Check for updates

Journal of Climate Change Research 2023, Vol. 14, No. 6-1, pp. 849~857
DOI: https://doi.org/10.15531/KSCCR.2023.14.6.849

기후위험 대응을 위한 지자체 적응 평가체계 개발 및 적용

박진한
한국환경연구원 국가기후위기적응센터 부연구위원

Assessment of local adaptation plans addressing climate risk

Park, Jin-Han
Research Fellow, Korea Adaptation Center for Climate Change, Korea Environment Institute, Sejong, Korea

ABSTRACT

The importance of adaptation in response to climate change is growing, highlighting the increasing role of local governments in risk management. In particular, the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) emphasizes the importance of enabling conditions, along with urgent and timely measures, with finance being one crucial factor among them. Since 2010, the Government of the Republic of Korea has been establishing and implementing adaptation plans at the local government level; however, there have been considerable doubts about the effectiveness of these plans. In this study, an assessment was conducted on the current climate risk for heatwaves and rainfall. The study evaluated budget use to reduce climate risks and examined the adequacy of implementing adaptation plans for heatwaves and rainfall through the categorization of local governments based on climate risk and adaptation budget. The current heatwave risk was found to be relatively low in many local governments, but 20 of a total of 229 local governments were found to have relatively high risk. In terms of heavy rain risk, 111 local governments showed relatively high risk, showing greater exposure to heavy rain than heat waves overall. The analysis also revealed that many local governments had relatively low budgets, indicating variation in their ability to cope with climate risk. This study identified cases where local governments are adequately addressing climate risk and cases where risk remains high. This research examined conditions affecting adaptation plans, contributing to future efforts to implement measures that can reduce climate risk.

Key words: Climate Change Policy, Impact Assessment, Governance, Environmental Plan, Enabling Condition

1. 서론

기후변화로 인하여 태풍, 홍수, 폭염 등 자연재해의 발생 빈도와 그 강도가 심해지고 있으며, 미래에는 그 정도가 더욱 심해질 것으로 예측되고 있다(IPCC, 2021). 이러한 영향으로 인한 피해도 계속 증가하고 있으며(Ministry of Environment, 2020), IPCC (2022)에서는 이에 대응하기 위하여 온실가스 감축도 중요하지만 기후위기 적응의 중요성을 강조하고 있다. 특히, 기후탄력적 개발(Climate Resilient Development)을 위해 적응의 중요성을 강조하고 있으며, 이를 위한 긴급조치와 적시조치 등 적응 대책의 시급성과 공간적 중요성을 강조하고 있다. 이러한 적응을 위해서는 중앙정부와 지방정부의 역할이 중요하다(Mitchell et al., 2010; Polack, 2010; Son et al., 2023)

우리나라는 「저탄소 녹색성장 기본법」 및 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹생성장 기본법」시행에 따라 2010년부터 국가 및 지자체 적응대책 수립을 의무화하였으며(Ahn et al., 2016; Jung et al., 2022), 국가 및 지자체

†**Corresponding author** : jinhan@kei.re.kr (KT&G Sejong Tower A, 411 Hannuridaero, Sejong-si 17104, Korea. Tel. +82-44-415-7780) **ORCID** 박진한 0000-0002-4186-0467

Received: November 19, 2023 / Revised: November 27, 2023 / Accepted: December 18, 2023

모두 매년 적응대책의 이행을 점검하고, 그 결과를 2050 탄소중립녹색성장위원회에 보고하고 있다(Park, 2023).

기후변화의 영향은 지역별로 다르게 나타나고, 대응 능력도 지자체마다 다르기 때문에 기후변화 대응에 있어 지자체는 가장 중요한 주체이다(Koh, 2017; Lee, 2017). IPCC (2023)도 이러한 맥락에서 거버넌스의 중요성을 강조하고 있으며, 이상적인 시나리오대로 가기 위해서는 긴급조치 및 적시조치와 함께 이행가능 조건(Conditions that enable)도 강조하고 있다. IPCC (2023)에서 언급한 이행조건 중 하나가 재정(Finance and innovation)이다. 현재 2022년 기준, 17개 광역지자체 및 226개 기초지자체에서는 전체 9,218개의 세부사업(광역 912개, 기초 8,306개)의 이행을 위해 약 17조 591억 원(광역 7조 9,385억 원, 기초 9조 1,206억 원)의 예산을 집행하였다. 하지만 이러한 예산이 실제 기후위험에 적절히 대응하였는지, 기후위험을 줄여주었는지에 대한 평가는 미흡한 실정이다(Goonesekera and Olazabal, 2022; Park, 2023).

이에 본 연구에서는 기후위험에 대응할 수 있는 지자체 적응 능력을 평가하기 위하여 현재 폭염과 폭우에 대한 기후리스크를 도출하고, 2022년에 이행된 지자체 적응대책 중 폭염 및 폭우와 관련된 대책의 예산을 중심으로 실제 기후리스크와 적응대책 간의 관계를 분석하였다. 이는 IPCC (2023)의 이행가능 조건에 따른 지자체 적응대책의 적절성 및 긴급성에 대한 평가가 가능할 것으로 기대할 수 있으며, 실제 기후위험을 줄일 수 있는 실효성 있는 대책의 이행에 기여할 수 있을 것이다.

2. 연구의 범위 및 방법

2.1. 연구의 범위

본 연구의 시간적 범위는 1985년부터 2014년까지의 기상관측데이터를 활용하여 현재의 기후위험도를 추정하였고, 이에 대응하기 위한 지자체 적응대책은 2022년 이행점검 결과 대상 대책을 사용하였다. 한편, 각 지자체별로 2022년 이행 중인 적응대책의 차수는 다를 수 있기 때문에 특정 차수에 대한 적응대책 보다는 특정 시점을 대상으로 연구를 진행 하는 것이 차수에 따른 차이를 줄 일 수 있다고 판단하였기 때문에, 2022년 이행점검 결과 대상 대책을 연구 범위로 한정하였다.

또한 본 연구의 공간적 범위는 기후위기 적응대책을 수립하는 226개 기초지자체와 광역지자체로 구분되어 있는 세종시, 행정시인 제주시, 서귀포시를 포함하여 총 229개 기초지자체를 대상으로 연구를 진행하였다. 본 연구의 내용적 범위는 다양한 기후위험 중 지자체에서 가장 많은 대책을 이행하고 있는 폭염과 폭우를 대상으로 연구를 진행하였다(Park, 2023). 또한 모든 지자체가 같은 키워드를 가지고 적응대책을 수립하지 않기 때문에 부문과 상관 없이 폭염 외 무더위, 더위, 그늘 등의 키워드도 폭염 관련 대책으로 구분하였으며, 폭우 외 풍수해, 홍수, 집중호우, 강우 등의 키워드는 폭우 관련 대책으로 구분하였다.

2.2. 연구의 방법

2.2.1. 기후위험도 추정

기후위험도를 추정하기 위해서 IPCC (2021)에서 제안하고 있는 위해성(Hazard), 노출성(Exposure), 취약성(Vulurability)의 관계를 활용하였으며, 구체적으로는 Arnell et al. (2021)의 방법론을 적용하였으나, 취약성은 모두 동일하다는 가정하에 다음 Eq. 1과 같이 적용하였다.

$$Risk = Hazard \times Exposure\ (regional\ weighting) \quad \text{Eq. (1)}$$

Arnell et al. (2021)은 기후위험의 종류에 따라 노출성을 지역 가중치로 적용하고 있다. 폭염위험도에서는 인구를 가중치로 활용하였으며, 폭우위험도에서는 지역 가중치를 적용하지 않았다. 본 연구에서도 이를 그대로 적용하여, 폭염위험도에서는 지역 가중치로 인구를 적용하였으며, 폭우위험도에서는 지역 가중치를 적용하지 않았다. 또한 현재 많은 지자체들이 기후변화 취약성 평가도구 시스템(VESTAP)을 적응대책 수립에 활용하고 있으므로 본 연구에서는 기후변화 취약성 평가도구 시스템에서 사용 중인 위해성 지표를 그대로 활용하였다.

따라서 본 연구에서 분석한 폭염위험도는 일 최고 체감기온 33℃이상이 2일 지속되는 횟수를 폭염에 대한 위해성, 지역 인구수를 노출성으로 설정하였으며, 폭우위험도는 노출성에 대한 요소 없이 일 강수량 80 mm 이상인 날수를 폭우에 대한 위해성으로 설정하여 기후위험도를 추정하였다.

또한 적응대책과의 비교를 위하여 위험도를 0에서 1로 표준화하여 표준화 값 0.2 단위로 등급화하여 분석에 활용하였다. 기후위험도가 높을수록 표준화 값이 높기 때문에 1등급에서 5등급으로 갈수록 위험도가 높은 것으로 구분하였다.

2.2.2. 기후위험도와 적응대책 간의 공간적 관계

기후위험을 정량적으로 평가하기 위해 기초지자체의 관련 대책에 대한 예산 자료를 활용하였다. 같은 기후위험에 따른 대책일지라 할지라도, 지자체별로 다른 대책을 이행하고 있으므로 이행 평가지표 등의 자료는 공통적으로 활용하기가 어려운 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 모든 기초지자체들의 자료를 공통적으로 적용할 수 있는 예산 자료를 활용하였다.

또한 예산 자료의 편차가 큰 관계로 기후위험도와 동일하게 0~1의 값을 가지도록 표준화를 진행하였고, 이를 0.2 단위로 구분하여 등급화를 진행하였다. 예산 자료를 표준화하여 그 값을 등급화하였기 때문에 1등급에서 5등급으로 갈수록 예산이 많아지는 것으로 등급을 구분하였다.

지자체별로 기후위험도와 적응대책 간의 관계를 공간적으로 살펴보기 위하여 본 연구에서는 아래와 같이 Eq. 2를 적용하였다.

$$Assessment\ of\ Climate\ Risk = Grade\ of\ Climate\ Risk - Grade\ of\ Adaptation\ Budget \quad \text{Eq. (2)}$$

기후위험 평가 결과가 음(-)의 값을 가지면 기후위험도 대비 적응대책을 적극적으로 이행하고 있는 것으로 해석할 수 있으며, 양(+)의 값을 가지면 기후위험도 대비 적응대책이 아직 많이 미흡함을 알 수 있다. 0의 값으로 나타나는 경우 기후위험도 만큼의 적응대책이 이루어짐을 알 수 있다. 또한 이를 공간적으로 살펴보아 현재 우리나라 기초지자체의 기후위험도에 따른 적응대책 이행의 현황 및 이를 통한 정량적 방법의 기후위험 평가를 수행할 수 있다.

2.2.3. 지자체 유형화를 통한 적응평가

기후위험 평가에서 0이 나오는 지자체의 경우 등급화 결과를 활용하여 분석을 진행하였기 때문에 두 가지의 사례가 있을 수 있다. 먼저 위험하지 않아서 적응대책을 수행하지 않는 경우와 위험하지만 충분한 적응대책을 수행한 경우로 살펴볼 수 있다. 이를 파악하기 위하여 기후위험도 표준화 값과 적응대책 예산 표준화 값을 이용하여 Fig. 1과 같이 4사분면으로 표시하여 지자체별 유형화를 진행하였다.

1사분면은 기후위험도도 높고, 적응대책도 잘 이행하고 있는 경우로 상대적으로 중간 정도의 위험도를 지니지만 미래 기후변화의 양상 및 영향이 달라질 수 있으므로 이에 대한 주의를 필요로 하는 유형으로 볼 수 있다. 2사분면은 낮은 기후위험에도 불구하고 많은 대책을 이행 중인 지자체 유형이다. 이는 상대적으로 기후위험이 낮은 안전한 지자체로 평가할 수 있으며, 그에 따라 안전한 지자체로 구분할 수 있다. 3사분면은 기후위험도 낮고, 적응대책도 이행하지 않는 경우이다. 1사분면의 지자체들과 마찬가지로 현재는 아무것도 안 해도 될 수 있지만, 미래 기후변화의 변화 양상이나 영향 정도가 달라질 수 있으므로 이에 대한 관찰 및 주의를 필요로 하는 유형이다. 마지막 4사분면은 기후위험도가 높지만 적응대책을 충분히 이행하지 않고 있는 지자체들로 상대적으로 다른 지자체들에 비해 위험한 지역으로 구분할 수 있다.

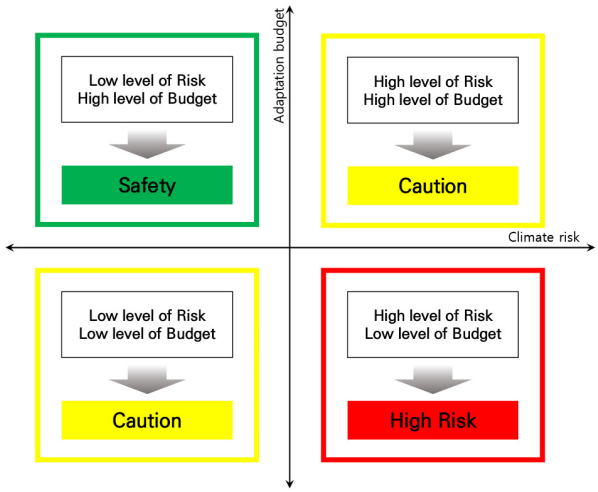
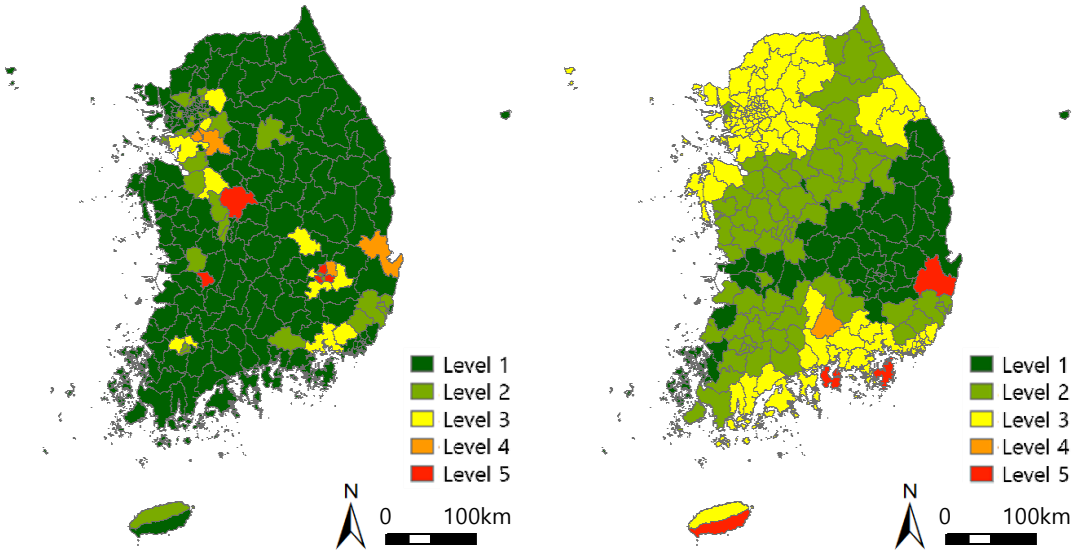


Fig. 1. Categorization concept of local government according to climate risk and risk response

본 연구에서는 위와 같은 방법으로 229개 지자체를 유형화하였으며, 4사분면을 나누는 기준선은 각각 1등급에 해당되는 표준화 값 0.2를 기준으로 분석을 진행하였다. 각각 1등급으로 기준을 정한 이유는 기후위험도 1등급은 상대적으로 위험이 가장 낮은 등급으로 볼 수 있으며, 적응대책 예산 1등급은 상대적으로 가장 적응대책 예산이 낮은 지역으로 볼 수 있기 때문이다. 폭우위험도를 제외한 폭염위험도, 폭염 및 폭우 관련 적응대책 예산은 전국 대부분의 지자체가 각각 1등급에 위치하고 있으므로 본 연구에서는 1등급을 기준선으로 지정하였다.



(a) Climate risk of heatwave (b) Climate risk of rainfall

Fig. 2. Grading map of climate risk

3. 연구의 결과 및 고찰

3.1. 현재의 기후위험도

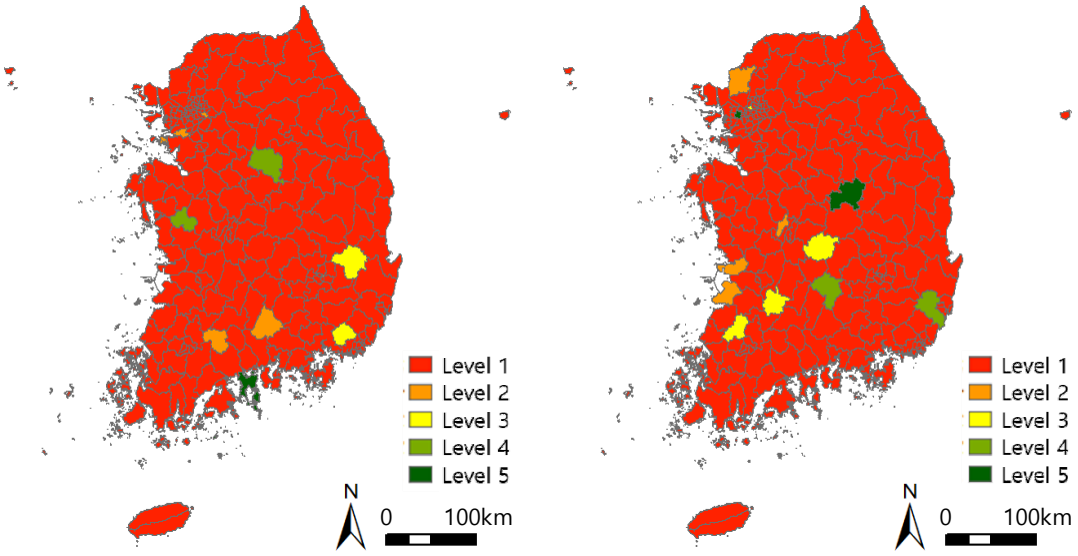
최근 30년 간 폭염에 대한 위험도가 가장 낮은 1등급(평균 5.11회, 표준편차 2.98)인 지자체 수는 179개로 나타났으며, 2등급(평균 6.56회, 표준편차 3.31) 지자체 수는 30개로 나타났다. 폭염위험도가 상대적으로 높은 등급인 3등급(평균 7.95회, 표준편차 3.48)인 지자체 수는 11개(경남 창원시, 경북 구미시, 경기 성남시, 충북 천안시, 경기 남양주시, 대구 달성군, 광주 북구, 경기도 화성시, 경북 경산시, 광주 광산구, 경남 김해시 순)로 나타났으며, 4등급(평균 9.08회, 표준편차 4.58)인 지자체는 4개(경기 용인시, 경기 수원시, 대구 동구, 경북 포항시 순), 5등급(평균 13.61회, 표준편차 3.24)인 지자체는 5개(대구 달서구, 전북 전주시, 대구 북구, 대구 수성구, 충북 청주시 순)로 나타났다. 강수량 등을 활용한 폭우에 대한 위험도를 표준화한 결과, 상대적으로 위험도가 낮은 1등급(평균 1.52일, 표준편차 0.26)인 지자체 수는 45개, 2등급(평균 2.25일, 표준편차 0.21)인 지자체 수는 73개로 나타났다. 상대적으로 위험도가 높은 3등급(평균 3.05일, 표준편차 0.18) 지자체가 가장 많은 106개로 나타났으며, 4등급(3.67일)인 지자체는 1개(경남 산청군), 상대적인 위험도가 가장 높은 5등급(평균 4.86일, 표준편차 0.35)인 지자체는 4개(경남 남해군, 경북 경주시, 경남 거제시, 제주 서귀포시 순)로 나타났다(Fig. 2).

폭염위험도와 폭우위험도를 공간적으로 살펴보면 경기 남부지역과 충북 북부지역, 대구와 인근지역, 부산 인근지역인 포항, 경주, 창원 등이 현재 폭염에 위험한 것으로 나타났다. 서울을 비롯한 경기 북부지역, 남해안 지역, 제주도 등이 상대적으로 폭우에 대한 위험도가 높은 것으로 나타났다.

3.2. 기후위험 대응 적응대책 현황

2022년을 기준으로 우리나라 229개 기초지자체에서 이행 중인 폭염 관련 적응대책은 총 363개 대책, 약 655.77억 원의 예산을 집행하였으며, 지자체당 평균 1.59개(표준편차 1.30)의 대책, 대책당 평균 약 1.33억 원(표준편차 4.17)의 예산을 집행한 것으로 나타났다. 폭우 관련 적응대책은 총 164개 대책, 약 689.89억 원의 예산을 집행하였으며, 지자체당 평균 0.71개(표준편차 0.69)의 대책, 대책당 평균 약 2.25억 원(표준편차 8.68)의 예산을 집행한 것으로 나타났다. 현재 폭염과 관련한 대책이 폭우와 관련한 대책보다 약 2.2배 많은 것으로 나타났지만, 예산 집행에 있어서는 폭우와 관련된 대책이 대책당 평균 예산이 약 1.7배 많은 것으로 나타났다.

지자체별 대책당 평균 예산을 등급화한 결과는 다음 Fig. 3과 같다. 먼저 폭염과 관련하여서는 전국 229개 지자체 중 전남 여수시(5등급), 충북 충주시, 충남 청양군(4



(a) Response of heatwave (b) Response of rainfall

Fig. 3. Grading map of climate risk response (Budget of plan)

등급), 경북 영천시, 경남 김해시(3등급), 전남 곡성군, 경남 산청군, 서울 송파구, 경기 안산시, 대구 중구(2등급) 등 10개 지자체를 제외한 219개 지자체는 표준화 값 0.2 이하의 1등급으로 나타났다.

등급별 적응대책 및 예산 집행 내용을 살펴보면 가장 높은 등급인 5등급의 경우 평균 대책 1개, 대책당 평균 33.59억 원의 예산을 집행하였으며, 4등급의 경우 평균 2개의 대책, 대책당 평균 24.42억 원을, 3등급의 경우 평균 2.5개의 대책, 대책당 평균 14.89억 원, 2등급의 경우 평균 2.8개의 대책, 대책당 평균 8.94억 원, 1등급의 경우 평균 1.55개의 대책, 대책당 평균 0.67억 원을 집행한 것으로 나타났다. 한편, 1등급에 해당하는 219개 지자체 중 162개의 지자체는 1개 이상의 적응대책을 이행하였으며, 이들 지자체는 평균 약 2.09개의 대책, 대책당 평균 약 0.91억 원을 사용한 것으로 나타났다. 등급별 대책의 개수는 큰 차이가 없으나 대책당 예산에서는 많은 차이가 있는 것으로 나타났다. 특히 대부분 지자체에 해당하는 1등급의 경우 그 외 등급에 비해 폭염 관련된 적응대책 예산이 매우 작은 것으로 나타났다.

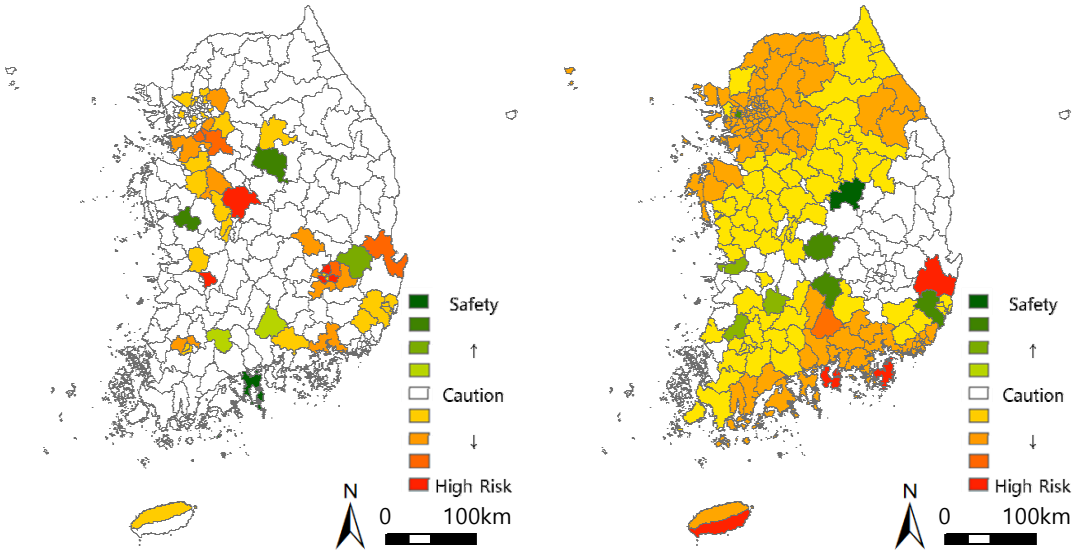
한편, 폭우와 관련하여서는 전국 229개 지자체 중 경기 부천시, 경북 문경시(5등급), 울산 울주군, 경남 거창군(4등급), 서울 서대문구, 충북 영동군, 전남 장성군, 전북 임실군(3등급), 대전 유성구, 전북 군산시, 전북 부안군, 경기 파주시(2등급) 등 12개 지자체를 제외한 217개 지자체는 표준화 값 0.2 이하의 1등급으로 나타났다.

등급별 적응대책 및 예산 집행 내용을 살펴보면 5등급의 경우 평균 대책 수는 1.5개, 대책당 예산은 평균 57.53억 원을 집행하였으며, 4등급의 경우 평균 1개의 대책을 대책당 평균 약 43.52억 원을 사용하였다. 3등급의 경우 1.25개의 대책, 대책당 평균 약 29.09억 원을 집행하였으며, 2등급의 경우 1.25개의 대책, 대책당 평균 약 18.99억 원, 1등급의 경우 약 0.69개의 대책, 대책당 평균 약 0.56억 원을 집행한 것으로 나타났다. 1등급 지자체 중에서도 1개 이상의 대책이라도 이행한 지자체는 119개로 나타났으며, 이 경우 평균 1.25개의 대책을 이행하였으며, 대책당 평균 약 1.01억 원을 집행한 것으로 나타났다. 이는 앞선 폭염 관련 대책과 마찬가지로 등급별로 평균 대책수는 큰 차이가 없으나 대책당 예산에서는 많은 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 94.76%에 해당하는 217개 1등급 지자체는 그 외 등급에 비하여 대책당 예산이 매우 작은 것으로 나타났다.

3.3. 기후위험도와 적응대책간의 공간적 관계

폭염위험도와 폭우위험도가 높은 지역에 적절한 적응대책이 이행 중인지 살펴보기 위하여 폭염위험도 등급과 적응대책 예산 등급을 종합하여 살펴보면 다음 Fig. 4와 같다.

우선 폭염위험도와 관련하여서는 229개 지자체 중 전남 여수시가 폭염에 가장 안전한 것으로 나타났으며, 충



(a) Heatwave risk (b) Rainfall risk

Fig. 4. Changes in climate risk considering budget level of adaptation plan

북 충주시, 충남 청양군, 경북 영천시, 전남 곡성군, 경남 산청군, 대구 중구 순으로 폭염위험도가 줄어든 것으로 나타났다. 175개 지자체는 상대적으로 보통 수준으로 나타났으며, 47개 지자체는 폭염에 대한 위험도가 상대적으로 여전히 높은 것으로 나타났다.

상대적으로 폭염위험도가 높은 전북 전주시, 대구 수성구, 대구 북구, 대구 달서구, 충북 청주시, 경북 포항시, 대구 동구, 경기 수원시, 경기 용인시 등은 기존 폭염위험도가 높음에도 불구하고 관련 대책 및 예산이 충분하지 않아 여전히 타 지자체에 비하여 폭염에 취약한 것으로 나타났다.

또한 경남 김해시의 경우 폭염위험도는 3등급으로 상대적으로 높은 편이나, 적응대책 관련 예산 등급도 3등급으로 타 지자체에 비하여 많은 예산을 사용하여 전체적인 위험도는 보통 수준으로 떨어진 것으로 나타났다. 이는 폭염에 대한 적응대책이 적절하게 작용하고 있음을 의미한다.

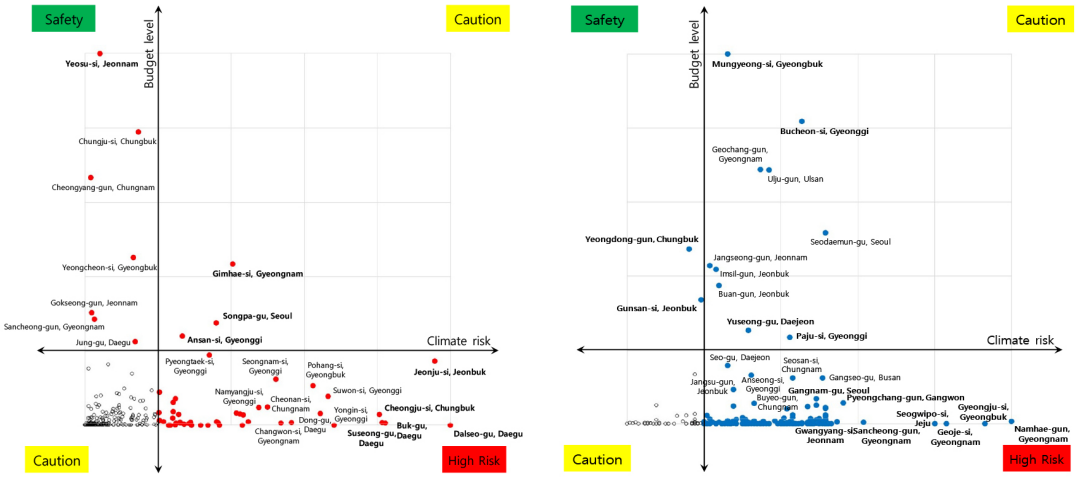
한편, 폭우위험도 관련하여서는 경북 문경시가 폭우위험도 대비 가장 많은 적응대책의 예산을 집행하는 것으로 나타났으며, 이어 경기 부천시, 울산 울주군, 경남 거창군, 충북 영동군, 전남 장성군, 전북 임실군, 전북 군산시 순으로 나타났다. 이상 8개 지자체는 폭우위험도 등급 대비 예산 집행의 등급이 높은 것으로 나타났다. 서울 서대문구, 대전 유성구, 전북 부안군 등 3개 지자체는 폭우위험도 등급도 모두 2등급 이상의 위험도를 갖지만, 적응대책도 그에 맞는 수준으로 이행 중인 것으로 나타났다. 서울 서대문구, 대전 유성구, 전북 부안군 등 3개 지자체를 포함한 46개 지자체는 보통 수준으로 나타났으며, 175개 지자체는 폭우위험도 등급 대비 적응대책 예산이 미흡한 것으로 나타났다.

3.4. 기후위험도에 따른 지자체 유형화 적응평가

기후위험도와 관련 적응대책 예산을 조금 더 자세하게 살펴보기 위하여 4사분면으로 구분하여 유형화 시켜보면 기후위험도와 관련하여 활발한 적응대책을 이행하고 있는 지자체와 부족한 지자체, 향후 기후변화에 따른 추세를 살펴보아야 하는 지자체로 구분할 수 있다.

먼저 폭염위험도와 관련한 지자체 유형화는 다음 Fig. 5의 (a)와 같다. 전남 여수시 등 2사분면에 위치한 지자체들은 상대적으로 기후위험도가 낮은데도 불구하고 폭염과 관련된 대책 및 예산을 충분히 집행하고 있는 지자체들이다. 이러한 2사분면에 위치한 지자체들은 폭염에 대응하여 비교적으로 안전하다고 볼 수 있다. 한편 대구 달서구, 북구, 수성구, 동구, 전북 전주시, 충북 청주시 등 4사분면에 위치한 지자체들은 폭염위험도가 상대적으로 높은데도 불구하고 적응대책이 부족한 지자체들이다. 4사분면에 위치한 지자체들은 폭염과 관련된 적응대책의 보완이 즉시 필요하다고 볼 수 있다.

1사분면과 3사분면에 위치한 지자체들은 향후 기후변



(a) Heatwave risk (b) Rainfall risk

Fig. 5. Categorization of local governments according to the risk and related budget level of adaptation plan

화를 주의 깊게 살펴보아야 하는 지자체들이나 그 양상은 조금 다르다고 볼 수 있다. 1사분면에 위치한 경남 김해시, 서울 송파구, 경기 안산시의 경우에는 폭염위험도가 상대적으로 타 지자체에 비하여 높게 나타나지만, 현재 위험수준에 대응한 적응대책은 이행 중에 있다고 볼 수 있다. 3사분면에 위치한 지자체들은 현재 폭염위험도도 낮게 나타나고 있으며, 관련 적응대책도 타 지자체에 비해 적게 이행중인 것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고, 1사분면과 3사분면에 위치한 지자체들은 현재의 위험수준에서 현재의 적응 수준은 대응할 수 있으나, 미래 변화 양상에 따라 위험수준이 어떻게 변화할지 모른다. 따라서 두 곳에 위치한 지자체들은 기후변화에 따른 폭염의 영향 추이를 주의 깊게 살펴보고 대응해야 할 것이다.

폭우위험도와 관련한 지자체 유형화 결과는 Fig. 5의 (b)와 같다. 충북 영동군, 전북 군산시 등 2사분면에 위치한 지자체는 폭우위험도가 낮으나 관련 대책을 이행하여 타 지자체에 비하여 상대적으로 안전한 것으로 나타났다. 경남 남해군, 경북 경주시, 경남 거제시, 제주 서귀포시, 경남 산청군, 강원 평창군, 전남 광양시, 서울 강남구, 충남 서산시, 경기 안성시, 충남 부여군 등 4사분면에 위치한 지자체는 폭우위험도가 높지만, 관련 대책이 매우 미흡한 것으로 나타났으며, 이로 인하여 상대적으로 폭우에 위험한 지자체로 분류되었다.

폭염위험도와 마찬가지로 1사분면과 3사분면에 위치한 지자체들은 상대적으로 같은 수준에 위치해 있으나 그 양상은 다르게 나타나고 있다. 먼저 3사분면에 위치한 지자체들은 폭우에 대한 위험도 낮으며, 관련 대책도 미흡한 것으로 나타났다. 1사분면에 위치한 경북 문경시, 경기 부천시, 경남 거창군, 울산 울주군, 서울 서대문구, 전남 장성군, 전북 임실군, 전북 부안군, 대전 유성구, 경기 파주시 등은 폭우위험도가 낮지 않음에도 불구하고 상대적으로 많은 적응대책을 이행 중에 있는 것으로 나타났다. 이에 안전하지는 않지만 미래 기후변화의 양상과 영향을 지속적으로 살펴보아야 하는 단계로 볼 수 있다.

3.5. 기후위험 대응을 위한 지자체 적응평가

폭염 및 폭우위험도와 관련 적응대책 예산 간의 공간적 관계 및 유형화 분류 분석 결과, 아직 많은 지자체에서 관련 적응대책의 대응이 미흡함을 알 수 있었다. 대부분의 지자체가 상대적으로 하위 20%의 수준에서 예산을 투입하고 있었다. 대구 달서구, 북구, 수성구, 동구 등 대구시의 많은 기초지자체는 실제 폭염 위험에 노출된 지자체로 볼 수 있으며, 여전히 이에 대한 많은 대응책이 필요함을 의미한다. 서울 강남구, 충남 부여군, 제주 서귀포시 등의 지자체도 폭우위험도가 높은 지자체로 나타났으며, 이러한 지역들에서 최근 폭우로 인한 피해가 실제 발생한 것으로 보아 적극적인 적응대책이 필요함을 의미한다.

그럼에도 불구하고 실제 위험도와 예산의 관계를 살펴본 결과, 적응의 이행 조건(Enabling condition)의 가장 기초적인 예산이 상대적으로 매우 부족함을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 현재 기후위험에 대응하기 위한 적응 평가체계를 개발하였고, 2022년 이행 대책을 대상으로 폭염위험도와 폭우위험도 대응 정도를 살펴보았다. 우선 현재의 폭염위험도는 상대적으로 많은 지자체가 안전하였지만, 전체 229개 지자체 중 20개 지자체는 폭염위험도가 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 폭우위험도는 111개 지자체에서 상대적으로 높은 폭우위험도가 나타나는 등 전체적으로 폭염보다는 폭우에 상대적으로 더 위험에 노출된 것으로 나타났다. 이에 비하여 폭염과 폭우와 관련된 적응대책의 이행 현황의 경우, 대책의 수는 폭염과 관련된 대책이 많으나 대책별 집행된 예산은 폭우와 관련된 대책이 많은 것으로 나타났다. 하지만 폭염 및 폭우와 관련된 예산 모두 대부분의 지자체에서 하위 20% 이하인 것으로 나타났다.

기존의 연구에서는 대책의 수와 예산 정도만 살펴보았다면(Kim et al., 2016; Lee and Choi, 2014) 본 연구에서는 기후위험도와 대책당 예산을 공간적으로 살펴보았다. 두 지표 모두 등급으로 구분하여 등급 간 차이를 살펴보았을 때, 상대적으로 위험도에 비하여 예산을 많이 투입하여 안전한 지자체가 있지만, 위험도가 높음에도 불구하고 예산 투입이 작아 위험한 지자체가 여전히 존재하였다. 특히 폭우와 관련하여서는 많은 지자체에서 예산 투입이 작은 것으로 나타났다. 마지막으로 이를 4사분면으로 유형화하였을 때, 대구 달서구, 북구, 수성구, 동구, 전북 전주시, 충북 청주시 등이 여전히 폭염에 취약한 것으로 나타났으며, 최근 호우피해를 입은 충남 부여군, 서울 강남구 등은 기후위험도, 적응예산, 기후위험도와 적응예산 간의 등급 차이를 보았을 때는 보통 수준으로 나타났으나, 유형화 결과 기후위험도는 높고, 예산 투입은 낮은 지자체로 위험도가 높은 지자체로 나타났다. 다만, 지자체별로 전체의 예산 규모나, 인구, 지역 특성 등 다양한 자연적 조건과 사회·경제적 조건이 다를 수 있으므로 추후에는 이에 대한 고려도 이루어져야 할 것이다.

IPCC 제6차 평가보고서에서는 적응대책의 시급성과 적절성을 강조하고 있으며, 적응의 다양한 이행 조건 중 예산도 그 중의 필요조건으로 강조하고 있다. 하지만 본 연구결과 아직 폭염과 폭우에 대응하기 위한 이행 조건은 부족한 상황임을 알 수 있으며, 예산 투입이 많은 지자체는 상대적으로 안전한 조건인 것으로 나타났다.

본 연구의 의의는 실제 이행 중인 대책을 대상으로 공간적으로 기후위험에 잘 대응하고 있는지와 기후위험과 예산으로 지자체 적응평가를 유형화하여 필요한 적응대책이, 실제 위험을 낮추어 줄 만큼 충분하게 이행 중인지 살펴본 것에 있다. 한편, 본 연구에서는 2022년의 지자체 예산 자료만을 활용하였는데 추후에는 누적된 예산 자료를 활용할 필요가 있으며, 폭염과 폭우에 관한 직접적인 대책 외에 간접적인 효과를 줄 수 있는 적응대책의 이행 정도도 살펴볼 필요가 있다. 본 연구 결과는 향후 실제 예산 투입이 필요한 지자체를 구분할 수 있으며, 다른 기후위험도로 확대 적용의 가능성도 기대할 수 있다.

사사

본 논문은 한국환경연구원의 2023년도 기본과제 「중장기적 적응전략 마련을 위한 기후위험 및 적응 평가체계 연구(II) (RE2023-21-04)」의 지원으로 수행되었습니다.

References

Ahn Y, Kang Y, Park CS, Kim HG. 2016. The characteristics and improvement directions of regional climate change adaptation policies in accordance with damage cases. J Environ Impact Assess 25(4): 296-306 (in Korean with English abstract).

Arnell AW, Kay AL, Freeman A, Rudd AC, Lowe JA. Changing climate risk in the UK: A multi-sectoral analysis using policy-relevant indicators. Clim Risk Manag 31: 100265.

Goonesekera SM, Olazabal, M. 2022. Climate adaptation indicators and metrics: State of local policy practice. Ecol Indic 145: 109657. doi: 10.1016/j.ecolind.2022.109657

IPCC. 2021. Climate change 2021: The physical science basis. Geneva, Switzerland: Author.

IPCC. 2022. Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Geneva, Switzerland: Author.

IPCC. 2023. AR6 synthesis report: Climate change 2023. Geneva, Switzerland: Author.

Jung H, Shin J, Park JH, Yu I, Shin Y. 2022. A study on climate risk and adaptation assessment system to

prepare mid- to long-term adaptation strategies. Sejong, Korea: Korea Environment Institute.

Kim OS, Han K, Kim K. 2016. An index analysis for evaluating the climate change adaptation capacity of the Korean local governments. J Korean Cartogr Assoc 16(3): 115-127 (in Korean with English abstract). doi: 10.16879/jkca.2016.16.3.115

Koh J. 2017. A study on change in climate change adaptation governance of Korean local governments: Focusing on the process of developing the climate change adaptation action plan and its implementation stage. J Clim Change Res 8(2): 99-108 (in Korean with English abstract). doi: 10.15531/KSCCR.2017.8.2.99

Lee J. 2017. The present status and issues of local government adaptation plans for climate change: Focusing on the health sector. J Environ Health Sci 43(2): 111-121 (in Korean with English abstract).

Lee J, Choi S. 2014. Climate change adaptation index development, application, and policy introduction for local government. Sejong, Korea: Korea Environment Institute.

Ministry of Environment. 2020. Korean climate change assessment report 2020. Sejong, Korea: Author.

Mitchell T, Ibrahim M, Harris K, Hedger M, Polack E, Ahmed A, Hall N, Hawrylyshyn K, Nightingale K, Onyango M, Adow M, Sajjad Mohammed S. 2010. Climate smart disaster risk management. Brighton, UK: Institute of Development Studies. Strengthening Climate Resilience.

Park JH. 2023. The status and characteristics of local climate change adaptation plans in Korea. J Clim Change Res 14(5): 561-568 (in Korean with English abstract). doi: 10.15531/KSCCR.2023.14.5.561

Polack E. 2010. Integrating climate change into regional disaster risk management at the Mekong river commission. Brighton, UK: Institute of Development Studies. Strengthening Climate Resilience Discussion Paper 4.

Son J, Song C, Hong M, Lee WK, Heo M, Ko Y. 2023. Analysis of detailed action plans for climate change adaptation measures and the 6th regional forest plans with suggestion for improvements. J Clim Change Res 14(5): 543-559 (in Korean with English abstract). doi: 10.15531/KSCCR.2023.14.5.543