

기후변화 적응을 위한 도시계획 방안 연구

A Study on the Method of Urban Planning for Adaptation to Climate Change

이성희 · 김정곤*

토지주택연구원

Lee, Sung Hee and Kim, Jong Kon[†]

Land & Housing Institute

ABSTRACT

This study aims to understand abnormal climate caused by impacts of climate change and to suggest the direction of urban planning focusing on adaptation to climate change. The study consists of theory consideration and case study(Chicago, Philadelphia, Seattle). As a result, the main impacts of climate change faced by urban areas are heat wave, precipitation, and drought. To prevent these impacts, it is important to prepare methods of urban planning as followings: planning for land use, park and green considering the climate patterns, establishing and managing water resources systems similar to the nature, securing renewable energy resources, and transportation facilities and exterior space with proof against climate. It is especially necessary to introduce infrastructures related to storm water, green roof, shading tree planting, green space, and permeable pavement. Finally, in order to realize urban planning for adaptation to climate change, it is needed to make the detailed and specific goal and strategy for the climate change adaptation plan and to extend the scope from the goals to an action plan, a detailed plan, and a design guideline.

Key words : Climate Change, Adaptation, Abnormal Climate, Resilience

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

기후변화 문제에 대한 움직임은 1988년 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)이 공동으로 정부 간 기후변화 협의체(IPCC)를 설립하고, 1992년 유엔기후변화협약(UNFCCC)이 채택된 이후로 활발하게 이루어지기 시작했다. 국내외적으로 기후변

화에 대한 관심이 급증하고 도시계획적 차원에서의 대응방안이 화두가 됨에 따라 다양한 연구가 진행되고 있으며, 많은 국가와 도시들은 온실가스 감축을 위한 로드맵을 작성하고, 이를 실천에 옮기기 위한 노력을 기울여 오고 있다.

기후변화에 대응하기 위해서는 온실가스 감축을 목표로 하는 완화 방안과 이미 변화한 기후로 인해 발생하는 피해를 최소화하는 것을 목표로 하는 적응방안이 필요하다. 온실가스 감축은 기후변화 대

[†] Corresponding author : E-mail: planjk@lh.or.kr

응의 절반에 해당하며, 이에 대한 목표를 달성하더라도 과거 배출된 온실가스로 인한 기후변화에 대한 영향과 그 피해는 향후 최소 50년에서 200년까지도 지속될 것으로 예측되고 있다¹⁾. 이미 해수면 상승, 기온 상승, 폭우 등의 이상기후가 전 세계에서 발생되고 있으며, 폭염, 빈번한 홍수, 물 부족과 수질 악화, 불안정한 지반 등의 재해를 수반하여 도시를 이루고 있는 다양한 부문에 막대한 피해를 주고 있다. 그리고 그 피해의 규모, 강도 및 빈도는 향후 점차적으로 커질 것으로 예측되고 있다.

그러나 기존의 연구들은 온실가스 감축을 중심으로 한 완화에 보다 많은 초점을 맞추고 있으며, 기후변화 적응에 대한 연구는 방재와 보건 분야에서 주로 다루어지고 있으나, 도시계획 측면에서의 접근은 비교적 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 기후변화의 영향에 따른 이상기후와 재해에 대한 이론 연구와 기후변화적응 계획을 수립한 미국 도시를 중심으로 하는 사례 연구를 통해 기후변화에 적응하기 위한 도시계획 측면의 대응방안을 모색하여 시사점을 제시하는 데에 그 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

연구의 공간적 범위는 시카고, 필라델피아, 시애틀로 기후변화적응 계획을 수립한 미국의 3개 도시를 대상으로 한다. 본 연구는 크게 이론 연구와 사례 연구로 진행된다. 이론연구는 선행연구를 바탕으로 기후변화 적응에 대한 개념과 이상기후의 유형을 파악하여 기후변화 적응을 위한 도시계획의 기본방향에 대하여 살펴보고자 한다. 사례연구는 앞서 언급한 각각의 도시가 직면한 이상기후와 그에 적응하기 위해 수립된 목표와 전략, 실행계획들을 분석하고자 한다. 연구의 진행은 시에서 발표한 기후변화실천 계획 보고서를 비롯하여 관련 보고서 및 웹사이트를 활용하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 기후변화적응의 개념

기후변화에 대응하기 위한 방안은 크게 완화(Mitigation)와 적응(Adaptation)으로 나눌 수 있다. 완화는 기후변화의 원인이 되는 온실가스 배출 저감을 목표로 하여 기후변화와 그에 따른 영향을 줄이고자 하는 방안이고, 적응은 이미 배출된 온실가스로 인해 발생하는 이상기후와 그에 따른 자연재해와 같은 피해에 대응하는 방안이다.

선행연구를 토대로 정리해 보면, ‘적응’은 변화하는 지구 환경에 맞추어 자연 혹은 인간의 시스템을 변화시키려는 노력이라고 정의할 수 있으며, 기후변화로 인한 위험을 예측하여 그에 수반되는 부정적인 영향은 최소화하고, 긍정적으로 활용할 수 있는 부분은 적극적으로 이용하여 도시의 모든 구성요소에 대하여 더 높은 수준으로 기후변화 적응력을 향상시키는 것을 목표로 한다.

적응방안은 전 세계 온도 상승에는 아무런 영향을 주지 않으나, 기후변화로 인한 피해를 감소시킴으로써 기후변화에 투입되는 비용을 감소시켜 준다. 비록 적응에 대한 추가적인 비용이 발생되지만, 순편익은 지속적으로 증가하게 된다(The World Bank, 2008). 즉 적응방안을 마련하는 것은 장기적인 관점에서 매우 유익하다.

2.2 이상기후와 재해의 유형

이상기후(Abnormal Climate)란 지구의 온난화 등으로 인하여 비정상적으로 홍수, 가뭄, 혹서, 한파 등이 나타나는 특이한 기후현상을 말한다(해양용어사전). Kent M. McGregor(1986)는 이상기후로 인한 재해를 홍수, 혹서, 혹한, 가뭄과 같이 대기력(Atmospheric Force)에 의해 생성되는 직접적인 재해와 산사태, 공기오염, 수질오염과 같이 날씨의 영향을 받는 간접적인 재해로 분류하였다. Button *et al.* (1993)은 세계에서 발생한 재해의 약 90%가 네 가지 재해요소, 즉 홍수(40%), 허리케인(20%), 지진(15%), 가뭄(15%)에서 비롯된다고 하였다(KRIHS, 2014). 또한, UNESCO(2009)가 1900년부터 2006년까지 가

1) <http://www.gihoo.or.kr>

장 심했던 1,000건의 재해를 조사한 결과, 90% 이상이 물과 관련된 재해였고, 특히 홍수, 폭풍, 가뭄이 가장 빈도가 높았던 것으로 보고하였다. 이 중 가뭄은 폭염과도 밀접한 관련이 있는데, 폭염은 많은 인구와 인프라가 집중되어 있는 도시지역에서 가장 치명적인 재해가 된다. 최근 10년간(1994~2005년) 국내에서만 폭염으로 2,127명이 사망했고, 유럽에서는 2003년 폭염으로 무려 3만 5천여 명이 목숨을 잃었다는 결과가 보고되고 있으며, 기온상승으로 인한 질병 말라리아 환자가 증가하는 경향을 보이기도 했다(Kang, 2012; Shin and Kim, 2008). 뿐만 아니라 IPCC(2007)가 21세기 중후반까지의 예측을 근거로 하여 육지지역의 낮과 밤의 온난화와 폭염, 강우, 가뭄, 열대성 저기압, 해수면 상승에 대한 실현 가능성²⁾과 영향을 예측한 결과, 낮과 밤의 온난화는 ‘사실상 확실’로, 폭염과 강우는 ‘가능성 높음’으로, 나머지 현상들은 ‘가능성 있음’으로 예측되었다.

본 연구에서는 이상기후의 유형을 Kent M. McGregor의 분류를 근거로 하여 대기력에 의해 생성되는 직접적인 재해를 1차적인 범위로 한정하고, 그 중 문헌을 통해 발생빈도 및 피해가 클 것으로 예상되는 홍수, 폭풍, 가뭄, 폭염으로 2차적인 범위를 한정하였다. 이 중 홍수, 허리케인, 폭풍을 강우(Precipitation)로 통합하여 최종적으로 폭염, 강우, 가뭄의 특성과 이에 적응하기 위한 도시계획 방안을 모색해 보고자 한다.

2.2.1 폭염

폭염(Heat wave, Extreme heat)은 인간의 건강에 직접적으로 가장 심각한 영향을 줄 수 있는 이상고온 현상으로 세계기상기구(WMO: World Meteorological Organization)에서는 ‘1961년부터 1990년까지 30년 정상년을 기준으로 일최대기온이 일평균기온에서 5°C 이상 상회하는 일수가 5일 이상 연속되는 경우’로 정의하고 있다. 노인계층이나 영유아, 외부활동을 주로 하는 직업군이 폭염에 취약한 계

층으로 볼 수 있으며, 일사병, 탈수는 물론 심각한 경우에는 사망에 이르게 할 수도 있다.

도시의 경우, 인구가 밀집되어 있고, 대부분 인공구조물 및 포장으로 이루어져 있기 때문에 폭염과 함께 도시열섬현상까지 발생하게 된다. 도시열섬현상이 지속되면 도시지역 대기 순환 체계에 변화를 주게 되어 기존의 건강을 유지할 수 있는 다양한 환경 조건에 영향을 주고, 대기과 수질 오염을 악화시킬 수 있다.

폭염이 지속될 경우, 개별 건축물에서는 기후 통제에 대한 추가적인 비용이 발생하게 된다. 또한 도시는 냉방에 대한 수요가 급증하게 되면서 일시적으로 전력 공급이 중단되는 대정전 사태를 겪을 가능성이 있으며, 추가적인 전력에 대한 수요가 화석연료를 이용한 전력을 통해 공급된다면 온실가스의 추가적인 발생까지 초래하게 된다.

2.2.2 강우

강우(Precipitation)는 물의 순환 과정에서 비, 눈, 우박 등이 대기에서 지표면으로 떨어지는 것을 말하며, 갑작스럽게 발생하거나 지속될 경우, 홍수와 산사태 등의 기상재해를 야기시킨다. 기후변화의 영향으로 빈도가 높아짐에 따라 피해규모와 범위도 함께 증가하고 있으며, 단시간에 큰 피해를 초래할 수 있다.

도시지역에서 그 피해가 심각해지는 이유는 불투수 면적률이 높기 때문이다. 불투수 포장으로 인해 토양으로 흡수되지 못하고 흘러나온 빗물이 배수시스템의 용량을 초과하거나, 인근 하천으로 급속도로 흘러나오게 되면서 홍수를 발생시키게 된다. 그 외에도 기존의 자연지형을 고려하지 않은 부문별한 개발로 인해 지형이 훼손되면서 자연적인 배수의 흐름과 체계를 방해하게 되고, 도시 내 저류지역 부족으로 인해 피해가 발생하게 된다.

이와 같은 문제들은 열악한 기반시설과 환경에서 생활하는 도시의 취약계층에게 복합적인 영향을 줄 수 있다. 심각한 경우, 홍수로 인한 역사와 사

2) SRES 시나리오(Special Report on Emission Scenario)를 사용한 21세기 향후 예측 추세가 실현될 가능성.

Table 1. The potential effects of climate change in urban areas

| | | Heat wave | Precipitation* | Drought |
|----------------------------------|--------------------------------|--|---|--|
| Disaster scale | Period of occurrence | Midium~Long-term | Short~Long-term | Long-term |
| | Scale | Medium~Large | Medium~Large | Large |
| | The potential number of victim | Large | Medium | Large |
| Typical affected areas | | ·Dense region of substandard housing ·Area of high-density land use | ·Low-lying areas on waterfront ·The bottom of the mountain ·Area with poor infrastructure | ·Area with poor water infrastructure |
| Potential effects in urban areas | | ·Increased demand for cooling ·Declining air quality in cities ·Heat island effect ·Increased risk of fire ·Power outages ·Decreased food production ·Water quality problems | ·Increased risk of flooding/landslide ·Power outages ·Increased subsidence and erosion ·Pressures on infrastructures ·Contamination of water supply ·Increased risk of deaths, injuries, infectious, and respiratory ·Potential for population migrations | ·Reduction on water availability ·Decreased potential for hydroelectric power ·Potential for population migrations ·High food price |

* The disaster scale of precipitation is focusing on flooding.

Reference : Stern Review(2006), IPCC(2007), The World Bank(2008), Jongkon, Kim(2012), UN Habitat(2012), KRIHS (2014).

망, 물을 매개체로 하는 전염성 질병의 발생, 재산 손실, 생태계 파괴 등의 결과를 초래할 수 있다.

2.2.3. 가뭄

가뭄은 오랜 시간 동안 강수현상이 없거나, 적은 강수가 지속된 현상으로 고온이나 바람으로 인해 증발산량이 많아져 물 공급이 어려워지는 경우 또한 가뭄으로 분류한다(Kim, 2013; Byun, 2009). 가뭄은 서서히 시작되어 상대적으로 오래 지속되는 특성을 가지고 있어서 언제 가뭄이 시작되었는지를 판단하기가 쉽지 않다. 동시에 가뭄은 사전에 방지하거나 피해 규모를 명확하게 파악하기도 쉽지 않다는 특징이 있다(KRIHS, 2014; Hayes *et al.*, 2004).

가뭄은 수자원의 수요 및 공급과 관련된 문제와 직결되어 도시의 생활 및 발전 용수에 영향을 주고, 화재 가능성 증가, 하천·운하 등의 손상으로 인한 경제적인 피해까지 유발시킬 수 있다. 또한, 가

뭄으로 인한 수위 저하, 지하수 고갈로 인한 지반 침강 및 염수화, 토양 수분량 감소는 먼지 및 공해 등 대기질 저하를 초래하고, 가뭄의 복합적인 영향으로 인해 생태 서식지 파괴 등의 환경적 피해가 발생될 수 있다(Kim, 2013).

2.3 기후변화 적응을 위한 기본방향

앞서 고찰한 폭염, 강우, 가뭄의 특성과 잠재적 영향에 적응하기 위한 도시계획 방향은 다음과 같이 제안될 수 있다. 첫째, 폭염에 적응하기 위해서는 냉각효과를 유도하고, 열섬현상을 완화시킬 수 있는 그린 인프라에 대한 적극적인 계획이 필요하며, 차양 수목이 식재된 녹지와 오픈스페이스의 면적률을 최대한 확보해야 한다. 또한, 건축물 차원에서는 건축계획 단계에서부터 냉방효율을 높이고, 불필요한 태양열을 차단하기 위한 디자인을 고려하는 등의 노력이 필요하다. 둘째, 강우와 폭풍, 홍수 등에서 기인하는 재해에 적응하기 위해서 외부 공간은

Table 2. Outline of case studies

| Cases Index | Chicago | Philadelphia | Seattle |
|---------------------------|---|--|--|
| Location | Illinois, US | Pennsylvania, US | Washington, US |
| Area | 606.1 km ² | 369 km ² | 369.2 km ² |
| Population | 2,707,120(2011) | 1,526,006(2010) | 620,778(2011) |
| Density | 4,466/km ² | 4,136/km ² | 1,681/km ² |
| Climate characteristic | <ul style="list-style-type: none"> · The mouth of Chicago River · Cold-air mass in winter · Elevated temperature dry in summer | <ul style="list-style-type: none"> · Direct access to the Delaware River · Humid continental climate · High temperature in summer · Heavy snow in winter | <ul style="list-style-type: none"> · Adjacent Elliot Bay · The north of the Pacific Ocean · Temperate humid climate |

빗물이 토양으로 직접적으로 흡수될 수 있도록 불투수 면적을 최소화해야 하며, 심한 폭우로 불어난 물을 안전하게 축적할 수 있는 지역 확보와 배수시스템의 개선이 필요하다. 또한, 건축물 차원에서는 내후성이 있는 재료를 사용하거나 구조적인 안전성을 확보해야 한다. 셋째, 가뭄의 경우, 폭염과 강우 모두와 연계되기 때문에 개별적인 접근보다는 이들 재해와 통합적인 관점에서 접근할 필요가 있다. 강우현상에 대비한 배수 시스템과 같은 기반시설을 통한 도시 내 빗물 집수는 가뭄 발생 시 유용하게 활용될 수 있으며, 불투수면적을 최소화하여 녹지와 같은 투수 면적을 증가시킬수록 토양의 수분 함량 또한 높일 수 있다.

기후변화 적응 도시는 기후변화의 영향으로부터 예측되는 이상기후와 자연재해 등의 피할 수 없는 부정적인 측면을 최소화하여, 안전하고 건강한 환경이 보장되어야 한다. 따라서 기후를 인지한 토지이용 및 녹지계획과 건축적인 해결책, 효율적인 에너지와 내후성 있는 교통기반시설계획, 자연적인 시스템에 근접한 수자원 체계 구축 및 관리가 요구된다.

3. 사례분석

3.1 사례분석 개관

기후변화 적응을 위한 도시의 기본방향에 대한

이론 고찰을 토대로 기후변화 적응을 위한 계획방안과 적용수준을 파악하기 위해 사례분석을 실시하였다. 분석 대상지는 기후변화적응 계획이 수립되어 있는 미국의 시카고(Chicago), 필라델피아(Philadelphia), 시애틀(Seattle)로 3개 도시를 선정하였다. 분석방법은 각 도시의 기후와 지리적 여건, 직면한 혹은 예측되는 이상기후, 이에 적응하기 위한 계획 및 기법에 대한 내용을 위주로 분석하였고, 각 시에서 발표한 기후변화 대응계획 및 실천계획을 중심으로 추가적인 관련 보고서와 해당 부서의 웹사이트를 활용하였다.

3.2 사례별 계획내용 분석

3.2.1 시카고(Chicago)

시카고는 온실가스 배출량 감축에 대한 노력 없이 현 상태를 유지하게 된다면, 2050년까지 온실가스 배출이 35%에 달할 것이고, 동시에 폭염, 강우를 경험하고, 홍수의 위험과 건강에 대한 스트레스 증가는 물론 지역 경제에도 큰 부정적인 영향을 미칠 것으로 예측했다.

이에 대비하고자 2008년 9월에 5가지 목표와 실행전략을 담고 있는 ‘시카고 기후실행계획(Chicago Climate Action Plan, CCAP)’을 채택했다. 이 CCAP의 5가지 실행전략 중 하나로 적응계획이 포함되어 있으며, 강우와 폭염에 적응하기 위한 열관리, 혁신

적인 쿨링, 대기의 질 보호, 빗물 관리, 열과 홍수를 관리할 수 있는 녹색도시디자인 구현, 기존의 초목과 나무 보존, 대중 참여, 사업 참여, 미래를 위한 계획으로 총 9가지 세부 방안을 수립하였다³⁾.

시카고는 이미 기후변화 적응을 위한 많은 프로그램들을 성공적으로 수행해오고 있는데, 대표적인 예로 폭우 관리와 녹색도시 디자인과 관련된 프로그램들을 들 수 있다.

폭우 관리에 대한 관심과 계획이 비중있게 다뤄진 이유는 지리적 여건 상 강우로 인해 발생하는 홍수가 시카고의 가장 핵심적인 문제였기 때문이다. 시카고는 폭우 시 건조 및 자연 기반시설의 피해 최소화를 폭우 관리의 우선적인 목표로 설정하였다. 그리고 이러한 목표 하에 직경이 775 miles 이상 되는 큰 하수 시스템의 전산화된 모델을 완성하여 도시의 표면과 기본적인 홍수 취약지역을 평가하여 극단적인 강우현상에 대한 계획을 세울 수 있도록 하였다(Headwaters Economics, 2012).

녹색도시 디자인은 강우는 물론 폭염, 가뭄에 통합적으로 대응하기 위한 기본 토대로 관련된 주요 정책·프로그램으로는 ‘Chicago's Sustainable Development Policy 2007’, ‘Green Alleys Program 2007’, ‘Urban Forest Agenda 2009’, ‘Chicago Trees Initiative’ 등이 있다.

‘Green Alleys Program’은 2007년에 핸드북으로 제작되어 이후 도시 곳곳에 100개가 넘는 Green Alleys가 조성되도록 장려하였다. 이 프로그램은 시카고 토지면적의 23%를 차지하고 있는 도로를 활용하여 수자원 관리, 홍수 예방 및 미기후를 조절하기 위한 구체적인 적응방안을 제공하는 데 초점을 맞추고 있으며, 기술과 디자인의 통합적인 가이드라인을 제시하고 있다. 세부계획은 도로 포장면의 구배와 투수성 포장을 활용한 배수시스템 개선, 자연에 가까운 조경, 저류지, 생태습지, 빗물정원 등 강우에 적응하기 위한 계획과 차폐 식재계획, 지붕녹화, 도로의 고반사율 도로 포장 등 폭염 및

열섬 현상에 적응하기 위한 계획으로 이루어져 있다. 이를 통해 수자원의 원활한 순환체계를 구축하고, 도시 내 온도를 저감시키는 등 미기후 조절을 도울 수 있도록 한 것이다.

3.2.2 필라델피아(Philadelphia)

필라델피아는 온실가스의 안정적인 배출 감축을 위한 기술적 토대와 조직의 기반 형성을 목표로 하여 2007년에 ‘Local Action Plan for Climate Change (LAPCC)’을 수립하였다. 필라델피아의 LAPCC는 건축, 교통, 산업과 폐기물, 녹지와 오픈스페이스를 비롯하여 정책, 교육, 지원으로 부문을 설정하였다. 부문별로 수립된 실행계획 중 2010년까지 지자체와 시정부 모두 1990년 대비 10% 감축이라는 단기 목표를 위한 우선순위 10개 항목을 도출하였다. 그 중 적응에 관련한 내용으로는 전력 수요량을 충족시킬 수 있는 풍력에너지 도입과 그린빌딩 개발 전략 및 법규 검토, 도시의 차양 수목 15% 유지, 녹지 및 오픈스페이스 계획 및 구현 방안이 포함되어 있다.

Delaware와 Schuylkill 강이 만나는 지점에서 개발된 필라델피아는 기후변화에 대한 가장 큰 영향으로 홍수의 위험을 예측하였고, 이에 대처하고자 US EPA(Environmental Protection Agency)와 펜실베이니아 환경보호국⁴⁾과 함께 폭우관리를 중점적으로 다루기 시작했다. 그 결과, 2050년까지 전체 표면적의 11%(약 15.6 square miles)에 해당하는 지역에 투수성 포장, 초목이 있는 습지, 그린루프를 포함한 그린 인프라 기반시설에 대한 적용 계획을 추진하고 있다(Institute for Sustainable Communities, 2013). 이와 관련된 대표적인 계획으로는 ‘Green Works Plan(2009)’으로 에너지, 환경, 형평성, 경제, 참여로 총 5가지 부문과 목표, 15개의 세부 목표를 설정하였고, 모두 2015년까지 달성을 목표로 하고 있다. 적응과 관련된 부문은 형평성 부문으로 폭우 관리, 오픈스페이스, 로컬 푸드, 식재계획으로 구성

3) 대중 참여는 폭염과 강우에 의한 피해를 감소시키기 위한 개인적 차원에서의 조치, 사업 참여는 기후변화에 대한 취약성을 분석하고, 조치를 취할 수 있는 사업을 함께 실시, 미래를 위한 계획은 계획의 실행 여부와 평가, 위원회 조직 및 운영에 대한 내용을 다루고 있다.

4) US Environmental Protection Agency(EPA) and the Pennsylvania Department of Environmental Protection.

하여 세부 목표를 수립하였다. 특히 폭우에 적응하기 위한 방안으로 그린 인프라의 중요성을 강조하고 있었다. 또한, 2011년에는 PWD(Philadelphia Water Department)에서 'Combined Sewer Overflow Control' 프로그램을 계획하고, 'Green City Clean Waters'를 작성하였다. 구체적인 방안으로는 폭우에 대비한 그린 인프라, 하천 통로 복원 및 보존, 수처리장 개선을 제안하고 있으며, 지붕 녹화, 투수성 포장, 범프 아웃(Bump-out), 빗물정원, 습지 등의 기법을 활용하여 도시 내 공공공간과 외부공간에서 기후변화 적응을 실현하고자 하였다.

3.2.3 시애틀(Seattle)

시애틀은 2006년도에 이미 Climate Action Plan을 수립한 바 있으며, 건축이나 유틸리티 관련 부서에도 지속적으로 기후변화에 적응하기 위한 다양한 계획들을 수립해왔다. 대표적으로 Seattle Public Utilities의 'Seattle's Natural Drainage Systems 2007'과 Seattle Department of Planning & Development의 'Managing Rainwater 2010' 등이 있다. 이와 같이 지속적인 관심과 노력의 연장선상에서 시애틀은 2050년까지 온실가스 배출 중립화와 기후변화의 영향에 대한 준비를 목표로 하는 '2013 Climate Action Plan(CAP)'을 수립하였다.

2013 CAP에서는 시애틀이 직면하고 있는 혹은 앞으로 직면하게 될 기후변화 영향으로 폭염, 강우, 해수면 상승을 예측하였고, 이에 적응하기 위해서 평가 및 계획, 자연 시스템, 유틸리티 시스템(전기, 물공급, 배수), 토지이용과 건조환경(토지이용, 교통, 건물), 커뮤니티 대응(공공 보건, 비상계획, 식량 시스템)의 5가지 세부 실천계획을 수립하였다. 그에 따른 세부 실천계획으로는 삼림지역의 복원, 지하 배수로 개선, 그린인프라 계획 및 실현, 미래의 기후를 고려한 건축계획, 패시브 형태나 자기발생적 환기·냉난방·수순환 시스템 도입, 로컬푸드 제공을 위한 도시농장 조성 등을 제안하고 있다.

3.3 사례종합

기후변화에 대응하기 위한 계획이 수립된 미국

의 3개 도시를 중심으로 관련 보고서와 웹사이트를 활용하여 사례분석을 실시한 결과는 다음과 같다.

첫째, 사례대상지는 모두 도시화가 상당히 진행된 지역이며, 강이나 하천에 인접하고 있는 공통점을 갖고 있다. 동시에 기후변화에 의해 각 도시가 직면할 수 있는 영향으로 폭염, 강우, 가뭄을 공통적으로 높게 예측하였다. 이 같은 결과는 일반적으로 현재의 도시들이 주변지역에 비해 인구가 집중되어 있고, 인공구조물과 인공포장으로 이루어져 있기 때문에, 기온의 상승과 갑작스러운 폭우에 취약한 구조일 수밖에 없는 데서 기인한다고 볼 수 있다. 대상지들 또한 예외일 수 없기 때문에 폭염, 강우, 가뭄에 대한 전략과 실천계획 수립을 통해 기후변화로부터 안전한 도시를 구축하고자 한 것이다.

둘째, 기후변화 적응을 위한 세부 계획 및 기법을 분석한 결과, 빗물 수집 관련 기반시설, 지붕녹화 및 차양 수목 식재, 공공공간을 활용한 녹지와 투수면적 증대 등의 녹지와 수자원에 관련된 요소를 비중 있게 다루고 있었다. 녹지와 수자원 부문은 기후변화의 직접적인 영향을 받을 수 있는 부문이자, 기후변화 영향을 최소화 시켜줄 수 있는 높은 잠재력을 가진 부문이다. 따라서 녹지와 수자원에 대한 강력한 계획은 단순히 물리적 개선 이상의 효과를 기대할 수 있다. 반면, 토지이용 계획에 관련된 세부 계획으로는 바람통로를 고려한 녹지계획이나 토양개선 등으로 녹지와 수자원 부문에 비해 낮게 언급되고 있었다. 이는 사례 대상지 모두 이미 개발된 도시지역이기 때문에 토지이용과 같이 도시 전반에 걸친 큰 변화가 요구되는 부문에서는 소극적인 태도를 보이고 있음을 미루어 추측해 볼 수 있다. 그러나 향후 도시재생을 추진하거나 건축물을 신축함에 있어서는 기후변화의 영향을 최소화할 수 있도록 지형의 보존, 건물의 배치 형태 및 기술 도입 등을 고려하여 계획해야 할 것이다.

셋째, 사례지역들은 전반적으로 1990년대부터 지구 온난화에 대한 관심을 보이기 시작하였으며, 교토 의정서를 계기로 이산화탄소 감축에 대한 구체적인 목표를 설정하고, 그에 따른 전략을 수립해 왔다.

Table 3. Summary of case studies

| | Chicago | Philadelphia | Seattle |
|--------------------------------------|--|--|---|
| Climate change impacts | <ul style="list-style-type: none"> · Heat waves (heat island effect) · Precipitation, drought · Increased risk of flood | <ul style="list-style-type: none"> · Heat waves · Heavy precipitation · Wetlands preservation · Sea level rise | <ul style="list-style-type: none"> · Heat waves (heat island effect) · Heavy precipitation, drought · High sea level increase · Increased landslides |
| Sector of climate change action plan | <ul style="list-style-type: none"> · Energy efficient buildings · Clean&renewable energy sources · Improved transportation options · Reduced waste & industrial pollution · Adaptation | <ul style="list-style-type: none"> · Energy efficient buildings and renewable energy sources · Improved transportation options · Reduced waste & industrial pollution · Greening and open space · Policy, education and outreach | <ul style="list-style-type: none"> · Transportation / land use · Building energy · Waste · Preparing for climate change |
| Action plans for adaptation | <ul style="list-style-type: none"> · Manage heat · Pursue innovative cooling · Protect air quality · Manage stormwater · Implement green urban design · Preserve out plants and trees | <ul style="list-style-type: none"> · Purchase wind energy · Develop and implement codes and development strategies for green building · Maintain tree canopy · Implementation of greening & pen space | <ul style="list-style-type: none"> · Assessment & planning · Natural systems · Utility systems · Land use & the built environment · Community preparedness |
| Detailed planning | <ul style="list-style-type: none"> · Native landscaping · Drainage system improvement · Rain barrel / cistern · Rain garden · Naturalized detention · Bioswales / vegetated swales · Planting trees · Green roof · Renewable energy · Permeable pavement · High albedo pavement | <ul style="list-style-type: none"> · Stormwater tree trench · Rain garden · Rain barrel / cistern · Restore waterways · Bump-out · Vegetated swales · Planting trees · Green parking / green alley · Green roof · Permeable pavement · High albedo pavement · Stormwater planter / drainage well | <ul style="list-style-type: none"> · Rain barrel / cistern · Permeable pavement · Rain garden · Planting trees · Green roof · Street cascade · Renewable energy · Drainage system improvement · Restore forested parkland · Soil amendment · Land use for local food |

이러한 환경과 에너지, 도시의 미래에 대한 관심은 기후변화에 따른 영향과 에너지 문제로 이어져 이에 대한 대책을 강구하기 위한 방안을 모색하기에 이르렀다. 각각의 도시별로 제안된 기후변화대응 계획의 목표는 완화와 적응 두 측면에서 명확히 설정되었으며, 목표에 따라 전략 및 실천계획, 세부적인 계획들을 일관성 있게 수립하였다. 그리고 이러한 노력은 지방정부에서 그치는 것이 아니라, 다양한 관련 부서 및 관련 기반시설공사 또한 지방정부의 계획에 부합하는 세부 전략과 옵션을 제안하고 있다. 일부는 디자인 가이드라인 수립 및 웹사이트와

보고서 제공을 통해 시민들에게 정보를 공유하고 있었다. 즉, 국가와 지방정부의 지속적인 관심과 노력은 하위 및 관련기관의 계획으로 이어져 기후변화에 적응하기 위한 보다 다양하고 구체적인 방안들이 모색되고 있는 것이다.

4. 기후변화 적응을 위한 도시계획 방안

이상의 이론연구와 사례분석을 통해 기후변화 적응을 위한 도시계획 방안을 제시하면 다음과 같다. 첫째, 기후변화 적응을 위한 도시계획을 수립함에 있어서 우선적으로 폭염과 강우, 가뭄을 검토할

필요가 있음을 알 수 있었다. 그러나 이 세 가지 이상기후와 재해의 유형이 어느 지역에서나 반드시 고려되어야 함을 의미하는 것은 아니다. 도시지역이 갖는 보편적인 특성상 기본적인 물리환경적인 여건이 유사하고, 이상기후와 재해에 대한 정확한 예측은 매우 어렵거나 불가능하기 때문에 포괄적인 의미에서 검토할 필요가 있는 것이다.

둘째, 이상기후로부터 안전한 도시를 조성하기 위해서는 각 지역이 가진 영향과 기회에 대한 잠재력을 파악하여 기후변화로 부터 받을 수 있는 부정적인 영향을 최소화할 수 있는 계획을 수립해야 한다. 이를 위해서는 기후를 인지한 토지이용과 녹지 계획, 자연에 근접한 수자원 체계 구축 및 관리, 전력 피크에 대비한 재생 가능한 에너지원 확보, 내후성 있는 교통시설 및 외부공간 조성에 대한 계획이 요구된다. 특히 적응관점에서 볼 때, 계획 실현 시 파급 효과가 클 것으로 예상되는 녹지와 수자원에 대한 계획은 보다 우선적으로 수립되어야 할 것이다.

셋째, 기후변화 적응에 대한 명확한 목표와 전략 및 다양한 계획들은 지속적이고 일관성 있게 수립되어야 하며, 국가를 시작으로 지역 차원에 이르기까지 모두의 끊임없는 노력과 모니터링이 요구된다. 또한, 사례에서처럼 디자인 가이드라인 등의 구체적인 적용방안에 대한 정보를 시민에게 공유하고 장려하는 것은 매우 중요하다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 연구를 토대로 기후변화 적응을 위해 고려해야 할 이상기후와 재해의 유형을 검토하여 기후변화 적응 관점의 기본방향을 모색해 보고, 미국의 사례를 통해 기후변화 적응을 위한 계획 전반에 대한 내용 및 실태를 분석하였다.

기후변화 적응을 위한 도시를 계획하기 위해서는 기후를 고려한 토지이용과 녹지계획, 자연시스템에 근접한 수자원 체계 구축 및 관리, 전력 피크에 대비한 신재생 에너지원 확보, 내후성 있는 교통시설 및 외부공간 조성을 기본방향으로 설정하고, 구체적인 세부계획과 실천방안들을 수립해 나

가야 할 것이다. 특히 녹지와 수자원 분야는 적응을 위한 핵심 분야로 우선적으로 검토하고, 적용해 볼 필요가 있다.

도시계획은 세분화되고 구체적일수록 실현 가능성이 높아지기 마련이다. 기후변화에 관련한 계획일 경우, 장기적인 목표를 갖고 있으며, 기후변화나 그 피해에 대한 정확한 예측에도 한계가 있다. 또한, 계획의 실현에 따른 결과는 가시화되는 데에 어려움이 있다. 따라서 기후변화를 위한 도시계획에서는 지속적인 노력을 토대로 세분화되고 구체화시키는 것이 목표에 가까워지는 유일한 지름길이 될 것이다.

References

- Burton, I, Kates RW, White GF. 1993. The environment as hazard(2nd. ed.). New York: The Guilford press.
- City of Chicago. 2007. The Chicago green alley handbook.
- City of Chicago. 2008. Chicago climate action plan.
- City of Philadelphia. 2007. Local action plan for climate change.
- City of Philadelphia. 2009. Greenworks.
- City of Philadelphia. 2011. Philadelphia 2035 City-wide Vision Summary.
- City of Seattle. 2006. Climate action plan.
- City of Seattle. 2007. Seattle's natural drainage systems.
- City of Seattle. 2010. City green building, managing rainwater.
- City of Seattle, Seattle office of Sustainability & Environment. 2013. Seattle climate action plan.
- EU. 2011. Climate-friendly cities.
- Hayes *et al.* 2004. Reducing drought risk: Bridging theory and practice. *Natural Hazards Review* v.5 n.2:106-113.
- Headwaters Economics. 2012. Implementing climate change adaptation: lessons learned from ten examples.

- Hiryong Byun. 2009. The comparative analysis for systems and diagnosis of drought. *Journal of KO-SHAM* 33:7-18.
- Hoseong Shin, Dongjin Kim. 2008. Climate change and burden of infectious disease. KIHASA.
- Institute for Sustainable Communities. 2013. Climate adaptation & resilience: A resource guide for local leaders ver 3.0.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Synthesis report: Summary for policymakers*. Cambridge University Press.
- Jeongeun Kang. 2012. Green infrastructure strategy for urban climate adaptation. Korea Environment Institute.
- Jongkon Kim. 2012. The analysis of planning methode and case study for model climate change adaptation city (in Korean with English abstract). *Journal of the KIEAE* 56:13-19.
- KRIHS. 2014. Disciplines, disasters and emergency management.
- McGregor KM. 1986. Drought during the 1930s and 1950s in the Central United States. *Physical Geography* 6:288-301.
- Stern Review on the Economics of Climate Change. 2006.
- Sunghee Lee, Jongkon Kim. 2013. A study in direction of urban planning for cope with climate change focusing on urban metabolism (in Korean with English abstract). *Climate Change Research* v.4 n.3: 279-290.
- The Philadelphia Water Department. 2011. Green city clean waters.
- The World Bank. 2008. *Climate resilient cities; a primer on reducing vulnerabilities to disasters*.
- UN Habitat. 2012. *Cities and climate change initiative; Developing local climate change plans*.
- Yeonju Kim. 2013. A study of climate change adaptation policies for different types of droughts. Korea Environment Institute.
<http://www.gihoo.or.kr>