

석사학위논문

지역공동체 기후변화 대응방안 연구

- 인천 집중 도로침수를 중심으로 -

2024년

한성대학교 행정대학원

사회안전학과

사회안전정책전공

김 경 숙

석사학위논문
지도교수 박기수

지역공동체 기후변화 대응방안 연구

- 인천 집중 도로침수를 중심으로 -

A Study on the Response to Climate Change in Local
Communities In the center of Incheon's concentrated road
flooding

2024년 6월 일

한성대학교 행정대학원

사회안전학과

사회안전정책전공

김 경 숙

석사학위논문
지도교수 박기수

지역공동체 기후변화 대응방안 연구

- 인천 집중 도로침수를 중심으로 -

A Study on the Response to Climate Change in Local
Communities In the center of Incheon's concentrated road
flooding

위 논문을 사회안전학 석사학위 논문으로 제출함

2024년 6월 일

한성대학교 행정대학원

사회안전학과

사회안전정책전공

김 경 숙

김경숙의 사회안전학 석사학위 논문을 인준함

2024년 6월 일

심사위원장 조 용 민 (인)

심 사 위 원 류 종 용 (인)

심 사 위 원 박 기 수 (인)

국 문 초 록

지역공동체 기후변화 대응방안 연구

- 인천 집중 도로침수를 중심으로 -

한 성 대 학 교 행 정 대 학 원

사 회 안 전 학 과

사 회 안 전 정 책 전 공

김 경 숙

자연재해는 최근 더 큰 규모로 전 세계의 지역 공동체를 위협하고 있으며, 이러한 현상이 더욱 악화 될 것으로 예측되는 가운데 지역 공동체들은 기후 변화에 적응하고 기후변화로 인해 초래되는 재난을 예방하기 위해 노력하고 있다. 인천광역시에는 저지대가 많고 내륙 불투수 면적률이 높아 침수에 취약하며, 특히 집중호우 발생시 도로침수 등의 문제가 반복적으로 발생하고 있어 이에 대한 지역차원의 대책 마련이 요구된다. 본 연구의 목적은 인천광역시에서 집중호우시 도로침수를 방지하기 위한 노력을 중심으로 지역공동체의 기후변화 대응방안을 고찰하고 이를 통해 지역공동체의 기후변화 대응역량 강화에 기여하고자 하는 것이다. 이를 위해 본고에서는 기후변화 대응 및 재난 관리에 대한 국제적인 프레임워크를 먼저 고찰하였으며, 국가적인 기후변화 대응 계획을 기초로 한 인천광역시의 기후변화 대응 계획 및 도로침수 피해를 저감하기 위한 지방자치단체 차원의 노력들에 대해 고찰하고, 이를 바탕으로 지역공동체의 기후변화 대응방안을 지역사회 중심의 적응, 기후변화 주류화와 저영향 개발, 재난에 대한 회복력 강화의 세 가지로 정리하였다. 연구결

과로는 지역의 특성을 고려한 정책을 수립하고 시민참여를 독려하며, 개발 단계에서부터 자연적인 빗물 순환을 촉진하고, 재난 발생 시 신속하게 대응할 수 있는 체계를 강화할 때, 지역사회가 기후변화의 영향에 효과적으로 대응하고 지속 가능한 미래를 구축할 수 있을 것이라는 결론이 도출 되었다. 이와 같은 연구결과를 통해 지역사회의 중요성, 기후변화 완화 및 적응을 도시의 개발 단계에서부터 고려하는 것의 중요성, 정확한 정보의 전달을 기반으로 한 신속한 대응체계 확립의 중요성 등의 시사점을 도출할 수 있었다. 즉, 각 지역의 기후변화 대응은 국가적인 정책 방향을 바탕으로 하면서도 지방의 필요와 상황을 고려하여 이루어져야 하며, 이와 같은 정책의 수립과 실행에 더해 지역사회의 주민을 포함한 다양한 이해관계자의 노력이 수반될 때 지역사회의 재난 대비 역량은 크게 강화될 수 있다. 또한, 도시화가 크게 진행된 저감사업의 실행에 어려움을 겪을 수 있으며, 이에 도시의 개발 단계에서부터 침수 피해에 대한 취약성을 고려하고 자연적인 빗물의 순환이 이루어질 수 있는 상태에서는 기존 인프라와의 충돌 및 주민의 불편 등으로 인해 침수 피해는 도시를 계획하는 것이 매우 중요하다. 마지막으로, 집중호우 또는 이로 인한 침수 피해의 위험 요인 등에 대해 정확한 정보를 파악하고 이를 기초로 한 신속하게 대응할 수 있는 체계를 갖추는 것은 재난으로 인한 피해를 저감할 수 있게 해줄 것이다. 본 연구는 인천광역시라는 단일 지역의 사례, 특히 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』을 중심으로 지방자치단체의 기후변화 대응 전략에 대해 고찰하였다는 한계점을 가지고 있으며, 이에 향후 연구에서는 다른 지역 또는 다른 국가와의 비교, 다양한정책 및 시행과정 등을 연구에 포함시킬 필요가 있을 것으로 보인다.

목 차

제1장 서론	1
제1절 연구의 배경 및 필요성	1
제2절 연구목적 및 연구방법	4
제2장 이론적 배경 및 선행연구	5
제1절 기후변화의 정의와 현황	5
1) 기후변화의 정의	5
2) 기후변화의 현황	6
제2절 기후변화의 영향	7
1) 극한 기상현상	7
2) 집중호우	8
제3절 기후변화 적응 및 재난관리 프레임워크	10
1) 기후변화 적응	10
2) 기후변화 주류화	10
3) 회복력	11
4) 센다이 프레임워크	12
제4절 인천광역시의 특징	16
1) 인천광역시 행정구역	16
2) 인천광역시의 특성	17
3) 인천광역시의 기후변화	21
4) 지역별 특성	22
제5절 선행연구	24

제3장 인천광역시의 발전방안 연구	27
제1절 인천광역시의 기후변화 대책 개요	27
1) 제3차 인천광역시 기후변화 대응 종합계획	27
2) 제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획	28
3) 인천광역시 자연재해저감 종합계획	39
제2절 집중호우로 인한 도로침수 대응	39
1) 집중호우로 인한 도로침수	39
2) 집중호우로 인한 도로침수 대응방법	45
제4장 지역공동체의 기후변화 대응방안	61
제1절 지역사회 중심의 적응 노력	61
제2절 기후변화 주류화와 저영향 개발	64
제3절 재난에 대한 회복력 강화	66
제5장 결론	69
제1절 연구결과의 요약	69
제2절 시사점	71
제3절 연구의 한계 및 제언	72
참 고 문 헌	74

표 목 차

[표 2-1] 재난관리 국제 프레임워크의 변화	13
[표 2-2] 인천광역시 지목별 토지이용 현황	10
[표 3-1] 제3차 인천광역시 기후변화 대응 종합계획 추진전략별 추진과제	28
[표 3-2] 제3차 국가 기후변화 적응대책 비전체계도	29
[표 3-3] 제3차 국가 기후변화 적응대책 세부목표	31
[표 3-4] 인천광역시 제3차 기후변화 적응대책 국토/연안 부문 세부시행계획	36
[표 3-5] 인천광역시 제3차 기후변화 적응대책 국토/연안 부문 세부사업 선정 근거	37

그 림 목 차

[그림 2-1] 인천광역시 행정구역 현황	17
[그림 2-2] 인천광역시 내의 하천 현황	18
[그림 2-3] 1970~2020년 인천광역시 열대야일수	21
[그림 2-4] 홍수에 의한 기반시설 취약성	23
[그림 3-1] 2021년 8월 중구 운북동 동강천 범람으로 인한 도로 침수	42
[그림 3-2] 2022년 8월 부평구 부평구청역 인근 도로 침수	43
[그림 3-3] 2023년 8월 중구 향동7가 도로 침수	44
[그림 3-4] 우수유출저감시설의 종류	49
[그림 3-5] 승기천 물길 이음 사업 구간 배치도	55
[그림 3-6] 물순환 도시의 개념	56

제1장 서론

제 1 절 연구의 배경 및 필요성

기후변화는 현재 인류 공동체가 직면한 가장 심각한 문제 중 하나이다. 기후변화로 인해 초래되는 극단적인 기상현상, 해수면 상승, 생태계 변화 및 자연재해 증가와 같은 현상들은 지역사회에 거주하는 사람들의 안전과 안녕에 심각한 위협을 야기하고 있으며, 이러한 기후변화의 영향은 점점 더 심각해질 것으로 예측되고 있습니다. 이 때문에 기후변화를 최소화하기 위한 노력은 지역주민이 기후변화의 영향에 대응하는 것이며, 지역공동체들의 큰 숙제이다.

UN의 기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change)는 기후변화에 대한 평가보고서를 발간해오고 있는데, 2014년의 제5차 평가보고서에 이어, 제6차 평가보고서는 2021년부터 2023년까지 순차적으로 발간되었다.¹⁾ 2023년에 발간된 종합보고서인 '기후변화 2023(Climate Change 2023)'에 따르면, 기후변화로 인한 위협은 5차 보고서에서 평가된 것보다 높으며, 장기적인 영향은 현재 관찰되는 것보다 최대 몇 배 높을 것으로 추정되고 있다. 이는 향후 지구상의 여러 지역에서 기후관련 현상을 현재보다 극심하게 겪게될 것임을 의미한다. 이에 IPCC에서는 이러한 문제에 대한 해결방안으로 '기후 탄력적 개발(climate resilient development)'을 제시하고 있다. 기후 탄력적 개발은 기후변화의 완화, 기후변화에 대한 적응, 그리고 지속 가능한 개발이라는 세 가지 전략하에 이루어지며, 이를 달성하기 위한 국제적인 협력 및 모든 정부 단위, 법률, 정책, 전략의 조화로운 통합이 강조된다. 즉, 기후 탄력적 개발이라는 목표를 달성하는 데에는 국제사회와 중앙정부의 노력 뿐만, 아니라 지방자치단체와 지역공동체의 노력 또

1) 2021년에는 첫 번째 워킹그룹의 보고서가, 2022년에는 두 번째 워킹그룹의 보고서가 발간되었다.

한 매우 중요하다는 점을 알 수 있다.

다른 지역자치단체와 마찬가지로 인천시도 기후변화의 영향에 대응하고 탄소중립에 다가가기 위한 정책을 수립하기 위해서 노력을 기울이고 있다. 인천시는 2017년 '인천 기후환경 연구센터(ICERC)'를 설립하였으며, 관련법에 따라 5년 마다 기후변화대응 종합계획 및 기후변화 적응대책 세부시행계획 등을 수립하고 있다. 이러한 기후변화 적응대책 세부시행계획에는 기상이변에 대응하는 홍수관리, 홍수, 및 폭설, 등에 대한 기반시설의 취약성 관리 등의 내용이 포함되어 있다.

인천 지역에는 저지대가 많고, 인천의 내륙 불투수 면적률은 서울시에 이어 전국에서 두 번째로 높다(조경욱, 2023). 이러한 특수성으로 인해 인천 지역은 다른 지역에 비해서 침수에 특히 취약하다. 2008년의 한국환경정책평가 연구원의 보고서에 따르면 인천은 16개 광역지자체 중 기후변화에 대한 적응 능력이 가장 낮고, 기후변화에 대한 취약도가 세 번째로 높은 것으로 나타났다(유가영, 김인애, 2008). 이에 대해 해당 보고서에서는 인천의 환경역량이 낮은 편이라는 것과, 경제적 능력이 높지 않고 산업구조 상으로도 1차와 2차 산업이 차지하는 비율이 높기 때문인 것으로 분석하였다. 이처럼 낮은 적응능력 및 기후변화에 취약한 입지적 특성 때문에 기후변화에 대응하기 위한 지역 차원의 대책 마련 및 체계적인 노력이 더욱 요구되고 있는 상황이다.

한편, 기후변화로 인한 홍수 피해가 대형화되는 추세에 따라 큰 문제로 떠오르고 있는 것 중의 하나가 도로침수 피해이다. 도로는 중요한 도시기반시설로, 도로의 침수는 도시기능을 마비시킬 수 있다. 또한, 침수로 인해 도로가 손상되면 시설물 손상에 따른 재산피해에 더해 시설물 복구까지 막대한 사회적, 경제적 피해가 유발된다(국토연구원, 2008). 또한, 2020년 7월 부산 동구의 초량1 지하철도 침수 사고와 2023년 충북 청주의 오송 지하철도 침수와 같은 경우 큰 인명피해로 이어져 도로 침수 사고의 심각성을 일깨워 주고 있다.

인천시 관내에서도 집중호우로 인한 도로 침수 피해 뉴스는 매년 전해지고 있다. 2022년 8월 8일에는 계양구 작전동의 토끼굴과 미추홀구에 위치한 경인고속도로 지하차도의 차량이 통제 되고, 미추홀구 제물포·주안·동인천역 인근 도로가 빗물에 잠기는 등 폭우로 인해 500여건에 육박하는 피해가 발생하였다(최은지, 2022b). 2023년에는 7월 22일부터 23일까지 내린 호우로 인해 23일 오전 남동구 간석동의 지하차도 일부와 남동구 도림동의 도로가 침수되는 일이 있었다(최은지, 2023a). 한편, 2023년 8월 3일부터 밀물의 높이가 가장 높아지는 대조기 바닷물 역류로 인해 인천시 중구와 남동구에서 도로가 침수되는 일이 있었다(최은지, 2023c). 이와 같이 호우와 관계 없는 대조기의 침수 피해가 발생하는 것은 조차가 크고 지대가 낮은 지역적 특성에 따른 것으로(최은지, 2023b), 인천 지역의 침수 대책이 복합적으로 이루어져야 할 필요성을 시사한다. 이러한 침수 피해가 매년 발생함에 따라 인천시는 2023년 10월, 자연재해저감 종합계획 수립에 착수하는 등 침수피해를 예방하기 위한 강력한 대응책 마련에 힘쓰고 있다.

인천광역시의 집중호우로 인한 도로침수 피해를 중심으로 지역공동체의 기후변화 대응방안에 대해 고찰해 보고자 한다. 앞서 언급한 바와 같이 IPCC의 예측에 따르면 기후변화로 인한 영향과 피해는 앞으로 그 심각성을 더해갈 것으로 예측된다. 따라서 침수에 취약성을 가진 인천 지역에서 이에 대한 대응방안을 수립하는 것은 매우 긴박한 과제이다. 이러한 도전에 직면하여, 인천광역시의 지역공동체는 현실적이고 지속 가능한 기후변화 대응방안을 찾아야 하며, 이러한 대응방안을 수립하는 데에는 인천의 지리적 특성, 사회적 요인, 및 인프라가 모두 고려되어야 한다. 이에 따라 본고에서는 이러한 점들을 고려하여 인천시가 집중호우로 인한 도로침수 피해에 어떻게 대응할 수 있는지에 대한 방안을 도출할 것이다.

제 2 절 연구목적 및 연구방법

본 연구의 목적은 인천광역시의 집중호우로 인한 도로침수 피해를 중심으로 지역공동체의 기후변화 대응방안을 고찰하는 것이다. 이를 통해 인천시의 침수 피해를 예방하고, 지역공동체의 기후변화 대응 역량을 강화하기 위한 방안을 모색하고자 한다.

본 연구는 다음과 같은 방법을 통해 진행될 것이다. 먼저, 문헌연구를 통해 지역공동체가 기후변화에 대응하기 위한 프레임워크에 대한 이론적 배경을 마련할 것이다. 기후변화에 대응하기 위한 프레임워크는 UN 등의 국제기구가 제시하는 국제적인 표준, 그리고 국내의 관련 법에 의해 정의된다. 또한, 문헌연구를 통해 인천광역시의 기후변화 대응 노력에 대해 전반적으로 고찰할 것이다. 이러한 이론적 기초 위에서 인천시의 집중호우로 인한 도로침수 피해 사례를 분석하며 인천시의 침수피해 취약성 및 대응방안에 대한 연구를 도출할 것이다. 그리고 이를 바탕으로 지역공동체가 기후변화 대응 역량 강화를 위해 어떠한 노력을 할 수 있는지에 대해서도 논의할 것이다.

인천광역시의 도로침수 피해 사례 분석을 토대로, 다른 지역공동체가 적용할 수 있는 실용적인 가이드라인을 제공할 수 있을 것이며, 이는 지역 기후변화 대응 방안연구, 특히 도로침수 관련 위험에 대한 인식과 대응 능력을 향상시키는 데 도움을 줄 것으로 기대된다. 이를 통해, 지역공동체의 기후변화 대응 노력을 지속적으로, 지역주민들에 대한 결속력을 지원하고, 집중호우 침수 위험으로부터 지역공동체를 보호하는 데 기여할 수 있을 것이다.

제2장 이론적 배경 및 선행연구

제 1 절 기후변화의 정의와 현황

1) 기후변화의 정의

1992년 체결된 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention of Climate Change, 이하 UNFCCC)에 따르면, 기후변화는 "전 지구 대기의 조성을 변화시키는 인간의 활동이 직접적 또는 간접적으로 원인이 되어 일어나고 충분한 기간 동안 관측된 자연적인 기후변동성에 추가하여 일어나는 기후변화"로 정의된다(조민경, 2017). 이와 같이, UNFCCC에서는 기후변화를 정의함에 있어서 인간의 활동에 직간접적인 영향을 받아 초래된 기후의 변화만을 포함시켰다. 반면에 IPCC는 기후변화를 다음과 같이 정의하였다.

기후변화는 기후 속성의 평균 및/또는 변동성의 변화를 통해 (통계검정 등을 통하여) 확인할 수 있는 기후의 상태 변화를 의미한다. 이와 같은 변화는 수십 년 이상 지속되는 것이 일반적이다. 기후변화는 태양 주기의 변동이나 화산 폭발과 같은 자연적인 내부 과정이나 외부의 힘에 기인하거나, 대기의 구성 또는 토지 이용에서의 지속적인 인위적인 변화에 기인할 수 있다(IPCC, 2018).

IPCC에서는 기후변화를 위와 같이 정의한 후, 앞선 UNFCCC와는 다르게 IPCC의 정의가 인간 활동에 의한 기후변화와 자연적인 기후변화를 모두 포괄함을 언급하였다. 다만, IPCC에서는 해당 조직의 문서에서 인간 활동에 의한 기후변화와 자연적인 기후변동성을 각각 따로 구분하여 명시하여 사용하고 있다.

이와 같이, UNFCCC와 IPCC에서의 기후변화 정의를 보면, 기후변화가

자연적인 원인과 인위적인 원인에 의해서 일어날 수 있다는 것이 분명해진다. IPCC에서는 두 가지를 모두 '기후변화'의 범주에 포함시키지만, 인간 활동에 의한 기후변화와 자연적인 원인에 의한 기후변동성을 구분해서 사용해야 할 경우에는 이를 따로 명시하여 사용하고 있다.

2) 기후변화의 현황

2021년 발간된 IPCC의 6차 보고서에서는 인간활동에 의한 지구 온난화로 인해 지구의 평균 온도는 19세기 말에 비해 1.1℃ 상승하였다고 밝혔으며, 이 상승분이 향후 20년 이내에 1.5℃에 이르게 될 것이라고 예측하였다. IPCC에 따르면, 1850년부터 2019년까지 누적된 이산화탄소 배출량 중 42%가 1990년 이후 배출되었으며, 2019년의 연간 온실가스 배출량은 2010년에 비해 12% 증가한 수치이다. 즉, 온실가스 배출량은 최근 급격히 증가하는 추세를 보이고 있다. 이와 같은 온실가스 배출은 기후변화로 이어져 육상, 대기, 해양, 빙하권에서 광범위하고 급격한 변화를 일으키고 있으며, 가뭄, 산불, 홍수, 집중호우 등 물리적인 기후조건의 부정적인 변화를 초래하고 있다(박정연, 2023).

IPCC에 따르면, 지표온도의 상승을 제한한다고 해도 해수면 상승, 남극 빙상의 붕괴, 생물다양성 손실 등의 변화는 이미 돌이킬 수 없으며, 앞으로 온난화가 심화될수록 더욱 급격하고 비가역적인 변화가 일어날 가능성이 높아질 것이다. IPCC는 온난화로 인한 손실과 피해는 점점 증가하여 더 많은 인간과 자연 시스템을 적응 한계에 도달하게 할 것이며, 넓은 범위의 장기적인 계획의 수립과 이행을 통해서만 오적응을 극복할 수 있을 것이라고 하였다(외교부, 2023).

이처럼 지구 온난화로 인한 온도 상승이 지속됨에 따라 지구의 여러 영역에서 부정적인 변화가 나타나고 있으며, 앞으로 더욱 급격하고 비가역적인 변

화 및 그로 인한 손실과 피해가 초래될 가능성이 높다. 따라서 이와 같은 기후변화의 영향에 대처하고 이를 극복하기 위한 넓은 범위의 장기적인 계획이 필요하다.

제 2 절 기후변화의 영향

1) 극한 기상현상

IPCC 6차 보고서에서는 근래 발생한 극한 기상현상이 기후변화로 인한 것이며, 기후변화가 심해질 수록 이와 같은 극한 기상현상은 더욱 큰 규모로 발생할 것이라고 언급하고 있다(Seneviratne, S. I. et al., 2021). 이는 이전의 IPCC 협의들에서 폭염 또는 집중호우 같은 극단적인 기상현상의 이유가 기후변화라고 언급하기를 꺼렸던 것과 비교된다(Harrabin, R., 2021).

IPCC에 따르면, 인간활동에 의한 기후변화로 인해 지구의 표면온도는 상승하였으며, 극한 고온 현상의 강도와 빈도가 증가하였고, 일부 지역에서 집중호우가 증가하였다. 한편, 과거부터 있었던 기상현상인 육지와 해상의 폭염, 집중 강우, 가뭄, 열대 사이클론, 산불, 해안 침수 등은 지구온난화가 심화됨에 따라 강도와 빈도가 증가할 수 있다(Seneviratne, S. I. et al., 2021).

IPCC는 미래에 기후변화가 심화되면 전례 없는 극한 기상현상이 다섯 가지 형태로 나타날 수 있다고 설명한다. 첫째, 이전에도 극한 기상현상으로 여겨지던 현상들이 전례없는 강도로 발생할 것이다. 둘째, 이전에 존재하던 극한 기상현상이 전례없는 빈도로 발생할 것이다. 셋째, 극한 기상현상을 경험한 적이 없던 지역에서 이와 같은 기상현상이 발생할 것이다. 예를 들어, 이전에는 해안 침수이나 산불을 경험한 적이 없는 지역에서 이와 같은 현상을 경험하게 될 수 있다. 넷째, 극한 기상현상은 전례없는 시기에 발생할 것이다.

예를 들어, 예년보다 이른 시기에 폭염을 경험하게 될 수 있다. 다섯째, 다양한 극한 기상현상이 한꺼번에 발생하거나 연이어 발생하는 복합적인 현상이 일어날 것이다. 이와 같이 복합적으로 발생하는 기상 현상은 단일한 현상에 비해 생태계 및 사회에 더 큰 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 가뭄과 이상 고온 현상이 동반되면 산불의 발생확률이 높아질 수 있다(Seneviratne, S. I. et al., 2021).

IPCC에 따르면, 최근에 일어난 극한 기상현상이 인간의 활동에 의한 기후 변화에 기인하지 않았을 확률은 희박하며, 지구 온난화가 계속됨에 따라 더욱 전례없는 극한 기상현상이 발생할 것이다. 즉, IPCC 보고서에서는 이와 같은 극한 기상현상은 그 강도와 빈도가 예전에 비해 더 심화될 것이며, 지구 온난화의 정도가 심해질수록 극한 기상현상의 강도와 빈도도 심화될 것이라고 전망하고 있다(Seneviratne, S. I. et al., 2021).

2) 집중호우

집중호우는 기후변화로 인해 발생할 수 있는 극한 기상현상 중 하나로, 본 고에서는 기후변화로 인해 발생할 수 있는 재난 피해 중 집중호우로 인한 피해에 대한 대처방안을 집중적으로 다룰 것이다. 집중호우는 "시간적 집중성과 공간적 집중성이 매우 강한 비"를 의미한다(김윤수, 장인홍, 송광윤, 2021). 집중호우에 대한 명확한 정의는 존재하지 않지만 일반적으로는 다음과 같은 특성을 보이는 비를 집중호우라고 부른다.

- 시간당 강우량 30mm 이상, 일강우량이 100mm 이상인 경우
- 단기간 지속되며 보통 반경 10~20km 정도의 좁은 지역에 집중적으로 내리는 경우
- 강한 상승기류로 인해 뇌운 또는 적락운이 발생하여 천둥, 번개를 동반한

비가 매우 짧은 시간 집중적으로 내리는 경우

- 태풍, 장마전선, 대규모 저기압을 동반한 많은 비가 2~3일 동안 계속되어 이로 인해 홍수·산사태가 유발되는 경우(김윤수 외, 2021)

우리나라에서 집중호우는 주로 여름철에 태풍·저기압·고기압 가장자리의 불안정에서 비롯된 적란운에서 발생한다(김윤수 외, 2021). 그런데 기후변화로 인해 집중호우의 발생빈도가 증가하고 있으며, 이에 따라 집중호우에 의한 홍수 및 침수피해도 증가하고 있다(김윤수 외, 2021). 일례로, 2016년부터 2021년까지 5월부터 9월의 강수데이터를 분석한 한 연구에 따르면, 해당 기간 동안 광주광역시에서 전체 강수량은 확실하게 증가하거나 감소하는 추세를 보이지 않았지만, 집중호우의 빈도는 증가하는 추세를 보였다(김윤수 외, 2021).

우리나라에서 집중호우로 인한 피해가 유독 크게 나타났던 해는 2020년이다. 2020년에는 중부지방에서 장마 기간이 54일 동안 이어져 1973년 이후 최장 기간의 장마로 기록되었으며, 전국 강수일수도 28.3일로 가장 길었다. 2020년의 집중호우는 사망 45명, 실종 12명, 부상 7명의 인명피해와 6,946명의 이재민, 34,209건의 시설피해와 2만6천여 헥타르의 농경지 피해를 발생시켰다(국립중앙도서관, n. d.). 이와 같이 집중호우로 인해 발생할 수 있는 피해에는 농작물 피해, 토양 침식, 인명 피해, 전염병 증가, 사회 혼란, 자산 손실 등이 있다(조민경, 2017).

특히 산업화와 도시화로 인해 집중호우는 도시 지역에서 심각한 침수 피해를 일으킬 수 있다. 도시지역에는 인구와 시설물이 밀집되어 있어 대규모 재해가 발생할 수 있고, 특히 도로 등이 침수되었을 경우 교통체증과 차량 고립 등으로 인해 경제적 손실과 인명손실을 초래할 수 있다.

제 3 절 기후변화 적응 및 재난관리 프레임워크

1) 기후변화 적응

기후변화 적응은 교토의정서 체제 이후의 신기후체제에서 새롭게 강조되는 개념으로,²⁾ 기후변화의 영향을 최소화하고 새로운 기후환경에 적응하는 과정을 의미한다. 이전에는 기후변화에 대한 대응책으로 '완화(mitigation)'를 통한 온실가스 감축에 초점을 맞추어 왔지만, 신기후체제에서는 이를 보완하여 온실가스로 인한 기후변화에 적응하는 것을 강조하고 있다(신학수, 2017). 즉, 기후변화로 인해 자연재해의 발생 빈도 및 강도가 증가하는 상황에서 완화 정책만으로는 기후변화의 영향을 완전히 제어할 수 없기 때문에 기후변화에 대한 적응은 필수적인 전략으로 인식되어야 한다는 것이다.

기후변화 적응과 관련해서는 상대적으로 지역의 역할이 강조된다. 온실가스 감축이 전지구적 협력이 중시되는 과제인 것과 달리, 기후변화의 영향은 지역 단위로 가시화되기 때문에 일차적인 적응주체는 지역이 된다. 따라서 기후변화로 인한 손실 및 피해를 예방하고 방지하기 위해서는 지역단위로 기후변화에 대한 적응 역량을 함양해야 한다(신학수, 2017).

2) 기후변화 주류화

OECD에 따르면 '주류화(mainstreaming)'란, 개발 정책 및 프로그램의 디자인, 실행, 모니터링, 및 평가에 있어 특정한 범분야(cross-cutting) 이슈³⁾를 통합적인 일부로 고려하는 것을 의미하며(OECD, 2014), 기후변화 주류화란

2) 2015년 파리에서 채택된 파리협정은 2020년 만료된 교토의정서를 대체하는 신기후체제이다.

3) 특정한 분야나 주제에 국한되지 않고 여러 정책 영역에 걸쳐 영향을 미치는 문제를 의미. 대표적으로는 젠더, 인권, 기후변화 등이 있다.

개발과정 전반에서 기후변화의 완화 및 적응을 시행하는 것을 의미한다(이초란, 2022).

기후변화 주류화는 기존의 정부정책을 설계 및 수행할 때, 이에 기후변화 정책을 통합하는 것을 의미한다. 이를 통해 기후변화 완화 및 적응 정책을 광범위하게 시행하고, 지역개발, 식량안보, 에너지 절감 등 전 범위에 기후변화 대응의 요소를 반영하여 기존 사업의 효과 및 효율을 높이는 것이다(임영아, 2019, 이초란, 2022에서 재인용).

1992년, 유엔기후변화협약에서 기후변화 문제를 하나의 분명한 정책분야로 설정한 이후, 2006년 OECD는 『개발협력 내 기후변화적응 통합 선언』(Declaration of Integreting Climage Change Adaptation into Development Co-operation)에서는 개발협력과 기후변화 적응을 통합시키는 내용을 다루었다(정지원, 2017).

즉, 기후변화 주류화는 단순히 기후변화 문제에 대응하는 것을 넘어, 기후변화의 측면을 모든 개발 프로세스와 정책에 통합하는 것을 목표로 한다. 이는 기후변화의 영향을 완화하고 적응하기 위한 노력을 단순히 독립적인 정책으로 다루는 것이 아니라, 다양한 정책 영역에 반영할 수 있는 체계를 갖추는 것이다.

3) 회복력

회복력(resilience)이란 "혼란이나 교란을 흡수하고 기본적인 기능과 구조를 유지하는 시스템 능력"으로 정의된다. 재난관리에 있어 '회복력' 전략은 재난 발생 시에도 기본적인 사회 기능을 유지할 수 있도록 한다는 전략이다(오윤경, 2019).

'회복력'에 중점을 둔 재난관리의 특징은 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, 다양한 이해관계자가 참여해야 한다. 과거의 대응·복구 중심의 재난관리

패러다임에서 주체는 재난관리 기구들이었다. 하지만, 회복력 개념의 강조와 함께 중앙·지방정부의 재난관리 기구 뿐 아니라 민간과 지역단위 주체를 포함한 다양한 이해관계자의 참여가 증시되고 있다.

둘째, 위험 문제는 개발과정에서부터 고려되어야 한다. 과거에는 기후변화를 포함한 다양한 위험 요인을 외생적인 변수로 보는 인식이 있었으나, 회복력에 중점을 둔 재난관리 전략에서는 이러한 위험요인들을 개발과정에 내재된 요인으로 인식한다. 따라서 위험을 예방하기 위한 투자 및 관리 전략은 각종 개발 계획 단계에서부터 연동되어야 한다. 또한, 재난관리는 더이상 특정 영역이나 단계에서만 이루어지는 것이 아니라, 각 영역의 정책과정 전반에서 고려되어야 한다.

셋째, 회복력의 확보를 위해 취약성(vulnerability)을 제거해야 한다. 취약성이 높을수록 재난으로 인한 충격에 영향을 크게 받으며, 회복에 많은 자원이 소요된다. 따라서 취약 계층, 취약 지역, 취약 시설 등의 위험관리에 투자하는 것은 사회전반의 회복력을 향상시키는데 도움이 된다. 이는 취약 계층에 대한 배려 및 취약 국가에 대한 지원의 필요성을 설명하는 근거가 된다(오윤경, 2019).

4) 센다이 프레임워크

센다이프레임워크는 2015년 3월에 일본 미야기현 센다이에서 열린 제3차 세계재난위험경감회의에서 채택된 재난관리 프레임워크이다. SFDRR은 2015년부터 2030년까지의 재난위험감축을 위한 전략으로, 재난관리에 있어서 사후적 복구에서 사전적 예방 및 재해에 의한 사망과 피해를 줄이는 것을 강조한다.

SFDRR는 총 7개의 명확한 목표를 제시하고 있는데 이는 다음과 같다.

(a) 2005-2015년 대비 2020-2030년 기간 동안 십 만 명 당 세계 평균사망률 감소에 목표를 두고, 2030년까지 세계 재난사망률을 실질적으로 줄인다. (b) 2005-2015년 대비 2020-2030년 기간 동안 십 만 명 당 재난의 영향을 받는 사람의 세계 평균수치 감소에 목표를 두고, 2030년까지 그 수를 실질적으로 줄인다. (c) 2030년까지 세계 국내총생산(GDP) 대비 재난과 직접 관련된 경제적 손실을 줄인다. (d) 2030년까지 복원력 개발을 통해 보건·교육시설을 포함한 기초 서비스 붕괴와 주요 기반 시설의 재난피해를 실질적으로 감소시킨다. (e) 2020년까지 국가적·지방적 차원의 재난위험경감전략을 갖춘 국가 수를 실질적으로 늘린다. (f) 2030년까지 본 강령을 이행하기 위한 국가 차원의 조치를 보완하는 적절하고 지속가능 한 지원을 통해 개발도상국에 대한 국제협력을 실질적으로 강화한다. (g) 2030년까지 다수위험요인 (multi-hazard) 조기경보시스템과 재난위험정보 및 평가의 가용 성과 접근성을 개인에게 실질적으로 강화한다(UNISDR, 2015).

이와 같은 목표를 달성하기 위해 SFDRR이 제시하는 각 국의 행동우선순위는 다음과 같다.

우선순위 1: 재난위험의 이해

우선순위 2: 재난위험관리를 위한 재난위험 거버넌스 강화

우선순위 3: 복원력 구축을 위한 재난위험경감에 투자

우선순위 4: 재난에 대한 효과적 대응 및 복구·재활·재건에 있어 "발전적 재건 (Build Back Better)"을 위한 재난대비 강화(UNISDR, 2015)

[표 2-1] 재난관리 국제 프레임워크의 변화

구분	과거 패러다임	HFA (2005~2015)	SFDRR (2015~2030)
위험 인식	외생적	외생적	내생적
위험문제 인지	효과적 대응 및 복구	재해위험 경감	위험은 개발과정에

			내재된 요인
주요 정책수단	상황계획, 비상훈련	조기경보 시스템, 재해위험 경감에 대한 투자	토지이용계획, 위험예방투자, 관리
필수지식	-	위험 및 피해 진단	위험, 피해 및 사회경제적 영향
주체	재난관리 기구	중앙-지방 정부 재난관리 기구, 이해당사자(민간, NGO 포함)	다양한 이해관계자의 참여 확대(민간, 지역단위 주체 등)
연관성		MDGs	SDGs

출처: UNISDR

[표 2-1]에서는 재난관리에 대한 국제적인 프레임워크의 변화과정을 보여주고 있다. 재난관리에 대한 기존의 패러다임에서는 위험 인식이 외생적이었고, 재난에 대한 효과적 대응 및 복구가 중시되었다. 주요 정책수단으로는 상황계획과 비상훈련이 활용되었고, 주체는 주로 재난관리 기구가 중심이었다.

효고행동강령은 2005년 1월 일본 고베에서 열린 유엔 재난위험경감 컨퍼런스에서 채택되었는데, 해당 프레임워크에서도 재난의 위험을 외생적인 것으로 인식하지만, 재해에 대한 효과적 대응 및 사후 복구에 초점을 두기보다는 재해위험을 경감하는데 초점을 둔다. 이에 주요 정책수단으로는 조기경보 시스템과 재해위험 경감에 대한 투자 등이 강조되며, 위험 및 피해를 진단할 수 있는 지식이 중시된다. 효고 프레임워크에서 재난관리의 주체는 중앙·지방 정부와 재난관리 기구, 그리고 민간과 NGT를 포함하는 이해당사자이다.

마지막으로 현재의 패러다임인 센다이 프레임워크에서는 재난위험을 외생적으로 인식하기보다는 내생적인 것으로 인식하며, 위험은 개발과정에 내재된

요인으로 여긴다. 따라서 토지이용계획이나 위험에 대한 예방투자 및 관리가 주요한 정책수단으로 사용된다. 또한 재난의 위험, 피해 및 사회경제적 영향에 대한 지식이 중시되며, 민간과 지역단위 주체 등 다양한 이해관계자가 재난관리에 참여할 수 있도록 하는 것이 강조된다.

즉, 재난관리 프레임워크는 위험의 인식과 대응 방식에서 변화를 겪어 왔다. 기존에는 재난을 외생적으로 인식하고 재난에 대한 대응과 복구에 중점을 두었으나, 최근에는 재난을 내생적으로 인식하고, 개발과정에서부터 재난 위험을 예방하는 것이 중시되고 있다. 또한, 정부와 지자체 뿐 아니라 다양한 이해관계자의 참여가 강조되고 있다.

살펴본 바와 같이, 기후변화 적응 및 재난관리에 대한 최근의 국제적인 프레임워크는 다음과 같은 몇 가지 흐름을 가지고 있음을 알 수 있다.

첫째, 기후변화의 완화에 더해 기후변화의 영향에 대한 적응의 중요성이 부각되며, 지역에서 시작되는 적응책이 강조된다. 기후변화로 인한 자연재해의 증가로 인해 지역 차원의 적응 노력이 필요하다는 인식이 높아지고 있으며, 이 때문에 지역사회와 지방정부의 역할이 부각되고 있다.

둘째, 재난 관리 전략은 단순히 재난 대응이 아닌, 재난에 대한 회복력을 강조하는 방향으로 전환되고 있다. 이를 위해 다양한 이해관계자들의 참여와 협력이 필요하며, 위험 관리가 전략과 정책 개발의 초기 단계부터 내재화되어야 한다는 인식이 높아지고 있다. 회복력을 강조하는 재난관리 전략에서 다양한 이해관계자의 참여와 위험 관리를 개발과정에 내재시키는 접근이 중요시되고 있다. .

셋째, 센다이프레임워크를 통해 재해에 의한 사망과 피해를 줄이고, 복원력을 구축하는 것이 강조된다. 이를 위해 국가·지방적 차원의 거버넌스를 강화하고 재난위험 경감전략을 구축하는 것이 중요시된다.

우리나라에서도 기후변화 적응을 위해 2010년 『저탄소녹색성장기본법』 및 동법 시행령을 마련하였으며, 이에 근거해 5년 마다 『국가 기후변화 적응

대책』을 수립하고 있다. 또한, 이러한 대책을 시행하기 위해 광역지자체에서는 적응대책 세부시행계획을 수립하고 있다. 제3장에서는 이와 같은 인천광역시의 기후변화 적응대책의 주요 내용들에 대해 살펴볼 것이며, 이를 바탕으로 제4장에서는 지역공동체가 집중호우로 인한 홍수피해에 대응하는 방안에 대해 논의할 것이다.

제 4 절 인천광역시의 특징

1) 인천광역시 행정구역

인천광역시는 수도 서울과 약 28km 거리에 위치하고 있으며, 북쪽으로 김포시, 동쪽으로 부천·시흥·안산시, 남쪽으로 충청남도 서산시, 그리고 서쪽으로는 서해안에 접해 있다.

인천광역시는 8개구, 2개군으로 이루어져 있다. [그림 2-1]은 인천광역시의 10개 행정구역의 위치 및 크기를 보여준다. 인천광역시에서 가장 큰 면적을 차지하는 것은 411.43km²의 강화군이며, 172.88km²의 옹진군이 그 뒤를 잇는다. 가장 면적이 작은 행정구역은 동구로 면적이 7.19km²이다.

[그림 2-1] 인천광역시 행정구역 현황



출처: 조경두 외, 2021b

2) 인천광역시의 특성

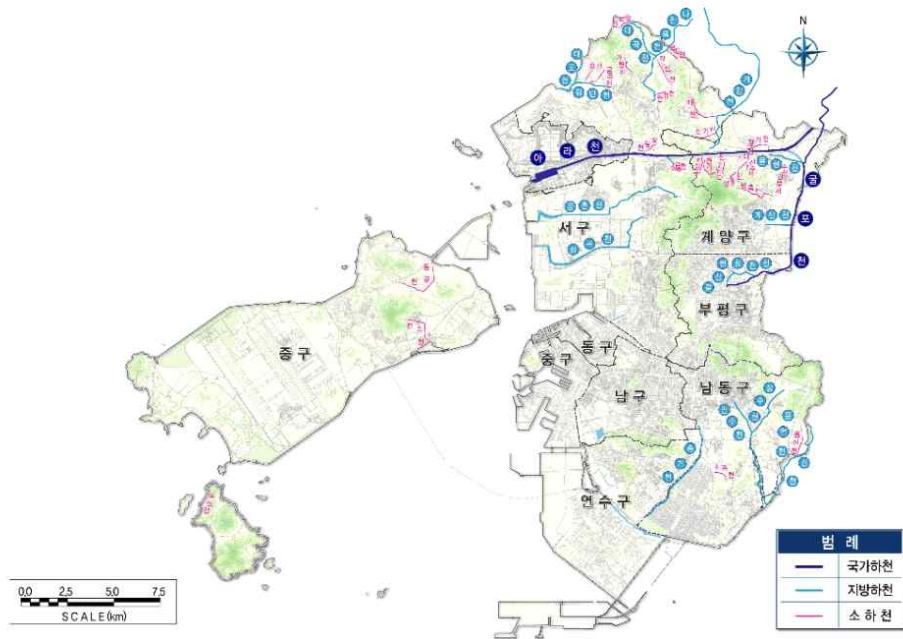
인천의 해안은 해안선이 길고 복잡한 리아스식 해안(rias coast)이며,⁴⁾ 관내 168개의 섬 중 128개가 사람이 살지 않는 무인도이다. 산지는 마니산, 계양산, 삼각산 등의 10여개 산을 제외하고는 대개 해발고도 300m 이내의 구릉성 산지로 구성되어 있다. 행정구역면적의 87.7%가 표고 50m 이하이고, 89.3%가 경사 20% 미만으로 대부분 저지대의 완만한 지형을 이루고 있다(박지은, 2012).

인천광역시는 한강으로 유입하는 굴포천, 청천천, 계산천, 황해로 유입하는 시천천, 공촌천, 승기천, 만수천, 장수천, 운연천 등의 하천을 가지고 있다. 인천광역시 내에는 국가하천 2개소, 지방하천 30개소, 소하천 113개소가 존재

4) 해안선의 형태가 복잡한 해안 중 그 형성원인이 하천에 의해 침식된 육지가 침강(沈降)하거나 해수면이 상승함으로 인해 형성된 해안. 두산백과.

하는데, 강화군 및 옹진군 내 모든 하천은 소하천에 포함되며, 중구에 2개, 남동구에 2개, 계양구에 8개, 서구에 11개의 소하천이 있다(조경두외, 2021b).

[그림 2-2] 인천광역시 내의 하천 현황



출처: 조경두 외, 2021b

인천광역시의 토지이용은 2018년을 기준으로 전체 면적의 37.0%에 해당하는 393.13km²을 임야가 차지하고 있으며, 22.9%에 해당하는 243.15km²을 전·답이 차지하고 있었다. 그 뒤를 이어 대지가 109.9km²로 10.3%를 차지하였고, 도로가 81.78km²로 7.7%를 차지하고 있었다. [표 2-2]에서 볼 수 있는 것처럼 2010년과 비교하여 대지, 공장, 도로 등의 시설물 면적은 증가하고

있는 반면, 전, 답, 임야 등이 차지하는 면적은 감소하고 있는 추세이다
출처: (조경두 외, 2021a)

[표 2-2] 인천광역시 지목별 토지이용 현황(2010~2018년)

년도	계	전	답	임야	대지	공장용지	도로	하천
2010	1,029.43	85.78	184.12	410.48	88.99	21.69	66.87	5.91
2011	1,032.40	85.52	181.74	407.59	91.93	22.29	68.63	3.81
2012	1,040.82	85.51	180.46	404.47	92.96	22.25	69.91	3.8
2013	1,040.87	84.64	176.46	402.18	98.09	22.22	71.97	5.82
2014	1,047.60	83.46	173.07	399.28	101.89	23.98	74.96	3.73
2015	1,048.98	83.09	171.91	398.66	102.38	24.36	75.47	5.86
2016	1,062.60	81.23	165.94	396.16	107.59	24.66	78.14	6.37
2017	1,063.12	80.93	164.13	364.54	108.65	25.06	79.18	6.43
2018	1,063.27	80.49	162.66	393.13	109.9	25.86	81.78	6.69

출처: 조경두 외, 2021a

지목별 행정구역 분포를 살펴보면, 인천광역시 전체 임야의 약 45%는 강화군에, 31%는 옹진군에 분포하며, 답의 경우 약 75%가 강화군에, 약 8%가 옹진군에, 약 7%가 서구에 분포한다. 대지의 경우 약 17%가 서구에, 연수구와 강화군에 각각 약 15%가 분포한다. 도로는 약 20%가 강화군에 분포하며, 서구와 중구에 각각 17%가 분포한다. 잡종지의 경우 약 56%가 중구에 분포하며, 약 15%가 서구에 분포한다(조경두 외, 2021b).

2019년 기준 인천광역시 총 인구는 약 295만명으로 전국 인구의 약

5.7%를 차지하였다. 통계청의 추정치에 따르면 인천광역시 인구는 지속적으로 증가하여 2030년에 이르러서는 전국인구 약 12.9%를 차지할 것으로 예상된다. 인천광역시에서 최근 가장 인구가 가파르게 증가한 것은 서구로, 최근 8년 동안 31.6%가 증가하였으며, 중구와 연수구의 경우에도 20% 이상의 높은 증가율을 보였다. 이는 영종·청라·송도 경제자유구역 개발에 따른 것으로 보인다. 등록인구수가 가장 많은 곳은 서구와 남동구, 부평구로, 각각 인천광역시 전체 인구의 18% 정도를 차지하였다(조경두 외, 2021b).

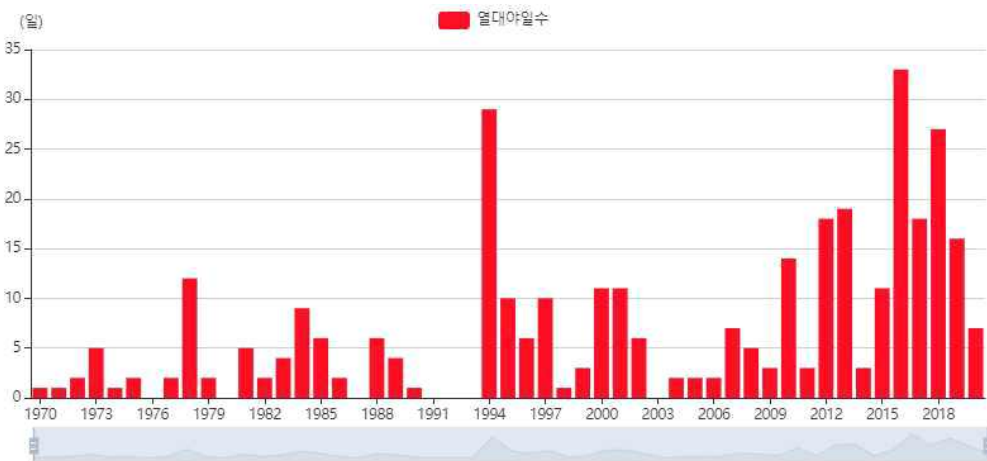
2018년을 기준으로 인천광역시 도로 총연장은 3,271,609m였으며, 연장 길이는 서구, 남동구, 미추홀구 순으로 길었다. 인천광역시 내의 도로 종류에는 일반국도, 고속국도, 광역시도, 지방도, 구도가 있는데, 연장 길이는 일반국도의 경우 강화군, 남동구, 계양구 순으로, 고속국도의 경우 중구, 서구, 계양구 순으로, 광역시도는 중구, 서구, 계양구 순으로 길었다. 지방도는 서구와 강화군에만, 구도는 강화군과 옹진군에만 존재한다. 도로 폭원별로는 40m 이상 광로의 경우 서구, 연수구, 남동구의 순서로, 25~40m의 대로는 서로, 남동구, 중구의 순서로, 12m 미만의 소로는 미추홀구, 남동구, 서구의 순서로 비중이 높은 것으로 나타났다(조경두 외, 2021b).

인천광역시는 해안 도시이며 해안가에는 공단이 들어서 있고 서구에는 김포 매립지가 입지해 있다. 이와 같은 입지적인 특성 때문에 인천은 기후변화에 대한 취약성이 크다. 한국환경정책평가연구원의 보고서에 따르면, 인천광역시의 기후변화 취약도는 16개 광역지자체 중 세 번째로 높은 것으로 나타났다는데, 특히 환경역량이 낮은 편이고 경제적 능력도 높은 편이 아니며 산업구조도 1차 산업과 2차 산업이 차지하는 비율이 높아 적응능력지수가 종합적으로 낮게 나타났다(유가영, 김인애, 2008).

3) 인천광역시의 기후변화

인천광역시의 연평균기온은 12.0°C 이며, 이는 우리나라의 연평균 기온에 비해 0.8°C 낮다. 1931년부터 1960년 사이의 인천광역시 평균 기온은 11.1°C 였지만, 1981년부터 2010년 사이의 평균기온은 12.1°C 로, 80년 동안 평균기온이 약 1.0°C 증가한 것으로 분석된다. 또한, 기록적인 더위를 기록했던 1994년을 제외하고는 1970년부터 2020년까지 열대야 일수가 증가하는 양상을 보이며, 특히 2010년 이후 발생 일수가 증가하였음을 알 수 있다. 인천광역시에서 2001년부터 2010년에 이르는 10년 동안의 연평균 기온이 가장 높은 지역은 12.7°C 를 기록한 계양구 였으며, 가장 낮은 지역은 11.7°C 를 기록한 강화군과 옹진군이였다(조경두 외, 2021a).

[그림 2-3] 1970~2020년 인천광역시 열대야일수



출처: 기상자료개방포털

2008년부터 2021년까지의 언론보도에 기반한 빅데이터 분석 결과 기상현상 피해에 대한 해당 기간 동안의 기사 중 26%가 집중호우와 관련된 기사였으며, 19%가 대기오염, 17%가 폭염에 관한 기사였다. 해당 기사들에 대한

분석 결과, 도로침수, 주택침수, 인명피해 등 집중호우와 관련된 기사가 상당 부분을 차지하였으며, 미세먼지 등과 같은 대기오염 관련 기사, 폭염으로 인한 정전, 화재, 온열질환, 한파로 인한 상수도관 계량기 파열, 폭설로 인한 주요 도로 마비 및 교통사고 등 인천광역시 전반에서 기상현상 관련 피해 및 이슈가 다양하게 나타난다는 것을 확인할 수 있었다(조경두 외, 2021b).

국민재난안전포털에서 제공하는 통계에 따르면, 자연재난피해액에 영향을 준 자연재해 중 호우가 40%로 호우로 인한 피해가 가장 크게 나타났으며, 그 뒤를 태풍·호우(19%), 폭풍설(19%), 태풍(17%)이 이었다. 지역별 피해금액의 비중은 강화군이 39%, 중구 12%, 계양구 8% 등으로 나타났다(조경두 외, 2021b).

4) 지역별 특성

인천광역시의 연평균 강수량은 우리나라의 연평균 강수량보다 적지만, 강화군은 다른 지역에 비해 강수량 및 강우강도가 높고, 옹진군은 적은 편이다. 인천광역시 내 해안침수 피해에 취약한 지역은 인천소래포구와 인천연안부두의 2곳이며, 중구, 강화/옹진군, 서구, 동구, 중구, 연수구, 남동구 일부가 해안에 인접하여 있어 기후변화로 인해 조위가 상승할 경우 해수 범람으로 인한 침수피해 우려 지역이 증가할 수 있다(조경두 외, 2021b).

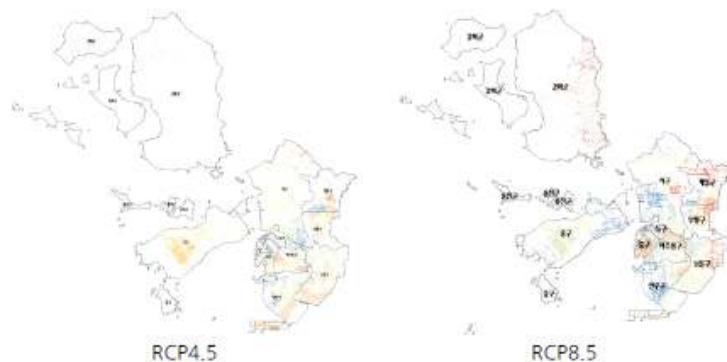
인천항을 중심으로 한 구시가지는 조수의 영향을 크게 받고 있는데, 이는 인천항의 전면 도크화로 인해 내항으로 흐르던 47개 배수로가 모두 외항으로 유역 변경되어 배수되는 것, 해수면 매립의 증가로 유로연장이 늘어난 것 등과 관련이 있다. 특히, 연중 조위 외수위가 높은 때에는 조수 수위가 최고 5.20m까지 상승하여 해수역류로 인한 침수가 발생하기도 한다(박지은, 2012). 또한, 도시 중심가 하수도체계와 연결된 하천이 우수의 배수로로 이용되고 있는 실정이라 지류계통 정비미비 또는 통수부족 등으로 인해 여름철

호우로 인한 유역 내 침수가 발생하기도 한다(조경두 외, 2021b).

『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』에서는 각각의 리스크에 대해 리스크 발생 가능성이 높은 지역을 선정하였는데, 집중호우로 인한 도로 침수와 관련하여 인천 전역의 시가지 및 복합지역에서 기반시설 및 건축물, 정주 공간과 관련된 리스크가 나타난다고 하였다(조경두 외, 2021b).

또한 홍수에 의한 기반시설 취약성과 관련하여 RCP4.5 시나리오에서는 계양구의 계양2동, 미추홀구의 용현5동과 문학동, 서구의 불로대곡동 등이 취약지역인 것으로 드러났으며, RCP8.5 시나리오에서는 남동구의 장수서창동과 서창2동, 계양구의 계양1동, 동구의 송림4동, 강화군의 강화읍 등이 취약지역인 것으로 나타났다.

[그림 2-4] 홍수에 의한 기반시설 취약성



출처: 조경두 외, 2021b

제 5 절 선행연구

지방자치단체의 기후변화 적응 노력에 대한 연구로는 고재경 등(2008)의

연구가 있다. 해당 연구에서는 기후변화 적응에 대한 국내외 정책 동향을 고찰하고 이에 대한 지자체 정책의 현주소, 경기도의 특성 및 취약성을 파악하였다. 또한 선진국의 지역단위 정책에 대한 사례분석을 통해 우리나라 지자체를 위한 시사점을 도출하였으며, 우리나라 지자체의 정책과 제도 사례를 검토하였다. 이러한 연구를 토대로 연구자들은 기후변화 영향 파악을 위한 정보수집과 모니터링, 기후변화 취약성 평가 방법론 개발 및 취약성 지도 작성, 주요 계획 및 정책의 초기단계에서 기후변화 적응 연계, 적응 인벤토리 작성, 기후변화 적응 거버넌스 구축, 기후변화 적응역량 강화를 위한 교육과 홍보 등의 방안을 제시하였다(고재경 외, 2008).

기후변화에 대한 사회기반시설의 취약성에 관한 연구에는 명수정 등(2009)의 연구가 있다. 해당 연구에서는 기후변화 시나리오를 바탕으로 한 공간분석과 문헌조사를 통해 기후변화 전망 및 주요 사회기반시설의 기후변화 노출정도를 전망하였으며, 우리나라의 주요 사회기반시설의 기후변화 취약성을 평가하기 위해 전문가들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 또한 해외사례에 대한 문헌조사를 통해 기후변화에 대한 적응 현황을 파악하였다. 그리고 이러한 조사를 기반으로 하여 기후변화에 대한 적응을 강화하기 위한 정책방향을 제시하였다. 해당 연구에 따르면 하천시설, 주거시설, 도로, 항만과 같은 기반시설이 취약한 것으로 드러났으며, 이는 과거 재해이력 및 전세계적인 동향과도 일치한다. 이에 연구자들은 향후 현장조사를 동반한 구조적 취약성 평가가 이루어져야 할 것과 이러한 취약성 평가가 정기적으로 이루어져야 할 것, 지역 단위에서도 이러한 취약성 평가가 이루어져야 할 것 등을 제안하였다. 또한, 최신 시나리오를 활용해 지속적으로 사회기반시설의 기후변화 노출전망을 분석하고 극한 기후사상 발생에 대한 예·경보 시스템 및 효율적인 대응체계를 구축해야 할 필요성, 사회기반시설의 강화 및 위험관리 역량강화의 필요성 등을 강조하였다(명수정 외, 2009).

이듬 해의 후속 연구에서 연구자들은 기후변화에 대한 기반시설의 취약성

을 분석하기 위해 전국을 대상으로 한 취약성 평가와 지역 단위의 위험도 진단의 두 가지 방법을 사용하였다. 해당 연구에서는 이에 더해 사례와 문헌조사를 실시하였으며 이를 바탕으로 기후변화 적응방안을 제시하였다. 연구자들은 이러한 적응방안을 기후변화 취약성 분석을 통한 적응전략 수립, 기반시설 운영체계 및 관련 기술 개발, 적응역량 강화를 위한 법·제도 정비, 기후변화 대비 위기 대응능력 강화의 네 가지로 나누어 각각에 대한 구체적인 방안들을 제시하였다(명수정 외, 2010).

인천광역시 지자체의 기후변화 대응 노력에 관련된 연구로는 신학수(2017)의 연구가 있다. 해당 연구에서는 인천광역시의 기초지자체인 강화군, 서구, 연수구, 중구를 대상으로 기초지자체의 기후변화 적응대책 세부시행계획 수립과정에 영향을 미치는 요인들에 대해 분석하였다. 이러한 분석을 통해 기초지자체 수준에서 기후변화 전담 부서 또는 인력이 존재하지 않고, 업무교체주기가 상대적으로 짧아 전문성 향상에 어려움이 있으며, 기후변화 적응 관련 업무는 가시적인 성과가 나지 않는 분야로 우선순위에서 밀리고 있음을 알게 되었다. 또한, 기후변화 적응만을 위한 예산이 마련되어 있지 않고, 전문가와 시민단체와의 협업이 미비하며 상위계획과의 오프라인 연계활동도 부족한 것으로 드러났다.

조형진(2017)은 기후변화에 따른 도시홍수 취약성 평가모델을 연구하기 위하여 인천시의 사례를 연구하였다. 해당 연구에서는 인구·경제·정보·입지취약성 속성값을 사용하여 취약성 지도를 작성하였으며, 이에 따라 도시홍수 취약성이 낮은 지역과 높은 지역을 도출하였다. 해당 연구에서 수행한 핫스팟 분석에 따르면 도시홍수 취약성이 밀집된 지역은 중구의 연안동, 동구의 만석동과 화수동 일대, 남구의 용현동, 연수구의 옥련동 일대와 동춘동, 송도1동 일대, 남동구의 논현1동과 고잔동 일대였다. 연구자들은 이러한 밀집지역의 특성을 파악함과 동시에 회귀분석을 사용하여 취약성 결정요인이 도시홍수 피해에 미치는 영향을 분석하였다.

인천 지역의 침수피해 및 침수피해를 최소화하기 위한 방안에 관한 연구로는 김현수(2002)의 연구와 박지은(2012)의 연구가 있다. 김현수(2002)는 인천의 홍수피해우심지역에 우수유출저감시설을 설치하였을 때의 유출저감효과에 대해 연구하였다. 해당 연구에서는 인천광역시의 지역적 특성 및 강우의 특징과 추세를 분석하고, 상습침수지역 중 승기천 배수유역을 유출모의 유역으로 선정하여 SWMM 모형을 통해 우수유출저감시설의 저감효과를 모의하였다. 이를 통해 승기천 배수유역에 우수유출저감시설을 설치할 때, 설계강우의 경우 침투유량의 14.0%와 총유출량의 9.2%가 감소하며, 실제강우의 경우 침투유량의 12.0%와 총유출량의 7.6%가 감소하는 것으로 나타나 침투유량과 총유출량의 저감에 효과가 크다는 것을 확인하였다. 한편, 해당 연구에서는 강우의 지속시간이 길어질수록 침투시설에 의한 효과가 감소하기 때문에 장기간의 호우에 대비하기 위해서는 우수유출저감시설과 저류시설을 연계하여 사용해야 한다고 제안하였다. 박지은(2012)은 저류시설을 활용하여 인천교 매립지 지역의 침수피해를 저감할 수 있는 방안에 대해 연구하였다. 해당 연구에 따르면, 기존의 배수시스템에 관로를 증설하는 것만으로는 침수저감에 한계가 있었으며, 저류시설의 조성방안 중에는 공원 내의 저류시설 설치 및 유출계수 세분화 적용방안이 가장 침수저감에 효과적이었다. 인천교 매립지 내의 석남배수구역 공원 내에 263,787m²의 저류시설을 설치할 경우 기존의 배수 시스템에 비해 침수가 약 19% 저감되었으며, 저류시설의 재질을 투수성으로 할 경우에는 침수가 약 37% 저감되는 것으로 나타났다. 해당 연구에서는 저류시설을 활용하였을 때 침투유출량을 저감하여 홍수 방어에 상당한 역할을 할 수 있으며, 저류된 빗물을 공원유지, 청소, 소방 등에 재이용할 수 있다는 점을 강조하였다.

제3장 인천광역시의 발전방안 연구

제 1 절 인천광역시 기후변화 대책 개요

1) 인천광역시 기후변화 대응 종합계획

2021년 4월, 인천광역시에서는 인천광역시 기후변화 정책의 비전을 제시할 기후변화 대응 최상위 계획으로서 『제3차 인천광역시 기후변화 대응 종합계획』을 발표하였다. 『제3차 인천광역시 기후변화 대응 종합계획』은 국가 기후변화 대응 기본계획에 기초해 마련되었으며, 인천광역시의 기후변화 특성 및 정책 특성을 고려해 인천광역시가 능동적이고 효과적으로 기후변화에 대응할 수 있도록 하는 전략을 수립하였다. 이는 『인천광역시 기후변화 대응 조례』 제7조에 따른 것으로, 해당 조례에서는 20년을 계획기간으로 하는 광역시 기후변화 대응 종합계획을 5년 마다 수립 및 시행하도록 명시하고 있다.

『제3차 인천광역시 기후변화 대응 종합계획』은 인천을 탄소중립 도시로 만들고 시민과 함께 기후위기를 안전하게 극복한다는 비전 하에 온실가스 감축, 기후변화 적응, 추진기반에 대한 3개 목표 및 이를 달성하기 위한 추진전략과 10개의 추진과제, 그리고 영역별 세부사업을 제시하였다.

온실가스 감축을 위한 추진전략은 탈석탄 실현 및 재생에너지 확충으로, 이를 위해 신재생 에너지 보급을 확대하고 에너지 순환경제를 활성화하는 것 등의 추진과제가 제시되었다. 기후변화 적응을 위한 추진전략은 안전한 기후변화 적응체계 구축으로, 이를 위해 보건관리 대응체계 강화 및 재난 대응능력의 제고 등의 추진과제가 제시되었다. 추진기반과 관련된 추진전략은 인천형 그린뉴딜을 통한 기후위기 대응체계 강화로, 이를 위해 시민참여형 교육, 홍보, 거버넌스를 확대하는 등이 세부과제로 제시되었다.

[표 3-1] 제3차 인천광역시 기후변화 대응 종합계획 추진전략별 추진과제

추진전략	추진과제
탈석탄 실현 및 청정한 재생에너지 확충	신재생에너지 보급 확대
	에너지 순환경제 활성화
	녹색건축물 및 그린 도시 인프라 구축
	녹지조성 및 생활환경 개선
안전한 기후변화 적응체계 구축	시민 건강 및 보건관리 대응체계 강화
	기후위기 재난 대응능력 제고
	영농 효율화 및 도서지역 생활환경 개선
인천형 그린뉴딜을 통한 기후위기 대응체계 강화	시민참여형 교육 및 홍보, 거버넌스 확대
	기후위기 대응 제도적 기반 강화
	기후위기 대응 재원확보

출처: 제3차 인천광역시 기후변화 대응 종합계획

앞의 장에서 고려한 바와 같이, 기후변화의 대응에 대한 국제사회의 프레임워크는 온실가스 감축 뿐 아니라 기후변화에 대한 적응 및 기후변화에 대응하기 위한 거버넌스를 갖추는 것 등을 강조하고 있으며, 인천광역시의 기후변화 대응 종합대응 또한 이와 같은 관점을 반영하고 있다. 특히 기후변화 적응체계 구축을 위해서는 재난 대응능력 뿐 아니라 시민의 건강과 보건관리, 생활환경 개선 등을 과제에 포함시키고 있다는 것을 알 수 있다.

2) 제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획

인천광역시는 또한 2021년 12월, 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책

세부시행계획』을 발표하였다. 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』 발표는 『저탄소 녹색성장 기본법』 제48조 및 시행령 제38조 제2항에 근거한 것으로, 지역의 기후변화 특성이 반영된 적응대책 세부시행계획의 수립을 통해 기후변화 피해를 완화 및 예방하기 위함이다(조경두 외, 2022).

가) 제3차 국가 기후변화 적응대책 및 세부시행계획

『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』과 관련한 상위계획에는 『제3차 국가 기후변화 적응대책』과, 『제3차 국가 기후변화 적응대책 세부시행계획』이 있다.

『제3차 국가 기후변화 적응대책』은 정부, 지자체, 전문가, 시민사회, 청년, 산업계를 포함한 모든 적응 이행주체와 함께 하는 적응대책을 수립하고, 취약계층 및 취약지역·생태계를 중점적으로 보호하며, 과학에 기반을 둔 국가적인 리스크 관리를 강화하고, 이를 통해 신기후체제에 적극적으로 대응한다는 추진 방향 하에 수립되었다(관계부처합동, 2021).

이에 『제3차 국가 기후변화 적응대책』에서는 기후 리스크 적응력 제고, 감시·예측 및 평가 강화, 적응 주류화 실현의 3대 정책과 기후 탄력성 제고, 취약계층 보호, 시민참여 활성화, 신기후체제 대응이라는 4대 핵심전략을 제시하였다. [표 3-2]에서는 3대 정책에 대한 세부적인 정책 추진 방향을 보여주고 있다.

[표 3-2] 제3차 국가 기후변화 적응대책 비전체계도

비전	국민과 함께하는 기후안심 국가 구현
목표	• 2 ° C 지구온도 상승에도 대비하는 사회 전부분의 기후탄력성 제고

		• 기후감시·예측 인프라 구축으로 과학기반 적응 추진 • 모든 적응 이행주체가 참여하는 적응 주류화 실현		
3대 정책	① 기후리스크 적응력 제고	• 미래 기후위험을 고려한 물관리 • 생태계 건강성 유지 • 전 국토의 적응력 제고 • 지속가능한 농수산 환경 구축 • 건강피해 사전예방 체계 마련 • 산업 및 에너지 분야 적응역량 강화		
	② 감시·예측 및 평가 강화	• 종합 감시체계 구축 • 시나리오 생산 및 예측 고도화 • 평가도구 및 정보제공 강화		
	③ 적응 주류화 실현	• 기후적응 추진체계 강화 • 기후탄력성 제고 기반 마련 • 기후적응 협력체계 구축 및 인식제고		
핵심 전략	기후탄력성 제고	취약계층 보호	시민참여 활성화	신기후체제 대응

출처: 제3차 국가 기후변화 적응대책

앞에서 살펴본 기후변화 대응 종합계획이 감축, 적응, 기반구축의 세 가지 측면을 모두 포괄하고 있는 것에 반해 국가 기후변화 적응대책에서는 적응대책에 포커스를 맞추고 있음을 볼 수 있다. 『제3차 국가 기후변화 적응대책』에서는 사회 전부문의 기후탄력성 제고, 과학기반 적응 추진, 적응 주류화 실현이라는 세 가지 목표 그리고 이를 달성하기 위한 '기후리스크 적응력 제고', '감시·예측 및 평가 강화', '적응 주류화 실현'이라는 3대 정책을 제시하였다.

이 중에서 적응 주류화는 광범위한 기후변화 완화 및 적응 정책의 수행을 위해 기후변화 정책을 기존의 정부정책과 통합적으로 설계하고 수행하는 것을 의미한다. 이와 관련하여 『제3차 국가 기후변화 적응대책』에서는 기후변화 적응평가 제도를 도입하여 주요 정책계획이나 개발사업의 수립 단계에서 기후변화에 미칠 영향이나 리스크 등을 고려할 수 있는 체제를 구축하는 방

안을 제시하고 있다. 2021년부터 2022년 까지 적응평가 가이드라인을 시범적으로 적용하고, 2023년부터 기후변화 적응평가 제도 시행의 의무화를 추진한다는 것이다. 또한, 기후변화 적응 주류화를 실현하기 위한 정책적인 기반을 마련하기 위해 관련 개별 법률에 분야별 기후변화 적응추진을 위한 법적 근거를 마련하고, 부문별 기후변화 적응 주류화 진단체계를 마련하기로 하였다(관계부처합동, 2021).

'기후리스크 적응력 제고'에 해당하는 세부 정책방향으로는 물관리, 생태계 건강성을 유지하는 것, 전 국토의 적응력을 제고하는 것, 지속가능한 농수산 환경을 구축하는 것, 건강피해의 예방 체계를 마련하는 것, 산업 및 에너지 분야의 적응역량을 강화하는 것 등 여섯 가지를 제시하였다. 이와 같은 세부 정책방향은 『제3차 국가 기후변화 적응대책』과 『제3차 국가 기후변화 적응대책 세부시행계획』 뿐 아니라 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』까지 이어진다.

『제3차 국가 기후변화 적응대책 세부시행계획』에서는 각각의 정책방향에 대한 세부이행과제, 추진계획, 소요예산 등을 제시하였다. 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』에서는 각각의 정책방향에 대해 영향 분석과 취약성 평가 등을 통해 인천시의 상황에 맞는 세부사업을 도출하였다.

[표 3-3]는 『제3차 국가 기후변화 적응대책 세부시행계획』에서 제시하는 각 세부 정책방향에 대한 세부목표를 보여주고 있다.

[표 3-3] 제3차 국가기후변화적응대책 세부목표

정책방향	세부 정책방향	세부목표
기후 리스크 적응력 제고	미래 기후위험을 고려한	기후변화에 대비한 지속가능한
		- 홍수대응력 제고를 위한 조기경보 체제 구축 - 지역 맞춤형 홍수 대응 강화

물관리	홍수관리	- 국가 물관리 시설의 홍수 대응 역량 강화 - 홍수피해 예방을 위한 정보 제공 강화 - 집중호우에 따른 재난폐기물의 신속한 처리체계 구축
	가뭄대응력 제고 및 수자원 다변화로 물안보 강화	- 가뭄 대응능력 제고 - 가뭄 통합대응체계 구축 - 대체수자원의 안정적 확보 - 수자원 활용성 제고를 위한 상수도 시스템 구축
	기후위기에 대응하는 건전한 물환경 조성	- 도시의 물순환 회복 - 폭우 및 수온상승 대비 수질오염 관리 - 수생태계 건강성 증진 - 수량·수질 통합물관리 체계마련
	국가 생태계기후변화 모니터링 및 대응기반 강화	- 생태계 분야 모니터링 강화 및 첨단기술 활용 - 시민참여형 모니터링 기반 강화 - 국가 생태계 기후변화 영향 대응 기반 마련
생태계 건강성 유지	생태계 보전 및 복원을 통한 생태계 건강성 유지	- 생물다양성 증진 및 생태계 보전·복원 강화 - 기후변화 취약생태계 중점 보호 및 도시 생태계 보호
	이상기후로 인한 생태계 위해·재난 관리 강화	- 야생동물 질병 관리 강화 - 생물대발생 예측 연구 및 대응 - 외래생물 및 유해한 생물종 관리 강화 - 산림재해 예방 역량 강화
	국토·연안 기후재해 대응 기반 강화	- 국토·연안 기후재해 대응 과학기반 강화 - 기후재해 대응을 위한 정보제공 강화
전 국토의 적응력 제고	지역중심 기후 탄력성 관리기반	- 지자체 주도 기후탄력성 제고 - 지역 연안의 기후탄력성 제고

	확대 및 강화	- 지역 맞춤형 재해예방 확대
	사회기반시설·건	- 사회기반시설 기후변화 대응력 확보
	축물 적응력 제고	- 건축물 기후변화 적응 체계 강화
		- 농축수산 부문별 생산성 평가 및 예측 기술 개발
	기후탄력성	- 농업 기상재해 초기 정보 체계 강화
	제고를 위한 영향	- 농업 생산성 향상을 위한 예측기술 및
	정보 제공	평가 강화
		- 수산자원·해양환경 변동 모니터링 및 예측
지속가능한 농수산 환경 구축		- 기후변화 적응형 농·축·수산 생산시설 기술 개발 및 보급 확대
	기후변화 적응	- 안정적 작물 생산 및 수급 안정화 기반 마련
	농수산 생산 기반	- 재배시설 설계기준 및 농업기반시설 점검 강화
	강화	- 기후변화 대응 양식 기술 개발 및 양식장 관리 강화
		- 병해충 및 외래종 관리 강화
	안전한 농수산	- 농업용수 수질 및 토양 환경관리 강화
	환경 보전	- 기후변화에 따른 안정적 농업용수 확보 강화
	기후변화	- 기후변화 건강영향 감시 체계 운영
	건강영향 감시 및	- 기후보건 영향평가 체계구축
	평가 체계 구축	
건강피해 사전예방 체계 마련		- 기후변화 감염병 대응 기술 연구개발
	기후변화에 따른	- 감염병 감시·대응 체계 운영
	감염병 대응 강화	- 코로나19 등 신종감염병 폐기물 처리 강화
	기후변화	- 기후변화 취약계층 안전망 구축
	취약계층 건강	- 취약계층 건강증진사업 확대
	보호	
산업 및	산업별 기후변화	- 주요 산업별 기후재해 대응 역량 제고

에너지 분야 적응역량 강화	적응역량 강화	- 산업별 기상·기후 정보 이용 활성화
	전력 설비 기후 취약성 개선	- 전력 설비 기후탄력성 강화
	에너지 효율화 및 공급원 다양화	- 건축물 에너지 효율화 - 에너지 공급원 다양화 - 신재생에너지 확산 기반 마련
종합 감시체계 구축	기후변화 감시정보 다원화	- 기후변화 관련 감시정보 생산 확대 - 해양·극지 감시정보 생산
	기후변화 유발물질 감시 역량 강화	- 온실가스 및 단기체류 기후변화 유발물 질 감시 역량 강화 - 온실가스 감시정보는 활용체계 개선
	감시기반 기상재해 대응력 강화	- 안전한 해상활동 위한 감시 정보 제공 - 복합재난 대비 고해상도 감시 역량 강화
	신규 기후변화 시나리오 생산 및 활용	- 남한상세 기후변화 시나리오 생산 - 미래 기후변화 분석 및 불확도 산정
시나리오 생산 및 예측 고도화	기후변화 예측기술 고도화	- 지구시스템모델 기술 역량 강화 - 초고해상도 예측 기반 구축
	해양 기후 예측정보 활용체계 마련	- 예측 기반 해양 기후 서비스 제공
	기후변화 리스크 진단 방법론 개발	- 기후변화 주요 리스크에 대한 진단 추진 - 적응대책 수립 의사결정을 위한 대책 효 과성 분석
평가도구 및 정보제공 강화	기후변화 영향·취약성 평가 도구 고도화	- 수요자 요구사항을 반영한 취약성 평가 도구(VESTAP) 고도화 - 영향 평가도구(MOTIVE)와 취약성 평 가도구(VESTAP) 연계 - 해양·수산 부문의 기후변화 영향·취약성 평가 역량 강화
	기후변화	- 기후변화 적응정보 관리 인프라 구축

	적응정보 관리체계 마련 및 - 기후변화 적응 정보 제공 강화 정보 확산
기후적응 추진체계 강화	기후변화 적응대책 이행력 확보 - 국가 기후변화 적응대책 추진체계 강화 - 지자체 기후변화 적응대책 내실화
	기후변화 적응 주류화 기반 강화 - 기후변화 적응평가 및 리스크 반영체계 구축 - 산업계 기후변화 적응 기반 강화
	기후변화 적응 전담체계 구축 - 정부·지자체 적응 담당 조직 및 역할 강화
	기능 강화 - 기후변화 적응 전문기관 강화
기후탄력성 제고 기반 마련	지역단위 기후탄력성 제고 - 맞춤형 기후변화 적응정보 생산 및 서비스 강화
	사업 추진 - 도시 기후탄력성 제고 사업 확대
	기후변화 취약계층 중점 보호 강화 - 극한 기상현상 대비 취약대상 관리기반 강화 - 사회·경제적 취약계층 지원 강화 - 작업장 취약계층 보호 강화
	기후변화 적응 기술 개발 및 산업 육성 - 기후변화 적응 혁신기술 확보 기반 구축 - 기후변화적응정책 지원 연구 강화 - 기후변화 적응산업 육성 추진
기후적응 협력체계 구축 및 인식제고	국격에 부합하는 신기후체제 대응 - 신기후체제 출범에 따른 적극 대응 - 개도국 기후변화 적응역량 지원 확대

출처: 제3차 국가 기후변화 적응대책 세부목표

나) 인천광역시 기후변화 적응대책 세부계획

『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』에서는 건강, 국토/

연안, 농축수산, 물관리, 산림/생태계, 기타(교육 및 홍보)'의 6개 부문에 대한 28가지 세부 사업을 선정하였다. 각 부문별 세부 사업의 목록은 영향 분석, 피해 현황, 리스크, 설문조사, 취약성 평가 등을 근거로 확정되었다(조경두 외, 2021b).

6개 부문 중 집중호우로 인한 도로침수와 가장 큰 관련이 있는 것은 국토/연안 부문이다. 국토/연안 부문에서는 '기후변화에 안전한 도시'라는 목표를 바탕으로 '원도심과 신도시의 기후변화 적응능력 향상'과 '사전 예방을 통한 피해 저감'이라는 추진 방향 하에 총 6가지 세부 사업이 제시되었다([표 3-4]).

[표 3-4] 인천광역시 제3차 기후변화 적응대책 국토/연안 부문 세부 시행계획

목표	추진방향	세부사업
기후변화에 안전한 도시	원도심과 신도시의 기후변화 적응능력 향상	재해 보험 활성화
		선제적 자연재난 대응체계 확립
		원도심 주민 피해 경감을 위한 환경 개선
	사전 예방을 통한 피해 저감	풍수해에 취약한 도로 관리 시스템 체제 구축
		침수대응 하수도 시설 배수 능력 강화
		기후변화 적응 관련 수해방지 및 생태하천 복원

출처: 인천광역시 제3차 기후변화 적응대책 국토/연안 세부 시행계획

[표 3-4]에서 볼 수 있듯이 국토/연안 부문의 세부사업으로는 '재해 보험 활성화', '선제적 자연재난 대응체계 확립', '원도심 주민 피해 경감을 위한 환경 개선', '풍수해에 취약한 도로 관리 시스템 체제 구축', '기후변화 적응 관련

수해방지 및 생태하천 복원'의 여섯 가지가 선정되었으며, 그 중 '침수대응 하수도 시설 배수 능력 강화'가 중점 사업으로 선정되었다. [표 3-5]에서는 각각의 세부사업 선정에 대한 근거를 보여주고 있다.

[표 3-5] 인천광역시 제3차 기후변화 적응대책 국토/연안 부문 세부사업 선정 근거

세부사업	선정근거
재해 보험 활성화	(피해현황) 자연재해 복구금액은 매년 발생: 노후 침수 저층 주거지
선제적 자연재난 대응체계 확립(안전도시 중장기 로드맵 구축)	(피해 현황) 자연재해 복구금액은 매년 발생: 노후 침수 저층 주거지
침단 교통관리 시스템 구축	(리스크) 폭우 폭설로 인한 교통시설(육상교통 등) 기능 저하(운행 중단 및 사고 증가) 기능 저하 리스크는 장기적 연구 및 모니터링이 시급하게 필요한 것으로 평가됨
침수대응 하수도 시설 배수 능력 강화	(피해 현황) 자연재해 복구금액은 매년 발생: 노후 침수 저층 주거지
기후변화 적응 관련 수해방지 및 생태하천 복원	(리스크) 산림 생태계의 물순환 변화 관련 리스크 3개는 모두 우선적 추가조치 및 장기적 연구 및 모니터링이 필요한 리스크이며 시급한 것으로 평가됨

출처: 인천광역시 제3차 기후변화 적응대책 국토/연안 세부사업 선정 근거

위와 같은 세부 사업 중에서도 집중호우로 인한 도로침수와 직접적인 관련이 있는 사업은 '풍수해에 취약한 도로관리 시스템 체제 구축'과 '침수대응 하수도 시설 배수 능력 강화' 등이다.

풍수해에 대비한 도로관리 시스템 체제 구축과 관련해서는 교통정보의 수집·제공 구간을 확대하고, 주요 교차로에 딥러닝 영상 감지기를 설치하며, 교

통정보의 수집·활용체계를 개선하는 등 기존 사업에 대한 보완 사업이 계획되었다. 또한, 교통 빅데이터 플랫폼 및 수집·활용체계, 교통 빅데이터 분석 및 교통정책지원시스템 구축, 디지털 트윈 기반 교통신호 운영 최적화 및 교통혼잡 개선 등의 신규 사업이 발굴되었다(조경두 외, 2021b).

이와 같은 도로관리 시스템 체제의 구축은 집중호우로 인해 도로침수가 발생하였을 때 도로침수로 인한 교통 혼잡을 줄이고 안전한 교통환경을 유지하는 데 도움을 줄 수 있다. 즉, 도로관리 시스템과 빅데이터를 활용하여 교통정보의 수집과 제공을 확대하며, 이를 통해 도로 상황을 실시간으로 파악하고 대응할 수 있는 체제를 갖추는 것은 도로침수 상황을 예방하고 이에 대응하는 데 도움이 될 수 있다.

침수대응 하수도시설 배수능력 강화와 관련해서는 군·구의 하수도를 정비하고, 준설공사 비를 충분히 확보하고, 추진실적에 대한 점검과 평가를 수행하여 우기 전에 하수도사업을 추진하여 침수피해를 예방하는 계획이 포함되었다.

이와 같은 사업은 하수도시설의 배수능력을 강화하여 침수 피해를 예방하는 데 도움을 준다. 즉, 하수도를 정비하고 준설공사를 통해 하수도 배수능력을 향상시키면, 호우 시에도 빠르고 효율적으로 물을 배출할 수 있어 도로침수 피해를 최소화할 수 있다. 또한, 추진실적의 점검과 평가를 통해 사업의 효율성을 높이고, 우기 전에 사업을 추진하여 미리 대비할 수 있도록 하여 침수 피해를 미연에 방지할 수 있다. 해당 사업은 국토/연안 부문의 중점 사업이다.

3) 인천광역시 자연재해저감 종합계획

한편, 인천광역시는 자연재해저감 종합계획을 발표할 예정이며, 이에 대한 용역 착수 보고회가 2024년 2월에 개최되었다. 이 계획은 자연재해대책법에

따라 하천, 내수, 사면, 토사를 비롯한 9개 유형의 자연재해를 예방하고 저감하기 위해 향후 10년을 포괄하는 목표를 수립하는 최상위 계획이다. 이 계획은 국비 확보를 위한 근거자료로 활용되며, 도시의 기본계획 수립에도 활용된다. 연구용역은 2025년 6월까지 진행된다. 올해는 위험지역을 확정하고 대책 및 시행계획을 수립할 예정이며, 2025년 상반기의 주민공청회 등을 거쳐 투자우선순위 및 단계별 시행계획을 수립해 2025년 중순에 최종 확정될 예정이다.

제 2 절 집중호우로 인한 도로침수 대응

1) 집중호우로 인한 도로 침수

가) 도시홍수와 도로침수

계절라성 집중호우와 같은 이상 기상현상, 그리고 급격한 산업화와 도시화로 인해 도시 지역의 내수 침수피해의 양상이 점점 더 심각해지고 있다(김은미, 황현숙, 김창수, 2013). 도시에는 많은 재산과 인프라가 밀집해 있어 홍수의 규모가 동일할 지라도 피해 규모는 더욱 늘어나게 된다. 또한, 다양한 사회적 특성을 가진 사람들이 함께 살고 있기 때문에 개개인이 느끼는 위험과 피해가 다를 수 있다(조형진, 2017). 이에 재난에 대한 사후처리 뿐 아니라 재난으로 인한 위험을 저감하기 위한 사전 대책 수립이 매우 중요하다(김은미 외, 2013).

도시홍수 피해에 영향을 미치는 요소에는 기후변화에 따른 해수면의 상승과 집중호우의 증가와 같은 자연적 요소 뿐 아니라 불투수면적 및 지하공간 증가, 수변공간 이용과 같은 물리적 요소, 인구 및 산업의 집중과 같은 사회적 요소, 방재대응 부족과 같은 정책적 요소들이 있다(조형진, 2017). 따라서

도시 홍수피해를 저감하기 위해서는 종합적이고 체계적인 대책 수립 및 실행이 필요하다고 볼 수 있다.

도시의 침수 피해 중에서도 특히 도시 내 도로가 침수되는 경우 교통 체증 및 차량 고립 등으로 인해 크나큰 물질적·경제적 손실이 발생할 수 있다. 근래 들어서는 도로침수로 인한 인명사고가 큰 이슈가 되고 있다. 예를 들어, 2020년 7월 23일에는 부산광역시 초량동 제1지하차도 침수로 인해 3명의 사망자와 4명의 부상자가 발생하였다. 2023년 7월 15일에는 충청북도 청주시 오송읍 궁평2지하차도 침수사고로 인해 14명이 사망하는 일이 발생하였다.

2020년 7월의 초량 지하차도 침수사고의 경우 호우경보가 발효되면 해당 지하차도가 통제되어야 했음에도 불구하고 그러한 안내가 이루어지지 않은 점, 배수펌프 저류조에 이물질이 유입되어 배수량이 저하되었던 점, 사고 당시 부산 전역에서 동시다발적으로 신고가 몰리면서 사고 접수가 제대로 이루어지지 않은 점 등이 인명사고의 원인으로 지적되었다(박성제, 2021).

2023년 7월의 오송 지하차도 침수사고의 경우, 지하차도 인근에 위치한 다리인 미호천교 부근에 쌓여있던 임시제방이 붕괴되면서 폭우로 불어난 미호강물이 임시제방 너머로 넘쳐 지하차도로 쏟아져 들어가며 발생하였다. 이 사고의 경우 도로 확장공사를 진행하는 시공사와 감리사가 기존의 제방을 무단 철거하고 규격에 미달하는 임시 제방을 설치한 것, 붕괴를 알고도 관계 기관에 신속하게 알리거나 적극적으로 대처하지 않은 것, 홍수주의보가 발령되고 홍수경보로 격상된 가운데에서도 지하차도 진입을 통제하지 않은 것 등이 사고의 원인으로 지적되었다. 또한 사고발생 이전에 긴급통제를 요청하는 신고가 있었음에도 불구하고 아무런 조치를 취하지 않은 것 등도 피해를 더 심각하게 만들었다는 비판이 제기되었다(김경필, 2023).

이러한 사건들로부터 집중호우로 인한 도로침수 피해를 예방하기 위해서는 기상상황에 대한 모니터링 뿐 아니라 도로 시설에 대한 관리, 그리고 신속한 안내와 대응 시스템이 마련되어야 함을 알 수 있다.

나) 인천광역시 도로침수

인천광역시에서는 해마다 집중호우 등으로 인해 도로가 물에 잠기는 일이 발생하고 있다. 2018년 8월 28일에는 집중호우로 인해 서구 검단사거리, 부평구 부개동 일대의 도로가 침수되었으며, 계양구 효성동과 주안5동에서는 하수가 역류하여 도로가 침수되기도 했다. 2021년 8월 21일에는 중구 운북동의 동강천이 범람해 도로가 침수되었다.

[그림 3-1] 중구 운북동 동강천 범람으로 인한 도로 침수



출처: 연합뉴스: 2021년 8월 21일

2022년 6월 30일에는 호우로 인해 서구 봉수대로 샘내들 사거리가 침수되어 차량 통행이 통제되었으며, 미추홀구 문학사거리부터 문학터널까지의 2개 차로와 계양구 작전동 토끼굴이 통제되었다(최은지, 2022a). 2022년 8월 8일에는 짧은 시간 동안 많은 비가 내리면서 부평구 부평경찰서 앞과 미추홀구 제물포역·주안역 인근 등 도로 곳곳이 물에 잠겼으며, 도로를 달리던 차량이 물에 잠기기도 했다. 같은 날 중구 중산동에서도 일부 도로가 물에 잠겼다(최은지, 2022c).

[그림 3-2] 부평구 부평구청역 인근 도로 침수



출처: 연합뉴스: 2022년 8월 8일

인천광역시에서 발생하는 도로침수 피해의 원인이 꼭 여름철 집중호우 때문인 것만은 아니다. 2020년 11월에는 많은 비와 함께 떠내려 온 낙엽이 배

수구를 막는 바람에 남동구 구월동 올림픽공원 사거리가 물에 잠겼다.

비가 오지 않더라도 만조로 인해 도로가 침수되는 경우도 자주 발생한다. 2021년 7월 25일에는 만조로 인해 무의도 큰무리선착장 주변 앞바다의 바닷물이 범람하여 도로가 일부 침수되는 일이 있었다. 2023년 8월 4일에는 중구 향동7가 역무선부두 인근 도로와 남동구 고잔동 4차로 도로 중 3차로가 물에 잠겼다. 이와 같은 도로 침수기는 밀물이 가장 높은 대조기 기간에 해안가 저지대에서 발생하였으며, 하수구 또는 빗물받이에서 바닷물이 역류해 도로로 흘러넘친 것으로 추정된다(최은지, 2023b).

[그림 3-3] 중구 향동7가 도로 침수



출처: 연합뉴스: 2023년 8월 4일

인천광역시에서 집중호우로 인해 도로침수가 발생하는 지역은 서구, 부평

구, 계양구, 중구, 미추홀구 등 매우 다양하다. 집중호우로 인해 발생하는 도로 침수는 2018년 8월에 계양구에서 발생한 도로 침수의 경우처럼 하수가 역류하거나 2021년 8월의 동강천 범람의 경우처럼 하천이 범람하는 등의 요인을 동반하기도 한다. 또한, 여름철 집중호우가 아니더라도 낙엽 때문에 배수구가 막혀 빗물이 배수되지 못해 도로가 침수되는 경우가 있었으며, 밀물이 높은 기간에는 밀물 때문에 해안가 저지대의 도로가 침수되는 경우가 있었다. 대조기 밀물에 의한 침수의 경우에도 하수구 또는 빗물받이에서 바닷물이 역류하는 현상이 원인이 된 경우가 있었다. 이로부터 인천광역시의 집중호우로 인한 도로침수 대응방법에 대해 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있다.

먼저, 하수 역류로 인한 도로 침수를 예방하기 위해 하수 시설의 강화가 필요하다. 정기적인 점검과 유지보수가 필요하며, 필요시 보강이나 개선이 이루어져야 한다. 특히, 낙엽이나 쓰레기로 인해 배수구가 막히는 경우를 방지하기 위해 정기적인 청소와 관리가 필요하다.

또한, 하천이 범람하여 도로 침수를 유발하는 경우가 있기 때문에 하천의 정비와 강화를 통해 범람을 예방할 수 있도록 노력해야 하며, 대조기 밀물에 의한 도로 침수를 방지하기 위해 해안가 저지대의 도로나 하수구 등을 강화하고 대비책을 마련해야 한다.

마지막으로, 집중호우로 인한 도로 침수에 대비한 비상 대응 시스템을 구축하고 이에 대한 교육을 실시해야 한다. 즉, 침수 발생시 지역 주민들이 어떻게 대응해야 하는지에 대한 교육과 훈련이 필요하며, 훈련과 시뮬레이션을 통해 실무자들의 대비능력을 향상시켜야 한다. 또한, 침수 경보 시스템을 개선하여 신속하고 정확한 정보 전달을 통해 주민들이 사전에 대비할 수 있도록 하여 도로 침수로 인한 피해를 최소화하고 안전한 대응이 이루어질 수 있도록 노력해야 한다.

2) 집중호우로 인한 도로침수 대응방법

가) 인천광역시 기후변화 적응대책 세부실행계획

앞 장에서 살펴본 바와 같이 2021년 12월 발표된 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부실행계획』에서는 『제3차 국가 기후변화 적응대책』과 『제3차 국가 기후변화 적응대책 세부실행계획』 및 영향 분석, 리스크 분석, 취약성 평가 등을 바탕으로 건강, 국토/연안, 농축수산, 물관리, 산림/생태계, 기타(교육 및 홍보)의 6가지 부문에 대한 28가지 세부사업을 선정하였다.

이러한 28가지 세부사업 중 집중호우로 인한 도로침수 대응과 관련된 세부사업으로는 '풍수해에 취약한 도로 관리 시스템 체제 구축'과 '침수대응 하수도시설 배수 능력 강화', '기후변화 적응 관련 수해방지 및 생태하천 복원' 등이 있다.

앞의 절에서 고찰한 바와 같이, 과거 인천광역시에서 발생한 도로침수의 경우 집중호우에 더해 하수 역류 등을 동반하는 경우가 많았다. 이에 하수도 시설 배수 능력 강화는 도로침수의 예방에 직접적으로 관련되는 세부사업이라고 볼 수 있다. '침수대응 하수도시설 배수능력 강화'는 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부실행계획』의 중점사업이기도 하다(조경두 외, 2021b).

하천의 역류 또한 집중호우와 동반하여 도로침수를 유발하는 주요한 요인 중 하나라는 것을 고려할 때 수해방지 및 생태하천 복원도 도로침수 예방에 직접적으로 관련되는 세부사업이라고 볼 수 있다. 이 세부사업은 하천의 미개수에 따른 통수단면 부족을 개선하여 농경지 침수 및 시민 재산권을 보호하기 위한 것이다. 또한, 하천의 담수기능을 확대하고 주변 지류의 우수를 신속하게 배수할 수 있는 최종배출구를 정비하여 국지성 폭우 등에 의한 피해를 사전에 예방한다는 취지를 담고 있다. 이를 위해 삼동암천, 선행천, 계산천 등 기존의 하천폭을 개선하여 하천의 담수 능력을 확대하고, 동락천, 교산천, 운

연천, 심곡천 상습 수해지역의 개선사업 및 굴포천 생태하천 복원사업에 착공하는 계획을 수립하였다.

한편, 집중호우로 인한 도로침수는 교통체증 또는 차량고립과 같이 심각한 사회적 비용을 초래할 수 있다. '풍수해에 취약한 도로 관리 시스템 체제 구축' 사업을 통해 기상청 예보와 연계된 통행관리를 지원함으로써 집중호우 발생 시 교통혼잡이나 고립 등과 같은 사회적 비용을 최소화 할 수 있다, 또한, 부산광역시와 초당 지하철도와 충청북도 청주시 오송 지하철도에서 발생한 침수사고의 경우, 호우정보 또는 홍수정보가 발효되었음에도 불구하고 지하철도가 제대로 통제되지 못해 많은 인명이 희생되는 안타까운 일이 있었다. 이에 실시간으로 교통정보를 수집 및 분석하여 조기 경보 시스템을 강화하고, 기상청 예보와 연계한 통행 관리를 통해 적절한 통제 조치를 취한다면 재난 상황에서의 효과적인 대응을 도모할 수 있을 것이다. 즉, 도로 관리 시스템의 체계적인 강화는 재난 상황에서도 안전하고 효율적인 도로 교통 환경을 유지할 수 있도록 도와주는 중요한 역할을 할 수 있다.

살펴본 바와 같이, 기후변화에 대한 다양한 적응 대책과 그 세부시행계획을 다루는 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』에서는 집중호우로 인한 도로침수를 예방하기 위한 시행계획도 담고 있다. 특히, '풍수해에 취약한 도로 관리 시스템 체제 구축'과 '침수대응 하수도시설 배수 능력 강화', 그리고 '수해방지 및 생태하천 복원'과 같은 세부사업들은 집중호우로 인한 도로침수를 예방하는 데 중요한 역할을 할 수 있다.

앞의 두 사업은 집중호우로 인한 도로침수의 직간접적인 원인이 되는 하수 및 하천의 역류 등을 경감하고 이를 통해 도로침수의 발생을 줄이는 데 기여할 수 있다. 또한, 수해방지 및 생태하천 복원과 같은 세부사업은 하천의 기능을 개선하고 생태계를 회복함으로써 도로침수를 예방하는 데에도 도움이 될 수 있다. 도로 관리 시스템의 강화는 도로침수로 인한 교통 혼잡과 안전사고를 최소화하고, 재난 상황에서 도로 교통 환경을 안전하고 효율적으로 유지

하는 데 중요한 역할을 할 수 있다.

나) 우수저류시설의 설치

(1) 우수저류시설의 개념 및 종류

우수저류시설이란 빗물이 우수지 또는 하천으로 유입되기 전에 일시적으로 저류시켜 두는 시설을 말한다. 우수저류시설에 저류시켜두었던 빗물은 바깥 수위가 낮아진 후에 방류하며, 이를 통해 유출량을 감소시키거나 최소화시키는 것을 목적으로 한다(박지은, 2012).

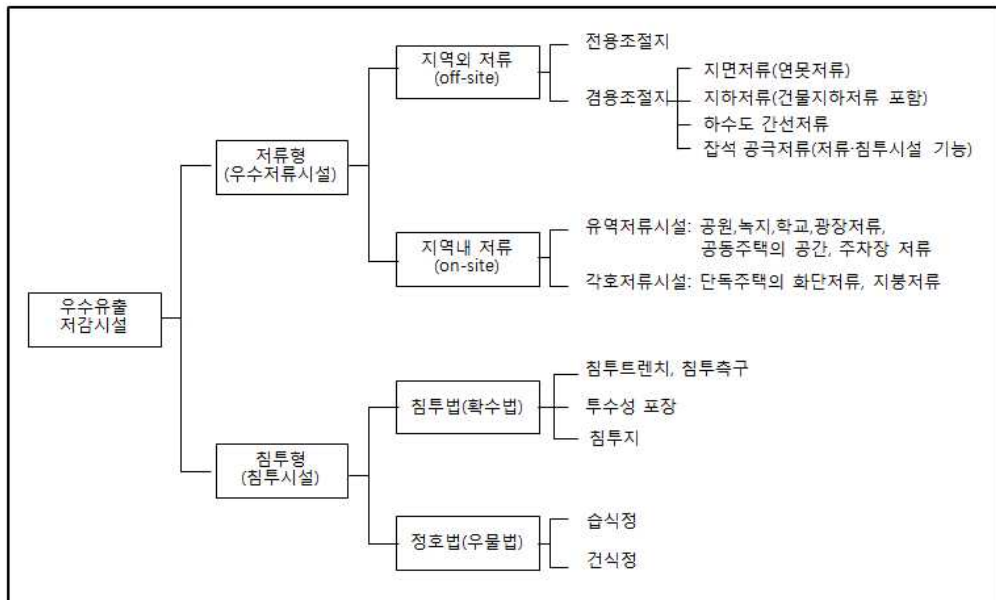
우수유출저감시설은 우수저류시설과 침투시설로 나눌 수 있으며, 우수저류시설은 지역외(off site) 저류 시설과 지역내(on site) 저류 시설로 구분된다.

지역외 저류시설은 유역말단에 설치하여 우수를 집수, 저류, 억제하는 시설로, 전용조정지와 겸용조정지로 나누어진다. 전용조정지의 종류에는 건식저류지, 확장된 건식저류지, 습지가 있으며, 겸용조정지의 종류에는 연못 저류, 지하 저류, 건물 지하 저류 등이 있다. 연못 저류는 작은 호수나 공원 등의 연못으로, 주로 수경 및 레크리에이션 시설로 사용된다. 지하저류는 우수저류시설을 지하에 설치하고 상부를 주차장 또는 공원을 비롯한 용도로 이용할 수 있게 구조화한 것이다. 건물 지하 저류는 고층 주택이나 큰 건물 등의 지하공간을 이용하여 저류시설을 설치한 것이다(박지은, 2012).

지역내 저류시설은 배수구역 내에 내린 강우가 우수관거, 우수지, 하천 등으로 유입되기 전에 물을 일시적으로 저류하는 시설이다. 즉, 비가 내린 그 지역에 빗물을 저류하는 방식으로, 이러한 저류시설의 계획은 토지의 이용계획 수립 시 이루어져야 한다. 지역내 저류시설의 종류는 크게 유역저류시설과 각호저류시설로 나뉜다. 유역저류시설은 공원이나 학교, 운동장, 주차장, 공동주택과 같은 다양한 지상 공간 또는 지하 공간을 이용하여 우수를 저류하는

시설이다. 각호저류시설, 즉 주택단위 저류시설에는 저류탱크, 지붕저류, 지붕 녹화, 저류형 화단 등이 있다(박지은, 2012).

[그림 3-4] 우수유출저감시설의 종류



출처: 박지은, 2012

침투시설은 빗물의 직접유출량을 감소시키기 위해 지반으로 침투되는 것을 용이하게 할 수 있도록 고안된 시설이다. 우수저류시설은 침투유출량을 저감시킬 수 있지만 총유출량을 감소시키지는 못한다. 반면에 침투시설은 우수유출량의 절대량 감소를 통해 하루 하천의 홍수부담을 경감시키는 효과가 있다. 침투시설을 우수지와 겸용해 설치하면 침투시설을 설치하지 않았을 때보

다 조절지의 저류용량을 약 27% 감소시키는 것이 가능하다고 일본의 우수저류 침투기술 협회에 보고된 바 있다(박지은, 2012).

침투시설은 크게 침투법과 정호법으로 나뉘는데, 침투법은 지표 불포화층의 얇은 위치에서 우수를 침투 및 확산시키는 방법이며, 그 종류에는 침투측구, 팀투통, 투수성 포장, 침투 트렌치 등이 있다. 정호법은 지반 보오링을 통해 우물을 만들어 그 우물 내에 우수를 통과시켜 지하로 주입하는 방식이다(박지은, 2012).

(2) 우수저류시설의 설치 효과

우수저류시설을 비롯한 우수유출저감시설의 설치 효과에는 홍수피해 저감, 수자원 확보, 환경오염 저감 및 생태계 복원, 수 처리시설 설치비용 저감, 도시민의 정서함양 등이 있다. 그런데 도시침수와 관련하여 우수저류시설의 주된 효과는 홍수피해의 저감에 있다. 우수저류시설은 홍수 발생시 직접 유출량을 감소시켜 침투 홍수량이 발생하는 시각을 지체시키며, 그 양도 감소시킨다. 또한, 지하로의 침투 및 저류지에서의 저류효과로 인해 하천을 통한 우수유출의 총량도 감소하게 된다. 이러한 과정을 통해 도시 유역에서의 침수피해를 줄일 수 있어 상습 침수시설에 대한 대책으로 활용될 수 있다(박지은, 2012).

국내의 한 연구에서 관망해석 프로그램인 MOUSE 모형을 사용해 관로를 증성한 경우의 침수개선 효과와 저류공간을 설치한 경우의 침수개선 효과를 비교 분석하였다. 연구 결과, 인천교 매립지 내 배수시스템에 관로증설만으로는 침수저감 효과가 5%에 불과하여 침수절감에 한계가 있었으며, 연구에서 비교한 4가지 저류시설 조성방안 중 공원 내에 저류시설을 설치하고 유출계수를 세분화하여 적용하는 방법이 침수저감에 가장 효과적인 것으로 나타났다. 다음으로 침수저감에 효과적인 것은 공원 내 지상 및 지하 저류시설 설치

였으며, 그 다음으로는 유역 내에 유출계수를 세분화하여 적용하는 것이 효과가 있었으며, 교육시설 내에 지하 저류조를 설치하는 방법이 그 뒤를 이었다. 즉, 인천교 매립지 내 석남배수구역의 공원에 253,787m²의 저류시설을 설치할 경우 기존의 배수 시스템과 비교하여 약 19%의 침수 저감 효과가 있었으며, 동 용량의 저류시설을 투수성 재질로 설치할 경우에는 기존배수 시스템과 비교하여 약 37%의 침수저감 효과가 있었다. 석남배수구역 내 유출계수 세분화 적용의 경우 약 15%의 침수저감 효과가 있는 것으로 나타나, 공원에 저류시설을 설치하였을 경우인 19%에 비해 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이로부터 연구자는 도시계획 시 불투수층의 면적을 제한하고, 투수성 보도블럭이나 투수성 포장, 침투측구 등의 우수침투시설을 사용할 경우 큰 비용을 들여 시설물을 설치하지 않아도 충분한 침수개선 효과를 볼 수 있다는 결론을 도출하였다(박지은, 2012).

(3) 인천광역시의 우수저류시설

인천광역시는 2018년, 2021년 말까지 상습 침수지역 4곳에 지하 우수저류시설을 설치할 계획을 발표하였다. 해당 계획에서 언급된 지역은 남동구 구월3동의 지상어린이공원, 간석4동의 희망의 숲, 부평구 부개2동의 세모공원, 서구 석남1동의 강남시장 주변으로, 인천광역시는 이 지역들에 각각 1만 1천톤에서 3만5천 톤 규모의 빗물을 지하에 저장할 수 있는 시설을 구축하겠다고 밝혔다(신민재, 2018).

인천시가 2019년 수립한 자연재해저감 종합계획에서는 인천에 우수저류조 15개소가 필요하다고 분석하였으나, 이후 2023년까지 신설된 저류소는 2020년 준공된 남동구 소래지구 저류소 1곳 뿐이고 서구에 1개소, 남동구에 2개소, 미추홀구 1개소에서 공사가 진행 중이다. 이에 더해 행정안전부 저류소

지원 사업에 남동구 1개소가 선정되어 총 7곳의 저류소가 확보되었다(김상윤, 2023).

이처럼 우수저류조 설치가 저조한 것은 예산에 대한 부담과 지역주민의 반발 때문인 것으로 보인다. 평균 200~300억원 가량이 소요되는 저류소 설치 사업비의 50%를 행정안전부가 부담하고, 인천광역시에서 25%를 지원한다고 하더라도, 재정자립도가 낮은 지자체의 경우 전체사업비의 25%조차 부담하기 쉽지 않기 때문이다. 또한, 저류소 사업이 시작되면 집값이 하락한다는 인식, 공사로 인한 피해 및 지반침하 등 안전에 대한 우려로 인해 지역 주민들이 저류소 사업에 반대한다는 것도 저류소 설치를 어렵게 하는 요인 중 하나이다(김상윤, 2023).

이러한 가운데 2024년에는 2021년부터 추진되어 오던 미추홀구 원도심 일대 우수저류시설 신설 사업이 3년 만에 중단되게 되었다. 미추홀구는 해당 사업의 사업비 370억원 중 50%인 185억원을 행정안전부에서 국비로 지원받기로 하고 2021년 4월부터 기본설계·실시설계 용역을 추진해 왔으나, 2023년 말 행정안전부 사전설계검토위원회에서 용역에 대한 재검토 의견을 전달하였다. 행안부는 사업구역 내 주안2동과 주안4동의 경우 관로 개량만으로 상습 침수 현상을 어느 정도 해소할 수 있고 우수저류시설을 신설하더라도 침수피해 저감 효과가 거의 없다고 본 것으로 파악되었다. 행안부의 의견에 따라 미추홀구가 해당 사업의 사업성을 재검토한 결과 우수저류시설의 침수 예방 실효성이 크지 않다고 판단해 설치사업 중단을 결정하였다(최은지, 2024).

살펴본 바와 같이, 인천광역시는 상습적인 침수 문제를 해결하기 위해 다수의 우수저류시설을 신설하는 계획을 수립했으나, 해당 사업은 예산 부족과 지역 주민의 반발 등으로 인해 순조롭게 진행되지 않고 있는 것으로 보인다. 이는 기초자치단체의 재정 문제와 집값 하락 및 지반침하로 인한 안전을 우려하는 지역 주민들의 반대 등 다양한 이유 때문이다. 특히, 최근에는 미추홀구에서 추진되던 우수저류시설 신설 사업이 중단되는 사례가 발생했다. 이는

사업의 침수저감 효과가 제한적이라는 평가와 지역 내 관로 개량만으로도 일부 침수 현상을 해소할 수 있다는 행정안전부의 판단이 반영된 것이다.

이와 같은 이유들로 우수저류시설 신설 사업이 어려움을 겪는 가운데, 침수 저감을 위한 새로운 대안이나 더 효율적인 접근 방식을 모색해야 할 필요가 대두되고 있다. 기후변화로 인해 집중호우 등의 극한 기상현상이 앞으로 더 높은 강도로 더 자주 발생할 것으로 예측되는 가운데, 인천광역시 내 상습 침수구역의 침수저감 대책을 모색하는 것은 매우 중요한 과제이며, 이에 효과적이면서도 현실적인 침수저감 대책을 수립하기 위해 지속적인 노력을 기울여야 한다.

다) 하천복원사업

앞서 고려한 미추홀구 우수저류시설 신설 사업의 중단과 관련하여 시행된 『인천 미추홀구 상습침수구역 침수영향평가』 연구용역에 따르면, '승기천 물길 이음' 사업을 수행할 경우, 즉, 하수도를 하천 형태로 복원할 경우 저류시설을 설치할 때에 비해 두 배 가량 큰 침수 저감 효과가 있는 것으로 나타났다. 해당 연구에 따르면 주안2동과 주안4동에 각각 9,000km², 21,000km²의 저류시설을 설치하였을 때, 시간당 강우량 90mm를 기준으로 대상지역의 12.6%가 침수되고 평균 침수심은 27cm에 달할 것으로 예측되었다. 반면에 승기천 물길을 복원하는 경우 침수범위는 7.2%, 평균 침수심은 20cm일 것으로 예상되어 물길 복원 사업의 침수 저감 효과가 더 큰 것으로 나타났다(이환직, 2023).

더 큰 효과를 가져올 수 있다는 결과가 도출되었다. 그러나, 하천 복원 사업 또한 비용 측면에서 한계를 보이고 있다. 승기천 물길 이음 사업에 대한 타당성 조사에서는 해당 사업의 비용 대비 편익이 낮게 나타났고, 특히 사업에 직접 영향을 받는 미추홀구 주민들의 경우 편익이 더욱 낮은 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 주변 교통 체증 등으로 인해 현실적인 이익이 상대적으로 낮기 때문이다.

상습침수 지역에 대한 침수 저감 대책으로 추진되던 저류시설과 하천 복원 사업이 모두 좌절된 이러한 상황에서는 침수 저감을 위한 효과적이고 중장기적인 대안을 찾는 것이 시급한 과제이다. 특히, 사회경제적 비용을 최소화하면서도 지속 가능한 침수 저감 대책을 모색하는 것이 필요할 것이며, 이에 지속적인 연구와 협력을 통해 효율적이고 현실적인 대안을 찾는 노력이 요구된다.

라) 물순환 도시 조성정책

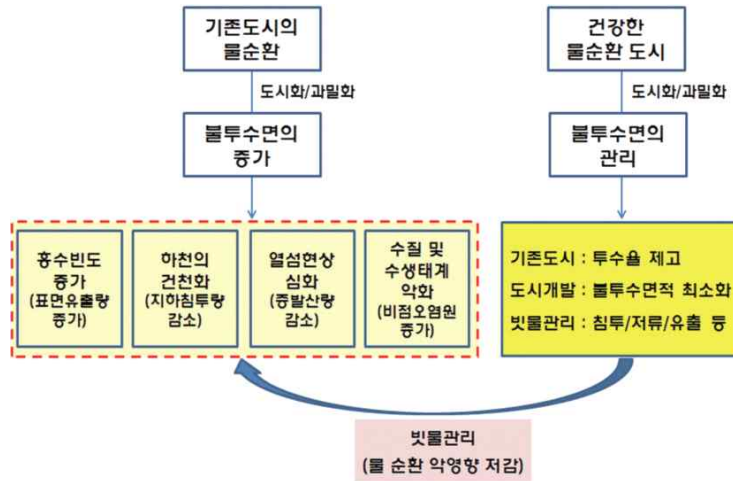
(1) 물순환 도시의 개념

도시면적의 증가는 불투수면의 증가와 연관되어 있다. 불투수면의 증가는 표면유출량의 증가로 인한 홍수빈도의 증가, 강우의 지하침투량 감소에 따른 하천의 건천화, 증발산량 감소에 의한 열섬현상 심화, 비점오염원의 증가에 따른 수질·수생태계 악화 등 자연환경 교란 및 삶의 질 저하를 초래한다. 이에 불투수 면적 증가의 부정적 영향을 저감하기 위한 불투수면 관리가 필요한데, 이와 같은 불투수면 관리에는 기존도시의 투수율 제고, 개발에 따른 불투수 면적의 최소화, 자연계 물순환의 침투·저류·유출 등이 원활하게 이루어질 수 있는 빗물관리 환경조성 등과 같은 활용이 수반된다(박경문 외, 2019).

즉, 물순환 도시란, 도시화 과정에서 발생하는 부정적인 물순환의 영향을

억제하고, 불투수면적의 감소 및 자연적인 물순환 회복 노력을 통해 긍정적 물순환을 장려하고 도모하는 도시를 뜻한다(박경문 외, 2019).

[그림 3-6] 물순환 도시의 개념



출처: 박경문 외, 2019

1990년대 이후 북미와 유럽을 중심으로 불투수 면적의 저감 및 빗물 관리를 위한 다양한 노력들이 진행되고 있으며, 국내에서도 서울시가 2013년 『건강한 물순환 도시 조성 종합계획』을 수립하여 물순환 도시 조성에 관한 기본 골격 및 세부추진방안을 설정하였다. 서울시는 물순환 도시 조성 정책을 통해 빗물의 직접유출 저감, 하천유지유량 증가, 홍수위험 저감, 열섬현상 완화 및 물부족 대비, 도시생태 회복, 하천수질 개선 등의 목표를 달성할 수 있을 것으로 기대하고 있다(박경문 등, 2019).

(2) 인천광역시 물순환 도시 조성정책

인천광역시의 경우 2013년 말을 기준으로 불투수 면적 비율이 35.23%로, 7대 특·광역시 중 서울특별시(57.2%) 다음으로 높은 것으로 나타났다. 또한, 인천광역시 관내의 도시관류 및 하천의 수질 및 수생태계 건강성은 좋지 않은 것으로 나타났으며, 연평균 증발량은 서울, 부산, 대전, 인천의 4개 지자체 중 가장 높게 나타났다. 2011년에서부터 2015년 사이 연평균 폭염일수는 전국보다 낮았지만, 열대야 일수는 전국 평균보다 높게 나타났다. 이와 같은 여건에 따라 인천광역시는 물순환 도시 조성정책 추진에 대한 필요성이 높게 나타나고 있다(박경문 등, 2019).

국내의 한 연구에서 물순환 도시 또는 저영향개발(low impact development, LID) 관련 연구 경험이 있거나 물순환 도시 담당 업무를 추진한 경험이 있는 전문가들을 대상으로 시행한 설문조사 결과에 따르면, 인천광역시의 물순환 도시조성 관리 목표 중 토지이용 관리의 중요도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 홍수·가뭄 등 재해예방의 중요성이 그 다음인 것으로 나타났다(박경문 외, 2019).

2022년에는 스마트워터그리드 학술대회와 연계한 '2022 인천물순환 시민 포럼'이 개최되었는데, 해당 포럼에 물 전문가, 기업, NGO, 시민 등 1400여 명이 참가하여 물순환 정책에 대한 시민 공감대를 형성하고 물순환 거버넌스 구축에 적극적으로 기여하고자 하였다(최혜자, 2023).

(3) 물순환 도시 조성을 통한 도로 침수 저감

이와 같은 물순환 도시 조성정책은 집중호우로 인한 도로침수 저감을 위한 중장기적인 방안으로 고려할 수 있다. 높은 불투수 면적은 표면유출량 증가로 인한 홍수빈도의 증가를 초래하며, 물순환 도시 조성 사업은 투수율의

제고를 통해 자연적인 침투, 저류, 유출이 원활하게 이루어지도록 한다.

빗물의 유출 저감, 하천유량 증가, 홍수위험 저감 등의 목표를 설정한 서울특별시의 물순환 도시 조성계획에서 볼 수 있듯이, 홍수위험의 저감은 물순환 도시 조성 사업의 주요 목표 중 하나이다.

이처럼 물순환 도시 조성정책은 도로침수를 줄이고 도시의 재난 대비 능력을 향상시키는데 효과적인 방안으로 작용할 것으로 기대된다. 특히, 물순환 도시는 종합적이고 지속적인 해결책을 제공한다. 저류시설 신설과 같은 해결방이 침수 대응에 특화된 방안인 것과 비교하여, 물순환도시는 빗물 관리, 하수처리, 자연 생태계 회복 등을 포함한 다양한 요소를 종합적으로 고려하여 침수 문제를 해결한다. 또한, 물순환 도시는 조성은 도시 공간 활용의 효율성을 높일 수 있다. 저류시설 신설이나 하천 복원은 주로 특정 지역에 대한 개입이 필요하지만, 물순환 도시는 도시 전체적인 환경 개선을 통해 다양한 지역에 동시에 영향을 미치며, 도시의 지속 가능한 발전을 도모한다. 마지막으로, 물순환도시는 도시 주민들의 참여와 인식 변화를 촉진한다. 물순환도시는 주민들이 빗물 관리에 적극적으로 참여하고, 환경 보호에 대한 인식을 높일 수 있는 기회를 제공하며, 이는 시민의 참여를 통해 지속 가능한 도시 문화를 조성하는 데 긍정적인 영향을 미칠 수 있다.

마) 소결

본 절에서는 인천광역시 집중호우로 인한 도로침수에 대한 여러 적응전략에 대해 고려해 보았다. 먼저, 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』의 세부과제인 포함된 하수도 배수능력 강화, 도로관리 시스템 체제 구축, 수해방지 및 생태하천 복원에 관해 살펴보았다. 하수도 및 하천의 역류는 집중호우 발생시 도로침수를 직간접적으로 야기하는 원인이 되며, 이에 하수도의 배수능력 및 하천의 통수단면 확보 등은 도로침수로 인한 피해를 저

감하기 위한 직접적인 해결방안이 될 수 있다. 이에 『제3차 인천광역시 기후 변화 적응대책 세부시행계획』에서는 이를 세부과제로 포함시켜 추진하고 있다. 한편, 도로관리 시스템의 구축은 도로 침수로 인한 사회적 비용을 최소화 하는데 도움이 된다. 즉, 실시간으로 교통정보를 수집·분석하여 조기 경보 시스템을 강화하고, 도로침수 발생시 기상청 예보와 통행 관리를 연계하여 적절한 통제조치를 취함으로써 교통체증, 차량고립, 인명피해 등을 예방할 수 있다.

이와 같은 노력 이외에도 지방자치단체는 상습 침수지역에 우수저류시설을 설치하여 침수 피해를 저감하려는 노력을 펼치고 있다. 우수저류시설은 빗물을 일시적으로 저류시켜두는 시설을 의미하며, 이를 통해 유출량을 감소시켜 침수를 방지할 수 있다. 그러나 우수저류시설의 신설은 기초지방자치단체의 재정 및 주민의 반대와 같은 이유 때문에 추진이 쉽지 않은 것으로 드러나고 있다.

상습 침수지역에 우수저류시설을 신설하는 대신 하천복원을 통해 침수 피해를 저감하려는 노력도 이루어지고 있다. 일례로 '승기천 물길 이음' 사업의 경우 우수저류시설에 비해 더 큰 침수 저감 효과를 가지고 올 수 있는 것으로 평가되었다. 그러나, '승기천 물길 이음' 사업의 경우 하천 복원을 위해 기존의 8차선 도로의 일부를 감소시켜야 하여 교통 혼잡 등의 비용에 비해 편익이 높지 않은 것으로 드러났다.

이와 같이 상습 침수구역에 대한 침수 저감 사업이 여러 현실적인 여건에 부딪혀 좌절되는 가운데 보다 장기적이고 효과적인 침수 저감 대책을 강구할 필요성이 있는 것으로 보이며, 이에 대한 한 가지 대안으로 물순환 도시 조성 사업을 고려할 수 있다. 물순환 도시는 도시화로 인한 불투수면 증가에 의해 발생하는 여러 문제를 해결하기 위해 투수율 제고 등을 통해 건강한 물순환을 도모하는 도시를 말한다. 불투수율의 증가는 표면유출량의 증가 및 강우의 지하침투량 감소 등으로 인해 도시에 홍수 빈도 증가를 일으킬 수 있기 때문에, 물순환 도시 조성을 통한 투수율 제고는 효과적인 침수 저감 대안이 될

수 있다. 특히 6개 광역시 중 불투수면의 비중이 높은 인천광역시의 경우 물 순환 도시 조성정책에 대한 높은 필요성을 가지고 있다.

인천광역시의 상습 침수 지역의 침수를 저감하기 위한 여러가지 방안이 고려 및 추진되고 있지만, 한 가지 방법만으로는 도로침수를 완벽하게 해결하는 것이 어렵다. 특히, 각 지역의 지형과 환경, 인프라 상태 등에 따라 적절한 방법이 다를 수 있다. 예컨대, 우수저류시설과 하천 복원 등은 어떤 지역에서는 효과적인 침수 저감 대책으로 사용될 수 있지만, 미추홀구의 상습 침수 구역의 침수 저감 사업으로는 두 계획이 모두 타당성이 없는 것으로 평가되었다.

또한, 도로침수에 대한 단기적인 해결방안과 장기적인 해결 방안이 모두 고려되어야 한다. 특히, 장기적인 방안은 인프라 개선 및 환경 보전 등에 걸친 다양한 정책과 노력이 수반된다.

인천광역시의 집중호우로 인한 도로침수 문제를 해결하기 위해서는 종합적이고 조화로운 대응전략이 필요하며, 이를 위해서는 국가, 지자체, 시민의 협력이 이루어져야 한다.

제4장 지역공동체의 기후변화 대응 방안

제1절 지역사회 중심의 적응 노력

기후변화 적응은 현재 지역공동체가 당면한 가장 시급한 문제 중 하나이다. 먼저, 최근 전세계의 지역공동체들은 기후변화로 인한 이상 기상현상 및 자연재해의 빈도와 강도가 증가하는 것을 경험해 왔으며, 그 강도와 빈도는 앞으로 더 크게 증가할 것이라는 예측이 제시되고 있다. 이에 기후변화의 원인인 온실가스를 감축하려는 노력과 함께, 기후변화에 대한 적응노력이 필수적인 것으로 강조되고 있다. 온실가스 감축 노력은 전지구적인 협력이 이루어져야 하는 과제인 것에 반해 기후변화에 대한 적응은 지역사회가 중심이 된 노력이 매우 중시된다. 기후변화로 인한 재난과 그로 인한 피해 및 영향은 지역사회 단위로 나타나기 때문이다.

본고의 제3장에서 논의한 바와 같이, 인천광역시에서는 『제3차 인천광역시 기후변화 대응 종합계획』 및 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』 등을 수립하며 이를 통해 지역사회의 상황에 맞는 기후변화 적응 노력을 기울이고 있다. 이와 같은 지역 중심의 계획들은 『제3차 국가 기후변화 적응대책』과 『제3차 국가 기후변화 적응대책 세부시행계획』 등에 기초하고 있으나, 지역사회의 필요에 맞는 세부사업을 선정하여 이에 대한 세부 실행 계획을 제시하고 있다.

『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』에는 집중호우로 인한 도로침수와 관련된 세부사업도 포함되어 있다. 제4장 제1절에서 논의한 바와 같이, 집중호우 시 인천광역시에서 발생하는 도로침수의 경우 하천의 역류나 하수구의 역류를 직간접적인 원인으로 동반하는 경우가 많다. 또한, 밀물로 인한 침수 등의 경우에도 하수구의 낮은 배수능력 또는 하수구의 관리 소홀 등이 도로침수의 간접적인 원인이 될 수 있다는 것을 알 수 있었다. 그

리고 하천의 배수 능력이 높으면 하천의 범람이 줄어들어 도로침수를 저감시키는 효과가 있다.

이와 관련하여 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』에서는 침수에 대응해 하수도시설의 배수능력을 강화하는 것, 그리고 기후변화 적응과 관련하여 수해를 방지하고 생태하천을 복원하는 것을 세부사업으로 선정하여 하수도 시설과 하천의 개선을 통해 침수 피해를 저감시키려는 노력을 기울이고 있다. 즉, 광역시 내의 하수도를 정비하고 준설하여 하수도 시설의 배수능력을 강화함으로써 호우시에 효율적으로 우수를 배출할 수 있게 하여 도로침수를 최소화하고자 하고 있다. 또한, 하천의 통수단면 부족을 개선하고, 하천의 담수기능을 확대하며, 우수를 신속하게 배수할 수 있는 최종배출구를 정비함으로써 폭우에 의한 피해를 사전에 예방하고자 하고 있다.

이에 더해, 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』에서는 '풍수해에 취약한 도로 관리 시스템 체계 구축'을 세부사업으로 선정하였는데, 이는 교통 정보의 수집·제공 구간을 확대하고 및 교통정보 수집·활용 체계를 개선하는 등의 내용을 담고 있다. 이와 같은 사업을 통해 도로 상황을 실시간으로 파악하는 것은 도로침수 발생 시 이에 대해 빠르게 파악하여 대처할 수 있게 하며, 호우 및 홍수경보 등 기상청 예보와 통행관리를 연계하여 교통체증, 차량고립, 인명피해 등을 예방할 수 있게 한다.

앞서 언급한 바와 같이, 기후변화 적응은 현재 지역공동체가 당면한 가장 시급한 문제 중 하나이며, 이와 같은 적응노력은 국가적 차원에서의 협력뿐만 아니라, 지역사회가 중심이 되어야 한다. 지역사회는 고유한 환경과 문제를 가지고 있기 때문에 자신들의 상황에 맞는 적응방법을 찾아야 한다. 예를 들어, 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』에는 최근 인천광역시에서 다발하는 도로침수와 관련된 세부사업을 포함하고 있다. 이러한 계획 등을 통해 지역자치단체는 국가의 기후변화 대응계획을 기반으로 지역사회의 필요에 맞는 세부사업을 결정하고 실행한다. 이는 지역사회의 참여를 촉

진하며, 지역사회의 현실에 맞고 더 효과적인 대처방법을 모색하는 데 도움을 준다.

한편, 지역사회는 자체적으로 적응에 필요한 자원과 능력을 확보하고 발전시킬 필요가 있으며, 이를 위해 다양한 이해관계자들 간의 협력과 네트워크를 구축하고 강화하는 것이 중요하다. 지역사회는 현지의 문화 및 생태계를 고려한 적응전략을 개발하고 시범사업 등을 통해 이를 시도할 필요가 있으며, 이로 인해 얻어진 지식을 공유하고 경험을 교류함으로써 서로의 적응능력을 향상시킬 수 있다.

이는 재난관리에 다양한 이해관계자의 협력과 참여를 강조하는 샌다이 프레임워크와도 맥을 같이 한다. 지역사회의 적응능력을 향상시키기 위해서는 재난관리에 다양한 이해관계자의 전문성과 자원을 결합하여 적응전략을 개발하고 실행해야 하며 이를 통해 더욱 효과적으로 재난 위협에 효과적으로 대처할 수 있다.

예를 들어, 2023년 6월, 서울시자원봉사센터는 여름철 집중호우를 대비해 '빗물받이 청소·점검 캠페인'을 펼쳤다. 이는 서울시자원봉사센터의 재난대응 바로봉사단과 주민 3천명이 침수 우려 지역의 빗물받이를 청소·점검하고 위험요소를 제거하는 활동이다. 빗물받이가 담배꽂초 등의 쓰레기로 막혀있는 경우 집중호우 발생시 침수피해를 가중시키는 주요 원인 중 하나가 되며, 이에 2023년 6월 28일에 시행된 『하수도법』 시행령 및 시행규칙에 따르면 지방자치단체는 빗물받이와 맨홀을 비롯한 하수시설을 점검·청소해야 한다. 그러나 서울시 내 55만 8000여 개의 빗물받이를 행정력만으로 적시에 관리하기에는 어려움이 있으며, 지방자치단체와 시민들이 협력하여 여름철 집중호우에 대처하자는 취지로 이 캠페인이 시작되었다(손지연, 2023).

이와 같은 캠페인은 지역사회 구성원들 간의 협력을 통해 지역사회의 적응능력을 강화한다는 데에서 중요한 의미를 갖는다. 이러한 활동은 지역사회 구성원들이 재난 관리에 적극적으로 참여하고 지역의 안전을 공동으로 유지

하려는 의지를 보여주며, 자원봉사와 지역사회 참여의 활성화를 통해 지역사회의 적응능력을 강화하는 데 기여한다. 주민들이 지역의 환경을 직접 관리하고 안전을 유지하는 데 참여함으로써, 재난 발생 시 대처능력이 향상되고 재난 피해를 최소화할 수 있으며, 지역사회 구성원들 간의 상호작용 촉진을 통해 지역사회의 안전망을 강화하는 데 기여 할 수있다.

논의한 바와 같이, 지역사회가 기후변화에 대응하는 과정에서 국가적 차원의 기획과 지역사회의 노력이 상호보완적으로 작용하는 것은 매우 중요하다. 국가 기후변화 대응 계획이 지자체 수준에서 구체적인 실행 계획으로 이어지는 과정에서는 그 지역의 특성과 필요를 고려하여 세부적인 대책을 마련할 수 있으며, 이에 더해, 지역주민이 직접 참여하는 활동을 통해 지역사회의 안전망을 강화할 수 있다.

제2절 기후변화 주류화와 저영향 개발

지역공동체가 기후변화에 대응할 수 있는 또 다른 효과적인 방법은 기후변화 주류화와 저영향 개발이다. 기후변화 주류화는 개발과정 전반에서 기후변화의 완화 및 적응을 시행하는 것으로, 기존의 정부정책과 기후변화 정책을 통합적으로 설계 및 수행하여 광범위한 완화 및 적응 정책을 시행하는 것을 의미한다. 저영향 개발(low impact development)은 도시 개발이 이루어질 때 도시화로 인한 불투수층 증가로 자연적인 물순환 체계의 왜곡이 발생하지 않도록 도시환경에 미치는 영향을 최소화하는 기법이다. 저영향 개발은 우수관이나 공공하수처리시설 등 대형 구조물 중심으로 빗물을 관리하는 패러다임에서 벗어나 자연상태와 유사한 분산형 빗물관리를 추구한다. 또한 저영향 개발은 이와 같은 분산형 빗물순환 뿐 아니라 친환경성, 지속가능성, 통합관리, 다기능성, 에너지·생태 효율성 등을 달성하고자 하는 목표를 가진다(강정은 외, 2014).

기후변화 주류화와 저영향 개발은 지역사회가 기후변화에 대응하는 데 효과적인 방법이다. 새로운 개발 프로젝트나 인프라 건설 시에 환경적 요소와 기후변화에 대한 고려를 포함하여 설계하고 구축함으로써, 향후에 발생할 수 있는 기후변화 관련 문제를 미리 예방하고 대비할 수 있기 때문이다.

특히 집중호우로 인한 도시 침수 문제의 저감에 있어 기후변화 주류화와 저영향 개발은 중요한 전략 중 하나이다. 제4장에서 고찰한 바와 같이, 침수 저감을 위해 계획된 사업 중 일부는 지역의 특성 상 실행이 어려울 수 있다. 예를 들어, 인천광역시에서는 침수 저감을 위해 다수의 우수저류시설을 신설할 계획을 세웠으나, 기초자치단체의 예산 문제 및 지역 주민의 반발 등으로 인해 시행에 어려움을 겪는 것으로 나타났다. 또한, 미추홀구의 상습 침수 지역의 침수를 저감하기 위해 계획된 우수저류시설 신설 사업과 '승기천 물길 이음' 사업이 모두 무산되는 일이 있었다. '승기천 물길 이음' 사업의 경우 우수저류시설의 두 배 가량 큰 침수 저감 효과가 있는 것으로 평가되었으나, 해당 사업으로 인해 8차선 도로의 차선 수가 줄어들어 발생하는 교통 체증 등의 비용에 비해 편익이 크지 않은 것으로 드러나 무산되었다. 이와 같은 예에서 볼 수 있듯이, 이미 도시화가 크게 진행된 경우, 여러 여건 때문에 새로운 시설을 신설하거나 증설하는 데에는 어려움이 따를 수 있으며, 이에 따라 도시의 개발계획이 이루어질 때부터 기후변화 적응 및 완화를 고려하는 것은 매우 중요하다.

또한, 앞서 제4장에서 고려한 것처럼 우수저류시설의 경우에도 지역내 저류시설의 경우 설치 계획이 토지 이용계획 수립 시에 이루어져야 한다. 즉, 이미 개발이 진행되고 나면 우수저류시설 등 침수 피해를 저감하기 위한 시설의 설치에 있어 다양한 제약과 어려움이 따를 수 있다.

이에 『제3차 국가 기후변화 적응대책』에서는 해당 계획으로 달성하고자 하는 목표 중 하나로 '모든 적응 이행주체가 참여하는 적응 주류화 시련'을 제시하였으며, 3대 정책 중 하나로 '적응 주류화 실현'을 제시하였다. 이와 같

은 계획에는 주요 정책계획 및 개발사업의 수립 단계에서 기후변화 영향과 리스크를 고려하는 등 기후변화 적응 요소의 반영에 관한 적응평가 가이드라인을 시범적으로 적용하고, 기후변화 적응평가 제도를 의무적으로 시행하도록 하는 것 등이 포함된다.

이처럼 기후변화 주류화와 저영향 개발은 지역사회가 기후변화에 대응하는 데 효과적인 방법이다. 특히 집중호우로 인한 도시 침수 문제의 저감에 있어, 도시화가 진행된 경우에는 새로운 시설을 추가하거나 개선하는 데 많은 제약과 어려움이 따를 수 있으며, 이에 도시의 개발계획이 이루어질 때부터 기후변화 적응 및 완화를 고려하는 것은 매우 중요하다.

이에 2023년 12월 인천광역시에서는 '2023년 물순환 시민포럼'을 개최해 물순환에 대한 다양한 의견과 방법을 모아 시정에 반영하고자 하였다. 인천광역시는 7대 특별·광역시 중 불투수면의 비율이 서울 다음으로 높고, 해마다 침수 피해가 발생하고 있어 물순환 도시조성에 대한 필요성이 높다. 이에 시민, 학계, 유관기관, 기업 등이 모여 물순환 도시조성에 관한 의견을 나누고 협력할 수 있는 이러한 포럼 개최는 의미가 깊다.

제3절 재난에 대한 회복력 강화

마지막으로, 지역사회가 기후변화에 대처하는 방법 중 하나는 재난에 대한 회복력 강화이다. 회복력이란 재난으로 인해 초래되는 혼란이나 교란을 흡수해 사회의 기본적인 기능을 유지할 수 있는 능력이다. 즉, 기후변화로 인해 발생하는 인명, 재산, 환경 등에 대한 피해를 최소화 시키고 재난으로부터 신속하게 회복하는 능력을 의미한다. 회복력에 중점을 둔 재난관리에는 다양한 이해관계자가 참여하고, 위험 문제를 개발과정에서부터 고려하며, 사회의 취약성을 제거하는 일 등이 수반된다.

이에 인천광역시에서는 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행

계획』을 작성하는 과정에서 인천광역시 전 지역에 대해 다양한 항목에 대한 취약성 평가와 기후변화 리스크에 대한 리스크 평가를 실시하였다. 이와 같은 평가 결과를 세부사업 선정에 반영함으로써, 재난에 대비하여 취약성을 제거하고자 하였다.

한편, 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』에 포함된 세부사업 중 집중호우로 인한 침수피해와 관련한 회복력과 관련된 사업으로는 '풍수해에 취약한 도로 관리 시스템 체제 구축'이 있다. 다른 사업들이 집중호우 발생시 침수 규모를 저감하는 것에 초점을 맞추고 있다면, 도로 관리 시스템 구축은 침수가 발생하였을 때 그 사회적인 영향력을 줄이는 것과 관련된다.

앞서 제4장에서 논의한 것처럼, 과거의 도로 침수 사건에서 적절한 안내와 통제의 부재는 예방할 수 있었던 인명피해를 초래하는 원인으로 작용하였다. 2020년 7월 발생한 부산광역시 초량 지하차도 침수 사고의 경우 호우경보가 발생되었음에도 지하차도의 통제가 이루어지지 않았으며, 침수가 발생한 후에도 사고 접수가 제대로 이루어지지 않은 것이 3명의 사망자와 4명의 부상자를 낸 인명피해로 이어졌다. 해당 사고의 경우 배수펌프의 저류조에 이물질이 유입되어 배수량이 저하되었던 것도 사고 원인 중 하나로 지목되었다.

2023년 7월 발생한 충청북도 청주시 오송 지하차도 침수 사고의 경우에도 홍수경보의 발령에도 불구하고 지하차도 진입의 통제가 이루어지지 않았으며, 긴급통제를 요청하는 신고가 있었음에도 아무런 조치가 취해지지 않았다. 또한, 도로 확장공사 과정에서 기존의 제방을 무단 철거하고 임시 제방을 설치하였으며, 제방의 붕괴를 인지하였음에도 이에 적극적으로 대처하지 않았다. 이와 같은 부실한 대응 때문에 이 사고로 인해 14명이 목숨을 잃는 인명피해가 발생하였다.

이와 같은 사고들로부터 기상상황에 대한 모니터링, 그리고 이와 연계된 신속한 도로 통제와 안내, 도로 시설에 대한 지속적인 모니터링과 관리, 그리

고 재난 발생시 신속하게 안내하고 대응할 수 있는 시스템이 중요하다는 교훈을 얻을 수 있다.

또한, 집중호우로 인한 도로침수는 인명피해 이외에도 큰 사회적 비용을 발생시킨다. 도로 침수로 인해 도로가 통제되거나 통행이 불가능해지고 교통이 마비되는 시간이 길어지면, 일상적인 이동이 어려워질 뿐 아니라 긴급한 응급차량의 이동이 제한되면 응급 상황에 대한 대응이 더욱 어려워질 수 있다. 또한, 도로 통행 제한으로 인해 상품 및 서비스의 운송이 지연되거나 중단될 수 있으며, 이는 생산품의 공급망에 지장을 줄 수 있다. 이에 더해, 또한 도로 위의 차량 뿐 아니라 도로의 표면, 다리 및 터널 등 사회적인 인프라의 손상 등이 발생할 수 있다. 이는 수리 및 복구에 들어가는 비용 뿐 아니라 도로 및 인프라의 사용의 제한에 따른 사회적 비용을 초래할 수 있다.

이에 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』 중 '풍수해에 취약한 도로 관리 시스템 체제 구축' 사업은 집중호우로 인한 도로침수에 대비하여 회복력을 높일 수 있는 효과적인 방안이다. 해당 사업에는 교통정보의 수집 및 제공 구간을 확대하는 것, 주요 교차로에 딥러닝 영상검지기를 설치하고 교통정보의 수집 및 활용체계를 개선하는 것, 자동 돌발감지 시스템을 설치하고 스마트 돌발상황 대응체제를 구축하는 것, 교통 빅데이터 플랫폼과 교통 빅데이터의 수집 및 활용체계를 구축하는 것, 교통 빅데이터를 분석하여 교통정책을 지원하는 시스템을 구축하는 것, 디지털 트윈에 기반해 교통신호 운영을 최적화하고 교통혼잡을 개선하는 것 등의 내용이 포함되어 있다. 이와 같은 사업의 기대효과에는 교통 정체 해소 및 교통안전 강화, 교통체계의 이동성·안전성·편의성 향상, 기상청 예보와의 연계를 통한 기후변화 적응 능력 향상 등이 있다.

이처럼 데이터에 기반한 도로 관리 시스템 구축을 통해 도로 상황을 실시간으로 수집 및 파악할 수 있게 되면 교통 정보의 수집 및 분석을 통해 조기 경보 시스템을 강화할 수 있으며, 기상청 예보와 연계한 통행 관리를 통해 적

절한 통제 조치를 취하여 도로침수 사고에 더욱 효과적으로 대응할 수 있을 것으로 기대된다.

즉, 침수가 발생하면 즉각적으로 해당 지역의 도로 통제를 실시하여 차량의 통행을 제한하고 안전한 경로를 안내함으로 인명 피해를 최소화할 수 있으며, 도로 시설의 상태에 대한 지속적인 모니터링을 통해 도로 제방 등의 결함이 발견되면 신속하게 조치를 취할 수 있다. 또한, 침수 등으로 인해 교통 체증이나 혼잡이 발생할 경우 다른 경로를 안내하여 교통 흐름을 원활하게 유지할 수 있다. 이에 더해 재난 발생 시 도로 상황, 통행 제한 구간, 안전 경로 등에 대한 정보를 정확하게 전달하여 시민들이 안전한 장소로 이동할 수 있도록 도울 수 있다.

즉, 도로 관리 시스템 구축은 집중호우 발생 시 도로침수와 관련하여 인명과 재산 등 사회적인 비용을 최소화시키고 사회의 기반기능이 유지되도록 하기 위한 정책이다.

살펴 본 바와 같이 회복력은 재난 상황에서 사회가 빠르게 회복되고 기능을 유지할 수 있는 능력이다. 이는 재난으로 인한 피해를 최소화하고, 사회의 기능이 유지될 수 있도록 한다. 이러한 회복력을 향상시키기 위한 정책 중 하나는 도로 관리 시스템의 강화가 있다. 도로 관리 시스템은 실시간 데이터 수집과 조기 경보 시스템을 구축하여 도로침수에 대한 신속한 대응이 가능하게 함으로써, 재난 상황에서의 사회적 혼란을 최소화하고 회복력을 강화하는데 일조할 수 있다.

제6장 결론

제 1 절 연구결과의 요약

본연구에서는 인천광역시의 집중호우로 인한 도로침수를 중심으로 지역공동체가 기후변화에 대응하는 방법에 대해 고찰하였다. 이를 위해, 먼저 인천광역시의 기후변화 적응 노력에 대해 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』을 중심으로 고찰하였으며, 지난 몇 년 간 인천광역시에서 발생한 여러 도로 침수 사건들 및 침수 피해 저감을 위한 인천광역시의 노력에 대해 고찰하였다.

제4장에서는 앞의 이러한 논의를 바탕으로 하여 지역사회가 기후변화에 대응하는 방법을 지역사회 중심의 노력, 적응 주류화와 저영향 개발, 재난에 대한 회복력 강화라는 세 가지 측면에서 고찰하였다.

첫 번째는 지역사회 중심의 노력이다. 기후변화로 인한 이상기상 현상이 강도와 빈도를 더해가는 가운데, 기후변화에 대한 적응은 현재 지역공동체가 당면한 가장 시급한 문제 중 하나가 되었다. 기후변화로 인한 재난과 피해는 주로 지역사회 단위에서 발생하므로, 지역사회가 중심이 된 노력이 필수적이다. 이에 인천광역시는 국가 기후변화 적응대책 더해 지역의 취약성과 리스크 평가를 고려한 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』을 통해 지역사회의 필요에 따른 세부사업을 선정하고 그 시행을 계획하였다. 이 계획에는 도로침수와 관련하여 하수도 시설의 배수능력을 강화하고 하천의 담수기능을 확대하는 사업, 그리고 도로 관리 시스템의 구축을 통해 도로 상황을 실시간으로 파악하고 이를 기상청 예보와 연계하여 기후변화에 적응하기 위한 사업 등이 포함되어 있다. 이와 같은 지역자치단체의 노력에 더해, 지역 사회의 다양한 주체들도 기후변화 적응에 참여해야 한다. 일례로, 서울시에서는 시민 자원봉사자들이 장마철을 앞두고 빗물받이 점검과 청소

여하였다. 이와 같은 주민의 참여는 행정력이 미치지 못하는 곳까지 재난 대비를 강화할 수 있어 지역사회의 적응능력 향상에 더욱 효과적이다.

두 번째는 기후변화 주류화와 저영향 개발이다. 새로운 도시 개발 프로젝트 또는 인프라 건설 등에 있어 그 설계와 구축에 기후변화 완화와 적응에 대한 고려를 포함시키는 것이다. 또한, 도시 개발에 있어 불투수층에 의해 자연적인 물순환 체계의 왜곡이 발생하지 않도록 도시 개발의 영향을 최소화하는 것이다. 앞서 인천시 미추홀구의 경우에서도 볼 수 있듯이 집중호우로 인한 침수 피해를 저감하기 위한 정책은 시행과정에서 여러 문제에 부딪힐 수 있다. 특히, 이미 도시화가 진행된 이후 우수저류시설과 같은 대형 구조물을 중심으로 빗물을 관리하고자 하는 노력은 재정적인 한계 뿐 아니라 기존 인프라와의 충돌이나 시민의 불편 등을 초래할 수 있다. 이에 기후변화 적응 및 완화에 대한 노력, 침수피해를 저감하기 위한 노력은 도시의 개발 계획이 이루어질 때부터 기울여져야 하며, 이는 지역적이고 자연적인 물순환을 촉진하고자 하는 방향으로 이루어져야 한다. 이에 물순환 도시조성과 저영향 개발에 대한 논의가 더욱 활발하게 이루어지고 새로운 개발사업에 실제로 적용되어야 할 필요가 있다. 그런 의미에서 2023년 12월 개최된 '2023년 물순환 시민포럼'은 의미가 깊다고 볼 수 있다. 시민과 기업, 학계와 관련기관 등 다양한 주체가 참여하는 이와 같은 포럼을 통하여 저영향 개발 및 물순환 도시조성에 관한 사회적인 논의를 진전시키고, 지속가능한 개발과 물순환 도시의 구성에 대한 효과적인 정책과 방안을 발굴하여 지역사회의 기후변화 적응력을 향상시킬 수 있다.

세 번째는 재난에 대한 회복력 강화이다. 이는 재난 상황에서 사회가 신속하게 회복되고 기능을 유지하며, 인명, 재산, 환경 등의 피해를 최소화하는 것을 의미한다. 이러한 회복력의 강화는 사회의 취약성을 발견하여 이를 제거하는 것과 관련이 있다. 인천광역시는 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』을 수립함에 있어 지역사회의 취약성과 기후변화 리스크를 평

가하여 세부사업 선정에 반영하였다. 예를 들어, 하수도 시설의 배수 능력 강화가 주요 사업으로 선정된 것은 침수에 취약한 인천광역시의 특성을 반영하는 것으로 볼 수 있다. 이에 더해, 해당 시행계획에는 도로 관리 시스템을 구축하는 사업이 포함되어 있는데, 이는 재난에 대한 회복력 강화와 밀접한 관계가 있는 정책으로 볼 수 있다. 지난 침수 사고들에 비추어 보면, 도로의 상황이나 기상 상황에 대한 정보가 신속하게 도로 통제 등에 반영되지 못하는 것이 인명피해 등의 심각한 피해를 초래할 수 있다. 이에 도로 침수에 대비하는 조기 경보 시스템이나 기상청 예보와 통제관리의 연계 등을 통해 도로 침수로 인한 피해를 줄이는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

살펴본 바와 같이 본 장에서는 지역공동체가 기후변화에 대응할 수 있는 세 가지 측면을 다뤘다. 먼저, 지역사회 중심의 노력은 기후변화에 적응하는데 필수적이며, 지역의 상황과 필요를 고려한 지방자치단체의 정책적 노력 이외에도 시민의 참여를 통해 기후변화에 대한 지역사회의 적응력을 강화할 수 있다. 또한, 기후변화 주류화와 저영향 개발은 새로운 도시 개발에 있어 계획 단계에서부터 기후변화 완화 및 적응을 고려하는 것으로, 특히 자연적인 물순환을 고려해 개발함으로써 침수 피해에 취약하지 않은 도시환경을 조성할 수 있다. 마지막으로, 재난에 대한 회복력 강화는 재난 상황에서 사회적 기반 기능을 유지하고 피해를 최소화하며 재난으로부터 신속하게 회복하는 능력을 강화하는 것으로, 이에선 재난에 대해 취약성을 제거하는 것이 수반된다.

제2절 시사점

이러한 논의의 시사점은 다음과 같다.

첫째, 재난의 대비에 대한 지역사회의 중요성이다. 이는 지방의 필요와 상황을 고려한 지방자치단체의 정책 수립 및 실행에만 국한되는 것이 아니라 지역사회 주민을 포함한 다양한 이해관계자의 노력이 포함된다. 침수 피해의

저감과 관련하여, 지방자치단체 차원에서 하수구 배수능력 강화나 하천 복원, 우수저류시설 신설 등의 노력이 이루어지고 있으나 빗물받이 점검과 같이 행정력의 한계가 드러나는 분야도 존재한다. 이러한 분야에 대한 시민들의 관심은 지역사회의 재난 대비 대응 복구 등에 대한 역량을 크게 강화시킬 수 있다.

둘째, 기후변화 완화 및 적응을 도시 개발 단계에서부터 고려하는 것의 중요성이다. 본고에서 지방자치단체의 침수 피해 저감 노력들에 관해 고찰한 결과, 도시화가 크게 진행된 상태에서는 기존 인프라와의 충돌이나 주민의 불편 등으로 이해 침수 피해 저감 사업을 실행하는데 어려움을 경험하는 경우가 많았다. 이에 도시의 개발 단계에서부터 침수에 대한 취약성을 개선하고자 하는 노력은 그 중요성이 매우 크다고 볼 수 있다. 특히, 불투수층을 감소시켜 자연적인 빗물 순환을 촉진하는 것은 침수 저감에 대한 매우 효과적인 대안이 될 수 있다.

셋째, 정확한 정보의 전달을 기반으로 한 신속한 대응체계 확립의 중요성이다. 과거 도로 침수 사건들에서 호우나 홍수 정보에도 불구하고 차도의 통행 제한이 이루어지지 않거나, 제방, 배수시설 등에 발생한 문제에 대해 신속한 대처가 이루어지지 않은 결과 큰 피해가 초래되었다. 이러한 점을 고려할 때, 실시간으로 정확한 정보를 파악하여 전달하는 시스템에 더해, 이를 기초로 한 신속한 대응체계를 확립하는 것이 중요함을 알 수 있다.

이와 같이 지방자치단체와 시민들 간의 협력 및 적극적인 시민의 참여, 침수에 대한 취약성을 고려한 개발 계획, 실시간 정보 제공과 신속한 대응체계 구축 등의 노력들이 결합된다면, 지역사회는 기후변화와 관련된 재난에 대한 보다 효과적인 대응과 회복력을 갖출 수 있을 것이다.

제 3 절 연구의 한계 및 제언

본 연구의 한계점을 바탕으로 향후 연구에 대해 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 본 연구에서는 인천광역시라는 단일 지역의 사례에 초점을 맞추고 있다. 따라서 향후 연구에서는 다른 지역 또는 다른 국가에서 집중호우로 인한 도로 침수에 어떻게 대응하고 있는지를 연구하여 고찰할 필요가 있다. 이를 통해 지역별 혹은 국가별로 다양한 기후변화 대응 전략을 비교하고 더욱 효과적인 기후변화 대응방안 연구정책에 대한 적응방안을 도출할 수 있을 것이다.

둘째, 본 연구에서는 인천광역시 정책을 분석함에 있어 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』을 주로 사용하였다. 즉, 기후변화와 관련된 여러 정책 및 노력들이 존재함에도 불구하고, 단일 정책에만 의존하여 분석하였다는 한계가 존재하며, 향후 연구에서는 다양한 기후변화 대응 정책을 포함하여 분석함으로써 보다 포괄적이고 종합적인 연구결과를 얻을 수 있을 것이다.

셋째, 본 연구에서는 지방자치단체의 기후변화 적응 노력을 분석함에 있어 『제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획』을 중심으로 하였으며, 정책 실행 과정에 대해서는 분석하지 않았다. 향후 연구에서는 이러한 정책 실행 과정에 대한 분석을 통해 지방자치단체의 기후변화 적응 노력에 대하여 보다 포괄적으로 이해를 추구할 수 있다. 또한, 정책 실행 과정에서의 문제점과 개선 방안에 대한 연구를 통해 정책 실행 중 발생하는 제반 문제들을 파악하고 기후변화 대응방안 정책의 효과적인 시행을 지원하는 방안을 모색해야 한다. 이를 통해 지방자치단체의 기후변화 대응방안 노력을 보다 효과적으로 지원하고 지속 가능한 도시 발전을 위한 정책과 전략을 마련할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 국내문헌

- 강정은 외. (2014). 도시 물순환 개선을 위한 도시기본계획과 저영향 개발 (LID) 연계성 분석. 대한토목학회논문집, 34(5), 1625-1638.
- 고재경 외. (2008). 기후변화에 대한 지방자치단체의 적응방안 연구. 경기개발연구원.
- 관계부처합동. (2021). 제3차 국가 기후변화 적응대책.
- 국립중앙도서관. (n.d.). 2020년 여름 집중호우. OASIS 재난아카이브. https://www.nl.go.kr/oasis/contents/O4010000.do?schM=search_list&schIsFa=ISU-0000000000379.
- 국토연구원. (2008). 우리나라 도시침수피해 특성과 정책과제. 국토정책 Brief, 189.
- 김경필. (2023). 정부 “오송 지하철도 침수, 수많은 경고 있었다”… 36명 수사 의뢰. 조선일보, 2023년 7월 28일.
- 김상윤. (2023). 인천 기초단체 우수저류조 설치 저조 중부일보, 2023년 5월 30일.
- 김윤수, 장인홍, 송광윤. (2021). 기후 위기로 인한 재난을 야기하는 집중호우 변화 - 광주광역시를 중심으로. 조선자연과학논문집, 14(4), 162-175.
- 김은미, 황현숙, 김창수. (2013). 실시간 강수량을 고려한 도로 침수위험지수 개발 방법에 대한 연구. 멀티미디어학회논문지, 16(5), 610-618.
- 김지혜. (2024). 인천 ‘승기천 물길 이음 사업’ 백지화 수순. 경기일보, 2024년 3월 20일.
- 김현수. (2002). 인천 침수피해지역의 우수유출저감시설 설치효과. 인천대학교

석사학위논문.

- 명수정 외. (2009). 기후변화 적응 강화를 위한 사회기반시설의 취약성 분석 및 대응 방안 연구 I. 한국환경정책평가연구원.
- 명수정 외. (2010). 기후변화 적응 강화를 위한 사회기반시설의 취약성 분석 및 대응 방안 연구 II. 한국환경정책평가연구원.
- 박경문 외. (2019). 물순환 도시 조성정책의 우선순위 도출 및 추진방안 - 인천광역시를 중심으로 -, 국토지리학회지, 53(2), 183-201.
- 박성제. (2021). [지하차도 참사 교훈](상) 폭우에 함께 잠겨버린 안전 시스템…인재였다. 연합뉴스, 2021년 1월 1일.
- 박정연. (2023). 예상보다 더 빠른 '지구온난화'..."가까운 미래에 1.5도 상승". 동아사이언스, <https://m.dongascience.com/news.php?idx=59039>.
- 박지은. (2012). 인천교 매립지 지역의 침수피해 저감을 위한 저류시설 활용 방안. 인천대학교 석사학위논문.
- 손지연. (2023). ‘재떨이’된 빗물받이…행정력만으론 관리 역부족, “시민의식 중요해”. 서울신문, 2023년 6월 28일.
- 신민재. (2018). [인천소식] 상습 침수지역 4곳 지하 빗물저장시설 구축. 연합뉴스, 2018년 9월 12일.
- 신학수. (2017). 기초지자체 기후변화 적응대책 세부시행계획 수립 영향요인 탐색 - 인천광역시를 중심으로 -. 서울대학교 석사학위논문.
- 오윤경. (2019). 기후변화에 대응한 국가 재난안전관리 전략. 국토, 458, 15-20.
- 외교부. (2023). 기후변화에 관한 정부 간 협의체, 제6차 평가보고서 종합보고서 승인. 보도자료.
- 유가영, 김인애. (2008). 기후변화 취약성 평가지표의 개발 및 도입방안. 한국환경정책평가연구원.
- 이초란. (2022). 국제개발협력의 기후변화 주류화 분석과 이행방안 연구 - 미

- 국, 독일, 한국을 중심으로 -. 경희대학교 석사학위논문.
- 이환직. (2023). "저류시설보다 하천 복원이 홍수 예방 효과 2배 더 커". 한국일보, 2023년 6월 29일.
- 정지원. (2017). ODA 사업의 기후변화 주류화 평가. 대외경제정책연구원.
- 조경두 외. (2021a). 제3차 인천광역시 기후변화 대응 종합계획, 인천광역시.
- 조경두 외. (2021b). 제3차 인천광역시 기후변화 적응대책 세부시행계획 ('22~'26) 수립 연구용역 보고서, 인천광역시 환경기후정책과.
- 조경욱. (2023). 인천시, 자연재해재감 계획 수립 돌입... 10년 강우량 대책 답는다. 경인일보, 2023년 10월 4일.
- 조민경. (2017). 기후변화로 인한 국내 재난 유형 및 적응 정책 연구. 성균관대학교 석사학위논문.
- 조형진. (2017). 기후변화에 따른 도시홍수 취약성 평가모델 연구 - 인천시 사례 연구 -. 인하대학교 박사학위논문.
- 최상연. (2021). 하천 범람으로 침수된 도로.
- 최은지. (2022a). 빗길 사망 사고에 도로 침수...인천 호우 피해 59건(종합). 연합뉴스, 2022년 6월 30일.
- 최은지. (2022b). [중부 집중호우] 246mm 폭우에 인천 피해 500건 육박(종합3보). 연합뉴스, 2022년 8월 8일.
- 최은지. (2022c). 도로·선로 침수에 시장도 잠겨...인천 호우피해 85건(종합). 연합뉴스, 2022년 8월 8일.
- 최은지. (2023a). '호우주의보' 인천서 지하차도·도로 침수...하천도 통제. 연합뉴스, 2023년 7월 23일.
- 최은지. (2023b). '해 짹짹' 마른하늘에 물 잠긴 인천...반복되는 저지대 침수. 연합뉴스, 2023년 8월 4일.
- 최은지. (2023c). 바다 밀물로...'마른하늘' 인천서 사흘째 도로 침수. 연합뉴스, 2023년 8월 5일.

- 최은지. (2024). '상습 침수' 인천 원도심 빗물저류시설 사업, 3년만에 중단.
연합뉴스, 2024년 3월 31일.
- 최혜자. (2023). [인천물순환 시민포럼] 거세지는 기상 이변...안정적 수자원 관리
방안 모색. 인천일보, 2023년 1월 4일.

2. 국외문헌

- IPCC. (2018). Annex I: Glossary. Global Warming of 1.5° C., Cambridge
University Press, doi:10.1017/9781009157940.008.
- OECD. (2014). Mainstreaming cross-cutting issues: 7 Lessons from DAC
Peer Reviews, OECD.
- Seneviratne, S. I. et al.(2021). Weather and Climate Extreme Events in a
Changing Climate. Climate Change 2021: The Physical Science
Basis. Cambridge University Press. doi:
10.1017/9781009157896.013.
- UNISDR. (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction
2015–2030.

ABSTRACT

A Study on the Response to Climate Change in Local Communities In the center of Incheon's concentrated road flooding

Kim Kyung-sook

Major in Social Disaster and Safety
Policy

Dept. of Social Disaster and Safety

Graduate School of Public

Administration

Hansung University

Climate change-induced extreme weather events and natural disasters are threatening local communities worldwide, and these phenomena are expected to worsen. Incheon Metropolitan City, with its many low-lying areas and high impervious surface ratio, frequently experiences road inundation during heavy rainfalls. The purpose of this study is to explore climate change adaptation strategies for local communities, focusing on efforts to prevent road inundation during heavy rainfalls in Incheon, thereby enhancing the community's capacity to respond to climate change.

To achieve this, international frameworks for climate change adaptation

and disaster management were reviewed, and Incheon's climate change response plans and local government efforts to mitigate road inundation damage were analyzed based on national climate change response plans. As a result, three response strategies were derived: community-based adaptation, climate change mainstreaming and low-impact development, and resilience enhancement against disasters.

There may be ch The research concluded that establishing policies considering local characteristics, encouraging citizen participation, promoting natural water circulation from the development stage, and strengthening systems to respond quickly to disasters are necessary for communities to effectively respond to the impacts of climate change and build a sustainable future. Additionally, climate change responses should be based on national policy directions but reflect local needs and conditions. The establishment and implementation of such policies require efforts from various stakeholders, including local residents, to significantly enhance the community's disaster preparedness capabilities.

allenges in implementing mitigation projects in highly urbanized areas. Therefore, it is crucial to consider flood vulnerability and plan for natural water circulation from the city's development stage. Finally, the study emphasized that establishing rapid response systems based on accurate information about risk factors such as heavy rainfalls or resulting flood damage is essential for reducing disaster impacts.

This study focused on the case of Incheon Metropolitan City, and future research should include comparisons with other regions or countries, as well as various policies and implementation processes.

【Key words】 climate change, heavy rainfall, road inundation, Incheon, resilience.