

연구논문

서울시 기후변화 영향평가 및 적응대책 수립: 폭염영향을 중심으로

김은영* · 전성우* · 이정원* · 박용하* · 이동근**

한국환경정책·평가연구원*, 서울대학교 조경·지역시스템공학부**

(2011년 11월 21일 접수, 2012년 1월 31일 승인)

Local Adaptation Plan to Climate Change Impact in Seoul: Focused on Heat Wave Effects

Kim, Eunyoung* · Jeon, Sung-Woo* · Lee, Jung-Won* · Park, Yong-Ha* · Lee, Dong-Kun**

Korea Environment Institute*

Dept. of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University**

(Manuscript received 21 November 2012; accepted 31 January 2012)

Abstract

Against the backdrop of the clear impact of climate change, it has become essential to analyze the influence of climate change and relevant vulnerabilities. This research involved evaluating the impact of heat waves in Seoul, from among many local autonomous bodies that are responsible for implementing measures on adapting to climate change. To carry out the evaluation, the A1B scenario was used to forecast future temperature levels. Future climate scenario results were downscaled to 1km×1km to result in the incorporation of regional characteristics. In assessing the influence of heat waves on people—especially the excess mortality—we analyzed critical temperature levels that affect excess mortality and came up with the excess mortality. Results of this evaluation on the impact of climate change and vulnerabilities indicate that the number of days on which the daily average temperature reaches 28.1°C—the critical temperature for excess mortality—in Seoul will sharply increase in the 2050s and 2090s. The highest level of impact will be in the month of August. The most affected areas in the summer will be *Songpa-gu*, *Gangnam-gu*, and *Yeongdeungpo-gu*. These areas have a high concentration of residences which means that heat island effects are one of the reasons for the high level of impact. The excess mortality from heat waves is expected to be at least five times the current figure in 2090. Adaptation plan needs to be made on drawing up long-term adaptation measures as well as implementing short-term measures to minimize or adapt the impact of climate change.

Keywords : Heat island effect, Excess mortality, Adaptation, Cooling Center, Urban Forest

1. 서론

IPCC는 기후변화 현상이 명백히 일어나고 있으며 이는 인간의 활동의 결과라고 명시함으로써 인간의 활동에 의해 자연환경 및 더 나아가 인간시스템에 영향을 주고 있다고 강조하였다(IPCC, 2007). 지난 100년간(1906~2005) 지구 평균 지표온도는 $0.74 \pm 0.18^\circ\text{C}$ 정도 상승한데 비해(IPCC, 2007) 우리나라는 1912년~2008년 동안 1.7°C (6개 도시 평균) 상승하는 것으로 나타나 그 영향의 정도가 매우 클 것으로 예상된다. IPCC(2007)는 향후 기후변화에 의한 기상이변 예측 및 현 세대와 미래세대가 직면하게 될 기후변화에 의한 악영향을 최소화하기 위한 적응(Adaptation) 조치의 중요성을 권고하였다. 기후변화 대응조치는 온실가스 배출저감을 통한 기후변화 완화(Mitigation) 조치와 변화된 기후에 적응(Adaptation) 조치로 구분된다.

기후변화 완화조치는 기후변화에 주요 영향인자인 탄소를 저감하여 기후변화에 대한 영향을 줄이는 것인 반면, 적응조치는 현재 나타나고 있거나 미래에 나타날 것으로 보이는 기후변화의 파급효과와 영향에 대해 자연·인위적 시스템의 조절을 통해 피해를 완화시키거나, 더 나아가 유익한 기회로 촉진시키는 활동으로 실제로 일어나고 있거나, 일어날 것으로 예상되는 기후자극과 기후자극 효과에 대응한 자연, 인간 시스템의 조절작용을 말한다(IPCC, 2007). 완화조치만으로 기후변화 영향을 회피하는데 한계가 있으므로 기후변화 영향에 대한 적절한 적응대책을 수립해야 한다. 이와 관련하여 정부는 “저탄소 녹색성장기본법” 시행령 제38조에 의해 국가전략을 효율적·체계적으로 이행하기 위하여 국가 기후변화 적응대책(2011-2015)을 수립하여야 하였으며 지자체에서는 이를 바탕으로 세부 이행계획을 수립하여야 한다.

따라서 본 연구에서는 기후변화 적응대책 수립의 실질적인 주체인 지자체 차원에서 기후변화 영향 중에 하나인 폭염을 대상으로 미래 기후변화 영향 및 취약성평가를 실시하고자 한다. 장기간 고온에 노출될 경우 항상성을 유지하기 위해 체온조절 능

력이 감소하여 열경련(Heat cram), 열기절(Heat syncope), 열피로(Heat exhaustion), 열사망(Heatstroke) 등과 같은 고온관련 질병이 발생한다. 또한, 고온 현상은 인간의 심혈관계와 뇌혈관계에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있고, 궁극적으로 사망률에도 영향을 미친다(한국환경정책·평가연구원, 2011). 이러한 영향 및 취약성 평가결과는 향후 기후변화 적응대책 수립에 있어 정량적인 평가기준을 제시하는데 효과적이라 볼 수 있다.

II. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 기후변화 영향 중 폭염에 따른 영향 및 취약성평가와 이에 대한 적응대책 수립을 연구의 범위로 설정하였다. 본 연구의 공간적 범위는 도시화비율이 높고 인구밀도가 높아 그 영향정도가 높을 것으로 예상되는 서울시를 대상으로 하였다. 이를 위해 서울시의 온도분포 현황(1998~2008)을 분석하고, 기상청에서 제공하는 A1B 시나리오를 바탕으로 2030년대(2026~2035), 2050년대(2046~2055), 2090년대(2086~2095)의 여름철 6, 7, 8월의 일평균기온을 산정하였다. 이를 통해 미래 폭염 발생일수뿐만 아니라 폭염 발생위치 및 발생범위까지 포함하도록 하였다.

본 연구에서는 통계학적인 방법을 이용하여 현재 및 미래 기후자료를 다운스케일링 하였다. 현재 기후자료 작성을 위해서 관측소에서 측정된 점 데이터 형태의 자료를 격자단위 데이터로 변환하였다. 정확한 기후자료를 얻기 위하여 가까이 있는 관측소의 실측값을 반영하여 가중치를 부여하는 Inverse Distance Weighting(IDW) 방법으로 격자 크기를 1km 해상도의 자료로 제작하였다. 고도에 따른 기온감소효과를 고려하기 위하여 윤진일 등(2001)이 제시한 연중 날짜에 따른 기온감률의 절대값 변화 경향을 fourier fitting에 의한 365일 주기 함수식을 이용하였다(수식 1).

$$T = 0.00688 + 0.0015 \cos 0.0172(i - 60)$$

$$i: \text{연중날짜}(1\text{월}1\text{일}=1, 12\text{월}31\text{일}=365)$$

(1)

임의의 지점에서의 기온 T 에서 T_i 는 임의지점 주변의 관측소 I 에서 실측된 기온 값이며, d_i 는 이 관측소와 임의 지점간의 거리로 식의 첫째항은 Inverse Distance Squared Weighting(IDSW) 보간에 의한 추정 값이다. z 는 임의 지점의 실제 고도 값이고, 괄호 안위 둘째 항은 IDSW에 의해 추정된 가장 지형상의 고도 추정 값으로 괄호안의 수식은 임의 지점의 고도편차를 나타내며 Γ 는 보간 지점의 고도에 따른 기온감률을 나타낸다(수식 2).

$$T = \frac{\sum \frac{T_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} + \left(z - \frac{\sum \frac{z_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} \right) \times \Gamma \quad (2)$$

미래기후 구축을 위해서는 기상청에서 제공하고 있는 A1B 시나리오를 이용하였으며, 이는 지역기후 모형으로 MM5를 이용한 역학적 상세화를 통하여 기후자료를 구축하였다. 기존의 대순환모형보다 정확도는 높으나 모형자체에서 Cold Bias(Koo *et al.*, 2009)가 존재하고 있으므로 이를 보정하여 미래의 기후자료를 작성하였다. 또한, 기후모형에서 예측한 미래의 결과 값은 실제의 값과 차이가 있으므로 이를 보정하기 위해 Shabalova *et al.*(2003)의 방법을 이용하였다(수식 3). 미래 기온의 변동 폭을 고려하기 위해서 미래 기후 10일 평균값 T 와 기후시나리오에서 예측한 현재(1991-2000)의 기온의 10일 평균(T_{cont}) 및 해당년도의 10일 기온평균(T_{pert}), 표준편차의 비율을 이용하여 미래의 기온을 예측하고자 하였다.

$$T_{sc}(t) = [T_{obs}(t) - \bar{T}_{obs}] \sigma_{pert} / \sigma_{cont} + \bar{T}_{obs} + (\bar{T}_{pert} - \bar{T}_{cont}) \quad (3)$$

본 연구에서는 폭염이 인간의 건강에 미치는 영향 중 사망에 미치는 영향을 대상으로 하였다. 폭염에 따른 초과사망자를 분석하기 위해 박정임 등(2005)이 제시한 임계온도인 일평균기온 28.1℃를 적용하여 현재 및 미래 폭염에 의한 초과사망자를 산출하였다. 기후변화는 환경, 인체 건강 및 사회경제적인 요인에 직간접적으로 영향을 미칠 수 있으며, 그 영향은 긍정적 또는 부정적인 것일 수 있다

(박정임 등, 2005). 특히 고온 대처 능력은 사회·경제적 요인, 인종, 빈곤, 사회적 독립상태 등에 따라 달라져 기후변화로 인한 건강영향에 영향을 미치므로(김소연, 2004) 본 연구에서는 65세 이상 인구수, 독거노인수, 기초생활보장수급자수, 재산세, 산림·공원 면적비율 등을 폭염과 관련이 있는 인문사회경제적 요인으로 선정하였다. 또한 이러한 요인은 폭염 취약계층과 적응능력을 의미하므로 구별 현황을 기준으로 온도 변화와의 비교를 통하여 취약계층 및 취약지역을 분석하는데 활용하였다. 이러한 취약성 평가결과를 바탕으로 현재 서울시 폭염관련 적응대책의 문제점을 파악하고 추가적으로 필요한 적응대책을 제시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 서울시 폭염 일수 및 분포

1998년부터 2003년까지 여름철 초과사망자 임계온도인 일평균기온 28.1℃가 넘는 일수가 20일이내인 것으로 나타났다. A1B시나리오를 통해 분석한 결과, 2050년대와 2090년대의 연도별 28.1℃ 이상 일 수는 각각 35일, 65일로 과거보다 크게 증가하는 것으로 나타났다. 특히, 30℃이상의 고온이 나타나는 날이 2050년대 이후 급격히 증가하는 것으로 나타났다.

서울시 폭염일수에 대한 분포를 분석한 결과 6, 7, 8월 중 8월달의 폭염에 따른 영향정도가 심각한 것으로 나타났다. 2030년대의 6월 폭염영향은 미미한 것으로 나타났으나 2090년대 송파구, 강남구를 일대로 폭염에 따른 영향지역이 증가하는 것으로 나타났다. 반면 7월과 8월은 현재부터 2030년대, 2050년대, 2090년대까지 폭염으로 인한 영향지역이 증가하는 분포패턴을 보이고 있으며 그 중 8월달 영향이 심각한 것으로 나타났다. 8월달 현재 송파구, 강남구, 영등포구를 중심으로 10일 내외의 폭염일수를 보였다면 2030년대는 임계온도 이상 일 수가 10~15일로 증가한 것으로 분석되었다. 2050년대의 경우 관악구를 제외한 대부분 한강 이

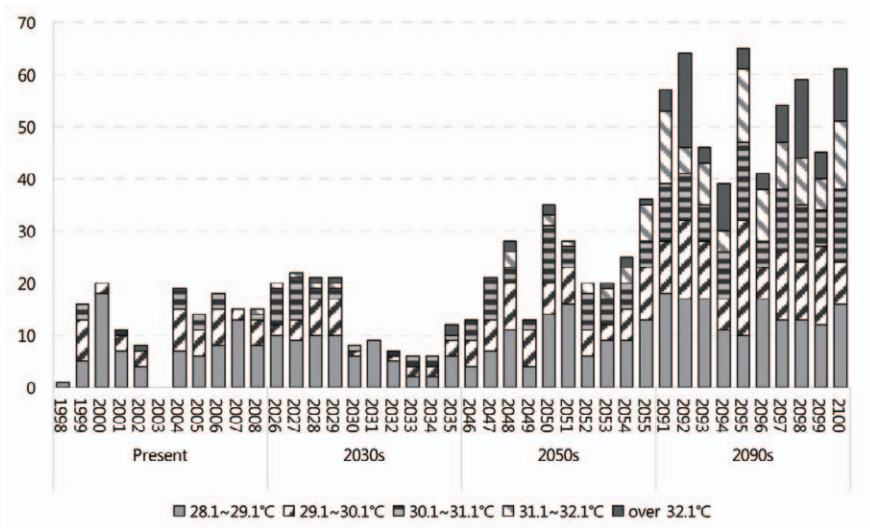
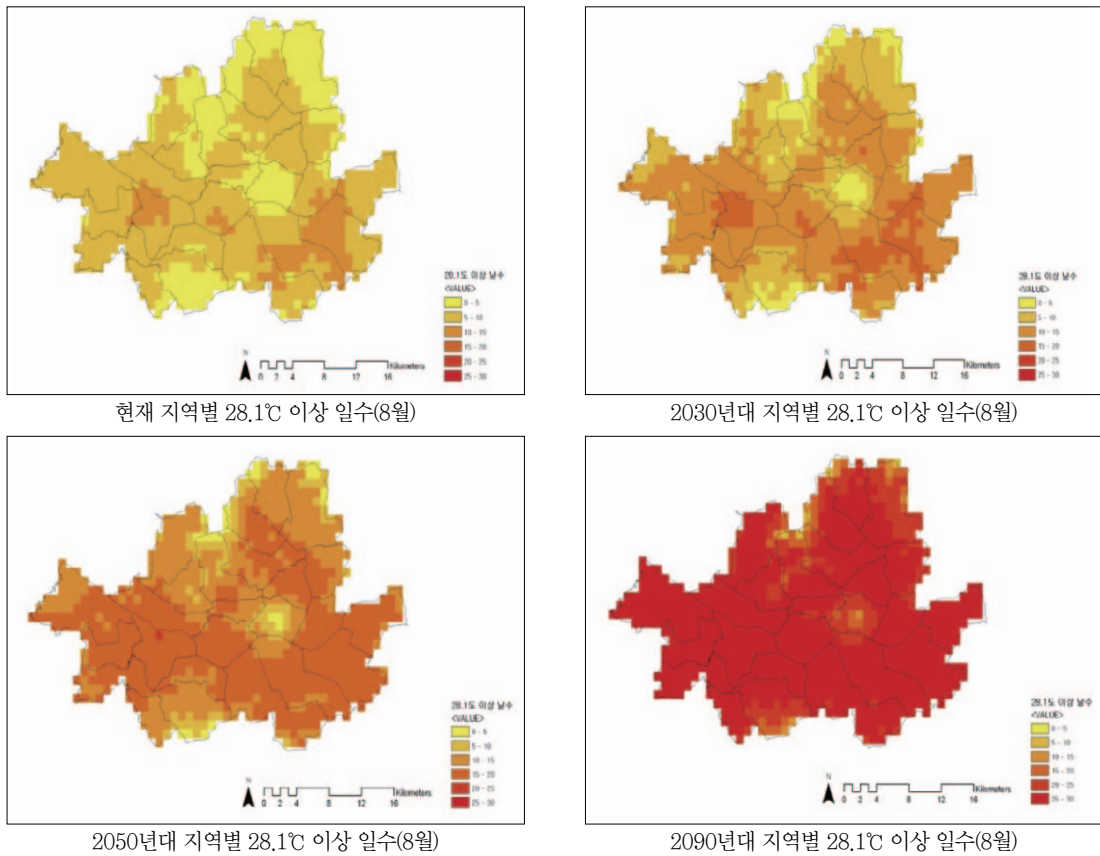


그림 1. 서울시 여름철 일평균기온이 28.1°C 이상 일 수



현재 지역별 28.1°C 이상 일수(8월)

2030년대 지역별 28.1°C 이상 일수(8월)

2050년대 지역별 28.1°C 이상 일수(8월)

2090년대 지역별 28.1°C 이상 일수(8월)

그림 2. 현재 및 미래 폭염 일수 분석

남지역이 10~15일로 폭염의 범위가 공간적으로 확대되었다. 2090년대에는 은평구, 관악구 등 대규모

산림이 분포하는 일부 지역을 제외하고 대부분이 20일 이상의 폭염 일수를 보였다.

폭염에 매우 취약한 지역으로 송파구, 강남구, 영등포구가 분석되었다. 이는 주거지역, 상업지역 등이 밀집되어 있으며 인구밀도가 높은 지역으로서 열섬효과에 의한 영향이 폭염영향에 가중된 것으로 판단된다. 특히, 송파구, 영등포구의 경우 공원 및 녹지면적이 낮아 이에 대한 영향이 반영된 것으로 판단된다.

2. 서울시 폭염 취약성 평가

1) 초과사망자 분석

본 연구에서는 폭염으로 인한 초과사망자를 분석하기 위해 기존의 연구결과를 인용하였다. 박정임 등(2005)은 전체 연령군에서 임계온도인 28.1°C 이상이 되면 서울에서 고온으로 인한 초과사망률이 발생하며, 기온이 1°C 상승하면 초과사망이 9.60% 증가한다. 이러한 결과를 바탕으로 현재의 초과사망자수를 분석한 결과, 평균 64.1명이 폭염으로 인해 사망한 것으로 나타났다. 2030년대 초과사망자수는 평균 75.6명으로 분석되었으며 이는 현재 초과사망자수 대비 18%가 증가하였다. 2050년대는 평균 152.7명으로 하여 현재 초과사망자수 대비 138% 증가하는 것으로 나타났다. 특히, 2090년대의 경우 초과사망자수가 평균 410.8명으로 증가하였으며 현재 기준 대비 541%의 증가율을 보여 폭염에 의한 초과사망자 증가율이 매우 급격하게 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 이러한 수치는 65세 이상 연령에서 초과사망비율이 더 높다는 점을 감안할 때 과소평가된 결과일 수 있다. 특히, 서울시 65세 이상 연령의 경우, 27.8°C 이후에 기온이 증가함에 따라 사망자수가 일정하게 증가하는 것으로 나타나 65세 이상 연령이 폭염에 더 취약한 것으로 나타났다(한국환경정책·평가연구원, 2011).

이와 같이 폭염에 따른 초과사망자수가 급격히 증가하는 것을 방지하기 위해 이에 대한 폭염영향 저감 혹은 적응대책 수립이 필요하다.

2) 취약계층 및 취약지역 분석

서울시는 임계온도 이상으로 일평균 기온이 상승

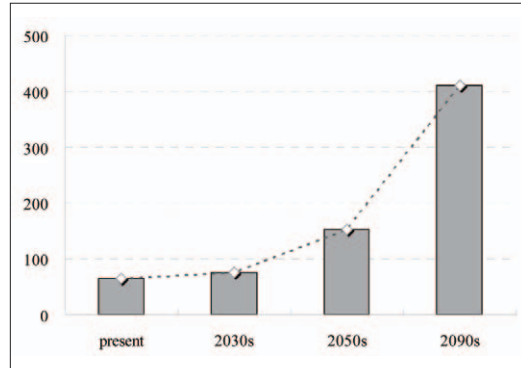


그림 3. 서울시 폭염에 따른 초과사망자

함에 따라 사망자수가 증가하는 등 고온에 의한 건강영향이 큰 것으로 분석되었으며, 국·내외 폭염 대응계획 등에서 규정하는 대표적인 폭염 취약계층인 65세 이상 인구수, 독거노인수, 기초생활수급자수를 자치구별로 비교 분석하여 취약인구를 평가하였다. 서울시 자치구별로 비교한 결과 노원구, 성북구, 강서구, 송파구, 은평구가 45,000명 이상으로 65세 이상인구수가 많아 폭염 취약인구가 많은 것으로 나타났으며, 중구, 종로구, 금천구가 22,500명 미만으로 나타났다(그림 4a).

폭염에 취약한 65세 이상 인구 중 독거노인의 경우 절대적으로 누군가의 도움에 의존할 수밖에 없어 수발요구가 높은 취약대상이다(안수연, 2007). 서울시 구별 독거노인수는 노원구, 강서구, 성북구, 중랑구 등이 가장 많아 65세 이상 인구 현황과 비슷한 경향을 보이고 있다(그림 4b).

기초생활수급자수는 도시빈곤계층으로 고온에 취약한 주거환경으로 폭염에 쉽게 노출되어 있으며, 에어컨 등 냉방기의 이용이 어려워 폭염에 대응하는 것이 쉽지 않다. 따라서 기초생활수급자수 역시 폭염 취약계층으로 규정할 수 있으며, 기초생활수급자수가 많은 자치구에 경우 폭염 취약인구가 많다고 할 수 있다. 기초생활수급자수의 경우 노원구, 강서구, 은평구 등이 10,000명 이상으로 가장 많이 분포하고 있어 폭염취약계층이 많은 것으로 나타났으며 서초구, 종로구, 중구는 기초생활수급자수가 4,000명 이하로 상대적으로 취약인구가 적

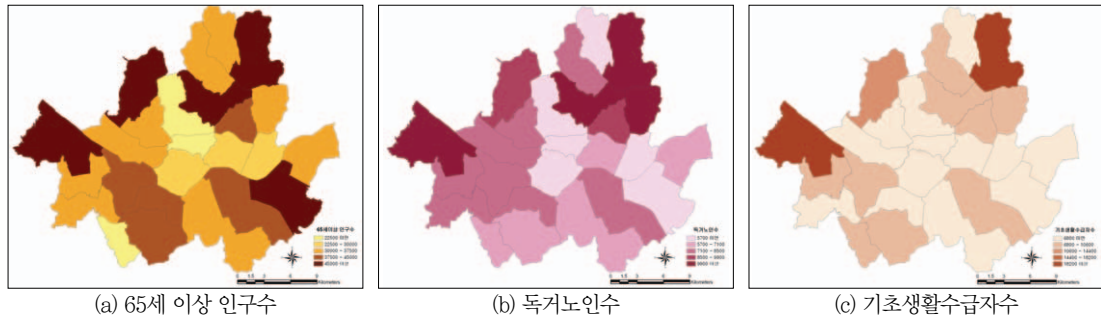


그림 4. 폭염 취약요인 인자

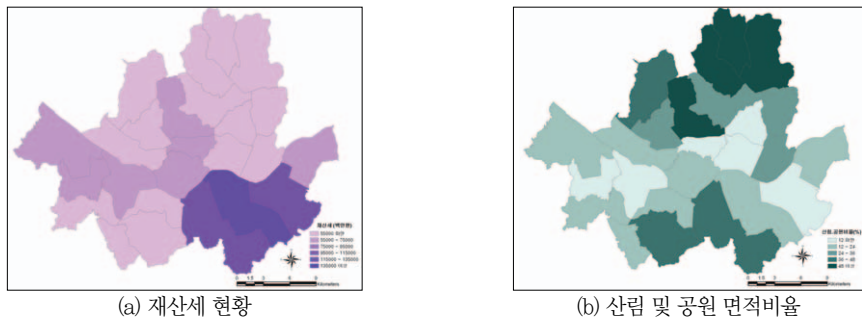


그림 5. 폭염 적응요인 인자

은 것으로 나타났다(그림 4c).

재산세는 자치구의 재정활동에 필요한 자금을 자체적으로 해결할 수 있는 경제적 능력을 의미한다고 할 수 있으며, 폭염에 효과적으로 대응하기 위해서는 자치구의 경제적 능력이 중요하다. 따라서 재산세가 많을수록 자치구의 폭염 적응능력이 높다고 할 수 있다. 재산세는 강남구, 서초구, 송파구 등 동남쪽 지역이 1,000억 원 이상으로 많게 나타났으며 특히 강남구의 경우 다른 지역보다 약 최소 1.5배에서 최대 6배나 많아 적응능력이 높은 것으로 나타났으며, 강북구, 금천구, 도봉구, 중랑구, 은평구는 400억 원 이하로 상대적으로 적게 나타났다(그림 5a).

산림·공원면적과 같은 녹지면적은 도시지역 내 온도를 저감시키는 효과가 있다(윤민호와 안동만, 2009). 온도 저감 요인은 기후변화 적응능력에 해당되기 때문에 산림·공원면적비율이 클수록 지역의 폭염 적응능력이 높다고 할 수 있다. 강북구, 도봉구, 종로구, 노원구, 은평구, 관악구의 산림·공원면적비율은 전체면적의 40%이상으로 크게 나타났으며, 북한산, 관악산 등 대부분 산지와 접해있는

지역이다. 이와는 달리 영등포구, 중구, 양천구는 산림·공원면적비율이 전체면적의 10% 이하로 다른 지역에 비해 낮은 것으로 나타났다(그림 5b).

서울시 폭염영향에 대한 취약요인과 적응요인을 분석한 결과, 폭염영향에 취약한 영등포구, 강남구 등은 취약요인인 65세 이상 인구수, 독거노인수, 기초생활수급자수는 상대적으로 낮았으나 영등포구의 경우 산림 및 공원면적비율이 가장 낮게 분포하고 있어 폭염영향에 대한 장기적인 대책 수립이 필요하다. 특히, 폭염영향이 높은 송파구의 경우 65세 이상 인구에 대한 폭염대책 마련과 함께 도시지역 내 녹지확보 등의 중장기적인 적응대책이 필요하다. 반면, 폭염영향이 상대적으로 낮은 도봉구, 종로구, 관악구 등은 취약계층의 비율이 상대적으로 높으므로 취약계층을 대상으로 하는 적응대책 수립이 중요하다(표 1).

3. 서울시 폭염 적응대책 수립

서울시는 폭염에 대비하기 위하여 자치구별로 무더위 쉼터(Cooling Center)를 지정하여 운영 및 관

표 1. 서울시 구별 폭염영향 취약요인과 적응요인 분석

폭염 취약 정도	순 위	영 향	취약 요인			적응요인*	
		2030년대 일평균기온	65세이상 인구수	독거 노인수	기초생활 수급자수	재산세	산림·공원 면적비율
상위 5개 취약지역	1	송파구	노원구	노원구	노원구	강북구	영등포구
	2	강동구	성북구	강서구	강서구	금천구	중구
	3	영등포구	송파구	성북구	은평구	도봉구	양천구
	4	강남구	은평구	중랑구	중랑구	중랑구	동대문구
	5	동대문구	강서구	은평구	관악구	은평구	송파구
하위 5개 취약지역	21	도봉구	광진구	종로구	도봉구	영등포구	은평구
	22	종로구	용산구	도봉구	용산구	중구	노원구
	23	노원구	금천구	송파구	중구	송파구	종로구
	24	관악구	종로구	용산구	종로구	서초구	도봉구
	25	성동구	중구	중구	서초구	강남구	강북구

* 적응요인은 적응능력이 높을수록 취약성이 낮고, 낮을수록 높다고 설정

리하고 있다. 무더위 쉼터는 평소 노인들이 자주 활용하고 쉽게 이용할 수 있는 일상생활 공간 주변에 위치한 장소를 활용하여 지역 특성에 맞게 탄력적으로 주민자치센터, 보건소, 노인관련시설 등을 활용하여 운영하고 있다. 서울시는 2010년 현재 163,988명을 수용할 수 있는 3,019개의 무더위 쉼터를 지정하였으며 특히 노원구, 양천구, 강서구, 송파구 등이 많은 무더위 쉼터를 지정·운영하고 있다. 구로구, 강남구, 서초구, 도봉구 등은 무더위 쉼터가 60개 이하로 다른 자치구 보다 적은 것으로 나타났다.

무더위 쉼터는 자치구별 지정 현황과 운영·관리 실태 등에 따라 폭염에 대비할 수 있는 적응능력이 다르다고 할 수 있다. 따라서 단순히 무더위 쉼터의 지정개소 및 수용인원을 통하여 자치구별 폭염 적응능력을 판단하는 것이 어렵다. 무더위 쉼터는 폭염 대피장소로서 인원과 장소를 수용할 수 있는 냉방기기의 설치가 중요하나 현재 서울시 쉼터 중 293개는 에어컨이 구비되어 있지 않다. 특히 노원구와 은평구는 폭염 취약계층인 독거노인수는 많으나 지정된 쉼터의 약 40%가 에어컨이 없어 폭염 대피장소로서의 역할을 수행하지 못하고 있다. 반면 강남구와 서초구의 경우 독거노인수는 많지 않으나 다른 자치구에 비하여 폭염영향이 커서 취약계층에 대한 대책이 중요하다. 특히, 지정된 무더위 쉼터의

개수가 적을 뿐만 아니라 대부분 아파트 단지내에 위치한 노인정 등에 지정되어 있어 무더위 쉼터 필요로 하는 취약계층의 활용도는 매우 낮은 것으로 평가되었다.

따라서 무더위 쉼터의 지정에 대한 기준 및 관리 대책이 필요하며 적극적인 홍보를 통하여 폭염 대비 정책으로서의 역할을 효과적으로 수행하여야 한다.

그 밖에 서울시의 경우 폭염발생시 폭염으로 인한 영향에 신속하게 대응하기 위한 대책으로 폭염 경보 신속 전달체계를 구축하고 있으며 폭염시 독거노인을 방문하여 건강관리를 지원하는 사업 등을 현재 폭염과 관련한 다양한 대책을 시행하고 있다. 하지만 이러한 폭염관련 적응대책 수립은 하드웨어적인 요소와 소프트웨어적인 요소, 단기와 중·장기 대책을 체계적으로 수립할 필요가 있다. 따라서 서울시 기후변화 적응대책은 폭염 예·경보 시스템 및 감시체계 구축, 폭염 대피시설 기능 및 성능 강화, 폭염 취약계층 집중 보호 및 관리대책 수립, 폭염 영향을 고려한 도시계획 기준 정립으로 구분하였다.

폭염 예·경보 시스템 및 감시체계 구축을 위해서는 기후와 그에 따른 건강영향의 꾸준한 모니터링이 필요하며, 도시 특성을 고려한 정확한 예·경보 시스템과 정보전달체계는 폭염영향에 따른 피해를 효과적으로 저감할 수 있다. 이와 함께 폭염에 취약한 65세 이상 노인, 독거노인, 심·뇌혈관질환

표 2. 서울시 무더위 쉼터 지정현황 및 독거노인수

자치구	수용인원(명)	지정개소	에어컨보유현황(개소)		독거노인수	수용인원 - 독거노인
			유	무		
종로구	5,843	76	73	3	5,377	466
중구	3,790	63	62	1	4,317	-527
용산구	6,286	104	104	0	4,329	1,957
성동구	11,177	153	142	11	6,167	5,010
광진구	6,940	111	92	19	5,397	1,543
동대문구	8,321	138	138	0	8,848	-527
중랑구	6,020	65	65	0	10,091	-4,071
성북구	5,717	172	149	23	10,319	-4,602
강북구	5,773	111	111	0	7,233	-1,460
도봉구	3,930	56	56	0	5,068	-1,138
노원구	8,860	239	133	106	11,347	-2,487
은평구	3,144	103	65	38	9,860	-6,716
서대문구	8,199	113	110	3	8,103	96
마포구	5,226	142	142	0	8,008	-2,782
양천구	10,744	201	201	0	7,503	3,241
강서구	7,844	198	189	9	10,531	-2,687
구로구	2,375	52	52	0	7,108	-4,733
금천구	943	78	68	10	6,898	-5,955
영등포구	10,487	190	139	51	8,086	2,401
동작구	14,260	139	135	4	7,528	6,732
관악구	13,681	156	147	9	6,469	7,212
서초구	1,950	51	50	1	5,831	-3,881
강남구	1,960	58	57	1	7,802	-5,842
송파구	4,644	192	192	0	4,674	-30
강동구	5,874	148	144	4	6,924	-1,050

자 및 폭염 발생시 옥외 근로자 등의 취약계층에 대한 보호 및 관리 대책 수립이 필요하다. 이러한 취약계층을 보호·관리하기 위해서는 도우미 프로그램 운영 및 취약계층 관리기관 종사자 교육이 수반되어야 한다. 그밖에 하드웨어적인 요소로서 무더위 쉼터와 같은 폭염 대피시설 설치가 필요하다. 무더위 쉼터 활성화를 위해 설치기준 및 운영방안을 마련이 필요하다.

마지막으로 중·장기적인 대책으로서 폭염저감형 도시계획 기준을 제시할 필요가 있다. 폭염피해를 줄이기 위한 도시계획 및 건물 디자인을 개발하여 보급하고 폭염에 취약한 주거환경을 개선할 필요가 있다. 또한, 옥상녹화 등 인공지반녹화 뿐만 아니라 가로수, 공원 조성 등 도시지역 내 녹지증가를 통해

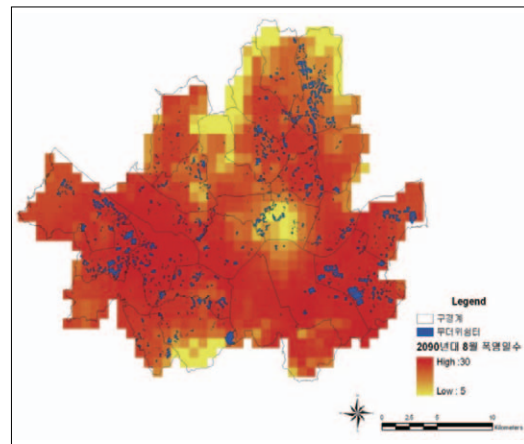


그림 6. 서울시 무더위 쉼터 지정 현황

도시온도를 저감하는 방안을 수립하여야 한다.

표 3. 서울시 폭염 적응대책

적응대책	단기	중·장기	비고
I. 폭염 예·경보 시스템 및 감시체계 구축			
- 폭염관련 환자·초과사망자에 대한 신속 조사 및 모니터링 시스템 구축	○	○	신규
- 폭염 예·경보시스템 개발 및 운영	○	○	기존/개선
- 폭염 경보에 따른 신속 정보 전달체계 구축	○		기존
- 폭염대비 국민 행동요령·건강관리 매뉴얼 보급 및 교육	○		기존
II. 폭염 취약계층 집중 보호 및 관리 대책 수립			
- 옥외 근로자 보호대책 강화(무더위 휴식 시간제 등)	○		기존/개선
- 취약계층을 위한 도우미 및 관리 프로그램 운영	○		기존
- 취약계층 관리기관 종사자 교육	○		기존
III. 폭염 대피시설 기능 및 성능 강화(무더위 쉼터 등)			
- 폭염 대피시설 지정 기준 및 운영 방안 마련	○		개선/신규
- 폭염 대피시설 관리 및 홍보 대책 수립	○	○	개선/신규
IV. 폭염 영향 저감을 위한 도시계획 기준 정립			
- 폭염 피해 예방을 위한 도시계획 및 건물디자인 개발 보급	○	○	신규
- 생활권 녹지 조성 및 인공지반녹화 사업 추진	○	○	기존/개선
- 폭염에 취약한 주거환경 개선사업 지원	○	○	기존

IV. 결론

서울시 기후변화 적응대책 수립을 위해 폭염 영향 및 취약성 평가를 실시하였다. 영향 및 취약성 평가 시 서울시의 과거자료 및 지형적 특성 등을 반영하여 2030년대, 2050년대, 2090년대 폭염 영향을 예측·평가하였다. 또한, 폭염 영향으로 인한 초과사망자를 분석하고 취약지역 및 취약계층 분석을 위해 인문사회경제학적인 요인과 연계함으로써 취약요인과 적응요인을 검토하였다. 서울시 기후변화 적응대책 수립시 기존의 서울시 기후변화 적응관련 대책과 국가 기후변화 적응대책과 연계하여 향후 기후변화 적응대책을 통해 폭염영향과 같은 불확실한 미래에 대해 적응 역량을 높이도록 하였다.

현재 서울시는 기후변화 적응관련 대책이 각 부서별로 시행되고 있으나 관련 부서와의 협조 및 시행결과에 대한 평가가 필요하다. 따라서 향후 기후변화 적응대책 시행을 위해 TF를 구성하여 대책을 시행하고 이에 대한 평가를 통해 대책에 대한 보완이 필요하다.

본 연구는 서울시 폭염영향을 대상으로 적응대책을 수립하였기 때문에 향후 생태계, 물관리, 사회적

반시설 등 기타 적응분야에 대한 적응대책 수립이 연계될 필요가 있다. 또한, 정부와 지자체 적응대책의 연계성 확보 및 시민들의 적극적 참여를 위하여 정부, 지자체, 전문가, 지역시민 간의 거버넌스 구축이 필요하다. 이를 위해 광역 및 기초지자체 담당 공무원을 비롯하여 범국민을 대상으로 하는 교육 및 홍보가 중요하다.

사 사

본 연구는 환경부 「2010년도 기후변화 적응」 지자체 기후변화 영향평가 및 적응대책 수립·지원 사업에 의해 수행된 결과의 일부로서 지원해주신 환경부와 한국환경정책·평가연구원에 감사드립니다.

참고문헌

김소연, 2004, 기후변화로 인한 여름철 폭서현상이 사망률에 미치는 영향, 아주대학교 의학박사 학위논문.
 박정임 등, 2005, 기후변화가 건강에 미치는 영향 및 적응대책 마련- 이상고온으로 인한 초과

- 사망률 연구를 중심으로, 환경부.
- 윤민호, 안동만, 2009, 위성영상을 이용한 도시녹지의 기온저감 효과 분석, 한국조경학회지 37(3), 46-53.
- 윤진일, 최재연, 안재훈, 2001, 일별 국지기온 결정에 미치는 관측지점 표고영향의 계절변동, 한국농림기상학회지2(4), 175-182.
- 이동근, 윤소원, 오승환, 장성완, 2005, 옥상녹화조성에 따른 온도저감효과에 관한 연구 -서울대학교 실험구를 중심으로-, 한국환경복원녹화기술학회지 8(6), 34-44.
- 한국환경정책·평가연구원, 2011, 우리나라 기후변화의 경제학적 분석(II), 환경부.
- IPCC, 2007, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Summary for Policymakers (SPM).
- Koo, G. S., K. O. Boo, and W. T. Kwon, 2009, Projection of temperature over Korea using an MM5 regional climate simulation, Climate research. 40:241-248
- Shabalova, M.V., W.P.A. van Deursen, and T.A. Buishand, 2003, Assessing future discharge of the river Rhine using regional climate model integrations and a hydrological model, Climate research 23, 233-246.

최종원고채택 12. 02. 06