

특별관리해역 내 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 강화방안

Policies for Strengthening the Effluent Standards
from Public Sewage Treatment Facilities
to the Special Management Area

장원근 · 최수빈 · 김선미 · 정여진 · 오예진 · 한기원



특별관리해역 내 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 강화방안

Policies for Strengthening the Effluent Standards
from Public Sewage Treatment Facilities
to the Special Management Area

장원근 · 최수빈 · 김선미 · 정여진 · 오예진 · 한기원



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

저자	장원근, 최수빈, 김선미, 정여진, 오예진, 한기원
내부연구진	연구책임자 장원근 한국해양수산개발원 해양연구본부 연구위원 공동연구원 최수빈 한국해양수산개발원 해양연구본부 전문연구원 공동연구원 김선미 한국해양수산개발원 해양연구본부 전문연구원 공동연구원 정여진 한국해양수산개발원 해양연구본부 전문연구원 공동연구원 오예진 한국해양수산개발원 경제전략연구본부 연구원 공동연구원 한기원 한국해양수산개발원 해양연구본부 연구위원
연구기간	2024. 5. 13. ~ 2024. 11. 12.
보고서 집필내역	
연구책임자	장원근 연구총괄, 제1장~제4장
내부연구진	최수빈 제1장, 제2장, 제3장 김선미 제2장 정여진 제2장 오예진 제1장, 제2장 한기원 제1장, 제3장
산·학·연·정 연구자문위원	문성대 ㈜엔이비 이사 노인혜 동남화학연구원 이사 하승우 해양수산부 해양환경정책과 사무관

※ 순서는 산·학·연·정 순임

발간사

급격한 경제발전은 불가피하게 해양 환경의 오염을 초래했다. 정부는 산업화와 도시화로 인해 훼손된 연안해역의 환경을 개선하기 위해 특별관리해역을 지정하고 수질 관리 정책을 시행하였다. 특별관리해역 범위에는 연안의 해역과 육상 유역이 포함되기 때문에 수질 관리 정책은 육상으로부터 바다로 유입되는 오염물질의 관리에 효과적이다. 특히 정부는 육상의 오염원을 관리하기 위해 연안오염총량관리제를 도입하여 주요 특별관리해역에 시행 중이다. 현재 마산만, 시화호, 부산연안, 울산연안 특별관리해역에 연안오염총량관리가 도입·시행되고 있다.

특별관리해역 지정과 연안오염총량관리제를 통해 연안해역의 환경은 점차 개선되고 있다. 점오염원 중심으로 관리를 하여 육상으로부터 해역으로 유입되는 오염물질의 양을 현저히 저감하는 실적을 올릴 수 있었다. 그러나 연안해역으로 유입되는 공공하수처리시설의 방류수로 인한 오염은 근본적으로 해결할 수 없었다. 공공하수처리시설 등 환경기초시설에 대한 정책은 환경부가 담당하고 있는데, 해양수산부의 특별관리해역 제도와 환경기초시설 관련 제도의 연계는 아직까지 불완전한 상태로 유지되고 있다.

본 연구는 특별관리해역의 환경을 개선하기 위해 연안의 공공하수처리시설 방류수에 대한 처리를 강화할 수 있는 방안을 찾기 위한 것이다. 이를 위해 미국의 사례를 볼 필요가 있다. 미국은 수청정법(Clean Water Act)에 기반한 오염물질 배출제한 정책을 체계적으로 추진하고 있으며, 이를 통해 우리 연안해역의 환경 개선에 적용할 수 있는 시사점을 찾을 수 있다.

국내 연안 공공하수처리시설 현황, 환경기초시설 관련 정책, 특별관리해역 연안오염총량관리제와 연안해역 환경 현황 등을 꼼꼼히 검토하여 현 시스템의 문제점과 개선 방안을 도출한 장원근 연구위원과 최수빈, 김선미, 정여진 전문연구원, 오예진 연구원, 한기원 연구위원 등 연구진의 노고에 감사의 뜻을 표한다. 한편 완성도 높은 연구를 위해 해양수산부 관계자 및 분야별 전문가들의 자문이 매우 중요한 역할을 했다. 연구에 필요한 지식과 정보를 제공해 주신 해양수산부 해양환경정책과 하승우 사무관, 동남의화학연구원 노인혜 이사, (주)엔이비 문성대 이사, 부경대학교 김태진 교수와 이동현 교수, 해양환경공단 이용우 차장 등 산학연정 자문위원들의 도움에 각별히 감사드린다.

이 연구를 통해 도출된 정책방안이 실제로 적용되면 공공하수처리시설 방류수 정책과 특별관리해역 제도의 연계성이 개선될 수 있을 것이다. 이를 통해 우리 연안해역의 환경이 더욱 깨끗해지기를 기대한다.

2025년 1월
한국해양수산개발원
원장 김 중 덕

목차

정책제안 _ i

요약 _ iii

Executive Summary _ xi

01	서론 _ 1	
	제1절 연구 필요성 및 목적	1
	1. 연구의 배경 및 필요성	1
	2. 연구의 목적	3
	제2절 연구 내용 및 방법	4
	1. 연구 범위 및 주요 내용	4
	2. 연구의 방법	5
	제3절 선행연구 검토	6
	1. 주요 선행연구	6
	2. 선행연구와의 차별성	7
02	우리나라와 미국의 공공하수관리 정책 _ 11	
	제1절 우리나라 공공하수관리 정책	11
	1. 공공하수처리시설 현황 및 방류수 특성	11
	2. 우리나라의 공공하수처리시설 관리 체계	13
	제2절 미국의 공공하수처리시설 방류수 수질기준 정책	26
	1. 미국 수질오염물질관리 정책의 개요	26
	2. 미국 공공하수처리시설 배출관리 허가정책	29

03 | 특별관리해역 공공하수처리시설 방류수 수질기준 강화 현안 및 개선방안 _ 45

제1절 특별관리해역 공공하수처리시설 현황 및 여건	45
1. 특별관리해역 공공하수처리시설 현황	45
2. 특별관리해역 공공하수처리시설의 오염물질 배출	49
제2절 특별관리해역 방류수수질기준 강화 현안과 개선방안	61
1. 특별관리해역 방류수수질기준 강화 현안	61
2. 특별관리해역 관리를 위한 방류수 수질기준의 개선 방안	82

04 | 결론 및 정책 제언 _ 91

제1절 결론	91
제2절 정책 제언	96

참고문헌 _ 99

부록 _ 103

표 목차

〈표 1-1〉 선행연구와 본 연구의 차별성	7
〈표 2-1〉 전국·연안 환경기초시설 현황	12
〈표 2-2〉 환경기초시설 오염물질 배출량	13
〈표 2-3〉 유역하수도정비계획의 세부 단위유역	16
〈표 2-4〉 공공하수처리시설의 방류수 수질기준	22
〈표 2-5〉 500 m³/일 이상 처리하는 공공하수처리시설의 지역 구분	24
〈표 2-6〉 하천의 생활환경기준과 공공하수처리시설 방류수 수질기준의 비교	25
〈표 2-7〉 미국 공공하수처리시설 배출관리 규정	29
〈표 2-8〉 미국 수청정법에 따른 배출수 처리기술 적용기준과 시한	37
〈표 2-9〉 공공하수처리시설 방류수기준	38
〈표 2-10〉 미국 공공하수처리시설의 질소 및 인의 배출기준 허가사례	39
〈표 2-11〉 수질기준근거 배출기준 설정을 위한 공공수역 및 오염물질 특성 확인 절차	43
〈표 3-1〉 특별관리해역으로 방류하는 환경기초시설 현황	46
〈표 3-2〉 특별관리해역 공공하수처리시설 가동률 초과 현황	48
〈표 3-3〉 특별관리해역 환경기초시설의 오염물질 배출 특성	51
〈표 3-4〉 특별관리해역 해역수질 현황	52
〈표 3-5〉 특별관리해역의 주요 개발사업에 따른 처리 여건 전망	58
〈표 3-6〉 특별관리해역 중권역별 목표기준 및 지역구분	63
〈표 3-7〉 특별관리해역 중권역 목표기준의 조정사례	66
〈표 3-8〉 특별관리해역에 포함된 중권역의 물환경 목표기준 평가 결과('21~'23) ...	67
〈표 3-9〉 00 공공하수처리시설 지역구분 조정에 따른 삭감효과 분석(2018년 기준) 68	
〈표 3-10〉 00 공공하수처리시설 방류수 수질기준 초과 분석('17~'21년)	69
〈표 3-11〉 총인 생활환경기준과 방류수 수질기준	72
〈표 3-12〉 마산만 연안오염총량관리 관리목표 및 총인 농도의 변동	73
〈표 3-13〉 마산만특별관리해역 총인의 변동('06~'21)	74
〈표 3-14〉 마산만 총인농도와 덕동 및 진해처리장 방류수 농도의 상관관계('20) ...	78
〈표 3-15〉 유역하수도정비계획 단위유역 및 특별관리해역 현황	80
〈표 3-16〉 유역하수도정비계획의 목차와 방류수수질기준 설정 관련 내용	81
〈표 3-17〉 총인 기준 마산만 농도 및 방류수 농도 특성('17~'21년)	88
〈표 4-1〉 마산만 유입부하량 및 해역 수질 변동	93

그림 목차

〈그림 1-1〉 마산만 특별관리해역 COD, TP 유달부하량(하천, 환경기초시설)	2
〈그림 1-2〉 연구흐름도	5
〈그림 2-1〉 전국·연안 환경기초시설 현황	12
〈그림 2-2〉 유역하수도 정비계획(변경계획)의 수립 흐름도	18
〈그림 2-3〉 하수도 정비 기본계획 승인 또는 변경승인 흐름도	20
〈그림 2-4〉 미국 NPDES 허가 면허 절차	31
〈그림 2-5〉 미국 수청정법에 따른 배출수 처리기술 적용의 현황	37
〈그림 2-6〉 미국 공공하수처리시설 수질기준근거 배출기준 설정 및 운영 사례	44
〈그림 3-1〉 특별관리해역의 엄격한 방류수 수질기준 설정 체계	60
〈그림 3-2〉 특별관리해역에 포함된 중권역	62
〈그림 3-3〉 이분산성을 포함하는 자료간의 관계성	85
〈그림 3-4〉 해양배출 최대범위 적용 등의 혼합구역 적용 개념도	87

정책제안

■ 분석 내용 및 방법

1. 우리나라 공공하수처리시설의 현황과 방류수의 특성, 관련 법령을 분석하고 미국 하수도관리 관련 법률인 수청정법과 주요 정책인 국가오염물질배출제한 정책의 체계를 정리함
2. 특별관리해역의 환경관리 정책과 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 정책의 연계방안을 마련하기 위한 현안을 정리하고 현안 해결을 위한 개선 사항을 제안함

■ 정책제안

1. (단기) 특별관리해역 내 공공하수처리시설별 ‘엄격한 방류수 수질기준’ 설정
2. (장기) 해역에 적용하는 방류수 수질기준 지역구분 등급 조정, 목표기준 재설정

요 약

특별관리해역 내 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 강화방안

장원근 · 최수빈 · 김선미 · 정여진 · 오예진 · 한기원

1. 연구의 목적

1) 연구의 배경

- 산업화와 도시화에 따른 연안환경의 악화
 - 우리나라는 1970년대 본격적인 산업화와 도시화로 인해 연안지역에 하수와 폐수가 집중적으로 배출되었으며, 그 결과 일부 폐쇄성 해역의 수질이 심각하게 악화됨
 - 특히 공업용수조차 사용할 수 없는 상태로 오염이 진행되었으며, 이러한 문제를 해결하기 위해 정부는 특별관리해역을 지정하고 환경 개선을 위한 정책을 추진해 왔음
- 특별관리해역 지정과 정책 시행
 - 특별관리해역은 심각하게 훼손된 연안환경을 개선하기 위해 정부가 지정한 해역으로, 오염물질 유입을 제한하고 목표 수질을 달성하기 위해 연안 오염총량관리제 등을 도입함

-
- 그 결과 산업단지와 도시에서 발생하는 점오염원 유입량은 크게 감소하였으나 여전히 공공하수처리시설에서 발생하는 오염 부하량은 크게 줄어들지 않아 해역 수질 개선이 정체되고 있음
 - 공공하수처리시설 방류수 관리의 한계
 - 현재 공공하수처리시설의 방류수 수질기준은 「하수도법」에 따라 등급별로 설정되어 있지만, 특별관리해역으로 방류되는 하수처리시설 대부분은 IV지역 기준(2.0mg/L)을 적용받고 있음
 - 해양환경 특성에 대한 정책 미반영
 - 해양은 하천 및 호소와 달리 3차원적인 특성을 가지며 조류와 밀물·썰물의 영향을 받는 복잡한 시스템임
 - 그러나 현재 해양방류에 적용되는 희석계수는 일률적으로 설정되어 있으며, 해양환경의 특수성과 생태계 가치를 충분히 고려하지 않은 채 방류수 관리가 이루어지고 있음

2) 연구의 목적

- 특별관리해역에 설치·운영 중인 공공하수처리시설의 현황, 관리체계, 여건 등을 분석하여 특별관리해역 환경개선을 위한 방류수 관리 정책의 개선 방안을 마련함
- 공공하수처리시설의 방류수 관리 정책에서 중요한 사항인 방류수 수질기준 정책과 특별관리해역 수질관리 정책을 효과적으로 연계할 수 있는 제도개선 사항을 제시함
- 이를 통해 해양환경의 회복 및 유지를 목표로 하며 해양생태계의 가치를 보전하는 과학적이고 합리적인 관리체계를 제시하고자 함

2. 연구의 방법

1) 학술적 방법

- 문헌분석
 - 국내 문헌으로 해양수산부와 환경부의 하수처리정책 관련 법률과 방류수 관리 사례를 분석함
 - 해외 문헌으로 미국 환경청(EPA)의 방류수 가이드라인 및 워싱턴 주정부의 NPDES 정책을 분석함
- 사례분석
 - 마산만 사례를 분석하여 공공하수처리시설의 방류수 기준 강화가 해양환경 개선에 실질적으로 기여할 수 있음을 확인함
- 비교분석
 - 국내·외 해양하수처리정책을 관리 기준, 관리 방침, 방류 현황 등으로 구분하여 비교분석함
 - 환경부와 해양수산부의 방류수 관련 정책을 비교하여 관리 기준 및 관련 세부 조항간의 차이점을 분석함

2) 정책화 방법

- 전문가 자문
 - 해양하수처리시설 관련 전문가 자문회의를 개최하여 현재 해양하수처리시설의 한계와 개선방향 및 개선과제에 대한 의견을 청취함
- 정책협의회
 - 연구 결과를 해양수산부 공무원과 협의하여 착수보고회, 중간보고회, 최종보고회 전후로 수정 및 보완함

3. 연구의 결과

1) 연구 결과 요약

- 특별관리해역 내 공공하수처리시설 방류수 수질기준 개선 필요
- 특별관리해역으로 방류되는 공공하수처리시설은 대부분 4지역 기준으로 지정되어 있음
- 현 기준: 총인의 경우 2.0mg/L 수준이지만 특별관리해역 목표 기준 (0.03~0.06mg/L)과 큰 격차가 존재함
- 특별관리해역은 해양환경 개선이 시급하지만 현행 방류수 수질기준으로 는 목표 달성이 어려우며 공공하수처리시설의 방류수 기준이 해양환경의 목표 기준과 유기적으로 연계되지 않는 문제점이 존재함
- 이를 해결하기 위해 지역구분의 재조정과 함께 엄격한 방류수 수질기준 설정이 필요함
- 미국의 NPDES 정책 도입의 고려 필요
- 미국은 수청정법(CWA)과 NPDES 제도를 통해 지역별 특성에 맞춘 방류수 기준을 적용하고 있음
- 해양특성을 반영한 희석구역(Mixing Zone) 관리와 과학적 모델링이 시행되고 있으며 우리나라도 해양특수성을 고려한 맞춤형 방류기준 체계 도입이 필요함
- 방류수 수질기준 개선을 위한 구체적 정책 방안 제시
- 중권역 목표기준과 연계하여 엄격한 방류수 수질기준을 설정하고 유역하수도정비계획에 이를 반영하는 방안을 제안함
- 단기적 방안: 공공하수처리시설별로 엄격한 수질기준을 적용함
- 장기적 방안: 지역구분을 2~3지역으로 상향 조정하여 단계적으로 적용함

- 공공하수처리시설의 오염물질 배출 현황 및 저감 방안
 - 시설별 배출 농도 및 부하량을 분석하여 오염저감 효과를 정량화함
 - 특히 마산만 사례를 통해 총인 기준 강화가 해양환경 개선에 미치는 효과를 검토한 결과 마산만은 연안오염총량관리제 도입 이후 수질이 크게 개선되어 엄격한 방류수 수질기준이 해양환경 개선에 실질적 영향을 미치는 것을 확인함
 - * COD: 2006년 10.4 ton/day → 2023년 5.6 ton/day로 약 50% 감소함
 - * 총인: 동일 기간 0.72 ton/day → 0.20 ton/day로 감소함
- 공공하수처리시설의 방류수 기준을 강화하기 위해 법적·제도적 기반 재정비 필요
 - 방류수 수질기준을 목표 수질과 일치하도록 단계적 강화가 필요함
 - 해양환경 특수성을 고려하여 희석계수를 재검토하고 수질기준을 강화하기 위한 시범사업을 추진해야 함
 - 「하수도법」 및 「물환경보전법」 개정이 필요함
 - 해양환경자동측정망을 활용한 실시간 모니터링 체계 구축이 필요함

2) 정책화 방안

- 방류수 수질기준 강화 정책을 단계적으로 추진함
 - 과학적 기반의 강화 및 정보의 통합 관리를 위해 해양수산부와 환경부 간의 협업으로 해양환경 모니터링 시스템을 구축하고 실시간 데이터 수집·관리 체계를 정비함
 - 공공하수처리시설 방류수의 수질 현황에 대한 정기적 조사 및 통합 관리 시스템을 마련하여 정책 실행의 기반을 강화함

- **통합 정책 추진**

- 유역하수도정비계획과 연계하여 방류수 수질기준을 체계적으로 강화하는 장기 정책을 마련함
- 해양수산부와 환경부 간 협력을 통해 정책 일관성을 확보하고 안정적인 재원 마련과 정책 실행을 지원하는 조직 개편이 필요함

- **지속적인 학습과 참여 강화**

- 공공하수처리시설의 운영 데이터를 실시간으로 공개하고 정책의 피드백을 통해 지속적인 학습과 개선을 유도함
- 지역주민과 이해관계자의 참여를 확대하여 정책 실행에 대한 사회적 수용성을 높임

4. 기대효과

1) 정책적 기대효과

- **해양환경 정책의 실효성 강화**

- 공공하수처리시설의 방류수 수질기준을 강화하여 목표 해양환경기준과의 일치를 유도할 수 있음
- 유역하수도정비계획과 연계하여 방류수 수질관리 체계의 정책 일관성을 강화하고 실효성을 높일 수 있음

- **합리적이고 효율적인 정책 운영**

- 과학적 모니터링 체계와 데이터에 기반한 정책을 통해 행정 및 예산 낭비를 최소화하고 정책 실행의 실효성을 확보함
- 해양환경관리 정책과 유역별 맞춤형 방류수 수질기준의 조정을 통해 법적·제도적 정합성을 확보함

2) 사회·경제적 기대효과

- 해양생태계 복원과 지속 가능한 관리 체계의 구축
 - 방류수의 수질기준 강화와 지속적 모니터링을 통해 특별관리해역의 해양 생태계가 복원될 것으로 기대됨
 - 목표기준과 방류기준의 과학적인 연계로 해양환경 변화의 예측 가능성이 높아지며 장기적이고 지속 가능한 관리 체계를 마련함
- 지역사회 환경 인식의 제고 및 건강성의 확대
 - 해양환경 개선의 중요성을 인식시키고 지역주민과 이해관계자의 정책 참여를 촉진함으로써 사회적 수용성을 높일 수 있음
 - 공공 데이터를 활용한 투명한 정책 운영과 피드백으로 해양방류수 관리 체계를 강화하여 지역사회와 주변 생활권의 건강성을 향상함

EXECUTIVE SUMMARY

Policies for Strengthening the Effluent Standards from Public Sewage Treatment Facilities to the Special Management Area

Won-Keun Chang · Subeen Choe · SUNMI KIM · Yeajin Jung ·
Oh yejin · Ki Won Han

1. Purpose

1) Background

- Deterioration of Coastal Environment due to Industrialization and Urbanization
 - In the 1970s, Korea's coastal environment faced serious pollution due to rapid industrialization and urbanization.
 - Sewage and wastewater were heavily discharged, especially in enclosed bays, to the point where water was unusable—even for industrial purposes.
 - To tackle this, the government designated Special Management Areas (SMAs) and rolled out policies for environmental improvement.

- **Designation of Special Management Areas and Policy Implementation**

- SMAs were established to restore severely damaged coastal regions.
- The Total Pollution Load Management System was introduced to limit pollutant inflows and meet target water quality goals.
- While pollution from industrial areas and cities has dropped significantly, public sewage treatment facilities remain a major pollution source.

- **Limitations of Public Sewage Treatment Facility Effluent Management**

- Effluent standards are based on grades set by the Sewerage Act. Most facilities discharging into SMAs use Grade IV standards (2.0mg/L), which don't align with the unique needs of marine environments.

- **Gaps in Marine Environment Policies**

- Effluent standards need gradual strengthening to meet target water quality levels.
- Current dilution factors (which determine how pollutants disperse) are uniform and don't reflect marine ecosystems or specific coastal characteristics. Pilot projects are needed to test stricter standards.

2) Purpose

- Analyze the current status, systems, and conditions of public sewage treatment facilities
- Propose policy improvements to align effluent standards with marine water quality goals in Special Management Areas

2. Methodology

1) Academic methodology

- Literature Review
 - Analyzed domestic policies (Ministry of Oceans and Fisheries, Ministry of Environment) and related laws.
 - Studied international guidelines, focusing on the US EPA and Washington State NPDES policies.
- Case study
 - Examined Masan Bay to show how stricter standards for sewage treatment can improve the marine environment.
- Comparative Analysis
 - Compared domestic and international sewage treatment standards, management policies, and discharge systems.
 - Identified differences between the Ministry of Environment and Ministry of Oceans and Fisheries policies.

2) Policy-developing methods

- Expert Workshops and Consultation
 - Held expert meetings to identify current limitations, improvement directions, and tasks for sewage treatment facilities.
- Policy Coordination
 - Refined findings through four rounds of consultations with Ministry of Ocean and Fisheries officials.

3. Research Results

1) Summary

- Need for Improvement of Effluent Standards
 - Most facilities in SMAs operate under Grade IV standards. However, the target for total phosphorus (0.03-0.06mg/L) is far stricter than the current 2.0mg/L standard.
 - A more regional and stricter classification of effluent standards is essential.
- Need to consider adopting NPDES policy in the US
 - The US uses customized standards based on local conditions under the Clean Water Act (CWA).
 - Techniques like mixing zone management and scientific modeling are used to reflect marine characteristics. Korea should adopt similar tailored standards.

- **Specific Policy Proposals**
 - Short-term: Apply stricter water quality standards for individual facilities.
 - Long-term: Upgrade regional classifications gradually (to Grades 2-3) and integrate with watershed sewage plans.
- **Pollution Reduction Effects**
 - In Masan Bay, stricter standards showed clear improvements :
COD: Reduced from 10.4 ton/day (2006) to 5.6 ton/day (2023),
Total phosphorus: Reduced from 0.72 ton/day to 0.20 ton/day

2) Policy Recommendation

- **Strengthen Scientific Foundation**
 - Develop marine monitoring systems through ministry collaboration.
 - Establish real-time data collection and an integrated effluent monitoring system.
- **Integrated Policy Implementation**
 - Link policies to watershed sewage plans for consistency.
 - Foster inter-ministerial cooperation and secure stable funding.
- **Encourage Continuous Learning and Participation**
 - Share facility operation data in real time for transparency.
 - Collect feedback to improve policies and engage stakeholders

4. Expected Outcomes

1) Policy effects

- Enhanced Environmental Policy Effectiveness
 - More effective environmental policies that align effluent standards with marine targets.
 - Better policy consistency and implementation through integrated planning.
 - Reduced administrative waste through data-driven decisions.

2) Socio-Economic effects

- Ecosystem Restoration
 - Improved marine environments in SMAs and better prediction of environmental changes.
- Community Well-being
 - Increased awareness of marine preservation, encouraging stakeholder participation. Transparent policies will improve the quality of life in affected areas.

01

서론

제1절 연구 필요성 및 목적

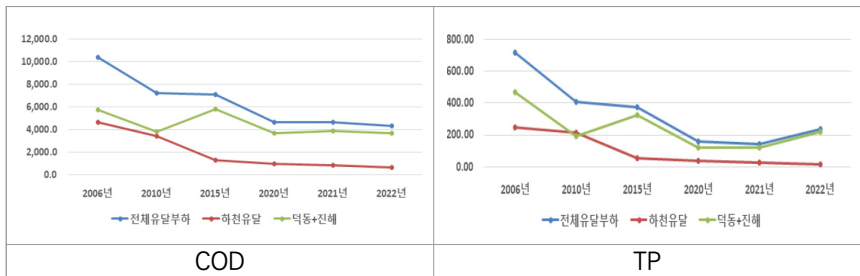
1. 연구의 배경 및 필요성

우리나라는 산업화가 본격적으로 이루어진 1970년대부터 연안지역에서 산업화·도시화가 집중적으로 진행되었고, 이에 따라 하수와 폐수의 연안 배출이 급증하였다. 연안 중에서 폐쇄성 내만(enclosed bay)의 수질은 공업용수로도 사용할 수 없는 상태까지 악화되었다. 정부는 악화된 연안의 환경 보호를 위하여 심각하게 악화된 연안을 ‘특별관리해역’으로 지정하고 해역별 환경개선 및 생태복원을 위한 관리계획을 수립하였다. 또한 일부 특별관리해역은 유입되는 오염물질의 총량을 규제하는 ‘연안오염총량관리제’를 시행하였다. 이러한 노력으로 산업단지와 도시의 점오염원에서 연안으로 유입되던 오염물질의 양은 급감하였고 해역수질은 개선되었다.

그러나 최근에는 연안과 해역의 수질 개선이 정체되고 있다. 전반적으로 오염원 유입은 감소하였으나 공공하수처리시설에서 유입하는 오염부하는 감소하지 않고 있다. 일부 해역은 공공하수처리시설에서 연안으로 배출되

는 오염물질의 양이 총 오염물질 유입량의 90% 정도를 차지하기도 한다. 한편 특별관리해역에 설치된 공공하수처리시설의 대부분은 500㎥/일 이상의 대규모 처리시설이다. 이는 특별관리해역 해양 수질환경의 보다 나은 개선을 위해서는 공공하수처리시설의 오염물질 배출관리가 중요하다는 것을 나타내고 있는 것이다.

〈그림 1-1〉 마산만 특별관리해역 COD, TP 유달부하량(하천, 환경기초시설)



자료: 해양수산부(2023), pp. 51-53.

현재 공공하수처리시설의 방류수 관리는 「하수도법」을 따른다. 「하수도법」에서 정한 공공하수처리시설의 방류수 관리 정책은 크게 공공하수시설의 설치·허가에 관한 사항, 방류수 수질기준의 설정에 관한 사항, 공공하수처리시설의 수질기준 준수 여부의 평가와 모니터링에 관한 사항, 방류수 수질기준 준수 여부에 따른 조치, 그리고 재정지원에 관한 사항 등으로 구성되어 있다. 이중에서 가장 중요한 방류수 관리 정책은 방류수 수질기준 정책이라 할 수 있는데, 이 정책은 크게 관리지표, 처리용량, 배출수역의 지역구분 항목으로 구성되어 있다. 현재 방류수 수질기준의 관리지표 항목은 생물화학적산소요구량(BOD), 총인(T-P), 총질소(T-N), 부유물질(SS), 총유기탄소량(TOC), 총대장균, 생태독성(TU) 등의 총 7개 항목으로 구성되어 있다. 배출수역의 지역구분 항목은 500㎥/일 이상 방류하는 공공시설을 대상으로 배출수역인 하천, 호소, 해양의 환경 및 생태계 가치에 따른 보전관리 수준에 따라 총 1~4지역등급으로 구분하고 있다.

「하수도법」 제7조에 따르면 특별관리해역은 해역 환경의 회복과 개선을 위하여 '엄격한 방류수 수질기준'을 설정할 수 있는 지역이다. 그러나 현재 특별관리해역으로 방류하는 대부분의 공공하수처리시설은 일괄적으로 IV 지역으로 지정되어 있어 특별관리해역의 수질환경 개선과 해양생태의 복원을 위해서는 공공하수처리시설의 방류수 관리정책을 적절한 수준으로 강화해야 할 필요가 있다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 특별관리해역에 설치·운영 중인 공공하수처리시설의 현황, 관리체계, 여건 등을 분석하여 특별관리해역 환경개선을 위한 방류수 관리 정책의 개선방안을 마련하는 것이다. 특히 공공하수처리시설의 방류수 관리 정책에서 중요한 사항인 방류수 수질기준 정책과 특별관리해역 수질관리 정책을 효과적으로 연계할 수 있는 제도개선 사항을 포함한다.

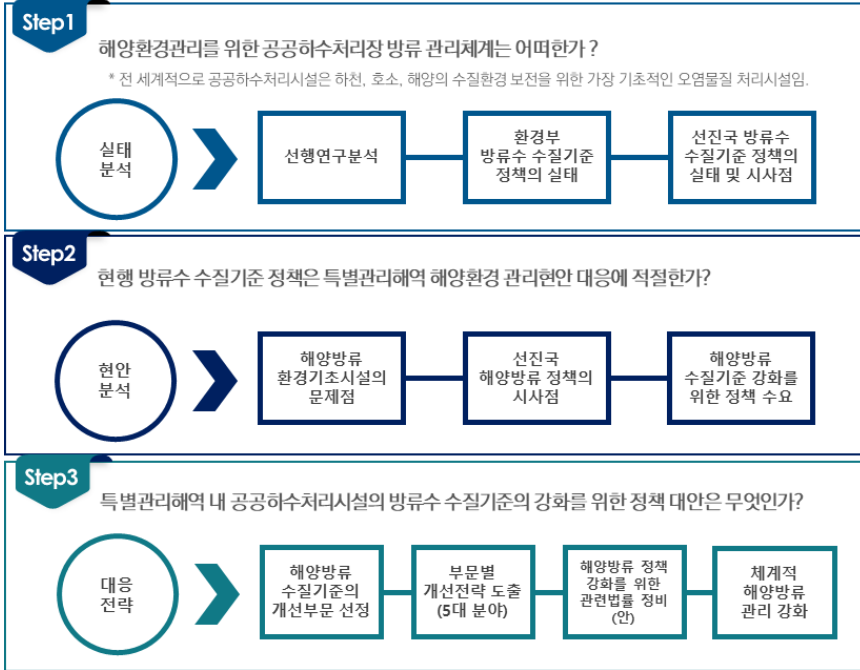
제2절 연구 내용 및 방법

1. 연구 범위 및 주요 내용

본 연구는 특별관리해역 내 공공하수처리시설을 대상으로 방류수 수질기준 강화방안을 제안하기 위하여 다음과 같이 총 4개의 장으로 구성되어 있다. 먼저 제1장에서는 연구 필요성, 목적, 방법과 선행연구와의 차별성을 서술하였다. 제2장에서는 우리나라와 미국의 공공하수도 관리 정책과 여건을 분석하였다. 제2장의 제1절에서는 우리나라 공공하수처리시설의 현황과 방류수의 특성, 「하수도법」 등의 제도적 여건을 분석하였다. 제2절에서는 미국의 하수도 관리 관련법률인 수청정법(CWA: Clean Water Act)과 주요 정책인 국가오염물질배출제한정책(NPDES: National Pollutant Discharge Elimination System)의 체계를 정리하였다.

제3장에서는 특별관리해역의 환경관리 정책과 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 정책의 연계방안을 마련하기 위한 현안을 정리하고 현안 해결을 위한 개선 사항을 제안하였다. 제1절에서는 특별관리해역의 공공하수처리시설 현황, 오염물질 배출 현황, 오염원 변화 등의 현황과 여건을 살펴보았다. 제2절에서는 특별관리해역 내 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 강화에 따른 현안과 개선방안을 정리하였다. 마지막으로 제4장에서는 연구 결과를 요약하고 정책 제언을 서술하였다.

〈그림 1-2〉 연구흐름도



자료: 저자작성

2. 연구의 방법

본 연구는 문헌연구, 전문가 자문, 관계기관과의 정책협의회 등을 통해 연구를 수행하였다. 국내외 문헌연구를 통해 국내(해양수산부, 환경부)와 미국(EPA, 워싱턴 주정부 등)의 하수처리구역 설정 및 공공하수처리시설의 설치·운영 사례를 분석하였고, 방류수 수질기준 관련 정책과 보다 엄격한 수질규제기준의 적용 사례를 파악하였다. 전문가 자문과 정책협의회를 통해 제도 개선 수요와 여건을 알아보고 개선 방향을 논의하였다.

제3절 선행연구 검토

1. 주요 선행연구

우리나라는 1966년 「하수도법」을 제정하였다. 이후 하수처리는 침전처리(1세대), 생물학적 처리(2세대) 및 고도처리(3세대)를 넘어 ‘하수 재이용 시대(제4세대)’를 맞이하고 있으며 환경부, 한국환경연구원, 국립환경과학원, 한국환경공단 등을 중심으로 다양한 정책을 개발하고 적용하고 있다(환경부, 2016).

「하수도법」에 따르면 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 정책은 크게 배출수역에 대한 ‘지역 구분’, 배출가능한 ‘오염물질 종류의 설정’, ‘오염물질의 종류별 등급화(방류 수준)’ 정책으로 구성되어 있다. 우리나라의 방류수 수질기준 관련 정책연구는 한국환경연구원과 환경공단 등의 유관기관과 상하수도학회 및 대학을 중심으로 1990년대 말부터 실시되었다. 주로 하천 및 호소를 배출수역으로 하는 정책이 개발되었으나 오염해역인 특별관리해역의 해양환경 특성을 고려하고 나아가 해역환경 관리를 위한 방류수 수질기준 강화에 대한 정책연구는 매우 부족한 실정이다.

미국의 방류수 수질기준 정책은 크게 세 가지 단계로 구분할 수 있다. 먼저 하천, 호소, 해양 등 오염물질이 방류되는 수역의 특성(용도)을 지정하는 정책과 둘째, 방류 수역의 지정 용도를 달성하기 위한 수질환경기준(목표기준)의 설정 정책, 마지막으로 수질환경기준을 달성하기 위한 수질 규제기준(방류수 수질기준을 포함)의 설정 정책으로 구분할 수 있다.

2. 선행연구와의 차별성

국내의 연구 중 해양을 대상으로 하여 방류수 수질기준 정책 방향을 연구한 사례는 전무하다. 환경부는 하천을 중심으로 방류수 수질기준 정책을 개발하고 있으며, 해양을 단지 공공하수처리시설 방류수가 배출하는 ‘수질 오염물질의 최종 처분장’으로 규정하고 있다.

본 연구에서는 특별관리해역의 해양환경을 보전하기 위한 방류수 수질기준과 관련된 정책의 대안을 제시하였다. 해양환경보전을 위한 미국의 해양 방류수 수질기준 관련 정책을 검토하고, 환경부를 중심으로 한 우리나라 해양환경보전 정책의 한계를 분석하여 정책 개선과 대안 과제를 개발하였다.

〈표 1-1〉 선행연구와 본 연구의 차별성

구분	선행연구 현황		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
1	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 수질환경 및 규제기준의 합리적 조정 연구자(연도): 최지용, 신은성(1997) 연구목적: 변화하는 수환경 여건을 반영하고, 처리기술 수준 및 능력을 고려한 수질규제기준(방류수 수질기준 포함)의 적정화 방안 마련 	• 문헌조사	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 수질환경 규제기준 현행 수질규제기준의 적정성 수질관련기준의 개선
2	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: NPDES Permit Writers' Manual 연구자(연도): 미환경청(2010) 연구목적: 청정수법(CWA) 및 NPDES 정책에 따른 방류수 수질기준과 배출허용기준에 관한 설정·허가의 방법 및 절차를 소개하는 지침서 	• 문헌조사	<ul style="list-style-type: none"> 공공하수처리시설 방류수 수질기준의 대상, 방법, 적용원칙 등 점오염원 배출허용기준의 대상, 방법 및 적용 원칙 등
3	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 일본의 수환경 행정(번역) 연구자(연도): (사)일본수환경학회(2010) 연구목적: 일본 수환경 관리를 위한 정책의 방향, 사례, 수환경기준 및 수질규제기준 등의 종합 정리 	• 문헌조사	<ul style="list-style-type: none"> 일본 수질관리법제도 및 행정체계 수질기준, 방류수수질기준을 통한 배수규제 등 수질모니터링 및 미량오염물질 대응 등

구분	선행연구 현황		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
4	<ul style="list-style-type: none"> • 과제명: Water Quality Program Permit Writer's Manual • 연구자(연도): 워싱턴주 생태과(2018) • 연구목적: 워싱턴주의 수환경 보전 및 관리를 위한 NPDES 방류수 수질기준 및 배출허용기준 허가에 관한 사항을 정리한 지침서 	• 문헌조사	<ul style="list-style-type: none"> • 워싱턴 주 수질환경의 특성을 반영하는 환경기준의 설정 • 워싱턴 주정부의 공공하수처리시설 방류수 수질기준의 대상, 방법, 적용원칙 등 • 워싱턴 주정부 관할 사업장에 대한 배출허용기준의 대상, 방법 및 적용 원칙 등
5	<ul style="list-style-type: none"> • 과제명: 민간기업의 환경기초시설 운영 제고방안 연구 • 연구자(연도): 장기복·정호선(1997) • 연구목적: 재원부족에 따른 공공부문 투자 및 위탁운영 활성화 	• 문헌조사	<ul style="list-style-type: none"> • 하수도처리시설 투자 실태 • 처리시설 민간투자 현황 및 문제점 • 민간부문 투자활성화 방안 등
6	<ul style="list-style-type: none"> • 과제명: 수계 수질개선을 위한 효율적인 관리체계 및 적정 투자·비용분담 정책에 관한 연구 • 연구자(연도): 문현주(1998) • 연구목적: 종합적 수질개선정책 추진, 합리적 수자원 분배와 비용분담을 위한 관리방안 마련 	• 문헌조사	<ul style="list-style-type: none"> • 수질관리 투자 및 비용분담 실태 • 환경기초시설 설치 및 운영에 따른 비용분담 합리화 및 재원조달 방안
7	<ul style="list-style-type: none"> • 과제명: 민간기업의 환경기초시설 운영 제고방안 연구 • 연구자(연도): 장기복·정호선(1997) • 연구목적: 재원부족에 따른 공공부문 투자 및 위탁운영 활성화 	• 문헌조사	<ul style="list-style-type: none"> • 환경기초시설 설치운영, 민영화의 현황 및 문제점 • 환경기초시설의 민영화 촉진 방안
8	<ul style="list-style-type: none"> • 과제명: 하폐, 하수의 통합독성 배출기준 설정에 관한 기초연구 • 연구자(연도): 박원규 등(1994) • 연구목적: 수질오염 관리를 위한 공공하수처리시설의 통합독성관리 체계를 제시 	• 문헌조사	<ul style="list-style-type: none"> • 하폐수 복합독성관리제도 • 국내외 독성물질 관리 실태 및 현안 등
9	<ul style="list-style-type: none"> • 과제명: 지역특성별 수처리설비의 최적 시스템 • 연구자(연도): 최지용(1997) • 연구목적: 지역 특성을 고려한 수질관리 기술 및 시설의 도입방안 제시 	• 문헌조사	<ul style="list-style-type: none"> • 하수처리시설의 설치 시 고려해야 하는 요건(지형, 인구, 업종 등) • 국내외 하수처리시설 보급 실태 • 지역특성별 시설의 치족시스템 도출 방안

구분	선행연구 현황		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
10	<ul style="list-style-type: none"> • 과제명: 소규모배출원인 수질관리방안 • 연구자(연도): 염규진(1997) • 연구목적: 대구를 대상으로 배출원의 실태와 문제점을 분석하여 소규모 배출시설에 대한 관리방안을 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 문헌조사 	<ul style="list-style-type: none"> • 대구의 소규모 배출원의 실태 및 문제 • 외국 소규모 배출시설의 관리 실태 • 기술지도, 현장지원 등을 포함하는 배출관리방안 제시 • 소규모 배출시설에 대한 배출 허용기준의 현실화 제안
11	<ul style="list-style-type: none"> • 과제명: Assessment on impact of sewage in coastal pollution and distribution of fecal pathogenic bacteria with reference to antibiotic resistance in the coastal area of Cape Comorin, India • 연구자(연도): Nanthini Sahaya Victoria et al.,(2021) • 연구목적: 인도 해양배출 하폐수 처리시설의 배출수에 포함된 박테리아의 항생제에 저항성 평가 	<ul style="list-style-type: none"> • 현장 실험 (그램 음성 박테리아)에 대한 효소 산화도 실험 	<ul style="list-style-type: none"> • 항생제 8종에 대하여 하수처리장에서 배출된 박테리아는 생존력이 강함(10~100%). 따라서 배출수에 잔존하는 박테리아에 대한 별도 처리가 환경보호를 위해 중요함
12	<ul style="list-style-type: none"> • 과제명: Cost of raising discharge standards: A plant - by - plant assessment from wastewater sector in China • 연구자(연도): Hanshi Su et al.,(2022) • 연구목적: 하수처리장 방류수 수질기준 강화에 따른 공공부문 및 원인자 부담비용의 최적 산정 	<ul style="list-style-type: none"> • 회귀분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 2015년 대비 2030년까지 보다 엄격한 방류수 수질기준을 적용한다면 전기사용량은 86.59%, 비용은 70.44% 증가함 • 전기사용 증가에 따라 이산화탄소 배출 역시 72.21% 증가할 전망임
13	<ul style="list-style-type: none"> • 과제명: Environmental impacts assessment of wastewater treatment and sludge disposal systems under two sewage discharge standards: A case study in Kunshan, China • 연구자: Weixing Liu et al., (2021) • 연구목적: 수질기준 조정에 따른 사회경제적 영향 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 선형 상관 모델 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 일반 수준(1A)에서 보다 엄격한 수준(1A)으로 배출기준을 상향할 경우, 질소와 인의 배출을 저감하여 하천과 연안의 적조 및 부영양화 가능성을 4~14% 정도 저감함

구분	선행연구 현황		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
14	<ul style="list-style-type: none"> • 과제명: Urban wastewater treatment technologies and the implementation of discharge standards in developing countries • 연구자(연도): Marcos von Sperling (2002) • 연구목적: 개도국을 대상으로 방류수 수질기준과 처리기술의 상관관계 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 문헌조사 	<ul style="list-style-type: none"> • 개도국은 경제발전 및 공공부문의 투자역량 증대와 하수처리정의 방류수 수질기준의 강화가 밀접한 양의 상관관계가 있음
15	<ul style="list-style-type: none"> • 과제명: 공공하수도시설 설치사업 업무지침 • 연구자(연도): 환경부 생활하수과(2019) • 연구목적: 공공처리시설의 설치에 관한 행정업무를 정리 	<ul style="list-style-type: none"> • 문헌조사 	<ul style="list-style-type: none"> • 시설의 위치, 규모 하수량 산정, 연계처리, 경제성, 기술수준 평가 등을 정리함
16	<ul style="list-style-type: none"> • 과제명: 공공하수도시설 운영관리 업무지침(개정) • 연구자(연도): 환경부 생활하수과(2019) • 연구목적: 공공처리시설의 운영관리, 지도 점검 등의 업무를 정리 	<ul style="list-style-type: none"> • 문헌 조사 	<ul style="list-style-type: none"> • 시설 설치 후 유지관리지침서의 작성, 기술진단, 유지성능 시험분석, 하수관로 관리 등을 정리함

02

우리나라와 미국의 공공하수관리 정책

제1절 우리나라 공공하수관리 정책

1. 공공하수처리시설 현황 및 방류수 특성

1) 전국 및 연안 하수처리시설 현황

전국에 분포하는 하수처리시설¹⁾은 총 4,899개소이다. 이 중에서 연안에 위치한 하수처리시설은 총 1,815개소(전국 대비 37.0%)로 500톤/일 이상의 공공하·폐수처리시설은 351개이며, 이 중에서 공공하수처리장은 303개소이다.²⁾ 전국 환경기초시설 중 마을하수도가 2,650개소(54.1%)로 가장 많으며, 다음으로 공공하수처리시설(1,743개, 35.6%), 분뇨처리시설(155개, 3.2%)의 순으로 나타났다. 연안 역시 환경기초시설 중 가장 많은 것은 마을하수도(967개, 53.3%)이며, 다음은 하수처리시설(668개, 36.8%), 분뇨처리시설(54개, 3.0%) 순이다. 연안에 위치한 대규모 하수처리시설은 총 351개로, 공공하수처리시설 303개소와 공공폐수처리시설 32개소는 모두 500m³/일 이상인 대규모 하수처리시설이다.

1) 공공하수처리 시설, 오수처리시설, 마을하수도, 분뇨처리시설, 축산폐수처리시설, 농공단지폐수종말처리 시설, 산업단지폐수종말처리시설을 포함함.

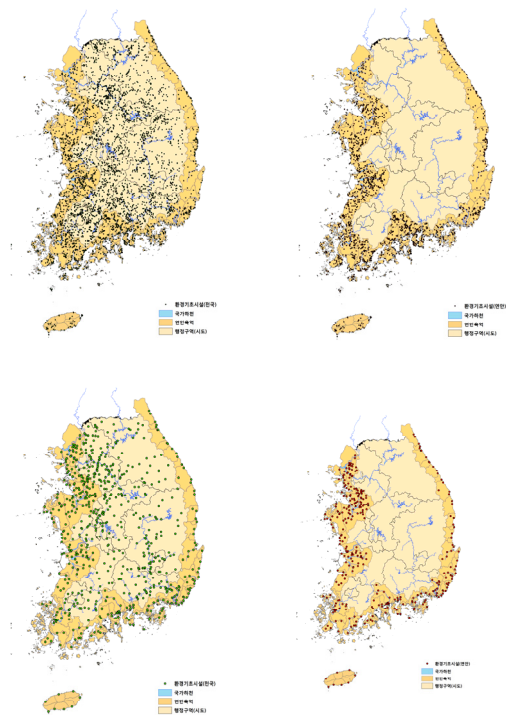
2) 연안에 입지한 처리시설 중 500톤/일 이상은 총 205개.

〈표 2-1〉 전국·연안 환경기초시설 현황

구분	합계	공공하수 처리시설	오수처리 시설	마을 하수도	분뇨 처리시설	축산폐수 처리시설	폐수종말 처리시설 (농공단지)	공공폐수 처리시설 (산업단지)
전국	4,899	1,743	92	2,650	155	47	88	124
연안	1,815	668	50	967	54	9	31	36
환경관리해역	345	140	13	169	17	0	1	5

자료: 2022년 전국오염원조사자료 재정리

〈그림 2-1〉 전국·연안 환경기초시설 현황



상(시설 전체): 좌(전국), 우(연안) / 하(500m³/일 이상): 좌 : 전국, 우(연안)

자료: 해양수산부 내부자료(2019). 전국 및 연안 소재 환경기초시설 현황

2) 환경기초시설의 오염물질 배출 특성

환경기초시설에서 2022년 기준으로 배출하는 오염물질의 총량은 <표 2-2>와 같다. 생물학적 산소요구량(BOD)은 약 61,494 kg/일을, 총유기탄소는 132,906 kg/일을, 총질소는 824,635 kg/일을, 총인은 5,177 kg/일을 공공수역으로 배출하고 있다. 장원근 등(2017)에 따르면, 전국 환경기초시설의 배출량 중에서 절반정도가 연안 지역에 위치한 시설에서 배출되고 있다고 한다. 한편 전국과 연안 시설에서 공통적으로 500 m³/일 이상의 공공하수처리시설의 배출 총량이 전체 배출 총량의 90% 정도를 차지한다고 한다.

<표 2-2> 환경기초시설 오염물질 배출량

구분	항목			
	BOD	TOC	T-N	T-P
배출량(Kg/일)	61,494.04	132,906.47	198,744.77	5,177.40

자료: 2022년 하수도통계

2. 우리나라의 공공하수처리시설 관리 체계

1) 「하수도법」에 의한 하수도 관리

우리나라는 “하수와 분뇨를 적정하게 처리하여 하수의 범람으로 인한 침수 피해를 예방하고 지역사회의 지속가능한 발전과 공중위생의 향상에 기여하며 공공수역의 물환경을 보전함을 목적으로” 「하수도법」을 제정하였다.³⁾ 하수도⁴⁾의 여러 시설 중에서 공공하수처리시설은 “하수를 처리하여

3) 「하수도법」 제1조(목적).

4) 「하수도법」 제2조제3호 하수도는 하수와 분뇨를 유출 또는 처리하기 위하여 설치되는 하수관로·공공하수처리시설·간이공공하수처리시설·하수저류시설·분뇨처리시설·배수설비·개인하수처리시설 그 밖의 공작물·시설의 총체를 말한다.

하천·바다 그 밖의 공유수면에 방류하기 위하여 지방자치단체가 설치 또는 관리하는 처리시설과 이를 보완하는 시설”을 말한다.⁵⁾

「하수도법」에 따라 “국가는 하수도의 설치·관리 및 관련 기술개발 등에 관한 기본정책을 수립하고, 지방자치단체가 하수도 관련 책무를 성실하게 수행할 수 있도록 필요한 기술적·재정적 지원을 할 책무를 가지고 있다.”⁶⁾ “지방자치단체는 공공하수도⁷⁾의 설치·관리를 통하여 관할구역 안에서 발생하는 하수 및 분뇨를 적정하게 처리하여야 할 책무를 가지고 있다.”⁸⁾

공공수역의 수질관리를 위해 환경부장관은 하수 관련 정책의 발전을 위해 10년 주기의 ‘국가하수도종합계획’을 수립해야 하며, 동법 제4조의2(유역하수도 정비계획의 수립)에 따라 유역환경청장은 전국을 세분한 유역⁹⁾별로 ‘유역하수도정비계획’을 20년 주기로 수립해야 한다. 한편 동법 제5조에 따른 하수도정비기본계획 수립권자¹⁰⁾는 관할 지역에서 “사람의 건강을 보호하는데 필요한 공중위생 및 생활환경의 개선과 「환경정책기본법」에서 정한 수질환경기준을 유지하고, 관할 구역의 침수를 예방하기 위하여 국가하수도종합계획 및 유역하수도정비계획을 바탕으로 관할구역 안의 유역별로 하수도의 정비에 관한 ‘하수도정비기본계획’을 20년¹¹⁾마다 수립해야 한다(「하수도법」 제5조제1항).“ 한편 하수처리시설에서 배출되는 방류수의 수질을 관리하기 위해 하수도의 범위와 종류 및 각 시설에 관한 방류수수질기준을 규정하고 있다(동법 제7조 및 시행규칙 제3조제1항).

5) 「하수도법」 제2조제9호.

6) 「하수도법」 제3조 1항.

7) 「하수도법」 제2조제4호, “지방자치단체가 설치 또는 관리하는 하수도”.

8) 「하수도법」 제3조 2항.

9) 전국을 29개의 세부 단위유역으로 구분함(「하수도법」 시행규칙 제1~2조제1항, 환경부 고시 제 2024-168호). 울산연안, 시화호, 광양만, 부산연안 특별관리해역은 각각 동해남부, 안성천, 섬진강하류·남해서부, 동부경남 세부 단위유역에 해당.

10) 특별시장·광역시장·특별자치시장·특별자치도지사·시장 또는 군수(광역시의 군수는 제외).

11) 5년 주기로 타당성을 검토하고 필요하면 변경계획 수립도 가능함(하수도법 제6조제3항).

2) 하수도관리 계획

(1) 국가하수도종합계획

국가하수도종합계획은 「하수도법」 제4조에 따라 10년 단위로 수립되는 최상위 계획이다. 이 계획으로 공공수역의 수질관리를 위한 전국의 공공하수도와 개인하수도의 국가정책 방향을 결정한다. 계획에는 하수처리 여건, 하수처리 목표와 정책방향을 포함하며 광역하수도 사업의 추진, 공공하수도 확충과 정비, 개인하수도 정비 및 보급 등을 포함한다. 또한 하수 및 하수처리 기술개발과 광역 및 지방자치단체의 하수도 경영에 관한 사항, 인력 확보 및 교육, 재원에 관한 내용을 포함하고 있다.(장원근 등, 2019)

제1차 국가하수도 종합계획('07~'15)을 통해 전국 하수도 보급률(92.1%)이 선진국 수준으로 높아졌고, 하수처리시설 고도화를 통한 배출오염부하의 저감, 효율적인 관로 정비 등과 함께 하수도 기술진단 및 운영에 민간참여를 확대하는 성과를 달성하였다.¹²⁾ 제2차 국가하수도 종합계획('16~'25)은 '시민에게는 안전을, 생활에는 쾌적함을, 지역에는 활력을 주는 하수도'를 국가 계획의 목표로 하고 있다. 목표달성을 위해 하수도 안전관리, 국민편의 중심의 서비스, 강우 시의 하수관리, 유역단위의 하수도관리, 경제적인 기회 창출, 재정 및 자산관리 등의 6개 중점분야를 선정하고 총 15개의 정책지표를 설정하여 이를 달성하기 위해 2025년까지 총 41조 2,711억 원을 투입할 계획이다.¹³⁾

(2) 유역하수도정비계획

유역하수도 정비계획¹⁴⁾은 전국 5개 유역권역(한강, 낙동강, 금강, 영산강, 섬진강 권역)을 29개의 세부단위유역으로 분류하여 각 유역별로 유역환경청장 혹은 지방환경관서의 장이 수립한다.¹⁵⁾

12) 환경부, 국가하수도 종합계획(2016~2025년), 2015, pp.2~6.

13) 환경부, 국가하수도 종합계획(2016~2025년), 2015, pp.33~37, p.129.

14) 「하수도법」 제4조 2에 따라 20년 단위로 수립되는 법정계획

〈표 2-3〉 유역하수도정비계획의 세부 단위유역

권역	세부 단위유역	중권역
계	29개	112개
한 강 (9개)	북한강 상류	평화의담, 춘천담, 인북천, 소양강
	북한강 하류	의암담, 청평담, 홍천강
	임진강	임진강상류, 한탄강, 임진강 하류
	남한강상류	남한강상류, 평창강, 충주담
	남한강하류	달천, 충주담하류, 섬강
	팔당담상류	남한강하류, 경안천, 팔당담
	한강본류	한강서울, 한강고양, 한강하류, 한강서해(인천연안), 한강잠실 ¹⁶⁾
	안성천	안성천, 시화호(시화호 인천연안)
	동해북부	양양남대천, 강릉남대천, 삼척오십천
낙동강 (8개)	안동·임하담	안동담, 임하담, 안동담 하류
	낙동강상류	내성천, 영강, 낙동상주, 병성천
	낙동강중류	낙동구미, 감천, 위천, 낙동왜관
	금호강	금호강, 회천, 낙동고령
	서부경남	합천담, 황강, 낙동창녕, 남강담, 남강
	동부경남	낙동밀양, 밀양강, 낙동강하구연, 수영강[부산연안]
	남해동부	가화천, 낙동강남해[부산연안, 마산만], 거제도
	동해남부	왕피천, 영덕오십천, 형산강, 대종천, 태화강, 회야강 [울산연안]
금강 (6개)	용담담	용담담, 용담담하류, 무주남대천, 영동천
	대청담	초강, 보청천, 대청담상류, 대청담
	금강하류	갑천, 대청담하류, 금강공주, 논산천, 금강하구연
	미호천	미호천
	새만금	만경강, 동진강, 직소천, 주진천
	삽교천	부남방조제, 대호방조제, 삽교천, 금강서해
영산강 ¹⁷⁾ (3개)	영산강상류	영산강상류, 황룡강, 영산강중류, 지석천
	영산강하류	고막원천, 영암천, 영산강하류, 영산강하구연
	서해남부	와탄천, 신안군, 진도, 영암방제조
섬진강 (3개)	섬진강상류	섬진강담, 섬진강담하류, 오수천, 순창, 요천
	섬진강하류	섬진곡성, 주암담, 보성강, 섬진강하류
	남해서부	탐진강, 완도, 섬진강서남해, 금산면, 이사천, 수어천, 여수시, 남해도

자료: 환경부 고시 제2024-168호를 재정리

15) 단 권역이 둘 이상의 지방환경관서의 장의 관할구역에 걸치거나 그밖의 특별한 사유가 있을 때에는 환경부령으로 정하는 지방환경관서의 장이 해당 유역하수도정비계획을 수립한다(「하수도법」 제4조의 2).

16) 2024년 한강본류 단위유역에 신규로 추가된 중권역(환경부 고시 제20 24-168호).

유역하수도 정비계획의 수립에 관한 사항은 2013년 「하수도법」 개정을 통해 법제화되었고, 제2차 국가 하수도 종합계획(16~25)의 수립을 통해 ‘유역단위 하수도관리 체계의 정착’이 하수도관련 주요 국가정책방향으로 제시되었다. 이에 따라 유역청장은 유역을 독립적인 하수도계획의 수립단위로 삼아 유역하수도 정비계획을 수립해야 한다. 계획 수립에 있어 공공하수처리시설의 위치와 용량의 최적화를 결정하며, 유역특성에 적합하도록 하수처리시설별로 방류수 수질기준을 설정할 수 있다.

즉 유역하수도 정비계획은 ‘국가하수도 종합계획’의 하위 계획이며 시·군이 수립하는 하수도정비 기본계획의 상위계획으로 유역단위의 수질상황을 고려한 종합적인 하수도 정비계획이다.¹⁸⁾ 이 계획에는 유역별 관리 목표의 설정·변경이 포함되어야 하며 특히 유역 내 설치된 공공하수처리시설별 방류수 수질기준의 설정 및 변경에 관한 사항이 포함되어야 한다. 또한 하수도의 설치 및 배치, 하수도의 통합 운영·관리, 사업 시행에 소요되는 비용의 산정 및 재원조달에 관한 사항을 포함해야 한다.

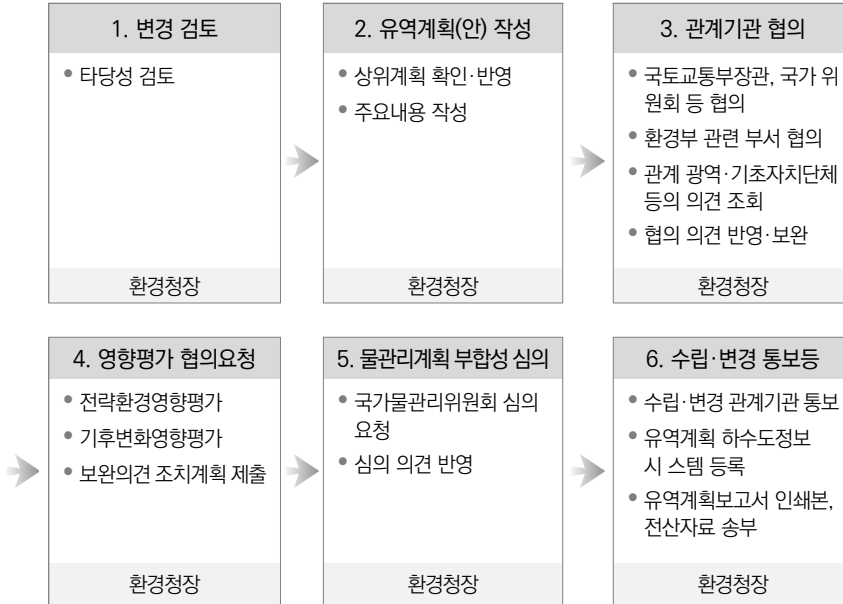
유역하수도 정비계획의 수립 및 변경의 절차는 <그림 2-2>와 같다. 유역환경청장은 유역계획(안)을 마련하여 환경부, 국토교통부 및 관계 광역 및 지방자치단체와 협의를 거쳐야 하며, 수립 및 변경에 관한 사항을 전략환경영향평가 협의를 거쳐 최종적으로 물관리계획과의 부합성을 심의하고 이를 관계 중앙행정기관의 장, 시·도지사 및 관계 시장·군수에게 통보해야 한다(환경부, 2024).¹⁹⁾

17) 과거 영산강권역에 포함된 ‘제주’ 단위유역(제주서해, 제주동해, 제주북해, 제주남해)은 제주특별자치도 설치 이후 유역하수도정비계획의 대상구역에서 제외됨 (환경부, 2015년).

18) 환경부, 유역하수도 정비계획 수립지침(2013).

19) 환경부, 유역하수도 정비계획 수립지침(2024).

〈그림 2-2〉 유역하수도 정비계획(변경계획)의 수립 흐름도



자료: 환경부, 유역하수도 정비계획 수립지침(2024. 7), p.10.

(3) 하수도정비기본계획

하수도정비기본계획은 「하수도법」 제6조에 따라 하수도시설 및 분뇨처리시설의 계획적·체계적 정비를 도모하기 위해 20년 단위로 수립되는 법정계획이다. 상위계획인 국가하수도 종합계획과 유역하수도정비계획에 따라 수립되는 하위 계획이다. 하수도 정비 기본계획의 수립권자는 특별시장·광역시장·특별자치시장·특별자치도지사·시장 또는 군수(광역시의 군수는 제외한다)이다.²⁰⁾ 특히 하수도정비기본계획을 수립할 때에는 하수도 정비에 관한 기본방침, 상위계획인 유역하수도정비계획에 따른 세부 시행방

20) 하수도가 둘 이상의 특별시·광역시·시 또는 군(광역시의 군을 제외한다)의 관할구역에 걸쳐거나 그밖의 특별한 사유가 있을 때에는 대통령령이 정하는 시·도지사, 시장 또는 군수(광역시의 군수를 제외한다)가 당해 하수도정비기본계획을 수립함(「하수도법」 제5조제2항).

안에 관한 사항을 포함해야 한다. 이 외에도 하수도 시설의 구조·배치·설치에 관련한 제반사항, 오염물질의 배출계획과 처리계획 및 처리시설의 설치 관련사항, 분뇨의 처리계획 및 분뇨처리시설 설치 관련사항, 관련사업 시행에 소요되는 비용의 산정 및 재원조달에 관련된 내용 등이 포함되어야 한다.²¹⁾ 또한 하수도정비기본계획 수립권자는 제5조제1항의 규정에 따른 승인을 얻은 후에는 5년마다 하수도정비기본계획의 타당성을 검토하여 필요한 경우에는 이를 변경하여야 한다.²²⁾

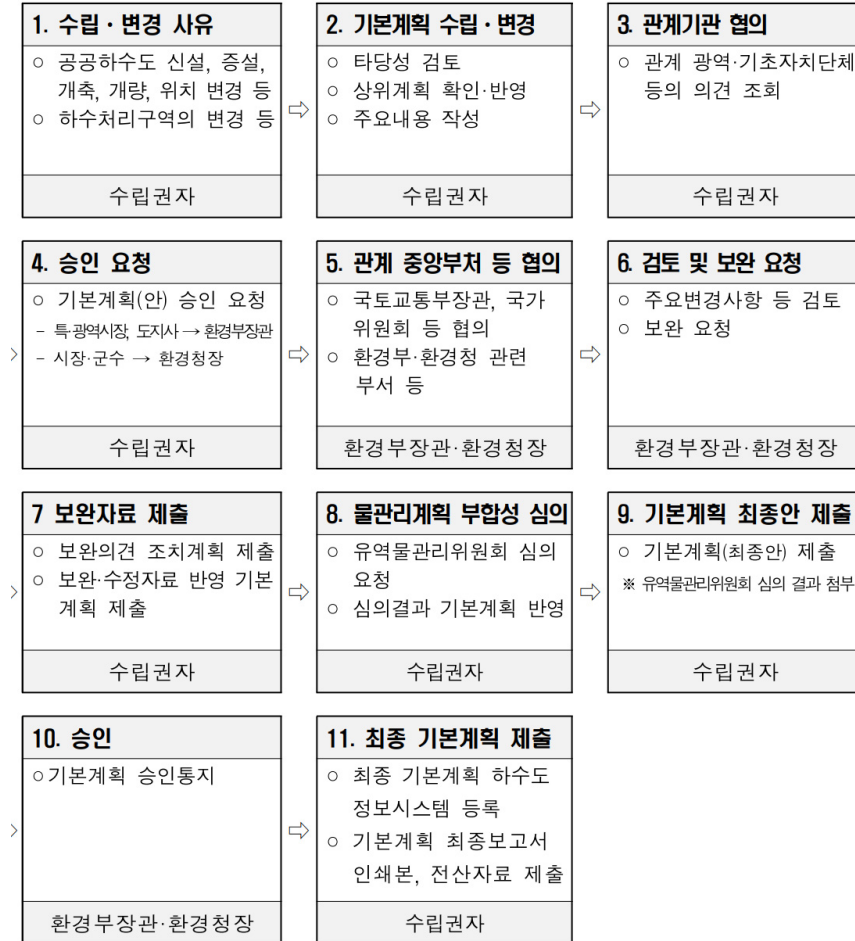
하수도정비기본계획의 수립 절차는 기본계획(안)을 마련하여 관계 특별시장·광역시장·시장 또는 군수의 의견을 수렴해야 하며, 제시된 의견을 반영하여 수정한 기본계획(안)을 「하수도법」 제6조에 따라 특별시장·광역시장 및 도지사는 환경부 장관에게, 시장·군수는 지방환경관서의 장에게 승인을 요청한다. 환경부 장관 및 지방환경관서의 장은 신청된 기본계획(안)에 대하여 관계 부처 및 환경공단의 협의를 거쳐 계획을 승인한다.²³⁾

21) 환경부, 하수도정비기본계획수립지침(2024.4).

22) 「하수도법」 제6조제3항.

23) 환경부, 하수도정비기본계획수립지침(2024.4).

〈그림 2-3〉 하수도 정비 기본계획 승인 또는 변경승인 흐름도



자료 : 환경부, 하수도정비기본계획 수립지침(2024.4), p.11.

3) 방류수 수질기준 정책

(1) 방류수 수질기준의 체계

오염물질을 배출하는 개별 배출시설에 적용되는 배출허용기준과는 달리 방류수 수질기준은 하수, 폐수, 분뇨, 폐기물 등을 처리하는 공공시설에서 수역으로 배출하는 경우에 적용하는 규제 기준이다. 공공수역으로 처리되어 배출되는 하수와 분뇨 등 공공하수처리시설의 방류수 기준은 「하수도법」에 설정되어 있다. 하수는 「하수도법」 제7조 및 이에 따른 시행규칙 제3조에서 방류수 수질기준이 설정되어 있다. 이 중에서 공공하수처리시설과 간이공공하수처리시설에서 처리·방류하는 기준은 시행규칙 제3조 별표1에서, 분뇨처리시설은 별표2에서, 개인하수처리시설은 별표3에서 각각 설정되어 있다. 또한 필요하다면 보다 엄격한 방류수 수질기준을 지방환경관서의 장이 설정하여 고시할 수 있다.²⁴⁾

한편 공공처리시설에서 방류되는 폐수는 「물환경보전법」 제12조제3항 및 동법 시행규칙 제26조 별표10에 방류수 수질기준이 제시되어 있다. 폐기물처리시설에서의 방류수의 기준은 「폐기물관리법」 제2조제8호 및 시행령 제5조 별표3에서 규율한다. 가축분뇨처리시설에서 배출하는 방류수에 대한 기준은 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 시행규칙 제11조제1항 별표4에 따라야 한다.²⁵⁾

공공하수처리시설의 방류수 수질기준의 체계는 ‘관리물질항목’ 및 ‘항목의 방류농도’를 시설 ‘처리용량’과 ‘지역구분’으로 구분하고 차등적으로 관리하는 체계이다. 이 중에서 지역구분은 현재 500m³/일 이상의 처리능력을 갖춘 공공하수처리시설만을 대상으로 설정하고 있는데, 공공수역의 물환경

24) 「하수도법」 제7조제1항제2호 및 시행규칙 제3조제2항.

25) 이하 본 보고서에서는 특별한 경우를 제외하고는 500m³/일 이상 방류하는 공공하수처리시설의 방류수 수질기준만을 대상으로 분석한다.

관리를 위해 배출대상 공공수역의 보호가치에 따라 총 4지역(I, II, III, IV 지역)으로 구분하고 있다. 또한 총 7개의 오염물질 및 항목을 대상으로 방류수 수질기준을 설정한다.

〈표 2-4〉 공공하수처리시설의 방류수 수질기준

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

자료 : 「하수도법」 시행규칙 별표1 발체 재정리

(2) 방류수 수질기준의 지역구분

「하수도법」에 따른 방류수 수질기준에서 설정하는 지역구분은 총 4개 지역이 있다. 지역구분에 있어 중요한 고려사항은 「물환경보전법」 제22조제1항에 따라 정한 중권역²⁶⁾과 각 권역의 물환경 목표기준²⁷⁾의 달성에 관한 평가²⁸⁾이다.²⁹⁾ 목표기준을 달성하는 권역은 III 지역으로 구분하고, 목

26) 환경부고시 제2018-6호(2018.1.18.) 수계영향권별 환경관리지역 지정 고시.

27) 「물환경보전법」 제10조의2제1항에 따른 환경부고시 제2018-6호(2018.1.18.) 중권역별 물환경 목표기준.

28) 환경부고시 제2022-287호(2023.1.2.) 물환경 목표기준 평가 규정.

29) 환경부고시 제2023-292호(2023.12.29.). 2024년 물환경측정망 설치·운영 계획.

표기준을 달성하지 못하는 중권역은 보다 엄격한 오염물질 배출관리를 위하여 II 지역으로 설정하는 방식이다.³¹⁾ 현재 환경기준의 하천 생활환경기준으로 보면 총 115개 중권역에서 Ia(매우 좋음) 등급은 38개로, Ib(좋음) 등급은 51개로, II(약간 좋음) 등급은 15개로, III(보통) 등급은 10개로, IV(약간 나쁨) 등급은 1개(시화호 중권역)로 각각 설정되어 있다. V(나쁨) 등급과 VI(매우 나쁨) 등급은 중권역 목표기준으로 설정되어 있지 않다.

한편 I지역은 상수원보호구역, 수질보전특별대책지역³²⁾, 4대강 수계법의 수변구역, 새만금유역이 포함되며 대부분 특별한 수질관리 여건 혹은 먹는물 보호를 위해 지정·관리되는 지역으로 공공하수처리시설의 설치·운영 역시 제한되기도 한다. IV 지역은 I부터 III지역에 해당하지 않은 중권역을 대상으로 설정한다. 그러나 “공공하수처리시설 및 폐수종말처리시설의 최종 방류지점이 I 지역, II지역 또는 III지역에 해당되는 데에도 불구하고 해역으로 직접 방류하는 경우에는 이를 적용하지 않는다.”³³⁾ 이 규정에 따라 해역으로 방류하는 공공하수처리시설은 해역의 보전 가치를 고려하지 않고 일률적으로 IV 지역으로 적용받는다.

30) 평가결과는 매년 환경부 홈페이지에서 공개함. 2023년 전국 물환경 목표기준 평가 결과(환경부공고 제2024-215호). 2022년 전국 물환경 목표기준 평가 결과(환경부공고 제2023-169호). 2021년 전국 물환경 목표기준 평가 결과(환경부공고 제2022-423호). 2020년 전국 물환경 목표기준 평가 결과(환경부공고 제2021-261호). 2019년 전국 물환경 목표기준 평가 결과(환경부공고 제2020-598호). 2018년 전국 물환경 목표기준 평가 결과(환경부공고 제2019-192호) 등.

(https://me.go.kr/home/web/public_info/read.do?pagerOffset=40&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&menuId=10357&condition.publicInfoMasterId=3&condition.deleteYn=N&publicInfoId=66&menuId=10357) (2024. 11. 04. 검색)

31) 「하수도법 시행규칙」 제3조 제1항에 따른 환경부고시 제2018-23호(2018.2.9.). 방류수 수질기준 적용을 위한 지역구분.

32) 환경부고시 제2023-123호(2023.6.2.). 팔당·대청호 상수원 수질보전 특별대책지역 지정 및 특별종합 대책.

33) 「하수도법 시행규칙」 제3조 제1항에 따른 환경부고시 제2018-23호(2018.2.9.). 방류수 수질기준 적용을 위한 지역구분.

〈표 2-5〉 500 m³/일 이상 처리하는 공공하수처리시설의 지역 구분

구분	내용
I 지역	가. 「수도법」제7조에 따라 지정·공고된 상수원보호구역 나. 「환경정책기본법」 제38조제1항에 따라 지정·고시된 특별대책지역 중 수질보전 특별대책지역으로 지정·고시된 지역 다. 「한강수계 상수원 수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률」 제4조제1항, 「낙동강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」 제4조제1항, 「금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」 제4조제1항 및 「영산강·섬진강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」 제4조제1항에 따라 각각 지정·고시된 수변구역 라. 「새만금사업 촉진에 관한 특별법」제2조제1호에 따른 새만금사업지역으로 유입되는 하천이 있는 지역으로서 환경부장관이 정하여 고시하는 지역
II 지역	「물환경보전법」 제22조제2항에 따라 고시된 중권역 중 화학적 산소요구량(COD) 또는 총인(T-P)의 수치가 같은 법 제24조제2항제1호에 따른 목표기준을 초과하였거나 초과할 우려가 현저한 지역으로서 환경부장관이 정하여 고시하는 지역
III 지역	「물환경보전법」 제22조제2항에 따라 고시된 중권역 중 한강·금강·낙동강·영산강·섬진강수계에 포함되는 지역으로서 환경부장관이 정하여 고시하는 지역(I 지역 및 II 지역을 제외한다.)
IV 지역	I 지역, II 지역 및 III 지역을 제외한 지역

자료 : 「하수도법」 시행규칙 별표1 발체 재정리

(3) 방류수질기준의 오염물질 혹은 항목

공공하수처리장시설의 방류수에서 관리되는 오염물질 혹은 항목은 총 7개로서 생물학적산소요구량(BOD), 총유기탄소량(TOC), 부유물질(SS), 총질소(TN), 총인(TP), 총대장균군수, 생태독성이 포함된다. 7개 항목 중에서 부유물질, 총질소, 총 대장균수, 생태독성은 지역구분과 상관없이 획일적으로 관리하는 중이다. 반면 생물화학적산소요구량(BOD), 총유기탄소(TOC), 총인(T-P)은 500m³/일 이상 공공하수처리시설의 지역구분에 따라 차등적으로 관리된다.

차등적으로 관리하는 3개 항목은 수환경의 관리에 있어 주요 항목이다. 왜냐하면 3개 항목을 적용하여 중권역에 설정(하천 및 호소)된 물환경 목표기준에 관한 평가를 매년 실시하기 때문이다. 중권역의 하천에 대한 목표기준 평가는 생물화학적산소요구량(BOD)과 총인(T-P) 항목으로, 호소의 평

가는 생물화학적산소요구량(BOD)과 총유기탄소(TOC)로 각각 평가한다.

IV 지역으로 구분된 중권역의 공공하수처리시설은 총인농도 2.0mg/L 이하의 방류수를 배출할 수 있다. 만약 공공수역의 희석률(10배)을 적용하면 하천의 생활환경기준의 보통(3등급)을 달성할 수 있는 수준이다. 보통 등급의 수질은 고도 정수처리(여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등)를 통해 생활용수로 이용할 수 있고, 일반적 정수처리 후에는 공업용수로 사용할 수 있다.

〈표 2-6〉 하천의 생활환경기준과 공공하수처리시설 방류수 수질기준의 비교

등급		환경기준 (하천 생활환경기준)			지역구분 (500 m ³ /일 이상)	공공하수처리시설의 방류수 수질기준		
		생물 화학적 산소 요구량 (BOD) (mg/L)	총유기 탄소량 (TOC) (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)		생물 화학적 산소 요구량 (BOD) (mg/L)	총유기 탄소량 (TOC) (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)
매우 좋음	Ia	1 이하	2 이하	0.02이하	I	5 이하	15 이하	0.2 이하
좋음	Ib	2 이하	3 이하	0.04이하	II	5 이하	15 이하	0.3 이하
약간 좋음	II	3 이하	4 이하	0.10이하	III	10 이하	25 이하	0.5 이하
보통	III	5 이하	5 이하	0.20이하	IV	10 이하	25 이하	2 이하
약간 나쁨	IV	8 이하	6 이하	0.30이하				
나쁨	V	10 이하	8 이하	0.50이하				
매우 나쁨	VI	10 초과	8 초과	0.5초과				

자료 : 「환경정책기본법」 시행령 제2조 별표1 및 「하수도법」 시행규칙 별표1 발췌 재정리

제2절 미국의 공공하수처리시설 방류수 수질기준 정책 —

1. 미국 수질오염물질관리 정책의 개요

미국의 수질환경 및 수생태계 보호에 관한 기본체계는 ‘1972년 연방수 오염방지법 개정(1972 Federal Water Pollution Control Act³⁴⁾ Amendment)’에서 확립되었다고 할 수 있다. 미국 공공수역에 대한 수질 관리 정책의 목표와 달성시기를 “1985년까지 미국 영내 항로(이하 ‘공공수역’)에 대한 오염물질 배출 금지”와 같이 명시하였다. 단계 목표로서 “1983년 7월 1일까지 ‘fishable, swimmable’가 채택”되었다.³⁵⁾ 또한 공공수역에 대한 “오염물질의 배출은 (개인 및 기관의) 권리가 아니다”라는 원칙을 선언하기도 하였다.³⁶⁾ 또 공공하수처리시설을 포함하여 오염물질을 처리하여 공공수역으로 배출하고자 하는 시설은 “국가오염물질배출금지정책(National Pollutant Discharge Elimination System, 이하 ‘NPDES’)”에 따른 허가를 받아야 한다.

공공하수처리시설 배출허가 정책의 주요 발전과정을 요약하면 다음과 같다.³⁷⁾ 1972년 개정을 통해 공공처리시설 배출관리 준수 시한을 1977년 7월 1일까지로 정하였고, “2차 처리기술을 활용하는 기술근거 배출제한기준(technology-based effluent limitations, 이하 TBELs)³⁸⁾”에 관한 정

34) 수청정법(Clean Water Act, CWA).

35) “water quality [that] provides for the protection and propagation of fish, shellfish, and wildlife and provides for recreation in and on the water”.

36) 33 U.S.C. §§ 1251-1376.

37) 미국 수질오염물질 배출관리에 관한 주요 정책 및 내용의 변화를 담은 법제도는 1948 Water Pollution Control Act, Water Pollution Control Act Amendments of 1956, Federal Water Pollution Control Act Amendments of 1961, Water Quality Act of 1965, EPA 설립/ Refuse Act Permit Program (RAPP) (Executive Order 11574, 1970), Federal Water Pollution Control Act (FWPCA) Amendments of 1972, Clean Water Act 1977, Water Quality Act 1987 등임.

38) 오염물질의 배출이 공공수역에 미치는 (잠재) 영향은 “수질 근거 배출허용기준(water quality-based

책을 확립하였다. 이때 BOD5, 총부유물질(TSS), pH, 대장균(Fecal Coliform), 기름류(Oil and Grease) 등을 공공하수처리시설 배출관리에 적용되는 오염물질(이하 전통오염물질)로 한정하였다³⁹⁾.

1977년 개정에는 독성오염물질 관리체계가 강화되었다. 그동안 간과되었던 독성물질의 위험성에 관한 지식이 확대되고 분석 방법 등이 발전하면서 독성물질 관리가 본격적으로 시작된 것이다.⁴⁰⁾ 또한 전통오염물질과 독성물질에는 포함되지 않으나 공공하수처리시설 및 개별 시설의 배출관리 중요성이 확인된 항목⁴¹⁾(염소계열, 암모니아 계열, 질소, 인, COD, WET 등)을 비전통오염물질로 구분하여 관리하기 시작하였다. 이처럼 배출관리 대상물질이 기존 전통오염물질에서 독성물질과 비전통오염물질로 확대되면서 산업계를 포함하여 공공하수처리시설에 대한 관련 기술의 개발 및 적용을 배려하여 기술근거 배출제한기준의 설정 및 적용이 1984년 7월1일로 유예되었다. 하지만 배출허가 시 적용해야 하는 배출제한기준 설정의 수준이 높아졌고 오염물질 처리에 적용하는 공법 역시 강화되었다. 이와 함께 1977년 개정에서는 기존 배출관리정책의 시행에서 확인한 한계와 여건 및 과학기술 변화를 반영하여 정책을 추가되었다. 예를 들면 미환경청은 산업계 배출원이 공공하수처리시설로 연계 처리되어 공공수역에 방류하는 상황을 체계적으로 관리하기 위해 ‘공공처리시설 연계처리 정책(pretreatment program)’을 개발한 것이다. 이에 따라 개별 공공하수처리시설은 배출허가를 신청할 때 관련 정책을 포함하여 배출허가를 신청해야 한다. 한편 1984년 2월 미환경청은 기술근거를 기반으로 한 배출허가 정책은 독성오염물질의 배출관리에 한계가 있다는 것을 인정하였다. 독성물질 배출관리

effluent limitations, 이하 WQBELs)*에서 다룸. TBELs 설정은 수질근거배출허용기준의 설정과는 상관없음.

39) 전통오염물질(Conventional Pollutants)은 근거(40 CFR § 401.16).

40) CWA section 307(a)(1)를 통해 미환경청이 독성오염물질을 등재(CFR § 401.15)할 것을 명령함.

41) chlorine, ammonia, nitrogen, phosphorus, chemical oxygen demand (COD), and whole effluent toxicity (WET) 등

를 강화하기 위해 공공하수처리시설은 배출 허가 신청시 공공수역의 용도와 가치를 반영하여 ‘수질근거 배출규제기준’을 1987년 2월 경까지 개발할 것을 규정하였다. 이에 따라 본격적인 독성오염물질과 비전통오염물질 관리가 강화되었다.⁴²⁾

기술에 근거한 배출허용기준을 보완할 수 있는 수질기준에 근거한 배출허용기준을 적용하기 위한 구체적인 내용과 절차는 1987년 법 개정을 통해 확립되었다. 이에 따라 수질오염물질 배출을 원하는 개인 및 사업자는 기술근거의 배출허용기준뿐만 아니라 수질기준근거의 배출기준을 함께 설정하여 허가를 신청해야 했으며 그 시한을 1989년 3월 31일로 한정하였다.

또한 1987년 개정을 통해 주정부 및 지방자치단체는 공공하수처리시설 배출기준에 ‘강우 배출관리 정책(Municipal separate storm sewer systems, MS4s)’에 관한 사항을 추가해야 하며, 필요하다면 비전통오염물질의 BAT에 기반한 ‘2차처리 등가기준(equivalent to secondary)’ 역시 적용해야 한다. 1987년 개정 이후 공공하수처리시설의 허가 시 고려해야 하는 주요 정책 및 법적 근거는 아래와 같다.

42) Policy Notice, 49 Fed. Reg. 9016 (1984).

〈표 2-7〉 미국 공공하수처리시설 배출관리 규정

관리대상 정책명	근거(CFR)	비고
Municipal (POTWs) effluent Discharges	Part 122	
	Part 125	
	Part 133	
Indirect non-municipal discharges(Pretreatment)	Part 122	
	Part 403	
	Parts 405-471	
Biosolids (sewage sludge) use and disposal	Part 122	
	Part 257	
	Part 501	
	Part 503	
Combined sewer overflow (CSO) discharges	Part 122	
	Part 125	
Sanitary sewer overflow (SSO) discharges	Part 122	
Municipal separate storm sewer systems (MS4s) Discharges	Part 122	
	Part 125	

자료: NPDES Permit Writer's Manual (EPA, 2010), p.2-6쪽 부분 발췌

2. 미국 공공하수처리시설 배출관리 허가정책

1) NPDES 정책의 개요

1972년 수청정법 개정의 목적을 달성하기 위해 다양한 수질관리 정책이 개발되었으며 대부분의 정책이 현재까지 시행중이다. 이 정책들의 근간에는 '항행 가능한 공공수역의 수질오염물질 배출에 관한 허가제도(permits)'가 있으며 가장 대표적인 허가제도는 국가오염물질배출금지정책(National Pollutant Discharge Elimination System, 이하 'NPDES')이다.⁴³⁾

43) 제1차 NPDES의 ELGs는 독성물질이 아닌 '전통오염물질' 위주로 배출기준이 개발됨. 당시 독성물질에 관한 배출기준 개발에 대하여 the complexity of the task, high costs, the lack of testing

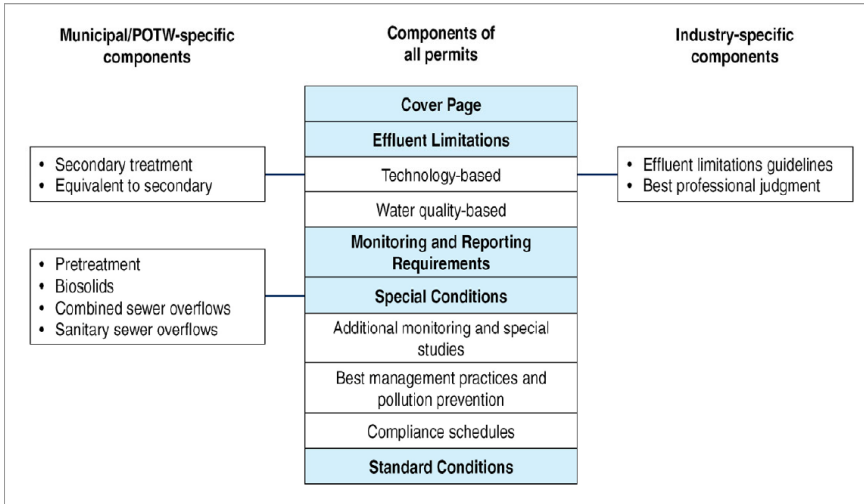
NPDES 정책의 배출 허가 및 면허(이하 ‘허가’)는 크게 산업시설 배출허가와 공공하수처리시설(POTWs) 배출허가로 구분한다. 산업시설 배출허가는 개별배출허가와 집단배출허가로 구분된다. 개별 및 집단 배출허가에 있어 활용하는 기술근거배출기준은 먼저 연방정부가 개발한 지침(Effluent Limitation Guidelines and Standards, 이하 ELGs)을 따른다. 그러나 허가를 신청할 때 ELGs가 개발되지 않은 업종이나 배출 업종이 등록되어 있지 않을 경우, 배출 특성이 특이할 경우, 처리기술 표준이 확정되지 않을 경우, 주정부의 관리여건이 상이할 경우 등과 같은 상황에서는 개별사례별로 관련 절차⁴⁴⁾에 따라 전문가의견을 반영하여 면허를 허가한다.

수청정법의 NPDES 정책에 따라 공공수역에 오염물질을 배출하고자 하는 개인 혹은 사업자는 연방정부가 개발한 절차대로 배출 허가 및 면허를 취득해야 한다. 배출 허가 및 면허를 신청 및 취득하는 데 있어 허가권자는 경제적 특성과 (공공수역의) 생태적 특성을 균형적으로 고려하여 승인해야 한다. 경제적 원칙을 제고하기 위해 수청정법에 따른 경제적인 처리기술 수준을 고려하여 연방정부가 개발한 ‘기술근거배출제한기준(technology-based effluent limitations, 이하 TBEL)’을 개발해야 한다. 또한 공공수역의 환경 및 생태적 특징을 고려하기 위하여 주정부가 규정한 수질기준(Water Quality Standards)을 준수할 수 있도록 ‘수질근거 배출제한기준(water quality-based effluent limitations, 이하 WQBEL)’ 역시 개발해야 한다. 이후 허가권자는 기술근거와 수질근거 기준을 비교하고 일반 및 특정 조건을 검토하여 최종 허가를 발급한다.

methodologies and available data, time constraints 등과 같은 다양한 제약을 인식함(자료: Jeffrey M. Gaba, 1985. Regulation of Toxic Pollutants under the Clean Water Act: NPDES Toxics Control Strategies. Journal of Air Law and Commerce. Volume 50 Issue 4 Article 9(pp: 761-791.).

44) CWA section 316(b) on a case-by-case basis, best professional judgment (BPJ) (§§ 125.90(b) and 401.14).

〈그림 2-4〉 미국 NPDES 허가 면허 절차



자료: NPDES Permit Writer's Manual (EPA, 2010), p.3-3쪽 발췌

2) 관리대상 수역, 오염원, 시설의 지정

(1) 배출 공공수역의 지정

미국은 1972년 개정법 이후부터 배출관리 적용 대상 수역으로 NPDES 허가가 필요한 공공수역을 “선박의 운행이 가능한 수역(navigable waters⁴⁵⁾)”으로 규정하고 있다. 또한 NPDES정책의 배출허가 대상 공공수역(Waters of the United States, WOTUS⁴⁶⁾)은 육상의 호수와 항행 수로, 항행수로와 연결된 지류, 수로 및 지류와 연결된 습지, 영해 등의 표층수라

45) CWA section 502(7).

46) 40 CFR § 120.2 : Waters that are currently used, were used in the past, or may be susceptible to use in interstate or foreign commerce, including waters subject to the ebb and flow of the tide. / Interstate waters including interstate wetlands. / Other waters that could affect interstate or foreign commerce. / Impoundments of waters of the United States. / Tributaries of the above categories of waters. / Territorial seas. / Wetlands adjacent to other waters (except wetlands themselves) in the above categories.

고 할 수 있다. 따라서 지하수 등은 수청정법의 NPDES 허가대상 수역에 해당하지 않는다.⁴⁷⁾

(2) 관리대상 오염원

가. 직접배출 점오염원

NPDES 프로그램은 점오염원에 관한 배출허가 정책이다. NPDES에서 규정하는 점오염원⁴⁸⁾은 “식별가능하고 명확하게 구별되는 수로⁴⁹⁾”를 통해 오염물질을 배출하는 시설이다. NPDES 정책 초기에는 관리대상 점오염원이 개별 배출시설에 해당하는 산업계 배출시설(사업장 등)과 지방자치단체가 설치, 운영, 관리하는 공공하수처리시설(publicly owned treatment works, POTWs⁵⁰⁾)로 한정하였다.⁵¹⁾ 법률 개정을 통해 <표 2-9>와 같이 ‘홍수시 합류 관거를 통해 공공수역으로 유입하는 배출활동(MS4s)’, ‘축산단지에서의 배출활동(concentrated animal feeding operations (CAFOs) discharges)’ 등을 관리대상으로 확대하였다(EPA, 2010). 또한 CWA section 502(4)에 따라 정의된 ‘주정부 및 지방정부’가 관리하는 공공하수처리시설에 연계하는 간접배출시설도 허가를 받아야 하는 대상으로 확대되었다.

47) 지하수로 배출된 오염물질이 ‘WOTUS’에 연결될 경우에는 NPDES 허가가 필요한 배출행위로 간주함.

48) CWA section 502(14), CFR § 122.2.

49) discernible, confined, and discrete conveyance.

50) 주정부 및 지방정부(CWA section 502(4)에서 정의)가 운영하는 시설(CWA section 212에서 정의)로서 하수나 산업폐수 등을 보관, 처리, 재활용, 재처리(reclamation)하는 장치 및 시스템을 포함하며, 이러한 공공하수처리시설로 연계되는 하수도, 하수관, 기타 하수이송장치도 포함됨. 한편 연방정부 소유 시설, 민간 시설, 혹은 주정부나 지자체 소유가 아닌 처리 시설은 제외함.

51) “any devices and systems used in the storage, treatment, recycling and reclamation of municipal sewage or industrial wastes of a liquid nature.”(40 CFR § 403.3(q))과 “sewers, pipes, and other conveyances only if they convey wastewater to a POTW Treatment Plant.”(40 CFR § 403.3(r))에 해당하는 시설.

나. 간접배출 점오염원

공공하수처리시설 관리대상 점오염원에는 개별 배출시설(산업 및 상업 폐수 배출시설)에서 공공하수처리시설로 유입되어 공공수역으로 배출하는 시설(이하 간접배출시설)을 관리할 수 있는 국가전처리프로그램(National Pretreatment Program) 정책이 있다. 간접배출시설은 공공하수처리시설(POTW)에 연계 허가를 받기 위해서 전처리 프로그램 정책을 개발해야 하는 의무가 있다. 전처리프로그램은 공공하수처리시설(POTW)의 배출허가에서 특별조건(Special Conditions)에 포함되어야 한다.

이 정책의 목적은 산업 및 상업 폐수를 발생하는 시설이 공공하수처리시설(POTWs)을 경유하여 공공수역으로 오염물질을 배출하는 것을 관리하기 위한 정책이다. 즉 폐수를 연계 처리하고자 하는 간접배출시설은 공공하수처리시설에서 처리할 수 없는 오염물질을 공공하수처리시설로 유입해서는 안 된다. 또한 간접배출시설의 연계 배출로 인해 공공처리시설(POTW)의 적합한 운영을 저해하는 현상과 공공처리시설의 슬러지를 오염시킬 가능성이 있는 물질 역시 연계 배출할 수 없다.⁵²⁾ 이에 따라 간접배출시설이 공공하수처리시설(POTW)로 연계 배출 허가를 신청하기 위해서는 적절한 전처리 프로그램을 개발하여 공공하수처리시설(POTW)의 운영에 영향을 미치지 않는다는 것을 입증해야 한다. 또한 공공처리시설의 배출을 허가하는 자는 간접배출시설의 연계에 관한 사항을 공공처리시설의 “특별허가조건(Special Conditions)”에 반드시 포함하여 허가해야 한다.

52) CFR §403.8(a).

3) 공공하수처리시설의 기술근거 방류수수질기준 설정

(1) 공공하수처리시설의 구분 및 관리대상 오염물질의 지정

가. 공공하수처리시설의 구분

공공하수처리시설은 주정부 및 지방정부(CWA section 502(4)에서 정의)가 운영하는 시설(CWA section 212에서 정의)로서 하수나 산업폐수 등을 보관, 처리, 재활용, 재처리(reclamation)하는 장치 및 시스템을 포함한다. 즉 공공하수처리시설로 연계되는 하수도, 하수관, 기타 하수이송장치도 포함된다. 반면 연방정부 소유 시설, 민간 시설, 혹은 주정부나 지자체가 운영하지 않는 시설은 공공하수처리시설에서 제외된다.

또한 미환경청은 수질에 영향이 큰 배출시설을 “주요시설(major facility)”로, 영향이 적은 시설을 소규모시설(minor facility)로 구분한다. 공공하수처리시설(POTWs) 중에서 공공수역의 용도와 이에 따른 수질에 영향을 크게 미치는 주요시설은 일반적으로 ‘일일 설계 하수량이 1백만 갤런’이거나 ‘인구 10,000명 이상의 하수를 처리하는 시설’이다.⁵³⁾

나. 공공하수처리시설의 배출 관리대상 오염물질

공공하수처리시설 배출 시 NPDES 허가를 받는 오염물질은 전통오염물질, 비전통오염물질, 독성오염물질로 크게 3가지 그룹으로 구분한다. 전통오염물질은 수청정법(CWA) sec. 304(a)(4)와 CFR part 401.16에 정의된 오염물질로서 BOD5, TSS, 분원성 대장균, pH 농도, 기름류 등 5종이다. 독성오염물질은 수청정법 sec. 307(a)(1)에 따른 CFR part 401.15에 나열된 65종의 물질 및 화합물이 해당한다. 미환경청은 65종의 독성물질 중

53) 공공하수처리시설(POTW) 외 개별배출시설은 NPDES 허가등급제(NPDES Permit Rating Work Sheet)에서 평가한 점수에 따라서 주요 시설로 분류됨. 평가지표는 방류수역의 오염도, 연안 근접성, 독성오염물질의 포함여부, 배출규모 등임.

에서 분석법을 포함하여 규제가 가능한 수준의 과학기술을 마련한 126종 항목을 우선관리오염물질(priority pollutants)로 지정하였다.⁵⁴⁾ 비전통오염물질은 염소(chlorine), 암모니아(ammonia), 질소(nitrogen), 인(phosphorus), 화학적산소요구량(chemical oxygen demand (COD)), 총배출독성(whole effluent toxicity (WET))이 포함되어 있다. 우리나라 공공하수처리장에서 관리하는 물질과 비교하면 전통오염물질에 포함되는 물질 혹은 항목은 TSS, pH, BOD5, 대정균수이고 비전통오염물질에 포함되는 물질과 항목은 인, 질소, WET 등이다.⁵⁵⁾

(2) 관리대상 오염물질의 처리기술의 적용에 관한 기준

공공하수처리시설의 배출허가 시 가장 먼저 고려되는 사항은 ‘제2차 처리’⁵⁶⁾를 적용하는 “기술근거배출허가기준”⁵⁷⁾이다. 이에 관한 배출허가 규정은 다음과 같다.⁵⁸⁾ 먼저 1972년 법률 개정에 따라 공공하수처리시설을 운영하는 지방자치단체 환경관서의 장은 1977년 7월 1일까지 ‘제2차 처리 기술’을 적용한 배출기준을 제정해야 한다.⁵⁹⁾ 이를 위하여 미 환경청은 관련 규정을 정비하였고⁶⁰⁾ 예외적으로 ‘특정 공공하수처리시설’에 적용되는 ‘준2차처리기술의 적용’에 관한 기술근거 배출허가기준의 규정 역시 재정비하였다.

54) 40 CFR Part 423, Appendix A.

55) 2024년부터 미국 비전통오염물질 중의 하나인 COD는 우리나라 공공하수처리시설의 관리에서 TOC로 대체됨.

56) 2차 처리는 일반적으로 박테리아의 성장을 활용하는 기술로 살수여상, BNR, SBR, A2O 등의 공법이 있음. 일반적으로 BNR 공정에 사용하는 박테리아 중에서 해양 환경에 적합한 종은 *Nitrosomonas marina*, *Nitrosomonas sp. III*, *Nitrosomonas aestuarii*, *Nitrosomonas cryotolerans*, *Nitrosococcus oceanii* 등임(EPA, 2010).

57) 공공하수처리시설 등의 “배출수 수질” 관리에 관한 기술 적용의 최소수준(minimum level of effluent quality).

58) 1989년 개정이후에는 공공수역의 수질 특성 및 관리여건을 반영한 “수질근거 배출허가기준” 역시 산정해야 함.

59) 공공하수처리시설의 3차 처리 이상 고도처리기술의 적용은 특별한 경우가 아니면 자율적이다. 개별 배출 시설은 1983년 7월 1일까지 BAT를 적용한 배출기준을 마련해야 함(CWA section 301 (b)(2)(A)).

60) 40 CFR part 133.

공공하수처리시설의 기술근거 배출허가기준에 적용되는 2차처리 기술수준은 1972년 법 개정 당시에는 오염물질 3종류 모두가 BPT(Best practicable control technology currently available)였다. BPT는 개별 및 공공하수처리시설 배출처리를 위한 “최소 수준(minimum level)의 처리기술”로서 시장(market)에서 통용되는 처리기술의 ‘평균 수준’을 의미한다. 당시 공공하수처리시설은 대부분 살수여상(rickling filters) 방식으로 설치되었고, 설수여상 공정을 채택한 시설의 전통오염물질 처리수준은 약 65% 정도이었다. 이에 따라 대부분 공공하수처리시설의 배출허가를 받기 위해서는 BPT가 적용된 처리효율 65% 정도를 보장할 수 있는 운영관리 능력을 갖춘 시설이 주로 배출허가를 신청하는 것이 일반적이었다.

한편 1977년 개정 이후에 오염물질을 배출하는 시설은 모두 전통오염물질의 경우 BCT(Best conventional pollutant control technology)를, 비전통오염물질 및 독성오염물질에는 BAT(Best available control technology economically achievable)를 1989년까지 각각 적용해야 하였다.⁶¹⁾ 따라서 1977년 이후 신설된 공공하수처리시설은 BCT와 BAT를 적용하는 2차 처리기술에 대하여 기술근거배출허용기준을 설정해야 한다. 공공하수처리시설의 경우 BCT와 BAT가 적용되는 처리기술은 처리효율이 85% 이상인 ‘생물학적 영양염 처리공법(Biological Nutrient Reduction)’, 연속회분식반응식(SNR) 등이 대표적이다.

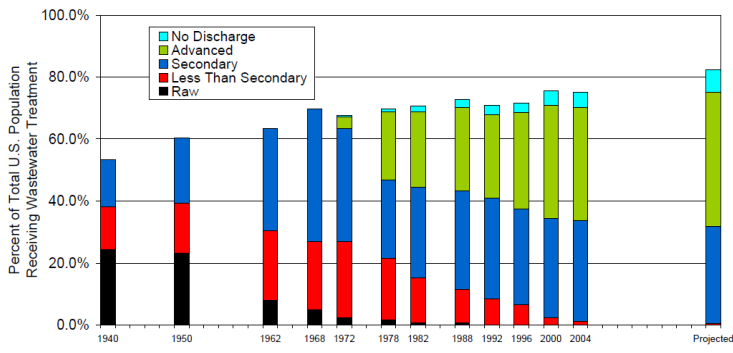
61) BPT - Best practicable control technology currently available, BAT - Best available control technology economically achievable, BCT - Best conventional pollutant control technology, BADCT - Best available demonstrated control technology.

〈표 2-8〉 미국 수청정법에 따른 배출수 처리기술 적용기준과 시한

Pollutant	Level of Treatment	Statutory Deadlines
Conventional	BPT	July 1, 1977
Conventional	BCT	March 31, 1989
Nonconventional	BPT	July 1, 1977
Nonconventional	BAT	March 31, 1989
Toxic	BPT	July 1, 1977
Toxic	BAT	March 31, 1989

자료 : USEPA. NPDES Permit Writes' Manual. Chap. 5. Exhibit 5-1 발췌
(https://www3.epa.gov/npdes/pubs/chapt_05.pdf(검색일: 2024.10.7))

〈그림 2-5〉 미국 수청정법에 따른 배출수 처리기술 적용의 현황



자료: US EPA(2010) Nutrient control Design Manual. Fig. 2-1 발췌

(3) 공공하수처리시설의 기술근거 방류수 수질기준

우리나라 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 항목은 BOD, TOC, SS, pH, 총인, 총질소, 생태독성 등 7개 항목이다. TOC를 제외하고는 미국의 공공하수처리시설의 배출기준 설정 항목과 동일한 항목이다. 이 중에서 전 통오염물질에 속하는 BOD5, SS, pH는 2차 처리기술을 적용하는 기술근거 방류수 수질기준을 설정해야 한다.⁶²⁾ 한편 폐수산화(waste stabilization ponds)와 살수여상(trickling filters) 방식을 적용하고 있는 공공하수처리

62) 40 CFR part 133.

시설에서는 2차처리 기준을 달성하는데 있어 어려움이 많다. 이에 미환경청은 폐수산화와 살수여상을 적용하는 시설에 대해서는 시설교체 이전까지 한시적으로는 보다 완화된 기준으로 ‘준2차처리기준’을 적용하여 배출허가를 발급한다.⁶³⁾

〈표 2-9〉 공공하수처리시설 방류수기준

관리대상 정책명		30일 평균		7일 평균	비고
		농도기준	성능기준 (처리율)		
BOD5	2차처리	30 mg/L 미만	85% 이상	45 mg/L 미만	-
	준2차처리	45 mg/L 미만	65% 이상	65 mg/L 미만	-
CBOD5 *	2차처리	25 mg/L 미만	85% 이상	40 mg/L 미만	-
	준2차처리	40 mg/L 미만	-	60 mg/L 미만	-
SS	2차처리	30 mg/L 미만	85% 이상	45 mg/L 미만	-
	준2차처리	45	65% 이상	65mg/L 미만	-
pH**	2차처리	6~9	-	6~9	-
	준2차처리	6~9	-	6~9	-

* : (carbonaceous biochemical oxygen demand)

** : 처리시설에서 하수처리과정에서 무기화합물질의 추가 공정이 없고 산업계 폐수로 인한 pH 변화가 없음을 증명해야 함

자료 : 40 CFR Part 133 (up to date as of 10/03/2024): Secondary Treatment Regulation

한편 공공하수처리시설이 해양으로 방류할 때 공공하수처리시설의 배출기준이 해당 해역에 설정된 용도(designated use)와 수질기준(Water quality standards) 달성에 부정적 영향을 주지 않을 경우에는 공공처리시설의 배출 기준을 완화할 수 있다.⁶⁴⁾ 또한 CWA 섹션 301(h)에 따른 규정을 엄격히 준수하여 이행평가에서 우수한 운영관리가 확인된 개별 공공하수처리시설에 대하여서는 전통오염물질(BOD5, TSS, pH)에 관한 2차 처리 기준의 적용이 면제되기도 한다.

63) 40 CFR § 133.105.

64) CWA sec. 301(h) 규정의 적용기간이 만료되어 기존시설의 배출허가에만 적용되며 신설 공공하수처리 시설에는 이 규정이 적용되지 않음.

초기 미국 공공하수처리시설 배출기준에서 영양염 항목은 주로 암모니아성 질소를 대상으로 배출허가기준을 설정하였다. 최근에는 총인과 총질소 기준을 포함하여 영양염 총농도 방식으로 배출허가를 발급하는 사례가 증가하고 있다. 총질소와 총인에 대한 배출허가기준은 초기에 총질소는 10mg/L 이하, 총인은 1.0mg/L 이하로 설정하는 경우가 많았다. 그러나 배출대상 공공수역의 수질 악화, 부영양화, 적조 발생 등이 증가하면서 공공수역의 수환경 보호를 위한 '수질근거 배출기준'의 적용이 강화되었고 이로써 기술근거 배출허가기준보다 엄격한 낮은 농도의 배출허가기준을 설정하는 경우가 증가하였다.⁶⁵⁾

〈표 2-10〉 미국 공공하수처리시설의 질소 및 인의 배출기준 허가사례

공공하수처리시설		연평균 방류량 (MGD)	총질소 허가기준		총인 허가기준	
명칭	위치		mg/L	Lbs/day	mg/L	Lbs/day
Truckee Meadows Water Reclamation Facility	르노 (네바다주)	-	질산염 2.0 (일 최대)	500	0.4 (30일 평균)	134
River Oaks Advanced Wastewater Treatment Plant	탐파 (플로리다주)	10	6.00 (1일 최대) 4.50 (1주 평균) 3.75 (1월 평균) 3.00 (1년평균)	-	2.00 (일 최대) 1.50 (1주 평균) 1.25 (1월 평균) 1.00 (1년 평균)	-
Fiesta Village Advanced Wastewater Treatment Plant	포트 메이어 (플로리다주)	5	6.0 (1회 시료) 4.5 (1주 평균) 3.0 (1월 평균) 3.0 (1년평균)	-	1.0 (1회 시료) 0.75 (1주 평균) 0.50 (1개월 평균) 0.50 (1년 평균)	-
Orange County Eastern Water Reclamation Facility	올랜도 (플로리다주)	17.3	6.0 (1주 평균) 5.0 (1월 평균) 3.0 (1년평균)	-	2.4 (1주평균) 2.0 (1월 평균) 1.0 (1년 평균)	-

65) 총질소 5.0mg/L 이하와 3.0mg/L 이하 및 총인 0.5mg/L 이하 혹은 0.1mg/L 이하 등.

공공하수처리시설		연평균 방류량 (MGD)	총질소 허가기준		총인 허가기준	
명칭	위치		mg/L	Lbs/day	mg/L	Lbs/day
Parkway Wastewater Treatment Plant	로를 (메릴랜드주)	5.5 - 6	7.0 (1월 평균) +11.0(1주 평균) (4월1일부터 10월 15일 적용)	-	1.5 (1주 평균) 1.0 (1월 평균)	-
Clark County Water Reclamation District	Las Vegas (네바다주)	110	암모니아 0.6 mg/L	511 (암모니아)	0.2 mg/L	176
Rock Creek Advanced Wastewater Treatment Facility	워싱턴 구 (올랜드)	30 (dry weather)	-	-	0.10 mg/L (1월 중앙값)	-
Blue Plains Advanced Wastewater Treatment Facility	Washington, DC	370 (dry weather)	7.5 (1년평균) (향후 4.2 (1년평균)로 변경 예정)	-	0.35 (1개월 평균) 0.18 (주 평균)	-

자료 : Nutrient Control Design Manual(EPA, 2010). (7-16)쪽 표 7-4 발체 재정리

(4) 공공하수처리시설의 수질근거 방류수 수질기준의 설정

가. 수질근거 방류수 수질기준의 적용 배경

1977년 수질청정법 개정에서 점오염원의 오염물질 배출관리정책이 기술근거 방식에서 수질근거 방식이 추가된 가장 큰 이유는 기술근거 배출허가기준 정책으로는 공공수역의 수질기준을 안정적으로 달성할 수 없다는 것이 확인되었기 때문이다.⁶⁶⁾ 1983년 미환경청은 주정부의 수질기준에 관한 사항을 정비하여 고시하였다.⁶⁷⁾ 이후 오염물질 배출시설의 허가를 신청

66) 2014년 기준으로 총 70,000개 이상의 공공수역이 수질기준을 달성하지 못함.
(<https://www.epa.gov/tmdl/impaired-waters-restoration-process-listing>)(2024.10.7.rjator)

67) 미환경청, 1984. A Listing of the Dates of State Adoption and EPA Approval of state Water

하고 또 이를 허가하는 개인 혹은 사업자들은 기술근거 배출제한기준의 산정뿐만 아니라 배출 폐수가 방류수역의 수질에 미칠 영향에 대해 검토해야 한다. 만약 기술근거 배출기준을 적용하여 공공수역의 수질기준을 만족할 수 없다고 확인될 경우에는 수청정법 301(b)(1)(C)과 하위규정⁶⁸⁾에 따라 수질근거 배출허가기준을 마련해야 한다.

미환경청은 공공수역의 수환경 및 생태계의 관리정책을 개선하기 위해 수질기준근거 배출허가 정책을 강화하였다. 수질근거 배출허가기준을 설정하면서 농도방식에서 총량관리방식으로 전환하였고,⁶⁹⁾ 강우시 공공하수처리시설으로 연계되는 분류식과 합류식 관거에서 발생하는 월류수 등으로 인한 독성물질의 유입을 관리하기 위해 수질기준근거 배출허가기준 승인 시에는 반드시 총독성평가(WET)에 기반한 수질근거 배출허가기준을 첨부해야 하는 등 관련 정책을 강화하였다(미 환경청, 1991, 1995, 2024)⁷⁰⁾.

나. 공공하수처리시설의 수질근거 배출허가기준의 설정 절차와 방법

가) 제1단계: 수질기준의 적용

일반적인 수질근거 배출기준의 설정 절차는 다음과 같다. 제1단계에서 주정부는 관할 공공수역의 지정 용도를 설정하고 용도를 유지할 수 있는 ‘항목과 수준’(Water Quality Standards)을 3년 주기로 설정해야 하며, 미

Quality Standards from 1977 through December 1983.

68) 40 CFR 125.3(a).

69) U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1991. Guidance for water quality-based decisions: The TMDL Process, EPA 440/4-91-001. Washington, DC.

70) EOA, 1991. Transmittal of Final Policy on Biological Assessments and Criteria. Office of Science and Technology. Washington, DC. EPA/822/R-91-101 / EPA, 1995. National Policy Regarding Whole Effluent Toxicity (WET) Enforcement (08/14/1995), / EPA, 2024. National Pollutant Discharge Elimination System Whole Effluent Toxicity Permit Writers' Manual. Office of Wastewater Management Water Permits Division EPA-833-B-24-001.

환경청 혹은 유역환경청은 수청정법 및 관련 규정을 토대로 수질기준 설정의 적절성을 검토한다. 주정부가 설정하는 수질기준은 “달성할 경우에는 수역에 생존하는 어류, 패류, 야생동물 등의 보호 및 번식과 위락 활동을 항상 보장할 수 있음”을 가정하고 있다(CWA section 101(a)(2)).⁷¹⁾ 따라서 주정부는 상수도 용수공급, 어류와 야생동물의 번식, 여가 활동, 농업 및 산업용수 공급, 항해용수 공급 등의 수역의 용도와 가치를 고려해야 한다. 만약 공공수역의 지정 용도가 여러 개라면 가장 민감하거나 크게 훼손된 용도에 대한 수질기준을 설정하는 것이 일반적이다. 한편 주정부는 지정된 용도를 변경하거나 취소하고 싶을 경우에는 적절한 입증자료를 마련하여 유역환경청에 용도에 맞게 변경 및 취소를 신청할 수 있다.⁷²⁾

나) 제2단계: 관리대상 물질 및 수질기준 등의 사전검토

제2단계에서 유역환경청장은 수질근거 배출허가기준의 설정을 위해 ‘공공수역과 오염물질의 특성’을 확인하는 총 5개 세부절차가 있다. 점오염원의 공공수역 배출에 관한 수질근거 배출기술 설정에 대해 기술 분야와 제도 분야에서 검토하는 스크리닝 과정이라 할 수 있다. 배출오염물질 중에서 공공수역의 지정용도와 이에 따른 수질기준에 장단기적인 영향을 검토해야 하는 오염물질을 선정하고, 선정된 오염물질의 기술근거 배출허가기준의 유무, 농도방식이 아닌 총량 방식의 수질근거배출허용기준의 적용 여부, 미래 장단기 영향을 분석할 수 있는 수치모델의 선택 등의 과학적 방법론을 선정할 뿐만 아니라 CWA 301(a)에서 규정하는 합리적인 ‘희석구역 정책’의 적용방법을 결정한다.⁷³⁾

71) rebuttable presumption (열린 가정)

72) 유역환경청장은 용도의 변경 등에 대해 용도달성가능성분석(Use Attainability Analysis: UAA)을 실시하여 승인여부를 결정함.

73) 합리적 희석구역이 확정되지 않을 경우 해양 배출의 허가기준 농도는 동 지역의 수질기준에 비해 10배 미만 희석으로 설정해야 하며 이때 최대 희석구간은 배출구로부터 반경 100ft 이하 공간임(EPA, 2010).

〈표 2-11〉 수질기준근거 배출기준 설정을 위한 공공수역 및 오염물질 특성 확인 절차

단계	내용
2-1	배출수의 관리대상오염물질의 선정
2-2	희석구역정책(mixing zone policy)*의 적용 여부 결정
2-3	수역특성과 배출특성 간의 관계를 해석할 수 있는 예측모델링 방법 결정
2-4	수질기준 달성조건 등을 해석할 수 있는 모델링-시나리오 분석
2-5	희석구역기준 등 결정

자료: NPDES Writers' Manual(EPA, 2010). (6-13)쪽의 표 6-5 발췌 재정리

다) 제3단계: 적용 필요성 진단

제3단계는 개별 및 공공처리시설의 배출허가기준이 기술근거 방식이 아니라 수질근거 배출방식허가기준의 필요 여부를 판단하는 절차이다. 다시 말하면 공공수역으로 배출되거나 배출될 수 있는 오염물질이 “주정부가 정한 수질기준을 위반하거나, 위반할 가능성이 있거나, 위반할 가능성에 기여할 수 있는가를 판정하는 것이다.” 이 절차를 다른 말로 “합리적 가능성 분석(reasonable potential analysis)”이라고 하며, 합리적 가능성 분석은 허가신청자가 제출한 모니터링 자료, 주정부 모니터링자료 등⁷⁴⁾을 포함한 모든 자료와 제2단계에서 확정한 모델예측 방법을 활용한다.

라) 제4단계: 수질근거 배출허가기준의 산정

제4단계는 합리적 가능성 분석 결과에 근거하여 수질근거 배출허가기준의 설정 필요성이 확인되면 수질근거 배출허가기준을 산정하는 절차이다. 이 단계에서 활용하는 기준산정 방법론은 크게 관리항목 혹은 관리지표에 관한 총량관리방식의 산정과 오염물질의 독성에 기반한 산정방식으로 구분된다.⁷⁵⁾ 독성물질 기반 산정방식은 다시 화학물질별 산정, 총독성평가 산정, 독성평가(bioassessment)기반 방식으로 세분되기도 한다.(EPA, 1991)⁷⁶⁾

74) AERAI(All Existing, Readily Available Information, Data, Facts, Knowledge, etc.) 규칙

75) U.S. Environmental Protection Agency. 1991. Technical Support Document for Water Quality-Based Toxics Control (TSD). EPA-505/2-90-001. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC.

마지막으로 배출허가권자는 이전단계에서 검토한 기술근거방식과 수질 근거방식 등의 배출허가기준들과 함께 수청정법의 관련 조건과 역류방지정책의 적용성을 판단하여 최종 허가기준을 결정한다.

〈그림 2-6〉 미국 공공하수처리시설 수질기준근거 배출기준 설정 및 운영 사례

Table 2. Monitoring Summary for POTWs with Design Flow of 10 MGD and Greater (2008)	
POTWs with Present Secondary Treatment (Activated Sludge)	116
with Secondary Treatment and 30 mg/L TSS limits	82
with Secondary Treatment and TSS limits < 30 mg/L	19
with Secondary Treatment, 30 mg/L TSS, and fewer than 6 CSO Outfalls	68
with Secondary Treatment, TSS limits < 30 mg/L, and fewer than 6 CSO Outfalls	16
Median TSS Monthly Average for POTWs with 30 mg/L TSS Limits and less than 6 CSO Outfalls	8.0 mg/L
95th percentile for POTWs with TSS Monthly Average with 30 mg/L TSS Limits and less than 6 CSO Outfalls	20.0 mg/L
Number of Measurements with 30 mg/L TSS Limits and less than 6 CSO Outfalls	688
mg/L -- Median TSS Monthly Average with TSS Limits < or = 30 mg/L and less than 6 CSO Outfalls	7.5
mg/L -- 95th percentile TSS Monthly Average with TSS Limits < or = 30 mg/L and less than 6 CSO Outfalls	19.0
Number of Measurements with TSS Limits < or = 30 mg/L and less than 6 CSO Outfalls	854
POTWs with Secondary Treatment and 30 mg/L BOD5 Limits	40
with Secondary Treatment, 30 mg/L BOD5 Limits, and less than 6 CSO Outfalls	33
with Secondary Treatment and BOD5 Limits < 30 mg/L	9
with Secondary Treatment, BOD5 Limits < 30 mg/L, and less than 6 CSO Outfalls	8
mg/L -- Median BOD5 Monthly Average with 30 mg/L BOD5 Limits and less than 6 CSO Outfalls	9.2
mg/L -- 95th percentile BOD5 Monthly Average with 30 mg/L BOD5 Limits and less than 6 CSO Outfalls	24.0
Number of Measurements with 30 mg/L BOD5 Limits and less than 6 CSO Outfalls	363
mg/L -- Median BOD5 Monthly Average BOD5 Limits < or = 30 mg/L and less than 6 CSO Outfalls	9.1
mg/L -- 95th percentile BOD5 Monthly Average BOD5 Limits < or = 30 mg/L and less than 6 CSO Outfalls	23.0
Number of Measurements with BOD5 Limits < or = 30mg/L and less than 6 CSO Outfalls	451
POTWs with Secondary Treatment and 25 mg/L cBOD5 Limits	50
with Secondary Treatment, 25 mg/L cBOD5 Limits, and less than 6 CSO Outfalls	42
with Secondary Treatment and cBOD5 Limits < 25 mg/L	25
with Secondary Treatment, cBOD5 Limits < 25 mg/L, and less than 6 CSO Outfalls	22
mg/L -- Median cBOD5 Monthly Average with 25 mg/L cBOD5 Limits and less than 6 CSO Outfalls	5.2
mg/L -- 95th percentile cBOD5 Monthly Average with 25 mg/L cBOD5 Limits and less than 6 CSO Outfalls	15.0
Number of Measurements with 25 mg/L cBOD5 Limits and less than 6 CSO Outfalls	452
mg/L -- Median cBOD5 Monthly Average with cBOD5 Limits < or = 25 mg/L and less than 6 CSO Outfalls	4.0
mg/L -- 95th %tile cBOD5 Monthly Avg with cBOD5 Limits < or = 25 mg/L and less than 6 CSO Outfalls	13.0
Number of Measurements with cBOD5 Limits < or = 25 mg/L and less than 6 CSO Outfalls	688

자료: EPA, 2013. Report on the Performance of Secondary Treatment Technology. 3쪽 발췌

76) USEPA. 1991b. Transmittal of Final Policy on Biological Assessments and Criteria. Office of Science and Technology. Washington, DC. EPA/822/R-91-101.

03

특별관리해역 공공하수처리시설 방류수 수질기준 강화 현안 및 개선방안

제1절 특별관리해역 공공하수처리시설 현황 및 여건 ——

1. 특별관리해역 공공하수처리시설 현황

1) 특별관리해역 공공하수처리시설 현황

특별관리해역 5개소의 육지부에서 오염물질을 처리하여 특별관리해역으로 배출하는 시설은 약 70개이다(환경부, 2019). 공공하수처리시설은 42개소, 마을하수도가 17개소, 공공폐수처리시설이 8개소, 오수처리시설이 2개소가 설치·운영 중이다. 대부분의 분뇨처리시설과 축산폐수처리시설 등은 모두 공공하폐수처리시설로 연계처리되고 있어 해면부로 직접 배출하는 시설은 거의 없다. 한편 공공하폐수처리시설은 시화호인천연안 특별관리해역의 마산포공공처리시설 1개소를 제외하고는 모두 500㎥/일 이상의 대규모 처리시설이다.

〈표 3-1〉 특별관리해역으로 방류하는 환경기초시설 현황

구분		합계	공공 하수 처리 시설	오수 처리 시설	마을 하수도	분뇨 처리 시설	축산 폐수 처리 시설	폐수 종말 처리 시설 (농공 단지)	공공 폐수 처리 시설 (산업 단지)
특별 관리 해역	광양만	27 (14)	10 (10)	0	13 (0)	0	0	0	4 (4)
	마산만	4 (2)	2 (2)	0	2 (0)	0	0	0	0
	부산연안	14 (11)	11 (11)	0	2 (0)	0	0	1 (0)	0
	울산연안	3 (3)	2 (2)	0	0	0	0	0	1 (1)
	시화호· 인천연안	22 (19)	17 (16)	2 (0)	0	0	0	0	3 (3)
	소계	70 (49)	42 (41)	2 (0)	17 (0)	0	0	1 (0)	8 (8)

자료: 전국오염원조사(국립환경과학원 홈페이지 <https://wems.nier.go.kr/>) 자료 재정리

2) 특별관리해역 하수처리시설 처리용량

특별관리해역의 생활계 오염원 발생인구는 5개 해역 평균 1,657,714명 이고 이중에서 부산연안이 3,688,208명으로 가장 많으며, 다음으로 시화호·인천연안이 2,849,316명 정도이고, 광양만이 202,854명으로 가장 적다. 육지부 면적당 인구비율인 생활계 오염원 밀도는 5개 해역 평균 4,064명/㎢ 정도이지만 부산연안, 시화호·인천연안, 마산만의 밀도는 10,000명 이상이다. 하수처리구역 인구 비율은 평균 94.11%로 대부분의 생활계 오염원이 처리구역 내에 포함되나, 시화호·인천연안은 80.06%로 미처리구역에 포함된 생활계 오염원이 상대적으로 많은 편이다.

생활계 오염원을 처리하여 관리구역 내 공공수역으로 방류하는 시설은 총 61개(해역별 평균 12.2개)이며, 총 처리용량은 4,804,428 m^3 /일(평균 960,886 m^3 /일) 정도이다. 해역별로 처리시설은 광양만, 시화호·인천연안, 부산연안이 각각 23개, 17개, 14개로 많은 편이며 울산연안은 2개에 불과하다. 현재 마산만과 시화호·인천연안의 총 하수처리용량이 각각 1,970,770 m^3 /일 1,781,618 m^3 /일로 가장 크다. 또한 광양만을 제외하고는 개별 시설 용량이 100,000 m^3 /일 이상의 대규모 시설이 대부분이다.⁷⁷⁾ 특별관리해역의 생활계인구 당 처리용량은 평균 0.56 m^3 /일/인이며, 마산만 해역의 용량이 0.67 m^3 /일/인으로 가장 크다. 다음으로 시화호·인천연안, 울산연안, 부산연안의 순이며 광양만이 0.40 m^3 /일/인으로 가장 작다. 그러나 공공수역 방류시설의 생활계 인구 당 처리용량(m^3 /일/인)은 울산연안이 0.79 m^3 /일/인으로 가장 크며 다음으로 마산만(0.69 m^3 /일/인), 시화호·인천연안(0.65 m^3 /일/인), 부산연안(0.56 m^3 /일/인), 광양만(0.49 m^3 /일/인)의 순서이다. 한편 해역별로 공공하수처리시설의 가동률이 100%를 초과하는 시설이 다수 있어 처리용량의 관리가 필요한 것으로 판단된다.

⁷⁷⁾ 해역별 시설 평균처리용량(m^3 /일/개) : 광양만(3,530), 마산만(114,168), 부산연안(140,769), 울산연안(200,000), 시화호·인천연안(104,801).

〈표 3-2〉 특별관리해역 공공하수처리시설 가동률 초과 현황

해역	시설명	방류수역	용량(㎥/일)			가동률(%)	방류수기준 적용지역분
			시설용량	평균유입량	평균배출량		
광양만	광양하수종말처리장	남해	24,000	27194.6	19,941.0	113.3	4
	전도마을하수도	주교천	110	111.1	111.1	101.0	3
마산만	진해하수종말처리장	남해	60,000	61816.96	54595.71	100	4
	우도마을 물재생센터	남해	40	14.67	14.67	100	4
	심리원전마을하수도	남해	100	122.94	122.94	122.1	4
부산	강변하수종말처리장	남해	450,000	411559.14	381503.68	101	4
시화호 · 인천연안	검단하수처리장	서해	40,000	39998.6	39664.8	102.8	4
	안산시 하수종말처리장 (1단계)	서해	385,000	290303.6	277337.3	100	4
	안산시 하수종말처리장 (2단계)	서해	149,000	106480.3	106480.3	100	4
	안산시 하수종말처리장 (대부)	서해	3,000	1501.2	1275.6	100	4
	안산시 불도간이오수처리장	서해	15	12.2	12.2	100	4
	안산시 탄도간이오수처리장	서해	23	18.7	18.7	100	4

자료: 전국오염원조사(국립환경과학원 홈페이지 <https://wems.nier.go.kr/>) 울산연안은 가동율 100% 이상의 공공하수처리시설은 없음

2. 특별관리해역 공공하수처리시설의 오염물질 배출

1) 특별관리해역 공공하수처리시설의 오염물질 배출량

특별관리해역 내 공공처리시설 중에서 방류되는 COD 평균 농도는 11.02mg/L이며, 울산이 12.67mg/L로 가장 높다. 다음으로 마산이 12.52mg/L, 시화호·인천연안이 12.19mg/L, 광양만은 9.14mg/L, 부산연안은 8.56mg/L이다. 평균 총인 수질농도는 약 0.65mg/L이다. 해역별로는 광양이 0.92mg/L, 시화호·인천연안이 0.86mg/L, 마산만이 0.72mg/L, 부산연안 0.41mg/L, 울산연안 0.35mg/L순이다.

유입수 및 배출수의 농도에 따른 하수처리시설의 평균 처리효율은 각각 COD 기준 평균 83.2%, 총인기준 평균 82.8%이다. 고도처리 공정을 도입한 시설의 농도 기준으로 처리효율이 높다. 유사한 고도처리 공정을 갖춘 시설이라 할지라도 시설 용량이 작을수록 처리효율이 높은 편이다. COD 처리효율이 높은 공공처리시설을 갖춘 해역은 광양만(86.1%), 마산만(85.7%), 시화호·인천연안(84.5%)이고, 상대적으로 울산연안(79.8%)과 부산연안(80.0%)의 처리시설의 효율이 낮은 편이다. 총인 처리효율이 높은 시설을 갖춘 해역은 울산연안(86.9%), 마산만(85.7%), 부산연안(82.5%), 시화호·인천연안(81.1%)의 시설이며, 광양만의 시설(77.9%)은 처리효율이 다소 낮은 편이다.

해역내로 방류하는 오염원 처리시설을 경유하여 특별관리해역 해면부로 유입되는 오염물질의 총량은 다음과 같다. COD는 총 40.88톤/일이, 총인은 2.4톤/일이 각각 유입된다. 해역별로는 시화호 인천연안이 매일 17.1톤, 부산연안이 약 13.6톤, 마산만이 5.2톤, 울산연안이 4.3톤, 광양만이 0.5톤이 각각 유입된다. 한편 총인은 약 2.4톤 정도가 매일 관리해역으로 유입되고 있으며, 이중에서 시화호 인천연안이 1.06톤/일, 다음으로 부산

연안이 0.88톤/일, 마산만이 0.29톤/일, 울산연안은 0.15톤/일, 광양만은 0.024톤/일이 유입된다.

<표 3-3> 특별관리해역 환경기초시설의 오염물질 배출 특성 78)

해역명		배출 농도								배출 부하							
		항목(mg/L)				처리효율(%)				항목(kg/일)				처리효율(%)			
		BOD	COD	T-N	T-P	BOD	COD	T-N	T-P	BOD	COD	T-N	T-P	BOD	COD	T-N	T-P
광양만	평균	4.72	9.14	9.07	0.92	94.64	85.34	66.71	75.53	-	-	-	-	94.72	85.80	67.39	75.91
	계	-	-	-	-	-	-	-	-	184.1	481.6	414.9	24.4	-	-	-	-
마산만	평균	5.20	12.52	13.99	0.72	95.67	83.92	60.11	84.43					95.73	84.22	61.15	84.63
	계									1777.97	5158.30	5723.89	292.99				
부산연안	평균	2.68	8.56	8.60	0.41	90.85	80.71	69.73	83.55					90.85	80.71	69.73	83.55
	계									4275.4	13833.6	13550.5	882.6				
울산연안	평균	3.12	12.67	12.46	0.35	96.17	79.81	55.94	86.94					96.21	80.03	56.43	87.09
	계									1041.8	4329.7	4047.1	145.2				
시화인천	평균	4.23	12.19	11.60	0.86	96.45	85.59	71.47	82.66					96.67	86.57	73.42	83.82
	계									7122.6	17077.4	15114.7	1061.8				
특별관리 해역	평균	3.99	11.02	11.14	0.65	94.76	83.07	64.79	82.62					94.84	83.47	65.62	83.00
	계									14,401.9	40,880.6	38,851.1	2,407.0				

자료: 2018년 기준 전국오염원조사자료(환경부, 2020)

78) 2018년 마산만 소재 창원(덕동) 하수처리장과 진해 하수처리장의 방류수 수질기준에 대한 평가수질(자료: 마산만 특별관리해역 연안오염총량관리 2018년 이행평가(창원시))

처리시설	COD				TN				TP			
	평균 (mg/L)	95분위수 (mg/L)	표준편차 (mg/L)	자료수 (개)	평균 (mg/L)	95분위수 (mg/L)	표준편차 (mg/L)	자료수 (개)	평균 (mg/L)	95분위수 (mg/L)	표준편차 (mg/L)	자료수 (개)
덕동	13.6	15.6	1.5	18	13.4	19.6	3.9	18	1.0	1.6	0.5	18
진해	12.9	14.8	1.4	17	17.4	20.3	2.4	17	0.3	0.5	0.1	17

〈표 3-4〉 특별관리해역 해역수질 현황

구분	COD			TN			TP		
	평균 (mg/L)	표준편차 (mg/L)	자료수 (개)	평균 (mg/L)	표준편차 (mg/L)	자료수 (개)	평균 (mg/L)	표준편차 (mg/L)	자료수 (개)
광양만	1.76	0.59	96	0.25	0.06	96	0.04	0.01	96
마산만	2.37	0.88	168	0.35	0.20	168	0.05	0.02	168
부산연안	1.84	0.86	248	0.35	0.28	248	0.03	0.02	248
울산연안	1.45	0.61	152	0.26	0.12	152	0.03	0.01	152
시화호-인천연안	2.12	0.60	240	0.53	0.30	240	0.06	0.03	240

자료: 해양환경측정망(2018년)

2) 특별관리해역 공공하수처리시설 배출특성 및 관리여건

(1) 해역 유입 점오염원의 배출 특성

현재 특별관리해역 공공하수처리시설의 방류수는 「하수도법」 시행규칙 별표1에 따른 수질기준을 준수하는 편이다.⁷⁹⁾ 그러나 COD, 총인, 총질소 등의 방류수에 함유된 오염물질은 해역의 평균농도보다 최소 4.7배부터 47.9배 높은 농도로 배출되고 있다. 울산연안의 COD 방류 농도는 울산연안 해역 평균 농도보다 8.6배로 가장 높으며, 부산연안 처리시설 방류농도와 해역 평균농도의 비는 4.7배로 가장 낮은 편이다. 총인은 광양만의 비율이 24.2배로 높고 울산연안이 12.5배로 가장 낮다. 한편 총질소 농도의 비율은 울산연안이 47.9배로 가장 높고 가장 낮은 시화호-인천연안이 21.9배로 해역 상태와 비교하여 고농도 오염물질을 함유하는 공공하수처리시설의 방류수가 해역으로 유입되고 있는 실정이다.

해양수산부는 “「해양환경 보전 및 활용에 관한 법률」 제13조제1항에 따른 해양환경기준의 유지가 곤란한 해역 또는 해양환경 및 생태계의 보전에 현저한 장애가 있거나 장애가 발생할 우려가 있는 5개 지역(마산만, 광양만, 인천연안·시화호, 부산연안, 울산연안)과 이 지역의 해양 오염에 영향을 미치는 육지를 포함하여 「해양환경관리법」 제15조제1항제2호에 따라 특별관리해역으로 지정하였다.⁸⁰⁾

79) 공공하수처리시설 방류수 수질기준(~20.12.31) (21.1.1월부터 COD는 TOC로 대체함)

규모	지역	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	총대장균군수 (개/mL)
500㎡/일 이상	I 지역		5	20	15	10	20	0.2	3,000
	II 지역		5	20	15	10	20	0.2	
	III 지역		10	40	25	10	20	0.5	
	IV 지역		10	40	25	10	20	2	
500~50㎡/일			10	40	25	10	20	2	
50㎡/일 미만			10	40	25	10	40	4	

마산만은 생활계 오염원의 98.63%가 공공하수종말처리시설 등으로 유입되어 처리된다. 또한 산업계 오염원은 총 740개의 폐수배출시설 중에서 399개 시설은 공공하수처리시설로 연계 처리되며 291개 시설은 위탁 처리되고 있어 마산만으로 직접 배출하는 시설이 아니다. 나머지 50개 시설에서 총 1,885㎥/일의 폐수를 마산만으로 배출하고 있으나 시설별 평균 배출 규모가 약 37.7 ㎥/일로 「물환경보전법」에 따른 제5종 폐수배출시설에 해당한다. 따라서 「해양환경관리법 시행령」 제10조에 따른 해양배출 관리대상인 1,000㎥/일 이상의 배출시설에 해당하지 않는다.

부산연안 역시 생활계 오염원의 99.42%가 공공하수처리시설에서 처리되고 있다. 산업계 시설은 총 2,598개인데, 이중에서 1,217개 시설은 부산연안에 위치하는 하수공공처리시설 13개소로 연계 처리된다. 한편 1,156개 시설에서 발생하는 폐수는 위탁 처리되어 해역 내로 배출되는 오염물질은 없다. 나머지 221개 시설에서 총 20,007㎥/일의 폐수를 배출(시설당 평균 배출유량 90.5㎥/일)하는데 대부분 「물환경보전법」에 따른 제4종 이하 시설로서 「해양환경관리법」의 관리대상인 1,000㎥/일 이상의 시설에 해당하지 않는다.

울산연안은 약 99.40%의 생활계오염원이 공공하수처리시설에서 처리되고 있다. 울산연안에는 총 635개의 산업계 배출시설이 있는데 이중에서 394개 시설의 폐수는 온산하수처리장, 용연하수처리장, 울산방어진수질개선사업소, 용암폐수처리장으로 연계처리된다. 184개 시설 폐수(11,126㎥/일)는 위탁 처리되어 해역으로 배출되는 방류수는 없다. 나머지 57개 사업장의 폐수(168,312㎥/일)는 해역 내로 방류(총 162,695㎥/일)되는데, 시설별 평균 방류유량(2,854.2㎥/일)이 「물환경보전법」에 따른 제1종 이상 배출시설이다. 따라서 「해양환경관리법」 시행령 제10조에 따른 일정규모

80) 해양수산부고시 제2000-3호, 2000.2.14., (환경보전해역 및 특별관리해역의 지정) 참조.

(1,000㎥/일) 이상의 시설에 해당하므로 「해양환경관리법」 시행령 제10조 제5항에 따라 배출에 관한 사항을 고시하여야 한다.

인천연안·시화호는 생활계 오염원의 약 95.70%가 공공하수처리시설에서 배출되고, 4.3%에 해당하는 약 98,244명의 하수는 정화조 등의 처리시설에서 처리되어 배출된다. 총 4,063개소의 산업계 배출시설 중에서 2,108개 시설은 총 18개 공공하수처리시설로 연계처리되고 있다. 한편 1,469개 사업장의 폐수(16,225㎥/일)는 위탁 처리되고 있으며 나머지 480개 시설은 개별 처리되어 해역으로 총 26,996㎥/일 정도가 배출된다.

480개 시설의 평균 시설별 배출유량은 56.24㎥/일로서 「물환경보전법」 제4종~제5종 규모의 소규모 배출시설에 해당한다. 인천연안·시화호의 생활계 오염원은 약 93.08%가 공공하수처리시설에서 처리되어 배출되고, 약 7%가 배출하는 하수는 정화조 등의 처리시설에서 처리되어 해역으로 배출된다. 이 중에서 442개의 산업계 배출시설 중에서 202개소는 10개 공공하수처리시설로 연계처리된다. 나머지 113개 시설의 폐수(13,008㎥/일)는 위탁 처리되고 있으며, 나머지 119개 시설의 폐수는 개별 처리되어 해역으로 총 40,248㎥/일을 배출한다⁸¹⁾. 광양만 특별관리해역의 시설별 평균 배출유량은 338.2㎥/일로 「물환경보전법」의 4종 시설에 해당한다.

「해양환경관리법」에 따라 특별관리해역의 해양환경 관리를 위해 일정 규모 이상의 폐수를 해역으로 배출하는 시설은 배출시설 설치에 관한 제한을 받는데, 해당 시설 중에서 공공하수처리시설로 유입하는 시설이나 또는 해당 지역에 적용되는 관련 법령에 적용되는 시설은 방류수 수질기준 이하로 배출할 수 있다.⁸²⁾ 시설 설치 제한에 관한 대상, 내용, 기간은 관계 중앙행정기관의 장과 협의해야 한다.⁸³⁾ 요약하면, 특별관리해역으로 유입되는 오

81) 배출 시설 9개소는 광양만 관리범위 이외인 섬진강으로 배출함.

82) 「해양환경관리법」 시행령 제10조(환경관리해역의 시설 설치 제한)제4항제1호.

83) 「해양환경관리법」 시행령 제10조제5항.

오염물질의 배출 관리 대상 시설은 크게 ‘일정이상 규모의 배출시설’이거나 ‘관계 법령에 적용되는 방류수 수질기준 이하 배출시설’로 한정할 수 있다.

특별관리해역 5개소에서 배출되는 오염원은 대부분 생활계 및 산업계 오염원이다. 전체적으로 생활계 오염원의 약 95%가 공공하수처리시설에서 처리되어 배출된다. 산업계에서 배출되는 오염물질 역시 공공하수처리시설로 연계처리되거나 위탁처리되고 있다. 또한 일부를 직접 해양 배출하는 시설은 소규모 배출시설로 「해양환경관리법」 관리대상 배출시설이 아니다. 즉 특별관리해역으로 유입되는 생활계 혹은 산업계 오염물질에 대한 관리는 공공하수처리시설에서 배출하는 오염물질의 관리라고 할 수 있다.

(2) 공공하수처리시설의 오염원 전망

2020년 기준으로 특별관리해역 5개소에 총 12건의 대규모 개발계획(계획 면적: 77.32km²)이 예정되어 있다. 계획에 따라 약 72.64km²의 대지가 증가되는데, 이 지역이 하수처리구역으로 지정되고 하수가 공공하수처리시설로 유입되어 처리될 경우에 COD 부하는 약 2,091kg/일, 총인 부하는 93kg/일의 부하가 추가로 유입될 것으로 전망된다(해양수산부, 2021). 특히 광양만과 울산연안 특별관리해역은 각각 3,520.8m³/일과 45,305.0m³/일의 추가적인 하수처리 용량을 확보해야 한다.

광양만 특별관리해역의 광양개발지구와 울촌개발지구의 하수는 각각 광양중앙하수종말처리장(광양시 중동 소재, 가동률 100%)과 광양하수종말처리장(광양시 광양읍 세풍리 소재, 가동률 99.8%)의 처리구역에 속한다. 그러나 광양중앙하수종말처리장은 현재 가동률이 100%이고 광양하수종말처리장은 현재 가동률이 99.8%에 달하여 새로운 시설의 건설 혹은 확장이 필요하다. 한편 광양만의 하동개발지구는 하동하수종말처리장(하동읍 신기리 소재)의 가동률이 84.2%(용량 7,500m³/일)로 개발에 따른 생활계 부하를 처리할 수 있으나, 개발지역과 처리장이 5km 이상 떨어진 지역으로 중계

펌프장의 건설이 필요한 상황이다.

울산연안 특별관리해역은 시가화 용지가 추가됨에 따라 신규 시가화지구의 하수는 온산하수종말처리장(울주군 온산읍 당월리 소재, 처리용량 150,000m³/일)과 용연하수종말처리장(남구 황성동 소재, 처리용량 250,000m³/일)에서 처리해야 한다. 그러나 현재 처리시설 가동률이 각각 91.29%, 94.26% 정도로서 향후 약 50,000m³/일 규모의 처리시설 확장이 필요한 상황이다.

〈표 3-5〉 특별관리해역의 주요 개발사업에 따른 처리 여건 전망

해역	개발 면적 (km ²)	대지면적 증가		생활계 오염원 증가		유량증가(m ³ /일)				배출농도 (mg/L)		배출부하증가 (kg/일)		하수시설 미동용량 (m ³ /일) (B)	처리 용량 수요 (A-B)
		비율	면적	비율	인구	발생		배출		COD	T-P	COD	T-P		
						비율	유량 (A)	비율	유량						
계	77	-	73	-	334,491	-	185,073	-	178,558	-	-	2,091	93	1,161,729	-
광양	32.08	1	32.08	1,676	53,769.5	0.39	20,806.6	0.33	17,933.9	6.8	0.84	122.0	15.1	17,285.8	-3,520.8
마산	9.06	1	9.06	9,726	88,118.5	0.48	42,566.8	0.47	41,566.1	11.38	0.68	473.0	28.3	172,421.0	129,854.2
부산	1.53	0.1	0.153	15,360	2,350.0	0.44	1,039.2	0.41	966.7	8.56	0.41	8.3	0.4	405,220.0	404,180.8
울산	28.05	1	28.05	5,554	155,802.0	0.67	104,743.3	0.66	103,601.8	12.67	0.35	1312.6	36.3	58,438.3	-46,305.0
시화 인천	6.6	0.5	3.3	10,440	34,450.8	0.46	15,916.9	0.42	14,489.3	12.12	0.918	175.6	13.3	508,364.0	492,447.1

분석 대상 개발계획: 광양만: 광양, 울촌, 화양, 경도, 마산만: 공동주택, 택지조성, 기타, 부산: 북항재개발, 도시정비, 울산: 시가용지 추가, 시화호인천연안: 미단 시
티, 개항창조 도시재생(해양수산부(2020) 발체)

(3) 특별관리해역 공공하수처리시설 관리여건

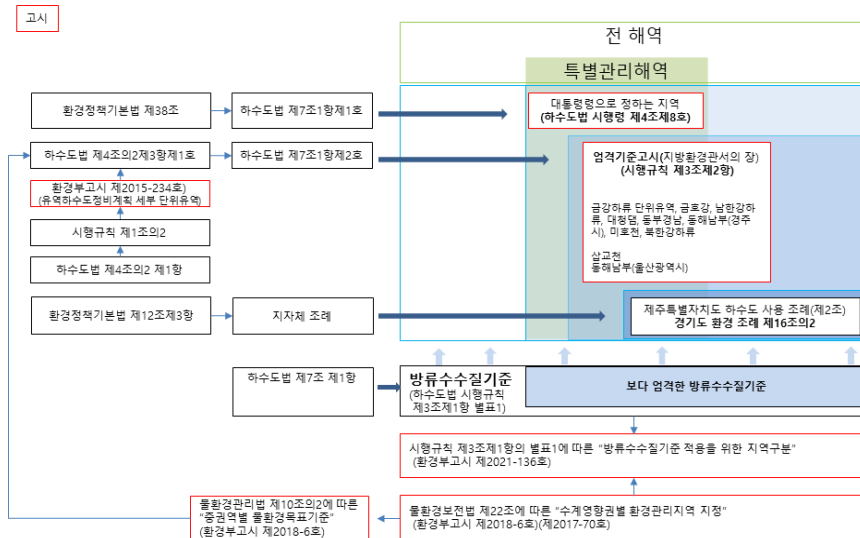
공공하수처리시설로 유입되어 처리되는 오염물질은 「하수도법」에 따라 방류수 수질기준 이하로 배출해야 한다. 「하수도법」 제7조에 따라 공공하수처리시설의 방류수 수질기준⁸⁴⁾은 크게 7개의 지표·항목, 배출 규모, 배출규모 500㎥/일 이상 시설의 지역구분으로 구성되어 있다. 현재 특별관리해역에 입지한 공공하수처리시설은 대부분 500㎥/일 이상의 시설이므로 지역구분을 적용받는다.

또한 특별관리해역은〈그림 3-1〉과 같이 「하수도법」 제7조제1항제1호 및 같은법 시행령 제4조제8호에 따라 엄격한 기준이 필요한 지역으로 지정할 수 있는 곳이다. 같은법 제7조제1항제2호에 따라 유역하수도정비기본계획 권역 중에서 권역별 수질관리 목표를 효율적으로 달성하기 위해 엄격한 방류수 기준의 설정이 필요한 지역이기도 하다. 또한 「환경정책기본법」 제12조제3항에 따라 특별시·광역시·특별자치시·도·특별자치도는 보다 엄격한 방류수 기준을 조례로서 설정할 수 있다.⁸⁵⁾

84) 「하수도법」 시행규칙 제1항제1호의 별표1.

85) 울산연안 특별관리해역과 광양만 특별관리해역은 「환경정책기본법」 제38조제1항에 따른 대기보전특별대책지역으로 지정된 지역이기도 함(환경부고시 제2018-23호, 2018.2.9.).

〈그림 3-1〉 특별관리해역의 엄격한 방류수 수질기준 설정 체계



자료: 저자 작성

제2절 특별관리해역 방류수수질기준 강화 현안과 개선방안

1. 특별관리해역 방류수수질기준 강화 현안

특별관리해역의 해역수질 개선과 유지 정책과 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 정책을 효과적으로 연계하기 위한 방안으로 크게 5가지 방안을 제시할 수 있다. 5개의 방안은 구체적으로 다음과 같다. 「물환경보전법」의 중권역의 목표기준을 재설정하는 방안, 「하수도법」의 방류수 수질기준 지역구분을 재설정하는 방안, 방류수 수질기준 관리지표 항목의 등급 조정 방안, 시설별 엄격한 방류수 수질기준의 설정 방안, 유역하수도정비계획의 연계 방안 등이 있다. 다음에서 각 방안을 적용하는 데 있어 고려해야 하는 현안을 정리한다.

1) 물환경 목표의 달성을 위한 「하수도법」 지역구분 설정 현안

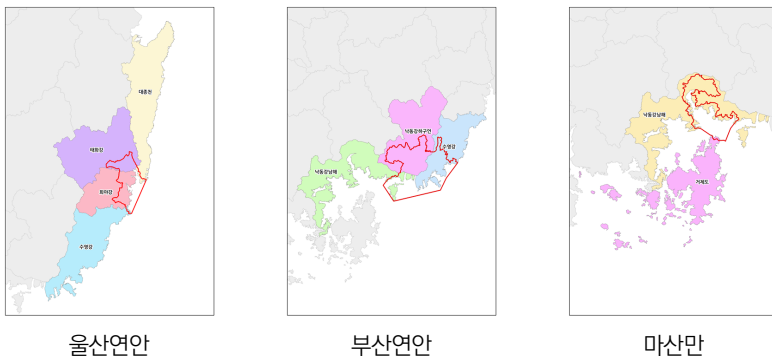
특별관리해역의 방류수 수질기준을 강화하기 위한 방안을 마련하기 위해 「물환경보전법」의 중권역 목표기준 재설정을 먼저 검토해야 한다. 그 이유는 우리나라 하수도정책의 추진목적이 「물환경보전법」에서 설정하는 ‘대·중권역의 수질관리 목표를 달성하기 위하여 권역별로 생활계 및 산업계 오염부하의 저감을 최적화’하기 위함이기 때문이다. 이러한 정책 목적을 달성하기 위하여 먼저 공공하수처리시설의 방류수 수질기준을 권역의 목표기준 달성을 위한 규제기준으로 설정하고, 다음으로 개별 시설의 오염부하 저감을 위한 처리시설의 설치·공법선정·운영 분야를 최적화하고자 노력하고 있다.

우리나라에는 총 112개의 중권역이 지정되어 있다. 이중에서 특별관리해역별에 포함되는 중권역은 총 15개로 <그림 3-2>와 같다.⁸⁶⁾ 울산연안

특별관리해역은 4개 중권역(태화강, 회야강, 수영강, 대중천 중권역), 부산 연안 특별관리해역은 3개 중권역(낙동강하구연, 수영강, 낙동강남해 중권역), 마산만은 2개 중권역(낙동강남해, 거제도 중권역), 광양만은 5개 중권역(가화천, 남해도, 섬진강하류, 이사천, 수어천 중권역), 시화호·인천연안은 3개 중권역(시화호, 한강고양, 한강서해 중권역)을 포함한다.

특별관리해역에 포함된 중권역 중에서 약간 나쁨(IV) 등급으로 설정된 시화호 중권역을 제외한 대부분은 보통(III) 등급부터 좋음(Ib) 등급으로 목표기준이 설정되어 있다(〈표 3-6〉 참조). 보통(III) 등급으로 설정된 중권역은 울산의 회야강, 시화·인천 특별관리해역의 한강고양 중권역이다. II(약간 좋음) 등급은 울산의 태화강, 시화호·인천의 한강서해 중권역에 지정되어 있다. 광양만의 이사천과 수어천은 아주 좋음(Ia) 등급으로 지정되어 있으며 나머지 8개의 중권역은 좋음(Ib) 등급으로 지정되어 있다. 한편 「하수도법」에 따른 공공처리시설의 방류수 수질기준 지역구분은 낙동강하구연(2 지역구분), 섬진강하류(3 지역구분), 한강고양(3 지역구분)을 제외한 총 12개 중권역이 4 지역구분으로 지정되어 있다.

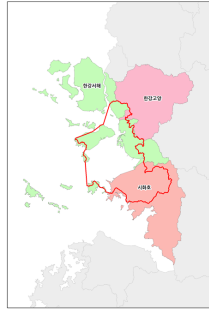
〈그림 3-2〉 특별관리해역에 포함된 중권역



86) 수영강 중권역은 부산연안과 울산연안 특별관리해역에, 낙동강남해 중권역은 부산연안과 마산만 특별관리해역에 중복으로 포함됨.



광양만



시화호·인천연안

자료 : 저자 작성

제2장에서 설명한 바와 같이 중권역의 물환경보전을 위한 「하수도법」의 지역구분은 중권역의 물환경 목표기준 평가 결과에 따라 목표를 달성하는 중권역은 3지역구분으로, 미달성하는 권역은 2지역구분으로 설정하는 것이 일반적이다. 특별관리해역이 포함된 15개 중권역 중에서 9개 중권역인 수영강, 대중천, 낙동강하구연, 낙동강남해, 거제도, 남해도, 섬진강하류, 이사천, 수어천, 한강서해 중권역은 「물환경보전법」의 중권역 목표기준을 달성하지 못하기 때문에 「하수도법」에 따른 방류수 수질기준을 2지역구분으로 조정하는 방안도 고려할 수 있다.

〈표 3-6〉 특별관리해역 중권역별 목표기준 및 지역구분

구분	중권역					하수도법에 따른 지역 구분
	중권역명	물환경 목표기준				
		등급	BOD (mg/L)	TOC (mg/L)	총인(mg/L)	
울산연안	태화강	II	30이하	40이하	0.10이하	4
	회야강	III	50이하	50이하	0.20이하	4
	수영강	Ib	20이하	30이하	0.040이하	4
	대중천	Ib	20이하	30이하	0.040이하	4

구분	중권역					하수도법에 따른 지역 구분
	중권역명	물환경 목표기준				
		등급	BOD (mg/L)	TOC (mg/L)	총인(mg/L)	
부산연안	낙동강하구연	lb	2이하	3이하	0.04이하	2
	수영강	lb	2이하	3이하	0.04이하	4
	낙동강남해	lb	2이하	3이하	0.04이하	4
마산만	거제도	lb	2이하	3이하	0.04이하	4
	낙동강남해	lb	2이하	3이하	0.04이하	4
광양만	가화천	lb	2이하	3이하	0.04이하	4
	남해도	lb	2이하	3이하	0.04이하	4
	섬진강하류	lb	2이하	3이하	0.04이하	3
	이사천	la	1이하	2이하	0.02이하	4
	수어천	la	1이하	2이하	0.02이하	4
시화, 인천	한강고양	III	5이하	5이하	0.2이하	3
	한강서해	II	3이하	4이하	0.1이하	4
	시화호	IV	8이하	6이하	0.3이하	4

자료 : 환경기준(「환경정책기본법」 시행령 제2조 별표1), 수계영향권별 환경관리지역 지정 고시(환경부고시 제2018-6호(2018.1.18.)), 방류수 수질기준 적용을 위한 지역구분(환경부고시 제2018-23호 (2018.2.9.)) 등을 발췌하여 재정리

특별관리해역 중에서 COD과 총인을 대상으로 연안오염총량관리제도를 시행중인 시화호, 부산연안, 마산만 특별관리해역에 대하여 매년 실시하는 목표에 대한 평가결과에 따르면 현재 COD 및 총인의 목표기준을 미달성하는 경우가 빈번하다. 따라서 해역의 목표기준을 미달성하는 특별관리해역에 대하여는 「하수도법」 지역구분을 2지역구분으로 조정하는 방안을 검토할 수 있다.

전술한 바와 같이 지역구분을 상향하는 방안은 특별관리해역에 포함된 중권역의 물환경 목표기준의 달성도 평가결과⁸⁷⁾에 따른다. 특별관리해역

에 포함된 대부분의 중권역 역시 「물환경보전법」에서 정한 ‘물환경 목표기준’을 달성하지 못하고 있어 규제기준인 「하수도법」의 방류수 수질기준에 따른 지역구분을 상향해야 하는 상황이다(〈표 3-8〉 참조). 특히 생물화학 적산소요구량 항목에 비해 상대적으로 총인 지표 항목의 목표기준 미달성이 뚜렷하며, 평가결과는 매년 미달성을 반복하고 있다. 이에 따라 목표기준 미달성 중권역은 목표기준을 재설정하거나 혹은 「하수도법」의 지역구분을 2지역구분으로 조정하는 방안을 검토해야 하는 상황이다.

2007년과 2018년의 중권역 목표기준의 설정·고시 내용을 살펴보면 특별관리해역 15개소의 물환경 목표기준이 설정된 중권역 중에서 울산연안, 부산연안, 마산만 연안에 포함되는 대중천중권역이 2007년 보통(III등급)에서 2018년 좋음(Ib등급)으로, 낙동강남해중권역이 2007년 약간나쁨(IV등급)에서 2018년 좋음(Ib등급)으로 강화되었다. 현재 특별관리해역의 9개 중권역이 목표기준을 달성하지 못하는 상황에서 달성가능한 수준으로 하향하는 방안도 고려할 수 있지만, 물환경 관리에 적용되는 ‘악화 방지(anti-degradation policy)’ 원칙에 저촉된다는 문제제기가 있을 수 있다.

87) 「물환경보전법」 제10조의2와 ‘물환경 목표기준 평가규정(환경부 고시 제2022-287호, 2023.1.2.)’에 따라 매년 실시하고 환경부 공고로 국민에게 알림.

〈표 3-7〉 특별관리해역 중권역 목표기준의 조정사례

구분	중권역 목표기준		
	중권역명	2018*	2007**
울산연안	태화강	II	좌동
	회야강	III	좌동
	수영강	Ib	좌동
	대종천	Ib	III
부산연안	낙동강하구연	Ib	좌동
	수영강	Ib	좌동
	낙동강남해	Ib	IV
마산만	거제도	Ib	좌동
	낙동강남해	Ib	IV
광양만	가화천	Ib	좌동
	남해도	Ib	좌동
	섬진강하류	Ib	좌동
	이사천	Ia	좌동
	수어천	Ia	좌동
시화, 인천	한강고양	III	좌동
	한강서해	II	좌동
	시화호	IV	좌동

자료 : 수계영향권별 환경관리지역 지정 고시(환경부고시 제2018-6호(2018.1.18.)) 및 중권역별 수질 및 수생태계 목표기준과 달성기간(환경부고시 제2006.1.10.) 발췌 재정리

<표 3-8> 특별관리해역에 포함된 중권역의 물환경 목표기준 평가 결과('21~'23)

특별관리 해역	중권역	목표 기준	2023년				2022년				2021년			
			BOD		TP		BOD		TP		BOD		TP	
			오염도	등급	오염도	등급	오염도	등급	오염도	등급	오염도	등급	오염도	등급
울산연안	태화강	II	1.5	Ib	0.06	II	1.6	Ib	0.058	II	1.7	Ib	0.067	II
	회야강	III	2.0	Ib	0.043	II	1.8	Ib	0.055	II	1.8	Ib	0.036	Ib
	수영강	Ib	1.6	Ib	0.231	IV*	1.7	Ib	0.217	IV*	2.4	II*	0.169	III*
	대종천	Ib	0.7	Ia	0.049	II*	0.5	Ia	0.035	Ib	0.4	Ia	0.036	Ib
부산연안	낙동강하구연	Ib	1.4	Ib	0.05	II*	1.9	Ib	0.039	Ib	1.9	Ib	0.040	Ib
	수영강	Ib	1.6	Ib	0.231	IV*	1.7	Ib	0.217	IV*	2.4	II*	0.169	III*
	낙동강남해	Ib	0.4	Ia	0.043	II*	0.5	Ia	0.039	Ib	0.7	Ia	0.022	Ib
마산만	거제도	Ib	1.0	Ia	0.064	II*	1.6	Ib	0.069	II*	1.2	Ib	0.050	II*
	낙동강남해	Ib	0.4	Ia	0.043	II*	0.5	Ia	0.039	Ib	0.7	Ia	0.022	Ib
광양만	남해도	Ib	0.4	Ia	0.067	II*	0.8	Ia	0.090	II*	0.5	Ia	0.058	II*
	섬진강하류	Ib	0.6	Ia	0.044	II*	1.2	Ib	0.060	II*	1.0	Ia	0.051	II*
	이사천	Ia	3.5	III*	0.442	V*	5.6	IV*	0.647	VI*	3.6	III*	0.279	IV*
	수어천	Ia	0.7	Ia	0.079	II*	1.1	Ib*	0.099	II*	0.7	Ia	0.066	II*
시화호 인천연안	한강고양	III	1.8	Ib	0.135	III	1.4	Ib	0.108	III	2.1	II	0.130	III
	한강서해	II	1.9	Ib	0.17	III*	1.4	Ib	0.181	III*	3.4	III*	0.143	III*
	시화호	IV	3.3	III	0.183	III	2.7	II	0.193	III	4.3	III	0.214	IV

자료 : 2023년 전국 물환경 목표기준 평가 결과(환경부공고 제2024-215호), 2022년 전국 물환경 목표기준 평가 결과(환경부공고 제2023-169호), 2021년 전국 물환경 목표기준 평가 결과(환경부공고 제2022-423호) 발췌 재정리

2) 「하수도법」의 지역구분 설정과 공공하수처리시설 운영의 현안

우리나라는 물환경 보전 및 관리를 위해 중권역별로 설정된 물환경 목표 기준의 달성 여부에 따라 매일 500㎥/일 이상을 방류하는 공공하수처리시설을 대상으로 「하수도법」에 의해 4개의 지역구분을 하고 있다. 특별관리해역의 목표기준과 중권역의 목표기준을 안정적으로 달성하기 위해 특별관리해역에 지정된 4지역구분을 2지역구분으로 상향한다면 관리대상 오염물질의 해역 유입을 효과적으로 저감할 수 있다. 예를 들어 특별관리해역의 00공공하수처리시설에 대한 지역구분을 현행 4지역구분에서 3지역구분으로 상향할 경우에는 해역으로 유입되는 총인 부하량의 약 50%를, 처리장의 운영평가 기준으로는 약 70%를 각각 삭감할 수 있다. 2지역구분으로 상향할 경우에는 총인부하량을 평균 약 70% 정도를, 운영평가 기준 대비 약 80%의 부하량을 각각 삭감할 수 있다.

〈표 3-9〉 00 공공하수처리시설 지역구분 조정에 따른 삭감효과 분석(2018년 기준)

총인	현재(2018년기준)			3지역 적용		2지역 적용	
	평균	95%분위수		평균	95%분위수	평균	95%분위수
배출농도 (mg/L)	0.954	1.632	방류수 수질기준 (mg/L)	0.5		0.3	
배출부하량 (kg/일)	318.8	545.3	부하 증감 (kg/일)	-151.7	-378.3	-218.5	-445.1
평균 유량 (㎥/일)	334,156		평균 유량 (㎥/일)	334,156			
자료수 (N)	18		자료수 (N)	18			

자료: 저자 작성

그러나 특별관리해역의 지역구분을 상향하는 방안을 고려할 경우에는 다음과 같은 문제를 함께 고려해야 한다. 00공공하수처리시설의 5년간 일평균 방류수 농도자료를 활용하여 2024년 1월부터 실시 중인 ‘공공하수처리

시설 평가' 방법⁸⁸⁾을 적용해 시설의 방류수 수질기준 준수에 관한 운영평가를 실시하였다. 2017년부터 2021년까지 총인항목은 4지역구분의 방류수 수질기준을 초과하는 경우가 거의 없다. 그러나 3지역구분 방류수 수질기준을 적용하면 1년 중 10% 이상(30일 이상)이 운영부적절로 평가된다. 2지역구분으로 상향할 경우에는 연중 50% 이상(최소 100일)이 운영 부적절로 평가되기 때문에 적용가능한 현실적인 방안으로 평가하기 어렵다.

따라서 「하수도법」의 지역구분을 상향하는 방법은 단기적으로 적용하기는 어려운 방안이다. 특별관리해역 중에서 공공하수처리시설의 시설용량을 확충해야 할 필요성이 큰 시설과 시설을 준공한 이후 30년 이상 경과한 시설로서 개량과 보수가 시급한 시설을 대상으로 방안의 적용을 검토할 수 있다. 다만 이 경우 시설확충, 처리공법 선정 등의 재원 지원에 관한 여건 역시 함께 고려해야 한다.

〈표 3-10〉 00 공공하수처리시설 방류수 수질기준 초과 분석('17~'21년)

총인 방류수수질기준 (500 m ³ /일 이상)		방류수 수질기준 초과 (총인(T-P)(mg/L))					
		연도	2017	2018	2019	2020	2021
I	0.2 이하	초과일수	365	362	328	207	228
		초과비율(%)	100	99.2	89.9	56.7	62.5
II	0.3 이하	초과일수	365	341	287	114	160
		초과비율(%)	100	93.4	78.6	31.2	43.8
III	0.5 이하	초과일수	341	265	188	36	81
		초과비율(%)	93.4	72.6	51.5	9.9	22.2
IV	2 이하	초과일수	1	0	0	0	0
		초과비율(%)	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0

자료: 저자 작성

88) 환경부보도자료(24.1.1) (<https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156608694>)

3) 총인 지표 항목의 「하수도법」 지역구분 현안

총인 지표 항목은 방류수 수질기준의 관리지표 항목의 하나이다. 또한 「물환경보전법」 중권역 목표기준의 설정 및 목표기준 달성도 평가 항목이며 특별관리해역 연안오염총량관리 관리대상오염물질 항목으로서 이행평가 항목이기도 하다. 따라서 총인 지표 항목은 특별관리해역 공공처리시설의 방류수 수질기준 강화 방안을 검토하면서 가장 먼저 살펴봐야 하는 지표 항목이라 할 수 있다.

「환경정책기본법」의 하천과 호소의 생활환경기준으로서의 총인 지표 항목과 「하수도법」 지역구분에 따른 방류수 수질기준의 총인 지표 항목은 <표 3-11>과 같다. 보통등급(III등급)의 호소 생활환경기준으로서의 총인 지표 항목은 농도 0.05mg/L이하이지만, 보통등급의 하천 생활환경기준으로서의 농도 0.2mg/L이하로 4배 정도 높다. 같은법의 하천과 호소의 생활환경기준으로서 보통등급의 의미는 “오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 일반 생태계로 여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등 고도의 정수처리 후 생활용수로 이용하거나 일반적 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있는 상태”로서 동일하다. 하지만 우리나라 하천과 호소가 가지고 있는 ‘생물지구수리화학적 특성(biogeophysiochemical process)’이 서로 다른 특성을 보유하고 있기 때문에 동일한 등급이라 할지라도 수역의 특성별로 서로 다른 기준의 수치값을 적용하는 것이다.

총 7개 지표 항목으로 제시되는 방류수 수질기준 중에서 부유물질 항목과 생태독성 지표 항목은 지역구분과 상관없이 단일한 수치로 기준이 설정되어 있다(<표 2-6> 참조). 다른 지표 항목과는 달리 총인 지표 항목은 지역구분에 따라 지역구분별 농도 수치가 차등적으로 설정되어 있다. 1지역구분은 0.2mg/L이하, 2지역구분은 0.3mg/L이하, 3지역구분은 0.5mg/L이하, 4지역구분은 2.0mg/L이하이다. 3지역과 4지역의 기준값이 4배 정도

차이나는 것이 특징이다.

만약 4지역구분의 총인 2.0mg/L이하 농도의 방류수가 공공수역으로 방류되고 방류 수역에 적용하는 희석계수(10배)를 적용한다면 하천의 수질은 생활환경기준 보통등급(총인 0.02mg/L이하)을 유지할 수 있는 수준이다. 한편 미국의 하천 배출 시설(공공하수처리시설 및 개별 배출시설)의 인허가에 활용하는 3배의 희석계수⁸⁹⁾를 적용하면 0.67mg/L 정도의 하천 수질이 유지되는 것으로 평가할 수 있다. 이 수질은 우리나라 하천이 ‘매우나쁨등급(VI등급)’을 유지하는 수준이며, 용존산소가 거의 없는 오염된 물로 물고기가 살기 어려운 하천 상태를 의미한다.

한편 총인 2.0mg/L이하의 방류수가 호소에 방류되고 희석률 10배를 적용할 경우에는 호소의 수질은 0.2mg/L로 유지된다고 추정할 수 있다. 0.2mg/L의 호소 수질은 우리나라 호소 생활환경기준의 매우나쁨등급(VI등급)에 해당한다. 미국의 호소에 배출하는 시설의 허가기준 산정에 활용하는 희석률 4배를 적용할 경우에는 0.5mg/L의 수질상태가 유지되는 것으로 추정할 수 있고, 이 농도 역시 우리나라 호소 생활환경기준의 ‘매우나쁨등급’으로 일반적인 용수로는 활용할 수 없는 상태이다.

89) 일반적으로 주정부는 하천의 희석률을 갈수기(critical low flows) 농도의 3배 이하를 적용하고 호소의 희석률은 최대 4배, 해양의 희석률은 10배 이하로 적용함(EPA, 2010. 6-22쪽 발체 정리).

〈표 3-11〉 총인 생활환경기준과 방류수 수질기준

등급		총인 환경기준(mg/L)			구분	방류수 수질기준
		해양	호소	하천	지역구분 (500 m ³ /일 이상)	총인(T-P) (mg/L)
매우 좋음	Ia	-	0.01이하	0.02이하	I	0.2 이하
좋음	Ib	-	0.02이하	0.04이하	II	0.3 이하
약간 좋음	II	-	0.03이하	0.1이하	III	0.5 이하
보통	III	-	0.05이하	0.2이하	IV	2 이하
약간 나쁨	IV	-	0.10이하	0.3이하		
나쁨	V	-	0.15이하	0.5이하		
매우 나쁨	VI	-	0.15초과	0.5초과		

자료 : 「환경정책기본법」 시행령 제2조 별표1(2022.12.6.) 및 「하수도법」 시행규칙 별표1 발체 재정리

현재 우리나라 특별관리해역의 총인 농도는 약 0.03mg/L~0.06mg/L 정도이다.⁹⁰⁾ 4지역구분의 공공하수처리시설에서 2mg/L이하 농도의 방류수를 지속적으로 해역으로 유입한다면 현재 수질보다 약 33배~67배 높은 농도의 방류수가 유입된다는 것을 의미한다. 하천과 호소에서 적용한 희석계수 10배를 적용한다고 할지라도 현재 수질보다 약 3배~6배 정도 높은 농도의 방류수가 지속적으로 유입되는 것을 의미한다. 현재 오염된 특별관리해역의 수질을 개선하고자 노력하는 상황에서는 적절한 방류 농도라고 판단하기 어렵다.

연안오염총량관리를 실시하는 마산만을 예로 들면, 마산만의 해역 총인 농도는 2006년 0.048mg/L에서 2021년 0.038mg/L로 낮아졌다. 마산만 연안오염총량관리 관리구역에 위치한 하천 17개⁹¹⁾와 공공하수처리시설 2개(덕동과 진해 공공하수처리시설)에서 유입되는 총인 부하량은 동 기간동안 0.72ton/day에서 0.15ton/day으로 감소하였다(〈표 3-13〉 참조). 총인

90) 본 보고서의 〈표 3-4〉 특별관리해역 해역수질 현황 참조.

91) 17개 하천(수정천, 우산천, 월영천, 장군천, 척산천, 교방천+회원천, 팔용천, 산호천+삼호천, 내동천, 창원천, 남천, 대장천, 두동천, 동천, 구이천+석동천, 신이천, 대천을 말함), 한편 2022년부터 하천 농도 및 부하량 조사를 추가한 '여좌2가' 하천의 자료는 제외함.

유입량이 매년 7.2%씩 저감된 것으로 평가할 수 있다. 한편 동 기간 동안 하천의 총인 유입량은 매년 11.9% 정도 삭감하였고 공공하수처리시설 유입량은 매년 5.6% 정도 삭감하였다.

마산만의 수질은 개선되었으나 연안오염총량관리제의 총인 목표기준 (0.032mg/L)은 달성하지 못하고 있다(〈표 3-12〉 참조). 현재 마산만으로 유입되는 전체 총인 부하량 중에서 공공하수처리시설에서 유입되는 총인 유입량이 전체 유입부하량의 약 72%~92% 정도를 차지하고 있어 마산만 연안오염총량관리의 목표기준을 달성하기 위해서는 공공하수처리시설의 총인 유입량을 우선적으로 관리해야 할 것이다.

〈표 3-12〉 마산만 연안오염총량관리 관리목표 및 총인 농도의 변동

단위: mg/L, %

항목	제2차			제3차		
	'11	'15	연변화율	'16	'20	연변화율
해역 수질	0.043	0.035	-4.03	0.033	0.040	3.92
관리목표	0.041		-	0.032		-

자료: 마산만 연안오염총량관리 이행평가(창원시, 각년도) 자료 재정리

〈표 3-13〉 마산만특별관리해역 총인의 변동('06~'21)

단위: mg/L, 0.1ton/day, %

연도	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	연간 증감율
마산만의 총인 농도	0.048	0.049	0.052	0.032	0.036	0.043	0.035	0.039	0.041	0.035	0.033	0.024	0.037	0.032	0.040	0.038	-1.45
하천 유입량	2.5	1.6	1.3	2.8	2.2	1.5	1.1	0.9	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.4	0.5	0.3	-11.9
처리시설 유입량	4.7	4.7	3.8	3.8	1.9	2.8	2.4	3.2	5.7	3.2	2.9	3.0	3.3	1.9	1.2	1.2	-5.6
총 유입량	7.2	6.2	5.1	6.6	4.1	4.3	3.5	4.1	6.3	3.7	3.4	3.4	3.6	2.3	1.6	1.5	-7.2
비율*	65	75	75	57	47	66	69	77	91	86	86	88	92	82	72	83	-

자료: 마산만 연안오염총량관리 도입·시행 연구(해양수산부, 각년도) 자료 재정리

* : 비율: 마산만 총 유입량 대비 공공하수처리시설 유입량의 비율

4) 엄격한 방류수 수질기준의 적용과 유역하수도정비계획의 연계

(1) 엄격한 방류수 수질기준의 적용 현안

특별관리해역의 환경 현안 해소를 위한 정책에서 특별관리해역으로 유입되는 공공하수처리시설의 방류수 관리가 필수적인 사항임을 확인하고 특별관리해역에 적용 중인 지역구분을 상향하는 방안을 검토하였다. 하지만 4지역구분에서 3지역구분으로 혹은 2지역구분으로 상향하는 방안을 단기간에 적용하기에는 어려움이 많다는 사실도 확인하였다. 처리시설의 확충, 공정 변경 및 조정, 운영 평가에 대한 부담, 예산 확보 등의 기술적, 경제적 제약 등이 있기 때문이다.

특별관리해역은 「하수도법」 시행령 제4조 제8호에 따라 엄격한 방류수 기준을 설정할 수 있는 지역이다. 따라서 「하수도법」의 지역구분을 조정하는 방안과 함께 특별관리해역에 위치한 공공하수처리시설의 엄격한 방류수 수질기준을 설정하는 방안을 검토할 수 있다. 엄격한 방류수 수질기준은 유역하수도 관리제도가 정착되면서 총인, 총질소, BOD 지표 항목을 대상으로 중권역의 목표기준을 달성하기 위해서 2020년 3월부터 현재까지 총 111건이 적용되고 있다.⁹²⁾

따라서 특별관리해역의 목표기준 달성을 위해 먼저 연안오염총량관리제도의 목표기준 항목인 COD와 총인 지표 항목을 대상으로 엄격한 방류수 수질기준의 적용을 검토할 수 있다. 총인의 경우 획일적으로 설정된 4지역구분 총인농도인 2.0mg/L 이하인 방류수 수질기준을 해역별 특성, 수질 상태, 관리여건 등을 반영하여 적절한 값으로 재설정하는 것이다. 다시 말하면, 4지역구분 총인농도인 2.0mg/L이하를 일괄적으로 3지역구분 총인농도 0.5mg/L이하로 상향하는 것이 아니라 총인 방류 농도를 3지역구분 0.05mg

92) 시설별 엄격한 방류수 수질기준의 적용 현황은 본 보고서의 <별표 1> 참조.

/L부터 4지역구분 2.0mg/L 사이의 적절한 방류수 기준을 시설별로 설정하는 방안이다. 이러한 방안은 지역구분 조정을 통한 방류수 수질기준의 강화방안보다 재정적·행정적 부담을 완화할 수 있고, 특별관리해역 5개소의 해역별, 오염특성별 특성별, 투자여건 등을 함께 고려할 수 있는 효율적이고 현실적인 방안이다.

특별관리해역의 공공하수처리시설에 대한 엄격한 방류수 수질기준을 적용하기 위해서는 해양의 목표기준과 공공하수처리시설에 적용되는 규제기준 간의 관계를 제도적으로, 또 과학적으로 연계해야 한다. 제도적으로 특별관리해역에 엄격한 방류수 수질기준을 적용할 수 있는 체계는 구축되어 있다고 할 수 있다. 왜냐하면 특별관리해역으로 지정된 해역은 「하수도법」 제7조에 따라 엄격한 방류수 수질기준이 적용가능한 지역이며, ‘유역하수도 정비계획 수립지침(2024.7.23.)에 따라 공공수역의 수질개선을 위하여 주기적으로 방류수 수질기준을 시설별로 설정할 수 있는 지역이기 때문이다.

한편 과학적으로는 특별관리해역의 목표기준과 엄격한 방류수 수질기준을 합리적으로 연계할 수 있는 방법을 검토해야 한다. 특별관리해역 제도는 해역 환경과 생태계의 가치를 보전하기 위한 정책 중의 하나로 ‘훼손된 해양환경의 개선 및 유지’라고 하는 정책 목표가 명확하며 이 목표는 해양환경기준 등으로 제시되어 있다. 한편 엄격한 방류수 수질기준은 「환경정책기본법」에 의해 지역별로 설정된 물환경 목표기준을 달성하기 위한 정책 수단 중의 하나로 공공하수처리시설에 적용되는 규제기준이며 「하수도법」에 따른 방류수 수질기준으로 제시되어야 한다. 목표기준은 일반적으로 수질 측정 자료의 평균값으로 설정하지만 규제기준인 방류수 수질기준은 4지역구분 총인 2.0mg/L 이하와 같이 최대값으로 설정되고 있다. 엄격한 방류수 수질기준의 설정 역시 최대값으로 설정해야 한다. 따라서 목표기준과 규제기준을 과학적으로 연계하기 위해서는 서로 다른 방법으로 설정·평가되는 방법을 합리적으로 연계해야 한다.

또한 제도적으로 수용가능한 적절한 과학적 불확실성(scientific uncertainty)하에서 방류 오염물질이 해역에 미치는 영향에 관한 목표기준과 규제기준의 관계를 해석하고 전망해야 한다. 예를 들어 방류수 수질 기준을 조정한다면 특별관리해역의 예측가능한 목표기준의 변동성 등에 관한 ‘적절한 관계성’이 수용가능한 불확실성하에서 확인되어야 한다.⁹³⁾ 왜냐하면 규제 기준을 통해 국가 등의 규제자는 피규제자에 대하여 기준준수를 위한 시설 설치 및 운영 등에 대한 피규제자의 투자를 의무화할 수도 있고, 기준 미준수에 대한 처분을 규율함으로써 정책 이행력을 확보하기 때문이다. 목표기준과 규제기준간의 과학적이고 합리적인 관계성이 입증되지 않으면 규제기준 설정 및 이행에 관한 사회적 수용성을 보장할 수 없는 것이 일반적이기 때문이다.

해양은 하천, 호소와는 달리 3차원 공간이며 밀물과 썰물이라는 양방향의 물리적 흐름이 주기적으로 반복되는 지역이다. 해양의 생지구물리화학적 과정 중에서 수리적 특성만 비교하더라도 하천과 호소에 비해 8배 정도 복잡한 특성을 가진다. 즉 해양이 가지는 특수성과 복잡성으로 인해 특별관리해역 목표기준과 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 간의 합리적 관계성⁹⁴⁾을 추정함에 있어 불확실성이 커지게 되는 문제가 발생할 수 있다.

예를 들어 2020년 마산만의 5개 정점 총인농도와 공공하수처리시설 2개소의 방류수 총인농도간의 상관관계를 분석하면 <표 3-14>와 같다. 덕동처리장 방류수 총인 농도는 진해1정점과, 진해2정점, 마산2정점의 총인 농도와 상관관계가 높은 편이다. 일반적으로 덕동 하수처리시설의 방류구가 위치하는 진해2정점은 해역 총인 농도자료와 방류수 자료의 상관성이

93) 목표기준과 규제기준의 관계성은 ‘열린 가정(rebuttable presumption)’이며 과학적이고 합리적 자료에 의해 변경될 수 있음. 또한 적절한 관계성은 선형적 관계성을 의미함.

94) 목표기준과 규제기준 간의 분석에 있어 중권역 목표기준-해양환경기준과 특별관리해역 목표기준-방류수 수질기준 간의 관계를 분석해야 하나, 본 연구에서는 중권역 목표기준-해양환경기준의 관계 고려하지 않음.

가장 높다고 추정할 수 있는 지역이다. 그러나 외해에 위치한 진해1정점과 덕동방류수와의 상관성이 가장 높으며, 덕동처리시설 자료와 행암만 총인농도 자료는 음의 상관관계를 보이기도 한다. 즉 현재 해역과 처리시설의 자료로는 목표기준과 규제기준간의 적절한 관계성을 확인하기 어렵다.

진해하수처리시설과 해역 자료의 관계성 역시 과학적으로 해석하기 어렵다. 상관성이 가장 높을 것으로 추정되는 행암1정점 자료와 진해하수처리시설 자료는 상관성이 가장 높다고 가정할 수 있다. 그러나 이 둘은 가장 낮은 상관관계를 보이며, 진해처리시설 배출구에서 멀리 있는 마산1정점과 상관성이 가장 높게 나타나고 있다.

〈표 3-14〉 마산만 총인농도와 덕동 및 진해처리장 방류수 농도의 상관관계('20)

시설 \ 정점	해역				
	마산1	마산2	진해1	진해2	행암1
덕동	0.312	0.412	0.557	0.416	-0.124
진해	0.462	0.356	0.267	0.312	0.136

자료: 저자 작성

(2) 유역하수도정비계획의 연계 현안

우리나라의 유역하수 관리체계는 2013년 2월 시행된 「하수도법(개정)」부터 정착되었다. 「하수도법」 제4조의 2에 따른 ‘유역하수도정비계획’을 지방환경관서의 장이 수립하면서 상위계획인 국가하수도 종합계획과 특별시장·광역시장·특별자치도지사·시장 또는 군수가 수립하는 하위계획으로서의 하수도정비기본계획을 효과적으로 연계할 수 있는 토대를 마련하였다. 특히 유역하수도 정비계획을 수립함으로써 공공수역의 수질 목표기준의 달성과 수생태계 특성을 반영하여 방류수 수질기준을 개별 공공하수처리시설에 설정하는 정책 역시 강화되었다. 이에 따라 특별관리해역의 목표기준의 설정 및 달성을 위해 특별관리해역별·공공하수처리시설별로 방류수 수질기준을 재검토할 수 있는 체계가 확립된 것이다.

‘유역하수도 정비계획 수립지침(2024.7.23.)’⁹⁵⁾에 따르면 유역하수도 정비계획⁹⁶⁾을 수립함에 있어 공공수역의 수질 목표 및 생태계를 보호할 수 있도록 방류수 수질기준의 설정 및 변경을 검토해야 한다. 또한 특별 관리해역이 포함된 「하수도법」의 세부 단위유역 유역하수도정비계획을 수립하거나 변경할 경우에는 「하수도법」 제4조의2제4항에 따라 해양수산 부장관 및 해당 지역의 자치단체 장과 협의하여야 한다.⁹⁷⁾ 따라서 낙동강 환경관서의 장이 수립하는 남해동부 유역하수도정비계획은 마산만, 부산 연안, 광양만 특별관리해역의 환경관리에 관한 사항이 포함되어야 하며 창원시, 부산시, 경상남도 및 전라남도과 협의해야 한다. 한강본류 유역하수도정비계획과 안성천 유역하수도정비계획을 수립할 경우에는 시화호·인천연안 특별관리해역의 환경관리에 관한 사항이 포함되어 관계 기관과 협의해야 한다.

95) 환경부 생활하수과-37호(2024.07.23.).

96) 유역하수도 정비계획은 총 11장 46절로 구성됨.

97) 유역하수도정비계획 수립 지침(환경부 생활하수과-3234호) p.12.

〈표 3-15〉 유역하수도정비계획 단위유역 및 특별관리해역 현황

구분	중권역(「물환경보전법」)		유역하수도정비계획 세부단위 유역(하수도법)
	중권역명	물환경 목표기준	
울산연안	태화강	II	동해남부
	회야강	III	
	대종천	Ib	
	수영강	Ib	
부산연안	낙동강하구언	Ib	동부경남
	수영강	Ib	
	낙동강남해	Ib	
마산만	거제도	Ib	남해동부
	낙동강남해	Ib	
광양만	가화천	Ib	남해서부
	남해도	Ib	
	이사천	Ia	
	수어천	Ia	
	섬진강하류	Ib	섬진강하류
시화, 인천	한강고양	III	한강본류
	한강서해	II	
	시화호	IV	안성천

자료: 저자 작성

방류수 수질기준 설정에 관한 사항은 유역하수도정비계획의 제3장 제7절에 있다.⁹⁸⁾ 다만 방류수 수질기준 설정에 관한 사항은 유역하수도 정비계획의 마련에 필요한 다른 사항과 함께 고려해야 한다. 예를 들면 목표기준의 설정(제3장제5절의 계획 수질에 관한 사항), 하수도시설의 오염부하저감(제3장제6절), 오염부하 증감에 따른 수질개선 시나리오(제3장제8절)에 관한 사항 등이 해당된다. 또한 하수처리구역의 설정(제4장제3절), 관로 신설(제4장제정), 관로 개량(제4장제5절), 시설 운영(제4장제6절), 처리시설의 신증설(제4장제7절), 성능개선(제4장제8절)에 관한 사항 등을 함께 검토해야 하는 것이다.

98) 유역하수도정비계획 수립 지침(환경부 생활하수와-3234호) p.16.

〈표 3-16〉 유역하수도정비계획의 목차와 방류수수질기준 설정 관련 내용

장	절 (특별관리해역 방류수 수질관련 내용)	비고
1. 총설	-	
2. 기초조사	2. 관련 계획 3. 오염부하량 4. 처리구역 현황 5. 환경기초시설 등	
3. 지표 및 계획기준	5. 계획 수질 6. 하수도시설의 오염부하 저감 7. 방류수 수질기준의 설정 8. 수질개선 시나리오	
4. 하수처리구역별 하수도 계획	3. 하수처리구역의 설정 4. 관리시설 신설 5. 관로시설 개량 6. 공공하수처리시설 운영 7. 공공하수처리시설 신증설 8. 공공하수처리시설 성능 개선	
5. 하수찌꺼기 등의 처리·처분 계획 6. 에너지자립계획 7. 개인하수처리계획 8. 분뇨처리시설계획 9. 운영 및 유지관리 10. 재정계획 11. 사업시행효과	-	

자료: 유역하수도정비계획 수립 지침(환경부 생활하수과-3234호) 발체 재정리

2. 특별관리해역 관리를 위한 방류수 수질기준의 개선 방안

공공하수처리시설 방류수 수질기준 정책을 특별관리해역 수질관리 정책과 연계하기 위한 방안으로서 물환경 목표기준의 달성을 위한 목표기준의 조정, 지역구분 지표항목의 등급 조정, 시설별 엄격한 방류수 수질기준의 설정, 특별관리해역 목표기준의 유역하수도정비계획 연계 등을 검토하였다. 현재 특별관리해역의 공공하수처리시설의 설치 및 운영에 관한 예산 투자와 시설의 운영 실태 등을 고려한다면 지역구분 등급의 조정과 목표기준의 재설정 등은 장기적인 방안으로 판단된다.

가장 현실적인 방안은 공공하수처리시설별로 ‘엄격한 방류수 수질기준’의 설정을 고려해야 하는 것으로 판단된다. 특별관리해역의 수질관리를 위해 엄격한 방류수 수질기준을 설정하는 방안은 제도적으로 「하수도법」에 따른 유역하수도정비계획의 수립 및 변경과 연계할 수 있도록 체계가 마련되어 있다. 따라서 방류수 수질기준 개선 방안은 엄격한 수질기준의 설정에 필요한 사항 위주로 정리하고자 한다.

1) 해역 자료와 방류수 자료의 연계 항목의 선정

특별관리해역의 엄격한 방류수 수질기준을 설정하기 위해서는 먼저 해역의 목표기준과 방류수 수질기준의 설정에 효과적으로 활용할 수 있는 지표항목의 선정이 중요하다. 우리나라의 해역별 목표기준은 해양환경기준의 생태기반 해수수질기준(이하 WQI)이 대표적이다.⁹⁹⁾ 현재 총 31개 해역에 WQI 목표가 설정되어 있는데 특별관리해역 목표는 대부분 WQI 기준 II 등급으로 설정되고 있다. 한편 연안오염총량관리제가 시행되는 해역은 해역별 상태와 오염특성에 따라 COD, 총인, 총질소, 중금속류의 4개 항목

99) 한편 생활환경기준에는 수소이온농도, 총대장균군, 용매추출유분이 있음.

자료를 활용하여 목표기준을 계획기간별로 설정하고 있다.

현재 해양환경기준 항목 중에서 방류수 수질기준과 해역 목표기준 설정에 공통적으로 활용할 수 있는 항목은 총대장균군과 클로로필 항목이다. 그러나 총대장균군은 해역과 방류수 기준이 모두 1,000군/100ml 이하로 동일하다. 클로로필 항목은 방류수 수질기준과 WQI의 세부항목에 포함되어 있으나 해역 목표로서의 클로로필과 방류수 수질기준의 클로로필 항목을 연계하기 위해서는 세밀한 고찰이 필요하다.

한편 특별관리해역 연안오염총량관리제도에 적용중인 항목 중에서 COD는 2021년부터 방류수 수질기준 지표항목에서 제외되었다. 방류수 수질기준의 총질소 항목은 「하수도법」의 지역구분과 상관없이 20mg/L 이하의 1개 값으로 적용하고 있어서 목표기준 달성을 위한 규제기준의 차등적 적용은 활용성이 적은 지표 항목이다. 총인 항목은 방류수 수질기준의 지역구분에서 차등적 수치로 적용되며 특별관리해역 3개소의 연안오염총량관리제의 목표 기준으로 활용되고 있으므로 엄격한 방류수 수질기준의 설정에 관한 방안을 검토하기에 적합한 지표로 판단된다.

2) 해역별 목표기준과 방류수 수질기준 간의 관계성 추정

연안오염총량관리제도는 해역별 특성과 오염 특성을 반영하고 있어 해역별로 목표기준의 설정 및 평가 방법이 다양하다. 현재 부산연안의 수영만 연안오염총량관리제도의 목표기준은 수영만에 위치한 6개 정점의 표층 농도를 5년 이동 평균으로 설정하고 있다. 마산만 연안오염총량관리제는 해역 정점 5개소의 5월과 8월의 표층·저층 농도의 중앙값으로 설정한다. 한편 시화호 연안오염총량관리제는 관리구역을 2개로 세분하고 각 구역별로 별도로 지정된 정점의 5월부터 9월까지 표층 농도의 산술평균으로 목표를 설정하고 평가한다.

그러나 「하수도법」의 500㎧/일 이상 방류하는 공공하수처리시설 수질기준의 총인 항목의 수질기준의 설정과 기준준수에 관한 평가방법은 시설별·방류구별로 각각 설치되는 ‘수질원격감시체계(TMS)’ 자료를 활용한다. 1년 동안 매일 1시간마다 측정한 값을 일평균하고 총 365개의 일평균값을 산출한 이후 지역구분의 방류수 수질기준 값과 매일 비교한다. 만약 해당 공공하수처리시설이 방류수 수질기준을 준수하고 있다고 평가를 받았다면 365개의 일평균값이 방류수 수질기준을 하루라도 초과하지 않았다는 것을 의미하기 때문에 방류수 수질기준은 공공하수처리시설 방류수 일평균농도의 최대값¹⁰⁰⁾으로 해석할 수 있다.

예를 들어 총인 지표 항목으로 엄격한 방류수 수질기준을 설정한다는 것은 이론적으로 방류수와 해역에 관한 모델을 개발하고 모델의 최적해를 구하는 것이다. 만약 해역의 총인 농도와 방류수 총인 농도 간의 ‘1차 직선 선형 관계성’을 가정한다면 이를 추정할 수 있는 개념식은 (1)과 같다.

$$f(Y_{(i, j, k, t)}) = \alpha + \beta X_{(i, j, k, t)} + \varepsilon_{(i, j, k, t)} \quad (1)$$

(Y= 해역 총인 함수; X= 방류수 총인 함수, i, j, k: 공간좌표계, t=시간

이때 공공하수처리시설의 방류구가 1개이고 방류구 위치를 좌표계의 원점으로 설정하면 식 (1)은 다음의 식(2)와 같이 단순화할 수 있다.

$$f(Y_{(i^*, j^*, k^*, t)}) = \alpha + \beta X_{(0, 0, 0, t)} + \varepsilon_{(i, j, k, t)} \quad (2)$$

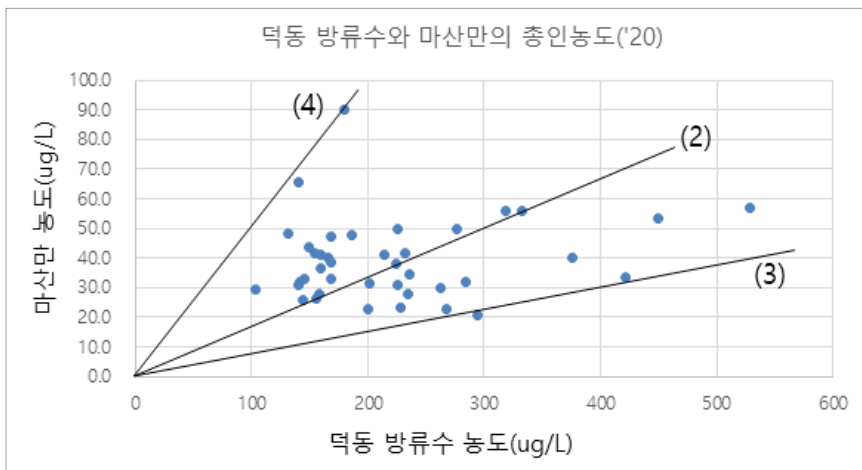
(Y= 해역 총인 함수; X= 방류수 총인 함수, i*, j*, k*: 해역 정점과 방류구 간의 거리, t=시간

그러나 총인 지표 항목의 활용가능한 해역자료수와 방류수 자료수 간의 차이가 크다. 예를 들면 마산만 총인 목표기준 설정에 활용하는 자료는 1년에 최대 40개(4계절×5정점×2개층(표층-저층))지만 방류수 자료는 최소

100) 본보고서는 TMS 자료의 통계적 불확실성을 고려하여 최대값은 ‘일평균값의 95%분위’로 해석함.

365개이다. 각 정점에 대해 방류수에 관한 1차 직선 선형 관계식을 추정할 경우에는 활용 가능한 해역 자료는 8개뿐이다. 자료 간의 이분산성(Heteroskedasticity)이 존재하면 최소제곱추정법(Ordinary Least Squares)으로 식(2)의 해를 찾는 것은 더욱 어려워지며 식(3)과 식(4)의 해 사이에서 목표기준-규제기준의 관계성을 복잡하게 분석해야 한다.

〈그림 3-3〉 이분산성을 포함하는 자료간의 관계성



자료: 저자 작성

또한 방류수에 포함된 총인이 해역 수질에 미치는 누적효과(cumulative effect)와 시간지연효과(time-lag effect)를 고려한다면 누적분포 함수로 많이 활용하는 시그모이드 함수(Sigmoid function)로 적절한 선형적 관계식을 추정할 수 있다. 이 경우에도 해역자료수의 부족으로 인해 방류수 수질기준과 해역 목표기준과의 선형적 상관식을 추정하기 어렵거나, 추정된 관계식을 규제기준으로 적용하기에는 불확실성이 클 것으로 판단된다.

따라서 관계식의 추정을 위해 적절한 수의 해역 자료를 추가적으로 확보해야 하는데 현재 활용 가능한 방법은 해양환경자동측정망 자료로 판단된다. 해양환경자동측정망 자료를 활용하면 방류수 수질기준과 해역 목표기

준의 실시간 비교·추정이 가능한 시계열 관계식을 설정할 수 있고 불확실성이 적은 최적해를 밝힐 수 있을 것이다. 다만 시계열 관계식의 불확실성에 관한 자기상관(autocorrelation) 분석을 통해 최적해를 재해석해야 할 것이다.

3) 혼합구역의 인정과 희석계수의 결정

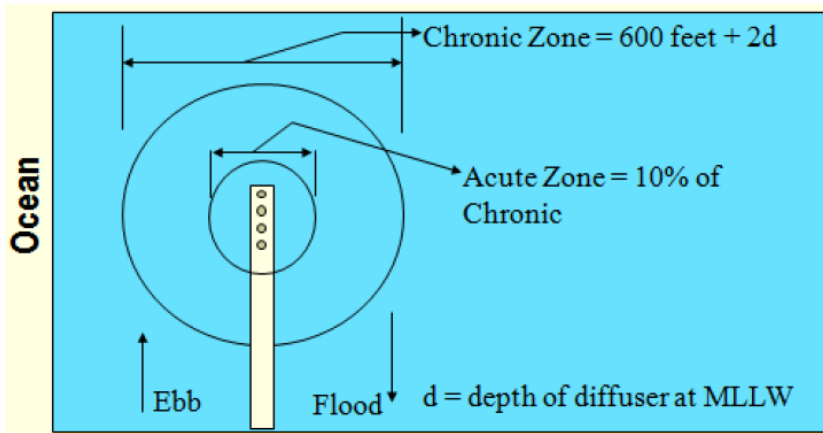
방류수 수질기준의 설정에 있어 혼합구역 정책(mixing zone policy)과 희석계수 정책(dilution factor policy)의 적용은 미국, 일본, 호주, 우리나라 환경부가 활용하고 있는 방법이다. 해양을 포함하여 공공수역에 오염물질을 배출에서 허가를 결정할 때 수역의 희석 및 자정 능력을 고려해야 하며, 이에 따라 목표기준보다 높은 농도의 방류수를 배출한다 할지라도 수역의 환경과 생태계에 부정적인 영향을 끼치지 않으며 수역의 목표기준 달성에 지장을 초래하지 않는다는 입장이다. 이러한 혼합구역 적용과 희석계수의 적용을 통해 오염물질 배출시설에 대한 설치·개량 및 운영비를 적절한 수준에서 감면¹⁰¹⁾할 수 있다는 것이다.

혼합구역이 지리적 범위로 설정된다면 희석계수는 목표기준에 대한 비율을 의미한다. 오염물질의 해양 배출에서 미국은 최대 10배, 일본과 우리나라 환경부는 10배의 희석계수를 설정하는 경우가 많다. 예를 들어 총인 기준의 목표 기준이 0.03mg/L이하라면 10배 농도인 0.3mg/L이하의 배출허가를 신청할 수 있다. 그러나 미국, 일본, 환경부의 오염물질 배출허가를 결정하는 과정에서 배출허가 신청자는 먼저 혼합구역의 설정과 희석계수의 설정이 ‘인간의 생활환경에 위해를 끼치거나, 민감하고 중요한 생태계 및

101) 아이오와 주정부(Iowa Department of Natural Resources (IDNR))는 하수처리장의 인허가를 갱신함에 있어 하수처리장 운영사인 Geosyntec사에서 제시한 혼합구역의 모델링 결과를 인정함. 이에 따라 운영사는 총 3백50만 달러의 처리시설 신규투자비용 및 운영비를 절감함. (<https://www.geosyntec.com/pdf/Mixing-Zone-Analysis-Geosyntec.pdf>) (검색일2024.10.07)

서식지에 영향과 손실을 초래하지 않는다는 합리적인 사실관계’에 관한 자료를 증빙해야 한다. 따라서 현재 목표 기준을 달성하지 못하는 특별관리해역에서 혼합구역의 인정과 희석계수의 결정을 적용하는 방안은 신중한 분석이 필요하다.

〈그림 3-4〉 해양배출 최대범위 적용 등의 혼합구역 적용 개념도



자료 : State of Washington(2018). Water Quality Program Permit Writer's Manual(Appendix)의 그림 C-2. 일부 발췌. p.34.

혼합구역과 희석계수의 적용에는 방류수의 부정적 영향 범위와 영향정도를 추정할 수 있는 수리모델(hydraulic model)이 필요하다. 현재 연안오염총량관리제가 적용중인 마산만과 부산연안 특별관리해역은 공공하수처리시설, 하천, 비점오염원에서 유입되는 오염물질이 관리해역의 목표기준에 미치는 영향을 분석할 수 있는 모델이 개발되어 있다. 이 모델들은 오염물질의 유입량 증감에 따른 해역수질의 변동을 시나리오별로 모의할 수 있다. 이는 혼합구역과 희석계수의 적용을 검토할 수 있는 체계가 구비되어 있다는 것을 의미한다. 따라서 현재 개발된 수리모델을 적절하게 활용한다면 오염물질이 공공하수처리시설의 배출구에서 해역으로 유입되어 이류·확산되는 현상을 분석할 수 있다고 판단된다.

4) 엄격한 방류수 수질기준(안)의 결정

엄격한 방류수 수질기준(안)을 마산만 총인 농도와 방류수 총인농도 자료의 기초통계량을 이용하여 하수처리시설별로 설정해 보았다. 2017년의 마산만 연안오염총량관리제는 총인 목표기준을 달성 중이다. 당시 덕동 공공하수처리시설은 총인농도 평균 0.875mg/L를, 진해 공공하수처리시설은 평균 0.189mg/L를 각각 방류하고 있다. 따라서 2017년의 덕동하수처리시설의 엄격한 방류수 수질기준은 95% 분위수인 총인 1.40mg/L이하로, 진해처리시설은 0.40mg/L 이하 정도로 각각 설정할 수 있다. 이 수치는 현재 적용중인 「하수도법」의 4지역구분(2.0mg/L이하)보다 엄격한 수질기준이며 혼합구역 정책과 희석계수 정책의 적용 역시 고려할 수도 있다. 2021년에는 덕동하수처리시설의 엄격한 방류수 수질기준을 총인 0.74mg/L이하로 설정할 수 있다. 진해하수처리시설은 2021년 총인 0.38mg/L이하로 엄격한 방류수 수질기준을 설정할 수 있다.

〈표 3-17〉 총인 기준 마산만 농도 및 방류수 농도 특성('17~'21년)

연도 (목표)	구분	마산만해역정점					방류수	
		마산1	마산2	진해1	진해2	행암1	덕동	진해
2017 (달성)	평균	0.035	0.025	0.022	0.023	0.028	0.875	0.189
	95%분위수	0.046	0.035	0.027	0.034	0.052	1.392	0.394
	표준편차	0.009	0.008	0.005	0.008	0.016	0.289	0.109
	자료수	8	8	8	8	8	365	365
2018 (미달성)	평균	0.052	0.044	0.023	0.038	0.031	0.836	0.306
	95%분위수	0.066	0.087	0.030	0.064	0.043	1.688	0.700
	표준편차	0.012	0.027	0.005	0.015	0.010	0.435	1.184
	자료수	8	8.0	8	8	8	365	365
2019 (미달성)	평균	0.045	0.037	0.026	0.031	0.027	0.538	0.277
	95%분위수	0.056	0.067	0.051	0.040	0.039	0.999	0.477
	표준편차	0.008	0.018	0.015	0.007	0.007	0.274	0.105
	자료수	8	8	8	8	8	365	365

연도 (목표)	구분	마산만해역정점					방류수	
		마산1	마산2	진해1	진해2	행암1	덕동	진해
2020 (미달성)	평균	0.047	0.042	0.031	0.038	0.039	0.275	0.287
	95%분위수	0.057	0.075	0.044	0.057	0.048	0.589	0.584
	표준편차	0.013	0.021	0.009	0.013	0.008	0.167	0.152
	자료수	8	8	8	8	8	365	365
2021 (미달성)	평균	0.045	0.041	0.029	0.032	0.032	0.330	0.217
	95%분위수	0.062	0.083	0.049	0.062	0.042	0.739	0.376
	표준편차	0.013	0.025	0.013	0.018	0.013	0.218	0.092
	자료수	8	8	8	8	8	365	365

자료 : 마산만 연안오염총량관리 이행평가 자료(각년도) 재정리

2017년 대비 2021년은 덕동과 진해 하수처리시설의 엄격한 방류수 수질기준(안)의 설정 수치는 상향할 수 있다. 또한 매년 가능한 수질기준 수치가 변동한다. 이는 마산만은 공공하수처리시설뿐만 아니라 하천, 비점오염원 등이 시공간적으로 다양하게 유입되고 있으며 마산만의 생지구물리화학적 과정 역시 시공간적으로 다양하기 때문이다.

그런데 현재 자료를 활용하여 공공하수처리시설의 방류수가 해역 수질에 미치는 관계를 선형적으로 분석하기에는 불확실성이 크기 때문이다. 따라서 목표기준과 규제기준의 적절한 선형적 관계성을 확인할 수 있는 적절한 수의 자료를 확보하는 것이 중요하다. 자료를 확보한 이후 해역의 혼합구역 인정여부와 이에 따른 희석계수의 설정여부를 결정하면서 목표 달성을 이한 엄격한 방류수 수질기준(안)을 도출할 수 있을 것이다.¹⁰²⁾

102) 단계에 따라 활용된 자료, 모델 및 추정결과(최적해)는 적절한 수준의 불확실성을 내재하고 있음.

5) 시범 해역 및 시범 시설의 선정

유역환경청장은 해당 권역에 대한 효과적인 물환경 및 생태계의 보전 및 관리를 위해 500㎥/일 이상 방류하는 공공하수처리시설별로 엄격한 방류수 수질기준을 설정할 수 있다. 또한 유역청장은 유역하수도정비계획의 수립 및 변경에 있어 매 5년마다 공공처리시설의 방류수 수질기준에 관한 사항을 검토해야 한다. 현재 5개 특별관리해역으로 방류하는 수십 개의 공공하수처리시설에 대하여 일괄적으로 수질기준의 설정을 검토하는 것보다 아래와 같이 시범 해역과 시설 등을 선정하여 적용 타당성을 검토하는 것이 합리적이다.

먼저 총량관리 항목인 총인을 대상으로 하되 COD 역시 함께 검토할 수도 있다. 다음으로 총인과 COD를 총량관리항목으로 적용 중인 해역을 선택할 수 있다. 각 항목의 목표기준이 미달성인 해역으로 반폐쇄성 해역이 적합하다. 반폐쇄성 해역은 오염물질의 거동 및 확산이 제한되어 오염물질의 증감에 대한 수질 변동 효과가 직관적으로 해석된다. 또한 해역으로 방류하는 공공처리시설의 개수가 적을수록 적합하다. 엄격한 수질기준은 시설별로 설정하게 되어 있기 때문에 해역으로 방류하는 시설이 여러 개일 경우에는 해역 수질변화에 미치는 시설별 효과를 정량적으로 분석하기에 쉽지 않기 때문이다. 다음으로 공공하수처리시설은 총인 농도의 배출농도가 높은 시설로서 방류량이 설계용량에 근접하거나 초과하는 시설이거나 처리공정 개선 수요가 높은 시설이 적합할 것이다. 이러한 시설은 신증설 및 공정 개선에 대한 투자 필요성이 큰 시설이기 때문이다.

04

결론 및 정책 제언

제1절 결론

우리나라는 1960년대부터 중공업 중심, 수출 중심의 경제발전을 국가경제발전의 방향으로 설정하고 발전의 중심지로 울산, 부산, 인천, 마산 등을 선정하여 항만과 산업단지를 집중적으로 건설하였다. 이에 국가경제는 짧은 시간동안 급격한 성장을 이루었다. 하지만 경제발전의 부작용으로 마산, 울산, 광양 등은 해역의 환경이 악화되고 적조가 발생하였으며 독성물질로 인해 오염되었다.

정부는 오염 해역의 환경을 회복하고 생태계를 복원하기 위해 울산만, 울산연안, 광양만, 부산연안을 특별관리해역으로 지정¹⁰³⁾하고 집중적으로 관리하기 시작했다. 특별관리해역에 대한 해역환경 예방조치로서 특별관리해역에 입지하는 오염물질 배출시설의 설치를 제한을 법제화하고 생활하수와 산업폐수를 처리하기 위한 공공하·폐수처리시설을 집중적으로 건설하였다. 2005년부터는 특별관리해역 환경 특성과 현안에 적합한 예방관리체계를 도입하기 위하여 연안오염총량규제를 시행하였다. 또한 오염 해양퇴

103) 환경청고시 제 82-6호(1982). 2000년 「해양환경관리법」 제15조에 따라 시화호·인천연 특별관리해역을 추가하여 재고시함(해양수산부고시 제2000-3호, 2000.2.14.).

적물에 의한 2차 오염을 방지하기 위해 오염퇴적물 준설사업 등의 다양한 방제조치를 시행하였다.

특별관리해역에 추진하는 예방관리와 복원조치에 따라 육상에서 해역으로 유입하는 오염물질의 양은 점차 감소하였다. 특히 마산만은 연안오염총량관리제 도입 이후 최근까지 마산만 하천 17개소와 공공하수처리시설 2개소에서 유입되는 오염물질의 양이 50% 이상 감소하였다. COD는 2006년 10.4ton/day에서 2023년 5.6ton/day로, 총인은 동일 기간동안 0.72ton/day에서 0.20ton/day로 각각 감소한 것이다. 이는 연안오염총량관리제를 통해 오염물질의 유입량을 매년 3.6%와 7.2%씩 삭감하였으며, 이에 따라 마산만 해역의 수질 역시 개선된 것으로 평가할 수 있다.

마산만의 연안오염총량관리제의 시행과 이에 따른 마산만 수질개선 효과는 계획기간별로 다소 차이가 있다. 하지만 하천과 공공하수처리시설에서 유입하는 오염물질의 삭감 효과의 변화는 뚜렷하다. 제1차 계획을 통해 COD와 총인의 마산만 유입부하량은 매년 7.1%와 10.8%씩 각각 감소하였다. 동 기간동안 하천은 약 6%, 하수처리시설은 약 7.8% 감소하였다. 2차 계획기간 동안에는 COD 유입량이 1.1% 감소하였다. 하천에서 17.0%를 저감하였으나 공공처리시설의 유입량은 매년 6.2% 증가하였다. 총인 역시 하천유입량은 매년 20%씩 감소하였으나 시설 유입량은 매년 2.7%씩 증가하였다. 제3차 계획기간에는 COD와 총인의 감소는 없었다. 반면 처리시설에서 각각 6.6%와 16.2%를 저감하였다.

2006부터 실시된 마산만 연안오염총량관리제도를 통해 하천을 경유하여 유입되는 오염물질은 적절한 수준까지 관리되고 있는 것으로 판단된다. 그러나 공공하수처리시설에서 유입되는 오염물질은 여전히 관리 가능성이 큰 것으로 보인다. 또한 총 유입량 대비 공공하수처리시설의 유입량 비율은 70% 이상을 차지하고 있다. 이는 마산만의 수질환경 개선을 위한 유입

원 관리의 측면에서 공공하수처리시설의 방류 관리가 중요한 요소라는 것을 보증하는 것이다.

〈표 4-1〉 마산만 유입부하량 및 해역 수질 변동

단위: COD: ton/day, % / T-P: 0.1ton/day, %

항목	구분	제1차계획			제2차계획			제3차계획		
		'06	'10	삭감량 (연변화율)	'11	'15	삭감량 (연변화율)	'16	'20	삭감량 (변화율)
C O D	하천	4.6	3.4	-1.2 (-5.9)	3.3	1.3	-2.0 (-17.0)	1.2	1.2	0.00 (0.00)
	처리 시설	5.7	3.8	-1.9 (-7.8)	4.3	5.8	1.5 (6.2)	5.2	3.7	-1.5 (-6.6)
	총 유입	10.4	7.2	-3.2 (-7.1)	7.5	7.1	-0.4 (-1.1)	6.3	4.9	-1.4 (-4.9)
	유입량 비율 (시설/총)	55	53	-	57	82	-	82	76	-
T P	하천	2.5	2.2	-0.3 (-2.5)	1.5	0.5	-1.0 (-19.7)	0.5	0.5	0.00 (0.00)
	처리 시설	4.7	1.9	-2.8 (-16.6)	2.8	3.2	0.4 (2.7)	2.9	1.2	-1.7 (-16.2)
	총 유입	7.2	4.1	-3.1 (-10.8)	4.3	3.7	-0.6 (-3.0)	3.4	1.6	-1.8 (-14.0)
	유입량 비율 (시설/총)	65	47	-	66	86	-	86	72	-

자료: 마산만 연안오염총량관리 도입·시행 연구(해양수산부, 각년도) 자료 재정리

우리나라의 공공하수처리시설 관리는 「하수도법」을 따른다. 「하수도법」 시행규칙 별표1에 따르면 공공하수처리시설의 방류수 관리정책은 크게 ‘배출수역에 대한 지역구분’과 ‘지역구분에 따른 지표항목의 방류농도의 차등적 적용’ 등으로 구성되어 있다고 할 수 있다. 또한 한편 특별관리해역은 「하수도법」제7조 및 시행령 제4조에 따라 생활환경보전을 위해 엄격한 방

류수 수질기준을 적용할 수 있는 지역이다. 따라서 특별관리해역의 환경보전을 위해 고려할 수 있는 공공하수처리시설 방류수 관리 체계 개선은 크게 지역구분의 등급조정 방안과 엄격한 방류수 수질기준의 설정 방안으로 체계화할 수 있다.

지역구분의 등급조정 방안을 검토해야 하는 이유는 해양으로 방류하는 공공하수처리시설의 방류수 수질기준이 해양의 가치를 고려하지 않고 일률적으로 4지역구분으로 설정되어 있기 때문이다. 총인 항목의 경우 1지역구분은 0.2mg/L이하, 2지역구분은 0.3mg/L 이하, 3지역구분은 0.5mg/L이하, 4지역구분은 2.0mg/L이하로 설정되어 있다. 특별관리해역은 4지역구분을 적용받기 때문에 특별관리해역의 현재 총인 농도(0.03~0.06mg/L)와 비교하면 30배에서 60배 정도 높은 농도의 공공하수처리시설 방류수가 꾸준하게 유입되는 상황인 것이다.

일반적인 지역구분의 설정방법은 목표기준을 달성하는 권역은 3지역구분으로, 달성하지 못하는 권역은 2지역구분으로 적용하는 것이다. 이 방식을 적용하면 최근 들어 목표기준을 달성하지 못하는 특별관리해역이 많기 때문에 방류수 수질기준 2지역구분을 적용받아야 한다. 그러나 현재 방류수 수질기준의 4지역구분으로 적용받고 있다는 사실은 수환경 목표기준 달성을 위해 활용하는 규제기준으로서의 공공하수처리시설 방류수 수질기준이 특별관리해역 환경관리 측면에서 적절하지 않은 수단으로 인식될 수 있기 때문이다. 나아가 배출규제 측면에서 하천, 호소에 비하여 해양을 ‘오염 규제회피처(pollution haven)’로 활용하고 있다는 오해를 야기할 수 있다.

그러나 지역구분의 등급조정방안은 단기간에 적용할 수 있는 정책은 아니다. 지역등급을 4지역구분에서 3지역구분으로 급하게 상향할 경우에는 특별관리해역에 위치하는 수십 개의 공공하수처리시설이 대부분 ‘방류수 수질기준 미준수’ 시설로 평가받을 수 있다. 시설에 대한 시설 확충, 장비

교체, 공정 개선, 투자확대 등의 적절한 지원방안이 동시에 마련되지 않으면 지역구분 등급조정은 현실적 대안이라고 판단하기 어렵다.

또 하나의 방안으로 엄격한 방류수 수질기준의 적용을 고려할 수 있다. 우리나라는 2010년대부터 유역관리체계가 정착되면서 권역의 수질목표를 달성하기 위해 권역에 속한 공공하수처리시설별로 항목에 따라 엄격한 방류수 수질기준을 적용할 수 있다. 2020년 이후부터 현재까지 약 110여 개의 공공하수처리시설이 엄격한 방류수 수질기준을 적용받았다.

특별관리해역은 「하수도법」에 따른 엄격한 방류수 수질기준을 설정할 수 있는 지역이다. 특별관리해역 공공처리시설은 준공 이후 20년에서 30년 정도 경과한 노후시설의 비율도 높다. 엄격한 방류수 수질기준은 공공하수처리시설별로 항목에 따라 설정할 수 있으므로 공공처리시설의 개·보수, 신증설, 공정 개선의 수요 및 투자재원 확보 등의 세부방안을 시설별로 검토할 수 있어 관계기관 간의 협의 역시 상대적으로 용이하다. 또한 유역환경관서의 장이 매 5년마다 검토하는 유역하수도정비계획에 방류수 수질기준의 설정 및 적용에 관한 사항이 있으므로 중앙관계기관인 환경부, 해양수산부, 지방자치단체가 주기적으로 협의할 수 있다는 장점이 있다.

제2절 정책 제언

본 보고서는 특별관리해역의 수질환경관리를 개선하기 위해 활용할 수 있는 방류수 수질기준 정책 중에서 지역구분을 재설정하는 방안과 엄격한 방류수 수질기준을 시설별로 설정하는 방안을 검토하고 있다. 전자가 장기적인 관점에서 고려하는 방안이라면, 후자는 단기적 적용이 가능하며 관계기관 협의가 상대적으로 쉬운 방안이라는 것을 확인하였다. 따라서 본 절에서는 특별관리해역 내 공공처리시설에 대한 엄격한 방류수 수질기준을 설정하는 방안이 필요하다고 판단되는 사항 위주로 제안하고자 한다.

제안 사항은 「하수도법」에 따른 규제기준을 강화함으로써 「해양환경관리법」에 따른 목표기준의 달성이 가능하다는 관계성을 입증하거나 보완하는데 초점을 맞추었다. 왜냐하면 규제기준은 행위제한으로서 목표기준과 제도적인 측면에서, 또 과학적인 측면에서 완결성 높게 결합되지 않으면 규제자와 피규제자 간의 이견이 발생할 수 있고, 이에 따라 정책 수용성이 약화될 수 있기 때문이다. 현재 특별관리해역의 공공처리시설에는 엄격한 방류수 수질기준을 적용할 수 있기 때문에 제도적 측면에서의 기본방향은 구축되어 있다고 판단된다.

다만 기준의 조정·변경을 원활하게 적용하기 위해서는 먼저 방류수 수질기준 협의에 필요한 세부사항을 포함한 로드맵을 확립해야 한다. 엄격한 기준을 포함한 방류수 수질기준의 조정과 변경이 유역하수도정비계획을 통해 확정되는 경우를 예로 들 수 있다. 유역계획은 20년 단위 계획이지만 매 5년마다 방류수 기준의 조정 변경에 관한 사항을 유역환경관서의장이 지방자치단체의 장 및 중앙관계기관의 장과 협의해야 한다.¹⁰⁴⁾ 따

104) 유역하수도정비계획수립지침(환경부, 2024)에 따르면 2025년, 2030년, 2035년 등 5년 주기로 확인해야 함.

라서 특별관리해역 내 개별 시설에 대한 방류수기준의 조정 필요성과 세부 사항은 늦어도 2023년 혹은 2028년에 확정되어야 할 것이다.

추진 로드맵에 포함되는 세부 사항에는 방류수 수질기준 강화에 대한 기술적, 경제적 타당성을 들 수 있다. 기술적 타당성은 방류수 수질기준과 해역의 목표기준과의 인과성을 합리적 수준에서 증명하는 것이다. 다시 말해 방류수 수질기준값을 변경하면 해역 수질값이 선형적 관계로 연동되어야 하는 것이다. 이때 공통적으로 활용할 수 있는 지표항목의 선정, 활용가능한 자료의 확대, 기준 변수간의 관계식 확립, 변수간의 관계식 모의(simulation)를 위한 수치모델의 개발, 해양희석계수의 적용의 검토 등이 필요하다.

공통적으로 활용가능한 지표항목은 현재 총인밖에 없다. 따라서 방류수 수질기준 강화에 적용 가능한 항목을 추가적으로 발굴해야 한다. 또한 해양환경자료의 수가 상대적으로 부족하다. 매년 확보가능한 해역 자료의 개수는 해양환경측정망 정점당 4개 정도이며, 표층과 저층 자료를 구분해도 8개 정도이다. 반면 공공하수처리시설의 방류 농도 자료는 매년 최소 365개이다. 따라서 해양환경자동측정망 자료의 활용을 적극적으로 검토하는 등 자료를 추가적으로 확보할 수 있는 방안이 필요하다.

변수간의 관계식 확립과 수치모델의 모의실험은 연안오염총량관리제가 추진 중인 특별관리해역이 보유하고 있다고 판단된다. 다만 현재 운영 중인 모델을 확장함으로써 공공하수처리시설의 방류와 해역 수질의 변동간의 선형적 관계성을 적절한 수준에서 해석할 수 있는지, 혹은 다양한 시나리오 분석이 가능한지를 검토해야 할 것이다. 또한 엄격한 방류수 수질기준의 설정에 적용하는 모델의 활용도는 해양희석계수의 결정에 매우 중요한 사항이다. 현재 해양방류 및 배출의 농도 결정에는 일반적으로 10배 정도의 희석계수가 적용된다. 그러나 특별관리해역과 같이 해양환경

오염과 생태계 훼손이 심각한 해역에 통상적인 10배의 희석계수를 적용하는 것이 타당한지를 확인해야 하기 때문이다.

경제적 타당성은 공공하수처리시설의 공정 개선과 시설의 개량·신증설에 필요한 비용의 대비 효용을 정량화하는 것을 의미한다. 적합한 기술을 공공하수처리시설에 설치하고 운영할 때 소요되는 비용은 시장에서 확인하기 어렵지 않다. 그러나 엄격한 방류수 수질기준의 적용으로 인해 발생하는 부가적 비용과 효용의 크기를 정량화하기는 어려운 편이다. 이 경우에 폰노이만 모르겐스타인(Von Neumann-Morgenstern utility theorem)의 효용이론에서 발전한 다양한 추정 방법론을 적극 활용할 수 있을 것이다.

참고문헌

국내 문헌

- 국립환경과학원(2015), 전국오염원조사.
- 국립환경과학원(2022), 전국오염원조사
- 장원근·한기원·박희망·최수빈(2017), 연안 소규모 하·폐수 처리시설의 관리문제점 및 개선방향
- 창원시(각년도), 마산만 연안오염총량관리 이행평가.
- 해양수산부(2019), 전국 및 연안 소재 환경기초시설 현황
- 해양수산부(2020), 환경관리해역의 환경개선 기반 강화 연구.
- 해양수산부(2023), 마산만 특별관리해역 연안오염총량관리 도입·시행연구.
- 해양수산부(각년도), 마산만 특별관리해역 연안오염총량관리 도입·시행 연구.
- 해양환경공단(2018), 해양환경측정망 정보.
- 환경부(2015), 국가하수도 종합계획(2016-2025년), pp.26.
- 환경부(2015), 하수도통계.
- 환경부(2016), 한국하수도발전사(부문사)
- 환경부(2022), 하수도통계

국외 문헌

- EOA(1991), Transmittal of Final Policy on Biological Assessments and Criteria, Office of Science and Technology, Washington, DC, EPA/822/R-91-101.
- EPA(1984), A Listing of the Dates of State Adoption and EPA Approval of state Water Quality Standards from 1977 through December 1983, Environmental Protection Agency.
- EPA(1991a), Guidance for water quality-based decisions: The TMDL Process, EPA 440/4-91-001, Washington, DC.
- EPA(1991b), Technical Support Document for Water Quality-Based Toxics Control (TSD), EPA-505/2-90-001, Office of Water, Washington, DC.
- EPA(1995), National Policy Regarding Whole Effluent Toxicity (WET) Enforcement, Environmental Protection Agency.
- EPA(2010a), NPDES Permit Writer's Manual, Environmental Protection Agency.
- EPA(2010b), Nutrient Control Design Manual, Environmental Protection Agency.
- EPA(2013), Report on the Performance of Secondary Treatment Technology, Environmental Protection Agency.
- EPA(2024), National Pollutant Discharge Elimination System, Environmental Protection Agency.
- Jeffrey M. Gaba(1985), Regulation of Toxic Pollutants under the Clean Water Act: NPDES Toxics Control Strategies, Journal of Air Law and Commerce, Volume 50 Issue 4 Article 9, pp. 761-791.
- Department of Ecology, State of Washington(2018). Appendices. Water Quality Program Permit Writer's Manual. 125pp.
- USEPA(1991), Transmittal of Final Policy on Biological Assessments and Criteria, Office of Science and Technology, Washington, DC, EPA/822/R-91-101.
- USEPA(2010), Nutrient Control Design Manual. Washington, DC. 369pp.

인터넷 자료

국립환경과학원 홈페이지, 전국오염원조사(2022, 2024), <https://wems.nier.go.kr/>
(검색일: 2024.8.20.)

환경부 보도자료(2024.1.1.), <https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156608694>(검색일: 2024.8.20.)

EPA, Impaired Waters Restoration Process Listing, <https://www.epa.gov/tmdl/impaired-waters-restoration-process-listing>(검색일: 2024.10.7.)

USEPA. NPDES Permit Writes' Mannual. https://www3.epa.gov/npdes/pubs/chapt_05.pdf(검색일: 2024.10.7.)

<https://www.geosyntec.com/pdf/Mixing-Zone-Analysis-Geosyntec.pdf>(검색일: 2024.10.07)

법령 자료

[법령]

하수도법(법률 제19590호, 2023.8.8.).

하수도법 시행규칙(환경부령 제1041호, 2023.6.28.).

해양환경관리법(법률 제19779호, 2023.10.24.).

해양환경관리법 시행령(대통령령 제34947호, 2024.10.22.).

환경정책기본법 시행령(대통령령 제33591호, 2023.6.27.).

[고시]

2024년 물환경측정망 설치·운영 계획(환경부고시 제2023-292호, 2023.12.29.).

물환경 목표기준 평가 규정(환경부고시 제2022-287호, 2023.1.2.).

방류수 수질기준 적용을 위한 지역구분(환경부고시 제2018-23호, 2018.2.9.).

수계영향권별 환경관리지역 지정 고시(환경부고시 제2018-6호, 2018.1.18.).

연안오염특별관리해역(환경청고시 제82-6호, 1982.10.26.).

유역하수도정비계획 세부 단위유역(환경부고시 제2024-168호, 2024.8.22.).

중권역별 수질 및 수생태계 목표기준과 달성기간(환경부고시 제2006.1.10.).

팔당·대청호 상수원 수질보전 특별대책지역 지정 및 특별종합대책(환경부고시 제2023-123호, 2023.6.2.).

환경보전해역 및 특별관리해역의 지정(해양수산부고시 제2000-3호, 2000.2.14.).

[공고]

2021년 전국 물환경 목표기준 평가 결과(환경부공고 제2022-423호).

2022년 전국 물환경 목표기준 평가 결과(환경부공고 제2023-169호).

2023년 전국 물환경 목표기준 평가 결과(환경부공고 제2024-215호).

[지침]

유역하수도정비계획 수립 지침(환경부 생활하수과-3234호, 2024.07.23.).

[외국 법령]

Clean Water Act(CWA).

U.S. Code, Title 33, Navigation and Navigable Waters.

Code of Federal Regulations(CFR), Title 40, Protection of Environment.

Code of Federal Regulations (CFR), Title 40, Part 133: Secondary Treatment Regulation (up to date as of 10/03/2024).

Policy Notice, 49 Fed. Reg. 9016(1984).

부 록

1. 공공하수처리시설 방류수 수질기준 관련 표

〈부록 표 1-1〉 공공하수처리시설 방류수수질기준 강화지역 및 대상 시설

세부 단위 유역	고시명	지역	공공 하수 처리 시설	시설 용량 (㎥/일)	방류수 수질기준(mg/ ℓ)						적용 시기
					BOD		T-N		T-P		
					현행	강화	현행	강화	현행	강화	
금강 하류	금강유역 환경청 고시 제2019 -15호	대전 광역시	대전		3.0		10.0		0.2		2025.01.01. ~ 사업 완료 후 적용
		세종 광역시	수질 복원 센터 B-1		3.0		10.0		0.3		2020.01.01. ~ 단, T-N : ~2030.12.31. 15mg/L 적용
금호강	대구지방 환경청 고시 제2017 -1호	대구 광역시	안심	47,000	5.0	4.0					2018.01.01. ~
			신천	680,000	5.0	4.3					2018.01.01. ~
			자산	33,750	5.0	4.0					2018.01.01. ~
			서부	520,000	5.0	4.0					2018.01.01. ~
		영천시	금호	10,000	5.0	4.0					2021.01.01. ~
			영천	31,000	5.0	4.0					2021.01.01. ~
		고령군	고령	6,000	10.0	7.0					2018.01.01. ~
			다산	2,700	5.0	4.1					2018.01.01. ~
		합천군	가야 야로	1,300	10.0	7.0					2018.01.01. ~

세부 단위 유역	고시명	지역	공공 하수 처리 시설	시설 용량 (㎥/일)	방류수 수질기준(mg/ ℓ)						적용 시기
					BOD		T-N		T-P		
					현행	강화	현행	강화	현행	강화	
남한강 하류	원주지방 환경청 고시 제2018 -38호	원주시	원주	156,000					0.5	0.4	2022.01.01. ~
			흥업	6,500					0.5	0.4	2022.01.01. ~
			문막	7,000					0.5	0.4	2022.01.01. ~
			기업 도시	10,000					0.5	0.4	2022.01.01. ~
		충주시	충주	75,000					0.5	0.4	2022.01.01. ~
대청댐	금강유역 환경청 고시 제2017 -2호	보은군	보은	6,000					0.4		2021.01.01. ~ 2025.12.31.
			마로	500					0.45		2021.01.01. ~ 2025.12.31.
		보은군	보은	6,000					0.3		2026.01.01. ~ 2030.12.31.
			마로	500					0.4		2026.01.01. ~ 2030.12.31.
동부 경남	낙동강 유역 환경청 고시 제2021 -8호	창원시	대산	13,000	5.0	4.5			0.3	0.25	2021.09.01. ~
			북면	24,000 (29,000)*	5.0	5.0			0.3	0.25	2021.09.01. ~
		김해시	화목	145,000	5.0	4.9			0.3	0.25	2021.09.01. ~
			진영	26,000 (28,100)*	5.0	4.0			0.3	0.25	2021.09.01. ~
		양산시	양산	146,000	5.0	5.0			0.3	0.28	2021.09.01. ~
동해 남부	대구지방 환경청 고시 제2020 -1호	경주시	경주	110,000	10.0	5.0					2020.01.10. ~ 2035.12.31.
			안강	18,000	10.0	6.0					2020.01.10. ~ 2035.12.31.
동해 남부	낙동강 유역 환경청 고시 제2020 -1호	울산 광역시	회야	32,000	10.0	6.0			2	0.9	2020.01.10. ~ 2035.12.31.
			굴화	47,000	10.0	9.0			2	0.2	2020.01.10. ~ 2035.12.31.
			연양	60,000	10.0	10.0			2	0.45	2020.01.10. ~ 2035.12.31.

세부 단위 유역	고시명	지역	공공 하수 처리 시설	시설 용량 (㎥/일)	방류수 수질기준(mg/ ℓ)						적용 시기
					BOD		T-N		T-P		
					현행	강화	현행	강화	현행	강화	
미호천	금강유역 환경청 고시 제2019 -16호	세종시	조치원		5.0	3.0	20.0	20.0	0.3	0.2	2025.01.01. ~
			전의		5.0	3.0	20.0	20.0	0.3	0.2	2025.01.01. ~
		청주시	청주		5.0	3.0	20.0	15.0	0.3	0.165	2025.01.01. ~
			내수		5.0	3.0	20.0	20.0	0.3	0.2	2025.01.01. ~
		증평군	옥산		4.0	3.0	20.0	20.0	0.3	0.2	2025.01.01. ~
			증평		4.0	3.0	20.0	20.0	0.3	0.2	2025.01.01. ~
		진천군	덕산		5.0	3.0	20.0	20.0	0.3	0.2	2025.01.01. ~
			충북혁신도시 (덕산)		5.0	3.0	20.0	20.0	0.3	0.2	2025.01.01. ~
		천안시	병천		5.0	3.0	20.0	20.0	0.3	0.2	2025.01.01. ~
		북한강 하류	한강유역 환경청 고시 제2019 -2호	춘천시	춘천	150,000	5.0	5.0			0.3
남양주시	월산			17,000	5.0	3.0			0.2	0.2	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
삽교천	금강유역 환경청 고시 제2019 -14호	천안시	천안		10.0	3.0			2.0	0.2	2025.01.01. ~
		아산시	아산		10.0	5.0			2.0	1.8	2025.01.01. ~
			신도시		10.0	7.0			2.0	1.0	2025.01.01. ~
새만금	전북지방 환경청 고시 제2019 -2호	전주시	전주	403,000	5.0	4.6					2020.01.01. ~
		정읍시	정읍	58,800	5.0	4.5					2020.01.01. ~
서부 경남	낙동강 유역 환경청 고시 제2020 -19호	진주시	진주	190,000	4.5	4.5			0.3	0.27	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
			문산	7,100	4.5	4.5			0.3	0.255	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
		남원시	대곡	1,900	4.5	4.5			0.3	0.3	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
			운봉	800	4.0	4.0			0.3	0.3	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
			인월	1,000	4.0	4.0			0.3	0.3	2021.01.01. ~ 2035.12.31.

세부 단위 구역	고시명	지역	공공 하수 처리 시설	시설 용량 (㎥/일)	방류수 수질기준(mg/ℓ)						적용 시기
					BOD		T-N		T-P		
					현행	강화	현행	강화	현행	강화	
		의령군	의령	4,000	4.0	4.5			0.3	0.28	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
			부림	1,000	4.0	4.5			0.3	0.3	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
		함안군	가야	6,800	4.0	4.0			0.3	0.27	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
			대산	6,800	4.0	3.0			0.3	0.3	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
			군북	700	4.0	3.0			0.3	0.3	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
		창녕군	창녕	6,000	4.5	4.5			0.3	0.27	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
			이방	2,800	4.0	4.5			0.3	0.28	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
			길곡	800	4.0	4.0			0.3	0.3	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
			남지	6,000	4.5	4.5			0.3	0.25	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
		함양군	함양	5,600	4.0	4.5			0.3	0.45	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
			위천	1,600	4.0	4.0			0.3	0.4	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
		합천군	합천	5,500	4.0	4.5			0.3	0.45	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
			초계	1,400	5.0	4.0			0.3	0.4	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
			삼가	900	4.0	4.0			0.3	0.35	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
영산강 상류	영산강 유역 환경청 고시 제2021-21호	광주 광역시	제1	600,000	5.0	4.0 (4.3)**	20.0	10.0 (15.0)**			개량사업 완료 (준공)시점부터 적용 ¹⁰⁵⁾
			제2	120,000	5.0	4.0 (4.5)**	20.0	10.0 (15.0)**			2021.01.01. ~ 2035.12.31.
			효천	16,000	10.0	4.0 (4.5)**	20.0	10.0 (15.0)**			2021.01.01. ~ 2035.12.31.
		나주시	나주	22,500	5.0	4.0 (4.5)**	20.0	10.0 (15.0)**			2021.01.01. ~ 2035.12.31.

세부 단위 유역	고시명	지역	공공 하수 처리 시설	시설 용량 (㎥/일)	방류수 수질기준(mg/ ℓ)						적용 시기
					BOD		T-N		T-P		
					현행	강화	현행	강화	현행	강화	
		담양군	담양	12,000	5.0	4.0 (4.5)**	20.0	10.0 (20.0)**			2021.01.01. ~ 2035.12.31.
			효천	1,200	5.0	4.0 (4.5)**	20.0	10.0 (20.0)**			2021.01.01. ~ 2035.12.31.
		화순군	화순	6,000	10.0	7.0 (7.0)**	20.0	20.0 (20.0)**			2021.01.01. ~ 2035.12.31.
			도곡 온천	6,000	10.0	7.0 (7.0)**	20.0	20.0 (20.0)**			2021.01.01. ~ 2035.12.31.
			화순 온천	6,000	10.0	7.0 (7.0)**	20.0	20.0 (20.0)**			2021.01.01. ~ 2035.12.31.
		장성군	장성	11,000	10.0	7.0 (8.5)**	20.0	20.0 (20.0)**			2021.01.01. ~ 2035.12.31.
			삼계	2,000	10.0	7.0 (10.0)**	20.0	20.0 (20.0)**			2021.01.01. ~ 2035.12.31.
		임진강	한강유역 환경청 고시 제2019-3호	양주시	신천	70,000	10.0	7.0			0.5
동두천시	동두천			86,000	10.0	5.0			0.5	0.4	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
포천시	포천			24,000	10.0	5.0			0.5	0.2	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
	소흘			22,000	10.0	5.0			0.5	0.5	2021.01.01. ~ 2035.12.31.
팔당댐 상류	한강유역 환경청 고시 제2016-14호	광주시	경안	71,000	5.0	4.1					2021.01.01. ~ 2035.12.31.
		용인시	용인	58,000	5.0	3.0					2021.01.01. ~ 2035.12.31.
			역삼	13,000	5.0	3.0					2021.01.01. ~ 2035.12.31.
		이천시	이천	58,000	5.0	4.5					2021.01.01. ~ 2035.12.31.
한강 본류	한강유역 환경청 고시 제2016-18호	남양주시	진건	125,000	10.0	5.0					2021.01.01. ~ 2030.12.31.
			지금	43,000	10.0	5.0					2021.01.01. ~ 2030.12.31.

세부 단위 구역	고시명	지역	공공 하수 처리 시설	시설 용량 (㎥/일)	방류수 수질기준(mg/ ℓ)						적용 시기
					BOD		T-N		T-P		
					현행	강화	현행	강화	현행	강화	
		성남시	성남	460,000	10.0	5.0					2021.01.01. ~ 2030.12.31.
		안양시	석수	300,000	10.0	5.0					2021.01.01. ~ 2030.12.31.
			안양	250,000	10.0	4.5					2021.01.01. ~ 2030.12.31.
		용인시	수지	150,000	10.0	5.0					2021.01.01. ~ 2030.12.31.
		의정부시	의정부	200,000	10.0	5.0					2021.01.01. ~ 2030.12.31.
			민락	16,000	10.0	5.0					2021.01.01. ~ 2030.12.31.
		하남시	하남	66,000	10.0	5.0					2021.01.01. ~ 2030.12.31.
		부천시	굴포	900,000	10.0	5.0					2021.01.01. ~ 2030.12.31.
		서울 특별시	중랑	1,590,000	10.0	6.5					2021.01.01. ~ 2030.12.31.
			탄천	900,000	10.0	7.0					2021.01.01. ~ 2030.12.31.
			난지	860,000	10.0	7.0					2021.01.01. ~ 2030.12.31.
			서남	1,630,000	10.0	7.0					2021.01.01. ~ 2030.12.31.
한강 본류	한강유역 환경청 고시 제2022-192호	하남시	하남		3.0	3.0	20.0	10.0	0.5	0.2	2030.01.01. ~ 시설 개량 완료 후 적용
		남양주시	진건		5.0	3.0	20.0	10.0	0.5	0.2	2030.01.01. ~ 시설 개량 완료 후 적용
			진접		10.0	3.0	20.0	10.0	0.5	0.2	2030.01.01. ~ 시설 개량 완료 후 적용
			가운		10.0	3.0	20.0	10.0	0.5	0.2	2030.01.01. ~ 시설 개량 완료 후 적용

세부 단위 유역	고시명	지역	공공 하수 처리 시설	시설 용량 (㎥/일)	방류수 수질기준(mg/ ℓ)						적용 시기
					BOD		T-N		T-P		
					현행	강화	현행	강화	현행	강화	
			별내		10.0	3.0	20.0	10.0	0.5	0.2	2030.01.01. ~ 시설 개량 완료 후 적용
			지급		5.0	3.0	20.0	10.0	0.5	0.2	2030.01.01. ~ 시설 개량 완료 후 적용
			호평		10.0	3.0	20.0	10.0	0.5	0.2	2025.01.01. ~ 시설 가동 개시 후 적용
		구리시	구리		10.0	3.0	20.0	10.0	0.5	0.2	2030.01.01. ~ 시설 재건축 완료 후 적용
		의정부시	의정부		10.0	3.0	20.0	10.0	0.5	0.2	2030.01.01. ~ 시설 재건축 완료 후 적용
			민락		5.0	3.0	20.0	15.0	0.5	0.2	2030.01.01. ~ 시설 개량 완료 후 적용
		용인시	수지		10.0	4.0	20.0	15.0	0.5	0.2	2030.01.01. ~ 시설 개량 완료 후 적용
		성남시	성남		10.0	3.0	20.0	10.0	0.5	0.2	2030.01.01. ~ 시설 재건축 완료 후 적용
		과천시	과천		10.0	3.0	20.0	10.0	0.5	0.2	2030.01.01. ~ 시설 재건축 완료 후 적용

105) 「하수도법」 제6조에 따라 2020년 3월 27일 승인된 광주광역시 하수도정비기본계획에 반영된 광주제1 공공하수처리시설 개량사업 완료(준공)시점부터 적용

〈부록 표 1-2〉 특별관리해역 내 30년 경과 노후 하수처리시설 현황

시도	행정구역명	시설명	시설용량 (m ³ /일)	최초가동일	경과 년 수
부산광역시	동래구	수영	452,000	1988.04.30.	37
부산광역시	사하구	강변(장림)	450,000	1990.12.01.	35
울산광역시	울주군	회야	52,000	1990.11.30.	35
경기도	시흥시	시화	279,000	1993.12.31.	32
경상남도	창원시	덕동	500,000	1993.11.26.	32

〈부록 표 1-3〉 공공하수처리시설 방류수 수질기준의 변천

일자	관련법	구분	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	총대장 균군수 (개/ml)	생태 독성 (NTU)
1964. 10.16. (제정)	「공해 방지법」 시행령	활성오니법, 표준살 수여상법 기타 이와 동등 정도의 하수처 리방법에 의하여 처 리할 때	5.8 ~ 8.6	20			70			3,000	
		고속살수여상법, 모 디화이드어레이손 법, 기타 이와 동등 정도의 하수처리방 법에 의하여 하수를 처리할 때		60			120				
		침전법에 의하여 하수를 처리할 때		20			150				
				150			200				
1978. 7.1. (제정)	「환경 보전법」 시행규칙			30			70				
1991. 2.2. (제정)	「수질 환경 보전법」 시행규칙	1995.12.31. 까지		30			70				
		1996.1.1. 부터		20	50		20	120	8		

일자	관련법	구분	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	총대장 균군수 (개/ml)	생태 독성 (NTU)	
1993. 7.31. (개정)	「수질 환경 보전법」 시행규칙	1995.12.31. 까지		30	50		70					
		1996.1.1. 부터		20	40		20	60	8			
2000. 10.23. (개정)	「수질환경 보전법」 시행규칙	특별대책지역 및 잠실수중보존역		10	40		10	20	2			
		기타지역		20	40		20	60	8			
2001. 10.5. (개정)	「하수도법」 시행규칙	특정지역		10	40		10	20	2	3,000		
		기타지역		20	40		20	60	8	3,000		
2002		50㎥/일 이상		10	40		10	20	2	3,000	-	
		50㎥/일 미만		10	40		10	40	4			
2011		50㎥/일 이상		10	40		10	20	2	3,000	1	
		50㎥/일 미만		10	40		10	40	4			
2012		500㎥/ 일 이상	I 지역		5	20		10	20	0.2	1,000	1
			II 지역		5	20		10	20	0.2		
			III 지역		10	40		10	20	0.5		
			IV 지역		10	40		10	20	2		
			500~50㎥/일		10	40		10	20	2	3,000	
			50㎥/일 미만		10	40		10	40	4		
2014. 7.17.	「하수도법」 시행규칙	간이공공하수처리 시설 방류수질기준 추가	간이공공하수처리시설 방류수 수질기준									
			구분	일자	BOD (mg/L)	총대장균군수 (개/mL)						
I 지역			2014.7.17.~ 2018.12.31	60	-							
		II 지역	2019.1.1.~ 2023.12.31	60	3,000							
			2024.1.1.~	40								
III·IV 지역			2014.7.17.~ 2019.12.31	60	-							
		2020.1.1.~ 2024.12.31	60	3,000								
		2025.1.1.~	40									
2018. 1.17.			간이공공하수처리 시설 방류수질기준 개정	III·IV 지역	-	-	-					

일자	관련법	구분		pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	총대장 균군수 (개/ml)	생태 독성 (NTU)
2021. 1.1.~		500㎥/ 일 이상	I 지역		5		15	10	20	0.2	1,000	1
			II 지역		5		15	10	20	0.3	3,000	
			III 지역		10		25	10	20	0.5		
			IV 지역		10		25	10	20	2		
		500~50㎥/일			10		25	10	20	2	3,000	
		50㎥/일 미만			10		25	10	40	4		

기본연구보고서 발간목록

Ⅰ 2024년

01	섬·바다·강 연계 관광 네트워크 구축방안 연구	최일선
02	해양 스타트업 실패 자산화 방안 연구	좌미라
03	시민친화적 바닷가 공간 조성에 관한 연구	정지호
04	연안이용 관리 법제 정비방안 연구	최석문
05	특별관리해역 관리제도 재편 방안 연구	최수빈
06	해양관할구역 과세권한의 체계적 배분방안 연구	이혜영
07	어업인의 디지털 전환 수용성 제고방안 연구	오서연
08	수산물 무역(수출입) 단기 전망모형 구축 연구	한기욱
09	어촌소멸에 따른 사회경제적 영향분석과 대응전략 연구	이상규
10	어촌다움에 기반한 어촌공간관리 방안 연구	이승혜
11	파생상품을 이용한 해운선사의 위험관리에 관한 연구 - 운임선도거래(FFA)를 중심으로 -	김한나
12	내항상선 해양사고 경감방안 연구	허성례
13	항만재개발사업 공공성 강화 방안 연구	김세원
14	해외 항만터미널 확보 전략 연구	김근섭
15	항만 하역능력의 서비스 수준 개선 연구	이화섭
16	국내 무역항 거버넌스 체계 개편방안 연구	김근섭
17	선박의 원격운항을 위한 제도 개선방안 연구	박혜리
18	국제물류기업 육성을 위한 법제 개선방안 연구	최나영환
19	글로벌 공급망 리스크 대응 정책효과 분석 모형 개발 연구	강무홍
20	한-북미 무역구조 분석 및 물류공급망 변화 대응방안 연구	이성우

2023년

01	자율운항선박 운항을 위한 해상교통관제 대응방안 연구	박상원
02	인공지능(AI)을 활용한 무역규범의 해양수산분야 영향 분석 연구	임병호
03	공급망 안정화를 위한 항만의 대응방안 연구	이나영
04	연안재해 정보 활용 개선 방안 연구	김찬웅
05	항만의 생활물류 기능 활성화 방안 연구	최석우
06	마을어장 이용·관리 개선방안 연구	마창모
07	해양생태계 복원정책 개선방안 연구 - 사회·생태복원 중심으로 -	최석문
08	주민행태기반 해양정책 수용성 제고 설계 방안 연구	이슬기
09	항만연관산업 고도화 방안 연구	김세원
10	탄소배출권 거래제가 해운선사에 미치는 영향 분석 연구	조아현
11	물류 연계 효율화를 위한 스마트항만 구축방안 연구 - 항만물류 데이터 공유 플랫폼을 중심으로 -	서정용
12	어업분야 중대재해처벌법 대응방안 연구	고동훈
13	수산물의 디지털 수출 활성화 방안 연구	이상건
14	항만개발사업의 정책영향평가 연구	이수영
15	해운산업의 미래 변화 예측과 국내 대응 전략 연구	이호춘
16	어선현대화 추진을 위한 금융제도 개선방안 연구	엄선희
17	연안도시의 쇠퇴와 대응방안 연구	강창우
18	해양범죄 실태 진단을 통한 대응체계 개선방안 연구	민영훈
19	민간기업의 해양환경분야 ESG 활성화 방안 연구	김지윤
20	식량안보를 고려한 수산물 수급관리 방안 연구	허수진
21	지방분권시대의 수산업·어촌분야 대응전략 연구	이호림
22	해운산업 고도화를 위한 선박투자 활성화 방안 연구	김한나
23	글로벌 공급망 리스크 대응 물류망 최적화 방안 연구 : 한국-북미 물류공급망 중심	이성우

수시연구보고서 발간목록

Ⅰ 2024년

01	해양정보산업 진흥을 위한 제도 개선 방안 연구	김찬웅
02	한-아프리카 국제수산업협력 체계 개선 연구	이채령
03	해양안보 MDA 체계 협력적 운용 방안 연구	민영훈
04	인천항 자유무역지역의 효과적 운영을 위한 전략 방안	한장협
05	해양문화자원을 활용한 연안도시활력 증진 방안 연구	이슬기
06	부산항 물동량 유치방안 연구	김은우
07	국제사회의 대북제재 동향과 우리의 대응:해양수산업분야를 중심으로	채수란
08	국내 연안여객선 관광·이용 활성화 방안 연구	이정아
09	내수면어업 허가·신고 제도 개선방안 연구	최순
10	어업 선진화를 위한 어업관리체계 개편 방안 연구	심성현
11	글로벌 공급망 변동에 따른 해운물류 지원방안	황수진
12	연안 중소선사의 탄소중립 달성을 위한 친환경정책 지원방안	류희영
13	항만기술산업 활성화를 위한 법제도 정비 방안 연구	김보경
14	해양모태펀드 투자활성화 방안 연구	한기원
15	특별관리해역 내 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 강화방안	장원근
16	중대재해처벌법 대응 양식장 안전성 개선 방안 연구	윤미경
17	국가관리연안항 발전전략 수립체계 연구	신정훈
18	글로벌 공급망 대응 해운항만물류 전문인력 양성 발전방안 연구	권보배
19	해양수산 국제개발협력 중장기 전략 연구	전혜은

2023년

01	양식어업 비과세 합리화 방안 연구	이정필
02	복합해양레저관광도시 개념정립 및 추진방안에 관한 연구	최일선
03	항만기술산업 육성을 위한 법제도 마련 연구	안승현
04	블루푸드테크 전문기관의 도입 필요성에 대한 연구	이동림
05	지방자치단체의 해양관할구역 설정 요인 연구	이혜영
06	양식장 내 어류 복지 기준 마련을 위한 연구	오서연
07	해양플라스틱 재활용산업 공급사슬 기반 조성 연구	이윤정
08	중소·중견 물류기업의 ESG경영 가이드라인 구축 연구	이재호
09	신항만건설사업의 민간투자 확대를 위한 제도개선 연구	김보경
10	해수욕장 이용객 집계·관리체계 개선방안 연구	이정아
11	유엔 플라스틱 협약의 주요쟁점 분석 및 대응방향 연구	박수진
12	어촌 활력 제고를 위한 제도 개선방안 연구	문지원
13	어선의 친환경에너지 전환방안 연구	고동훈

일반연구보고서 발간목록

Ⅰ 2024년

01	한-북극권 청색경제 협력사업 추진 방안	김엄지
02	전환기 글로벌 해양환경규범의 대응력 강화 연구	박수진
03	해양 지속가능성 시범 평가 연구	최희정
04	Scope 3 기준 원양산업 탄소배출추정 및 대응방안 연구 - 원양저연승어업을 중심으로	조현주
05	수산물 공급망 관리 개선 방안 연구(한·태 무역을 중심으로)	한기욱
06	신통상규범 확대에 따른 수산분야 영향 및 대응방안	박혜진
07	탄소배출규제 대응을 위한 컨테이너 선대 교체 수요 추정연구	최건우
08	연안항개발사업의 경제적 편익에 관한 연구	김성아
09	한국과 미동부 항만 간 녹색해운항로 구축방안 연구	김가현
10	비컨테이너 항만물동량 예측모형 고도화 방안 연구(Ⅲ) -철광석, 화학공업생산물, 기타광석, 잡화를 중심으로	이나영
11	접안 대기시간 감소에 따른 탄소집약도지수(CII) 변화 분석	김보람

Ⅰ 2023년

01	해양수산업 조기경보지수 개발 - 컨테이너 해운시장을 중심으로	권장한
02	AIS 기반 글로벌 선박 배기가스 배출량 분석 연구(Ⅱ) - 우리나라 주요 항만을 중심으로	강무홍
03	우리나라 수산식품 소비 활성화 방안 마련 연구	한기욱
04	비컨테이너 항만물동량 예측모형 고도화 방안 연구(Ⅱ) - 유류, 철재, 모래, 목재, 양곡을 중심으로	이화섭
05	대기행렬모형을 활용한 선박대기비용 절감 편익 산정 연구	조아현
06	항만개발사업 정책효과 세부항목별 효과산정 방법 연구	이종필
07	해양 지속가능성 평가체계 구축 연구	최희정
08	국내 해운기업의 ESG 경영 확산 방안 연구	황진희
09	해운 경기순환 분석 및 예측 연구	황수진
10	수산물 공급 안정을 위한 수입수산물 전략품목 관리 방안 연구	박혜진
11	항만산업 여성인력 확대방안 연구	이지원
12	선사공동행위의 규제 및 행동 변화에 따른 영향 분석과 정책방안 연구	류희영

수시연구 2024-15

특별관리해역 내 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 강화방안

인쇄 2025년 1월 29일

발행 2025년 1월 31일

발행인 김 종 덕

발행처 한국해양수산개발원

주 소 49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

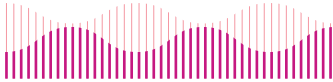
연락처 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)

등록 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄 효민디앤피 (051-807-5100)

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel: 02-394-0337

정가 15,000원



특별관리해역 내 공공하수처리시설의 방류수 수질기준 강화방안

Policies for Strengthening the Effluent Standards
from Public Sewage Treatment Facilities
to the Special Management Area



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

부산광역시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

TEL. 051-797-4800

FAX. 051-797-4810



9 791168 662117

ISBN 979-11-6866-211-7



93300

값 15,000원