



# 공공하수처리시설의 기후위기 적응대책 위험도 평가 연구

## A study on the risk assessment of climate crisis adaptation measures in public sewage treatment facilities

최제경<sup>1,2</sup> · 이연선<sup>3</sup> · 황성환<sup>3,\*</sup>  
Jaekyung Choi<sup>1,2</sup> · Younsun Lee<sup>3</sup> · Sunghwan Hwang<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>서울연구원 미래융합전략실

<sup>2</sup>서울시립대학교 환경공학과

<sup>3</sup>서울연구원 기후변화연구실

<sup>1</sup>*Division of Strategic Research, The Seoul Institute*

<sup>2</sup>*Graduate School of Environmental Engineering, University of Seoul*

<sup>3</sup>*Office of Sustainability Research, Division of Climate Change Research Researcher, The Seoul Institute*

### ABSTRACT

In the context of the Ministry of Environment's 2022 Climate Change Adaptation Plan for Public Institutions, public sewage treatment plants are one of the important targets for climate change response aimed at sustainable water management. In this study, it is applied a modified methodology to four water regeneration centers (public sewage treatment facilities) in charge of sewage treatment in Seoul to analyze the impacts and risks of climate change and discuss priorities for adaptation measures. The results of the study showed that heavy rains, heat waves, and droughts will be the key impacts of climate change, and highlighted the need for measures to mitigate these risks, especially for facility managers.

**Key words:** Climate crisis adaptation, Risk assessment, Climate impact analysis, Seoul sewage treatment facilities

**주제어:** 기후위기적응, 위험도 평가, 기후영향분석, 서울시 물재생센터

Received 24 January 2024, revised 23 February 2024, accepted 29 February 2024.

\*Corresponding author: Sunghwan Hwang (E-mail: shhwahg@si.re.kr; Tel. 82-2-2147-2925)

#### 1 최제경 (위촉연구원) / Jaekyung Choi (Researcher)

서울특별시 마포구 매봉산로 37, 03909  
37, Maebongsan-ro, Mapo-gu, Seoul 03909, Republic of Korea

#### 2 최제경 (박사과정) / Jaekyung Choi (PhD Student)

서울특별시 동대문구 서울시립대로 163, 02504  
163, Seoulsiripdae-ro, Dongdaemun-gu, Seoul 02504, Republic of Korea

#### 3 이연선 (연구원) / Younsun Lee (Researcher)

서울특별시 마포구 매봉산로 37, 03909  
37, Maebongsan-ro, Mapo-gu, Seoul 03909, Republic of Korea

#### 3 황성환 (연구위원) / Sunghwan Hwang (Research Fellow)

서울특별시 마포구 매봉산로 37, 03909  
37, Maebongsan-ro, Mapo-gu, Seoul 03909, Republic of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

pp. 061-068

pp. 069-081

pp. 083-093

pp. 095-107

pp. 109-117

## 1. 서론

기후위기(climate crisis) 용어는 기후변화(climate change)의 심각성을 강조하며 즉각적인 대응 필요성이 높아지며 사용되었으며, 2019년 영국 옥스퍼드 사전이 발표한 올해의 단어 “기후 비상사태(climate emergency)”와 함께 최종 후보 목록에 포함되기도 하였다(Oxford Languages, 2019). 국제기구 유엔 기후변화 협약과 파리 협정 등 기후위기 개념이 강화되기 시작했으며 우리나라는 2020년 「제3차 국가 기후변화 적응대책(2021-2025)」을 수립하였으며 적응(adaptation)대책에 실행계획을 강화하여 2023년 「제3차 국가 기후위기 적응 강화 대책」을 수립하였다.

또한, 기후변화 적응과 관련하여 여러 해외 국가들은 국가 단위 적응계획(National Adaptation Plan, NAP) 혹은 지방정부 단위의 적응계획과 이행평가 보고서를 작성하고 있으며, 우리나라 역시 국가 계획과 함께 지방정부, 산업계, 공공기관이 적응 계획 수립에 참여하고 있다. 다수의 사회기반시설과 공공서비스를 관리 및 제공하고 있는 공공기관의 경우 2016년부터 자발적 수립기간을 거쳐 2021년 말까지 36개 공공기관이 자발적 적응대책을 수립하였으며, 2022년 6월 환경부는 공공기관의 적응대책에 관련된 구체적인 내용과 대상기관을 고시하였다. 해당되는 공공기관의 분야는 교통·수송, 에너지, 용수, 환경, 기타로 이에 해당하는 62개 기관이 대상이며 시간적 범위는 5년간의 계획 기간과 향후 20년까지의 예측이며, 공간적 범위는 시설물 또는 사업장별로 범위를 설정한다(MOE, 2022).

우리나라는 국가기후위기적응정보포털을 통해서 웹 평가도구를 제공하고 있으며 그 중 지방정부의 기후변화 정책 수립을 지원하는 기후변화 취약성 평가 도구(VESTAP)를 통해서 각 지역의 지표 데이터와 상황에 따른 취약성 평가 항목의 추가를 제공하고 있고 일부 공공기관의 경우 이를 사용하고 있으나, 이때 기후변화 영향 분석을 위해 공공기관의 주요 시설물 및 사업장이 위치한 지역의 기후현황 및 전망에 대한 조사와 분석을 실시하나 공공기관이 관장하는 사업장의 규모 및 범위, 위치, 성격 등에 따라서 공간적 범위 설정에서의 모호함이 발생하여 이를 해결하기 위한 다각도의 접근이 필요하다. 특히 공공기관의 성격에 따라 기후변화의 영향이 다양한 요인의 상호작용으로 작용할 수 있기 때문에 이러한 취약점을 극복하기 위

해서는 다양한 이해관계자의 협력, 자료수집 및 분석이 필요하다.

기상청은 기후변화 시나리오 및 미래 기후 전망 자료를 제공하여 지자체나 공공기관적응 주체가 기후변화 영향을 분석하여 적응대책을 수립할 수 있도록 하고 있다. 우리나라의 평년값(1991~2020) 년과 과거 30년(1912~1940)의 결과를 비교하여 장기적 기후변화 분석 결과 강수량 증가와 겨울철의 최저기온 극한 기후지수 변화가 뚜렷하였으며(기상청, 국립기상과학원, 2021), 장기 기후변화 분석으로 과거 30년과 평년값을 이용한 최소제공법을 이용한 선형회귀를 이용하였으며 100년 이상 관측자료를 보유하고 있는 6개 기상관측소의 자료가 사용되었으며 서울의 경우 본 연구에서 사용된 서울기상관측소 자료와 동일하다. 다만 과거 공공기관의 자발적 적응대책 수립 단계에서 RCP4.5, 8.5 시나리오에 대한 2025-2035년 평균 극한기후 발생 가능성을 시군구 단위로 폭염, 한파, 호우, 대설, 강풍에 대해서 1-5점 사이의 값으로 환산한 지표인 극한기후지수를 사용하였으나 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)의 6차 기후변화 시나리오가 공통사회경제경로(Shared Socioeconomic Pathway, SSP)로 수정되며 이에 맞는 극한기후지수를 산정하였다.

기후변화는 극단적이고 느리게 발생하여 교통, 물, 위생 및 에너지를 포함한 기반 시설을 손상시키고 경제적 손실, 서비스 중단 및 복지에 대한 영향을 초래하였다(IPCC, 2023). 공공하수처리장은 도시 및 지역에서 발생하는 하수를 수집, 처리하여 정화하는 시설로 환경보호와 인간의 공공 건강을 유지하기 위한 중요한 공공기관이며, 지역사회에 공공서비스를 제공하며 지속 가능한 물관리를 위해서 기후변화에 적응해야 하는 시설 중의 하나임이 분명하다. 미국 뉴욕시에서는 2012년 허리케인 샌디로 14개 하수처리장 중 3개소가 최장 3일까지 가동이 중지되어 완전한 복구까지 15일이 걸린 사례가 있다. 이후 뉴욕시는 하수처리 시설 회복력 계획(NYC Wastewater resiliency plan)을 통해 기후변화 영향, 위험도 평가, 적응대책 등을 수립하였다(NYC DEP, 2013). 우리나라는 물관리 부문에서 국가 및 지역 물관리 대응을 강화하는 것을 목표로 하여 홍수와 가뭄 대책으로 홍수 대응 역량 강화, 가뭄 대응능력 제고 및 수자원 다양화를 통한 물안보 강화, 기후위기 대응 강한 물환경 조성을 목표로 하고 있다(Lee et al., 2022). 기후변화가 다양한 인프라



시설에 미치는 영향을 다룬 다수 연구와 온실가스 감축을 위하여 공공하수처리장의 에너지 효율성 개선이 요구되는 연구(Cho et al., 2012)는 존재하나 하수처리장의 적응을 대상으로 한 연구는 미흡한 실정이다. 또한 공공기관이 시설위주의 적응대책만 수립되어 공공서비스 중단에 대한 대응이 부재(Government of Korea, 2023)하므로 본 연구는 환경분야의 공공하수처리장을 대상으로 기후위기 위험도 평가 및 기후변화영향을 조사, 분석하기 위하여 서울시 4개 물재생센터(공공하수처리시설)의 시설물, 시설관리자, 공공서비스 측면에서 기후변화 영향과 위험요소를 분석하여 기후적응능력 제고를 제안하고자 한다.

## 2. 연구대상 및 방법

### 2.1 서울시 4개 물재생센터

서울특별시 「2005년부터 서울특별시 물재생시설 설치 및 관리에 관한 조례」를 통해 공공하수처리시설과 분뇨 처리시설에 대해서 물재생시설로 정의하고 있으며, 중랑, 난지, 탄천, 서남 총 4개의 물재생센터가 Table 1에 표시된 바와 같이 총 시설용량 4,980,000 m<sup>3</sup>/d로 서울시 25개 구 전체와 경기도 5개 시 일부를 포함하여 처리구역을 형성하고 있으며 각 물재생센터는 이들 처리구역에서 발생하는 하수를 처리하고 있다.

서울시 하수도 정책의 방향을 담고 있는 「서울시 2030 하수도정비 기본계획」은 국가하수도종합계획을 바탕으로 계획되었고 하수처리장의 내구연한이 도래하는 시점을 고려한 인프라 시설 개선을 통해 수질

기준 강화를 목표로 하고 있다. 중랑과 서남 물재생센터는 수처리, 초기우수처리, 총인처리 관련 시설현대화 사업의 1단계를 완료하였으며 추가적인 시설현대화를 2단계 일부 추진과 예정에 있다. 난지와 탄천도 분뇨 및 하수처리시설 지하화와 수처리시설 개선 및 확충을 추진 중이다(Seoul Metropolitan Government, 2023).

### 2.2 기후변화 영향 분석

SSP 남한상세 시나리오에 따른 우리나라 기후변화 전망은 현재와 비교하여 연평균기온이 2.3~6.3°C 상승할 것이고 평균 강수량은 +3~18% 증가(National Institute of Meteorological Sciences, 2021)할 것이다. 이를 4개 물재생센터에 미치는 영향을 분석하기 위하여 4개 하수처리구역인 서울시 행정 자치구별 기후변화 전망 분석을 위하여 기후정보 포털의 6차 기후변화 시나리오별 일기상 자료를 이용하였다. 기후정보 포털에서 제공하는 행정자치구별 기후변화 기상자료(강우, 최고기온, 평균기온, 최저기온)를 이용하였고, 풍속은 격자단위 일기상자료를 행정자치구 단위로 변환하여 사용하였다. 기후변화시나리오는 6차 시나리오의 SSP1-2.6, SSP5-8.5 시나리오를 적용하였다.

극한기후는 기후위기 적응대책에서 제시하고 있는 정의를 Table 2와 같이 적용하여 폭염일수, 한파 일수, 호우일수의 정의는 세계기상기구에서 제시한 것을 채택하였고, 가뭄지수는 수문 기상정보시스템에서 제시하는 정의를 적용하였으며 대설 일수와 강풍일수는 강풍 및 대설 주의보가 발령되는 범위를 적용하였다.

Table 1. Locations of Seoul's four water regeneration centers and sewage treatment areas

Center name (Capacity)	Location	Area responsible for sewage treatment	
		Districts at Seoul	Districts at Gyeonggi
Jungnang (1,590,000m <sup>3</sup> /d)	Seoul Seongdong	Jongno, Jung-gu, Seongdong, Gwangjin, Dongdaemun, Jungnang, Seongbuk, Gangbuk, Dobong, Nowon	Part of Uijeongbu City
Tancheon (900,000m <sup>3</sup> /d)	Seoul Gangnam	Gangdong, Songpa, Gangnam, Seocho	Part of Hanam, Gwacheon City
Seonam (1,630,000m <sup>3</sup> /d)	Seoul Gangseo	Yangcheon, Gangseo, Guro, Yeongdeungpo, Geumcheon, Dongjak, Gwanak, Seocho, and Gangnam	Part of Gwangmyeong City
Nanji (860,000m <sup>3</sup> /d)	Goyang Deogyang	Yongsan, Eunpyeong, Seodaemun, Mapo, Jongno, Jung-gu, Seongdong	Part of Goyang City

pp. 061-068

pp. 069-081

pp. 083-093

pp. 095-107

pp. 109-117

Table 2. Indexes and definitions of extreme weather elements

Extreme weather		Definition	
Element	Index		
Heat wave	Heat wave days	Number of days per year with a maximum temperature of 33°C or higher	
Cold wave	Cold wave days	Number of days per year with a minimum temperature below -12°C	
Precipitation (heavy rain)	Heavy rain days		
	Baseline 20 mm	less than	Number of days per year with less than 20 mm of daily rainfall
		more than	Number of days per year with daily rainfall of 20 mm or more
Heavy snowfall	Heavy snowfall days	Number of days in the year with 5 cm or more of snowfall per day	
High winds	High winds days	Number of days in the year with a maximum wind speed of 14 m/s or higher	
Drought	Drought index	Days above the drought SPI Index	

### 2.3 기후변화 위험도 평가

공공기관의 기후변화 적응대책 지침이 제정되고 자발적 수립 기간을 거친 후 적응대책과 이행 관련 제출이 의무화되었다. 공공기관 기후위기 적응대책 수립 및 이행 지원에서 제시하는 평가 방법 중 하나인 위험지표 방법을 활용하여 평가하였다. 기후변화 위험도 평가 점수 산정식은 IPCC AR5(2014), IPCC AR6(2022), 국가기후변화리스크, VESTAP 등에서 사용하고 있는(MOE and KACCC, 2022) 식(1)과 같다. 앞서 분석한 기후변화로 일어날 극한 기후의 정도

를 1~5점 점수화하여 ‘위해도(hazard)’로, 기후변화에 영향을 받는 대상을 위험지표(risk codes)로 분류하여 ‘노출도(exposure)’, 극한기후 현상 발생 시 인프라 및 시스템 영향의 정도를 ‘민감도(sensitivity)’, 위험도를 저감하고 적응하기 위한 시설 및 제도의 유무를 ‘적응능력(adaptive capacity)’으로 하였다. 각 요소에 대한 평가 절차는 Fig. 1과 같이 크게 3단계로 구분할 수 있고 1단계에서 노출도와 민감도에 대해서 물재생센터 근무자를 대상으로 심층 면접하였다. 표본 선정은 센터별로 시설물, 시설관리자, 공공서비스 분야별로 담

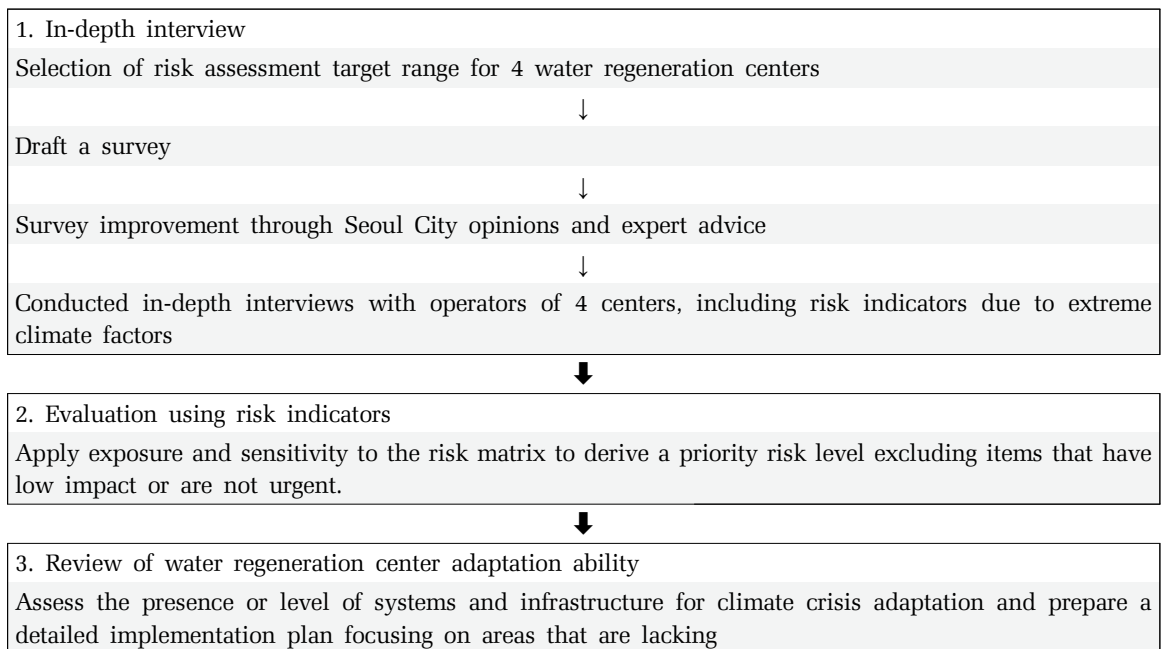


Fig. 1. Risk assessment process of seoul water regeneration centers.



당자를 1~3인 구성 실시하였으며 총 20명의 직원을 대상으로 평가하였다. 본 연구의 위험도 평가 과정은 3단계로 심층 면접, 위험지표 활용 평가, 물재생센터 적응능력 검토를 종합하여 수행하였다.

$$Risk = hazard + exposure + (sensitivity - adaptive\ capacity) \quad (1)$$

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 기후변화 전망

기후변화 전망은 현재의 극한기후지수를 기준으로 전반기(2021~2040년)와 적응대책 목표 기간(2023~2042년)에 대하여 기후변화 시나리오를 적용하여 변화를 비교하였다. Table 3과 같이 SSP5-8.5 시나리오에서 목표 기간인 2023~2042년에는 폭염, 기준 강우, 가뭄 발생일은 현재 약 138일에서 223일로 총 85일이 증가하였다. 기후변화로 가장 큰 변화를 나타내는 극한기후지수는 20 mm 미만 기준 강우일수로 SSP5-8.5 시나리오로 기후변화가 진행되면, 2023~2042년 목표 기간에는 20 mm 미만 기준 강우일수는 88.1일에서 150.9일로 약 63일 증가한다. 20 mm 미만 기준 강우일수 다음으로 폭염일수가 크게 증가하여 현재 14.6일에서 31.9일로 약 17일 증가하며, 폭염일수 증가비율은 기준 강우일수 큰 것으로 나타났다. 가뭄일수는 현재 16.8일에서 22.3일로 약 5일 증가하는 것으로 나타났다. 한파, 대설 및 강풍은 서울지역의 기후변화 시

나리오에 대하여 감소하거나, 크게 증가하지 않음을 나타냈다. 6차 기후변화 시나리오에서 호우가 감소하는 추세로 나타났지만, 최근 60년 기상관측자료를 이용한 호우는 증가 추세로 나타나 현재보다 극한기후지수가 증가할 것으로 예측되는 호우, 폭염, 가뭄의 극한기후지수를 중심으로 물재생센터에 미치는 영향을 중점적으로 검토하여야 한다.

#### 3.2 물재생센터 취약성 평가

위험도 분석을 위한 폭염, 한파, 호우, 대설, 강풍, 가뭄의 발생 가능한 위험지표는 물재생센터당 870개씩 총 3,480개가 도출되었고 서울시 물재생센터별 기후변화 평균 리스크는 탄천(4.453), 난지(4.448), 중랑(3.723), 서남(3.247)의 순으로 나타났다(Fig. 2.). 탄천, 서남, 난지 물재생센터 모두 호우가 가장 높은 위험으로 나타났으며 가뭄이 가장 낮은 위험으로 작용할 것으로 분석되었다. 중랑 센터는 3개 센터와 다르게 폭염이 가장 높고, 강풍이 가장 낮은 위험으로 나타났다.

Table 4와 같이 영향 대상별 평균 위험도 평가 점수는 시설관리자(4.76), 공공서비스(3.66), 시설물(3.48) 순서로 나타났고 기후 영향은 시설관리자와 공공서비스는 호우, 시설물은 폭염이 가장 높았다. 센터별로 위험도 점수를 기후 영향과 함께 90백분위수(percentile)로 본다면 중랑은 공공서비스-폭염(7.00), 탄천은 시설물-호우(6.33), 서남은 시설관리자-대설(6.99), 난지는 공공서비스-대설(7.31) 이었다. 센터별로 단일 위험도

Table 3. Results of changes in the extreme weather index under the SSP scenario

Classification		20-year moving average extreme weather index (days/year)							
		Heat wave	Cold wave	Precipitation		Heavy rain	Heavy snowfall	High winds	Drought
				base line	20mm				
		days	days	days	days	days	days	days	
The current (2000~2019year)		14.6	3.8	88.1	17.7	2.6	5.1	0.0	16.8
SSP 1-2.6	First half (2021~2040year)	25.9 (+11.3)	2.8 (-1.0)	152.3 (+64.2)	18.3 (+0.6)	1.0 (-1.6)	4.5 (-0.6)	0.2	25.2 (+8.4)
	Target period (2023~2042year)	27.2 (+12.6)	2.7 (-1.1)	154.2 (+66.1)	17.9 (+0.2)	1.1 (-1.5)	5.0 (-0.1)	0.2	23.9 (+7.1)
SSP 5-8.5	First half (2021~2040year)	27.4 (+12.8)	1.4 (-2.4)	151.7 (+63.6)	18.9 (+1.2)	1.0 (-1.6)	6.2 (+1.1)	0.2	21.4 (+4.6)
	Target period (2023~2042year)	31.9 (+17.3)	1.3 (-2.5)	150.9 (+62.8)	18.3 (+0.6)	1.0 (-1.6)	5.9 (+0.8)	0.2	22.3 (+5.5)

pp. 061-068

pp. 069-081

pp. 083-093

pp. 095-107

pp. 109-117

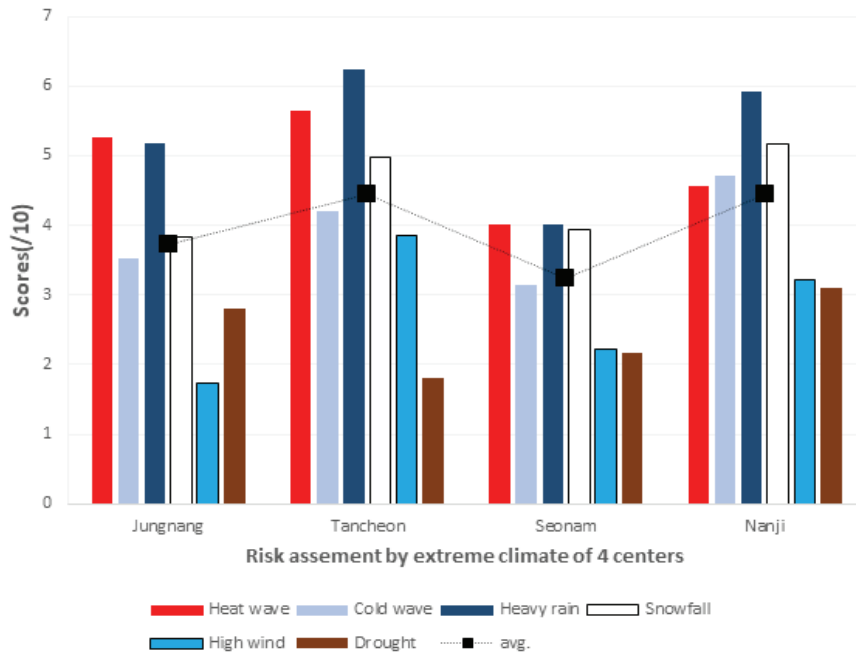


Fig. 2. Risk assessment results by extreme climate factors of seoul water regeneration centers.

Table 4. Risk assessment result by target of seoul water regeneration centers

Center name		Jungnang	Tancheon	Seonam	Nanji	Average
Average		3.72	4.46	3.25	4.45	3.97
Facility	Avg.	2.44	4.73	3.27	3.49	3.48
	Heat wave	3.20	6.14	4.48	4.70	4.63
	Cold wave	2.13	5.32	3.34	4.21	3.75
	Heavy rain	3.54	6.33	3.82	3.33	4.26
	Heavy snowfall	2.08	4.67	2.79	2.91	3.11
	High wind	1.81	3.71	2.41	3.71	2.91
	Drought	1.90	2.19	2.76	2.10	2.24
Facility manager	Avg.	3.54	4.76	5.20	5.54	4.76
	Heat wave	5.60	5.24	6.18	5.50	5.63
	Cold wave	2.93	4.55	5.84	7.21	5.13
	Heavy rain	6.34	6.20	6.92	7.23	6.67
	Heavy snowfall	3.78	5.97	6.99	5.31	5.51
	High wind	-0.09	4.67	2.51	3.81	2.73
	Drought	2.70	1.92	2.76	4.20	2.90
Public service	Avg.	5.19	3.88	1.27	4.31	3.66
	Heat wave	7.00	5.54	1.38	3.50	4.36
	Cold wave	5.53	2.72	0.24	2.71	2.80
	Heavy rain	5.64	6.23	1.32	7.23	5.11
	Heavy snowfall	5.68	4.27	1.99	7.31	4.81
	High wind	3.51	3.21	1.71	2.11	2.64
	Drought	3.80	1.29	0.96	3.00	2.26



평가점수가 가장 높은 항목은 중랑에서는 폭염에 의한 기계설비의 무너짐, 붕괴, 전도(6.586), 탄천에서는 가뭄에 의한 약품투입 시설물의 화재, 과열(7.047), 서남에서는 폭염에 의한 하수처리, 찌꺼기 처리, 계장 설비의 정전, 화재, 과열(7.150), 난지에서는 폭염에 의한 하수처리, 찌꺼기 처리, 약품투입, 계장 설비의 정전, 화재, 과열, 오작동, 가동 중단(6.741)로 4개 센터 모두 시설물의 위험도가 높다.

기후변화 위험도 평가는 물재생센터의 현재 상태에 대한 객관적 진단과 물재생센터의 업무 관련도가 높은 근무자를 대상으로 하여 향후 기후위기 상황에 직면하였을 때 적응이 요구되는 정량적 평가의 종합적인 결과물이다. 현재 시설물과 시설관리자는 「중대재해처벌법」 제4조(안전보건관리체계의 구축 및 이행조치)와 「산업안전보건법」 제51~57조에 따라 안전사고 관련 재난별 비상 대책 매뉴얼이 마련되어 있으나 기후변화 요소에 중점을 둔 대책과 공공서비스 분야에서 더 높은 적응 대안이 필요하다.

기후 영향요소별로 위험도 평가점수 평균값은 호우(5.34), 폭염(4.87), 대설(4.48), 한파(3.90), 강풍(2.76), 가뭄(2.47)의 순으로 나타났다. 이를 목표 기간인 2042년을 포함한 기후변화 단기 전망 결과 호우, 폭염, 가뭄일수가 증가하는 것과 연계한다면 대설, 한파, 강풍의 평균 리스크는 목표 기간 및 전반기까지 증가 일수는 1일/년 미만으로 그 영향이 크지 않아 서울시는 호우, 폭염, 가뭄을 중심으로 적응대책을 수립하는 것이 타당하다. 관련하여 서울시 물재생센터의 공식 피해는 집계되지 않았으나 전국 공공하수처리시설의 풍수해 피해로 확장하였을 때 실제 2015년부터 2019년까지 66개소로 집계되었고 2018년 9개소이었으나 다음 해 26개소로 크게 증가한 것으로 나타났으며(Kiho Ilbo, 2020), 빅카인즈(뉴스 빅데이터 분석 웹사이트) 키워드를 분석 결과 가뭄이 608건, 호우 287건, 폭염 124건, 강풍 37건, 한파 26건, 폭설 17건 순으로 나타났다.

기후 영향과 위험도를 고려하여 센터별 극한기후에 대한 위험도 평가점수 값을 백분위로 재배열하여 1, 2, 3순위로 적응대책 수립 방향을 정립하였다. 중랑은 폭염-공공서비스, 호우-시설관리자, 호우-공공서비스, 탄천은 호우-시설물, 호우-공공서비스, 호우-시설관리자, 서남은 호우-시설관리자, 폭염-시설관리자, 폭염-시설물 그리고 난지는 호우-시설관리자, 호우-공공서비스, 폭염-시설물이 우선적으로 필요하다. 이때 4개

물재생센터 공통으로 호우 변화에 대한 시설관리자 적응대책이 우선적으로 필요하다.

## 4. 결론 및 시사점

물재생센터의 기후위기 적응대책 연구를 위하여 서울시 4개 물재생센터의 기후변화 영향을 기상청의 기상자료를 분석, 물재생센터 별 담당자 심층 면담과 물재생센터 적응능력을 평가 및 실시하여 취약성을 분석하였다. 주요 연구 결과는 다음과 같다.

- 1) 기상자료를 분석한 결과 한반도 중부에 위치한 서울시 4개 물재생센터가 직면한 기후변화 영향은 호우, 폭염, 가뭄으로 분석되었다.
- 2) 물재생센터의 시설물, 시설관리자, 공공서비스 각 분야별로 위험 영향을 분석하였을 때 시설관리자 위험도가 가장 높았으며 시설물은 폭염에, 시설관리자와 공공서비스는 호우변화에 위험하다.
- 3) 서울시 4개 물재생센터는 호우 변화로 인해서 물재생센터 시설을 운영하는 관리자에 대한 위험도를 저감할 수 있는 대책을 마련해야 한다.

연구 한계로 4가지 위험도 평가 요소인 위해도, 노출도, 민감도, 적응능력 간의 가중치가 정의되지 못하여 정량화 결과에 대한 공감이나 합의가 어려울 수 있고, 4개 물재생센터의 위험도 차이에 대한 객관적인 규명이 어려워 추후 가중치 조사와 평가 참여 확대 및 고도, 수체, 토지사용, 지형 등 영향 요소에 대한 추가 연구가 필요하다. 그럼에도 불구하고 하수처리장 전반에 걸친 적응 대책은 필수적이며 시설의 개·보수 등 일상 대응은 시설의 안정성을 구축하는 과정으로 기후위기 적응 기반 활동이 되나 장기적인 측면에서 하수처리장의 완전한 적응 방안 구축을 위해서는 기존 사업 및 계획을 넘어서는 새로운 기후위기 적응방안 수립 및 이행이 함께 수반되어야 할 것이다.

## 사 사

이 연구는 서울기술연구원 2022년 연구과제 「서울시 물재생센터 기후위기 적응대책 수립 연구(2022-AC-012)」의 지원으로 수행되었습니다.

## References

- Cho, E., Han, D., Ha, J. (2012). Energy efficiency evaluation of publicly owned wastewater utilities, *J. Environ. Polic.*, 11(4), 85-105.
- Government of Korea. (2023). The 3rd National Climate Crisis Adaptation Enhancement Plan(2023-2025).
- IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change). (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*
- Kiho Ilbo. (2020). <https://www.ikld.kr/news/articleView.html?idxno=225104> (October 31, 2023).
- Korea Meteorological Administration and National Institute of Meteorological Sciences. (2021). *Climate Change Analysis Report for 109 (1912-2020) in Korea.*
- Lee, D., Shin, J., Song, Y., Chang, H., Cho, H., Park, J. and Hong, J. (2022). The development process and significance of the 3rd National Climate Change Adaptation Plan (2021–2025) of the Republic of Korea, *Sci. Total Environ.*, 818(151728).
- MOE (Ministry of environment). (2022). *Guidelines for Establishing Measures to Adapt to Climate Crisis in Public Institutions.*
- MOE (Ministry of environment) and KACCC (Korea Adaptation Center for Climate Change). (2022). *Instructional materials on the establishment of measures to adapt to climate crisis in public institutions.*
- National Institute of Meteorological Sciences. (2021). *South Korea’s detailed climate change outlook report.*
- NYC DEP(New York City Department of Environmental Protection). (2013). *NYC Wastewater Resiliency Plan.*
- OxfordLanguages (2019). *Word of the Year 2019.* <https://languages.oup.com/word-of-the-year/2019/>, (August 31, 2023).