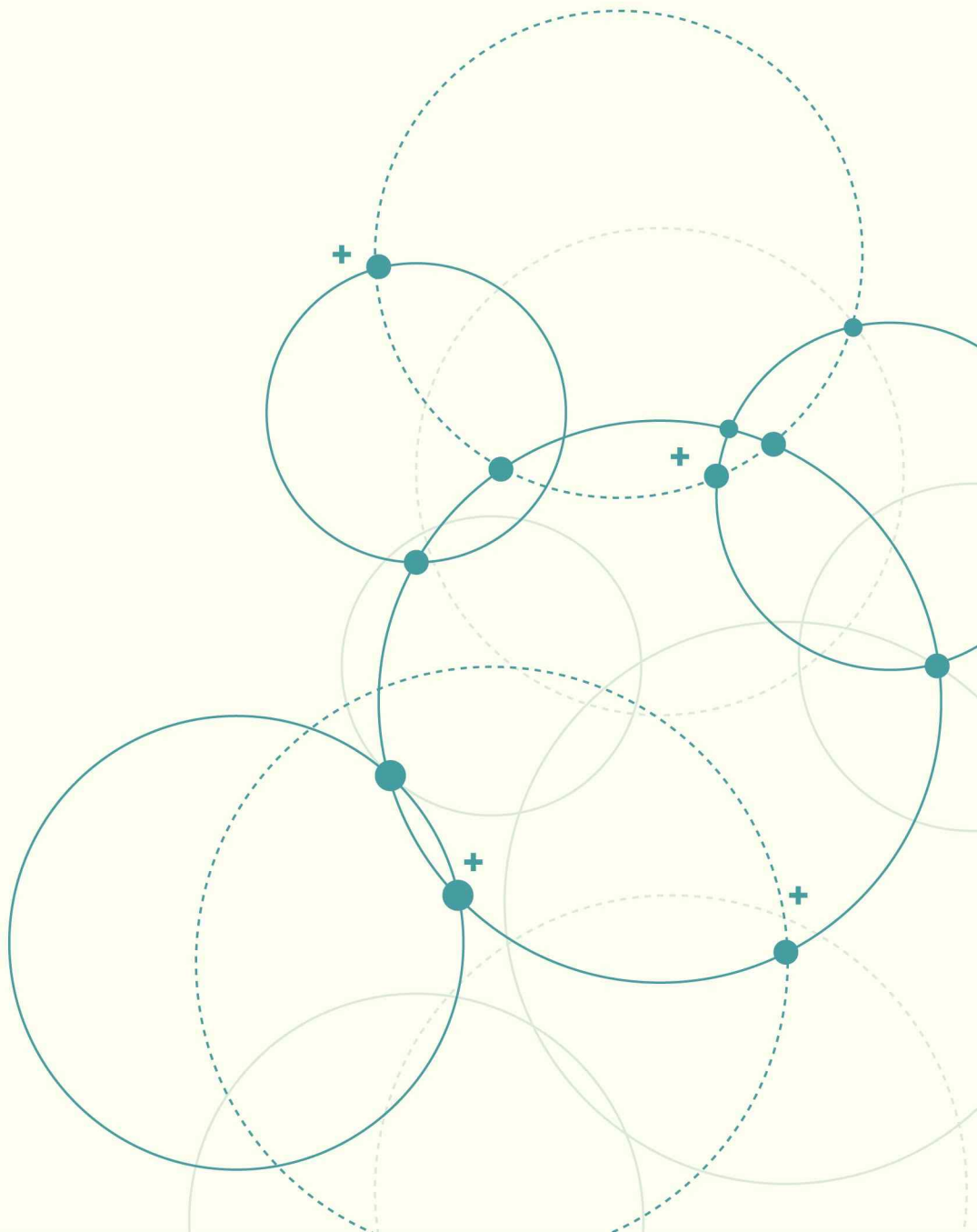


인천광역시 공공하수처리시설
기후위기 적응대책 수립
요약보고서



요약 보고서

목차

chapter 1

기후위기 적응대책 개요	3
1. 계획 수립 배경 및 근거	3
2. 계획 수립 범위	3
3. 계획 수립 과정	4
4. 계획 목표 및 기본방향	4

chapter 2

인천광역시 공공하수처리시설 현황 및 주요 업무	6
1. 인천광역시 공공하수처리시설 현황	6
2. 인천광역시 공공하수처리시설 자발적 기후위기 적응대책 세부시행계획 및 이행평가	6
3. 유관계획 및 관련 법규	8
4. 인천광역시 자연·인문적 현황	8
5. 인천광역시 공공하수처리시설의 시설물 및 사업장 현황	9
6. 하수도시설 운영 및 유지관리	9
7. 기후변화 위험도 관리체계 현황	9

chapter 3

기후변화 전망 및 영향 분석	
1. 기후 현황 및 전망	11
2. 기후변화 영향 분석	13

요약 보고서

목차

chapter 4

기후변화 위험도 평가 15

1. 체크리스트를 활용한 기후변화 위험도 평가 15
2. 체크리스트를 활용한 기후변화 위험도 평가
및 분석 18
3. 기후변화 위험도 평가 결과 종합 및 우선순위
위험도 도출 20
4. 공공하수처리시설 기후위기 관련 국내외
적응 사례 23

chapter 5

기후위기 적응전략 및 세부시행계획 26

1. 기후위기 적응대책 목표 및 전략 26
2. 기후위기 적응대책 수립 방향 27
3. 기후위기 적응대책 세부시행계획 요약 28

chapter 6

적응대책 이행 및 관리 32

1. 적응대책 이행 추진조직 및 예산 32
2. 이행사항 자체 모니터링 계획 34

표 & 그림 목차

[표 1-1] 인천광역시 공공하수처리시설 기후위기 적응대책 수립의 시설 범위	3
[표 2-1] 인천광역시 공공하수처리시설 종합	6
[표 3-1] 기후변화 관련 광역시 단위 피해사례 기사 분석	31
[표 3-2] 공공하수처리 시설의 피해현황 분석	41
[표 4-1] 본 연구에서 재분류한 시설분류표	51
[표 4-2] 기후변화가 공공하수처리시설의 세부시설에 미치는 영향 평가	8
[표 4-3] 기후변화가 시설물 안정성 측면에서 공공하수처리시설의 세부시설에 미치는 영향 평가	9
[표 4-4] 기후변화가 시설관리자 측면에서 공공하수처리시설의 세부시설에 미치는 영향 평가	9
[표 4-5] 기후변화가 공공서비스 측면에서 공공하수처리시설의 세부시설에 미치는 영향 평가	0
[표 4-6] 기후변화가 공공하수처리시설의 기후위기 적응 연구개발 정도 평가	0
[표 4-7] 인천광역시 공공하수처리시설의 사업소별 우선순위 위험도 항목	3
[표 5-1] 인천광역시 공공하수처리시설의 우선순위 위험도 항목	8
[표 6-1] 인천광역시의 회계별 자원 배분 중 하수도사업 발체	31
[표 6-2] 사업소별 기후위기 적응대책 5개년 예산합계	33
[그림 1-1]인천광역시 공공하수처리시설 기후위기 적응대책 수립과정	
[그림 4-1] 인천광역시 공공하수처리시설 위험도 분석 결과 종합	1
[그림 4-2] 제주특별자치도 공공하수처리시설 기후변화 적응대책	4
[그림 4-3] 국외 하수처리시설 탄소중립 정책 및 에너지 정책	51
[그림 5-1] 인천광역시 공공하수처리시설 SWOT 분석	62
[그림 5-2]인천광역시 공공하수처리시설의 비전 및 목표	72
[그림 6-1] 인천광역시 공공하수처리시설 기후위기 적응대책 총괄 및 주체	2
[그림 6-2] 환경부에 제출 양식(CAMTI)	41
[그림 6-3] 인천광역시 공공하수처리시설 적응대책 협의체 구성 및 운영체계	5

제1장 기후위기 적응대책 개요

1. 계획 수립 배경 및 근거

- 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(시행 2022.9.25.)」 제6장제41조 및 같은 법 시행령 제44조에 따라, 공공기관기후위기적응대책을 수립하도록 함
- 환경부는 공공기관 기후위기적응대책 수립 대상기관 63개소를 지정·고시하였으며, 인천 공공하수처리시설은 금번에 포함됨

2. 계획 수립 범위

(1) 시간적 범위

- 인천광역시 공공하수처리시설 기후변화 적응대책(2018~2022년)의 종료에 따라 기후변화 대응을 위한 향후 5개년(2023~2027년) 적응대책 수립을 목표연도로 함
 - 수립시점(2022년)을 기준으로 향후 20년 후 미래전망 시점까지 기후변화 영향을 분석

(2) 공간적 범위

- 인천광역시 공공하수처리시설과 관련된 시설에 대해 기후변화 영향을 받을 수 있는 공간 및 대상 전반
 - 인천광역시의 공공하수처리시설 14개소(가좌 등), 분뇨처리시설 1개소(가좌분뇨)로 구성

[표 1-1] 인천광역시 공공하수처리시설 기후위기 적응대책 수립의 시설 범위

운영기관	공공하수처리 및 분뇨처리 시설
인천환경공단	가좌, 가좌분뇨, 승기, 송도2, 남항, 공촌, 운북, 영종, 송산, 강화, 진두
삼성 베올리아(BTO사업)	만수, 송도1
검단 에코텍(BTO사업)	검단
에코이앤오	검단중설

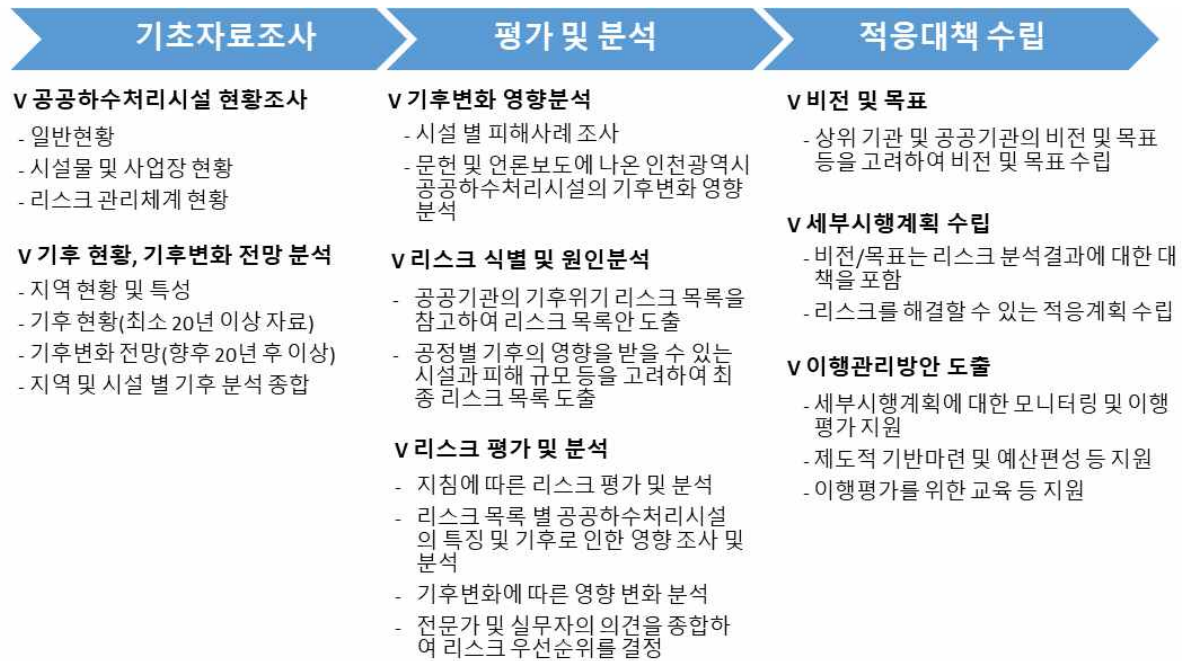
(3) 내용적 범위

- 인천광역시 공공하수처리시설 현황 및 주요 업무

- 처리 시설별, 지역별 기후변화 현황 및 전망에 따른 영향 분석
- 기후변화 위험도 평가 실시 및 결과 분석
- 기후변화 위험도 항목별 적응 목표 및 전략의 설정(중점 추진분야 선정)
- 적응 목표 달성을 위한 세부시행계획 수립(세부목표, 이행전략, 실천계획 및 추진 일정)
- 적응대책 이행 및 관리(이행 추진조직 및 예산, 이행사항 자체 모니터링 계획 등)

3. 계획 수립 과정

[그림 1-1] 인천광역시 공공하수처리시설 기후위기 적응대책 수립과정



4. 계획 목표 및 기본방향

(1) 계획의 목표

- 기후 위기로부터 시설보호, 시민안전 및 공공서비스 중단 방지 등을 위한 기후변화 위험도 평가, 기후위기 적응 비전 및 전략, 세부시행계획 등을 수립하여 기후변화 피해를 최소화하여 안전한 공공기관의 관리 계획을 수립하는 것이 목적임
- 인천광역시 공공하수처리시설의 취약성 및 위험도를 체계적이고 정량적으로 예측·평가하고, 비용대비 효과적인 대응 방안을 마련하여 사회 기반시설의 최적 기능 유지를 목적으로 함

(2) 기본방향

- 2050 국가 및 인천광역시 탄소중립 전략과 연계성을 확보하여 인천광역시의 탄소 감축과 적응에 시너지가 될 수 있는 사업을 발굴하여 제안함
- 국가 및 광역 기후변화 적응대책과의 연계성 확보
- 2035 인천광역시 하수도 정비 기본계획에서 ‘시민이 체감하고 안심할 수 있는 하수도’를 비전으로 하였음

제2장 인천광역시 공공하수처리시설 현황 및 주요업무

1. 인천광역시 공공하수처리시설 현황

- 인천광역시 환경국 하수과에서 공공하수처리시설을 담당함
- 가좌 및 송기 사업소에서 전체 분뇨를 제외한 공공하수처리시설에서 처리하는 용량의 약 55.2%의 하수처리를 하고 있음
- 2004년 이전 가동된 시설은 합류식 차집 방식이며, 이후는 분류식 및 합류식과 분류식을 같이 사용했고, 최근 준공된 시설들은 모두 분류식임

[표 2-1] 인천광역시 공공하수처리시설 종합

공공하수처리 사업소	처리공법	시설용량	가동개시일	차집 방식
가좌	표준활성슬러지법, BNR, MLE	350,000	1992.2.1	합류식
송기	MLE	275,000	1995.1.1	합류식
송도2	MBR	42,500	2014.6.5	분류식
남항	Bio-SAC	125,000	2008.8.22	합병식 (합류식+분류식)
공촌	표준활성슬러지법, KSMBR	65,000	1999.7.15	분류식
운북	A2O, DF®-MBR	23,000	2000.8.15	분류식
영종	HANT	24,000	2014.8.4.	분류식
송산	KSMBR	30,000	2015.9.23	분류식
강화	산화구	9,000	2003.3.29	합류식
진두	ACS	2,000	2018.12.1	분류식
만수	Azenit-P	70,000	2005.4.4	분류, 합류식
송도1	Biostyr	30,000	2005.4.4	분류식
검단	Biostyr	40,000	2008.2.19	분류식
검단중설	HDF	69,000	2020.9.7	분류식
가좌 분뇨	HBR-II(배양조+혐기조+간헐포기조+침전조)	2,580	2009.9	분류식

2. 인천광역시 공공하수처리시설 자발적 기후위기 적응대책 세 부시행계획 및 이행평가

- 인천 공공하수처리시설 기후변화 적응대책이 수립된 이후, 2018년과 2019년까지는 기존 지자체의 이행평가 결과서와 유사한 형태로 제출하였으나, 이후에 환경부에서 제공하는 엑셀 양식을 기준으로 이행평가 결과를 인천광역시에서 환경부에 제출함
- 사업소별로 점검 결과 실적이 보통 이하인 사업들을 목록화하고, 2차 기후위기 적응대책 수립의 방향 및 개선방안을 도출함

① 사업소별 자발적 기후위기 적응대책 이행평가 결과 종합

- 2018년에 수립한 자발적 기후위기 적응대책에 포함되는 사업소는 진두와 검단증설을 제외한 12개 사업소임
- 사업소별 미흡으로 평가된 세부사업을 종합하여 후속 조치 및 본 적응대책에서의 방향을 제시함
- 이행평가를 수행한 사업소 중 만수 하수처리장은 2018~2021년까지 계획기간 동안 미흡으로 평가된 사업이 없음
- 만수 하수처리장을 제외한 11개 사업소에서는 사업 목표 달성 및 예산 집행율 등에서 미흡으로 평가된 사례가 1건 이상 존재함

② 후속 조치 및 반영계획

- 본 계획 수립 시 미흡으로 평가된 사업의 후속조치 및 추후 적응대책에서의 반영 방안을 도출함
- 이행평가의 예산집행 항목에 대한 조정이 필요함
 - 계획한 예산을 배정받지 못하여 예산집행이 미흡으로 평가된 사업소가 존재함
 - 기존 시설, 자체 보수 및 재고를 활용하여 예산을 절감한 경우, 예산집행율이 낮게 평가되어 미흡으로 평가됨
- 사업 추진이 어려운 경우가 발생함
 - 사업이 완료되어 종료된 경우 이를 중간에 반영하지 못함
 - 추후, 사업계획이 변경될 경우 이를 중간에 반영하는 방안을 마련해야 함
- 사업이 기후위험도의 저감율이 적다고 평가된 사업은 금번 적응대책에서 반영 여부 논의가 필요함
 - 위험도 저감율에 대한 기준 작성이 필요함
- 단기적인 사업들 위주로 구성됨
 - 사업소 증설 및 재건축 등 계획을 반영하여 기후변화 측면에서 검토해야 함
 - 단기적인 기후위기 위험도 저감을 위한 사업뿐만 아니라, 장기적인 측면을 고려하여 연구 및 계획을 반영할 수 있도록 단기·장기 사업을 모두 검토해야 함

3. 유관계획 및 관련 법규

1) 인천광역시 제3차 기후위기 적응대책(2022-2026)

- 제3차 국가 기후위기 적응대책과 연계하여 수립함
- 제3차 인천광역시 기후위기 적응대책에서의 비전은 ‘기후위기 속에도 건강하고 안전한 인천 시민들의 삶’이며, 부문별 세부 목표는 인천광역시 비전 및 목표와 연계하여 설정함

2) 인천광역시 하수도정비기본계획(2020-2035)

- 하수도 정비계획의 주요 내용
 - 합리적 하수처리구역의 설정: 하수도 배제 현황, 신규 개발사업을 고려한 처리구역 조정 및 경제성, 민원 등을 종합적으로 고려한 미처리구역 편입(승기, 송도, 만수, 검단, 굴포, 영종)을 통해 처리구역 설정 및 조정계획 수립
 - 하수처리시설의 효율적인 개량방안: 하수처리시설별 기술진단상의 개량 사항을 반영하고, 방류수 기준을 준수하지 못하는 노후시설인 승기 공공하수처리시설의 대수선 계획과 시설현대화 계획을 비교·검토하여 적정 개량 계획 수립

4. 인천광역시 자연·인문적 현황

- 하수발생원 분포현황에 따라 하수처리구역의 경계를 「하수도정비기본계획 수립지침 (2015.12, 환경부)」 상의 지역적 범위 설정 기준을 반영하여 비오염원은 처리구역에서 제외한 실제 오염원을 지적 단위로 처리구역을 기준으로 2035 인천광역시 하수도정비 기본계획에서 설정함
- 남부권역(승기·송도·만수·남항 처리구역), 서부권역(가좌·공촌 처리구역), 영종 하수처리 구역으로 구분 및 관리함
- 사업소 수질 종합
 - 인천환경공단에서 하수 운영자료를 제공해 주고 있어서 해당 자료 분석
 - 분석 기간: 2020년 1월 1일~2022년 12월 31일 기간에 해당하는 자료만 분석
 - 방류수 수질 초과 일수 계산
 - 초과한 사업소: 가좌, 공촌, 승기, 남항
 - 가좌 사업소: 총질소(T-N), 총인(T-P), 총대장균의 기준은 넘는 일수가 다른 사업소보다 많은 편임

- 공촌 사업소: 총유기탄소량(TOC) 기준을 넘는 일수가 다른 사업소보다 많음
- 승기 사업소: 생물학적산소요구량(BOD), 부유물질(SS)가 기준을 넘는 일수 많음

5. 인천광역시 공공하수처리시설의 시설물 및 사업장 현황

○ 하수처리시설 현황

- 인천광역시의 공공하수처리시설 시설용량은 2020년 기준 1,134,970m³/일이며, 이중 사업대상지(14개소)에서 약 99.7%의 하수를 처리하고 있음
- 2017년 기준 인천광역시 하수찌꺼기 발생량은 140,638톤/년으로 매년 증가하고 있으며, 하수처리량 1m³당 하수찌꺼기 발생량은 인천광역시 평균 0.507kg/m³임
- 인천광역시의 하수처리 인구는 증가세이나, 하수관로 정비사업 등으로 분뇨 직투입이 증가하여 분뇨발생량은 감소 또는 정체하는 추세임
- 2017년 기준 인천광역시 구지역의 분뇨발생량은 1,975m³/일로 가좌분뇨 하수처리시설의 시설용량 2,580m³/일 대비 약 111%로 시설용량이 부족함

6. 하수도시설 운영 및 유지관리

- 2035년 인천광역시 하수도정비 기본계획에 따르면, 공공하수처리시설 운영 분석 결과 시설용량 초과 사업소는 만수, 계획유입수질 초과 사업소는 가좌, 승기, 만수, 송도, 보증수질 기준 초과는 승기, 강화로 나타남
- 과거 개발된 구시가지는 합병식 지역으로 분류식 관로가 합류식 관로에 합류하는 방식임
- 기존 합류식 지역에 점진적인 분류식화 계획 수립으로 최종 목표년도의 분류식화율을 63.3%로 계획됨

7. 기후변화 위험도 관리체계 현황

- 기후변화 적응을 위한 별도의 관리체계가 존재하지 않지만, 재난재해 및 안전관리와 관련된 대응계획은 체계적으로 관리하고 있음
- 2035년 인천광역시 하수도정비 기본계획에서 강우시 하수관리 대책을 포함하고 있음

- 공공하수처리시설별 강우 영향 검토
 - 관내 500m³/일 이상 공공하수처리시설은 하수배제 방식과 관계없이 강우량이 증가할수록 유입하수량이 증가하므로, 하수관로 기술진단 등을 통해 RDII 처리 대책 수립 필요
 - 강우시 시설용량 초과 유입: 승기, 강화, 검단, 만수
 - 방류 수질 초과 하수처리장: 승기, 검단, 만수
- 인천환경공단 재난 및 안전관리운영 시행내규(인천환경공단규정 제510호, 시행 2022.4.18.)에 의하면 재난 예방을 위하여 자원안전부는 재난관리계획을 수립 시행하여야 함
- 재난안전관리를 위하여 자연재난, 사회재난을 포함하여 재난관리대책을 수립하며, 겨울철, 여름철, 시설물 안전점검 계획을 포함하여 안전관리 대책 수립
 - 사업소별 비상체제도 구축하고 안전보건관리 조직도 수립
 - 단계별 비상근무체계를 수립하고 비상상황 근무시 근무요령 작성
 - 재난재해 대비 유관기관 협업 및 비상대응 시스템의 현행화
 - 시기별 계절별 유형별 재난안전관리 실시

제3장 기후변화 전망 및 영향 분석

1. 기후 현황 및 전망

- 미래기후는 많은 불확실성을 가지고 있기 때문에 다양한 기후모형 및 기후 시나리오를 고려하였음
- RCP의 경우, 현재 시기인 baseline이 2000년부터 2010년까지 11년 기간이며 제공되는 자료는 평균기온, 최고기온, 최저기온, 강수량 등 4개 변수를 제공하고 있음
- SSP는 2000년부터 2019년까지 20년간 자료를 제공하고 있으며 변수는 상대습도, 풍속, 일사량 등 3개 변수가 추가로 제공됨
- 5가지 극한기후지수 중 폭염일수, 한파일수, 호우일수 등은 RCP, SSP 모두 제공하고 있으나, 강풍일수 및 대설일수는 공간자료 구축이 어려울 것으로 예상됨
- 인천광역시 공공하수처리시설별 극한기후지수에 대한 설명은 아래와 같음
 - 폭염일수: 일최고기온이 33도 이상인 날의 연중 일수
 - 한파일수: 일최저기온이 -12도 이하인 날의 연중 일수
 - 호우일수: 일강수량이 80mm 이상인 날의 연중 일수
- 인천광역시 공공하수처리시설(총 12개-중설, 분뇨 중복 포함) 경계를 기준으로 반경 2km 범위를 대상으로 남한 상세자료를 활용하였음
 - RCP 20개, SSP 4개 등 총 24개 기후전망 자료 활용
 - RCP 2.6/4.5/6.0/8.5: HadGEM3-RA, RegCMv4, WRFv34, SNUMM5v3.0(MM5), GRIMs(RSM)
 - SSP 1/2/3/5: 5ENSMN(HadGEM3-RA, WRF, CCLM, GRIMs, RegCM4)
- 현재 시기는 RCP의 경우 2000~2010년, SSP는 2000~2019년이며, 목표연도는 RCP 모두 2025~2035년임
- 환경부(2022) 가이드라인에서 제공하는 RCP 시나리오값(2025~2035 평균값)과 본 연구에서 기후변화 시나리오를 이용해 직접 도출한 값을 이용하여 현재값과 미래값(30년대, 50년대)을 위험도 분석에 활용
- 환경부에서 제공하는 극한기후지수 표준화 값은 행정구역 단위로 제공되고 있기 때문에 면적이 매우 작은 인천광역시 공공하수처리시설에 적용하기에는 한계가 존재함

- 따라서 본 연구에서는 환경부(2022) 가이드라인에서 극한기후지수 표준화 값을 산출한 방법론을 바탕으로 격자 자료로 활용해서 인천광역시 공공하수처리시설별 극한기후지수 표준화 값을 산출하였음
- 격자자료의 경우 대설일수 및 강풍일수 정보가 제공되지 않고 있고, SSP 시나리오는 아직 개별 RCM 자료 대신에 5개 RCM을 앙상블한 자료가 제공되고 있기 때문에 환경부(2022) 가이드라인 극한기후지수와 비교하기 위하여 다양한 조건을 활용해서 테스트를 진행하였음
 - 첫째, 환경부(2022) 가이드라인 자료와 동일하게 HadGEM3-RA RCM 격자자료(폭염일수, 한파일수, 호우일수)와 행정구역 자료(대설일수, 강풍일수)를 조합한 극한기후지수
 - 둘째, HadGEM3-RA RCM 격자 자료(폭염일수, 한파일수, 호우일수)만 이용한 극한기후지수
 - 셋째, RCP 4.5와 SSP2 5개 RCM 앙상블 격자 자료(폭염일수, 한파일수, 호우일수)만 이용한 극한기후지수
- 극한기후지수 표준화에 대한 종합적인 결론은 아래와 같음
 - 격자 자료 3개(폭염/한파/호우)와 행정구역 자료 2개(대설/강풍)를 혼합할 경우, 대설 가능성과 강풍 가능성은 큰 변화가 없지만, 미래 시기에 대한 폭염 가능성이 크게 증가함. 이러한 결과는 행정구역 기반 자료를 활용하기 때문에 발생하는 평균값의 한계를 극복하고 격자 단위의 극값 반영이 더 잘 되기 때문으로 판단됨
 - 폭염의 경우, HadGEM3-RA RCM만 이용했을때 보다 5개 RCM을 앙상블한 결과가 RCM 값들의 평균을 이용하기 때문에 폭염 가능성이 낮아짐
 - SSP 시나리오의 경우, RCP 자료와 다르게 현재 시기가 2000~2019년까지 20년 자료를 활용하기 때문에 현재 시기에서도 이미 지구온난화가 반영되어 있어서 폭염 가능성이 큰 폭으로 증가하는 경향이 나타남

2. 기후변화 영향 분석

1) 기후변화 영향분석 방법

○ 언론보도 등의 빅데이터 분석을 통해 피해 및 손실사례를 정리함

- 전국 공공하수처리시설의 기후변화로 인한 피해사례를 정리하고, 그중 인천광역시 공공하수처리시설의 피해사례를 비교 분석함

2) 기후변화로 인한 피해 및 손실 사례조사

○ 기후변화 관련 기사 추이 분석

- 기사는 공공하수처리시설 풍수해 급증에 관한 기사로 집중호우가 늘면서 공공하수 처리의 기능이 저하되어 피해가 커질 것을 예측하고 관련된 하수처리장 파손, 관로 유실 등의 피해 현황을 정리함
- 인천의 경우 파손 및 유실 현황이 없으며 2020년 12월 7일 송도 하수종말처리장 전원실 일부가 불에 타는 등 재산피해 발생, 2022년 8월 호우경보로 인한 선재 하수처리장 시설이 지대가 낮은 농가와 집 등에 오수 역류 등이 발생함

[표 3-1] 기후변화 관련 광역시 단위 피해사례 기사 분석

연도별 피해 시설	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	세종	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	합계
2015																		
2016							3				2		1	1	2	7	1	17
2017											12	1				1		14
2018		1							4						3		1	9
2019		1								8				1	16			26
합계		2					3		4	8	14	1	1	2	21	8	2	66

환경부 제출 국정감사 자료 재구성 - 송옥주 의원실
행정안전부에서 관리하는 풍수해(호우, 태풍) 피해·복구 현황을 토대로 작성

○ 공공하수처리 시설별 피해 현황

- 공공하수처리시설 시설별 피해 현황을 정리하였고, 태풍 및 강풍으로 인한 외부시설 물 또는 조경에 대한 피해가 발생함
- 외벽 나무 마감재 탈락 및 수목 전도, 웬스 파손 및 부착물 탈락, 건물의 출입문 파손, 우수관 파손 등이 발생함

[표 3-2] 공공하수처리 시설의 피해현황 분석

구 분			피해현황(건)						
발생년도	사업소	재난유형	조경 (그루)	정전 사고	전기 (개소)	건물 파손	가설 건축물	하수 설비	기타
2019년	가좌	태풍	13	1		5	4		
2019년	남향	태풍	12			10			3
2019년	승기	태풍	4			2	2		
2020년	가좌	태풍				3			
2020년	송도	태풍				1			

3) 기후영향요소 및 영향 유형 도출

- 인천광역시를 포함한 우리나라 공공하수처리시설에 대한 폭염, 한파, 호우, 대설, 강풍 등에 의한 피해 현황 및 적응대책 수립 사례를 조사함(과거부터 현재까지 20년 이상, 최소 10년 이상)
- 인천광역시 15개 공공하수처리시설 주변을 대상으로 과거부터 현재까지 관측된 자료(적응대책 수립시점 기준 과거 20년(최소 10년) 이상의 자료)를 이용한 기후 현황을 조사함
- 대표적인 기후 현황 조사 항목으로는 1차 공공하수처리시설 적응대책 자료와 비교하여 온도, 강수량, 바람세기, 적설량 등을 검토하여 변화 추이를 분석함
- 기후변화 취약시설: 변전실, 펌프실, 유입동 등이 침수에 취약한 것으로 나타남
- 기후영향 피해사례 조사는 공공하수처리시설에 영향을 미치는 주요한 기후영향 요소 및 영향 유형을 도출하여 기후변화 위험도 평가의 대상과 연계될 수 있도록 작성함

제4장 기후변화 위험도 평가

1. 체크리스트를 활용한 기후변화 위험도 평가

1) 위험도 평가 목적 및 대상 설정

- 인천광역시의 하수처리장이 강화, 서구, 중구, 연수구 등 인천광역시 전체에 산재되어 있으므로, 지역의 특성을 반영하여 위험도를 평가 및 분석하는 것이 필요함
- 모든 시설물, 사업장 등에 대하여 기후변화 위험도 평가를 우선적으로 실시하지만, 환경부(2022)에서 제시한 기후변화 위험도 평가 방법 중, 체크리스트를 활용한 평가 방법을 이용해 위험도를 평가함
- 주요 시설 분류표를 참고하고, 관계자와 심층인터뷰, 기후변화 영향 분석을 통하여 일부 주요 기후변화 취약시설에 대한 위험도 항목을 평가대상으로 한정하여 집중 분석함
- 사업소별로 환경부에서 제공하는 하수처리시설 주요 시설 분류 기준을 활용하여 존재하지 않는 시설 등을 제외하여 자체 분류한 <표 4-1>을 기준으로 위험도 평가에 활용
 - 분뇨처리사업소는 가좌분뇨 밖에 없으며, 별도로 유입 단계에서 시설 등으로 구분하지 않으므로 반입 및 운반시설로 보기는 어려움

[표 4-1] 본 연구에서 재분류한 시설분류표

대분류	중분류	소분류	관련시설
반입 및 운반시설	반입 시설	침출수 유입시설	유량조정조, 세일BC, 생물반응조, 침전조, 폭기액 순환설비 등 유입맨홀, 침사지, 유입펌프동, 유량조정조, 스크린(조목, 세목, 미세목, 드럼)
처리시설	주처리시설	(하)수처리 시설	침전지(1차침전지, 2차침전지 등), 무산소조, 생물반응조(무산소조, 미생물 조정조, 단순포기조, 접촉포기조, 혐기조, 무산소조, 호기조), 총인처리시설, 유량측정조, 여과 및 소독시설(여과설비, 소독설비, UV소독조 등), 방류조, 재이용시설 등
		분뇨 처리시설	협잡물처리기
		슬러지처리 시설	농축조(중력농축조, 기계식 농축기 등), 소화조(가스블로어, 탈황장치, 가스저장탱크, 보일러 등), 농축기동(원심 농축기, 저류조 등), 탈수기동(슬러지저류조, 약품혼합탱크, 원심탈수기 등), 반류수 분배조, 발전설비, 잉여가스 소각기, 반류수저감시설(무산소조, 호기조, 2차침전지) 등
		부자재시설	응집제 주입설비, 탈취설비, 각종 약품탱크 등
		오존소독 시설	오존발생기, 비오존 처리장치, 대기오존감지기

설비	기계 설비	전기설비	변압기, 태양광발전
		송풍 및 펌프설비	포기용 송풍기, 내부반송 펌프, 외부 반송펌프, 방류펌프 등
기타	기타	주민시설	배드민턴, 족구장, 테니스장, 축구장 등

2) 기후변화 위험도 식별 및 규명

- 기후변화 위험도 값 중, 영향 부분 값을 도출하기 위하여 환경부 가이드라인(2022)을 참고하여 작성한 설문조사 평가 항목을 활용하여 도출한 결과에 근거하여 기후변화 위험도 매트릭스에 적용하여 매트릭스의 가로축을 기후영향 요소별 발생가능성으로 하고, 세로축을 영향 크기로 하여 기후변화 취약시설별 위험도 점수를 위험도 매트릭스에 도식화하여 위험도를 분석하도록 함
- 제1차 인천광역시 공공하수처리시설 기후위기 적응대책에서 도출된 위험도 항목을 점검 및 재평가함
- 신문·방송 및 국내외 문헌자료, 기후변화 적응 및 하수처리시설 관련 전문가 의견을 수렴하여 기후로 인한 피해 이력이 존재하는 경우, 이를 위험도 항목으로 반영함
- 기후변화 위험도 식별과정에서 기후변화 위험도별 속성, 특징을 규명함

3) 기후변화 위험도 평가 방법

- 기후변화 위험도의 원인 분석 및 분류
 - 과거의 경험 및 미래의 환경변화 등을 종합적으로 고려하여 기후변화 위험도 발생 원인을 분석함
 - 기후변화에 의한 특정 사건 등으로 위험도 발생 원인을 분류함
- 평가대상 선정: 인천 공공하수처리시설에 대하여 시설, 시설관리자, 공공서비스에 대한 평가대상을 구분하였음
- 평가 주체: 위험도 평가의 주체는 대상기관의 내부 구성원으로, 사업소별 기후위기 적응 담당자 5명 이상의 응답을 목표로 하였음
 - 다만, 1차 설문조사 결과 사업소별 응답 비율 차이가 너무 커서 문항수 등을 조정 후에 2차 설문조사를 실시함
 - 1차 설문조사 시, 공공하수처리시설 담당자로 한정하였기 때문에 응답률이 저조 하였으므로 2차 설문조사 시 인천환경공단 및 위탁 사업소를 전체 근로자를 대상으로

범위를 확대하였음

- 따라서 1차와 2차의 항목 차이가 다소 존재하여 결과를 합산하여 사용하기는 어려워 1차 설문조사 결과를 기준으로 위험도 매트릭스를 작성하되, 사업소별 기후위기 적응 대책 수립 시에는 2차 설문조사에서 위험 요인으로 도출된 항목까지 포함함

4) 기후변화 위험도 평가(현재와 미래)

- 발생가능성: 환경부(2016)에서 제공하는 구별 극한기후지수 값과 기후변화 시나리오를 기준으로 1~5 값으로 변환된 데이터를 활용함
- 영향 크기 분석: 위험도 항목별로 기후노출이 발생하였을 때 영향을 받는 정도 및 빈도를 1~5 값으로 평가함. 평가값은 구성된 자문위원, 협력기관, 관리 관계자들 다수와의 인터뷰 및 설문조사, 문헌고찰을 통해 도출한 값에 근거함. 평가 기준은 환경부 시설분류표 및 평가 기준표를 인천광역시 공공하수처리시설에 맞게 수정하여 활용함
- 종합 분석: 위험도 항목별로 발생 가능성과 영향 크기를 5×5 위험도 매트릭스 위에 표시하여 '위험-보통-안전'과 같이 3단계로 종합적인 위험도 분석을 수행함

5) 기후변화 적응능력 분석

- 상대적으로 중요한 기후변화 위험도를 선별하고 이에 대한 적응대책을 수립함
 - 시설별로 기후변화 위험도를 현재와 미래에 대하여 각각 분석하고, 현재보다 미래에 위험도가 증가하는 항목은 우선순위 위험도 관리 항목으로 도출함
 - 공공하수처리장에 영향을 줄 수 있는 기후노출 분석을 위해 기후변화 시나리오, 기후 영향분석 및 언론의 빅데이터 분석, 시설 담당자들의 인터뷰를 통하여 우선순위를 종합적으로 결정함
 - 관계자 및 전문가를 대상으로 심층인터뷰 및 설문조사를 실시하여 위험도 우선순위에 활용함
- 기후변화 위험도 평가 결과와 공공하수처리시설의 경영목표 및 전략 등에 따라 우선순위 부여, 우선순위 기후변화 위험도 선정, 기후변화 위험도별 중요도 특징 정리하여 기후변화 적응능력을 분석함

2. 체크리스트를 활용한 기후변화 위험도 평가 및 분석

1) 인천 공공하수처리시설 전반에 영향을 미치는 기후영향 분석

- 환경부(2022) 지침에 근거하여 공공하수처리시설물 분류를 확인하고, 기후변화가 시설물에 미치는 영향, 시설관리자에게 미치는 영향, 공공서비스에 미치는 영향, 사업소별 기후위기 대응수준을 1점(영향없음)부터 5점(영향이 매우 큼)으로 평가하였음
- 기후변화가 공공하수처리시설 세부시설에 미치는 영향을 평가한 결과, 대부분 호우에 의한 영향이 크며, 일부 한파와 폭염으로 인한 영향이 있음
 - 세부시설 별로, 반입시설과 주처리 시설(하수처리시설), 수처리 이외 시설 중 분뇨처리 시설, 기계설비, 기타 주민시설은 피해가 크며, 이외의 시설은 영향이 크지 않은 것으로 평가됨
 - 주처리 시설 중 슬러지처리시설은 호우의 영향이 다른 기후노출보다 영향이 크나, 다른 시설보다는 기후의 영향을 받는 정도가 적음
- 시설물의 안정성 측면에서 호우가 시설별로 가장 영향을 크게 미치는 요인이지만, 폭염, 한파, 호우, 대설, 강풍에 비하여 다소 높은 정도이며 큰 차이는 없음

[표 4-2] 기후변화가 공공하수처리시설의 세부시설에 미치는 영향 평가

구분		시설명		가장 큰 영향을 미치는 기후노출
반입시설		유량조정조, 세일BC, 생물반응조, 침전조, 폭기액 순환설비, 침사지, 유입펌프, 유량조정조, 스크린		호우
주처리시설	하수처리시설	침전지, 무산소조, 생물반응조, 총인처리시설, 유량측정조, 여과 및 소독시설,		호우
	수처리이외시설	분뇨처리	협잡물처리기	호우
		슬러지처리시설	농축조, 소화조, 농축기동, 탈수기동, 반류수 분배조, 발전설비, 반류수 저감시설	호우
			발전설비, 잉여가스 소각기	한파
			부자재시설	응집제 주입설비, 탈취설비, 각종 약품탱크
		오존소독시설	오존발생기, 비오존 처리장치, 대기오존 감지기	호우
기계설비	전기	변압기		폭염
		태양광발전		호우
	펌프	펌프장		호우
기타		주민시설(시민체육시설)		호우

[표 4-3] 기후변화가 시설물 안정성 측면에서 공공하수처리시설의 세부시설에 미치는 영향 평가

구분	시설명		가장 큰 영향을 미치는 기후노출
기후요소 영향	반입시설, 주처리시설(수처리시설), 주처리시설(슬러지 처리), 기계설비(오수중계펌프 등)		호우
	기계설비(전기설비)		폭염
시설물 안정성	시설물 대응계획	반입시설, 주처리시설(수처리시설, 슬러지 처리시설), 기계설비(전기설비, 오수 중계펌프장)	호우
	피해방지 방안 및 방시설	반입시설, 주처리시설(수처리시설, 슬러지 처리시설), 기계설비(전기설비, 오수중계펌프장)	호우
	기후변화 피해 대비방안	반입시설, 주처리시설(수처리시설, 슬러지 처리시설), 기계설비(전기설비, 오수중계펌프장)	호우

○ 시설관리자의 측면에서 기후변화로 인한 영향을 평가한 결과, 호우의 영향이 가장 컸음

- 근로자의 안전과 관련하여 근로자 안전과 관련된 조직이 존재하고, 근로자의 근무 수칙이 마련되어 있으며, 안전훈련 및 대피시설이나 냉난방시설 등 근로자 작업환경 안전성 확보 등의 측면에서 준비가 일부만 되어있다는 평가를 받음

[표 4-4] 기후변화가 시설관리자 측면에서 공공하수처리시설의 세부시설에 미치는 영향 평가

구분	시설명		가장 큰 영향을 미치는 기후노출
기후요소 영향	시설관리자에게 기후요소가 미치는 영향		호우
시설물 안정성	근로자 안정성	근로자 예방기준, 대피 및 작업중단 등 대비책, 근로자의 대피 및 작업중단 등의 대비책, 근로자의 안전과 관련된 조직 존재, 근로자의 근무수칙, 안내방송 등을 통한 대피 안내 등, 기후변화 대응을 위한 안전훈련 실시	호우
	작업환경 안정성	대피 시설이나 냉난방시설 등 근로자 작업환경성 안정성 확보, 작업환경에 대한 지침 존재	호우
	노동생산성 저하	인력 부족에 대한 대비책, 노동생산성 저하에 대한 대비책 마련	호우

○ 공공서비스 측면에서 기후변화로 인한 영향을 평가한 결과, 호우의 영향이 가장 컸으며 일부 한파의 영향이 크게 나타날 것으로 평가됨

- 공공서비스에 미치는 기후 영향은 한파가 가장 클 것으로 예측됨
- 호우로 인한 운영피해 최소화 대비가 가장 잘 되어 있으며, 특히 유관기관 협조체계가 잘 구축되어 있음
- 운영피해 발생 시 대응 측면에서 한파 대비를 위한 소모품 및 예비품 확보방안 준비가 다른 기후노출에 비하여 잘 되어 있으며, 협조기관 파악 및 비상연락망 확보는 다른

항목들에 비하여 잘되고 있음. 대국민 피해 최소화는 호우에 대한 부분이 다른 기후노출 보다 잘되고 있음

[표 4-5]기후변화가 공공서비스 측면에서 공공하수처리시설의 세부시설에 미치는 영향 평가

구분	시설명		대비가 잘되고 있는 기후요인
기후요소 영향	기후변화가 공공서비스에 미치는 영향		한파
시설물 안정성	운영피해 최소화	운영 중단 및 성능저하 등에 대한 대비계획 존재여부, 비상 운영에 따른 대응계획, 운영피해 최소화 대책, 위기상황시 조기 조치를 위한 유관기관 협조체계 마련, 교육 및 홍보대책 마련	호우
	운영피해 발생 시 대응	피해 예방을 위한 소모품 및 예비품 확보방안 마련 여부, 협조기관(조직) 파악 및 비상연락망 확보방안 마련, 복구기간 최소화 및 비상시 대체 서비스 제공방안	호우
	대국민 피해 최소화	이용자 안전에 대한 대비책 존재, 이용자 문제 발생시 위기대응 방안 존재, 운영피해 발생시 이용자의 피해 및 불편 최소화 방안, 이용자 문제 발생시 피해 발생에 대한 정보전달 수단 존재 여부, 대국민 홍보수단(홍보관, 팸플렛 등) 존재여부	호우

○ 연구개발 측면에서 기후변화로 인한 영향을 평가한 결과, 호우와 관련된 항목이 가장 컸음

- 시설물, 시설관리자, 공공서비스 측면에서의 기후변화 적응 측면에서의 연구개발이 이루어지고 있으나 특히 근로자/작업환경/노동생산성에 대한 기후변화 적응에 대한 연구개발계획은 미흡한 측면이 있음

[표 4-6] 기후변화가 공공하수처리시설의 기후위기 적응 연구개발 정도 평가

구분	시설명	대비가 잘되고 있는 기후요인
시설물 관련	시설물관련 기후변화 영향 및 위험도 평가 방안 연구, 시설물 관련 기후변화 적응에 대한 연구 개발계획, 설계기준을 초과하는 기후변화에 대한 대비책 연구, 재난재해 등 대비한 시설물 관리행동 매뉴얼 등 기후변화를 고려한 개선 계획 존재	호우
시설관리자	근로자/작업환경/노동생산성에 대한 기후변화 영향 및 위험도 평가 방안 연구, 근로자/작업환경/노동생산성에 대한 기후변화 적응에 대한 연구개발 계획	호우
공공서비스	공공서비스에 대한 세부적인 기후변화 영향 및 위험도 평가 방안, 공공서비스에 대한 기후변화 적응에 대한 연구 개발계획, 공공서비스 측면에서 행동 매뉴얼 등이 있다면, 기후변화를 고려한 개선 계획이 있거나 작성계획 존재 여부, 공공서비스 기후변화에 대한 적응역량 교육 방안	호우

3. 기후변화 위험도 평가 결과 종합 및 우선순위 위험도 도출

1) 위험도 분석 결과 네 개의 유형으로 구분

- 상시 위험도: 실제 피해가 발생한 사건 및 위험도, 노후로 인하여 발생하는 피해
- 간헐적 위험도: 비정기적으로 극한 기상현상 등으로 인하여 발생하는 위험도. 극한 집중호우 등 발생으로 하수처리 가능 범위를 초과하여 다소 하수처리 기준량을 초과하여 방류된 사례가 있음
- 미래 위험도: 기후변화 시나리오를 고려하여, 미래 발생 가능 혹은 증가 가능성이 높은 위험도
- 운영과정 위험도: 시설 이용자 및 시설 운영 관리 도중 발생 가능한 위험도

[그림 4-1] 인천광역시 공공하수처리시설 위험도 분석 결과 종합

상시리스크	미래리스크
<ul style="list-style-type: none"> • 실제 피해 발생은 주로 태풍으로 인하여 건물 파손, 가설건축물, 수목 전도 등이 발생함 • 노후된 건물, 실외 시설물이나 펜스, 부착물 등에 피해 발생 • 사업소가 노후된 경우 실외에 노출된 시설물들이 다소 존재하며, 부식 등이 진행되고 있어 개보수 및 재건축 등의 시설물 개선이 필요함 	<ul style="list-style-type: none"> • 환경부 및 기상청의 기후변화 시나리오를 분석하면, 2050년까지는 급격한 기후변화는 없음 • 폭염과 호우는 다소 증가할 가능성이 높음 • 강풍과 대설은 비슷하거나 다소 증가함 • 한파는 발생 가능성이 줄어들음
간헐적리스크	운영과정리스크
<ul style="list-style-type: none"> • 홍수에 의한 반입 시설 등 침수 종종 발생 • 폭염 등으로 인한 전기 사용량 증가로 리스크 존재 • 처리 용량 대비 극한 집중호우 발생시 하수처리 기준량을 다소 초과하여 방류되는 상황이 발생 가능 • 미생물 등을 이용하여 정화를 하므로, 한파가 장기간 발생할 경우, 효율이 낮아질 가능성 존재 	<ul style="list-style-type: none"> • 진두사업소 등을 제외하고 공공하수처리시설에는 대부분 주민 체육시설이 존재하나 기후변화 관련 시설이용자 및 시설관리에 대한 명확한 가이드라인 등이 미흡 • 집중안전점검을 통한 안전진단(운영중 하수도 시설 중 500m²/일~20만 m³/일 이상 공공하수처리시설 대상으로 실시) 매년 실시

- 사업소별로 위험도 유형에 맞게 관리방안 유형을 구분하고 위험도를 저감 할 수 있는 비전 및 목표를 수립함

2) 사업소별 우선순위 위험도 항목을 도출

- 우선순위 위험도는 위험도 매트릭스를 기준으로 주황색인 ‘대응중심 위험도’ 또는 체크리스트를 활용하여 평가하였을 때 3.8점 이상인 경우를 ‘우선순위 위험도’로 선정함

- 전체 사업소를 대상으로 기후변화 영향 분석을 통해 도출한 공통 위험도에 대해서는 사업소별로 우선순위 위험도에 포함되지 않을 경우, 이와 관련된 적응대책을 포함함
 - 공통 위험도는 모든 사업소에 발생 가능한 위험도로써 ‘미래 위험도’에 포함됨
 - 호우의 시설에 미치는 영향(시설 전반), 폭염이 시설에 미치는 영향(전기설비 등), 한파가 시설에 미치는 영향(수질 등) 등의 항목이 포함됨
- 사업소별로 동일 기후 위험도일 경우에도 원인 등에 따라 위험도 유형이 달라질 수 있으므로, 앞에서 제시한 위험도 유형은 사업소별 세부사업에서 기술함
- 호우와 관련된 우선순위 위험도 항목 비율이 약 52.6%로 가장 높음
 - 호우와 관련된 위험도 항목은 다른 항목에 비하여 점수가 높은 편임
 - 호우로 인한 침수, 역류 등 시설에 영향을 미칠 수 있는 것으로 평가되었으며, 이로 인하여 처리수의 수질오염 기준 초과 등의 문제 발생 가능성이 높음
- 폭염과 관련하여 전기시설에 미치는 영향이 높을 것으로 조사되었으나 이는 기후 위험도 발생할 정도는 아닌 것으로 평가되어 우선순위 위험도에 포함되지 않았음
 - 다만, 폭염으로 인한 펌프 시설 영향, 주민시설영향은 위험도 발생 가능성이 존재함

[표 4-7] 인천광역시 공공하수처리시설의 사업소별 우선순위 위험도 항목

기후	구분	기후위험도	사업소
호우	시설관리자	호우로 인한 시설 관리자 영향	가좌
		호우로 인한 작업환경 안정성	가좌
	세부시설	호우가 전기시설에 미치는 영향	송도2
		호우에 의한 펌프 시설 영향	공촌, 진두, 운북, 영종, 검단중설
		호우에 의한 반입시설 영향	운북, 영종, 진두, 검단
		호우에 의한 수처리시설 영향	운북, 영종, 진두, 공촌
		호우에 의한 슬러지 처리시설 영향	진두
		호우에 의한 오존 소독시설의 영향	진두
		호우에 의한 부자재시설의 영향	공촌
	공공서비스	호우가 주민시설에 미치는 영향	영종
폭염	세부시설	폭염에 의한 펌프 시설 영향	가좌분뇨, 운북
	공공서비스	폭염으로 인한 주민시설 영향	가좌, 승기, 송도2, 영종, 공촌
한파	세부시설	한파에 의한 오존 소독시설 영향	가좌 분뇨
	공공서비스	한파가 주민시설에 미치는 영향	승기, 영종
대설	세부시설	대설에 의한 펌프의 영향	진두
		대설이 전기시설에 미치는 영향	남향
	공공서비스	대설이 주민시설에 미치는 영향	영종
기타	세부시설	회복방안 및 사후처리방안과 관련한 기후 노출 전반	공촌
		호우로 인한 피해방지 방안 및 방지시설 관련 영향	공촌

○ 우선순위 위험도는 모두 20개로, 해당 위험도가 존재하는 사업소는 11개소임



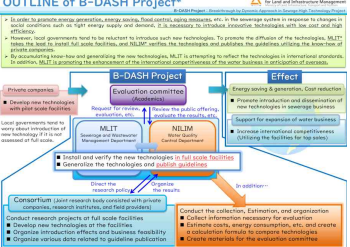
- 영종 사업소(7) > 공촌 사업소(6), 진두 하수처리시설(6) > 운북 사업소(4) > 가좌 사업소(3) > 승기 사업소(2), 송도2 지소(2), 가좌분뇨 하수처리시설(2) > 검단 하수처리장(1), 검단중설 하수처리장(1), 남향 사업소(1) 순으로 위험도가 많은 것으로 나타남

2) 공공하수처리시설 기후위기 적응대책 사례조사(국외)

○ 국외 하수처리시설 대상 탄소중립 정책

- 미국의 공공하수처리시설의 정책을 살펴보면 하수처리 운영상의 에너지사용량에 상응하거나 소모되는 에너지보다 많은 에너지를 생산하는 하수처리시설의 운영을 목표로 함
- 하수처리시설의 에너지 사용 절감 노력, 신재생에너지 생산을 장려 등 에너지 소비 기준을 수립하여 하수처리시설의 효율성 개선 하수슬러지의 혐기성 소화를 이용한 열과 전력을 생산하는 열병합발전, 하수슬러지 및 음식물쓰레기의 병합처리에 의한 바이오가스 생산
- 유럽에서는 에너지효율과 신재생에너지 생산을 높이기 위한 에너지 친화적(energy positive)인 하수처리시설 달성 목표 사업(POWERSTEP), 하수를 에너지원으로 활용하여 하수처리의 운영 및 유지비용을 최소 50% 절감하는 것을 목표로 하는 사업(INCOVERProject) 등의 정책이 수행됨
- 일본은 전국 전력소비량의 0.7%를 소비하는 하수처리시설은 수처리 공정과 하수슬러지 처리공정에서 가장 높은 에너지가 소모되는 것으로 분석됨(약 65%)
- B-DASH 프로젝트로 입증된 하수슬러지 기반의 바이오가스로부터 수소를 생산 공급하는 기술을 적용함

[그림 4-3] 국외 하수처리시설 탄소중립 정책 및 에너지 정책

미국	유럽	일본
		
미국 아이오와 주에 위치한 수 시(Sioux City)는 하수처리장(WWTP)	Horizon 2020 Program의 개요	하수도 혁신적 기술 실증사업(B-DASH 프로젝트)의 개요

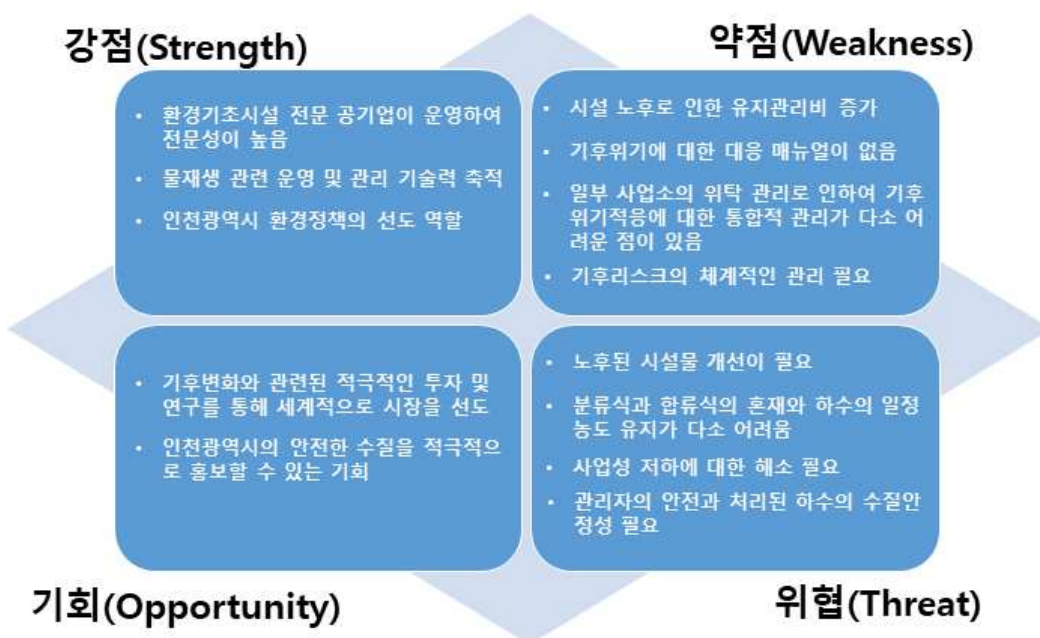
제5장 기후위기 적응전략 및 세부시행계획

1. 기후위기 적응대책 목표 및 전략

1) 전략 분석 및 비전

- 인천광역시의 탄소중립 선언과 연계하여 감축과 적응을 모두 달성할 수 있는 비전 및 목표를 수립함
- 인천광역시의 비전, 경영목표 및 전략, 경영 가치체계 등과 기후변화 위험도 평가 결과를 요약할 수 있는 내용으로 구성함
- SWOT 분석을 통해 인천광역시 공공하수처리시설의 강점, 약점, 기회, 위협을 분석함
 - 강점: 공공기관이 지속적으로 운영하여 전문성이 높고 관련된 전문 기술력을 축적
 - 약점: 노후된 시설들로 인한 유지관리비 증가, 노후된 시설들의 기후변화로 인한 피해 증가 및 복구비용 증가
 - 기회: 기후변화와 관련된 하수도 관리 적응 매뉴얼, 기술개발 등 시장 선도 가능, 인천광역시의 수질 및 하수처리의 기후위기 적응을 홍보할 수 있는 기회
 - 위협: 노후시설물 개선, 사업성 저하 개선 필요, 관리 등의 안정성 유지 필요

[그림 5-1] 인천광역시 공공하수처리시설 SWOT 분석



2) 비전 및 목표

- 인천광역시의 탄소중립 선언과 연계하여 감축과 적응을 모두 달성할 수 있는 비전 및 목표를 수립함
- 인천광역시의 비전, 경영목표 및 전략, 경영 가치체계 등을 반영하고, 기후변화 위험도평가 결과를 요약할 수 있는 내용으로 구성함
- 인천광역시 비전: 인천의 꿈, 대한민국의 미래
- 인천광역시 공공하수처리시설 비전: 기후위기에도 공공하수를 안전하게 관리하는 인천광역시

[그림 5-2] 인천광역시 공공하수처리시설의 비전 및 목표



2. 기후위기 적응대책 수립 방향

- 기관의 기후변화 적응 비전 및 목표 현실화를 위한 세부시행계획을 수립함
- 환경부(2022)의 주요시설 분류표 중 중분류를 기준으로 평가 분석 및 적응대책을 수립함
- 세부시행계획은 담당자, 사업부서, 연차별 추진목표, 예산 등을 명확히 하여 사업 관리의 효율성을 높임
 - 적응전략과 세부시행계획간의 연계성을 유지하며, 각 세부시행계획의 목표, 전략, 실천계획 등이 일관성이 유지되도록 작성함
 - 기후변화로 인하여 인천광역시 공공하수처리시설에 발생 가능한 영향 및 피해 정도를 자체적으로 모니터링하면서 DB로 구축할 수 있는 방안 제시

- 적응대책별로 단기적, 중장기적 목표를 기입하고 목표를 달성할 수 있는 단계적 실행 방안 제시
- 사업소별 기후 위험도를 기준으로 세부사업을 도출하는 것을 우선으로 하고, 이외에 공통으로 영향을 미치는 위험도는 미래 위험도 측면에서 적응사업으로 포함함. 실제 피해가 발생한 경우에도 위험도 항목으로 포함함
- 상시 리크스: 실제 피해가 존재했으므로, 위험도 목록에 포함
- 간헐적 위험도: 위험도 평가 결과로 도출된 기후로 인한 영향이 큰 위험도 목록
- 미래 위험도: 사업소 전체에 공통으로 적용되는 발생 가능한 위험도 항목
- 운영과정 위험도: 관리자의 의견을 포함하여 운영 지침 및 가이드라인 등의 미흡으로 발생 가능한 위험도

3. 기후위기 적응대책 세부시행계획 요약

- 사업소별 기후위기 적응대책 세부시행계획을 아래 표와 같이 요약함
- 세부사업은 총 70개로 구성됨
- 공통(3), 가좌(5), 가좌분뇨(2), 승기(4), 송도2(5), 남향(8), 공촌(4), 운북(7), 영종(5), 송산(4), 강화(3), 진두(4), 만수(3), 송도(7), 검단(3), 검단중설(3)

[표 5-1] 인천광역시 공공하수처리시설의 우선순위 위험도 항목

사업소	기후 위험도 유형	기후 요소	기후 위험도 목록	적응 목표 구분 (사업 유형)	적응대책	사업 대상
공통	운영 과정 위험도	공통	·호우로 인한 시설관리자 영향	모니터링 (신규)	공공하수처리시설 기후위기 적응을 위한 매뉴얼 작성	시설관리자
			·폭염으로 인한 주민시설 영향	모니터링 (신규)	주민 편의시설 기후위기 적응 가이드라인 작성	공공서비스
			·대설이 주민시설에 미치는 영향 ·한파가 주민시설에 미치는 영향	운영관리 (신규)	공공하수처리시설 기후위기 적응 홍보	공공서비스
가좌	간헐적 위험도	호우	·호우에 의한 작업환경 안정성	기반시설 (기존보완)	호우피해 시설물 침수사고 예방	기반시설
				기반시설 (기존보완)	호우시 하수 유입시설 피해 예방	기반시설
	간헐적 위험도	한파	·한파에 의한 주처리 시설에 미치는 영향	기반시설 (기존보완)	한파로 인한 저수온 미생물 활동저하 예방	기반시설
	미래 위험도	폭염	·폭염이 시설물에 미치는 영향	기반시설 (기존보완)	폭염 피해시설물 예방조치	기반시설

	상시 위험도	강풍	·강풍 및 태풍이 시설물에 미치는 영향	운영관리 (기존보완)	강풍 시설물 파손 및 낙하 방지 예방	기반시설
가좌 분뇨	미래 위험도	폭염	·폭염이 시설에 미치는 영향	기반시설 (신규(기존))	폭염 피해 시설물 예방조치	기반시설
		폭염, 한파, 호우	·한파에 의한 오존 소독시설 등 영향	기반시설 (신규(기존))	펌프 등 시설 주기적 점검	기반시설
승기	상시 위험도	강풍	·강풍 및 태풍이 시설물에 미치는 영향	운영관리 (기존보완)	강풍에 의한 시설파손 및 낙하 방지 예방	시설관리자
	간헐적 위험도	한파	·한파가 주민시설에 미치는 영향	기반시설 (기존보완)	한파 피해 시설물 예방조치	기반시설
	미래 위험도	한파	·한파에 의한 주처리 시설에 미치는 영향	운영관리 (기존보완)	저수온 미생물 활동저하 예방	시설관리자
	미래 위험도	폭염	·폭염이 시설물에 미치는 영향	기반시설 (신규(기존))	폭염 피해 시설물 예방조치	기반시설
송도 2	미래 위험도	폭염	·폭염이 시설물에 미치는 영향	기반시설 (신규(기존))	폭염 피해 시설물 예방조치	기반시설
	미래 위험도	한파	·한파가 시설에 미치는 영향	기반시설 (기존보완)	한파 피해 시설물 예방조치	기반시설
	미래 위험도	한파	·한파에 의한 주처리 시설에 미치는 영향	운영관리 (신규(기존))	저수온 미생물 활동저하 예방	시설관리자
	간헐적 위험도	호우	·호우가 전기시설에 미치는 영향	기반시설 (신규(기존))	호우피해 시설물 침수사고 예방	기반시설
			·호우가 시설에 미치는 영향	기반시설 (기존보완)	호우시 하수 유입시설 피해 예방	기반시설
남항	간헐적 위험도	대설	·대설이 전기시설에 미치는 영향	기반시설 (신규(기존))	전신주 파손으로 인한 처리장 정전 발생 예방	기반시설
				운영관리 (신규(기존))	대설로 악품 차량 미반입에 따른 처리 수질 상승 예방	시설관리자
	미래 위험도	한파	·한파가 시설에 미치는 영향	기반시설 (기존보완)	한파 피해시설물 예방조치	기반시설
	미래 위험도	한파	·한파에 의한 주처리 시설에 미치는 영향	운영관리 (기존보완)	저수온 미생물 활동저하 예방	시설관리자
	미래 위험도	호우	·호우가 시설에 미치는 영향	기반시설 (기존보완)	호우피해 시설물 침수사고 예방	기반시설
				기반시설 (기존보완)	호우시 하수 유입시설 피해 예방	기반시설
	상시 위험도	강풍	·강풍 및 태풍이 시설물에 미치는 영향	기반시설 (기존보완)	강풍 시설물 파손 및 낙하 방지 예방	기반시설
공촌	상시 위험도	해수면 상승	·해수면상승, 해수와 관련된 요인이 시설물에 미치는 영향	운영관리 (신규(기존))	해안 인접 시설 해수면상승 및 대조기 기간 해수 역류 등 발생 시 침수 예방을 위한 인프라 구축 및 매뉴얼 확보, 복구훈련 등 실시	시설관리자
	간헐적 위험도	한파	·한파에 의한 주처리 시설에 미치는 영향 ·회복방안 및 사후처리방안 대비	기반시설 (기존보완)	한파 피해시설물 예방조치	기반시설
	간헐적 위험도	한파	·한파에 의한 주처리 시설에 미치는 영향	운영관리 (신규(기존))	저수온 미생물 활동저하 예방	시설관리자
	간헐적	호우	·호우에 의한 부자재시설	운영관리	호우피해 시설물 및 악품	기반시설

	위험도		영향 ·호우에 의한 수처리시설 영향	(신규(기준))	보관장소 등 침수사고 예방	
	간헐적 위험도	호우	·호우에 의한 펌프시설 영향 ·호우로 인한 피해방지 방안 및 방지사설 관련 영향	기반시설 (기존보완)	호우시 하수 유입시설 피해 예방	시설관리자
운북	미래 위험도	한파	·한파에 의한 시설물 영향	기반시설 (신규(기준))	한파 피해시설물 예방조치	기반시설
	미래 위험도	한파	·한파에 의한 주처리 시설에 미치는 영향	운영관리 (기존보완)	저수온 미생물 활동저하 예방	시설관리자
	미래 위험도	호우	·호우에 의한 부자재 시설 영향	운영관리 (신규(보완))	호우피해 시설물 및 약품 보관장소 등 침수사고 예방	시설관리자
	간헐적 위험도	호우, 폭염	·호우에 의한 반입시설 영향 ·폭염에 의한 펌프시설 영향	기반시설 (기존보완)	호우시 하수 유입시설 피해 예방	기반시설
	미래 위험도	대설	·대설이 운영관리자에 미치는 영향	운영관리 (기존보완)	대설에 따른 순찰로 빙결로 인한 안전사고 우려	시설관리자
	미래 위험도	대설	·대설이 시설에 미치는 영향	기반시설 (신규(기준))	전기설, 송풍기설 등 온도상승에 따른 변압기, 제어시스템 고장 발생 우려	기반시설
영종	미래 위험도	폭염	·폭염에 의한 시설관리자 영향	운영관리 (신규(기준))	외부작업 시 탈수 등에 의한 일사병 환자 발생 우려	시설관리자
	간헐적 위험도	호우	·호우에 의한 수처리시설 영향	운영관리 (신규(기준))	호우피해 시설물 및 약품 보관장소 등 침수사고 예방	시설관리자
	간헐적 위험도	호우	·호우에 의한 반입시설 영향	기반시설 (기존보완)	호우시 하수 유입시설 피해 예방	기반시설
	간헐적 위험도	호우	·호우에 의한 펌프 시설 등 영향	기반시설 (신규(기준))	호우피해 시설물 침수사고 예방	기반시설
	미래 위험도	폭염	·폭염에 의한 시설 영향	기반시설 (신규(기준))	전기설, 송풍기설 등 온도상승에 따른 변압기, 제어시스템 고장 발생 우려	기반시설
	미래 위험도	폭염	·폭염에 의한 시설관리자 영향	운영관리 (신규(기준))	외부 작업시 탈수 등에 의한 일사병 환자 발생 우려	시설관리자
송산	미래 위험도	호우	·호우에 의한 시설 등 영향	운영관리 (신규(기준))	호우피해 시설물 및 약품 보관장소 등 침수사고 예방	시설관리자
				기반시설 (신규(기준))	호우시 하수 유입시설 피해 예방	기반시설
				기반시설 (기존보완)	호우피해 시설물 침수사고 예방	기반시설
	미래 위험도	폭염	·폭염에 의한 시설 등 영향	기반시설 (신규(기준))	전기설, 송풍기설 등 온도상승에 따른 변압기, 제어시스템 고장 발생 우려	기반시설
강화	미래 위험도	호우	·호우에 의한 시설 등 영향	기반시설 (신규(기준))	호우피해 시설물 및 약품 보관장소 등 침수사고 예방	기반시설
				기반시설 (기존보완)	호우시 하수 유입시설 피해 예방	기반시설
				기반시설 (기존보완)	호우피해 시설물 침수사고 예방	기반시설
진두	간헐적 위험도	호우	·호우에 의한 수처리시설 영향	기반시설 (신규(기준))	호우피해 시설물 및 약품 보관장소 등 침수사고 예방	기반시설

	간헐적 위험도	호우	·호우에 의한 반입시설 영향	기반시설 (신규(기존))	호우시 하수 유입시설 피해 예방	기반시설
	간헐적 위험도	호우	·호우에 의한 슬러지 처리시설 영향 ·호우에 의한 오존 소독시설 영향	기반시설 (신규(기존))	호우피해 시설물 침수사고 예방	기반시설
	간헐적 위험도	대설	·대설에 의한 펌프 등의 영향	기반시설 (신규(기존))	대설 피해시설물 보호 조치	기반시설
만수	미래 위험도	호우	·호우에 의한 시설관리자 영향 ·호우에 의한 시설 영향	운영관리 (신규)	홍수 피해 대비를 위한 대응 시나리오 비상시 훈련	시설관리자
	미래 위험도	호우	·호우에 의한 시설 영향	기반시설 (기존보완) 기반시설 (기존보완)	호우시 하수 유입시설 피해 예방 호우피해 시설물 침수사고 예방	기반시설 기반시설
송도 1	미래 위험도	호우	·호우에 의한 시설관리자 영향 ·호우에 의한 시설 영향	운영관리 (신규)	홍수 피해 대비를 위한 대응 시나리오 비상시 훈련	시설관리자
	미래 위험도	호우	·호우에 의한 시설 영향	기반시설 (기존보완)	호우시 하수 유입시설 피해 예방	기반시설
				기반시설 (기존보완)	호우피해 시설물 침수사고 예방	기반시설
	미래 위험도	폭염	·폭염에 의한 시설 영향	기반시설 (신규(기존))	전기설, 송풍기설 등 온도상승에 따른 변압기, 제어시스템 고장 발생 우려	기반시설
	미래 위험도	한파	·한파에 의한 주처리 시설에 미치는 영향	운영관리 (기존보완)	저수온 미생물 활동저하 예방	시설관리자
	미래 위험도	폭염	·폭염에 의한 시설 영향	기반시설 (신규(기존))	전기설, 송풍기설 등 온도상승에 따른 변압기, 제어시스템 고장 발생 우려	기반시설
검단	미래 위험도	폭염	·폭염에 의한 시설관리자 영향	운영관리 (기존보완)	외부 작업시 탈수 등에 의한 일사병 환자 발생 우려	시설관리자
	미래 위험도	호우	·호우에 의한 시설 영향 ·호우에 의한 시설관리자 영향	운영관리 (신규)	홍수 피해 대비를 위한 대응 시나리오 비상시 훈련	시설관리자
	미래 위험도	호우	·호우에 의한 시설 영향	기반시설 (신규(기존))	호우시 하수 유입시설 피해 예방	기반시설
검단 증설	간헐적 리크스	호우	·호우에 의한 반입시설 영향 ·호우에 의한 펌프시설 영향	기반시설 (기존보완)	호우피해 시설물 침수사고 예방	기반시설
	미래 위험도	호우	·호우에 의한 시설 영향 ·호우에 의한 시설관리자 영향	운영관리 (신규)	홍수 피해 대비를 위한 대응 시나리오 비상시 훈련	시설관리자
	간헐적 위험도	호우	·호우에 의한 펌프시설 영향	기반시설 (신규(기존))	호우시 하수 유입시설 피해 예방	기반시설
	미래 위험도	호우	·호우에 의한 시설 영향	기반시설 (신규(기존))	호우피해 시설물 침수사고 예방	기반시설

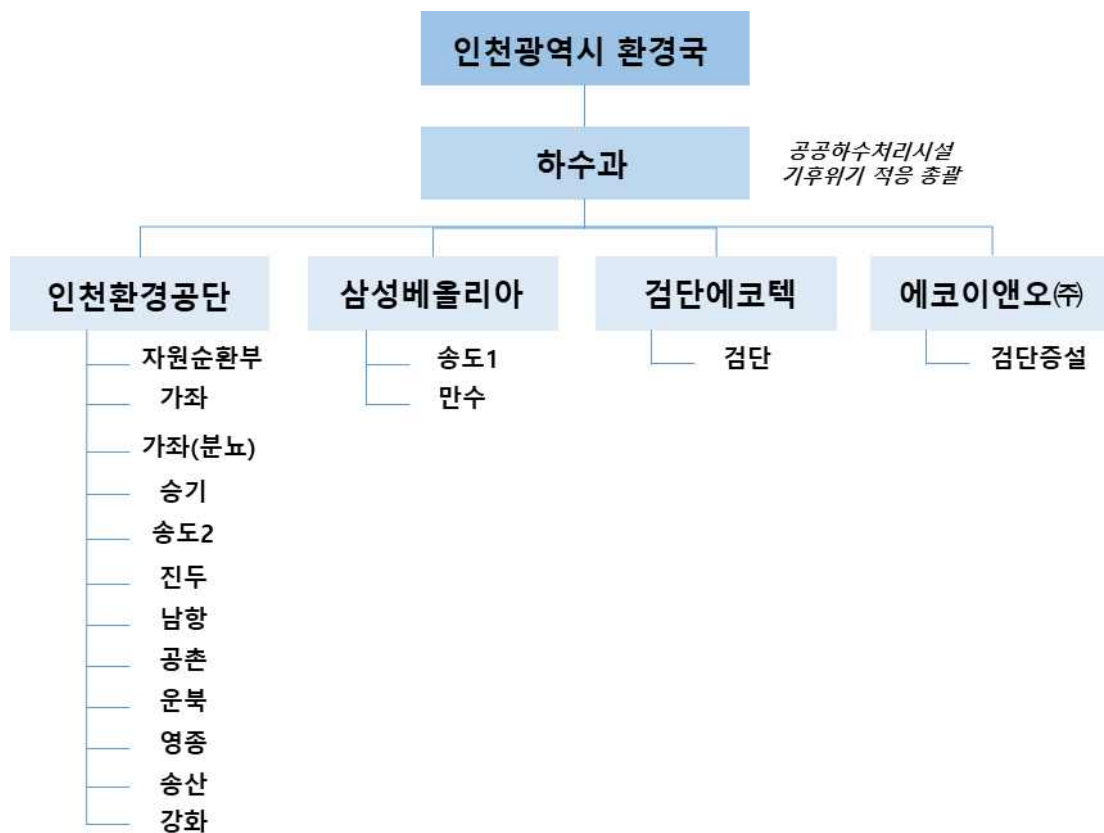
제6장 적응대책 이행 및 관리

1. 적응대책 이행 추진조직 및 예산

1) 적응대책 이행 추진조직

- 조직구성: 자체 모니터링을 위하여 인천광역시 하수과에서 인천광역시 공공하수처리 시설에 대한 기후위기 적응대책을 수립하였으며, 이와 관련된 이행 및 관리 주체가 됨
- 역할: 이행 추진을 위하여 공공하수처리시설을 위탁 관리하는 인천환경공단 및 삼성베올리아, 검단에코텍(주), 에코이앤오에서 추진하는 기후위기 적응대책 사업의 모니터링을 위한 성과 제출 등에 대하여 업무를 협의하고 성과물을 취합함
- 운영: 인천광역시 공공하수처리시설 기후위기 적응대책 이행을 위해 정기회의 및 수시 회의를 운영할 수 있으며, 예산확보를 위한 논의를 할 수 있음

[그림 6-1] 인천광역시 공공하수처리시설 기후위기 적응대책 총괄 및 주체



2) 예산투자 계획

- 인천광역시 공공하수처리시설은 특별회계의 공기업특별회계 내 하수도사업으로 계획됨
- 중기 재정계획에서 하수도사업의 예산 규모는 인천광역시 예산의 약 2.1%임
- 노후시설 교체 및 신도시 개발로 인한 공공하수처리시설의 증축 등의 원인으로 하수도사업의 예산은 23년부터 27년까지 약 2.6%의 연평균 증가율을 보임

[표 6-1] 인천광역시의 회계별 재원 배분 중 하수도사업 발채

	중기 재정계획					합계
	2023	2024	2025	2026	2027	
총합계	15,801,364	16,441,492	16,665,587	17,395,234	17,668,331	83,972,008
일반회계	10,332,398	10,636,225	10,908,598	11,192,423	11,802,085	54,871,729
특별회계	4,004,643	4,549,362	4,456,519	4,896,693	4,411,249	22,318,465
공기업특별회계	1,770,504	2,184,494	2,228,852	2,493,806	2,477,449	11,155,104
하수도사업	297,829	399,468	359,130	358,696	328,926	1,744,048

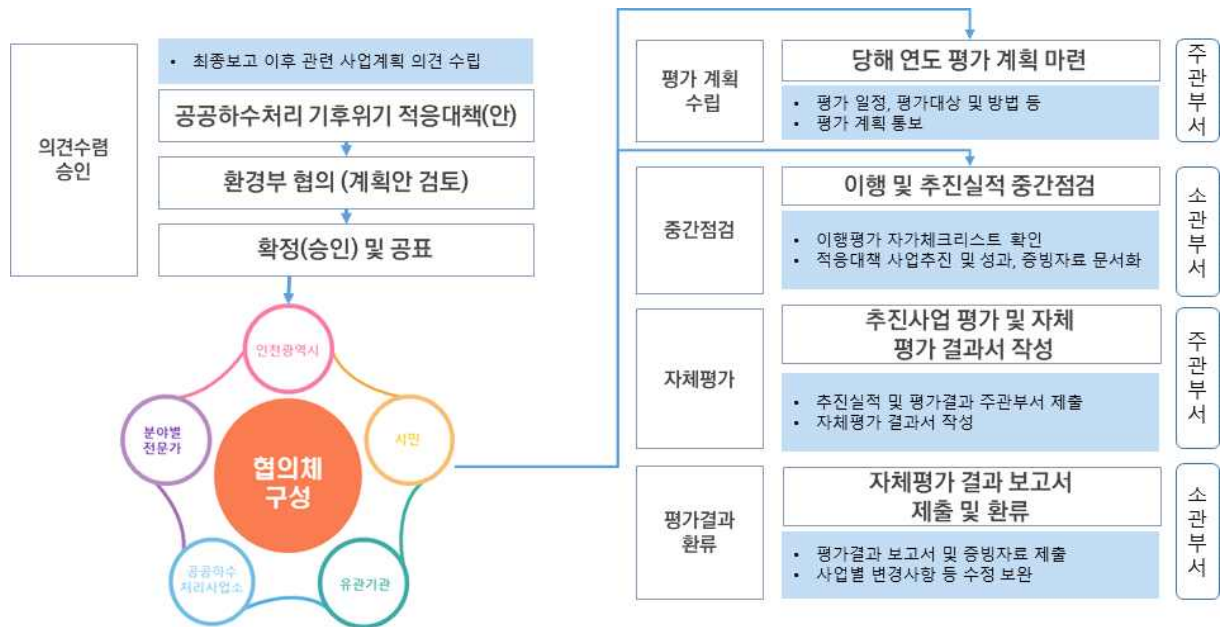
[표 6-2] 사업소별 기후위기 적응대책 5개년 예산합계

	연도별 사업소 예산					합계
	2023	2024	2025	2026	2027	
인천광역시 공공하수처리시설	5,205	5,361	5,925	2,376	1,738	20,604
자원순환부	0	0	0	0	0	0
가좌	133.653	49	49	14	14	259.653
가좌분뇨	17.042	1	1	1	1	21.042
승기	605.5	1,073.5	893.5	903.5	448.5	3,924.5
송도2	120	120	120	120	120	600
남항	27.2	42.3	38.3	33.3	34.3	175.4
운북	1,022	26	35	25	25	1,133
공촌	572	1,234	2,275	1,136	902	6,119
운북	2	2	2	2	2	10
영종	2,380	2,411	2,401	31	81	7,304
송산	112	22	2	2	2	140
강화	0	5	0	0	0	5
진두	88	289	16	16	16	425
만수	26	0	0	0	0	26
송도1	35.5	0	0	0	0	35.5
검단	6	26	26	26	26	110
검단증설	34	53	58	58	58	261

2) 협의체 구성을 통한 이행점검

- 적응대책의 이행점검을 위하여 공공하수처리시설 시설의 기후위기 적응을 위해 관계 기관·공공 하수처리사업소·시민 등으로 협의체를 구성
 - 인천광역시 하수과, 사업소 주민시설 이용하는 시민, 기후변화 적응대책 전문가, 공공하수처리시설 전문가, 인천환경공단, 사업소별 기후위기 적응 담당자 등으로 구성
 - 기후변화 적응 계획 수립 후 적응대책 기간(5개년) 이행평가를 위해 정기회의 추진
 - 추진현황을 점검, 시행계획의 적절성을 검토 및 수정·보완
 - 이행 점검기준 및 방법, 점검 결과서 작성 등의 지침의 이행점검 실시

[그림 6-3] 인천광역시 공공하수처리시설 적응대책 협의체 구성 및 운영체계



- 협의체에서 5년 단위 세부시행계획의 이행 성과를 종합 평가하고, 이를 향후 적응대책 수립에 반영할 수 있도록 1년 단위의 연간 이행계획의 추진 성과를 자체적으로 모니터링 할 수 있는 추진체계 확립