

환경보호 및 사회복지 예산과 기후 회복력의 관계: 고령층 폭염 질환 사망률을 중심으로

김소희* · 김홍석** · 김소윤* · 최상원†

*서울대학교 농경제사회학부 지역정보학전공 박사수료,

**서울대학교 농경제사회학부 지역정보학전공 교수 및 농업생명과학연구원 겸무연구원

Environmental protection, social welfare, and climate resilience: Addressing heat illness mortality in elderly populations

Kim, Sohee* · Kim, Brian H.S.** · Kim, Soyeon* and Choi, Sangwon*†

*Ph.D Candidate, Program in Regional Information Studies, Department of Agricultural Economics and Rural Development, Seoul National University, Seoul, Korea

**Professor, Program in Regional Information Studies, Department of Agricultural Economics and Rural Development, Research Institute of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul, Korea

ABSTRACT

The phenomena of extreme weather due to climate change and changes in population structure will become important issues as the elderly population, who are particularly vulnerable to climate change, continues to increase. Recognizing the damage caused by climate change, it is necessary to enhance the climate resilience of local governments to mitigate and prevent such damage. Furthermore, efficient allocation of budgets is essential for the establishment of policies and infrastructure by local governments to improve climate resilience. Accordingly, this research analyzed the relationship between the reduction of heatwave mortality rates in the elderly population and budgets for social welfare and environmental protection, as a preemptive response to potential damage related to climate change and demographic changes. Analyzing ten years of financial, demographic, heat index, and mortality rate data from 227 cities through panel analysis revealed a positive correlation between higher social welfare and environmental protection budget proportions and improved climate resilience. This increase in budget proportion had a negative relationship with heatwave mortality rate among the elderly population, indicating the necessity of increasing the share of these budgets to improve climate resilience. These results have major implications for policy formulation to address climate change and demographic shifts.

Key words: Social Welfare Budget, Environmental Protection Budgets, Climate Resilience, Heat Illness Mortality, Elderly Population

1. 서론

전 세계적으로 발생하는 이상기후 현상은 기후변화에 대한 대비가 필요함을 시사한다. 이상기후는 농수산업, 생태와 같은 자연적 영역을 넘어 도시, 방재 등 여러 영역에

서 새로운 문제를 야기한다(Mahato, 2014; Salimi and Al-Ghamdi, 2020). 평균 기온의 상승 및 폭염은 자연 생태의 급격한 변화를 야기해 식량 안보에 영향을 주며 (Wheeler and von Braun, 2013), 홍수와 같은 자연재해의 증가는 사회기반시설의 피해를 발생시킨다. 이에 2015년

†Corresponding author : cswhg1@snu.ac.kr (Program in Regional Information Studies, Department of Agricultural Economics and Rural Development, Seoul National University, Seoul 08826, Korea. Tel. +82-2-880-4639)

ORCID 김소희 0009-0004-3481-2733
김홍석 0000-0002-8929-2710

김소윤 0009-0002-4174-1297
최상원 0000-0002-0872-819X

파리에서 열린 기후변화 당사국총회에서 195개 당사국은 기후 위기 대응을 위한 목표를 설정하였으며, 이행 사항을 투명하게 점검하고자 5년마다 스스로 정한 기여 목표를(NDC, Nationally Determined Contribution) 제출하는 협의안을 도출하였다. 한국 역시 지난해 4월 탄소중립 녹색성장 기본계획안을 심의하면서, 2030년까지 국가 온실가스 감축을 2018년 대비 40%를 감축하겠다는 목표와 이행을 위한 청사진을 발표한 바 있다.

한국 사회가 경험하고 있는 인구구조의 변화는 기후 위기 대처를 위한 또 하나의 논의점을 보여준다. 한국은 저출산, 고령화 문제를 겪고 있는 나라이다. 2020년부터 발생한 인구 자연 감소 추세는 현재까지 발생하고 있어, '고령화 사회'에서 '초고령화 사회'로 전환을 가속화하고 있다. 그러나 65세 이상 인구가 20% 이상을 차지하는 초고령화 사회에 진입한 이후에도, 대체출산율에 못 미치는 현재 상황은 2070년경 전체 인구의 약 절반이 65세 이상이 될 것임을 암시한다(Statistics Korea, 2021). 그러나, 신체적 노화로 인해 기후 취약 계층으로 분류되는 고령인구의 증가는 이들의 안전에 대한 대비책이 필요함을 보여준다.

기후변화는 고령인구의 건강에 부정적 영향을 미치는 것으로 보인다. 특히 폭염은 이들의 심혈관, 호흡기계 유병률과 사망률을 높이는 주요 요인으로 작용한다. 일례로, 40~50도의 폭염 현상으로 인해 500명 이상의 사망자가 발생한 2021년 캐나다에서는 이들 중 대부분이 65세 이상 고령자였던 것으로 나타났다(Henderson et al., 2022). 또한 100년만의 폭염으로 인해 평년 대비 높은 온열질환자 수를 기록한 2018년 한국에서는 전체 환자의 약 30%가 65세 이상인 것으로 나타났다(Park and Chae, 2020). 약 30년 뒤 서울의 폭염이 연평균 45.4일에 달할 것이라는 RCP 8.5 시나리오의 전망은 기후변화로 인해 지속적으로 증가할 고령자 피해에 대비할 당위성을 시사한다.

기후변화로 인한 고령인구의 피해에 대비하는 것은 지역사회의 기후회복력과 높은 연관성이 있다. 기후회복력은 기후변화와 관련된 위험 사건, 추세 또는 교란에 대처할 수 있는 사회, 경제 및 환경 시스템의 역량을 의미한다. 이는 본질적인 기능, 정체성, 구조를 유지하면서 미래의 기후 위협에 대한 취약성을 줄이기 위한 학습과 변화를 수용하는 방식으로 대응하거나 재구성하는 것을 포함한다(IPCC, 2018). 현재 기후변화에 대비하기 위해 파리협정 및 탄소중립 2030과 같은 움직임이 활발한 상황에서, 예방과 적응, 대응 정책을 통해 이로 인한 피해를 최

소화하는 것은 필연적으로 도래할 기후변화 환경에서 우선시되어야 한다. 이에 기후 및 인구구조 변화로 고령인구의 폭염 피해가 점차 증가할 것으로 예상됨에 따라, 피해 대응 및 저감 대책 마련은 기후회복력 측면에서 중요한 한 축으로 볼 수 있다.

이에 본 연구에서는 지역사회 기후회복력 증진에 있어, 사회복지 및 환경보호 예산의 연관성을 파악하고 함의를 살펴보고자 한다. 한 지역사회의 기후회복력은 역량 및 예산과 깊은 관련이 있다. 높은 수준의 재정자립도와 자주는 지방자치단체의 성공적인 사업 추진 및 이행이라는 결과를 가져올 수 있다. 특정 용도를 위한 지역 예산의 배정은 행정, 안전, 교육 등 인프라의 향상을 위한 중요한 절차라고 할 수 있다. 이와 같은 맥락은 지역사회의 기후회복력 향상에 있어 관련 분야의 예산 배정이 필수적임을 시사한다. 기존의 연구들은 기후변화로 인한 피해와 기후회복력의 증진을 위한 영역별 대응책을 논의한 바 있다(Mahato, 2014; Salimi and Al-Ghamdi, 2020; Tyler and Moench, 2012). 그러나 피해를 저감하고 대응하기 위한 국가의 역할에 있어 가장 기초적이라고 할 수 있는 예산에 대한 논의는 상대적으로 부족한 것으로 보인다.

기후회복력을 위한 녹색 인프라 구축, 혹서기 대응을 위한 주택 개조 등의 정책이 환경보호 예산과 사회복지 예산을 통해 시행될 수 있음을 감안한다면, 지역사회의 기후회복력 증진을 위해 두 예산의 중요성을 실증적으로 분석할 필요성이 있는 것으로 보인다. 또한 인구구조 변화, 기후변화와 같은 한국이 처한 상황을 고려하면 고령인구의 폭염 사망률 감소는 기후회복력의 증진에 있어 필수적으로 고려할 사안으로 보인다. 이에 본 연구에서는 사회복지예산과 환경보호 예산 비율 증가가 기후회복력 증진에 밀접한 연관성이 있음을 고령인구 폭염 사망률을 통해 밝히고자 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 선행연구를 통해 사회복지 및 환경보호 예산이 기후회복력과 어떻게 연관될 수 있는지 살펴본다. 3장에서는 한국의 기후 및 인구구조 변화를 탐색하여, 향후 기후변화와 인구구조의 변화가 한국에 어떠한 문제를 가져올 수 있는지 보고자 한다. 4장에서는 분석자료 및 방법을 포함한 연구 방법을 설명하며 5장에서는 분석 결과를 서술하고자 한다. 결론인 6장에서는, 기후회복력에 있어 지역의 사회복지 및 환경보호 예산 비중의 중요성과 연구의 한계점을 논의하고자 한다.

2. 선행연구

2.1. 기후회복력 정의 및 현황

생태학적 맥락에서 출발한 회복력은 생태계가 외부 충격으로부터 회복하는 능력을 의미한다(Holling, 1973). 기후회복력은 기후변화에 대응하기 위해 이를 차용한 것으로, 인간 사회의 능력을 포함하는 개념으로 확장되었다. 국제사회는 기후 변화 적응 및 완화를 위해 기후회복력의 중요성을 강조하고 있으며(ADRC, 2015; UN, 2015), 이와 같은 기조에 따라 감축 정책 및 기술 발전에 따른 탄소배출 시나리오에 기반한 탄소 저감 기술 및 정책이 연구되기 시작하였다(Baek et al., 2013; Hewitt et al., 2021).

국내의 기후회복력에 관한 연구는 주로 자연재해로 인한 도시의 피해를 복원하는 것에 초점을 맞추고 있다. Kim, Jung et al. (2018)은 기초지자체 수준에서 도시의 회복력을 평가하기 위해 사회적 회복력 및 경제적 회복력, 생태적 지표를 선정하였으며, 이를 토대로 도시 회복력 증진을 위한 정책적 시사점을 제시하였다. 같은 맥락에서, Lee et al. (2017)은 기후변화 대응을 위한 도시계획의 우선순위를 도출하였으며, 이를 통해 인프라 확충과 오염물질 관리 시스템 개발의 필요성을 확인하였다. 또한 Kim, Lee et al. (2018)은 도시의 수재해 대응 수준 평가와 대비를 위한 전략을 수립하였으며, 이를 통해 장기적인 대응 역량 및 평가 체계를 구축하였다. Lee et al. (2020)은 기후 취약계층의 회복력 증진을 위한 건물 진단 도구를 개발하여 도시의 기후변화 적응과 지속가능한 개발을 위한 정량적 평가 설계를 구축하였다. 이와 같은 도시의 기후회복력에 대한 연구들은 현 상황을 진단하고, 기후변화에 대응할 수 있는 역량 강화를 위해 지역의 제반 시설 확충이 필요함을 시사한다.

2.2. 기후 및 인구구조 변화에 따른 피해

한편, 기후변화가 초래하는 부작용은 도시의 피해뿐만이 아닌, 한국 사회의 인구구조 변화와 밀접한 연관성이 있다. 폭염에 따른 고온 현상은 심혈관계와 뇌혈관계에 영향을 미치며, 고온에 장시간 노출될 경우 열사병, 열탈진, 열실신, 열경련 등 열질환을 유발한다(Lee and Shin, 2014). 열질환은 항상성을 유지하는 체열 조절 능력이 감소함에 따라 발생하기 때문에, 면역체계가 약하거나 대응 자원이 부족한 저소득층 및 노년층, 유년층은 위험 가능한 인구로 분류된다. 특히 고령인구는 만성 질환 및 경제적

능력 저하, 의료 서비스를 포함한 사회적 자본에 대한 낮은 접근성으로 인해 폭염에 가장 큰 영향을 받는다(WHO, 2009). 국내의 경우에도 폭염으로 인한 사망자의 절반 이상이 60세 이상의 고령인구라는 선행연구의 결과를 통해 고령인구가 폭염의 취약계층으로서 이상기후에 대한 민감도가 높음을 알 수 있다(Jung et al., 2014; Kang et al., 2020; Kim et al., 2014). 더욱이 소득이 없는 노인이거나 독거노인일수록 폭염에 더욱 취약하기 때문에(Lee et al., 2014) 기후회복력 증진을 위해 복지적 측면에서의 대응 정책 또한 필요한 것으로 보인다. 즉, 기후 취약계층이 점차 증가할 한국의 상황은 기후변화에 대한 선제 대응의 차원에서 기후회복력 증진의 필요성을 암시한다.

2.3. 기후회복력을 위한 예산의 필요성

기후변화는 고령화로 인한 인구통계학적 변화와 함께 사회를 유지하는 데에 필요한 정부의 재정에도 영향을 미칠 것으로 보인다(OECD, 2021). 특히 이상고온현상은 의료비 지출을 증가시키고 노동생산성을 저하하는 등 생계, 건강, 인프라의 측면에서 부정적인 영향을 발생시킬 가능성이 높으므로 이를 완화할 수 있는 대책이 필요하다. 완화정책은 온실가스 감축을 통해 기후변화로 인한 영향을 감소시키는 정책으로 산림녹화 및 복원 등 탄소격리 조치를 수반한다. 하지만 완화정책으로 제공되는 온실가스 감축 서비스에 대해 개인의 사회·경제적 수준에 따라 접근하기 어려운 경우가 발생하므로 재정의 재분배를 통한 형평성 제고 또한 필요하다(Ko et al., 2021). 이에 지역사회 보건사업이 기후 적응에 기여하고 있으며(Chae et al., 2016), 특히 저소득인구나 고령인구의 비율이 높은 지역에서 폭염 대응 정책의 효과가 크다는(Yang and Yoon, 2020) 선행연구 결과는 기후변화 취약계층에 대한 지원이 필요함을 뒷받침한다. 또한 지역의 친환경 정책이 폭염 완화 효과를 높일 수 있다는 연구와(Kwon and Ahn, 2020), Asian Cities Climate Change Resilience network (ACCCRN)의 기후회복력 증진을 위한 지침(기반시설, 생태계, 역량, 제도)은 인위적 탄소 배출 저감과 대응 및 완화 정책의 결합이 병행되어야 함을 시사한다(Tyler and Moench, 2012).

이와 같이, 기존의 연구들은 기후변화가 도시와 신체에 어떠한 피해를 미치는지와 이를 완화하거나 대응하기 위한 방안은 무엇이 있는지를 밝힌 바 있다. 그러나 한국과 같이 급격한 인구구조 변화로 인해 기후 취약계층이 증가할 것으로 보이는 현재 상황은, 여러 정책을 시행함에 효

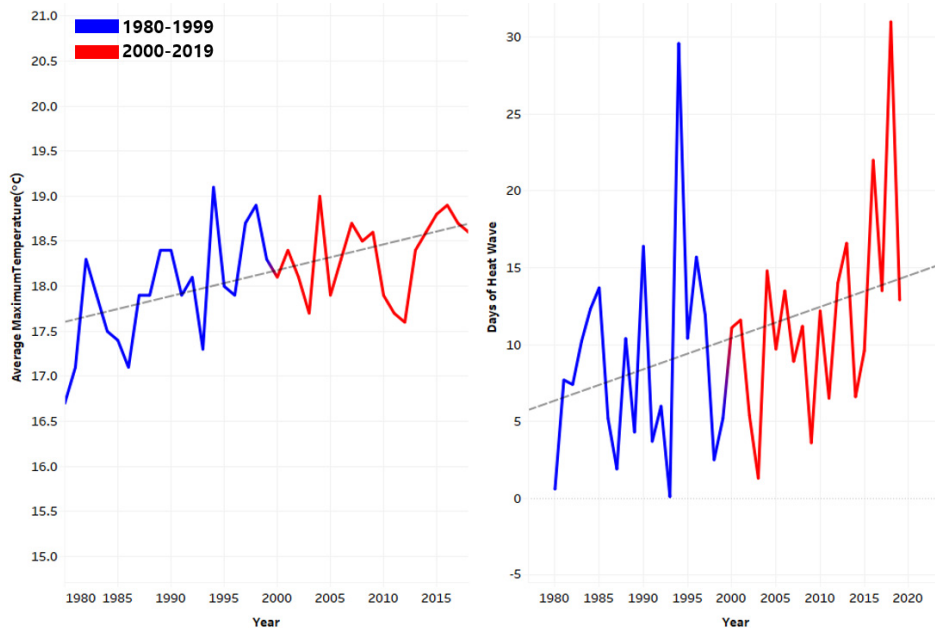
올적인 예산 분배가 선행되어야 함을 시사한다. 연령구조의 변화는 정책적 수요 변화를 견인하며, 기후변화는 중요한 변수로서 작용할 수 있기 때문이다. 이에 본 연구에서는 도래할 고령화 사회의 기후변화 대응을 위한 기후회복력 향상에 지역의 환경 및 복지에 대한 투자가 선행되어야 함을 밝히고자 한다.

3. 한국의 기후 및 인구구조 변화

지난 100년 동안 한국의 연평균 기온은 꾸준히 증가하고 있다. +0.18℃/10년에 달하는 기온의 상승폭으로 인해, 여름은 길어지고 겨울은 짧아진 계절의 변화가 발생하고 있다(Kim, Boo et al., 2018). 이는 폭염일수 및 평균최고기온의 증가로 이어져, 2000년 이전 20년에(1980~1999) 비해 이후 20년의(2000~2019) 평균 폭염일수는 약 3.1일, 평균최고기온은 약 0.43℃ 증가한 바 있다(Fig. 1). 수치상으로 0.1℃의 증가는 적어 보이나, 1℃ 또는 1.5℃ 증가가 생태계, 경제 및 농업에 미치는 영향과(IPCC, 2018; Zhao et al., 2017), 지구온난화가 점차 가속화되는 상황을

고려하면(Richardson, 2022) 한국은 근시일 내 기후변화로 인한 위기를 맞이하게 될 가능성이 높은 것으로 보인다.

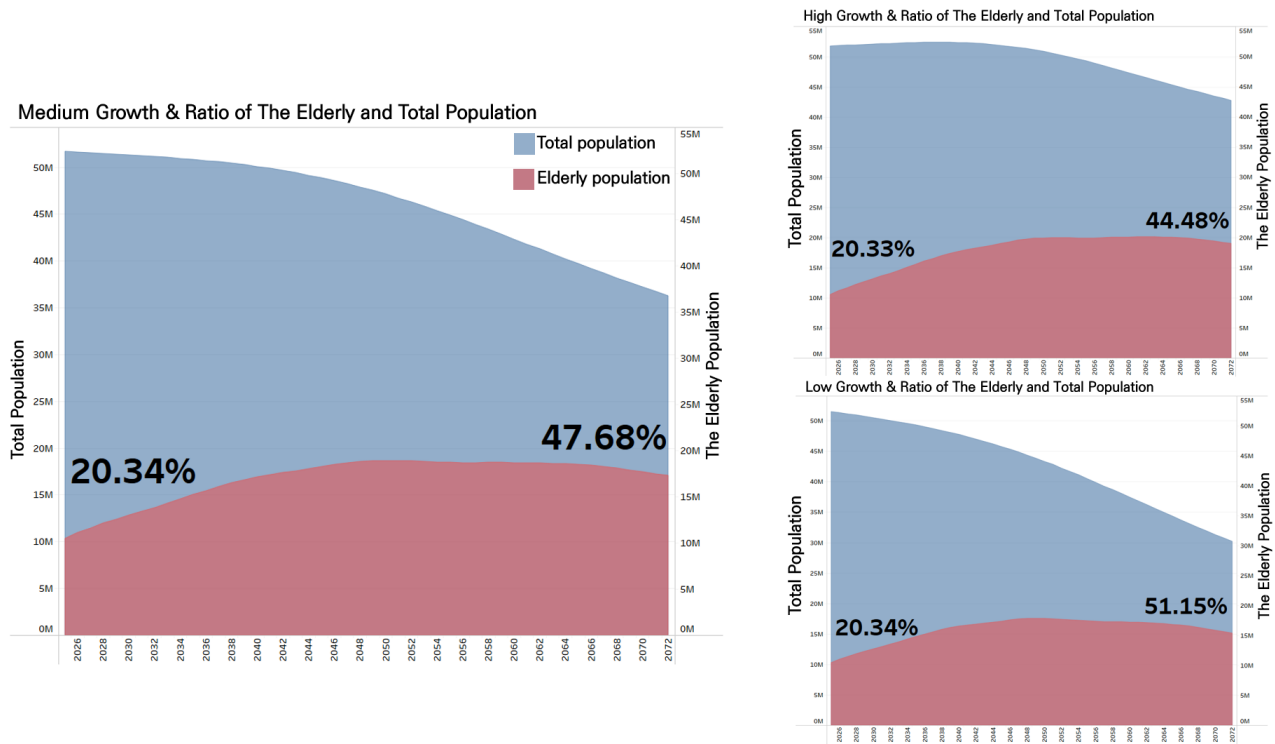
한편, 한국 인구구조 전망은 기후변화로 인한 피해를 최소화하기 위해 사회복지 및 환경영역의 투자가 필요함을 시사한다. 이는 폭염과 같은 이상기후가 65세 이상 고령인구의 건강에 악영향을 줄 수 있다는 점에 기인한다. Fig. 2는 2025년부터 2072년까지의 한국 전체 인구 및 고령인구 추계를 보여준다. 이는 고위, 중위, 저위 성장 시나리오로 구성되어 있는데,¹⁾ 모든 시나리오에서 2072년경 전체 인구의 약 절반이 고령인구로 구성될 것임을 알 수 있다. 이와 더불어 Fig. 3은 2019년 고령인구의 폭염관련 사망률과 지역별 고령인구 비율을 보여주는데, 이는 두 요인이 비수도권 및 비광역시에서 높은 수치를 보여 고령화와 경제력에 따른 지역 격차가 존재함을 보여준다. 이상기후가 고령인구의 건강에 부정적 영향을 줄 수 있다는 기존의 연구들과(Carnes et al., 2014; Schifano et al., 2009; Tian et al., 2013), 최근의 기후변화 및 탄소배출 시나리오를 종합하면, 한국의 기후변화로 인한 피해는 고령층의 보건의료 영역에서 유의미하게 발생할 것으로 보인다



source: author's compilation based on KMA (2023)

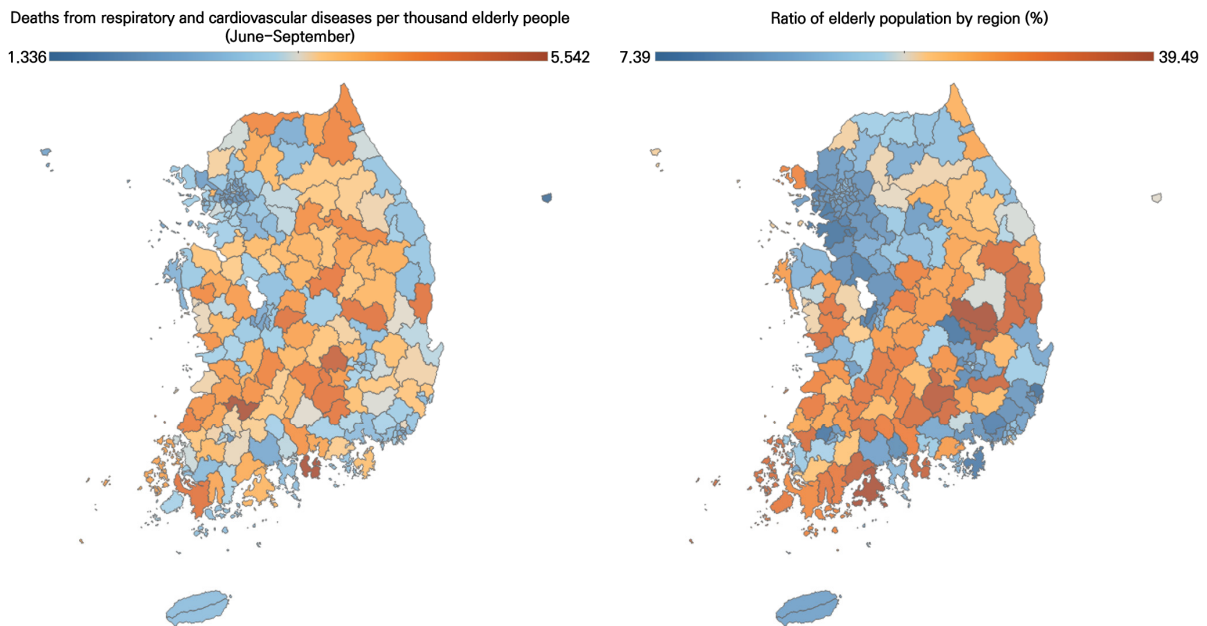
Fig. 1. Temperature change from 1980 ~ 2019
(Left: Average maximum temperature, Right: Number of heatwave days)

1) 성장 시나리오는 출산율 및 기대수명, 국제순이동의 ‘높음’, ‘중간’, ‘낮음’ 조합을 기준으로 통계청에서 작성된 사항임(Statistics Korea, 2021).



source: author's compilation based on Statistics Korea (2021)

Fig. 2. Population percentage change by scenarios, 2025 ~ 2072



source: author's compilation based on Statistics Korea (2021)

Fig. 3. Heat-related mortality rate and proportion of elderly population by region

*Dokdo was not marked on the map due to a lack of data.

다. 이와 더불어, 현재 고령층 폭염 위험이 지역에 따라 차등적으로 보이거나, 인구 시나리오의 결과는 전 지역에서 이에 대비해야 할 당위성이 있음을 암시한다. 도시 열 흡수원을 설치하거나 고효율 냉방시설을 지원하는 것들이 이들의 폭염으로 인한 질병을 막기 위한 것임을 고려하면, 장래 발생할 수 있는 피해 예방과 완화를 위해 환경복지와 사회복지 측면에서 노력이 필요함을 시사한다.

4. 연구방법

4.1. 자료의 시공간적 범위

지역의 환경보호, 사회복지 예산 지출 비중이 고령인구 폭염 사망에 영향을 미치는지 확인하기 위해 본 연구에서는 지역적 범위를 전국 227개 시군구로 설정하였다.²⁾ 시간적 범위의 경우 시간의 흐름에 따라 지역 예산 및 인구 구조, 기반 시설 등의 변화가 존재하므로 이를 반영하기 위해 각 시군구별 총 10년간(2010~2019)의 자료를 수집하였다. 또한 행정구역의 승격 및 통합, 명칭 변경을 반영하였다. 해당 행정구역 변경 사항은 아래 Table 1에서 확인할 수 있다.

4.2. 변수 설명

4.2.1. 분석대상

일반적으로 폭염이 신체에 미치는 영향은 심혈관계 및 호흡기계 질환으로, 현재까지 WHO의 보고서 및 여러 연

구는 기후변화에 따른 폭염의 발생이 고령층에게 더 치명적인 피해를 준다는 점을 밝힌 바 있다(Cheng et al., 2018; Fink et al., 2015; Tian et al., 2013; WHO, 2009; Norfolk, 2000). 전국적으로 폭염일수가 증가하는 상황에서, 고령층의 경우 면역력 저하 및 신체의 노화로 인해 주변 환경 변화에 따른 피해가 타 연령 계층보다 클 것으로 예상된다. Table 2는 Fig. 1과 더불어 여름철 고령인구의 심혈관계 및 호흡기계 사망자 수가 폭염일수와 유사한 증가세에 있음을 보여주며, Fig. 2와 더불어 고령인구의 폭염 관련 사망이 증가할 수 있음을 시사한다. 이에 본 연구는 65세 이상의 고령층을 대상으로, 지역의 환경보호, 사회복지 지출 비중이 해당 연령 계층의 폭염 질환 관련 사망률 감소에 유의미한 효과가 있는지 분석하려 한다. 또한 매년 6~9월의 온열질환에 의한 사망자 수가 타 시기에 비해 높은 점에 착안하여(Kim et al., 2014), 10년간의 시간 범위에서 각 연도의 지역별 6~9월 65세 이상 고령층의 폭염 사망자 수를 고령층 폭염 사망자 수로 설정하였으며, 해당 값을 지역별 65세 이상 인구수로 나누어 1,000을 곱한 값을 종속변수로 설정하였다.

4.2.2. 환경보호 예산 및 사회복지 예산

본 연구에서는 지방재정의 실질적인 반영을 위해 회계 간, 또는 광역, 기초자치단체 간 중복 부문을 공제한 최종 순계 값을 사용하였다. 사회복지 예산은 기초생활보장, 취약계층 지원, 보육·가족 및 여성, 노인·청소년, 노동, 보훈, 주택, 사회복지 일반 부문으로 구성되어 있다. 환경보호

Table 1. Changes in administrative districts by year

Year	Before	After
2010	Masan-Si, Changwon-Si, Jinhae-Si	Changwon-Si (Integrated)
2012	Dangjin-Gun	Dangjin-Si (Promoted)
2013	Yeoju-Gun	Yeoju-Si (Promoted)
2014	Cheongju-Si, Cheongwon-Gun	Cheongju-Si (Integrated)
2018	Incheon Nam-gu	Incheon Michuhol-gu (Changed)

Table 2. Elderly deaths from respiratory & cardiovascular diseases (June–September)

Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Deaths	17,808	18,022	18,170	18,414	19,094	19,939	21,180	22,241	23,580	23,401

a) This data corresponds to the 227 regions included in the scope of this study.

2) 자치시의 일반구를 제외한 시군구는 229개이나, 세종특별자치시의 경우 일부 시기의 데이터 부재(2012년 7월 1일 출범)로 인해 제외하였으며, 제주특별자치도의 경우 예산자료가 통합되어 제공되므로(제주시, 서귀포시) 총 227개의 시군구를 연구대상으로 설정하였다.

예산의 경우 상하수도·수질, 폐기물, 대기, 자연, 해양, 환경보호 일반 부문으로 구성되어 있다. 중앙정부는 각 지자체에 예산안을 편성하며, 지자체는 각종 정책 및 사업에 부문별 예산을 할당하여 집행하며, 각 예산 분야는 지역 추진 사업 및 인구구조, 사회·경제적 특성 등에 따라 시군구별 각기 다른 비율로 편성된다. 분야 내 부문별 예산 집행이 어떠한 세부 사업에 사용되었는지 파악함에 한계가 있으므로, 본 연구에서는 예산 내 특정 부문이 아닌 각 예산 분야 값을 사용하였다. 또한 물가상승률 통제와 지역의 사회복지와 환경보호에 대한 관심도를 반영하기 위해, 단순 예산 값이 아니라 전체 예산 대비 두 분야 비중을 변수로 사용하였다.

4.2.3. 열지수

Steadman (1979)에 의해 개발된 열지수는 사람이 실제 느끼는 더위를 나타내는 지수로, 기온과 상대습도의 조합으로 산출된다. Table 3은 미 기상청에서 제공하는 열지수 범위별 인체에 미치는 영향이다(National Weather Service, [date unknown]).

본 연구는 사망자 수 산출의 범위가 연중 온도 및 습도가 상대적으로 높은 하절기를 선정하였으므로, 시군구별 폭염을 반영함에 열지수를 채택하였다. 열지수는 다음 식(1)과 같이 화씨(°F)와 상대습도(RH)를 통해 산출한다(Steadman, 1979).

$$\begin{aligned}
 \text{Heat Index} = & -42.379 + 2.04901523 * T + 10.14333127 * RH \\
 & - 0.22475541 * T * RH \\
 = & -0.00683783 * T * T - 0.05481717 * RH * RH \\
 & + 0.00122874 * T * T * RH \\
 & + 0.00085282 * T * RH * RH \\
 & - 0.00000199 * T * T * RH * RH
 \end{aligned}$$

$T = ^\circ\text{F}$
 $RH = \text{Relative Humidity}$

(1)

각 시군구의 열지수를 산출함에 필요한 자료인 기온 및 상대습도는 기상청 기후정보 포털에서 2010~2019년 6~9월의 월별 단위로 구득하였다. ‘폭염’에 의한 고령층의 사망에 집중하므로 월별 최고온도를 사용하였으며, 열지수 수식과의 일치성을 위해 섭씨온도에서 화씨로 변환하였다. 이후 각 연도의 여름철 평균 최고기온, 평균 상대습도를 계산하여 최종적으로 그 해의 하절기 열지수를 산출하였다.

4.2.4. 지역자료

본 연구에 사용된 지역자료의 경우 선행연구에 기반하여, 심혈관계 및 호흡기계 질환을 유발하는 요인과 이를 상쇄할 수 있는 의료요인, 지역 열 배출 및 흡수 요인을 고려하였다. 또한 고령인구를 대상으로 하는 점에 착안하여 지역내 65세 이상 인구 비율을 고려하였다(Table 4).

우선, 지역 열 흡수 요인으로는 도시 내 열섬현상 해결 방안으로 고려되는 공원면적 비율을 사용하였다. 두 요인의 경우 기 수행된 연구에서 도시 내 열섬 저감 효과를 실질적으로 분석하며 열섬효과 완화를 위한 방안으로 연구되고 있으므로, 폭염의 완화효과로 인해 고령자 폭염 관련 질환 사망에 음(-)의 연관성을 띠 것으로 예상된다(Park and Cho, 2016; Yang and Heo, 2021; Yoon and Ahn, 2009). 해당 변수들은 국토교통부 지적 통계를 기준으로 수집하였으며, 행정구역 면적 대비 비율로 보정하여 활용하였다.

대기 오염물질 배출시설은 지역내 주민들의 심혈관계 및 호흡기계 질환 유발 요인으로 사용하였다. 대기 오염물질 배출시설은 1~5종 사업장으로 구성되어 있으며, 「대기환경보전법」³⁾에 따라 다음과 같이 구분된다. 1종 사업장은 대기오염물질 발생량의 합계가 연간 80톤 이상, 2종 사업장은 연간 20톤 이상 80톤 미만, 3종 사업장은 연간

Table 3. Effect of the heat index

Classification	Heat Index	Effect on the body
Caution	80°F–90°F (Around 27–32°C)	Fatigue possible with prolonged exposure and/or physical activity
Extreme caution	90°F–103°F (Around 32–41°C)	Heat stroke, heat cramps, or heat exhaustion possible with prolonged exposure and/or physical activity
Danger	103°F–124°F (Around 41–54°C)	Heat cramps or heat exhaustion likely, and heat stroke possible with prolonged exposure and/or physical activity
Extreme danger	125°F or higher (Around 54°C or higher)	Heat stroke highly likely

Source: National Weather Service [date unknown]

3) 대기환경보전법 제25조(사업장의 분류) 및 대기환경보전법 시행령 제13조(사업장의 분류기준)

Table 4. Description of variables

	Variable	Description
Dependent variable	Number of heat-related illnesses deaths among the elderly population (per 1,000 ppl., HID_EP)	(Number of deaths from cardiovascular and respiratory diseases among residents aged 65 and over within the area from June to September) / (Number of registered residents aged 65 and over within the area)*1,000
Independent variable	Social Welfare Budget Ratio(%) (SW_BR)	(Final net total of social welfare expenditure within the area / Final net total of all sector expenditures within the area)*100
	Environmental Protection Budget Ratio(%) (EP_BR)	(Final net total of environmental protection expenditure within the area / Final net total of all sector expenditures within the area)*100
Control variable	Elderly Population Ratio(%) (EPR)	(Number of registered residents aged 65 and over within the area / Total number of registered residents within the area)*100
	Park Area Ratio(%) (PAR)	(Park area within the region / Total administrative area of the region)*100
	Heat Index (HI)	Calculated based on the average highest temperature (in Fahrenheit) and average humidity within the region from June to September.
	Number of Air Pollution Emission Facilities (per 10,000 ppl. N_APEF)	(Number of air pollution facilities within the region / Total number of registered residents within the area)*10,000
	Number of Medical Personnel (per 1,000 ppl., N_MP)	(Number of medical personnel within the region / Total number of registered residents within the area)*1,000
	Number of annual average population within the region (POP)	The population as of July 1st of the specified year utilized as the representative population figure for the entire year
	Gross Regional Domestic Product (unit: 100 billion, GRDP)	The size of a region's economy (In constant 2015 Korean Won)

10톤 이상 20톤 미만, 4층 사업장은 2톤 이상 10톤 미만, 5층 사업장은 연간 2톤 미만으로 정의된다. 대기오염이 심혈관계 및 호흡기계 질환 유발원이 된다는 점과 고령층 인구에서 대기오염으로 인한 사망 및 발병의 위험도가 더 높다는 점을 감안하면, 본 요인은 양(+)의 연관성을 띠 것으로 예상된다. 또한 해당 요인의 지역별 편차와 오염물질 배출시설에 노출되는 인구 규모를 고려하여, 변수의 영향력이 과대평가 및 왜곡되지 않도록 만 명당으로 구성하였다.

의료인력 수는 지역별 의료 수준을 의미하는 변수로써 사용하였다. 해당 요인은 지역내 의료 서비스에 대한 접근성을 나타낼 수 있으며, 지역사회 건강 수준에 영향을 주므로(Park E, 2012) 폭염 관련 질환에 있어 음(-)의 연관성을 띠 것으로 예상된다. 또한 의료인력 자원에 대한 지역 불균형 및 의료수요 미충족이 또 하나의 문제로 인식되고 있는 상황과(Park K, 2012) 주로 비수도권에서 65세 이상 인구 비율이 높은 점을 고려하면, 의료 서비스에 소외된 지역에서 고령인구의 사망률이 상대적으로 높을 것

으로 보인다.

또한 지역 규모를 반영하기 위해 지역내 연안인구 수와 지역내총생산(GRDP)을 고려하였다. 의료자원 분포가 주로 인구수가 많은 대도시 및 수도권에 집중되어 있는 점을 고려하면 해당 요인은 음(-)의 연관성을 띠 것으로 예상된다. 또한 지역의 경제력이 높을수록 노인복지예산과(Lee, 2015) 환경 시설에 대한 접근성이 높아질 것이라는(Myong, 2017), 선행연구에 따라, 이 또한 음(-)의 연관성을 띠 것으로 보인다.

4.3. 기초통계량 및 상관분석

변수들의 기초통계량을 보여주는 Table 5는 변수들의 전체 변화가 주로 지역간 변동성에 설명됨을 보여준다. 패널 자료의 특성상, 기초통계량은 지역내 시간 효과와 지역간 차이를 반영한 전체(Overall) 부분, 지역간(Between) 부분, 지역내(Within) 부분으로 나뉜다. 해당 통계량에서 중요한 요소는 변수별 지역간, 지역내 표준편차이다. 지역간 표준편차가 크다는 것은 해당 변수의 지

Table 5. Descriptive statistics

Variable		Overall Mean	Standard Deviation	Min	Max
HID_EP (per 1,000 ppl.)	Overall	3.33	0.72	0.90	5.90
	Between	-	0.55	1.57	4.65
	Within		0.48	0.92	5.35
EPR(%)	Overall	17.65	7.90	5.12	39.41
	Between	-	7.73	6.108	35.69
	Within		1.71	12.82	23.20
SW_BR(%)	Overall	28.8	15.03	1.11	65.80
	Between	-	14.40	6.74	60.87
	Within		4.41	2.54	40.94
EP_BR(%)	Overall	9.69	4.857	1.630	31.44
	Between	-	4.44	2.28	20.21
	Within		1.98	-0.42	24.95
PAR(%)	Overall	1.04	2.11	0.00	15.36
	Between	-	2.06	0.00	15.35
	Within		0.45	-6.51	4.42
HI	Overall	91.7	4.87	74.73	109.22
	Between	-	4.10	77.39	102.89
	Within		2.64	84.77	98.88
N_APEF (Per 10,000 ppl.)	Overall	12.44	15.69	0.00	183.95
	Between	-	14.23	0.27	86.86
	Within		6.68	-38.83	171.19
N_MP (Per 1,000 ppl.)	Overall	6.56	2.86	1.21	31.81
	Between	-	2.82	1.50	28.60
	Within		0.47	-0.47	7.47
POP	Overall	222,810.9	216,567.1	9,555.5	1,193,038
	Between	-	216,539	10,099.65	1,144,160
	Within		14,077.73	126,352.5	413,205
GRDP (Unit: 100 billion)	Overall	71.60	92.13	2.22	742.05
	Between	-	90.89	2.62	595.33
	Within		16.09	-129.57	338.46

a) When calculating within-group variability and GRDP the difference between each observation and the average for each entity is computed.

Accordingly, even if all observations are positive, the minimum value can be negative.

b) Number of annual average population within the region and GRDP transformed into natural logarithm form in analysis models for scaling.

역별 평균 차이가 두드러진다는 점이며, 지역내 표준편차가 크다는 것은 해당 변수의 지역내 시간에 따른 차이가 두드러진다는 점을 나타낸다. 이를 미루어 보면, 모든 변수의 전체 변화는 상대적으로 지역간 차이에 많은 부분을 의존하는 것을 알 수 있다.

예산 비율 변수들의 표준편차는 전체 변동이 주로 지역간 차이에 기인함을 보여준다. 환경보호 예산 비율과 사회복지 예산 비율의 평균은 9.67%와 28.8%로 나타났다.

그러나 지역간 표준오차가 지역내 표준오차보다 크다는 점은, 이들 예산 비율의 지역간 차이가 전체 차이에 높은 비중을 차지하고 있음을 보여준다. 즉, 환경보호 및 사회복지 예산 편성이 시군구별로 차이가 존재하나, 시간의 흐름에 따른 큰 변화는 지역간 차이보다 크지 않는 것으로 보인다.

이와 달리, 고령인구 폭염 사망률의 기초통계량은 해당 변수의 시간에 따른 변화 또한 상대적으로 높은 비중을

Table 6. Correlation analysis

Variable	EPR	SW_BR	EP_BR	PAR	HI	N_APEF	N_MP	POP	GRDP
Corr	0.37***	-0.34***	0.18***	-0.30***	-0.04***	0.23***	-0.20***	-0.35***	-0.28***

a) *** $P < 0.01$, ** $P < 0.05$, * $P < 0.1$

차지함을 보여준다. 예산 비율 변수들뿐만이 아닌 다른 변수에서도 지역별 격차가 전체 변동을 주로 설명하는 것으로 보인다. 연양인구와 고령인구 비율의 기초통계량은 인구 이동 및 출산을 차이로 인한 지역별 인구분포의 변화와 고령화 속도와 정도의 차이를 보여준다. 천 명당 의료인 수, 공원 비율, 오염물질 배출시설 수, 열지수의 전체 변화 또한 대부분 지역별 의료 자원, 시설, 기후 조건의 차이에 의한 것임을 알 수 있다. 그러나 고령인구 폭염 사망률의 경우, 상대적으로 지역내 및 지역간 표준편차의 격차가 크지 않은 것으로 보인다. 이러한 점은 해당 변수의 변동이 지역간 격차와 더불어, 연 단위 폭염일수 증가와 같은 시간의 흐름에 따른 변화에 의한 것일 수 있음을 암시한다.

한편, 고령인구 폭염 사망률과 독립변수들과의 상관관계를 나타내는 Table 6은 예산 비율의 실질적인 분석을 위해 변수 통제와 더불어 자료의 추세 및 지역간 차이를 고려할 필요성을 보여준다. 대부분의 변수가 예상된 연관성과 동일한 상관관계를 보여주고 있으나, 환경보호 예산 및 열지수의 경우 각각 양(+)과 음(-)의 상관관계를 보여주고 있다. 이러한 역의 관계는 지역간 차이를 고려하지 않아 발생하는 내생성과 시간 및 다른 변수와의 상호작용을 파악하지 못함에 기인한다. 상관관계는 이들을 고려하지 않고 단순히 자료의 경향성을 파악한 결과이기 때문이다. 이는 다른 변수에서 또한 발생할 수 있으므로, 본 연구에서는 다른 변수의 영향을 통제하고 시간 및 개체 간 차이를 고려할 수 있는 패널분석을 통해 결과를 도출하고자 한다.

4.4. 분석방법

본 연구에서 사용한 자료가 동일한 대상(시군구)을 일정 기간(2010~2019)에 걸쳐 반복 측정한 패널 자료인 점, 또한 본 연구의 목적이 지역의 동적인 특성을 가진 변수를 통해 연관성을 도출하는 것을 목적으로 하는 점을 고려하여 패널회귀모형을 사용하였다. 지역 수준의 데이터를 활용한 패널분석은 변수의 횡단면·시계열 특성을 고려하여 지역간, 지역내 효과를 고려한 추정량을 제공한다. 또한 이는 자유도의 확보와 다중공선성 문제의 완화를 통

해 추정량의 표준오차 과다·과소 추정으로 인한 비효율성 문제를 해소할 수 있다는 점과, 관찰되지 않은 특성을 통제하여 일치추정량을 제공한다는 장점이 존재한다. 만약 변수의 횡단면·시계열 특성을 고려하지 않은 일반최소자승법(Ordinary Least Squares, OLS) 추정을 시행할 경우, 오차항의 등분산성, 독립성 가정을 위배하여 부정확한 추정량이 도출될 수 있다.

패널 회귀모형의 오차항은 시간(t , T)에 따라 변하지 않는 관찰되지 않는 개체 특성오차(u_i), 시간 및 개체(i)에 따라 다른 고유오차(ε_{it})부분으로 나뉜다(식 2).

$$y_{it} = \alpha + x_{it}\beta + u_i + \varepsilon_{it} \tag{2}$$

$$(y_{it} - \theta \bar{y}_i) = (1 - \theta)\alpha + (x_{it} - \theta \bar{x}_i)\beta + \{(1 - \theta)u_i + (\varepsilon_{it} - \theta \bar{\varepsilon}_i)\} \tag{3}$$

$$*\theta = 1 - \left[\frac{\sigma_\varepsilon^2}{(\sigma_\varepsilon^2 + T\sigma_u^2)} \right]^{1/2}, \quad 0 \leq \theta \leq 1, \quad T = time$$

주로 사용되는 패널 모형은 고정효과모형(Fixed Effects Model)과 확률효과모형(Random Effects Model)로, 해당 모형들은 시간 불변의 개체 특성 오차에 대한 가정에 차이가 존재한다. 이때, 개체별 분산(σ_u^2)과 개체 내 분산(σ_ε^2)의 조합으로 구성된 가중치 θ 를 활용하여 고정효과모형과 확률효과모형 중 어떠한 모형을 사용할 지를 결정할 수 있다.

확률효과모형은 u_i 를 정규분포를 가진 확률변수로 인식하여 개체 간 차이 또한 설명변수의 추정에 활용한다. 이를 위해 u_i 와 여타 설명변수의 관계를 독립적으로 가정한다(즉, $Cov(u_i, x_{it})=0$), 본 가정이 만족될 경우 확률효과모형의 추정량이 일치성을 띠고 고정효과모형의 추정량보다 효율적이라는 장점이 존재한다. 또한 고정효과모형과 달리 개체의 시간 불변 설명변수의 효과를 추정할 수 있다. 그러나 $Cov(u_i, x_{it})=0$ 이 만족되지 않을 경우 추정량이 일치성을 띠지 않는다는 단점이 존재한다.

한편, 고정효과모형은 확률효과모형에서 θ 의 값이 1에 수렴하는 모델로 식 (3)에서 개체 간 효과(Between effects)

와 u_i 가 제거된 모델이다. θ 가 1에 가까워진다는 것은 데이터 내 개체 간 차이가 개체 내 차이보다 유의미하게 크다는 것을 의미한다. 이 경우 u_i 는 무작위적으로 추정할 대상이 아니게 되며, 모델은 u_i 를 포함한 개체 고유 특성을 통제한다. u_i 가 모델에서 통제되므로 확률효과모델과 달리 독립변수와 u_i 의 상관관계가 허용된다. 따라서, u_i 를 제거한 고정효과모델의 추정 대상은 개체 내 시간에 따른 변화(Within effects)라고 할 수 있다. 이를 통해 내생성 문제를 해결하고 일치추정량을 제공하는 것이다. 그러나 시간불변 변수의 효과를 추정하지 못한다는 점, 자료의 횡단면적 변동을 반영하지 못해 개체 간 효과를 추정하지 못한다는 단점이 존재한다.

5. 분석결과

패널분석을 진행하기에 앞서 변수들의 다중공선성 여부를 파악하였다. 다중공선성은 독립변수 사이에 서로 강한 상관관계 또는 선형 관계가 존재하는 것을 의미한다. 이것이 발생할 경우 계수의 분산이 증가하여 계수 추정치의 신뢰도가 하락하게 된다. 이를 측정하는 것은 분산팽창계수(Variance Inflation Factor, VIF) 값으로, 일반적으로 이것이 5 또는 10 이하의 값을 가질 때 유의미한 다중공선성이 없다고 판단할 수 있다. 분산팽창계수가 낮을수록 각각의 변수 간 설명력이 낮기 때문이다. 아래 Table 7은 본 연구에서 사용한 변수들의 다중공선성을 보여주며, 전체적으로 다중공선성의 문제는 발생하지 않는 것으로 나타난다.

Table 7. Variance inflation factor of variables

Variable	VIF	Variable	VIF
Log (POP)	8.44	PAR (%)	1.42
Log (GRDP)	6.25	N_MP (per 1,000 ppl)	1.42
SW_BR (%)	3.66	N_APEF (per 10,000 ppl.)	1.35
EPR (%)	3.41	HI	1.22
EP_BR (%)	1.94	Mean VIF	3.24

본 연구에서는 시간효과를 통제한 패널모형인 이원고정효과모델과 이원확률효과모델을 사용하였다. 패널자료 분석에는 합동 OLS (Pooled OLS), 고정효과모델, 확률효과모델을 사용할 수 있으며, 모델별 활용의 적절성은 Chow 검정, Breusch-Pagan Lagrangian Multiplier (LM)

검정 및 Hausman 검정을 통해 검정할 수 있다. Chow 검정은 데이터 내 한 집단의 모수가 다른 집단의 모수와 동일하다는 것을 귀무가설로 하여, 패널분석에서 데이터의 합동 분석 가능성 여부를 검정하는데 사용될 수 있다. 이때 귀무가설이 기각될 경우 절편 및 계수 추정치가 집단별로 다르다는 것을 의미하여 합동 OLS에 비해 고정효과 모델이 적절함을 의미한다. Breusch-Pagan LM 검정은 모든 집단의 분산이 0의 값을 갖는다는 것을 귀무가설로 한다. 귀무가설이 기각될 경우, 집단 간 오차항이 다르게 되므로 집단별 고유 특성이 존재한다는 것을 의미한다. 이를 통해 합동 OLS에 비해 확률효과 모델이 적절함을 알 수 있다. Hausman 검정의 경우 두 모델 추정량의 일치성을 검정함에 사용하며 귀무가설을 기각할 경우 고정효과 모델이 적절함을 보여준다.

Table 8의 모델 1-4는 고정효과모델의 결과를, 모델 5-8은 확률효과모델의 결과를 보여준다. 모델 1-4를 통해 고정효과모델 내 두 예산 변수의 강건성을 확인할 수 있으나, 모델 5-8을 통해 확률효과모델에서는 환경보호예산의 강건성이 상대적으로 낮은 것을 알 수 있다. 이와 더불어 상기 서술한 모델 선택 검정에 대한 결과를 확인할 수 있는데, 이를 통해 고정효과모델, 확률효과모델이 합동 OLS보다 적절함을 알 수 있다. 또한 Hausman 검정을 통해 고정효과모델의 계수가 일치성을 확보함을 알 수 있다. 이에 본 연구에서는 고정효과모델을 위주로 결과를 서술하나, 보조적으로 지역간 차이에 따른 연관성을 파악하기 위해 확률효과모델의 결과를 함께 서술하고자 한다.

지역내 시간의 흐름에 따른 결과를 보여주는 모델 1-4는 사회복지 예산, 환경보호 예산, 고령인구 비율, 공원면적 비율, 천 명당 의료인력, 연양인구가 유의함을 보여준다. 특히 두 예산변수는 이를 개별적으로, 통합적으로 각각 분석한 경우에서 유사한 크기와 같은 방향의 계수를 가지고 있음을 알 수 있다. 이는 지역내 사회복지 및 환경보호 예산의 비율이 증가할수록 고령인구의 폭염 관련 질환 심혈관계, 호흡기계 사망이 감소하는 경향성이 있음을 보여준다. 이를 모델 5-8에서 해석하면 지역간 두 예산 비율의 차이, 즉 예산 비율이 높은 지역일수록 고령인구의 폭염관련 질환인 심혈관계, 호흡기계 사망이 감소하는 경향성이 있음을 알 수 있다. 한편, 모델 2와 4, 6와 8에서 환경보호 예산 변수의 유의성 차이는, 사회복지 예산의 비율이 적절히 분배될 때 환경보호 예산의 비중의 지역내, 지역간 차이가 더욱 유의미할 수 있음을 보여준다. 즉, 고령인구의 폭염 사망률 감소에는 두 예산의 조합이 필요

Table 8. Results

Variable	Two-way fixed effects				Two-way random effects			
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8
EPR(%)	-0.084(0.024)***	-0.093(0.023)***	-0.085(0.024)***	-0.097(0.024)***	0.016(0.007)**	0.019(0.007)***	0.015(0.007)**	0.020(0.007)***
SW_BR(%)	-0.011(0.004)***	-	-0.011(0.004)***	-0.010(0.004)**	-0.005(0.003)*	-	-0.006(0.003)**	-0.008(0.003)***
EP_BR(%)	-	-0.010(0.005)*	-0.011(0.00)**	-0.011(0.005)**	-	-0.005(0.004)	0.009(0.005)*	-0.008(0.005)*
PAR(%)	-0.058(0.025)**	-0.071(0.025)***	-0.057(0.025)**	-0.043(0.025)*	-0.043(0.014)***	-0.052(0.014)***	-0.045(0.014)***	-0.034(0.014)**
HI	0.002(0.007)	0.0004(0.007)	0.002(0.007)	0.003(0.007)	0.005(0.005)	0.004(0.005)	0.005(0.005)	0.003(0.005)
N_APEF (per 10,000 ppl.)	0.001(0.002)	0.001(0.002)	0.001(0.002)	0.002(0.002)	0.002(0.001)	0.002(0.001)*	0.002(0.001)*	0.002 (0.001)
N_MP (per 1,000 ppl.)	-0.061(0.032)*	-0.080(0.031)**	-0.060(0.032)*	-0.027(0.033)	-0.033(0.011)***	-0.040(0.011)***	-0.035(0.011)***	-0.032(0.011)***
Log(POP)	-1.560(0.337)***	-1.827(0.331)***	-1.627(0.338)***	-1.434(0.341)***	-0.157(0.072)**	-0.216(0.066)***	-0.150(0.072)**	-0.205(0.071)***
Log(GRDP)	0.228(0.129)*	0.270(0.128)**	0.232(0.129)*	1.400(0.344)***	0.092(0.059)	0.133(0.056)**	0.091(0.059)	0.975(0.164)***
[Log(GRDP)] ²	-	-	-	-0.158(0.043)***	-	-	-	-0.109(0.019)***
Intercept	22.650(4.248)***	25.896(4.194)***	23.562(4.267)***	19.248(4.414)***	4.525(0.823)***	5.070(0.792)***	4.560(0.821)***	3.719(0.812)***
R ² (Within)	0.056	0.055	0.058	0.065	0.043	0.041	0.045	0.052
R ² (Between)	0.196	0.186	0.194	0.158	0.339	0.347	0.335	0.384
R ² (Overall)	0.120	0.114	0.119	0.101	0.210	0.214	0.209	0.240
F test	7.11(17,2026)***	6.88(17,2026)***	6.97(18,2025)***	7.35(19,2024)***	-			
Wald test	-				204.58(χ ² (17))***	202.60(χ ² (17))***	208.66(χ ² (18))***	249.80(χ ² (19))***
Chow test	8.10(226,2026)***	8.08(226,2026)***	8.12(226,2025)***	7.62(226,2024)	-			
Breusch-Pagan LM test	-				1653.59(χ ² (1))***	1664.29(χ ² (1))***	1635.63(χ ² (1))***	1515.76(χ ² (1))***
Hausman test	37.58(χ ² (8))***	34.74(χ ² (8))***	41.00(χ ² (9))***	36.35 (χ ² (10))***	-			

a) Standard errors and degree of freedom are in parentheses

b) *** $P < 0.01$, ** $P < 0.05$, * $P < 0.1$

c) The Hausman test for Model 1 shows the test results compared with Model 5, the Hausman test for Model 2 is compared with Model 6, the Hausman test for Model 3 is compared with Model 7, and the Hausman test for Model 4 is compared with Model 8.

하다는 것이다. 이와 같이 예산으로 진행되는 특정 사업을 기준으로 하지 않음에도 불구하고 이러한 결과가 나왔다는 점은, 여러 사업의 복합적 효과가 고령층의 폭염 관련 질환 사망률 감소에 유의한 영향을 주고 있다는 것을 의미한다.

한편, 지역내 인구나 관련된 변수를 보면 지역 규모를 나타낼 수 있는 연안인구는 모델 1-4에서 모두 음의 연관성을 보인다. 이는 지역내 인구가 증가할수록 도시화가 높고, 이로 인해 고령층의 폭염관련 질환에 대비할 수 있는 지역 역량(특히 의료자원) 높다는 것으로 볼 수 있다. 그러나 고령인구 비율에서는 모델 간 계수가 다른 방향의 결과로 나타났다. 이는 종속변수와의 연관성에 의한 것으로 알 수 있는데, 지역내 고령인구가 증가할수록(독립변수의 분자) 종속변수의 분모가 증가하여 고령인구의 사망률이 상대적으로 감소하기 때문이다. 그러나 지역간 효과를 반영한 모델 5-8에서는 고령화가 진행되고 있는 지역의 수가 상대적으로 많은 점, 그리고 고령인구 비율이 많은 지역에서 이들의 사망률이 높은 것으로 인해 양의 연관성이 나타난 것으로 보인다. 주로 수도권 및 특, 광역시 이외의 지역에서 인구 유출과 고령화가 발생하는 상황에서, 전체 인구는 감소하지만 고령인구 비율은 증가하고, 이로 인해 지역 의료 역량이 쇠퇴하는 것과 관련이 있는 것이다.

지역내 열 흡수원으로 고려한 공원면적비율의 경우 모든 모델에서 음의 연관성을 띠는 것으로 나타났다. 즉, 지역내의 공원 면적이 증가하거나, 공원 면적이 많은 지역일수록 고령인구의 폭염 관련 질환 사망이 감소하는 경향성이 있는 것이다. 이는 선행연구에서 밝힌 바와 같이 공원이 온도저감효과와 더불어 사회복지 및 환경복지의 관점에서 기후회복력에 중요한 역할을 하고 있음을 시사한다. 또한, 이는 공원 조성과 같은 지역내 사회복지 및 환경복지 확대를 위해(Myong, 2017), 사회복지 예산과 환경보호 예산 비중 확대가 필요하다는 점을 뒷받침하는 것으로 볼 수 있다.

지역내 경제력을 나타내는 GRDP의 경우 고령인구의 폭염 사망에 모델 1-3에서는 유의미한 양(+)의 연관성을, 5-7에서는 유의성이 일관적이지 않으나 양(+)의 경향성을 보여준다. 그러나 이를 제공한 변수를 추가한 모델 5, 8에서는 모두 유의성을 확보하여 일정 수준에서의 경제력이 지역내, 지역간 부문에서 중요함을 보여주고 있다. 이를 지역내로 해석하면, 초기 경제 성장에는 발전이 고령인구의 폭염에 대한 복지 및 환경 차원에 악영향을 줄 수 있으나, 일정 수준 이상의 발전은 환경 및 복지 개선에 대한

투자로 이어져 긍정적인 영향을 줄 수 있다는 것을 알 수 있다. 이를 지역 비교 관점에서 해석하면 시간의 흐름에 따라 일정 수준 이상의 경제력을 확보한 지역은 타지역에 비해 고령인구의 폭염에 대한 투자가 높은 수준에 있음을 보여준다.

천 명당 의료인력 수는 공원면적비율과 동일한 결과가 나타나 모델 4를 제외한 나머지 모델에서 유의성을 확보하였다. 질환에 대비하는 지역의 역량을 나타낼 수 있는 해당 변수의 지역간 차이의 유의성은 상기 언급한 지역별 의료자원의 불균형과 관련이 있는 것으로 보인다. 즉, 의료역량이 높은 지역일수록 해당 질환으로 인한 고령층의 사망률이 적은 것이다. 지역내 의료인력의 증가 또한 이를 감소시킴에 영향이 있는 것으로 나타난 점은, 사회복지의 관점에서 의료역량의 증원이 기후회복력과도 밀접한 연관성이 있음을 보여준다고 할 수 있다. 그러나 GRDP 제곱항을 통제한 결과 유의성이 존재하지 않은 결과는 일정 수준 이상의 지역 경제력 증가가 주는 긍정적인 효과에 비해 의료인 충원이 상대적으로 적었음을 시사한다. 이에 지역의 경제력 상승이 의료인 확충으로 이어지고, 의료자원 접근성의 지역간 격차를 줄일 수 있도록 제도적 장치가 필요한 것으로 보인다.

이와 달리 열지수는 모든 모델에서, 만 명당 오염물질 배출시설 수는 모델 1-4, 5, 8에서 유의성을 확보하지 못하였다. 열지수의 결과는 지역간 또는 10년 동안의 지역내 기온 변화가 유의하지 않음에 의한 것으로 보인다. 오염물질 배출시설 수는 10년간 지역내 기온 및 오염물질 배출시설 변화가 유의미하지 않다는 점에 기인하는 것으로 보인다. 이와 더불어, 모델 6, 7과 달리 모델 8에서 유의성이 존재하지 않는 것을 고려하면, 경제력이 일정 수준 이상이 되는 경우 친환경 설비 투자 등으로 인해 지역간 오염물질 배출시설 규모 차이 또한 고령층의 폭염 사망률에 유의미한 영향이 존재하지 않는다는 것을 알 수 있다. 이는 향후 지역 환경복지의 관점에서 지속될 당위성이 존재한다.

6. 결론

전 세계적으로 해결해야 할 기후변화 문제는 여러 사회 또는 국가에 이에 대비해야 할 경각심을 심어주고 있다. 이에 기후변화로 인한 충격을 완화 또는 예방할 수 있는 기후회복력이 그 어느 때보다 중요해지고 있다. 이에 본 연구에서는 기후회복력의 일환으로써 지역의 사회복지

예산과 환경보호 예산의 비중 증가가 고령인구의 폭염관련 사망과의 관계를 분석하였다. 기존의 연구들은 기후변화로 인해 발생할 수 있는 문제와, 이를 해결하기 위한 방안인 기후회복력을 증진할 수 있는 방안을 제시한 바 있다. 그러나 이러한 방안을 정책적으로 실현하기 위한 예산에 대한 논의는 상대적으로 부족한 것으로 보인다. 이에 본 연구에서는 기후변화와 더불어 한국이 겪고 있는 급격한 인구구조 변화에 착안하여 두 현상으로 인해 발생할 수 있는 문제 즉, 이상기후에 의한 고령층의 건강 문제를 통해 기후회복력 증진에 있어 사회복지 예산과 환경보호 예산의 비중 증가가 필요함을 밝히고자 하였다.

전체 시군구를 대상으로 지난 10년간의 데이터를 패널 모형으로 분석한 결과, 이원고정효과모형을 통해 지역내 사회복지 예산과 환경보호 예산의 비중 증가가 고령층 폭염 질환 사망률을 감소시키는 것을 알 수 있었다. 또한 보조적으로 이원확률효과모형을 통해 두 예산의 비중이 큰 지역일수록 고령층 폭염 질환 사망률이 낮은 경향이 있다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 지금까지 기후회복력에 대한 주요 대상이었던 생태 및 도시 안전, 농업과 더불어, 기후회복력의 한 축으로 볼 수 있는 고령인구의 안전을 대비함에 지역수준의 환경보호와 사회복지의 투자가 필요함을 보여준다. 이와 더불어 점차 가속화되는 지구온난화와 급격한 인구구조 변화는 사회적 후생 감소 완화를 위해 두 분야의 예산이 필요하다는 점을 시사한다. 각 지자체는 해당 결과를 기반으로 두 분야의 예산 비중을 확대하여 고령자 쉼터 확대, 폭염 취약계층 노인 돌봄, 주택 냉방 시스템 효율화, 체감온도 저감을 위한 보급품 지급 및 의료 접근성 강화 등을 도모해야 하며, 향후 초고령화 사회에 보다 큰 위협에 될 수 있는 기후변화에 대응하기 위해 지속적인 사업을 시행하여야 할 것이다.

또한 두 예산 변수와 더불어 공원 면적 비율, 의료인 비율, 인구수가 사망률 감소에 긍정적인 영향을 갖는 것으로 나타났다는 점은, 고령인구 건강 분야의 기후회복력 증대를 위해 이들 예산이 어떠한 영역에 사용되어야 할지를 보여준다. 이들의 효과는 단순히 지역간 차이에서 비롯된 것이 아니라 지역내 역량 증대에 의한 것으로 볼 수 있다. 이에 온도 저감을 위한 도시 녹지 사업과 의료역량 강화가 지속적으로 시행되어야 할 것으로 보인다. 한편, 지역 인구수를 확충하는 것은 상대적으로 한계가 있을 것으로 보인다. 사회기반시설 구축의 선행요인인 인구수는 개인이 누릴 수 있는 사회복지자원과도 밀접한 연관이 있다. 그러나 저출산 및 고령화, 인구 유출로 인해 점

차 쇠퇴하는 지역이 많아지는 지금의 상황에서는 쇠퇴 지역내 고령인구의 사회복지자원에 대한 접근성이 또 하나의 문제가 될 수 있다. 이에 사회복지연결망 강화가 이들 지역에 있어 기후회복력 증대를 위한 전략이 되어야 할 것이다.

본 연구의 한계는 다음과 같다. 우선, 예산자료를 분석함에 상대적으로 세밀화가 부족한 점이 있다. 각 예산이 인구변화 및 기후변화 이외에도 사회 전반의 다른 문제를 해결하기 위해 세부적으로 편성되지만, 본 연구에서는 세부 항목을 통합하여 사회복지 및 환경보호 예산 각자를 하나의 변수로 보았다. 이에 따라 예산의 어떠한 세부 항목이 실질적으로 기후회복력에 영향을 주는지 확인하지 못하였다. 이는 특정 정책을 시행하기 위한 예산이 어떠한 항목에서 배정되는지 정확히 파악함에 한계가 있음에 기인한다. 향후 연구에서는 기후회복력 증진을 위해 시행되는 정책과, 해당 정책의 기반이 되는 예산 편성의 타당성을 평가하여 분석의 세분화를 도모해야 할 필요가 있다. 이와 더불어 지역 수준 분석을 목적으로 하여, 폭염 관련 질환으로 사망한 개인의 정보를 고려하지 못한 것이 본 연구의 한계라고 할 수 있다. 폭염 관련 질환으로 사망한 개인의 사회경제적 요인을 분석하는 것은, 이들이 어떠한 개인 및 사회적 자본의 부족으로 사망하였는지에 대한 논의점을 제공할 수 있다. 더 나아가, 이는 정책 지원 방향과 대상을 판단함에 근거가 될 수 있다. 지역과 개인 수준을 함께 고려할 수 있는 다층모형 또는 개인 수준의 패널분석을 통해 이를 분석할 수 있다면, 향후 정책 수립 및 시행의 효율성 향상에 도움이 될 것으로 보인다. 또한 대기 오염물질 배출시설 변수의 유의성이 확보되지 않은 점은 1~5층을 통합한 것에 기인하는 것으로 보인다. 각 배출시설은 배출량에 급간 차이가 존재하므로, 시설 종류에 따라 영향이 다를 수 있다. 향후 연구에서 배출시설 종류에 따른 고령인구의 질환 사망률을 구분하여 분석한다면 녹색성장에 있어 유의미한 정책적 시사점을 도출할 수 있을 것으로 보인다.

이러한 한계에도 불구하고, 본 연구의 결과는 기후변화와 인구구조 변화에 대응하기 위한 정책 수립에 있어 중요한 시사점을 제공한다. 지역내 사회복지 예산과 환경보호 예산의 비중을 증가시키는 것이 고령인구의 폭염 관련 질환 사망률을 감소시키는 데 기여할 수 있다는 점은, 기후회복력을 강화하고 인구구조 변화에 따른 사회적 취약성을 줄이기 위한 조치로써의 의의가 있다. 또한 이는 기후변화 대응을 위한 정책적 논의에 기여하고자, 기후변화

와 인구변화에 대응하기 위한 사회복지 및 환경보호 예산의 중요성을 강조하였다. 향후 연구와 정책 개발에서는 이러한 결과를 바탕으로, 모든 사회 구성원이 기후변화의 부정적 영향으로부터 보호받을 수 있는 포괄적이고 지속 가능한 사회를 구축하는 데 중점을 두어야 할 것이다.

사사

이 논문은 2021년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 한국사회과학연구(NRF-2021S1A3A2A01087370) 지원을 받아 수행된 연구임.

References

- ADRC (Asian Disaster Reduction Center). 2015. Sendai framework for disaster risk reduction 2015-2030. [accessed 2024 Jan 20]. <https://www.apec-epwg.org/media/2584/e1a8e2e1c1125430bcf585c521ca66cb.pdf>
- Baek HJ, Lee J, Lee HS, Hyun YK, Cho CH, Kwon WT, Marzin C, Gan SY, Kim MJ, Choi DH, Lee J, Lee J, Boo KO, Kang HS, Byun YH. 2013. Climate change in the 21st century simulated by HadGEM2-AO under representative concentration pathways. *Asia Pac J Atmos Sci* 49(5): 603-618. doi: 10.1007/S13143-013-0053-7
- Carnes BA, Staats D, Willcox BJ. 2014. Impact of climate change on elder health. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 69(9): 1087-1091. doi: 10.1093/GERONA/GLT159
- Chae SM, Kim NS, Yoon SJ, 2016. The effectiveness of community public health interventions in alleviating the health impacts of high temperatures (in Korean with English abstract). *Health Soc Welf Rev* 36(3): 179-203. doi: 10.15709/hswr.2016.36.3.179
- Cheng J, Xu Z, Bambrick H, Su H, Tong S, Hu W. 2018. Heatwave and elderly mortality: An evaluation of death burden and health costs considering short-term mortality displacement. *Environ Int* 115: 334-342. doi: 10.1016/J.ENVINT.2018.03.041
- Fink R, Eržen I, Medved S, Kastelec D. 2015. Experimental research on physiological response of elderly with cardiovascular disease during heat wave period. *Indoor Built Environ* 24(4): 534-543. doi: 10.1177/1420326X13519348
- Henderson SB, McLean KE, Lee MJ, Kosatsky T. 2022. Analysis of community deaths during the catastrophic 2021 heat dome: Early evidence to inform the public health response during subsequent events in greater Vancouver, Canada. *Environ Epidemiol* 6(1): e189. doi: 10.1097/EE9.000000000000189
- Hewitt RJ, Cremades R, Kovalevsky DV, Hasselmann K. 2021. Beyond Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) and Representative Concentration Pathways (RCPs): Climate policy implementation scenarios for Europe, the US and China. *Clim Policy* 21(4): 434-454. doi: 10.1080/14693062.2020.1852068
- Holling CS. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 4: 1-23. doi: 10.1146/annurev.es.04.110173.000245
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2018. Summary for policymakers. In: Masson-Delmotte V, Zhai P, Pörtner HO, Roberts D, Skea J, Shukla PR, Pirani A, Moufouma-Okia W, Péan C, Pidcock R, Connors S, Matthews JBR, Chen Y, Zhou X, Gomis MI, Lonnoy E, Maycock T, Tignor M, Waterfield T (eds). *Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Cambridge, UK and New York, NY: Cambridge University Press, p. 3-24. doi: 10.1017/9781009157940.001
- Jung J, Kim IG, Lee DG, Shin J, Kim BJ. 2014. Study on the vulnerability regarding high temperature related mortality in Korea (in Korean with English abstract). *J Korean Geogr Soc* 49(2): 245-263.
- Kang JY, Heo J, Park BC, Kim K. 2020. A study on the improvement of heat wave adaptation through questionnaire survey on the heat wave cognition in Busan (in Korean with English abstract). *Korea Spatial*

- Plann Rev 107: 79-92.
- Kim DW, Chung JH, Lee JS, Lee JS. 2014. Characteristics of heat wave mortality in Korea (in Korean with English abstract). *Atmosphere* 24(2): 225-234.
- Kim E, Jung K, Song W. 2018. Evaluating and improving urban resilience to climate change in local government: Focused on Suwon (in Korean with English abstract). *J Environ Impact Assess* 27(4): 335-344.
- Kim J, Boo KO, Choi J, Byun YH. 2018. Climate change in the Korean peninsula over the last 100 years. Jeju, Korea: National Institute of Meteorological Sciences. 11-1360620-000132-01.
- Kim YJ, Lee J, Kim KB. 2018. Development of flood mitigation strategies for urban resilience: Focused on the assessment of Gulpo stream's watershed in Incheon, South Korea (in Korean with English abstract). *J Urban Des Inst Korea* 19(5): 5-20. doi: 10.38195/JUDIK.2018.10.19.5.5
- KMA (Korea Meteorological Administration). 2023. Temperature analysis. KMA Weather Data Service; [accessed on 2023 Nov 12]. <https://data.kma.go.kr/stcs/grnd/grndTaList.do>
- Ko C, Kwon M, Baek G, Oh S. 2021. Examples of international discussions on the financial implications of climate change action. OAK Repository of KIPF; <https://repository.kipf.re.kr/handle/201201/7848>
- Kwon Y, Ahn Y. 2020. Political effects of countermeasures against heat wave using system dynamics method: Case study in Daegu metropolitan city (in Korean with English abstract). *Korea Spatial Plann Rev* 106: 41-64. doi: 10.15793/kspr.2020.106.003
- Lee J, Kim YJ, Lee DK. 2020. Development of public building diagnostic tools to improve climate resilience for vulnerable groups (in Korean with English abstract). *J Clim Chang Res* 11(6-2): 683-702. doi: 10.15531/KSCCR.2020.11.6.683
- Lee NY, Cho Y, Lim JY. 2014. Effect of climate change on mortality rate analysis of vulnerable populations (in Korean with English abstract). *Health Soc Welf Rev* 34(1): 456-484.
- Lee S, Shin H. 2014. Municipal disease burden attributable to heat wave (in Korean with English abstract). *Korean J Health Educ Promot* 31(4): 51-62. doi: 10.14367/kjhep.2014.31.4.51
- Lee S. 2015. Determinants of budget for elderly welfare: Focused on local governments in province (in Korean with English abstract). *Korean Local Gov Rev* 17(2): 57-76.
- Lee Y, Kim C, Kim D, Lim U. 2017. Assessing the priorities of climate resilience-related urban planning measures: Focused on the planning measures of city master plan (in Korean with English abstract). *J Korean Reg Dev Assoc* 29(2): 1-20.
- Mahato A. 2014. Climate change and its impact on agriculture. *Int J Sci Res Publ* 4(4): 1-6.
- Myeong SJ. 2017. Green space accessibility analysis in terms of environmental justice. Seoul, Korea: Korea Environmental Institute. Policy Report 2017-15.
- National Weather Service. [date unknown]. What is the heat index? [accessed 2023 Nov 12]. <https://www.weather.gov/ama/heatindex>
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2021. Climate change and long-term fiscal sustainability. [accessed 2024 Jan 12]. [https://one.oecd.org/document/GOV/PGC/SBO\(2021\)4/en/pdf](https://one.oecd.org/document/GOV/PGC/SBO(2021)4/en/pdf)
- Park E. 2012. A comparison of community health status by region and an investigation of related factors using community health indicators (in Korean with English abstract). *J Korean Acad Community Health Nurs* 23(1): 31-39. doi: 10.12799/jkachn.2012.23.1.31
- Park J, Chae Y. 2020. Analysis of heat-related illness and excess mortality by heat waves in South Korea in 2018 (in Korean with English abstract). *J Korean Geogr Soc* 55(4): 391-408. doi: 10.22776/kgs.2020.55.4.391
- Park JH, Cho GH. 2016. Influence of park size on the park cooling effect: Focused on Ilsan new town in

- Korea (in Korean with English abstract). *J Korea Plann Assoc* 51(5): 247-261. doi: 10.17208/jkpa.2016.10.51.5.247
- Park K. 2012. A study on regional disparities in healthcare utilization: Using spatial dependence (in Korean with English abstract). *Korea Assoc Policy Stud* 21(3): 388-414.
- Richardson MT. 2022. Prospects for detecting accelerated global warming. *Geophys Res Lett* 49(2): e2021GL095782. doi: 10.1029/2021GL095782
- Salimi M, Al-Ghamdi SG. 2020. Climate change impacts on critical urban infrastructure and urban resiliency strategies for the Middle East. *Sustain Cities Soc* 54: 101948. doi: 10.1016/J.SCS.2019.101948
- Schifano P, Cappai G, De Sario M, Michelozzi P, Marino C, Bargagli AM, Perucci CA. 2009. Susceptibility to heat wave-related mortality: A follow-up study of a cohort of elderly in Rome. *Environ Health* 8: 50. doi: 10.1186/1476-069X-8-50
- Statistics Korea. 2021. Population projections for Korea (2020~2070). [accessed 2023 Nov 30]. https://sri.kostat.go.kr/board.es?mid=a20108080000&bid=11748&act=view&list_no=416209
- Steadman RG. 1979. The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. *J Appl Meteorol* 18(7): 861-873. doi: 10.1175/1520-0450(1979)018<0861:TAOSPI>2.0.CO;2
- Tian Z, Li S, Zhang J, Guo Y. 2013. The characteristic of heat wave effects on coronary heart disease mortality in Beijing, China: A time series study. *PLoS ONE* 8(9): e77321. doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0077321
- Tyler S, Moench M. 2012. A framework for urban climate resilience. *Clim Dev* 4(4): 311-326. doi: 10.1080/17565529.2012.745389
- UN (United Nations). 2015. Paris Agreement. [accessed 2023 Dec 20]. https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
- Wheeler T, von Braun J. 2013. Climate change impacts on global food security. *Science* 341(6145): 508-513. doi: 10.1126/science.1239402
- WHO (World Health Organization). 2009. Improving public health responses to extreme weather/heat-waves - EuroHEAT. [accessed 2024 Jan 15]. https://www.who.int/publications/i/item/EUR_08_5086498
- Worfolk JB. 2000. Heat waves: Their impact on the health of elders. *Geriatr Nurs* 21(2): 70-77. doi: 10.1067/MGN.2000.107131
- Yang B, Heo H. 2021. The reduction effect of urban heat island by green space characters (in Korean with English abstract). *J Recreat Landsc* 15(3): 13-19. doi: 10.51549/JORAL.2021.15.3.013
- Yang HJ, Yoon H. 2020. Evaluating the effectiveness of heat-wave adaptation policies against climate risk: Application of local-level health impact assessment (in Korean with English abstract). *J Korea Plann Assoc* 55(2): 101-110. doi: 10.17208/jkpa.2020.04.55.2.101
- Yoon MH, Ahn TM. 2009. An application of satellite image analysis to visualize the effects of urban green areas on temperature (in Korean with English abstract). *J Korean Inst Landsc Archit* 37(3): 46-53.
- Zhao C, Liu B, Piao S, Wang X, Lobell DB, Huang Y, Huang M, Yao Y, Bassu S, Ciais P, Durand JL, Elliott J, Ewert F, Janssens IA, Li T, Lin E, Liu Q, Martre P, Müller C, Peng S, Peñuelas J, Ruane AC, Wallach D, Wang T, Wu D, Liu Z, Zhu Y, Zhu Z, Asseng S. 2017. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proc Natl Acad Sci U S A* 114(35): 9326-9331. doi: 10.1073/PNAS.1701762114