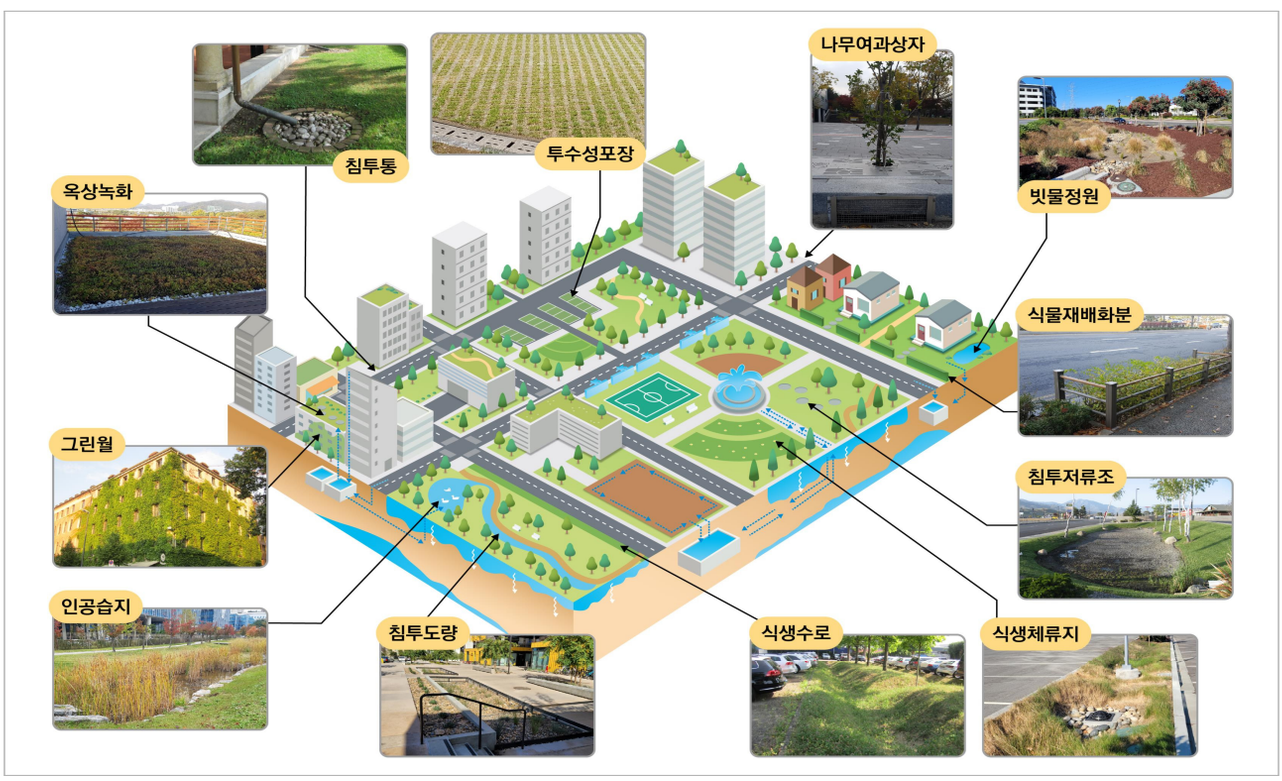



그림 4.9 유형 1-3 사업(기존 도시 비점오염 저감사업에 자연기반해법 연계)

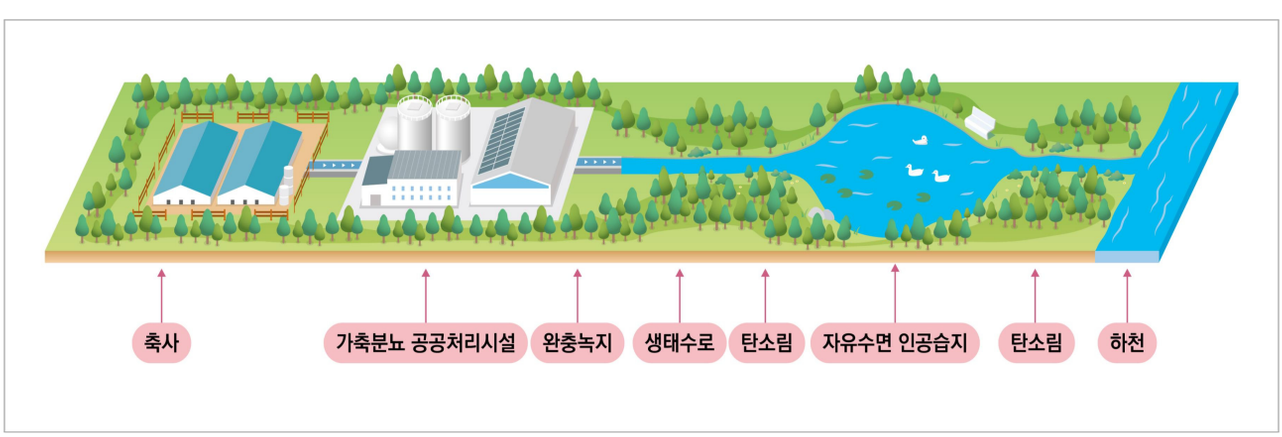



그림 4.10 유형 1-4 사업(가축분뇨 공공처리시설 사업에 자연기반해법 연계)

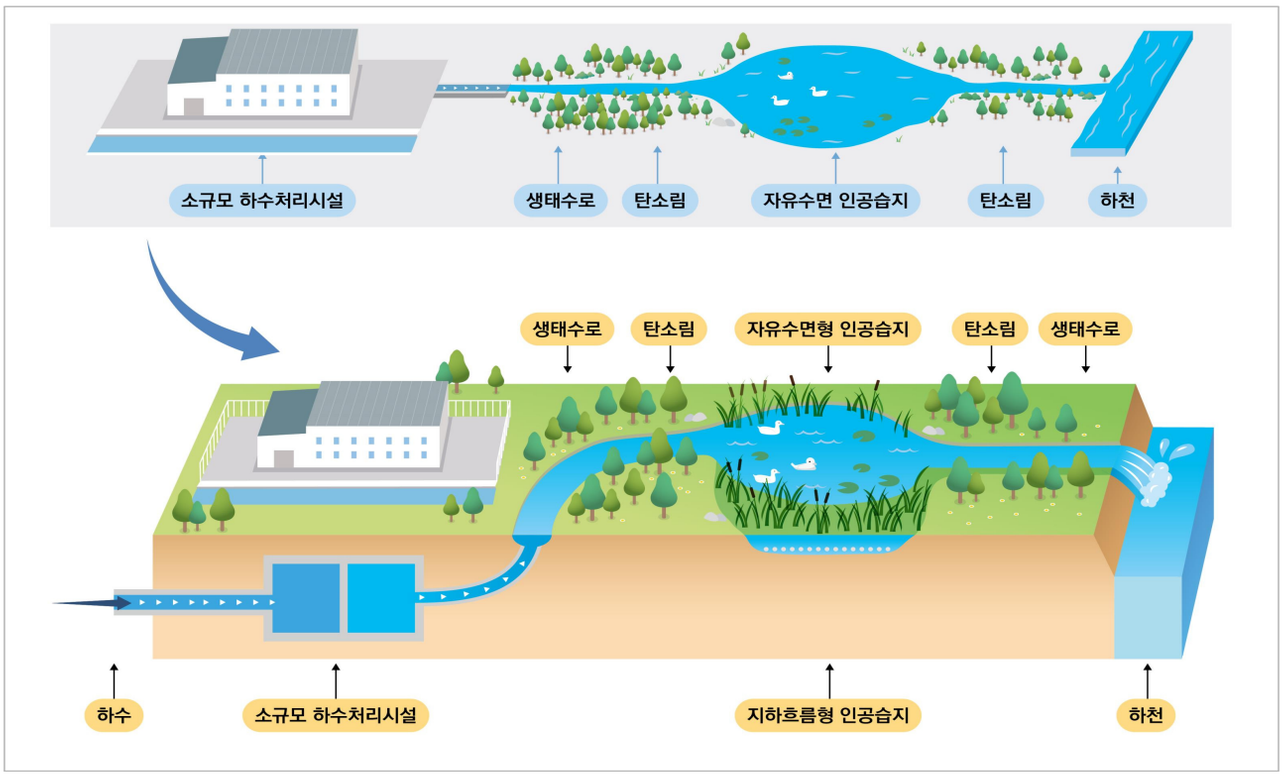



**그림 4.11 유형 1-5 사업(소규모 하수처리시설사업에 자연기반해법 연계)**

### (2) 유형 2: 자연기반해법을 활용한 유역 통합물관리 사업

❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리 사업은 개별법에 근거한 개별 사업이 아닌 유역 단위 사업으로 진행할 수 있기에 이를 [유형 2] 사업으로 도출

- [유형 1]은 개별법에 근거한 사업 추진 시 자연기반해법을 활용한 개별 사업의 통합물관리 기능 강화 방안이라면 [유형 2]는 유역 단위로 통합물관리 사업을 추진하는 방안에 해당함

❍ 유역 단위 자연기반해법 활용 통합물관리 사업의 방안

- 유역 단위 통합물관리 사업은 유역 통합물관리 사업에 자연기반해법을 연계하여 추진할 수 있으므로 유역의 복합적 물 문제를 동시에 해결하는 사업에 해당함
- [유형 2] 사업은 복합적 물 문제가 발생하는 유역에 여러 사업을 동시에 추진하면서 자연기반해법을 연계하는 사업임

**표 4.18 자연기반해법 활용 신규 통합물관리 강화 방안**

| 구분 | 세부 설명 |
|---|---|
| 사업 | • (자연기반해법을 활용한 유역 통합물관리사업) 유역 기반 통합물관리의 추진을 위하여 복수의 물관리사업을 추진하면서 자연기반해법과 연계 |
| 유형 2<br>추진 방안 | 물관리 세부사업 1 (주기능 1)<br>물관리 세부사업 2 (주기능 2)<br>물관리 세부사업 3 (주기능 3)<br>+ NbS<br>= **NbS 기반 통합물관리 사업** (주기능 1 +주기능 2+주기능 3+부기능 1+부기능 2) |

❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리사업 [유형 2]는 6개 사업으로 구현할 수 있음

- [유형 2-1]은 도시 유역에 물순환 기반 하수관로 조성사업(하수관로 정비사업, 자연기반해법을 활용한 저영향개발기법 비점오염 저감사업)을 동시에 추진하여 하수관로 정비효과에 비점오염 저감, 물순환율 제고, 불투수면적률 저감, 도심침수 저감, 도시 열섬현상 저감 등의 기능을 부여
- [유형 2-2]는 물 문제가 복합적으로 발생하는 하천 유역에 대하여 통합집중형 오염지류 개선사업(생태하천 복원, 비점오염 저감, 하수관로 정비, 하수처리시설 설치)을 추진하는 유형이며 복합 오염원이 집중된 지역의 수질 개선, 수생태 개선, 녹조관리, 하천유지용수 확보, 생활환경 개선, 주민 여가공간 확보, 생태공간 창출, 주민참여 환경관리 등의 기능을 부여
- [유형 2-3]은 수변구역과 하천에 해당하는 사업으로 통합형 하천 정비사업(수변생태벨트 조성, 생태하천 복원사업, 제방 후퇴, 인공습지, 천변저류지)이며 하천 수질 개선, 수생태계 건강성 확보, 탄소 흡수원 확보, 녹조관리, 생태공간 창출, 하천홍수 저감, 주민참여 환경관리 기능이 부여되었으며 4대강의 보 주변에 계획 시 효과 창출을 기대함
- [유형 2-4]는 저수지 유역 수질 개선사업(자연기반해법을 활용한 농업용수 수질 개선, 자연기반해법 기능 비점오염 저감사업, 자연기반해법 연계 소규모 하수처리시설)이며 저수지 수질 개선, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천유지용수 확보, 주민참여 환경관리 기능 등을 부여
- [유형 2-5]는 도시 물순환 구축사업(자연기반해법을 활용한 비점오염 저감사업, 자연기반해법 연계 재해위험지구정비사업)이며 불투수율 저감, 녹조관리, 도시침수 저감, 수질 개선, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천유지용수 확보, 주민참여 환경관리 기능 등을 부여
- [유형 2-6]은 기저유출 수질 개선사업(수변생태벨트, 천변저류지, 생태벨트 등)으로 하천 수질 개선, 녹조 저감, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천유지용수 확보, 주민참여 환경관리 기능, 홍수 저감 등 기능을 부여하였으며 4대강 보 주변에 적용 시 기저유출수 내의 영양염류 관리를 통하여 녹조 개선에 기여할 것으로 평가됨

❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리사업 유형 2 추진 시 제도 개선 방안

- [유형 2] 사업은 여러 개별법에 근거하여 사업이 추진되어야 하기에 이를 통합적으로 관리할 수 있는 법이 필요함

- [유형 2] 사업의 효율적 추진을 위해서는 자연계 물순환과 인공계 물순환을 연계해야 하며, 『물관리기본법(전략법)』-『물순환촉진법(물순환 통합 실행법)』-『하위법(개별법)』을 연결하는 제도 개선이 필요함

**표 4.19 자연기반해법 활용 신규 통합물관리 사업 유형 도출**

| 추진방안 | 세부 설명 | |
|---|---|---|
| 유형 2-1 | 사업 추진 | • 물순환 기반 하수관로 조성사업(하수관로 정비사업, 자연기반해법을 활용한 저영향 개발기법 비점오염 저감사업) |
| | 통합물관리 기능 | • 하수관로 정비효과에 비점오염 저감, 물순환율 제고, 불투수면적률 저감, 도심침수 저감, 녹조관리, 도시 열섬현상 저감 등 |
| | 제도 개선 | • 하수도법과 물환경보전법의 연계와 자연기반해법의 기능 강화 |
| 유형 2-2 | 사업 추진 | • 통합집중형 오염지류 개선사업(생태하천 복원, 비점오염 저감, 하수관로정비, 하수처리시설 설치) |
| | 통합물관리 기능 | • 복합 오염원이 집중된 지역의 수질 개선, 수생태 개선, 하천유지 용수 확보, 생활환경 개선, 주민 여가공간 확보, 생태공간 창출, 녹조관리, 주민참여 환경관리 등 |
| | 제도 개선 | • 하수도법, 하천법, 수계법, 물환경보전법 연계 및 자연기반해법의 기능 강화 |
| 유형 2-3 | 사업 추진 | • 통합형 하천 정비사업(수변생태벨트 조성, 생태하천 복원사업, 제 방 후퇴, 인공습지, 천변저류지) |
| | 통합물관리 기능 | • 하천 수질 개선, 수생태 건강성 확보, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 생물다양성, 하천홍수 저감, 주민참여 환경관리 기능, 가뭄 대응 등 |
| | 제도 개선 | • 하천법, 수계법 연계와 자연기반해법 기능의 강화 |
| 유형 2-4 | 사업 추진 | • 저수지 유역 수질 개선사업(자연기반해법을 활용한 농업용수 수질 개선, 자연기반해법 기능 비점오염 저감사업, 자연기반해법과 연계한 소규모 하수처리시설) |
| | 통합물관리 기능 | • 저수지 수질 개선, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천유지용수 확보, 녹조관리, 주민참여 환경관리 기능, 가뭄, 생물다양성 등 |
| | 제도 개선 | • 농어촌정비법, 물환경보전법, 하수도법 연계와 자연기반해법의 기능 강화 |
| 유형 2-5 | 사업 추진 | • 신도시의 도시물순환 그린인프라 구축사업(자연기반해법을 활용한 비점오염 저감사업, 자연기반해법과 연계한 재해위험지구정비사업) |
| | 통합물관리 기능 | • 불투수율 저감, 도시침수 저감, 수질 개선, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천유지용수 확보, 주민참여 환경관리 기능 등 |
| | 제도 개선 | • 물환경보전법, 자연재해대책법 연계와 자연기반해법의 기능 강화 |
| 유형 2-6 | 사업 추진 | • 기저유출 수질 개선사업(수변생태벨트, 천변저류지, 생태벨트) |
| | 통합물관리 기능 | • 하천 수질 개선, 생물다양성, 녹조 저감, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천유지용수 확보, 주민참여 환경관리 기능, 홍수 저감, 가뭄관리 등 |
| | 제도 개선 | • 지하수법, 물환경보전법, 하천법 연계와 자연기반해법 기능의 강화 |

그림 4.12 유형 2-1 사업(도시 유역 물순환 기반 하수관로 조성사업과 자연기반 해법 연계)

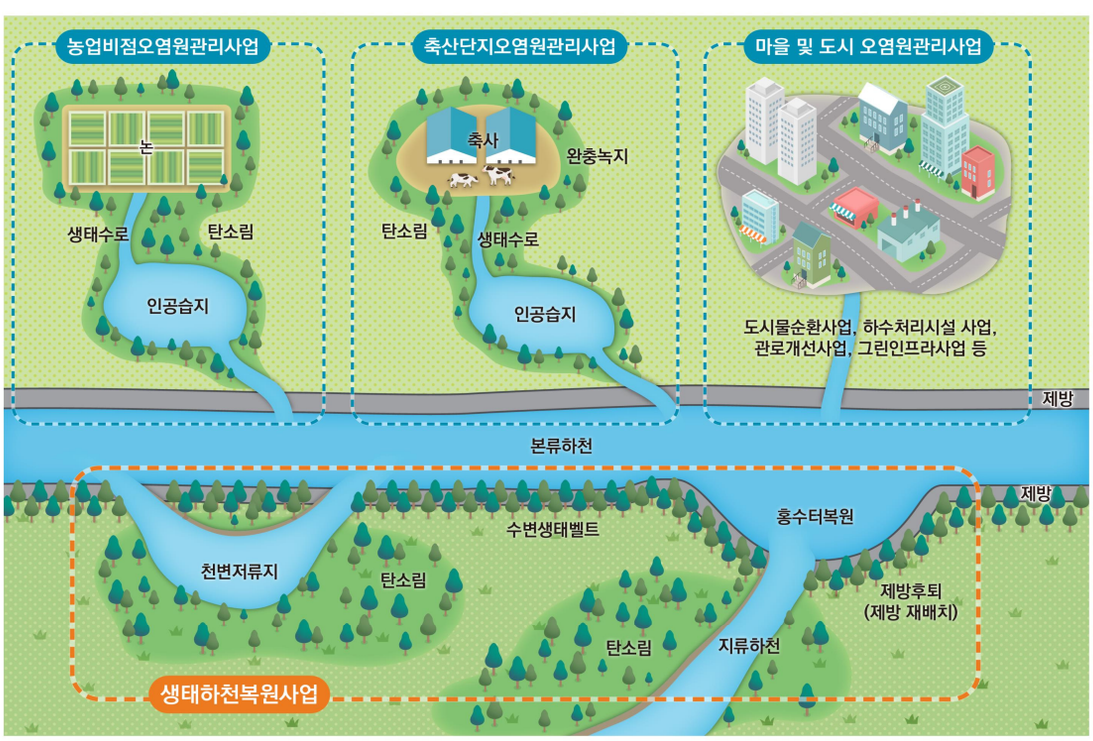



그림 4.13 유형 2-2 사업(하천 유역 통합집중형 오염지류 개선사업과 자연기반해 법 연계)

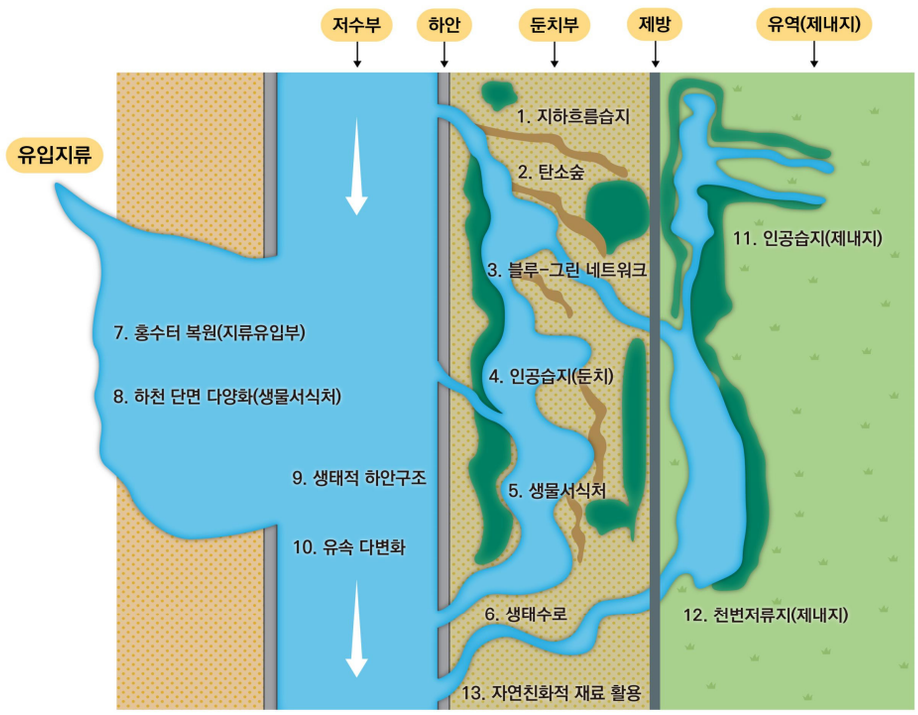



그림 4.14 유형 2-3 사업(하천 및 수변구역 연계 자연기반해법 사업)

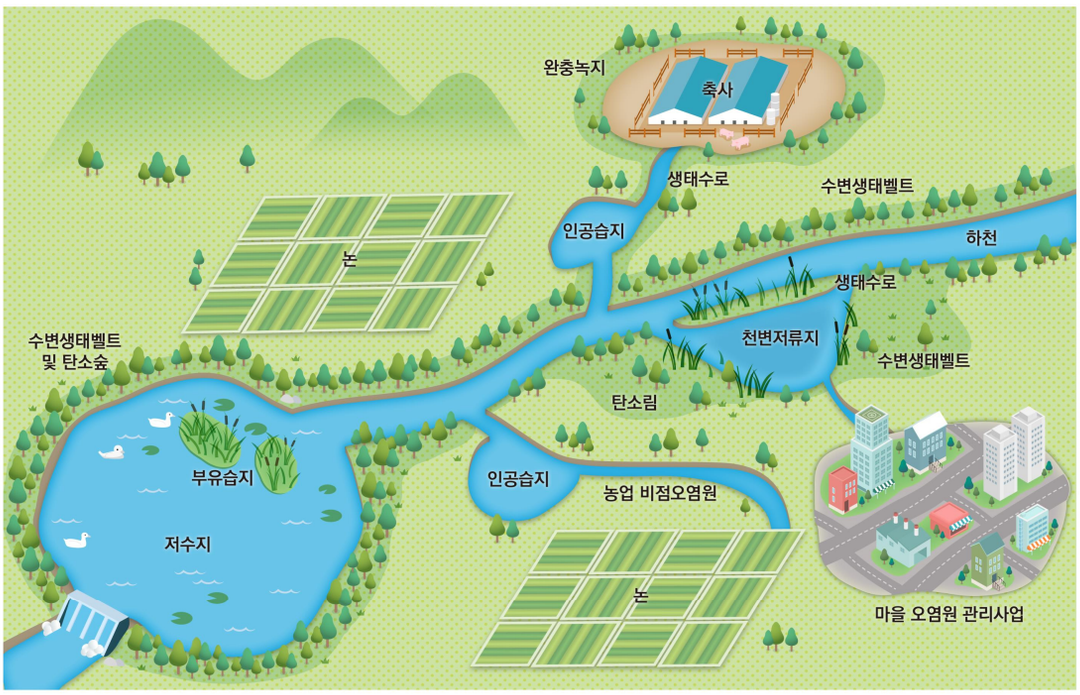



그림 4.15 유형 2-4 사업(저수지 상류 유역 자연기반해법 사업)

그림 4.16 유형 2-5 사업(신도시 물순환 그린인프라 구축사업의 자연기반해법 연계)

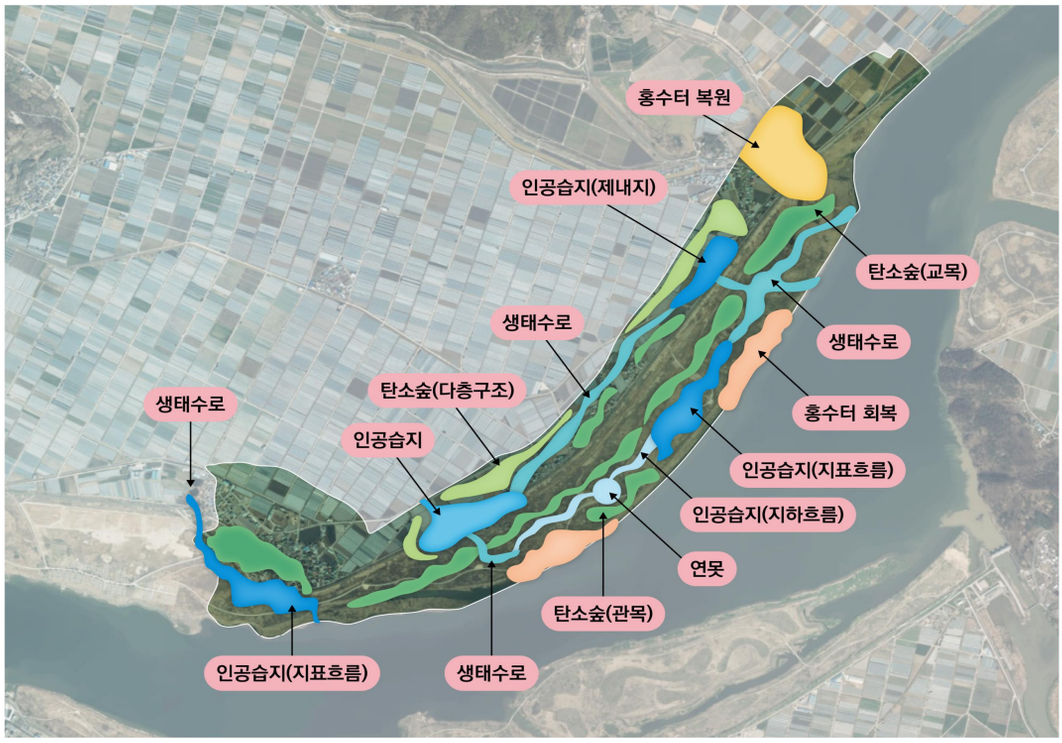



**그림 4.17 유형 2-6 사업(하천 기저유출 저감사업의 자연기반해법 연계)**

## 3.2 자연기반해법을 활용한 통합물관리 사업과 기존 그레이인프라와 사업비 비교

❍ 각 사업 유형의 정량적 효과 및 사업 비용은 제3장의 '3. 자연기반해법 적용 시 비용분석'에서 분석된 기존 사업의 결과를 이용하여 산출하였음

❍ 사업 비용은 기존 그레이인프라에서 그린인프라 기술로 대체되는 경우에는 증가 비용의 비율로 표시하였고, 기존 그레이인프라에 그린인프라 기술이 추가되는 경우에는 해당 기술의 단가를 제시하였음

- 자연기반해법을 활용한 유형별 B/C를 평가할 때에는 수질, 수생태, 홍수, 가뭄, 기후변화(탄소흡수 등) 등으로 구분하여 평가해야 하며, 비용 산정 시 유지관리 비용, 시설복구 비용 등도 중요하게 고려해야 함

### (1) 유형 1: 단위사업의 통합물관리 강화

❍ 비용 및 효과성 분석

- 유형 1-1: 기존 하수처리장 설비를 지하로 매립하고 지상에 여과습지, 친수공간 등을 설치하는 것으로, 하수처리 기능에 탄소 흡수원, 시민 여가공간, 생태공원, 물순환, 재이용 등의 효과를 가져올 수 있으며, 습지에 의한 2차 처리를 통해 질소와 인의 감소효과를 거둘 수 있음. 시공 비용은 기존 시설의 복개 비용과 상부 습지, 녹지 등의 생태시설물 설치로 기존에 비해 공사 비용이 10~20% 추가됨
- 유형 1-2: 기존 하수처리시설에 생태수로, 습지 등을 추가로 설치하여 탄소 흡수원, 추가적 영양염류 처리, 생태공간, 녹지공간 재이용 등의 효과를 거둘 수 있으며, 생태수로와 습지를 통한 처리수의 2차 처리를 통해 질소와 인을 감소시킬 수 있음. 시공 비용은 기존 시설에 생태수로, 습지, 녹지 등의 생태시설물

설치로 공사 비용이 기존에 비해 5~10% 추가됨

- 유형 1-3: 비점오염원관리를 위한 저영향개발기법을 적용하여 대상 구간에 불투수면적률을 저감하고, 물순환율 향상, 탄소 흡수원 확대, 도시침수 저감, 주민참여 환경관리 등의 효과를 도모함. 실제 사례를 통해 오염물질 저감효과, 지하수 함유량 증가, 도시 기온 감소, 온실가스 저감, 공기질 개선, 녹지면적 증가 등의 효과가 보고되었으며, 사업비용은 기존 불투수포장대비 투수포장을 이용할 때는 공사비가 10~20% 증가하며, 침투 측구 및 트렌치, 침투통 등의 시설물 추가에 따른 비용이 추가됨
- 유형 1-4: 축사의 가축분뇨 공공처리시설에 자연기반해법 시설을 추가하여 수질정화 기능을 강화하고 녹지공간 확보, 탄소 흡수원 확보, 영양염류 순환, 주민참여 환경관리 등의 효과를 거둘 수 있음. 습지의 2차 처리를 통해 질소와 인의 뚜렷한 감소 효과를 나타내며, 생태수로, 습지, 탄소 흡수원 등의 설치로 인하여 비용이 기존에 비해 5~10% 증가됨
- 유형 1-5: 소규모 하수처리시설에 인공습지, 생태수로와 같은 생태시설을 추가하여 하수처리기능을 강화하고 탄소 흡수원, 생태공간 제공 및 주민참여 환경관리 효과를 거둘 수 있옴. 관리가 취약한 기존 소규모 하수처리시설 대비 우수한 수질정화 효과를 나타내며, 단위 공사비는 약 60,000원/㎡이 소요됨

**표 4.20 유형 1 사업 추진 시 기대효과**

| 추진방안 | 세부 설명 | |
|---|---|---|
| 유형 1-1 | 사업 추진 | • 신규 하수처리장 설치(지하) + 지상 자연기반해법(공원, 습지 등) |
| | 효과 | • 하수처리 기능에 탄소 흡수원, 여가공간, 생태공원, 물순환, 재이용 등 |
| | 정량적 효과 산정 | • 지상부 습지의 2차 처리를 통해 질소 30~50%, 인 50~60% 저감 효과 |
| | 비용 비교 | • 기존 구조물 복개 + 상부 생태 시설물 설치로 기존에 비해 10~20% 비용 증가 (단위 공사비는 약 100,000원/㎡) |
| 유형 1-2 | 사업 추진 | • 기존 하수처리시설 + 자연기반해법(생태수로, 생태습지 등) |
| | 효과 | • 하수처리 기능에  탄소 흡수원,추가적 영양염류 처리, 생태공간, 녹지공간, 재이용 등 |
| | 정량적 효과 산정 | • 습지의 2차 처리를 통해 질소 30~50%, 인 50~60% 저감효과 |
| | 비용 비교 | • 그린인프라의 추가 설치로 인해 기존에 비하여 5~10% 비용 증가 (단위 공사비는 약 60,000원/㎡) |
| 유형 1-3 | 사업 추진 | • 비점오염 저감사업 + 자연기반해법(저영향개발기법) |
| | 효과 | • 비점오염 저감 기능에 불투수면적률 저감, 물순환율 향상, 도시열섬 저감, 탄소 흡수원 확대, 도시침수 저감, 주민참여 환경관리 등 |
| | 정량적 효과 산정 | • 오염물질(TSS 21.0%, BOD 30.9%, TOC 18.8%, T-N 25.6%, T-P 25.1%) 저감, 지하수 함유량 연간 12,688㎥ 증가, 기온감소 1.3℃, 온실가스 저감 1,254 tCO2-eq, 미세먼지 저감(SOx 919㎏/yr, NOx 764㎏/yr)을 통한 공기질 개선, 녹지면적 증가 2,382㎡ 확인 |
| | 비용 비교 | • 불투수포장 대비 투수포장(투수블록, 잔디블록 등) 단가 10~20% 증가, 침투 측구 및 트렌치 약 300,000/m, 침투통 약 600,000원/개소, 식물 재배 화분 개당 68,000~440,000원의 비용 추가 |

| 추진방안 | 세부 설명 | |
|---|---|---|
| 유형 1-4 | 사업 추진 | • 가축분뇨 공공처리시설 + 자연기반해법(생태수로, 완충녹지, 인공습지 등) |
| | 효과 | • 가축분뇨 수질정화 기능에 녹지공간 확보, 탄소 흡수원 확보, 영양염류 순환, 주민참여 환경관리 등 |
| | 정량적 효과 산정 | • 습지의 2차 처리를 통해 질소 30~50%, 인 50~60% 저감효과 |
| | 비용 비교 | • 그린인프라의 추가 설치로 인해 기존에 비하여 5~10% 비용 증가 (단위 공사비는 약 60,000원/㎡) |
| 유형 1-5 | 사업 추진 | • 소규모 하수처리시설 + 자연기반해법(인공습지, 생태수로 등) |
| | 효과 | • 하수처리 기능 안정화에 탄소 흡수원, 생태공간, 주민참여 환경관리 등 |
| | 정량적 효과 산정 | • BOD 73~100%, COD 64~83%, T-N 11~58%, T-P 14~60%, 총대장균군수 99%, 중금속 8~100% 저감효과 |
| | 비용 비교 | • 그린인프라의 추가 설치로 기존에 비하여 5~10% 비용 증가(단위 공사비는 약 60,000원/㎡) |

### (2) 유형 2: 물순환 기반의 통합물관리 사업

❍ 비용 및 효과성 분석

- 유형 2-1: 자연기반해법을 적용한 하수관로의 조성을 통해 비점오염 저감, 물순환율 제고, 불투수면적률 감소, 도심침수 저감, 도시열섬현상 저감 등의 효과를 나타냄. 투수블록 및 식생체류지 등을 통해 오염물질의 약 80%가 저감되는 효과를 나타내며 유출 저감 효율 또한 약 85%의 효과가 보고됨. 불투수포장 대비 투수포장 시공 시 단가 10~20%가 증가하며, 침투 측구 및 트렌치 시공 거리, 침투통, 식물 재배 화분 등의 설치 수에 따라 예산이 추가됨
- 유형 2-2: 유형 1에서 제시된 오염관리사업과 생태하천 복원사업 등을 통합한 집중형 오염지류 개선사업으로 오염원이 집중된 지역의 수질 개선, 수생태계 개선, 하천유지용수 확보, 생활환경 개선, 주민 여가공간 확보 등의 효과를 나타냄. 사업을 통해 하천 제내외지의 연결성 확보, 탄소 저장 능력 향상, 처리수 2차 처리를 통해 질소와 인 등 수질 정화효과 등이 기대되며, 인공습지, 수로 조성, 탄소림, 완충림, 하천숲, 하천개수 등에 따라 비용이 증가됨
- 유형 2-3: 자연기반해법을 이용한 통합적 하천 정비사업을 통해 하천 수질 개선, 수생태계 건강성 확보, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 홍수 저감, 하천의 제내외지 연결성 확보, 탄소저장능력 향상, 생물서식지 및 생물다양성 증가 등의 효과를 나타내며, 습지, 수로, 탄소림, 완충림, 하천개수 등의 추가에 따른 비용이 증가됨
- 유형 2-4: 저수지 유역의 수질 개선을 위하여 유형1의 농업용수 수질 개선, 비점오염 저감사업, 소규모 하수처리시설 등을 통합한 수질 개선사업으로 탄소저장능력 향상 및 습지의 2차 처리를 통한 질소, 인 등의 오염물질 저감효과를 나타냄. 습지, 수로, 탄소림, 완충림, 하천개수 등의 추가에 따른 비용이 증가됨
- 유형 2-5: 도시 물순환 기능 개선을 위한 통합물관리 사업으로 불투수층 증가 및 다양한 빗물 이용시설을 이용하여 높은 오염물질 저감효과와 지하수 함유량 증가, 기온 감소, 온실가스 저감, 공기질 개선, 녹지면적 증가 등 다방면에서 우수한 효과를 나타냄. 불투수포장 대비 투수포장 시공 시 단가 10~20%가 증가하며,

침투 측구 및 트렌치 시공 거리, 침투통, 식물재배화분 등의 설치 수에 따라 예산이 추가됨

- 유형 2-6: 통합물관리 사업을 통하여 하천의 기저유출까지 고려한 수질 개선사업으로 하천의 제내외지 연결성을 확보하고, 탄소저장능력 향상, 다양한 생태계 서식지 제공, 수질 정화 효과 등을 나타냄. 습지 및 수로 조성, 탄소림, 완충림 등의 숲 조성, 하천개수 등에 따라 공사비가 증가됨

**표 4.21 유형 2 사업 추진 시 기대효과**

| 추진방안 | 세부 설명 | |
|---|---|---|
| 유형 2-1 | 사업 추진 | • 물순환 기반 하수관로 조성사업(하수관로 정비사업, 자연기반해법을 활용한 저영향 개발기법 비점오염 저감사업) |
| | 효과 | • 하수관로 정비효과, 비점오염 저감, 물순환율 제고, 불투수면적률 저감, 도심침수 저감, 도시 열섬현상 저감 등 |
| | 정량적 효과 산정 | • 투수블록 및 식생체류지(수로, 화분 등) 모두 오염물질(TSS, BOD, TOC, T-N, T-P) 약 80% 저감 및 유출 저감 효율 약 85% |
| | 비용 비교 | • 불투수포장 대비 투수포장(투수블록, 잔디블록 등)단가 10~20% 증가, 침투 측구 및 트렌치 약 300,000/m, 침투통 약 600,000원/개소, 식물 재배 화분 개당 68,000원~440,000원의 비용 추가 |
| 유형 2-2 | 사업 추진 | • 통합집중형 오염지류 개선사업(생태하천 복원, 비점오염 저감, 하수관로 정비, 하수처리시설 설치) |
| | 효과 | • 복합 오염원이 집중된 지역의 수질 개선, 수생태 개선, 하천유지용수 확보, 생활환경 개선, 주민 여가공간 확보, 생태공간 창출, 주민참여 환경관리 등 |
| | 정량적 효과 산정 | • 하천 제내외지 연결성 확보, 탄소저장능력 향상, 습지의 2차 처리를 통해 질소 30~50%, 인 50~60% 저감효과 |
| | 비용 비교 | • 인공습지 1,350백만 원/개소, 수로 조성 50,000원/㎡, 탄소림 9,200원/㎡, 완충림 12,500원/㎡, 하천숲 920백만 원/개소, 하천개수(제방) 900백만 원/개소 등의 비용 추가 |
| 유형 2-3 | 사업 추진 | • 통합형 하천정비사업(수변생태벨트 조성, 생태하천 복원사업, 제방 후퇴, 인공습지, 천변저류지) |
| | 효과 | • 하천 수질 개선, 수생태 건강성 확보, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천홍수 저감, 주민참여 환경관리 기능 등 |
| | 정량적 효과 산정 | • 하천 제내외지 연결성 확보, 탄소저장능력 향상, 생물서식지 및 생물다양성 증가 |
| | 비용 비교 | • 인공습지 1,350백만 원/개소, 수로 조성 50,000원/㎡, 탄소림 9,200원/㎡, 완충림 12,500원/㎡, 하천숲 920백만 원/개소, 하천개수(제방) 900백만 원/개소 등의 비용 추가 |
| 유형 2-4 | 사업 추진 | • 저수지 유역 수질 개선사업(자연기반해법을 활용한 농업용수의 수질 개선, 자연기반해법 기능 비점오염 저감사업, 자연기반해법 연계 소규모 하수처리시설) |
| | 효과 | • 저수지 수질 개선, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천유지용수 확보, 주민참여 환경관리 기능 등 |
| | 정량적 효과 산정 | • 하천 제내외지 연결성 확보, 탄소저장능력 향상, 습지의 2차 처리 를 통해 질소 30~50%, 인 50~60% 저감효과 |
| | 비용 비교 | • 인공습지 1,350백만 원/개소, 수로 조성 50,000원/㎡, 탄소림 9,200원/㎡, 완충림 12,500원/㎡, 정화림 10,100원/㎡, 유로형 습지 60,000원/㎡ 등의 비용 추가 |

| 추진방안 | 세부 설명 | |
|---|---|---|
| 유형 2-5 | 사업 추진 | • 도시 물순환 구축사업(자연기반해법을 활용한 비점오염 저감사업, 자연기반해법과 연계한 재해위험지구정비사업) |
| | 효과 | • 불투수율 저감, 도시침수 저감, 수질 개선, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천 유지용수 확보, 주민참여 환경관리 기능 등 |
| | 정량적 효과 산정 | • 오염물질(TSS 21.0%, BOD 30.9%, TOC 18.8%, T-N 25.6%, T-P 25.1%) 저감, 지하수 함유량 연간 12,688㎥ 증가, 기온 감소 1.3℃, 온실가스 저감 1,254 tCO2-eq, 미세먼지 저감(SOx 919㎏/yr, NOx 764㎏/yr)을 통한 공기질 개선, 녹지면적 증가 2,382㎡ 확인 |
| | 비용 비교 | • 불투수포장 대비 투수포장(투수블록, 잔디블록 등)단가 10~20% 증가, 침투 측구 및 트렌치 약 300,000/m, 침투통 약 600,000원/개소, 식물재배화분 개당 68,000원~440,000원, 녹지조성 6,700원/㎡, 생태습지 1,350백만 원/개소의 비용 추가 |
| 유형 2-6 | 사업 추진 | • 기저유출 수질 개선사업(수변생태벨트, 천변저류지, 생태벨트) |
| | 효과 | • 하천 수질 개선, 녹조 저감, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천유지용수 확보, 주민참여 환경관리 기능, 홍수 저감 등 |
| | 정량적 효과 산정 | • 하천의 제내외지 연결성 확보, 탄소저장능력 향상, 습지의 2차 처리를 통해 질소 30~50%, 인 50~60% 저감효과 |
| | 비용 비교 | • 인공습지 1,350백만 원/개소, 수로 조성 50,000원/㎡, 탄소림 9,200원/㎡, 완충림 12,500원/㎡, 하천숲 920백만 원/개소, 하천개수(제방) 900백만 원/개소 등의 비용 추가 |

## 4 자연기반해법 활용 물관리사업제도 개선 방안 및 로드맵 방안

### 4.1 물관리 정책의 변화 및 한계

❍ 물관리 일원화, 물관리기본법 시행 및 하천 관련 사업의 지방 이양과 같은 물관리정책의 변화로 물관리 패러다임을 개선

- 물관리 일원화는 수량, 수질, 수생태의 통합관리를 가능하게 하여 통합물관리 기반을 구축함
- 물관리기본법 시행은 물관리 패러다임(통합물관리, 건전한 물순환 체계 구축, 선 중심 물관리에 면 관리 추가, 유역관리, 기후변화 적응력 향상, 주민참여 거버넌스 등)의 변화를 유도하여 유역물순환 기반사업을 시행할 수 있게 함
- 하천 관련 사업 지방 이양은 유역관리를 수행하는 지자체에 하천관리 업무가 이양됨으로써 유역과 하천을 연계하는 통합물관리를 할 수 있게 함

❍ 물순환은 유역과 하천을 연계하고 대기-물-토양을 연계하면서 사람과 자연을 공존시키는 생태계를 구현하는 과정으로 유역 통합물관리를 위해서는 자연기반해법의 물순환 기반이 중요함

- 현행 모든 물관리는 개별법에 근거하여 분리되어 관리(수도법-상수; 하수도법-하수; 물환경보전법-빗물, 산업폐수, 하천 지표수 수질; 하천법- 하천 지표수수량; 재이용법-재이용수; 지하수법-지하수 수량; 가축분뇨관리법-가축분뇨; 4대강 수계법- 주요 상수원 댐 상류수 등)됨으로써 통합물관리를 추진하는 데 어려움을 초래함

- 통합물관리에 기반한 물관리를 위해서는 물관리기본법의 물순환에 근거한 개별법의 추진으로 물순환 기능을 강화할 수 있으나 개별법의 연결부 및 다수 법이 동시에 추진되어야 할 아래와 같은 통합형 물관리사업은 추진 주체 및 근거가 없음
  - · 하천-유역과 연계한 물순환 기반 통합집중형 물관리사업
  - · 지하수-지표수 연계 물관리사업
  - · 자연기반해법을 활용한 탄소 흡수 연계 물순환사업
  - · 도시 인공계 및 자연계 연계 물순환 구축사업

**표 4.22 환경부 물관리 관련 2023년 단위 사업 현황(환경부, 2023)**

| 회계 | 부문 | 단위사업 | 2023년 확정예산 (백만 원) |
|---|---|---|---|
| 일반회계 | 수자원 | • 국가하천정비 및 유지보수 | 701,793 |
| 농어촌구조개선 특별회계 | 물환경 | • 면단위하수처리장설치 | 36,152 |
| 환경개선특별회계 | | • 생태하천, 가축분뇨공공처리시설, 비점오염저감사업, 공공폐수처리시설, 산업단지완충저류시설, 도시물순환개선, 하수관로정비, 하수처리장 설치, 공공수역 녹조발생 대응, 새만금환경대책, 토양환경보전대책, 군사기지환경관리및정화사업, 하수처리수재이용사업 | 2,538,637 |
| 국가균형발전 특별회계 | | • 하수관로정비 | 953,051 |
| 한강수계관리기금 | 물환경 | • 환경기초시설설치, 생태하천복원, 비점오염저감, 수변녹지조성, 오염총량, 친환경 청정사업 | 155,776 |
| 낙동강수계관리기금 | | • 환경기초시설설치, 비점오염저감, 수변녹지조성, 오염총량 | 83,313 |
| 금강수계관리기금 | | • 환경기초시설설치, 생태하천복원, 비점오염저감, 수변녹지조성, 오염총량 | 55,345 |
| 영산강·섬진강수계관리기금 | | • 환경기초시설설치, 생태하천복원, 비점오염저감, 수변녹지조성, 오염총량 | 39,262 |
| 합계 | | | 4,563,329 |

❍ 물관리기본법의 시행으로 물순환 및 통합물관리 기반이 구축되었으며 그 기술적 수단으로 자연기반해법을 활용한 물순환사업을 시행할 수 있음

- 물관리기본법의 목적과 기본 원칙에서는 건전한 물순환을 강조하고 있으나 관련 하위법의 구체적 실행 요구가 없어 물순환이 선언적 의미로 인식됨
- 또한 환경부 내 단위 사업의 통합물관리 기능이 없이 단기간 효과 위주 사업이 확대되면서 통합물관리 기반의 장기적으로 효과 있는 물순환 관련 사업이 이루어지지 않음(2023년 확정예산에서 도시물순환 개선사업의 예산은 전무함)
- 자연기반해법이 중요하게 활용될 수 있는 유역 통합물관리사업 추진을 위해 『물관리기본법』-『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』-『개별법』연결하는 실행법 필요

**표 4.23 환경부 회계별 자연기반해법 물순환 기반 통합물관리 가능 단위사업의 예산(환경부, 2023)**

| 회계 | 부문 | 프로그램 | 단위사업 | 세부 사업 | 2023년 확정예산 (백만 원) |
|---|---|---|---|---|---|
| 일반회계 | 수자원 | 하천관리 | 국가하천정비지원 | 국가하천정비 | 451,030.0 |
| | | | | 국가하천유지보수 | 250,763.0 |
| 소계 | | | | | 701,793.0 |
| 농어촌구조개선특별회계 | 물환경 | 수질 및 수생태계 관리 | 하수도 관리(농특) | 면 단위 하수처리장 설치 | 36,152.0 |
| 소계 | | | | | 36,152.0 |
| 환경개선특별회계 | 환경일반 | 회계 간 거래 | 회계 간 전출 | 국가균형발전특별회계 (지역 지원 계정) 전출 | 1,346,487.0 |
| | 물환경 | 수질 및 수생태계 관리 | 산업폐수 및 기타 오염원관리 | 가축분뇨공공 처리시설 설치 | 45,946.0 |
| | | | | 비점오염저감사업 | 39,283.0 |
| | | | | 공공폐수처리시설 | 89,338.0 |
| | | | | 산업단지완충 저류시설 설치 | 51,104.0 |
| | | | | 도시물순환 개선사업 | 0.0 |
| | | | 하수도 관리 | 하수관로 정비 | 0.0 |
| | | | | 하수처리장 설치 | 771,603.0 |
| | | | 수질 개선 기반 구축 | 공공수역 녹조 발생 대응 | 84,856.0 |
| | | | | 새만금사업환경대책 | 35,047.0 |
| | | 토양지하수 관리 | 토양 지하수 관리 | 토양환경보전대책 | 11,604.0 |
| | | | | 군사기지환경관리 및 정화사업 | 13,634.0 |
| | | 맑은물 공급·이용 | 물산업 및 물기술 진흥 | 하수처리수재이용사업 | 49,735.0 |
| 소계 | · | · | · | · | 2,538,637.0 |
| 국가균형발전특별회계 | 물환경 | 수질 및 수생태계 관리 | 하수도 관리 | 하수관로 정비 | 953,051.0 |
| 소계 | · | · | · | · | 953,051.0 |

❍ 4대강 수계법에 근거하여 추진 중인 단위 사업도 자연기반해법의 물순환 기반 통합물관리가 추진되지 않고 [상수원관리과]의 업무로만 인식되면서 통합물관리는 추진되지 못하고 있음

- 수계기금을 활용한 자연기반해법의 물순환 기반 유역통합물관리 추진을 위해서도 『물관리 촉진 및 지원에 관한 법률』을 제정해야 함

**표 4.24 수계관리기금의 자연기반해법을 활용한 물순환 활용 가능 사업 및 예산(환경부, 2023)**

| 회계 | 부문 | 프로그램 | 단위사업 | 세부 사업 | 2023년 확정예산 (백만 원) |
|---|---|---|---|---|---|
| 한강수계 관리기금 | 물환경 | 4대강 유역관리 | 환경기초시설(한강) | 환경기초시설설치 | 75,864 |
| | | | 기타 수질개선지원(한강) | 생태하천복원사업 | 10,581 |
| | | | 기타 수질개선지원(한강) | 비점오염저감사업 | 13,796 |
| | | | 토지매수및수변구역관리(한강) | 수변녹지조성관리사업 | 17,644 |
| | | | 오염총량관리(한강) | 오염총량관리사업 | 3,842 |
| | | | 친환경 청정사업(한강) | 친환경 청정사업 지원 | 34,049 |
| | | | 소계 | | 155,776 |
| 낙동강수계 관리기금 | 물환경 | 4대강 유역관리 | 환경기초시설(낙동강) | 환경기초시설 설치 | 62,776 |
| | | | 기타수질개선지원(낙동강) | 비점오염저감사업 | 4,573 |
| | | | 토지매수및수변구역관리(낙동강) | 수변녹지조성관리사업 | 12,916 |
| | | | 오염총량관리(낙동강) | 오염총량관리 | 3,048 |
| | | | 소계 | | 83,313 |
| 금강수계 관리기금 | 물환경 | 4대강 유역관리 | 환경기초시설(금강) | 환경기초시설 설치 | 36,322 |
| | | | 기타수질개선지원(금강) | 비점오염저감사업 | 4,393 |
| | | | 기타수질개선지원(금강) | 생태하천복원사업 | 1,656 |
| | | | 토지매수및수변구역관리(금강) | 수변녹지조성관리사업 | 9,754 |
| | | | 오염총량관리(금강) | 오염총량관리사업 | 3,220 |
| | | | 소계 | | 55,345 |
| 영산강· 섬진강 수계기금 | 물환경 | 4대강 유역관리 | 환경기초시설(영산강) | 환경기초시설 설치 | 16,885 |
| | | | 기타수질개선지원(영산강) | 생태하천 복원사업 | 2,137 |
| | | | 기타수질개선지원(영산강) | 비점오염저감사업 | 2,246 |
| | | | 토지매수및수변구역관리(영산강) | 수변녹지조성관리사업 | 15,808 |
| | | | 오염총량관리(영산강) | 오염총량관리사업 | 2,186 |
| | | | 소계 | | 39,262 |
| 합계 | | | | | 333,696 |

❍ 자연기반해법의 물순환 기반 통합물관리사업(물환경관리-탄소중립-재해저감-물이용-주민참여 환경관리 등) 추진 “근거”와 “주체”가 필요함

- 환경부 물관리 단위사업을 살펴보면 기존 단위사업은 단일 목적(물 이용, 물안전, 물환경) 달성을 위해 추진
- 물관리 관련 단위 사업을 통합물관리(물 이용, 물안전, 물환경, 기후적응 등) 기반으로 개선 시에는 수질개선, 다기능 물관리시설, 신규 물산업 창출, 주민친화시설, 탄소 흡수원 확보 등 다양한 효과가 기대
- 단위 사업별로 연계하거나 단위 사업별 연결부사업 추진은 통합물관리의 효과를 높일 수 있으나 현재 근거법 및 담당 부서가 없음

**표 4.25 자연기반해법의 물순환 기반 통합물관리 사업 추진의 한계**

| 항목 | 한계 |
|---|---|
| 사업의 추진 어려움 | • 모든 물관리 단위 사업이 개별법에 근거하여 단일 목적(물 이용, 물안전, 물환경) 달성을 위해 추진되면서 통합물관리를 달성하기가 어려움<br>• 통합물관리 기능 없이 단기간 효과 위주 사업 확대로 통합물관리 기반으로 하며 효과가 장기적인 물순환사업이 이루어지지 않음<br>• 물순환사업은 다양한 기능과 효과를 가지고 있으나 추진 시 공사 기간, 지속적 비용 확보 어려움 등의 요인 때문에 추진을 주저함<br>• 유역 기반 물순환 연계사업의 추진 근거가 미약하고 담당 부서가 없어 물순환사업 추진 어렵기에 [물관리정책실-물정책총괄과]에서 유역 물순환 담당 사업 추진 및 근거법이 필요함 |
| 물관리기본법으로 물순환사업 추진 한계 | • 『물관리기본법』은 물순환 및 통합물관리의 필요성을 제기하고 있으나 환경부의 물순환 기반 통합물관리 추진은 요원함<br>• 『물관리기본법』은 전략계획으로 목적과 기본 원칙에서 건전한 물순환을 강조하고 있으나 관련 하위법의 구체적 실행 요구가 없어 선언적 의미로만 인식됨<br>• 유역 통합물관리사업을 추진하기 위해서는 [전략 법: 물관리기본법]-[물순환촉진법(가칭)]-[개별 법]을 연결하는 실행법이 필요함 |

## 4.2 자연기반해법 활용 통합물관리 추진을 위한 근거법 추진 방안

❍ 자연기반해법은 건전한 물순환 체계의 구축에 기여하는 기법이며 자연기반해법이 가진 생태계서비스 기능은 도시 및 유역의 복합적 환경 문제 해결을 위해 다양한 방식으로 적용할 수 있음

- 지자체는 물순환 구축을 통하여 도심침수 해소, 비점오염 저감, 하천건천화 해결, 열섬현상 저감, 탄소흡수원 확보, 물재이용 확대, 녹지공간 및 생태공간 창출, 주민여가시설 확대 등을 추진하고 있으나 자연기반해법을 적용할 수 있는 근거법이 미흡하여 조례 제정으로 적용

❍ 자연기반해법을 적용할 수 있는 지자체 물순환 조례를 검토한 결과 다음과 같은 내용을 포함

- 조례에서는 “물순환 관리의 기본 원칙”을 담고 있으나 자연계 물순환과 인공계 물순환의 연계를 명시하지 않고 있음
- “원인자 비용 부담의 원칙”을 명시하여 “물을 이용하여 이익을 얻은 자는 물순환에 드는 비용을 부담하고, 자기의 행위 또는 사업 활동으로 물순환 문제의 원인을 발생시킨 자는 이를 회복·복원할 책임을 지며 이로 인한 피해의 구제에 드는 비용을 부담하도록 한다.”로 명시
- 조례에서는 “유역별 관리의 원칙”을 제시하면서 “물은 수자원의 지속가능한 보전을 위하여 환경, 개발, 이용, 홍수재해의 예방 등을 유역 단위로 관리하여야 한다.”로 선언하고 있음
- “통합적 관리의 원칙”에서는 “물관리는 물의 순환 과정에 있는 지표수와 지하수를 포함한 모든 형태의 상호 연관된 물이 균형을 이루도록 통합적으로 관리하여야 한다. 이 경우 수량확보와 수질보전 및 수해방지 등을 종합적으로 고려하여야 한다.”로 명시
- “균형배분의 원칙”에서는 “시장은 시민이 물의 편익을 골고루 누릴 수 있도록 합리적이고 공평하게 배분하여야 한다.”로 명시
- “수요관리의 원칙”에서는 “시장은 수자원의 개발과 공급에 대하여 물의 절약과 손실 수량의 감소 노력 등의 수요관리를 우선적으로 고려하여야 한다.”로 명시

❍ 조례의 한계

- 지자체의 물순환 조례는 근거법 미흡으로 대부분의 사항이 권고 사항에 한정되어 상위 근거법이 제정되어야 함
- 조례에서 물순환 체계의 구축을 위한 자연기반해법의 활용을 적극적으로 고려한다는 내용이 전무하기에 자연기반해법의 주요 내용인 "자연적 기작"을 명시해야 함
- 조례의 목적에서 물순환의 주요 목적을 물순환 구축을 통한 탄소중립, 통합물관리 등 복합적으로 제시하여야 함

## 4.3 자연기반해법 활용 확대를 위한 제도 개선

❍ 국가물관리기본계획 이행 시 자연기반해법과의 연동 방안을 검토함과 동시에 이행계획 추진 시 자연기반해법의 효율적인 적용을 위한 제도 개선 방안을 제안

- 국가물관리기본계획 이행계획은 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030)의 실행력을 높이기 위해 수립된 것으로 기본계획의 세부 추진 과제에 대한 5년 단위 이행계획임
- 이행계획은 국가물관리기본계획의 통합물관리 3대 혁신정책 및 6대 분야별 추진전략을 이행하기 위해 155개 과제 중에서 자연기반해법의 활용 방안을 검토

**표 4.26 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030) 이행과제**

| 구 분 | 전 략 | 이행과제 수 |
|---|---|---|
| 혁신정책 | 계 | 34 |
| | - 물순환 전과정의 통합물관리 | 19 |
| | - 참여·협력·소통 기반의 유역 물관리 | 5 |
| | - 기후위기 시대 국민 안전 물관리 | 10 |
| 분야별 전략 | 계 | 121 |
| | - 물환경의 적정성 및 지속가능성 제고 | 30 |
| | - 지속가능한 물 이용 체계 확립 | 24 |
| | - 물 재해 안전 체계 구축 | 22 |
| | - 미래 인력양성 및 물 정보 선진화 | 14 |
| | - 물 기반시설 관리 효율화 | 20 |
| | - 물산업 육성 및 국제협력 활성화 | 11 |
| 총계 | | 155 |

### (1) 국가물관리계획 이행과제와 자연기반해법과의 연계를 검토

❍ 국가물관리기본계획의 155개 이행과제와 제3장에서 도출한 "자연기반해법을 활용할 수 있는 물관리사업" 중 개별 사업을 자연기반해법과 연계하는 '유형 1 과제'와 복수의 물관리사업을 추진하면서 자연기반해법과 연계하는 '유형2 과제'로 구분하여 연계 방안을 제시

### (가) 유형 1 과제

❍ 유형 1과제는 개별 사업을 자연기반해법과 연계하여 통합물관리를 강화하는 사업임

- 본 과제는 주기능으로 물관리 세부 사업을 추진하면서 자연기반해법을 연계하여 주기능 외에 여러 부기능을 달성하는 방안으로 다음과 같은 5개 세부 유형 과제를 도출함

#### ① 유형 1-1 과제

❍ 사업 추진 형태

- 신규 하수처리장 설치(지하) + 지상 자연기반해법(공원, 습지 등)

❍ 연동과제

- 국가물관리기본계획 이행과제 환경 분야 1-1-3-1 과제(유역·연안 특성을 고려한 맞춤형 하수처리시설 관리)

❍ 연동 방안

- 하수처리장 건설 시 하수처리 기능을 지하로 하고 지상에는 공원화 또는 습지화하여 탄소 흡수원, 여가공간, 생태공원, 물순환, 재이용 등을 고려함

❍ 필요성

- 하수처리장 신규 건설 시 처리장 지하화와 상부에 생태공간 조성 등 필요성을 제기
- 특히 환경기초시설이 혐오시설로 인식되어 입지가 어렵고 기존 입지도 민원 증가 등에 효율적으로 대처해야 함
- 일률적인 하수처리장 구성에서 벗어나 인구밀도, 지역주민 요구 등을 반영하여 자연기반 해법의 적용을 고려한 지역별 차별화된 시설을 설치해야 함

❍ 추진 내용

- 하수처리장 건설 시 처리시설을 지하화하고 상부에는 공원화 또는 습지 조성 등을 통해 수질 개선과 주민 친화공간으로 제공함과 동시 탄소흡수 기여함

❍ 제도 개선 사항

- 하수도법에 신규 하수처리장 건설 시 자연기반해법을 활용한 조성을 강조함

#### ② 유형 1-2 과제

❍ 사업 추진 형태

- 기존 하수처리시설 + 자연기반해법(생태수로, 생태습지 등)

❍ 연동과제

- 국가물관리기본계획 이행과제 환경 분야 1-1-3-1 과제(유역·연안 특성을 고려한 맞춤형 하수처리시설 관리)

❍ 연동 방안

- 하수도 고도화 및 관리 체계 강화, 하수처리 기능에 자연기반해법을 통해 추가적 영양염류 처리, 생태공간, 녹지공간, 재이용 등 고려

❍ 필요성

- 하수처리장 개선 시 수질 기준 달성에 중점을 둠과 동시에 자연기반해법을 활용한 영양염류 처리, 탄소흡수, 생태공간 등 통합적으로 검토해야 함

❍ 추진 내용

- 하수처리장 고도화와 동시 처리장 내 자연기반해법의 설치를 통해 영양염류 제거, 유지비용 절감, 방류수를 도시하천 건천화 예방 등에 활용
- 특히, 기존 노후 하수처리장을 재건축하거나 이전할 때에는 사전에 도시 물순환 구조 개선 등을 위해 지역 내 여건을 고려하여 처리장 내의 자연기반해법을 활용한 하수처리 방안을 검토해야 함
- 기존 하수처리장 부지에 처리장 방류수를 인근의 자연기반해법을 활용한 시설로 유입하여 고도처리 기능을 할 수 있도록 고려함
- 처리장의 처리 기능과 자연기반해법을 활용한 시설 설치를 통해 처리장과 자연기반해법 간의 연계 운영 등 통합적 관리를 고려함

❍ 제도 개선 사항

- 하수도법에 기존 처리장을 개선할 때에는 자연기반해법 기능을 강화하도록 하는 내용을 명시함

### ③ 유형 1-3 과제

❍ 사업 추진 형태

- 비점오염 저감사업 + 자연기반해법(저영향개발기법)

❍ 연동과제

- 국가물관리기본계획 이행과제 환경 분야 1-1-2-2과제(비점오염원 관리 강화)

❍ 연동 방안

- 기후변화 심화, 도시 개발 등 비점오염 관리 여건 변화에 따른 도시·농축산·산업 등 오염원별 특성에 부합한 자연기반해법을 활용한 비점관리가 필요함
- 통합물관리 기능으로는 비점오염 저감 기능에 불투수면적률 저감, 물순환율 향상, 도시열섬 저감, 탄소흡수원 확대, 도시침수 저감, 주민참여 환경관리 등

❍ 추진 내용

- 물순환 목표관리 및 월류하수 및 우수관리 강화 시 자연기반해법을 활용한 도시 물순환 정착을 위한 기법 적용을 추진
- 주민 참여형 발생원 관리 등을 통한 농축산 분야 비점오염원 저감을 위해 자연기반해법을 활용한 비점오염 저감시설의 설치 등
- 흙탕물저감사업, 광산 폐석유실방지사업 추진 시 자연기반해법을 활용한 토양 유실 저감 등 표토관리를

강화

- 비점으로 인해 유해물질의 유출 우려가 큰 제조 공장 집약 지역, 노후 산업단지에 자연기반해법을 활용한 저감 방안을 강화

❍ 제도 개선 사항

- 물환경보전법에 자연기반해법 적용 확대 및 강화

### ④ 유형 1-4 과제

❍ 사업 추진 형태

- 가축분뇨 공공처리시설 + 자연기반해법(생태수로, 완충녹지, 인공습지 등)

❍ 연동과제

- 국가물관리기본계획 이행과제 환경 분야 1-1-1-1(양분관리제 도입 등을 통한 가축분뇨 관리 체계 선진화)

❍ 연동 방안

- 가축분뇨 수질 정화 기능과 통합물관리 기능의 제고를 위해 자연기반해법을 활용한 녹지공간 확보, 탄소 흡수원 확보, 영양염류 순환, 주민참여 환경관리 등

❍ 필요성

- 축산업 대규모화, 폐기물 해양배출 금지 등에 따라 가축분뇨가 자원화 개념으로 전환되면서 퇴·액비 위주로 처리되었으나, 경작지 감소 및 과다영양으로 처리와 동시 자연기반해법을 활용한 가축분뇨 관리를 선진화해야 함

❍ 추진 내용

- 가축분뇨 퇴·액비, 화학비료의 과잉 살포에 따른 지표수·지하수 수질오염을 예방하기 위해 가축분뇨 처리와 동시 양분관리제 도입을 추진
- 가축분뇨나 퇴·액비 등 비료 양분(인, 질소)의 투입·처리를 발생-처리-배출 과정별 자연기반해법을 활용한 관리 강화

❍ 제도 개선 사항

- 가축분뇨법에 자연기반해법의 기능 강화

### ⑤ 유형 1-5 과제

❍ 사업 추진 형태

- 소규모 하수처리시설 + 자연기반해법(인공습지, 생태수로 등)

❍ 연동과제

- 국가물관리기본계획 이행과제 환경 분야 1-2-4-1(오염 취약 지역 지하수 수질관리 강화)

❍ 연동 방안

- 통합물관리 기능은 하수처리 기능 안정화, 탄소 흡수원, 생태공간, 주민 참여 환경관리 등임

❍ 필요성

- 소규모 환경시설과 지하수 수질 취약 지역(산업단지, 농촌 지역 등) 자연기반해법을 활용한 적극적 정화를 추진해야 함
- 오염 현황을 파악하고 원인 규명을 통해 지역별 특성에 맞는 지속가능한 자연기반해법을 활용한 오염저감 방안이 필요함

❍ 추진 내용

- 소규모 마을하수도의 자연기반해법을 활용한 기반시설의 관리 강화
- 농축산 지역의 지하수 수질 및 질산성질소 관리 방안 마련
  · 질산성질소 오염 지역에 대한 조사·평가 및 저감 방안 마련 및 시범사업 추진
- 오염 취약 지역의 사전·사후 자연기반해법을 활용한 관리 체계를 강화
  · 지하수 오염 취약 지역 등의 소규모 하수처리시설을 대상으로 자연기반해법을 활용한 선제적 오염관리를 추진

❍ 제도 개선 사항

- 하수도법에 소규모 하수도시설의 자연기반해법 기능을 강화

### (나) 제2유형 과제

❍ 유형 2과제는 자연기반해법을 활용한 유역 기반 통합물관리를 추진하기 위하여 복수의 물관리사업을 추진하면서 자연기반해법과 연계하는 유형

- 주기능인 여러 물관리 세부 사업을 수행하면서 자연기반해법을 연계 적용하여 각 사업의 주기능을 충족시키면서 동시에 여러 부기능을 달성하는 방안으로 다음과 같은 6개 과제를 도출함

#### ① 유형 2-1 과제

❍ 사업 추진 형태

- 물순환 기반 하수관로 조성사업(하수관로 정비사업, 자연기반해법을 활용한 저영향개발기법 비점오염 저감 사업)

❍ 연동과제

- 국가물관리기본계획 이행과제 환경 분야 1-1-3-1(유역·연안 특성을 고려한 맞춤형 하수처리시설 관리), 치수 분야 3-5-3-2(스마트 하수관로 관리시스템 구축)

❍ 연동 방안

- 통합물관리 기능으로는 하수관로 정비효과에 부가하여 비점오염 저감, 물순환율 제고, 불투수면적률 저감, 도심침수 저감, 도시열섬현상 저감 등을 위해 자연기반해법과 연계

❍ 필요성

- 기존 하수 배제 및 이송 목적으로만 설치 및 운영되는 하수관로 조성사업은 도시 물순환을 왜곡시켜 통합물

관리에 장해를 초래

- 기존의 배수 및 이송의 기능을 유지함과 동시에 도시물순환 개선, 비점오염원 저감 등의 기능을 하는 자연기반해법과 연계된 하수관로 정비사업을 추진하여 유역 통합적 물관리에 기여

❍ 추진 내용

- 유역 내 하수 및 우수 배제 중심의 관거사업과 자연기반해법 연계를 통해 물순환 기능 제고, 비점오염원 유출감소 등을 추진
- 하수관거시설과 유역의 자연기반해법 연계를 통해 유역 단위 물순환율 제고 등 유역 내의 하수도 관리 효율성을 제고
- 유역하수도 정비를 처리 또는 관거 중심에서 유역종합물관리 측면에서 "처리-이송-물순환-점-비점"을 통합적으로 고려한 연계 체계를 강화
- 하수관로 설치 및 유지 비용 절감, 방류수를 도시하천 건천화 예방 등에 활용
- 자연기반해법 시스템과 기존 하수도시설(빗물펌프장, 하수저류시설 등) 및 신규 대응시설과 연계

❍ 제도 개선 사항

- 하수도법과 물환경보전법의 연계와 자연기반해법의 기능 강화

### ② 유형 2-2 과제

❍ 과제 추진 방안

- 통합집중형 오염지류 개선사업(생태하천 복원, 비점오염 저감, 하수관로 정비, 하수처리시설 설치)

❍ 연동과제

- 국가물관리기본계획 이행과제 환경 분야 1-2-2-1(유역 단위 통합형 수질관리 체계 구축 및 참여형 거버넌스 구축)

❍ 연동 방안

- 복합 오염원이 집중된 오염지류 지역의 수질 개선, 수생태 개선, 하천유지용수 확보, 생활환경 개선, 주민 여가공간 확보, 생태공간 창출 등 자연기반해법을 활용한 통합물관리 추진

❍ 필요성

- 국민 물복지 향상을 위해 상수원 수질 개선의 중요성이 커지고 있으나, 주요 상수원에서의 수질 목표 달성률은 저조함
- 하천 수질 개선을 위해 상류의 가축분뇨, 농업비점 등 강우유출 오염원의 집중 관리 필요성이 증가
- 개별 사업 단위로 추진하는 오염원 관리사업은 광범위한 유역에서 발생하는 오염물질의 원인 규명과 정확한 저감조치가 필요함

❍ 추진 내용

- 소유역 단위로 오염원 종류·분포, 연속 수질 조사(강우 시/평상시)를 통해 오염유출패턴을 분석하고 관리기법 선정 및 환류

- 지역 특성에 따른 맞춤형 발생원 관리부터 하천 유입 전 유출수의 사후처리까지 전 과정에 걸쳐 자연기반해법을 활용한 지역 맞춤형 오염저감기법을 도입

❍ 제도 개선 사항

- 하수도법, 하천법, 수계법, 물환경보전법과의 연계 및 자연기반해법 기능의 강화

### ③ 유형 2-3 과제

❍ 과제 추진 방안

- 통합형 하천 정비사업(수변생태벨트 조성, 생태하천 복원사업, 제방 후퇴, 인공습지, 천변저류지)

❍ 연계 과제

- 국가물관리기본계획 이행과제 환경 분야 1-3-3-1(하천 지형의 자연성 회복 및 댐 홍수터 관리 강화), 환경 분야 1-3-2-2(하천 수리구조물 자연성 회복 추진)

❍ 연계 방안

- 통합물관리 기능인 하천 수질 개선, 수생태 건강성 확보, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천홍수 저감, 주민참여 환경관리 기능 제고 등에 자연기반해법 활용으로 추진

❍ 필요성

- 기후변화에 따른 자연재해(홍수 등)가 잦아짐에 따라 홍수 방어를 위한 하천 정비와 생태계 건강성 회복을 연계한 통합형 하천 관리사업을 추진해야 함
- 댐 저수구역은 육상생태계와 수생태계가 공존하는 전이지대로 생물다양성이 풍부하고 생태가치가 높은 공간이지만 무단경작 등으로 훼손되어 있어 생태계 건강성 회복이 필요함
- 전국 하천에 설치된 횡단구조물 중에서 용도 상실, 노후 시설물 방치로 자연성이 훼손된 하천을 개선해야 함
- 수생태계의 건강성 증진과 수질 개선을 위해 농업용 보 등 연속성을 훼손·단절시키는 횡단구조물의 체계적인 조사·평가 및 개선사업을 추진해야 함

❍ 추진 내용

- 홍수에 취약하고 생태계 건강성이 낮은 하천 구간 등 자연적 사행을 유도하고, 하상을 회복하기 위해 유사이동·공급 등의 자연기반해법을 활용한 조치 추진
- 댐 저수 구역의 생태계 복원사업의 기본 구상을 수립하고, 본격적인 사업에 앞서 생물서 식지 복원 및 개선을 포함한 자연기반해법을 활용한 시범사업을 추진
- 수생태계 연속성을 훼손하는 지방하천 내 용도 폐기된 하천 횡단구조물에 대한 기초·정밀조사 및 연속성 평가를 통해 관리 기준을 마련함
- 국가 주도 시범사업을 통해 수생태계 연속성 확보 사업의 정착·확산을 위한 자연기반해법을 활용한 사업모델을 개발

❍ 제도 개선 사항

- 하천법, 수계법과의 연계와 자연기반해법 기능의 강화

④ 유형 2-4 과제

❍ 과제 추진 방안

- 저수지 유역 수질 개선사업(자연기반해법을 활용한 농업용수 수질 개선,자연기반해법을 활용한 비점오염 저감사업, 자연기반해법과 연계한 소규모 하수처리시설)

❍ 연동과제

- 국가물관리기본계획 이행과제 기타 혁신 3-2-3-1(사용자 중심의 물 기반시설 안전 문화 확산), 기타 분야 5-1-2-1(유지관리·성능평가기준 마련), 기타 분야 5-1-3-1(관리계획 이행 모니터링 및 기반시설 관리 의사결정 지원 체계 마련)

❍ 연동 방안

- 통합물관리 기능으로는 저수지 수질 개선, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천유지용수 확보, 주민참여 환경관리 기능 등에 자연기반해법을 활용한 추진을 확대

❍ 필요성

- 농업용 저수지 하류부의 여건 변화(농경지 → 도시화)에 따라 저수지 인접 주민의 농업용 저수지 환경정보에 대한 관심이 증가
- 자연기반해법을 활용한 환경사업의 추진으로 수질 개선, 생활환경 개선, 안전 등을 추진해야 함
- 물 관련 기반시설의 유지관리와 성능 개선에 대한 국민 요구 수준을 충족시키고 환경생태관리 수준을 확보해야 함

❍ 추진 내용

- 농업용 수리시설의 자연기반해법을 활용한 수질·수량·안전 관리사업을 추진
- 농업용 저수지의 유지관리와 성능 개선 시행 기준 설정을 위한 저수지 유지관리 및 저수지 성능 개선 시 자연기반해법을 활용한 사업을 확대

❍ 제도 개선 사항

- 농어촌정비법, 물환경보전법, 하수도법의 연계와 자연기반해법의 기능 강화

⑤ 유형 2-5 과제

❍ 추진 방안

- 도시 물순환 구축사업(자연기반해법을 활용한 비점오염 저감사업, 자연기반해법 연계 재해위험지구정비사업)

❍ 연동과제

- 국가물관리기본계획 이행과제 환경 분야 1-1-2-1(물순환목표제 정착을 위한 이행 기반 마련), 치수 분야 3-2-5-2(소하천 관리 강화)

❍ 연동 방안

- 통합물관리 기능으로는 불투수율 저감, 도시 침수 저감, 수질 개선, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천유지용수 확보, 주민참여 환경관리 기능 등을 위해 자연기반해법 활용을 확대

- 불투수면 증가와 물순환 훼손에 대응하여 자연기반해법을 활용한 하천관리사업과 연계

❍ 필요성

- 비점오염원 설치신고 시 저영향개발기법을 포함한 저감계획을 수립해야 하지만 규모 기준이 없어 신고자는 최소 규모만 갖춰 신고 등 물순환목표 달성을 위한 제도적 기반이 미흡함
- 국가에서 관리하는 국가하천에 비하여 지방자치단체에서 관리하는 소하천의 정비율이 낮아 태풍·집중호우 등의 재해에 대응해야 함
- 소하천 정비사업 재정이 지방으로 이양되었고, 소하천은 대부분 재정력이 약한 소도시에 위치하는 경우가 많아 자연기반해법을 활용한 저비용 고효율 정비가 필요함

❍ 추진 내용

- 저영향개발기법 보급·확대 방안 마련 등 물순환관리 관련 규정 및 업무 체계 정비
- 비점오염원 설치신고 시 자연기반해법을 활용한 저영향개발기법의 적용 규모 기준을 마련함
- 환경영향평가사업장에 대한 자연기반해법을 활용한 저영향개발기법의 적용 규모 마련을 위한 연구 추진
- 소하천 정비가 시급한 소하천을 대상으로 자연기반해법을 활용한 정비 추진, 재해예방력을 제고함

❍ 제도 개선

- 물환경보전법, 자연재해대책법 연계와 자연기반해법 기능 강화

### ⑥ 유형 2-6 과제

❍ 추진 방안

- 기저유출 수질 개선사업(수변생태벨트, 천변 저류지, 생태벨트)

❍ 연동과제

- 국가물관리기본계획 이행과제 환경 분야 1-1-5-2(유역 단위 지하수 수질관리 전략 마련), 환경 분야 1-2-4-1(오염 취약 지역의 지하수 수질관리 강화)

❍ 연동 방안

- 통합물관리 기능으로 하천 수질 개선, 녹조 저감, 탄소 흡수원 확보, 생태공간 창출, 하천유지용수 확보, 주민참여 환경관리 기능, 홍수 저감 등에 자연기반해법을 적용

❍ 필요성

- 통합물관리 정책 방향에 부합하는 유역 단위 지하수 수질관리 기반 전략 및 이행 체계를 구축해야 함
- 기존 지하수 관정의 용도별 수질 기준이 아니라 유역 단위 지하수체에 대한 목표 수질 기준을 마련하여 사전 예방적인 지하수 수질관리를 실현함
- 지하수 수질이 취약한 지역(산업단지, 농촌 지역 등)에 대한 관리를 강화하여 해당 지역에서 지하수를 이용하는 주민들의 불안감을 해소해야 함
- 지하수 오염 현황을 파악하고 원인 규명을 통해 지역별 특성에 맞는 오염 저감 방안을 마련해야 함

○ 추진 내용

- 지하수 수질·수량 관리 고도화 및 유역 단위 지하수 관리를 위한 목표 수질 설정, 평가·관리 방안 마련
- 유역 단위 목표 수질 달성을 위한 자연기반해법을 활용한 유역 지하수 수질관리 전략 및 이행 방안 마련, 시범사업 추진
- 지하수 오염 취약 지역 등에 대한 선제적 오염관리 추진 등 자연기반해법을 활용한 오염 취약 지역의 사전·사후 관리 체계를 강화

○ 제도 개선 사항

- 지하수법, 물환경보전법, 하천법과의 연계와 자연기반해법 기능의 강화

### (2) 자연기반해법의 활용 확대를 위한 제도 개선

○ 앞에서 자연기반해법의 국가기본계획 이행과제와의 연계 방안, 필요성, 추진 내용 등과 제도 개선 필요 부문 확인

- 이를 기반으로 제도 개선을 위한 법/제도/지침 개정 방향을 정리하면 다음 표와 같음
- 물순환 관련하여 가장 기본이 되는 물환경보전법 물순환 확대, 비점오염원, 축산오염 관리 등 분야이고 그 외 하수도법, 하천법 등 관련 개선 사항임

**표 4.27 통합물관리를 위한 자연기반해법 제도 개선 방향**

| 관련 법 | 자연기반해법을 활용한 통합물관리를 위한 관련 법/제도/지침의 개정 방향 도출 |
|---|---|
| 물환경보전법 | • 유역 내 저류공간, 물순환 확대(그린인프라, 저영향개발기법 등) |
| | • 수변구역에 수변생태벨트를 조성 |
| | • 자연기반해법을 활용한 비점오염원 관리 확대 |
| | • 농업 및 축산비점 관련 거버넌스 관리 강화(생태계서비스 지불제 확대) |
| | • 자연기반해법을 활용한 물환경 관리시설의 공공근로와의 연계 강화 |
| | • 물, 생태 및 역사와 연계한 지역 축제 지원 확대 |
| | • 물 연계 탄소중립, 생태교육, 물관리 교육 강화 |
| 하수도법 | • 소규모 처리시설의 자연기반해법 전환 및 연계 |
| | • 하수처리시설의 분산화 및 자연기반해법 연계 |
| | • 도심 침수 연계 하수도시설과 그린인프라(또는 저영향개발기법)의 연계(하수도 정비 중점관리 지역 개선) |
| | • 공공하수도의 구조에 관한 기술적 기준 개정 |
| 수도법 | • 지방상수원 확보 |
| 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 (물재이용법) | • 하천 재이용과 연계한 자연기반해법을 활용한 소규모 하수처리시설 |
| | • 하천 유지용수와 연계한 하수처리시설 분산화 |
| 하천법 | • 자연기반해법을 활용한 홍수터 복원, 천변저류지 조성 등 |
| | • 하천 상·중·하류별 기후변화 대응 능력의 강화 |
| | • 도심 침수 저감 그린인프라의 확대 |

| 관련 법 | 자연기반해법을 활용한 통합물관리를 위한<br>관련 법/제도/지침의 개정 방향 도출 |
|---|---|
| | • 하천 구역 행위 제한 개선(하천 점용 허가 기준 개선) |
| | • 자연기반해법을 활용한 하천 정비사업의 근거 규정 등 |
| | • 하천시설물의 자연기반해법을 활용한 기후변화 적응력을 강화 |
| 물관리 기술 발전 및 물산업 진흥에 관한 법률<br>(물산업진흥법) | • 자연기반해법과 연계한 물산업을 확대 |
| | • 분산형 물관리시설로 안전성 확보 및 고도화된 물산업 육성 |
| 수계법 | • 하천법의 하천 구역과 수변 구역을 연계한 자연기반해법의 구축 |
| 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치 기준에 관한 규칙<br>(도시계획시설규칙) | • 도시군계획시설에 비점오염원관리시설을 반영 |
| 도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률 (도시숲법) | • 가로수 사업 수행 시 물순환과 연계 |
| 지하수법 | • 지하수의 수질관리 강화(지표수-지하수 연계) |
| | • 공공수역 기저유출 관리를 위한 자연기반해법 조성(수변생태벨트 등) |
| 농어촌정비법 | • 농업 지역에서 자연기반해법을 활용한 물순환을 강화 |
| | • 지하수 수질과 연계한 농업기반시설 조성 및 관리 |
| | • 농어촌기반시설의 자연기반해법과의 연계성을 강화 |
| | • 농업용수 이용 및 비용 체계의 개선으로 재이용을 활성화 |
| | • 농업과 하천 사이에 완충녹지를 조성 |

### (3) 『물순환 촉진법』의 제정으로 자연기반해법의 활용을 확대

❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리의 추진을 확대하기 위해서는『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』을 제정해야 하며, 이를 통하여 수량, 수질, 재이용, 수생태계 건강성 확보 등의 효과를 거둘 수 있음

- 자연기반해법과 연계한 통합물관리사업 유형 1은 현행 개별법의 국고보조 지침 개정이나 설계 지침 개정을 통하여 추진할 수 있음
- 그러나 유형 2사업은 복수의 개별법을 상호 연계하여 추진하여야 하는 자연기반해법 활용 유역 기반 통합물관리사업이기에 물순환 촉진법이 필요함

### (4) 『국토관련법』 및 『농림관련법』에서 자연기반해법 적용을 확대

#### (가) 국토 관련법에서의 자연기반해법 적용

① 계획 중심-공간계획 수립 지침과 물관리 관련

❍ 도시군기본계획 수립 지침, 관리계획 수립 지침 및 지구단위계히 수립 지침에 물순환 등 관련 조항이 다수임

- 도시군관리계획 수립 지침 내 토양포장률, 불투수면, 물순환, 유출량, 비점오염원 등의 조항

❍ 공간계획 수립 지침을 통한 계획 수립 시 통합물관리, 소유역 차원 관리, 물순환, 빗물 관리 등의 개념이 혼재되어 위상이 정립되지 않고 정량적 기준이 없음

❍ 물 관련 계획과의 연계성 강화(제도, 기준, 연계 가이드라인 등 필요)

- 특히, 정량적 기준 미비 및 공간과 물관리 연계 정형화 모델 부재
- 공간계획 수립 시 물관리 연계 강화 계획 수립(안)을 제안해야 함
- 공간계획에 기반한 통합물관리(소유역 단위)사업 모델의 개발과 시범 사업이 필요함

### ② 시설 중심-도시군계획시설의 결정구조 및 설치 기준에 관한 규칙과 물관리 관련

❍ 제1장 총칙의 제8조의3(자연 상태의 물순환 회복)

: "도시·군계획시설은 물이 스며들지 않는 표면에서 발생하는 빗물 유출을 최소화하여 자연상태의 물순환 회복에 이바지할 수 있도록 결정해야 한다." 등을 강조해야 함

❍ 도시군계획시설 중 빗물순환 및 유출 최소화 관련 명시 시설

- 제12조1항5호(도로의 구조 및 설치에 관한 일반적 기준), 제14조의3의1항8호(보도의 구조 및 설치 기준), 제19조8호(보행자전용도로의 구조 및 설치 기준), 제19조의3의6호(보행자 우선도로의 구조 및 설치 기준), 제21조1항1호(자전거전용도로의 구조 및 설치 기준), 제30조1항5호(주차장의 결정 기준 및 구조설치 기준), 제51조10호(광장의 구조 및 설치 기준), 제58조1항8호(유원지의 구조 및 설치 기준), 제61조4호(공공공지의 구조 및 설치 기준), 제64조1항5호의2(유통업무설비의 구조 및 설치 기준), 제89조1항16호(학교의 결정 기준), 제95조1항13호(공공청사의 결정 기준 및 구조 설치 기준), 제101조1항4호(체육시설의 구조 및 설치 기준), 제152조7호(종합의료시설의 결정 기준)

❍ 도시군계획시설 규칙 환경기초시설 〉 수질오염방지시설 〉 비점오염저감시설 체계에서 비점오염저감시설에 물순환 관리를 위한 저영향개발기법 적용시설의 포함 여부를 검토해야 함

### ③ 국토 관련 법에서의 제도 개선 제안

❍ 도시공간계획 – 물관리계획 – 시설 관련 법, 제도 연계성 검토 및 강화

- 개발 시 도시계획수립지침 물 관련 조항과 물순환관리지표(불투수면, 물순환율 등) 연계 강화

❍ 도시재생, 도시 침수, 하수도 + 저영향개발기법 연계 사업 추진

- 건물 단위 접근의 한계로 지역 공간 단위 시너지를 내는 자연기반해법 계획, 조성 및 관리 필요
- 빗물유출부담금 등 원인자 책임제도

❍ CSO 관리를 위한 자연 기반의 빗물관리사업 확대

- 자연기반해법을 활용한 도시환경 쾌적성과 건강성 등을 평가하는 사업을 추진

❍ 공간 + 저영향개발기법 + 유출 지하수 연계 사업 확대

❍ 공간 + 수열원 연계 사업의 다양화

❍ 공간-물-지하수-그린수소 연계 사업 강화(제주도 등)

❍ 공간-물-안전-복지-일자리-에너지-산림 등 다부처 자연기반해법 융복합 사업

- 리빙랩사업으로 연구자, 공공기관, 사업체, 산업, 지방정부 연결

- Co-design, 사회적 농업, 녹색경제, 호우와 해안 보호 도시 하이브리드 등

❍ 소유역 등 단위 유역 공간 내 자연기반해법 물관리 총량, 지표, 기준 및 관리 방안 개발·적용

### (나) 농림관련법에서의 자연기반해법 적용 확대

#### ① 개별 사업의 자연기반해법 적용 확대 방안

❍ 농촌 물순환 사업모델의 정립

- 스마트 관수로화, 하천수 재이용, 자연형 소류지, 팜폰드 조성 등 상-중-하류부 용수의 이용·재활용 극대화를 생산 기반 정비사업에 적용

❍ 농촌 물순환 체계 구축사업으로 건전한 물순환 촉진과 동시 농업생산성 향상 및 탄소 저감

- 개수로·흙수로 개선을 통한 용수 사용량 및 효율성 개선
- 스마트 관수로화, 팜폰드 설치 등 물 절약(탄소중립), 생태계의 보전 및 공존

❍ 저수지를 활용한 천변저류지 조성으로 하류부 홍수 저감, 수질 개선 효과, 자연 어메니티 증진효과가 발생

- 농경지의 도시화로 인한 개발 등 시설 폐지된 저수지 활용 천변 저류지 조성
- 제방 후퇴 및 제방 재배치 등을 통해 생태습지 및 친수공간을 조성하여 기능성 증진 및 경관성 회복 등을 도모

❍ 팜폰드 조성사업의 추진

- 자연 융합형 팜폰드 조성: 용수 공급량의 안정적인 확보 및 농업생태계 생물다양성 증가로 환경 개선, 용수 효율화
- 다기능 생태습지 팜폰드 조성사업: 생물다양성 확보 및 오염원 저감, 친수 어메니티 증진 등 농촌 물환경을 개선

#### ② 권역 단위의 자연기반해법 적용 확대 방안

❍ 홍수 조절용 저류지의 기능 개선 및 활용

- 홍수 이후의 용수 활용 방안 마련 등

❍ 지역 특성을 반영한 배수 개선사업의 시행

- 환경 파괴 요소를 줄이고 자연 친화적 시공 방법을 고려

❍ 지표 수자원 이용률을 높이기 위한 활용 방안

- 지하수 의존도의 저감, 재배작물의 변화에 대응

❍ 대체 수자원의 개발 및 활용 계획

- 하천수, 저류지, 인공함양 및 용천수 활용 등

❍ 저수지 수질 개선사업 추진

- pH 안정화 및 수생식물을 활용한 녹조 저감 방안 등

③ 농림 관련법에서의 제도 개선 제안

❍ 정비사업에 대한 자연기반해법 적용의 의무화, 지역주민의 거버넌스 구축 등 제도적 보완이 필요함

- 자연을 중심으로 한 법·제도적 장치 보완 및 시민의식 향상을 통한 수혜민, 지역공동체(거버넌스)의 사업 시행 시 자연기반해법이 고려된 의사결정에 동참해야 함

❍ 환경영향평가의 적용 대상에서 제외되는 소규모 지구의 자연기반해법 적용 한계를 극복해야 함

- 소규모 지구의 특성상 단일 기능의 회복, 이행을 위한 효용성을 강조
- 법률에서 의무사항으로 정하는 사업의 규모보다 작은 소규모 단위 사업의 사업계획을 수립할 때 자연기반해법, 친환경성 등 자연 친화성 기능을 강조

❍ 농업생산 기반 정비계획(물 이용·안전·환경)의 복합적 이행을 통해 자연기반해법 기능을 강화

❍ 재해재난, 고령화 등 문제 해결을 위한 중심 기능 수행 시 자연기반해법을 고려한 보조 기능 강화

- 계획, 시공, 유지관리 시 친환경적 요소의 반영을 통해 자연 공존 사업 체계를 유지함

❍ 수질 개선사업 등 자연환경 기능 확보 및 보존성 사업의 자연기반해법 적용을 통한 기능 강화

❍ 농업생산 기반 정비사업의 신규 사업 개발, 연구용역 수행 시 친환경 등 자연기반해법을 고려

- 자연과 사람의 공존을 위한 농업생산 기반 정비사업의 자연기반해법 적용의 점진적 확대를 고려

## 4.4 자연기반해법 활용 물관리사업과제 로드맵 방안

❍ 국가물관리기본계획 이행과제 중에서 자연기반해법과 연계할 수 있는 과제를 도출하였고, 여기에서는 도출한 자연기반해법 활용 물관리과제에 대한 로드맵을 제시함

❍ 이들 과제는 국가물관리기본계획(2021년 6월) 및 이행계획 과제로 5년마다 자연기반해법이 추진되어 통합물관리의 달성에 기여

### (1) 유형별 과제 도출

(가) 제1유형 과제

① 유형 1-1 과제

❍ 하수처리장 건설 시 지하화 추진 및 상부는 주민 친화형 시설 유도 등 제도적 기반 마련

- 지역 환경에 영향이 큰 도심지 인근 처리장을 중심으로 처리장을 신설할 때 주민 친화형 자연기반해법 활용 추진

❍ 하수처리장 신설 시 지하화 하수처리장의 설치 방안 검토

- 하수처리장 재건축 또는 신설하고자 할 때에는 도시 물순환 구조 개선 등을 위해 지역 내 여건을 고려하여 처리시설을 지하화하고 상부에는 자연기반해법을 활용한 시설과의 연계 방안을 검토

| 국가물관리기본계획 이행계획 | 분야 | 환경 분야 1-1-3-1 과제 |
|---|---|---|
| | 과제명 | 유역·연안 특성을 고려한 맞춤형 하수처리시설 관리 |
| 자연기반해법을 활용한 사업 추진 형태 | 신규 하수처리장 설치(지하) + 지상 자연기반해법(공원, 습지 등) | |

| 추진 내용(또는 도출 과제명) | 추진 일정 |
|---|---|
| • 주민 친화형 하수처리장의 건설 기반 마련<br>• 처리시설 지화하와 자연기반해법을 활용한 지상공간의 주민 친화형 유도 방안 | 2023년~계속 |

② 유형 1-2 과제

❍ 하수도 정비 및 개선 계획 수립 시 방류수 수질 기준을 강화함과 동시에 자연기반해법을 활용한 생태수로와 생태습지와의 연계 기반을 마련

- 영양물질 영향이 큰 처리장 중심으로 자연기반해법을 활용한 방류수 수질 개선 고도화 추진

❍ 하수처리장 개선 시 자연기반해법 활용의 확대 적용을 검토

- 기존 노후 하수처리장을 재건축 또는 이전하고자 할 때에는 도시 물순환 구조 개선 등을 위해 자연기반해법을 활용한 분산형 하수처리 방안을 검토

| 국가물관리기본계획 이행계획 | 분야 | 환경 분야 1-1-3-1 과제 |
|---|---|---|
| | 과제명 | 유역·연안 특성을 고려한 맞춤형 하수처리시설 관리 |
| 자연기반해법을 활용한 사업 추진 형태 | 기존 하수처리시설 + 자연기반해법(생태수로, 생태습지 등) | |

| 추진 내용(또는 도출 과제명) | 추진 일정 |
|---|---|
| • 하수처리장 고도화 시 자연기반해법을 활용한 생태수로 및 생태습지 연계 방안<br>• 하수처리장 개선 시 분산형 설치 및 자연기반해법으로 시설 보강 | 2023년~계속 |

③ 유형 1-3 과제

❍ 도시지역의 물순환 개선 및 강우유출수 저감 등 자연기반해법을 활용한 도시 비점오염원관리

- 도시물순환 목표제의 정착을 위한 추진 기반 마련

❍ 농업비점발생원 관리, 저감시설 설치 등 자연기반해법을 활용한 비점오염관리

- 배수장 인근 인공습지의 배수 체계와 연계한 비점오염저감시설의 설치를 추진
- 고랭지 농업 지역의 완충식생대 조성 등 농업비점오염원 집중관리사업의 확대

❍ 산림 및 폐광산의 토양유실 저감 등 자연기반해법을 활용한 표토관리 강화

- 고랭지 경작지에 대한 흙탕물 저감사업의 지속적인 추진으로 탁수 저감
- 광해방지사업 수행 시 자연기반해법을 활용한 폐석유실방지 및 수질 정화사업 추진

❍ 자연기반해법을 활용한 노후산단의 물순환 제고 및 비점오염 관리 강화

- 스마트 생태공장 구축사업을 시행할 때 자연기반해법을 활용한 비점오염저감사업 분야도 함께 지원함
- 노후 산단 등 비점관리의 필요성이 큰 지역을 대상으로 자연기반해법을 활용한 비점오염관리를 위한 지원 확대

| 국가물관리기본계획 이행계획 | 분야 | 환경 분야 1-1-2-2 과제 |
|---|---|---|
| | 과제명 | 비점오염원 관리 강화 |
| 자연기반해법을 활용한 사업 추진 형태 | 비점오염 저감사업 + 자연기반해법(저영향개발기법) | |

| 추진 내용(또는 도출 과제명) | 추진 일정 |
|---|---|
| • 도시 지역 물순환 개선 및 강우유출수 저감 등 자연기반해법을 활용한 도시비점을 관리함<br>• 주민 참여형 농업 축산 부문 비점을 집중관리함<br>• 고랭지 및 폐광 지역에서 자연기반해법을 활용한 비점관리사업을 확대<br>• 노후산단 자연기반해법을 활용한 물순환 및 비점오염물질 관리를 강화 | 2023년~계속 |

④ 유형 1-4 과제

❍ 자연기반해법을 활용한 가축분뇨 관리 세부 지침(안) 마련 및 시범사업 추진

❍ 지역별 가축분뇨 처리 여건 분석을 통해 자연기반해법을 활용한 양분관리를 확대

| 국가물관리기본계획 이행계획 | 분야 | 환경 분야 1-1-1-1 |
|---|---|---|
| | 과제명 | 양분관리제 도입 등을 통한 가축분뇨 관리 체계 선진화 |
| 자연기반해법을 활용한 사업 추진 형태 | 가축분뇨 공공처리시설 + 자연기반해법(생태수로, 완충녹지, 인공습지 등) | |

| 추진 내용(또는 도출 과제명) | 일정 |
|---|---|
| • 자연기반해법을 활용한 가축분뇨 관리 기반 구축 및 시범사업 추진<br>• 지역별 가축분뇨 처리 여건 분석을 통해 자연기반해법을 활용한 양분관리를 확대 | 2023년~계속 |

⑤ 유형 1-5 과제

❍ 오염 취약 지역의 소규모 하수처리장을 대상으로 자연기반해법을 활용한 사전·사후 관리 체계를 강화

- 소규모 하수처리장에 대한 자연기반해법을 활용한 기술 지침 마련 등 지원사업 추진
- 노후 소규모 하수처리시설 기술진단 및 자연기반해법을 활용한 오염 저감 시범사업을 추진

| 국가물관리기본계획 이행계획 | 분야 | 환경 분야 1-2-4-1 |
|---|---|---|
| | 과제명 | 오염취약지역 지하수 수질관리 강화 |
| 자연기반해법을 활용한 사업 추진의 형태 | 소규모 하수처리시설 + 자연기반해법(인공습지, 생태수로 등) | |

| 추진 내용(또는 도출 과제명) | 추진 일정 |
|---|---|
| • 오염 취약 지역의 소규모 하수처리장을 대상으로 자연기반해법을 활용한 사전·사후 관리 체계를 강화 | 2024년 이후 |

### (2) 제2유형 과제

① 유형 2-1 과제

❍ 자연기반해법을 활용한 하수도 정비·개선을 추진하여 하수 이송과 동시에 유역 물순환 제고, 비점 오염원 관리 강화 등을 연계 추진

❍ 하수관거 정비 시 도시 물순환 구조 개선 등을 위해 지역 내 여건을 고려하여 자연기반해법을 활용한 분산형 하수관리 검토

| | | |
|---|---|---|
| 국가물관리기본계획 이행계획 | 분야 | 환경분야 1-1-3-1<br>치수분야 3-5-3-2 |
| | 과제명 | • 유역·연안 특성을 고려한 맞춤형 하수처리시설 관리<br>• 스마트 하수관로 관리시스템 구축 |
| 자연기반해법을 활용한 사업추진 형태 | 물순환 기반 하수관로 조성사업<br>(하수관로정비사업, 자연기반해법을 활용한 저영향개발기법 비점오염저감사업) | |

| 추진내용(또는 도출 과제명) | 추진일정 |
|---|---|
| • 하수관거 정비 시 자연기반해법을 활용한 관거정비 연계<br>• 분산형 하수처리와 자연기반해법을 활용한 물순환 연계 관리방안 추진 | 2023년~계속 |

### ② 유형 2-2 과제

❍ 지역 거버넌스 중심 오염 발생원 저감 및 직접 관리사업 추진

- 주민참여 거버넌스의 구축·운영, 농업 최적관리기법 도입, 마을환경 개선 활동, 오염 저감 실천 교육 등 (2020~2024년)

❍ 사업 대상지의 지역 특성을 반영한 자연기반해법을 활용한 물환경관리기법 검토 등을 통한 유역 오염 저감 추진

❍ 자연기반해법을 활용한 인공습지 등 조성 및 배출수 순환관개시스템(농업용수 재이용)을 구축

| | | |
|---|---|---|
| 국가물관리기본계획 이행계획 | 분야 | 환경분야1-2-2-1 |
| | 과제명 | 유역단위 통합형 수질관리체계 구축 및 참여형 거버넌스 구축 |
| 자연기반해법을 활용한 사업추진 형태 | 통합집중형 오염지류 개선사업<br>(생태하천복원, 비점오염저감, 하수관로정비, 하수처리시설 설치) | |

| 추진내용(또는 도출 과제명) | 추진단계 |
|---|---|
| • 소유역 중심 오염원인 확인과 관리를 위한 거버넌스 구축<br>• 정밀진단을 통한 자연기반해법을 활용한 지역 맞춤형 오염저감방안 | 2023년~계속 |

### ③ 유형 2-3 과제

❍ 통합형 하천관리사업 대상지를 조사·분석하여 기본계획을 수립하고, 우선순위를 선정하여 단계적으로 사업 추진

❍ 생태계 훼손이 심하고 복원사업 효과가 큰 댐 저수 구역에 자연기반해법 시범사업을 추진하고, 생태계 복원사업 기본 구상을 수립하여 사업을 단계적으로 시행

❍ 용도가 상실·방치된 하천 횡단구조물을 대상으로 단계별 시범사업을 추진

| | | |
|---|---|---|
| 국가물관리기본계획 이행계획 | 분야 | 환경분야 1-3-3-1<br>환경분야 1-3-2-2 |
| | 과제명 | • 하천 지형의 자연성 회복 및 댐 홍수터 관리 강화<br>• 하천 수리구조물 자연성 회복 추진 |
| 자연기반해법을 활용한 사업추진 형태 | 통합형 하천정비사업<br>(수변생태벨트조성, 생태하천복원사업, 제방후퇴, 인공습지, 천변저류지) | |

| 추진내용(또는 도출 과제명) | 추진일정 |
|---|---|
| • 통합형 하천관리사업 시범사업 및 본사업 추진(계속)<br>• 댐유역 생태계 복원사업 단계별 시행<br>• 하천 연속성 확보 시범사업 추진 | 2024년~계속 |

④ 유형 2-4 과제

❍ 소규모 물 기반시설의 물 기반시설 유지관리 기준 달성률 등 관리 지표 개발

| | | |
|---|---|---|
| 국가물관리기본계획 이행계획 | 분야 | 기타 혁신 3-2-3-1<br>기타 분야 5-1-2-1<br>기타 분야 5-1-3-1 |
| | 과제명 | • 사용자 중심의 물 기반시설 안전 문화 확산<br>• 유지관리·성능평가 기준 마련<br>• 관리계획 이행 모니터링 및 기반시설 관리 의사결정 지원체계 마련 |
| 자연기반해법을 활용한 사업추진 형태 | 저수지 유역 수질개선사업<br>(자연기반해법을 활용한 농업용수 수질개선, 자연기반해법 기능 비점오염저감사업, 자연기반해법 연계 소규모 하수처리시설) | |

| 추진내용(또는 도출 과제명) | 추진단계 |
|---|---|
| • 소규모 물 기반시설의 물 기반시설 유지관리기준 달성율 등 관리지표 개발<br>• 농업용 수리시설의 자연기반해법 기반 수질, 수량, 안전 관리사업 추진 | 2024년 |

⑤ 유형 2-5 과제

❍ 저영향개발기법의 보급·확대 방안 마련 등 물순환관리 관련 규정 및 업무 체계의 정비

- 도시개발, 산단 조성 등 개발계획 수립 단계부터 저영향개발기법의 적용 의무화를 위한 부처별 관련 규정을 제·개정

❍ 환경영향평가 사업장의 자연기반해법을 활용한 저영향개발기법의 시행 기준 부여 및 환경영향평가사업장에 대한 저영향개발기법 적용(안) 마련

❍ 정비가 시급한 소하천 대상으로 자연기반해법을 활용한 재해예방사업 포함·추진

| | | |
|---|---|---|
| 국가물관리기본계획 이행계획 | 분야 | 환경분야 1-1-2-1<br>치수분야 3-2-5-2 |
| | 과제명 | • 물순환목표제 정착을 위한 이행기반 마련<br>• 소하천 관리 강화 |
| 자연기반해법을 활용한 사업추진 형태 | 도시 물순환 구축사업<br>(자연기반해법을 활용한 비점오염저감사업, 자연기반해법 연계 재해위험지구정비사업) | |

| 추진내용(또는 도출과제명) | 추진일정 |
|---|---|
| • 저영향개발기법 보급확대를 위한 관련규정 개정 추진<br>• 물순환목표 이행사항 중간평가(관리목표 타당성 재검토)<br>• 재해예방사업을 통한 소하천정비 추진 | 2023년~계속 |

⑥ 유형 2-6 과제

❍ 유역별 지하수 수질 상태 평가·관리 기준 방안 마련

- 지하수 수질 상태 평가·관리 방안 마련, 단위 유역 및 단위 유역별 목표 기준 설정 시범사업 추진

❍ 유역별 지하수 수질관리 이행 방안 마련

- 유역별 목표 지하수 수질 이행평가·지하수 수질 관리 구역 재설정 등 유역 단위 지하수 평가·관리를 위한 이행 방안 마련 및 시범사업 추진

❍ 대규모 농축산 지역의 질산성질소 관리 개선을 추진

- 질산성질소 저감 방안 마련, 오염 지역 시범사업 추진 등

❍ 오염 취약 지역의 사전·사후 관리 체계를 강화

- 지하수 오염물질(인공 및 자연 기원) 관리(발견, 신고, 정화 등 대응 체계) 개선

| | | |
|---|---|---|
| 국가물관리기본계획 이행계획 | 분야 | 환경분야1-1-5-2<br>환경분야1-2-4-1 |
| | 과제명 | • 유역단위 지하수 수질관리 전략 마련<br>• 오염취약지역 지하수 수질관리 강화 |
| 자연기반해법을 활용한 사업추진 형태 | 기저유출 수질개선사업(수변생태벨트, 천변저류지, 생태벨트) | |

| 추진내용(또는 도출과제명) | 추진단계 |
|---|---|
| • 유역별 지하수 수질 상태 평가관리 방안 마련 연구<br>• 유역별 지하수 수질관리 이행방안 마련 연구<br>• 지하수 중 질산성질소 관리 개선 추진<br>• 오염취약지역 관리체계 강화 | 2025년~계속 |

# 5 물관리 분야별 자연기반해법 활용 확산을 위한 정책과제 발굴

## 5.1 물관리 여건 변화를 반영한 물관리 정책 방향

❍ 기후변화는 가뭄과 홍수의 발생빈도를 증가시키고, 경제발전과 국민의 환경 인식 변화는 물에 대한 통합적 관리와 종합적 서비스를 원하고 있으며, 물관리 일원화 및 물관리기본법 시행은 유역 기반의 통합물관리를 요구

- 기후변화와 극한기후로 인하여 물관리의 어려움이 증가함
- 도시화 및 농업 지역 토지 이용 고도화로 인하여 불투수면적률 증가와 물순환 왜곡
- 탄소배출량의 지속적 증가로 탄소 흡수원 요구 증가
- 경제발전으로 인하여 국민의 환경인식이 크게 개선됨
- 물관리 기술의 발달로 친환경 물산업 수요가 발생함
- ICT 기술의 발달로 물관리의 관리 효율성을 향상
- 물관리 분야의 탄소중립 연계를 위한 자연기반해법 기술 수요의 증가
- 물관리일원화로 통합물관리의 필요성이 제기됨
- 물관리기본법의 시행으로 유역 기반의 통합물관리 가능성이 높아짐

❍ 기후적 요인, 물에 대한 인문학적 요인과 기술적 요인의 변화는 물관리 정책을 크게 변화시키고 있으며, 아래와 같이 자연기반해법을 활용한 유역 통합물관리가 중요한 시대에 도달함

- 기존 '선(line)' 중심의 물관리를 '면(areal) 중심 물관리로 전환'
- "자연기반해법으로 탄소중립, 수생태계 건강성 확보, 주민 참여 수질관리 등 통합물관리"(수변생태벨트, 인공습지, 그린인프라, 저영향개발기법 등)

- “센서 및 ICT 활용의 확대로 데이터 생산 확대 및 과학 기반 국고보조사업” 추진
- 유역 축산 기인 지하수 영향 규명과 지하수 및 지표수 연계관리 추진
- 사후관리 치중 녹조관리를 통합물환경관리 차원 사전 녹조관리로 전환(근원물질(N, P)의 사전관리)
- 인구소멸 지역의 물환경관리 정책 개선(홍수터 복원, 제방 후퇴, 둠벙 복원 등)으로 수질관리를 추진
- 유역 내 하수처리시설 분산화 및 자연기반해법과의 연계로 재이용 효율성을 향상
- 유역 주민이 참여하는 환경관리를 추진

## 5.2 국가물관리계획 주요 전략별 자연기반해법 적용 방안

❍ 「물관리기본법」제27조 제2항에 따라 환경부장관은 5년마다 국가물관리기본계획(이하 국가계획)의 타당성을 검토한 후, 그 결과를 반영하여 국가계획을 변경해야 함

- ‘수정계획’은 국가계획 수립 후 5년 이내(’26년 6월까지) 수립하여 ’26년 1월 공표·시행해야 함
- 물환경관리기본계획 변경 시 자연기반해법이 부문별로 구속력 있게 반영될 수 있도록 연계 방안을 모색해야 함
- 국가물관리기본계획 이행평가 시에도 자연기반해법과의 연계 사항이 정량적으로 평가될 수 있도록 구체적인 적용 방안을 모색해야 함
- 그리고 2026년부터 추진할 「물환경보전법」에 의한 국가 물관리기본계획 수립 시에도 자연기반해법이 부문별로 반영될 수 있도록 추진해야 함

❍ 국가물관리기본계획 수정계획(2026~2030)과 물환경관리기본계획(2026~2035) 수립 시 자연기반해법을 아래와 같이 반영해야 함

- 국가의 물관리 비전 및 기본원칙인 물순환 건전화를 위한 자연기반해법 반영 방안을 제시하며, 이를 이행하기 위한 주요 정책 방향 및 이행평가체계 등을 구체적으로 고려함
- 물 문제를 진단할 때 데이터에 기반한 충분한 분석 자료를 활용하여 자연기반해법의 필요성을 제시하고 이를 기반으로 구체적 도입 방안을 제시함
- 공공 부문, 학술단체, 시민단체, 일반 국민들도 자연기반해법의 장점을 인지하고 이를 각종 계획 수립에 반영토록 함
- 자연기반해법이 아래의 (1) 물환경 부문, (2) 수자원 부문, (3) 물안전 등 물관리 부문별로 반영될 수 있도록 추진함

### (1) 물환경 부문

❍ 물관리사업은 최상위 국가계획 및 국가대책의 전략에 근거하여 수립된 하위 실행계획에 맞추어 추진되고 있으며 물환경 관련 예산은 환특회계, 농특회계, 균특회계 및 수계기금으로 추진

- 물환경 관련 국가계획 및 대책에서 도출한, 자연기반해법을 활용할 수 있는 전략은 하수도, 생태하천 복원, 비점오염원, 가축분뇨 관리, 물 재이용, 가뭄/홍수 등 사업이 해당함

❍ 방류수의 하천 기여율에 근거한 하수처리시설 개선은 하천의 건천화를 저감하고 사람과 자연의 공존을 유지하는 중요한 물관리사업이기에 통합적 효과를 기대하기 위해서는 자연기반해법을 적용해야 함

- 소규모 하수처리시설의 하류 이전은 상류 하천의 건천화를 유발하여 상류 하천 물환경에 영향을 주기에 자연기반해법을 활용한 연계 처리를 한 후 상류 하천에 방류해야 함
- 도시 지역 하천도 건천화에 시달리고 있기에 도시 지역 하천을 사람과 자연이 공존하는 하천으로 전환하기 위해서는 도시 지역에 분산형 하수처리시설을 도입(하수처리시설은 지하화하고 지상부는 자연기반해법을 활용한 습지 또는 공원으로 조성)하여 도심하천을 방류해야 함
- 도시 지역의 개발사업은 불투수면적을 증가시키고 물순환을 왜곡하여 물환경을 포함하여 자연환경 전체에 영향을 주면서 사람과 자연의 공존에 영향을 주므로 일정 규모 이상의 개발사업에서는 자체 하수처리시설을 도입하고 자연기반해법을 연계해야 함

❍ 소규모 하수처리시설의 자연기반해법과의 연계 추진은 하수처리시설의 영양염류(N, P) 저감, 수질 개선, 수생태계 건강성 확보, 탄소중립, 주민 활용 환경관리, 하천건천화 저감 등 통합물관리 효과 도출에 기여

- 1일 하수처리 용량 50㎥ 미만 시설의 유입수 성상이 낮은 지역에서는 자연기반해법을 활용한 자연형 시설을 추진하면 비용 효율적 운영을 할 수 있음(인공습지 등)
- 1일 하수처리 용량 50~200㎥ 시설 중에서 TP 농도가 3㎎/L 이하인 지역의 신규 시설 및 시설 개선사업은 자연기반해법을 활용한 자연형 시설로 추진하는 것이 타당하며, TP 농도가 3㎎/L 이상 되는 지역에서는 자연기반해법 및 고도화된 시설을 연계하는 전략이 필요함
- 1일 하수처리 용량이 200~500㎥ 시설의 경우 고도화된 처리시설과 자연기반해법을 연계한 기술적 전략이 필요함

❍ 자연기반해법은 생물학적 및 물리화학적 기작을 활용하므로 미량오염물질 관리에도 적용할 수 있음

- 산업발전 및 생활 수준의 고도화는 다양한 미량물질(의약품, 항생제, 농약, 미세 플라스틱, 중금속 등)을 배출하기에 미량오염물질 발생원과 배출원 인벤토리를 구축한 후 자연기반해법을 이용하는 관리전략이 필요함

❍ 국민의 생활 수준의 향상은 농업 지역의 시설재배지 증가를 유발하여 물순환을 왜곡하고 지하수 및 지표수의 수질에 영향을 주므로 자연기반해법을 활용하여 통합관리가 필요함

- 시설재배지의 경작 방식은 가을에서 봄까지 내부 경작 활동이 이루어지며 여름철에는 무경작 및 토양 개선을 수행하므로 지표수 및 지하수 수질에 큰 영향을 미침
- 이러한 시설재배지의 물순환 왜곡을 저감하고 수질오염을 개선하기 위해서는 자연기반해법(생태수로, 인공습지, 둠벙, 연못, 생태벨트 등)를 통해 통합관리가 필요함

❍ 지하수는 기저유출을 통해 하천으로 배출되어 지표수의 수질과 수생태계의 건강성에 영향을 주므로 공공수역 기저유출 관리를 위한 자연기반해법의 적용은 통합물관리에 적정함

- 지하수는 중요한 수자원이지만 국내에는 지하수를 공공수역에 포함하지 않아 수질관리에 어려움을 초래하기에 지하수를 공공수역에 포함하는 제도 개선이 필요함

- 하천 수질과 수생태계 건강성 확보하기 위해서는 자연기반해법을 활용하여 지하수의 수량(기저유출량)과 수질을 통합관리가 필요함
- 또한 기저유출의 질산염 관리를 위한 관리지구를 지정(농업, 축산 지역 중심)하고 자연기반해법 기능을 갖춘 블루-그린 네트워크를 기반으로 하는 수변완충지역 조성이 필요함
- 도시 지역은 높은 불투수면적률로 인하여 도시 침수, 열섬현상, 수질오염 및 수생태계의 건강성 등에 다양한 영향을 주므로 저영향개발기법이나 그린인프라와 같은 자연기반해법의 적용은 도시지역의 통합물관리에 타당함
- 도시지역의 자연기반해법 활용은 도시지역 블루-그린 네트워크 구축을 통하여 도시의 물순환을 회복하면서 물질순환과 에너지 흐름을 원활하게 하여 생태도시 기반에 기여함
- 단일 기능의 그레이인프라를 복합 기능의 그린인프라로 전환하는 것은 자연기반해법을 활용한 중요한 사회 인프라 개발 방식이며 물순환이 회복되면서 사람과 자연이 공존하는 도시를 구현할 수 있음
- 도시 지역의 자연기반해법 확대를 통한 통합물관리 달성을 위해서는 물순환조례를 제정하여 주민이 참여하는 자연기반해법 적용의 근거 마련이 필요함
- 이와 함께 도시 지역의 물순환 조례의 근거를 제공할 수 있는 법령 제정(가칭, 물순환 촉진법 등)을 통하여 물순환 의무화를 도입해야 하며 하수도시설 개선 시 저영향개발의 동시 적용도 중요함

**표 4.28 물환경 부문 주요 전략 및 자연기반해법 적용 방안**

| 주요 전략 | 자연기반해법 적용 방안 |
|---|---|
| 방류수의 하천 기여율을 근거로 하수처리시설 개선 | • 소규모 하수처리시설의 하류 이전 대신 자연기반해법과의 연계 처리를 한 후 상류에 방류 |
| | • 도시 지역 분산형 하수처리시설 도입(지하화 및 지상부 공원이나 습지 등)으로 도심하천에 방류 |
| | • 일정 규모 이상 개발사업의 경우 자체 하수처리시설을 도입 |
| 소규모 하수처리시설의 자연기반해법과의 연계 추진 | • 1일 하수처리 용량 500㎥ 미만 시설: 유입수 성상에 따라 자연기반해법을 활용한 자연형 시설(인공습지 등)을 설치하고, 방류수 기준 충족을 위하여 화학적 처리(철염 등)를 함 |
| 미량오염물질 관리 기반 | • 자연기반해법의 생물학적 및 물리화학적 처리기작을 이용하여 다양한 미량물질(의약품, 항생제, 농약, 미세 플라스틱, 중금속 등)을 관리 |
| 시설재배지 수질 영향 저감 | • 자연기반해법을 활용한 기법을 적용(인공습지, 생태수로, 생태벨트 등)하여 물순환 개선 및 지하수와 지표수의 수질을 개선 |
| 통합집중형 오염지류 선사업(건강한 우리강사업) | • 유역-하천 연계 사업 추진(안)<br>- 유역 물순환개선사업(오염원 분리사업): 하수관로 정비, 오수관로 개선, 분류식화사업, 차집관로 개선 등<br>- 유역 물환경관리사업(오염원 처리사업): 하수처리, 가축분뇨처리, 산단폐수처리, 비점오염(인공습지, 저영향개발기법) 등<br>- 하천 건강성 사업(하천회복사업, 사람과 자연 공존 사업): 생태하천 복원, 홍수터 복원, 천변저류지, 유량 확보, 퇴적물관리, 친수사업 등 |
| 공공수역 기저유출 관리 | • 지표수 수질과 연계하여 유역 내 지하수 환경목표(목표 수질) 설정 |
| | • 하천 수질, 수생태관리를 위해 지하수의 수량(기저유출량)과 수질을 통합관리 |
| | • 질산염 관리를 위한 관리지구 지정 및 관리 이행 방안 수립(농업, 축산지역 중심) |

| 주요 전략 | 자연기반해법 적용 방안 |
|---|---|
| | • 유역 내의 질산염 관리하기 위해 질산염 수질 기준을 지표수와 지하수에 동일하게 적용 |
| | • 블루-그린 네트워크 기반의 수변완충지역 조성 확대 |
| 탄소중립 및 생태용수 연계 농촌유역 자연기반해법 기반 구축 | • 소규모 하수처리시설 및 자연적 물관리기법(둠벙, 습지 등) 연계 |
| | • 마을습지 확대 및 인벤토리 구축 |
| | • 축산단지 내에 자연기반해법을 활용한 완충녹지를 의무화 |
| | • 액비살포지 완충녹지 설치 의무화 |
| 유역 지표수-지하수 연계관리 제도 개선 | • 유역 내 지표수-지하수 연계 관리를 위한 법적 기반 정비(물환경보전법, 지하수법 개정) |
| | • 자연기반해법을 활용한 공공 수역 및 지하수의 질소 관리를 위한 비점오염원 관리제도 정비 |
| 도시 지역 불투수면적 및 물순환관리 | • 도시지역에 블루-그린 네트워크를 구축 |
| | • 그레이인프라를 그린인프라로 전환 |
| | • 물순환조례의 근거 법령 마련으로 물순환 의무화 |
| | • 탄소중립, 도시 침수 연계 도시 물순환 방안 |
| | • 하수도시설 개선 시 저영향개발기법의 동시 고려를 제도화 |

### (2) 수자원 부문

❍ 수자원 부문은 하천건천화, 하천정비, 수변공간 정비 및 개선 등이 포함되며 환경부로의 물관리일원화로 국토교통부에서 환경부로 이관된 분야에 해당하며 자연기반해법을 활용할 때 통합물관리 기능이 강화

- 물 이용의 비효율성, 유역 토지이용의 고도화 등으로 하천건천화는 늘어나고 있으며, 기후변화 등으로 하천의 홍수 방어 능력은 저하되고 있기에 자연기반해법과 통합물관리에 기반한 하천 구역 및 수변 구역의 통합관리가 필요함

❍ 하천건천화 저감 및 생태용수 부족은 도시지역 및 농촌지역 등을 망라하여 발생하고 있기에 자연기반해법 활용은 통합물관리 기반 하천건천화 및 생태기능 향상을 가능하게 함

- 도시지역의 경우 저영향개발기법 및 그린인프라 확보를 통한 불투수면적관리는 자연기반해법의 대표적 사례에 해당하며, 생태면적률제도에 자연기반해법 기능의 부가는 도시지역에 물의 저류 및 보유 기능을 향상함
- 도시지역의 일정 규모 이상 개발 시(예: 인구 2만 명 이상) 하수처리시설 설치를 의무화하고 이를 지하화하면서 지상부를 자연기반해법을 활용한 습지 조성 및 공원화는 개발지역의 하천건천화를 해결할 수 있는 통합물관리에 기여
- 도시지역의 하류에 위치하는 하수처리시설의 도심지 분산배치 시 도시지역의 하천건천화 해소, 물 재이용의 확대, 하천 수질 개선, 녹지공간 창출, 도심지 수자원 확보 등 통합물관리를 도출할 수 있는 기법에 해당
- 농촌지역도 자연기반해법을 활용한 저류공간 확보, 시설재배지 조성 시 저류지나 인공습지 도입, 농업용수 비용체계 도입이 물순환이 건전한 유역 구축에 필수적임
- 인구소멸이 지속되는 농촌지역에서는 소규모 하수처리시설의 효율화를 위하여 시설의 하류 이전이 정책적으로 수행되고 있으며 이는 상류 하천의 건천화를 가속화하므로 소규모 하수처리시설의 하류 이전 대신

시설을 자연기반해법으로 전환하거나 자연기반해법과의 연계는 하천건천화 회복에 기여함

- 이와 함께 하천사업의 원활한 추진과 재원 확보를 위해서는 지방사무로 이관된 하천사업예산을 하천사업에 지속적으로 활용할 수 있도록 하는 법적인 근거를 마련해야 함

❍ 하천정비는 유역에 사는 사람의 안전을 담보할 수 있는 사업으로 환경부의 일반회계와 균특회계로 수행되는 생태하천 복원사업이 해당되며 자연기반해법을 활용할 수 있는 사업에 해당함

- 하천둔치(고수부지) 개발화는 비점오염물질의 하천 직유입을 발생시키기에 둔치 개발 시 자연기반해법이 활용되도록 하천 점용 허가 기준을 개선해야 함
- 하천설계기준 개선에 자연기반해법을 반영하여 상류 하천의 홍수터 복원과 제방 후퇴를 수행하고, 중류 하천에서 천변저류지 등을 조성하고 하류 하천은 기수역 복원을 수행할 때 통합물관리에 기반한 하천정비를 할 수 있음

❍ 하천 제내지에 있는 수변 구역은 하천의 수질, 수량, 친수능력 등에 영향을 주는 중요한 지역이기에 수변 구역의 수변생태벨트 조성은 중요한 자연기반해법 활용 전략에 해당함

- 하천과 유역을 연계하는 수변생태벨트 조성은 홍수 저감, 수질 개선, 기저유출 관리, 탄소 흡수원 확보, 주민친화시설 등 중요한 생태계서비스 기능을 제공
- 수변구역의 하천과 유역을 연계하는 수변생태벨트를 조성하기 위해서는 하천점용허가 기준, 수계법과 하천법을 연계할 수 있는 제도를 개선해야 함(예: 하천법 및 수계법의 연계를 명시하는 물순환 촉진법 등)

❍ 한국에서 댐은 중요한 상수원이며 에너지를 생산하고 홍수와 가뭄에 대응할 수 있는 수자원관리시설에 해당하기에 댐 상류지역의 통합물관리사업 추진 시 자연기반해법의 적용이 중요함

- 댐 상류 지역의 수면관리자가 유역-하천을 연계하는 물환경사업을 추진할 수 있는 근거가 필요하며, 연계사업 추진 시 자연기반해법 적용은 통합물관리 기반의 상수원관리 기능을 향상함
- 댐 상류 지역의 유역 매수 토지와 하천 연계사업을 추진하려면 수계법을 개정하거나 상위법(예: 물순환촉진법 등)을 제정해야 함



**표 4.29 수자원 부문 주요 전략 및 자연기반해법 적용 방안**

| 주요 전략 | 자연기반해법 적용 방안 |
|---|---|
| 하천 건천화 저감 및 생태용수의 확보 방안 | • 도시 지역 저영향개발기법 및 그린인프라 확보(불투수면적관리 등) |
| | • 생태면적률제도를 물의 저류 및 보유 기능과 연계(현재 녹지 위주 체계) |
| | • 농촌지역 저류공간 확보 및 농업용수 비용체계 도입(농업용수 절감 방안) |
| | • 시설재배지 조성 시 저류지 조성과 연계 |
| | • 소규모 하수처리시설의 하류 이전 대신 자연기반해법과 연계 |
| | • 일정 규모 개발 시(예: 인구 2만 명 이상) 하수처리시설 의무 설치(지하화 및 공원화) |
| | • 도시 하수처리시설의 도심지 분산배치 시 국고보조금 지원 비율의 향상 |
| | • 자연기반해법을 활용한 비점오염, 그린인프라, 저영향개발기법 등 물환경/수생태 관리를 위한 부서의 지속가능성 확보 |

| 주요 전략 | 자연기반해법 적용 방안 |
|---|---|
| 자연기반해법 기반 하천 정비·개선 방안 | • 둔치 개발화는 비점오염물질의 하천 직유입을 발생시키기에 하천점용허가기준 개선 |
| | • 하천설계기준개선(상류 하천 홍수터 복원, 제방 후퇴), 중류 하천(천변저류지 등), 하류 하천(기수역 복원 등) |
| 하천 및 유역과 연계한 수변생태벨트 (탄소벨트) 조성 | • 하천점용허가 기준 개선 |
| | • 수계법 및 하천법과의 연계를 추진 |
| 댐상류 통합물환경관리 기반 구축 및 시범사업 추진 | • 수면관리자의 유역-하천 연계 물환경사업 추진 근거 필요(물환경보전법 등) |
| | • 수계법 개정으로 댐 상류 지역 유역 매수 토지-하천 연계사업의 근거를 마련 |
| | • 지하수 수질을 고려한 매수 토지 확보를 위한 지하수 수질 조사 필요 |
| 유역-하천 연계 예산 확보 방안 | • 유역 오염원관리사업 추진 시 지자체 하천사업과 필수적으로 연계(중권역 물환경관리계획 등) |

### (3) 물관리 분야별

❍ 물관리는 물 이용, 물환경, 물안전(물재해), 거버넌스, 물산업 등을 포함하는 분야이며 그중에서 자연기반해법은 물환경과 물 이용에 중요하게 고려되기에 앞서 물환경과 수자원 부문에서의 자연기반해법 활용 방안을 명시

❍ 물환경과 물 이용(수자원) 부문을 제외한 물관리 분야(물 이용 일부, 물안전, 거버넌스 및 물산업 등)의 자연기반해법 활용 방안은 다음과 같음

- 물 이용 분야는 농업용수 및 물 재이용 분야에 자연기반해법을 연계할 수 있으며, 물안전 분야는 기후변화 복원력 확보에 자연기반해법을 활용할 수 있음
- 거버넌스 분야에서 자연기반해법의 활용은 자연기반해법이 적용된 시설의 주민참여 시설관리와 지역 축제에 자연기반해법을 연계할 수 있으며, 물산업 분야에서는 생태교육, 물산업, 물관리 인력 등에 자연기반해법을 연계할 수 있음

**표 4.30 물관리 분야별 주요 전략 및 자연기반해법 적용 방안**

| 분야 | 미래 관리 방향 | 분야별 자연기반해법 적용 방안 도출 |
|---|---|---|
| 물 이용 | 수원 다변화 + 노후 수도 시설 개선 + 농업용수 합리화 등을 종합적으로 고려 | • 상수원보호구역 주변 오염원관리, 수변생태벨트 조성 |
| | | • 물 재이용 분야의 확대 |
| | | • 농업용수의 효율화 및 저수지 기능의 다각화 |
| 물안전 | 수원 다변화 통한 신규 수자원 확보 + 지방하천의 치수 안전율 확보 등 기반 종합적 물 안전성 향상 | • 유역 내 저류공간 조성 확대(중소규모 저수지 조성 확대) |
| | | • 물관리 시설물의 기후변화 취약성 평가 및 적응력 강화 (극한기후 탄력성 회복) |
| | | • 도심침수저감 위한 저영향개발기법 및 그린인프라 확대 |

| 분야 | 미래 관리 방향 | 분야별 자연기반해법 적용 방안 도출 |
|---|---|---|
| 거버넌스 | 통합형+ 유역 관리+<br>이해당사자 참여<br>물관리 거버넌스 구축을<br>통한 물 문화 창달 | • 오염지류 거버넌스 구축 제도화(농업 및 축산비점 관련) |
| | | • 물관리 시설물의 공공근로사업과의 연계성 확대(주민 활용 환경관리) |
| | | • 지역 축제의 물, 생태, 역사 연계성을 확보 |
| | | • 자연기반해법을 활용한 물관리 시설(저영향개발기법, 인공습지, 수변생태벨트, 완충녹지, 물과 연계된 녹지공간 등)의 주민참여 환경관리 확대로 경제적으로 기여함 |
| 물산업 | 디지털 물관리+<br>유역 기반 물관리 및<br>기술 검증 플랫폼 구축 +<br>예산 안전성 및 지속성 확보 +<br>민간 참여 확대<br>지원제도의 구축으로<br>유역 물산업 진흥 추진 | • 물관리 기반의 생태관광 활성화 |
| | | • 자연기반해법과 연계한 물관리 시설의 지능화로 지역 물산업 확대 |
| | | • 분산형 물관리 시설 확대 및 지역기업의 물관리 시설 참여 확대 |
| | | • 자연기반해법을 활용한 통합물관리 지역 맞춤형 물관리 인력의 육성 |

## 5.3 자연기반해법 활용 통합물관리 추진 위한 『물순환촉진법』 제정 지원

### (1) 기존 물관리 관련 사업 추진의 한계

❍ 환경부는 그동안 빗물유출제로화사업, 그린빗물인프라조성사업, 물순환선도도시사업, 그린산단조성사업 등 추진을 통하여 유역의 건전한 물순환 체계를 구축하기 위해 노력해 왔음

- 그동안 자연기반해법과 연계되어 추진되어오던 환경부의 물순환 관련 사업예산은 물순환에 기반을 두는 저영향개발기법 활용[비점오염저감사업]에 의존하여 집행
- 그러나 자연기반해법과 연계할 수 있는 법적 근거가 없음으로써 비점오염저감사업 예산 감소로 2023년도 물순환개선사업 예산은 0원으로 확정되어 자연기반해법을 연계하여 물순환을 수행할 수 있는 국가보조사업이 전무한 상태임

❍ 자연기반해법과 연계할 수 있는 지방자치단체의 물순환 조례 현황과 한계

- 국가법령정보센터에 따르면 서울시를 비롯하여 25개 지방자치단체는 자연기반해법을 적용할 수 있는 [물순환사업] 구축을 통하여 홍수/가뭄, 하천 건천화, 비점오염, 녹조관리, 도시 열섬현상 등 복합적 물 문제를 해결하고자 물순환 또는 저영향개발기법 관련 조례를 제정
- 그러나 [물순환사업]을 명시하는 상위법이 미약하여 조례에서는 [의무]가 아닌 [권고]로만 제정됨으로써 자연기반해법을 확대 적용하는 데 한계가 있음

❍ 『물관리기본법』의 물순환과 한계

- 물 관련 최상위법인 『물관리기본법』의 제1조(목적)과 제2조(기본원칙)에서는 [지속가능한 물순환 체계 구축]을 명시하고 있으며, 제12조에서는 [통합물관리]를 통하여 유역의 물순환 체계를 구축하도록 강조
- 그러나 하위법에서의 구체적 실행을 위한 요구가 없어 자연기반해법을 적용할 수 있는 『물관리기본법』의 [물순환]이 선언적 의미에 그침

### (2) 자연기반해법을 활용한 통합물관리 기능의 『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』방향성

❍ 그동안 정부는 물관리 패러다임 변화를 통해 물관리일원화, 물관리기본법 시행 등을 통해 물순환에 기반한 통합물관리 기반을 구축

- 그러나 『물관리기본법』의 건전한 물순환 체계 구축은 관련 하위법의 구체적 실행 요구가 없어 선언적 의미에 그침
- 이로 인하여 모든 물관리사업이 개별법에 근거하여 수행됨으로써 『물관리기본법』에서 명시하는 통합물관리사업의 효율적 추진과 물순환이 어려운 실정임
- 개별법에 의한 개별 물관리사업이 통합물관리 기능 없이 단기 효과 위주 사업으로 수행됨으로써 통합물관리를 기반으로 하며 효과가 장기적인 물순환사업이 이루어지지 않음
- 따라서 『물관리기본법』에서 명시하는 물순환 체계의 구축을 위한 제도와 정책의 효율적 추진을 위해서는 『물순환 촉진법』이 필요

❍ 자연기반해법을 활용할 수 있는 『물순환촉진법』의 목적

- 『물관리기본법』에서 명시하는 유역의 건전한 물순환 체계 구축을 통한 홍수와 가뭄, 비점오염, 열섬현상, 하천 건천화 등 복합적 물 문제를 통합적으로 해소하기 위해서는 통합물관리를 수행할 수 있는 『물순환촉진법』이 필요하며, 이행 수단으로서 자연기반해법이 중요함

❍ 자연기반해법을 활용할 수 있는 『물순환촉진법』의 위상

- [자연기반해법의 물순환 기반 유역 통합물관리]를 추진하기 위해서는 자연계 물순환과 인공계 물순환을 연계해야 하며, 물관리기본법(전략법)-물순환 촉진법(물순환 통합 실행법)-하위법(개별법)을 연결하는 체계가 필요함

❍ 『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』의 방향성

- 촉진법은 기후위기 및 유역 토지 이용의 고도화와 맞물린 복합적 물 문제 해소를 위해 체계적 진단을 바탕으로 물순환 촉진 구역을 선정하고, 시급한 물순환 시책을 통합추진할 수 있도록 해야 함
- 촉진법은 『물관리기본법』에서 명시하는 지속가능한 물순환 체계를 구축하기 위해 지역 맞춤형 과제를 발굴하고 시행할 수 있도록 하여야 하며 이행 수단으로 자연기반해법이 필요함
- 촉진법은 물인프라가 취약한 촉진 구역에 대해 통합물관리 종합계획을 수립하여 다양한 물관리 시설을 통합적으로 구축하고 시행 주체 간 사업의 효율적 연계가 가능하도록 추진함
- 촉진법은 지방자치단체가 물순환 기반의 통합물관리를 가능하도록 표준화된 조례 제정 근거를 마련하고 표준조례를 제시하여야 함
- 촉진법은 물순환(자연기반해법 포함) 기반 유역 통합물관리사업 추진의 근거법이 되어야 하며, 촉진법의 주요 추진사업은 개별법 근거 사업의 통합추진과 함께 하천-유역 연계 물순환 기반 통합집중형물관리사업, 지하수-지표수 연계 물관리사업, 자연기반해법 기반 탄소 흡수 연계 물순환사업, 도시 인공계 및 자연계 연계 물순환구축사업 등을 추진할 수 있어야 함

**표 4.31 물순환 촉진 및 지원에 관한 법률의 주요 내용**

| 항목 | 주요 내용 |
|---|---|
| 목적 | • 기후변화 및 도시화로 인한 가뭄·홍수 등 재해와 물 부족, 수질 악화 및 수생태계(水生態系) 변화에 효율적으로 대응하기 위하여 물관리 시책을 통합적으로 추진함으로써 건전한 물순환 체계를 구축 |
| 물순환 촉진 | • 물순환 과정에서 깨끗하고 안전한 물 공급, 수생태계의 보전·관리와 수질 개선, 가뭄·홍수 등으로 인한 재해의 예방, 강수의 침투·저류 및 하수 재이용 등이 건전하게 이루어지도록 유도<br>가. 깨끗하고 안전한 먹는 물 공급<br>나. 수생태계의 보전·관리와 수질 개선<br>다. 가뭄·홍수 등으로 인한 재해의 예방<br>라. 강수의 침투·저류 등 물순환 체계를 정비<br>마. 하수 재이용, 중수도 설치 등 물의 순환이용 |
| 물순환 촉진 구역 | • 물순환 촉진이 시급하거나 물순환 촉진에 따른 파급효과가 큰 지역으로 국가와 지방자치단체의 물순환 시책·사업 등을 중점적으로 시행함으로써 물순환 촉진을 도모하는 전략적 대상 지역 |
| 물순환 촉진사업 | • 물순환 촉진 구역에서 물순환 시설을 설치하거나 정비하는 등 이 법에서 정한 물순환 촉진 관련 시책·계획에 따라 시행되는 사업 |
| 국가물순환 촉진 기본 방침의 수립 | • 물순환 촉진을 종합적·계획적으로 추진하기 위한 국가의 물순환 촉진에 관한 전략과 기본 방침을 10년마다 수립 |
| 물순환 촉진 종합계획의 수립 | • 지정한 물순환 촉진 구역에 대하여 국가물순환 촉진 기본 방침에 따라 물순환을 촉진하고 지속적으로 관리하기 위한 종합계획을 수립 |
| 물순환 촉진지원센터의 구축·운영 | • 물순환 촉진 관련 제도의 발전을 위한 조사·연구<br>• 국가물순환 촉진 기본 방침, 물순환 촉진 종합계획 및 실시계획의 수립 지원<br>• 물순환 촉진사업의 시행 및 운영·관리 지원 |

❍ 자연기반해법 및 물순환 기반의 『물순환촉진법』의 기대효과

- 촉진법에 근거한 [물순환(자연기반해법 포함) 기반 유역 통합물관리]를 위한 사업의 효과는 통합물관리로 기후위기 대응, 수질 및 녹조관리 용이성 확보, 유역의 수자원 확보, 유역과 하천의 연계를 통한 생태계서비스 향상, 고도화된 선도 기술 도입으로 물순환 기반 물산업 창출 등을 기대함

### (3) 『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』제정에 대한 연구팀의 지원 현황

❍ 본 과제(자연기반해법을 활용한 통합물관리 제도 개선 연구)에서 도출된 유형 1과 유형 2 사업을 효율적 추진을 위한 방안으로 물순환 기반 『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』 제정에 연구팀이 법령 제정을 지원

- 『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』은 그동안 추진되어오다가 방향성이 협소하고 중복법이 될 가능성이 높아 한계에 도달하였으나 본 연구팀에서 연구 결과를 활용하여 방향을 제시함으로써 제정을 지원

❍ 연구팀이 제정을 지원한 『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』의 목적

- 물순환 왜곡의 심화는 기후변화 가속화와 맞물려 홍수 · 가뭄 및 물환경 피해 등 복합적인 물 문제를 초래
- 복합적인 물 문제를 실효성 있게 해결하기 위해서는 개별 물관리 시책을 아우르는 통합적인 물관리를 뒷받침하기 위한 법을 제정해야 함

❍ 『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』제정에 대한 연구팀의 지원 내용

- 2023년 6월 9일 국회 의원회관 제2세미나실에서 [물순환 촉진을 위한 정책토론회]를 개최하였으며 본 연구팀의 책임자(김이형 교수)가 [기후위기 시대, 바람직한 물순환 관리를 위한 제언]을 주제로 발표함
- 2023년 8월 22일 국회 환경노동위원회 회의실에서는 환경법안심사소위원회 주최 『기후·기후변화 감시 및 예측 등에 관한 법률안』및『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』 입법공청회가 개최
- 입법공청회에서 본 과제의 책임자(김이형 교수)가 진술인으로 참여하여 『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』에 대한 필요성과 방향성을 진술하였으며, 환노위의 소위원회에서 가결
- 『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』은 환노위 소위, 환노위 본회의, 법사위를 모두 통과하였으며 현재 정기국회에서 통과될 예정임
- 『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』은 토론회 및 공청회에서 본 연구 결과로 도출된 유형 1과 유형 2 사업을 수행할 수 있게 하는 제정법에 해당

**물순환 촉진을 위한 정책토론회 개최 계획**

□ **목 적**

○ 도시화로 인한 **물순환 왜곡의 심화**는 **기후변화 가속화**와 맞물려 홍수·가뭄 및 물환경 피해 등 **복합적인 물 문제를 초래**하고 있음

○ 복합적인 물 문제의 실효성 있는 해결을 위해 개별 물관리 시책을 아우르는 **통합적인 물관리**를 뒷받침하기 위한 **법*** **제정이 필요**

* 『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』(이수진 의원 발의 예정)

⇨ **입법 및 정책화 과정에서 각계 전문가 의견 수렴을 위한 논의의 장 마련**

□ **토론회 개요**

○ **(일시·장소)** '23.6.9(금) 13:30~15:30 / 국회 의원회관 제2세미나실

○ **(주 최)** 이수진 국회의원, 국회물포럼

○ **(주 관)** 대한상하수도학회, 한국물환경학회, 한국수자원학회

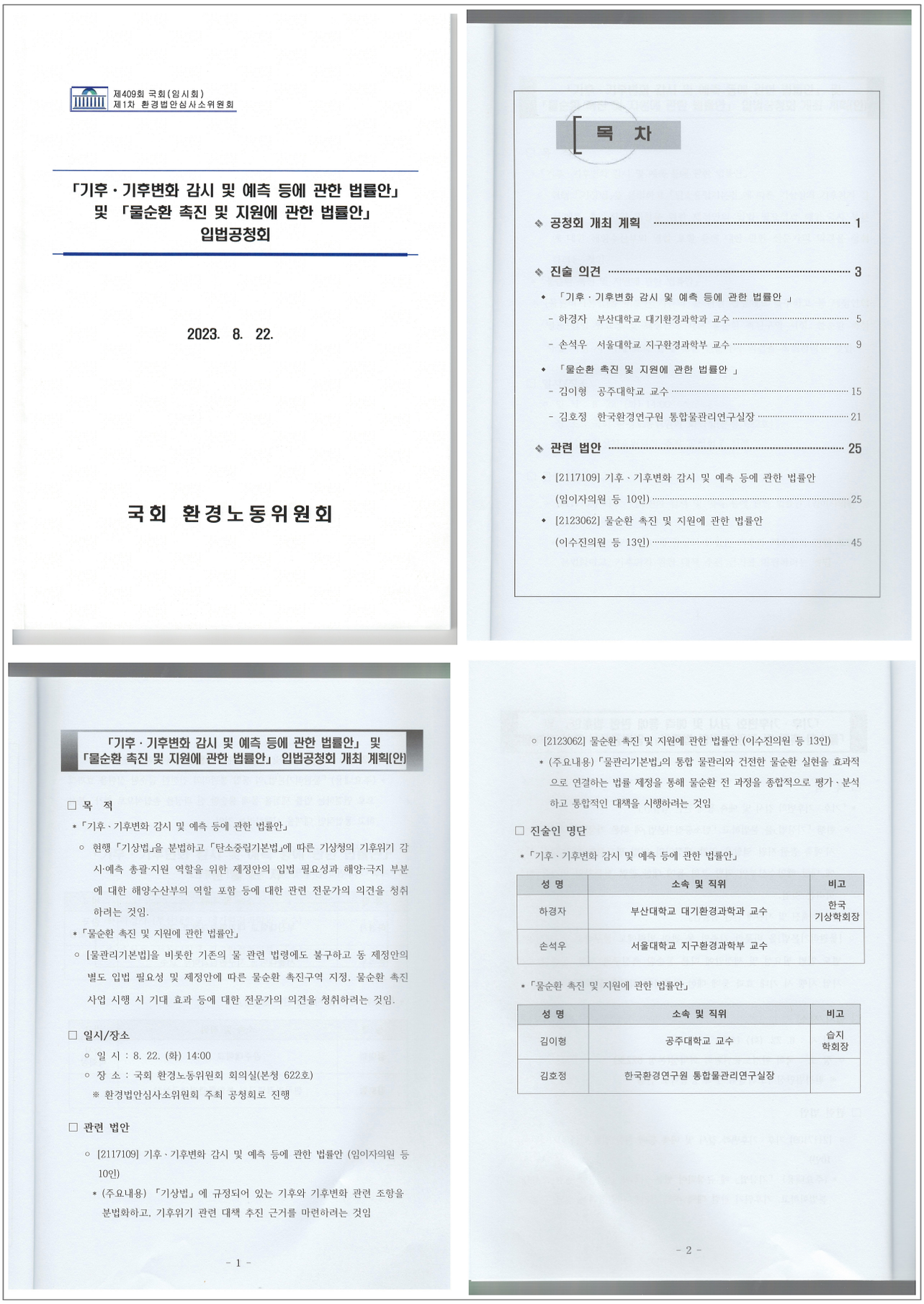
○ **(참 석)** 국회, 정부, 학계 및 관련기관 등 약 50명

□ **세부 일정(안)**

| 시 간 | 내 용 | |
|---|---|---|
| 13:30~13:50 (20') | 인사말씀 / 사회 : 김상래KCL센터장 | |
| | 환영사 | 이수진 국회의원, 변재일 국회의원(국회물포럼 회장) |
| | 축사 | 환노위원장, 유제철 환경부차관 |
| | 기념사진 촬영 및 장내 정리 | |
| 13:50~14:30 (40') | 발제(각 20분) / 사회 : 김상래KCL센터장 | |
| | 1. 기후위기 시대, 바람직한 물순환 관리를 위한 제언(김이형충주대)<br>2. 「물순환 촉진 및 지원에 관한 법률」 제정안 주요 내용(김영도명지대) | |
| 14:30~14:40 (10') | 휴식 및 토론 자리배치 | |
| 14:40~15:30 (50') | 종합토론 / 좌장 : (패널 6인 + 발제자 2인) | |
| | - 한국수자원학회 이상호 회장<br>- 한국물환경학회 박준홍 회장<br>- 대한상하수도학회 김건하 회장<br>- 국회입법조사처 김진수 입법조사관<br>- 환경부 물정책총괄과 김고응 과장<br>- | |

**그림 4.18 물순환 촉진법 제정을 위한 국회토론회 내용**

그림 4.19 물순환 촉진법 제정을 위한 국회토론회(2023년 6월 9일) 주제 발표 내용



제409회 국회(임시회)
제1차 환경법안심사소위원회

「기후 · 기후변화 감시 및 예측 등에 관한 법률안」
및 「물순환 촉진 및 지원에 관한 법률안」
입법공청회

2023. 8. 22.

국회 환경노동위원회

목 차


◈ 공청회 개최 계획 ····· 1

◈ 진술 의견 ····· 3

◆ 「기후 · 기후변화 감시 및 예측 등에 관한 법률안 」

- 하경자 부산대학교 대기환경과학과 교수 ····· 5

- 손석우 서울대학교 지구환경과학부 교수 ····· 9

◆ 「물순환 촉진 및 지원에 관한 법률안 」

- 김이형 공주대학교 교수 ····· 15

- 김호정 한국환경연구원 통합물관리연구실장 ····· 21

◈ 관련 법안 ····· 25

◆ [2117109] 기후 · 기후변화 감시 및 예측 등에 관한 법률안 (임이자의원 등 10인) ····· 25

◆ [2123062] 물순환 촉진 및 지원에 관한 법률안 (이수진의원 등 13인) ····· 45


「기후 · 기후변화 감시 및 예측 등에 관한 법률안」 및
「물순환 촉진 및 지원에 관한 법률안」 입법공청회 개최 계획(안)

□ 목 적

* 「기후 · 기후변화 감시 및 예측 등에 관한 법률안」

○ 현행 「기상법」을 분법하고 「탄소중립기본법」에 따른 기상청의 기후위기 감시·예측 총괄·지원 역할을 위한 제정안의 입법 필요성과 해양·극지 부분에 대한 해양수산부의 역할 포함 등에 대한 관련 전문가의 의견을 청취하려는 것임.

* 「물순환 촉진 및 지원에 관한 법률안」

○ [물관리기본법]을 비롯한 기존의 물 관련 법령에도 불구하고 동 제정안의 별도 입법 필요성 및 제정안에 따른 물순환 촉진구역 지정, 물순환 촉진 사업 시행 시 기대 효과 등에 대한 전문가의 의견을 청취하려는 것임.

□ 일시/장소

○ 일 시 : 8. 22. (화) 14:00

○ 장 소 : 국회 환경노동위원회 회의실(본청 622호)

※ 환경법안심사소위원회 주최 공청회로 진행

□ 관련 법안

○ [2117109] 기후 · 기후변화 감시 및 예측 등에 관한 법률안 (임이자의원 등 10인)

* (주요내용) 「기상법」에 규정되어 있는 기후와 기후변화 관련 조항을 분법화하고, 기후위기 관련 대책 추진 근거를 마련하려는 것임

- 1 -

○ [2123062] 물순환 촉진 및 지원에 관한 법률안 (이수진의원 등 13인)

* (주요내용) 「물관리기본법」의 통합 물관리와 건전한 물순환 실현을 효과적으로 연결하는 법률 제정을 통해 물순환 전 과정을 종합적으로 평가 · 분석하고 통합적인 대책을 시행하려는 것임

□ 진술인 명단

* 「기후 · 기후변화 감시 및 예측 등에 관한 법률안」

| 성 명 | 소속 및 직위 | 비고 |
|---|---|---|
| 하경자 | 부산대학교 대기환경과학과 교수 | 한국 기상학회장 |
| 손석우 | 서울대학교 지구환경과학부 교수 | |

* 「물순환 촉진 및 지원에 관한 법률안」

| 성 명 | 소속 및 직위 | 비고 |
|---|---|---|
| 김이형 | 공주대학교 교수 | 습지 학회장 |
| 김호정 | 한국환경연구원 통합물관리연구실장 | |

- 2 -

**그림 4.20 물순환 촉진법 제정을 위한 입법공청회(2023년 8월 22일) 진술인 참여**

# 제5장

# 인식도 제고 및 관련 분야 간 협력체계 강화

# 제5장

# 인식도 제고 및 관련 분야 간 협력체계 강화

## 1 세미나·포럼 개최 배경 및 개요

❍ 자연기반해법(NbS)은 지난 2018년 제8차 세계물포럼(World Water Forum) 기간에UN-Water의 주제 발표(주제: 자연 기반 물 문제 해결 방안)에서 소개되어 국제적으로 주목받고 있는 기법으로 이후 현재까지 국내 인식도 및 현장 적용이 미흡한 실정임

❍ 이에 따라, 본 연구를 수행하는 과정에서 자연기반해법에 대한 인식 수준을 높이고 다양한 정보를 공유하기 위해 총 2회 세미나를 개최하여 통합물관리와 자연기반해법의 연계성, 타 분야의 자연기반해법 적용 사례 등의 폭넓은 주제에 대한 발표 및 논의를 할 수 있도록 하였음

❍ 또한, 관련 학계·업계 전문가 및 유관 기관(환경부 등)과의 협력체계를 구축하였고 정책 및 제도 개선 방안 논의하였으며, 의견 수렴을 위해 총 3회 포럼을 개최하였음. 이를 통해 자연기반해법 적용 및 활용 확대를 위한 정책 방향, 제도 개선 마련의 소통 창구가 될 수 있도록 하였음

- 포럼은 당초 4회 개최될 예정이었으나, 과업 수행 집중도 증대 및 내실 있는 세미나, 포럼 개최를 위해 발주처 및 연구진 협의에 따라 3회로 조정하여 시행

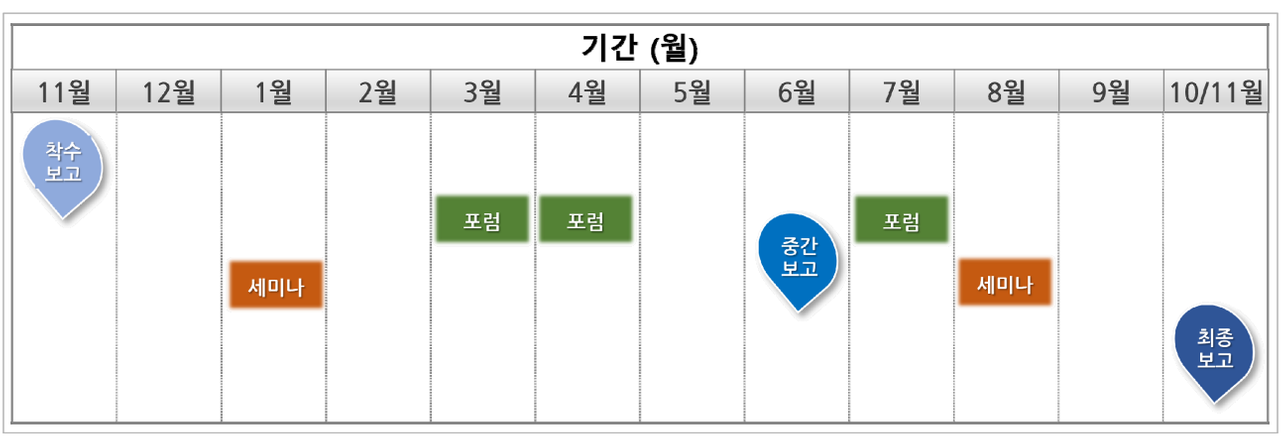



그림 5.1 세미나 및 포럼 개최 일정

**표 5.1 세미나 및 포럼 개요 및 내용**

| 구 분 | | 일시 / 장소 | 내 용 |
|---|---|---|---|
| 세미나 | 1차 | 2023. 1. 30 / 서울역 인근 회의실 | • 착수 이후의 최초 세미나로서, 관계 부처(환경부 등) 자연기반해법 인식도 제고 및 연구과제 수행을 위한 의견 수렴 등 |
| | 2차 | 2023. 8. 30 / 순천대학교 | • 연구과제 결과의 향후 활용성·적용성을 높이기 위해 다양한 전문가(국가위 등)의 의견 수렴 등<br>• 한국습지학회 정기학술발표대회와 연계하여 개최 |
| 포럼 | 1차 | 2023. 3. 23 / 일산 킨텍스 | • 자연기반해법의 다양한 분야(하천, 하수, 유역)에 대한 활용 방안 모색을 위한 주제 발표 및 의견 수렴 등<br>• 대한상하수도학회·한국물환경학회 공동학술발표대회 연계 |
| | 2차 | 2023. 4. 18 / 화상회의(Zoom) | • 지속가능한 자연기반해법의 적용·실현 및 정책 방향의 모색을 위한 주제 발표 및 의견 수렴 등 |
| | 3차 | 2023. 7. 17 / 서울역 회의실 | • 자연기반해법의 다양한 분야(도시계획, 농업생산 기반 사업 등)로의 연계 가능성을 모색하기 위한 주제 발표 및 의견 수렴 등 |

## 2 주요 의견 및 제언

### 2.1 1차 세미나 개최

#### (1) 주요 의견

❍ 해당 연구과제를 통해 자연기반해법의 정의 및 효과를 명확히 해야 하며, 향후 추가로 수립되는 국가 정책계획에 적극적으로 반영해야 함

> ☞ 제2장에서 물관리 분야의 자연기반해법 적용 사례 분석을 통해 통합물관리를 위한 자연기반해법을 정의하였음
> ☞ 제2장에서 다양한 국내외 적용 사례를 통해 실제 발생한 효과를 제시함과 동시에 자연기반해법의 기능을 명시하였고, 제4장에서 자연기반해법을 활용한 통합물관리 추진 유형(안)의 효과성을 정성·정량적으로 제시하였음
> ☞ 제4장에서 현재 물관리 정책 방향에 대한 분석을 토대로 국가물관리기본계획에 자연기반해법의 적용 방안을 분야별(물환경, 수자원, 물관리)로 정리하여 제시하였고, 적극적인『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』제정 지원에 대한 노력과 방향성을 수록하였음

❍ 자연기반해법 적용 분야를 하천·유역·하수·제도로 구분한 검토 과정과 제시된 여러 범주의 사업들을 유지·개선·신규 등으로 구분하여 최종 결과물에 제시해야 함

☞ 제3장에서 자연기반해법을 활용할 수 있는 물관리사업을 도출하기 위해 물관리사업의 재정체계와 함께 하천·유역·하수 분야로 구분하여 사례를 분석하였음
☞ 제4장에서 기존 개별 물관리사업에 자연기반해법을 연계한 개선 사업 유형 및 자연기반해법을 활용한 신규 통합물관리사업의 유형을 제시하였음

❍ 국내 여건에 맞게 적용하여 효과를 기대할 수 있는 자연기반해법의 적용 방안이 필요하며, 실제 적용 과정에서는 부지 확보 및 주민 수용성을 고려하여 적용성을 평가해야 함

☞ 제4장에서 다양한 국내 여건(하수처리 용량의 구분, 시설재배 경작 활동 방식 등)에 맞추어 자연기반해법의 적용 방안을 제시하였음
☞ 제3장에서 자연기반해법을 활용한 물관리사업의 적용성 평가 시 기능성과 취약성으로 분류하여 주민 친화도, 주민 인식(혐오도), 주민 참여 환경관리 가능성 등 다양한 수용성을 고려하여 적용성을 평가하도록 하였음

❍ 제안 사업 및 제도 등의 내용은 시급성을 고려한 우선순위를 정하여 검토해야 함

☞ 제3장에서 물관리사업 재정체계별 자연기반해법 적용 우선순위를 선정하여 검토하였음

### (2) 추가 제언

❍ 환경부 이외 행정안전부, 농림축산식품부, 국토교통부 등 관련 부처의 협력과제로 검토해야 함

☞ (향후 추진 필요 과제)『물관리기본법』의 목표인 “건전한 물순환 체계 구축”은 자연계 물순환과 인공계 물순환을 연계함으로써 실현할 수 있으며, 자연기반해법을 활용한 통합물관리가 중요한 수단이기에 유역 토지 이용에 큰 영향을 주는 국토교통부와 농림축산식품부의 참여를 유도하는 추진 과제가 필요함

## 2.2 2차 세미나 개최

### (1) 주요 의견

❍ 국내 여건, 한계점을 고려한 한국형 자연기반해법에 대한 추가 연구를 통해 기법의 개량 및 적용 방안을 검토해야 함

☞ 제4장에서 국내 여건(물관리 일원화, 물관리기본법 시행) 및 한계점(개별법 연결부 및 실행력 부족, 지자체 물순환 사업 자연기반해법 적용에 대한 근거법 미흡 등)을 고려하여 국가물관리기본계획 이행과제와 연계한 기법 개량 및 적용 방안을 검토하였음

❍ 자연기반해법의 개념을 정립하고 상위법과 연계해야 하며, 기존 유사 개념과의 차별성에 대한 인식을 개선할 필요가 있음

☞ 제2장에서 물관리에 분야 자연기반해법 적용 사례 분석을 통해 통합물관리를 위한 자연기반해법을 정의하고 기능을 다섯 가지로 정립하였음
☞ 제4장에서 상위 국가계획에 대한 자연기반해법 연계성을 검토하고, 상위법(물관리기본법)의 물순환 기반 통합물관리사업 추진의 한계 및 하위 개별법(물환경보전법, 하수도법, 하천법 등) 및 타법(국토, 농림)에서 자연기반해법의 적용 확대를 위한 개정 방향을 도출하였음
☞ 제4장에서 기존 개별 물관리 관련 사업과 달리 복합적인 물 문제에 대해 자연기반해법 기반 통합적인 해소를 위한 『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』의 제정 필요성을 강조하고, 이에 대한 노력과 방향성을 수록하였음

❍ 자연기반해법을 효과적으로 적용하기 위해서는 실제 적용했을 때의 효과를 정략적으로 제시하여야 하며, 그 효과성을 입증하기 위한 중장기 계획 및 로드맵이 필요함

☞ 제2장에서 다양한 국내외 적용 사례를 통해 실제 발생한 효과를 분석하였고, 제4장에서 자연기반해법을 활용한 통합물관리의 추진 유형(안)의 효과성을 정성·정량적으로 제시하였음
☞ 제4장에서 국가물관리기본계획 이행과제 중에서 자연기반해법을 연계할 수 있는 과제에 대해 향후 이행계획의 분야별 과제를 추진할 때 반영될 수 있도록 로드맵을 제시하였음

❍ 자연기반해법의 다양한 분야 적용에 있어 분야별 연결 체계 마련 및 효율적 운영을 위한 노력이 필요함

☞ 제4장에서 국가물관리기본계획 주요 전략별 자연기반해법 적용을 위해 분야별(물환경, 수자원, 물관리) 주요 전략 및 적용 방안을 제시하고, 분야별 통합추진 및 관리를 위해 『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』의 제정 필요성을 강조하며, 이에 대한 노력과 방향성을 수록하였음

❍ 자연기반해법의 적용을 확대하기 위해 국가 정책 부합성 검토 항목을 포함해야 함

☞ 제3장에서 자연기반해법을 활용한 통합물관리사업의 적용 가능성 평가 시 상위 국가계획과의 부합성을 6대 기본 원칙 중 하나로 설정하였음

### (2) 추가 제언

❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리 관련 기술 개발을 추진해야 하고, 지자체의 적극적 참여 유도 및 기존 사회 인프라 관련 설계 기준 및 추진 지침 등 분석을 통한 개정이 필요함

☞ (향후 추진 필요 과제 ①) 자연기반해법을 활용한 통합물관리 관련 기술을 개발하기 위한 국가 차원의 R&D를 추진해야 함

☞ (향후 추진 필요 과제 ②) 지자체들이 적극적으로 참여해야만이 자연기반해법을 활용한 통합물관리를 원활하게 추진할 수 있으므로 『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률(안)』에 근거한 자연기반해법을 활용한 통합물관리를 지자체의 물순환 조례에 반영하는 정책이 필요함

☞ (향후 추진 필요 과제 ③) 물관리 관련 사회 인프라에 대한 자연기반해법의 반영을 통한 통합물관리 달성을 위해서는 기존 사회 인프라 관련 설계 기준 등 종합적 분석을 통한 설계 기준 개정이 필요함. 특히 도시 지역의 자연기반해법을 활용한 통합물관리를 위해서는 환경부의 하수도 및 하수처리시설 관련 '하수도 설계 기준'과 하수도사업 국고보조사업 추진 지침을 개정해야 함

## 2.3 1차 포럼 개최

### (1) 주요 의견

❍ 다양한 분야에 자연기반해법을 적용하기 위한 기준이 필요하며, 하수 분야 시설 규모별 적용 기준을 마련해야 함

☞ 제4장에서 국가물관리기본계획의 주요 전략별 자연기반해법 적용을 위해 분야별(물환경, 수자원, 물관리) 주요 전략 및 적용 방안을 제시하였음

☞ 제4장에서 국가물관리기본계획의 주요 전략별 자연기반해법 적용 방안 중 물환경 분야에서 소규모 하수처리시설의 규모별 적용 기준 및 방안을 제시하였음

❍ 지속가능하고 효과적인 자연기반해법을 적용하기 위해서는 인식의 전환 및 정량적인 효과를 제시해야 함

☞ 제4장에서『물관리기본법』에서 명시하는 지속가능한 물순환 체계 구축 및 복합생태 서비스의 적극적인 이행을 위해 그에 대한 이행법으로써『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』의 제정 필요성을 강조하고, 이에 대한 노력과 방향성을 수록하였음

☞ 제2장에서 다양한 국내외 적용 사례를 통해 실제 발생한 효과를 분석하였고, 제4장에서 자연기반해법을 활용한 통합물관리 추진 유형(안)의 효과성을 정성 · 정량적으로 제시하였음

❍ 자연기반해법 적용 시 사업 혜택별 주체를 고려하여 사업 시행을 결정해야 함

☞ 제3장에서 자연기반해법을 활용한 통합물관리사업의 적용 가능성 평가 시 민간투자 가능성 및 수익모델을 검토하고, 이를 반영한 물관리사업 재정체계별 자연기반해법 적용의 우선순위를 선정하였음

❍ 자연기반해법 적용 시 다양한 분야를 통합관리할 수 있는 제도, 운영 방안을 마련해야 함

☞ 제4장에서 국가물관리기본계획의 주요 전략별 자연기반해법 적용을 위해 분야별(물환경, 수자원, 물관리) 주요 전략 및 적용 방안을 제시하고, 분야별 통합추진 및 관리를 위해 『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』의 제정 필요성을 강조하고, 이에 대한 노력과 방향성을 수록하였음

## 2.4 2차 포럼 개최

### (1) 주요 의견

❍ 국가재정 확대뿐 아니라 민간투자 및 기금을 적극적으로 확보해야 하며, 이를 위해 자연기반해법 적용에 따른 발생 편익 등에 대한 적극적인 홍보가 필요함

☞ 제4장에서 민간 및 기금 참여를 통한 자연기반해법 활용 확대를 위해 제도 개선 방향을 검토할 때 관련 개별법(물산업진흥법, 수계법 등)의 개정 방향을 도출하고, 국가물관리기본계획의 주요 전략별 자연기반해법 적용 방안 중에서 수자원 및 물관리 분야에 대한 적용 방안을 제시하였음

☞ 제2장에서 다양한 국내외 적용 사례를 통해 실제 발생한 효과를 분석하였고, 제4장에서 자연기반해법을 활용한 통합물관리의 추진 유형(안)의 효과성을 정성 · 정량적으로 제시하였음

❍ 자연기반해법 기법 요소 기술의 세분화·분석·효과 정량화를 통해 유사 사업과의 차별성을 제시 해야 함

☞ 제4장에서 자연기반해법을 활용한 통합물관리의 추진 유형을 기존 개별 사업에 대한 강화 방안과 신규 유역 기반 통합사업 강화 방안으로 세분화하여 도출하였고, 기존 그레이인프라 사업과의 비용 및 효과성 분석을 통해 차별성을 제시하였음

❍ 자연환경 분야 기금관리, 배분 효율성을 적극적으로 검토해야 함

☞ 제3장에서 부처별 [환경부(기금 포함), 행정안전부, 농림축산식품부] 자연환경 및 물환경 부문의 재정체계 현황을 검토하여 문제점(환경 분야 일반회계 비중 감소, 기금의 기술 기반 운용 미흡 등)을 파악하고, 부처별 자연기반해법을 활용한 통합물관리 적용 가능 사업을 제시하였음

❍ 자연기반해법 적용에 있어 다양한 목적에 부합할 수 있도록 확장해야 함

☞ 제4장에서 자연기반해법의 활용을 확대하기 위해 부처별 소관법 개정 방향을 도출하고 적용 방안을 제시하였음

### (2) 추가 제언

❍ 녹색기후기금 등 국제기구에서도 자연기반해법에 관심을 많이 가지고 있으므로 국제협력을 확대해야 함

☞ (향후 추진 필요 과제) 자연기반해법은 전 세계 국가가 리우회담(1992년)에서 합의한 기후변화 체제, 생물다양성 협약, 사막화금지협약 및 지속가능발전 협약 등에 대한 국제적 약속을 이행하는 데 중요한 수단이기에, 자연기반해법을 활용한 통합물관리가 국제적으로 이행될 수 있도록 하기 위한 효과평가 정책 연구가 필요함

❍ 자연환경 관련 재무정보 공개를 객관화할 수 있는 기준·방법을 정립해야 함

☞ (향후 추진 필요 과제) 자연기반해법은 기업의 탄소중립 역할에 기여할 수 있기에 자연기반해법과 연계되는 자연환경 관련 재무정보의 공개를 객관화할 수 있는 기준 및 방법론 정립을 위한 정책 연구가 필요함

❍ 자연기반해법 관련 통합물관리 정량화를 위한 시범사업이 필요함

☞ (향후 추진 필요 과제) 자연기반해법을 활용한 통합물관리를 적용했을 때 실제 발생할 수 있는 정량적 효과에 대한 평가를 위해 다양한 유형의 기법에 대한 시범사업을 추진해야 함

## 2.5 3차 포럼 개최

### (1) 주요 의견

❍ 자연기반해법을 통한 통합물관리는 전체적 메커니즘에 대한 종합적 검토 및 법·제도의 보완이 필요하며, 적용 가능한 공간적 범위 설정 및 연구 결과를 향후 국가전략계획에 연계해야 함

☞ 제4장에서 국내 물관리 정책의 변화 및 한계를 분석하여 자연기반해법을 활용한 통합물관리 추진을 위한 법·제도 개선 방향과 적용 방안을 순차적으로 제시하였음
☞ 제4장에서 국가물관리기본계획 주요 전략별 자연기반해법 적용 방안 검토 시 분야별(물환경, 수자원, 물관리) 하천, 유역, 도시 지역, 농촌 지역 등 공간을 구분하여 제시하였음
☞ 제4장에서 적극적인『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』제정 지원에 대한 노력과 방향성을 수록하였음

○ 자연기반해법의 적용을 통한 물관리가 될 수 있도록 도시계획 시 관련 법·제도 정비가 필요하며, 농업생산기반의 정비사업을 시행할 때에는 자연기반해법의 적용을 통한 산림 지역 관리로 기저유출을 충분히 확보하여야 함

> ☞ 제4장에서 도시 지역 및 농촌 지역의 자연기반해법 적용 확대를 위해 국토교통부 및 농림축산식품부 관련 법·제도 개선 방안을 제시하였음

○ 자연기반해법을 다양한 분야에 적용하기 위해서는 그 효과와 실익에 대한 충분한 설명·홍보가 필요함

> ☞ 제2장에서 다양한 국내외 적용 사례를 통해 실제 발생한 효과를 분석하였고, 제4장에서 자연기반해법을 활용한 통합물관리의 추진 유형(안)의 효과성을 정성·정량적으로 제시하였음

○ 무조건적인 자연기반해법 적용을 하기 전에 실천 대상자들의 현장 여건을 고려해야 함

> ☞ 제4장에서 지자체 물순환 사업의 자연기반해법 적용에 대한 상위법 부재 및 근거법 미흡(『물순환 회복에 대한 기본조례』 內 자연기반해법 활용에 대한 내용 부재)에 따라, 지자체 조례에 자연기반해법 적용을 통한 물순환을 의무화할 수 있도록 근거 상위법(『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률』)의 제정 필요성 및 적용 방안을 구체화하여 제시하였음

○ 자연기반해법의 실행력 담보를 위해 추진 로드맵 수립 시 전략과제별 소관 조직을 명시

> ☞ 제4장에서 국가물관리기본계획 이행과제 중 자연기반해법과 연계할 수 있는 과제에 대해 향후 이행계획의 분야별 과제 추진 시 반영될 수 있도록 로드맵을 제시하였고, 이때 해당 과제명을 명시하였음(소관 조직은 제1차 국가물관리기본계획의 이행계획에 旣 명시)

### (2) 추가 제언

○ 자연기반해법 활용을 확대할 수 있는 타 부처 관련 연구가 필요하며, 자연기반해법의 효과적 실천을 위해 주민 거버넌스 구축 및 보호 지역·OECM 지역 등을 설정해야 함

> ☞ (향후 추진 필요 과제 ①) 국토교통부의 도시계획 및 설계과정에 자연기반해법 적용 시 도시 물순환 체계의 구축에 기여하는 바가 크기에, 이에 대한 정책 연구 및 관련 지침 개정 연구가 필요함
> ☞ (향후 추진 필요 과제 ②) 자연기반해법을 활용한 통합물관리가 지역경제에 기여할 수 있도록 기업의 ESG 경영과 지역주민 거버넌스 구축을 연결하는 사업 발굴 정책 연구가 필요함
> ☞ (향후 추진 필요 과제 ③) 자연기반해법은 세계적 협약인 '생물다양성협약'의 중요 수단이기에 OECM 확대를 위한 자연기반해법 활용 방안에 대한 정책 연구가 필요함

## 3 향후 추진이 필요한 정책 연구 제안

❍ 세미나 및 포럼을 통해 추가로 제시된 제언들을 반영하여, 자연기반해법 활용의 다각적이고 적극적인 확대를 위한 필요 정책 연구 과제를 도출

**표 5.2 자연기반해법을 활용한 통합물관리 추진 확대를 위한 향후 필요 정책 연구**

| 연번 | 정책 연구 내용 |
|---|---|
| 1 | • 『물관리기본법』의 목표인 "건전한 물순환 체계의 구축"을 위해 농림축산식품부와 국토교통부의 자연기반해법을 활용한 통합물관리의 추진을 유도하는 정책 연구 추진(국토교통부의 경우 물순환 기반 탄소 흡수원 확보 확대 포함) |
| 2 | • 자연기반해법 통합물관리 관련 기술의 개발을 위한 국가 차원의 R&D 추진 |
| 3 | • 자연기반해법을 활용한 통합물관리의 지자체 참여 유도를 위한 『물순환 촉진 및 지원에 관한 법률(안)』에 근거한 지자체 물순환 조례 정책 연구 |
| 4 | • 기존 사회 인프라 관련 설계 기준 등 종합분석을 통한 자연기반해법을 반영한 설계 기준 개선 연구<br>* 도시 지역의 자연기반해법을 활용한 통합물관리를 위해 '하수도설계 기준', '하수도사업 국고보조사업 추진지침' 등 개정 포함(통합물관리, 탄소중립, 온실가스 저감, 생물다양성 포함) |
| 5 | • 자연기반해법을 활용한 통합물관리가 국제적으로 이행될 수 있도록 하기 위한 효과평가 정책 연구(온실가스 저감, 수질 개선, 탄소중립, 생물다양성, 지속가능성 평가 등) |
| 6 | • 자연기반해법과 연계되는 자연환경 관련 재무정보 공개를 객관화할 수 있는 기준 및 방법론 정립 정책의 연구 |
| 7 | • 자연기반해법을 활용한 통합물관리의 정량적 효과평가를 위해 다양한 유형의 기법에 대한 시범사업 연구(통합물관리, 생물다양성, 탄소중립, 주민 참여 환경관리, ESG 경영 등) |
| 8 | • 도시계획 및 설계과정에 자연기반해법을 적용하기 위한 정책 및 지침 개정 연구(정책 및 지침은 통합물관리, 탄소중립, 주민 참여 환경관리, ESG 경영 등을 포함) |
| 9 | • 기업의 ESG 경영과 지역 주민의 거버넌스 구축을 연결하는 사업 발굴 정책 연구(기업의 탄소중립을 위한, 자연기반해법을 활용한 흡수원 확보, 통합물관리 기여, 지역경제 기여 등) |
| 10 | • OECM 확대를 위한 자연기반해법 활용 방안 정책의 연구 |
| 11 | • 자연기반해법을 활용한 통합물관리 제도의 개선 연구를 통해 도출된 유형(11개 사업)에 대한 수질, 수생태, 홍수, 가뭄, 기후변화 대응 등으로 구분하는 B/C분석 방법 개발(비용 측면에 유지관리 비용, 시설복구 비용 등을 포함) |
| 12 | • 자연기반해법을 활용한 통합물관리 제도의 개선 연구를 통해 도출된 유형(11개 사업) 중 가축분뇨처리시설(유형 1-4)의 Test Bed 설치 및 운영으로 효과를 평가(녹조 저감 기여도 등) |

# 참고 문헌

# 참고문헌


Ballio, F., S. Menoni and D. Molinari. (2012) "Flood Damage Assessment with the Help of HEC-FIA Model".

BUND; Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (2008) Auf einem Dach: Begrünung und Photovoltaik. http://www.bund.net/nc/service/oekotipps/detail/artikel/auf-einem-dachbegruenung-und-photovoltaik/ Accessed 24 Sept 2016

FEMA. (2015) "HAZUS-MH Earthquake Model Ver 2.1 Technical Mauual".

Kallang River Bishan Park. (2014). In World Buildings Directory. Retrieved from http://www.worldbuildingsdirectory.com/project.cfm?id=3870

Magistrat der Stadt Wien, Preiss J. et al (2017) Fassadenbegrünungsleitfaden der Stadt Wien, 2. Edition Magistratsabteilung 22 für Umweltschutz der Stadt Wien Status: Not yet published, official date May 2017

Masi, F., Caffaz, S., & Ghrabi, A. (2013). Multi-stage constructed wetland systems for municipal wastewater treatment. Water Science and Technology, 67(7), 1590-1598.

Meney, K., Pantelic, L., & Hardcastle, K. (2009). Performance evaluation of a full-scale constructed wetland system providing secondary and tertiary treatment of municipal wastewater - an Australian case study. In Technologies and Management for Sustainable Biosystems.

NParks, Singapore. (2013). A Guide to Pond Gardens at Bishan-Ang Mo Kio Park. National Parks Board, Singapore. Retrieved from http://www.nparks.gov.sg/cms/docs/PondGardens_070612.jpg

PUB, Singapore. (2014b, June 4). Active, Beautiful, Clean Waters Design Guidelines. Singapore Public Utilities Board. Retrieved from http://www.pub.gov.sg/abcwaters/abcwatersdesignguidelines/Documents/ABC_DG_2014.pdf

Rinaldi, B. M. (2013). The soft sell: in Singapore, Atelier Dreiseitl has given back a river people can love [BishanAng Mo Kio Park]. Landscape Architecture Magazine, Vol. 103, No. 1, 76–89.

Scharf B, Pitha U, Oberarzbacher S (2012) Living walls: more than scenic beauties, IFLA World Congress Cape Town. http://www.academia.edu/6649534/Living_Walls_more_than_scenic_beauties. Accessed 24 Sept 2016

Schaefer, C., & Spirn, A. W. (2014). Bishan-Ang Mo Kio Park: From Concrete Canal to Natural

Wonderland.

PHUSICOS https://phusicos.eu/

Thönessen M (2002) Elementdynamik in Fassaden begrünendem Wilden Wein Köllner Geografische Arbeiten, Heft 78

Thönessen M (2006) Staubfilterung und immisionshistorische Aspekte am Beispiel fassadenbegrünenden Wilden Weins (Parthenocissus tricuspidata). Originalarbeit, ecomed Verlag, Landsberg-Tokyo-Mumbai-Seoul-Melbourne-Paris

Verband Für Bauwerksbegrünung Österreich-VfB (2013) Forschungsbericht Projekt GrünStadtKlima, Grüne Bauweisen für die Städte der Zukunft. http://www.gruenstadtklima.at/download/leitfaden_GSK.pdf. Accessed 24 Sept 2016

Zhang, Q., Wang, X., Hou, P., Wan, W., Ren, Y., Ouyang, Z., & Yang, L. (2013). The temporal changes in road stormwater runoff quality and the implications to first flush control in Chongqing, China. Environmental Monitoring and Assessment, 185(12). https://doi.org/10.1007/s10661-013-3289-x

Davis et al. (2017) Nature-based solutions in European and national policy frameworks.

Schultz, R.C., T.M. Isenhart, J.P Colletti, W.W. Simpkins, R.P. Udawatta, and P.L. Schultz. (2009) Riparian and Upland Buffer Practices. Chapter 8 In: H.E. Garrett, (Ed.) North American Agroforestry: An integrated Science and Practice, 2nd Ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Vijayakumar, S. (2019) System level carbon sequestration by riparian buffer systems as influenced by soil texture, vegetation type and age in southern Ontario (Doctoral dissertation, University of Guelph).

K-water. (2022) “대청댐 홍수터 수변생태벨트 시범사업”

관계 부처 합동. (2021) “제1차 국가물관리기본계획(2021~2030)”

관계 부처 합동. (2021) “제3차 강우유출수 비점오염원관리계획(2021~2025)”

김종락, 이가희, 유광태, 김동윤, 이호식. (2020) 공공하수처리시설에서 에너지 사용 현황 및 절감방안 연구, 한국물환경학회지, 36(6), pp. 535-545.

농림축산식품부. (2023) 2023년도 예산 및 기금운영계획 사업 설명 자료.

문장원, 최시중, 강성규, 이동률. (2010) 하수종말처리시설 방류수의 하천유량 기여도 분석. 한국수자원학회 학술발표회, pp. 1370-1374.

서울시. (2016) “빗물마을 조성 기본 및 실시설계 보고서”

서정인. (2022) 인구감소지역 소규모 하수처리장의 전력 소비 특성에 관한 연구. 한국수처리학회지, 30(6), pp. 67-74.

안종호, 이진희, 지용근, 김진희. (2011) 물 재이용을 통한 도시하천 물순환 개선 정책 방향, 한국환경정책·평가연구원.

이시욱, 이정윤, 박성환, 최재준, 우성권. (2009) 이·치수형 하천공사 개략공사비 산정모델의 개발, 한국건설관리학회논문집, Vol. 10, No. 5, pp. 95-103.

최인욱, 이시욱, 우성권. (2009) 자연형 하천공사 개략공사비 산정모델의 개발, 한국건설관리학회논문집, Vol. 10, No. 5, pp. 104-112.

최혜선. (2022) 응용생태공학회 뉴스레터, Vol 2023, No, 2. pp. 5-6.

포천시. (2019) “포천시 생태하천 복원사업 기본계획 보고서”

한국재정정보원. (2023) 2022 주요 재정통계.

한국토지공사. (2009) “공촌하수처리시설 증설 및 고도처리시설 공사 기본계획보고서”

한국환경공단. (2015) “하수도시설 표준사업비 산정을 통한 국고지원 적정성 검토 연구”

행정안전부. (2023) 2023년도 예산 개요.

환경부. (2021.11) “제1차 국가물관리기본계획 이행계획(2021~2030) 이행계획(2021~2025)”

환경부. (2019) “공공하수처리시설 노후화 실태평가 및 개선 타당성 조사 연구”

환경부. (2019) “빗물유출제로화 사업백서“

환경부. (2023) 2023년도 예산 사업 설명 자료.

# 부 록

# 부 록

## 부록 1 자연기반해법을 활용한 통합물관리 추진방안 도출

### (1) 환경부 [일반회계 : 수자원 부문]

❍ 1단계 : 상위계획과의 연계성

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 제1차 국가물관리 기본계획 | 제1차 유역물관리 종합계획 | 제3차 비점오염관리 종합대책 | 제3차 기후변화 적응대책 | 국가 생물다양성 협약 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 일반회계 | 하천관리 | 국가하천 정비지원 | 국가하천 정비 | ○ | ○ | | ○ | |
| | | | 국가하천 유지보수 | ○ | ○ | | ○ | |

❍ 2단계 : 통합물관리 기반 강화 필요 항목

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 수질 개선 | 물순환 | 재이용 | 홍수/침수 저감 | 수생태계 건강성 | 기후변화 적응 | 생물 다양성 | 주민 친화도 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 일반회계 | 하천관리 | 국가하천 정비지원 | 국가하천 정비 | ○ | ○ | | | ○ | ○ | ○ | |
| | | | 국가하천 유지보수 | ○ | | | | ○ | ○ | ○ | |

❍ 3단계 : 연계 가능 자연기반해법

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 완충녹지 (수변생태 벨트) | 인공습지 (천변저류지 포함) | 생태 수로 | 홍수터 복원 | 제방 후퇴 | 옥상녹화 /그린월 | 공원 녹지 | 저영향 개발 기법 | 그린 인프라 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 일반회계 | 하천관리 | 국가하천 정비지원 | 국가하천 정비 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | |
| | | | 국가하천 유지보수 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | |

❍ 4단계 : 민간투자 및 수익 분야

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 주민참여 환경관리 | 공원녹지 창출 | 생태관광 및 생태교육 | 기업의 ESG 경영 연계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 일반회계 | 하천관리 | 국가하천 정비지원 | 국가하천 정비 | | ○ | ○ | |
| | | | 국가하천 유지보수 | | ○ | ○ | |

## (2) 환경부 [농특회계 및 균특회계 : 물환경 부문]

❍ 1단계 : 상위계획과의 연계성

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 제1차 국가물관리 기본계획 | 제1차 유역물관리 종합계획 | 제3차 비점오염관리 종합대책 | 제3차 기후변화 적응대책 | 국가 생물다양성 협약 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 일반회계 | 하천관리 | 국가하천 정비지원 | 국가하천 정비 | ○ | ○ | | ○ | |
| | | | 국가하천 유지보수 | ○ | ○ | ○ | ○ | |

❍ 2단계 : 통합물관리 기반 강화 필요 항목

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 수질 개선 | 물순환 | 재이용 | 홍수/침수 저감 | 수생태계 건강성 | 기후변화 적응 | 생물 다양성 | 주민 친화도 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 일반회계 | 하천관리 | 국가하천 정비지원 | 국가하천 정비 | ○ | | ○ | | | ○ | | |
| | | | 국가하천 유지보수 | | ○ | | ○ | | ○ | | |

❍ 3단계 : 연계 가능 자연기반해법 기법

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 완충녹지 (수변생태 벨트) | 인공습지 (천변저류지 포함) | 생태 수로 | 홍수터 복원 | 제방 후퇴 | 옥상녹화 /그린월 | 공원 녹지 | 저영향 개발 기법 | 그린 인프라 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 일반회계 | 하천관리 | 국가하천 정비지원 | 국가하천 정비 | ○ | ○ | ○ | | | | | | |
| | | | 국가하천 유지보수 | | | | | | | | ○ | ○ |

❍ 4단계 : 민간투자 및 수익 분야

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 주민참여 환경관리 | 공원녹지 창출 | 생태관광 및 생태교육 | 기업의 ESG 경영 연계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 일반회계 | 하천관리 | 국가하천정 비지원 | 국가하천 정비 | ○ | ○ | ○ | |
| | | | 국가하천 유지보수 | ○ | | | |

### (3) 환경부 [환특회계 : 물환경 부문]

❍ 1단계 : 상위계획과의 연계성

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 제1차 국가물관리 기본계획 | 제1차 유역물관리 종합계획 | 제3차 비점오염관리 종합대책 | 제3차 기후변화 적응대책 | 국가 생물다양성 협약 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 환경 개선 특별 회계 | 회계간 거래 | 회계간 전출 | 국가 균형발전 특별회계 (지역지원 계정) 전출 | ○ | ○ | | ○ | ○ |
| | 수질 및 수생태계 관리 | 산업폐수 및 기타오염원 관리 | 가축분노 공공처리 시설 설치 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | | 비점오염 저감사업 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | | 공공폐수 처리시설 | ○ | ○ | | | |
| | | | 산업단지 완충저류 시설 설치 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | | 도시물순환 개선사업 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | 하수도 관리 | 하수관로 정비 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | | 하수처리장 설치 | ○ | ○ | | ○ | |
| | | 수질개선 기반구축 | 공공수역 녹조발생 대응 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | | 새만금사업 환경대책 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | 토양 지하수 관리 | 토양 지하수 관리 | 토양환경 보전대책 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | | 군사기지 환경관리 및 정화사업 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | 맑은물 공급· 이용 | 물산업 및 물기술 진흥 | 하수처리수 재이용사업 | ○ | ○ | | ○ | ○ |

○ 2단계 : 통합물관리 기반 강화 필요 항목

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 수질 개선 | 물순환 | 재이용 | 홍수/침수 저감 | 수생태계 건강성 | 기후변화 적응 | 생물 다양성 | 주민 친화도 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 환경 개선 특별 회계 | 회계간 거래 | 회계간 전출 | 국가 균형발전 특별회계 (지역지원 계정) 전출 | | | | ○ | | ○ | ○ | |
| | 수질 및 수생태계 관리 | 산업폐수 및 기타오염원 관리 | 가축분노 공공처리 시설 설치 | ○ | | | | | ○ | | ○ |
| | | | 비점오염 저감사업 | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ |
| | | | 공공폐수 처리시설 | | | ○ | | | ○ | | ○ |
| | | | 산업단지 완충저류 시설 설치 | ○ | | | | | | | |
| | | | 도시물순환 개선사업 | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ |
| | | 하수도 관리 | 하수관로 정비 | | ○ | | ○ | | ○ | | |
| | | | 하수처리장 설치 | | ○ | ○ | | | ○ | | ○ |
| | | 수질개선 기반구축 | 공공수역 녹조발생 대응 | | | | | ○ | ○ | | |
| | | | 새만금사업 환경대책 | | ○ | ○ | | ○ | | | ○ |
| | 토양 지하수 관리 | 토양 지하수 관리 | 토양환경 보전대책 | | ○ | | | | ○ | | |
| | | | 군사기지 환경관리 및 정화사업 | | ○ | | | | ○ | | |
| | 맑은물 공급· 이용 | 물산업 및 물기술 진흥 | 하수처리수 재이용사업 | | ○ | | | ○ | | | ○ |

❍ 3단계 : 연계 가능 자연기반해법

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 완충녹지 (수변생태 벨트) | 인공습지 (천변저류지 포함) | 생태 수로 | 홍수터 복원 | 제방 후퇴 | 옥상녹화 /그린월 | 공원 녹지 | 저영향 개발 기법 | 그린 인프라 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 환경 개선 특별 회계 | 회계간 거래 | 회계간 전출 | 국가 균형발전 특별회계 (지역 지원계정) 전출 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | |
| | 수질 및 수생태계 관리 | 산업폐수 및 기타오염원 관리 | 가축분노 공공처리 시설 설치 | ○ | ○ | ○ | | | | | | |
| | | | 비점오염 저감사업 | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | ○ | ○ |
| | | | 공공폐수 처리시설 | ○ | ○ | ○ | | | | | | |
| | | | 산업단지 완충저류 시설 설치 | ○ | ○ | ○ | | | | ○ | | |
| | | | 도시물 순환 개선사업 | | ○ | ○ | | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 하수도 관리 | 하수관로 정비 | | | | | | | | ○ | ○ |
| | | | 하수 처리장 설치 | | ○ | ○ | | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 수질개선 기반구축 | 공공수역 녹조발생 대응 | ○ | | | | | | | | |
| | | | 새만금 사업 환경대책 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | ○ | ○ |
| | 토양 지하수 관리 | 토양 지하수 관리 | 토양환경 보전대책 | ○ | ○ | ○ | | | | ○ | | ○ |
| | | | 군사기지 환경관리 및 정화사업 | ○ | ○ | ○ | | | | ○ | | ○ |
| | 맑은물 공급· 이용 | 물산업 및 물기술 진흥 | 하수처리 수재이용 사업 | | ○ | ○ | | | | ○ | | |

○ 4단계 : 민간투자 및 수익분야

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 주민참여 환경관리 | 공원녹지 창출 | 생태관광 및 생태교육 | 기업의 ESG 경영 연계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 환경 개선 특별 회계 | 회계간 거래 | 회계간 전출 | 국가 균형발전 특별회계 (지역지원 계정) 전출 | ○ | ○ | ○ | |
| | 수질 및 수생태계 관리 | 산업폐수 및 기타오염원 관리 | 가축분노 공공처리 시설 설치 | | ○ | | |
| | | | 비점오염 저감사업 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | | 공공폐수 처리시설 | | ○ | | |
| | | | 산업단지 완충저류 시설 설치 | | ○ | ○ | |
| | | | 도시물순환 개선사업 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 하수도 관리 | 하수관로 정비 | ○ | | | |
| | | | 하수처리장 설치 | | ○ | ○ | ○ |
| | | 수질개선 기반구축 | 공공수역 녹조발생 대응 | | | ○ | |
| | | | 새만금사업 환경대책 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 토양 지하수 관리 | 토양 지하수 관리 | 토양환경 보전대책 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | | 군사기지 환경관리 및 정화사업 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 맑은물 공급·이용 | 물산업 및 물기술 진흥 | 하수처리수 재이용사업 | ○ | ○ | ○ | |

### (4) 환경부 [수계관리기금 : 물환경 부문]

❍ 1단계 : 상위계획과의 연계성

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 제1차 국가물관리 기본계획 | 제1차 유역물관리 종합계획 | 제3차 비점오염관리 종합대책 | 제3차 기후변화 적응대책 | 국가 생물다양성 협약 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 한강 수계 관리 기금 | 4대강 유역 관리 | 환경기초 시설 | 환경기초 시설 설치 | ○ | ○ | | ○ | |
| | | 기타 수질개선 지원 | 생태하천 복원사업 | ○ | ○ | | ○ | |
| | | | 비점오염 저감산업 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 토지매수 및 수변구역 관리 | 수변녹지 조성관리 사업 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 낙동강 수계 관리 기금 | 4대강 유역 관리 | 환경기초 시설 | 환경기초 시설 설치 | ○ | ○ | | ○ | |
| | | 기타 수질개선 지원 | 비점오염 저감사업 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 토지매수 및 수변구역 관리 | 수변녹지 조성관리 사업 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 금강 수계 관리 기금 | 4대강 유역 관리 | 환경기초 시설 | 환경기초 시설 설치 | ○ | ○ | | ○ | |
| | | 기타 수질개선 지원 | 비점오염 저감사업 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | | 생태하천 복원사업 | ○ | ○ | | ○ | |
| | | 토지매수 및 수변구역 관리 | 수변녹지 조성관리 사업 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 영산강·섬진강 수계 기금 | 4대강 유역 관리 | 환경기초 시설 | 환경기초 시설 설치 | ○ | ○ | | ○ | |
| | | 기타 수질개선 지원 | 생태하천 복원사업 | ○ | ○ | | ○ | |
| | | | 비점오염 저감사업 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 토지매수 및 수변구역 관리 | 수변녹지 조성관리 사업 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

○ 2단계 : 통합물관리 기반 강화 필요 항목

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 수질 개선 | 물순환 | 재이용 | 홍수/침수 저감 | 수생태계 건강성 | 기후변화 적응 | 생물 다양성 | 주민 친화도 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 한강 수계 관리 기금 | 4대강 유역 관리 | 환경기초 시설 | 환경기초 시설 설치 | | ○ | ○ | | | ○ | | ○ |
| | | 기타 수질개선 지원 | 생태하천 복원사업 | | | | ○ | | ○ | ○ | |
| | | | 비점오염 저감산업 | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ |
| | | 토지매수 및 수변구역 관리 | 수변녹지 조성관리 사업 | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 낙동강 수계 관리 기금 | 4대강 유역 관리 | 환경기초 시설 | 환경기초 시설 설치 | | ○ | ○ | | | ○ | | ○ |
| | | 기타 수질개선 지원 | 비점오염 저감사업 | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ |
| | | 토지매수 및 수변구역 관리 | 수변녹지 조성관리 사업 | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 금강 수계 관리 기금 | 4대강 유역 관리 | 환경기초 시설 | 환경기초 시설 설치 | | ○ | ○ | | | ○ | | ○ |
| | | 기타 수질개선 지원 | 비점오염 저감사업 | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ |
| | | | 생태하천 복원사업 | | | | ○ | | ○ | ○ | |
| | | 토지매수 및 수변구역 관리 | 수변녹지 조성관리 사업 | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 영산강·섬진강 수계 기금 | 4대강 유역 관리 | 환경기초 시설 | 환경기초 시설 설치 | | ○ | ○ | | | ○ | | ○ |
| | | 기타 수질개선 지원 | 생태하천 복원사업 | | | | ○ | | ○ | ○ | |
| | | | 비점오염 저감사업 | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ |
| | | 토지매수 및 수변구역 관리 | 수변녹지 조성관리 사업 | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

❍ 3단계 : 연계 가능 자연기반해법

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 완충녹지 (수변생태 벨트) | 인공습지 (천변저류지 포함) | 생태 수로 | 홍수터 복원 | 제방 후퇴 | 옥상녹화 /그린월 | 공원 녹지 | 저영향 개발 기법 | 그린 인프라 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 한강 수계 관리 기금 | 4대강 유역 관리 | 환경기초 시설 | 환경기초 시설 설치 | | ○ | ○ | | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 기타 수질개선 지원 | 생태하천 복원사업 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | |
| | | | 비점오염 저감산업 | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | ○ | ○ |
| | | 토지매수 및 수변구역 관리 | 수변녹지 조성관리 사업 | | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | |
| 낙동강 수계 관리 기금 | 4대강 유역 관리 | 환경기초 시설 | 환경기초 시설 설치 | | ○ | ○ | | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 기타 수질개선 지원 | 비점오염 저감사업 | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | ○ | ○ |
| | | 토지매수 및 수변구역 관리 | 수변녹지 조성관리 사업 | | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | |
| 금강 수계 관리 기금 | 4대강 유역 관리 | 환경기초 시설 | 환경기초 시설 설치 | | ○ | ○ | | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 기타 수질개선 지원 | 비점오염 저감사업 | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | ○ | ○ |
| | | | 생태하천 복원사업 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | |
| | | 토지매수 및 수변구역 관리 | 수변녹지 조성관리 사업 | | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | |
| 영산강·섬진강 수계 기금 | 4대강 유역 관리 | 환경기초 시설 | 환경기초 시설 설치 | | ○ | ○ | | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 기타 수질개선 지원 | 생태하천 복원사업 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | |
| | | | 비점오염 저감사업 | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | ○ | ○ |
| | | 토지매수 및 수변구역 관리 | 수변녹지 조성관리 사업 | | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | |

○ 4단계 : 민간투자 및 수익분야

| 회계 | 프로그램 | 단위사업 | 세부사업 | 주민참여 환경관리 | 공원녹지 창출 | 생태관광 및 생태교육 | 기업의 ESG 경영 연계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 한강 수계 관리 기금 | 4대강 유역 관리 | 환경기초 시설 | 환경기초 시설 설치 | | ○ | ○ | ○ |
| | | 기타 수질개선 지원 | 생태하천 복원사업 | ○ | ○ | ○ | |
| | | | 비점오염 저감산업 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 토지매수 및 수변구역 관리 | 수변녹지 조성관리 사업 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 낙동강 수계 관리 기금 | 4대강 유역 관리 | 환경기초 시설 | 환경기초 시설 설치 | | ○ | ○ | ○ |
| | | 기타 수질개선 지원 | 비점오염 저감사업 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 토지매수 및 수변구역 관리 | 수변녹지 조성관리 사업 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 금강 수계 관리 기금 | 4대강 유역 관리 | 환경기초 시설 | 환경기초 시설 설치 | | ○ | ○ | ○ |
| | | 기타 수질개선 지원 | 비점오염 저감사업 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | | 생태하천 복원사업 | ○ | ○ | ○ | |
| | | 토지매수 및 수변구역 관리 | 수변녹지 조성관리 사업 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 영산강·섬진강 수계 기금 | 4대강 유역 관리 | 환경기초 시설 | 환경기초 시설 설치 | | ○ | ○ | ○ |
| | | 기타 수질개선 지원 | 생태하천 복원사업 | ○ | ○ | ○ | |
| | | | 비점오염 저감사업 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 토지매수 및 수변구역 관리 | 수변녹지 조성관리 사업 | ○ | ○ | ○ | ○ |

### (5) 행정안전부 및 농림축산식품부 [균특회계 및 농특회계 : 물관리사업 부문]

❍ 1단계 : 상위계획과의 연계성

| 부처 | 프로그램 | 단위사업 | 제1차 국가물관리 기본계획 | 제1차 유역물관리 종합계획 | 제3차 비점오염관리 종합대책 | 제3차 기후변화 적응대책 | 국가 생물다양성 협약 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 행정 안전부 | 국가균형 발전 특별회계 | 재해위험 지구 정비 | ○ | ○ | | ○ | |
| | | 풍수해 생활권 종합정비 | ○ | ○ | | ○ | |
| 농림 축산 식품부 | 일반회계 | 수리시설 유지관리 | ○ | ○ | | ○ | |
| | 농어촌구조 개선 특별회계 | 가뭄대비 용수개발 | ○ | ○ | | ○ | |
| | | 농업용수 수질개선 | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | 수리시설 개보수 | ○ | ○ | | ○ | |
| | | 다목적 농촌용수 개발 | ○ | ○ | | ○ | |
| | | 배수개선 (지자체) | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | 국가균형 발전 특별회계 | 일반 농산어촌 개발 (농촌) | ○ | ○ | | ○ | |
| | | 일반 농산어촌 개발 (어촌) | ○ | ○ | | ○ | |

○ 2단계 : 통합물관리 기반 강화 필요 항목

| 부처 | 프로그램 | 단위사업 | 수질 개선 | 물순환 | 재이용 | 홍수/침수 저감 | 수생태계 건강성 | 기후변화 적응 | 생물 다양성 | 주민 친화도 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 행정 안전부 | 국가균형 발전 특별회계 | 재해위험 지구 정비 | | ○ | | | ○ | | | ○ |
| | | 풍수해 생활권 종합정비 | | ○ | | | | | | ○ |
| 농림 축산 식품부 | 일반회계 | 수리시설 유지관리 | ○ | | | ○ | | ○ | | ○ |
| | 농어촌구조 개선 특별회계 | 가뭄대비 용수개발 | ○ | ○ | ○ | | | ○ | | |
| | | 농업용수 수질개선 | | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | | 수리시설 개보수 | | | | ○ | | ○ | | ○ |
| | | 다목적 농촌용수 개발 | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | |
| | | 배수개선 (지자체) | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | | ○ |
| | 국가균형 발전 특별회계 | 일반 농산어촌 개발 (농촌) | | | | | | ○ | | ○ |
| | | 일반 농산어촌 개발 (어촌) | | | | | | ○ | | ○ |

❍ 3단계 : 연계 가능 자연기반해법

| 부처 | 프로그램 | 단위사업 | 완충녹지 (수변생태 벨트) | 인공습지 (천변저류지 포함) | 생태 수로 | 홍수터 복원 | 제방 후퇴 | 옥상녹화 /그린월 | 공원 녹지 | 저영향 개발 기법 | 그린 인프라 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 행정 안전부 | 국가균형 발전 특별회계 | 재해위험 지구 정비 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ |
| | | 풍수해 생활권 종합정비 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ |
| 농림 축산 식품부 | 일반회계 | 수리시설 유지관리 | ○ | | ○ | | | | | | |
| | 농어촌구조 개선 특별회계 | 가뭄대비 용수개발 | | | | ○ | | | | | |
| | | 농업용수 수질개선 | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | |
| | | 수리시설 개보수 | | ○ | ○ | | | | | | |
| | | 다목적 농촌용수 개발 | ○ | | ○ | | | | | | |
| | | 배수개선 (지자체) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | |
| | 국가균형 발전 특별회계 | 일반 농산어촌 개발 (농촌) | | ○ | | ○ | | | ○ | ○ | ○ |
| | | 일반 농산어촌 개발 (어촌) | | ○ | | | | | ○ | ○ | ○ |

❍ 4단계 : 민간투자 및 수익분야

| 부처 | 프로그램 | 단위사업 | 주민참여 환경관리 | 공원녹지 창출 | 생태관광 및 생태교육 | 기업의 ESG 경영 연계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 행정 안전부 | 국가균형 발전 특별회계 | 재해위험 지구 정비 | ○ | ○ | | |
| | | 풍수해 생활권 종합정비 | ○ | ○ | | |
| 농림 축산 식품부 | 일반회계 | 수리시설 유지관리 | | | | |
| | 농어촌구조 개선 특별회계 | 가뭄대비 용수개발 | | | | |
| | | 농업용수 수질개선 | ○ | ○ | ○ | |
| | | 수리시설 개보수 | | | | |
| | | 다목적 농촌용수 개발 | | ○ | ○ | |
| | | 배수개선 (지자체) | ○ | | | |
| | 국가균형 발전 특별회계 | 일반 농산어촌 개발 (농촌) | ○ | ○ | | ○ |
| | | 일반 농산어촌 개발 (어촌) | ○ | ○ | | ○ |

[적용 1] 하수처리시설의 자연기반해법 연계

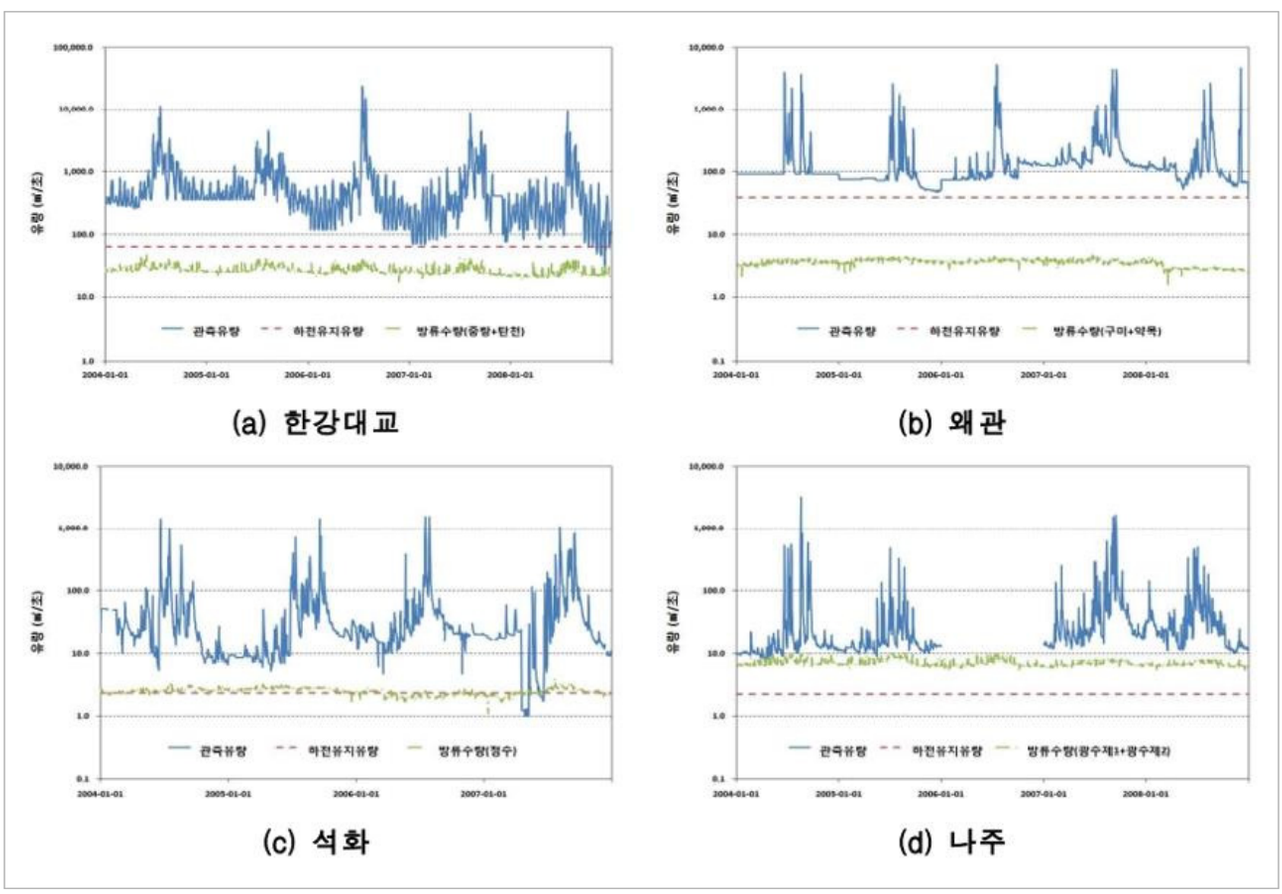
○ 하수처리시설 방류수의 하천유량 기여율

- 한강을 비롯하여 4대강 주요지점의 하천유량 대비 하수처리장 방류수 비율은 평균 40~300% 차지
- 전주 하수처리시설의 만경강 유입유량의 약 50% 차지(금강수계 수계관리위원회, 2016)

**부록 표 2.1 하천유량 대비 하수종말처리시설 방류수량 비율 검토 결과**

| 지점 | 관측유량 대비 방류수량 비율(%) | | | 하천유지유량 대비 방류수량 비율(%) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 최대 | 최소 | 평균 | 최대 | 최소 | 평균 |
| 한강대교 | 82.9 | 0.9 | 10.9 | 74.2 | 27.8 | 40.2 |
| 왜 관 | 8.0 | 0.1 | 3.9 | 11.7 | 3.9 | 9.0 |
| 석 화 | 85.3 | 0.5 | 17.3 | 138.5 | 44.1 | 103.1 |
| 나 주 | 103.4 | 2.4 | 48.8 | 402.9 | 240.1 | 297.6 |

* 출처 : 문장원 외(2010). 하수종말처리시설 방류수의 하천유량 기여도, 한국수자원학회 2010 학술발표회




**부록 그림 2.1 하천유량과 하수종말처리시설 방류수량 비교(문장원 외, 2010)**

○ 하수처리시설의 물환경 개선 기여도를 높이기 위한 전략

- 소규모 하수처리시설하류 이전은 상류하천의 건천화를 유발하기에 시설의 하류 이전 대신 자연기반해법 연계 생태용수 확보 필요
- 자연기반해법 연계 도시지역 분산형 하수처리시설 조성은 도심하천 생태용수 및 수변공간창출
- 일정 규모 이상의 개발지구에서는 자연기반해법 연계 분산형 하수처리시설 명문화 제도 필요

(a) 그레이인프라의 대전공공하수처리시설 | (b) 자연기반해법 연계 그린인프라의 공주 공공하수처리시설

**부록 그림 2.2 그레이인프라 및 그린인프라 하수처리장 사례(사진자료: 카카오맵)**

[적용 2] 소규모 하수처리시설의 자연기반해법 연계

○ 소규모 하수처리시설 문제점

- 하수의 유량 및 농도의 큰 변화로 처리효율 낮음
- 처리효율 대비 소규모 하수처리시설의 에너지 소요 높음(예- 송풍)
- 고령화 및 지역소멸로 처리시설의 하류이동은 상류하천 건천화 유발
- 생태하천복원사업 추진 시 처리수 상류 이송은 에너지 비용 상승

○ 소규모 하수처리시설 개선방향 : 처리효율 향상, 탄소중립, 농업용수/생태용수 재이용 추진

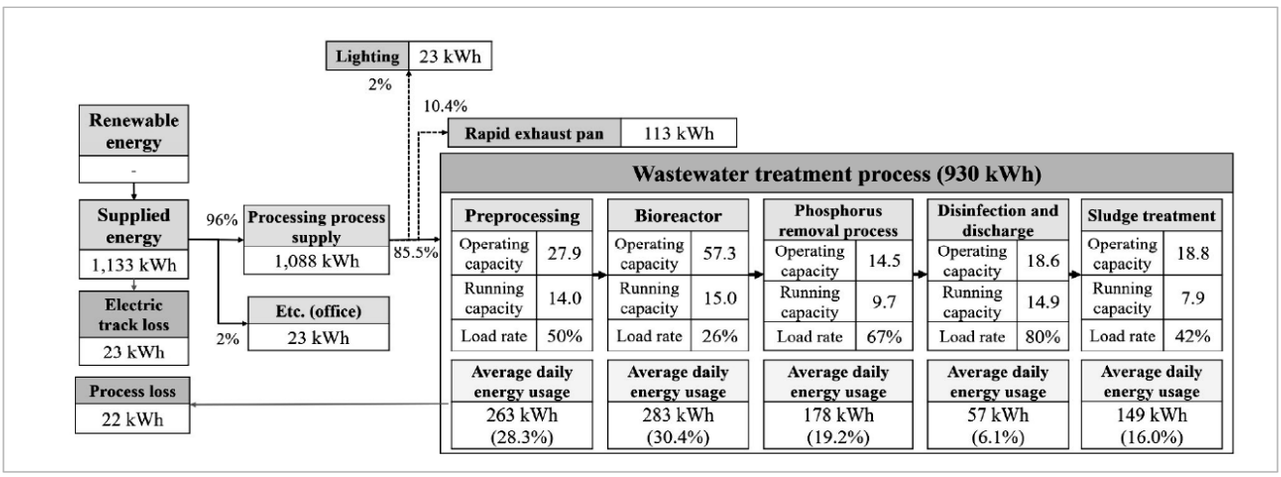
○ 소규모 하수도시설의 자연기반해법 연계방안

- 1일 하수처리용량 50㎥미만 시설 : 유입수 성상 낮은 지역에 자연형 시설 추진(인공습지 등)
- 1일 하수처리용량 50~200㎥ 시설 : 총인 농도 3㎎/L이하 지역 신규시설 및 시설 개선사업은 자연형 시설로 추진, T-총인 농도 3㎎/L이상 지역은 자연기반해법 및 고도화된 시설 연계
- 1일 하수처리용량 200~500㎥ 시설 : 고도화된 처리시설 적용

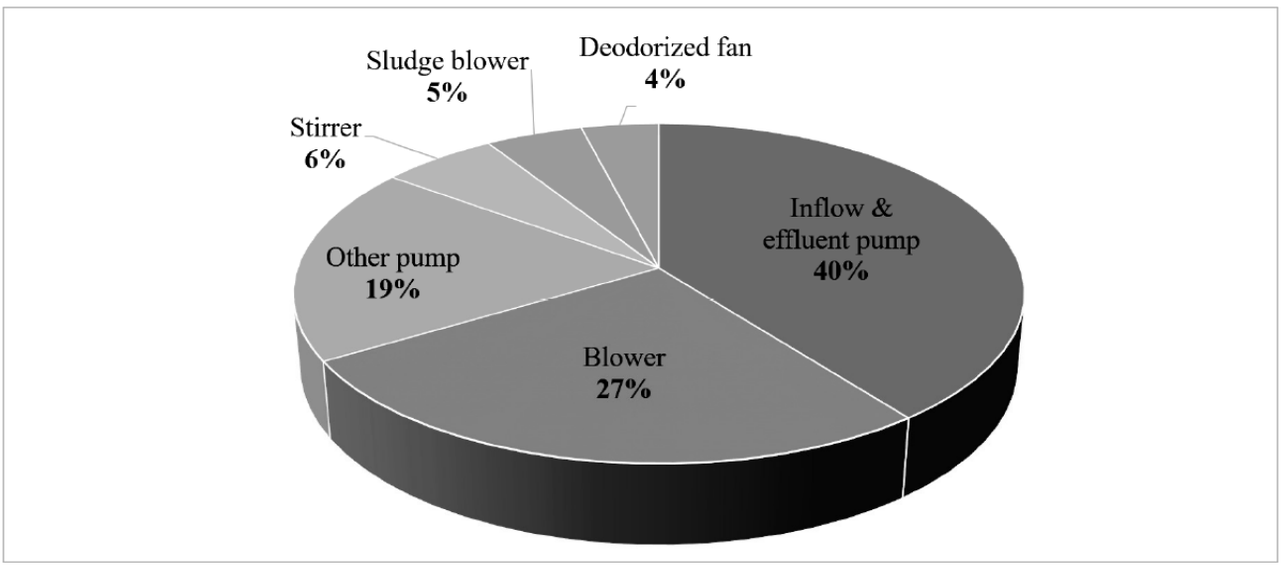
## 부록 표 2.2 다양한 하수처리시설의 에너지 사용현황

| Precess flow rate ($m^3 d^{-1}$) | Energy consumption (KWh) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 15 | 150 | 750 | 1500 | 3000 |
| Oxidation Ditch | 1291 | 1527 | 2508 | 3709 | 6061 |
| Trickling Filter | 1269 | 1309 | 1420 | 1537 | 1754 |
| Rotating Biological Contactor | 1442 | 1466 | 1506 | 2060 | 2275 |
| Compact Sequential Batch Reactor | 1250 | 1863 | 4265 | 7288 | 13325 |
| Waste Stabilization Ponds | 12 | 36 | 76 | 104 | 144 |
| Constructed Wetlands-Lagoon | 12 | 36 | 76 | 104 | 144 |
| Constructed Wetlands-Chlorination | 1193 | 1216 | 1256 | 1284 | 1324 |

* 출처 : Gratziou, *M. K.*, Tsalkatidou, M., & Kotsovinos, *N. E.* (2006). Economic evaluation of small capacity sewage processing units. Global NEST Journal, 8(1), pp.52-60

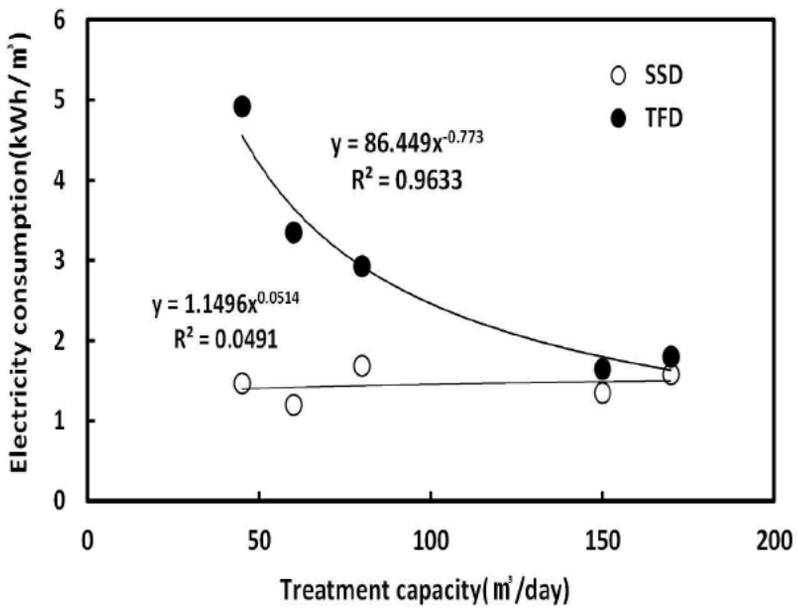



**부록 그림 2.3 한국환경공단의 에너지 진단 툴키트를 활용한 하수처리시설의 에너지 흐름 (김종락 외, 2020)**




**부록 그림 2.4 한국환경공단의 에너지 진단 툴키트를 활용한 하수처리시설의 에너지 사용비율 (김종락 외, 2020)**

| Treatment method | Electricity consumption (kWh/㎥) | | Number |
|---|---|---|---|
| | SSD (Avg. ± SD.) | TFD (Avg. ± SD.) | |
| MEDIA | 2.85~4.75(3.71 ± 0.68) | 3.04~16.80(10.55 ± 5.21) | 4 |
| SBR | 1.20~1.69(1.46 ± 0.17) | 1.66~4.92(2.93 ± 1.19) | 5 |
| WETLAND | 0.23~0.54(0.36 ± 0.13) | 0.67~1.60(1.24 ± 0.40) | 3 |
| A2O | 3.03 | 10.50 | 1 |
| MEMBRANE | 5.43 | 12.39 | 1 |




**부록 그림 2.5 소규모 하수처리시설의 종류별 규모별 에너지 사용량 비교(서정인, 2022)**

(a) 프랑스의 자연기반해법을 활용한 소규모하수처리시설

(b) 수변생태벨트가 연계된 용담댐 상류 진안 소규모하수처리장

**부록 그림 2.6 자연기반해법이 연계된 소규모 하수처리시설 사례(사진자료: 김이형 소장)**

[적용 3] 자연기반해법 연계를 통한 지표수 및 기저유출 통합물관리

❍ 시설재배지 경작현황

- 9월~5월 : 시설재배지 경작(양액을 매일 토양으로 주입) → '지하수 이용 매일 양액 강우로 지저유출'
- 6월~8월 : 시설재배지 내부 휴경 및 토양개량(대규모 고농도 유출부 배출)

❍ 자연기반해법 활용 지표수 및 지하수 연계관리 방안

- 지하수 이용 및 기저유출로 인한 수계 영향 조사
- 수변구역 생태계서비스 지불제 도입 확대로 자연기반해법 활용 필요
- 수변구역 수변생태벨트 조성 및 시설재배지 배수분구별 자연기반해법을 활용한 관리

(a) 낙동강 하류의 시설재배지 현황

(b) 영산강 하류의 시설재배지 현황

**부록 그림 2.7 대하천 주변의 시설재배지 현황(사진자료: 카카오맵)**

**부록 표 2.3 시설재배지 양액배출수의 오염물질 농도**

| Classification | Tomato (N=20) | Paprika (N=20) | Cucumber (N=20) | Strawberry (N=20) | Total (N=80) |
|---|---|---|---|---|---|
| pH | 6.31±0.68 | 6.15±0.59 | 6.38±0.28 | 6.39±0.77 | 6.31±0.60 |
| EC | 4.43±0.99[a] | 3.85±0.85[ab] | 3.32±1.02[b] | 1.50±0.76[c] | 3.27±1.42 |
| $NO_3$-N | 430.61±139.02[a] | 344.66±115.36[b] | 299.31±117.93[b] | 143.87±86.29[c] | 304.61±154.78 |
| $NH_4^+$-N | 10.63±4.78 | 9.76±14.22 | 10.34±17.83 | 12.40±14.88 | 10.78±13.60 |
| $PO_4$-P | 52.31±23.60[ab] | 69.82±56.49[a] | 40.15±19.07[bc] | 20.25±15.00[c] | 45.63±37.06 |
| $K^+$ | 520.76±137.21[a] | 501.01±398.15[a] | 333.78±115.22[b] | 148.16±103.79[c] | 375.93±267.01 |
| $Na^+$ | 89.15±57.19[a] | 107.76±66.23[a] | 98.07±80.27[a] | 31.54±23.33[b] | 81.63±66.43 |
| $Mg^{2+}$ | 133.38±45.81[a] | 114.96±50.35[a] | 108.17±68.76[a] | 32.00±26.00[b] | 97.13±62.71 |
| $Ca^{2+}$ | 341.10±128.49[a] | 446.56±329.00[a] | 213.79±96.77[b] | 125.56±70.19[b] | 281.75±220.35 |
| $Si^{4+}$ | 36.39±21.82[ab] | 46.02±29.09[a] | 24.74±13.05[bc] | 12.75±7.13[c] | 29.97±23.00 |
| $Cl^-$ | 82.82±80.29[ab] | 92.65±58.19[a] | 51.32±32.54[bc] | 36.00±42.05[c] | 65.70±59.82 |
| $S^{2-}$ | 177.21±88.81[a] | 199.63±137.13[a] | 114.27±78.08[b] | 46.45±48.57[c] | 134.39±109.80 |
| $HCO3^-$ | 35.76±48.39 | 23.36±40.87 | 37.05±38.25 | 27.13±23.78 | 30.82±38.55 |
| Fe | 1.10±0.79[ab] | 1.02±1.16[ab] | 1.58±1.23[a] | 0.70±0.91[c] | 1.10±1.07 |
| Mn | 0.15±0.09[b] | 0.11±0.13[b] | 0.41±0.57[a] | 0.19±0.30[b] | 0.21±0.34 |
| Zn | 0.32±0.20 | 0.26±0.28 | 0.45±0.36 | 0.36±0.36 | 0.35±0.31 |
| Cu | 0.07±0.08 | 0.05±0.05 | 0.08±0.06 | 0.11±0.28 | 0.08±0.15 |
| B | 0.76±0.41[ab] | 0.61±0.31[b] | 0.89±0.45[a] | 0.27±0.28[c] | 0.63±0.43 |
| Mo | 0.03±0.01[ab] | 0.01±0.03[b] | 0.04±0.07[a] | 0.03±0.03[ab] | 0.03±0.04 |

* 출처 : 진유정 외(2021). 수경재배 시설원예단지 작물 유형별 배액 특성 및 부하량 평가 연구. 한국습지학회지, 23(4), pp. 352-363

[적용 4] 유역 및 하천 연계 통합물환경관리사업

❍ 필요성

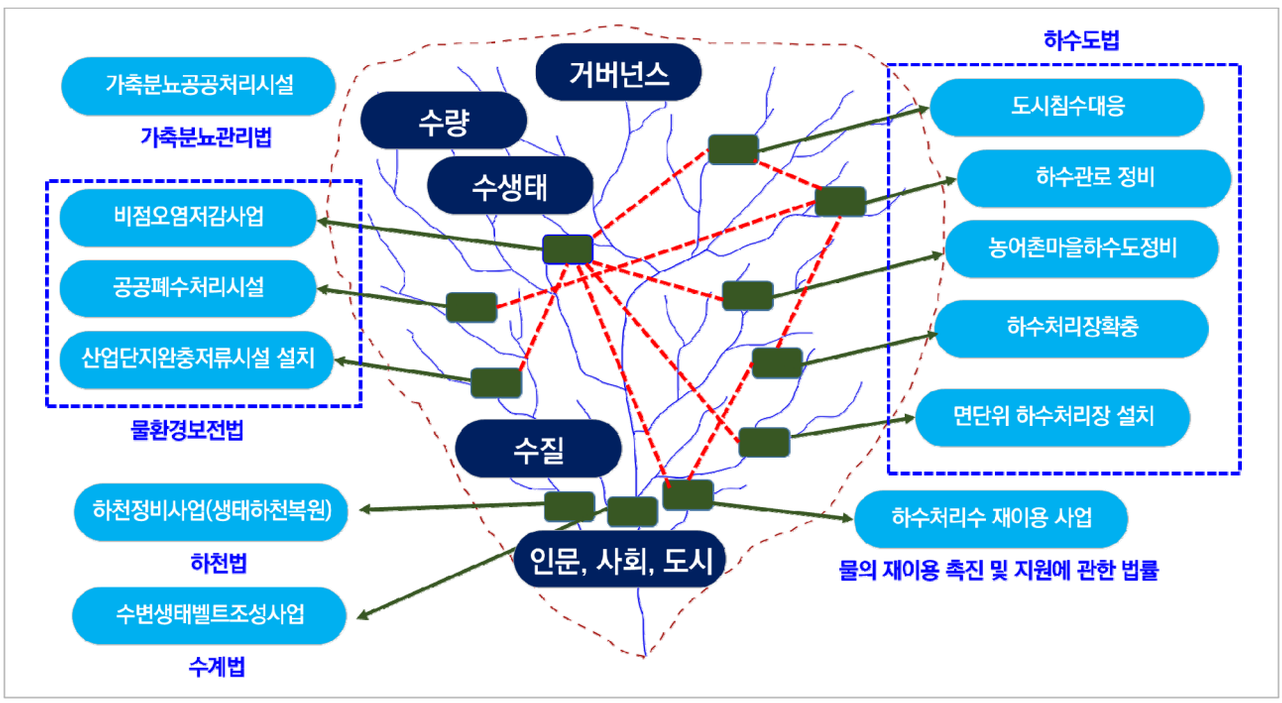
- 개별 사업 위주 수질관리 한계 및 유역-하천 연계 통합물환경관리 필요
- 수질관리사업 명칭을 '원인개선'이 아닌 '개선 후 미래 모습' 반영 개선(예- 오염지류개선사업→푸른 우리강 사업)

❍ 유역-하천 연계 물환경관리 제도 개선

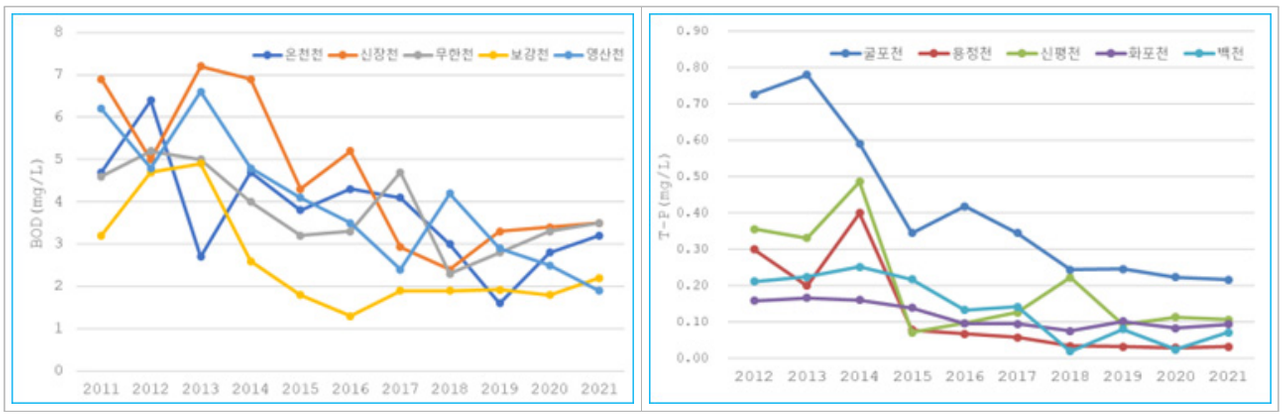
- 통합집중형 오염지류개선사업(건강한 우리강 사업)

❍ 자연기반해법 활용 유역-하천 연계 사업 추진(안)

- 유역 물순환 개선 사업(오염원 분리사업) : 하수관로정비, 오수관로개선, 분류식화 사업, 차집관로 개선 등
- 유역 물환경 관리 사업(오염원 처리사업) : 하수처리, 가축분뇨처리, 산단폐수처리, 비점오염(인공습지, 저영향개발기법) 등
- 하천 건강성 사업(하천복원사업, 사람과 자연 공존 사업) : 생태하천복원, 홍수터 복원, 천변저류지, 유량확보, 퇴적물관리, 친수사업 등




**부록 그림 2.8 유역 및 하천 연계 통합물관리사업(자료: 김이형 소장)**

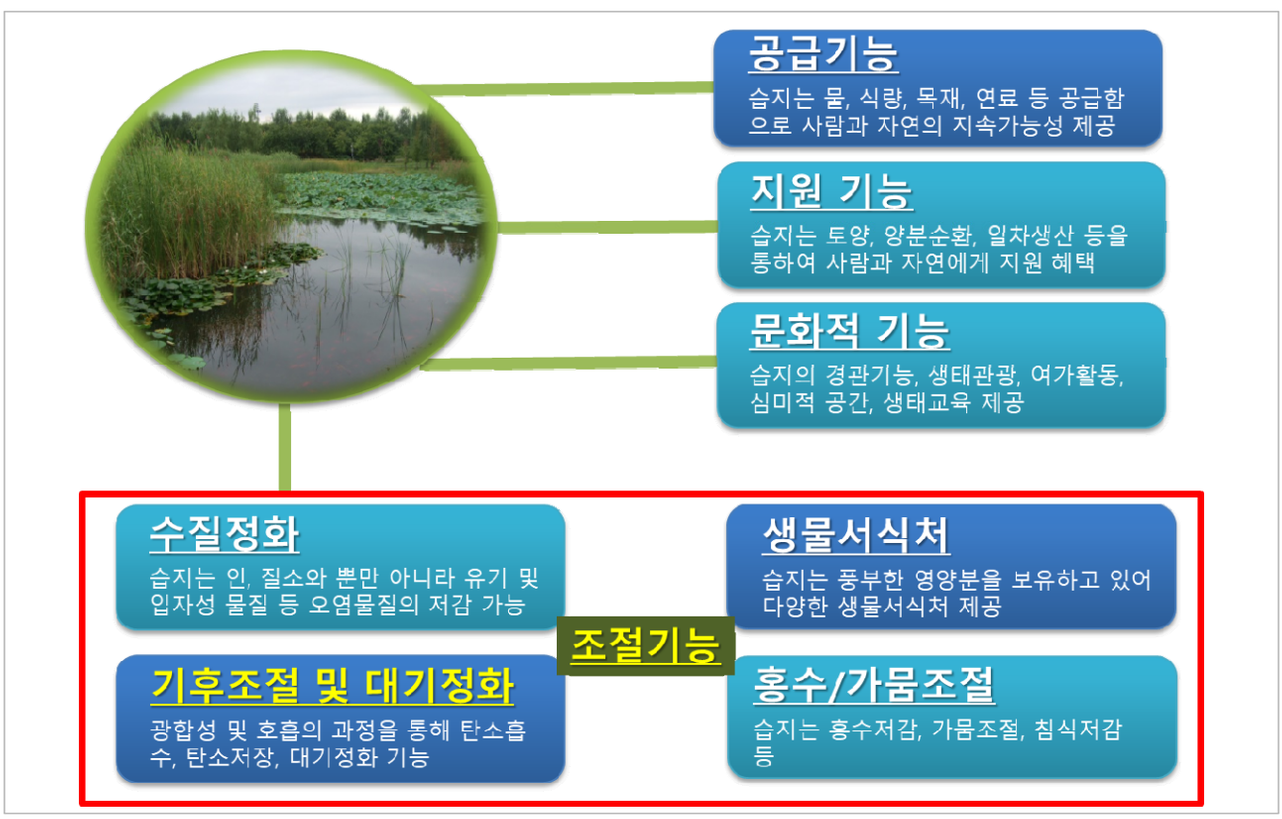



**부록 그림 2.9 통합집중형오염지류개선사업 효과**
**(자료: 한국환경공단(2020), 통합물관리 기반의 유역진단제도 도입방안 연구)**

[적용 5] 농촌지역 자연기반해법을 활용한 통합물관리(수질관리, 녹조관리, 탄소중립, 주민참여)

❍ 농촌 관리방안

- 소규모하수처리시설 및 자연기반해법을 활용한 자연적 물관리기법(둠벙, 습지 등) 연계
- 자연기반해법을 활용한 마을습지 확대 및 인벤토리 구축으로 유역 마을 습지 조사 및 관리 시스템 구축 필요
- 축산단지 내 자연기반해법을 활용한  완충녹지 의무화
- 액비살포지 자연기반해법을 활용한  완충녹지 설치 의무화




**부록 그림 2.10 자연기반해법의 습지의 기능(자료: 김이형 소장)**

(a) 경남 하동군 법대리 축산습지

(b) 경북 성주군 용봉리 축산습지)

(c) 경남 함안군 나대리 축산습지)

**부록 그림 2.11 자연기반해법을 활용한 축산비점오염관리(사진자료: 김이형 소장)**

❍ [자연기반해법을 활용한 축산비점오염 관리] 하동군 축산습지

- 목적 : 낙동강수계 덕천강 유입 북방천 인근 지류의 우기시 다량의 비점오염물질 유입
- 위치 : 경남 하동군 옥종면 법대리 후평마을
- 처리효율 : BOD 78.3%, COD 48.3%, TOC 75.5%, SS 85.9%, TN 78.4%, TP 93.1%

**부록 표 2.4 자연기반해법을 활용한 축산비점오염관리(하동군 법대리)**

| 유역 토지이용 (%) | 논 | 밭 | 축산 | 임야 | 기타 | 계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 31.6 | 21.3 | 8.9 | 23.4 | 14.8 | 100 |

| 경작지 면적비율 (%) | 경작지 면적/전체 면적(AR/TA*100) |
|---|---|
| | 52.9 |

| 시설 특성 | 유역면적(㏊) | 습지면적(㏊) | 습지면적/유역면적 (SA/CA*100) | 설계강우량(㎜) |
|---|---|---|---|---|
| | 29.1 | 0.274 | 0.942 | 5 |

| 설계 유입수질 (㎎/L) | BOD | COD | SS | T-N | T-P |
|---|---|---|---|---|---|
| | 24 | - | 184.5 | 21 | 3.9 |

| 설계 처리효율 (%) | BOD | COD | SS | T-N | T-P |
|---|---|---|---|---|---|
| | 79 | - | 89 | 75 | 80 |

* 출처 : 한국환경공단(2022). 비점오염저감 시범시설 유지관리 및 국고보조사업 모니터링

❍ [자연기반해법을 활용한 축산비점오염 관리] 창녕군 봉산리 계성천 인공습지

- 목적 : 축산농가 밀집지역으로 축분 및 농경지 발생 비점오염물질 처리
- 위치 : 경남 창녕군 봉산리
- 처리효율 : BOD 81.0%, COD 60.0%, TOC 66.9%, SS 66.9%, TN 87.2%, TP 81.1%

**부록 표 2.5 자연기반해법을 활용한 축산비점오염관리(창녕군 봉산리 축산습지)**

| 시설 특성 | 유역면적(㏊) | 습지면적(㏊) | 습지면적/유역면적 (SA/CA*100) | 설계강우량(㎜) |
|---|---|---|---|---|
| | 46 | 0.303 | 65.87 | 5 |

| 설계 유입수질 (㎎/L) | BOD | COD | SS | T-N | T-P |
|---|---|---|---|---|---|
| | 12.2 | - | 33.8 | 11.3 | 0.51 |
| 설계 처리효율 (%) | BOD | COD | SS | T-N | T-P |
| | 32.6 | - | 42.4 | 28.6 | 45.6 |

* 출처 : 한국환경공단(2022). 비점오염저감 시범시설 유지관리 및 국고보조사업 모니터링

❍ [자연기반해법을 활용한 농업비점오염 관리] 충주시 봉방동 인공습지

- 목적: 농업배수의 비점오염원관리를 하천 부영양화 저감
- 위치: 충주시 봉방동 509-3번지 일원에 위치
- 제원: 용량 5,905㎥, 부지면적 18,286㎡, 체류시간 24hr
- 공법: 시설유입 → 침강지 → 깊은습지 → 깊은습지 → 얕은습지 → 깊은습지 → 깊은못 → 얕은습지 → 깊은못 → 침전지 → 방류
- 처리효율: BOD 39.3%, COD 13.0%, TOC 63.5%, SS 63.5%, TN 24%, TP 73.9%

❍ [자연기반해법을 활용한 농업비점오염 관리] 서천군 호암 인공습지

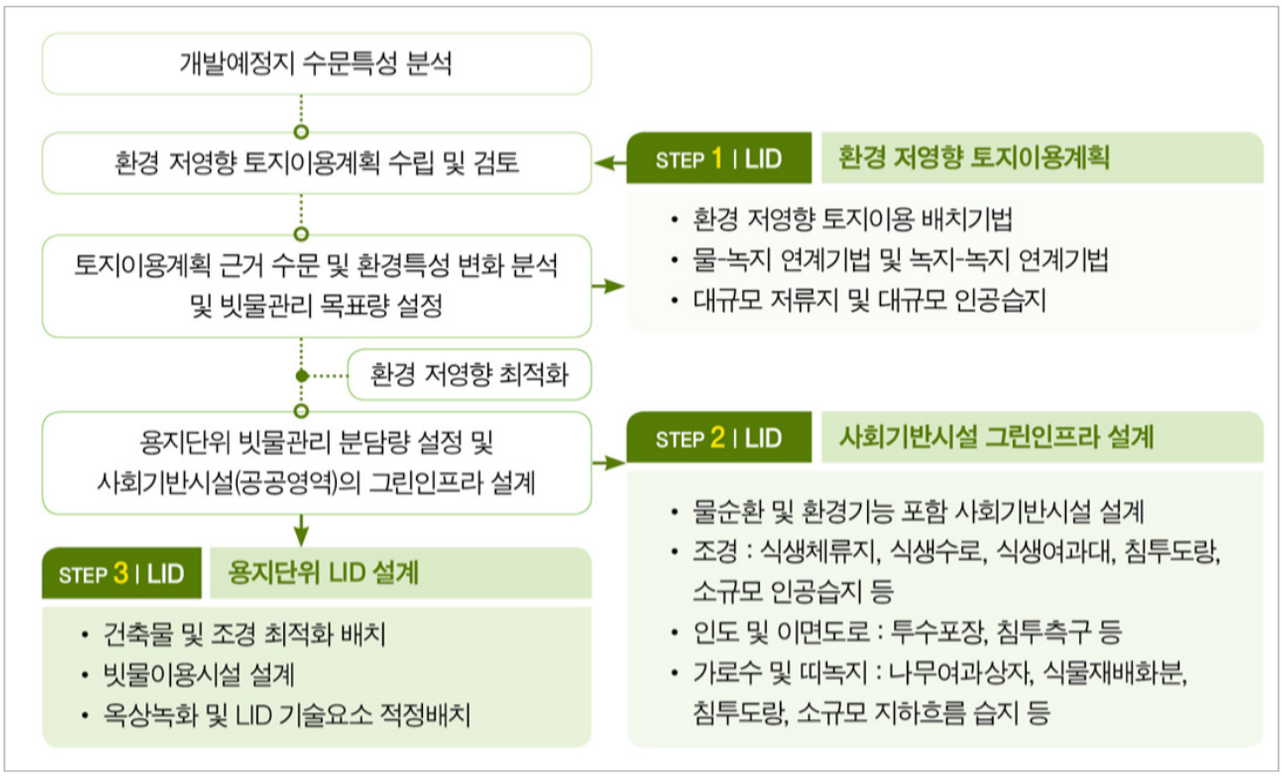
- 목적: 농업지역 비점오염원 처리
- 공법: 침사지 →깊은습지 →얕은습지 →깊은습지 →침전지 →방류순
- 처리효율: BOD 93.9%, COD 80.9%, TOC 16.7%, SS 88.7%, TN 85.9%, TP 85.5%

**부록 그림 2.12 자연기반해법 활용 축산비점오염관리(경남 창녕군 봉산리 습지, 사진 김이형 소장)**

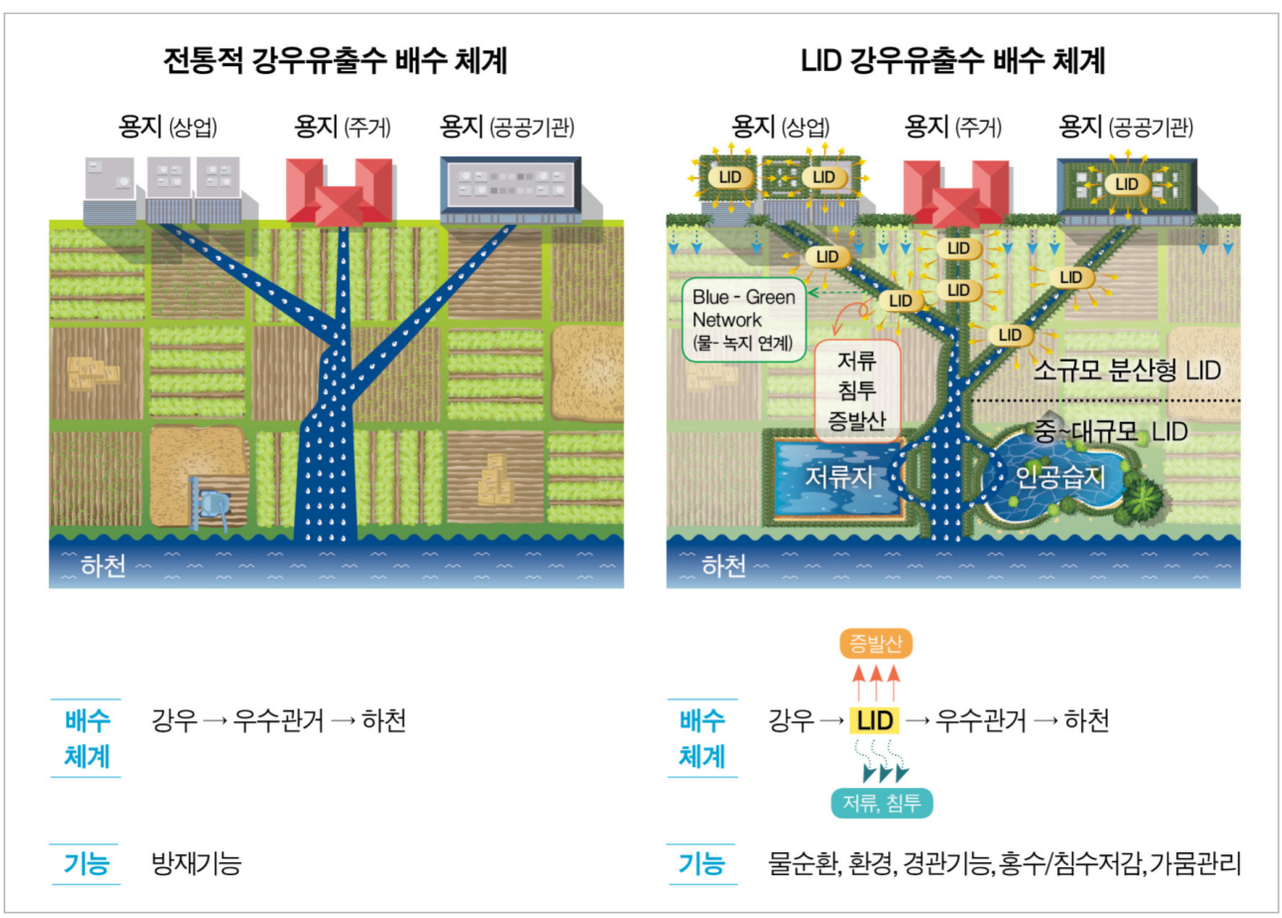
[적용 6] 도시지역 물순환 관리사업

❍ 자연기반해법을 활용한 도시 물순환 개선방안

- 도시지역 블루-그린 네트워크 구축
- 그레이 인프라를 그린인프라로 전환
- 물순환 조례의 근거 법령 마련으로 물순환 의무화
- 탄소중립, 도시침수 연계 도시 물순환 방안
- 하수도시설 개선시 저영향개발기법 동시 고려 제도화




**부록 그림 2.13 개발사업의 자연기반해법 활용 물순환구축방안(자료: 김이형 소장)**




**부록 그림 2.14 전통적 및 자연기반해법 활용 저영향개발기법 기반 물순환구축방안 (자료: 김이형 소장)**

❍ 빗물유출제로화 시범사업 1단계 시범사업(오창)

- 나무여과상자, 식물재배화분, 식생체류지, 침투도랑, 침투통 등 저영향개발기법 기술요소 설치
- 배수구역 : 411,183㎡ (집수구역 면적 : 126,798㎡, 집수 면적률 : 30.8%)

**부록 표 2.6 저영향개발기법 시설별 오염물질 및 유출저감(오창)**

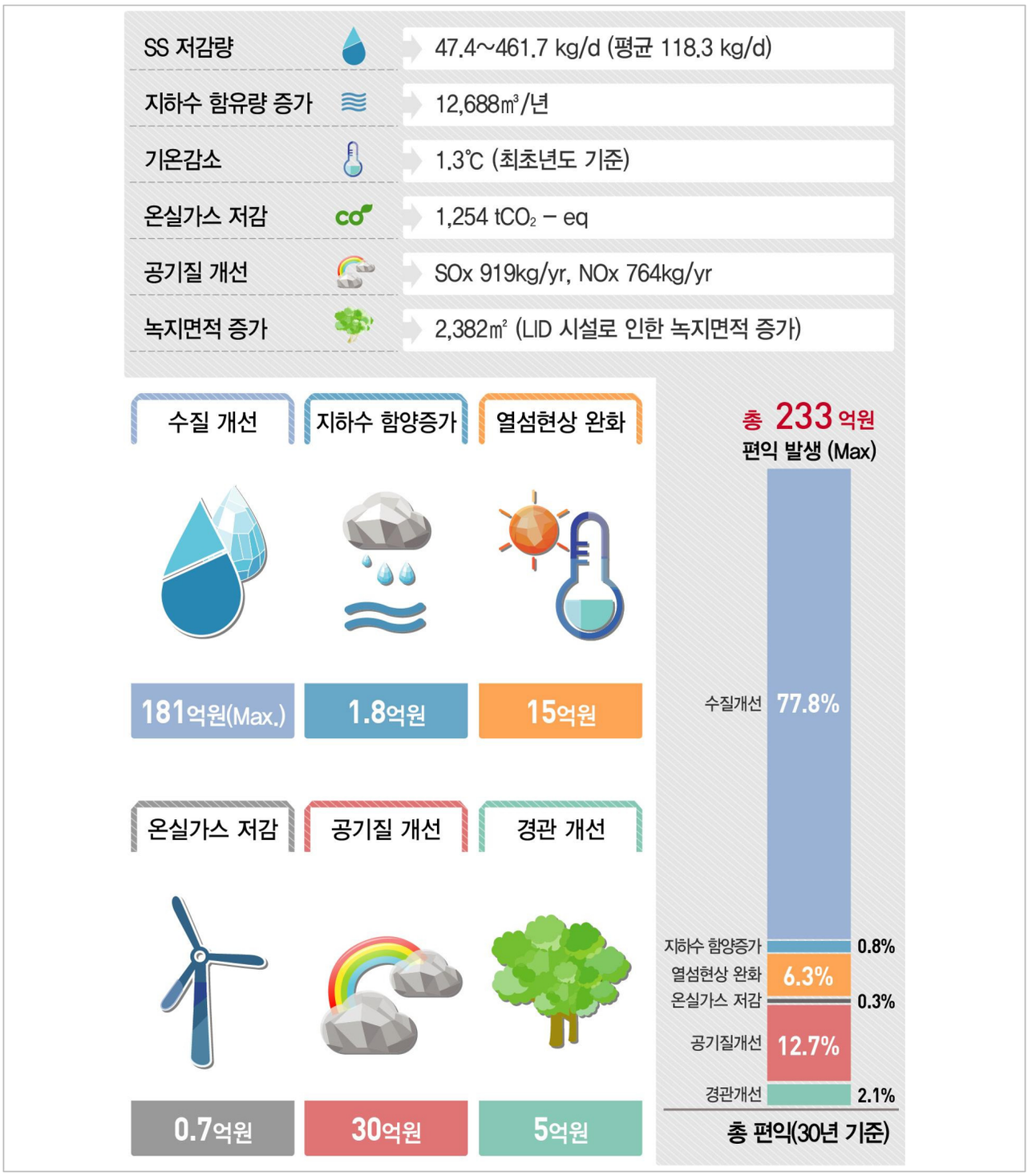
| 저영향개발기법 시설 | 오염물질 저감효율(%) | | | | | 유출 저감효율 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | TSS | BOD | TOC | T-N | T-P | |
| 식물재배화분 | 78.2 | 82.9 | 80.1 | 83.5 | 80.7 | 69.1 |
| 나무여과상자 | 84.9 | 84.5 | 73.1 | 73.9 | 82.6 | 84.1 |
| 식생체류지 | 80.6 | 79.8 | 76.5 | 84.7 | 77.1 | 84.4 |
| 침투형 빗물받이 | 85.5 | 80.0 | 85.1 | 82.3 | 76.4 | 85.7 |
| 투수성포장 | 88.9 | 67.5 | 62.7 | 58.5 | 74.1 | 69.0 |

* 출처 : 환경부 (2019). 빗물유출제로화사업 백서

**부록 표 2.7 배수구역 기준 효과(오창)**

| 저영향개발기법 시설 | 오염물질 저감효율(%) | | | | | 유출 저감효율 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | TSS | BOD | TOC | T-N | T-P | |
| 식물재배화분 | 21.0 | 30.9 | 18.8 | 25.6 | 25.1 | 24.1 |

* 출처 : 환경부 (2019). 빗물유출제로화사업 백서




**부록 그림 2.15 오창지역 자연기반해법 활용 저영향개발기법 기반 물순환구축사업 (자료: 환경부 (2019). 빗물유출제로화사업 백서)**

○ 빗물유출제로화 시범사업 2단계 시범사업(전주)

- 나무여과상자, 식물재배화분, 식생체류지, 침투형 빗물받이, 옥상녹화, 식생수로 등 12종류의 저영향개발기법 기술요소 설치
- 배수구역 : 384,578㎡ (집수구역 면적 : 52,942㎡, 집수 면적률 : 13.77%)

**부록 표 2.8 저영향개발기법 시설별 오염물질 및 유출저감(전주)**

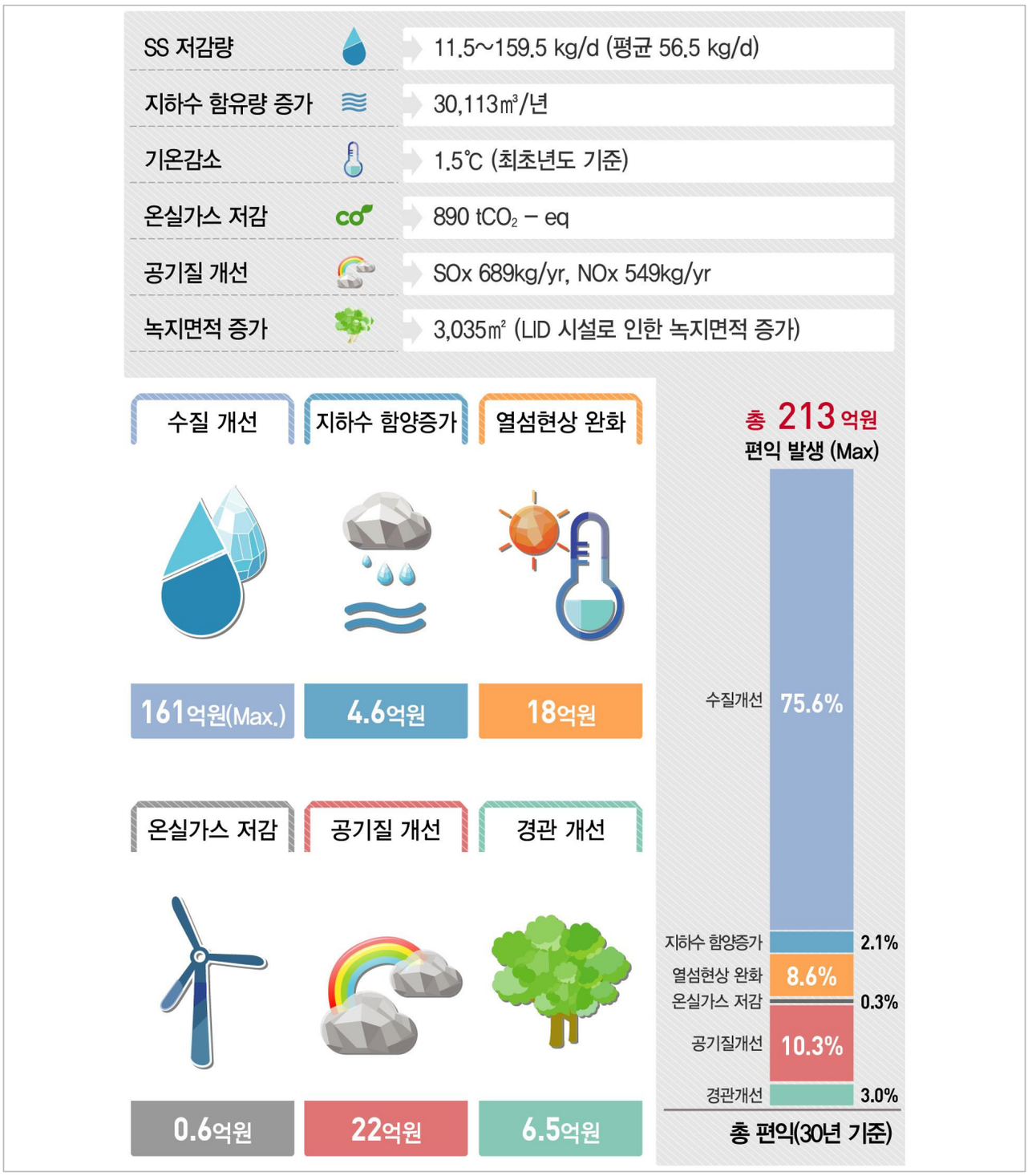
| 저영향개발기법 시설 | 오염물질 저감효율(%) | | | | | 유출 저감효율 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | TSS | BOD | TOC | T-N | T-P | |
| 식물재배화분 | 90.8 | 88.1 | 86.0 | 86.3 | 83.3 | 83.9 |
| 나무여과상자 | 92.8 | 90.3 | 90.7 | 90.6 | 88.4 | 92.4 |
| 식생체류지 | 96.9 | 92.5 | 89.3 | 93.1 | 97.5 | 78.6 |
| 침투형 빗물받이 | 75.7 | 62.7 | 57.0 | 57.2 | 61.9 | 54.1 |
| 투수성포장 | 97.2 | 91.8 | 88.7 | 89.7 | 98.1 | 69.4 |
| 옥상녹화 | 84.7 | 88.1 | 76.6 | 90.6 | 63.0 | 48.8 |

* 출처 : 환경부 (2019). 빗물유출제로화사업 백서

**부록 표 2.9 배수구역 기준 효과(전주)**

| 저영향개발기법 시설 | 오염물질 저감효율(%) | | | | | 유출 저감효율 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | TSS | BOD | TOC | T-N | T-P | |
| 배수구역 | 13.1 | 10.7 | 8.7 | 9.7 | 9.7 | 8.6 |

* 출처 : 환경부 (2019). 빗물유출제로화사업 백서




**부록 그림 2.15 전주지역 자연기반해법 활용 저영향개발기법 기반 물순환구축사업 (자료: 환경부 (2019). 빗물유출제로화사업 백서)**

○ 그린빗물인프라 조성사업

〈식생수로〉

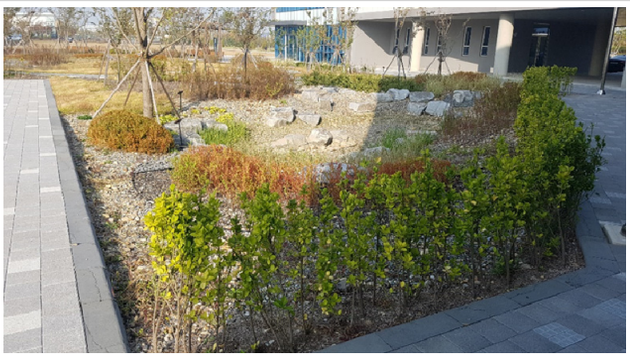
〈침투화분〉

〈식생체류지〉

〈인공습지〉

〈소규모습지(전주)〉

〈침투화분(전주)〉



〈빗물정원(인천)〉

〈침투도랑(인천)〉

**부록 그림 2.16 자연기반해법을 활용한 그린빗물인프라사업 사례(사진자료: 김이형 소장)**

# 부록 3 수자원 부문 자연기반해법 적용 정책 과제

[적용 1] 하천 건강성 확보사업

❍ 하천 건천화 원인

- 하천수 이용(수장기 하천취수량 추이)
- 토지이용의 고도화로 인한 불투수면적률
- 과다한 농업용수 사용(지하수위 저하 등)

❍ 자연기반해법 활용 하천건천화 저감 및 생태용수 확보 방안

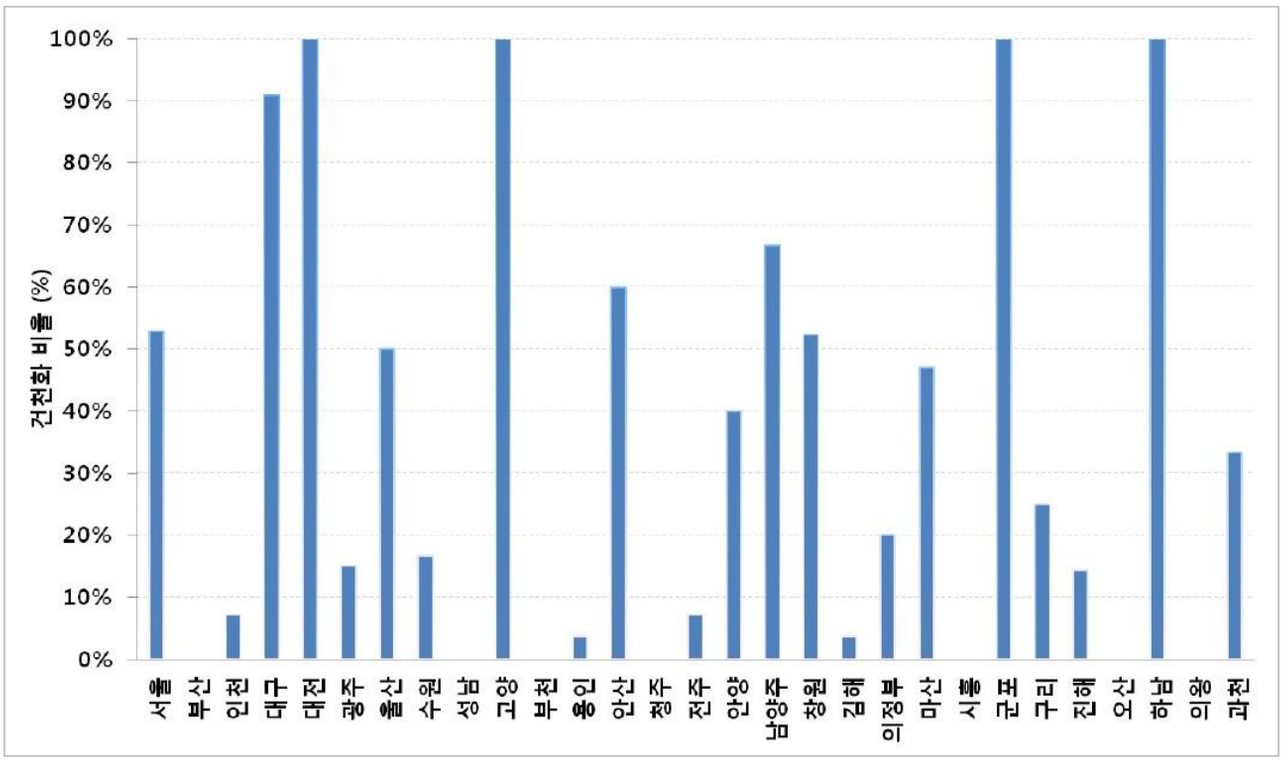
- 도시지역 저영향개발기법 및 그린인프라 확보(불투수면적관리 등)
- 생태면적률 제도를 물의 저류 및 보유기능과 연계(현재 녹지 위주 체계)
- 농촌지역 저류공간 확보 및 농업용수 비용 체계 도입(농업용수 절약방안)
- 시설재배지 조성시 저류지 조성과 연계
- 소규모하수처리시설의 하류 이전 대신 자연기반해법 연계
- 일정규모 개발시(예, 인구 2만명 이상) 하수처리시설 설치 의무화(지하화 및 공원화)
- 도시 하수처리시설의 도심시 분산배치시 국고보조금 지원 비율 향상
- 자연기반해법을 활용한 비점오염, 그린인프라, 저영향개발기법 등 물환경/수생태 관리 위한 부서(수생태보전과)의 지속가능성 확보

**부록 표 3.1 시·도별 건천화 하천 현황**

| | 국가하천(개소) | 지방하천(개소) | 건천화 하천(개소) | 비율(%) |
|---|---|---|---|---|
| 서울특별시 | 3 | 36 | 11 | 30.6 |
| 부산광역시 | 4 | 44 | 0 | 0.0 |
| 대구광역시 | 2 | 25 | 0 | 0.0 |
| 인천광역시 | 0 | 31 | 3 | 9.7 |
| 광주광역시 | 3 | 31 | 2 | 6.5 |
| 대전광역시 | 3 | 26 | 3 | 11.5 |
| 울산광역시 | 1 | 101 | 10 | 9.9 |
| 경기도 | 15 | 600 | 53 | 8.8 |
| 강원도 | 5 | 248 | 13 | 5.2 |
| 충청북도 | 5 | 169 | 18 | 10.7 |
| 충청남도 | 9 | 628 | 82 | 13.1 |
| 전라북도 | 11 | 461 | 37 | 8.0 |
| 전라남도 | 7 | 654 | 89 | 13.6 |
| 경상북도 | 6 | 359 | 78 | 21.7 |

| | 국가하천(개소) | 지방하천(개소) | 건천화 하천(개소) | 비율(%) |
|---|---|---|---|---|
| 경상남도 | 10 | 674 | 83 | 12.3 |
| 합계 | 84 | 4,087 | 482 | 11.8 |

* 비율은지방하천 개소 수에 대한 건천화 하천 개소 수의 비율임
* 출처 : 김상욱 (2010). 도시하천의 건천화 방지를 위한 물순환 건전화 대책, 국회입법조사처




**부록 그림 3.1 도시별 도시하천 건천화 개소비 (안종호 등, 2011)**

[적용 2] 자연기반해법을 활용한 하천정비사업

❍ 필요성

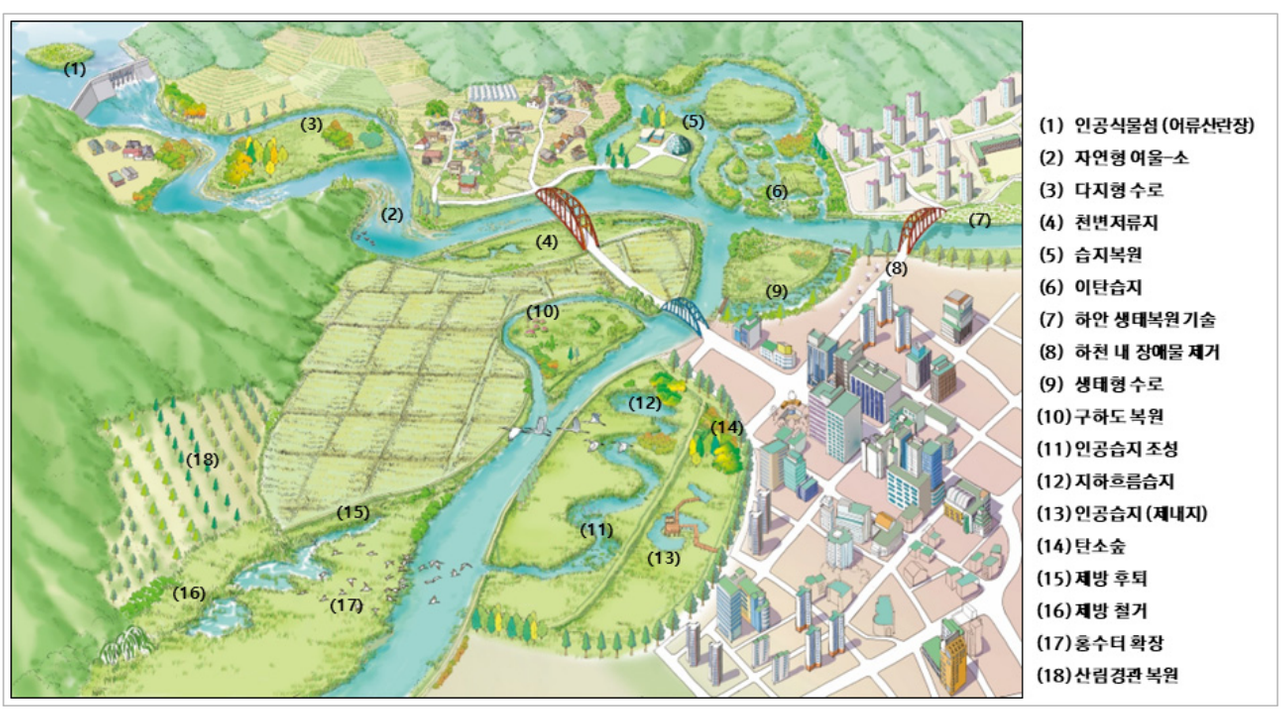
- 물관리일원화로 하천관리에 치수, 이수 기능에 물환경(수질, 수생태) 관리 필요
- 하천 고수부지의 개발 가속화(지자체 하천 관련 예산)
- 자연과 사람이 공존하는 방향으로 둔치 관리 필요
- 저영향개발기법, 2030 탄소감축, 2050 탄소중립 이행을 위한 수변생태벨트 역할 강화

❍ 자연기반해법 활용 하천정비 방안

- 둔치의 개발화는 비점오염물질의 하천 직유입 발생시키기에 하천점용 허가기준 개선 필요
- 자연기반해법을 반영하는 하천설계기준 개선(상류하천 홍수터 복원, 제방후퇴), 중류하천(천변저류지 등), 하류하천(기수역 복원 등)
- 다양한 자연기반해법을 활용하여 수변구역과 하천의 연계성을 향상시켜 홍수저감, 기후변화 대응, 수질개선, 생물다양성 확보, 친수구역 확보 등 전략 필요

(a) 함평천 복원 전(2008년) | (b) 함평천 복원 후(2023년)

**부록 그림 3.2 함평지구 하천환경정비사업(2006~2010) 전과 후 (사진: 카카오맵)**




**부록 그림 3.3 자연기반해법 기반 하천정비방안 개념도 (K-water, 2023)**

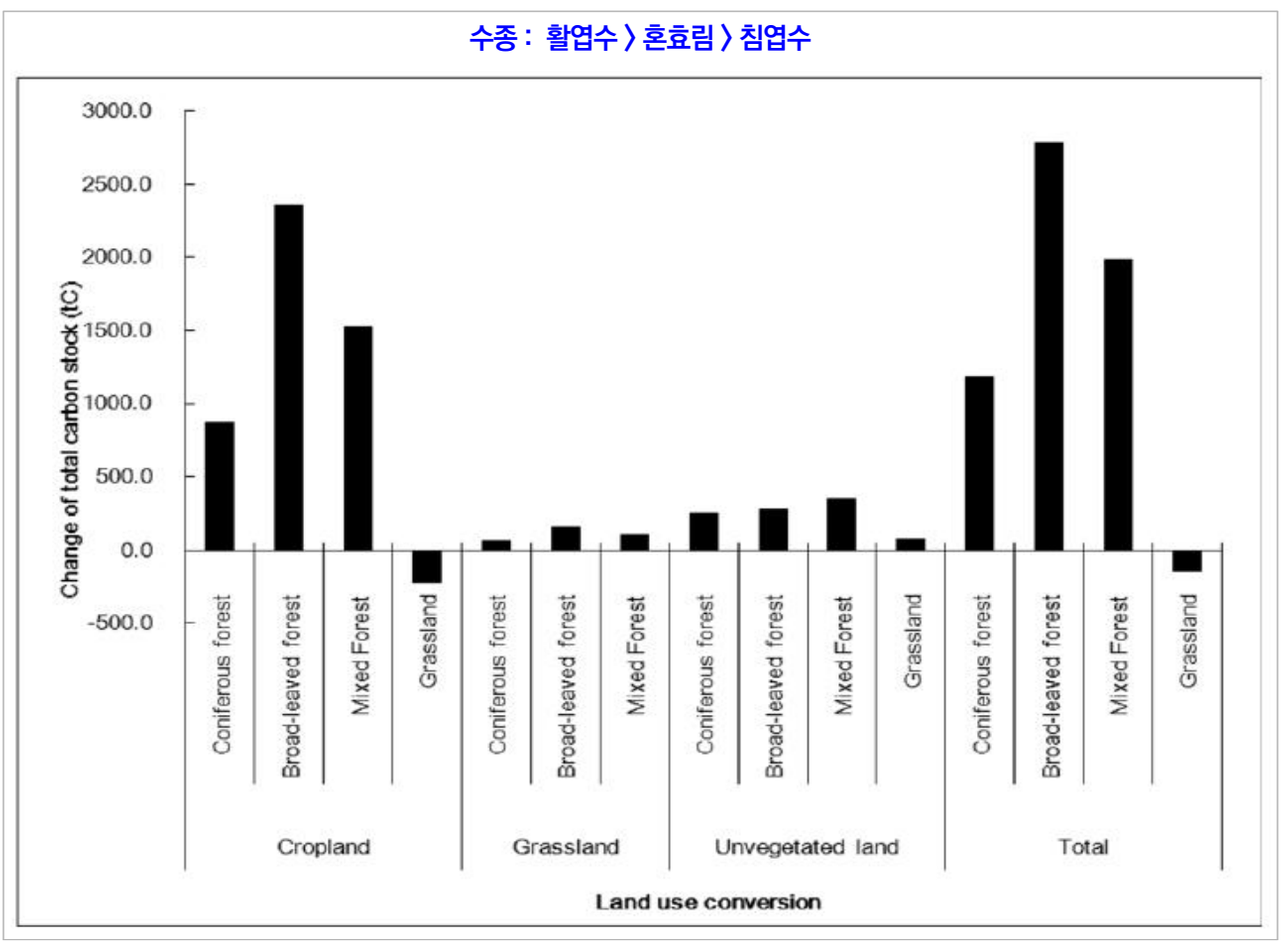
[적용 3] 자연기반해법 활용 물순환 기반 수변구역 탄소벨트 조성사업

❍ 필요성

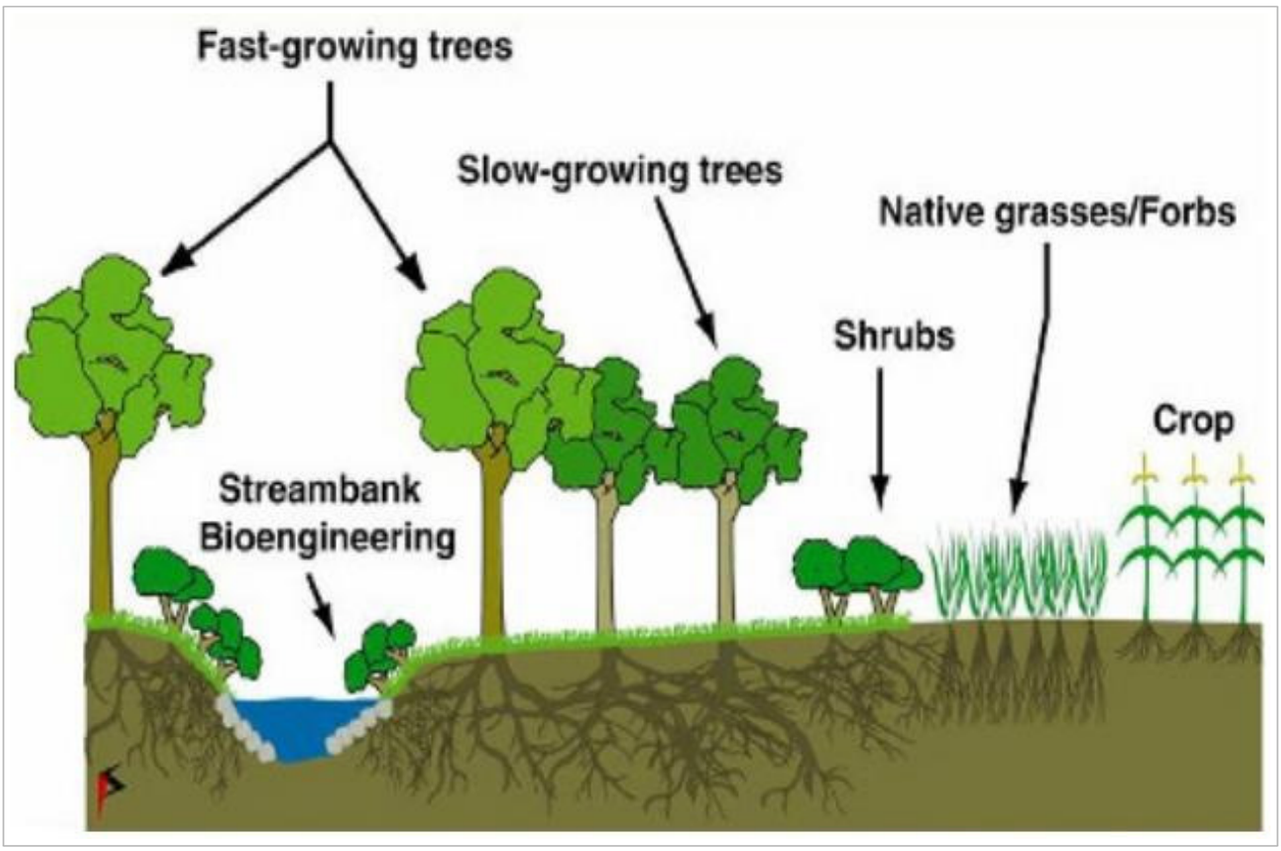
- 수변구역의 수변생태벨트를 탄소벨트와 연계했을 때 기저유출의 수질관리, 하천수질관리, 수생태계 건강성 확보, 탄소흡수 및 저장공간 확대 등 가능
- 주민친화시설 및 생태공간으로서의 생태계서비스 창출과 국제약속 이행(생물다양성협약, 기후변화협약 등)을 수행 가능

❍ 자연기반해법 연계 수변구역 탄소벨트

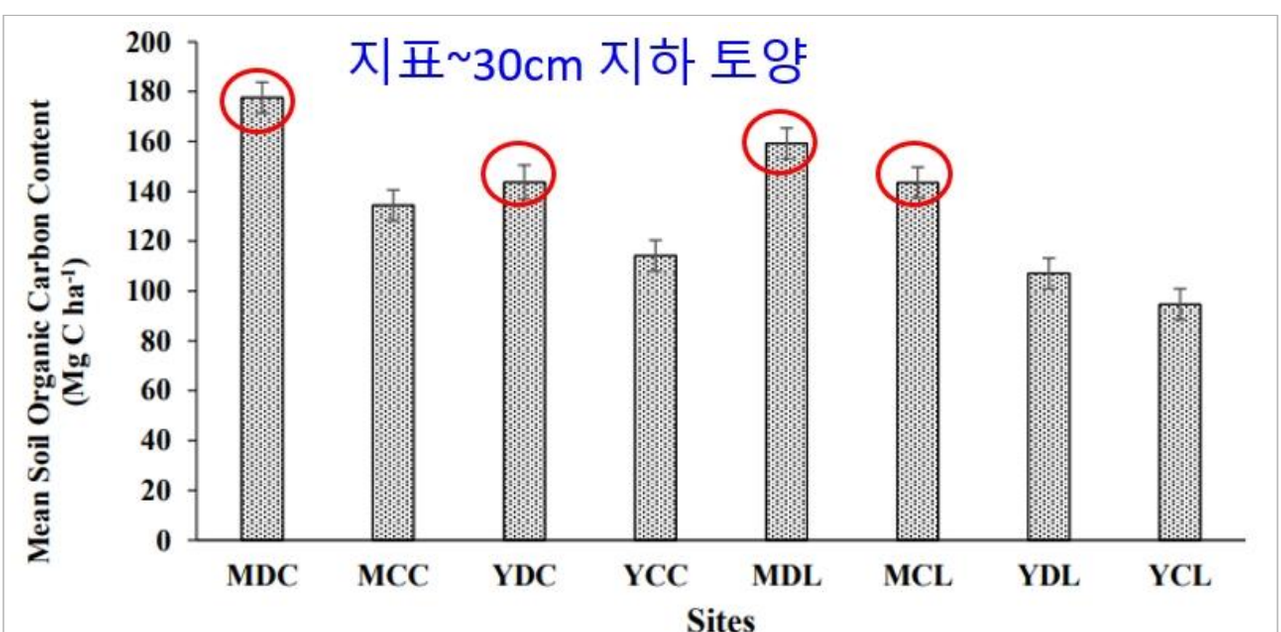
- 수변생태벨트는 자연기반해법의 주요전략으로써 조성되며 수질개선 및 생물다양성에 기여함과 동시에 탄소를 흡수하고 저장하는 역할 수행
- 수변생태벨트에 인공습지, 생태수로 등 다양한 자연기반해법을 연계시켜 탄소흡수와 저장 기능 강화 필요




**부록 그림 3.4 하천 완충지역 조성에 따른 다양한 식생유형별 토지이용변화에 따른 토양의 총탄소량 변화 (김보라 등, 2010)**

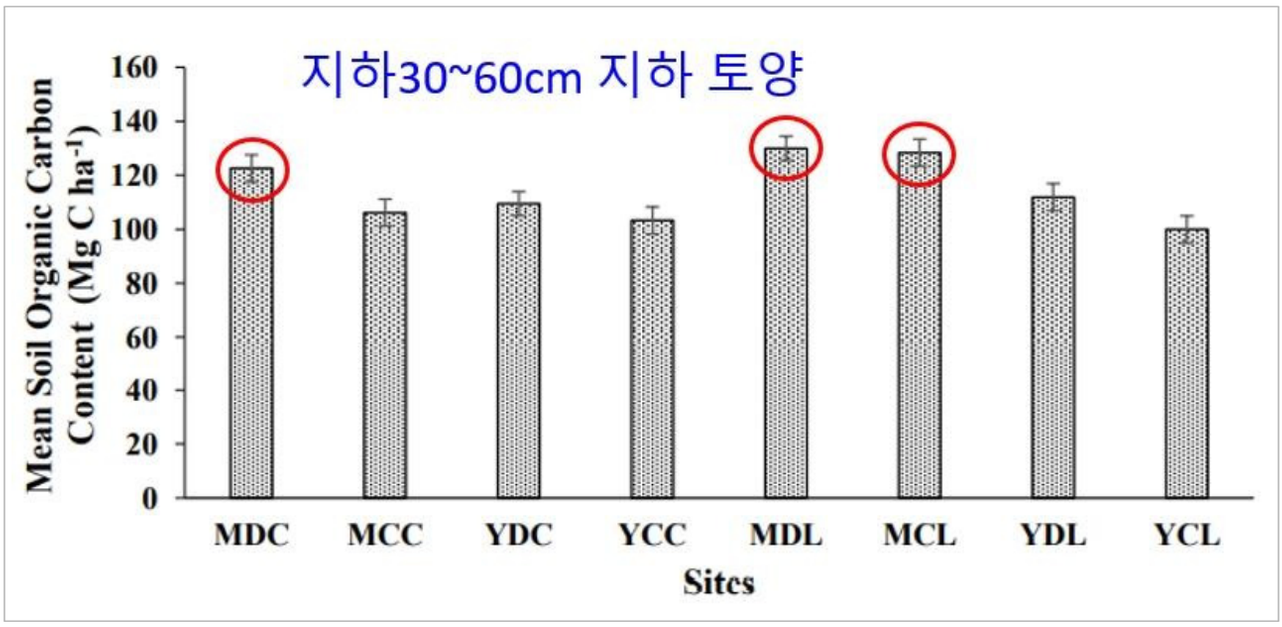



부록 그림 3.5 하천 완충지역에 조성된 식생 (Schultz et al., 2009)




* MDL: Mature deciduous loam, MCL: Mature coniferous loam,
MDC: Mature deciduous clay, MCC: Mature coniferous clay,
YDL: Young deciduous loam, YCL: Young coniferous loam,
YDC: Young deciduous clay, YCC: Young coniferous clay

부록 그림 3.6 2017~2018년 온타리오주 남부 Grand River 유역 하천 완충지대의 평균 토양 유기탄소 함량(Mg C ha-1) (Vijayakumar, 2019)




부록 그림 3.7 하천 완충지역에 조성된 식생 (Vijayakumar, 2019)

## 부록 4 물순환 관련 조례·물순환 및 저영향개발 관련 지자체 조례 개선방안 (국가법령정보센터)

| 번호 | 지자체명 | 자치법규명 | 종류 | 공포일자 | 목적 | 주요 내용 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 서울특별시 | 서울특별시 물순환 회복 및 저영향개발 기본조례 | 조례 | 2023. 5. 22. | 「자연재해대책법」,「환경정책기본법」,「지하수법」등 관계법령에 근거하여 빗물의 자연 침투능력을 보전하고, 빗물의 표면유출 억제를 위한 정책을 종합적이고 체계적으로 추진하기 위한 사항을 규정하며, 개발로 인하여 발생하는 지하수의 유출을 최소화하여 도시화로 악화된 자연 물순환 회복과 물환경 보전을 위한 저영향개발의 기본방향을 제시함을 목적 | • 물순환 회복 기본계획 및 빗물분담량<br>• 저영향개발 계획 수립 및 저영향개발 사전협의<br>• **빗물관리의 촉진 및 지원(자연재해, 가뭄재해, 지하수 함양, 비점오염원관리 등)**<br>• 물의 재이용 촉진 및 지원(빗물이용, 물 재이용 시설)<br>• 물순환시민위원회<br>• **물순환 회복 정책지원(투수성능 지속성 확보 등)** |
| 2 | 광주광역시 | 광주광역시 물순환 기본조례 | 조례 | 2023. 2. 23. | 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」과 「자연재해대책법」, 「환경정책기본법」,「물환경보전법」 등 관계법령에 근거하여 물순환 회복을 위한 물순환 관리시설 확대와 저영향개발을 유도하는 정책을 종합적이고 체계적으로 추진하기 위한 사항을 규정하고, 도시홍수, 수질악화 등의 문제에 대응하여 자연상태의 물순환 회복과 지속가능한 물순환 관리로 시민의 삶의 질 향상 및 환경보전에 기여함을 목적 | • 물순환 관리계획(목표기준, 관리계획, 부문별 계획, 저영향개발 계획구역 지정, 저영향개발 사전협의 등)<br>• 물순환위원회<br>• 물순환관리시설 설치, 인증 등<br>• **물순환 회복 촉진(빗물이용시설, 중수도, 하폐수 처리수 재처리수, 자연재해 대비, 가뭄재해대비, 지하수 함양, 비점오염원관리, 강우유출수 부담금 등)**<br>• 물순환 회복을 위한 지원 |
| 3 | 대전광역시 | 대전광역시 물순환 개선조례 | 조례 | 2020. 12. 29. | 「환경정책기본법」,「물환경보전법」, 「자연재해대책법」 등 관계 법령에 근거하여 수질 및 수생태계의 오염이나 훼손을 사전에 예방하고 관리하여 본래의 자연적인 물순환 회복에 기여함을 목적 | • 물순환기본계획 수립<br>• **물순환 회복을 위한 지구단위계획 반영**<br>• 물순환 회복 사전협의<br>• 저영향개발기법 적용 시설의 설치, 재정지원<br>• 물순환위원회 설치<br>• 물순환 통합관리시스템의 구축 |

| 번호 | 지자체명 | 자치법규명 | 종류 | 공포일자 | 목적 | 주요 내용 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 울산광역시 | 울산광역시 물순환 회복 기본조례 | 조례 | 2022. 12. 29. | 「환경정책기본법」,「물환경보전법」 등 관계 법령에 따라 수계 영향권의 물순환 건전성 회복을 통해 수질 및 수생태계의 오염이나 훼손을 사전에 예방하고 관리하기 위한 사항을 규정함으로써 저영향개발기법의 적용방향을 제시함을 목적 | • 도시 물순환 기본계획과 목표기준<br>• **도시 물순환 회복 추진(빗물관리시설 설치, 저영향개발기법 적용 권고, 가뭄대비, 지하수 함양, 비점오염원관리 등)**<br>• 물순환위원회<br>• 물순환 회복 홍보 및 교육 |
| 5 | 서울특별시 강동구 | 서울특별시 강동구 물순환 회복에 관한 기본조례 | 조례 | 2022. 9. 14. | 서울특별시 강동구의 물순환 회복 및 빗물관리 정책을 종합적이고 체계적으로 추진함으로써 물관리의 효율적인 이용을 도모하고, 지속가능한 수자원 관리로 강동구민의 삶의 질 향상 및 환경보전에 기여함을 목적 | • 빗물관리 기본계획<br>• 물관리위원회<br>• **생태적 건강성과 지속가능한 물환경 조성을 위한 비점오염관리**<br>• 물순환 회복을 위한 지원(빗물관리시설, 빗물이용시설, 민관협력 등) |
| 6 | 부산광역시 동래구 | 부산광역시 동래구 물순환 회복에 관한 기본조례 | 조례 | 2019. 11. 13. | 물환경 오염이나 훼손을 사전에 예방하고 관리하여 본래의 자연적인 물순환 회복에 기여함을 목적 | • 빗물관리 기본계획<br>• 저영향개발기법 시설 설치, 재정지원 및 우선 적용<br>• 물관리위원회<br>• **생태적 건강성과 지속가능한 물환경 조성을 위한 비점오염관리** |
| 7 | 대전광역시 서구 | 대전광역시 서구 물순환 회복에 관한 기본조례 | 조례 | 2018. 11. 8. | 물순환 회복 및 빗물관리 정책을 종합적이고 체계적으로 추진함으로써 물관리의 효율적인 이용을 도모하고, 지속가능한 수자원 관리로 주민의 삶의 질 향상 및 환경보전에 기여함을 목적 | • 빗물관리 기본계획<br>• 물관리위원회<br>• **비점오염저감, 투수성능 지속성 확보**<br>• 빗물관리시설 및 이용시설 설치 보조금 지원 |
| 8 | 경기도 화성시 | 화성시 물순환 기본조례 | 조례 | 2020. 7. 15. | 「환경정책기본법」,「물환경보전법」 등 관계 법령에 근거하여 수계 영향권의 물순환 건전성 회복을 통해 수질 및 수생태계의 오염이나 훼손을 사전에 예방하고 관리하기 위한 사항을 규정하며, 자연적인 물순환 회복에 기여함을 목적 | • 빗물관리 기본계획<br>• 저영향개발 지구단위계획 반영<br>• **가뭄대비, 지하수 함양, 비점오염원관리**<br>• 저영향개발기법 시설에 대한 재정지원<br>• 물순환위원회<br>• 물순환 회복 홍보 및 교육 |

| 번호 | 지자체명 | 자치법규명 | 종류 | 공포일자 | 목적 | 주요 내용 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 경기도 남양주시 | 남양주시 물관리 및 물순환 기본조례 | 조례 | 2021. 5. 13. | 안정적인 맑은 물의 확보와 건강한 물 생태계의 유지 등 기후변화에 대응한 물관리 및 물순환 체계를 마련함으로써 시민의 삶의 질 향상에 이바지함을 목적 | • 물관리 및 물순환의 기본원칙<br>• 물관리 및 물순환 기본계획<br>• 물관리위원회<br>• 생태적 건강성과 지속가능한 물환경 조성을 위한 비점오염관리<br>• 물관리사업에 대한 지원 |
| 10 | 경기도 의왕시 | 의왕시 물순환 회복에 관한 기본조례 | 조례 | 2023. 2. 7. | 「자연재해대책법」,「환경정책기본법」, 「물환경보전법」등 관계 법령에 근거하여 빗물의 자연 침투능력을 보전하고, 빗물의 표면유출 억제를 위한 시책을 종합적이고 체계적으로 추진하기 위한 사항을 규정하여, 도시화로 악화된 자연 물순환 회복과 빗물 배출수 수질악화 등의 문제해결 및 물환경보전을 위한 기본방향을 수립하여 시민 삶의 질 향상, 환경보전에 기여함을 목적 | • 물순환기본계획 수립<br>• 비점오염저감시설<br>• 저영향개발기법 반영 및 저영향개발기법 우선적용지역<br>• 물순환위원회 |
| 11 | 경기도 성남시 | 성남시 물순환 회복에 관한 조례 | 조례 | 2023. 2. 20. | 「환경정책기본법」,「물환경보전법」, 「자연재해대책법」 등 관계 법령에 근거하여 수질 및 수생태계의 오염이나 훼손을 사전 예방하고 관리하여 본래의 자연적인 물순환 회복에 기여함을 목적 | • 물순환기본계획 수립<br>• 물순환 회복 사전협의<br>• 저영향개발기법 시설 설치권고<br>• 물순환위원회 |
| 12 | 경기도 하남시 | 하남시 물관리 및 물순환 기본조례 | 조례 | 2019. 9. 4. | 저영향개발기법 등을 통해 수질 및 수생태계의 오염이나 훼손을 사전 예방하고 관리하여 자연적인 물순환 회복에 기여함을 목적 | • 물순환 회복 기본계획 수립<br>• 물순환 회복을 위한 지구단위계획 반영<br>• 물순환위원회<br>• 저영향개발기법 시설에 대한 재정지원 |
| 13 | 경기도 안양시 | 안양시 물순환 기본조례 | 조례 | 2022. 11. 17. | 「환경정책기본법」,「물환경보전법」 등 관계 법령에 근거하여 수계 영향권의 물순환 건전성 회복을 통해 수질 및 수생태계의 오염이나 훼손을 사전에 예방하고 관리하기 위한 사항을 규정하며, 자연적인 물순환 회복에 기여함을 목적 | • 물순환기본계획 수립<br>• 저영향개발기법 설치권고<br>• 저영향개발기법 반영 및 우선 적용<br>• 비점오염저감시설<br>• 투수성능 확보<br>• 물순환위원회 |

| 번호 | 지자체명 | 자치법규명 | 종류 | 공포일자 | 목적 | 주요 내용 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 경기도 김포시 | 김포시 물순환 기본조례 | 조례 | 2023. 5. 3. | 「환경정책기본법」,「물환경보전법」 등 관계 법령에 근거하여 수계 영향권의 물순환 건전성 회복을 통해 수질 및 수생태계의 오염이나 훼손을 사전에 예방하고 관리하기 위한 사항을 규정하며, 자연적인 물순환 회복에 기여함을 목적 | • **물순환기본계획 수립**<br>• 저영향개발기법 반영 및 우선 적용<br>• 비점오염저감시설<br>• 투수성능 확보<br>• 물순환위원회 |
| 15 | 경기도 수원시 | 수원시 물순환 관리에 관한 조례 | 조례 | 2021. 11. 5. | 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」과 같은 법 시행령 및 같은 법 시행규칙에 따른 빗물이용시설 및 중수도의 설치를 촉진하고「지하수법」제2조에 의한 지하수 함양을 위하며 수원시의 물순환 체계를 구축하여 지속가능한 수자원 관리로 시민의 삶의 질 향상 및 지구 환경보전에 기여함을 목적 | • 물순환 관리계획 수립(물순환 면적률, 지하수 함양 등)<br>• 물순환관리 위원회<br>• 빗물의 관리(빗물관리시설 인증, 빗물이용시설 및 빗물저류시설 설치 등)<br>• 중수도, 하수처리수 재이용 |
| 16 | 강원도 춘천시 | 춘천시 통합물관리 및 저영향개발 기본조례 | 조례 | 2023. 4. 27. | 「물관리기본법」에 따라 춘천시 물관리 정책의 기본방향을 제시하고 물의 이용과 관리에 필요한 기본적인 사항을 규정하며, 도시개발에 있어 저영향개발의 기본방향을 제시하여 시민의 삶의 질 향상에 이바지하고자 함을 목적 | • 통합물관리 기본계획<br>• 저영향개발 계획수립<br>• 통합 물관리위원회<br>• 통합 물관리사업에 대한 지원 |
| 17 | 강원도 동해시 | 동해시 물순환 기본조례 | 조례 | 2021. 10. 29. | 「환경정책기본법」,「물환경보전법」 등 관계 법령에 근거하여 수계 영향권의 물순환 건전성 회복을 통해 수질 및 수생태계의 오염이나 훼손을 사전에 예방하고 관리하기 위한 사항을 규정하며, 자연적인 물순환 회복에 기여함을 목적 | • 물순환기본계획 수립<br>• 저영향개발 시설 권고<br>• 저영향개발 지구단위계획 반영<br>• 가뭄대비<br>• 지하수의 함양<br>• 비점오염원의 관리<br>• 저영향개발 시설에 대한 재정지원<br>• 물순환위원회 |
| 18 | 충청남도 천안시 | 천안시 물순환 회복기본조례 | 조례 | 2021. 9. 13. | 「환경정책기본법」, 「물환경보전법」등 관계 법령에 근거하여 수질 및 수생태계의 오염이나 훼손을 사전에 예방하고 관리하여 본래의 자연적인 물순환 회복에 기여함을 목적 | • 물순환기본계획 수립<br>• 물순환 회복 사전협의<br>• 저영향개발 시설 권고<br>• 저영향개발기법 우선 적용<br>• 물순환위원회 |

| 번호 | 지자체명 | 자치법규명 | 종류 | 공포일자 | 목적 | 주요 내용 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 19 | 충청남도 아산시 | 아산시 물순환 기본조례 | 조례 | 2021. 3. 15. | 「환경정책기본법」,「물환경보전법」 관계 법령에 근거하여 수계 영향권의 물순환 건전성 회복을 통해 수질 및 수생태계의 오염이나 훼손을 사전에 예방하고 관리하기 위한 사항을 규정하며, 자연적인 물순환 회복에 기여함을 목적 | • 물순환기본계획 수립<br>• 저영향개발기법 시설 권고<br>• 저영향개발기법 반영<br>• 비점오염저감시설<br>• 투수성능 확보<br>• 물순환위원회 |
| 20 | 전라북도 전주시 | 전주시 물순환 기본조례 | 조례 | 2021. 8. 17. | 「환경정책기본법」,「물환경보전법」 관계 법령에 근거하여 수계 영향권의 물순환 건전성 회복을 통해 수질 및 수생태계의 오염이나 훼손을 사전에 예방하고 관리하기 위한 사항을 규정하여, 자연적인 물순환 회복에 기여함을 목적 | • 물순환기본계획 수립<br>• 저영향개발기법 시설 권고<br>• 저영향개발기법 반영<br>• 비점오염저감시설<br>• 투수성능 확보<br>• 물순환위원회 |
| 21 | 경상북도 안동시 | 안동시 물순환 회복조례 | 조례 | 2019. 6. 28. | 「환경정책기본법」,「물환경보전법」, 「자연재해대책법」등 관계 법령에 근거하여 물환경의 오염이나 훼손을 사전에 예방하고 관리하여 본래의 자연적인 물순환 회복에 기여함을 목적 | • 물순환기본계획 수립<br>• 물순환 회복을 위한 지구단위계획에의 반영<br>• 물순환 회복 사전협의<br>• 저영향개발기법 시설 권고<br>• 물순환위원회<br>• 저영향개발기법 시설 재정지원<br>• 저영향개발기법 우선적용 |
| 22 | 경상남도 김해시 | 김해시 물순환 개선조례 | 조례 | 2018. 4. 27. | 저영향개발기법 등을 통해 수질 및 수생태계의 오염이나 훼손을 사전에 예방 및 관리하고 자연적인 물순환 회복에 기여함을 목적 | • 물순환기본계획 수립<br>• 물순환 회복 사전협의<br>• 저영향개발기법 시설 권고<br>• 물순환 회복 계획구역 지정<br>• 저영향개발기법 시설 재정지원<br>• 저영향개발기법 우선적용<br>• 물순환위원회 |

# 1. 세미나(1차, 2차) 세부내용

## 1.1 1차 세미나 개최

❍ 착수 이후 최초 개최한 1차 세미나로, 물관리 분야의 자연기반해법 적용 사례, 통합물관리 적용 방안 도출 등의 연구에 있어 본 연구의 수행 취지(배경)·목적·향후 활용계획 등에 대한 정확한 정보 제공 및 인식도 제고와 더불어 향후 내실 있는 연구 수행을 위해 관계부처(환경부, 국립환경과학원 등)의 의견을 수렴하였음

### (1) 개요

❍ 일시 : 2023년 1월 30일 (월) 15:00 ~ 16:30

❍ 장소 : 서울역 인근 도원결의 회의실

❍ 참석자 : 발주처(국가물관리위원회 지원단), 환경부(물환경정책과, 수질수생태과, 자연생태정책과), 국립환경과학원, 수행기관(한국물환경학회, K-water) 등 20여명

### (2) 주요 의견

❍ 해당 연구과제를 통해 자연기반해법 정의 및 효과를 명확히 해야 하며, 향후 추가 수립되는 국가 정책계획에 적극적인 반영이 필요함

❍ 자연기반해법 적용 분야를 하천·유역·하수·제도로 구분한 검토과정과 제시된 여러 범주의 사업들을 유지 · 개선 · 신규 등으로 구분하여 최종 결과물 제시가 필요함

❍ 국내 여건에 맞게 적용하여 효과를 기대할 수 있는 자연기반해법 적용방안 필요하며, 실제로 적용할 때 부지확보 및 주민 수용성을 고려하여 적용성을 평가해야 함

❍ 제안 사업 및 제도 등의 내용은 시급성을 고려한 우선순위를 정하여 검토가 필요함

### (3) 추가 제언

❍ 환경부 이외 행정안전부, 농림축산식품부, 국토교통부 등 관련 부처의 협력과제로 검토가 필요함

**부록 표 5.1 1차 세미나 참석자별 세부 의견**

| 순 번 | 토론자 | 세부 의견 |
|---|---|---|
| 1 | 김00 사무관<br>(환경부 물환경정책과) | • 자연기반해법을 적용한 성공모델이 필요하며, 실제 적용에 있어 부지 확보 및 주민 수용성 등 고려한 적용성 평가를 검토해야 함 |
| 2 | 이00 사무관<br>(환경부 수질수생태과) | • 자연기반해법에 대한 정의가 국가적으로 불명확하여, 이에 대한 명확한 정의가 필요함, 현재 제도 · 사업 내에서 자연기반해법 적용 방안 등을 확인해야 함 |
| 3 | 권00 사무관<br>(환경부 자연생태정책과) | • 현재 제시된 여러 가지 범주의 자연기반해법 사업들에 있어 기존 사업 유지, 개선, 신규 등으로 구분하여 제시하여야 함 |
| 4 | 민00 연구관<br>(국립환경과학원) | • 자연기반해법의 원활한 적용을 위해 효과 정량화를 통한 수치적 설득이 필요함 |
| 5 | 진00 연구관<br>(국립환경과학원) | • 본 연구과제를 통한 결과를 향후 수립 예정인 국가계획(탄소중립 기본계획 등)에 적극적으로 반영해야 함 |
| 6 | 국가물관리위원회<br>지원단(발주처) | • 자연기반해법 적용 분야 검토를 하천 · 유역 · 하수 · 제도로 구분 · 세분화하여 그 검토과정을 보고서에 수록하여야 함 |

**부록 그림 5.1 1차 세미나 사진대지 (자유토론)**

## 1.2 2차 세미나 개최

❍ 연구 종료 전 그간 연구과제 수행 내용에 대한 과업 세부 내용별로 주제 발표를 시행하고, 잔여 과업 기간 내 추가 검토 필요 사항 및 향후 연구과제 결과의 활용성·적용성을 높이기 위 다양한 전문가(국가물관리위원, 국립환경과학원, 학계 등)의 의견을 수렴하였음

❍ '(사)한국습지학회'의 정기학술발표대회의 특별세션으로 연계·개최하여 다양한 분야의 관계자들이 자유롭게 입장·참여할 수 있도록 하였음

### (1) 개요

❍ 일시: 2023년 8월 30일(수) 10:30~12:30

❍ 장소: 순천대학교 70주년 기념관 1층 우석홀

❍ 참석자: 발주처(국가물관리위원회 지원단), 국립환경과학원(유역총량연구과), 수행 기관(한국물환경학회, K-water) 및 관련 전문가 등 30여 명

### (2) 주제 발표

❍ 수자원하천 분야 자연기반해법 국내·외 적용 사례 및 시사점(인하대학교 김수전 교수)

- 기후변화에 따른 시설물 보강에는 한계가 있으므로 자연기반해법을 통해 이로 인한 부수적인 문제의 발생을 방지해야 함, 경제성·복합적 기능을 고려한 자연기반해법의 효과 검증 연구사업을 지속적으로 시행해야 함

❍ 자연기반해법의 적용을 위한 법·제도 개선 방안(서울대학교 최지용 교수)

- 분야별 국가 물관리사업과 연계할 수 있는 자연기반해법 실현을 위해 법·제도 개선 및 개별법에 대한 실행법을 마련해야 하며, 이를 통해 비용 효율적 유역관리가 가능할 것

❍ 자연기반해법의 활용성 평가체계 및 도입 우선 분야 [(주)에코앤지오 진승남 소장]

- 자연기반해법 기능성 평가 시 모든 기능성(주요·부가)을 담아 배점해야 함, 취약성 평가 시 현안 해소 가능성 및 지속성을 고려하여 배점해야 함

### (3) 주요 의견

❍ 국내의 여건, 한계점을 고려한 한국형 자연기반해법 추가 연구를 통해 기법의 개량 및 적용 방안을 검토해야 함

❍ 자연기반해법의 개념 정립 및 상위법과의 연계가 필요하며, 기존 유사 개념과의 차별성에 대한 인식을 개선해야 함

❍ 자연기반해법의 효과적 적용을 위해서는 실제 적용했을 때 그 효과에 대해 정략적으로 제시되어야 할 것이며, 그 효과성을 입증하기 위한 중장기 계획 및 로드맵이 필요함

❍ 다양한 분야에서 자연기반해법을 적용할 때는 분야별 연결 체계를 마련하고 효율적 운영을 위한 노력을 기울여야 함

❍ 자연기반해법의 적용을 확대하기 위해 국가 정책 부합성 검토 항목을 포함해야 함

### (4) 추가 제언

❍ 자연기반해법을 활용한 통합물관리 관련 기술의 개발을 추진해야 하고, 지자체의 적극적 참여 유도 및 기존 사회 인프라 관련 설계 기준 및 추진 지침 등 분석을 통한 개정이 필요함

## 부록 표 5.2 2차 세미나 참석자별 세부 의견

| 순 번 | 토론자 | 세부 의견 |
|---|---|---|
| 1 | 이주헌 교수<br>(중부대학교) | • 한국형 IWRM(통합물관리)와 같이 자연기반해법 역시 국내 실정에 맞게 개량할 필요가 있으며, Nature과 Solution은 모두 중요하므로 한 부분에만 집중·편중되어 실행되지 않도록 유의 해야 함 |
| 2 | 공동수 교수<br>(경기대학교) | • 국내 여건(좁은 국토, 많은 임야 등)을 고려한 자연기반해법 적용 방안의 한계점에 대해 고민해야 함<br>• 자연기반해법의 적용 가능성도 국가 정책 부합성 검토 항목에 포함한다면 그 효과가 발생할 것임 |
| 3 | 정건희 교수<br>(호서대학교) | • 과거 유사 개념의 가이드 및 기능분석을 통한 자연기반해법 개념의 고찰이 필요하며, 물관리기본법에 자연기반해법 개념과 추진 방향을 제시해야 함 |
| 4 | 나은혜 과장<br>(국립환경과학원) | • 자연기반해법 적용 시 비점오염원 저감, 물순환 관리 차원에서 오염총량관리와 연결되어야 할 것임<br>• 자연기반해법 관련 정책 수립 주체와 기술 개발·추진 주체간 착오가 발생하지 않도록 정량적 효과를 제시해야 함 |
| 5 | 송영일 처장<br>(K-water) | • 자연기반해법은 복합적인 면이 많으므로 반드시 기능·효과를 검증하고 필요성을 제시해야 함<br>• 자연기반해법을 포함한 물환경사업은 사업효과의 비선형, 비연속성으로 인해 기존 사업과의 차이점에 대한 인식을 바꾸어야 함 |
| 6 | 이웅 박사<br>(한국환경공단) | • 자연기반해법의 축산 분야 기능은 효과가 크지만, 다소 효과가 미약한 하수·방재 분야 적용에 있어 분야별 연결 체계를 마련하고 통합적 으로 운영해야 함 |
| 7 | 정재성 교수<br>(순천대학교) | • 산림에 대한 자연기반해법의 적용 방안을 연구해야 함<br>• 자연기반해법 적용을 위해서는 지자체 등 실행 주체와의 지속적으로 교류해야 함<br>• 자연기반해법을 우선 도입하는 분야의 평가 배점에 대한 기준을 제시해야 함 |
| 8 | 국가물관리위원회<br>지원단(발주처) | • 소규모 하수처리장의 적용 가능한 사례 및 제도 개선 실행 방안을 구체화해야 함 |

**부록 그림 5.2 2차 세미나 사진(주제 발표, 자유토론)**

## 2. 포럼(1차, 2차, 3차) 세부 내용

### 2.1 1차 포럼 개최

○ 1차 세미나(1월)에서 제시된 의견을 반영하여 자연기반해법 적용에 있어 각 주요 분야(하천, 하수, 유역)에 대한 통합물관리 활용 방안을 모색하기 위해 주제 발표 및 의견 수렴을 시행하였음

○ '(사)대한상하수도학회 · (사)한국물환경학회' 공동학술발표회 특별세션으로 연계·개최하여 다양한 분야의 관계자들이 자유롭게 입장·참여할 수 있도록 하였음

#### (1) 개요

○ 일시: 2023년 3월 23일(목) 13:30~15:30

○ 장소: 킨텍스 제2전시장(일산)

○ 참석자: 발주처(국가물관리위원회 지원단), 수행 기관(한국물환경학회, K-water) 및 관련 전문가 등 30여 명

#### (2) 주제 발표

○ (하천 분야) 하류의 물 부담 증가를 야기하는 제방 대신 홍수터 확장 등의 자연기반해법은 이수, 치수, 생태, 환경 등 여러 가지 문제를 통합적으로 해결할 수 있음(인하대학교 김수전 교수)

○ (하수 분야) 현재 자연기반해법은 대부분 일부 공법에 편중(소규모 하수처리시설) 되어 있고 향후 투자 규모 대비 작은 효율성, 관리 등의 문제점을 해결해야 함(한국환경공단 안영미 박사)

○ (유역 분야) 유역 토지 이용 고도화로 인한 비점오염원 및 기저유출 증가 등 물환경 관리의 여건이 변화된 만큼 상위 계획에 맞춘 제도 개선 및 자연기반해법 적용이 필요함(공주대학교 김이형 교수)

#### (3) 주요 의견

○ 다양한 분야에 자연기반해법을 적용하기 위한 가이드라인과 기준이 필요하며, 하수 분야 시설 규모별로 적용 기준을 마련하여야 함

○ 지속가능하고 효과적인 자연기반해법 적용을 위해 인식의 전환 및 정량적인 효과 제시가 필요함

○ 자연기반해법 적용 시 사업 혜택별 주체를 고려하여 사업 시행을 결정해야 함

○ 자연기반해법 적용 시 다양한 분야를 통합관리 할 수 있는 제도, 운영 방안을 마련하여야 함

**부록 표 5.3 1차 포럼 참석자별 세부 의견**

| 순 번 | 토론자 | 세부 의견 |
|---|---|---|
| 1 | 이주헌 교수<br>(중부대학교) | • 자연기반해법 적용 분야 및 사업별 혜택의 주체(사람, 자연, 통합)를 선택하여 사업 시행을 결정하는 것이 적절함 |
| 2 | 이동근 교수<br>(서울대학교) | • 기존의 시설에 자연기반해법 적용을 위해 어떤 방향과 방법으로 해법을 제시할 것인지에 대한 검토와 논리가 필요함 |
| 3 | 주진철 교수<br>(한밭대학교) | • 자연기반해법의 핵심은 지속가능성, 자원 순환으로 기존의 회의적인 생각을 바꿔줄 수 있는 효과 제시와 검증이 필요함 |
| 4 | 송영일 처장<br>(K-water) | • 자연기반해법은 복합생태 서비스로 효율성보다는 회복력과 안정성이 중요하므로 자연기반해법 적용에 대한 인식을 전환해야 함 |
| 5 | 손민우 교수<br>(충남대학교) | • 기존 시행착오를 분석하여 적용 방향을 제시하고, 다양한 분야에서 자연기반해법을 적용할 수 있도록 가이드라인를 연구해야 함 |
| 6 | 길경익 교수<br>(서울과학기술대학교) | • 하수 분야 자연기반해법 적용을 위해 기존의 다양한 법규가 고려되어야 하며, 시설 규모별 적용 기준이 마련되어야 함 |
| 7 | 국가물관리위원회<br>지원단(발주처) | • 하천·하수·유역 등 물관리 전 분야에 자연기반해법을 효율적으로 적용하고 통합 관리할 수 있는 제도, 운영 방안을 마련하여야 함 |

**부록 그림 5.3 1차 포럼 사진대지(주제 발표, 자유토론)**

## 2.2 2차 포럼 개최

❍ 그간 개최한 세미나 및 포럼에서 지속적으로 대두된 자연기반해법의 지속가능성 제고 및 효과적 도입·실현을 위해 자연기반해법의 재정사업 연계 방안, 정책 방향 모색을 위한 주제 발표와 관계 기관 및 다양한 학계의 의견을 화상회의(Zoom)로 수렴하였음

### (1) 개요

❍ 일시: 2023년 4월 18일(화) 14:00 ~ 16:00

❍ 장소: 화상회의(Zoom)

❍ 참석자: 발주처(국가물관리위원회 지원단), 수행 기관(한국물환경학회, K-water) 및 관련 전문가 등 30여 명

### (2) 주제 발표

○ 물 관련 국가재정사업 현황 및 자연기반해법과의 연계 방안(인하대학교 김형수 교수)

- 다양한 부처(환경부, 농림축산식품부, 국토교통부, 행정안전부 등)의 재정사업 분석 및 관련사업의 도출이 필요함, 재정사업과의 연계를 위해 지속적 기술 개발과 국가에서 투자할 수 있도록 법·제도적 장치를 마련해야 함

○ 환경재정 지속성 재고를 위한 정책 방향(KEI 김호석)

- 물관리에 자연기반해법 적용시 다양한 편익이 발생할 수 있어, 발생 편익에 대한 구체화 및 수익자 구조 명확화 등을 통해 민간에 투자 기회를 제공함으로써 금융 유치를 확대해야 함
- 자연기반해법 적용에 따른 이익과 리스크를 공개하여 자연기반해법 가치를 제고하고, 민간투자 유도 및 Green washing(위장 환경주의) 방지를 위한 재정 인센티브를 검토해야 함

### (3) 주요 의견

○ 국가재정 확대뿐 아니라 민간투자 및 기금을 적극적으로 확보해야 하며, 이를 위해 자연기반해법 적용에 따른 발생 편익 등을 적극적으로 홍보할 필요가 있음

○ 자연기반해법 요소 기술의 세분화·분석·효과 정량화를 통해 유사 사업과의 차별성을 제시 해야 함

○ 자연환경 분야 기금관리, 배분 효율성을 적극적으로 검토해야 함

○ 자연기반해법을 적용할 때 다양한 목적에 부합할 수 있도록 확장해야 함

### (4) 추가 제언

○ 자연기반해법에 대해 녹색기후기금 등 국제기구에서도 관심이 많아 국제협력 확장 가능할 것

○ 자연환경 관련 재무정보 공개를 객관화할 수 있는 기준 · 방법을 정립할 수 있음

○ 자연기반해법 관련 통합물관리 정량화를 위한 시범사업이 필요함

**부록 표 5.4 2차 포럼 참석자별 세부 의견**

| 순 번 | 토론자 | 세부 의견 |
|---|---|---|
| 1 | 김정인 교수<br>(중앙대학교) | • 자연기반해법 정의·가이드라인·발생 편익 등 홍보를 통해 민간투자를 적극적으로 유치해야 하며, 정부의 상하수도요금 현실화를 통한 국가재정의 확대가 필요함<br>• 기금관리, 배분 효율성을 적극적으로 검토해야 하며, 유역관리와 연계한 자연기반해법 기금의 신설 검토도 필요함 |
| 2 | 곽동희 교수<br>(전북대학교) | • 국가재정 보조를 통한 민간자금 유입 시 관련 기술의 개발을 유도할 수 있으며, 자연기반해법의 여러 편익 중에서 수량 확보 부분을 부각하는 것이 적절함 |
| 3 | 현경학 교수<br>(연세대학교) | • 기존의 자연환경 분야의 다수 사업에 자연기반해법을 적용할 수 있을 것이며, 녹색기후기금 등 국제기구에서도 관심이 많아 물산업 분야 및 국제협력을 확장할 수 있음 |
| 4 | 현윤정 박사<br>(KEI) | • 현재 환경부에서 이미 자연기반해법 개념을 적용한 다양한 사업을 추진하고 있으므로, 요소 기술의 세분화·분석·효과 정량화를 통해 유사한 사업과의 차별성 제시 및 정책 사업화가 가능함 |

| 순 번 | 토론자 | 세부 의견 |
|---|---|---|
| 5 | 이동근 교수<br>(서울대학교) | • 자연기반해법 효과 정량화를 위해 다양한 국가재정 시범사업이 필요하며, 자연환경 관련 재무정보 공개를 객관화할 수 있는 기준·방법을 정립해야 함 |
| 6 | 김이형 교수<br>(공주대학교)<br>* 연구책임자 | • 재정사업과의 연계를 통해 자연기반해법 사업을 개선·정비해야 하고, 생태계 서비스 등의 새로운 평가 지표 정립이 필요함 |
| 7 | 김형수 교수<br>(인하대학교)<br>* 연구진 | • 기존의 자연기반해법이 적용된 사업은 단일 목적에 국한되어 있어 이를 확장해야 함 |

**부록 그림 5.4 2차 포럼 사진대지**

## 2.3 3차 포럼 개최

❍ 2차 포럼(4.18) 주제 발표 및 중간보고회(6.1) 자문 의견에서 제시되었던 자연기반해법의 타 부처(국토교통부, 농림축산식품부 등) 관련 사업에 대한 적용 가능성 검토가 필요함에 따라, 해당 분야(도시계획, 농업생산기반사업 등)와의 자연기반해법 연계를 모색하기 위한 관련 전문가 주제 발표 및 다양한 관계 기관·학계 의견 수렴을 시행하였음

### (1) 개요

❍ 일시: 2023년 7월 17일 (월) 14:00 ~ 16:00

❍ 장소: 서울역 AREX 10호 회의실

❍ 참석자: 발주처(국가물관리위원회 지원단), 수행 기관(한국물환경학회, K-water) 및 관련 전문가 등 20여명

### (2) 주제 발표

○ 자연기반해법과 도시공간계획을 연계한 물 관리(연세대학교 현경학 교수)

- 높은 도시화율, 불투수 소권역 증가에 따라 기후위기 대응을 위한 자연기반해법을 통한 도시 공간의 자연적 회복 및 물관리가 중요해졌고, 국가 계획 및 법령을 통해 필요성을 강조함
- 기후 회복력의 포용사회 전환을 위해 자연 특성 기반의 순환성, 이용자·소비자 중심의 다기능성을 강조하는 '그레이+그린 인프라'가 대두됨
- 자연기반해법의 물관리 가이드라인 개발, 시범사업 및 R&D가 필요함(자연기반해법 기반 빗물관리사업, 자연기반해법 기반 도시환경의 쾌적성·건강성 평가 사업 등)

○ 자연기반해법을 적용할 수 있는 농업생산 기반 정비사업의 모색(전남대학교 윤광식 교수)

- 「농어촌정비법」의거, 농작물의 안정적 생산, 영농 편의 증진 기여를 위해 다양한 농업생산 기반정비사업을 추진하고 있음
- 농업생산 기반정비사업은 자연기반해법에 준하여 다양한 친환경 시설설계를 하고 있으며 국가계획(제1차 국가물관리기본계획, 농업생산 기반 정비계획)에 따라 수량 확보(소류지, 팜폰드, 하천수 재이용 등), 환경 개선(비점시설, 측정망 확대, 천변 저류지 등) 자연기반해법 연계사업으로 바뀌고 있음
- 한편, 농업생산 기반정비사업에 있어 자연기반해법의 한계점이 꽤 많음(보조기능성, 사후 평가 요소 부족, 거버넌스 구축의 어려움, 소규모 지구 적용 제한 등)
- 자연기반해법을 통한 복합적 문제 해결(재해재난, 고령화 등)을 위한 중심 기능 수행, 수질 개선사업 및 자연환경 기능 보존성 사업의 확대가 필요함

### (3) 주요 의견

○ 자연기반해법을 통한 통합물관리는 전체적 메커니즘에 대한 종합적 검토 및 법·제도의 보완이 필요하며, 적용 가능한 공간적 범위 설정 및 연구 결과를 향후 국가전략계획에 연계해야 함

○ 자연기반해법 적용을 통한 물관리가 될 수 있도록 도시계획 수립 시 관련 법·제도를 정비해야 하며, 농업생산 기반 정비사업 시에는 자연기반해법 적용을 통한 산림 지역 관리로 충분한 기저유출을 확보해야 함

○ 자연기반해법의 다양한 분야 적용을 위해 그 효과와 실익에 대한 충분한 설명·홍보가 필요함

○ 무조건적인 자연기반해법을 적용하기 전에 실천 대상자들의 현장 여건을 고려해야 함

○ 환경부에서 우선적으로 자연기반해법 적용·효과 입증 후 타 부처 사업 접목 방법 검토할 예정임

○ 자연기반해법의 실행력을 담보하기 위해 추진 로드맵 수립 시 전략과제별 소관 조직 명시 제안

### (4) 추가 제언

○ 자연기반해법의 활용을 확대할 수 있는 타 부처 관련 연구가 필요하며, 자연기반해법의 효과적 실천을 위해 주민 거버넌스 구축 및 보호 지역 · OECM 지역 등을 설정해야 함

## 부록 표 5.5 3차 포럼 참석자별 세부 의견

| 순 번 | 토론자 | 세부 의견 |
|---|---|---|
| 1 | 반영운 교수<br>(충북대학교) | • 그간의 도시계획은 물관리와 거리가 멀었으나, 향후 국토 이용에 있어 관련법 및 국가계획에서도 물관리 목표 설정 및 할당, 목표달성을 위한 평가·인증 체계를 마련해야 함 |
| 2 | 심윤진 교수<br>(한국농수산대학교) | • 자연기반해법의 효과적인 실천을 위해 보호 지역·OECM* 발굴·설정 및 주민 거버넌스 필요, 생태계보전부담금 사업·도시 생태계 복원사업 등에 자연기반해법을 적용할 수 있을 것 |
| 3 | 유병로 교수<br>(한밭대학교) | • 자연기반해법을 통한 통합물관리는 물관리의 전체적 메커니즘에 대한 종합적 검토 및 법·제도의 보완 방식을 고민해야 하며, 도시는 법·제도 정비, 농촌은 산림 지역 관리를 통해 충분한 기저유출을 확보할 필요가 있음 |
| 4 | 이승헌 실장<br>(한국농어촌공사<br>농어촌연구원) | • 자연기반해법을 적용할 공간적 범위 설정(예- 도시·공공수역) 및 연구 결과의 국가 전략계획(탄소·녹색성장 등) 연계 필요, 자연기반해법의 실행력을 담보하기 위해 로드맵 수립 시 전략과제별 소관 조직의 명시를 제안 |
| 5 | 남귀숙 차장<br>(한국농어촌공사<br>농어촌연구원) | • 기후변화 속에서 농업생산 기반시설의 개선 방향성**을 면밀히 검토해야 하며, 자연기반해법 기반 수질 개선시설에 대한 추가적 효과(기후대응·탄소중립 등)에 대한 적극적인 홍보가 필요함 |
| 6 | 정재성 교수<br>(순천대학교) | • 자연기반해법 적용을 통한 통합물관리의 필요성과 적용 시 주어지는 실익에 대한 충분한 설명이 필요하며, 무조건적 자연기반해법을 적용하기 전에 실천 대상자들의 현장 여건도 중요하게 고려해야 함 |
| 7 | 국가물관리위원회<br>지원단(발주처) | • 자연기반해법을 통한 통합물관리의 적용에 있어 환경부에서 우선적으로 적용·효과 입증한 이후에 타 부처(국토교통부, 농림축산식품부 등) 사업 접목 방법에 대한 점진적이고 추가적인 검토를 추진해야 함 |
| 8 | 김이형 교수<br>(공주대학교)<br>* 연구책임자 | • 환경부 외 타 부처의 여러 가지 자연기반해법 적용 사례를 엿볼 수 있었고, 다양한 의견 및 제도 개선에 관한 사항들을 반영하여 연구 결과보고서에 수록해야 함 |

* (OECM) 제15차 생물다양성협약('22.12)에 따라, 보호지역은 아니지만 이에 준하는 생물다양성을 보전하는 데 기여하면서 관리되는 지역 (ex. 수변생태벨트)

** 생태적 서비스를 강화하는 공간(생태블록, 야생동물 탈출로 등) 또는 재해 예방·물순환 공간(스마트 관수로, 팜폰드 등)으로 개선

**부록 그림 5.5 3차 포럼 사진대지(주제 발표, 자유토론)**

## 물순환 촉진 및 지원에 관한 법률안

### 제1장 총칙

제1조(목적) 이 법은 기후변화 및 도시화로 인한 가뭄·홍수 등 재해와 물 부족, 수질 악화 및 수생태계(水生態系) 변화에 효율적으로 대응하기 위하여 물 관리 시책을 통합적으로 추진함으로써 건전한 물순환 체계를 구축함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. "물순환"이란 강수가 지표수와 지하수로 되어 하천·호수·늪·바다 등으로 흐르거나 저장되었다가 증발하여 다시 강수로 되는 연속된 흐름을 말한다.
2. "물순환 촉진"이란 물순환 과정에서 다음 각 목의 사항이 건전하게 이루어지도록 유도하는 것을 말한다.
   가. 깨끗하고 안전한 먹는 물 공급
   나. 수생태계의 보전·관리와 수질개선
   다. 가뭄·홍수 등으로 인한 재해의 예방
   라. 강수의 침투·저류 등 물순환 체계 정비
   마. 하수 재이용, 중수도 설치 등 물의 순환이용
3. "물순환 시설"이란 물순환을 촉진하기 위하여 설치하는 다음 각 목의 시설을 말한다.
   가. 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제2조제2호에 따른 물 재이용시설
   나. 「물환경보전법」 제2조제12호에 따른 수질오염방지시설
   다. 「수도법」 제3조제5호에 따른 수도
   라. 「수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률」 제2조제4호에 따른 수자원시설
   마. 「지하수법」에서 정하는 다음 어느 하나에 해당하는 시설
      1) 제2조제4호에서 정하는 지하수 개발·이용시설
      2) 제2조제4호의2에 따른 유출지하수 이용시설
   바. 「하수도법」 제2조제3호에 따른 하수도
   사. 「하천법」 제2조제3호에 따른 하천시설
   아. 그 밖에 물순환 촉진을 위하여 필요한 시설로서 대통령령으로 정하는 시설
4. "물순환 촉진구역"이란 물순환 촉진이 시급하거나 물순환 촉진에 따른 파급효과가 큰 지역으로 국가와 지방자치단체의 물순환 시책·사업 등을 중점적으로 시행함으로써 물순환 촉진을 도모하는 전략적 대상지역을 말한다.
5. "물순환 촉진사업"이란 물순환촉진구역에서 물순환 시설을 설치하거나 정비하는 등 이 법에서 정한 물순환 촉진 관련 시책·계획에 따라 시행되는 사업을 말한다.

제3조(국가와 지방자치단체의 책무) ① 국가는 지속가능한 물이용 체계를 정립하고 자연과 인간이 물의 혜택을 고루 누릴 수 있도록 물순환 촉진을 위한 종합적인 시책을 수립·추진하여야 한다.

② 물순환 촉진구역을 관할하는 지방자치단체는 관할 구역의 사회적·환경적 특성을 고려하여 물순환 촉진을 위한 세부 시책을 수립·시행하여야 한다.

③ 지방자치단체는 물순환 촉진을 위하여 필요한 예산을 확보하고 지원조직을 갖추어 효율적인 사업시행을 도모하여야 한다.

④ 국민은 국가 또는 지방자치단체가 추진하는 물순환 촉진 시책에 적극 참여하고 협력하여야 한다.

제4조(국가물순환촉진기본방침의 수립) ① 환경부장관은 물순환 촉진을 종합적·계획적으로 추진하기 위한 국가의 물순환 촉진에 관한 전략과 기본방침(이하 "국가물순환촉진기본방침"이라 한다)을 10년마다 수립하여야 한다.

② 국가물순환촉진기본방침은 「물관리기본법」 제27조제1항에 따른 국가물관리기본계획의 내용에 부합하여야 한다.

③ 국가물순환촉진기본방침에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 물순환 촉진의 의의 및 목표
2. 국가가 중점적으로 시행하여야 할 물순환 촉진 시책
3. 물순환 촉진구역의 지정기준
4. 물순환촉진 종합계획 및 실시계획의 작성에 관한 기본적인 방향과 원칙
5. 그 밖에 물순환 촉진을 위하여 필요한 사항으로서 대통령령으로 정하는 사항

④ 환경부장관은 국가물순환촉진기본방침이 수립된 날부터 5년이 지나거나 국가물순환촉진기본방침의 변경이 필요하다고 인정하는 경우에는 그 타당성을 검토하여 국가물순환촉진기본방침을 변경할 수 있다.

⑤ 환경부장관은 국가물순환촉진기본방침을 수립하거나 변경하려면 관계 중앙행정기관의 장 및 「물관리기본법」 제23조에 따른 유역물관리위원회(이하 "유역물관리위원회"라 한다) 위원장과 협의하고 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사(이하 "시·도지사"라 한다)의 의견을 수렴한 후 같은 법 제22조에 따른 국가물관리위원회(이하 "국가물관리위원회"라 한다)의 심의를 거쳐야 한다. 다만, 대통령령으로 정하는 경미한 사항을 변경하는 경우에는 그러하지 아니하다.

⑥ 환경부장관은 국가물순환촉진기본방침을 수립하거나 변경한 때에는 그 내용을 관계 중앙행정기관의 장 및 시·도지사에게 알리고 대통령령으로 정하는 바에 따라 공고하여야 한다.

⑦ 그 밖에 국가물순환촉진기본방침의 수립 절차 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제5조(다른 법률과의 관계 등) 이 법 중 규제를 완화하기 위한 특례를 정한 제2장(제6조부터 제18조까지) 및 제28조부터 제30조까지는 다른 법률에 우선하여 적용한다. 다만, 다른 법률에서 그 규제에 관한 특례보다 완화되는 규정이 있으면 그 법률에서 정하는 바에 따른다.

## 제2장 물순환 촉진사업의 추진

제6조(물순환 촉진구역의 지정) ① 환경부장관은 국가물순환촉진기본방침에 따라 물순환 촉진이 시급하거나 물순환 촉진사업의 파급효과가 큰 지역에 대하여 물순환 촉진사업을 추진하려는 경우에는 직접 또는 제7조에 따른 제안을 받아 물순환 촉진구역으로 지정할 수 있다.

② 제1항에 따라 물순환 촉진구역을 지정하는 환경부장관은 다음 각 호의 사항을 고려하여야 한다.

1. 「물관리기본법」 제27조에 따른 국가물관리기본계획에 부합할 것
2. 물순환 촉진사업이 수자원의 원활한 이용과 개발·보전, 재해의 경감·예방 또는 수자원의 개발·이용 및 관리 등에 관한 다툼(이하 "물분쟁"이라 한다)의 조정 등에 기여하는 공익성을 갖출 것
3. 물순환 촉진사업의 공공필요와 사업 추진으로 인하여 침해되는 이익을 균형적으로 고려할 것
4. 사업 추진으로 인하여 물분쟁을 촉발시킬 우려가 없을 것

5. 물순환 촉진사업의 재원 조달 및 투자계획 등이 실현 가능할 것
6. 그 밖에 대통령령으로 정하는 요건에 부합할 것

③ 환경부장관은 물순환 촉진구역을 지정하거나 변경하려는 경우에는 미리 관계 중앙행정기관의 장과 협의하고 해당 구역을 관할하는 시·도지사 및 시장·군수(광역시의 관할구역에 있는 군의 군수는 제외한다. 이하 같다)의 의견을 수렴하여야 한다.

④ 환경부장관은 물순환 촉진구역을 지정하거나 대통령령으로 정하는 중대한 사항을 변경하려는 경우에는 유역물관리위원회의 심의를 거쳐야 한다.

⑤ 환경부장관은 물순환 촉진구역의 지정 사유가 해소되거나 지정 유지의 필요성이 현저히 감소하는 등 지정의 해제가 필요하다고 인정하는 경우 그 지정을 해제할 수 있다.

⑥ 환경부장관은 물순환 촉진구역을 지정·변경하거나 해제하기 위하여 필요한 경우 관계 중앙행정기관의 장, 시·도지사, 시장·군수 및 기관·단체의 장 등에게 필요한 자료 또는 정보의 제공을 요청할 수 있다. 이 경우 요청을 받은 자는 특별한 사유가 없으면 그 요청에 따라야 한다.

⑦ 환경부장관은 물순환 촉진구역을 지정·변경하거나 해제한 때에는 그 내용을 관계 중앙행정기관의 장, 시·도지사 및 시장·군수에게 알리고, 대통령령으로 정하는 바에 따라 고시하여야 한다.

⑧ 제1항부터 제7항까지에 따른 물순환 촉진구역의 지정·변경 및 해제에 관한 세부 기준 및 절차 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제7조(물순환 촉진구역 지정·변경의 제안) ① 시·도지사 또는 시장·군수·구청장(자치구의 구청장을 말한다. 이하 같다)은 환경부장관에게 물순환 촉진구역의 지정 또는 변경을 제안할 수 있다. 이 경우 지정하거나 변경하려는 물순환 촉진구역이 둘 이상의 시·도 또는 시·군·구에 걸쳐 있는 경우에는 관계 시·도지사나 시장·군수·구청장이 공동으로 제안하여야 한다.

② 제1항에 따른 물순환 촉진구역 지정·변경의 제안, 제안서의 처리 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제8조(물순환촉진 종합계획의 수립) ① 환경부장관은 제6조에 따라 지정한 물순환 촉진구역에 대하여 국가물순환촉진기본방침에 따라 물순환을 촉진하고 지속적으로 관리하기 위한 종합계획(이하 "물순환촉진 종합계획"이라 한다)을 수립할 수 있다.

② 물순환촉진 종합계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 종합적인 추진목표 및 기본방향
2. 총괄적인 사업수행계획
   가. 사업의 내용·기간
   나. 사업비 및 재원조달계획
   다. 연차별 사업시행계획
3. 기대효과
4. 제11조에 따른 행위제한이 적용되는 지역
5. 그 밖에 대통령령으로 정하는 사항

③ 환경부장관은 물순환촉진 종합계획을 수립하거나 변경하려면 미리 관계 중앙행정기관의 장, 시·도지사 및 시장·군수에게 물순환촉진 종합계획에 반영되어야 할 정책 및 사업에 관한 소관별 계획과 대통령령으로 정하는 자료의 제출을 요청하여야 하고, 지역주민과 관계 전문가 등의 의견을 들어야 한다.

④ 환경부장관은 제3항에 따라 제출받은 계획과 자료를 기초로 물순환촉진 종합계획을 마련하고, 관계 중앙행정기관의 장, 시·도지사 및 시장·군수와 협의한 후 유역물관리위원회의 심의를 거쳐

확정한다. 이 경우 환경부장관은 확정된 물순환촉진 종합계획을 관계 중앙행정기관의 장, 시·도지사 및 시장·군수에게 알리고 대통령령으로 정하는 바에 따라 고시하여야 한다.

⑤ 환경부장관은 제4항에 따라 물순환촉진 종합계획이 확정된 날부터 5년이 지나거나 물순환촉진 종합계획의 변경이 필요하다고 인정하는 경우에는 그 타당성을 검토하여 물순환촉진종합계획을 변경할 수 있다.

⑥ 환경부장관이 물순환촉진 종합계획을 수립하거나 변경할 때에는 그 내용에 따라 다음 각 호의 계획 또는 대책의 변경이 있는 것으로 보며, 제4항에 따라 물순환촉진 종합계획을 고시한 때에는 다음 각 호의 계획 또는 대책의 변경 고시나 공고를 한 것으로 본다.

1. 「국토기본법」에 따른 도종합계획 또는 시·군종합계획
2. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」제18조에 따른 도시·군기본계획 및 같은 법 제29조에 따른 도시·군 관리계획
3. 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제5조에 따른 물 재이용 기본계획 및 같은 법 제6조에 따른 물 재이용 관리계획
4. 「물환경보전법」 제4조의3에 따른 오염관리기본계획, 같은 법 제4조의4에 따른 오염총량관리시행계획, 같은 법 제23조의2 및 제24조부터 제26조까지에 따른 국가 물환경관리기본계획 및 수계영향권별 물환경관리계획, 같은 법 제27조의2에 따른 수생태계 복원계획, 같은 법 제49조에 따른 공공폐수처리시설 기본계획 및 같은 법 제53조의5에 따른 비점오염원 관리 종합대책
5. 「수도법」 제4조에 따른 국가수도기본계획, 같은 법 제5조에 따른 수도정비계획, 같은 법 제6조에 따른 종합계획·시행계획 및 같은 법 제8조의2제1항에 따른 상수원보호구역에 대한 수질관리계획
6. 「수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률」 제17조에 따른 수자원장기종합계획, 같은 법 제18조에 따른 하천유역수자원관리계획, 같은 법 제19조에 따른 지역수자원관리계획 및 같은 법 제20조에 따른 특정하천유역치수계획
7. 「지하수법」 제6조에 따른 지하수관리기본계획 및 같은 법 제6조의2에 따른 지역지하수관리계획의 변경
8. 「하수도법」제4조에 따른 국가하수도종합계획, 같은 법 제4조의2에 따른 유역하수도정비계획 및 같은 법 제6조에 따른 하수도정비기본계획
9. 「하천법」 제25조에 따른 하천기본계획

제9조(물순환촉진 종합계획의 효력) ① 물순환촉진 종합계획은 제8조제4항에 따라 고시된 날부터 그 효력이 발생한다.

② 물순환촉진 종합계획이 고시된 날 이전에 사업이나 공사에 착수한 자(이 법 또는 다른 법률에 따라 허가·인가·승인 등을 받아야 하는 경우에는 그 허가·인가·승인 등을 받아 사업이나 공사에 착수한 자를 말한다)는 물순환촉진 종합계획의 고시와 관계없이 그 사업이나 공사를 계속할 수 있다.

제10조(종합계획의 효력 상실) ① 환경부장관은 물순환촉진 종합계획이 고시된 날부터 3년이 되는 날까지 물순환 촉진사업의 시행자가 제16조에 따른 실시계획의 승인을 요청하지 아니하거나 종합계획의 수립 목적을 달성할 수 없다고 인정하는 경우 관계 중앙행정기관의 장, 시·도지사 및 시장·군수와 협의하여 물순환촉진 종합계획을 취소할 수 있다.

② 환경부장관은 제1항에 따라 물순환촉진 종합계획이 취소된 때에는 그 내용을 관계 중앙행정기관의 장, 시·도지사 및 시장·군수에게 알리고, 대통령령으로 정하는 바에 따라 고시하여야 한다.

제11조(행위의 제한) 제8조제4항에 따라 물순환촉진 종합계획이 고시된 날부터 제8조제2항제4호에서 정하는 지역에서 물순환촉진 종합계획에 적합하지 아니한 건축물의 건축, 공작물의 설치, 토지의 형질변경, 토석의 채취, 토지분할, 물건을 쌓아두는 행위 등 대통령령으로 정하는 행위를 하고자 하는 때에는 관할 지방자치단체의 장의 허가를 받아야 한다. 허가받은 사항을 변경하고자 하는 때에도 또한 같다.

제12조(실태조사) ① 환경부장관은 국가물순환촉진기본방침 및 물순환촉진 종합계획을 효율적으로 수립·추진하기 위하여 물순환 실태와 물순환촉진 시설 현황 등에 대한 실태조사를 실시할 수 있다.

② 환경부장관은 제1항에 따른 실태조사를 실시하기 위하여 필요한 경우에는 관계 중앙행정기관의 장, 지방자치단체의 장 또는 관계 법인·단체 등에 관련 자료의 제출을 요청할 수 있다. 이 경우 자료의 제출을 요청받은 자는 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.

③ 그 밖에 실태조사의 범위와 절차·방법 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제13조(물순환촉진 종합계획의 평가) ① 환경부장관은 물순환촉진 종합계획의 추진실적 등을 평가하고 그 결과를 공개하여야 한다.

② 제1항에 따른 평가의 기준, 주기, 절차 및 방법, 평가 결과의 공개 범위 및 공개방법 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제14조(물순환 촉진사업의 시행) ① 물순환 촉진사업의 시행에 관하여 이 법에서 규정하지 아니한 사항은 해당 내용에 대하여 정하고 있는 관계 법률에 따른다.

② 물순환촉진 종합계획이 고시되기 전부터 물순환 촉진구역에서 시행 중이거나 그 시행이 확정된 물순환 시설의 설치·정비 사업이 물순환촉진 종합계획에 포함된 경우에는 해당 사업을 이 법에 따른 물순환 촉진사업으로 본다.

제15조(물순환 촉진사업의 시행자) ① 물순환 촉진구역에서 물순환 시설을 설치·정비하거나 운영·관리하는 등 물순환 촉진사업을 시행하는 자(이하 "사업시행자"라 한다)에 대하여 다른 법률에서 별도로 규정하지 아니한 경우에는 환경부장관이 다음 각 호의 자 중에서 사업시행자를 지정할 수 있다.

1. 국가 또는 지방자치단체
2. 「공공기관의 운영에 관한 법률」에 따른 공공기관 중 대통령령으로 정하는 기관
3. 「지방공기업법」에 따라 설립된 지방공기업

② 제14조제2항에 따라 물순환 촉진사업으로 의제되는 사업의 경우에는 해당 물순환 시설을 설치·정비하거나 운영·관리하는 자를 제1항에 따른 사업시행자로 본다.

제16조(물순환 촉진사업 실시계획의 수립) ① 사업시행자는 물순환 촉진구역에서 물순환 촉진사업을 시행하려면 다음 각 호의 사항이 포함된 물순환 촉진사업 실시계획(이하 "실시계획"이라 한다)을 작성하여 환경부장관에게 승인을 신청하여야 한다. 실시계획을 변경하려는 경우에도 이와 같다.

1. 사업의 명칭과 목적·필요성
2. 사업시행자의 성명(법인인 경우에는 법인의 명칭 및 대표자의 성명) 및 주소
3. 사업시행지의 위치·면적(위치도를 포함한다), 사업비 및 사업 시행기간
4. 물순환 시설별 설치계획 및 운영·관리계획의 개요
5. 환경보전계획 및 오염방지계획
6. 재원조달계획 및 연도별 투자계획
7. 제6조에 따른 물순환 촉진구역의 분할 또는 결합이 필요한 경우에는 그 분할 또는 결합에 관한 계획

8. 사업의 기대효과에 관한 사항
9. 그 밖에 사업시행에 필요한 사항으로서 대통령령으로 정하는 사항

② 환경부장관은 제1항에 따라 실시계획을 승인하려면 미리 관계 행정기관의 장과 협의하여야 한다. 다만, 대통령령으로 정하는 경미한 사항을 변경하는 경우에는 그러하지 아니하다.

③ 환경부장관은 제1항에 따라 실시계획을 승인한 때에는 그 내용을 관계 행정기관의 장에게 알리고 대통령령으로 정하는 바에 따라 고시하여야 한다.

④ 제1항부터 제3항까지의 실시계획의 작성 및 실시계획의 승인에 관한 절차·방법 등 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.

제17조(인가·허가 등의 의제) ① 제16조제1항에 따라 환경부장관이 실시계획에 대한 승인 또는 변경승인을 하는 경우 별표에 따른 허가·승인·심의·인가·신고·면허·협의·지정·해제 또는 처분 등(이하 "인·허가등"이라 한다)에 관하여 인·허가등을 받은 것으로 보며, 같은 조 제3항에 따라 실시계획을 고시한 때에는 관계 법률에 따른 인·허가 등의 고시나 공고를 한 것으로 본다.

② 제1항에 따라 다른 법률에 따른 인·허가등을 받은 것으로 보는 경우에는 관계 법령에 따라 부과되는 면허세 또는 수수료를 면제한다.

제18조(물순환 촉진사업 총괄관리자) ① 환경부장관은 물순환 촉진사업을 체계적이고 효율적으로 추진하기 위하여 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자를 물순환 촉진사업 총괄관리자(이하 "사업관리자"라 한다)로 지정할 수 있다.

1. 국가 또는 지방자치단체
2.「공공기관의 운영에 관한 법률」에 따른 공공기관 중 대통령령으로 정하는 기관
3.「지방공기업법」에 따라 설립된 지방공기업

② 환경부장관은 제1항에 따라 지정된 사업관리자에게 다음 각 호의 업무의 전부 또는 일부를 대행하게 하거나 위탁할 수 있다.

1. 물순환 촉진사업 실시계획 수립 또는 변경 등의 검토와 관련된 업무
2. 물순환 촉진사업에 대한 사업성 분석 및 설계·공정에 대한 총괄관리
3. 물순환 촉진사업의 시행 및 운영·관리 총괄
4. 그 밖에 대통령령으로 정하는 업무

## 제3장 물순환 촉진 기반의 조성

제19조(물순환촉진지원센터의 구축·운영) ① 환경부장관은 다음 각 호의 업무를 수행하기 위하여 물순환촉진지원센터를 구축·운영할 수 있다.

1. 물순환 촉진 관련 제도발전을 위한 조사·연구
2. 국가물순환촉진기본방침, 물순환촉진 종합계획 및 실시계획의 수립 지원
3. 물순환 촉진사업의 시행 및 운영·관리 지원
4. 그 밖에 환경부장관이 정하는 업무

② 물순환촉진지원센터의 구축·운영 등에 필요한 사항은 환경부장관이 정하여 고시한다.

제20조(물순환정보시스템의 구축·운영) ① 환경부장관은 물순환 촉진과 관련된 자료 또는 정보의 효율적인 관리와 활용을 위한 정보시스템(이하 "물순환정보시스템"이라 한다)을 구축·운영할 수 있다.

② 환경부장관은 물순환정보시스템의 구축·운영을 위하여 관계 중앙행정기관의 장 및 지방자치단체의 장, 관련 기관·단체의 장에게 필요한 자료 또는 정보의 제출을 요청할 수 있다. 이 경우 관

계 중앙행정기관의 장 등은 특별한 사유가 없으면 그 요청에 따라야 한다.

③ 물순환정보시스템의 구축·운영 등에 필요한 사항은 환경부장관이 정하여 고시한다.

제21조(조례의 제정) 지방자치단체는 물순환 촉진을 위하여 필요한 사항을 조례로 정할 수 있다.

제22조(품질인증) ① 환경부장관은 물순환 촉진을 위하여 물순환 시설에 사용되는 제품·설비 중 품질인증이 필요하다고 인정하는 제품·설비에 대하여 인증을 할 수 있다.

② 환경부장관은 제1항에 따른 인증을 위하여 인증기관을 지정할 수 있다. 이 경우 인증기관이 지정기준에 미달하게 된 경우에는 지정을 해제할 수 있다.

③ 제1항에 따라 인증을 받은 자는 해당 제품·설비에 인증의 표시를 하거나 인증을 받은 것을 홍보할 수 있다.

④ 인증대상 제품·설비의 인증기준, 인증기관 지정·해제 기준, 인증 절차 및 인증의 표시 방법 등에 관한 사항은 환경부령으로 정한다.

⑤ 환경부장관은 대통령령으로 정하는 공공기관에 제1항에 따라 물순환 품질인증을 받은 제품·설비의 우선 구매를 요청할 수 있으며, 민간단체나 기업에 우선 구매를 권유할 수 있다.

제23조(전문인력의 양성 및 지원) ① 환경부장관은 물순환 촉진과 관련된 전문인력을 양성하기 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 대학, 연구소, 그 밖의 기관을 전문인력 양성기관으로 지정하여 필요한 교육 및 훈련을 실시하게 할 수 있다.

② 환경부장관은 제1항에 따라 지정된 전문인력 양성기관에 대하여 교육 및 훈련에 필요한 비용의 전부 또는 일부를 지원할 수 있다.

③ 환경부장관은 전문인력 양성기관이 지정요건에 미달하게 된 경우에는 지정을 해제할 수 있다.

④ 전문인력 양성기관의 지정 및 지정해제의 기준 등에 관한 사항은 환경부령으로 정한다.

제24조(기술개발) ① 환경부장관은 물순환 촉진과 관련된 기술의 개발을 위하여 다음 각 호의 사항을 추진할 수 있다.

1. 물순환 촉진 기술 동향 및 수요조사
2. 물순환 촉진 기술의 연구
3. 기관 간 기술협력 및 인력·정보 등의 교류
4. 그 밖에 물순환 촉진 기술의 연구·개발에 필요한 사항

② 환경부장관은 제1항에 따른 기술의 개발을 위하여 물순환 촉진 기술을 연구·개발하는 자에게 필요한 비용을 지원할 수 있다.

제25조(물순환협회의 설립) ① 물순환 촉진과 관련된 학계, 기업, 기관 및 단체와 이에 관한 업무에 종사하는 자는 환경부장관의 허가를 받아 물순환협회(이하 “협회”라 한다)를 설립할 수 있다.

② 제1항에 따른 협회는 법인으로 한다.

③ 협회는 주된 사무소의 소재지에서 설립등기를 함으로써 성립한다.

④ 협회는 물순환 촉진에 관한 다음 각 호의 업무를 수행한다.

1. 정책 및 기술개발의 지원
2. 전문인력 양성의 지원
3. 조사·연구·홍보·자문 및 간행물의 발간
4. 관련된 정보의 수집·분석
5. 국가 또는 지방자치단체로부터 위탁받은 업무
6. 그 밖에 협회의 정관으로 정하는 업무

⑤ 협회에 관하여 이 법에 규정된 사항을 제외하고는 「민법」 중 사단법인에 관한 규정을 준용한다.

## 제4장 보 칙

제26조(국고 보조) 국가는 예산의 범위에서 다음 각 호에 따른 비용의 전부 또는 일부를 해당 사업 또는 업무를 수행하는 자에게 보조할 수 있다.

1. 물순환 촉진사업에 필요한 비용
2. 물순환 촉진사업을 위한 토지·물건 및 권리 취득에 필요한 비용
3. 그 밖에 물순환 촉진을 위하여 필요한 사항으로서 대통령령으로 정하는 사항

제27조(관계 기관의 협조) 환경부장관은 이 법의 목적을 달성하기 위하여 필요하다고 인정할 때에는 관계 중앙행정기관의 장이나 지방자치단체의 장 및 기관·단체 등에 대하여 필요한 자료의 제출이나 의견의 진술 등을 요청할 수 있다. 이 경우 관계 기관·단체의 장은 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.

제28조(국유재산·공유재산 등의 처분 등) ① 환경부장관은 다른 중앙관서의 장 등이 관리하는 국유재산이나 공유재산을 처분하는 사항을 포함하는 실시계획을 승인하고자 하는 경우에는 미리 국유재산의 총괄청 및 중앙관서의 장 또는 공유재산의 관리청(이하 "관리청"이라 한다)과 협의하여야 한다. 이 경우 관리청이 불분명한 재산 중 도로·구거(溝渠) 등에 대하여는 국토교통부장관을, 그 외의 재산에 대하여는 기획재정부장관을 관리청으로 본다.

② 제1항에 따라 협의를 받은 관리청은 20일 이내에 의견을 제시하여야 하며, 그 기간 내에 의견을 제시하지 아니한 경우에는 의견이 없는 것으로 본다.

③ 물순환 촉진구역(물순환촉진 종합계획이 수립된 지역으로 한정한다) 내의 국유재산·공유재산으로서 물순환 촉진사업에 필요한 국유재산·공유재산은 물순환 촉진사업 외의 목적으로 처분할 수 없다.

④ 물순환 촉진사업의 시행자가 국유재산·공유재산을 부득이하게 물순환 촉진 목적으로 사용하려는 경우로서 대통령령으로 정하는 경우에는 국유재산·공유재산은 「국유재산법」에 따른 국유재산 종합계획 및 「공유재산 및 물품 관리법」에 따른 공유재산의 관리계획과 사용허가 및 계약의 방법에도 불구하고 사업시행자에게 다른 사람에 우선하여 사용허가하거나 수의계약으로 대부하거나 양도할 수 있다.

⑤ 제4항의 경우 국가와 지방자치단체는 사용허가 및 대부의 기간을 20년 이내로 하거나 대통령령으로 정하는 바에 따라 사용료 또는 대부료를 감면할 수 있다. 다만, 대상 국유재산은 해당 재산을 관리하는 「국유재산법」에 따른 총괄청 또는 중앙관서의 장과 협의를 거친 재산으로 한정한다.

제29조(토지 등의 수용·사용) ① 사업시행자는 물순환촉진사업을 시행하기 위하여 필요한 경우 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」 제3조에 따른 토지·물건 또는 권리(이하 "토지등"이라 한다)를 수용 또는 사용할 수 있다.

② 제16조에 따른 실시계획의 승인 및 고시가 있으면 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」 제20조제1항 및 제22조에 따른 사업인정과 사업인정의 고시가 있는 것으로 보며, 재결신청은 같은 법 제23조제1항 및 제28조제1항에도 불구하고 실시계획에서 정하는 물순환촉진사업의 시행기간 내에 할 수 있다.

③ 토지 등의 수용 또는 사용에 관하여 이 법에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」을 준용한다.

제30조(조세 및 부담금의 감면 등) ① 국가 및 지방자치단체는 물순환 촉진을 위하여 필요한 경우에는 사업시행자에 대해 「조세특례제한법」 및 「지방세특례제한법」에서 정하는 바에 따라 법인세·소

득세·취득세·등록면허세 및 재산세 등의 조세를 감면할 수 있다.

② 국가 및 지방자치단체는 물순환 촉진을 위하여 필요한 경우에는 사업시행자에 대하여 「개발이익환수에 관한 법률」, 「농지법」, 「초지법」, 「산지관리법」, 「자연환경보전법」, 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」, 「환경개선비용 부담법」에서 정하는 바에 따라 개발부담금, 농지보전부담금, 대체초지조성비, 대체산림자원조성비, 생태계보전협력금, 공유수면 점용료·사용료, 환경개선부담금을 감면하거나 부과하지 아니할 수 있다.

제31조(관계 서류의 열람 및 보관 등) ① 사업시행자는 물순환 촉진사업의 시행을 위하여 필요하면 등기소나 그 밖의 관계 행정기관의 장에게 무료로 필요한 서류를 열람·복사하거나 그 등본 또는 초본을 교부하여 줄 것을 청구할 수 있다.

② 사업시행자는 토지 소유주와 그 밖의 이해관계인이 알 수 있도록 관보·공보·일간신문 또는 인터넷에 게시하는 방법으로 다음 각 호의 사항을 공개하여야 한다.

1. 사업시행자가 공람, 공고 및 통지하여야 하는 사항
2. 물순환 촉진사업 관련 계획의 수립·승인 내용
3. 그 밖에 물순환 촉진사업의 시행에 관하여 대통령령으로 정하는 사항

③ 사업시행자는 제2항 각 호에 관한 서류나 도면 등을 물순환 촉진사업이 시행되는 지역에 있는 주된 사무소에 갖추어 두어야 하고, 물순환 촉진사업이 시행되는 지역의 건축물 등에 대하여 권리자가 열람이나 복사를 요청하는 경우에는 개인의 신상정보를 제외하고 열람이나 복사를 할 수 있도록 하여야 한다. 이 경우 복사에 필요한 비용은 실비의 범위에서 청구인의 부담으로 할 수 있다.

제32조(권리의무의 승계) 사업시행자나 물순환 촉진사업이 시행되는 지역의 건축물 등에 대하여 권리를 가진 자(이하 "이해관계인 등"이라 한다)가 변경된 경우에 종전의 이해관계인 등이 행하거나 이해관계인 등에 대하여 행한 처분, 절차, 그 밖의 행위는 새로 이해관계인 등이 된 자가 행하거나 새로 이해관계인 등이 된 자에 대하여 행한 것으로 본다.

제33조(보고 및 검사 등) 환경부장관은 물순환 촉진사업의 시행과 관련하여 필요하다고 인정하면 사업시행자에게 필요한 보고를 하게 하거나 자료를 제출하도록 명할 수 있으며, 소속 공무원에게 물순환 촉진사업에 관한 업무와 회계에 관한 사항을 검사하게 할 수 있다.

제34조(권한 또는 업무의 위임·위탁) ① 이 법에 따른 환경부장관의 권한은 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 일부를 시·도지사 또는 소속 기관의 장에게 위임할 수 있으며, 시·도지사는 환경부장관의 승인을 받아 위임받은 권한의 일부를 시장·군수 또는 구청장에게 재위임할 수 있다.

② 이 법에 따른 환경부장관의 업무는 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 일부를 다음 각 호의 전문기관에 위탁할 수 있다.

1. 「한국수자원공사법」에 따른 한국수자원공사
2. 「한국환경공단법」에 따른 한국환경공단
3. 「수도법」에 따른 한국상하수도협회
4. 「물관리기술 발전 및 물산업 진흥에 관한 법률」에 따른 한국물기술인증원
5. 제25조에 따라 설립된 물순환협회

## 제5장 벌 칙

제35조(과태료) ① 제22조제3항을 위반하여 거짓으로 인증의 표시를 하거나 홍보를 한 자에게는 500만원 이하의 과태료를 부과한다.

② 제1항에 따른 과태료는 대통령령으로 정하는 바에 따라 환경부장관 또는 지방자치단체의 장이 부과·징수한다.

## 부 칙

제1조(시행일) 이 법은 공포 후 1년이 경과한 날부터 시행한다.

제2조(국가물순환촉진기본방침의 수립에 관한 특례) 이 법 시행에 따른 최초의 국가물순환촉진기본방침은 이 법 시행일로부터 1년 이내에 수립한다.

[별표]

실시계획 승인 관련 인·허가 등의 의제(제17조제1항 관련)

1. 「건축법」 제4조에 따른 건축위원회의 심의, 같은 법 제11조에 따른 건축허가, 같은 법 제14조에 따른 건축신고, 같은 법 제16조에 따른 허가와 신고사항의 변경, 같은 법 제20조제1항에 따른 가설건축물의 건축허가·신고 및 같은 법 제29조에 따른 건축협의
2. 「골재채취법」 제22조에 따른 골재채취의 허가
3. 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」 제15조에 따른 기본측량성과 등을 사용한 지도 등의 간행 및 같은 법 제86조제1항에 따른 사업의 착수·변경 또는 완료의 신고
4. 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 제8조에 따른 점용·사용허가, 같은 법 제10조에 따른 협의 또는 승인, 같은 법 제17조에 따른 점용·사용 실시계획의 승인, 같은 법 제28조에 따른 매립면허, 같은 법 제35조에 따른 국가 등이 시행하는 매립의 협의 또는 승인 및 같은 법 제38조에 따른 공유수면매립실시계획의 승인
5. 「광업법」 제21조, 제22조, 제24조에 따른 불허가 처분 및 같은 법 제35조에 따른 광업권취소 처분
6. 「국유재산법」 제30조 및 「공유재산 및 물품 관리법」 제20조제1항에 따른 사용허가
7. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제30조에 따른 도시·군관리계획의 결정(같은 법 제2조제6호의 기반시설에 한정한다), 같은 법 제56조에 따른 개발행위의 허가, 같은 법 제86조에 따른 도시·군계획시설사업의 시행자의 지정 및 같은 법 제88조에 따른 도시·군계획시설사업 실시계획의 인가
8. 「군사기지 및 군사시설 보호법」 제9조제1항제1호에 따른 통제보호구역 등에의 출입허가 및 같은 법 제13조에 따른 행정기관의 허가등에 관한 협의
9. 「농어촌도로 정비법」 제5조에 따른 도로의 정비허가 및 같은 법 제18조에 따른 도로의 점용허가
10. 「농어촌정비법」 제23조에 따른 농업생산기반시설이나 용수(用水)의 사용허가
11. 「농지법」 제34조에 따른 농지전용(農地轉用)의 허가 또는 협의 및 같은 법 제36조에 따른 농지의 일시사용허가
12. 「도로법」 제25조에 따른 도로구역의 결정, 같은 법 제36조에 따른 도로관리청이 아닌 자에 대한 도로공사 시행허가, 같은 법 제61조에 따른 도로의 점용 허가, 같은 법 제107조에 따른 도로관리청과의 협의 또는 승인 및 「유료도로법」 제6조에 따른 비도로관리청의 유료도로 신설 또는 개축, 같은 법 제8조에 따른 유료도로와 다른 도로와의 연결 등에 관한 협의
13. 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제24조에 따른 도시공원의 점용허가, 같은 법 제27조에 따른 도시자연공원구역에서의 행위 허가 및 같은 법 제38조에 따른 녹지의 점용허가
14. 「문화재보호법」 제35조제1항제1호·제2호·제4호에 따른 허가, 같은 법 제56조에 따른 국가등록문화재의 현상변경신고
15. 「부동산 거래신고 등에 관한 법률」 제11조에 따른 토지거래계약에 관한 허가
16. 「사도법」 제4조에 따른 사도개설허가
17. 「사방사업법」 제14조에 따른 벌채, 토석 채취 등의 허가 및 같은 법 제20조에 따른 사방지의 지정해제
18. 「산림보호법」 제9조제1항 및 같은 조 제2항제1호·제2호에 따른 산림보호구역(산림유전자원보

호구역은 제외한다)에서의 행위의 허가·신고 및 같은 법 제11조제1항제1호에 따른 산림보호구역의 지정해제

19.「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」제36조에 따른 입목벌채 등의 허가·신고

20.「산지관리법」제14조·제15조에 따른 산지전용허가 및 산지전용신고, 같은 법 제15조의2에 따른 산지일시사용허가·신고 및 같은 법 제25조에 따른 토석채취허가(석재로 한정한다)

21.「소방시설 설치 및 관리에 관한 법률」제6조에 따른 건축허가 등의 동의

22.「소하천정비법」제10조에 따른 소하천공사 시행의 허가 및 같은 법 제14조에 따른 소하천 점용 등의 허가 또는 신고

23.「수도법」제17조에 따른 일반수도사업의 인가, 같은 법 제49조에 따른 공업용수도사업의 인가, 같은 법 제52조에 따른 전용상수도의 인가 및 제54조에 따른 전용공업용수도의 인가

24.「에너지이용 합리화법」제10조에 따른 에너지사용계획의 협의 및「집단에너지사업법」제4조에 따른 집단에너지의 공급 타당성에 관한 협의

25.「자연공원법」제23조제1항에 따른 공원구역에서의 행위허가 및 같은 법 제71조제1항에 따른 공원관리청과의 협의

26.「장사 등에 관한 법률」분묘의 개장 신고 및 같은 법 제27조제1항에 따른 무연분묘의 개장 허가(변경)

27.「지하수법」제7조에 따른 지하수의 개발·이용의 허가 및 제8조에 따른 지하수의 개발·이용의 신고

28.「초지법」제5조에 따른 초지조성의 허가, 같은 법 제21조의2에 따른 토지의 형질변경 등의 허가 및 같은 법 제23조에 따른 초지전용(草地轉用)의 허가

29.「하수도법」제16조에 따른 공공하수도공사시행의 허가 및 같은 법 제24조에 따른 공공하수도의 점용허가

30.「하천법」제6조에 따른 하천관리청의 허가사항에 관한 협의나 승인, 같은 법 제30조에 따른 하천공사 시행의 허가, 같은 법 제33조에 따른 하천의 점용허가 및 같은 법 제50조에 따른 하천수의 사용허가

주 의 사 항

1. 본 보고서는 국가물관리위원회의 수탁을 받아 사단법인 한국물환경학회 및 한국수자원공사에서 수행한 보고서입니다.

2. 본 보고서의 내용을 대외적으로 게재, 인용할 때에는 반드시 국가물관리위원회의 사전 허락을 받기 바라며, 무단 복제는 절대 금합니다.

# 자연기반해법(NbS)을 활용한 지속가능한 통합물관리 방안 연구

발 행 일 2024년 3월

발 행 인 국가물관리위원회 위원장 배덕효

발 행 처 국가물관리위원회

주 소 세종특별자치시 도움3로 19 엠브릿지T2, 7층
전화 : 044-201-8911 FAX : 044-201-8905

홈페이지 http://www.water.go.kr