



2010

서울시 기후변화 고도적응 방안 연구

A Study on Strategies of Climate Change Adaptation in Seoul

김 윤 수 · 최 유 진

서울시 기후변화 고도적응 방안 연구

A Study on Strategies of Climate Change Adaptation in Seoul

2010

■ 연구진 ■

연구책임 김 운 수 • 도시기반연구본부 선임연구위원
연구원 최 유 진 • 도시기반연구본부 부연구위원
김 정 아 • 도시기반연구본부 연구원

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

요약 및 정책건의

I. 연구의 개요

1. 연구배경 및 목적

- 기후변화로 인한 영향이 광범위하게 나타나고 있음에 따라, ‘기후변화에 관한 정부 간 협의체’(IPCC)는 현 세대와 미래세대가 기후변화로 인해 직면하게 될 문제와 취약성을 평가하여 이에 따른 악영향을 최소화하기 위한 적응(adaptation)의 중요성을 권고하고 있음.
 - 기후변화 적응은 기후변화 대응에 있어 선택이 아닌 필수적인 수단
 - 기후변화협약에서도 국가차원의 적응계획 수립을 권고하고 있으며, 우리나라의 경우 제3차 기후변화대책위원회에서 국가 기후변화 적응 마스터플랜 수립을 결정하고, 2008년 12월 “국가 기후변화 적응 종합계획”을 공표하였음.
 - 저탄소 녹색성장기본법 시행(2010.4.14)에 따라 광역자치단체는 기후변화 영향 및 취약성 평가 후 그에 따른 적응대책을 수립하여야 함(제48조).
- 기후변화에 의해 유발되는 폭염, 열대야, 폭우 등 이상 기온과 기상재해를 사전에 예측하고, 기상재해 및 병원성 매개체 증가 등으로 인한 기후변화 피해를 최소화하는 예방시스템을 갖춘 시민 건강도시를 “기후변화 대응 고도적응도시”라고 정의할 수 있음.
 - 기후변화 영향으로부터 시민의 안전을 도모하기 위해 영향요소별 맞춤형 적응관리체계 확립을 위한 기후변화 대응 관련 조직과 제도 등 인프라 부문, 그리고 기후변화 완화 및 적응분야의 정책 마련이 시급함.

- 서울시는 세계적 녹색경쟁력을 갖춘 서울을 만들기 위해 ‘서울형 저탄소 녹색성장 마스터플랜’ 발표(2009.7.2)를 통해 기후친화도시로의 전환, 녹색성장도시 달성, 고도적응도시 실현을 3대 비전으로 제시한 바 있음.
- 다만, 고도 적응도시 실현에 필요한 적응(Adaptation) 정책수요를 진단하고, 이를 저탄소 녹색도시 관리정책과 연계하는 정책형성과정은 선진 도시와 비교해서 다소 미흡한 단계에 머물고 있음.
- 시민의 건강을 보호하고 일상생활과 밀접한 기후변화 영향요인별 적응을 위한 정책수요를 파악하여, 이를 도시관리 정책형성과 연계하여 향후 서울시를 기후변화 고도적응 도시로 거듭나게 하기 위한 정책방안 제시가 필요함.

2. 연구 내용

- 서울시 기후변화 적응요인 진단 및 평가
- 서울시 기후변화 적응여건 및 정책수요 분석
- 선진도시별 기후변화 적응사례 분석
- 서울시 기후변화 고도적응 정책방안

Ⅱ. 연구의 주요결과

1. 서울시 기후변화 적응요인 진단 및 평가

- 기후변화 부문별 적응요소
 - 건강 : 기후변화가 건강에 미치는 영향은 기온, 강수량 등의 변화로 인한 직접적 영향, 그리고 생태계나 대기오염의 변화 또는 질병의 숙주내

서식 등의 변화를 통한 간접적 영향으로 구분할 수 있음.

- 기반시설 : 기후변화는 건물 및 시설물에 영향을 미치며, 특히 전기시설과 유선통신망 및 공항, 도시편의시설 등에도 큰 영향을 미쳐 기후변화에 취약한 시설을 중심으로 한 대응방안 마련이 필요함.
- 물관리 : 기온과 강수의 변화는 수문시스템에 가장 큰 영향을 미치는 요소로 유역변화, 생태계 변화, 수력발전 능력, 용수공급 문제, 수질 문제, 홍수 및 가뭄 등 자연재해의 취약성을 증가시키는 요인이 됨.
- 생태계 : 기온상승, 강우패턴 변화, 해충 및 잡초 확산, 외래종 침입, 산불, 해수면 상승 등에 의해 부정적 영향을 받음.

○서울의 도시기후 변화

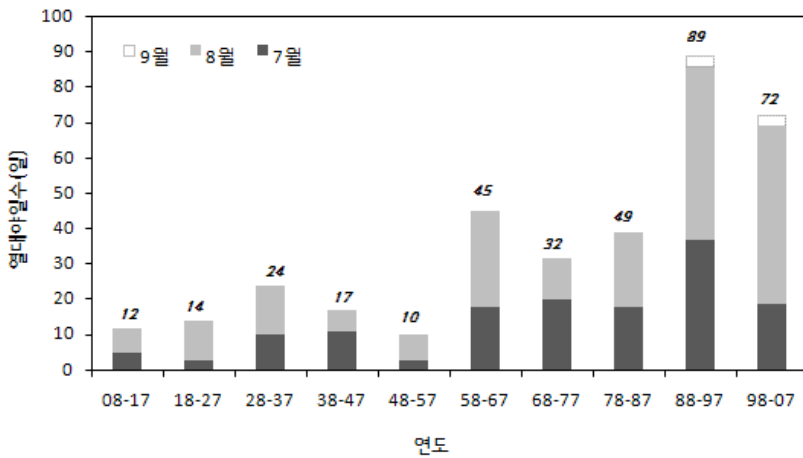
- 기온 : 지난 100년(1908~2007년)간 서울의 연평균 기온은 16.6℃, 연평균 최저기온은 7.3℃로 연평균 기온이 약 2.4℃ 상승(연평균 최저기온은 3.7℃ 상승)하였으며, 1960~2009년까지 10년 단위로 기후변화를 분석한 결과 기온은 꾸준히 상승하는 경향을 보임.
- 열지수 : 연도별 온도 및 상대습도를 고려한 서울의 열지수(Heat Index) 변화를 살펴보면, 열지수 80 이상은 7~8월 기간 동안에 잘 형성되며, 1994~1997년 기간에는 열지수가 다른 연도보다 높게 나타남.
- 열대야 : 서울의 100년(1908~2007년)간 평균 열대야 일수는 3.8일이며, 0.8일/10년의 변화비율로 증가

〈표 1〉 서울시 도시기후 10년 단위 변화 비교

구분	기온(℃)			강수량 (mm)	상대습도 (%)	일조시간 (h)	평균풍속 (m/s)
	평균	최고	최저				
1960년대(1960~1969년)	11.7	16.5	7.5	1454.08	69.1	2123.38	2.4
1970년대(1970~1979년)	11.9	16.7	8.0	1274.40	69.4	2007.85	2.4
1980년대(1980~1989년)	11.7	16.4	7.7	1240.74	66.7	2218.44	2.6
1990년대(1990~1999년)	12.7	17.3	8.7	1546.47	65.4	2168.78	2.3
2000년대(2000~2009년)	12.9	17.2	9.1	1464.48	62.3	1820.61	2.3

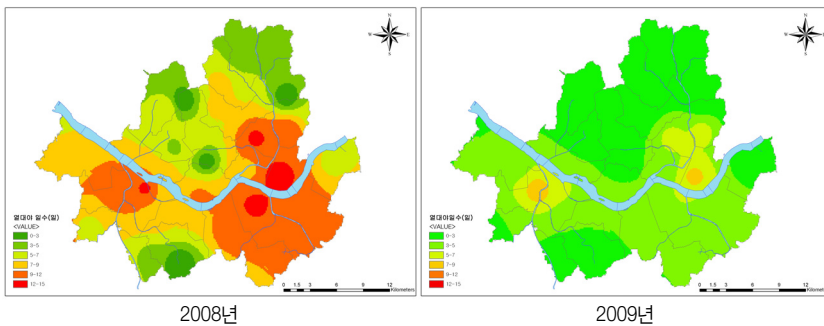
자료 : 기상청 홈페이지 기상자료

- 10년 기간별 총 열대야 일수의 변화 : 첫 10년 기간(1908~1917년)의 12일에 비해 최근 10년 기간(1998~2007년)에는 열대야 일수가 72일 수준으로 큰 폭으로 증가함.
- 2008~2009년 기간 동안 지역별 열대야 일수 분포 : 도시화의 진행속도가 빠른 강남, 서초, 송파, 양천, 동대문, 중랑, 광진구에서 비교적 많이 나타남.



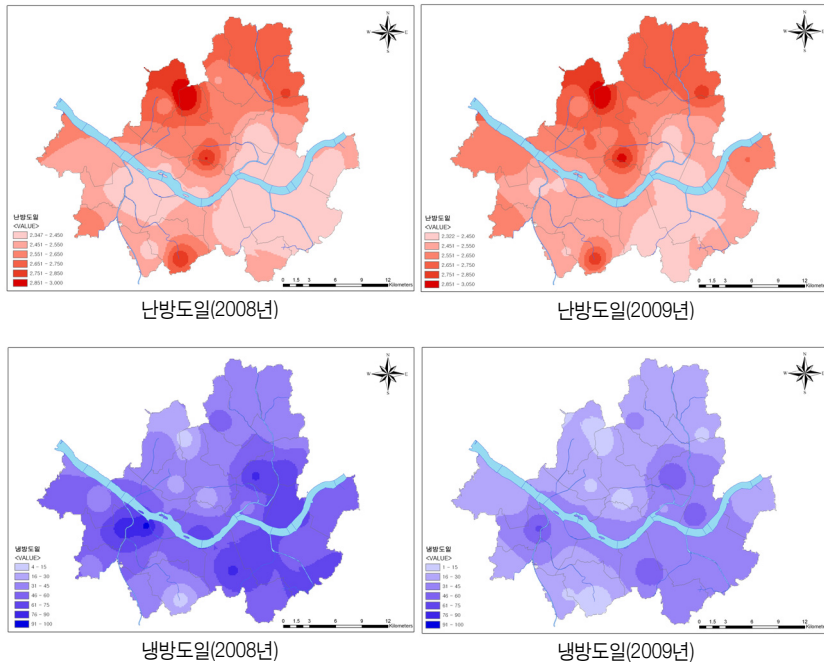
자료 : 국립기상연구소, 「기후변화 이해하기Ⅲ-서울의 기후변화」, 2009.4.

〈그림 1〉 10년 기간별 총 열대야 일수의 변화(1908~2007년)



〈그림 2〉 구별 열대야 일수 분포

- 강수량 : 극한 강수 현상으로 인한 재해는 주로 여름철에 발생하며, 서울의 경우 강수량 증가로 인한 강우강도가 증가하고 있음.
- 계절변화 : 1908~1917년과 1998~2007년 기간 동안 계절 지속기간의 경우 봄과 여름은 각각 2일, 32일 길어졌으나, 가을은 변화하지 않고 겨울은 34일 짧아졌음.
- 냉난방도일¹⁾ : 2008~2009년 기간 동안 지역별 냉난방 일수를 살펴보면 강남, 서초, 송파, 양천, 동대문, 중랑, 광진구에서 난방 수요가 낮지만, 냉방 수요는 높게 나타나 열대야 발생패턴과 유사한 맥락을 보임.



〈그림 3〉 구별 냉난방도일 분포

1) 난방도일과 냉방도일의 기본 개념은 쾌적한 생활을 유지하기 위해서는 난방과 냉방이 필요함 (기준온도(base temperature)보다 높거나 낮은 온도를 적산 또는 누적해서 얻을 수 있음). 난방을 위한 기준온도는 18℃로, 냉방을 위한 기준온도는 26℃로 사용함.

○서울시 기후변화 적응 취약요인 진단

—고령화 사회 : 2009년 65세 이상 인구가 전체 인구의 9.2% 수준

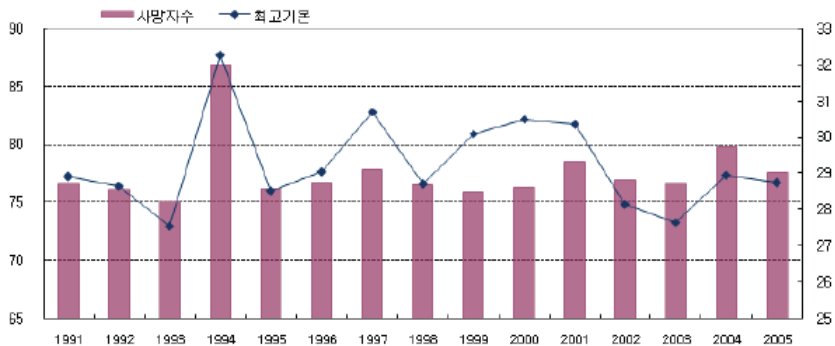
- 서울의 65세 이상 고령자 인구 : 1990년 368천명에서 2009년 936천명으로 약 2.5배 증가함.
- 노인단독가구 증가 : 2008년 현재 전체 노인인구의 20.7% 수준

- 고령화 사회(aging society) : 65세 이상의 인구가 전체 인구의 7% 이상
- 고령 사회(aged society) : 65세 이상의 인구가 전체 인구의 14% 이상
- 초고령사회(super-aged society) : 65세 이상의 인구가 전체 인구의 20% 이상

—저소득층 : 국민기초생활보장 수급자는 2008년 현재 전체 인구 대비 2.0% 수준(205,059명)이며, 전체 가구수의 2.8%(115,407가구) 수준으로, 향후 취약계층에 대한 적응수요의 차별적 대응이 필요

—건강위해도(Health Risk) : 서울지역의 기온과 사망과의 관계

- 최고기온이 30℃~32℃부터 사망자가 급격히 증가하고, 최고기온이 36℃까지 오르면 사망자가 30℃일 때에 비해 50% 정도 증가
- 최고기온이 29.9℃에서 1℃ 상승할 때마다 사망률이 3% 증가하며 폭염이 7일 이상 지속 시 사망률은 9% 이상 증가



자료 : 아주대학교 건강증진사업지원단, 「기후변화에 따른 건강피해 모니터링 및 위험인구 감소전략 개발 연구 최종보고서」, 2008.

〈그림 4〉 서울시 7~8월 평균 최고기온과 일평균 사망자(1991~2005년)

- 노인의 경우 28.1℃ 이상인 날이 하루 증가 시마다 초과사망자는 11명 증가(32℃에서 1℃ 증가할 때마다 사망자 9명이 증가)
- 대기오염 : 대표적인 폭염발생 기간이었던 1994년 7월 22일~7월 29일의 일주일간의 오존은 1994년에는 63.8ppb 정도로 과거 3년 동안의 같은 기간 평균 농도인 34.1ppb와 비교하여 2배 정도의 농도 증가²⁾
- 서울시 오존주의보 발령현황 : 1995년 1일(2회)에서 1998년 11일(17회)로 증가한 후 감소하는 추세였으나, 2008년에는 7일(23회)로 증가
- 황사 : 동북아 장거리 이동 오염현상인 황사 발생일수는 1980년대 연평균 3.9일에서 1990년대 7.7일로 크게 늘어났으며, 2000년대에는 12일로 증가
- 전염병 : 서울시는 전 국토면적의 0.6%에 전 국민의 25%가 밀집되어 생활하고, 해외 교류가 빈번하므로 전염에 취약한 사회적 구조를 갖고 있음.
 - 서울은 인구 10만명당 말라리아 발생비율이 3명~18.5명으로 비교적 높은 수준이며, 감소하는 추세였다가 2004년 이후 다시 증가하고 있음.
 - 서울시의 쯔쯔가무시증 발생률은 인구 10만명당 0.1명~11.2명 수준이며, 2004년부터 증가하는 경향을 보임.
- 자연재해 : 서울시에서 가장 많이 발생하는 자연재해는 침수피해로, 인전 재난에 비해 발생빈도가 많지는 않으나 한 번 발생하면 물적 피해가 큼.
 - 국지성 집중호수, 저지대, 하수관거 등 내수(內水)에 따른 침수피해가 주류를 이룸.
- 서울시 기후변화 적응 취약성 평가
 - 취약성(Vulnerability) : 시스템이 노출된 기후변동의 특성, 규모 및 속도, 기후변화에 대한 민감도, 적응능력, 적응기반 등의 함수로 평가
 - 평가지표에 의한 취약성 평가

2) 2009년 여름철 고온 기간(2009.8.4~8.10) : 평균 기온 27.1℃, 오존 평균 농도 19.8ppb

- 기후노출(E) : 기온 상승과 열대야 일수의 증가 등으로 폭염에 의한 건강피해가 우려되며, 여름철 강수량과 강우강도 증가에 따른 국지성 집중호우로 인한 침수피해가 발생하여, 폭염과 호우에 대한 취약성이 비교적 높음.
- 민감도(S) : 높은 인구밀도로 기후재해에 따른 인명피해와 재산 피해가 집중적으로 발생할 수 있으며, 건강서비스에 대한 접근성이 취약한 인구가 증가하고 있는 추세임. 시가화 면적률, 노후화된 건물의 비율, 불투수 면적률이 비교적 높게 나타나 극한기후로 인한 홍수, 침수, 혹서 등에 의한 피해가 우려됨.
- 적응능력(AC) : 기후변화 적응을 위한 경제적 자원이 풍부하고, 물리적 인프라(의료시설 확보율, 깨끗한 물에 대한 접근성, 통신 등)의 확보 수준이 높으며, 기후의존도가 높은 1차 산업과 2차 산업의 비중이 낮은 산업구조를 이루고 있어, 적응능력이 비교적 높음.
- 적응기반(AB) : 기후변화 조례가 2008년에 제정되었고, 기후변화 담당관의 조직 개편, 기후변화 적응을 위한 예산 및 홍보 등 기본적인 적응여건이 충족되어 있음.

—전문가 설문조사를 통한 취약성 평가

- 기후변화가 지역에 미치는 영향 : 고온·열파와 대기오염의 영향이 우려되는 항목으로 평가되고 있으며, 서울의 지역적 특성상 농작물 수확을 제외한 여타 항목에서 전반적으로 보통수준 이상의 영향을 받을 것으로 인식하고 있음.
- 서울시 기후변화 적응정책의 추진 정도 : 기후변화 적응 관련 행정조직 정비, 국내외 기후변화 적응 협력네트워크 구축 등 적응정책의 적응기반 구축이 비교적 잘 추진되고 있는 반면, 취약계층의 기후변화 적응 지원정책의 추진정도는 미흡한 것으로 평가됨.
- 적응부문별 우선순위 : 기후변화로 인한 영향이 가장 우려되는 폭염

및 도시열섬, 대기오염 부문이 적응정책을 가장 우선적으로 추진해야 할 것으로 나타남.

- 기후변화 적응 대책 추진 시 장애 요인 : 인력과 예산의 확보, 부서 간 정책 통합, 상위 정부의 지침과 제도 등 구조적인 요인, 그리고 공무원과 일반시민들의 인식 고취를 위한 교육과 홍보 등 비구조적인 요인이 해결과제로 인식됨.

2. 서울시 기후변화 적응여건 및 정책수요 분석

○기후변화 적응 SWOT 분석

—기상이변에 대응하기 위한 물리적·인적 기반은 비교적 잘 구축되어 있으나, 취약지역과 취약계층에 대한 기후변화 적응대책의 마련과 기후변화 영향 및 취약성 인식, 그리고 적응을 위한 생활양식 변화와 실천이 요구되고 있음.

○저탄소 녹색성장 마스터플랜(2010~2030년) : 고도적응도시 실현

—기후변화에 따른 시민건강 예방·보호, 기상재난에 탄력적으로 대응할 수 있는 안전도시 조성, 세계 최고수준의 대도시형 통합 고도적응체계 확립, 수방기준 30년 빈도 상향 등 고도적응 기준을 마련하고, 이를 적용하기 위한 중·장기적 목표와 로드맵을 제시함.

〈표 2〉 서울시 기후변화 적응 SWOT 분석

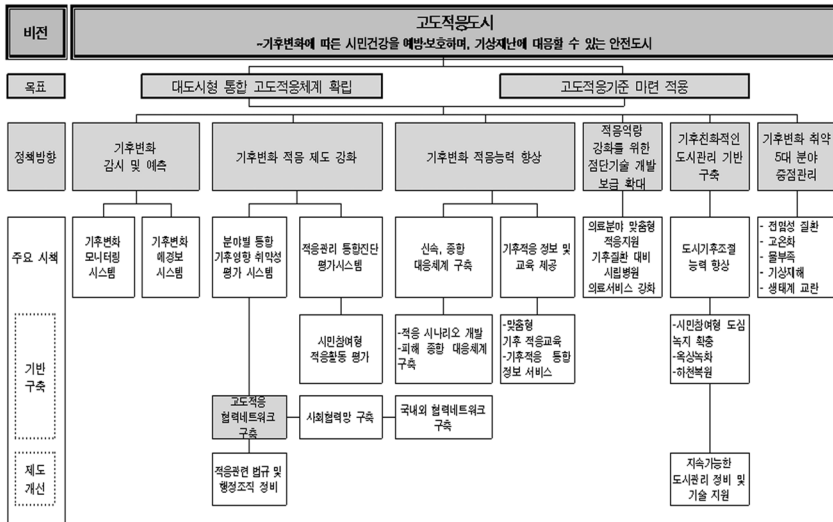
강점(Strength)	약점(Weakness)
- 내후성(耐候性)·내수성(耐水性) 건축 및 단지개발을 통해 국지성 집중호우에 의한 저지대 주택가 침수, 이 상고온 등 기상이변에 대응하기 위한 기반구축 - 버스개혁과 성공적인 대중교통체계 개편으로 친환경 교통체계 형성 - 맑은서울 2010대책과 저공해화사업 추진으로 시민의 건강 위해성 개선 - 방재기반 : 기상재해 및 전염병 방재 기반 체계의 구축 - 금융산업 : 방재 및 보건 관련 각종 보험제도 기반 형성 - 정책의 파급 속도가 빠르고 시민 참여로 빠른 효과 기대 - 녹지공간 확보, 생태축 형성 및 도심지의 열섬화 억제, 바람길 형성 등 친환경 도시구조로의 전환 - IT 기반시설의 우수성 : 서울의 초고속 인터넷 가입 가 구대비 보급률 107.8% (2005년 기준) - 높은 고등교육 취학률과 교육기관의 밀집도	- 기상이변 등 변화된 여건에 대한 불확실성(uncertainty)으로 인해 과소·과다 적응대책의 가능성 및 이에 따른 과소·과다 투자의 가능성 - 낮은 대중교통수단 부담률(62.3%) - 승용차와 석유 중심의 고에너지 소비 교통체계 - 인구밀집 : 기상재해·전염병 발생 시 비용 및 피해 증가 - 빠른 고령화 속도 • 노인인구 증감률(2006년 기준) : 서울(6.9%) • 유년인구 증감률(2006년 기준) : 서울(-3.3%) - 서울의 의료수준 세계 대도시와 비교 시 상대적으로 열악 • 십만명당 의사수(2005년 기준) : 서울(293명), • 천인당 병상수(2004~2005년 기준) : 서울(6.1) - 기후변화에 대한 보건/재난 대응책 미비
기회(opportunity)	위협(Threats)
- 기상이변에 따른 침수피해 가능성이 높은 저지대 노후 주택가를 대상으로 뉴타운, 재개발/재건축 등과 연계하여 사전 예방적 도시개발 유도 - 지속적인 대중교통 우선 정책으로 교통서비스와 대기 환경 수준의 향상으로 기후변화 영향요인의 개선 - 저탄소 녹색교통에 대한 당위성 인식 증가 - 재해보험 : 기후변화 보험산업의 등장	- 건물 및 단지 차원의 대책으로는 극한기상의 대응 한계 - 오일위기와 신고유가시대 도래 가능성 - 자동차 등록대수 및 운행 증가(경유차/중대형차 비중 증가)에 대비하는 특화대책 미흡 - 기상재해 : 기후변화로 인한 재해비용 증가 - 보건질병 : 열대성 전염병 증가 가능성 - 기후변화·열섬효과로 인한 열대야, 황사현상 악화 - 수목병충해 발생 및 주기적 산불예상 - 집중호우와 건기 물부족 현상 심화 - 기후변화로 인한 인체, 생태 전반에 걸친 위약성과 피해가 본격 가시화되고 확산될 우려 - 황사 강도와 빈도 증가, 도시열섬 등으로 대기환경 악화가 우려되며, 이에 따른 시민의 건강문제 야기 - 새로운 전염병 출현 및 홍수/침수 빈도 증가로 피해 급증 - 에너지접근성(공급제한 상황, 가격 급등) 악화로 시민의 삶의 질 및 에너지 복지 수준의 저하 가능성

〈표 3〉 저탄소 녹색성장 마스터플랜 고도적응도시 사업 분류

분야	정책방향	핵심과제	단위사업
고도 적응 도시	1. 기후변화 모니터링 및 조기예측 강화	기후변화 모니터링 및 예측시스템 강화	(1) 기후변화 모니터링시스템 강화 (2) 기후변화 조기예측 및 경보시스템 강화
	2. 기후변화 적응 제도 강화	기후변화 적응 제도적 기반 강화	(1) 분야별 통합 기후영향·취약성 평가시스템 구축 (2) 적응 관련 법규 및 행정조직 정비
		기후변화적응 활동의 지속적 진단평가	(1) 적응관리 통합진단 평가시스템 구축 (2) 시민참여형 적응활동 평가
	3. 고도 적응 협력 네트워크 구축	기후적응 협력 네트워크 구축	(1) 사회협력망 구축 (2) 국내외 협력 네트워크 구축
	4. 기후변화 적응능력 향상	위기 예측 및 대응체계 구축	(1) 위기 대응 매뉴얼 구축 (2) 피해예측 및 시민안전훈련 시스템 구축
		기후적응 정보 및 교육 제공	(1) 시민 맞춤형 기후적응 교육 실시 (2) 기후적응 통합 정보서비스 제공
	5. 기후 친화적인 도시관리기반 구축	지속가능한 도시관리 제도정비 및 기술지원	(1) 기후영향을 고려한 도시설계 및 개발 기준 정립 (2) 고성능 차열성 포장도로 개발 지원 및 보급 (3) 친환경 투수성 보도포장 설계기준 적용
			(1) 도시숲형 도심녹지 확충 (2) 도심 대형건물 옥상녹화 (3) 하천복원 사업 추진
	6. 적응역량 강화를 위한 첨단기술 개발 보급 확대	의료분야 신기술 활용 및 맞춤형 적응지원 서비스 제공	(1) IT 활용 맞춤형 의료지원 서비스 제공 (2) 기후질환대비 시립병원 의료서비스 강화
	7. 기후변화 취약 5대 분야 중점관리	전염성 질환에 대한 적응 대책 추진	(1) 질병매개체 서식지 방역강화 (2) 기후질환 조기발견 및 신속 대응체계 구축
		고온화에 대한 적응 대책	(1) 폭염 취약계층의 DB구축 및 모니터링 (2) 고온화에 취약한 주거환경 개선 (3) 폭염대피시설 지정 및 관리 강화 (4) 옥외근로자 보호대책
		물부족에 대한 적응 대책	(1) 물 자급률 제고를 위한 재생수 활용 대책 (2) 빗물 저장, 관리 및 활용 사업 추진
		기상재해에 대한 적응 대책	(1) 서울형 종합재난관리시스템 구축 (2) 유비쿼터스 제어환경의 수방시스템 구축
		생태계 교란에 대한 적응 대책	(1) 생태계 취약성 분석 및 보호종 보존방안 강구 (2) 서울기후환경에 적합한 수종연구 지원 (3) 다양한 생물종 서식기반 조성

○서울의 저탄소 녹색성장 5개년 시행계획(2010~2014년)

—기후변화에 의한 폭염, 열대야, 폭우 등 기상재해를 사전에 예측하고, 병원성 매개체 증가 등으로 인한 피해를 예방하는 시스템 구축, 취약계층의 적응관리를 위한 조직과 제도 관련 인프라 구축 등 종합적이고 통합적인 기후변화 적응 기반의 확립을 제시하고 있음. 이를 위해 7개 중점과제, 14개 핵심과제, 33개 단위사업으로 구성된 5개년 실행계획(2010~2014년)을 수립함.



〈그림 5〉 고도적응도시 전략맵

3. 선진도시의 기후변화 적응사례 분석

○런던, 시카고, 멜번, 토론토 등 4개 도시의 기후변화 대응 적응정책을 분석하면 우선 기후변화 영향의 가능성에 대한 시민의 인식을 높이고, 적응정책의 수립과정에 다양한 이해 당사자의 참여를 유인하고 있음을 알 수 있음.

- 특히 도시 지역의 기후변화 추세와 전망을 체계적으로 검토하고, 주요 영향이 발생할 가능성이 있는 분야와 정도에 대한 분석을 바탕으로 기후변화의 취약성을 줄일 수 있는 다양한 적응방안을 마련하고 있음도 알 수 있음.
- 관리체계 확립 : 기후변화와 적응의 필요성에 대한 시민의 인식을 고취시키고, 시민의 정책 호응도를 높이기 위해 적응정책의 의사결정 과정에 이해당사자들을 참여를 유도하고 있음.
- 기후변화 영향요인 확인 : 도시의 과거 및 현재 기후변화 추이를 파악하고, 미래에 대한 기후변화 시나리오를 작성하며, 기후변화 시나리오에 근거하여 도시 지역의 다양한 부문에 미치는 주요 영향을 분석함.
- 기후변화 적응 프로그램 적용 : 기후변화 적응을 위하여 ① 에너지·물 수요관리 및 옥상녹화 등 기후변화에 취약한 도시시스템에 기존의 부하를 줄이기 위한 조치, ② 분산형 에너지와 광역 물공급 시스템의 연계와 같은 극한 기후에 도시의 회복력을 증대시키기 위한 행동, ③ 위험지구 지정, 위험지역 개발 제한 등 취약한 도시 시스템을 보호하기 위한 완충지대 혹은 이주 프로그램 마련, ④ 인프라 설계 기준 강화 및 제방 보강 등 취약한 구조와 시스템의 보강을 위한 조치, ⑤ 예측과 조기 경보 시스템, 응급대응 계획 등의 다양한 프로그램들을 마련하여 적용함.
- 부문별 적응정책 실행 : 기후변화에 취약한 모든 부문이나 지역, 집단에 대한 총론적인 적응정책 추진을 지양하고, 취약성 분석, 적응정책의 비용·효과 분석 등을 바탕으로 적응정책의 긴급성과 우선순위를 파악한 후 주요 부문별 적응대책을 실시하고 있음.

Ⅲ. 정책건의

1. 서울시 기후변화 고도적응 전략 방향 정립

○기후변화 조기에측 및 사전대응체계 구축

- 도시기후의 변화추이를 분석하고, 기후변화로 인한 다양한 영향을 예측할 수 있는 정보수집과 모니터링
- 자동기상관측시스템(AWS), 대기오염 관측시스템의 기상자료에 대한 통합관리와 활용체계를 구축하여 서울의 지역 특성을 고려한 기후변화 영향 프로파일 작성 방법론을 개발·보급
- 통합 DB를 기반으로 예·경보가 필요한 부문에 대해 지역 규모의 조기 예측 및 경보시스템을 구축

○기후변화 적응제도 강화

- 취약성 평가지표 마련 및 활용
 - 분야별 위험성을 예측하고, 기존 대책의 문제점을 비교 분석하여 단계적인 점검 매뉴얼을 정비한 후, 이를 바탕으로 통합적인 기후영향·취약성 평가시스템을 구축
 - 부문별 기후변화 영향 및 취약 부분에 대한 정확한 진단을 위하여 서울의 특성을 반영한 취약성 평가 지표를 마련하여 평가
- 기후변화 부문별 적응기준안 개발·적용
 - 분야별 기후변화 취약성 평가 후 수립한 세부이행 계획에 따라 추진하는 적응 사업의 진행과정과 적응 능력 여부를 정확히 진단하고 지속적으로 관리함으로써 적응 정책을 체계적으로 추진하기 위한 부문별 적응기준안의 개발 및 적용
- 기후변화 적응 도시개발 가이드라인 마련 : 도시계획의 수립, 토지이용 규제, 개발사업 등에 지속가능성과 기후변화영향을 사전 검토할 수 있는 근거 규정을 마련·적용하며, 이러한 내용은 「저탄소 녹색도시 수립

지침』과 연계하여 기후적응형 도시 관리를 유도

○적응능력의 사회적 형평성 확보 및 시민정보 제공

—시민·지역 맞춤형 적응 프로그램 개발 : 기후변화가 서울에 미치는 영향에 초기 대응할 수 있도록 분야별 행동지침서(매뉴얼)를 작성·보급하고, 인터넷 홈페이지 및 온라인 기후변화 적응 도우미 운영 등을 통해 시민들의 사전적 대처능력의 향상을 유도

—취약계층에 대한 적응전략 마련 : 기후변화가 특정한 집단에 잠재적으로 미치게 될 영향을 유형화하고, 각 집단의 대응 전략을 평가하고 보완하는 과정을 우선적으로 고려

○기후변화 적응 연계대책

—기후변화 적응 점검표 활용 : 기후변화 적응과 관련되어 있는 기존의 적응정책이나 프로그램 및 사업과 담당부서를 파악하여 목록을 작성

—기후변화 적응요인별 맞춤형 대책 추진 : 기후변화로 인한 영향이나 위험 수준은 지역 특성이나 기후변화 대응 능력에 따라 다르게 나타나므로, 고도적응 도시 실현을 위한 적응요인별 맞춤형 적응대책의 마련

○기후변화 적응 모니터링

—기후변화 적응 거버넌스 구축·활용 : 적응정책 수립 및 모니터링 과정에 이해당사자의 참여가 중요하며, 국내외 도시, 기관 상호 간 정보 교류 및 공동사업 추진을 통해 기후적응 행정능력 향상을 위해 국내외 협력네트워크를 구축하여 기후변화 적응대책의 효율성 확대

—기후변화 적응 관련 평가시스템 구축 : 도시기후의 변화에 적응하기 위한 영향요인별 평가지표 개발 및 성과관리를 연계 점검할 수 있는 모니터링 체계의 마련

2. 기후변화 고도적응 정책방안

- 서울시 기후변화 적응 종합기본계획의 수립·추진
 - 저탄소 녹색성장 기본법 제48조와 시행령 제38조에 근거한 『서울시 기후변화 고도적응 종합기본계획(가칭)』의 수립·추진
- 고도적응 기초정보 인프라 구축
 - 서울시 자동기상관측시스템, 대기오염 관측시스템의 기상자료에 대한 체계적 관리를 통해 신뢰성 있고 유용한 정보를 실시간으로 시민에게 제공할 수 있는 서울기후대기환경정보시스템 구축
- 서울시 기후변화 취약성 평가지표(안) 개발 및 활용
 - 정책부문별 기후변화 취약성 평가를 위해 서울시 기후변화 취약성 평가 지표(안) 개발·활용
 - 적응수준(영향발생 가능성, 피해규모 등), 자료 확보(연속성, 대표성 등)와 취약성의 방향성 등을 고려하여 평가지표 선정
- 서울시 기후변화 취약성 평가지도 제작
 - 기후변화 영향 부문별·지역별 취약성 평가지도는 향후 개발계획 및 적응수립의 기초자료와 기후변화 적응의 교육자료 및 홍보자료로 활용
- 서울시 기후변화 고도적응 기준(안) 개발 및 활용
 - 기후변화 대책의 단계별 추진사항 관리 및 사회전반의 기후적응 수준을 평가함으로써 기후적응 능력을 지속적으로 향상시켜 나갈 수 있는 평가시스템 구축
 - 적응 유형별·단계별 적응 기준을 바탕으로 정기적 평가가 가능한 목표관리체계의 구축
- 도시열섬 집중관리 지역 지정
 - 지역 특성(열환경)에 기반하여 권역별로 구분하고, 지역 특성에 기초한 열섬대책 매뉴얼의 개발·활용

—“도시열섬 집중관리지역(가칭)”에서 시행하는 신규개발에 대하여 옥상 정원, 쿨링시스템, 식재, 마감재, 포장재 등의 열섬완화 기준 마련

〈표 4〉 서울시 기후변화 적응 취약성 평가지표(안)

구분	항목		지 표	
기후노출 (E)	호우		80mm 호우일수(일)	
			1일 최대강수량(mm)	
			강수강도지수(mm/일)	
	가뭄		연속무강수 일수 평균(일)	
			연속무강수일수 최대값(일)	
	폭서		열대야일수(일)	
		일최고기온 33℃ 이상 일수(일)		
		열파지속지수(일)		
민감도 (S)	인구적 특성		인구밀도(명/km)	
			65세 이상 인구 비율(%)	
			독거노인 인구 비율(%)	
			기초생활수급자 비율(%)	
			기후민감질환자 발병률(%)	
	에너지 소비특성		최종에너지 소비량(천toe)	
			전력 소비량(Gwh)	
	지리적 특성		1인당 총에너지 소비량(toe/인)	
			가뭄취약지역(%)	
			홍수취약지역(%)	
			불투수면적비율(%)	
			시가화면적률(%)	
	생태계		국토면적 중 산림면적(%)	
			멸종위기종 수	
기반시설		사회기반시설 비율(%)		
		노후건물(%)		
적응능력 (AC)	경제능력		GRDP(십억원)	
			재정자립도(%)	
	환경역량	녹지면적	녹지면적(m ² /명)	
		SOx 배출량	단위면적당 SOx 배출량(kg/m ²)	
	물적 인프라	의료시설 확보율		인구당 의료기관수(개/천명)
				인구당 병상수(개/천명)
				인구당 의료인수(명/천명)
				인구당 보건소 인력(명/천명)
		깨끗한 물에 대한 접근성		상수도 보급률(%)
				하수도 보급률(%)
				지하수 개발대비 이용량(%)
			통신	
		초고속 통신망 설치율(%)		
	산업구조		(1차+2차)/(1차+2차+3차)(%)	
인력자원, 교육		교육지출/전체소득(%)		
사회적 자본		민간 파트너십		
적응기반 (AB)			시민의 기후변화 대응 역량 및 공동체 의식(설문조사 실시)	
	조직		기후변화 적응 담당조직, 담당공무원 수(명/천명)	
	제도		기후변화 대응 및 적응 관련 법규	
	예산		기후변화 적응관련 예산 비율(%)	
	홍보		기후변화 적응 정보 제공 포털사이트 운영	

목 차

제1장 연구개요	3
제1절 연구배경 및 목적	3
1. 연구배경	3
2. 연구목적	6
제2절 연구내용 및 방법	8
1. 연구내용	8
2. 연구방법	9
제2장 기후변화 적응요인 진단 및 평가	15
제1절 기후변화 영향 부문별 적응요소 분류	15
1. 기후변화 관련 적응의 개념	15
2. 기후변화 영향 부문별 적응요소	17
3. 서울시 기후변화 적응요인 분류	26
제2절 국내외 기후변화 적응정책 동향	28
1. 국내 적응대책 현황	28
2. 기후변화 적응에 관한 국제적 동향	35
제3절 서울의 도시기후 변화	39
1. 기온	39
2. 강수량	40
3. 열지수(heat index)	41
4. 열대야	42
5. 냉난방도일	44
6. 계절의 변화	45

제4절 서울시 기후변화 적응 취약요인 진단	47
1. 고령화 사회	47
2. 저소득층	48
3. 건강위해도(Health Risk)	48
4. 대기오염	50
5. 황사	51
6. 전염병	52
7. 자연재해	53
제5절 서울시 기후변화 적응 취약성 평가	54
1. 취약성의 개념	54
2. 취약성의 평가 방법	55
3. 평가 지표에 의한 기후변화 취약성 평가	59
4. 전문가 설문조사를 통한 기후변화 취약성 평가	69
 제3장 서울시 기후변화 적응여건 및 정책수요 분석	85
제1절 기후변화 적응 SWOT 분석	85
제2절 기후변화 고도적응 목표관리	89
1. 서울시 저탄소 녹색성장 마스터플랜(2010~2030년)	89
2. 그린디자인 서울 1차 5개년 실행계획(2010~2014년)	95
제3절 종합정리	101

제4장 선진도시별 기후변화 적응사례 분석	105
제1절 주요 도시별 기후변화 적응 사례분석	105
1. 런던	105
2. 시카고	119
3. 멜번	124
4. 토론토	129
5. 도쿄	134
6. 기타 도시	138
제2절 기후변화 적응요소별 정책 사례분석	140
1. 폭염	140
2. 홍수	143
3. 수자원 관리	144
제3절 시사점 도출	145
 제5장 서울시 기후변화 고도적응 정책방안	 153
제1절 기후변화 적응대책 수립의 평가	153
제2절 기후변화 고도적응 전략방향 정립	157
1. 기후변화 조기에측 및 사전대응체계 구축	158
2. 기후변화 적응제도 강화	159
3. 적응능력의 사회적 형평성 확보 및 시민에 맞춤형 정보 제공	160
4. 기후변화 적응 연계대책	160
5. 기후변화 적응 모니터링	161

제3절 기후변화 고도적응 정책방안	162
1. 서울시 기후변화 적응 종합기본계획 수립·추진	162
2. 고도적응 기초정보 인프라 구축	162
3. 서울시 기후변화 취약성 평가지표(안) 개발 및 활용	163
4. 서울시 기후변화 취약성 평가지도 제작	166
5. 서울시 기후변화 고도적응 기준(안) 개발 및 적용	167
6. 도시열섬 집중관리 지역 지정	169
7. 기후변화 적응부문별 정책수단	169
 제6장 결론 및 정책건의	177
제1절 결론	177
1. 기후적응형 도시관리	177
2. 주요연구 성과	179
제2절 기후변화 고도적응 정책방안	184
 참고문헌	189
부 록	195
영문요약	217

표 목 차

〈표 2-1〉 적응의 정의	16
〈표 2-2〉 기후변화에 대한 적응유형	16
〈표 2-3〉 건강에 미치는 기상과 기후변화로 인한 영향별 건강취약성 사례	19
〈표 2-4〉 기후변화로 인한 건강부문 적응 사례	21
〈표 2-5〉 주요 사회기반시설별 기후변화 영향	22
〈표 2-6〉 사회기반시설의 기후변화 영향별 취약성	23
〈표 2-7〉 기후변화협약대응 제3차 종합계획에 포함된 적응관련 추진과제	29
〈표 2-8〉 기후변화대응 종합기본계획의 적응관련 과제	31
〈표 2-9〉 기후변화대응 종합기본계획 부문별 적응대책(예시)	32
〈표 2-10〉 기후변화 영향, 적응, 취약성에 관한 나이로비 작업 프로그램	37
〈표 2-11〉 서울시 기온변화 추세	40
〈표 2-12〉 서울시 도시기후 10년 단위 변화 비교	40
〈표 2-13〉 서울의 계절 시작일의 변화	45
〈표 2-14〉 고령자 인구 및 비율 추이	48
〈표 2-15〉 1994년 폭염시기와 평년의 대기오염 농도 비교(1994.7.22~7.29)	51
〈표 2-16〉 서울시 오존주의보 발령일수	51
〈표 2-17〉 최근 10년간 서울시 연도별 홍수피해 현황(1997~2007년)	54
〈표 2-18〉 취약성의 정의	55
〈표 2-19〉 취약성을 구성하는 변수	57
〈표 2-20〉 도시지역과 비도시지역 간의 기후노출 지수 구성요소 평균치의 비교 ...	58
〈표 2-21〉 기후변화 취약성 평가에 사용된 자료 및 자료 기간	61
〈표 2-22〉 서울시 기후변화 적응 취약성 평가	64
〈표 2-23〉 기후변화 취약성 평가 관련 설문조사 주요 내용	70
〈표 2-24〉 서울시 기후변화 영향에 대한 인식 응답 비율 및 평균	71

〈표 2-25〉 기후변화 완화정책과 적응정책의 상대적 우선순위에 대한 응답 비율	72
〈표 2-26〉 서울시 기후변화 적응정책 추진 정도에 대한 응답 비율 및 평균	73
〈표 2-27〉 서울시 기후변화 적응정책 우선순위별 응답 비율 및 평균	74
〈표 2-28〉 폭염 및 도시열섬 관리 부문 적응정책별 상대적 우선순위 응답비율 및 평균	75
〈표 2-29〉 대기오염 관리 부문 적응정책별 상대적 우선순위 응답비율 및 평균	76
〈표 2-30〉 건강관리 부문 적응정책별 상대적 우선순위 응답비율 및 평균	76
〈표 2-31〉 홍수관리 부문 적응정책별 상대적 우선순위 응답비율 및 평균	77
〈표 2-32〉 가뭄관리 부문 적응정책별 상대적 우선순위 응답비율 및 평균	78
〈표 2-33〉 생태계 부문 적응정책별 상대적 우선순위 응답비율	79
〈표 2-34〉 서울시 기후변화 고도적응 도시 실현을 위한 적응정책 장애요인 응답비율 및 평균	80
〈표 3-1〉 서울시 기후변화 적응 SWOT 분석	88
〈표 4-1〉 런던시 기후변화 적응전략 사례	107
〈표 4-2〉 런던시 구조적·비구조적 홍수 위험 관리 수단	108
〈표 4-3〉 냉방 적응 선택사항들	115
〈표 4-4〉 기상이 건강에 미치는 영향	116
〈표 4-5〉 녹지공간과 가로수가 제공하는 생태계의 서비스	117
〈표 4-6〉 시카고시 적응 전략에 의한 주요 기후변화 영향	123
〈표 4-7〉 멜번시 가뭄 적응대책	125
〈표 4-8〉 멜번시 홍수 적응대책	126
〈표 4-9〉 멜번시 열파 적응대책	127
〈표 4-10〉 멜번시 해수면 상승 적응대책	128
〈표 4-11〉 기후변화 취약성을 감소시키는 토론토시 프로그램	132

〈표 4-12〉 뉴욕시 기후변화 적응을 위한 PLANYC	138
〈표 4-13〉 필라델피아시 고온경보발령에 따른 건강대비 체계	141
〈표 4-14〉 주요 도시의 기후변화 적응대책 체크리스트	147
〈표 5-1〉 서울시 기후변화 적응 취약성 평가지표(안)	163
〈표 5-2〉 서울시 고온 및 폭염 취약성 평가지표(안)	165
〈표 5-3〉 서울시 기후변화 적응부문별 정책수단	170

그림 목차

〈그림 1-1〉	서울형 저탄소 녹색성장 마스터플랜 목표	7
〈그림 1-2〉	연구의 체계	11
〈그림 2-1〉	지구적 규모의 기후변화로 인한 건강영향	18
〈그림 2-2〉	서울시 기후변화 적응요인 분류	27
〈그림 2-3〉	기후변화종합대책의 변천	29
〈그림 2-4〉	국가 기후변화 적응 종합계획의 비전, 목표 및 추진전략	33
〈그림 2-5〉	국가 기후변화 적응 종합계획의 부문별 기후변화 적응프로그램	33
〈그림 2-6〉	기후변화협약에서의 적응 논의	36
〈그림 2-7〉	서울시 열지수 분포 현황(1990~2009년)	42
〈그림 2-8〉	10년 기간별 총 열대야 일수의 변화(1908~2007년)	43
〈그림 2-9〉	자치구별 열대야 일수 분포	43
〈그림 2-10〉	자치구별 냉난방도일 분포	44
〈그림 2-11〉	서울의 계절변화	46
〈그림 2-12〉	서울의 계절일수 변화(1990~2009년)	46
〈그림 2-13〉	서울시 고령자 인구 및 고령자 비율	47
〈그림 2-14〉	서울시 7~8월 일평균 최고기온과 일평균 사망자(1991~2005년)	50
〈그림 2-15〉	서울시 연도별 황사 발생일수 및 최고농도	52
〈그림 2-16〉	서울시 말라리아 및 쯔쯔가무시증 발생자수	53
〈그림 2-17〉	기후변화 취약성 평가방법	56
〈그림 2-18〉	서울시의 취약성 분석도	59
〈그림 2-19〉	서울의 연도별 기후노출, 민감도, 적응능력 지수 및 VRI 분포의 변화	68
〈그림 4-1〉	런던시 적응 전략 구분	106
〈그림 4-2〉	런던시 도시열섬 효과와 지표면 온도(2003년 8월 7일 21 : 30)	113

〈그림 4-3〉 런던시 기후변화 적응 추진전략	118
〈그림 4-4〉 시카고시 기후변화 적응 추진전략	123
〈그림 4-5〉 멜번시 기후변화 적응 추진전략	128
〈그림 4-6〉 토론토시 기후변화 실행계획 다이어그램	130
〈그림 4-7〉 토론토시 기후변화 적응 추진전략	134
〈그림 4-8〉 도쿄의 기후변화 적응 추진전략	137
〈그림 4-9〉 도시의 기후변화 대응 적응정책수립의 단계별 접근	146
〈그림 5-1〉 자치단체의 기후변화 적응 단계별 업무흐름도	155
〈그림 5-2〉 도시기후 변화를 고려한 기후적응형 도시관리 체계	158
〈그림 5-3〉 서울시 기후변화 고도적응 기준(안)	167

제1장 연구개요

제1절 연구배경 및 목적

제2절 연구내용 및 방법

제 1 장

연구개요

제1절 연구배경 및 목적

1. 연구배경

기후변화란 자연적 요인과 인위적 요인에 의해 기후계가 점차 변화하는 것을 의미하며(기상청, 2008), 극단적인 기후현상의 빈도와 강도에 미치는 단기적인 변화뿐만 아니라 장기에 걸친 온도상승, 강수량 변화, 강우패턴 변화, 해수면 상승 등을 포함한다.

이러한 기후변화는 전 세계에 걸쳐 광범위하게 나타나고 있다. 최근 수십 년간 수 많은 사람들이 가뭄, 홍수, 폭염 등으로 인한 재해의 영향을 받았고 해안도시들은 해수면 상승으로 큰 위협에 직면해 있기 때문이다. 기후변화는 위협에 대한 노출을 전제로 하여 재해 현상을 증폭시키고 있는 실정이다 (UNEP, 2007).

IPCC는 이러한 기후변화로 인한 영향이 현재 이미 나타나고 있다고 보고, 현 세대와 미래세대가 기후변화로 인해 직면하게 될 문제와 취약성을 평가하여 이에 대한 악영향을 최소화하기 위한 적응(adaptation)의 중요성을 완화(mitigation)에 못지않게 강조하고 있다. 다만 그 영향이나 위험이 지정학적 위

치에 따라 다양하게 나타나므로 지역별 기후변화 영향의 취약성 조사를 통하여 적응능력을 강화하는 것이 무엇보다 중요하다. 이러한 차원에서 기후변화 적응(adaptation)은 기후변화 대응에 있어 선택이 아닌 필수적인 수단으로 인식되고 있다.

이에 따라 기후변화협약에서도 국가차원의 적응계획 수립을 권고하고 있으며³⁾, 우리나라에서도 제3차 기후변화대책위원회에서 국가 기후변화 적응 마스터플랜 수립을 결정하여, 2008년 12월에 “국가 기후변화 적응 종합계획”을 공표하였다.

한편 지구환경의 변화와 더불어 도시화 과정은 한 지역내의 시설물 공급을 통한 인공환경의 변화와 그에 따른 자연환경의 인위적인 변화를 초래하여 도시화 이전의 기후와 확연히 구분되는 ‘도시기후’라는 새로운 기후 형태를 낳게 되었다(Landsberg, 1981; Oke, 1987; Atkinson, 1985, Oke et al., 1992). 이러한 도시기후의 가장 두드러진 특성은 도시내부 온도가 도시외곽의 온도보다 높은 도시열섬이며, 이는 도시규모가 확장될수록 더욱 집약적인 현상으로 나타나는 것으로 알려지고 있다.

도시열섬을 형성하는 특수한 도시기후 범역의 형성은 도시의 에너지 평형을 왜곡시키게 되고, 에너지 평형을 보전하기 위한 에너지의 추가 소비에 의해 대기오염 수준이 개선되지 못하는 악순환을 낳게 된다. 또한 도시열섬 현상은 도시의 기온상승·통풍불량 등의 환경변화를 유발하여 시민의 건강 위해 가능성은 물론, 도시 자체의 신진대사과정에도 영향을 미쳐 도시의 점진적 지속성이 확보되지 못하게 되는 요인으로 작용하게 된다.

특히 현대 도시 공간구조의 주류로 등장하고 있는 고층·고밀 추세는 지구 내 바람의 유입을 억제하고 흐름을 차단하여 내부의 환기성능을 약화시키는

3) ‘몬트리올의정서에 의하여 규제되지 않는 모든 온실가스의 배출원에 따른 인위적 배출 방지와 흡수원에 따른 제거를 통하여 기후변화를 완화하는 조치와 기후변화에 충분한 적응을 용이하게 하는 조치를 포함한 국가적 계획 및 적절한 경우 지역적 계획을 수립·실시·공표하고 정기적으로 갱신한다.’(기후변화협약 4조 1항 b)

결과를 낳는다(송영배, 2003). 또한 인공배열과 녹지공간의 부족에 의해 발생하는 도시열섬은 대류를 통한 국지적인 공기순환능력을 감소시켜 열적으로 쾌적하지 못한 대기환경을 조성함으로써 도시 대기오염을 심화 내지 가중시키는 요인이 되고 있다. 더불어 증가하는 자동차 통행수요와 도로, 공장과 같은 대기오염원이 주거지 주변에 위치함으로써 유입될 수 있는 대기오염물질은 공기순환이 미약한 지역의 대기공간에 정체 및 축적됨으로써 호흡기 관련 질병을 유발시켜 시민들의 삶과 건강을 위협하게 된다⁴⁾.

따라서 건강한 도시 삶을 영유하기 위해서는 도시의 기후조건 변화요인에 대한 대응노력이 절실히 요구되고 있다. 도시기후의 변화 영향을 완화하기 위한 기후적응형 도시관리의 필요성을 인식하여 Landsberg(1981)는 도시기후를 개선하기 위한 가장 중요한 수단으로 공원·녹지대·정원 조성 등과 같은 녹화 방식을 제시하고, Givoni(1989)는 기후대마다의 도시설계 원칙으로서 ① 태양에너지 사용 잠재력의 최대 이용, ② 빌딩의 자연 환기, ③ 주거시민의 오염물질 노출 최소화, ④ 쾌적한 기후 제공, ⑤ 유해물질에 대한 노출의 최소화 등의 5가지 원칙을 제안하였다. 그리고 Wanner(1991)는 실외조건에서 시민의 인체 에너지수지에 큰 영향을 미치는 도시기후 변화 영향을 조절하기 위해서 보다 폭넓은 도시기후 관리 프로그램이 필요함을 역설한 바 있다.

최근에는 도시기후의 변화 특성을 고려한 새로운 도시관리 수요가 첨예한 관심사항으로 대두됨에 따라, 기후적응형 도시관리 전략 수립을 위한 발상전환이 요구되고 있다. 가능한 한 많은 시민이 풍요롭고 쾌적한 일상생활을 영위할 수 있도록 기후요소를 고려하여 도시공간을 계획·설계하려고 하는 기후적응형 도시관리에 많은 관심이 집중되고 있음이 이를 대변하고 있다.

4) 일례로 고밀·고층화로 인한 풍속저감, 지구 온난화, 도시열섬 등으로 지난 10년간 서울시 평균기온은 1℃ 상승하였을 뿐만 아니라 열대야 발생일수도 증가하는 추세이며, 서울시 입지특성으로 대기 안정 시 대기오염의 정체 및 고농도 대기오염의 발생 가능성이 나타나고 있음. 현재 선진외국의 경우 도시열섬 효과를 억제하기 위하여 기후요소를 고려한 도시계획·건축 계획제도의 도입, 도시 시설물 재질과 건축 색조 변화, 수목식재 등의 다양한 방법을 채택·시행하고 있음.

2. 연구목적

기후변화로 인한 영향과 취약성을 평가하여 적절한 적응 대책을 마련하는데 최소한 5~10년 정도의 시간이 필요하지만, 우리나라의 기후변화 진행속도는 세계평균을 상회하여 빠르게 진행되고 있음은 유의하여야 할 사항이다.⁵⁾

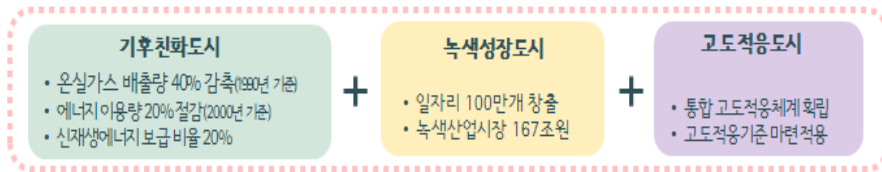
다만, 기후변화로 인한 영향이나 위험은 모든 지역에서 똑같이 나타나지 않으며, 기후변화에 대응하는 능력 역시 모든 지역에서 동일하지 않다. 따라서 지역 특성에 맞는 적응대책을 발굴하여 시행하는 것이 중요하기 때문에 지역별 기후변화 영향에 취약한 분야와 집단을 찾아내어 맞춤형 적응대책을 마련하는 것이 필요하다.

지구온난화로 인해 여름철 폭염, 열대야, 폭우 등의 기상재해가 현실적 문제로 인식됨에 따라, 시민 맞춤형 적응관리체계에 대한 수요가 증대하고 있음이 이를 대변한다. 이에 따라 기후변화의 영향으로부터 시민이 안전할 수 있도록 기후변화 대응을 위한 조직과 제도 등 인프라 부문과 기후변화 완화 및 적응 분야의 정책 마련에 관심이 집중되고 있다. 특히 고령화 및 개인건강에 대한 관심의 증대와 더불어 초고속 인프라와 IT 기술의 발달은 U-헬스케어의 적용 가능성을 높이고 있다.

한편 서울시는 세계적 녹색경쟁력을 갖춘 서울을 만들기 위해 “서울형 저탄소 녹색성장 마스터플랜” 발표(2009.7.2)를 통해 기후친화도시로의 전환, 녹색성장도시 달성, 고도적응도시 실현을 3대 비전으로 제시한 바 있다. 향후 도시 기후의 변화에 의해 유발되는 폭염, 열대야, 폭우 등 이상 기온과 기상재해를 사전에 예측하고, 기상재해 및 병원성 매개체 증가 등으로 인한 기후변화 피해를 최소화하는 예방시스템을 갖춘 시민 건강도시인 “기후변화 대응 고도적응

5) 우리나라의 경우, 이산화탄소의 2007년 평균 농도는 390.0ppm이며, 지난 9년간(1999~2006년)의 이산화탄소 증가량은 연평균 2.4ppm/년 수준으로 전 지구적 증가속도(1.9ppm/년 (1997~2006))보다 높으며, 지난 100년간(1912~2008년) 평균기온 상승률은 1.7℃로 전 지구의 평균기온 상승률(0.74℃)보다 높음. 서울의 경우 연평균 기온이 1908~1917년에 10.6℃에서 1998~2007년에 13.0℃로 2.4℃ 상승했음.

도시” 만들기에 역점을 두고 있음은 유의할 대목이다.⁶⁾ 도시의 기후변화에 대응하기 위한 적응 정책수요를 진단하고, 이를 저탄소 녹색도시 관리정책과 연계하는 정책형성과정은 고도 적응도시 실현의 핵심사항이라고 볼 수 있기 때문이다.



〈그림 1-1〉 서울형 저탄소 녹색성장 마스터플랜 목표

더불어 최근 활발하게 논의되고 있는 지속가능한 도시개발 전략을 수립하기 위한 기본전제 조건으로서 도시 기후요소를 고려한 기후친화 도시 실현에 필요한 정책수요의 진단과 파악에 주된 관심을 두는 것이 필요하다. 그리고 저탄소 녹색성장기본법 시행(2010.4.14)에 따라 광역자치단체는 기후변화 영향 및 취약성 평가, 그에 따른 적응대책 수립 등의 당위성을 갖고 있다(제48조).

이에 따라 이 연구는 쾌적한 삶의 공간을 조성하기 위해 시민의 일상생활과 밀접한 기후변화 영향요인별 적응요소를 진단하고, 이를 도시관리 정책과 연계하여 향후 서울시가 기후변화 대응 고도적응 도시로 거듭나기 위한 정책방향을 제시하고자 한다.

6) 서울시는 국가 정책과 국내외 경제여건 및 투자환경과 서울시 재정의 여건변화 등을 저탄소 녹색성장 계획에 적절히 반영하기 위해 5년 단위로 수립하고 기본계획의 연동화 계획(Rolling Plan)에 따라 2009년 12월 『그린디자인 서울 1차 5개년 실행계획』을 수립·발표한 바 있음.

제2절 연구내용 및 방법

1. 연구내용

1) 시간적 범위

2010~2030년의 『서울형 저탄소 녹색성장 마스터플랜』 장기계획의 순차적 시행을 고려하고, 『그린디자인 서울 1차 5개년 실행계획』과의 연계성을 부여하기 위하여 기후변화 적응부문의 정책적 우선순위를 판단하여 적응정책의 전략적 수요를 파악하고자 한다.

2) 내용적 범위

○기후변화의 적응 요인 진단

기후변화 적응의 개념 및 국내외 적응정책 동향을 고찰하고, 고도적응도시 실현에 필요한 기후변화 적응요소를 분류한 후 영향요인별 적응 요인을 진단한다.

○서울시 기후변화 적응 취약요인 평가

환경, 에너지, 하천/건설, 산림, 도시계획, 교통, 주택 등 관련 전문가 100명을 대상으로 기후변화 영향에 대한 인식, 기후변화 정책방향, 서울시 기후변화 적응정책 추진 정도 등 서울시 기후변화 취약성을 평가하여, 적응정책의 우선순위를 도출한다.

○기후변화 적응 SWOT 분석

기후변화 적응의 요소를 에너지, 건물 및 도시관리, 교통관리, 시민참여, 공원·녹지 관리 등으로 구분하고, 요소별 SWOT 분석을 통해 서울시 기후변화 고도적응 전략을 도출한다.

○ 해외 사례분석

선진도시에서 현재 추진 중인 기후변화 적응사례의 수집 및 비교분석을 바탕으로 제반 시사점을 도출하여, 향후 서울시 기후변화 적응에의 원용 가능성을 모색한다.

○ 기후변화 적응형 도시관리 정책 방안 마련

서울시 기후변화 고도적응도시 실현에 필요한 정책수요를 영향요소별로 진단하고, 정책형성과 연계가 용이한 기후적응형 도시관리 정책방안을 검토한다.

3) 대상적 범위

기후변화 적응의 정책적 수요를 판단하기 위해 우선적으로 서울시 저탄소 녹색성장 마스터플랜과 그린디자인서울 1차년 5개년 실행계획의 사업들을 검토한 후 건강, 기반시설, 수자원, 산림생태 부분으로 분류된 서울시 기후변화 적응 요소에 따라 영향요인별 적응 요인을 분석한다. 또한 서울시의 기상특성, 기후변화 영향을 분석하고, 전문가 설문조사를 통하여 서울시의 기후변화 적응에의 취약성을 파악한다.

분석의 공간 범위는 서울시 행정구역을 대상으로 설정하나 기후변화 적응을 위한 지속가능한 광역 도시관리 등과 연계된 경우에는 예외로 적용한다.

2. 연구방법

1) 기초자료 조사

기후변화 적응정책을 둘러싼 국내외 동향을 파악하고 적응의 개념 등에 관한 지역 특성에 맞는 적응사업을 검토한 후, 이를 바탕으로 기후변화로 인한 위험을 최소화하는 적응 역량의 강화를 위해 기후변화 적응관련 문헌조사를 바탕으로 기초정보를 확보한다.

2) 해외 선진사례 조사

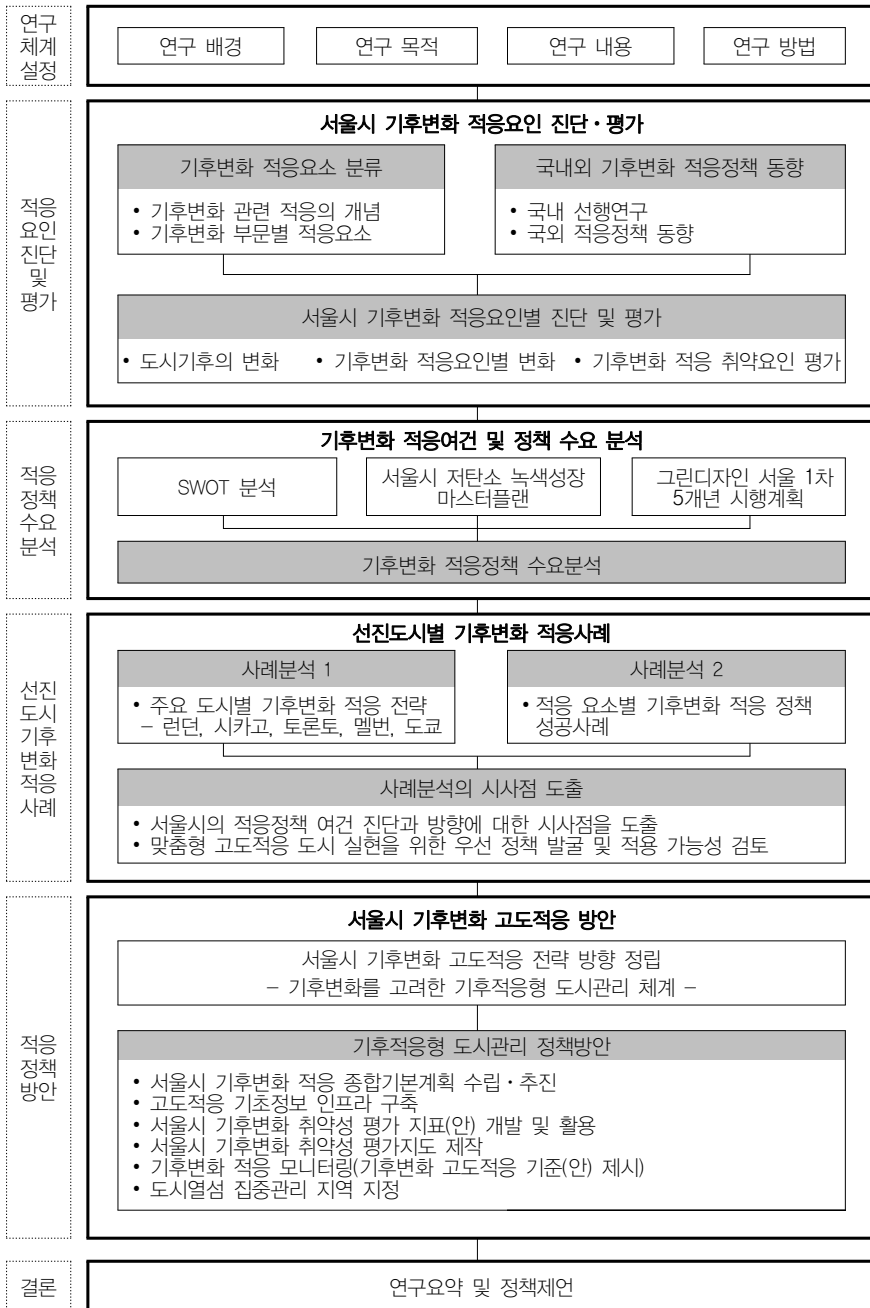
서울시 고도적응도시 실현을 위해 선진 외국도시에서 시행하고 있는 기후변화 적응계획과 추진전략을 분석하여 서울시의 적응정책 여건 진단과 방향에 대한 시사점을 도출한다. 사례분석은 크게 기후변화 적응 가이드라인 및 계획 지침 사례, 성공적인 기후변화 적응정책 성공 사례로 나눠 실시한다.

3) 마스터플랜·시행계획과 연계한 정책수요 파악

2010~2030년의 『서울형 저탄소 녹색성장 마스터플랜』과 『그린디자인 서울 1차 5개년 실행계획』의 중장기적 계획과의 연계성을 높여 고도적응 도시의 실현을 위해 우선되어야 할 적응부문의 정책수요를 파악한다.

4) 설문조사

전문가 집단을 대상으로 기후변화 적응에 관한 설문조사를 실시하여 기후적응정책의 우선순위를 파악하고, 정책여건을 진단하여 향후 서울시 기후변화 적응 맞춤형 도시관리 정책방안 마련의 기초자료로 활용한다.



〈그림 1-2〉 연구의 체계

제2장 기후변화 적응요인 진단 및 평가

- 제1절 기후변화 영향 부문별 적응요소 분류
- 제2절 국내외 기후변화 적응정책 동향
- 제3절 서울의 도시기후 변화
- 제4절 서울시 기후변화 적응 취약요인 진단
- 제5절 서울시 기후변화 적응 취약성 평가

제2장

기후변화 적응요인 진단 및 평가

제1절 기후변화 영향 부문별 적응요소 분류

1. 기후변화 관련 적응의 개념

유엔 산하 ‘기후변화에 관한 정부 간 협의체’(IPCC)에 의하면 적응(adaptation)은 ‘기후자극과 기후자극의 효과에 대응한 자연, 인간 시스템의 조절작용’으로 정의된다. 기후변화는 적응과정을 통해 부정적 위험이 감소되고 오히려 유익한 기회로 활용될 수 있음을 의미한다. 적응은 시점, 주체, 의도 등에 따라 사전과 사후 적응, 개별과 공공 적응, 자생적 적응과 계획된 적응으로 구분된다(IPCC, 2001a).

<표 2-1>에 나타난 적응에 대한 주요 국제기구의 정의는 모두 기본적으로 기후변화와 그 변화에 대처하는 행위에 대해 주목하고 있다. IPCC에서 기후자극이라고 명명한 용어는 현재 일어나고 있는 현상뿐만 아니라 미래에 일어날 현상까지도 포함한다. 국제연합계획(UNDP)은 기후변화에 대처하는 행위의 구체적인 형태를 완화, 대처, 이용 등의 용어를 사용하며 이를 적응과 연계시킨다. 유엔기후변화협약(UNFCCC)은 방제독의 건설, 기후에 맞는 재배 농작물의 변화 등과 같은 보다 구체적인 측면에서 기후변화 적응을 설명하고 있다. 영국의 기후영향 프로그램(UK Climate Impact Programme)은 기후를

〈표 2-1〉 적응의 정의

구분	정의
IPCC	실제로 일어나고 있거나, 일어날 것으로 예상되는 기후자극과 기후자극의 효과에 대응한 자연, 인간시스템의 조절 작용
UNDP	기후변화 현상에 수반된 결과를 완화, 대처하고 이용하는 전략을 강화, 개발, 실행하는 과정
UNFCCC	지역사회와 생태계가 변화하는 기후조건에 대응할 수 있도록 취하는 행동
UK CIP	기후변화와 관련된 손해와 그 손해에 따른 위험을 감소하고, 이익을 파악하는 과정, 혹은 그 과정에서 나온 미래 기후조건에 영향을 미치는 결과

자료 : Levina and Tirpark, 2006 재정리

지속적으로 변화하는 위험요인이라고 보고, 기후에 대한 적응을 세 부분으로 나누어 설명하고 있다. 즉 적응은 ① 변화하는 기후로 인한 위험을 인지하고, ② 그 위험과 관련한 부정적인 영향을 감소시키거나 관리할 수 있는 의사결정을 하며, ③ 이를 긍정적으로 이용할 수 있는 기회를 찾는 과정으로 이해하고 있다. 적응과정에서 내려진 결정은 다시 미래의 기후조건에 영향을 미치게 됨에 따라 적응은 위에서 열거한 일련의 과정에서 나온 결과(미래조건에 영향을 미치는 정책이나 물리적 조건의 변화 등)도 포함하게 된다(UK CIP, 2003).

한편 기후변화에 대한 적응 종류는 장래 예측되는 기후변화와 그 영향에 대응하는 예방적(precautionary) 방법으로 사전예방적(anticipatory) 적응과 과거 및 현재의 관측된 기후변화와 그 영향에의 대응, 적응적(managed adaptive) 접근방법으로 사후반응적(reactive) 적응으로 분류할 수 있다.

〈표 2-2〉 기후변화에 대한 적응유형

구분		사전예방(anticipatory)	사후예방(Reactive)
자연계			• 식물 생장기의 단축 혹은 연장 • 습지대의 이동 • 생태계 변화
인간계	민간	• 빌딩 건축 변화 • 재해보험 가입 • 새로운 소비자제품 고안	• 집 옮기기(moving home) • 보험료 변경 • 에어컨 구입
	공공	• 조기경보체계 설치 • 새로운 빌딩코드 수립 • 제방 구축	• 보상금이나 보조금 지급 • 빌딩코드 강화 • 해안 모래공급(양분) : Beach nourishment

자료 : 한화진 외, 「기후변화 영향평가 및 적응 시스템 구축Ⅲ」, 한국환경정책평가연구원, 2007.

2. 기후변화 영향 부문별 적응요소

1) 건강

기후변화가 건강에 미치는 영향은 IPCC의 1차 보고서에서 거론된 이래 점차 관심이 증가되어, 3차 보고서의 건강영향이 포함된 장(Impacts, Adaptation, & Vulnerability)에서는 크게 5개 분야로 대별하여 기후변화로 인한 영향을 설명하고 있다.

- 열스트레스(Thermal Stress)
- 극단적 현상과 기상재난(Extreme Events and Weather Disasters)
- 대기오염(Air Pollution)
- 전염성 질환(Infectious Diseases)
- 연안문제(Coastal Issues)

4차 보고서는 기후변화 예측모델을 이용하여 미래의 부문별, 지역별 영향 전망을 포함하고 있는 것이 특징이며, 건강적인 측면에서 영양결핍, 심장병과 전염병 등의 증가, 열파, 홍수, 가뭄 등으로 인한 사망자수의 증가, 질병을 매개하는 동물 분포의 변화 전망이 포함되어 있다.

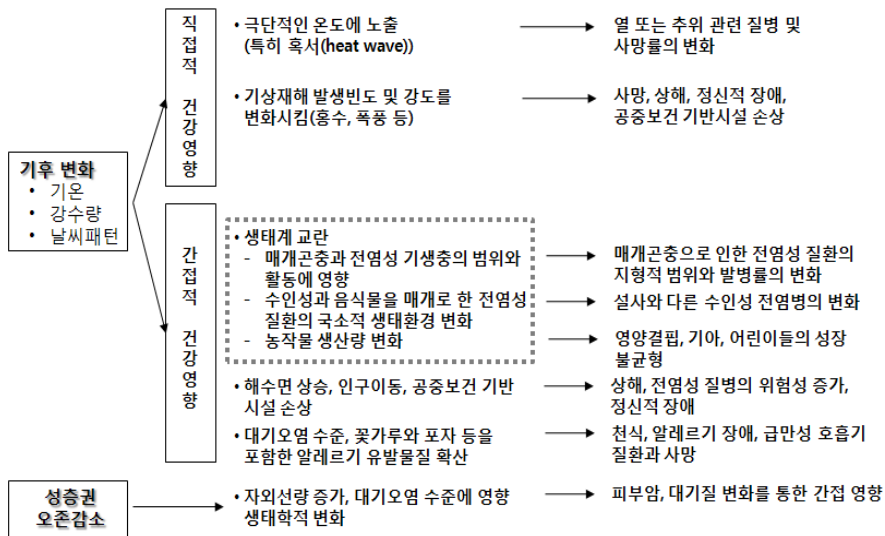
세계보건기구(WHO) 역시 기후변화가 건강에 미치는 영향은 기후변화로 인한 물리적, 생태계, 경제적 환경과 사회에 미치는 영향을 종합적으로 반영하는 것으로 보았으며, 건강에 영향을 미치는 요인을 7개 부분으로 분류하고 있다.

- 기후의 변이와 극단적 기후현상(Climate Variability and Extreme Weather Events)
- 자연재해(Natural Disasters)
- 매개숙주를 통한 전염성 질환(Vector-borne Infectious Diseases)
- 식품안전(Food Security)
- 수자원의 질과 양(Water Quality and Quantity)

- 도시의 질 : 열스트레스와 대기오염(Urban Quality : Heat Stress and Air Pollution)
- 사회적 혼란(Social Disruption)

이와 같이 기후변화가 건강에 미치는 영향은 기온, 강수량 등의 변화로 인하여 직접적 건강피해를 입히는 직접적 영향과 생태계나 대기오염의 변화 또는 질병의 숙주나 서식 등의 변화를 통한 간접적 영향으로 구분할 수 있다.

예를 들어 직접적 영향으로는 열사병을 일으키는 고온, 사망이나 상해를 초래하는 홍수나 산사태가 있다. 간접적인 영향으로는 전염성 질병의 전염을 악화시키는 환경적 변화, 위생체계를 해치거나 작물수확량을 감소시켜서 영양부족을 초래하는 물부족 등을 들 수 있다.



자료 : 환경부, 「한반도 기후변화 영향평가 및 적응프로그램 마련—기후변화로 인한 건강피해 가능성 조사 및 피해 저감정책 방향에 관한 연구」, 2003. 9.

〈그림 2-1〉 지구적 규모의 기후변화로 인한 건강영향

반면 일부 지역에서는 기후변화로 인해 특정질병의 매개체나 병원균에게 부적절한 환경이 조성됨으로써 건강개선효과를 누릴 수도 있다. 그러나 주목할 점은 인과관계사슬이 복잡하기 때문에 기후변화로 인한 건강문제는 동시에 다른 요인들의 결과이기도 하다는 점이다. 부의 소득 분배, 공공건강기반시설 상태, 적절한 영양 공급과 위생시설 등이 건강에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

〈표 2-3〉 건강에 미치는 기상과 기후변화로 인한 영향별 건강취약성 사례

현상	건강문제	건강취약성 사례
기후 온난화, 가뭄, 열파, 홍수, 산사태, 폭풍(windstorms)	기온 관련 질병이환 및 사망	• 혹한 및 혹서관련 질병(열사병) • 호흡기 및 심장혈관 질환
	극한 기후현상으로 인한 건강영향	• 공중보건 인프라 피해 • 물공급, 위생시스템, 건강관리 기반시설(health care infrastructure) 붕괴 • 상해 및 질병이환 • 재난으로 인한 외상 후 스트레스 장애(post-traumatic stress disorders) • 산업보건위해요인 • 인구의 이동
	대기오염 관련 건강영향	• 옥외 및 실내 공기오염물질에 대한 노출 변화 • 천식 및 다른 호흡기계 질병 • 심장마비 및 뇌졸중, 기타 심혈관질환 • 산불로 인한 대기질 악화
	식수 및 식품 오염	• 위생용수 감소 • 식량 공급 감소로 인한 영양 부족 • 장관계 질병(설사, 구토 등)
	매개동물로 인한 전염성 질병	• 박테리아, 바이러스 및 모기, 진드기와 같은 매개동물로 인한 질병
	성충권 오존 감소로 인해 자외선 노출 증대	• 피부암 • 백내장 • 면역기능 장애
	도시 및 지방 지역 주민의 취약성	• 노인/어린이/장애인/생계형 인구집단 • 만성질환자 • 최근 이민자들 • 저소득층 및 노숙자
	지역사회 보건 및 사회경제적인 영향	• 건강의 결정요인 변화 • 전 세계적인 질병 부담 • 지역사회 경제의 취약성 • 온실가스 감축 기술 위험과 건강이익

자료 : 한화진 외, 「기후변화 영향평가 및 적응 시스템 구축Ⅲ」, 한국환경정책평가연구원, 2007.

IPCC와 WHO는 기후변화가 주로 열대와 아열대국가의 저소득층 건강을 해칠 가능성이 있다고 결론을 내렸다. 보건상황이 열악한 개도국에 가장 심각한 결과를 초래할 수 있는 기후변화 영향은 설사병과 영양실조이다. 개도국에서의 말라리아는 기존 발병지역 외의 지역으로 전파될 가능성이 있다. 대체적으로 선진국은 개도국보다 기후변화 적응능력이 강하다. 일반적으로 선진국의 적응전략은 기존의 공공보건을 토대로 해서 개선하거나 확대하는 방식을 취할 수 있다. 물론 선진국도 새로 경험하게 될 수 있는 말라리아와 같은 질병에 대응하기 위해서는 새로운 프로그램을 준비해야 하며, 빈곤층을 보호하기 위한 전략 수립이 필요하다.

기후변화 위험을 해결하기 위해 구상되는 공공보건 수단은 수준별 즉 개인, 공동체, 국가별로 다양하다. 예를 들어 고온에 대응하기 위해 개인은 수분섭취 증대와 같은 적절한 반응을 하기 위한 정보를 필요로 할 것이며, 공동체 수준에서는 지방정부가 폭염 발생 시 취약한 사람들이 휴식을 취할 수 있는 쿨링 센터(cooling centres)를 운영할 수 있다. 국가는 단기적으로는 기상예보를 개선할 수 있으며 장기적으로는 건물 신축 시 기후변화를 감안토록 하는 법규를 제정할 수 있다. 보건 부문에서 사용할 수 있는 적응 수단은 법적(legislative), 기술적(technical), 교육적, 행위적(behavioural)으로 구분할 수 있다(<표 2-4> 참조).

기후변화 적응 수단들은 완화에도 도움이 되며 역으로도 마찬가지이다. 예를 들어 옥상정원으로 도시의 열섬효과를 줄이는 적응방법은 단열재 역할을 함으로써 건물의 에너지 사용량을 낮추어 결과적으로 화석연료의 사용을 줄일 수 있다.

한편 고온과 극한기상 현상이 건강에 미치는 영향을 해결하기 위한 가장 중요한 수단 중 하나는 효과적인 조기경보체계이다. 기후변화를 토대로 하는 조기경보 체계는 콜레라, 말라리아, 뎅기열, 황열병 등 여러 질병에 대한 사전 대응 정보전달 수단으로 활용될 수 있다.

〈표 2-4〉 기후변화로 인한 건강부문 적응 사례

건강영향	법적 적응	기술적 적응	교육적 권고	문화적·행위적 적응
고온현상	• 새로운 계획법 • 새로운 건축 가이드라인	• 열섬효과를 줄일 수 있는 도시계획 • 에어컨	• 조기경보 체계	• 냉감용 의복착용 • 고온 시 업무휴식제 실시 • 폭풍대피소 이용
기상재해	• 법적인 기획 • 경제적 지원 • 홍수방지 위한 토지 사용 계획 실시 • 무분별한 주거지 개발 행위 금지	• 도시계획 • 대피소 • 강력한 호안 시설 건설 • 위생 시스템 확충	• 조기경보 체계	• 대피소 운영 • 기상통보
공기의 질	• 교통량 통제 • 배출 조절	• 대중교통 개선 • 촉매 변환장치 • 굴뚝 높이기	• 오염경보	• 카풀
설치류에 의하여 매개된 질병	• 백신 프로그램 실시 • 백신 관련법 도입	• 매개체 조절 • 감시체계구축, 예방, 프로그램관리 • 창문 커튼장치 설치 • 병원체 매개동물의 불임 수컷 방출	• 보건교육	• 물 보관 시 유의 • 열대 곤충 퇴치제 사용 • 제충제 함유 방충망 사용
수인성 질병	• 수질 보호법 • 수자원 질 관리 권고	• 병원균 관리 • 수처리와 위생개선	• 끓인 물의 유용성에 대한 지각	• 손씻기와 위생에 주의 • 오물저장식 변기사용

자료 : IPCC, 「Climate Change 2001 : Impacts, Adaptation & Vulnerability」, Third Assessment Reptot, 2001.

2) 기반시설

사회기반시설은 각종 생산활동의 기반이 되는 시설, 당해 시설의 효용을 증진시키거나 이용자의 편의를 도모하는 시설 및 국민생활의 편의를 증진시키는 시설로서 상·하수도 등의 수도시설, 교통시설, 에너지시설, 통신시설 등 다양한 시설물을 포함하고 있다.

기후변화가 사회기반시설에 미치는 영향은 여러 측면에서 찾아볼 수 있다. 태풍, 폭풍, 강풍 등의 바람이나 폭우와 호우에 의한 외형의 파손, 붕괴 등의 대규모 피해에서부터 혹서나 혹한, 침수 등에 따른 부식, 변형, 노화 촉진과 같은 상대적으로 덜 가시적인 피해도 있다. 이와 관련하여 CSIRO(2007)가 제시한 기후변화에 의한 주요 기반시설별 영향은 <표 2-5>와 같다.

이처럼 기후변화는 기반시설 중에서도 건물 및 시설물에 특히 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있으며, 전기시설과 유선통신망 및 공항, 그리고 도시편의 시설 등에도 큰 영향을 미쳐 기후변화에 취약한 시설을 중심으로 대응방안을 마련해야 함을 알 수 있다(명수정 외, 2009).

〈표 2-5〉 주요 사회기반시설별 기후변화 영향

기반 시설 유형	기후변화 영향											
	태양 복사열 증가	유효한 수분의 감소	우·건기 변동성 증가	기온 및 혹서 증가	강우 감소	일일 집중 호우 증가	폭풍 빈도와 강도 증가	강풍 강도 증가	뇌우 발생 증가	산불 증가	해수면 상승	습도 증가
수도	△	○	○	○	○	○	○	△	△	○	△	△
하수시설	△	○	○	△	○	○	○	△	△	△	○	△
우수처리시설	△	○	○	○	△	○	○	△	△	△	○	△
전기	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△
가스와 기름	△	○	○	△	△	○	○	△	△	○	○	△
유선통신망	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	△
무선통신망	△	○	△	△	△	△	△	○	△	△	△	△
도로	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△
철도	△	○	○	○	○	○	○	△	○	△	△	△
교량	○	△	△	○	△	○	○	○	△	△	△	△
터널	△	△	△	△	○	○	○	△	△	△	○	△
공항	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	△	△
항만	△	△	△	△	△	○	○	○	△	△	○	△
건물 및 시설물	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
도시편의시설	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	△

주 : △ 경미한 위험 - 자연의 변동 가능성 내의 '경미한' 위험을 나타냄.

○ 명백한 위험 - 자연의 변동 가능성 내의 '명백한' 위험을 나타냄.

자료 : CSIRO(2007); 명수정 외(2009), 「기후변화 적응 강화를 위한 사회기반시설의 취약성 분석 및 대응방안 연구 I」, 한국환경정책평가연구원에서 재인용

명수정 외(2009)는 우리나라 사회기반시설의 기후변화 취약성 평가를 위해 기반시설과 기후변화 관련 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하였다.⁷⁾ 설문

7) 설문조사 항목은 4개의 대분류 아래 전체 19개의 세분류에 해당하는 사회기반시설을 선정하여 기후변화와 관련된 대표적인 사상(평균기온 상승, 해수면 상승, 태풍 및 폭풍, 홍수 및 집중

조사 결과, 기후변화의 유형별 영향의 발생 가능성은 ‘평균기온 상승’과 ‘홍수 및 집중호우’가 상대적으로 높았고, ‘혹한’이 낮은 것으로 나타났으며, 사회기반시설군 전체적으로 ‘홍수 및 집중호우’와 ‘태풍 및 폭풍’에 대한 기후변화 취약성이 높은 것으로 조사되었다. 기반시설별로는 하천시설, 주거시설, 관개 시설이 기후변화에 전반적으로 취약한 것으로 나타났다. 이렇게 기후변화에 취약한 기반시설에 대해서는 적절한 대응책을 마련할 필요가 있음을 강조하고 있다.

〈표 2-6〉 사회기반시설의 기후변화 영향별 취약성

구분		평균 기온 상승	해수면 상승	태풍 및 폭풍	홍수 및 집중호우	가뭄	혹한	혹서	계
교통 통신	도로			○	○				2
	철도			○	○				2
	공항			○	○				2
	항만		○	○	○				3
	통신			○					1
에너지	발전시설								-
	저장시설								-
	전송시설			○					1
시설 환경	주거	○		○	○			○	4
	의료교육								-
	폐기물처리								-
	산업단지								-
	해수욕장		○	○					2
	스키장	○							1
	국립공원								-
수자원	상수시설				○	○			2
	하수시설				○				1
	하천시설	○	○	○	○	○			5
	관개시설				○	○			2

자료 : 명수정 외, 「기후변화 적응 강화를 위한 사회기반시설의 취약성 분석 및 대응방안 연구 I」, 한국환경정책
평가연구원, 2009.

호우, 가뭄, 혹한, 혹서의 7가지 주요 사상을 각 기후사상의 발생 가능성과 발생결과(피해수
준)), 적응의 긴급한 정도, 적응의 투자규모에 관한 질문으로 구성됨.

3) 물관리

기후변화에 대한 수자원 적응대책을 수립하기 위해서는 기후변화에 의한 수자원의 영향평가 및 취약성 분석이 선행되어야 한다. 수자원의 취약성은 홍수, 가뭄, 용수공급, 발전, 주운, 하천유지용수 등 수자원의 제반 분야별로 평가되는 것이 특징이다.

기후변화에 대한 수자원의 가장 큰 취약점은 체계적으로 관리되지 못하고 있는 수자원시스템, 그리고 효율적이지 못한 수자원 사용과 수질보호를 방해하는 지속적이지 못한 관리정책, 부적절한 유역관리, 다양한 물공급과 수요 변화에 대한 관리의 실패, 전문적인 가이던스의 부재 등을 들 수 있다.

기후변화로 인한 기온의 상승, 강수량의 지역적·시간적 변동의 심화, 기후변화가 수자원의 개발과 관리에 미치는 영향, 그리고 이들 영향을 줄임으로서 홍수와 가뭄으로 인한 피해를 저감할 수 있는 방안 마련이 필요하다.

(1) 홍수

기후변화로 인한 홍수 측면의 취약성을 극복하기 위해서는 수자원 장기종합계획의 『치수종합계획』과 연계하여 적응방안을 도출할 필요가 있다.

구조적인 적응 정책이 가장 효과적인 방법이나 환경문제 등으로 인해 신규 댐 건설은 어려운 상황이므로 기존의 댐 및 저수지를 활용한 적응정책이 적합할 것이다. 이러한 정책에는 기존 다목적댐의 치수능력 증대 및 댐 간 연계운영을 통한 홍수조절 능력 최적화, 전국 1만 8천여개 농업용 저수지 중 홍수조절 목적으로 활용 가능한 저수지의 치수능력 보강, 강변저류지/지하하천/방수로/홍수저류공간설치, 홍수피해 취약지구 주민의 이주 지원, 도시지역의 유출억제시설·임시저류시설·침투시설 설치, 하천별로 제방이 방어할 수 있는 홍수량을 분담하는 홍수량 분담제 실시, 제방 축조 등 하천개수를 위한 주자 확대, 통수단면 확보를 위한 하천준설 및 하천변 부지 확보, 빗물펌프장 등의 내수배제시설 확충 등이 있을 것이다.

비구조적인 적응 정책으로는 홍수예보시스템의 예보능력 향상, 돌발홍수 예경보 시스템 개발 및 정착, 홍수위험(피난) 지도 작성, 비상대피 정보체계의 강화, 토지이용규제를 통한 근본적인 홍수대책, 풍수해 보험제도 활성화를 통한 홍수피해 관리 최적화, 자연재해에 대한 홍보 및 교육 강화 등이 있다.

(2) 가뭄

기후변화로 인한 가뭄피해의 증가에 대비하기 위해서는 수요관리를 통한 건전한 물이용 체계 강화, 지역특성과 경제 효율성에 적합한 수자원 개발 등의 적응전략이 필요하다.

구조적 적응 대책으로는 친환경적 중소규모댐 개발을 통한 신규 수자원 확보, 중소규모 저수지의 효율적 관리, 지역적 물이용 형평성 및 안정성 확보를 위한 상수도 보급률 확대, 빗물 저류시설 설치 및 이용, 도서 및 해안지역의 물 부족 해소를 위한 해수 담수화, 노후관 교체 및 절수기기의 보급, 공업용수의 재이용, 지하댐 개발, 저수지 퇴사 조절을 통한 댐이용 효율성 증대 등이 있다.

비구조적 적응 대책으로는 물수요 관리를 위한 정보제공 및 교육 프로그램 개발, 수요관리를 위한 인센티브 등 제도적 정비, 실시간 물관리시스템 구축, 유역 간 물 이동을 통한 물이용의 안정성 및 형평성 향상, 극한 가뭄 발생 시 용수공급 대책 추진 등을 고려할 수 있다.

4) 생태계

기후변화가 산림에 미치는 영향은 국가 및 지역에 따라 그리고 연구 또는 모니터링의 수준과 기간에 따라 매우 다르다. 또한 어느 영역까지 영향을 미치는지의 여부도 범위의 한정을 어렵게 하는 요소가 되고 있다. 기후변화가 산림 분야 전반에 미치는 영향의 영역(UK DFRA 2001)은 다음과 같다.

－생장기간의 연장 및 이산화탄소 농도 증가에 기인한 생산성 향상 : 최고

25% 정도까지 가능

- 생산성 증가는 지역에 따라 강수량의 감소, 양분의 불균형, 대류권의 오존 농도 증가 등의 이유로 제한적이 될 가능성이 있음
- 이산화탄소 농도 증가에 따라 증발산이 증가하고, 그 결과 수분 손실이 증대되어 임관의 통도성 감소
- 강풍에 의한 피해 증가
- 병충해의 발생 증가
- 일부 종에서 생물계절학적 변화로 서리 피해 증가
- 수목한계선의 상승으로 임목지 증가
- 질소 배출량의 증가로 인한 임목지 하층식생의 변화
- 개화 및 결실 변화로 일부 종의 천연 갱신 가능성 변화
- 산림의 도시에서의 다양한 용도 및 휴양 목적 이용을 위한 수요 증가, 재 생산자원으로서의 가치 상승으로 산림에 대한 사회경제적인 요구 증가
- 임목의 상업적 이용에 따른 수종 분포도 변화
- 일부 지역 특정 종의 경우 극심한 건조로 인한 고사 증가
- 산불 발생 위험도 증가 및 목재의 질 저하

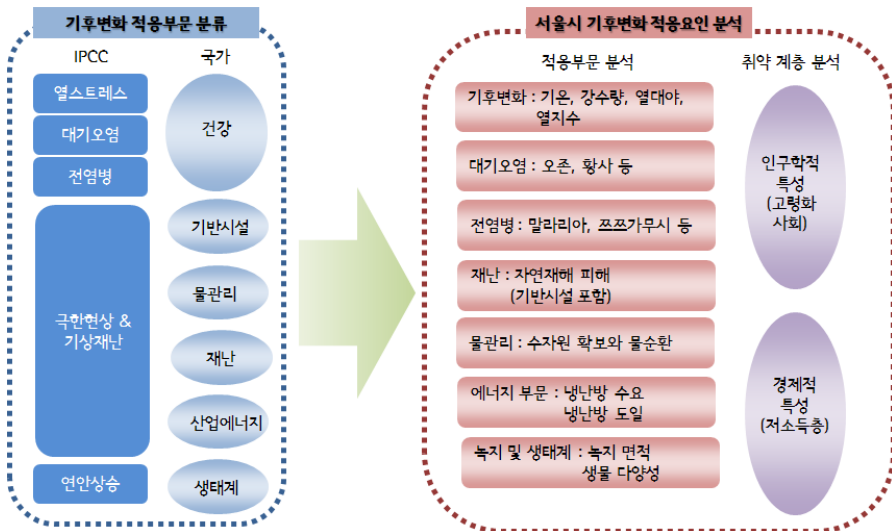
기후변화가 산림에 미치는 악영향을 완화하기 위한 산림부문의 기후변화 적응을 위한 정책 및 전략을 분류하면 크게 지속가능한 산림경영, 산림생태계 보호, 산림면적 유지 및 확대, DB 구축 및 GIS, 산림자원 이용 증진, 재정 및 기술지원 등 6가지로 정리할 수 있다(한화진 외, 2007).

3. 서울시 기후변화 적응요인 분류

전술한 바와 같이 기후변화 적응부문은 IPCC에서는 열스트레스, 대기오염, 전염병, 극한현상 및 기상재해, 연안상승으로 분류하였으며, 국가에서는 건강,

기반시설, 물관리, 재난, 산업에너지, 생태계로 총 6개 범주로 분류하여 적응대책을 수립하고 있다.

이 연구에서 서울시 기후변화 적응요인은 IPCC, 국가의 적응분류를 기본 바탕으로 하여 기후변화, 대기오염, 전염병, 재난, 물관리, 에너지부문, 녹지 및 생태계 등 총 6개 부문의 요인으로 분류하고 있다. 이와 함께 인구학적 특성과 경제적 특성을 반영한 취약계층 관련 부문이 기후변화 적응요인으로 추가되었다.



〈그림 2-2〉 서울시 기후변화 적응요인 분류

제2절 국내외 기후변화 적응정책 동향

1. 국내 적응대책 현황

1) 중앙정부⁸⁾

(1) 기후변화협약 대응 종합대책

정부의 1차 및 2차 종합대책은 기후변화 완화만을 다루었으며, 적응에 관련된 논의는 3차 대책을 계기로 시작되었다. 이는 IPCC 등 국제사회의 논의동향 변화에 따른 것으로 3차 대책은 기본 방향에서 3대 추진 목표 중 하나로 기후변화가 국민에게 미치는 부정적 영향 최소화를 내걸고 협약이행 기반구축사업, 부문별 온실가스 감축사업과 함께 기후변화 적응기반 구축사업을 3개 사업으로 제시하였다. 하지만 3차 종합대책 중 적응관련 예산은 190억원 정도로 전체 예산 대비 0.1% 수준에 불과하여, 90% 이상의 예산이 배정된 온실가스 감축에 비해 예산 비중이 매우 낮았다(<표 2-7> 참조).

2006년도 기후변화 대응 종합대책 사업평가 보고서(국무조정실, 2007)에 따르면, 온실가스, 기상, 해양, 산림, 농업 등 다양한 기후변화 자료 확보를 위한 기반 구축이 주요 성과이나, 예산규모나 연구개발 단계는 선진국에 비해 초기 단계로 향후 모니터링과 미래 영향 및 취약성 평가를 위해서는 장기적인 지원이 필요한 것으로 평가되었다. 또한 자연재난 종합대책에 기후변화로 인한 방재대책이 포함되지 않은 점이 개선사항으로 지적되고 있다.

8) 노무현 정부는 기후변화 대응을 위해 「기후변화협약 대응 종합대책」이 1차(1999~2001), 2차(2002~2004), 3차(2009~2007)에 걸쳐 수립하였으며, 2007년 12월에 기후변화 제4차 종합대책(5개년 계획)을 발표하였으나 이명박 정부가 들어서면서 보완·수정되어 2008년 9월 「기후변화대응 종합기본계획」이 확정됨.

〈표 2-7〉 기후변화협약대응 제3차 종합계획에 포함된 적응관련 추진과제

구분	세부과제	주관부처	예산 (백만원)
기후변화 모니터링 및 방재기반 확충	한반도 온실가스 감시 및 측정기술 개발	기상청, 환경부	2,228
	기후변화 시나리오 활용기술 개발	기상청	1,229
	조위관측소 증설	해양수산부	2,600
	자연재난 종합대책 수립 추진	소방방재청	
생태계 및 건강 영향평가 관련 연구개발	부문별 기후변화 영향평가 및 적응방안 마련	환경부	1,100
	한국기후변화협의회(KPCC) 운영 및 기후변화 대응 강화	환경부, 기상청	1,000
	기후변화가 산림생태계에 미치는 영향 연구	산림청	380
	기후변화가 연안생태계에 미치는 영향과 대응연구	해양수산부	2,200
	기후변화에 따른 동중국해 해양 생태계 변동예측 연구	해양수산부	900
	기후변화에 따른 생태계 변화 모니터링 사업	환경부	5,200
	한반도 기후변화 진단지표 생물종 조사	농촌진흥청	157
	농경지 이용에 따른 탄소고정능력 연구	농촌진흥청	600
	강수량 변화가 농업용수에 미치는 영향평가	농촌진흥청	900
	황사에 따른 농업환경 영향평가	농촌진흥청	360
	작물의 생육 및 생산성 영향평가	농촌진흥청	120
	기후변화에 따른 건강영향 평가	복지부, 환경부	400

자료 : 기후변화협약대책위원회, 「기후변화협약대응 제3차 종합계획」, 2006.

• 제1차 기후변화협약 대응 종합대책(1999~2001년)

- 부문별 감축대책, 온실가스 감축기반 강화, 기술개발, 교토메카니즘 활용 등 36개 과제

• 제2차 기후변화협약 대응 종합대책(2002~2004년)

- 협상능력 강화, 온실가스 감축기술 개발, 온실가스 감축대책 강화, 교토메카니즘 및 통계기반 구축, 국민 참여와 협력유도 등 5개 부문 84개 과제

• 제3차 기후변화협약 대응 종합대책(2005~2007년)

- 협약이행 기반 구축, 부문별 온실가스 감축, 기후변화적응기반 구축 등 3대 부문 91개 과제

자료 : 국가기후변화적응센터 홈페이지(<http://kaccc.kei.re.kr>)

〈그림 2-3〉 기후변화종합대책의 변천

(2) 기후변화 제4차 종합대책(2007. 12)

정부는 계획기간을 3년 단위에서 5년 단위로 바꾸고, 명칭도 기후변화협약 대책에서 기후변화 종합대책으로 변경하여, 국가 차원에서 본격적으로 적응부문 대책을 보강하였다.

적응과 관련된 세부과제에는 기후변화 예측능력 제고, 기후변화 영향평가 및 적응, 범사회적 역량 강화가 있으며, 특히 기후변화 영향평가 및 적응 관련 부문에는 생태계, 대기, 보건, 농업, 산림, 해양, 산업, 물관리, 도시, 방재가 포함되어 있다. 범사회적 역량 강화를 위해 정부와 지방자치단체 간 기후변화 정책협의회를 발족·운영하며, 기업·사업장 단위의 탄소중립 프로그램 시행, 범국민 캠페인과 학교 환경교육을 통한 범국민 참여 확보 방안이 제시되고 있다.

(3) 기후변화대응 종합기본계획(2008. 9)

정부는 기후변화 제4차 종합계획을 재검토하여 2008년 9월 「기후변화대응 종합계획」을 발표하였다. 이는 8월에 신국가발전 패러다임으로 제시한 ‘저탄소 녹색성장’의 실천 전략이기도 하다.

기후변화 적응 관련 계획은 국민의 삶의 질과 환경개선 부문의 세부 과제 중 ‘기후변화 적응대책 추진으로 안전사회 구축’(단기과제)에서 다루고 있다. 여기에는 국가차원의 종합적인 부문별 기후변화 영향평가 및 적응 종합계획 수립, 기후변화 영향평가 및 취약성 분석 강화, 기후변화 대비 방재 패러다임 전환 및 예방체계 구축, 기후변화 피해저감을 위한 재난 등 위기관리 체계 구축 강화, 기후변화 적응대책 추진을 위한 국가인프라 확충 등의 대책이 포함되어 있다. 부문별 적응대책은 총 11개 분야로 제시되었는데, 지난 기후변화 4차 종합 계획에 비하여 금융분야가 추가되었다(<표 2-8> 참조).

〈표 2-8〉 기후변화대응 종합기본계획의 적응관련 과제

구분	적응부문 과제	비고
국가차원의 종합적 영향평가 및 적응대책 수립	국가 기후변화 적응 종합계획(마스터플랜) - 부문별 기후변화 영향인자 선정, 적응정책 목록 및 우선순위 선정 등 실천계획 마련	'08
	부문별 기후변화 영향평가 및 적응대책 추진 - 부문별 영향평가, 취약성 분석을 통한 장단기 적응대책 수립 추진	'08~'12
	한반도 기후변화 백서 발간 추진	'09~'12
기후변화 영향평가 및 취약성 분석 강화	기후변화 영향을 경제학적으로 분석한 보고서 발간	
	기후변화 통합 영향평가모델 구축	'08~'12
	국가종합계획 수립 시 지역별, 부문별 기후변화 영향 및 취약성 분석 실시 - 취약성 분석도구(취약성 지표) 도입(2008~) - 취약성 지도 작성 단계적 추진(2009~)	'08~
	기후변화에 취약한 국내 멸종위기종·야생종의 생태변화 연구 및 유전자원의 확보·보전방안 수립 이행	'08~
기후변화 대비 방재 패러다임 전환 및 예방체계 구축	기후변화에 따른 지역별·부문별 자연재난 위험예측 시스템 구축 - 자연재난 피해 예방을 위한 재난예측 시스템 구축 - 도시화, 산업화 등 사회구조변화에 따른 자연재해 위험도 분석	
	국토개발계획과 방재정책의 연계	
	자연친화적 방재환경 구축 - 자연친화적 물순환시스템 복원을 통한 홍수방어, 가뭄해소	
	기후변화대응을 위한 수방시설물 설계빈도 재설정 및 수방시설 신증설	
기후변화 피해저감을 위한 재난 등 위기관리체계 구축 강화	취약계층 대상 건강 등 기후변화 적응대책 강화	
	기후변화로 인한 재해 등 피해 대응수단으로써 보험제도 활용	
	국민 참여형 재난안전 훈련모델 개발, 대국민 재난 안전의식 함양을 통해 시민 사회 자율참여 확산	
	극한 자연재난 상황에 대비한 긴급구조, 긴급구호 체계 강화	
기후변화 적응대책 추진을 위한 국가인프라 확충	적응정책 수립을 위한 총괄적인 영향평가 연구체계 구축 - 중앙부처·지자체, 연구기관이 참여하는 「기후변화 적응포럼」 운영('08~) - 타 부문 정책과의 연계 강화 및 부문별 적응대책 수립지원	'08
	한국기후변화협의체(KPCC) 확대개편	'08
	지자체 기후변화 영향평가 및 적응대책 추진 지원 - 지자체 적응대책 모델 및 추진 가이드라인 작성 및 보급, 우수사례 홍보 - 정부-지자체-민간 적응 협력체계를 구축하여 체계적 추진 - 지자체 특성에 맞는 적응사업 발굴·추진에 대한 지원	'08~
	기후변화 적응분야의 유관사업 발굴 및 육성	

자료 : 국무총리실, 「기후변화대응 종합계획」, 2008.

〈표 2-9〉 기후변화대응 종합기본계획 부문별 적응대책(예시)

분야	적응대책
생태계	- 단기 생태계 변화연구 및 생태 장기 모니터링 기반 구축 - 생물다양성 영향 및 식생대 이동에 따른 대응책 수립 - 고유종 서식지 변화 및 생태계 분야 종합적 취약성 지도 작성
대기	- 국제 공동관측 및 모델검증 프로그램 참여 - 대기오염 측정망 확충 및 예경보시스템 운영
건강	- 기후변화로 인한 건강영향평가 및 건강위해감시체계 구축 - 기상재해대비 건강경보체계 구축 및 건강보호대책 수립 - 말라리아 등 기후변화 관련 질병 예방관리체계 강화
농업/수산	- 농작물 품종개량, 농업기상 재해경보 및 피해경감 시스템 구축 - 기후변화에 따른 수산·양식자원 변동과 대응방안 수립 - 한반도 온난화대응 난지 및 고령지 작물의 지역적응 대책 수립
산림	- 산불, 산사태, 병충해 등 산림재해 예측 및 적응시스템 구축 - 산림 생태계 변화 모니터링과 기후변화 영향 평가 및 적응전략 수립
해양	- 해양부문 기후시스템 모델 및 예측기술 개발 등 해양관측 인프라 구축 - 해수면 상승에 따른 연안재해관리 시스템 및 생태계 기반 연안환경 통합관리체계 구축
산업	- 에너지수급부문 장단기 영향 분석 및 전력 수요관리대책 - 에너지·산업부문 기후변화 적응방안 수립
물관리	- 기후변화에 따른 홍수, 가뭄, 하천환경 등 수자원분야 영향평가 - 기후변화에 따른 기존 수공구조물 취약성 분석 - 기후변화에 대비한 수자원분야 기준설정 및 적응대책 수립
도시	- 도시하천 침수피해 방지대책 수립 및 건축물 안전기준 강화 - 건물, 교통분야 재해 취약성 영향평가 및 적응대책 수립
방재	- 기후변화와 재난 발생 유형 변화에 대한 영향 분석 및 연구 - 국가차원의 통합 재난대응체계 구축 및 방재기준 재설정 - 거대 재해대비 방재산업, 교육기반, 재해경감활동 등 인프라 조성
금융부문	- 탄소배출권펀드 등의 기후변화 관련 파생 금융시장 활성화 - 풍수해 및 농작물재해보험 등 자연재해 관련 보험제도 강화

자료 : 국무총리실, 「기후변화대응 종합계획」, 2008.

(4) 국가 기후변화 적응 종합계획

정부는 「기후변화대응 종합기본계획」에서 국가 기후변화 적응 마스터플랜 수립을 주요 과제로 제시하였다. 이에 따라 정부는 2008년 국가 적응정책의 비전과 방향을 제시하는 국가 기본계획이자 ‘저탄소 녹색성장’의 주요 행동계획인 적응 종합계획을 수립하였다.

즉 정부는 2009~2030년을 계획기간으로 하여 ‘기후변화 적응을 통한 안전

사회 구축 및 녹색성장 지원'을 비전으로 하여, 단기목표(~2012년)로서 종합적이고 체계적인 기후변화 적응역량 강화, 장기목표(~2030년)로서 기후변화위험 감소 및 기회의 현실화를 제시하고 있다.

비전	기후변화 적응을 통한 안전사회 구축 및 녹색성장 지원
목표	〈단기목표(~'12)〉 종합적이고 체계적인 기후변화 적응역량 강화 - 한반도 시·공간적 취약성 지도 100% 작성 - 예측·감시 기술 수준 선진국 대비 70% 달성 〈장기목표(~'30)〉 기후변화 위험 감소 및 기회의 현실화 - 과거 10년(1996~2005년) 대비 기상재해피해 10% 감소 - 기후변화 적응 관련 생산 GDP
추진전략	전략 1 : 과학적이고 종합적인 기후변화 위험평가 체계 구축 전략 2 : 비용 효과적이고 지속가능한 적응 프로그램 마련 전략 3 : 적응역량 강화 및 인식제고를 위한 국내 파트너십 구축 전략 4 : 국제협력과 기여를 통해 글로벌 리더십 확보 전략 5 : 적응행동 이행 강화를 위한 제도적 기반 확보

자료 : 「국가 기후변화 적응 종합계획」, 2008. 12.

〈그림 2-4〉 국가 기후변화 적응 종합계획의 비전, 목표 및 추진전략



자료 : 국가기후변화적응센터 홈페이지(<http://kaccc.kei.re.kr>)

〈그림 2-5〉 국가 기후변화 적응 종합계획의 부문별 기후변화 적응프로그램

2) 지방자치단체

(1) 제주도

제주도(2007. 7. 11)를 시작으로 창원시(2007. 11. 12), 과천시와 경기도(2007. 8. 29), 부산시(2008. 1. 28) 등이 환경부와 ‘기후변화 대응 시범도시’협약을 맺었다. 이 중 제주도가 유일하게 적응대책을 포함하고 있으며, 나머지 지자체는 온실가스 저감 위주의 목표와 내용을 담고 있다. 제주도는 한반도 안에서도 기후변화의 영향이 심한 지역으로 감귤 경작지 북상으로 인한 소득감소, 대규모 태풍피해, 지하수 고갈 등으로 인한 타격이 클 것으로 예상되어 적응 위주의 기후변화 대책을 수립하게 되었다. 즉 기후변화가 제주도에 미치는 영향을 농업, 육상생태 및 산림, 해양수산, 교통, 건축 분야별로 분석하고, 이를 바탕으로 대응전략을 수립하여 시범사업을 추진할 예정이다.

(2) 강원도

강원도는 2008년 4월에 발표된 3G(Gangwon Green Growth) 프로젝트와 연계해서 강원도 전역을 공간적 범위로 하고 2010~2050년까지를 시간적 범위로 하여 강원도 기후변화 적응대책 및 중장기 발전계획을 단기, 중기, 장기로 구분하여 수립하였다.

주요내용은 기후변화적응 개념정립 및 사례조사, 강원도 기후변화 중·장기 예측, 강원도 부문별 기후변화 영향 및 취약성 분석, 부문별 기후변화 적응대책 수립, 강원도 부문별 기후변화 적응 중·장기 발전계획 등이다.

(3) 경기도

저탄소 녹색성장 기본법의 시행에 따라 경기도는 기후변화에 대한 체계적 대응을 위해 ‘경기도 기후변화 대응 종합계획’을 수립 중이다.⁹⁾ 종합계획에는

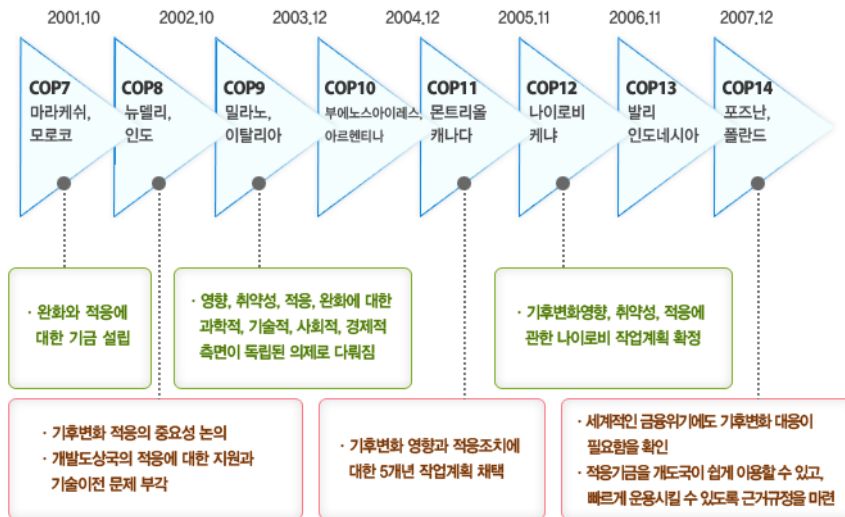
9) 2009년 5월~2010년 5월 「경기도 기후변화 대응 종합계획 수립」 용역이 추진되어, 2010년 7월에 완료될 예정이다.

국가의 온실가스 감축목표와 지역적 특성을 반영하여 경기도의 연도별 온실가스 배출량 감축목표를 중기목표(2020년), 장기목표(2030년)로 설정한 후 부문별 온실가스 저감 및 적응대책을 제시하고 있다. 중점 사업으로 “2020 경기 Green 500 프로젝트”를 제시하고 있으며, 적응대책과 관련해서는 생태계, 물 관리, 건강, 재해, 산업·기반시설에 대한 추진방향과 대책을 제시하고 있다.

- －생태계 : 생물다양성 유지 및 생태계 모니터링 체계 구축, 기후변화 적응 산림생태계 건강성 유지 증진
- －물관리 : 주요 물관리 중장기 계획에 기후변화 영향, 지역 특성에 맞는 친환경 대체수자원 개발 및 확보, 기후변화로 인한 하천 및 호소 수질 악화 예방 등을 반영
- －건강 : 기후변화 대비 전염병 예방관리 강화, 대기오염 취약군 건강관리, 폭염 취약군 건강관리, 기상재해 대비 체계 구축 등
- －재해 : 풍수해와 관련된 시설기준 검토, 풍수해 저감을 위한 비구조적 대응강화, 기후변화와 더불어 발생 가능한 재해 저감을 위한 구조적 대응강화, 기후변화 관련 보험제도 강화
- －산업 기반시설 : 기후변화 적응 농업 신품종 개발 및 수산자원 품종 확보, 기상재해 경감 및 병충해 예방 기술 개발, 농업생태계 유지보전 및 생물 다양성 증진, 도시 열섬 완화와 물 순환 증진을 위한 녹지조성 및 관리, 도시설계 변경을 통한 도시내 미기후 개선, 해수면 상승에 대비한 효율적인 국토 및 도시개발 방안 마련, 대규모 산업단지의 기후변화 취약성 저감을 위한 방안 수립, 사회기반시설에 대한 방재 및 안전대책 마련

2. 기후변화 적응에 관한 국제적 동향

국제사회에서 기후변화의 영향과 적응에 관한 논의를 시작한 것은 2001년 발간된 IPCC의 제3차 보고서 이후부터이다. 초창기 적응에 대한 논의는 상대



자료 : 국가기후변화적응센터 홈페이지(<http://kaccc.kei.re.kr/>)

〈그림 2-6〉 기후변화협약에서의 적응 논의

적으로 기후변화 영향에 취약한 개발도상국을 중심으로 진행되었지만, 기후변화의 재앙이 몰고 오는 영향이 개도국에 한정되지 않고 선진국을 포함하여 전 지구에 미침에 따라 적응에 대한 논의 또한 국제적으로 확대되었다. 기후변화협약(UNFCCC, United Nation Framework Convention on Climate Change)에는 온실가스를 줄이는 노력(완화)과 함께 기후변화 적응과 관련된 내용이 강조되고 있다. 기후변화협약 당사국총회(COP)에서 논의되었던 기후변화 적응에 관한 내용은 <그림 2-6>과 같다.

기후변화 적응문제는 2006년 기후변화협약 당사국총회(COP12)에서 나이로비 5개년 작업프로그램이 채택되면서 지구적 주요 현안으로 자리잡게 되었다. 나이로비 작업 프로그램은 항목별로 목표와 세부 활동사항 등을 명시하고 있는데, 1단계로 2007~2008년에는 작업분야별 계획을 확정하고, 2단계는 2009년부터 시작된다.¹⁰⁾

2012년 이후의 체제(포스트 교토)에 대한 협상을 2009년까지 완료하기로 한

‘발리로드맵’에서는 적응과 관련해서 적응행동의 조속한 이행을 위한 국제협력, 위험관리 및 위험저감 전략, 재해저감 전략 및 수단, 경제적 다변화, 협약의 촉매역할 강화 방안 등이 촉구되었다.

그리고 기후변화에 관한 정부 간 패널(IPCC)은 1990년 이래 5~6년 간격으로 기후변화 평가 보고서를 발간하고 있는데, 기후변화 영향, 적응에 대한 과학적, 정책적 정보를 제공하고 국제사회의 결정에 큰 영향을 주고 있다. IPCC는 실무그룹1(기후변화 과학), 실무그룹2(영향, 적응, 취약성), 실무그룹3(배출완화)으로 구분되어 있다.

〈표 2-10〉 기후변화 영향, 적응, 취약성에 관한 나이로비 작업 프로그램

1. 방법 및 도구	
목표	기후변화 영향, 취약성 및 적응 평가를 위한 방법 및 도구를 지속가능발전을 염두에 둔 적응 계획, 조치 및 활동계획으로 발전
세부 활동사항	- 기후변화 영향, 취약성, 적응 평가를 위한 방법론 개발 - 적응 계획, 조치 및 행동과 지속가능발전의 연계방법 및 도구 개발 - 현존하거나 새로운 방법 및 도구를 전파 - 비용/편익 분석을 포함한 기후변화 영향, 취약성, 적응 평가 방법 및 도구로부터 배운 경험과 교훈의 공유
2. 자료와 관찰	
목표	현재와 과거 기후에 관한 관찰자료나 다른 적절한 정보들의 수집, 관리, 교환, 접근 및 사용을 촉진하고 기후변이의 지속적 모니터링을 포함한 관찰 체계의 향상
세부 활동사항	- 지역 및 국가 차원에서 이해당사자들의 자료요구 및 제공과 사용능력 증대요구를 고려한 영향 및 취약성 이슈에 초점을 둔 체계적 관측 수행 촉진 - 관측 자료의 수집, 관리와 사용능력 증진 및 기술적 역량발전의 실용적 방법 강구 - 전통적인 지식을 통해 관찰된 기후변화의 영향에 대한 정보 교환
3. 기후모델링, 시나리오, 다운스케일링	
목표	예측된 기후변화의 정보 및 자료의 개발, 접근 및 사용을 촉진
세부 활동사항	- 지역적 기후 시나리오의 개발에 있어서 전 지구 시나리오와의 격차 파악 후, 이를 줄이기 위한 기후모형의 가용성과 적응성 파악 - 서로 다른 여러 모형들의 결과를 비교하고 이를 사용할 수 있는 실용적인 기회를 늘리며 이런 기회를 활용하거나 교육의 기회로 삼을 수 있는지 평가 - 기후변화 모형의 가용성과 적응성 확대 및 정책 입안자의 요구에 부합하는 자료로 다운스케일링하는 방법 분석

10) 적응에 관한 나이로비 작업 프로그램은 9가지(①방법 및 도구, ②자료 및 관찰, ③기후모델링 시나리오 다운스케일링, ④기후와 연관된 위험 및 극한 현상, ⑤사회경제적 정보, ⑥적응계획 및 실행, ⑦연구, ⑧적응기술, ⑨경제적 다각화) 중점분야에 대한 구체적인 목표 활동 사항을 명시하고 있음.

〈표 계속〉 기후변화 영향, 적응, 취약성에 관한 나이로비 작업 프로그램

4. 기후와 연관된 위험 및 극한 현상	
목표	현재와 미래의 기후변이와 극한 현상에 대한 영향 및 취약성에 대한 이해를 높이고 이를 지속가능발전과 연계
세부 활동사항	- 현재와 미래의 기후변이, 장기 기후변화 및 극한 현상의 발생과 영향에 대한 이해, 평가, 예측능력 및 지식 증대 - 극한 현상과 이의 영향, 기후관련 위험이나 영향의 임계치, 기후의 추세 및 지속가능발전에서의 합의 등에 관한 자료 사용능력 증대 - 기후 위험평가와 관리에 관한 정보사용과 경험분석 공유 - 이런 목적을 위한 도구 및 시스템 개발 촉진
5. 사회·경제적 정보	
목표	기후변화의 사회·경제적 측면에 대한 자료의 활용을 촉진시키고 사회·경제적 정보를 기후 변화 영향 및 취약성 평가와 통합
세부 활동사항	- 이용 가능한 사회·경제적 정보, 사회·경제적 정보 통합을 위한 요구 사항의 정보 파악
6. 적응계획 및 실행	
목표	과거와 현재의 실용적인 적응정책 및 조치, 즉 적응 프로젝트나 장단기 적응전략 및 지역적·토착적 지식 정보를 수집, 분석, 전파시키며 적절한 기관이나 이해당사자들의 정보 공유를 촉진
세부 활동사항	- 과거와 현재의 적응 조치와 활동, 지속가능발전에 대한 경험, 교환, 제한점의 정보 공유 및 적응조치 촉진을 위한 제안점 도출
7. 연구	
목표	적응 우선순위를 파악하고 현 적응 프로젝트나 전략에서 얻은 교훈을 바탕으로 하여 생긴 적응의 기술, 노하우, 실행 등을 개발하고 전파
세부 활동사항	- 적응능력의 증진과 유연성을 증대시켜 줄 적응 이행을 촉진하는 기회와 방법 분석
8. 적응기술	
목표	적응 조치에 대한 연구를 촉진하고 적응에 관한 기술, 노하우, 실행에 따른 경험들(알려진 적응 우선순위 및 현재 실행 중인 적응 프로젝트와 전략으로부터 얻은 교훈)을 파악하여 이를 발전
세부 활동사항	- 적응에 관한 기술과 노하우의 다양한 측면에 대한 연구를 증대시키는 것과 현재 진행 중인 적응 활동이나 프로젝트 이외에도 각 지역에 토착적인 지식이나 경험을 이전, 개발, 전파
9. 경제적 다각화	
목표	경제의 유연성을 증대시키고 취약한 경제부문의 의존도를 감소시키기 위해 경제다각화를 포함한 적절한 조치, 방법 및 도구에 대한 이해와 개발을 증대
세부 활동사항	- 경제적 유연성 증대를 위한 조치, 방법론 및 도구의 개발과 전파에 관한 경험과 기회 교환 - 제도적 능력 개발이나 경제다각화를 어떻게 지속가능발전 계획(특히 지속가능 경제 성장과 가난 근절을 촉진시킬 수 있는 계획)에 포함시킬지에 관한 이해 증진

자료 : 한화진 외, 「기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축Ⅲ」, 한국환경정책평가연구원, 2007.

제3절 서울의 도시기후 변화

일반적으로 기온, 습도, 바람상태 등과 같은 기후 변수는 도시 공간구조와 토지이용패턴, 그리고 식생구조 등에 의해 영향을 받게 된다. 도시지역의 기후 변화 패턴 구분은 도시생태계의 전반적 상황에 대응하여 적절한 도시구조, 토지이용, 식생 형성 등에 기여할 수 있는 단초를 제공할 수 있음을 의미한다.

이에 쾌적한 삶의 공간에서 일상생활을 영위하고자 하는 시민의 기초수요에 부응하기 위해 도시개발의 지속가능성 확보 노력과 함께 도시지역의 기후변화 대응은 최근 새롭게 조명되고 있다.¹¹⁾ 도시개발의 지속가능성은 사회적·경제적 가치 증진뿐만 아니라 환경적 가치 증진이 상호 융합된 개념임에 비추어, 도시 시설물의 적정 공간배치를 고려하지 못한 상태에서 진행된 급속한 도시화 과정은 도시기후의 변화를 유발하여 시민의 삶의 질을 떨어뜨리는 연유가 되기 때문이다. 도시화 과정에서 공통적으로 나타나는 도시기후의 변화패턴을 개략적으로 조명하면 다음과 같다.

1. 기온

지난 100년(1908~2007년)간 서울의 연평균 기온은 16.6℃, 연평균 최저기온은 7.3℃ 수준으로 각각 약 2.4℃, 3.7℃ 상승하여 지구 온난화에 비해 현저한 기온상승 추세를 보이고 있다. 그리고 연평균 기온은 처음 10년 기간(1908~1917년)에 10.6℃, 마지막 10년 기간(1998~2007년)에 13.0℃로 2.4℃씩 상승하여, 1908~2007년 동안 0.24℃/10년의 변화율로 상승 경향이 나타나고 있다. 그

11) 도시화의 진전에 따라 자연환경의 인위적인 변화와 함께 도시화 이전의 기후와 확연히 구분되는 ‘도시기후’라는 새로운 기후가 형성되는 현상은 Landsberg(1981) 이후 실험분석과 실증자료 등을 통해 알려짐.

리고 연평균 최고기온과 최저기온의 경우 지난 100년간 각각 0.11℃/10년, 0.37℃/10년의 변화율로 상승하여, 연평균 최저기온이 가장 뚜렷한 상승 경향을 보이고 있다.

〈표 2-11〉 서울시 기온변화 추세

구분	1908~1917	1998~2007	10년 변화율
연평균 기온	10.6℃	13.0℃	0.24℃/10년
연평균 최고기온	16.0℃	17.4℃	0.11℃/10년
연평균 최저기온	5.9℃	9.2℃	0.37℃/10년

자료 : 국립기상연구소, 「기후변화 이해하기Ⅲ-서울의 기후변화」, 2009.4.

1960~2009년까지 10년 단위로 기후변화를 분석한 결과 기온(평균 기온, 최고, 최저)은 꾸준히 증가하는 경향을 보인 반면, 습도는 감소하고, 풍속은 다소 약화되는 것으로 나타났다(<표 2-12> 참조).

〈표 2-12〉 서울시 도시기후 10년 단위 변화 비교

구분	기온(℃)			강수량 (mm)	상대습도 (%)	일조시간 (h)	평균속 (m/s)
	평균	최고	최저				
1960년대(1960~1969년)	11.7	16.5	7.5	1454.08	69.1	2123.38	2.4
1970년대(1970~1979년)	11.9	16.7	8.0	1274.40	69.4	2007.85	2.4
1980년대(1980~1989년)	11.7	16.4	7.7	1240.74	66.7	2218.44	2.6
1990년대(1990~1999년)	12.7	17.3	8.7	1546.47	65.4	2168.78	2.3
2000년대(2000~2009년)	12.9	17.2	9.1	1464.48	62.3	1820.61	2.3

자료 : 기상청 홈페이지 기상자료

2. 강수량

1908~2007년 기간 동안 서울의 연강수량은 1,330.7mm 수준이다. 처음 10년 기간(1908~1917)의 연강수량은 1,156.1mm이고, 마지막 10년 기간(1998~2007)

은 1,580.7mm 수준으로 424.6mm 증가하여, 지난 100년 동안 26.9mm/10년의 변화율로 증가하였다. 계절별로는 여름철의 강수량이 803.7mm로 가장 많으며 겨울철이 70.7mm로 가장 적다.

극한 강수 현상으로 인한 재해는 주로 여름철에 발생하며, 더욱이 서울의 경우에는 강수량 증가로 인한 강수강도가 증가하고 있다. 특히 여름철 강수량 및 강수강도의 증가 경향이 뚜렷하게 나타나고 있어, 향후 호우로 인한 재해에 대한 대비가 더욱 중요한 사항으로 나타날 전망이다.

3. 열지수(heat index)¹²⁾

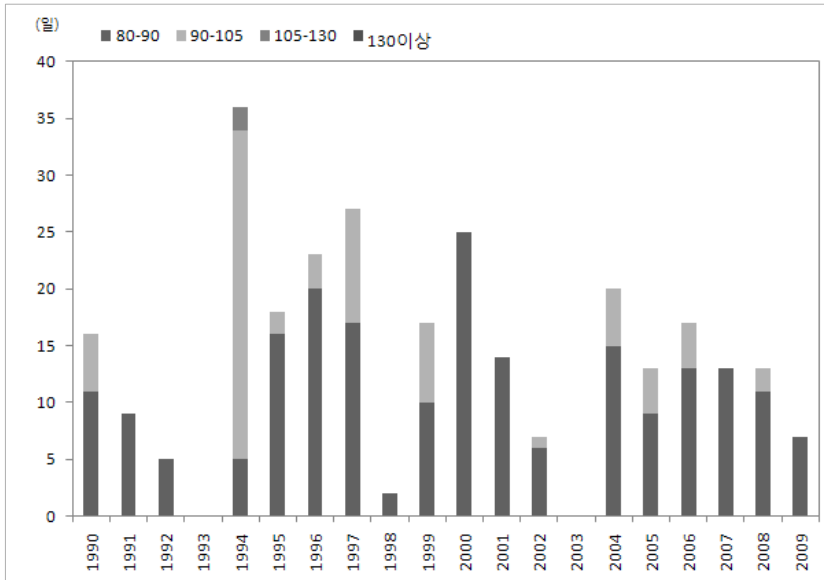
도시화로 인한 도시기후의 변화는 도시의 에너지 사용량 수준뿐만 아니라 원예·건강 및 불쾌지수 등에도 영향을 미치게 된다. 특히 실외조건에서 시민의 체감지수와 관련이 큰 도시기후의 변화는 새로운 생활환경 조건에 적응해야 하는 시민들에게 직접적인 영향을 주게 된다. 이에 따라 쾌적한 온열환경 조성은 기후변화 적응도시의 기본사항이라고 할 수 있다.

연도별 온도 및 상대습도를 고려한 서울의 열지수(Heat Index) 변화를 살펴보면, 열지수 80 이상은 7월~8월 기간 동안에 잘 형성되며, 1994년~1997년 기간에는 열지수가 다른 연도보다 높게 나타나고 있다.

향후 도시내부의 공간영역별 “열지수” 상승을 억제해 쾌적구역(Comfort zone)을 실현하는 직접적인 방법으로는 건축물 배치 및 층고 제한, 건물형상과

12) 서울시, 『서울시 기상특성을 고려한 도시계획기법 연구』(2000)에서 제시된 $H.I = 66.889 + 0.044 * Temp - 2.118 * R.H. + 0.084 * (Temp * R.H)$ (Temp : 섭씨온도(℃), R.H. : 상대습도(%)) 공식을 사용하여 열지수를 산출함. 열지수(Heat Index) 범역 구분은 80~90(계속적인 노출 또는 체육활동 시 피로를 느낄 수 있음), 90~105(계속적인 노출 또는 체육활동 시 일사병, 경련, 탈진 가능성), 105~130(계속적인 노출 또는 체육활동 시 일사병, 경련, 탈진확률 높음), 130 이상(지속적인 노출 시 일사병, 경련, 탈진확률이 매우 높음) 등으로 구분됨. 특히 주의보는 열지수가 3일 연속 최대 100~105, 최소 75 또는 3일 중 이를 동안 85% 태양광, 2일 연속 최대 105~110, 또는 110을 초과하는 날에 발령됨.

구조변경 등을 통한 바람통로 조성·활용을 들 수 있고, 간접적인 방법으로는 식생구조 변화, 토양 피복도 조정, 주차장의 그늘 제공, 건물 옥상 및 벽면 녹화 및 건물 색조 변경 등을 고려할 수 있다.

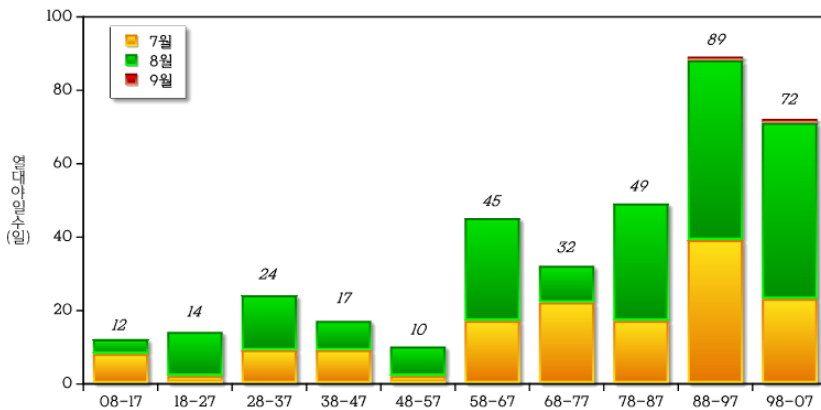


〈그림 2-7〉 서울시 열지수 분포 현황(1990~2009년)

4. 열대야

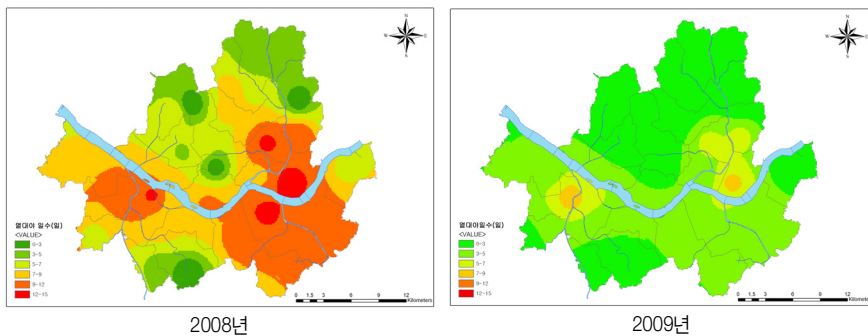
일 최저기온이 25℃ 이상인 날로 정의되는 열대야 발생과 관련하여 서울의 100년(1908~2007)간 평균 열대야 일수는 3.8일이며, 0.8일/10년의 변화비율로 증가하였다. 열대야 일수는 전반기(1908~1957년)와 후반기(1958~2007년)를 비교할 경우 각각 1.7일, 5.7일로 후반기가 4일 더 많은 경향을 보이고 있다. 10년 기간별 총 열대야 일수의 변화를 보면 첫 10년 기간(1908~1917)의 12일에 비해 최근 10년 기간(1998~2007)에는 열대야 일수가 72일로 약 6배 증가하였다(국립기상연구소, 2009).

특히 열대야의 월평균 발생빈도의 경우 7월은 14.8일, 8월은 21.4일 수준으로 8월에 열대야가 상대적으로 높은 빈도를 보이고 있다. 다만, 최근에는 9월에도 열대야 현상이 출현하고 있으며, 1997년과 2005년에 각각 1회 열대야가 발생하였다. 2008~2009년 기간 동안 지역별 열대야 일수 분포를 살펴보면, 강남구, 서초구, 송파구, 양천구, 동대문구, 중랑구, 광진구 등 도시화의 진행속도가 빠른 지역에서 비교적 많이 나타나고 있음을 볼 수 있다.



자료 : 국립기상연구소, 「기후변화 이해하기Ⅲ-서울의 기후변화」, 2009.4.

〈그림 2-8〉 10년 기간별 총 열대야 일수의 변화(1908~2007년)

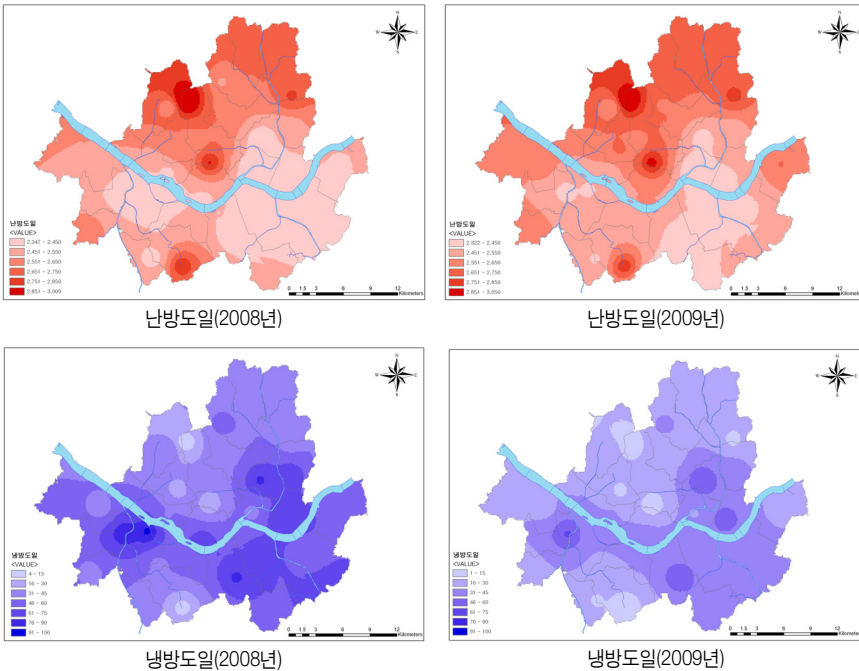


〈그림 2-9〉 자치구별 열대야 일수 분포

5. 냉난방도일¹³⁾

쾌적한 생활을 유지하기 위해서는 기본적으로 난방과 냉방이 필요하다. 냉·난방 수요를 기준온도(base temperature)보다 높거나 낮은 온도로 적산 또는 누적하여 산출한 것이 난방도일과 냉방도일의 기본 개념이다.

난방을 위한 기준온도는 18℃, 냉방을 위한 기준온도는 26℃로 설정하여 2008~2009년 기간 동안 서울시 지역별 냉난방 일수를 살펴보면 강남구, 서초구, 송파구, 양천구, 동대문구, 중랑구, 광진구 등의 지역에서 난방 수요가 낮게 나타나고, 냉방수요는 높게 나타났다. 이는 앞서 살펴본 서울시 지역별 열대야 발생일수, 녹지분포 등과 밀접한 관련이 있음을 시사하고 있다.



〈그림 2-10〉 자치구별 냉난방도일 분포

13) 난방도일과 냉방도일의 기본 개념은 쾌적한 생활을 유지하기 위해서는 난방과 냉방이 필요하다는 것임(기준온도(base temperature)보다 높거나 낮은 온도를 적산 또는 누적해서 얻을 수 있음). 난방을 위한 기준온도는 18℃, 냉방을 위한 기준온도는 26℃로 설정함.

6. 계절의 변화

기후변화에 따른 계절의 전이를 살펴보면 1908~1917년에는 봄은 3월 29일, 여름은 6월 11일, 가을은 9월 11일, 겨울은 11월 12일에 시작하여 봄 기간이 74일, 여름 기간이 92일, 가을 기간이 62일, 겨울 기간이 137일이었다. 1998~2007년 서울 계절의 전이를 살펴보면 봄은 3월 12일, 여름은 5월 27일, 가을은 9월 28일, 겨울은 11월 29일에 시작하여 봄 기간이 76일, 여름 기간이 124일, 가을 기간이 62일, 겨울 기간이 103일이었다¹⁴⁾.

두 기간의 계절별 시작일을 비교하면, 봄의 시작일은 17일 빨라졌으며, 여름의 시작일은 15일 빨라졌다. 반면 가을과 겨울의 시작일은 각각 17일씩 늦어졌다. 계절별 시작일의 변화로 봄과 여름의 지속기간은 각각 2일, 32일 길어졌으며, 가을의 지속기간은 변화하지 않고 겨울의 지속기간은 34일 짧아졌다(국립기상연구소, 2009).

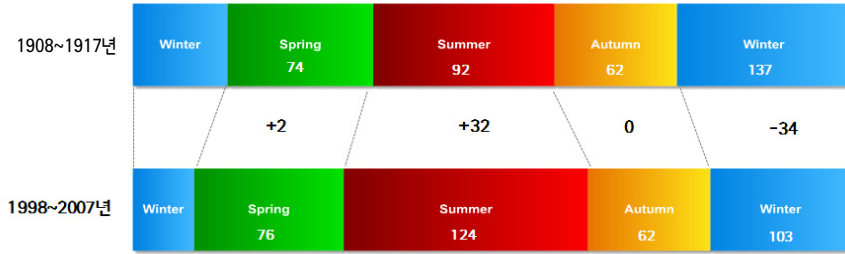
〈표 2-13〉 서울의 계절 시작일의 변화

구분	봄	여름	가을	겨울
1908~1917년(A)	3월 29일	6월 11일	9월 11일	11월 12일
1998~2007년(B)	3월 12일	5월 27일	9월 28일	11월 29일
차이(B-A)	-17일	-15일	+17일	+17일

자료 : 국립기상연구소, 「기후변화 이해하기Ⅲ - 서울의 기후변화」, 2009.

1990~2009년 기간 동안 서울의 계절일수를 살펴보면, 봄과 가을의 지속기간이 짧아진 반면, 여름의 지속기간은 길어지고 있다. 겨울의 지속기간은 평균 102일에서 증감을 반복하고 있다. 과거 1908~1917년과 1998~2007년의 계절

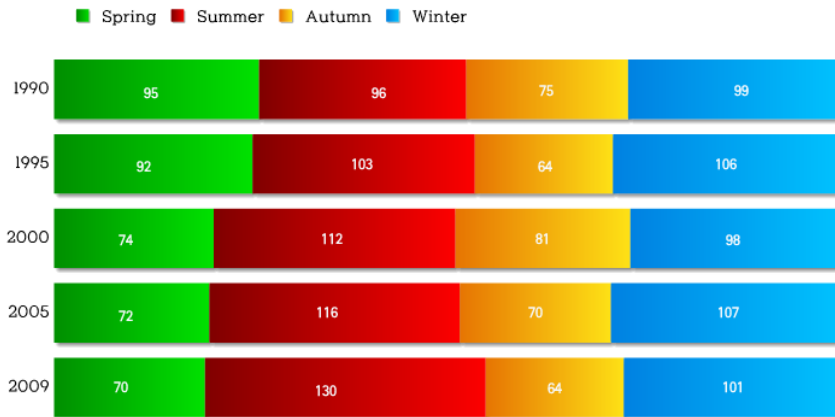
14) 계절 구분의 기준이 되는 임계값은 이병설(1979)의 기준을 적용함. 봄 시작일은 일 최저기온이 0℃ 이상이고, 일 평균기온이 5℃ 이상인 날, 여름 시작일은 일 평균기온이 20℃ 이상, 일 최고기온이 25℃ 이상인 날, 가을의 시작일은 일 평균기온 20℃ 이하, 일 최고기온 25℃ 이하, 겨울의 시작일은 일 최저기온 0℃ 이하, 일 평균기온 5℃ 이하로 정의함.



자료 : 국립기상연구소, 「기후변화 이해하기Ⅲ-서울의 기후변화」, 2009.4.

〈그림 2-11〉 서울의 계절변화

변화에서는 겨울이 크게 감소하고 여름이 증가하였으나, 1990년에 들어서는 봄과 가을 일수가 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타나고 있다. 계절구분 기준에 따른 온도분포를 살펴보면 봄과 겨울 동안 최저기온이 2000년에 비해 2009년에 비교적 높게 나타나고 있다(<그림 2-12> 참조).

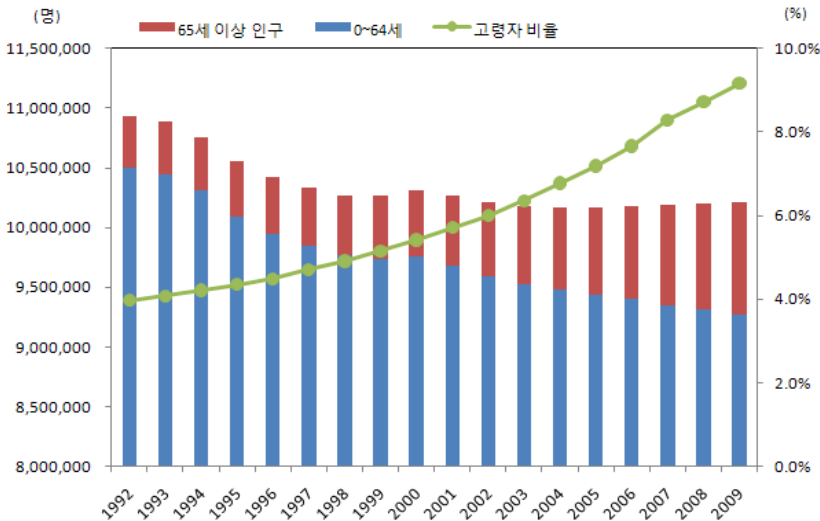


〈그림 2-12〉 서울의 계절일수 변화(1990~2009년)

제4절 서울시 기후변화 적응 취약요인 진단

1. 고령화 사회

서울의 65세 이상 고령자 인구는 1990년 368천명에서 2009년 936천명으로 2.5배가량 증가하였으며, 전체 인구 대비 고령자 인구 비율은 9.2%로 고령화 사회 기준인 7%를 넘어서고 있다(<그림 2-13> 참조)¹⁵⁾. 향후 고령자 인구는 지속적으로 증가하여 2020년에는 고령자 비율 14.9%로 고령사회에, 2030년에는 20%를 넘어서는 초고령사회에 진입하게 될 전망이다(<표 2-25> 참조). 그리고 서울시 고령화 지수 역시 1995년 20.5%, 2000년 29.1%, 2005년 42.9%, 2009년 62.8% 수준으로 노령화가 빨리 진행되고 있음을 알 수 있다.¹⁶⁾



〈그림 2-13〉 서울시 고령자 인구 및 고령자 비율

- 15) UN에서 규정한 바에 따르면, 65세 이상의 인구가 전체 인구의 7% 이상이면 고령화 사회(aging society), 14% 이상이면 고령사회(aged society), 20% 이상이면 초고령사회(super-aged society)로 분류하고 있음.
- 16) 5세 미만 인구 대비 65세 이상 인구 비중을 의미하는 고령화 지수는 유년인구가 부양해야 하는 고령인구 비중을 나타내며, 지수가 높으면 젊은층이 노인층을 부양해야 하는 부담이 커진다고 볼 수 있음.

〈표 2-14〉 고령자 인구 및 비율 추이

(천명, %)

구분	1970	1980	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
고령자 인구	96	210	368	539	712	941	1,190	1,471	1,827	2,102
전체 인구	5,686	8,516	10,473	10,078	10,011	10,039	10,007	9,896	9,696	9,415
고령자 비율	1.69	2.47	3.51	5.35	7.11	9.37	11.89	14.86	18.84	22.33

자료 : 통계청, 「시도별 장래인구 추계 결과」, 2007.

이러한 노인인구의 증가와 함께 노인인구의 구성형태도 많은 변화를 보이고 있는데, 이 중에서도 노인 단독가구의 증가 현상이 현저하게 나타나고 있으며, 2008년 현재 전체 노인인구 중 20.7% 정도가 노인 단독가구를 형성하고 있고, 그 비율은 증가하고 있는 추세이다¹⁷⁾.

2. 저소득층

국민기초생활보장 수급자는 2008년 현재 전체 인구 대비 2.0% 수준(205,059명)이며, 전체 가구수의 2.8%(115,407가구) 수준으로 적응대책의 우선 적용수요 계층으로 인식된다.

3. 건강위해도(Health Risk)

기후변화에 따른 기온상승과 기후변동의 증가로 인해 과거와 달리 극단적인 더운 날의 발생 빈도가 많아지고 있다. 이처럼 기온이 평소에 비해 훨씬 높은 날이 지속되면 사람의 건강에 큰 영향을 미치게 되며, 이러한 현상을 폭염

17) 독거노인 비율은 독거노인 인구를 65세 이상 노인 인구로 나눈 수치로, 2002년 14.8%, 2003년 15.4%, 2004년 16.2%, 2005년 17.1%, 2005년 19.0%, 2007년 18.8%, 2008년 20.7% 수준으로 증가하는 추세임.

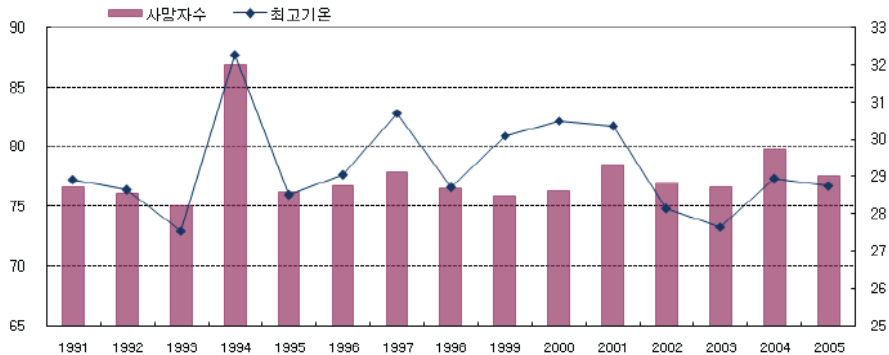
(Heatwave)이라고 할 수 있다¹⁸⁾. 폭염이 시민의 건강에 미치는 영향은 도시지역에서 매우 중요한 위험 요인으로 지적되며, 특히 노인연령층, 불량한 주택형태, 질병을 가진 사람, 독신, 집 또는 주거시설에서 에어컨의 보유 및 사용여부 등이 폭염으로 인한 취약성에 영향을 미치는 것으로 알려지고 있다(Kibourne 등, 1992, 1999).¹⁹⁾

서울지역의 기온과 사망과의 관계에 대해 연구한 장재연(2003)에 의하면, 최고기온이 30℃~32℃부터 사망자가 급격히 증가하고, 최고기온이 36℃까지 상승하면 사망자는 30℃ 수준에 비해 50% 정도가 증가한다고 한다. 김소연(2004)은 서울의 경우 기온이 29.9℃에서 1℃ 상승할 때마다 사망률이 3% 증가하고, 폭염이 7일 이상 지속하면 9% 이상의 사망률이 증가한다고 보고하였다. 특히 박정임 등(2005)은 노인의 경우 28.1℃ 이상인 날이 하루 증가할 때마다 초과사망자는 11명 증가한다는 연구결과를 제시한 바 있다.

이를 뒷받침하듯, 2006년 발표된 기상연구소 자료에 따르면 노인계층의 경우 32℃에서 1℃ 증가할 때마다 사망자 9명이 증가한다고 추정하였다. 이와 같이 고온(폭염) 현상은 시민의 건강 보호와 관련된 기후 적응형 도시관리에 새롭게 유의할 요인으로 나타나고 있다.

18) 폭염주의보는 일최고기온 33℃ 이상, 일최고열지수 32℃ 이상인 상태가 2일간 이상 지속될 때, 폭염경보는 일최고기온 35℃ 이상, 일최고열지수 41℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속될 때 발령됨.

19) 김소연(2004)은 1993년을 대조군으로 하여 1994년 서울에서 폭염기간 동안 초과사망을 연구한 결과 사망자의 사망원인별로는 내분비 및 영양대사 질환으로 인한 사망자가 43%, 순환기계통의 질환으로 인한 사망자가 30.5%, 호흡기계통질환으로 인한 사망자수가 43.8% 증가한다고 함. 또한 65세 이상 노인의 경우 사망자수가 73.3%나 증가하여, 노인이 폭염 노출에 민감한 것으로 나타났다고 함. 김영민(2005)은 서울시 일반인구에 비해 저소득층인 국민기초생활보장 수급자가 고온에 대한 상대위험도가 전체인구에 비해 약 1.6배 높다고 보고하였음.



자료 : 장재연, 「기후변화에 따른 건강피해 모니터링 및 위험인구 감소전략 개발 연구 최종보고서」, 2008

〈그림 2-14〉 서울시 7~8월 일평균 최고기온과 일평균 사망자(1991~2005년)

4. 대기오염

도시지역의 경우 기후변화에 의한 기온상승은 대기오염 및 도시열섬 효과를 더욱 심화시키며, 시민의 건강과 생활에 많은 영향을 미치고 있다. 특히 눈을 자극하고 폐에 염증과 천식을 일으키며 세균에 대한 면역력을 저하시키는 오존의 농도는 고온에서 높아지는 경향이 있으며, 초과 사망률에도 영향을 미칠 수 있다.

서울의 경우 대표적인 폭염발생 기간이었던 1994년 7월 22일~7월 29일 기간 동안(평균기온 31.9℃)의 대기오염물질 농도를 예년과 비교한 결과 이산화질소, 아황산가스 등 다른 대기오염물질은 거의 농도 차이가 없는 반면 오존은 63.8ppb 정도로 과거 3년 동안의 같은 기간 평균 농도인 34.1ppb에 비해 2배 정도 농도가 증가한 것으로 나타났다.²⁰⁾

20) 2009년 여름철 고온기간(2009.8.4~8.10) : 평균기온은 27.1℃, 오존 평균농도는 19.8ppb

〈표 2-15〉 1994년 폭염시기와 평년의 대기오염 농도 비교(1994.7.22~7.29)

대기오염물질	1991~1993	1994
아황산가스(ppb)	8.2	8.5
이산화질소(ppb)	21.6	23.7
미세먼지($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	61.8	67.1
오존(ppb)	34.1	63.8

자료 : 환경부, 「한반도 기후변화 영향평가 및 적응프로그램 마련-기후변화로 인한 건강피해 가능성 조사 및 피해 저감정책 방향에 관한 연구」, 2003. 9.

서울시의 오존주의보 발령일수는 1995년 1일(2회)에서 점차 증가하였으나, 1998년(11일(17회))을 기점으로 감소하는 추세를 보이고 있다.²¹⁾ 그리고 2008년의 발령일수는 2007년(7일)과 비슷한 8일이었으나, 발령횟수는 23회로 2007년(20회)에 비해 115% 증가하였다.

〈표 2-16〉 서울시 오존주의보 발령일수

1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1 (2)	5 (10)	10 (16)	11 (17)	8 (13)	8 (16)	4 (5)	1 (1)	2 (2)	5 (9)	5 (17)	1 (3)	7 (20)	8 (23)

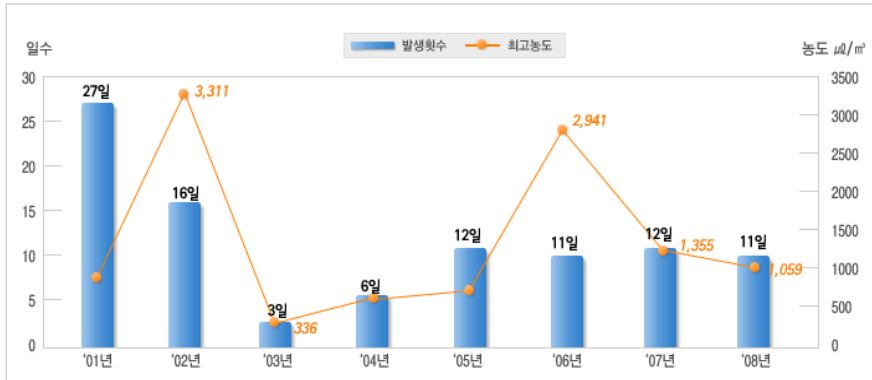
주 : ()는 발령횟수

자료 : 환경부, 「대기연보 2008」, 2009.

5. 황사

동북아 장거리 이동 오염현상인 황사의 발생일수가 증가하고 있으며, 황사의 이동경로에 있는 우리나라는 대기환경악화, 시정장애 외에도 호흡기계질환,

21) 오존 경보제도는 고농도의 오존에 노출될 경우 피해를 입을 수 있는 호흡기 질환을 가지고 있는 환자나 노약자, 어린이들에게 오존농도가 높음을 알려 그 피해를 최소화하고, 오존농도를 줄이는데 있어 시민들의 자발적인 협조를 구하기 위하여 도입된 제도로 1995년 7월 서울시에서 최초로 시범 실시한 이후 2008년 현재 15개 시·도 63개 시·군에서 시행되고 있으며, 오존농도에 따라 시·도지사가 3단계로 발령하고 있음. 발령기준은 주의보 0.12ppm/시 이상, 경보 0.3ppm/시 이상, 중대경보 0.5ppm/시 이상



자료 : 환경부 · 국립환경과학원, 「대기환경연보(2008)」, 2009.8.

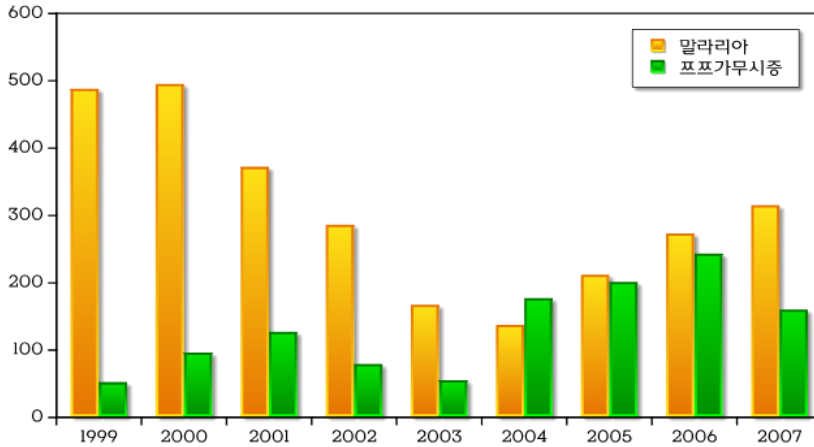
〈그림 2-15〉 서울시 연도별 황사 발생일수 및 최고농도

심혈관질환, 안구질환, 이비인후과질환 등 건강상 피해를 받고 있다.

서울지역의 황사관측일수는 꾸준히 증가하여, 연평균 발생일수가 1980년대 3.9일에서 1990년대 7.7일로 크게 늘어났으며, 2000년대에는 12일로 더욱 증가하였다. 2001~2008년까지의 황사 발생일수와 최고농도 현황은 <그림 2-15>와 같다. 황사 발생횟수는 2000년 들어서 증가하는 추세이며, 2001년의 경우 황사 지속일수가 가장 길었고, 2002년 3월에는 매우 강한 황사가 발생하여 초등학교 휴교, 호흡기 질환자 급증, 반도체 등 정밀산업 업체의 일시적 공장 휴업 등 황사로 인해 큰 피해를 입었다. 2005~2008년에는 황사 발생일수가 11일~12일을 유지하고 있으며, 2008년 시간 최고농도는 $1,059\mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준을 기록하였다.

6. 전염병

폭염이나 열대야에 의한 건강상의 피해 외에도 전염병과 관련된 피해가 확산되고 있다. 특히 서울시는 전 국토면적의 0.6%에 전 국민의 25%가 밀집되



자료 : 서울시, 「서울시 기후변화대응종합계획」, 2009. 5

〈그림 2-16〉 서울시 말라리아 및 쯔쯔가무시증 발생자수

어 생활하고 있으며, 해외 교류가 빈번하기 때문에 전염에 취약한 사회적 구조를 가지고 있다. 이러한 사회적 취약성과 더불어 말라리아 같은 매개체에 의한 전염병은 강수량이 많고 기온이 높을수록 발생 확률이 높고 모기의 성충 기간이 단축되기 때문에 서울지역은 앞으로 전염성 질환 발생가능성이 더 높아질 것으로 전망되고 있다.

서울은 인구 10만명당 말라리아 발생률이 3명~18.5명으로 높은 수준이며, 감소하는 추세를 보이다가 2004년 이후 다시 증가하고 있다. 또한 서울시의 쯔쯔가무시증 발생률은 인구 10만명당 0.1명~11.2명 수준이며, 2004년부터 증가하는 경향을 보이고 있다(〈그림 2-16〉 참조).

7. 자연재해

서울시에서 가장 많이 발생하는 자연재해는 침수피해로, 안전재난에 비해 발생빈도가 많지는 않으나 한 번 발생하면 물적 피해가 크게 나타나게 된다.

이러한 이유는 주로 국지성 집중호수, 저지대, 하수관거 등 내수(內水)에 따른 침수피해가 주류를 이루고 있기 때문이다.

〈표 2-17〉 최근 10년간 서울시 연도별 홍수피해 현황(1997~2007년)

(단위 : 백만원, 명, 세대)

구분	피해 총액	이재민	인명 피해	사망	부상	실종	건물피해 동수	건물 피해액	선박 피해액	농경지 피해액	농작물 피해액	공공시설 피해액	기타 피해액
1997	461	161					241	149				32	281
1998	51,396	2,287	61	24	37		40,386	900		53		27,028	23,415
1999	10,509	1,823	3		3		716	311				9,570	629
2000	878		5		5		200	82				671	125
2001	21,925	338	144	40	104		94,375	2,929		14		18,735	
2002	7,513	116					8,799	622				6,479	412
2003	1,814		1	1			5,439	65				1,378	389
2004	40	10	1	1			92	40				8.4	371
2005	126		1	1			68	30				71	101
2006		73					533	390		0.6		5,343	
2007							76						

주 : 피해액은 당해연도 가격 기준이며, 1989년 이후 농작물 피해액이 포함 안됨.

자료 : 서울시, 「2001 수해백서」, 2002, 「재난 사례집 2008」, 2008

제5절 서울시 기후변화 적응 취약성 평가

1. 취약성의 개념

기후변화 취약성의 개념은 식량안보, 자연재해 등의 연구 분야에서 먼저 사용되었는데, 각각의 영역에서 다른 의미로 사용된다. UNDP(2005)에서는 취약성을 일반 취약성과 사회·경제적 취약성으로 구분하여 정의하였으며, 후자의 경우 인간의 복지 수준을 총체적으로 측정하는 수단으로 정의하였다. UNDP의 정의에 의하면 기후변화의 영향이 높고, 한 시스템의 적응능력이 낮으면 그

시스템의 취약성이 높다고 할 수 있다. 반대로 기후변화의 영향이 높더라도 적응능력이 높으면 적절한 적응을 통해 개발의 기회를 가질 수 있다. 이러한 의미에서 UNDP의 취약성 정의는 피해(결과)에 대한 잠재적 노출상태로 볼 수 있으며 그 자체가 취약성 논의의 시작점이 된다.

반면 IPCC는 기후노출과 민감도를 포함한 잠재영향에 적응능력을 제외한 잔여영향을 취약성으로 정의하고 있다. IPCC에서는 부문 간 영향평가 결과를 비교 통합하고 생물물리적인 영향과 동시에 사회경제적인 측면의 평가 필요성을 강조하고 있다.

〈표 2-18〉 취약성의 정의

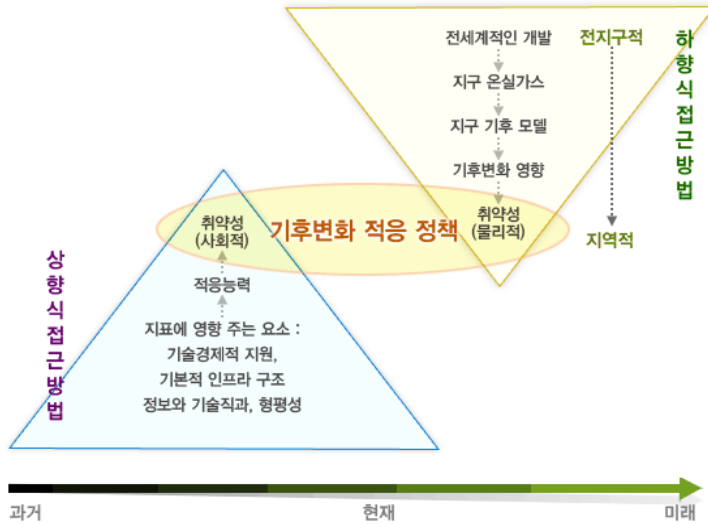
구분	용어	정 의
UNDP	Vulnerability	기후변동이나 스트레스에 대한 노출과 이에 대한 대처, 회복, 적응능력에 따른 노출 단위의 위험에 대한 민감도 취약성(Vulnerability) = f(민감도(Sensitivity), 적응능력(Adaptive Capacity))
	socio-economic Vulnerability	일정 범위의 유해한 변동에 대한 환경적, 사회적, 경제적, 정치적 노출을 통합하는 인간의 복지수준을 총체적으로 측정하는 수단
IPCC	Vulnerability	기후 다양성과 극한 기후 상황을 포함한 기후변화의 역효과에 대한 한 시스템의 민감도, 또는 대처할 수 없는 정도 취약성 = 잠재영향(기후노출 + 민감도) - 적응능력

자료 : 유가영, 「기후변화 취약성 평가지표의 개발 및 도입방안」, 한국환경정책평가연구원, 2008.

2. 취약성의 평가 방법

기후변화 적응에 있어 취약성 평가는 매우 중요하다. 기후변화 적응대책의 근거가 되는 취약성 평가는 적응해야 하는 대상을 파악하고, 이해할 수 있도록 돕는 필수 요소이다. 취약성 평가의 대상은 기후변화의 예측되고 기대되는 영향에서 자생적 적응 부분을 제외시킨 영향이라고 할 수 있다.

취약성을 평가하는 접근법은 크게 하향식 접근법과 상향식 접근법으로 나눌



자료 : 국가기후변화적응센터 홈페이지(http://kaccc.kei.re.kr/sub_adapt01.html)

〈그림 2-17〉 기후변화 취약성 평가방법

수 있다. 기후변화 취약성 연구는 이와 같은 하향식 접근법과 상향식 접근법이 조화를 이루어 균형 잡힌 적응대책과 연계되어야 하는 특징을 가지고 있다. 그러므로 정부차원의 취약성 평가와 자치단체 차원의 취약성 평가, 그리고 정부의 자치단체 지원과 협력이 적절하게 이루어졌을 때 최상의 적응정책이 도출될 수 있다.

- 하향식 접근법 : 중앙정부의 주도, 혹은 전 지구 기후 시나리오 및 모델링, 영향평가 등에 기초하여 평가
- 상향식 접근법 : 자치단체의 주도로 지표 및 적응능력을 판단하는 평가
기후변화의 영향과 민감도(기반시설, 생태계, 농업, 보건/복지), 적응능력(경제적 능력, 거버넌스, 인력/교육, 환경용량, 산업구조) 등을 통합적으로 반영하여 취약성을 평가하였을 때 적응정책이 도출될 수 있다.

취약성 평가의 방법론은 취약성의 개념만큼이나 다양하지만, 모스 등(Moss et al., 2001)이 사용한 취약성-탄력성 지표 원형모형(Vulnerability Resilience

Indicator Prototype model : VRIP - model)을 변형하여 우리나라 16개 시도를 대상으로 취약성을 평가한 유가영 외(2008)의 연구 결과를 바탕으로 서울의 취약성 분포를 살펴보았다.

취약성 지수는 기후노출, 민감도, 적응능력 등 세 범주로 구성되어 있으며, 총 33개의 대리변수를 사용하였다. 각 지표를 표준화한 후 범주별 지수를 계산하여 이를 취약성-탄력성 지수로 나타내었다(<표 2-19> 참조).

취약성-탄력지표(VRI)를 구성하는 요소를 한 눈에 알아 볼 수 있는 그림을 취약성 분석도(Vulnerability Profile)라 한다. 지역별 취약성 분석도는 VRI를 구성하는 기후노출, 민감도, 적응능력의 각 요소들을 따로 떼어서 분석할 수 있다. 그러므로 취약성을 구성하는 요소에 대한 분석을 통해 취약성을 감소시

<표 2-19> 취약성을 구성하는 변수

구분	요소	측정변수
민감도	인간정주	상수도 인구(%), 하수도 보급률(%), 단위면적당 도로 길이(km/km ²), 국토이용면적 중 제방사용 면적률(%), 1일 1인당 급수량(t), 저수율(%)(1월~12월, 3월~10월, 4월~6월 저수율 평균(%)) 해안선 길이(m)
	생태계	관리되는 토지율(%), 경작지당 비료사용량(ton/ha), 국토면적 중 산림면적(%), 국토면적당 산림축적(km ³ /km ²)
	농업	총인구 중 농작업인구(%), 농작지당 곡물생산(M/T)
	보건/복지	출산율(%), 기대수명, 인구당 응급의료기관 수(개/백만명), 인구당 건강보험 적용인구, 인구당 보건소 인력, 인구 중 기초생활수급자(%), 독거노인 비율(%)
적응 능력	경제적 능력	GDP(백만원), 재정자립도(%)
	거버넌스	인구당 공무원수
	교육	성인 문자해독률(%), 의무교육적령아동 취학률(%), 지역내 총생산에 대한 교육지출(%)
	환경역량	인구밀도(명/km ²), 단위면적당 SO ₂ 배출량(ton/km ²), 관리되지 않은 토지비율(%)
	산업구조	(1차+2차 산업)/(1차+2차+3차 산업)*100(%)
기후 노출	호우	일강수량이 80mm 이상인 날 평균, 일강수량이 80mm 이상인 날의 최고값, 1일 동안의 최대강수량(mm)
	가뭄	연속적인 무강수일수의 최대값(일)
	폭서	일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수(평균, 최고값) 일 최저기온이 25℃ 이상인 날의 횟수(평균, 최고값)

자료 : 고재경, 「경기도 기후변화 취약성 평가 연구」, 경기개발연구원, 2009.

킬 수 있는 적응대책 수립의 우선순위를 개략적으로 판단할 수 있게 된다.

최종적으로 민감도 지수, 기후노출지수, 적응능력 지수를 종합한 취약성-탄력지표(VRI)를 살펴보면 서울은 기후변화 취약성이 가장 낮은 그룹에 속하는 것으로 분석되었다. 서울은 적응능력이 높은 경제적 능력 때문에 민감도가 가장 높고, 열대야 관련 자료를 제외하고 극한 기후노출이 심하지 않은 편이므로 가장 낮은 취약성 수치를 보이고 있다.

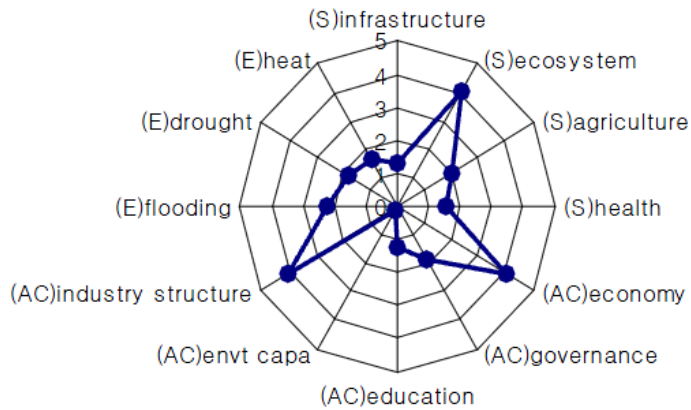
〈표 2-20〉 도시지역과 비도시지역 간의 기후노출 지수 구성요소 평균치의 비교

구분	호우빈도(일)	호우강도(일)	무강수일수(일)	혹서일수(일)	열대야 일수(일)
도시지역	2.61	148.60	8.16	10.02	6.94
비도시지역	3.56	207.30	10.05	11.54	6.89

자료 : 유가영, 「기후변화 취약성 평가지표의 개발 및 도입방안」, 한국환경정책평가연구원, 2008.

취약성 분석도를 기후노출 변수(E), 민감도 변수(S), 적응능력 변수(AC) 등으로 구분하고, 상위 반원은 취약성을 높이는(VRI를 낮추는) 부분을, 하위 반원은 취약성을 낮추는(VRI를 높이는) 부분에 해당된다. 즉 상위 반원에 해당되는 민감도(S)와 기후노출(E)에 해당하는 변수는 수치가 클수록 취약성이 커지는(VRI가 적어지는) 것이고, 하위 반원에 해당되는 적응능력(AC)은 수치가 적어질수록 취약성이 작아지는(VRI가 커지는) 것으로 해석할 수 있다. 취약성 프로파일을 작성하게 되면, 지역별 적응대책 수립의 방향성을 제시할 수 있다. 예를 들어 민감도(S)나 기후노출(E)이 큰 부분에 우선적으로 적응정책을 추진해야 하고, 적응능력(AC)이 적은 부분에 적응능력을 증대시키기 위한 정책을 추진하는 것이 필요하다.

특히 서울의 경우 환경역량이 다른 지역에 비해 월등히 낮으므로, 적응대책 도시 내의 녹지조성이나 대기질 개선 등의 우선적 적응대책을 시행할 필요가 있음을 시사하고 있다(<그림 2-18> 참조).



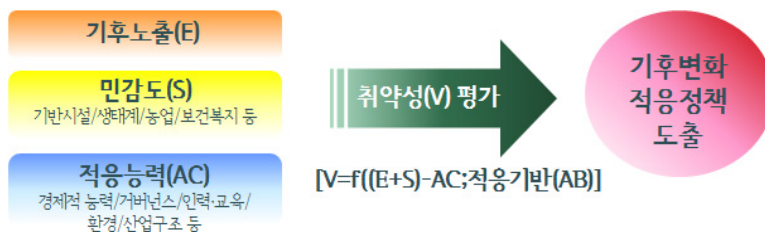
자료 : 유가영 외(2008)

〈그림 2-18〉 서울시의 취약성 분석도

3. 평가 지표에 의한 기후변화 취약성 평가

1) 평가지표의 구성

기후변화 취약성 개념 틀을 중심으로 선행연구에서 제시된 노출(E), 민감도(S), 적응능력(AC) 지표를 검토하여 기후변화 취약성 평가지표를 선별 평가하고자 한다. 그리고 자치단체의 기후변화 완화 및 적응 관련 조직, 제도, 예산 등을 포함하는 적응기반(AB)을 별도로 추가하여 서울시 취약성 평가 지표를 구성하였다. 다만, 적응기반은 정량화하기 어려운 속성으로 정성적 판단에 한정하기로 한다.



(1) 기후노출(E)

기후변화에 대한 노출은 기온 상승, 강우변화, 태풍의 빈도 혹은 강도와 같은 기후변동, 기후 시스템의 변화 등으로 개념화할 수 있다. 노출에 의한 기후 위해의 범위를 홍수, 가뭄, 기온 상승 등 자연적인 요인으로 한정한다.

(2) 민감도(S)

기후 위해에 시스템이 얼마나 민감하게 반응하는가는 시스템의 지형적 요인뿐 아니라 인구 집단의 특성, 인프라 시설 등 사회·경제적 요인의 특성에 따라 차이를 보이며, 시스템을 구성하는 수자원, 산업, 생태계 등 부문마다 다르게 나타난다. 이 연구에서는 크게 지형적 특성 및 토지이용, 인구적 특성, 에너지 소비특성, 기반시설/산업으로 나누고 홍수, 가뭄, 폭서, 해수면 상승 등의 기후노출에 의한 부정적 영향을 가중시키는 지표로 구성하였다.

(3) 적응능력(AC)

적응능력은 극한 기후에의 대처 능력을 나타내며, 경제적 자원뿐 아니라 지역 먹거리 공급과 배분 시스템, 응급상황 발생 시 조기경보, 거버넌스와 정보에 대한 접근성, 위기관리 프로그램과 정책 등을 포함한다.

기후변화 적응능력은 자원의 가용성 및 적응정책과의 관련성을 고려하여 크게 경제적 능력, 환경역량, 물적 인프라, 사회적 자본으로 구성된다. 경제적 자본은 기후변화의 취약성을 줄일 수 있는 경제적 능력을 나타내며, 물리적 인프라는 적응 능력을 높일 수 있는 하드웨어로서 녹지, 하천개수율, 의료시설 확보율, 깨끗한 물에 대한 접근성, 통신 등의 지표가 포함되어 있다. 또한 사회적 자본은 기후 재해 발생 시 지역사회의 대응 역량과 자원을 의미하며 신뢰, 네트워크, 가치와 규범 등이 중요한 역할을 하게 된다.

(4) 적응기반(AB)

적응기반은 자치단체의 기후변화에 대한 적응 수준을 의미하며, 기후변화 적응 담당조직, 공무원수 및 관련 법규, 적응관련 예산비율, 적응 정보 제공을 위한 홍보 등을 측정 지표로 선정하였다.

2) 자료수집

이 연구에서 정의된 기후변화 취약성 개념 틀에 따라 기후노출, 민감도, 적응능력 및 적응기반의 분류에 해당되는 자료를 수집하였다. 기후노출 부문에는 호우, 가뭄, 폭서의 세 가지 세부 요소가 있고, 민감도 부문에는 인구, 에너지 소비, 지리적 특성, 농업, 기반시설의 다섯 가지 세부 요소가 있다. 그리고 적응능력 부문에는 경제적 능력, 환경역량, 물리적 인프라, 산업구조, 인력자원/교육, 사회적 자본의 6가지 세부 요소, 적응기반 부문에는 조직, 제도, 예산, 홍보의 네 가지 세부 요소가 있다.

취약성 평가를 위한 대리변수의 선정은 전문가 의견과 국내 통계자료의 가용성에 근거하여 시공간적 규모로 정리하였다. 자료의 공간적 규모는 서울시 자료이며, 시간적 규모는 2000년부터 2008년까지이다(<표 2-21> 참조).

〈표 2-21〉 기후변화 취약성 평가에 사용된 자료 및 자료 기간

구분	항목	지표	출처	자료 기간
기 후 노 출	호우	80mm 호우일수(일)	AWS 자료	2000~2008
		1일 최대강수량(mm)	AWS 자료	2000~2008
		강수강도지수(mm/일)	AWS 자료	2000~2008
	가뭄	연속무강수 일수 평균(일)	AWS 자료	2000~2008
		연속무강수일수 최대값(일)	AWS 자료	2000~2008
	폭서	열대야일수(일)	AWS 자료	2000~2008
		일최고기온 33℃ 이상 일수(일)	AWS 자료	2000~2008
		열파지속지수(일)	AWS 자료	2000~2008

〈표 계속〉 기후변화 취약성 평가에 사용된 자료 및 자료 기간

구분	항목	지표	출처	자료 기간
민감도	인구적 특성	인구밀도(명/km ²)	서울의 통계	2000~2008
		65세 이상 인구 비율(%)	서울의 통계	2000~2008
		독거노인 인구 비율(%)	서울의 통계(웹), 독거노인 현황	2000~2008
		기초생활수급자 비율(%)	서울의 통계	2000~2008
		기후민감질환자 발병률(%)	질병관리본부, 지역별 질병발생 통계	2000~2008
		출산율(%)	국가통계포털	2000~2008
		기대수명(세)	국가통계포털	2000~2008
	에너지 소비특성	최종에너지 소비량(천toe)	지역에너지통계연보	2000~2008
		전력 소비량(Gwh)	역에너지통계연보	2000~2008
		1인당 총에너지 소비량(toe/인)	지역에너지통계연보, 서울의 통계	2000~2008
	지리적 특성	가뭄취약지역(%)	서울의 통계	2000~2008
		홍수취약지역(%)	서울의 통계	2000~2008
		불투수면적비율(%)	서울시 도시행태현황도	2000~2005
		시기화면적률(%)	서울시 도시행태현황도	2000~2008
		국토면적 중 산림면적(%)	서울의 통계	2000~2008
		강우산성도(ph)	대기연보	2000~2008
		제방사용면적률(%)	서울의 통계	2000~2008
	농업	한강 수질(mg/L)	서울의 환경	2000~2008
		농작 인구 비율(%)	서울의 통계	2000~2008
	기반시설	농작지당 곡물생산(M/T)	서울의 통계	2000~2008
		사회기반시설 비율(%)	서울의 통계	2000~2008
		산업단지(%)	서울의 통계	2000~2008
		관광(명)	서울의 통계	2000~2008
		건물(%)	서울의 통계	2000~2008
적응가능성	경제능력	1일 1인당 급수량(ℓ)	서울의 통계	2000~2008
		GRDP(십억원)	서울의 통계	2000~2007
	환경역량	재정자립도(%)	서울의 통계	2000~2008
		녹지면적	서울의 통계	2000~2008
		단위면적당 SOx 배출량(kg/m ²)	서울의 통계, 대기오염물질 배출량	2000~2007

〈표 계속〉 기후변화 취약성 평가에 사용된 자료 및 자료 기간

구분	항목		지표	출처	자료 기간
백야적	물적 인프라	의료 시설 확보율	인구당 의료기관수(개/천명)	서울의 통계	2000~2008
			인구당 병상수(개/천명)	서울의 통계	2000~2008
			인구당 의료인수(명/천명)	서울의 통계	2000~2008
			인구당 보건소 인력(명/천명)	서울의 통계	2000~2008
		깨끗한 물에 대한 접근성	상수도 보급률(%)	서울의 통계	2000~2008
			하수도 보급률(%)	서울의 통계	2000~2008
			지하수 이용량(천 ^m)	지하수조사연보	2004~2008
			지하수 가용량(천 ^m)	지하수조사연보	2004~2008
			지하수 개발대비 이용량(%)	지하수조사연보	2004~2008
		통신	PC 보급률(%)	서울의 통계(웹)-정보통신	2000~2008
			초고속 통신망 설치율(%)	서울의 통계(웹)-정보통신	2000~2008
산업구조		(1차+2차)/(1차+2차+3차)(%)	서울의 통계	2000~2008	
인력자원, 교육		교육소비/전체소비(%)	서울의 통계	2000~2008	
백야적	사회적 자본	민간 파트너십	설문조사	2000~2008	
		시민의 기후변화 대응 역량 - 기후변화 관련 시민실천 - 재난관리 교육 및 홍보	설문조사	2000~2008	
		공동체 의식(%) - 자원봉사자 비율 - 환경오염 방지노력	서울의 통계(웹)-환경시민의식 서울의 통계(웹)-환경시민의식	2000~2008	
적응 기반	조직	기후변화 적응 담당조직 담당공무원 수(명/천명)	서울시 직제구성 · 직무규정	2000~2008	
	제도	기후변화 대응 및 적응 관련 법규	자치법규 조사	2000~2008	
	예산	기후변화 적응관련 예산 비율(%)	성과주의 예산	2000~2008	
	홍보	기후변화 적응 정보 제공 포털사이트 운영	인터넷 기반 사이트 조사 홍보자료 조사	2000~2008	

3) 취약성 평가지표의 계산

취약성 평가지표를 취약성-탄력성 지표(Vulnerability-Resilience Indicator : 이하 VRI)라 명명하였고, 이는 민감도 지표, 적응능력 지표 및 기후노출 지표 들 간의 연산으로 결정하였다. VRI의 계산을 위해 자료의 표준화, 부호의 결정, 연산의 세 단계 과정을 거쳤다.

서로 단위가 다른 변수들 간의 연산을 위하여 스케일 재조정(re-scaling) 방법 중에서 UNDP(2006)에서 사용한 Dimension Index 방법을 이용하였다. 이 방법에 따라 표준화된 변수들의 경우 개념적으로 민감도 및 기후노출에 해당하는 변수에 음의 부호를 부여하고, 적응능력에 해당하는 변수에 양의 부호를 부여하였다. 그리고 부호가 결정된 이후에는 기후노출, 민감도, 적응능력을 각각 구성하는 세부 요소에 대하여 대리변수들을 산술평균하고, 이 결과를 다시 산술평균하여 계산하였다.

VRI는 음수로 표현된 기후 노출과 민감도에 양수로 표현된 적응능력을 더하여 계산되었으므로 VRI의 수치가 높다는 것은 취약성이 낮은 것으로 표현된다.

$$\begin{aligned} \text{기후노출} &= \frac{\text{호우} + \text{가뭄} + \text{혹서}}{3} \\ \text{민감도} &= \frac{\text{인구적 특성} + \text{에너지 소비특성} + \text{지리적 특성} + \text{농업} + \text{기반시설}}{5} \\ \text{적응능력} &= \frac{\text{경제능력} + \text{환경역량} + \text{물적 인프라} + \text{산업구조} + \text{거버넌스} + \text{인적자원}}{6} \\ \text{VRI} &= \frac{\text{Avg}(\text{기후노출 지수}, \text{민감도 지수}) + \text{적응능력 지수}}{2} \end{aligned}$$

〈표 2-22〉 서울시 기후변화 적응 취약성 평가

구분	항목	지표	2002	2005	2008
기후 노출 (E)	호우	80mm 호우일수(일)	3	4	3
		1일 최대강수량(mm)	178.0	115.0	127.5
		강수강도지수(mm/일)	13.0	12.9	12.3
	가뭄	연속무강수일수 평균(일)	4.5	4.1	4.2
		연속무강수일수 최대값(일)	18	16	30
	혹서	열대야일수(일)	3	11	0
		일최고기온 33℃ 이상 일수(일)	3	6	3
		열파지속지수(일)	104	148	140

〈표 계속〉 서울시 기후변화 적응 취약성 평가

구분	항목		지표	2002	2005	2008
민 감 도 (S)	인구적 특성	인구밀도(명/km)		16,978	17,009	17,275
		65세 이상 인구 비율(%)		6.0	7.2	8.7
		독거노인 인구 비율(%)		0.88	1.21	1.76
		기초생활수급자 비율(%)		1.5	1.8	2.0
		기후민감질환자 발병률(%)		4.27	5.05	3.51
		출산율(%)		1.00	0.92	1.01
		기대수명(세)		77.02	78.63	80.08
	에너지 소비특성	최종에너지 소비량(천toe)		15,004	15,182	15,482
		전력 소비량(Gwh)		34,883	40,524	44,096
		1인당 총에너지 소비량(toe/인)		1.46	1.47	1.48
	지리적 특성	가뭄취약지역(%)		3.36	2.91	2.58
		홍수취약지역(%)		0.18	0.15	0.14
		불투수면적비율(%)		-	47.04	-
		시가화면적률(%)		49.56	49.64	50.19
		국토면적 중 산림면적(%)		26.1	26.0	26.0
		강우산성도(ph)		6.0	4.6	5.0
		제방사용면적률(%)		0.64	0.64	0.64
	농업	한강 수질(mg/L) - 가양/잠실		1.8/3.4	1.4/2.9	1.9/3.6
		농작 인구 비율(%)		0.08	0.11	0.08
	기반시설	농작지당 곡물생산(M/T)		3,568	2,998	2,860
		사회기반시설 비율(%)		13.59	13.86	14.05
		산업단지(%)		0.35	0.36	0.35
		관광(명)		5,346	6,023	6,891
		건물(%)·1980년대 이전 건축물수		-	10.24	-
적응 능력 (AC)	경제능력	1일 1인당 급수량(ℓ)		638	334	311
		GRDP(십억원)		168,143	185,091	-
	환경 역량	녹지면적	재정자립도(%)	75.2	80.9	72.9
			녹지면적(m ² /명)	15.4	15.9	16.1
	물적 인프라	의료시설 확보율	SOx 배출량 단위면적당 SOx 배출량(kg/m ²)	0.012	0.013	-
			인구당 의료기관수(개/천명)	1.19	1.29	1.42
			인구당 병상수(개/천명)	5.67	6.12	6.95
			인구당 의료인수(명/천명)	7.86	8.8,2	9.93
			인구당 보건소 인력(명/천명)	0.19	0.22	0.23

〈표 계속〉 서울시 기후변화 적응 취약성 평가

구분	항목		지표	2002	2005	2008
적응 능력 (AC)	물적 인프라	깨끗한 물에 대한 접근성	상수도 보급률(%)	100	100	100
			하수도 보급률(%)	98.7	99.7	100
			지하수 이용량(천 ^m)	-	32,052	26,191
			지하수 가용량(천 ^m)	-	70,274	50,576
			지하수 개발대비 이용량(%)	-	45.6	51.8
		통신	PC 보급률(%)	-	85.7	86.8
			초고속 통신망 설치율(%)	-	93.4	96.6
	산업구조		(1차+2차)/(1차+2차+3차)(%)	12.7	12.2	-
	인력자원, 교육		교육소비/전체소비(%)	9.8	11.0	11.3
	사회적 자본	민간 파트너십		-	-	-
		시민의 기후변화 대응 역량		-	-	-
		공동체의식		-	-	-
적응 기반 (AB)	조직	기후변화 적응 담당조직 담당공무원 수(명/천명)	4.43	4.62	- 4.43	
	제도	기후변화 대응 및 적응 관련 법규	×	×	○	
	예산	기후변화 적응관련 예산 비율(%)	5.8	8.5	13.9	
	홍보	기후변화 적응 정보 제공 포털사이트 운영	일부운영	일부운영	일부운영	

4) 평가지표에 의한 취약성 평가

(1) 기후노출(E)

기온 상승과 열대야 일수의 증가 등으로 폭염에 의한 건강피해가 우려되며, 여름철 강수량과 강우강도의 증가에 따른 국지성 집중호우로 인한 침수피해가 발생하여, 폭염과 호우에 대한 취약성이 비교적 높은 것으로 나타났다.

(2) 민감도(S)

서울시는 높은 인구밀도로 인해 기후재해에 따른 인명피해와 재산 피해가 집중적으로 발생할 수 있으며, 전염병 발생에도 취약한 사회 구조로 되어 있다. 또한 65세 이상 인구, 사회적 취약인구, 기후민감 질환자 발병률이 높을수록 폭서, 풍수해 등으로 인한 질병 등에 취약하다.

서울시의 경우 시가화 면적률이 49.6%(2005), 노후화된 건물의 비율이 10.24%(2005), 불투수 면적률이 47.4%(2005) 정도로 나타나, 극한기후로 인한 홍수, 침수, 혹서 등의 피해 가능성이 높음을 알 수 있다.

서울시 민감도 지수의 전체적인 변화를 살펴보면 인구밀도, 65세 이상 인구, 독거노인 인구, 기초생활수급자 등 인구적 특성에서 건강서비스에 대한 접근성이 취약한 인구가 증가하여 민감도 지수는 2002년 16에서 2008년 69로 크게 증가하였다. 전체적 지리적 특성의 민감도는 감소하는 경향이나 시가화 면적률과 불투수 면적률이 증가함에 따라 전체적 민감도는 증가하고 있는 추세이다.

이와 같이 민감도가 클수록 취약성이 커지므로, 기후변화에 대응하여 취약계층의 지원, 도시 녹화, 투수면적 확대 등의 정책이 우선적으로 실시되어야 함을 알 수 있다.

(3) 적응능력(AC)

전반적으로 경제적 자원, 기술 및 정보에 대한 접근성, 인프라의 다양성, 적응을 위한 제도적 역량, 자원 이용가능성 및 배분의 공평성이 높을수록 기후변화에 대한 적응능력도 높아진다고 할 수 있다. 서울시의 경우 경제적 자원이 풍부하고, 물리적 인프라(의료시설 확보율, 깨끗한 물에 대한 접근성, 통신 등)의 확보 수준이 높으며, 기후의존도가 높은 1차 산업과 2차 산업의 비중이 낮은 산업구조를 이루고 있어 기후변화 적응능력이 비교적 높다고 판단된다.

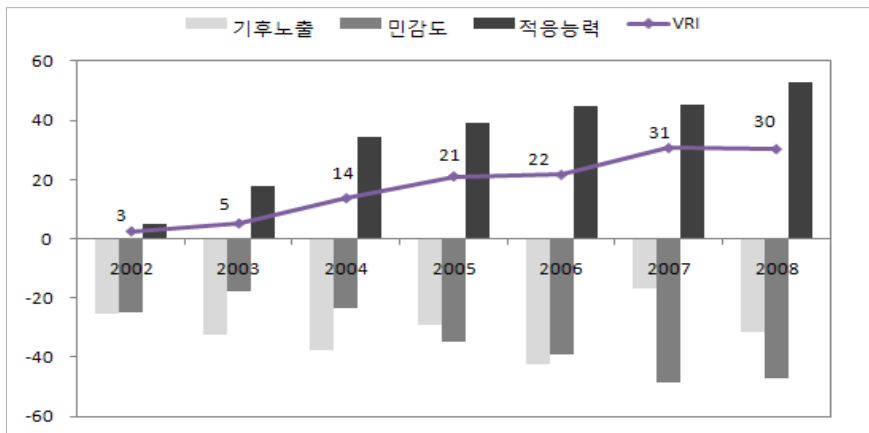
적응능력의 연도별 변화를 살펴보면 GRDP, 재정자립도, 물리적 인프라의 확충 비율이 증가함에 따라 전체적 기후변화 적응능력이 향상되고 있는 것으로 판단되지만 환경역량(녹지면적, SOx 배출량)의 향상은 다른 항목에 비해 다소 떨어지는 것으로 나타나 향후 환경역량을 증대시키기 위한 정책을 추진해야 할 것이다.

(4) 적응기반(AB)

적응기반 측면에서는 기후변화 조례가 2008년에 제정되었으며, 기후변화 적응을 전담하는 기후변화 담당관이 조직되었고, 기후변화기금 예산 확보 등 기후변화 적응 정책 실시를 위한 기본적인 여건이 비교적 충족되어 있는 것으로 판단된다. 그러나 기후변화 적응에 관한 정보 제공이나 기후변화 적응에 대한 담당 공무원 교육 등 일반시민의 인식제고와 담당공무원의 전문성 향상을 위한 교육 및 홍보에 대한 항목에 대해서는 뚜렷한 정책이 실시되고 있지 않는 것으로 나타나 향후 홍보와 교육과 관련된 적응정책에 대한 우선적 고려가 필요한 것으로 판단된다.

(5) 종합평가

서울시 기후변화 관련 취약성 평가결과를 종합하면, 취약성-탄력성 지수(VRI)는 적응능력, 적응기반 향상에도 불구하고 기후노출의 호우, 폭서와 인구적 특성과 지리적 특성 등 민감도의 취약 요인으로 인해 그다지 개선되지 못하는 것으로 평가된다. 다만 적응기반의 여건 충족으로 향후 고도적응의 예비단계로의 진입이 가능할 것으로 기대된다.



〈그림 2-19〉 서울의 연도별 기후노출, 민감도, 적응능력 지수 및 VRI 분포의 변화

4. 전문가 설문조사를 통한 기후변화 취약성 평가

1) 조사개요

(1) 조사 목적

설문을 통한 취약성 평가는 일반적인 접근법은 아니지만 제한된 시간에 서울시 사회 전반에 걸쳐 기후변화의 취약성을 파악하기 위한 적절한 방법이라고 할 수 있다.

서울시 기후변화 취약성 평가를 위해 환경, 에너지, 하천/건설, 산림, 도시계획, 교통, 주택 등 관련 전문가 100명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문조사의 목적은 기후변화 영향에 대한 인식, 기후변화 정책방향, 서울시 기후변화 적응정책 추진 정도 등 서울시 기후변화 취약성을 평가함으로써 적응정책 우선순위를 도출하여 향후 관련 시책의 수립 및 집행방안 마련을 위한 기초자료를 확보하는데 있다. 이를 통해 얻은 기초자료는 향후 서울시 기후변화 적응 대책 마련의 기초 정보로 활용하고자 한다.

(2) 조사 설계

기후변화 영향에 대한 인식을 살펴보고, 취약성 평가를 통한 적응정책 우선순위를 도출하기 위하여 전문가 100명을 대상으로 2010년 5월 1일부터 15일까지 설문조사를 실시하였다.

(3) 주요 내용

서울의 기후변화 취약성 평가를 위한 설문조사 내용은 ①기후변화 영향에 대한 인식, ②기후변화 적응방향, ③서울시 기후변화 적응정책 우선순위 등 크게 3가지 유형으로 구분된다.

〈표 2-23〉 기후변화 취약성 평가 관련 설문조사 주요 내용

구 분	항 목
기후변화 영향에 대한 인식	■ 서울시 기후변화 영향 평가
기후변화 적응방향	■ 기후변화 완화정책과 적응정책의 상대적 우선순위 ■ 서울시 기후변화 적응정책 추진 정도
서울시 기후변화 적응정책 우선순위	■ 서울시 기후변화 고도적응 도시 실현을 위한 부문별 적응정책 우선순위 평가 ■ 서울시 기후변화 고도적응 도시 실현을 위한 적응정책 요소별 우선순위 평가

2) 조사결과 분석

(1) 기후변화 영향에 대한 인식

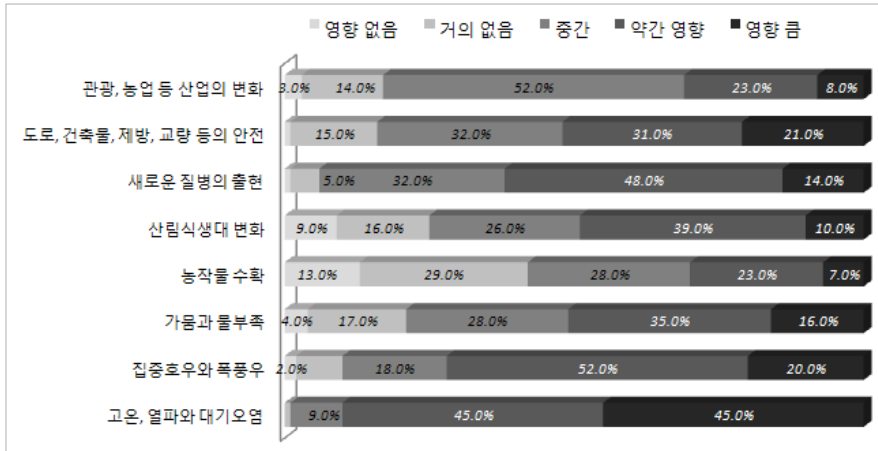
기후변화가 지역에 미치는 영향을 부문별로 나누어 조사하였다. 기후변화의 영향이 가장 크다고 응답한 비율이 높은 부문을 살펴보면 고온·열파와 대기 오염이 45.0%로 가장 높았고, 다음으로 도로, 건축물, 제방 등 인프라의 안전에 미치는 영향이 21.0%로 나타났다. 그러나 집중호우와 폭풍우, 가뭄과 물 부족, 새로운 질병의 출현, 산림 식생대의 변화, 관광, 농업 등 산업의 변화에 미치는 영향은 상대적으로 덜 심각한 것으로 인식되고 있다.

한편 5점 척도의 평균점수로 살펴본 기후변화 영향 인식에 대해서는 고온, 열파와 대기오염이 4.34점으로 가장 높은 점수를 받았다. 다음으로 집중호우(3.80점), 새로운 질병 출현(3.69점) 등의 순서를 보이고 있다. 그러나 농작물 수확(2.82점)을 제외한 여타 항목은 전반적으로 보통수준(3.00점) 이상으로 나타나고 있다.

〈표 2-24〉 서울시 기후변화 영향에 대한 인식 응답 비율 및 평균

(단위 : %)

구 분	기후변화 영향 정도					평균 (5점척도)
	영향 큼	다소 영향	보통	영향 미미	영향없음	
고온, 열파와 대기오염	45	45	9	1	0	4.34
집중호우와 폭풍우	20	52	18	8	2	3.80
가뭄과 물부족	16	35	28	17	4	3.42
농작물 수확	7	23	28	29	13	2.82
산림식생대 변화	10	39	26	16	9	3.25
새로운 질병의 출현	14	48	32	5	1	3.69
도로, 건축물, 제방, 교량 등의 안전	21	31	32	15	1	3.56
관광, 농업 등 산업의 변화	8	23	52	14	3	3.19



(2) 기후변화 적응방향

• 기후변화 대응 정책의 상대적 우선순위

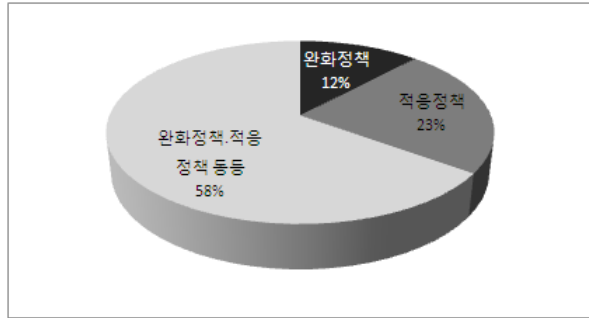
기후변화 대응을 위한 완화정책과 적응정책 가운데 우선 추진 정책에 대해 질문한 결과 ‘완화정책과 적응정책이 동등하게 추진되어야 한다’(65%)는 의견이 가장 많은 것으로 나타났다. 또한 온실가스 저감 중심의 완화정책 우선 추진은 12.0% 수준인 반면, 적응정책이 우선 추진되어야 한다는 의견이 23.0%로 나타나 기후변화 적응정책의 필요성과 중요성에 대해서는 높은 공감대가

형성되어 있음을 알 수 있다.

〈표 2-25〉 기후변화 완화정책과 적응정책의 상대적 우선순위에 대한 응답 비율

(단위 : %)

기후변화 대응 정책	완화정책	적응정책	동등하게 추진
응답빈도(비율)	12	23	65



• 서울시 기후변화 적응정책 추진 정도

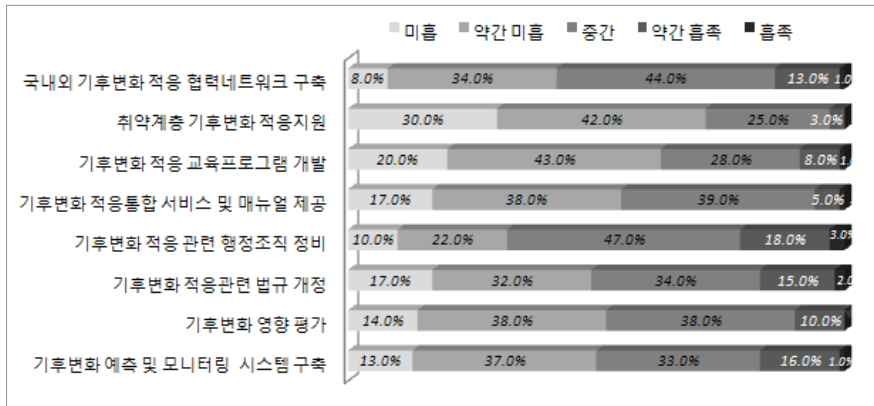
고도적응도시를 실현할 수 있는 다양한 적응기반 구축을 위한 서울시의 정책 추진 정도에 대해 질문한 결과, 기후변화 적응관련 행정조직 정비, 기후변화 적응관련 법규 개정, 기후변화 예측 및 모니터링 시스템 구축, 국내외 기후변화 적응 협력네트워크 구축 사업이 다른 기반정책과 비교해 비교적 잘 추진되고 있는 것으로 평가되었으며, 취약계층 기후변화 적응지원, 적응 교육프로그램 개발, 적응통합 서비스 및 매뉴얼 제공 등 시민들의 기후변화 적응 지원과 관련한 사업들의 추진 정도는 미흡하다는 의견이 많은 것으로 나타났다.

서울시의 기후변화 적응정책 추진 정도는 전체적으로 보통(3.00점) 이하로 나타나고 있다. 이 가운데 기후변화 적응 관련 행정조직 정비(2.82점), 국내외 기후변화 적응 협력네트워크 구축(2.65점) 등 적응정책의 기초적 인프라는 비교적 높은 점수를 받았으며, 취약계층 기후변화 적응지원은 2.01점으로 적응정책 추진 정도가 가장 미흡한 수준인 것으로 인식되고 있다.

〈표 2-26〉 서울시 기후변화 적응정책 추진 정도에 대한 응답 비율 및 평균

(단위 : %)

기후변화 적응 정책	추진 정도					평균 (5점척도)
	흡족	다소 흡족	보통	다소 미흡	미흡	
기후변화 예측 및 모니터링 시스템 구축	1	16	33	37	13	2.55
기후변화 영향 평가	0	10	38	38	14	2.44
기후변화 적응관련 법규 개정	2	15	34	32	17	2.53
기후변화 적응 관련 행정조직 정비	3	18	47	22	10	2.82
기후변화 적응통합 서비스 및 매뉴얼 제공	1	5	39	38	17	2.35
기후변화 적응 교육프로그램 개발	1	8	28	43	20	2.27
취약계층 기후변화 적응지원	0	3	25	42	30	2.01
국내외 기후변화 적응 협력네트워크 구축	1	13	44	34	8	2.65



(3) 서울시 기후변화 적응정책 우선순위

• 적응 부문별 우선순위

서울시 기후변화 고도적응 도시 실현을 위한 적응부문별 우선순위 평가에서는 폭염 및 도시열섬, 대기오염(오존 및 황사 대응), 생태계(생물다양성 및 녹지 확보) 부문이 비교적 우선적으로 추진해야 할 부문으로 평가되고 있다.

서울시의 적응 부문 우선순위를 5점 척도로 살펴보면, 폭염 및 도시열섬 부문이 3.32점으로 가장 우선적으로 적응정책을 실시해야 할 부문으로 나타났다.

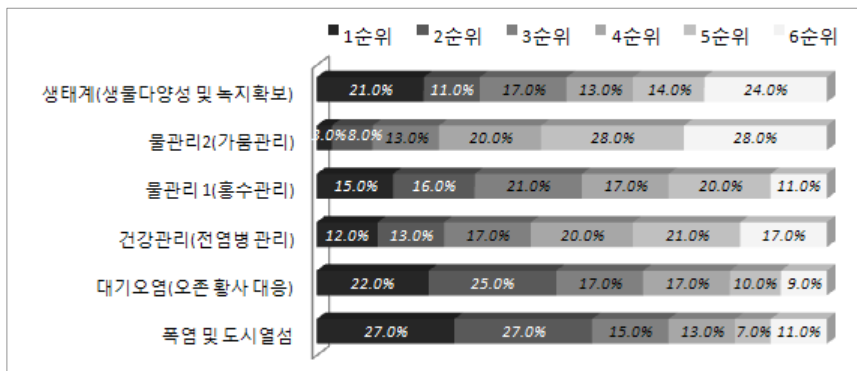
다음으로 오존 및 황사와 같은 대기오염 관리(3.14점), 홍수 관리(2.67점) 등의 순서이다. 서울시에서는 물부족에 따른 가뭄관리 부문의 적응정책이 1.82점으로 우선순위에서 가장 낮은 점수를 받았다.

〈표 2-27〉 서울시 기후변화 적응정책 우선순위별 응답 비율 및 평균

(단위 : %)

기후변화 적응부문	1순위	2순위	3순위	4순위	5·6순위	평균
폭염 및 도시열섬	27	27	15	13	18	3.32
대기오염(오존 황사 대응)	22	25	17	17	19	3.14
건강관리(전염병 관리)	12	13	17	20	38	2.41
물관리 1(홍수관리)	15	16	21	17	31	2.67
물관리 2(가뭄관리)	3	8	13	20	56	1.82
생태계(생물다양성 및 녹지확보)	21	11	17	13	38	2.64

주 : 5·6순위는 5점 척도 평가를 위해 하나의 그룹으로 묶음.



• 적응 부문별 정책 요소별 우선순위

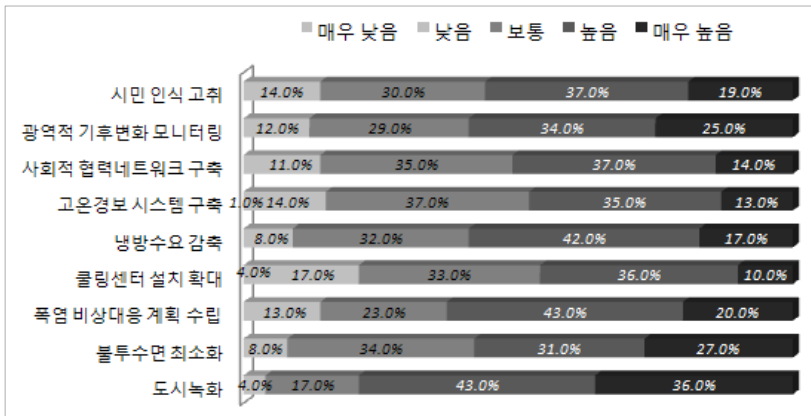
폭염 및 도시열섬 부문에서 우선 추진해야 할 적응정책으로는 도시녹화(36.6%), 불투수면 최소화(27.0%) 정책이 다른 정책과 비교해 우선순위가 높게 평가되었다.

5점 척도의 경우 전체적으로 도시녹화가 4.11점, 불투수면 최소화가 3.77점으로 도시기후 조절을 위한 녹화와 투수면 확보를 위한 정책이 우선적으로 실

시되어야 할 항목으로 나타나고 있다. 다음으로 광역적 기후변화 모니터링 (3.72점), 폭염 비상대응 계획 수립(3.68점), 냉방수요 감축(3.66점) 등의 순서를 보이고 있다.

〈표 2-28〉 폭염 및 도시열섬 관리 부문 적응정책별 상대적 우선순위 응답비율 및 평균
(단위 : %)

적응정책	우선순위					평균 (5점척도)
	매우 높음	높음	보통	낮음	매우 낮음	
도시녹화	36	43	17	4	0	4.11
불투수면 최소화	27	31	34	8	0	3.77
폭염 비상대응 계획 수립	20	43	23	13	1	3.68
쿨링센터 설치 확대	10	36	33	17	4	3.31
냉방수요 감축	17	42	32	8	1	3.66
고온경보 시스템 구축	13	35	37	14	1	3.45
사회적 협력네트워크 구축	14	37	35	11	3	3.48
광역적 기후변화 모니터링	25	34	29	12	0	3.72
시민 인식 고취	19	37	30	14	0	3.61

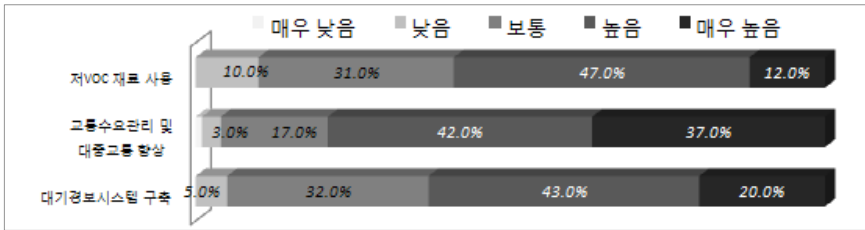


대기오염(오존, 황사 대응) 부문에서 우선 추진 정책으로 교통수요관리 및 대중교통 향상(32.0%)을 가장 많이 주목하였으며, 이러한 사항은 5점 척도에서도 4.11점으로 나타나고 있어 교통수요관리 및 대중교통 향상을 위한 정책이 우선적으로 실시되어야 함을 알 수 있다.

〈표 2-29〉 대기오염 관리 부문 적응정책별 상대적 우선순위 응답비율 및 평균

(단위 : %)

적응정책	우선순위					평균 (5점척도)
	매우 높음	높음	보통	낮음	매우 낮음	
대기경보시스템 구축	20	43	32	5	0	3.78
교통수요관리 및 대중교통 향상	37	42	17	3	1	4.11
저VOC 재료 사용	12	47	31	10	0	3.61

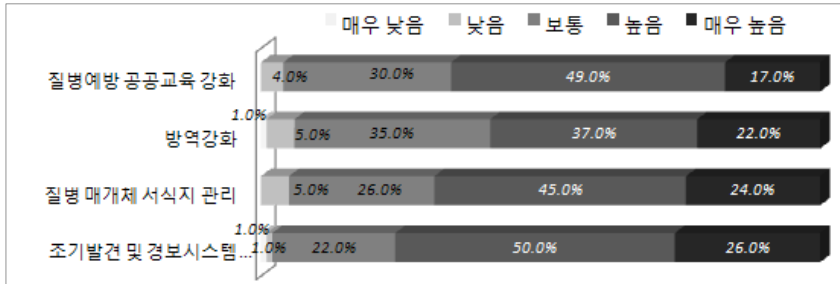


건강관리(전염병 관리) 부문에서는 조기발견 및 경보시스템 구축(26.0%), 질병 매개체 서식지 관리(24.0%), 방역 강화(22.0%)가 서로 엇갈렸으며, 질병 예방 교육 강화 의견은 17.0%로 나타났다. 5점 척도의 경우 조기발견 및 경보 시스템 구축이 3.99점으로 가장 우선적으로 실시해야 할 정책으로 나타났다. 또한 질병예방 공공교육의 강화(3.79점) 정책이 방역 강화(3.74점)보다 상대적으로 높은 점수를 얻어 건강관리의 홍보 및 교육체계 정비가 방역 강화보다 우선순위가 높음을 알 수 있다.

〈표 2-30〉 건강관리 부문 적응정책별 상대적 우선순위 응답비율 및 평균

(단위 : %)

적응정책	우선순위					평균 (5점척도)
	매우 높음	높음	보통	낮음	매우 낮음	
조기발견 및 경보시스템 구축	26	50	22	1	1	3.99
질병 매개체 서식지 관리	24	45	26	5	0	3.88
방역강화	22	37	35	5	1	3.74
질병예방 공공교육 강화	17	49	30	4	0	3.79



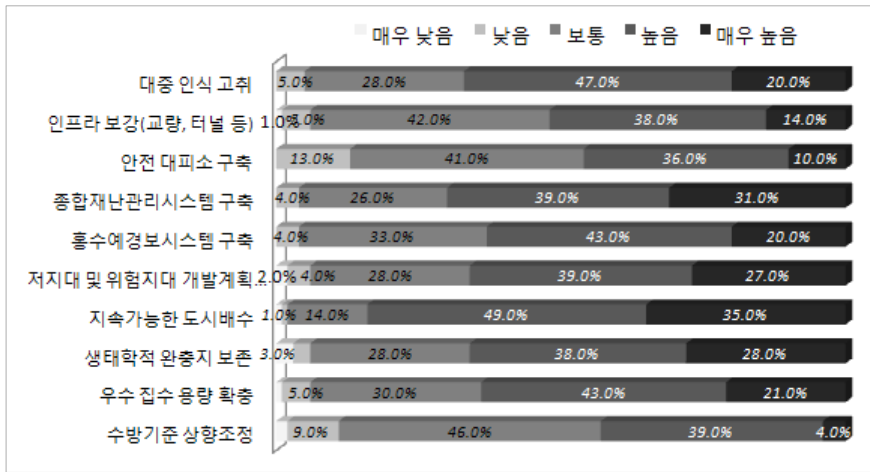
홍수관리 부문에서는 지속가능한 도시배수(35.0%), 종합재난관리시스템 구축(31.0%)이 비교적 우선순위가 높은 것으로 평가되었고, 다음으로 생태적 완충지 보존이 28.0%, 저지대 및 위험지대 개발계획 수립이 27.0%를 차지하였다.

홍수관리 정책의 우선순위에 대한 5점 척도의 경우에도 지속가능한 도시배수가 4.16점으로 가장 높은 점수를 받았으며, 다음으로 종합재난관리시스템 구축(3.97점), 생태학적 완충지 조성 및 저지대 및 위험지대 개발계획 수립(3.85점), 대중 인식 고취(3.82점) 등의 순서이다. 한편 수방기준 상향조정(3.34점), 안전 피난처 구축(3.43점) 정책은 다른 정책에 비교해 상대적으로 우선순위가 낮은 것으로 나타났다.

〈표 2-31〉 홍수관리 부문 적응정책별 상대적 우선순위 응답비율 및 평균

(단위 : %)

적응정책	우선순위					평균 (5점척도)
	매우 높음	높음	보통	낮음	매우 낮음	
수방기준 상향조정	4	39	46	9	2	3.34
우수 집수 용량 확충	21	43	30	5	1	3.78
생태학적 완충 보존	28	38	28	3	3	3.85
지속가능한 도시배수	35	49	14	1	1	4.16
저지대 및 위험지대 개발계획 수립	27	39	28	4	2	3.85
홍수예경보시스템 구축	20	43	33	4	0	3.79
종합재난관리시스템 구축	31	39	26	4	0	3.97
안전 대피소 구축	10	36	41	13	0	3.43
인프라 보강(교량, 터널 등)	14	38	42	5	1	3.59
대중 인식 고취	20	47	28	5	0	3.82

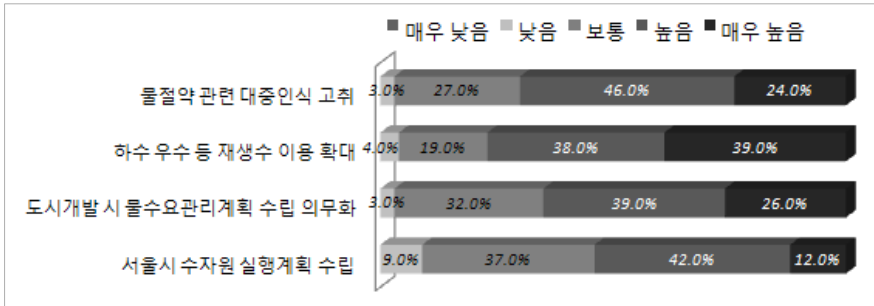


물부족과 관련한 가뭄관리 부문에서는 하수·우수 등 재생수 이용 확대(39.0%) 의견이 가장 많이 제시되었다. 이어 도시개발계획 시 물수요관리계획 수립 의무화(26.0%), 물질약 관련 대중인식 고취(24.0%) 등이 높게 지목되었다. 5점 척도로 우선순위를 살펴볼 경우 하수·우수 등 재생수 이용 확대 정책이 4.12점으로 가장 높았으며, 다음으로 물질약 관련 대중인식 고취가 3.91점으로 나타났다.

〈표 2-32〉 가뭄관리 부문 적응정책별 상대적 우선순위 응답비율 및 평균

(단위 : %)

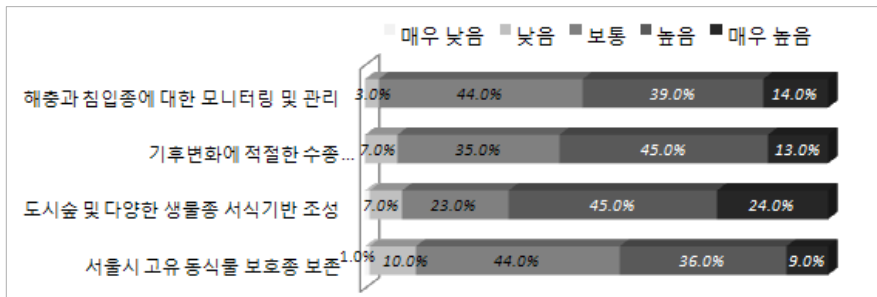
적응정책	우선순위					평균 (5점척도)
	매우 높음	높음	보통	낮음	매우 낮음	
서울시 수자원 실행계획 수립	12	42	37	9	0	3.57
도시개발 시 물수요관리계획 수립 의무화	26	39	32	3	0	3.88
하수 우수 등 재생수 이용 확대	39	38	19	4	0	4.12
물질약 관련 대중인식 고취	24	46	27	3	0	3.91



생물다양성 및 녹지 확보를 위한 생태계 부문에서는 도시숲 및 다양한 생물종 서식기반 조성(24.0%) 정책이 다른 정책과 비교해 우선순위가 높게 평가되었다. 이 정책은 평균 점수도 3.84점으로 다른 정책과 비교해 우선적으로 시행되어야 함을 시사하고 있다. 기후변화에 적절한 수종 데이터베이스 구축, 해충과 침입종에 대한 모니터링 및 관리 정책이 평균 점수 3.64점으로 서울시 고유 동식물 보호종 보존 정책보다 우선순위가 약간 높게 나타나고 있다.

〈표 2-33〉 생태계 부문 적응정책별 상대적 우선순위 응답비율

적응정책	우선순위					평균 (5점척도)
	매우 높음	높음	보통	낮음	매우 낮음	
서울시 고유 동식물 보호종 보존	9	36	44	10	1	3.42
도시숲 및 다양한 생물종 서식기반 조성	24	45	23	7	1	3.84
기후변화에 적절한 수종 데이터베이스 구축	13	45	35	7	0	3.64
해충과 침입종에 대한 모니터링 및 관리	14	39	44	3	0	3.64



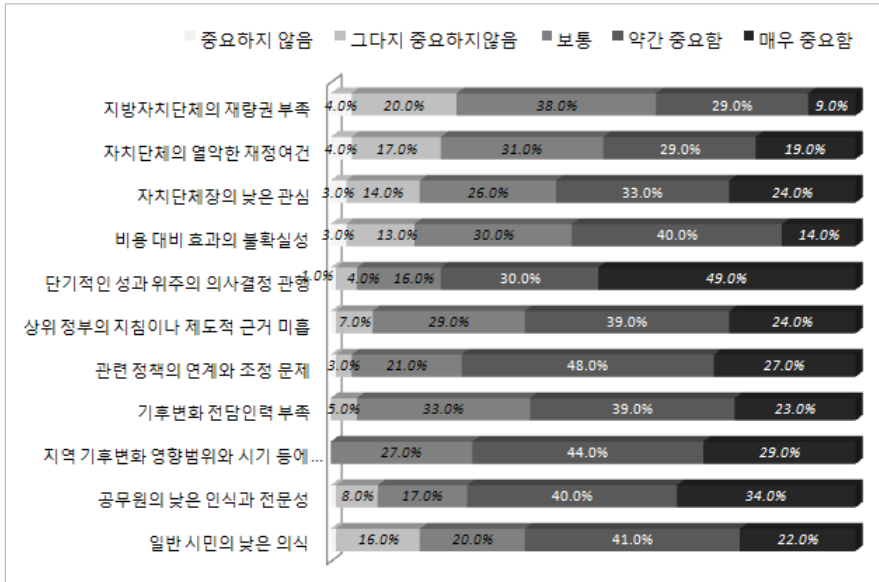
(4) 적응대책 추진의 장애요인

자치단체가 기후변화 적응 대책을 추진할 때 장애가 되는 요인을 진단한 결과, 장애요인의 비중은 단기적인 성과 위주의 의사결정 관행, 공무원의 낮은 전문성, 자치단체장의 낮은 관심, 관련 정책의 연계와 조정 문제, 일반시민의 낮은 의식, 상위정부의 지침이나 제도적 근거 미흡, 전담인력의 부족 등의 순서로 나타났다. 이에 비해 지자체의 재량권 부족, 비용대비 효과의 불확실성 등은 상대적으로 우선순위가 낮았다. 종합하면 지자체가 기후변화 적응 대책을 효과적으로 추진하기 위해서는 인력과 예산의 확보, 부서 간 정책 통합, 상위 정부의 지침과 제도 등 구조적인 접근과 공무원과 일반시민들의 인식 고취를 위한 교육과 홍보가 필요할 것으로 보인다.

적응대책 추진의 장애요인을 5점 척도로 살펴보면 단기적인 성과 위주의 의사결정 관행이 4.22점으로 가장 높은 점수를 받아 향후 중·장기적인 적응 목표를 수립하여 지속적이고 체계적인 적응대책 추진의 필요함을 시사하고 있다. 특히 지역 기후변화의 영향범위와 시기 등에 관한 정보 부족(4.02점), 공무원의 낮은 인식과 전문성(3.98점) 등이 우선적인 해결과제로 평가되고 있다.

〈표 2-34〉 서울시 기후변화 고도적응 도시 실현을 위한 적응정책 장애요인 응답비율 및 평균
(단위 : %)

장애요인	장애요인 정도					평균 (5점 척도)
	매우 중요함	약간 중요함	보통	그다지 중요하지 않음	중요 하지 않음	
일반 시민의 낮은 의식	22	41	20	16	1	3.67
공무원의 낮은 인식과 전문성	34	40	17	8	1	3.98
지역 기후변화 영향범위와 시기 등에 관한 정보부족	29	44	27	0	0	4.02
기후변화 전담인력 부족	23	39	33	5	0	3.80
관련 정책의 연계와 조정 문제	27	48	21	3	1	3.97
상위 정부의 지침이나 제도적 근거 미흡	24	39	29	7	1	3.78
단기적인 성과 위주의 의사결정 관행	49	30	16	4	1	4.22
비용 대비 효과의 불확실성	14	40	30	13	3	3.49
자치단체장의 낮은 관심	24	33	26	14	3	3.61
자치단체의 열악한 재정여건	19	29	31	17	4	3.42
지방자치단체의 재량권 부족	9	29	38	20	4	3.19



3) 설문조사에 의한 취약성 종합평가

기후변화가 지역에 미치는 영향에 대해서는 고온·열파와 대기오염의 영향이 우려되는 항목으로 평가되고 있으며, 서울의 지역적 특성상 농작물 수확을 제외한 여타 항목에서 전반적으로 보통수준 이상의 영향을 받을 것으로 인식되고 있다.

현재 서울시가 추진 중인 적응정책에 대해서는 전체적으로 추진정도가 미흡하지만 기후변화 적응 관련 행정조직 정비, 국내외 기후변화 적응 협력네트워크 구축 등 적응정책의 적응기반 구축이 비교적 잘 추진되고 있는 반면, 취약계층의 기후변화 적응 지원정책은 가장 미흡한 것으로 평가되고 있다.

서울시 기후변화 고도적응 도시 실현을 위한 적응부문별 우선순위 평가에서는 기후변화의 영향이 가장 우려되는 폭염 및 도시열섬, 대기오염 부문이 적응정책을 가장 우선적으로 추진해야 할 부문으로 나타났다.

폭염 및 도시열섬 등 도시기후 조절을 위해서는 녹화와 투수면 확보를 위한

정책, 오존·황사 등의 대기오염을 관리하기 위해서는 교통수요관리 및 대중교통 향상을 위한 정책이 우선적으로 실시되어야 함을 알 수 있다.

전염병 관리를 위해서는 조기발견 및 경보시스템 구축, 질병 매개체 서식지 관리, 홍수관리 부문에서는 지속가능한 도시배수, 종합재난관리시스템 구축, 가뭄관리 부문에서는 하수·우수 등 재생수 이용 확대, 생물다양성 및 녹지 확보를 위해서는 도시숲 및 다양한 생물종 서식기반 조성 정책이 다른 정책들과 비교해 우선적으로 실시해야 하는 것으로 나타나고 있다. 그리고 전염병 등 질병관리와 물관리(홍수, 가뭄) 부문 모두 공통적으로 대중인식 고취를 위한 정책의 우선순위가 높게 나타나 향후 부문별·대상별 맞춤형 교육과 홍보를 위한 정책수단들이 필요함을 시사하고 있다.

자치단체가 기후변화 적응 대책을 추진할 때 장애가 되는 요인을 진단한 결과, 장애요인의 비중은 단기적인 성과 위주의 의사결정 관행, 공무원의 낮은 전문성, 자치단체장의 낮은 관심, 관련 정책의 연계와 조정 문제, 일반시민의 낮은 의식, 상위정부의 지침이나 제도적 근거 미흡, 전담인력의 부족 등의 순서로 나타났다. 향후 기후변화 적응 대책을 효과적으로 추진하기 위해서는 인력과 예산의 확보, 부서 간 정책 통합, 상위 정부의 지침과 제도 등 구조적인 요인, 그리고 공무원과 일반시민들의 인식 고취를 위한 교육과 홍보 등 비구조적 요인이 해결과제로 인식되고 있다.

제3장 서울시 기후변화 적응여건 및 정책수요 분석

제1절 기후변화 적응 SWOT 분석

제2절 기후변화 고도적응 목표관리

제3절 종합정리

제3장

서울시 기후변화 적응여건 및 정책수요 분석

제1절 기후변화 적응 SWOT 분석

도시의 기후변화 영향에 효과적으로 대처하기 위한 적응분야에 대해 선진 도시들의 관심이 증대되고 있는 시점에서, 서울시를 사례로 기후변화 적응 요소별 SWOT 분석을 통해 국내 도시의 기후변화 적응 선도전략 수립의 방향을 도출한다.

이는 향후 시민의 건강 및 일상생활과 밀접한 기후변화 영향요인별 적응을 위한 전략적 정책수요를 파악하고, 이를 향후 국내 도시의 기후적응형 도시관리 정책형성과 연계하여 기후변화 대응 고도적응 도시로 거듭나기 위한 의도이다.

1. 강점(Strength)

서울은 기후변화에 대해 내후성(耐候性)·내수성(耐水性) 건축 및 단지개발을 통해 국지성 집중호우에 의한 저지대 주택가 침수, 이상고온 등 기상이변에 대응하기 위한 기반이 구축되어 있으며, 버스개혁과 성공적인 대중교통체계 개편으로 친환경 교통체계가 형성되어 있다. 그리고 맑은서울 2010대책과 저

공해화 사업 추진으로 시민의 건강 위해성 요소가 개선되고, 기상재해 및 전염병 방재 기반 등 방재기반, 방재 및 보건 관련 등 각종 보험제도 등의 금융산업 기반이 형성되어 있다.

또한 정책의 파급 속도가 빠르고 시민 참여로 빠른 효과를 기대할 수 있으며, 녹지공간 확보와 생태축 형성 및 도심지의 열섬화 억제, 바람길 형성 등 친환경 도시구조로 전환되고 있는 상태이다. 서울시는 2005년 기준 초고속 인터넷 가입 가구대비 보급률 107.8% 수준의 IT 기반시설과 높은 고등교육 취학률 및 교육기관의 밀집도를 통해 도시의 기후변화에 대한 신속한 적응이 가능하다.

2. 약점(Weakness)

서울의 기후변화 적응에의 약점 요인은 기상이변 등 예상되는 변화된 여건의 불확실성(uncertainty)으로 인한 과소·과다 적응대책의 가능성 및 이에 따른 과소·과다 투자의 가능성을 들 수 있다. 그리고 다른 지역보다 밀집도가 높은 서울은 기상재해·전염병 발생 시 비용 및 피해증가와 고령화 속도가 외국 도시에 비해서도 빨리 진행되고 있으며,²²⁾ 다른 세계 대도시와 비교해 의료수준이 상대적으로 열악하므로,²³⁾ 취약지역, 취약계층에 대한 기후변화 적응책 마련이 필요하다.

그리고 기후변화에 대한 적응책 마련에 못지않게 중요한 사항은 기후변화 영향 및 취약성 인식, 적응을 위한 생활 양식 변화와 실천 등인데 이들은 기대 의식과 격차가 있다.

22) 노인인구 증감률(2006년 기준)은 서울 6.9%, 뉴욕 0.4%, 런던 -0.4%, 파리 1.3%, 도쿄 2.9%, 유년인구 증감률(2006년 기준)은 서울 -3.3%, 뉴욕 -0.7%, 런던 0.4%, 파리 0.83%, 도쿄 0.6% 수준임.

23) 십만명당 의사수(2005년 기준)는 서울 293명, 파리 532명, 도쿄 399명, 베이징 389명이며, 천인당 병상수(2004~2005년 기준)는 서울 6.1개, 도쿄 10.4개, 베이징 6.7개 수준임.

3. 기회(Opportunity)

서울의 기후변화 적응에의 기회요인은 기상이변에 따른 침수피해 가능성이 많은 저지대 노후주택가를 대상으로 뉴타운, 재개발/재건축 등과 연계하여 사전 예방적 도시개발을 유도하고, 재해보험 등의 기후변화 보험산업이 중요하게 등장하고 있는 점을 들 수 있다.

그리고 최근 기후변화예의 적응 문제는 국가 경제 및 산업경제 활동의 주요 이슈로 대두되고 있을 뿐만 아니라, 국가 기후환경 경쟁력을 한층 제고할 수 있는 동인을 제공한다. 이에 따라 서울의 기후변화 적응 전략을 국가 적응 전략 수립과 연계하는 한편, 적응책과 완화책을 상호 연계 통합할 수 있는 기회로 활용할 수 있다.

4. 위협(Threats)

서울의 경우 건물 및 단지 차원의 대책으로 극한기상의 대응에는 한계가 있으며, 오일위기와 신고유가시대가 도래될 가능성이 큼에도 불구하고, 자동차 등록대수 및 운행 증가(경유차/중대형차 비중 증가)에 대비하는 특화대책이 미흡한 실정이다. 그리고 기후변화로 인한 재해비용 증가, 황사 강도 및 빈도 증가, 도시열섬 강화 등으로 대기질 악화가 우려되며, 수목병충해 발생 및 주기적 산불 발생, 집중호우와 건기 물부족 현상 심화 등 기후변화로 인한 인체, 생태 전반에 걸친 위약성과 피해가 본격 가시화되고 확산될 우려가 크다.

또한 에너지접근성(공급제약 상황, 가격 급등)의 악화로 인한 시민의 삶의 질 및 에너지 복지 수준이 저하될 가능성이 있다.

〈표 3-1〉 서울시 기후변화 적응 SWOT 분석

강점(Strength)	약점(Weakness)
- 내후성(耐候性)·내수성(耐水性) 건축 및 단지개발을 통해 국지성 집중호우에 의한 저지대 주택가 침수, 이 상고온 등 기상이변에 대응하기 위한 기반구축 - 버스개혁과 성공적인 대중교통체계 개편으로 친환경 교통체계 형성 - 맑은서울 2010대책과 저공해화사업 추진으로 시민의 건강 위해성 개선 - 방재기반 : 기상재해 및 전염병 방재 기반 체계의 구축 - 금융산업 : 방재 및 보건 관련 각종 보험제도 기반 형성 - 정책의 파급 속도가 빠르고 시민 참여로 빠른 효과 기대 - 녹지공간 확보, 생태축 형성 및 도심지의 열섬화 억제, 바람길 형성 등 친환경 도시구조로의 전환 - IT 기반시설의 우수성 : 서울의 초고속 인터넷 가입 가구대비 보급률 107.8%(2005년 기준) - 높은 고등교육 취학률과 교육기관의 밀집도	- 기상이변 등 예상되는 변화된 여건의 불확실성 (uncertainty)으로 인한 과소·과다 적응대책의 가능성 및 이에 따른 과소·과다 투자의 가능성 - 낮은 대중교통수단 부담률(62.3%) - 승용차와 석유 중심의 고에너지 소비 교통체계 - 인구밀집 : 기상재해·전염병 발생 시 비용 및 피해증가 - 빠른 고령화 속도 • 노인인구 증감률(2006년 기준) : 서울(6.9%) • 유년인구 증감률(2006년 기준) : 서울(-3.3%) - 서울의 의료수준 세계 대도시와 비교 시 상대적으로 열악 • 십만명당 의사수(2005년 기준) : 서울(293명), • 천인당 병상수(2004~2005년 기준) : 서울(6.1개) - 기후변화에 대한 보건/재난 대응책 미비
기회(opportunity)	위협(Threats)
- 기상이변에 따른 침수피해 가능성이 많은 저지대 노후 주택가를 대상으로 뉴타운, 재개발/재건축 등과 연계하여 사전 예방적 도시개발 유도 - 지속적인 대중교통 우선 정책에 따른 교통서비스와 대기환경 수준의 향상으로 기후변화 영향요인의 개선 - 저탄소 녹색교통에 대한 당위성 인식 증가 - 재해보험 : 기후변화 보험산업의 등장	- 건물 및 단지 차원의 대책으로는 극한기상의 대응 한계 - 오일위기와 신고유가시대 도래 가능성 - 자동차 등록대수 및 운행 증가(경유차/중대형차 비중 증가)에 대비하는 특화대책 미흡 - 기상재해 : 기후변화로 인한 재해비용 증가 - 보건질병 : 열대성 전염병 증가 가능성 - 기후변화·열섬효과로 인한 열대야, 황사현상 악화 - 수목병충해 발생 및 주기적 산불예상 - 집중호우와 건기 물부족 현상 심화 - 기후변화로 인한 인체, 생태 전반에 걸친 위약성과 피해가 본격 가시화되고 확산될 우려 - 황사 강도와 빈도 증가, 도시열섬 등으로 대기환경 악화가 예상되며, 이에 따른 시민의 건강문제 야기 - 새로운 전염병 출현 및 홍수/침수 빈도 증가로 피해 급증 - 에너지접근성(공급제한 상황, 가격 급등) 악화로 시민의 삶의 질 및 에너지 복지 수준의 저하 가능성

제2절 기후변화 고도적응 목표관리

1. 서울시 저탄소 녹색성장 마스터플랜(2010~2030년)

기후변화에 따른 시민건강 예방·보호, 기상재난에 탄력적으로 대응할 수 있는 안전도시 조성, 세계 최고수준의 대도시형 통합 고도적응체계 확립, 수방 기준 30년 빈도 상향 등 고도적응 기준을 마련하고 적용하기 위한 중장기적 목표와 로드맵을 제시하고 있다.

1) 조기에측 및 대응 시스템 강화

	- 서울지역 기후변화 및 대기오염 통합 모니터링 시스템 구축 - 서울지역 분야별 종합적인 기후변화영향평가시스템 구축 - 분야별, 단계별, 위험도별 적응 시나리오 개발 및 대응 체계 구축 - 기상재해에 신속 대응을 위한 전 과정 대응체계 정비
기후변화 모니터링 시스템 강화	• 서울시 자동기상관측시스템(26대), 백업상(60대), 대기오염(36개소) 자료와 기상청 자동기상관측시스템(27대) 자료를 통합 • DB 관리시스템 구축 • 통합 DB를 기반으로 극한기후 및 대기오염 모니터링 및 서울지역 경보 시스템 강화
기후변화영향 평가시스템 구축	• 분야별 취약지역 및 대상에 대한 자료 DB 구축 및 정기 평가 • 부문별 취약성 지표와 분석도구 개발 • 취약성 분석 후 유효한 적응정책 대안 제시
기후변화 적응 시나리오 개발 및 활용	• 1단계 : 시민건강, 도시방재, 수자원관리 등 취약 분야를 대상으로 위험도별, 적응 단계별 표준 시나리오 개발 • 2단계 : 시나리오별 세부 대응 매뉴얼 작성 및 교육 • 3단계 : 시민, 기업에 대한 정보 공유 및 훈련 등을 통한 시민사회 대응 체계 구축
신속·종합 대응체계 구축	• 기후변화에 따른 지역별, 부문별 기상재해 위험 예측 시스템의 구축 • 극한 기상재해 상황에 대비한 긴급구조 체계의 강화 • IT 기술을 활용한 지역별, 부문별 안전 대응 시범사업 추진

2) 기후변화 적응 제도 강화

- 기후변화 고도 적응을 위한 조직 체계 정비 및 유기적 협력체계 구축 - 기후변화대응조례에 적응 관련 법규 정비 - 시 전반의 적응관리 수준 이행실태 등 정기적 종합 진단 평가	
행정조직 정비	• 적응 총괄부서와 분야별 추진부서, 책임자 지정 등 '적응관리 조직' 확충
적응관련 조례규정 마련	• 서울시, 기업, 학교 등 기후 적응 관련기관의 임무와 피해 발생 시 취해야 할 조치, 긴급상황 시 지시 명령체계 등 규정 등 조례개정
적응관리 통합진단 평가시스템 구축	• 부문별 취약성 지표 등을 활용하여 적응 수준을 평가하고, 개선 및 보완방향 모색

3) 고도적응 위한 사회적 협력 네트워크 구성

- 기후변화 적응대책 수립, 집행, 평가과정에 시민참여 확대 - 기후변화 사회협력망 구축 - 기후 변화 적응 국내외 협력 네트워크 구축	
시민·전문가가 참여하는 정기적인 평가 및 대책	• 시민참여 평가시스템 개발 • 주요 적응대책의 수립 과정에서 시민, 전문가 모니터링
기후 적응 사회협력망 구축	• 긴급상황 시 지시 명령체계 등 규정 • 국한 기후 시 취약자 보호 조치를 위한 민간영역의 역할 강화
기후적응 국내외 협력 네트워크 구축	• C40, ICLEI 등 국제도시협력기구와 적응 정책 정보 공유 • Best-Practice 등 적응 업무 교류 확대 • 타 시도와 정보교류 및 상호지원체계 구축

4) 시민들의 기후 적응능력 향상

- 기후적응 통합 정보 서비스 제공 - 시민맞춤형 기후적응 매뉴얼 개발 보급 - 대상별 특화된 교육·훈련 프로그램의 개발 시행	
기후적응 통합정보 서비스 제공	• 정부, 지자체, 시민단체 등 기후변화 및 정보 공유 시스템 구축 • 기후변화 적응 도우미 운영, 온라인 사이트 구축, 유관기관 정보 공유, 시민서비스 제공
기후적응 매뉴얼 개발 보급	• 기상재해 유형별, 단계별 대응요령 개발 및 매뉴얼 작성·보급 • 온라인, 오프라인을 통한 상시 정보 제공(공익광고 활용)
대상별 교육·훈련 프로그램 개발	• 재난 유형별, 상황별, 대상별 교육수요 분석 및 교육 프로그램의 개발 보급

5) 기후친화적인 도시관리 기반 구축

(1) 지속가능한 도시관리 제도정비 및 기술지원

- 기후변화 관련제도에 토지이용 측면을 보강하여 도시공간구조를 고려함은 물론 일정지역을 대상으로 종합적인 대책을 적용 - 불투수포장 등의 투수성화 (불투수포장비율 90% 이상 지역 : 32%(2020년) → 25%(2030년))	
기후영향을 고려한 도시설계 및 개발 기준 정립 (고도적응기준 적용)	• 기후변화를 저감하고 그 결과에 적응하기 위한 계획요소들이 종합적이고 일체적으로 적용될 수 있도록 도시계획조례, 도시개발조례, 도시재정비 촉진조례, 도시 및 주거환경 정비조례 등 정비
고성능 차열성 포장도로 개발 지원 및 보급 확대	• 고성능 차열성 포장 및 인공시설물의 색조 변화 • 차열성 포장도로의 보급을 공공기반의 도로, 주차장, 옥상 등에 확대, 민간에 보급 유도
전환 가능한 불투수층 면적비율을 50% 이상 투수층으로 확대	• 보행자도로, 주차장, 광장 등에서 잔디블록 및 투수성 포장으로 교체하는 것을 지자체와 협조 • 주택가 골목길 초화류 심기 및 플랜터 설치 • 2020년까지 학교공원화 사업을 완료하고 운동장의 천연잔디녹화 유도

(2) 도시기후 조절능력 향상

- 도시열섬효과 완화 및 탄소 흡수원으로서의 녹지 확충 - 도심부 전체의 열섬지수를 1.1(2030년)까지 완화 - 실개천을 도심부를 중심으로 11km(2020년), 16km(2030년) 조성하여 온도완화	
도심녹지 확충으로 기온저감, 대기질 개선	• 2030년까지 11㎢ 추가 확충, 공원녹지율을 32% 수준으로 확대(신규공원, 거점공원 확충 등) • 도심에 수관이 풍부한 수목, 대기정화능력이 우수한 수목으로 녹지 공간 조성(전정방법 개선으로 녹시율 증대) • 주요 도로변 완충녹지 확대 및 녹지생태축 조성
도심 대형 건물, 옥상녹화 단계별 의무화 추진	• 도심 대형 건물 및 아파트단지를 중심으로 옥상녹화 면적을 1㎢ 수준으로 확대(민간건물 공사비 지원, 공공건물 의무화) • 벽면 녹화 활성화 • 옥상녹화 시 인센티브 부여 의무화
하천복원사업으로 추진	• 실개천 조성사업 추진 • 당현천, 우이천 등 13개소 하천복원 완료(2020) • 유출 지하수를 활용하여 실개천, 분수 등의 친수시설 조성 • 실개천을 총 11km(2020년), 16km(2030년)의 길이로 도심부 중심으로 조성

6) 첨단 적응기술 지원 및 적용 보급 확대

(1) 의료분야 등 신기술 활용 맞춤형 적응 지원서비스 제공

- 국내외 U-헬스케어 분야의 기술개발 수준과 맞추어 개발된 시스템을 취약계층에 보급하여 기후변화 관련 개인건강 보호 서비스 강화

맞춤형 의료정보제공 등 개인
휴대용 시스템 개발 보급

• 기술개발 연구분야 지원 및 단계별로 취약계층에 시스템 보급

의료보호장비 등 개발 보급

• 피해 유형별 중화 내지 완화에 기여

(2) 고효율 기후적응형 건축모델 개발 · 보급

- 대지, 건축배치, 건축구조 및 재료, 공기조화, 각종 설비 등 다양한 측면에서 효율성을 갖는 창의적이고 체계적인 건축모델을 개발 · 보급함으로써 민간부분의 적극적인 참여 유도

신개념 모델 개발 지원

• 고온다습에 적합한 에너지절감형 건축 설계기준 마련(전문가 협의)
• 일사 차단율 높은 외장재 및 색채 개발 지원 및 확대 보급
• 불박이 형식의 제습기 및 공기정화기 확대보급

7) 기후변화 취약 5대 분야 중점관리

(1) 전염성 질환에 대한 적응대책

- 전염성 질환에 대한 사전예방, 조기 신속 대응 체계 마련

서울기후건강 연구센터 운영

• 기후변화로 인한 건강영향에 대한 모니터링 시스템 구축
• 신종질병 및 외래종 질병에 대한 대응 체계 구축
• 천식, 아토피 등 환경성 질환 대책 연구 및 관리강화

곤충/설치류 서식지 사전 방역
및 방제 강화

• 모기와 같은 곤충/설치류의 유충 서식지 DB를 바탕으로 철저한 사전 방역 강화

물과 식품매체 전염병 사전
예방 및 신속 대응 체계 구축

• 수질 모니터링 강화 및 대응 시스템 개발
• 비브리오팀 감시체계 운영 및 관리 강화

기후변화 관련 질병 조기발견
및 신속 대응체계 구축

• 모든 의료시설의 최초 내진 시 전염성 질환 진단 및 보고체계 구축
• ~2020년까지 1차 진료기관 포함 100% 대응체계 구축

(2) 폭염 등 고온화에 대한 적응대책

- 폭염 등 고온현상에 대한 취약계층 보호 프로그램 운영	
적응 취약계층의 DB 구축 및 모니터링	- 취약계층에 대한 지속적인 모니터링 - 열대야, 폭염 취약계층 관리대책의 마련
폭염 등 고온화에 취약한 주거환경 개선	- 주거환경 정밀점검 : 적응 취약점 분석, 설비 개선 기준 등 마련 - 서울형 집수리 지원 사업(S-Habitat)과 연계하여 시행
폭염대피시설의 기능 및 성능 강화	- 폭염대피시설인 무더위 쉼터의 기능, 성능 및 적합성 조사 - 취약지역 및 취약계층 밀집 지역에 폭염 대피시설의 시설 설치 강화
옥외 근로자 보호 대책	폭염 경보 시 '의무적인 휴무시간제'와 같은 긴급대피 방안 협의
에너지 기본권 보장 강화	취약계층의 에너지요금 체납 시 단전유예, 단수유예, 가스공급 중지 유예
저소득층 보급형 저가청정에너지 개발 · 보급	- 취약계층 가구에 도시가스 공급 - 복지시설 등에는 태양광, 태양열 설비 지원 검토
임대주택, 복지시설, 집단거주지 에너지 효율 개선 사업 및 절전기기 보급	집수리사업의 지속적인 추진 및 에너지 효율향상 기기 보급 검토

(3) 물부족에 대한 적응대책

- 물부족에 대응하여 강력한 수요관리대책 추진 - 도시개발사업지구에 대해서는 일정비율 이상 수돗물을 재이용하도록 하며, 빗물저류기능과 오수정화 기능을 강화하여 다양한 용수(청소, 소방 등)로 활용 가능하도록 유도 - 우수유출 저감시설 확충	
도시개발사업 시 물재이용 20% 이상 물수요관리계획 수립 의무화	- 중수도를 통해 수돗물 재활용 - 정화시설과 저류시설을 통해 빗물 확보, 다양한 용도로 활용
물순환형 도시용수 공급체계 구축사업의 단계적 추진	- 상수도 의존율을 현재 94.3%에서 2020년 84%, 2030년까지 80%로 낮춤 - 빗물 및 중수도 등의 물이용 시설 설치 의무화 확대 및 용도 다양화 - 상습침수지역 및 저지대, 도로의 지하공간에 지하저류시설의 확대 설치 - 이상 집중호우 신속배제용 하수관거, 빗물펌프장 대응력의 지속적 확대 - 대홍수량을 저장하는 대심도 지하 하천(또는 우수터널) 설치 검토 - 홍수대응 제어시스템으로 전한체계 구축 - 빗물저장조 무료공급사업 단계적 추진 - 빗물이용 프로그램 보급 및 빗물이용 운동 전개 - 물수요 관리시설의 운영 및 수돗물 절감효과 관련 정기적 평가체계 구축 - 고도처리수의 시가지 공급관거 부설 및 도시용수 이용계획 마련

(4) 기상재해에 대한 적응대책

- 구조적·비구조적 재해대책의 일체화, 예방·대비·대응·복구에 걸친 재난관리의 상호연계를 도모
- 홍수방어를 위한 시설물 및 예·경보체계를 첨단화, 정확한 재해정보를 수집·전파하여 대응할 수 있는 과학적인 방재체계 구축
- 기존의 방재계획 및 추진사업을 강화하여 사전 예측하고 대응하는 도시방재 시스템의 구축

서울형 통합 기상재해 대응체계 구축	• 종합방재센터 대응기능 확대 • 수방시설물 안전도 강화 및 침수지역 해소 • 산사태 위험지역 사전예방 • 비상대피시설 확충 및 대피 명령권 등 제도 정비
유비쿼터스 제어환경으로 과학적인 수방시스템 구축	• 첨단 유비쿼터스 기술을 이용하여 실시간 시설물 관리, 모니터링 및 예측, 상황전파, 의사결정지원, 신속대응체계 구축

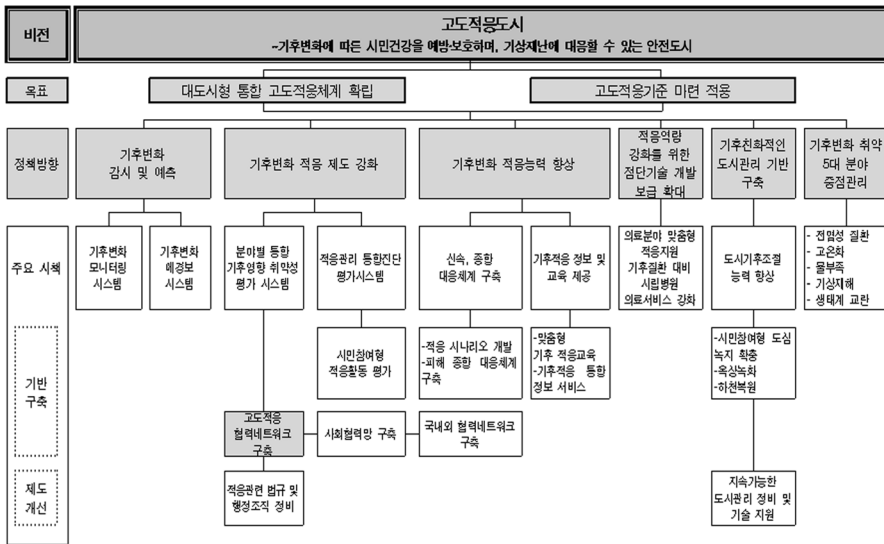
(5) 생태계 교란에 대한 적응대책

- 생물다양성 증진을 위한 소생물권 설치 50개소(2020년) 및 100개소 설치(2030년)
- 도심내 생태원을 8개소 내외로 설치하여 자연자원 보전
- 14개 생태경관보전지역에 대한 모니터링을 지속적으로 추진, 관리 추진

기후변화로 인한 생태계 취약성 분석 및 보호종 보호방안 연구	• 보호종의 이주 및 생육환경 개선 사업추진 • 기후변화 적응이 용이하고, 적합한 토양 및 대기환경 개선사업 추진
서울의 새로운 기후환경에 적합한 수종 등 연구 지원 및 보급 추진	• 서울의 새로운 기후환경에 적합한 수종 등을 연구하고, 식수 확대 보급 • 기후적응 생물연구기관에 펀드를 지원하고, 연구정보를 기반으로 한 웹사이트를 구축하여 정보 파급
다양한 생물종 서식기반 조성	• 도시숲 조성, 도심녹지축 연결, 도심하천 복원 등 도시생태계 확충 • 생물의 다양성 증진을 위해 국공유림 중심으로 소생물권 추가 설치 • 도심생태원(1곳), 생태경관보전지역(14곳), 야생동식물보호구역(5곳) 단계적인 확대와 관리 강화 • 녹지총량을 파악하고 기후변화와 관련한 수목의 대기정화기능 연구
소생물권 조성 및 생태원 조성	• 생물다양성 증진을 위한 소생물권 설치 50개소(2020) 및 100개소 설치(2030) • 도심내 생태원을 8개소 내외로 설치하여 자연자원 보전
도시근교 숲가꾸기 사업	• 1회사 및 1학교 1산 가꾸기 지원 사업으로 인적 자원 활용 • CO₂ 흡수량이 높은 상수리나무, 신갈나무 등을 적극 활용하여 산림형 도시림에 1만그루 이상 보충 식재하고 토양환경 개선 • 산불, 산사태, 산림병충해에 대한 조기 대응 시스템 구축 • 산림관리 인력보충을 위한 교육 및 시민단체 및 시민지원 시스템 마련 • 훼손된 시가화 연접부의 지역들을 가죽농장단지로 조성하여 작물재배

2. 그린디자인 서울 1차 5개년 실행계획(2010~2014년)

기후변화에 의한 폭염, 열대야, 폭우 등 기상재해 사전 예측, 병원성 매개체 증가 등으로 인한 피해를 예방하는 시스템 구축, 취약계층의 적응관리를 위한 조직과 제도 인프라 구축 등 종합적이고 통합적인 기후변화 적응 기반의 확립을 제시하고 있다. 이를 위해 7개 중점과제, 14개 핵심과제, 33개 단위사업으로 구성된 5개년 실행계획(2010~2014년)을 수립하였다.



1) 기후변화모니터링 및 조기예측 강화

기후변화 모니터링 시스템 강화	- 서울시 기상관측자료 관리 일원화 및 D/B 일괄 관리(2010) - 기상관측자료 형식의 표준화 및 자료 공유(2010) - 도시관리사업 전·후 기후변화 모니터링 및 분석(2011~) - 폭염 등 극한기후 및 대기오염 예·경보시스템 구축(2011, 기상청 공동)
기후변화 조기 예측 및 경보시스템 강화	- 국립기상연구소 개발 「고온경보시스템」의 서울적용을 위한 보완(2010) - 예경보가 필요한 부분에 대해 지역적 규모의 조기 예측 및 경보시스템 구축

2) 기후변화 적응 제도 강화

기후변화 적응 제도적 기반 강화	분야별 통합 기후영향·취약성 평가시스템 구축	• 미래기후 전망 및 물 분야의 기후변화 영향 평가 용역 시행(2010) • 2050년까지의 물 분야의 기후변화영향 평가 및 미래 기후 전망 • 기상이변 전반에 대해 취약집단 및 지역 DB 구축 • 폭염, 전염병 등 보건 분야 취약 집단 및 지역 DB 구축 - 통합 기후영향평가 및 적응 모델, 평가시스템 개발(2012) • 분야별 기후적응능력 평가지표 개발 및 평가시스템 구축
	적응 관련 법규 및 행정조직 정비	• 기후변화 적응 전담 조직의 정비 - 시 기후변화적응 T/F 구성 및 자치구 담당자 지정(2010. 4) - 시·자치구 간 정기적 워크숍(상·하반기 1회) 및 연구모임(수시) 운영 • 기후변화 적응 사업의 실효성 확보를 위한 자치법규의 정비 - 『저탄소 녹색성장 기본 조례』에 반영
기후변화 적응 활동의 지속적 진단 평가	적응관리 통합진단 평가시스템 구축	• 적응사업의 성과평가를 위한 지표 개발(2010) - 1단계로 "서울지역환경기술연구센터"에서 개발 중인 지표 활용 - 2단계로 분야별 통합기후적응 모델 개발과 함께 통합지표 개발 • 균형성과관리계획(BSC)에 반영, 정기평가 체계 구축(2011)
	시민참여형 적응 활동 평가	• 시민참여형 기후적응 사업 평가시스템 개발(2010) - 기후변화 관련 시민단체의 조사 또는 일반시민 대상 설문조사 실시 • 기후적응 이행실태 평가자문단 운영(2010) - 서울시기후변화대책자문단, 녹색성장위원회 등 활용

3) 고도적응 협력 네트워크 구축

적응정책 사회협력망 구축	• 취약계층 보호를 위한 사회단체, 기업, 민간지원인력 네트워크 구축 (2010~2012) - 1단계 : 노인복지과, 시 교육청 등과 협력, 기후적응 지원 DB구축 - 2단계 : 기후변화 시민건강 포럼 개최, 공감대 확산 - 3단계 : 관련 단체 및 기업과 취약계층 지원을 위한 MOU 추진 • 취약계층 보호시설 운영자·종사자 협력체계 구축(2010) - 노인복지과, 시 교육청 등과 협력하여 기후적응 지원 DB구축
국내외 협력 네트워크 구축	• 국제도시협력기구 및 해외도시와 정책 정보 공유(매년) - C40 총회 참가도시, 서울시 자매도시, ICLEI 등과 MOU 추진 - 유사 상황의 Best practice가 될 수 있는 해외도시와 교류 • 국내 유관기관 및 타 시도와 정보 교류 및 업무협력체계 구축 - 기상청, 국가기후적응센터, 환경관리공단 등과 MOU 추진

4) 기후변화 적응능력 향상

신속, 종합 대응체계 구축	기후변화 적응 시나리오 개발(2011)	- 취약 분야별로 위험도별, 적응 단계별 위기관리 대응 시나리오 개발 - 시나리오별 세부 대응 매뉴얼 작성, 관계자 및 시민교육 - 도시방재, 시민건강, 수자원 부문 등 응급 구조시스템 구축
	기후변화 피해 종합 대응체계 구축(2014)	- 기후변화에 따른 지역별, 부문별 기상재해 예측 시스템 구축 - 기후변화 전망 및 기상재해 예측모델 개발(기상청과 공동 추진) - IT 기술을 활용, 실시간 재난상황 모니터링 및 대응지시·지원 가능한 재난관리시스템 구축(소방방재청과 공동 추진) - 시민참여형 재난안전훈련 모델 개발 등
기후적응 정보 및 교육 제공	시민 맞춤형 기후적응 교육 실시	- 취약계층을 위한 기후적응 매뉴얼 개발·보급 - 개인 휴대용 매뉴얼 개발 및 보급(2012) - on-line/off-line를 통한 상시 정보 제공(2012) - 대상별 특화된 교육·훈련 프로그램 시행 - 노인 등 취약계층 보호시설 운영자 교육 실시(2010) - 유아·아동시설 운영자, 유치원·초·중학교 교사 교육(2010) “기후캠프” 등 청소년 대상 체험교육 실시(2011~)
	기후적응 통합 정보서비스 제공	- 서울기후생활정보시스템 구축(2010) - 운영 중인 “에코마일리지 홈페이지” 1단계 개편사업으로 추진 - 생활과 관련된 기상 관측 자료를 가공하여 제공 - 다양한 기후변화 적응관련 콘텐츠를 중점 개발하여 통합시스템 개편 - 폭염, 황사 등 기후건강 예·경보시스템의 단계적 통합 및 확대서비스

5) 기후친화적인 도시관리 기반 구축

지속가능한 도시관리 제도정비 및 기술 지원	기후영향을 고려한 도시설계 및 개발기준 정립(2010~)	- 도시계획조례, 도시개발조례 등 고도적응기준 정비 - 법령 및 조례검토 제·개정 추진(2010) - 기후에 영향을 미치는 규정을 검토하여 개정 등 조치
	고성능 차열성 포장도로 개발 지원 및 보급	- 국외 선진도시의 차열성 포장도로 정책방향 분석(2010) - 국내외 차열성 포장공법의 기술수준 분석(2010) - 차열성 포장공법의 경제·기술·환경적 타당성 분석(2010~2011)
	친환경 투수성 보도포장 설계기준 보급	- 설계, 재료, 시공 및 유지관리 기준 연구 용역(2010) - 설계기준 : 투수시스템 선정, 투수블록 사용여부 결정, 구조(두께) - 재료기준 : 투수블록, 줄눈재, 모래안전층, 투수 보조기층, 토목섬유 - 시공 및 유지관리기준 : 시공방법, 시공 시 유의사항, 유지보수 기준 - 설계, 재료, 시공기준 확정 후 시행(2010), 모니터링 실시(2012)

도시기후 조절능력 향상	도시숲형 도심녹지 확충	• 도시열섬 효과 완화 및 탄소 흡수원으로서의 녹지 확충 - 녹지비율 29.29%(2007) → 30.70%(2020)로 확대 • 시민참여형 도심녹화로 1,264천㎡ 녹지 확충(2014) - 학교공원화(497천㎡), 대학담장 개방녹화(50천㎡), - 아파트 열린녹지(175천㎡), 공공기관담장 개방 녹화(100천㎡) - 가로변 녹지 확충(150천㎡), 가로변 띠녹지 조성(250천㎡) - 생활주변 자투리땅 녹화(246개소, 45천㎡)
	도심 대형건물 옥상녹화 추가 조성	• 300개소, 145천㎡(2009) → 624개소, 294천㎡(2014) • 시건물 전액 지원, 기타건물 매칭펀드 형태로 추진(공공) • 구조안전진단비 전액 지원, 설계 및 공사비 50~70% 지원(민간)
	하천복원사업 추진	• 진행 중인 17개하천 생태하천 복원완료(2002~2010) - 홍제, 도림, 당현, 도봉, 우이, 묵동, 반포, 고덕, 목감천 등 • 중랑천수계 물재생센터 고도처리수 유지용수 공급 - 중랑천 분류 및 수계 5개 하천(우이, 방학, 도봉, 당현, 묵동천) - 공급량 200,000㎡/일 • 하천복원 종합계획 수립(2010. 12)

6) 적응역량 강화를 위한 첨단기술 개발 보급 확대

IT 활용 맞춤형 의료지원 서비스 제공	• U-헬스케어 시범사업 효과 분석 및 시스템 개선(2010) • 실시간 상담체계 구축, 환자상태 상시 점검 - 건강상담콜센터 운영 : 보건소, 치매센터, U-헬스케어 사업자 등 • 전문가 상담을 통해 일상적인 건강관리 및 생활습관 개선 유도 - 고혈압/혈당, 체중/체지방/비만 관리 등 건강 위협요인 - 이상기후, 신종전염병 확산 등 비상 시 건강관리요령 실시간 서비스 • 맞춤형 의료서비스(헬스케어) 확대 계획 수립(2011)
기후질환 대비 시립병원 의료서비스 강화	• 1단계 : 신종 전염병 관련 의료장비 지원 및 연구(2010) • 2단계 : 지역의료협력체계 구축(2011~) • 3단계 : 기후질환 첨단적응서비스 지원(2012~)

7) 기후변화 취약 5대 분야 중점 관리

전염성 질환에 대한 적응대책	질병 매개체 서식지 방역 강화	• 말라리아 위험지역 방역지리정보시스템(PGIS) 구축(2020) - 위험접경지역 4개 자치구(구로, 금천, 강서, 은평) 우선 구축(2011) • 유문등 활용 모기표본채집 및 감시시스템 강화(50개소 → 70개소) • 매개체 사전 방제 등 사계절 방역 수행
	기후질환 조기발견 및 신속 대응체계 구축	• 신종 및 아열대성 전염병 감시 및 대응체계 구축 - SARS 등 신종전염병 대비 세부대응 지침 개발(2010) • 아열대성 전염병에 대한 예방, 방제조치 등 대처능력 향상 - 신종전염병, 열대성 전염병 관리 인력의 전문성 강화 - 전염병관리 전문가교육(FMTP) 강화
고온화에 대한 적응대책	폭염 취약계층의 DB구축 및 모니터링	• 심장 및 뇌혈관 질환자, 노인층 등 열대야, 폭염 취약계층 관리대책 마련 - 집중관리대상자 DB 구축 운영(2010~) 자치구 및 노인돌봄 서비스 기관 : 연2회 D/B업데이트 - 자치구 및 노인돌봄 기본서비스 수행기관 • 폭염주의·경보 문자통보시스템(크로샷DB) 운영 - 노인돌봄비 및 서비스관리자 등 등록 • 폭염 대비 기간 중 교육·홍보 및 모니터링 - 폭염대비 행동요령 배포, 노인돌봄비를 통한 교육 - 폭염주의보·경보 발령 시 방문 등 안전확인 서비스 강화
	고온화에 취약한 주거환경 개선	• 집수리봉사단 구성 저소득 취약계층 10,500가구 집수리 지원(2014) - 주거환경이 열악한 저소득 취약계층 1,500가구 선정 지원(매년) - 도배, 장판, 단열, 보일러 교체, 창호 등 생활필수시설 개선 • 공직자 중심 집수리활동에서 사회적기업 중심으로 사업 확산 추진
	폭염대피시설 기능 강화(무더위 쉼터)	• 이용대상 : 폭염에 취약한 독거노인 15만명(노인인구 845천명의 17%) • 무더위 쉼터의 기능, 성능 및 적합성 조사(2010) - 취약계층 밀집지역의 폭염 대피시설 우선으로 시설 강화 • 무더위 쉼터 지정 확대 추진(계속) - 민간시설도 무더위 쉼터로 운영될 수 있도록 협조 요청
	옥외근로자 보호대책	• 혹서기 폭염주의보 및 오존주의보 등 발령 시 현장관리지침 시달 (2010) • 서울시 발주 공사 참여 민간기업에 우선 전파, 향후 점차적으로 일반 민간기업 참여 추진

물부족에 대한 적응대책	물자급을 제고를 위한 재생수 활용 대책	• 빗물 및 중수도 설치 의무화 확대로 상수도 의존율 축소 - 2009년 94.3% → 2020년 84% → 2030년 80% • 하수의 고도처리 및 활용 확대 - 도시간선망 구축 후 공급 • 마곡지구 재생수 공급 시범사업 실시 - 화장실, 조경용수, 도로청소용수 등 : 20,000톤/일 • 재생수 이용 중수도 설치 활성화 - 대형개발사업 참여 민간기업이 설치하도록 인센티브 부여 - 용적률 인센티브 및 상하수도 요금감면 등을 통해 시설비 및 운영비 부담 경감
	빗물 저장, 관리 및 활용사업 추진	• 빗물 가두고 머금기 사업 추진 - 빗물 관리시설 조성 91.8만톤(2014) → 207만톤(2020) - 학교, 공원, 공공청사 등 공공시설에 소형 침투·저류시설 조성 - 도로·보도정비사업 시 빗물관리시설 조성 • 개별 건축물 건설사업 시 빗물관리시설
기상재해에 대한 적응대책	서울형 통합재난관리 시스템 구축	• 유관기관에 신속한 정보제공 및 공동대응시스템 개발(2010) • 종합재난관리시스템 고도화(2010~2011) - 재난정보수요자에게 맞춤형 정보 실시간 제공 대시민 포털 구축 • 재난 유관기관에 사이버 훈련 실시 - 종합재난 관리시스템 활용 사이버훈련 실시로 대응·복구능력 향상 • 종합재난관리시스템, 119지령전산시스템, 행정망 시스템 간 보안성 강화(2011~2012) • 종합재난관리시스템 2중화 추진(2012~2013) - 종합재난관리시스템의 안정적 운영 및 성능 향상을 위한 서버 2중화 추진
	유비쿼터스 제어환경의 수방시스템 구축(2013)	• 빗물펌프장, 수문, 저류시설 등을 온라인으로 연결 실시간 제어 • 대심도 터널설치 사업과 연계 추진(2014.1~2020.12)
생태계 교란에 대한 적응대책	생태계 취약성 분석 및 보호종 보존방안 강구	• 각 대학교 산학협력단 활용 동·식물별 학술 용역 실시(2010) - 희귀종이나 보존해야 할 종 선정 및 적응력 강화 등 보전방안 강구 - 고유 생태계와 외래 생태계의 관계 및 보호·관리 방향 제시 등 • 기후변화에 따른 지표종 및 고유 동·식물 보호종 선정·고시(2013) • 지표종 및 보호종 보존 방안 수립·시행(2014)
	서울기후환경에 적합한 수종 연구지원	• 도시생태림 20개소 0.2km(2009) ⇒ 70개소 0.7km 조성(2014) • 도시생태림 조성 및 생육환경 모니터링(2009~계속) • 용산구 매봉산, 은평구 갈현근린공원 등 10개소 등 • 우리시 기후환경에 적합한 느티나무, 팔배나무, 참나무 등 식재
	다양한 생물종 서식기반 조성	• 단절된 녹지에 생태통로 조성, 소규모 생물서식공간 조성 • 도심 생태원, 생태경관 보전지역, 야생동식물보호구역 추가지정 • 하천생태 복원 추진 - 사업대상지 선정 시 전문가 자문 및 주민의견 수렴 - 환경친화적인 사업 모델 개발, 외국사례 수집 및 분석 실시

제3절 종합정리

서울시 기후변화 적응 SWOT 분석과 고도적응도시 실현을 목표로 하는 저탄소 녹색성장 마스터플랜, 그린디자인 서울 1차 5개년 실행계획의 정책들을 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 기후변화로 인한 영향을 사전에 예측하여 미리 준비할 수 있는 선도적 인프라 구축과 함께 자동기상관측시스템 및 기상자료의 체계적 관리를 통해 신뢰성 있는 지역별 기후 변화 특성을 분석하여 기후친화적인 도시관리를 위한 유용한 기상·기후정보를 시민들에게 제공할 수 있는 인프라 구축이 필요하다.

둘째, 분야별(방재, 보건, 생태계, 수자원 등) 기후변화 영향 및 취약 부문에 대한 정확한 진단을 통해 기후변화로 인한 서울 지역의 피해를 최소화할 수 있는 적응 세부 이행 계획을 수립·지원하고, 종합적인 적응대책 세부 이행계획 수립 및 대도시 지역 물모형을 구축하기 위한 기후변화 적응 요인별 기초자료(부문별 취약성 평가를 위한 집단 및 지역에 대한 기초정보)를 확보하며 이와 관련된 연구들을 수행하여야 할 것이다. 이를 바탕으로 취약성 평가를 위한 평가지표를 개발하고 요인별 취약성 지도를 작성하도록 한다.

셋째, 기후변화영향 요인과 수준을 평가 진단할 수 있도록 부문별 적응지표를 개발·적용할 수 있는 평가체계와 분야별 기후변화 취약성 평가 후 수립한 세부이행 계획에 따라 추진하는 적응 사업의 진행과정과 적응 능력 향상 여부를 정확히 진단하고 지속적으로 관리하기 위한 통합관리 체계가 마련되어야 한다.

넷째, 급변하는 기후변화에 의한 피해를 최소화하기 위하여 기후변화 및 적응관련 다양한 정보들을 시민들에게 온라인/오프라인으로 제공하고, 시민들의 맞춤형 기후변화 적응 능력 향상을 제고하기 위한 통합기후정보시스템 구축이 바람직하다.

다섯째, 도시열섬 현상 완화 및 대기질 개선 등 기후친화적인 쾌적한 생활 환경 조성을 위한 녹지를 확충하고, 바람길을 확보하여 친환경 도시구조로 조성하는 한편 내후성, 내수성 건축 및 단지개발 등을 통한 기상이변에 대응하는 사전예방적 도시개발을 유도하여 기후적응형 도시관리 기반을 구축하여야 한다.

여섯째, 기후변화 피해를 최소화하고 시민들의 자발적 대응능력을 향상시키기 위하여 분야별 기후변화 대응 매뉴얼을 개발·보급하고, 폭염, 전염병 등에 취약한 취약계층에 대한 사회복지적 적응 프로그램도 마련하여 건강도시로서의 형평성을 확보하는 것이 필요하다.

제4장 선진도시별 기후변화 적응사례 분석

- 제1절 주요 도시별 기후변화 적응 사례분석
- 제2절 기후변화 적응요소별 정책 사례분석
- 제3절 시사점 도출

제 4 장

선진도시별 기후변화 적응사례 분석

제1절 주요 도시별 기후변화 적응 사례분석

1. 런던

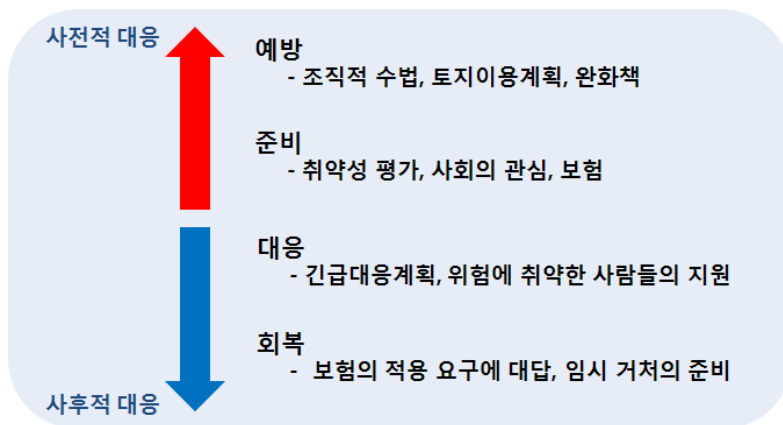
런던의 기후변화 적응전략(adaptation strategy)의 목표는 런던 시민의 삶의 질을 보호하고 향상시키며, 기후변화의 영향과 극단의 기상에 대해 런던과 런던시민들의 준비를 지원하여 지속가능한 개발을 장려하는 것이다.

- 보건 불평등을 포함한 사회적 불평등 감소
- 신규 개발과 기반시설들의 기후변화 적응형 디자인과 건설 장려 및 기존 개발과 기반시설들의 기후변화 영향에 대한 회복력 향상
- 기후변화에 의한 도전과 기회들에 대한 런던 기업들의 준비 유도
- 기업체, 공공 단체, 기타 단체들의 사업계획에 기후변화의 영향을 통합하도록 조력
- 자연 환경에의 적응을 촉진
- 런던시민들의 기후변화에 대한 일반적 인식과 이해 고취, 기후 변화의 위기 대응 능력 향상
- 기후변화 국제적 리더로서의 런던 위치

런던의 기후변화 적응전략은 이러한 목표를 달성하기 위해 크게 6가지를 제시하고 있다. ① 런던에 미치는 기후변화의 전략적 확인, ② 위험의 변화를 평가하기 위한 기준 수립, ③ 기후 재해를 이해하기 위해 요구되는 향후 작업을 확인, 목표 달성을 위한 이해관계자들에게 협력 권고, ④ 예방적 접근을 위한 정책과 지침 제공, ⑤ 가능성은 낮지만 영향력이 큰 재해에 대해 비상응급 계획 권고, ⑥ 기후변화로 나타나는 기회들에 투자, 적응분야의 국제적 모범화 권고가 그것이다.

적응전략은 향후 런던이 직면하게 될 예측된 기후변화를 정리한 후, 홍수, 가뭄, 폭염과 같이 기후변화 영향에 대해 우선적으로 적응이 실행되어야 할 부문에 대한 정책과 제안들을 제시하고, 건강, 환경, 경제(기업과 보험), 기반시설(교통, 에너지, 폐기물) 등에 대한 적응 전략들도 간략히 제안하고 있다.

또한 적응전략에서 위험을 가능성(probability), 결과(consequence), 취약성(vulnerability) 등 3개의 구성요소로 구분하여 설명하고 있으며, 위험 관리 계획은 예방(prevent), 준비(prepare), 대응(respond), 회복(recover)의 네 가지로 나누어 제시하고 있다.



자료 : 「ロンドン気候変動適応戦略」, Tokyo C40 Climate Change Conference 발표자료

〈그림 4-1〉 런던시 적응전략 구분

〈표 4-1〉 런던시 기후변화 적응전략 사례

구분	열파	홍수	가뭄
위험	가능성 증가. 평균 여름 기온 상승, 열파 강도 증가, 런던 미기후(열섬)가 야간 기온 가중	증가. 해수면 상승, 조수 파도의 높이와 빈도 증가, 겨울 강수량, 호우 증가, 도시 범위의 투과성 감소, 제한된 배수 능력	증가. 여름 강우와 지하수재충전 감소, 증발, 본관 누수와 공공 물수요 증가. 런던 대수층과 집수량
	결과 높음. 2003년 열파에 600명 사망, 많은 런던 인구가 열에 취약하며, 런던의 개발과 기반시설이 고온을 대비해서 디자인되지 않음.	높음. 현재 1.25백만 사람들과 광범위한 공공 기반시설을 포함하여 런던의 15%가 높은 재해 홍수 구역에 있음. 평지에 새로운 개발로 인해 범람 위험 증가	높음. 심한 가뭄이 사회-경제와 환경에 중대한 영향을 미침.
	취약성 높음. 열에 취약한 사람들과 자산들이 도시에 많음. 열파 동안에 발생하는 나쁜 대기질은 건강에 영향을 미침.	높음. 홍수에 취약한 사람들과 자산들이 많음. 홍수의 경고 시기가 짧아질 수 있고 공공 인식이 낮음.	높음. 가뭄에 취약한 사람들과 자산들이 많음.
적응	예방 열파를 예방하는 것은 불가능함. 열파는 물리적 범위(범람원)를 규정할 수 없고, 결과들이 도시 전역에서 느껴짐.	시장은 홍수를 예방하기 위해 환경청과 협력할 것임; 홍수 저장능력을 갖추게 하도록 런던 강들의 복구 유도; 도시 녹화 프로그램을 통해 런던 도시 경관의 투과성 향상	열파와 같이, 가뭄은 예방할 수 없지만 영향은 관리될 수 있음.
	준비 열파를 예방하는 것은 불가능한 반면 고온에 취약한 사람들과 자산들의 노출을 감소시킬 수 있고, 민감도를 감소시킬 수 있음. 예를 들어 '도시 녹화 프로그램'을 통해 런던 도시 열섬 관리; 가능한 cooling 수요를 최소화하기 위한 건물과 기반시설들의 신축과 기존 건물의 적응; cooling이 필요한 곳에서 저탄소, 에너지 효율적 방법이 사용되도록 할 것; Heatwave Plan에서의 권고사항들의 이행	홍수 방어는 홍수의 가능성을 줄일 수 있지만, 방어에 실패할 가능성이 있으므로 사람들과 자산들이 나머지 재해위험에 노출됨. 시장은 재해에 대비하여 주요 자산들을 확인하기 위해 런던 전략 홍수 대응 계획을 검토할 것임. 또한 홍수 회복 디자인 개발을 장려하고, 정보 캠페인을 통해 대중의 인식을 고취시킬 것.	시장의 물 전략은 실행의 체계를 제한함; 나은 누수 관리를 통해 물 손실 줄이기; 개발에서 물 사용의 효율을 개선; 비음용 사용에 중수 사용; 가장 적은 환경 영향을 미치는 수자원 개발 시장은 런던 물부족 계획의 검토를 위해 London Resilience Partnership과 협력할 것임.
	대응/회복 시장은 자치구들이 공공적으로 접근가능한 'cool' 건물들을 확인하고 양로원(care home)이 'cool' 방을 갖추도록 권고함. 열파 계획은 열파에 대응하는 실행들을 규정	시장은 런던이 홍수에 즉각적으로 대응하고 회복하도록 광역 & 지역 Resilience Forum과 협력할 것임.	시장의 물 전략은 물 회사들, 환경청과 GLA가 조정한 정보 캠페인을 통해 대중의 인식을 연중 유지하도록 제한함.

자료 : Mayor of London, 「The London climate change adaptation strategy」, 2008, 8.

1) 홍수

런던은 홍수에 취약해 홍수피해가 기후변화와 도시 성장에 따라 증가할 것으로 예상된다. 이에 따라 런던시는 주요 기반시설과 홍수 재해에 취약한 커뮤니티를 확인하고 보호하기 위한 런던 홍수 전략적 대응 계획(London Strategic Flood Response Plan) 검토, 빗물을 흡수·유지하기 위한 녹색 공간과 가로수 등을 이용하는 ‘도시 그린 프로그램’ 선도, 런던의 전략적인 지표수 관리 계획 개발과 통합 정보 캠페인을 통한 대중의 인식 고취, 런던 강의 위험 관리 기준을 향상시키기 위한 환경청과 협력 등의 홍수 위험 관리 방안들을 제시하고 있다.

〈표 4-2〉 런던시 구조적·비구조적 홍수 위험 관리수단

구조적 수단	비구조적 수단
수방 벽과 통로(문)	홍수 취약한 곳에 위치시키지 않음
방어물 후퇴(강의 여지 주기)	높은 홍수 위험 지역에 개발과 기반시설
지면 수정(올리거나 낮추기)	대중 인식
폭풍우 배수	홍수 경보 시스템
이차 수방	대중 비상대응 계획
임시 홍수 조절 용량	기업의 연속 수단
비상 시 접근과 출구 루트	응급 서비스 능력
홍수 저항 디자인	홍수 보험
지속가능한 도시 배수	‘위기 거래’

자료 : Mayor of London, 「The London climate change adaptation strategy」, 2008. 8.

2) 가뭄

물공급과 수요가 적절히 균형을 이루고 있으나, 기후변화와 도시 성장이 가뭄의 위험과 환경에 미치는 영향을 증가시킬 것으로 예측되고 있어 런던시는 이를 대비하기 위한 주요한 실행계획들을 추진하고 있다.

- 런던 수자원 전략(Water Strategy)과 수자원 실행계획(Water Action Framework)을 공표
- 런던 수도관에서의 누수 감소 장려

- 주택 등 시설물 건축 시 계량기 설치를 의무화하고, 물 효율성을 촉진하기 위해 요금 구조 개편(취약 계층 보호책 마련)
- 효율적 물사용이 가능하도록 주택 개량 장려
- 신규 개발 시 우수의 농작물 사용과 오수의 순환을 촉진

시장의 수자원 전략은 4가지로 나눌 수 있다. 즉 ① 누수 관리를 통한 물손실 감소, ② 주거와 상업 개발(신축, 기존) 시 물사용 효율성 향상, ③ 재생수 이용(오수 순환이나 우수 농작물 사용), ④ 필요한 경우 최소한의 환경과 기후 영향을 가져오는 수자원의 개발 등 런던의 물공급과 수요를 관리하기 위한 체계를 제안하고 있다.

(1) 누수관리

Thames Water 등 수자원 회사들은 누수를 감소시키기 위해 노력하고 있으며, Thames water 회사는 2006/2007년에 처음으로 누수 감소 목표를 달성하였다.

(2) 물 효율 개선

① 계량기 설치

런던의 플랫식 주택(각 층에 1가구가 살게 만든 아파트)의 배관 시스템 복잡성과 접근의 어려움으로 인해 런던 건물의 1/5 정도만이 계량기를 가지고 있으며, 이는 국가 평균 이하의 수준에 해당된다. 수자원 전략에서 향후 10년 안에 모든 주택들, 20년 안에 플랫식 주택에 계량기를 설치할 계획이다.

환경청과 Thames Water사는 공동으로 저소득층에 대한 계량기 보급의 경제적 영향과 물 효율성을 높이는 요금 체계에 대해 검토할 계획이다.

② 신축 주택의 물효율 개선

정부의 지속가능한 주택 규칙은 신축 주택의 에너지와 물 효율성을 높이기

위해 신축 주택에 대한 디자인과 건설 기준을 규정하고 있다.²⁴⁾

가뭄 기간 동안 탄력적인 조경과 원예의 권장, 물 효율성 측면에서 적은 물로 재배가 가능하고 가뭄에 탄력있는 종의 권장, 자동 관개 시스템 이용, 우수와 오수 등의 사용 등이다.

③ 기존 주택 개량

연간 신규 개발은 기존 개발의 0.6%에 불과하므로 기존 주택들이 보다 물 효율적이어야 한다. 이를 위해 기존 수도꼭지나 샤워기의 교체, 물 효율적인 설비(절약형 변기(dual-flush toilet)) 설치 등을 고려하고 있다.

④ 소비행동 변화

시민들이 물 효율성 설비와 장치들을 설치하도록 장려한다.

(3) 재생수 이용

일상생활에서 사용되는 물의 1/4 정도는 음용수 수질 기준이 적용되지 않으므로 우수 또는 오수(샤워기, 욕조, 싱크대)를 화장실 세정수와 욕외 사용 물 등 비음용수로 사용하도록 유도한다.

주요 신규 개발 시 재생수 공급 비율을 상향 조정하고, 생물 다양성을 장려하기 위해 디자인될 수 있는 그린 지붕, 알비도가 높은 지붕, 지속가능한 도시 배수 시스템과 같은 다른 기후 적응책들과 연계하여 시행할 수 있도록 한다.

24) 공공투자 개발은 최소 Code Level 3을 만족해야 하며, 최대 105리터/거주자·일의 예측 물소비를 규정하고 있음. 런던시는 새로운 개발에 대해 ‘필수’와 ‘선택’ 두 단계의 기준을 포함하는 지속가능한 디자인과 건설을 위한 추가 계획 지침을 공표했음. 필수 기준은 105리터/인 정도, 선택 기준은 80리터/인의 최대 물소비량을 제시하고 있음.

(4) 새로운 수자원 개발

① 제염 : 음용수를 만들기 위해 해수에서 소금을 제거하는 방법

Thames Water사는 London의 Beckton에 추출하고 물을 처리할 제염 시설을 건설 중이다. 제염 시설의 환경적 영향이 최소화되도록, Thames Water사는 환경청과 협력하고 있다.

② 하수, 우수 재이용 : 하수처리에서 방류된 오수의 처리와 사용

환경청은 하수, 우수를 예측 가능하고, 확보 가능한 수자원으로 인식하여 남서쪽의 하수, 우수 재이용으로 1일 700MI 정도의 공급이 가능한 것으로 추정하고 있다.

③ 저수지 용량 증가 : 런던 주변의 정수장 규모나 수의 확대

정수장은 많은 공간이 필요하고 건설비용이 많이 소요되며, 겨울 강수량에 따라 좌우된다. 그러므로 공급자는 강수량의 계절적 변동, 저장 피크 유량 등을 고려하여 정수장을 건설한다.

④ 인공 지하수 함양

Thames Water사는 겨울에 Lea에서 물을 흡수하여, 대수층으로 분사한 후 가뭄 기간에 대수층으로부터 흡수하는 North London Aquifer Recharge Scheme (NLARS)을 운영하고 있다. 이러한 방법은 물을 대수층으로 분사하기 전, 즉 다시 흡수되어 분배되기 전의 이중 처리가 필요하므로 에너지 비용이 높으며, 추가적인 물을 저장하는데 적합한 대수층의 지질학에 좌우되므로 실질적으로 실행 가능한 부지는 거의 없는 것으로 판단하고 있다.

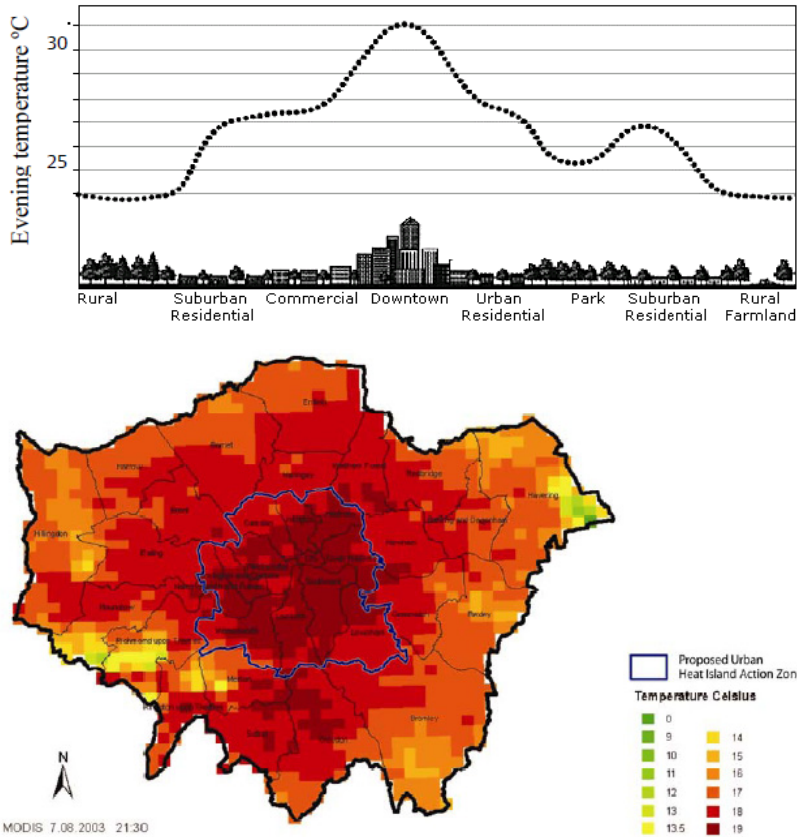
3) 폭염

런던은 최근 사망, 불편, 경제적 손실을 유발하는 열파를 겪고 있다. 이러한 고온 발생 빈도가 높아지고, 강도가 심해짐에 따라 런던시는 다음과 같은 폭염 관리를 위한 주요 계획들을 수립하고 있다.

- 녹색 공간, 가로수와 도시 디자인을 사용하여 도시를 냉각하기 위한 ‘도시 그린 프로그램’ 착수
- ‘도시 열섬 실행계획 지역’ 조성
- 신규개발에 대한 런던-공간 디자인 지침 제공
- 취약계층을 위한 Cooling 건물에 공공 접근 장려
- 기상 측정소의 런던 광역 네트워크에 대한 연구 착수

런던의 도시열섬 현상에 따른 열파의 영향이 증대되어 도시열섬 효과의 피크 시간은 오전 2~4시로 런던 도심의 기온이 다른 지역보다 3~4℃ 정도 높으며, 이러한 온도차를 ‘도시 열섬 강도’라 하며, 2003년 열파기간 동안에는 여름 밤 주변 녹지대보다 최고 10℃ 정도 높게 나타났다(<그림 4-2> 참조).

도시 영역의 열파 강도를 효율적으로 관리하기 위한 방안으로 ① 런던의 열섬 현상 관리, ② 신축 및 기존 건물이나 인프라의 냉방수요 절감, ③ CO₂ 배출이 적고 에너지 효율이 좋은 방법의 사용, ④ 높은 기온에 적응을 위한 시민들의 지원, ⑤ 열파 응급 계획의 검토·개선 등이 있다.



자료 : Mayor of London, 「The London climate change adaptation strategy」, 2008, 8

〈그림 4-2〉 런던시 도시열섬 효과와 지표면 온도(2003년 8월 7일 21 : 30)

(1) 런던 도시열섬 관리

① 도시 전역 관리

도시 피복의 유형이 도시열섬 효과의 강도를 결정하는 주요 요인이므로 기존의 녹지공간을 보호하고, 신규 녹지 공간을 증대시키는 것이 중요하다. 도시 규모에서 도시열섬 관리를 위한 주요 실행계획은 다음과 같다.

- ‘도시 열섬 실행 지역’을 설정하여 주요 신규 개발에 옥상정원, 폐열 환기

- 구, 쿨링 지붕 시스템, 식재와 가로수 유지관리 등의 기준 적용
- 도시녹화 증진을 위한 ‘런던 도시 녹화 프로그램’ 실시
- 지역 녹색 공간 보호와 도시 녹화 증진을 통해 도시 열섬 현상을 완화하는 공공 공간 전략을 수립하도록 자치구에 요구

② 지역 차원²⁵⁾

- 자연 환기를 증대시키는 미풍 통로 조성
- 태양열 도달을 최적화하는 거리 방향
- 녹색 공간이 있는 신규 개발 강조
- 적절한 낙엽 가로수가 가능한 거리의 폭 최적화
- 저알비도-침투성 포장재료 사용

③ 건물 차원

- 옥상정원과 벽면 녹화
- 높은 반사(glare) 외관과 마감재 회피
- 낙엽수와 정원수의 식재와 관리
- 지붕에서 폐열을 배출하는 기계적 환기 또는 쿨링 시스템 설치
- 환기와 쿨링시스템에서 찬 공기 흡입구 설치(건물의 북측, 그늘진 부분, 옥상정원)

(2) 건물에서 냉방 수요 감소

개발업자들은 냉방 수요를 감소시키기 위한 지침으로서 ① 내부 열 발생

25) 런던 도시 열섬에 관한 GLA 연구는 진행 중인 도시 개발의 비율에 따라 도시열섬 강도의 최대 온도가 증가한다고 지적함. 30% 진행된 도시개발은 최대 강도를 4℃, 70% 진행된 도시개발은 6℃까지 증가시킴. Manchester에 기초한 모델링 연구는 고밀도 주거지역과 도심에서 10% 녹지 증가는 1961~1990년 수준의 기준 이하로 지표 온도를 유지할 수 있으며, 10% 녹지 감소는 최대 배출 시나리오하에서 지표 온도 강도를 2080년에 8.2℃까지 증가시키는 것으로 지적하고 있음.

최소화(에너지 효율성), ② 여름에 건물로 들어오는 열 감소(그늘, 알비도, 창, 단열), ③ 건물 내부 열 관리(높은 천장, 내부 축열용량 노출), ④ 환기(기계보다 자연), ⑤ 냉방(가장 탄소 효율적) 등의 ‘냉방 체계’를 준수하도록 유도하고 있다.

〈표 4-3〉 냉방 적응 선택사항들

건물 배치	방향, 형태	외부
외부 차광 (특히 남쪽 측면)	낙엽 가로수, 차일, 외부 블라인드와 차양, 벽면 녹화	
알비도	높은 알비도 값	
단열과 기밀성 향상	좋은 열 단열(지붕, 벽), 창문 크기와 차광, 낮은 방사 물질(유리), 옥상정원	
높은 축열용량	노출, 내부 높은 열 축열용량	내부
에너지 효율적인 환기와 냉방	높은 천장, 이중, 효과적인 자연환기, 야간 환기, 지하수 냉방/천장 냉수 빔, 지역냉방, 흡수 냉각장치(폐열 가능한 곳)	

자료 : Mayor of London, 「The London climate change adaptation strategy」, 2008, 8.

(3) 고온에 문화적 적응

근무 시간 조정, 가장 더운 시간 동안의 휴식(break time), 밝은 색 옷 입기 등의 방식으로 옥외 근무자들에 대한 건강과 안전을 위한 실행 계획들을 계절에 따라 탄력적으로 시행하고 있다.

(4) 비상대응 ‘열파 계획’

기후변화에 적응이 된다 하더라도, 특히 열파는 취약계층의 건강에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 신뢰할 수 있는 비상대응 계획을 수립하고, 이러한 계획들에 따라 개별 측면에서 높은 기온의 대응이 가능하도록 하고 있다.

잉글랜드 열파 계획

열파 계획은 '고온 건강 경보 시스템(Heat Health Watch system)'에 의해 운영되며 6월 1일부터 9월 15일까지 시행됨. 이 시스템은 주간과 야간의 임계 온도에 따라 4단계로 지역에 따라 변화됨. 런던의 가장 높은 임계값은 주간 32℃, 야간 18℃임.

- 그린 - 인식 : 보건부에서 대중과 공공과 의료서비스 종사자에게 알림. Primary Care Trusts and Borough Social Service는 위험한 사람들을 규정하고, 높은 수요 사례에 적정인력 규모를 검토함.
- 황색 - 경고 : 기상청이 보건부와 기타 기관에 3일 전에 열 임계값 초과에 대해 경고함. 경고는 TV와 라디오 기상뉴스를 통해 대중에게 전파됨.
- 빨강 - 열파 : 기상청이 임계기온에 도달한 것을 확정하고, 지속될 기간 예측 정보를 제공함. 미디어 채널을 통해 건강 조언들이 발표되고 가장 취약 계층을 위한 추가적인 지원들이 기초 건강보호 트러스트와 자치구 사회 서비스를 통해 이루어짐. 기초 건강보호 트러스트와 NHS 트러스트는 병원들이 입원 증가에 대비하도록 함.
- 빨강 - 비상 : 열파가 심각하다고 판단되어, 건강과 사회 보호 시스템을 발전 또는 물부족과 같은 외부 효과로 연장시킴.

〈표 4-4〉 기상이 건강에 미치는 영향

건강 결과	기상/기후의 알려진 영향
열 스트레스 저온 스트레스	심폐질환에 의한 죽음(심장과 폐에 관련된 질병)이 고온과 저온에 의해 증가 열 관련 질병(열경련, 소모성 탈진, 열사병)과 사망이 열파 기간 동안 증가
대기오염 관련 질병과 사망	기상은 대기오염 농도에 영향을 미침 기상은 대기 운반 알레르겐의 분포, 계절적 변동과 생성에 영향을 미침
기상 재해로부터의 질병과 사망	홍수와 폭풍우는 직접적 결과(죽음과 상해), 전염병, 장기간 정신건강 문제, 간접적 결과 (의료와 사회 서비스 접근에 대한 일시적 제한)를 유발함
매개동물 전달 질병	고온은 매개동물의 병원균 성장을 단축시켜 인간에게 잠재적 전염을 증가시킴
수인성, 식품 관련 질병	중요한 박테리아 병원균의 생존은 기온과 관련있음. 가뭄 증가는 극단의 낮은 흐름으로 인해 물 유효성과 수질(화학적·미생물학적 부하)에 영향을 미침
백내장, 피부암, 햇볕 화상	구름 없는 날과 고온은 UV에 과도한 노출 위험을 증가시킴

자료 : Mayor of London, 「The London climate change adaptation strategy」, 2008. 8.

4) 환경(생태계)

런던시는 생태계의 서비스를 강화하고, 생물 다양성을 위한 기후변화 적응 대책들을 수립하고 있다.

〈표 4-5〉 녹지공간과 가로수가 제공하는 생태계의 서비스

구분	옥상지붕/벽면 녹화	가로수	습지	하천수변	삼림지대	초원지대
홍수 위험 감소	○○○	○	○○○	○○○	○○	○○
도시열섬 완화	○○	○○	○○	○○	○○○	○
에너지 수요 감소	○○	○○			○	
소음/대기오염 감소		○○			○○	
생물다양성 지원	○○	○	○○○	○○○	○○○	○○○
휴양/레저	○		○	○○	○○○	○○○

자료 : Mayor of London, 「The London climate change adaptation strategy」, 2008, 8.

① 강과 습지 보호

- 콘크리트 배수로에서 가능한 한 탈피해 계절적 범람의 자연적 접근
- 하수관거 오점을 수정하고 도시 유거수의 오염을 감소시켜 비점오염원 같은 압력 요소를 제거함으로써 서식지 질의 개선
- 돌발 홍수를 감소시키기 위한 지속가능한 도시 배수 계획안 권장, 연못과 갈대밭 같은 소습지의 조성

② 템즈강

- CSOs 영향 감소로 수질 개선, 홍수 저수량과 공간 제공을 위해 홍수 방어 물 후퇴

③ 초지

- 가뭄 탄력과 생물다양성 측면에서 균형·신규 개발에 가능한 옥상정원 조성

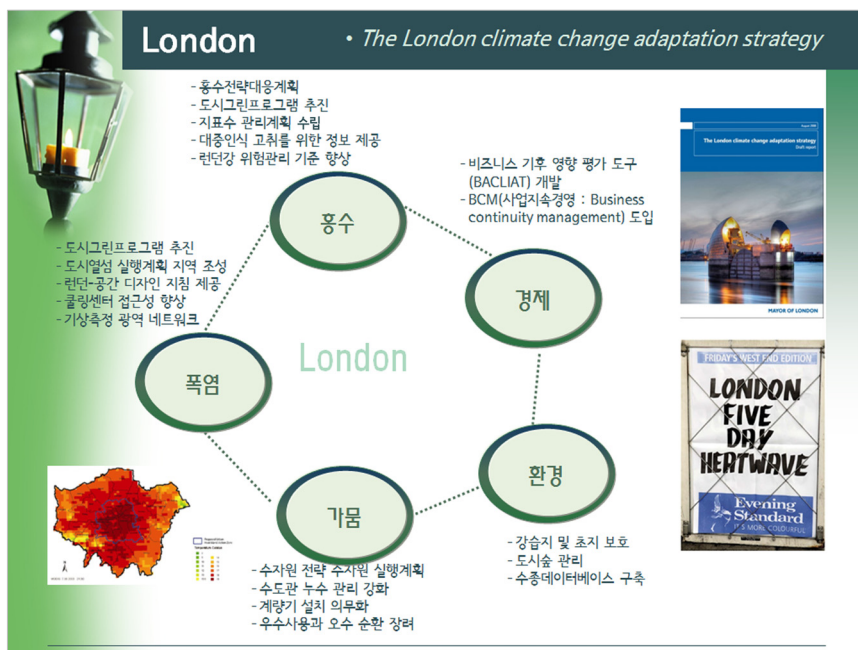
④ 도심숲

- 가로수와 공원 나무, 정원수의 식재와 관리
- 런던 기후 변화에 적절한 수종 데이터베이스 구축

5) 경제

극단적 기상 사건을 보통의 접근법으로는 관리할 수 없으므로 기업체는 기후 위험 평가와 비즈니스 연속성 계획(Business Continuity Plan) 수립을 통해 대응하려고 한다. 영국은 기후 영향 프로그램을 통해 기후변화에 의해 나타나는 도전과 기회들을 확인하여 기업체에게 도움을 줄 수 있는 체크리스트인 비즈니스 범위 기후 영향 평가 도구(BACLIAT)를 개발하였다.

기후 위기 관점에서 조직에 대한 잠재적 위협 및 사업 운영상의 여러 위험들로 인한 영향력을 확인하고 운영의 복구 능력과 중요 이해관계자들, 명성, 브랜드 및 가치창출 활동의 이익을 보호하는 효과적인 대응책 구축의 기틀을 제공하는 포괄적인 관리 프로세스(전사적 위험 및 위기 관리시스템)인 BCM(사업지속경영 : Business continuity management)을 도입하도록 하고 있다.



〈그림 4-3〉 런던시 기후변화 적응 추진전략

2. 시카고

빈도가 잦고 강도가 강해진 열파의 가능성에 대비하기 위해 시카고는 취약 계층을 확인하고, 병원과 지역 단체들과 협력하여 비상대응 계획을 갱신할 계획이며, 도시 열섬에 관한 연구들을 통하여 도시를 식히기 위한 혁신적인 새로운 프로그램들을 실시하고 있다.

- Green Alley를 위한 침투성 포장재 설치
- 유거수 감소를 위한 주거와 상업 지붕의 녹화 추진
- Rain Barrel과 Rain Garden을 통한 홍수 피해 감소
- 더운 환경에서 잘 자라는 낙엽수와 나무 식재
- 도시숲 규모의 증가
- 반사 지붕재료 사용



1) 열 취약성 감소

기후 변화와 관련된 열 취약성은 열 관련 사망률 및 입원률 증가, 오존 관련 건강 영향 증가, 여름 이벤트와 관광객 감소로 인한 수입 저하 등을 들 수 있다.

(1) 열파에 대한 대비

시카고는 주요 지역의 세밀한 비상대응 계획과 피난처 운영 등 통합 시스템 구축, 열파 기간 동안의 이웃 체크, 고용인, 교회, 동네 방범단 같은 지역 네트워크 구축, 쿨링 센터 오픈, 거주 위험 지역의 주택에 효율적인 A/C 보급 지원, 정확한 정보 제공 등의 프로그램을 마련하고 있다.

(2) 도시 열섬 효과 관리

시카고는 옥상정원과 Green Alley 정책을 통하여 도시열섬 현상 완화에 선도적 역할을 하고 있다. 여기에는 도시 내에서 ‘hotspots’의 확인, 기온 저감, 에너지 절감, 대기질 개선을 위한 의사결정 시 정확한 정보 제공, 도시열섬 효과 완화를 고려해 식재 루트 최적화, 우선 식재 지역에 식재, 다른 단체들과 최적의 실행들의 개발과 공유 등이 포함되어 있다.



(3) 오존 대응

시카고는 오존 시즌 동안 에너지 절감, 잔디밭 관리, 대중 교통 요금 할인, 대중 교통 증진을 통한 오존 전구체의 배출을 감소시킬 수 있는 방법에 대한 정보 제공, 트럭, 버스, 기관차와 선박의 공회전 감소 권장, 잔디깎는 기계와 관리 설비로부터 배출량 감소를 위해 자연적 조경방법 권장, 접착제, 코팅, 페인트, 용제, 프라이머를 포함하여 USEPA VOM(Voice of Market) 기준 이하의 저 VOC 재료 사용 권고 등을 하고 있다.

2) 강우/홍수 취약성 감소

극단의 강우와 관련된 기후 영향은 수자원에 기인한 잠재적 건강 영향의 증가, 폭풍우로 인한 재산 피해와 보험 비용 증가, 얼음폭풍의 빈도/강도 증가, 강 주변의 독 범람으로 인한 재산 피해와 보험 비용 증가, 보험을 충분히 들지 않는 건물(부동산)들의 보험 할증, 일정액 공제, 배제 증가 등을 들 수 있다.

- MWRD 하수관거 유역 연구에 기후변화 상황 포함

- 폭풍우 관리 관련 연구 수행
- 흙통 분리 캠페인 강화
- 우수관리 조례 유지 조건 초과에 대한 인센티브 제공
- 유지관리 조건들(우수관리 조례, 경관 조례)의 강화
- 포장 재료에 대한 환경적 기준조건 개선/정화
- 지속가능한 가로 디자인 기준에 근거해, 불투수 지역 감소
- 우수가 강으로 들어가도록 돕는 습지(우수 공원) 조성 및 보존
- 유거수를 감소하기 위한 우수 공원(Stormwater Parks) 조성, 녹지 제공

3) 기상 재해에 대한 건물, 기반시설, 설비의 취약성 감소

(1) 전력

- 전력 취약성 연구 수행
- 에너지 사용 감소
- 온실가스 배출량의 증가 없이 냉방 수요를 만족시키기 위한 재생가능 에너지원으로 교체
- 기존 시스템의 탄력성을 개선하고, 극단의 열섬 기간 동안 주요 시설들이 가동되도록 하기 위한 에너지원의 분산

(2) 수송

- 열 내성 조건을 만족시키는 차량 구매
- 차량의 스트레스를 고려한 스케줄 관리

(3) 신규 개발과 재개발 계획

- 기상 변화에 의한 건물 내성 변화와 홍수 가능성에 대하여 건물 위치 분석을 통해 예측된 기후변화 영향 고려

4) 생태계 훼손의 취약성 감소

(1) 토착종 보호 참여

- 생태계 관리 전략의 일환으로 지역 기업체와 건물 소유자들의 취약종 보호 지원
- 이주경로를 가능케 하도록 그린웨이 조성

(2) 신규 식물 리스트 작성

- 기후변화로 인해 식물 한계 구역이 변경됨에 따라 승인된 신규 식물 리스트 작성
- 오염물질 제거 강화, 높은 증산율을 통한 도시열섬 효과 감소, 우수 흡수 능력이 뛰어난 식물 등의 식재 권고
- 식물 리스트 업데이트를 위한 피드백을 제공하기 위해 활발한 모니터 프로그램 개발

(3) 시카고랜드 도시숲 관리 강화

- 도시숲 관리 계획 수립
- 민간부문 식재 지원(신규 식재에만 예산을 활용하여 지원)

(4) 습지 관리 강화

- 습지 관리 실행계획들을 향후 기후변화의 영향을 고려하여 수정, 광범위한 습지 관리 계획(CWMPs) 수립

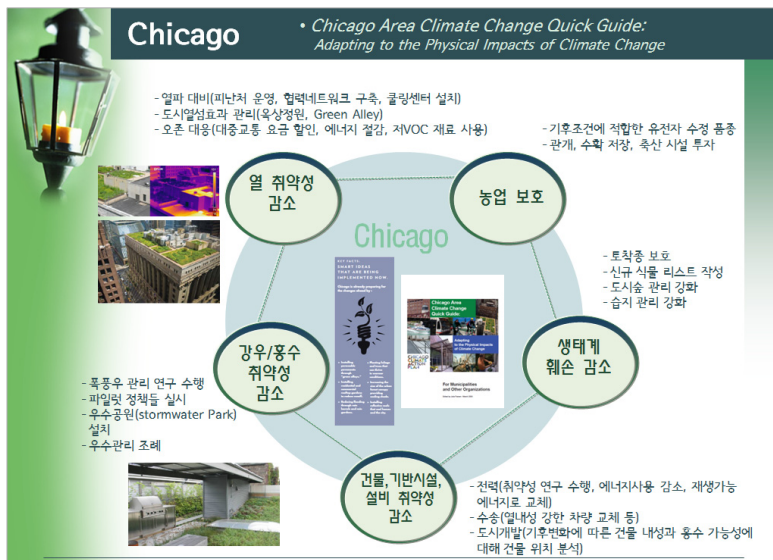
(5) 농업 보호

- 파종과 수확 시기 조정, 열 내성이 있거나 미래 기후 조건에 적합한 유전자 수정 품종으로 파종하며, 관개, 수확 저장, 축산 시설에 투자

〈표 4-6〉 시카고시 적응 전략에 의한 주요 기후변화 영향

전략	영향
극단의 열 사례 취약성 감소	열 관련 사망/입원 증가 오존 관련 건강 영향(입원/질병) 증가
극단의 강우 사례 취약성 감소	수인성 건강 영향 증가 폭풍우로 인한 재산 피해와 보험비 증가 폭우 사건 이후 대응 계획과 청소를 위한 비용 증가 얼음 폭풍의 빈도/강도 증가 강변의 제방 범람으로 인한 재산 피해와 보험비용 증가 보험을 충분히 들지 않은 재산
극단의 기상 환경에 대한 건물, 기반시설, 설비의 취약성 감소	여름 동안 추가적인 공기조절/냉방 수요에 의한 연간 에너지 비용 증가 극단의 기상 사례(가뭄/강수)에 의해 유발되는 주요 기반시설(펌프장, 전기 공급 시설 등) 훼손 해안선 침식, 폭풍우 피해의 가능성 증가 주거지(특히 높은 위험도의 거주지)에 보다 많은 AC 보급 필요 도시 차량에 대한 교체와 유지 비용 증가
생태계 훼손의 취약성 감소	나무 관리와 교체 비용 증가 조경 관리 비용 증가 침입종 관련 관리 비용 증가 도시숲 자원에 의해 제공되던 '유익한 서비스' 감소 지역 습지 자원 영향 증가/완화 노력들 감소 종 다양성과 생태계 훼손 관련 전체적 자연보호 증가

자료 : Chicago Area Climate Change Quick Guide : Adapting to the Physical Impacts of Climate Change, 2008. 4.



〈그림 4-4〉 시카고시 기후변화 적응 추진전략

3. 멜번

멜번은 기후변화의 잠재적 영향 수준 평가, 실행계획의 우선순위 및 영향과 적응 대응의 인과관계 확인을 위해 가뭄과 강우 강도, 열파와 산불, 강우와 폭풍우, 해수면 상승 등의 분야에 대한 위험평가 매트릭스를 사용하고 있다.²⁶⁾

1) 가뭄과 강우 감소

멜번은 최근 11년 동안 연간 강우량 수준이 평균 이하로 저수지의 용량이 30% 정도에 그치고 있다. 이러한 물 공급 감소로 인해 제한적 급수를 실시하고 주요 물공급 기반시설 프로젝트를 추진하게 되었으며, 정부, 산업체, 지역 사회는 물절약 등의 준비와 실행에 각별한 관심을 기울이고 있다.

멜번은 기후변화에 대한 역량 강화와 취약성을 감소시키기 위한 대책들로 물 사용 효율성 최대화, 물공급 다양화, 물저장 최대화, 수질 개선의 4가지 전략 테마로 구분하고 있다.

첫째, 규제와 도시 계획, 경제적 인센티브 등 비구조적 기술들을 사용해 행동 변화를 권장하는 수요 관리 전략, 둘째, 대체 물자원의 처리·저장을 위한 구조적 기술을 사용하는 전략, 셋째, 강우 질과 양을 관리하기 위해 배수/강우 시스템의 설치 같은 구조적 기술에 의한 시스템 차원의 전략 등을 포함하고 있다.

- 의회의 WSUD(Water Sensitive Urban Design) 프로젝트

- 멜번시의 공원과 정원에 대체 수원 사용

- Lower Yarra Stormwater Quality Program에 따라 도로 유거수를 처리하

26) 위험 관리 매트릭스는 '5+5' 결합 위기 비율 지수(결과+가능성)를 사용하고, 위험을 관리하기 위해, 결합된 위험 비율은 관리 효과성에 대해 1~5 등급으로 구분됨(No Major Concern - 결합 등급 6 이하, 관리 수단 등급 1~2, Periodic Monitoring - 결합 등급 6 이하, 관리 수단 등급 3~5, Control Critical - 결합 등급 7~10, 관리 수단 등급 1~2, Active Management - 결합 등급 7~10, 관리 수단 등급 3~5).

- 는 물 민간 도시 디자인 프로젝트를 통해 현재 흡수율 향상
- 의회가 관리하는 모든 시설에 지붕 빗물 이용 탱크 설치
- 민간 비주거 분야의 WSUD 프로젝트
 - Royal Botanic Gardens, Southern Cross Station, Melbourne Museum, MCG, Melbourne Convention Centre and Flemington Racecourse에서 제안된 물이용과 처리 계획 진행
 - 냉각타워 프로그램, 소방 스프링클러 시험 프로그램, 그린 호텔과 지속 가능한 오피스 프로그램 등을 포함하여 현재 시범실시 중인 물보호 프로젝트들의 공개
 - 민간 비주거 건물에서의 우수 탱크 설치 비율 50배 이상 확대
- 민간 분야의 WSUD 프로젝트
 - 유량 제한과 샤워헤드 사용을 통한 가정에서의 물 수요 관리
 - 가정 건물에서 화장실 세정용 우수 탱크 연 1,000개 설치

〈표 4-7〉 멜번시 가뭄 적응대책

단기 적응책	장기 적응책
- 물 사용 기준으로써 수립된 물 제한 - CoM 내에서 국가 물 효율 생산 기준 사용 - 강의 상태와 위기 수준을 확실하게 하도록 수로 모니터링 빈도 증가 - 운동장 풀을 가뭄 내성 종으로의 교체 - 자연 잔디가 유지될 수 없는 곳에 인공 잔디 설치 - 스포츠 활동들의 외부 시설들이 유지될 수 없는 곳에서는 실내 운동 시설로 재배치 - 대체 관개 원천이 충분할 때까지 상해와 관련 책임을 최소화하기 위해 여름과 건조 기간 동안 운동장 사용 제한 - 증가된 상해의 잠재적 비용을 관리하기 위해 스포츠에 대한 보험 적용 범위 확대 - 상해를 최소화하기 위해 보호 스포츠 용구 사용 의무화 - 관개되는 운동장에 모두 의존하지 않는 스포츠 선택의 다양성 확보	- 가정과 상업용 우수 탱크의 보급 증가를 통해 적절한 용도 사용을 위한 빗물 저장의 증가 - 신축건물과 리모델링 건물에서 지역 물 순환과 우수 사용 이행 - 용도 범위에서 우수 포획, 이용과 처리, 물 재순환의 확장. 공원, 정원, 운동장, 청소와 설거지, 화장실 세정과 공업 용수를 포함. - 음용 용수 이외 수자원 개발을 권장하기 위해 물 정책 목적을 손질 - 현재는 주어지지 않고 있는 Yarra River에 할당된 생태유량을 방출 - 관개된 운동장에 모두 의존하지 않는 스포츠 선택의 다양성 확보

2) 홍수와 같은 극단의 기상재해

강한 강우에 대한 적응 실행계획의 전략은 배수와 우수 향상, 초기 경보 시스템, 응급 서비스와 이해관계자 대응 통합, 대중 인식 제고 및 안전 행동향상, 암석부스러기 가능성 최소화, 기반시설 기준 증가로 분류된다.

세부 실행계획으로는 주요 미디어를 통한 기상재해에 대한 단계적 경고 시스템 도입(홍콩 태풍 경고), 반짝 홍수 지점의 배수 개선사항 조사, 우수 기반 시설 업그레이드, 극단 기상재해에서 교통 지연에 대한 대중과 기업에서의 커뮤니케이션 프로그램 마련, 안전 피난처의 위치와 기능에 대한 숙고, 안전 행동 요령을 포함한 시민 교육 등을 포함하고 있다.

〈표 4-8〉 멜번시 홍수 적응대책

단기 적응책	장기 적응책
- 모든 주요 교통 허브에서 방한(지도) 및 정보담당 직원 증가와 교통에 대한 정보 방송 - 고위험 지역에서 홍수 영향을 줄이기 위해 비상사태 활용 - 교통 시스템 정보와 통합된 조기 폭우 경보시스템 - 주요 교통 허브에 좌초 시에 이용할 수 있는 피난처 정보 제공 - 교통 지연 동안 안전한 실행에 대한 기업체와 소매 안전 교육 프로그램 - 조기 경보 발령에 대비하여 버스 서비스의 이동성 대기 - 낙석에 대한 보호 수단 - 응급 서비스 차량의 통과를 위해 도로와 선로를 깨끗하게 유지 - 응급 과정에서 통제와 접근에 대한 주요 도로 위치와 노선 확인 - 폭풍우 위험에 대한 기업과 공공 대상 교육 프로그램 - 건물과 기업체에 대한 폭풍우 보호 소개 장소 조성 - 보행자와 차량의 진입을 금지시켜 범람 지역 교통 차단 - 최대 용량을 확보한 배수 시설 증가 - 건물 강도 기준 증가 - 빠른 수정을 위한 높은 위험 지역 확인 - 보험 확대 - 비용 관리를 위해 전략적 우선순위와 통합된 환경정화 대응 - 위험 산업에 대한 인식 캠페인 : 준비와 보험 - 강한 나무 평가 : 나무, 가지 추락 위험 감소	- 저지대 교통시스템의 배수 향상 - 홍수 가능성 감소를 위해 강우 포획과 이용 증가 - 전차 전력 공급선의 점진적 매설화 - 개별 고장에 탄력성과 유연성을 향상시키기 위해 열차 신호 시스템 현대화 - 응급차량을 가이드하는 기존 카메라 네트워크의 정교한 사용 - 유거수 감소를 위한 투과성 표면 확장 - 도로와 취약한 건물 주변 배수 향상 - 나무 시범 교체 프로그램의 일환으로, 취약성 높은 지역 우선 나무 교체 - 건물 강도 기준 강화

3) 열파와 산불

열파와 산불에 대한 적응 전략은 기반시설 향상을 통한 주변과 내부, 외곽 냉각, 대중 인식과 안전 행동 향상, 열파 조기 경보 시스템 구축으로 분류된다.

세부 시행계획으로는 멜번 열파 대응 계획의 개발 및 시행, 인접 자치단체 및 지역 네트워크와 대응 계획의 연계, 도시 열섬 효과를 점차적으로 완화·조정하기 위한 광범위한 실행 범위 설정, 단계적 경보 시스템 구축 등이 있다.

〈표 4-9〉 멜번시 열파 적응대책

단기 적응책	장기 적응책
- 열파 대응 계획 실행 : 취약계층 확인과 보호; 사건, 교통 정지를 포함한 높은 위험 상황에 대비한 수단 실행 - 피난처(쿨링센터) 준비 - 공공 교육 프로그램 마련 - 조기 열파 경고 시스템, 교통 시스템 상황 정보와 통합 - 공공 행사와 주요 행사 현장에 개선된 그늘 - 비폭력적 원조계획 프로그램 - 비상대응 담당자 교육 - 기후상황을 고려하여 재산 관리 계획 수정 - 더운 환경에서 가능한 안전하고 성공적인 행사 프로토콜 수정 : 예방을 위한 행사 참석자와 주최자의 커뮤니케이션 향상. 물 규정. 일정 온도 한계 이상 행사 금지 등	- 열섬효과 완화를 위한 도시형태 변화 : 도시와 옥상 정원, 밝은색 건물, 지붕과 도로 색깔, 도시 습지에 공급하는 보다 광범위한 우수 네트워크 - 건물 기준 수정 : 수동적 냉방, 환기 - 우수 거리 스프링클러/쿨링 미스트 설비 - 열차 터널, 버스 서비스 확장과 같은 개별 정전 또는 서비스 실패로 인한 충돌 감소를 위한 PT 시스템 개선 - 열상황에 더 탄력적으로 대응하기 위해 노후 열차/전차 장기적 교체 - 기반시설에 대한 수정된 기술적 기준 개발 및 실행 - 공공부문의 재디자인 : 그늘, 쿨링 장소, 생활용수 시설들

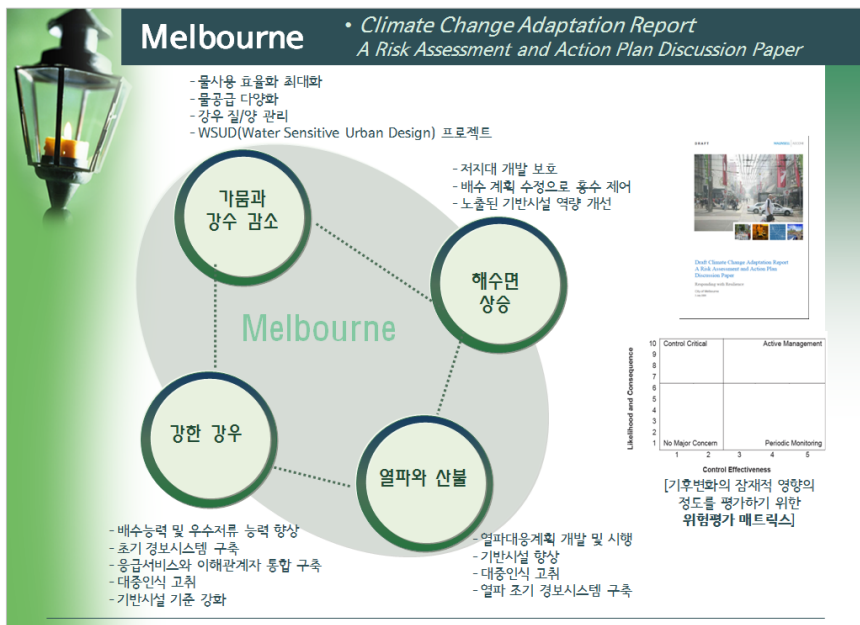
4) 해수면 상승

해수면 상승에 대한 적응 전략은 해수면 상승에 의한 자연적 손상이 심한 지역에서 일정 개발 유형 제한, 기존의 저지대 개발 보호, 배수 계획의 수정으로 홍수 제어, 해수면 상승에 노출된 기반시설의 역량 개선으로 분류된다.

세부 시행계획으로는 해수면 상승(59cm)에 기반한 홍수 가능성과 기반시설의 영향을 모델링한 결과에 바탕을 둔 계획 지침 개발, 미래 취약성을 감소시키고, 해수면 상승에 대한 탄력적이고 적응력을 최대화시키기 위하여 관련 관계자들의 네트워크 구축, 해수면 상승에 관한 유용한 정보 제공 등을 들 수 있다.

〈표 4-10〉 멜번시 해수면 상승 적응대책

단기 적응책	장기 적응책
- 향후 개발에 보다 탄력적으로 대응하기 위해 거주 바다면에 대한 계획 지침 수정 - Docklands/멜번 시의회 집수에서 잠재적 홍수 영향을 감소시키기 위해 강수 포획 - 보다 상세한 해수면 상승 적응 실행계획 조사, 호주 강우량과 유거수 데이터를 통합시키고, 균형된 타임라인 확인, 비용 효과적인 적응 방법, 예측된 해수면 상승에 대한 모니터링 - 해수면 상승과 관련해 알려진 정보 측면에서 합리적인 의사결정을 증명하는 과정과 실행계획의 문서화	- 홍수로부터 재산 피해를 막기 위해 기반시설 변화 적응 - 심각한 홍수 시에 사람들의 안전한 이동을 제공하기 위해 위험 주거 건물에의 접근과 출구 변경 - 홍수시 건물에서 거주민과 근무자를 빠르게 구출하기 위한 응급 피난 과정 개발 - 커뮤니케이션 전략 : 적응 단계의 투자자와 개발자에게 정보 제공, 특히 해수면 상승 증대 영향 인식



〈그림 4-5〉 멜번시 기후변화 적응 추진전략

4. 토론토

2005년 여름 동안 토론토에서 평균 30℃ 이상인 날수는 41일 정도였으며, 이는 1961~1990년대의 평균보다 3배나 많은 수치에 해당된다. 또 겨울이 따뜻해져 눈이 적게 내리고 비가 많이 내림에 따라 전염성 질병, 곤충 해충의 증가로 인한 나무의 피해가 커지고 있다. 이러한 기온 상승은 고온에 의한 증발량 증가로 호수, 강가 시내 수면을 낮추고 습지의 물을 감소시키는 요인이 되고 있다.

강수 패턴 역시 변화하고 있는데 2007년 여름은 50년만에 가장 건조해 비 없는 날이 95일 연속 지속되었으며, 1959년 이래로 가장 낮은 강수량을 기록하였다. 이러한 강수량의 부족은 공원, 잔디, 정원과 나무에 영향을 미치고 있다.

기후변화의 영향으로 극단의 기상재해가 증가하고 있다. 2005년 8월 19일 강력한 강우가 발생했으며, 이러한 극단적 기상재해들의 1/8 정도가 지난 20년 사이에 발생하였다.

토론토의 기후변화 적응 전략의 개발과 확립은 기후변화 실행계획에 포함되어 있다.²⁷⁾ 대기에 온실가스의 형성(증대)을 감소시켜 장기간의 기후변화를 늦추기 위한 기후변화 완화 계획은 대중교통 이용 증대, 에너지 효율 프로그램, 매립 가스의 에너지화 등 온실가스 배출 삭감 실행계획(완화계획)의 사례들을 포함하고 있다.

적응 계획은 열파 효과, 홍수, 강한 강수, 높은 바람, 곤충 해충 범위 확장, 호수면 변화, 기타 기후변화의 영향을 줄이는 것으로 강우 배수 향상, 건강 보호 프로그램(예 : West Virus, Heat Alerts), 비상 대응 강화, 업무지속 프로그램 등이 주요 내용으로 구성되어 있다.

특히 완화 및 적응 계획은 온실가스 배출을 삭감하고, 이미 발생한 기후변

27) 토론토 시의회는 2007년 7월 기후변화에 대비하기 위해 청정 대기와 지속가능한 에너지 실행계획(기후변화 실행계획)을 만장일치로 채택했으며, 토론토의 온실가스 배출 삭감 목표는 2010년 5%, 2020년 30%, 2050년 80% 수준임.

화에 대응하는 것으로 물 보호 프로그램(가뭄 기간 물 절약), 옥상 정원 설치, 나무 캐노피 확장, 지역 식품 조달 등이 해당된다.



자료 : The Cleanair Partnership, 「Climate Change Adaptation in the City of Toronto-Lessons for Great Lakes Communities」, 2008, 12.

〈그림 4-6〉 토론토시 기후변화 실행계획 다이어그램

토론토는 다양한 기후변화 적응 실행계획과 프로그램들 가운데 우선순위를 정하여 실행하기 위해 다음과 같은 전략을 수립했다. 즉 ① 광범위한 다년도 적응 과정의 개발을 위한 내부 구조와 역량 강화, ② 공공, 기업, 기타 관계자 협력, ③ 적응 대책을 도시 정책과 계획으로 통합, ④ 과학적 분석에 기반한 기후변화의 영향 및 결과, ⑤ 이러한 분석을 토론토의 기후변화에 대한 취약성 평가에 사용, ⑥ 적응 대책을 필요로 하는 우선적인 영향을 확인하기 위한 위험 평가 수행, ⑦ 위험을 감소시키기 위한 적응 선택들의 확인과 평가, ⑧ 기후변화 적응 전략 수립, ⑨ 기후변화 모니터링 등 적응 정책들의 효과성 평가의 단계에 맞추어 광범위한 적응전략 개발 등이 그것이다.

1) 폭풍우/홍수

투과성 포장, 옥상정원, 폭풍우에 취약한 연못, 습지와 저지대에 대한 지속 가능한 배수 시스템을 확대하고, 부족한 수자원 확충과 저지대에 자연 에코시스템 완충지 조성, 우수 관거 용량 확충, 내후적 건물 디자인, 주택에서 적절한 물의 배수 경사의 필요성에 대한 교육 등을 포함하고 있다.

2) 에너지

열파기간 동안 피크 부하를 감소시키기 위해 절약과 수요관리, 도시 열섬효과 관리를 위한 가로수 식재, 관리, 옥상지붕, 높은 알비도 표면 증대 등을 유도한다. 또한 건물 부하, 특히 저소득층을 위한 내기후 구조 프로그램을 시행하고 폭풍우로부터 전력의 취약성을 줄이기 위한 분산 에너지 시스템을 확대한다.

3) 교통

수면의 변화와 파도 발생 증가로 인한 항구 시설과 관련 시설들의 취약성을 평가하고, 암거, 터널, 교량, 지하철 입구 등과 같은 취약한 교통 기반시설 시스템을 평가하여 개선하며, 스위치 전동장치와 같은 중요한 부품은 홍수 수면 위로 위치를 확보한다.

4) 건물

건물 개발 기준에서 홍수, 열파, 폭풍우, 풍속, 기타 기후변화가 건물에 미치는 위험을 고려하도록 하고, 홍수 잠재지역 건물의 1층을 주차장 같이 홍수에 적합한 용도로 사용하거나 1층을 홍수 수면 이상에 위치하도록 하며, 자연 환기를 위한 건물 디자인을 보급한다.

5) 도시 생태계

기존 생태계(공원, 수로, 연못, 호수, 계곡, 습지 등) 보호, 자연종의 이동이 가능한 녹지 시스템 개발, 홍수 관리를 위한 저지대 녹지 공간 조성 및 보호, 강한 폭우로부터 증가된 유거수에 대응해 해안선 완충물 증가, 가로수 생존과 성장 환경 강화(뿌리 공간 확장, 흙 다지기 관리, 급수와 관리 증가), 해충과 침입종 모니터링 등을 수행한다.

6) 건강

기후관련 건강(매개체 질병, 열, 대기오염, 홍수, 폭우) 예방 교육을 실시하고, 가로수 식재, 옥상정원, 높은 알비도 지붕과 도로 표면을 포함하여 도시열섬 효과 저감 대책을 시행하며, 오염물질 배출 감소 수단과 대기질 경고 시스템을 구축한다.

〈표 4-11〉 기후변화 취약성을 감소시키는 토론토시 프로그램

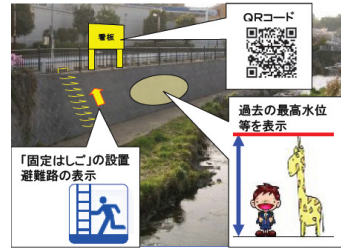
기존 적응 프로그램	토론토의 열 경고 시스템과 무더운 날씨 대응 계획	토론토 보건국은 열 경고를 발표하고 극단의 더운 날 동안 질병과 사망을 막기 위해 커뮤니티 부서들과 협력함. 보건국은 기후변화와 열과 대기 오염에 미치는 영향을 연구해 향후 계획 수립에 도움
	강우 유출 마스터 플랜	강한 강우로부터 홍수, 수질, 침식 영향 감소를 위한 25년 실행 계획
	지하 범람 보호 보조금 프로그램	홍수에 대해 오수 관거로부터 추가적 보호를 제공하기 위해 가정 하수 관거에 역류방지 밸브나 배출펌프 비용 지원
	홍수 경고 예보	홍수 비상 준비와 생명과 재산 피해 손실을 줄이기 위해 기존 시스템 개선
	옥상정원 시범사업 인센티브 프로그램	신규 또는 리모델링 건물에 옥상정원 설치에 대한 인센티브를 제공함. 옥상정원은 우수를 포획하고 함유해 건물을 냉각시킴
	나무 캐노피 확장	나무 캐노피 확장은 그늘을 제공하고, 열섬효과를 줄이며, 유거수와 기후변화의 부정적 영향을 줄임
	그린 개발 기준	신규 개발의 디자인과 건설에 실행 목표를 제공함. 기준은 건물의 에너지 효율 증가, 온실가스 배출량 감소, 도시열섬 감소, 물 보호, 우수 유거수 감소와 근린 그린 공간 강화
	그린 주차 구역	시 계획에 따라 녹화 표면 주차 구획을 만들어 열섬과 유거수 감소

〈표 계속〉 기후변화 취약성을 감소시키는 토론토의 프로그램

기존 적응 프로그램	건물 파트너십 향상	기존 건물과 신규 건물에서 에너지 효율 향상, 에너지 사용과 피크 에너지 수요 감소, 열파동안 전압 저하와 정전 취약성 감소를 위해 건물 소유자와 개발자가 협력
	비상대응 계획	토론토 비상대응 계획은 심각한 기상, 홍수, 정전과 같은 기후변화의 결과로 발생하는 다양한 위험에 직면하는 커뮤니티의 건강, 안전, 번영을 보호하기 위해 준비
2008/2009 신규 승인 프로그램	그린 토론토 생활	기후변화 영향을 감소시키기 위한 프로젝트를 포함하여 그린 프로젝트에서 커뮤니티들의 직접적 참여 유도
	사업규모를 감안한 위험 비상 계획의 개선	72시간 응급 계획과 가구와 기업체의 사업연속성 계획
	미래 기후 예측 모델	보다 나은 적응정책이 결정되도록 예측된 기후 극단과 점진적 변화 정보 제공
	기후변화 취약성과 도시 운영의 위험 평가	취약한 곳과 위험 등급에 대한 이해 향상은 적응 실행계획의 우선 순위 파악에 도움
	Don and Waterfront Trunk Sewer, 합류식 관거 월류수 제어 전략 프로젝트	극단의 기상이 식수와 하수 시설 운영, 수질 목표 달성에 미치는 영향을 평가
	그레이트 토론토 돌발상황 관리 교환에 참여	심각한 기상을 포함해 사업 방해 또는 광범위한 재해지역에서의 회복 계획에 도움
	지역적 극단 강우 강도, 지속, 빈도 곡선 개발 도시 홍수 조사	극단의 유거수 사례에 대한 폭풍우 배수 기반시설을 디자인하는 능력 향상 홍수에 대한 향후 정책과 프로그램의 필요요건 확인
	다른 관할권에서 열 취약성 평가에 사용된 방법 조사 대기 열지수 파일럿 평가	시의 무더위 대응 계획에 전략적 방향을 제공하기 위해 열관련 취약성 평가 툴 개발
	눈과 얼음 비 모니터링을 개선시킨 새로운 겨울 기상 기술 ploughing과 소금 차량 결합	기후변화에서 예상되는 얼음비 에피소드에서 소금의 보다 나은 사용과 사고 요구와 서비스 지연 비용을 감소
	옥상정원의 필요 시기와 장소 연구	신규 옥상정원에 대한 지원을 권고함. 옥상정원은 공기조절장치의 수요 감소, 우수 유거수 감소를 촉진
	그린 개발 기준 : 기후변화의 예상 영향	건축 형태의 탄력성 향상과 지속가능한 개발
	토지이용 계획 정책이 "냉각"도시에 접근에 정보를 제공하는 도시열섬 연구	토론토의 "덥고 습한 지역" 확인. 유발하는 것과 그것을 감소시키기 위한 전략들
	에너지 전략과 통합	기후변화 관점을 고려해서 도시에너지 공급 탄력을 증가시키기 위해 통합 전략 개발

자료 : The Cleanair Partnership, 「Climate Change Adaptation in the City of Toronto-Lessons for Great Lakes Communities」, 2008, 12.

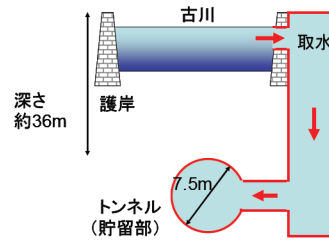
- 하천 이용자의 생명을 보호하기 위해 QR 코드로 실시간 우량·수위 정보를 제공하고, 긴급피난로의 설치나 과거 최고 수위 표시로 피난 유도 체계를 구축
- 練馬區의 田柄川 간선, 中野區의 桃園川 간선 등 6개 구 8개 간선에 있어 하수도 수위 정보를 관계구에 실시간으로 송신하는 동시에 이후 활용 방법 검증



〈하천의 안전대책 이미지〉

(2) 호우대책 기본 방침에 기초한 하천·하수도 정비

- 근년 침수피해가 있었던 하천을 중심으로 하수도 폭이나 조절지의 정비
- 하수도 간선을 펌프소 5개소 등 침수 위험성이 높은 지역, 후보지, 침수피해를 받고 있는 지역에 중점 설치하고, 지형특성을 바탕으로 한 효과적인 정비 추진
- 도쿄역 주변의 지하도에 시간당 75mm 강우에 대응하는 하수도시설 정비를 중점적으로 추진하는 등 침수대책 강화



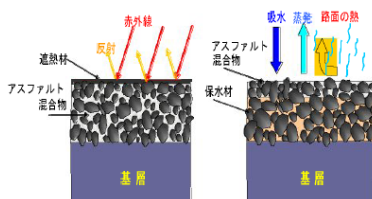
(3) 경계지구 지정에 의한 토사재해 대책 강화

- 주민설명회를 개최하는 동시에 기초조사를 실시한 약 8,000개소 가운데 3,800개소를 토사재해 경계지구로 지정
- 경계지역내의 피난처에 대해서는 구시정촌과 제휴하고, 대체시설로의 이전이나 절벽 붕괴방지 공사를 실시

3) 기온상승에 대응한 마을 조성 추진

(1) 차열성 포장 등 환경대책형 포장의 추진

- 센터코어지역을 중심으로 49km에 노면 온도 상승을 억제하는 차열성 포장이나 보수성 포장 실시



(2) 도시 녹화 촉진

- 공사비 지원이나 유지관리의 기술적 지원 등으로 국립 초등학교 등의 교정 잔디밭화를 통해 지표면의 온도상승 억제를 추진
- 녹화계획서제도나 임해부도심 조성 가이드라인에 의해 신축·기존건축물의 옥상·벽면녹화를 촉진하여 건물 주위의 온도상승 억제

(3) 우수 유출 억제 강화

- 개인주택의 우수침투 시설 설치를 확대하여 2011년까지 약 4,400건 조성
- 대규모 민간시설의 우수저류·침투시설의 설치 기준을 1,000m² 이상에서 500m² 이상으로 강화하도록 관계 구시정촌에게 권고



〈우수침투 트렌치〉

4) 기후변동의 환경변화가 생물에 미치는 영향 저감

(1) 생물 다양성 지역 전략의 책정

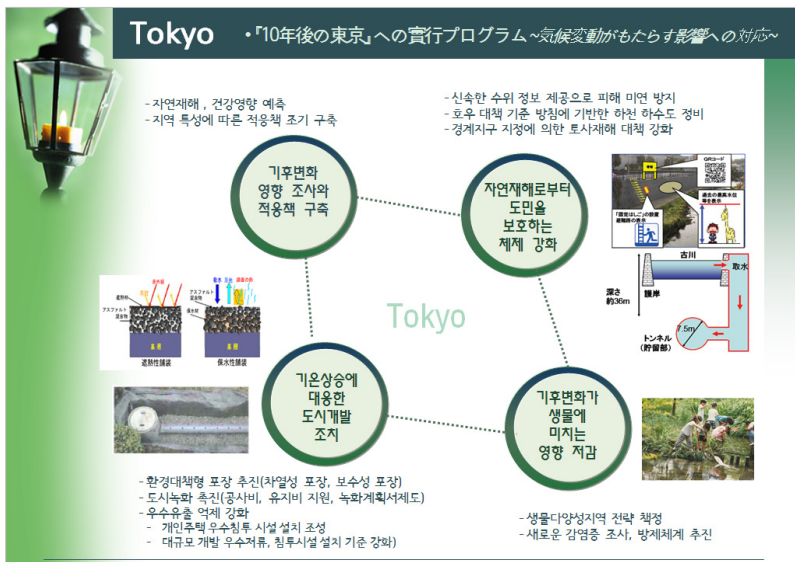
- 도시 활동이 생태계에 미치는 영향을 검토하고, 대도시 특유의 생물 다양성 전략을 책정
- 도민 참가에 의한 생물 조사나 심포지엄 개최를 통해 기후변화에 의한 생물 다양성의 영향에 관한 정보를 도민에게 제공



〈학교 비오톱〉

(2) 새로운 감염증에 대한 조사·방제체제 추진

- 도내 16개소에서 웨이스나일열 등 4종의 감염증을 매개하는 해충의 생식 조사와 바이러스 보유조사를 계속적으로 실시하고, 지구온난화에 의한 기온 상승에 의해 새롭게 도내에서 발생하는 감염증에 대한 감시 실시
- 감염증을 매개하는 해충이 발생할 경우에 대비하여 청사, 공원, 학교, 지하철 등의 시설에 살충제를 비치하는 등 방제체제를 강화



〈그림 4-8〉 도쿄의 기후변화 적응 추진전략

6. 기타 도시

1) 뉴욕시

2007년 4월 뉴욕시는 ‘PLANYC : A Greener, Greater New York’을 발표했다. 이 계획에는 폭풍해일, 허리케인, 홍수, 열파, 폭풍, 물오염 등으로 인한 엄청난 건강위협과 경제적 위험을 뉴욕시가 경험하게 될 것으로 전망한 기후 모델링 결과를 공식적으로 인정하면서 기후변화에 대한 적응내용을 다루었다. 이 계획은 기후변화에 따른 위험이 높은 주요 기반시설과 특정 공동체 문제를 해결하기 위한 적응 계획과정을 시에서 실시하도록 요구하고 있다.

한편 PLANYC에 따르면 뉴욕시는 이미 2004년에 뉴욕시 환경보호부(DEP) 산하에 정부기관, 과학자, 엔지니어, 보험전문가, 공공정책 전문가 등의 기후변화 태스크포스팀을 만들어 시의 물수요, 하수시설, 하수처리시스템을 보호하는 적응조치를 시행하여 왔다. 이의 일환으로 1983년 이전 데이터에 기반한 뉴욕시의 100년 범람원(floodplain) 지도를 해안 변경과 고속도로, 해수면 상승과 태풍의 증가를 반영하기 위해 업데이트하였다.

〈표 4-12〉 뉴욕시 기후변화 적응을 위한 PLANYC

구분	적응계획/조치
기반시설	주요 기반시설을 보호하고, 기후변화를 장기기본계획과정에 포함시키기 위해 정부 간 태스크포스(뉴욕시 기후변화 태스크포스) 창설, 태스크포스는 현재 위험에 처한 기반시설(터널, 공항, 지하철, 발전소 등) 목록을 만들어 각 시스템 요소를 분석하여 우선순위화하고, 적응전략을 개발해서 신규기반시설을 위한 가이드라인을 구상
공중/커뮤니티 보건	호안(waterfront) 커뮤니티에 일차적 초점을 두고 열파, 홍수, 폭풍 등과 같은 기후변화 영향을 해결하기 위한 지역별 계획을 개발하기 위해 주요지역공동체 이해관계자와 취약한 구성원들과 함께 작업
계획과 정책	기후변화에 적응하기 위한 위험, 비용, 잠재적 해결책을 종합적으로 평가하는 전략적 적응계획 과정 생성

자료 : 한화진 외, 「기후변화 영향평가 및 적응 시스템 구축Ⅲ」, 한국환경정책평가연구원, 2007.

2) 시애틀

뉴욕시와 마찬가지로 시애틀 역시 기후변화 적응문제를 다룰 필요가 있음을 인정하였다. 시애틀의 기후액션플랜은 기후변화 관련 사안을 우선 순위화하고, 적응조치와 시기에 대한 권고사항을 작성하기 위한 부문간 팀을 구성할 것을 요구하고 있다. 계획에 따르면 구체적으로 평가하고자 하는 부분은 해수면 상승, 우수관리, 도시숲, 빌딩코드, 열파를 포함한다. 이러한 적응계획은 2007년 말에 완성될 것으로 예정되어 있다.

시애틀은 기후변화에 따른 물공급 변동에 적응하기 위해 이미 두 가지 적응 노력을 기울이고 있다.

첫째, 시애틀 공공시설(Seattle Public Utilities : SPU)과 워싱턴대의 기후영향그룹이 파트너십을 맺어서 기후모델을 지역수준으로 다운스케일링하고, 시애틀 두 군데 구역의 물 공급을 예측하여 2030년까지 15백만 갤런/일 정도의 물 사용을 줄일 계획을 수립하였다.

둘째, 시애틀시 전기국(Seattle City Light)은 워싱턴대 대기과학과와 함께 Skagit 유역에 대한 기후변화의 효과를 모델링하는 프로젝트를 수행하여 2050~2100년 기간의 해수면 상승 시나리오 지도를 개발했다. 이 프로젝트는 모델링 결과를 미래 자원 계획과 운용요구에 통합하고, 시애틀의 수력전기에 대한 의존도를 줄이며, 도시 지역에 잠재적으로 영향을 미치는 자본 투자 유도, 새로운 시설 개발, 토지이용 정책과 계획 등에 다양하게 사용하기 위해 계획되었다.

이에 따라 도시 계획에 기후모델을 통합함으로써 시애틀은 자원을 적절한 시기에 현명하게 할당할 수 있게 될 것으로 전망된다.

시애틀 공원의 관개 시스템은 다른 공원들에서보다 성능이 좋다. 전통적 관개 시스템에서는 시계가 일정 시간에 맞추어져 관개가 되는 반면 65개의 시애틀 공원은 환경적 상황들에 따라 매일 변화하는 스케줄로 작동된다. 30개 공원은 비 센서가 설치되어 있어 보다 반응하기 쉽다. 비가 오기 시작하면 센서는 반영하여 관개를 멈춘다. 시스템은 실시간 환경에 적응하는 사례이다. 비가 올 때 귀중한 물을 절약하여 가뭄 기간 동안 물을 공급할 수 있다.



〈공원 관개 비 센서〉

제2절 기후변화 적응요소별 정책 사례분석

1. 폭염

1) 고온건강 경보시스템

(1) 로마의 고온건강 경보시스템

세계보건기구(WHO), 세계기상기구(WMO), 유엔 환경계획(UNEP)은 기후 변화에 적응하기 위한 시범사업의 일부로 로마를 대상으로 고온건강경보시스템을 실행하기 위한 프로젝트를 공동으로 수행한 바 있다.

경보절차는 감시, 주의보, 경보 3단계로 이루어지는데, 감시는 위험요소가 있는 기상 유형이 3일 이내에서 예측될 때 발령되고, 주의보는 기상유형에 대한 경고가 다음 24~48시간 내에서 예상되고 초과 사망자수가 2명 이상 예상될 때, 경보는 주의보 상황이 2일 이상 이어질 때 발령된다. 경보와 함께 폭염에 대처하는 방법에 대한 정보는 사회정책부서와 보건당국부서의 웹사이트에서 매일 제공된다.

한편 감시, 주의보, 경보가 발령되면 개업의사, 건강보호당국, 병원과 건강 리조트, 양로원, 대중매체, 등록된 개인 등에게 바로 전달되어 빠른 대응조치를 취하도록 하고 있다.

(2) 리스본의 ICARO 프로젝트²⁸⁾

ICARO 프로젝트는 폭염을 32℃의 평균기온이 적어도 2일 이상 지속되는 경우로 정의하였다. 초과사망률은 4단계의 등급을 갖고 있으며, 경보가 발령되면 포르투갈의 보건부와 시민보호서비스 단체의 책임하에 예방조치가 시작된다. 폭염경보가 발령되면 공중 보건 긴급전화선은 핫라인으로 사용되고, 간호 담당 인원이 보강되도록 조치하고 있다.

(3) 필라델피아 고온건강경보시스템

필라델피아 시스템은 기상조건에 따라 감시, 주의보, 경보의 3단계로 구성되어 있다. 최종적인 단계(경보)에는 세 가지 수준의 건강경고가 있는데, 이것은 모델에 의해 예측된 초과사망자수에 근거한다. 웹에 기반을 둔 예보도구들이 사용되어 여러 기관들과의 연계가 용이하다. 최고 48~60시간 전에 만들어지는 초기예보는 자동으로 디지털 예보형태로 전달된다.

〈표 4-13〉 필라델피아시 고온경보발령에 따른 건강대비 체계

수단	고온건강 대비체계
대중매체	- 기상조건과 열에 관련된 질병을 피하는 방법에 관한 정보 제공, 친구·친척·이웃사람이 노인들을 매일 방문하도록 권함
시	- 자원봉사자들의 신원 확보(자원봉사자 교육을 통해 고온관련 건강문제를 겪고 있는 이웃들에게 정보제공)
전용전화선	- 필라델피아 노인단체들에게 정보제공과 상담에 이용(도심의 큰 건물 위 눈에 잘 띄는 높은 전신물에 의해 공표)
공중보건 이동지원팀	- 응급조치가 필요한 상황이 발생하기 전에 주의와 도움이 필요한 이들의 집을 방문
공중보건부서	- 양로원과 다른 시설의 근무자들에게 높은 위험도와 고온 상황을 알림. 거주자 보호를 위한 행동지침 전달 - 위험한 생활 장소로부터 에어컨 있는 대피소로 주민 대피 - 노인센터 운영시간 연장
전력회사와 수도국	- 경고기간 동안 공급정지 조치를 해제
소방담당부서/의료부서	- 근무인원을 증원 - 노숙자들을 위해 낮 동안 머물 곳을 마련

자료 : 장재연 외, 「기후변화에 따른 건강피해 모니터링 및 위험인구 감소전략 개발 연구 최종보고서」, 2008.

28) 1981년 극심한 폭염이 발생한 이후 이에 대한 대응책으로 시행되었음. 1981년 6월 15일에 리스본은 세계의 수도 중에서 가장 더운 도시였는데, 최고기온이 43℃에 달하였고, 폭염과 관련된 사망자수는 63명, 총 초과사망자수는 1,906명으로 나타났다.

(4) 상하이 고온건강경보시스템

중국 상하이시의 고온건강경보시스템은 폭염이 발생했을 때의 위험도를 나타내기 위해 초과사망률을 이용하고 있다. 기단을 8개 유형으로 나누어 사망자와 상관성이 가장 높은 기단을 규명하였으며, 최고 기온이 35℃ 이상이 3일간 지속될 경우 폭염으로 정의하였다. 지역의 수치기상 예측자료를 이용하여 48시간 전에 기단에 대한 예보가 가능하다.

2) 도심녹화 대책

(1) 독일 Hennef 프랑크푸르트 거리

Hennef시는 주요 도로를 개선하기 위해 거리환경 녹지화, 포장확장, 거리 시설물 사용 등의 많은 대책을 시행하고 있다. 그 결과 거리 또는 완충지역(buffer)을 형성하는 나무가 우거지고 잘 설계된 공공장소가 조성되었다. 이러한 계획이 일차적으로 안전한 환경을 조성하고, 마을의 주요 거리의 경제적 침체를 되돌리기 위해 설계되나, 온난화에 대응한 녹지는 편안한 실외 공간을 제공하는 부가적 효과를 제공하고 있다.

(2) 도쿄의 옥상정원(Roof Garden)

도쿄는 1960년대부터 에너지 소비와 불투수성 지표면(예 : 아스팔트, 콘크리트, 건물) 증가로 인해 빠르게 악화되는 도시열섬현상을 겪고 있다. 이러한 영향을 완화시키기 위해, 도쿄시 정부는 옥상정원을 권장하는 방법을 포함하여 도시 녹지화 정책을 시행하였다. 토지면적 1000㎡(공공건물 250㎡) 이상인 신축 건물은 모두 그린루프(green roof)와 리빙 월(living wall)을 설치해야 하며, 이 정책은 신축 건물뿐만 아니라 기존 건물에도 확대되었다. 옥상정원을 지닌 건물은 세금 감면을 제공받고, 옥상정원을 계획 중인 건물 소유주에게는 일본 개발은행이 저이율의 대출을 제공하고 있다.

2. 홍수

1) 뉴욕 스테이튼섬의 블루벨트 프로그램

블루벨트는 자연배수통로를 의미하며, 하천, 연못, 습지 등으로 구성되어 있다. 블루벨트 프로그램은 강우 강도와 빈도 증가에 대비하여 완충기능(buffering)을 하는 습지를 조성하고, 확대하는 것뿐만 아니라 저류 연못 조성 과 같은 비전통적인 방식으로 홍수를 관리하는 것이다. 이러한 시스템은 당면한 문제 해결을 위하여 고안되었으나 현재의 용도지구 밀도에 기초하여 각 구역 내 모든 토지에 추가적인 건설을 수용할 수 있도록 설계되었다.

스테이튼섬 남쪽의 15개 소유역과 리치몬드강 구역은 현재 블루벨트시스템으로 배수가 이루어진다. 면적이 약 10,000에이커에 달하는 16개 구역은 2018년까지 배수시스템이 완성될 것으로 추정된다. 추가로 조성되는 4,000 에이커 면적의 3개 구역에서 습지 배수도 추진되고 있으며, 이것이 완료될 경우 블루벨트 면적은 총 스테이튼섬 전체 면적의 36%인 14,000 에이커를 차지하게 된다.

2) 도쿄의 쓰루미(Tsurumi) 강 구역의 홍수 관리

쓰루미 다목적 저류 구역²⁹⁾ 프로젝트는 CFDMURB 하에서 이루어진 하천 개선 프로젝트 중 하나로 실행되었다. 이것의 목적은 하루 지역의 홍수 피해를 경감시키고, 다목적의 위락 공간과 스포츠 시설을 유치하며, 지역 주민을 위한 자연 공원을 제공하는 것이다. 저류 구역은 범람둑과 분리 둑에 의하여 강과 구분되며, 가장자리 제방에 둘러쌓여 있다. 바닥을 파 내려가 최대 3.9Mm³의 홍수 유량을 통제할 수 있다. 범람 둑은 가장자리 제방에 비하여 3m 낮게 설치되어 강으로부터 범람하는 물이 구역으로 유입될 수 있도록 하였다. 또한 하

29) 홍수 발생 시 일시적으로 물을 모으는 홍수 조절장치로 하류의 범람을 줄임. 이 구역은 주변 지역에 비해 더 깊게 파며, 주변에는 다양한 종류의 제방 또는 둑이 설치됨. 가장자리 둑(surrounding levee)은 저류 구역과 주변 토지 사이에 위치하고, 분리둑(separating levee)은 저류 구역과 강 사이에 위치함.

류지역의 홍수 피해를 예방하기 위해 초당 200m³의 첨두(peak) 홍수량을 줄이도록 되어 있다.

닛산경기장과 요코하마 종합케어센터(continuum)는 저류구역 내에 위치하고 있다. 7만명을 수용할 수 있는 이 경기장은 일본에서 규모가 가장 큰 것으로 필로티(piloti) 공법을 사용하여 건축물을 기둥 위에 세워서 홍수로 인해 저류 구역에 홍수 유량이 유입되었더라도 침수 피해를 막을 수 있도록 설계되었다.

다목적 저류 구역은 대중에게 홍수 발생 시 위험한 상황에 대한 경고를 제공하기 위한 설비를 갖추고 있다. 즉 강에 대한 정보 현황판이 구역의 세 지점에 설치되어 지역 주민들에게 홍수 관련 정보를 최대한 빠르게 전달하도록 하고 있다.

3. 수자원 관리

1) Maidenhead의 Greenfields 친환경 건설

2001년 완성된 Greenfields 계획에서는 19개 아파트와 8개 주택에 목욕, 샤워, 변기사용으로부터 나오는 폐수를 재이용하는 오수의 순환이용체계가 구축되고, 적은 양의 물을 이용하는 변기와 물 이용률이 좋은 수도가 설치되었다. 지붕으로부터 집수된 지표수는 박테리아를 죽이기 위해 UV선으로 처리된 후 공동 정원의 급수를 위해 지하에 저장된다.

2) 런던 Newham의 The Hub

Newham의 지역사회 개발센터 건물의 경우 지붕으로부터 집수된 우수는 식물에 주는 물로 사용되고, 우수 저장탱크는 외부 운동장 아래에 설치되어 연간 약 50%의 물을 절약할 것으로 예상된다.

제3절 시사점 도출

선진도시에서 현재 추진 중인 기후변화 대응 적응사례의 수집 및 비교분석, 그리고 제반 시사점 도출은 향후 서울시를 포함한 국내 도시의 기후변화 대응 적응정책의 수립 및 추진과정에서의 원용 가능성을 높이는 효과가 있다.

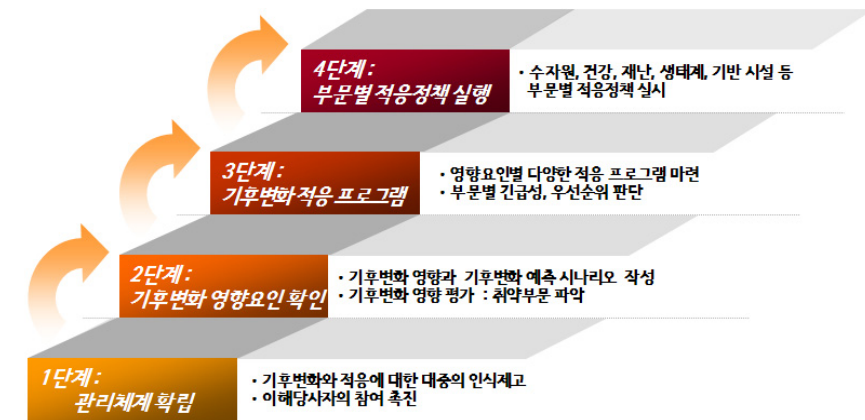
이에 따라 선진 해외 도시들은 기후변화 적응 가이드라인 개발, 계획지침의 제작 및 활용, 도시의 기후변화 요인과 영향에 대한 효과적인 적응정책 추진 등과 관련된 내용을 포괄적으로 수집·분석하여, 향후 국내 도시에서 적응정책의 여건 판단과 방향 진단에 필요한 사항을 살펴보고자 하였다.

런던, 시카고, 멜번, 토론토 등 4개 도시의 기후변화 대응 적응정책을 분석하면 우선 기후변화 영향의 가능성에 대한 시민의 인식을 높이고, 적응정책의 수립과정에 다양한 이해 당사자의 참여를 유인하고 있는 것을 알 수 있다. 그리고 도시 지역의 기후변화 추세와 전망을 체계적으로 검토하고, 주요 영향이 발생할 가능성이 있는 분야와 정도에 대한 분석을 바탕으로 기후변화의 취약성을 줄일 수 있는 다양한 적응방안을 마련하고 있음도 알 수 있다(<표 4-14> 참조). 선진 해외 도시들의 기후변화 적응 대책을 종합하여 분석하면 다음과 같은 4가지 측면으로 요약할 수 있다.

첫째, 기후변화 대응 적응정책의 수립과정에 시민참여가 제도적으로 확립되어 있다. 특히 도시의 기후변화 요인과 적응대책의 필요성에 대하여 시민의 인식을 고취시켜 공감대를 넓히고, 기후변화 대응 적응정책의 결정과정에 이해당사자의 참여를 바탕으로 생활밀착형 기후적응 관리가 이루어지고 있다.

둘째, 기후변화 영향요인에 대한 과학적 분석 및 확인이 이루어지고 있다. 도시의 과거 및 현재에 걸친 기후변화 추이를 파악하고, 미래에 대한 기후변화 영향 시나리오를 작성하며, 이를 바탕으로 도시의 기후변화 요인별 영향과 단계별 대응방향을 제시하고 있다(<그림 4-9> 참조).

셋째, 기후변화 적응 프로그램을 다양하게 마련하고 있다. 도시의 기후변화



〈그림 4-9〉 도시의 기후변화 대응 적응정책수립의 단계별 접근

영향에 적응하기 위하여 ① 에너지·물 수요관리 및 옥상녹화 등 기후변화에 취약한 도시시스템에 기존의 부하를 줄이기 위한 조치, ② 분산형 에너지와 광역 물공급 시스템의 연계와 같은 극한 기후에 도시의 회복력을 증대시키기 위한 계획, ③ 위험지구 지정, 위험지역 개발 제한 등 취약한 도시 시스템을 보호하기 위한 완충지대 혹은 이주 프로그램 마련, ④ 인프라 설계 기준 강화 및 제방 보강 등 취약한 구조와 시스템의 보강을 위한 조치, ⑤ 예측과 조기 경보 시스템, 응급대응 계획 등의 다양한 프로그램들을 마련하고 있다.

넷째, 부문별 적응정책의 수립·실행에 유의하고 있다. 기후변화에 취약한 모든 부문이나 지역, 집단에 대한 적응정책 추진을 지양하고, 취약성 분석, 적응정책의 비용·효과 분석 등을 바탕으로 적응정책의 긴급성과 우선순위를 파악한 후 주요 부문별 차별적인 적응대책을 실시하고 있다.

〈표 계속〉 주요 도시의 기후변화 적응대책 체크리스트

구분	런던	시카고	멜번	토론토
건강(폭염)				
• 도시열섬 현상 관리 - 도시열섬 실행지역 설정 - 도시 녹화 프로그램 - 저알비도·침투성 포장재료 사용 • 공간 디자인 지침 제공 - 냉방 수요 감소 • 광역적 기후 변화 모니터링 • 열파 대응 관련자 능력 향상 • 고온에 적응하는 문화 전파 - 생활패턴, 양식 변화 • 열파 기간 외부 행사에 대한 규정 마련 • 열파 비상대응 계획 수립 • 고온 건강 경보 시스템 • Cooling 센터 설치 • 열파 기간 지역 네트워크 구축	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
건강(대기오염)				
• 교통 제한 - 대중교통 할인(오존 시즌) • 저VOC 재료 사용 권장 • 대중교통 향상 • 대기오염 경보 시스템 구축 • 공회전 감소 • 자연 조경 관리 권장		○ ○ ○ ○ ○ ○ ○		○
건강(전염병)				
• 조기 발견 및 경고 시스템 구축 • 방역 강화 • 질병 매개 곤충 서식지 관리 • 질병예방 공중교육 강화	○			
생태계				
• 기존 생태계 보호 및 그린웨이(greenway) 개발 • 도심숲 조성 - 가로수, 공원나무, 정원수 식재 관리 • 기후변화에 적절한 수종 데이터베이스 구축 • 해충과 침입종에 대한 모니터링 및 관리 • 농업 보호	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○		○ ○

〈표 계속〉 주요 도시의 기후변화 적응대책 체크리스트

구분		런던	시카고	멜번	토론토
기반시설					
	• 항구시설 및 기반시설의 취약성 평가	○			○
	• 해안도로, 철도, 기반 시설 재배치	○			○
	• 암거, 터널, 교량, 지하철 입구 등 취약한 교통 시설 평가 및 개선	○		○	○
	• 주요 부품(스위치 기어, 변압기) 위치 수정			○	
	• 고온 대응 교통 이동시스템 조사				
	• 대체 루트 확보				
	• 전력		○		
	- 에너지사용 감소 및 재생가능 에너지원으로 교체		○		
	• 분산된 에너지 시스템 확대				○
	• 신규 개발과 재개발 시 기후변화 영향 고려한 계획		○		
경제					
	• 사업지속경영(BCM) 도입	○			

제5장 서울시 기후변화 고도적응 정책방안

- 제1절 서울시 기후변화 적응대책 수립의 평가
- 제2절 서울시 기후변화 고도적응 전략 방향 정립
- 제3절 기후변화 고도적응 정책방안

제 5 장

서울시 기후변화 고도적응 정책방안

제1절 기후변화 적응대책 수립의 평가

기온, 습도, 바람상태 등 도시의 기후변화가 시민의 삶의 질을 떨어뜨리는 직접·간접적 영향요인으로 작용함에 따라, 이에 대한 적응노력이 절실히 요구되고 있다. 이처럼 도시기후의 변화 특성을 고려한 새로운 도시관리 수요가 점증하면서 기후적응형 도시관리 전략 수립을 위한 발상전환에 관심이 집중되고 있다. 즉 시민들이 풍요롭고 편안한 삶을 영위할 수 있도록 도시기후를 고려하여 계획·설계하려고 하는 기후적응형 도시관리 방안 마련에 역점을 두고 있음은 전술한 바와 같다.

그러나 기후변화가 시민건강에 미치는 영향과 취약성을 평가하여 적절한 적응 대책을 마련하는데 최소한 5년~10년 정도의 시간이 필요하나, 서울을 포함한 국내 도시의 기후변화는 세계평균을 상회하여 빠르게 진행되고 있음이 유의할 사항이다³⁰⁾. 특히 사회적 취약계층은 새로운 기후환경에 적응하는 능력

30) 우리나라의 경우, 이산화탄소의 2007년 평균 농도는 390.0ppm이며, 지난 9년간(1999~2006년)의 이산화탄소 증가량은 연평균 2.4ppm/년 수준으로 전 지구적 증가속도(1.9ppm/년(1997~2006년))보다 높으며, 지난 100년간(1912년~2008년) 평균기온 상승률은 1.7℃로 전 지구의 평균기온 상승률(0.74℃)보다 높음. 서울의 경우 연평균 기온이 1908~1917년에 10.

이 떨어지므로, 기후변화로 인한 악영향이 나타나기 전에 이들 계층을 보호하고 사회적 통합을 이루는 적응대책을 우선적으로 마련·시행하는 것이 필요하다. 일례로 고령화 및 개인건강에 대한 관심의 증대와 더불어 초고속 인프라와 IT 기술의 발달은 U-헬스케어의 현실화 수요를 낳게 되고, 이는 지구온난화로 인해 여름철 폭염, 열대야, 폭우 등의 기상재해 문제와 연계되어 나타날 가능성이 높다. 이처럼 시민건강 맞춤형 적응관리체계에 대한 수요 증대에 따라 도시기후의 변화 영향으로부터 시민이 안전할 수 있도록 기후변화 대응을 위한 조직과 제도 등 인프라 부문과 기후변화 완화 및 적응분야의 정책 마련이 시급한 실정이다.

이에 따라 서울시는 지역 특성에 맞는 적응사업을 발굴하여 기후변화로 인한 위험을 최소화하고 지역 발전의 기회를 최대화하는 적응 역량을 강화시키기 위하여 기후변화 적응 가이드라인을 적응 대책의 목표설정, 실천계획 수립, 영향 및 취약성 평가·이행 및 평가 등 방법 등의 6단계로 구분하여 제시하고 있다([부록 3] 참조). 이를 바탕으로 현재 서울의 기후변화 적응대책의 수준을 살펴보고자 한다.

- 1단계 : 자치단체의 기후변화 적응능력 형성단계
- 2단계 : 지역별로 기후변화에 영향을 받는 주요 부문을 선정하기 위한 단계
- 3단계 : 우선부문에 대해 체계적 영향평가를 수행하는 단계
- 4단계 : 취약성 평가 결과를 이용하여 주요 부문에 대한 자치단체 적응대책 목표를 수립하는 단계
- 5단계 : 수립한 목표를 이행하기 위하여 구체적인 실천 계획의 수립단계
- 6단계 : 수립한 기후변화 적응대책을 이행, 평가, 보완하는 단계

6℃에서 1998~2007년에 13.0℃로 2.4℃ 상승했음.



자료 : 환경부, 『지자체 업무안내서 기후변화 적응』, 2009.

〈그림 5-1〉 자치단체의 기후변화 적응 단계별 업무흐름도

1) 적응능력의 형성

자치단체의 실무자 및 지역주민의 기후변화 적응에 대한 인식을 확대하고, 적응대책의 이행조직 및 예산을 확보하는 단계로, 서울시는 적응 총괄부서와 분야별 추진부서, 책임자 지정 등 적응관리능력 확충을 위하여 기후변화 담당 관내 적응대책 총괄팀을 신설하여 적응 행정조직의 구성 및 교육·훈련을 통해 인적 인프라를 확충하는 한편 기후변화기금을 조성·운영하여 적응대책의 실행을 위한 예산을 확보하고 있다.

다만, 지역주민의 기후변화 적응에 대한 인식확대 부문에서 에너지 절약, 환경관련 교재 및 프로그램이 일부 개발·보급되어 있으나 기후변화 적응을 포함한 기후변화 전반을 포괄적으로 반영한 교육 대상별 특화된 프로그램은 다소 미흡한 수준이다.

2) 선행평가를 통한 적응 우선부문 선정

선행평가 방법론을 활용하여 지역별로 기후변화에 영향을 받는 주요 부문을 선정하는 단계로, 서울의 도시기후의 변화추이를 분석하기 위한 모니터링 시스템(관측시스템)은 정비되어 있으나, 지역별 상세한 미래 기온·강수량 전망과 이에 근거한 분야별 영향에 대한 선행평가 연구는 없는 실정이다.

3) 선정된 부문에 대한 체계적 영향 및 취약성 평가

선정된 우선부문에 대하여 사례연구, 전문가의 의견수렴 등의 방법을 이용하여 현상을 분석 예측하는 정성적 평가와 수치모형, 지표, 통계자료 등을 활용하여 현상을 분석 예측하는 정량적 평가를 실시하는 단계로, 현재 국가단위 기후변화 영향 및 취약성 평가는 이루어졌으나, 지역적 특성은 반영되어 있지 않다. 취약성 평가를 수행하기 위하여 서울의 특성을 반영한 부문별 취약성 지표와 분석 도구의 개발 및 적용이 필요하다

4) 적응대책의 목표설정

취약성 평가 결과를 이용하여 주요 부문에 대하여 적응대책 목표를 수립하는 단계로, 서울시는 세계적 녹색경쟁력을 갖춘 서울을 만들기 위한 “서울형 저탄소 녹색성장 마스터플랜”의 3대 비전 가운데 하나인 고도적응도시 실현을 위해 세계 최고 수준의 대도시형 통합 고도적응체계 확립이라는 목표를 제시한 바 있다.

이에 따라 향후 서울시는 다른 지역, 다른 부문 간의 파트너십, 다른 계획과의 연계를 고려하여 주요 부문별 목표와 달성 시기 등 실질적인 세부 적응정책을 수립·시행하는 것이 바람직하다.

5) 적응대책의 실천계획 수립

수립한 목표를 이행하기 위하여 구체적인 실천계획을 수립하는 단계로, 서울시는 기존의 제도, 법 및 재정적 기반을 파악하여 기후변화 적응과 관련된 프로그램과 담당부서를 파악하여 목록을 작성한 후 적응대책의 우선순위를 결정한다. 서울시는 적응대책별 점검표를 작성하여 각 부서에서 추진되는 기후변화 적응 정책의 정보를 공유 및 통합 관리하여 적응대책의 우선순위를 결정하는 것이 바람직하다.

6) 이행 및 평가

추진체계를 구축하고, 수립한 기후변화 적응대책을 목적 및 단계에 맞도록 이행·평가·보완하는 단계로, 서울시의 기후변화 적응능력을 평가·진단할 수 있는 체제가 미비하다. 이에 따라 서울시는 기후변화 적응계획 추진 사업별 특성을 반영한 평가 지표를 개발하여 단계별 추진사항 관리 및 사회 전반의 기후적응 수준을 평가함으로써 기후 적응능력을 지속적으로 향상시켜 나갈 수 있는 평가시스템을 구축하여야 한다.

이러한 기후변화 적응대책 추진에 대한 지속적 모니터링을 통해 적응관련 사업의 중복 투자 방지 및 연계에 의한 예산 절감, 기후변화 적응 정책 개발을 위한 기초 자료로 활용 등을 할 수 있다.

제2절 기후변화 고도적응 전략 방향 정립

기후변화로 인한 영향이나 위험은 모든 지역에서 똑같이 나타나지 않으며, 기후변화에 대응하는 능력 역시 모든 지역이 동일하지 않다. 따라서 지역 특성에 맞는 적응대책을 발굴하여 시행하는 것이 기본이다. 이러한 점에서 지역별

기후변화 영향에 취약한 분야와 집단을 확인하고, 맞춤형 적응대책을 마련하는 것이 중요하다. 서울의 경우를 바탕으로 향후 국내 도시에 필요한 도시기후의 변화에 따른 기후적응형 도시관리의 전략적 방향을 요약·제시하면 다음과 같다.



〈그림 5-2〉 도시기후 변화를 고려한 기후적응형 도시관리 체계

1. 기후변화 조기예측 및 사전대응체계 구축

도시기후의 변화에 대응하기 위한 적응정책의 수립·시행 시 우선적으로 고려되어야 할 사항으로 도시기후의 변화추이를 분석하고, 기후변화로 인한 영향을 예측할 수 있는 정보수집과 모니터링이 필요하다. 이를 위해 자동기상 관측시스템(AWS), 대기오염 관측시스템의 기상자료에 대한 통합관리와 활용 체계를 구축하여 서울의 지역 특성을 고려한 기후변화 영향 프로파일 작성 방법론을 개발·보급하고, 통합 DB를 기반으로 예·경보가 필요한 부문에 대해 지역 규모의 조기예측 및 경보시스템을 구축하는 것이 필요하다.

2. 기후변화 적응제도 강화

1) 취약성 평가지표 마련 및 활용

향후 도시기후의 변화 전망을 바탕으로 시민건강, 물 관리, 도시방재, 생태계 보존 등 분야별 위험성을 예측하고, 기존 대책의 문제점을 비교 분석하여 단계적인 점검 매뉴얼을 정비한 후, 이를 바탕으로 통합적인 기후영향·취약성 평가시스템을 구축하는 것이 바람직하다. 부문별 기후변화 영향 및 취약 부분에 대한 정확한 진단을 위하여 서울의 특성을 반영한 취약성 평가 지표를 마련하여 적응정책 수립을 위한 기초자료로 활용하여야 한다.

2) 기후변화 부문별 적응기준안 개발·적용

분야별 기후변화 취약성 평가 후 수립한 세부이행 계획에 따라 추진하는 적응 사업의 진행과정과 적응 능력 여부를 정확히 진단하고 지속적으로 관리함으로써 적응 정책을 체계적으로 추진하기 위한 부문별 적응 기준안을 개발·적용하도록 한다.

3) 기후변화 적응 도시개발 가이드라인 마련

도시계획의 수립, 토지이용규제, 개발사업 등에 지속가능성과 기후변화영향을 사전에 검토할 수 있는 근거 규정을 마련하여야 하며, 이러한 내용은 『저탄소 녹색도시 수립지침』과 연계하여 기후적응형 도시 관리를 유도할 수 있다.

3. 적응능력의 사회적 형평성 확보 및 시민에 맞춤형 정보 제공

1) 시민·지역 맞춤형 적응 프로그램 개발

서울의 기후변화 영향에 초기 대응할 수 있도록 분야별 행동지침서(매뉴얼)를 작성·보급하고, 인터넷 홈페이지 및 온라인 기후변화 적응 도우미 운영 등을 통해 시민들의 사전적 대처능력을 향상시키는 것이 필요하다.

2) 취약계층에 대한 적응전략 마련

기후변화에 대한 노출이 동일하더라도 적응 능력에 차이가 있기 때문에 노약자, 저소득 계층 등 사회적 약자에 대한 적응전략 수립이 중요하다. 특히 고령화 사회 진입, 새로운 질병의 출현 등 기후변화가 특정한 집단에 잠재적으로 미치게 될 영향을 유형화하고, 각 집단의 대응 전략을 평가하고 보완하는 과정을 우선적으로 고려하여야 한다.

4. 기후변화 적응 연계대책

1) 기후변화 적응 점검표 활용

기후변화 적응은 이미 시행되고 있는 정책이나 프로그램과 대부분 밀접하게 관련되기 때문에 기후변화 적응과 관련된 프로그램 및 사업과 담당부서를 파악하여 목록을 작성하며, 가능한 경우 관련 민간 주체의 적응 프로그램과 역량을 함께 파악하는 것이 바람직하다. 구조적, 비구조적 적응 프로그램 종류, 비용/편익, 타당성 등 뿐 아니라 부문 간의 통합 및 연계가 가능한 계획과 정책을 제시하는 적응 점검표를 활용하도록 한다.

2) 기후변화 적응요인별 맞춤형 대책 추진

기후변화로 인한 영향이나 위험 수준은 지역 특성이나 기후변화 대응 능력에 따라 다르게 나타나므로, 고도적응 도시 실현을 위한 적응요인별 도시 맞춤형 적응대책을 마련하는 것이 중요하다. 이에 따라 도시기후 변화에 대응하기 위한 적응정책의 일차적인 적응영역(고온, 열파, 대기오염, 집중호우와 폭풍우, 가뭄과 물 부족, 새로운 질병 출현, 생태계 교란 등)을 분류·파악하여야 한다. 연후에 기후변화에 의한 취약성 분석, 적응정책의 비용·효과 분석 등을 바탕으로 적응정책의 긴급성과 우선순위를 파악하여 효과적인 적응정책을 실시하는 것이 바람직하다.

5. 기후변화 적응 모니터링

1) 기후변화 적응 거버넌스 구축활용

기후변화 취약성 평가 및 적응 대안의 선택 등 적응정책 수립 및 모니터링 과정에 이해당사자의 참여가 중요하다. 특히 지역의 기후변화 영향에 관한 연구 및 조사를 위한 전문가 집단과의 네트워크가 필요하다. 나아가 국내외 도시, 기관 상호 간 정보 교류 및 공동사업 추진을 통해 기후적응 행정능력이 향상되도록 국내외 협력네트워크를 구축하여 기후변화 적응대책의 효율성을 확대하는 과정이 요구된다.

2) 기후변화적응 관련 평가시스템 구축

기후적응형 도시관리가 향후 제도적으로 정착되기 위해서는 도시기후의 변화를 완화하고 적응하기 위한 영향요인별 평가지표를 개발하고, 이를 성과관리와 연계하여 점검할 수 있는 모니터링 체계 마련이 필요하다.

제3절 기후변화 고도적응 정책방안

1. 서울시 기후변화 적응 종합기본계획 수립 · 추진

저탄소 녹색성장 마스터플랜, 5개년 시행계획에 포함된 사업단위 위주의 기후변화 적응대책들을 통합 · 연계하고, 기후변화 고도적응 도시 실현을 위한 단위사업과 정책수단을 연계하기 위해서는 저탄소 녹색성장 기본법 제48조와 시행령 제38조에 근거한 『서울시 기후변화 고도적응 종합기본계획(가칭)』이 수립 · 추진되어야 할 것이다.

저탄소녹색성장기본법 제48조 제4항(기후변화영향평가와 적응대책 추진)

- ④ 정부는 기후변화로 인한 피해를 줄이기 위하여 사전 예방적 관리에 우선적인 노력을 기울여야 하며, 대통령령으로 정하는 바에 따라 기후변화의 영향을 완화시키거나 건강, 자연재해 등에 대응하는 적응대책을 수립 · 시행하여야 한다.

저탄소녹색성장시행령 제38조(기후변화영향평가와 적응대책 추진)

- ① 환경부장관은 법 제48조 제4항에 따라 다음 각 호의 사항이 포함된 기후변화 적응대책을 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 5년 단위로 수립 · 시행하여야 한다.
1. 기후변화 적응을 위한 국제협약 등에 관한 사항
 2. 기후변화에 대한 감시 · 예측 · 제공 · 활용 능력 향상에 관한 사항
 3. 부문별 · 지역별 기후변화의 영향과 취약성 평가에 관한 사항
 4. 부문별 · 지역별 기후변화 적응대책에 관한 사항
 5. 기후변화에 따른 재해 예방에 관한 사항
 6. 법 제58조에 따른 녹색생활운동과 기후변화 적응대책의 연계 추진에 관한 사항
 7. 그밖에 기후변화 적응을 위하여 환경부 장관이 필요하다고 인정하는 사항
- ② 관계 중앙행정기관의 장 및 시 · 도지사는 제1항에 따른 기후변화 적응대책에 따라 소관사항에 대하여 기후변화 적응대책 세부시행계획을 수립 · 시행한다.

2. 고도적응 기초정보 인프라 구축

서울시는 자동기상관측시스템, 대기오염 관측시스템의 기상자료에 대한 체계적 관리를 통해 신뢰성 있고 유용한 정보를 실시간으로 시민에게 제공할 수 있는 서울기후대기환경정보시스템을 구축하여야 한다. 또 도시의 기후변화 영향요인은 다양한 분야를 포괄하고 있어 부문별 · 지역별 · 대상별 기초정보의

유기적 통합 관리체계도 마련하여야 할 것이다.



3. 서울시 기후변화 취약성 평가지표(안) 개발 및 활용

정책부문별 기후변화 취약성 평가를 위해 활용 가능한 정보와 자료 목록의 작성과 취합, 관련 이해당사자 그룹의 파악, 추가적인 연구와 조사, 모니터링이 필요한 분야 파악 등을 토대로 서울시 기후변화 취약성 평가 지표(안)를 개발하여 활용할 필요가 있다. 적응수준(영향발생 가능성, 피해규모 등), 자료 확보(연속성, 대표성 등)와 취약성의 방향성을 고려하여 평가지표를 선정하여야 한다.

평가지표와 전문가 설문조사에 의한 취약성 평가를 바탕으로 서울시 기후변화 취약성 평가지표(안)를 작성하면 <표 5-1>과 같다.

<표 5-1> 서울시 기후변화 적응 취약성 평가지표(안)

구분	항목	지표
기후노출 (E)	호우	80mm 호우일수(일)
		1일 최대강수량(mm)
		강수강도지수(mm/일)
	가뭄	연속무강수일수 평균(일)
		연속무강수일수 최대값(일)

〈표 계속〉 서울시 기후변화 적응 취약성 평가지표(안)

구분	항목		지표
기후노출 (E)	홍서		열대야일수(일)
			일최고기온 33℃ 이상 일수(일)
			열파지속지수(일)
민감도 (S)	인구적 특성		인구밀도(명/km ²)
			65세 이상 인구 비율(%)
			독거노인 인구 비율(%)
			기초생활수급자 비율(%)
			기후민감질환자 발병률(%)
	에너지 소비특성		최종에너지 소비량(천toe)
			전력 소비량(Gwh)
			1인당 총에너지 소비량(toe/인)
	지리적 특성		가뭄취약지역(%)
			홍수취약지역(%)
			불투수면적비율(%)
			시가화면적률(%)
	생태계		국토면적 중 산림면적(%)
			멸종위기종 수
	기반시설		사회기반시설 비율(%)
			노후건물(%)
적응능력 (AC)	경제능력		GRDP(십억원)
			재정자립도(%)
	환경역량	녹지면적	녹지면적(m ² /명)
		SOx 배출량	단위면적당 SOx 배출량(kg / m ²)
	물적 인프라	의료시설 확보율	인구당 의료기관수(개/천명)
			인구당 병상수(개/천명)
			인구당 의료인수(명/천명)
			인구당 보건소 인력(명/천명)
		깨끗한 물에 대한 접근성	상수도 보급률(%)
			하수도 보급률(%)
			지하수 개발대비 이용량(%)
		통신	PC 보급률(%)
			초고속 통신망 설치율(%)
	산업구조		(1차+2차)/(1차+2차+3차)(%)
	인력자원, 교육		교육지출/전체소득(%)

〈표 계속〉 서울시 기후변화 적응 취약성 평가지표(안)

구분	항목	지표
적응능력 (AC)	사회적 자본	민간 파트너십
		시민의 기후변화 대응 역량 및 공동체 의식 (설문조사 실시)
적응기반 (AB)	조직	기후변화 적응 담당조직 담당공무원 수(명/천명)
	제도	기후변화 대응 및 적응 관련 법규
	예산	기후변화 적응관련 예산 비율(%)
	홍보	기후변화 적응 정보 제공 포털사이트 운영

다만, 서울의 고온 취약 특성으로 인해 특화 관리가 필요한 경우, 기후변화 적응 취약성 평가지표(안) 이외에 고온 및 폭염 관리를 위한 취약성 평가 지표(안)를 고려해 볼 수 있다(<표 5-2> 참조).

〈표 5-2〉 서울시 고온 및 폭염 취약성 평가지표(안)

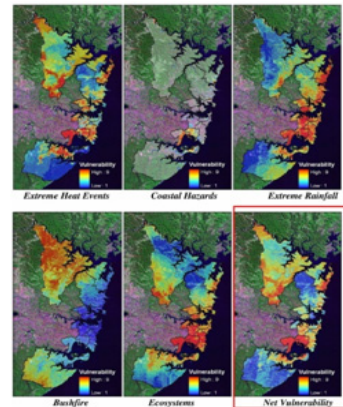
구분	항목	지표
기후노출 (E)	혹서	열대야일수(일)
		일최고기온 33℃ 이상 일수(일)
		열파지속지수(일)
민감도 (S)	인구적 특성	인구밀도(명/km ²)
		65세 이상 인구 비율(%)
		독거노인 인구 비율(%)
		기초생활수급자 비율(%)
		기후민감질환자 발병률(%)
	지리적 특성	가뭄취약지역(%)
		불투수면적비율(%)
		시가화면적률(%)
		국토면적 중 산림면적(%)
	기반시설	사회기반시설 비율(%)
		건물 노후도(1980년 이전)(%)
		1일 1인당 급수량(ℓ)
적응능력 (AC)	경제능력	GRDP(십억원)
		재정자립도(%)

〈표 계속〉 서울시 고온 및 폭염 취약성 평가지표(안)

구분	항목	지표
적응능력 (AC)	물적 인프라	폭염예경보 시스템
		비상응급 의료체계
		피난처 확보(쉼터 지정 현황)
		녹지면적
	사회적 인프라	민간기관 협력 네트워크
	취약계층 관리	건강 도우미 운영
적응기반 (AB)	사회적 자본	민간 파트너십
	조직	고온 및 폭염 대응 T/F 구성
	제도	옥외근무자 보호 관련 법규 도시기후 조절 관련 법규(녹화, 투수율 등)
	예산	기후변화 적응관련 예산 비율(%)
	홍보	폭염 및 고온 관련 정보 제공

4. 서울시 기후변화 취약성 평가지도 제작

서울시 기후지도 작성과 연계하여 취약성 평가를 토대로 기후변화 영향 부문별·지역별 취약성 평가지도를 제작한다. 홍수 및 침수지도, 가뭄 및 물부족 취약성 지도, 고온 및 열파지도, 산림생태계 취약성 지도 등 부문별 취약성 평가 지도는 향후 개발계획 및 적응수립의 기초자료와 기후변화 적응의 교육자료 및 홍보자료로 활용하도록 한다.



〈시드니 해안지역 기후변화 상대 취약성 지도〉

5. 서울시 기후변화 고도적응 기준(안) 개발 및 적용

기후변화 대책의 단계별 추진사항 관리 및 사회전반의 기후적응 수준을 평가함으로써 기후적응 능력을 지속적으로 향상시켜 나갈 수 있도록 평가시스템을 구축하도록 한다. 기후변화 고도적응 기준(안)을 개발하여, 이러한 적응 유형별·단계별 기준을 토대로 정기적 평가가 가능한 목표관리체계를 구축하는 것이 바람직하다.



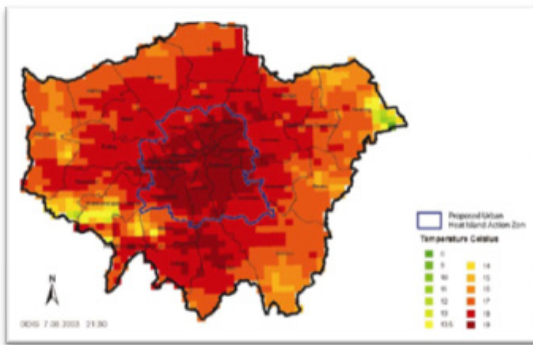
〈그림 5-3〉 서울시 기후변화 고도적응 기준(안)

적응능력의 사회적 형평성 확보 및 시민정보 제공	적응전(前) 단계 [0단계]	• 적응교육 부재 • 기후변화 적응 정보 제공 부재 • 취약계층 지원 체계 미흡
	적응도입기 [1단계]	• (일부) 공무원 대상 적응교육 • 기후변화 적응 개별 정보제공 사이트 운영 • 취약계층 기후적응 자원 DB 구축
	적응 실행기 [2단계]	• (전체) 공무원 대상 적응 교육 • 분야별 기후변화 적응 포털 구축 • 취약계층 보호시설 운영자 종사자 협력체계 구축
	적응확산-통합기 [3단계]	• 대상별 시민 적응교육 • 기후변화 적응 종합정보제공 포털 구축 • 취약계층을 위한 기후적응 매뉴얼 개발 보급 • 취약계층 지원을 위한 공공 및 민간 사회단체, 기업의 MOU 체결
	고도적응기 [4단계]	• 분야별 예측 실행의 통합적 대응 체계 구축 운영 • 예경보시스템과 연계 통합된 실시간 기후변화 정보제공 포털 구축 • 취약계층 적응 사회협력망 구축
기후변화 적응 모니터링	적응전(前) 단계 [0단계]	• 기후적응 평가시스템 미구축 • 시민참여형 적응모니터링시스템 부재
	적응도입기 [1단계]	• 기후변화 영향요인별 적정관리를 위한 기초정보 및 분석시스템 구축 • 전문가, 시민의견 수렴(설문조사)을 통한 적응정책 모니터링
	적응 실행기 [2단계]	• 기후변화 적응사업별 평가지표, 기준 개발 • 시민참여형 평가시스템 개발
	적응확산-통합기 [3단계]	• 기후적응 통합 평가지표, 기준 개발 • 기후적응 평가자문단 운영
	고도적응기 [4단계]	• 성과관리 통합진단 시스템 구축 • 평가자문단 운영의 법제화를 통한 지원
기후변화 적응 연계대책	적응전(前) 단계 [0단계]	• 건축 시 생태면적 미적용 • 근린공원 조성시 공원 면적에 대한 녹지면적만 규정 • 기후변화 대응생태계 보전지역 미지정 • 수자원(물) 관리 개념 미흡
	적응도입기 [1단계]	• 공공건축물 및 도시관리 계획시설 설치 시 생태면적 적용 도입 조례화 • 10만㎡ 이상 근린공원 조성시 규정된 녹지면적(60%)의 30% 이상 수목식재 • 기후변화 대응 생태계 보전지역 지정 및 관리 • 재생수 등 이용시설 시범구축 • 하천 수질 2등급 이상 40% 확보
	적응 실행기 [2단계]	• 생태면적을 적용 - 공공건축물 및 도시관리계획 시설 70% 이상 - 일반주택 및 건축물 50% 이상 • 10만㎡ 이상 근린공원 조성 시 규정된 녹지면적(60%)의 40% 이상 수목식재 • 기후변화 대응 생태계 보전 지역내 위해요소 제거 및 관리 • 물 자급율 10% 이내 • 하천 수질 2등급 이상 60% 확보
	적응확산-통합기 [3단계]	• 생태면적비를 단계적 확대 - 공공건축물 및 도시관리계획 시설 비율 90% 이상 - 일반주택 및 건축물 70% 이상 적용 • 10만㎡ 이상 근린공원 조성 시 규정된 녹지면적(60%)의 40% 이상 수목식재 • 기후변화 대응 생태계 보전 지역내 자생능력 강화 • 물 자급율 20% 확보 • 하천 수질 2등급 이상 80% 확보
	고도적응기 [4단계]	• 생태면적비를 단계적 확대 - 공공건축물 및 도시관리계획 시설 비율 100% 이상 - 일반주택 및 건축물 90% 이상 적용 • 모든 공원 조성 시 규정된 녹지면적(60%)의 50% 이상 수목식재 • 기후변화 대응 생태계 자생력 확보 • 물 자급율 30% 확보 • 하천 수질 2등급 이상 100% 확보

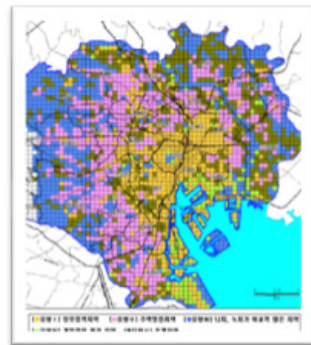
〈그림 계속〉 서울시 기후변화 고도적응 기준(안)

6. 도시열섬 집중관리 지역 지정

지역 특성(열환경)에 기반하여 권역별로 구분하여 지역 특성에 기초한 열섬 대책 매뉴얼의 개발·활용을 검토한다. 취약성을 분석하고, 고온·열과 지도와 도시열섬 지도 등을 토대로 도시열섬 현상이 강하게 나타나는 지역을 “도시열섬 집중관리지역(가칭)”으로 지정하여 관리지역에서 시행하는 신규개발에 대하여 옥상정원, 쿨링시스템, 식재, 마감재, 포장재 등에 대한 기준을 제시하도록 한다.



〈런던 Heat Island Action Zone〉



〈도쿄의 열환경 지도〉

7. 기후변화 적응부문별 정책수단

시민의 건강 및 일상생활과 밀접한 기후변화 적응 부문별 정책수요를 파악하여 수립한 수요 맞춤형 적응정책은 기후변화 고도적응 도시 실현의 기본전제가 된다. 향후 기후적응형 도시관리에 필요한 적응정책 추진에 필요한 대응수단을 제시하면 다음과 같다.

〈표 5-3〉 서울시 기후변화 적응부문별 정책수단

적응부문	적응정책	정책수단
폭염 및 도시열섬	온도 저감	도시녹화 • 도시개발 시 공원확보 면적 기준 마련 • 공원의 나무에 대한 기준 마련(밀도, 수종 등) • 온도저감, 대기정화 효과가 탁월한 가로수 확충과 관리 지침 마련 • 시민참여형 녹지공간의 유형별 조성을 위한 중장기 계획 • 옥상녹화 공사비 지원 및 세금 면제 등의 인센티브 지원 • 시민참여형 녹화의 표준모델 개발 • 도시녹화의 중요성에 대한 홍보(시민참여 활성화) • 일정규모 이상의 신축건물 옥상녹화 의무화 • 주차장의 녹화표면 지침 마련
		불투수면 최소화 • 투수성 보도포장 관련 설계 및 시공기준 마련 • 신규 개발 시 친환경 투수성 포장 사용 의무화 • 친환경 투수성 도로포장 추진계획 수립
		폭염(열파) 비상대응계획 수립 • 폭염대비 종합대책 수립 및 추진 • 응급의료체계 구축 • 대응단계별 매뉴얼 마련 • 폭염기간 살수프로그램 추진 • 폭염위해성 지표 개발
		쿨링센터 확대 • 민간시설의 무더위쉼터 활용방안 수립(인센티브 지원, 사회적 협력체계) • 폭염 시 쿨링센터 운영프로그램 개발·보급 • 쿨링센터 관리대장 작성·관리 • 도시내 스프링쿨러 사업 확대
		에너지 절약기기 보급 확대를 통한 냉방수요 감소 • 관공서 물품구매 시 에너지 절약기기 우선 구매 의무화 • 에너지절약기기 구입과 에코마일리지 연계 • 에너지 절약기기의 효과에 대한 홍보
		고온 예경보시스템 • 주의보, 경보 발생 시 매뉴얼(행동요령) 개발 • 웹기반 시스템 구축 • 예보의 정확성 평가
		사회적 협력네트워크 구축 • 사회협력네트워크의 인식제고를 위한 교육 및 홍보 지원 • 지역사회단체, 기업, 민간지원인력과 취약계층 연결 시스템 마련
		광역적 기후변화 모니터링 • 기상관측시스템과 대기오염관측 시스템의 통합 • 관측자료형식의 표준화 • 관측자료의 정보 제공(민간부문 활용 장려)
		시민의 인식고취 • 기후변화 적응 통합 정보시스템 구축 • 다양한 이벤트, 캠페인 등을 통한 인식 제고 • 다양한 기후변화 적응관련 정보 제공의 콘텐츠 개발(팜플릿, 애니메이션 등)

〈표 계속〉 서울시 기후변화 적응부문별 정책수단

적응부문	적응정책		정책수단
대기오염	오존	대기경보 시스템 구축	- 지역별 대기예·경보시스템 구축(구단위 정보 제공) - 인터넷, TV, 전광판, 휴대폰 등 다양한 매체를 통한 대기정보 제공
		교통수요 관리 및 대중교통 향상	- 교통유발 단위분담금과 교통유발계수 상향 조정을 위한 조례개정 - 승용차요일제 인센티브 확대 운영 - 승용차요일제 확대 실시(수도권, 전국) - 혼잡통행료 부과지역 확대 - 기업체 교통수요관리 참여 활성화(인센티브 지원) - 오존, 황사 기간 동안 대중교통 요금 할인 - 복합환승 광역교통체계 구축(교통수단 연계 강화, 편의시설이 마련된 환승장 건립 등) - 중앙버스전용차로 확대
		저VOC 재료	- 관급공사 시 친환경(저VOC)사용 의무화 - 민간공사 시 친환경(저VOC) 사용시 인센티브 지원 - 일정기준 이상의 VOC 재료 판매 금지 법제화 건의
건강관리	전염병	조기발견 및 경보시스템 구축	- 서울기후건강연구센터 설치 및 운영 - 신종전염병 대비 세부 대응지침 개발 - 병의원 질병정보 모니터링 운영 - 전염성 질환 발생정보 문자 서비스 실시 - 격리치료병상 확보, 항바이러스 비축 - 전염병관리 전문가 교육 실시 - 질병 신고센터 설치 운영
		질병 매개체 서식지 관리	- 기후변화에 따른 질병 발생 경로 파악 및 관리지도 작성 - 말라리아 주요서식지, 모기발생체감지수 등의 통합DB 구축(GIS 시스템과 연계)
		방역강화	- 매개체 방제사업(사계절 방역 수행) - 특정지역, 건물 등에 대한 방역기준 제시(취약계층(어린이, 노인) 사용 건물의 방역 횟수 등) - 질병 고발생지역 방제지침, 도시지역 방제지침 마련
		질병예방 공공교육 강화	- 질병 발생 시 행동요강 마련 - TV와 라디오 등 대중매체를 통한 홍보 및 교육대형 급식시설 종사자, 단체 급식시설에 대한 조리 및 위생책임자 등 특별교육 실시(위생 관리)
물관리	홍수관리	수방기준 상향조정	- 수방시설의 안전도 강화 - 수방시설물 설계빈도 재설정
		우수 집수 용량 확충	- 개인 우수침투시설 설치 지원 및 인센티브 지원 - 대규모 개발 우수 집수시설 설치 의무화 및 용량 기준안 마련
		생태학적 완충지 보존	- 습지 보존계획 수립 - 우수공원 확대
		지속가능한 도시배수	녹지확충과 불투수면적 최소화 정책수단과 동일

〈표 계속〉 서울시 기후변화 적응부문별 정책수단

적응부문	적응정책	정책수단
물관리	저지대 및 위험지대 개발계획 수립	- 침수현황도, 침수예상구역도, 대피지도 등 재해지도 마련 - 지구단위 홍수방어기준 수립 - 지하주택 침수방지를 위한 장비 지원 - 상습침수지역 및 저지대, 도로의 지하공간 지하저류시설 설치 확대 - 개발대상지 홍수위험평가 실시 의무
	홍수예경보시스템 구축	- 홍수정보 공유시스템 구축 - 인터넷, TV, 전광판, 휴대폰 등 다양한 매체를 통하여 기상 및 홍수 정보 제공 - 예경보체계의 첨단화 - 돌발홍수예보시스템 구축
	종합재난관리 시스템 구축	- 재난대응 표준화 방안 마련(대응시나리오 개발 및 매뉴얼 개발) - 유관기관 공동대응 지침 마련 - 실시간 유량수위 정보 제공 - 기상재해 손상 후 스트레스장애 관리 시스템 구축 - 재해지역 주민건강관리 상담지침 개발
	안전대피소 구축	- 안전대피소 지정과 운영안 마련 - 민간건물과 기업체의 대피소 제공에 대한 인센티브 제공
	인프라 보강(교량, 제방, 터널, 지하철입구)	- 지하철, 지하상가 수방대책 수립 - 재해에 취약한 인프라 조사 - 교량, 제방 등 안전기준 마련
	대중인식 고취	- 시민맞춤형 포털사이트 구축 - 시민참여형 재난안전 훈련모델 개발 - 시민 안전교육 실시
	서울시 수자원 실행계획 수립	- 수자원 계획 수립에 필요한 기후정보 사용 확장 - 대체수자원 확보 기술 지원
	도시개발 시 물수요 관리계획 수립 의무화	일정규모의 재개발 사업, 뉴타운 개발 사업 등의 물수요관리계획 수립 의무화 기준 제시
	하수·우수 등 재생수 이용 확대	- 대형개발사업 민간기업의 중수도 설치 시 인센티브 부여 및 요금 감면 혜택 - 일정규모 이상 건축물에 대한 중수도 설치·이용 의무화 제도 - 하수의 고도처리 - 대규모 도시환경정비사업 시 빗물침투시설 계획 수립 - 빗물침투시설 설치 교육 및 지도 시스템 구축 - 빗물침투시설 설치지역의 유지관리 계획 수립
	물절약 관련 대중인식 고취	- 절수기 보급 확대 - 물절약 관련 교육 프로그램 개발 및 홍보

〈표 계속〉 서울시 기후변화 적응부문별 정책수단

적응부문	적응정책		정책수단
생태계	생물 다양성 확보 및 녹지확충	서울시 고유 동식물 보호종 보존	• 도시생태림 조성 및 생육환경 모니터링 • 인공사육에 의한 번식 • 보호종과 보호지역에 대한 정보제공 체계 구축
		도시숲 및 다양한 생물종 서식기반 조성	• 주민참여형 생태복원 사업 추진(가족농장단지 등) • 지역주민의 모니터링 참여 지원, 교육과 연계 • 트러스트 기금 활용 기준 마련
		기후변화에 적절한 수증 데이터베이스 구축	• 도시림 실태조사 우선시행 및 도시생태림 조성사업 대상지 선정 관리 • 연구기관의 도시기후에 적합한 수증 및 생육환경에 대한 연구 지원 (재정적 지원, 공간 제공 등)
		해충과 침입종에 대한 모니터링 및 관리	• 해충과 침입종 DB 구축 • 외래 생물종관리법(침입종) 제정

제6장 결론 및 정책건의

제1절 결론

제2절 기후변화 고도적응 정책방안

제 6 장

결론 및 정책건의

제1절 결론

1. 기후적응형 도시관리

기후변화는 전 세계에 걸쳐 광범위하게 나타나고 있다. 최근 수십 년간 수많은 사람들이 가뭄, 홍수, 폭염 등으로 인한 재해의 영향을 받았고 해안도시들은 해수면 상승으로 큰 위협에 직면해 있다. 기후변화는 위협에 대한 노출을 전제로 하여 재해현상을 증폭시키고 있다(UNEP, 2007).

IPCC는 이러한 기후변화로 인한 영향이 현재 이미 나타나고 있다고 보고, 현 세대와 미래세대가 기후변화로 인해 직면하게 될 문제와 취약성을 평가하여 이에 대한 악영향을 최소화하기 위한 적응(adaptation)의 중요성을 완화(mitigation)에 못지않게 강조하고 있다.

이에 따라 기후변화협약에서도 국가차원의 적응계획 수립을 권고하고 있으며, 우리나라의 경우 제3차 기후변화대책위원회에서 국가 기후변화 적응 마스터플랜 수립을 결정하고, 2008년 12월에 “국가 기후변화 적응 종합계획”을 공표하였다.

최근에는 도시기후의 변화 특성을 고려한 새로운 도시관리 수요가 첨예한

관심사항으로 대두됨에 따라, 기후적응형 도시관리 전략 수립을 위한 발상 전환이 요구되고 있다. 가능한 한 많은 시민이 풍요롭고 쾌적한 일상생활을 영위할 수 있도록 기후요소를 고려하여 도시공간을 계획·설계하려고 하는 기후적응형 도시관리에 많은 관심이 집중되고 있음이 이를 대변하고 있다. 따라서 기후변화의 영향으로부터 시민이 안전할 수 있도록 기후변화 대응을 위한 조직과 제도 등 인프라 부문과 기후변화 완화 및 적응분야의 정책 마련에 관심이 집중되고 있다.

한편 서울시는 세계적 녹색경쟁력을 갖춘 서울을 만들기 위해 “서울형 저탄소 녹색성장 마스터플랜” 발표(2009.7.2)를 통해 기후친화도시로의 전환, 녹색성장도시 달성, 고도적응도시 실현을 3대 비전으로 제시한 바 있다. 향후 도시기후의 변화에 의해 유발되는 폭염, 열대야, 폭우 등 이상 기온과 기상재해를 사전에 예측하고, 기상재해 및 병원성 매개체 증가 등으로 인한 기후변화 피해를 최소화하는 예방시스템을 갖춘 시민 건강도시인 “기후변화 대응 고도적응도시” 만들기에 역점을 두고 있음은 유의할 대목이다. 다만, 도시의 기후변화에 대응하기 위한 적응 정책수요를 진단하고, 이를 저탄소 녹색도시 관리정책과 연계하는 정책형성과정은 고도 적응도시 실현의 핵심사항이라고 볼 수 있다.

이에 따라 이 연구는 최근 들어 논의되고 있는 지속가능한 도시개발 전략을 수립하기 위한 기본전제 조건으로서 해외 선진도시 사례를 원용하고, 도시 기후요소를 고려한 기후친화 도시 실현에 필요한 정책수요의 진단과 대책마련에 주된 관심을 두었다. 즉 쾌적한 삶의 공간을 조성하기 위해 시민의 일상생활과 밀접한 기후변화 영향요인별 적응요소를 진단하고, 이를 도시관리 정책과 연계하여 향후 서울시가 기후변화 고도적응 도시로 거듭나기 위한 정책방향을 제시하고자 하였다.

2. 주요연구 성과

1) 서울의 도시기후 변화

지난 100년(1908~2007년)간 서울의 연평균 기온은 16.6℃, 연평균 최저기온은 7.3℃ 수준으로 각각 약 2.4℃, 3.7℃ 상승하여 지구 온난화에 비해 현저한 기온상승 추세를 보이고 있다. 연도별 온도 및 상대습도를 고려한 서울의 열지수(Heat Index) 변화를 살펴보면, 열지수 80 이상은 7월~8월 기간 동안에 잘 형성되며, 1994~1997년 기간에는 열지수가 다른 연도보다 높게 나타나고 있음을 볼 수 있다.

일 최저기온이 25℃ 이상인 날로 정의되는 열대야 발생과 관련하여 서울의 100년(1908~2007년)간 평균 열대야 일수는 3.8일이며, 0.8일/10년의 변화비율로 증가하였으며, 2008~2009년 기간 동안 지역별 열대야 일수 분포를 살펴보면, 강남구, 서초구, 송파구, 양천구, 동대문구, 중랑구, 광진구 등 도시화의 진행속도가 빠른 지역에서 비교적 많이 나타나고 있음을 볼 수 있다.

서울의 연강수량은 지난 100년 동안 26.9mm/10년의 변화율로 증가하였으며, 계절별로는 여름철의 강수량이 803.7mm로 가장 많으며 겨울철이 70.7mm로 가장 적다. 특히 여름철 강수량 및 강우강도의 증가 경향이 뚜렷하게 나타나고 있어, 향후 호우로 인한 재해에 대한 대비가 더욱 중요한 사항으로 나타날 전망이다.

2008~2009년 기간 동안 서울시 지역별 냉난방 일수를 살펴보면 강남구, 서초구, 송파구, 양천구, 동대문구, 중랑구, 광진구 등의 지역에서 난방 수요가 낮게 나타나고, 냉방수요는 높게 나타났다. 이는 앞서 살펴본 서울시 지역별 열대야 발생일수, 녹지분포 등과 밀접한 관련이 있음을 시사하고 있다.

2) 서울시 기후변화 적응 취약요인 진단

서울의 65세 이상 고령자 인구는 1990년 368천명에서 2009년 936천명으로

2.5배가량 증가하였으며, 전체 인구 대비 고령자 인구 비율은 9.2%로 고령화 사회 기준인 7%를 넘어서고 있다. 이 중에서도 노인 단독가구의 증가 현상이 현저하게 나타나고 있으며, 2008년 현재 전체 노인인구 중 20.7% 정도가 노인 단독가구를 형성하고 있고, 그 비율은 증가하고 있는 추세이다.

국민기초생활보장 수급자는 2008년 현재 전체 인구의 2.0% 수준(205,059명)이며, 전체 가구수의 2.8%(115,407가구) 수준으로, 향후 취약계층에 대한 적응 수요의 차별적 대응이 필요하다.

서울지역의 기온과 사망률과의 연관성에 대해 연구한 장재연(2003)에 의하면 30℃~32℃부터 사망자가 급격히 증가하고, 최고기온이 36℃까지 상승하면 사망자는 30℃ 수준에 비해 약 50%가 증가한다고 한다. 김소연(2004)은 서울의 경우 기온이 29.9℃에서 1℃ 상승할 때마다 사망률이 3% 증가하고, 폭염이 7일 이상 지속하면 9% 이상 사망률이 증가한다고 보고하였다.

서울시 오존주의보 발령일수는 1995년 1일(2회)에서 1998년 11일(17회)로 증가했다 감소하는 추세였으나, 2008년에는 7일(23회)로 증가하였다.

동북아 장거리 이동 오염현상인 황사의 발생일수는 1980년대 연평균 3.9일에서 1990년대 7.7일로 크게 늘어났으며, 2000년대에는 12일로 더욱 증가한 것으로 나타났다.

3) 서울시 기후변화 적응 취약성 평가

서울시의 경우 기온 상승과 열대야 일수의 증가 등으로 폭염에 의한 건강피해가 증가하였으며, 여름철 강수량과 강수강도가 증가하여 국지성 집중호우에 따른 침수피해가 발생하여, 폭염과 호우에 대한 취약성이 비교적 높은 것으로 나타났다.

민감도 부문에서 서울시는 높은 인구밀도로 인해 기후재해에 따른 인명피해와 재산 피해가 집중적으로 발생할 수 있으며, 전염병 발생에도 취약한 사회구조로 되어 있다. 현재 서울의 인구적 특성으로 살펴보았을 경우, 건강서비스

에 대한 접근성이 취약한 인구가 증가하고 있는 추세임을 알 수 있다.

한편 서울시의 경우 시가화 면적률이 49.6%(2005), 노후화된 건물의 비율 10.24%(2005), 불투수 면적률은 47.4%(2005) 정도로, 극한기후로 인한 홍수, 침수, 혹서 등에 의한 피해 가능성이 높음을 알 수 있다.

서울시의 경우 경제적 자원이 풍부하고, 물리적 인프라(의료시설 확보율, 깨끗한 물에 대한 접근성, 통신 등)의 확보 수준이 높으며, 기후의존도가 높은 1차 산업과 2차 산업의 비중이 낮은 산업구조를 이루고 있어, 기후변화 적응능력이 비교적 높다고 판단된다. 또한 기후변화 조례가 2008년에 제정되었고, 기후변화 담당관이 조직되었으며, 기후변화 적응을 위한 예산 및 홍보 등 기본적인 여건이 충족되어 있다.

기후변화가 지역에 미치는 영향에 대해서는 고온·열파와 대기오염의 영향이 우려되는 항목으로 평가되고 있으며, 서울의 지역적 특성상 농작물 수확을 제외한 여타 항목에서 전반적으로 보통수준 이상의 영향을 받을 것으로 인식되고 있다.

현재 서울시가 추진 중인 적응정책에 대해서는 전체적으로 추진정도가 미흡하지만 기후변화 적응 관련 행정조직 정비, 국내외 기후변화 적응 협력네트워크 구축 등 적응정책의 적응기반 구축이 비교적 잘 추진되고 있는 반면 취약계층의 기후변화 적응 지원정책의 추진정도가 가장 미흡한 것으로 평가되고 있다.

서울시 기후변화 고도적응 도시 실현을 위한 적응부문별 우선순위 평가에서는 기후변화의 영향이 가장 우려되는 폭염 및 도시열섬, 대기오염 부문이 적응정책을 가장 우선적으로 추진해야 할 부문으로 나타났다.

자치단체가 기후변화 적응 대책을 추진할 때 장애가 되는 요인을 진단한 결과, 장애요인의 비중은 단기적인 성과 위주의 의사결정 관행, 공무원의 낮은 전문성, 자치단체장의 낮은 관심, 관련 정책의 연계와 조정 문제, 일반시민의 낮은 의식, 상위정부의 지침이나 제도적 근거 미흡, 전담인력의 부족 등의 순

서로 나타났다. 향후 기후변화 적응 대책을 효과적으로 추진하기 위해서는 인력과 예산의 확보, 부서 간 정책 통합, 상위 정부의 지침과 제도 등 구조적인 접근과 공무원과 일반시민들의 인식 고취를 위한 교육과 홍보 등 비구조적 접근이 필요할 것으로 판단된다.

4) 선진도시의 기후변화 적응사례

런던, 시카고, 멜번, 토론토 등 4개 도시의 기후변화 대응 적응정책을 분석하면 우선 기후변화 영향의 가능성에 대한 시민의 인식을 높이고, 적응정책의 수립과정에 다양한 이해 당사자의 참여를 유인하고 있음을 알 수 있다. 그리고 도시 지역의 기후변화 추세와 전망을 체계적으로 검토하고, 주요 영향이 발생할 가능성이 있는 분야와 정도에 대한 분석을 바탕으로 기후변화의 취약성을 줄일 수 있는 다양한 적응방안을 마련하고 있음도 알 수 있다.

첫째, 기후변화 대응 적응정책의 수립과정에 시민참여가 제도적으로 확립되어 있다. 특히 도시의 기후변화 요인과 적응대책의 필요성에 대하여 시민의 인식을 고취시켜 공감대를 넓히고, 기후변화 대응 적응정책의 결정과정에 이해당사자의 참여를 바탕으로 생활밀착형 기후적응 관리가 이루어지고 있다.

둘째, 기후변화 영향요인에 대한 과학적 분석 및 확인이 이루어지고 있다. 도시의 과거 및 현재에 걸친 기후변화 추이를 파악하고, 미래에 대한 기후변화 영향 시나리오를 작성하며, 이를 바탕으로 도시의 기후변화 요인별 영향과 단계별 대응방향을 제시하고 있다.

셋째, 기후변화 적응 프로그램을 다양하게 마련하고 있다. 도시의 기후변화 영향에 적응하기 위하여 ①에너지·물 수요관리 및 옥상녹화 등 기후변화에 취약한 도시시스템에 기존의 부하를 줄이기 위한 조치, ②분산형 에너지와 광역 물공급 시스템의 연계와 같은 극한 기후에 도시의 회복력을 증대시키기 위한 계획, ③위험지구 지정, 위험지역 개발 제한 등 취약한 도시 시스템을 보호하기 위한 완충지대 혹은 이주 프로그램 마련, ④인프라 설계 기준 강화 및 제

방 보강 등 취약한 구조와 시스템의 보강을 위한 조치, ⑤예측과 조기 경보 시스템, 응급대응 계획 등의 다양한 프로그램들을 마련하고 있다.

넷째, 부문별 적응정책의 수립·실행에 유의하고 있다. 기후변화에 취약한 모든 부문이나 지역, 집단에 대한 총론적인 적응정책 추진을 지양하고, 대신 취약성 분석, 적응정책의 비용·효과 분석 등을 바탕으로 적응정책의 긴급성과 우선순위를 파악한 후 주요 부문별 차별적인 적응대책을 실시하고 있다.

5) 서울시 기후변화 고도적응 전략 방향 정립

기후변화로 인한 영향이나 위험은 모든 지역에서 똑같이 나타나지 않으며, 기후변화에 대응하는 능력 역시 모든 지역이 동일하지 않다. 따라서 지역 특성에 맞는 적응대책을 발굴하여 시행하는 것이 기본이다. 이러한 점에서 지역별 기후변화 영향에 취약한 분야와 집단을 확인하고, 맞춤형 적응대책을 마련하는 것이 중요하다. 서울의 경우를 바탕으로 향후 국내도시에 필요한 도시기후의 변화에 따른 기후적응형 도시관리의 전략적 방향을 요약·제시하면 다음과 같다.

- ① 기후변화 조기에측 및 사전대응체계 구축
- ② 기후변화 적응제도 강화 : 취약성 평가지표 마련 및 활용, 기후변화 부문별 적응기준안 개발·적용, 기후변화 적응 도시개발 가이드라인 마련
- ③ 적응능력의 사회적 형평성 확보 및 시민에 맞춤형 정보 제공 : 시민·지역 맞춤형 적응 프로그램 개발, 취약계층에 대한 적응전략 마련
- ④ 기후변화 적응 연계대책 : 기후변화 적응 점검표 활용, 기후변화 적응요인별 맞춤형 대책 추진
- ⑤ 기후변화 적응 모니터링 : 기후변화 적응 거버넌스 구축·활용, 지속적인 기후변화 적응 관련 평가시스템 구축

제2절 기후변화 고도적응 정책방안

1) 서울시 기후변화 적응 종합기본계획의 수립·추진

저탄소 녹색성장 마스터플랜, 5개년 시행계획에 포함된 사업단위 위주의 기후변화 적응대책들을 통합·연계하고, 기후변화 고도적응 도시 실현을 위한 단위사업과 정책수단을 연계하기 위해서는 저탄소 녹색성장 기본법 제48조와 시행령 제38조에 근거하여 『서울시 기후변화 적응 종합기본계획(가칭)』이 수립·추진되어야 할 것이다.

2) 고도적응 기초정보 인프라 구축

서울시는 자동기상관측시스템, 대기오염 관측시스템의 기상자료에 대한 체계적 관리를 통해 신뢰성 있고 유용한 정보를 실시간으로 시민에게 제공할 수 있는 서울기후대기환경정보시스템을 구축하여야 한다. 또 도시의 기후변화 영향요인은 다양한 분야를 포괄하고 있어 부문별·지역별·대상별 기초정보의 유기적 통합 관리체계도 마련하여야 할 것이다.

3) 서울시 기후변화 취약성 평가지표(안) 개발 및 활용

정책부문별 기후변화 취약성 평가를 위해 활용 가능한 정보와 자료 목록의 작성과 취합, 관련 이해당사자 그룹의 파악, 추가적인 연구와 조사, 모니터링이 필요한 분야 파악 등을 토대로 서울시 기후변화 취약성 평가 지표(안)를 개발하여 활용하여야 한다. 적응수준(영향발생 가능성, 피해규모 등), 자료 확보(연속성, 대표성 등)와 취약성의 방향성을 고려하여 평가지표를 선정하도록 해야 할 것이다.

4) 서울시 기후변화 취약성 평가지도 제작

서울시 기후지도 작성과 연계하여 취약성 평가를 토대로 기후변화 영향 부문별·지역별 취약성 평가지도를 제작한다. 부문별 취약성 평가 지도는 향후 개발계획 및 적응수립의 기초자료와 기후변화 적응의 교육자료 및 홍보자료로 활용하도록 한다.

5) 서울시 기후변화 고도적응 기준(안) 개발 및 적용

기후변화 대책의 단계별 추진사항 관리 및 사회전반의 기후적응 수준을 평가함으로써 기후적응 능력을 지속적으로 향상시켜 나갈 수 있도록 서울시 기후변화 고도적응 기준(안)을 개발하여 정기적 평가가 가능한 목표관리체계를 구축하여야 할 것이다.

6) 도시열섬 집중관리 지역 지정

지역 특성(열환경)에 기반하여 권역별로 구분하여 지역 특성에 기초한 열섬 대책 매뉴얼의 개발·활용을 검토한다. 서울시 고온및 폭염 취약성 평가지표(안)를 바탕으로 취약성을 분석하고, 고온·열파 지도와 도시열섬 지도 등을 토대로 도시열섬 현상이 강하게 나타나는 지역을 “도시열섬 집중관리지역(가칭)”으로 지정하여 관리지역에서 시행하는 신규개발에 대하여 옥상정원, 쿨링 시스템, 식재, 마감재, 포장재 등에 대한 열섬완화 기준을 제시하도록 한다.

참 고 문 헌



참고문헌

- 고재경, 2006, 「기후변화협약에 대한 경기도의 대응방안」, 경기개발연구원
_____, 2009, 「경기도 기후변화 취약성 평가 연구」, 경기개발연구원
국립기상연구소, 2009. 4, 「기후변화 이해하기Ⅲ－서울의 기후변화」
국립환경과학원·환경부, 2009, 「대기환경연보 2008」
국무조정실, 2007, 「기후변화 제4차 종합계획(5개년 계획)」
_____, 2008, 「기후변화대응 종합계획」
기상청, 기후변화뉴스레터, 2007. 9, Volme. 5, No.3
기후변화협약대책위원회, 2006, 「기후변화협약대응 제3차 종합계획」
김병식, 2009. 2, “도시지역에서 설계에 의한 기후변화에 대한 적응; 위기를 기회로”, 「물과 미래」, Vol.42 No.2
김운수·김학열, 2001, 「서울시 기상특성을 고려한 도시계획기법 연구」, 서울시정개발연구원
김운수·최유진·김정아, 2010, 「서울시 기후변화 고도적응 방안연구」, 서울시정개발연구원
명수정 외, 2009, 「기후변화 적응 강화를 위한 사회기반시설의 취약성 분석 및 대응방안 연구 I」, 한국환경정책평가연구원
서울시, 2001, 「서울시 기상특성을 고려한 도시계획 기법연구」
_____, 2007, 「서울시 기후지도제작 (1차년도)」
_____, 2008, 「재난사례집 2008」
_____, 2009, 「서울시 저탄소 녹색성장 5개년 시행계획」
_____, 2009, 「서울시 저탄소 녹색성장 마스터플랜」
_____, 2009. 5, 「서울시 기후변화대응종합계획」

- 송영배, 2003.8, “바람통로 계획을 위한 기후생태적 운선지역 분류 및 설정방법”, 『한국조경학회지』, Vol.31, No.3
- 신호성, 2009.8, “기후변화 대응 보건사회 분야 정책 개발 방향”, 보건복지포럼
- 유가영 외, 2008.12, 『지자체 기후변화 취약성 현황에 기초한 적응대책 수립 가이드라인 개발』, 한국환경정책평가연구원
- 유가영, 2008, 『기후변화 취약성 평가지표의 개발 및 도입방안』, 한국환경정책평가연구원
- 장남정 외, 2009, 『기후변화적응대책 수립을 위한 전라북도 기후변화 취약성 연구』
- 장재연 외, 2008, 『기후변화에 따른 건강피해 모니터링 및 위험인구 감소전략 개발 연구 최종보고서』
- 제주특별자치도, 2008.4, 『제주특별자치도 기후변화대응 조사분석 및 실천전략』
- 통계청, 2007, 『시도별 장래인구 추계 결과』
- 한화진 외, 2005, 『기후변화 영향평가 및 적응 시스템 구축Ⅰ』, 한국환경정책평가연구원
- _____, 2006, 『기후변화 영향평가 및 적응 시스템 구축Ⅱ』, 한국환경정책평가연구원
- _____, 2007, 『기후변화 영향평가 및 적응 시스템 구축Ⅲ』, 한국환경정책평가연구원
- 환경부, 2003.9, 『한반도 기후변화 영향평가 및 적응프로그램 마련-기후변화로 인한 건강피해 가능성 조사 및 피해 저감정책 방향에 관한 연구』
- _____, 2009.5, 『지자체 업무 안내서 기후변화 적응』

- City of Melbourne, 2008.7, *Draft Climate Change Adaptation Report A Risk Assessment and Action Plan Discussion Paper*
- City of Seattle, 2009, *Seattle Climate Protection Initiative, Progress Report 2009*
- For Municipalities and Other Organizations, 2008.4, *Chicago Area Climate Change Quick Guide : Adapting to the Physical Impacts of Climate Change*
- IPCC, 2001, *Climate Change 2001 : Impacts, Adaptation & Vulnerability*, Third Assessment Reprot, MaCarthy et al.(Eds), Cambridge University Press, Uk.
- Levina, E. and Tirpak, D., 2006, *Key Adaptation Concepts and Terms*, OECD
- Mayor of Landon, 2008.8, *The London Climate change adaptation strategy*
- PEW Center, *Adaptation Planing U.S. States and Localities are Doing*
- The Cleanair Partnership, 2007, *Climate Change Adaptation Options for Toronto's Urban Forest*
- The Cleanair Partnership, 2008.12, *Climate Change Adaptation in the City of Toronto-Lessons for Great Lakes Communities*
- UK CIP, 2003, *Climate Adaptation : Risk, Uncertainty and Decision-making*, UKCIP Technical Report, Oxford
- UK DEFRA, 2001, *Climate Change : United Kindom's Third National Communication. Summary of Climate Change Impacts and Responses*
- 東京都, 2010, 「10年後の東京」への実行プログラム 2010」

<http://kaccc.kei.re.kr/>(국가기후변화적응센터)

<http://www.c40cities.org/>(C40 cities)

<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/>(도쿄도환경국)

<http://www.kma.go.kr/>(기상청)

<http://www.seattle.gov/climate/>(시애틀시 환경부)

부 록

【부록 1】서울시 기후변화 적응에 관한 설문조사표

【부록 2】서울시 기후변화 취약성 평가지표 통계

【부록 3】지자체 기후변화 적응대책 수립의 6단계

부록 1 서울시 기후변화 적응에 관한 설문조사표

서울시 기후변화 적응에 관한 설문조사

안녕하십니까? 본 설문조사는 서울시정개발연구원에서 수행하고 있는 “서울시 기후변화 고도적응 방안 연구”의 일환으로 기후변화 적응 정책에 대한 인식을 조사하는데 목적이 있습니다.

기후변화 문제는 국가 차원뿐 아니라 지역에서도 중요한 문제로 인식되고 있으며, 일부 자치단체에서는 기후변화 대응을 위한 대책을 수립하는 등 적극적인 대응에 나서고 있습니다. 기후변화 적응에 대한 인식과 정책에 관한 조사 결과는 향후 서울시의 기후변화 적응정책 과제와 방향을 도출하기 위한 소중한 자료로 활용될 것입니다.

선생님께서 응답하신 내용은 절대 비밀이 보장되며, 본 내용은 통계적 목적으로만 이용될 것입니다. 바쁘시더라도 잠시 시간을 내어 응답해 주시면 감사하겠습니다.

2010년 5월

SQ1. 귀하의 연령은? ① 20대 ② 30대 ③ 40대 ④ 50대 ⑤ 60대 이상

SQ2. 성별 ① 남자 ② 여자

SQ3. 관련 업무분야 ① 환경 ② 에너지 ③ 하천·건설 ④ 보건 ⑤ 재난
⑥ 산림 ⑦ 농업 ⑧ 기타()

SQ4. 전문분야 종사기간 ① 5년 미만 ② 5년~10년 ③ 10년~20년 ④ 20년 이상

■ 기후변화 영향에 대한 인식

서울시 기후변화 영향 평가

서울의 환경적, 사회·경제적 여건과 과거의 기후 추이를 고려할 때 서울에 미치는 기후변화 영향을 평가하는 부분입니다. 각 항목에 대해 영향 정도를 5점 척도로 평가해 주시기 바랍니다.

기후변화 영향	영향 정도				
	영향 없음 ←				영향 큼 →
고온, 열파와 대기오염	1	2	3	4	5
집중호우와 폭풍우	1	2	3	4	5
가뭄과 물부족	1	2	3	4	5
농작물 수확	1	2	3	4	5
산림식생대 변화	1	2	3	4	5
새로운 질병의 출현	1	2	3	4	5
도로, 건축물, 제방, 교량 등의 안전	1	2	3	4	5
관광, 농업 등 산업의 변화	1	2	3	4	5

■ 기후변화 적응 방향

기후변화 완화정책과 적응정책의 상대적 우선순위

기후변화 완화정책은 인간 활동에 의해 지구온난화를 유발시키는 온실가스 발생원을 감소시키거나 온실가스 흡수원을 확충하는 정책입니다. 그리고 기후변화 적응정책은 기후변화로 인하여 현재 발생하고 있거나 앞으로 발생할 것으로 예측되는 다양한 위험요소에 대하여 자연적·인위적 시스템 등을 활용하여 적절한 조치를 취함으로써 피해를 줄이고 대신 긍정적인 영향을 새로운 기회로 적극적으로 활용하는 정책입니다. 다음은 완화정책과 적응정책의 사례입니다. 기후변화 대응을 위한 완화정책과 적응정책 중 우선적으로 시행되어야 할 정책에 대하여 상대평가해 주십시오.

<완화정책 사례>

신재생에너지 개발·보급, 하이브리드차량·LNG 차량 등 고효율 친환경 운송수단 도입, 에너지 손실을 최소화하는 건축공법을 적용한 건축환경 조성, 자원 재활용, 탄소배출저감 산업 창출, 하천·산림녹지 공간 보전 및 확충 등

<적응정책 사례>

홍수 위험지역의 개발 제한, 노인·빈곤층의 열 스트레스를 줄이기 위해 충분한 그늘과 냉방 보장, 경보시스템 구축, 도로, 하수관, 교량, 제방 등 인프라의 설계 기준과 입지 재검토, 개발 사업 시 에너지 효율 제고, 열섬효과 감소, 물절약, 녹지 확충을 위한 기준 강화 등

- ① 완화정책이 우선적으로 추진되어야 한다. ② 적응정책이 우선적으로 추진되어야 한다.
③ 완화정책·적응정책이 동등하게 추진되어야 한다.

서울시 기후변화 적응 정책 추진 정도

서울시는 2009년 7월에 발표한 「서울형 저탄소 녹색성장 마스터플랜」에서 고도적응도시를 기후변화에 의해 야기되는 폭염, 열대야, 폭우 등 이상기온과 기상재해를 사전 예측하고, 기상재해 및 병원성 매개체 증가 등으로 인한 기후변화 피해를 최소화하는 예방시스템을 갖춘 건강시민도시로 정의하고, 다양한 적응기반을 확립하려 하고 있습니다. 관련 항목들에 대한 추진상황 정도를 5점 척도로 평가해 주시기 바랍니다.

적응기반	추진 정도				
	미흡 ←				흡족 →
기후변화 예측 및 모니터링 시스템 구축	①	②	③	④	⑤
기후변화 영향 평가(취약지역 및 대상 파악)	①	②	③	④	⑤
기후변화 적응 관련 법규 개정	①	②	③	④	⑤
기후변화 적응 관련 행정조직 정비	①	②	③	④	⑤
기후변화 적응 통합 정보 서비스 및 매뉴얼 제공	①	②	③	④	⑤
기후변화 적응 교육프로그램 개발	①	②	③	④	⑤
취약계층 기후변화 적응지원(노인 및 저소득층)	①	②	③	④	⑤
국내외 기후변화 적응 협력 네트워크 구축	①	②	③	④	⑤

서울시 기후변화 적응정책 우선 순위

서울시 기후변화 고도적응 도시 실현을 위한 부문별 적응정책 우선순위 평가

다음은 서울시 기후변화 고도적응 도시 실현을 위한 정책의 우선순위를 평가하는 부분입니다. 적응 부문 간 비교 우선순위를 ①~⑥ 순서로 평가해 주시기 바랍니다.

적응부문		비교 우선순위
폭염 및 도시열섬	온도 저감	
대기오염	오존 · 황사 대응	
건강관리	전염병 관리	
물관리 1	홍수 관리	
물관리 2	가뭄 관리	
생태계	생물 다양성 및 녹지 확보	

서울시 기후변화 고도적응 도시 실현을 위한 적응정책 요소별 우선순위 평가

다음은 서울시 기후변화 고도적응 도시 실현을 위한 적응정책 요소별 상대적 우선순위를 평가하는 부분입니다. 부문별 적응정책의 우선성을 5점 척도로 평가해 주시기 바랍니다.

적응부문	적응정책		우선순위 정도				
			낮음 ←				높음 →
폭염 및 도시열섬	온도 저감	도시녹화	①	②	③	④	⑤
		불투수면 최소화	①	②	③	④	⑤
		폭염(열파) 비상대응 계획 수립	①	②	③	④	⑤
		쿨링센터(쉼터) 설치 확대	①	②	③	④	⑤
		에너지 절약 기기 보급 확대 등을 통한	①	②	③	④	⑤
		냉방수요 감소	①	②	③	④	⑤
		고온경보 시스템 구축	①	②	③	④	⑤
		사회적 협력네트워크 구축	①	②	③	④	⑤
		광역적 기후변화 모니터링	①	②	③	④	⑤
대기오염	오존 · 황사 대응	시민 인식 고취(복장, 근무시간 등에 홍보)	①	②	③	④	⑤
		대기경보시스템 구축	①	②	③	④	⑤
		교통수요 관리 및 대중교통 향상	①	②	③	④	⑤
		저VOC 재료 사용	①	②	③	④	⑤
건강관리	전염병 관리	조기발견 및 경보 시스템 구축	①	②	③	④	⑤
		질병 매개체 서식지 관리	①	②	③	④	⑤
		방역 강화	①	②	③	④	⑤
		질병예방 공공교육 강화	①	②	③	④	⑤

적용부문	적용정책		우선순위 정도				
			낮음 ←				높음 →
물관리	홍수 관리	수방기준 상향 조정	1	2	3	4	5
		우수 집수 용량 확충	1	2	3	4	5
		생태학적 완충지 보존	1	2	3	4	5
		지속가능한 도시배수 (녹지확충, 침투성 포장재)	1	2	3	4	5
		저지대 및 위험지대 개발계획 수립	1	2	3	4	5
		홍수에 · 경보 시스템 구축	1	2	3	4	5
		종합재난관리시스템 구축	1	2	3	4	5
		안전 대피소 구축	1	2	3	4	5
		인프라 보강(교량, 터널, 지하철 입구 등)	1	2	3	4	5
		대중 인식 고취	1	2	3	4	5
	가뭄 관리	서울시 수자원 실행계획 수립	1	2	3	4	5
		도시개발 시 물수요관리계획 수립 의무화	1	2	3	4	5
		하수 · 우수 등 재생수 이용 확대	1	2	3	4	5
		물절약 관련 대중인식 고취	1	2	3	4	5
생태계	생물 다양성 확보 및 녹지 확충	서울시 고유 동 · 식물 보호종 보존	1	2	3	4	5
		도시숲 및 다양한 생물종 서식기반 조성	1	2	3	4	5
		기후변화에 적절한 수종 데이터베이스 구축	1	2	3	4	5
		해충과 침입종에 대한 모니터링 및 관리	1	2	3	4	5

서울시 기후변화 고도적응 도시 실현을 위한 적응정책 장애요인 평가

다음은 서울시 기후변화 고도적응 도시 실현을 위한 정책 시행 시 장애요인으로 작용할 수 있는 요인을 평가하는 부분입니다. 요인별 장애정도를 5점 척도로 평가해 주시기 바랍니다.

장애요인	중요도 정도				
	중요 하지 않음 ←				중요함 →
일반 시민의 낮은 인식	1	2	3	4	5
공무원의 낮은 인식과 전문성	1	2	3	4	5
지역의 기후변화 영향범위와 시기 등에 관한 정보부족	1	2	3	4	5
기후변화 전담인력 부족	1	2	3	4	5
관련 정책의 연계와 조정 문제	1	2	3	4	5
상위 정부의 지침이나 제도적 근거 미흡	1	2	3	4	5
단기적인 성과 위주의 의사결정 관행	1	2	3	4	5
비용 대비 효과의 불확실성	1	2	3	4	5
자치단체장의 낮은 관심	1	2	3	4	5
자치단체의 열악한 재정여건	1	2	3	4	5
지방자치단체의 재량권 부족	1	2	3	4	5

구분	항목	지표	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
기후 노출	호우	80mm 호우일수(일)	3	3	3	5	2	4	5	0	3
		1일 최대강수량(mm)	122.9	273.4	178.0	177.0	108.5	115.0	241.0	76.0	127.5
		강수강도지수(mm/일)	11.3	15.2	13.0	15.7	15.0	12.9	15.6	9.2	12.3
	기름	연속무강수일수 평균(일)	4.6	5.2	4.5	4.1	4.7	4.1	4.5	4.1	4.2
		연속무강수일수 최대값(일)	30	20	18	16	19	16	19	19	30
	폭서	열대야일수(일)	11	11	3	1	12	11	10	13	0
		일최고기온 33℃ 이상 일수(일)	12	4	3	0	9	6	6	0	3
		열파지속지수(일)	152	152	104	166	137	148	133	142	140
	인구적 특성	인구밀도(명/km)	16,342	17,062	16,978	16,975	16,994	17,009	17,108	17,219	17,275
		65세 이상 인구 비율(%)	5.4	5.7	6.0	6.4	6.8	7.2	7.7	8.3	8.7
독거노인 인구 비율(%)		-	-	0.88	0.97	1.08	1.21	1.43	1.52	1.76	
기초생활수급자 비율(%)		1.7	1.6	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.0	
기후민감질환자 발병률(%)		-	9.15	4.27	2.91	3.56	5.05	5.44	5.04	3.51	
출산율(%)		1.26	1.10	1.00	1.00	1.0	0.92	0.97	1.06	1.01	
기대수명(세)		76.02	76.53	77.02	77.44	78.04	78.63	79.18	79.56	80.08	
에너지 소비특성	최종에너지 소비량(천toe)	16,450	15,402	15,004	14,777	15,062	15,182	15,586	16,008	15,482	
	전력 소비량(Gwh)	31,395	33,321	34,883	36,164	38,214	40,524	41,824	42,973	44,096	
	1인당 총에너지 소비량(toe/인)	1.66	1.49	1.46	1.44	1.46	1.47	1.50	1.54	1.48	

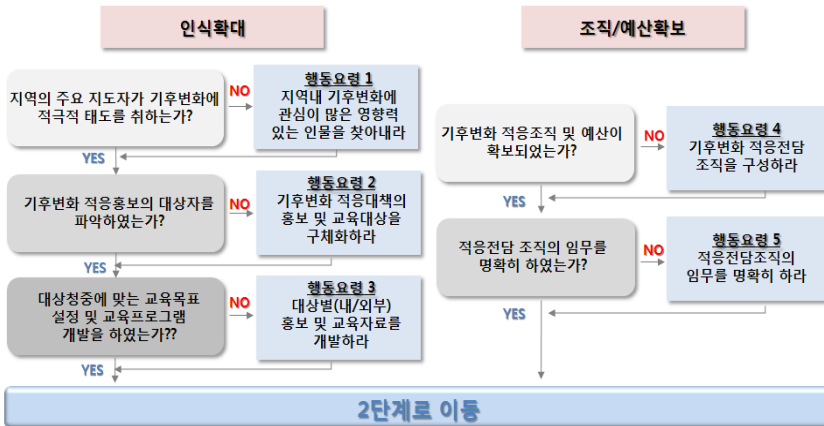
구분	항목	지표	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
민감도	지리적 특성	기름취약지역(%)	3.39	3.39	3.36	3.11	3.04	2.91	2.71	2.61	2.58
		홍수취약지역(%)	0.23	0.18	0.18	0.16	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14
		불투수면적비율(%)	-	-	-	-	-	49.04			-
		시가지면적률(%)	49.51	47.10	49.56	49.59	49.61	49.64	49.82	50.00	50.19
		국토면적 중 산림면적(%)	26.0	49.53	26.1	26.1	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
		강우산성도(ph)	5.7	26.0	6.0	5.0	4.9	4.6	4.8	5.0	5.0
		제방사용면적률(%)	0.65	5.8	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63	0.63	0.64
		한강 수질(mg/L) - 가양잠질	1.5/3.0	0.65/1.8	1.8/3.4	1.8/2.8	1.7/3.0	1.4/2.9	1.9/3.2	1.6/3.0	1.9/3.6
		농작 인구 비율(%)	0.08	0.09	0.08	0.07	0.06	0.11	0.10	0.10	0.08
		농작지당 곡물생산(M/T)	3,943	3,613	3,568	3,120	2,845	2,998	3,240	2,372	2,860
	기반시설	사회기반시설 비율(%)	12.33	13.46	13.59	13.70	13.79	13.86	13.94	14.01	14.05
		산업단지(%)	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.36	0.35	0.35	0.35
		관광(천명)	5,322	5,147	5,346	4,753	5,818	6,023	6,115	6,448	6,891
		건물(%) - 1980년대 이전 건축물수	31.68	-	-	-	-	10.24			-
		1일 1인당 급수량(ℓ)	401	390	638	356	343	334	324	315	311
경제능력	경제능력	GDP(십억원)	138,492	149,887	168,143	175,502	179,403	185,091	193,108	207,812	-
		재정자립도(%)	77.9	80.5	75.2	78.4	79.4	80.9	78.1	74.9	72.9
	환경영역	녹지면적(㎡/명)	15.8	15.2	15.4	15.4	15.5	15.9	15.9	15.9	16.1
		SOx 배출량(kg/㎡)	0.014	0.015	0.012	0.011	0.011	0.013	0.012	0.013	-

구분	항목	지표	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
적응 능력	물적 인프라	의료시설	인구당 의료기관수(개/천명)	1.07	1.10	1.19	1.22	1.25	1.29	1.34	1.39
		확보율	인구당 병상수(개/천명)	5.52	5.31	5.67	5.77	5.98	6.12	6.40	6.80
			인구당 의료인수(명/천명)	7.26	7.39	7.86	8.15	8.26	8.8.2	9.04	9.86
			인구당 보건소 인력(명/천명)	0.21	0.20	0.19	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23
			상수도 보급률(%)	100	100	100	100	100	100	100	100
			하수도 보급률(%)	98.3	98.5	98.7	98.9	99.4	99.7	99.9	100
			지하수 이용량(천 m)	-	-	-	-	35,854	32,052	28,195	26,606
			지하수 가용량(천 m)	-	-	-	-	70,274	70,274	70,274	50,576
			지하수 개발대비 이용량(%)	-	-	-	-	51.0	45.6	40.1	52.6
			PC 보급률(%)	-	-	-	84.4	84.8	85.7	88.0	86.8
	산업구조	통신	초고속 통신망 설치율(%)	-	-	-	81.8	91.7	93.4	94.5	96.6
			(1차+2차)/(1차+2차+3차)(%)	12.4	12.9	12.7	12.2	12.0	12.2	11.9	11.3
		인력자원, 교육	교육지출/전체지출(%)	10.2%	9.8%	9.8%	10.3%	10.8%	11.0%	10.9%	11.3%
적응 기반	사회적 자본	민간 파트너십				-			-		-
		시민의 기후변화 대응 역량				-			-		-
		공동체 의식				-			-		-
	조직	기후변화 적응 담당조직 담당공무원 수(명/천명)	4.74	4.36	4.43	4.55	45.8	4.62	4.63	4.61	4.43
		기후변화 대응 및 적응 관련 법규			×			×			○
	제도	기후변화 적응관련 예산 비율(%)	-	-	5.8	-	-	8.5	-	-	13.9
	예산	기후변화 적응 정보 제공 포털사이트 운영	-	-	리뉴 운영	-	-	리뉴 운영	-	-	리뉴 운영
	홍보										

1. 적응능력의 형성

○지자체의 기후변화 적응능력 형성단계

- 지자체 실무자 및 지역주민의 기후변화 적응에 대한 인식 확대
- 지자체 적응대책 이행 조직 및 예산 확보



○행동요령 1 : 지역내 기후변화에 관심이 많은 영향력 있는 인물을 찾아라

- [예시] 지자체장 및 의원, 지역기업가, 사회저명인사 등

※ 환경뿐만 아니라 지역경제활동에 두루 영향을 미칠 수 있는 인물 발굴 필요

○행동요령 2 : 기후변화 적응대책의 홍보 및 교육대상을 구체화하라

- 내부 : 지자체 적응전담 조직에 주도적으로 참여할 공무원 및 여론주도층
- 외부 : 학생, 주부 등 지역주민

※ 지역 적응대책 이행을 함께 할 조력자 그룹 형성

- 행동요령 3 : 대상별(내부/외부) 홍보 및 교육 자료를 개발하라
 - 내부대상자에 대한 교육 및 홍보에 우선 집중하고, 점차 외부대상자로 외연을 확장
- 행동요령 4 : 기후변화 적응전담 조직을 구성하라
 - 시·도의 담당간부, 시의회 의원, 학계, NGO 지도자 등으로 구성하여 전문가-이해당사자-공무원-일반 시민 간의 파트너십을 구성
 - ※ 전담 조직 구성에 미디어의 관심을 집중시키고, 적응 관련 워크숍을 함께 개최하는 것이 효과가 높음
 - ※ 적응관련 워크숍의 내용은 해당 지역에서 관찰된 최근의 기후변화 및 기후변화로 인해 영향을 받은 지역의 구체적 사례 등이 도움이 될 것임
 - [예시] 기후변화 적응위원회



- 행동요령 5 : 기후변화 적응전담 조직의 임무를 명확히 하라
 - 계획의 비전 및 목표 설정
 - 적응대책 수립 및 예산 확보
 - 수립된 대책 이행 및 관리

- 적응도구 확보
- 교육·홍보

2. 선행평가를 통한 적응 우선부문 선정

- 지역별로 기후변화에 영향을 받는 주요 부문을 선정하기 위한 단계
 - 선행평가 방법론 활용



- 행동요령 6 : 기후변화가 지역에 미치는 영향을 지속적으로 관찰하라
 - 선행평가를 위해 지역차원의 기후변화 예측, 부문별 영향 파악
 - ※ 지역별로 특화된 부문 구분, 부문별 예측영향 정보수집, 수집된 정보 검증
 - [예시] 지자체별 부문 분류표

대분류	소분류
산업	농업, 수산업, 임업, 제조업, 관광, 금융 등
환경	대기, 수질, 폐기물, 생태계
보건/복지	보건, 여성, 복지
기반시설	교통, 건물, 수자원
재난방재	-

—[예시] 기후예측 및 영향자료 표

		증가 불변 감소	연도 변화율	기준년 + ? % - ? %	여름철>겨울철 여름철=겨울철 여름철<겨울철	높음	논문
						보통	보고서
						낮음	신문
						모름	정보지
기후 변량	일반적 변화의 방향성	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	특정시기에 예상되는 기후변화의 정도			예측되는 변화의 크기	기후변화의 계절적 변이	신뢰도	자료의 출처
온도							
강수량							
해수면							
폭풍우							
호우							

		증가 불변 감소	연도 변화율	기준년 + ? % - ? %	여름철>겨울철 여름철=겨울철 여름철<겨울철	높음	논문
						보통	보고서
						낮음	신문
						모름	정보지
영향 부문	기후변화 방향성	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	특정시기에 예상되는 영향의 정도			예측되는 영향의 크기	영향의 계절적 변이	신뢰도	자료의 출처
산업							
환경							
보건/복지							
기반시설							
재난방재							

○행동요령 7 : 선행평가를 수행하라

—과학자, 실무자, 이해당사자, 자원봉사자, 공무원 등을 대상으로 한 설문조사 수행 가능

※ 취약성 지표 프로파일과 전문가 대상 자문의견 필수 반영

—[예시] 우선부문 선정을 위한 종합 표

부문		생물물리적 자료	사회경제적 자료		전문가 의견	우선부문 선정
대분류	소분류	기후변화 영향	취약성 지표 프로파일	신문잡지 인용회수 및 내용		
산업	농업					
	수산업					
	임업					
	제조업					
환경	대기					
	수질					
	폐기물					
	생태계					
보건	보건					
	여성					
	복지					
기반 시설	교통					
	건물					
	수자원					
재난						

—[예시] 취약성 지표 프로파일

〈취약성 지표 프로파일〉

- 기후변화 취약성 프로파일(Vulnerability Profile) : 기후변화 취약성-유연성 지표(Vulnerability-Resilience Indicator)를 구성하는 각 부문의 구성요소에 대한 해당 수치를 방사형 그래프로 표현한 것

[경기도 사례]

※ 기후노출 변수(E), 민감도 변수(S), 적응능력 변수(AC)



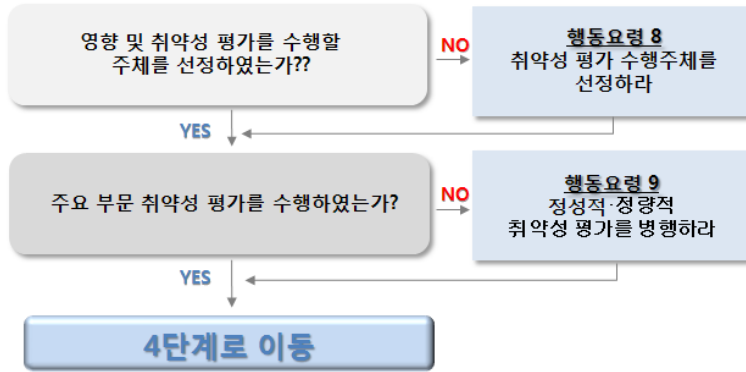
- 경기도 사례

※ 위 도표를 통해 알 수 있는 사실은 경기도의 경우 기반시설, 생태계 및 보건에 대한 민감도가 높은 반면, 거버넌스 및 산업구조에 대한 적응능력이 낮음.(적응대책 수립 시 우선부문으로 선정)

3. 선정된 부문에 대한 체계적 영향 및 취약성 평가

○ 우선부문에 대해 체계적 영향평가를 수행하는 단계

— 정성적 · 정량적 평가 병행 실시



○ 행동요령 8 : 취약성 평가 수행 주체를 선정하라

— 정성적 평가 : 정책담당자 등 내부전문가가 주로 담당

※ 정성적 평가란 관찰, 사례연구, 의견수렴 등의 방법을 이용하여 현상을 분석 · 예측하는 방법

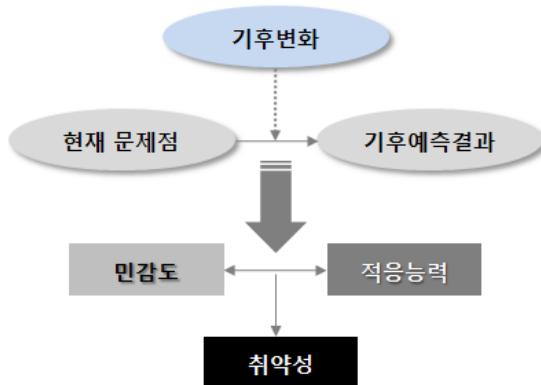
— 정량적 평가 : 학계 등 외부전문가가 주로 담당

※ 정량적 평가란 수치모형, 지표, 통계자료 등을 활용하여 현상을 분석 · 예측하는 방법

○ 행동요령 9 : 정성적 · 정량적 취약성 평가를 병행하라

※ 민감도 : 시스템이 기후변화에 영향을 받는 정도, 만약 시스템이 미래에 예측된 기후변화에 쉽게 영향을 받을 경우 기후변화에 민감하다고 정의

※ 적응능력 : 시스템이 기후변화의 부정적 영향을 최소화할 수 있는 능력



—[예시] 정성적 취약성 평가지표

※ 민감도 분석 : 미래의 기후조건이 시스템에 줄 영향의 정도를 높음/중간/낮음으로 구분

※ 적응능력 평가 : 지역별 기후변화영향에 대처할 수 있는 법적, 제도적 장치 유무 및 한계점 검토

—정량적 평가 방법론

(첫 번째) 기후변화 시나리오 선정

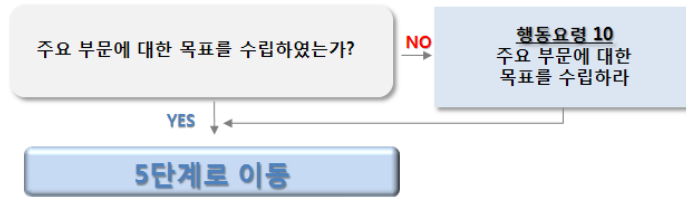
(두 번째) 부문에 적합한 영향평가(수치모델 활용) 수행

(세 번째) 예측된 영향과 사회경제/지리정보를 활용하여 계량화된 취약성 지도 작성

—[예시] 수자원 분야 취약성 지도

4. 적응대책의 목표 설정

○취약성 평가를 이용하여 주요 부문에 대한 지자체 적응대책 목표를 수립하는 단계



○ 행동요령 10 : 주요 부문에 대한 목표를 수립하라

— 여론 주도층 및 행동주체의 다양한 의견수렴

※ 목표 수립 시 일반시민, 이해당사자, 환경운동가 등을 개입시키는 것이 좋으며, 최종적으로 정부 지도자 및 정치적 지도자들도 동의할 수 있을 만한 목표를 수립하도록 함

— 목표의 달성 시기를 명시

※ 단기(5년), 중·장기(5년 이상 30년까지) 목표 설정

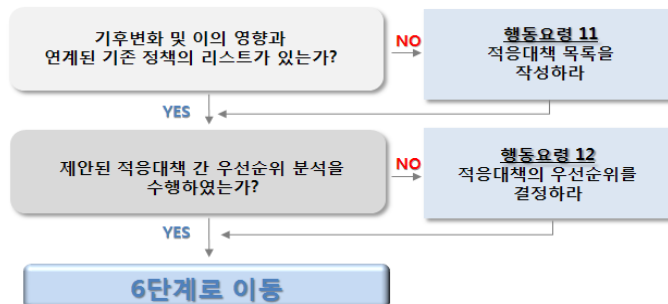
— 적응목표 수립 시 타 계획과의 연계

※ 각종 국가종합계획, 지역별 도시기본계획, 관리계획 등

— 타 지역, 타 부문 간의 파트너십 고려

5. 적응대책의 실천계획 수립

○ 수립한 목표를 이행하기 위하여 구체적인 실천 계획을 수립하는 단계



○ 행동요령 11 : 적응대책 목록을 작성하라

- 기존 제도, 법 및 재정적 기반 파악
- 기후변화 적응과 관련된 프로그램과 담당부서를 파악하여 목록 작성
 - ※ 민간영역의 적응 프로그램과 역량 파악 포함
- 작성된 기존 정책 목록에 대해 활용 가능성, 보완 필요성 검토 및 대책 제시
- [예시] 풍수해관련 적응대책 목록

기존 정책 및 프로그램	담당부서	활용가능성/ 보완필요성	적응대책 목록
제방축조 등 하천개수 사업	하천과	△	- 시설물 설계기준 강화 - 천변저류지 활용 검토 - 강변지대의 복원
수해상습지 개선사업	하천과	△	- 시설물 설계기준 검토 및 시설물 보강 - 이주 등 구조적 대책, 홍수피해 잠재성을 고려한 토지이용 고려
하도준설 및 제방·배수문 유지관리	하천과	△	- 시설물 안전도 재점검 및 보강
배수펌프장 등 내수 배제시설 확충	하천과	△	- 시설물 설계기준 검토 - 도시지역 우수유출 방지를 위한 침투 시설 및 저류시설 활용 - 물순환을 고려한 도시계획 및 설계 - 자연배수시스템 활용
하천변 침수방지대책	하천과	△	- 하천변 저지대 매입을 통한 다목적 토지이용 활용 방안 검토
집중호우 시 피해가 우려되는 소하천 정비	하천과	△	- 자연형 하천 복원
홍수지도에 포함한 재해지도 제작	재난관리과	○	
홍수예경보시스템 운영(CCTV 등)	재난관리과	○	
집중호우 시 사전대피 경보시설 설치	재난관리과	○	
재난관리 및 재해구호기금 운용	재난관리과	△	- 기금 규모 확충
재난관리 표준매뉴얼 작성 및 운영	재난관리과	△	- 이상기후를 고려하여 매뉴얼 재검토
풍수해 보험제도	재난관리과	△	- 홍수범람지역의 개발 규제
자연재해에 대한 주민홍보 및 교육	재난관리과	○	
주민참여형 재해관리	재난관리과	○	
침수, 홍수 위험지역 등의 주민 이주	재난관리과	○	
재난 취약계층 주거지역의 안전점검 등	재난관리과	○	
풍수해저감 종합계획	재난관리과	○	

주 : ○ 적응조치로 활용 가능 △ 기존 프로그램의 보완 필요

○ 행동요령 12 : 적응대책의 우선순위를 결정하라

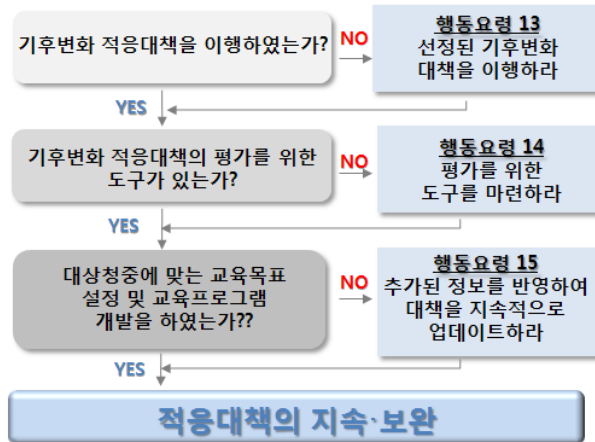
— 적응대책 점검표 활용

— [예시] 적응대책 점검표

평가 기준	전혀 그렇지 않음	다소 그렇지 않음	보통	그려 함	매우 그려 함	점수
대책 A						
1. 기후변화에 따른 영향이 불가역적인가? 예) 생물 멸종이나 홍수, 태풍, 열파에 따른 인명피해	3	6	9	12	15	
2. 장기계획을 세워야 하는 분야인가? 예) 연안개발, 수자원 인프라 건설, 자연보호지구지정, 환경기초시설 등 장기적 의사 결정을 해야 하는 경우	3	6	9	12	15	
3. 본 적응대책 실행 시 타 계획, 정책, 대책의 목표를 동시에 달성할 수 있는가? 예) 습지보전과 같이 환경적, 사회적, 경제적 편익을 얻으면서 동시에 기후변화 영향도 줄일 수 있는 정책 우선	3	6	9	12	15	
4. 본 적응대책은 향후 기후변화가 발생하지 않는다고 하더라도 편익을 제공할 수 있는가? 예) 수자원 보전계획과 같이 기후변화 발생유무와 관계없이 편익을 제공할 수 있는 정책을 우선	3	6	9	12	15	
5. 대책의 수정이 가역적인가? ※ 정책의 수정이 가역적이면 불확실성이 높은 기후변화에 대응하기에 위험이 낮음 ※ 조기경보체제나 보조금 지급 등 soft adaptation 대책은 주민이주나 제방건설 등의 hard adaptation 대책보다 가역적임	3	6	9	12	15	
6. 적응대책의 비용/편익 비율(B/C ration)은 얼마인가?	5	10	15	20	25	
종합점수(합 : 100점)	점					
7. 전문가 의견 수렴(참고자료로 활용) ※ 설문조사나 면담을 통한 정성적 평가를 수행						
8. 이해당사자 의견 수렴(참고자료로 활용) ※ 설문조사나 면담을 통한 정성적 평가를 수행						
종합의견	우선순위 높음/중간/낮음					

6. 이행 및 평가

○ 수립한 기후변화 적응대책을 이행, 평가, 보완하는 단계



○ 행동요령 13 : 선정된 기후변화 적응대책을 이행하라

- 추진체계 구축
- 예산 및 자원 조달 방안
- 적응대책 수립 목적 및 단계에 맞도록 이행

○ 행동요령 14 : 평가를 위한 도구를 마련하라

- 대책 평가를 위한 방법
- [예시] 대책 평가를 위한 질문지

질 문	응답		
	횟수	예/ 아니오	기타
기후변화로 인한 영향에 대한 대중의 인식은 증진되었는가?			
- 기후변화의 영향에 관한 지역사회 공식 미팅 개최 횟수			
- 지자체에서 운영하는 기후변화 관련 웹사이트 접속 횟수			
- 기후변화 관련 신문기사, 보고서출판 등의 빈도 및 횟수 분석			
주요 우선부문에 대해 해당 지자체가 가지고 있는 기술적인 능력(영향 및 취약성 평가 능력 및 기술적 공학적 대응능력)이 증대되었는가?			
- 주요 부문에 대한 기후변화 및 기후변화로 인한 영향에 대한 최근 연구 결과를 자문해 줄 수 있는 전문가 숫자			
- 기후변화 적응대책에 주도적 역할을 할 수 있는 헌신적인 공무원의 수			
주요 우선부문에 대해 기후에 관한 정보를 계획과정에 포함시킬 수 있는 제도적 장치가 존재하는가?			
- 기후변화 및 이의 영향에 대해 직접적으로 다루고 있는 지역의 주요 계획이나 프로그램 수			
- 기후변화 적응대책에 주도적 역할을 할 수 있는 헌신적인 공무원의 수			
- 기후변화 취약성 및 위험 평가를 하는 데에 사용할 수 있는 예산규모			
주요 우선부문에 대해 지자체가 이미 수행하고 있는 행동은 기후변화에 대한 적응능력을 증대시키고 있는가?			
- 지자체가 극한 기후사상(홍수, 가뭄, 홍수 등)에 대해 얼마나 잘 대처하고 있는가에 대한 신문이나 TV의 보도 태도			
- 지역의 적응능력 증대를 위해 소요한 예산이 피해를 얼마만큼 줄였는가에 대한 정보			
정책 결정과정에 주요 이해당사자들을 개입시켰는가?			
- 지역의 기후변화 취약성 및 위험 분석에 있어서 다양한 이해당사자들이 개입되었는가?			
- 주요 우선부문에 대해 기후변화 정책수립에 있어서 시민자문단이나 지역 T/F팀이 구성되었는가?			

○ 행동요령 15 : 추가된 정보를 반영하여 대책을 지속적으로 업데이트하라

— 추가된 정보를 반영한 정책의 지속적 업데이트

※ 발표된 최신 논문/보고서/신문기사 등을 지역의 주요 우선부문 및 취약성 평가 결과에 반영해야 함

영문 요약 (Abstract)



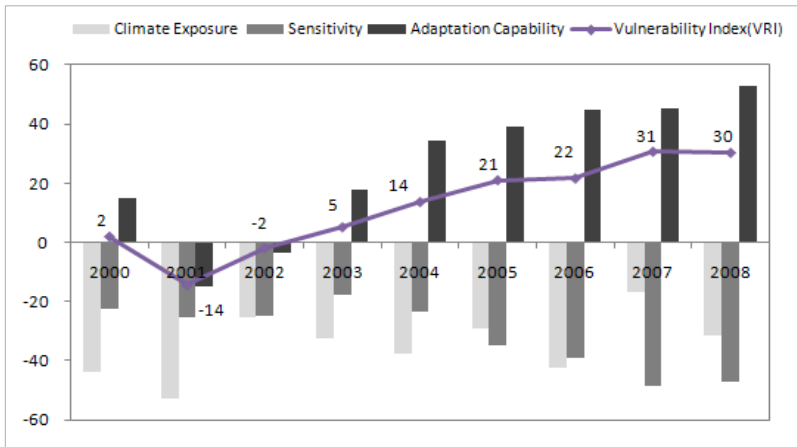
A Study on Strategies of Climate Change Adaptation in Seoul

Woonsoo Kim · Yu-jin Choi · Jeongah Kim

With the growing recognition that climate change is already underway and is affecting Seoul in general, adaptation strategy is becoming an important policy issue in Seoul. Such impacts range from urban climate change for higher temperature levels and reviews of rainfall intensity management strategies, to adjustments to climate change vulnerability environmental sector. Adaptation normally refers to efforts that respond to the impacts of climate change to minimize harm or take advantage of beneficial opportunities.

The contents of this research is organized as follows : Chapter II of this research examines the diagnosis and assessment of climate vulnerability that may result from the characteristics of climate adaptation components in Seoul. Chapter III deals with policy implications of climate adaptation based from climate changes described in Chapter II. Chapter IV draws some policy implications through comparative foreign cities' adaptation strategies. And Chapter V suggests policy-directions of climate adaptation strategies.

In order to figure out Seoul city's ability to manage its climate risks through adaptation, two approaches are adopted : hazardous-based and vulnerability-based approach. From the hazardous-based approach, while adaptation ability is positive sign, both climate exposure and sensitivity are showing yearly increasing pattern, thereby resulting in the higher vulnerability index in Seoul(see Fig. 1). Thus to effectively address the challenges that a changing climate will bring, Seoul city needs to begin adaptation responses to



(Figure 1) Yearly Trends of Climate Change Vulnerability in Seoul City

climate change already set in motion to maintain productivity of the Seoul's ecosystems and economy, and the well-being of all citizens. fortunately, if introducing adaptation base variables such as budget expenditure, local ordinance, institution, etc., the vulnerability index which is a function of climate exposure, sensitivity, and adaptation capability variables, might be slightly enhancing to some extent.

[Table 1] Climate Change Impacts and Adaptation Perception in Seoul

(unit : %)

	Extent of Climate Change Impacts					Average (5 scale)
	Very Large	Slightly High	Normal	Slightly Low	Very Weak	
Higher Temp. Heat Wave, Air Pollution	45	45	9	1	0	4.34
Rainfall Intensity, Flood	20	52	18	8	2	3.80
Drought, Short of Water	16	35	28	17	4	3.42
Low Harvest of Agriculture	7	23	28	29	13	2.82
Change of Ecosystem, Forest	10	39	26	16	9	3.25
Occurrence of Possible New Disease	14	48	32	5	1	3.69
Safety of Road, Buildings, Bridges, etc.	21	31	32	15	1	3.56
Change of Tour, Agriculture Industry	8	23	52	14	3	3.19

In terms of applying the vulnerability-based approach with expert questionnaire survey, it implies both policy priorities and their mix of adaptation strategies in Seoul(see Table 1). Especially urban heat waves, rainfall intensity, new health disease are the compelling troubles in adaptation process. While this study focuses on climate adaptation, it is clear that managing such impending climate risks(adaptation) must be critical in preparing adaptation strategies.

To ensure a coordinated effort in adapting to the unavoidable impacts of climate change, the conclusion is divided into two parts based on findings. The first part is related with Seoul's ability to manage its climate risks through adaptation process. The well-designed strategic framework, that is essential for making highly adaptative city, includes establishment of pre-evaluating and pre-responding system, enhancement of adaptative institution(i.e., vulnerability index application, climate-friendly urban development guidelines), securing social equity and public awareness, policy implementation connected with adaptive demands, and monitoring climate change impacts, etc. The second part, related with policy recommendation on climate change adaptation, includes :

1. Building Seoul's Climate Adaptation Master Plan is essential to assess the long-term and short-term possible risks from climate change and prepare strategies to reduce those risks building on Seoul's Climate Adaptation Strategy. Basic infrastructure such as monitoring climate change and information delivering system is also needed.

2. Developing the vulnerability index mapping responding to Seoul's climate change and evaluating process is necessary to make Seoul highly-adaptive city.

3. Preparing urban development guidelines matching with climate change adaptation is desirable to make Seoul climate-friendly city. Especially, application of urban heat map to urban design process can be useful tool.

Table of Contents

Chapter I Introduction

1. Background and Purpose
2. Procedure

Chapter II Climate Adaptation Assessment

1. Characteristics of Climate Adaptation Components
2. Policy Trends of Climate Adaptation
3. Urban Climate Change in Seoul
4. Diagnosis and Assessment of Climate Vulnerability
5. Vulnerability-based Assessment Approach

Chapter III Climate Adaptation Conditions and Policy Demands

1. SWOT Analysis on Climate Adaptation
2. Management by Objectives for Climate Adaptation
3. Policy Implications of Climate Adaptation

Chapter IV Case studies of Foreign Cities' Climate Adaptation Strategies

1. Foreign Cities' Climate Adaptation Strategies
2. Model Cases of Climate Adaptation
3. Comparative Implications on Climate Adaptation

Chapter V Policy-Directions of Climate Adaptation Strategies

1. Climate Change Adaptation Frameworks
2. Climate Change Adaptation Strategies
3. Policy Recommendations

Chapter VI Conclusions

1. Summary
2. Policy Recommendation on Climate Adaptation

References

Appendices

1. Survey Questionnaire
2. Statistics of Climate Adaptation Vulnerability Index
3. Process of Climate Change Adaptation

시정연 2010-PR-02

서울시 기후변화 고도적응 방안 연구

발 행 인 정 문 건

발 행 일 2010년 6월 14일

발 행 처 서울시정개발연구원

137-071 서울특별시 서초구 서초동 391

전화 (02)2149-1234 팩스 (02)2149-1025

값 8,000원 ISBN 978-89-8052-723-6 93530

본 출판물의 판권은 서울시정개발연구원에 속합니다.