기후변화의 물리적 리스크가 강원영동지역 산업에 미치는 영향*

김수현** 이예일***

본 연구에서는 기후변화에 따른 산업부문 매출의 영향을 전국과 강원영동지역을 대상으로 분석하였다. 이러한 분석을 위해 본고에서는 Actuarial Climate Index(ACI) 방법론을 토대로 기후리스크지수를 구축하였으며, 이상기온, 강수 이상, 가뭄, 풍속 및 해수면 변화 등의 고빈도 기후변수를 통합하여 기존연구에 비해 정합성 있는 한국형 기후리스크지수(CRI)를 구축하였다. 기후리스크가 산업부문의 매출에 미치는 영향을 측정하기 위하여 우리나라 전 산업을 아우르는 미시자료인 기업패널자료를 활용하였다. 한편 지역별, 산업별 고정효과를 고려하고 기후리스크가 강원영동지역 산업체의 매출에 추가적으로 미치는 영향을 분석하기 위해 이원고정효과 모형으로 추정하였다. 분석결과 기후리스크는 전국의 산업체 매출을 감소시키는 영향이 있는 것으로 나타났으며, 강원영동지역의 경우 추가적으로 매출을 감소시키는 것으로 드러났다. 이는 강원영동지역 산업의 수요가 기후리스크에 더욱 민감하므로 강원영동지역의 기후변화대응 정책수립에는 이를 감안하는 총체적 정책적 대응이 필요함을 시사한다.

핵심주제어: 기후리스크, 강원영동지역, 산업실질매출
경제학문헌목록 주제분류: Q54, R11, C33, F18

* 본 연구 수행을 위해 지원해주신 강릉본부 강환구 본부장님께 감사의 말씀을 드린다. 본고에 나타난 견해는 한국은행의 공식 견해가 아니며 저자의 의견이다. 본 연구에 남아있는 오류는 모두 저자의 책임임을 밝힌다.
** 전남대학교 경제학과 교수(soohyon.kim@jnu.ac.kr)
*** 한국은행 강릉본부 과장(yeil.lee@bok.or.kr)

I. 서론

글로벌 차원의 기후변화는 더 이상 미래의 위험이 아니라, 이미 일상과 경제 전반에 영향을 미치는 현실로 자리 잡고 있다. 겨울 속 한파, 봄철의 폭설, 여름철 가뭄과 국지적 집중호우가 반복되는 등, 계절의 평균적 기후 패턴이 흔들리면서 극단적 기상현상의 빈도와 강도가 동시에 높아지고 있다. 이러한 기후변화는 단순한 생활 불편을 넘어, 생산과 소비, 투자와 고용 등 다양한 경제활동의 불확실성을 증대시키는 요인으로 작용하고 있으며, 특히 에너지·자원 집약적 산업과 지역경제의 구조에 중대한 영향을 미치고 있다.

기후변화와 관련해 기업이 직면하는 위험은 크게 온실가스 감축 및 저탄소 전환 과정에서 발생하는 이행리스크와, 기상 이변 그 자체로 인한 물리적 리스크로 구분할 수 있다. 친환경 설비 도입, 재생에너지 확대 등 탄소중립 이행 과정에서 발생하는 비용과 수익성 변동은 특히 화석연료 기반 중화학공업에 큰 부담이 되고 있다. 동시에, 폭염, 폭우, 태풍, 한파 등 기상 이변은 생산시설의 물리적 피해, 작업 중단, 물류 차질 등을 통해 기업의 매출과 비용 구조에 직접적인 충격을 가한다. Nordhaus and Yang(1996)은 이러한 기후 충격이 개별 국가의 부분균형 차원을 넘어 다자간 일반균형 구조 속에서 글로벌 공급망을 통해 전이된다고 지적하였으며, IPCC 제6차 평가보고서(AR6)는 2040년~2060년 기간 동안 기후 시나리오별로 글로벌 GDP가 1.5%~3.9% 감소하고, 이 중 30%~40%가 무역, 공급망 경로를 통한 2차 간접효과에 의해 발생함을 제시한 바 있다. 이는 대외 개방도와 수출 의존도가 높은 우리나라에서 기후리스크가 단순한 국내 기상 여건 변화의 문제가 아니라, 글로벌 체인과 연동된 복합적 경제 리스크라는 점을 시사한다.

지금까지 기후변화의 물리적 리스크에 관한 논의와 정책은 주로 농업, 어업 등 1차 산업의 작황 피해, 양식어류 폐사, 어획량 감소 등 직관적인 피해 사례에 초점이 맞추어져 왔다. 이에 대응하여 정부와 관련 기관은 각종 TF 구성, 피해방지 및 재해지원 등 다양한 대책을 추진해 왔으나, 제조업과 서비스업, 특히 중화학공업과 관광·레저 산업이 혼재된 특정 지역경제에 대해 기후리스크가 어떻게 작동하는지에 관한 실증 연구는 상대적으로 부족한 실정이다. 강원영동지역은 해안과 산악이 결합된 지형적 특성으로 인해 해변, 산림, 설경 등을 활용한 관광·레저 서비스업의 비중이 크고, 동해안 일대를 중심으로 시멘트 등 일부 제조업과 에너지 관련 산업이 분포해 있다. 이러한 산업, 지리적 특성은 관광수요 확대와 산업발전의 기회를 제공하지만, 다른 한편으로는 이상기온, 강수, 가뭄, 해수면, 풍속 등 기후요인에 대한 경제적 노출도를 높이는 요인으로 작용한다.

상기 중요성에도 불구하고, 기후변화의 물리적 리스크가 영동지역 기업의 매출과 생산활동에 어떠한 경로로, 어느 정도의 강도로 나타나는지에 대한 정량적 분석은 매우 제한적이다. 기존 연구는 주로 특정 기상재해 사례나 개별 산업, 지역에 대한 단기적 영향에 초점을 두고 있어, 기후리스크를 구성하는 다양한 기후요인(기온, 강수, 가뭄, 해수면, 풍속 등)을 종합적으로 고려하지 못하였으며 지역 및 산업별 영향의 이질성에 대한 논의가 부족하였다. 본 연구는 우리나라 전역의 기상관측 데이터를 활용해 광역시·도 단위의 기후리스크지수(CRI)를 구축하고, 기업활동조사 마이크로 데이터를 연계함으로써 기후변화의 물리적 리스크가 강원영동지역 주요 산업의 실질 매출에 미치는 영향을 실증적으로 분석하고자 한다. 기후리스크지수는 이상저온, 이상고온, 이상강수, 가뭄, 해수면 및 풍속 변동 등 다양한 기후요인을 표준화하여 산출하였고, 추가로 이상기후의 임계치를 상회 혹은 하회하는 비율을 통한 방식으로 추계하였다. 또한 기업활동조사 자료를 활용해 제조업, 숙박 및 음식점업, 예술·스포츠 및 여가관련 서비스업 등 영동지역의 3대 주요 산업을 식별하고, 전국 기업과 영동지역 기업의 매출을 비교하는 방식으로 기후리스크의 추가적인 지역효과와 산업별 이질성을 함께 추정하였고, 아울러 개별기후지표별 분석을 통해 각 기후지표 변화가 지역 경제에 미치는

영향을 확인하였다.

본 보고서의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기후리스크가 지역, 산업별 경제에 미치는 영향에 관한 국내외 선행연구를 정리한다. 3장에서는 광역시·도 단위 기후리스크지수의 산출 과정과 지수 특성을 기온, 강수, 가뭄, 해수면, 풍속 등 개별 지표와 연계하여 설명한다. 4장에서는 마이크로 데이터를 활용하여 기후리스크가 영동지역 산업에 미치는 영향을 기업의 실질 매출 측면에서 평가한다. 5장에서는 본 연구의 분석을 바탕으로 결론 및 시사점을 도출한다.

II. 선행연구

이상기후가 경제에 미치는 영향은 다양한 기후 지표를 활용하여 다방면으로 분석되고 있다. 먼저 기온과 관련된 연구로 Schlenker and Roberts(2009)는 임계온도(약 29℃~32℃) 이하에서는 옥수수, 대두, 면화의 수확량이 늘지만, 임계를 초과할 경우 생산량이 급락함을 보였다. 이와 마찬가지로 Burke et al.(2015)은 농업 및 비농업 산업에 대해 연평균 생산성과 기온에 대해 역U자형 관계가 있음을 보였다. 즉, 상기 연구들은 기온의 증가에 따른 생산의 변화는 비선형적 관계에 있음을 강조한다. 아울러 Hsiang(2010)의 연구에 의하면 기온이 1℃ 상승했을 때 비농업생산영역의 생산이 2.4%p가 감소하였으며, 농업영역에선 0.1%p가 감소함을 보이며 기온의 변화가 생산에 미치는 영향이 산업별로 상이함을 보였다. 한편, 강풍, 폭우가 경제 성장에 미치는 영향을 분석한 연구로 Bertimelli et al.(2013)의 위성 불빛 이미지를 바람 필드 모형에 적용한 연구가 있다. 저자는 허리케인에 노출된 지역의 경제 성장이 1.5% 감소함을 밝혔다. 이와 유사한 연구를 실시한 Hsiang and Jina(2014)의 연구 결과에 따르면, 허리케인 발생 빈도가 높은 지역에서 1인당 소득이 20년 간 약 7.4%가 감소한다고 보고하였다.

상기 기후요인이 지역 경제에 미치는 연구는 경제 활동 및 산업 특성과 밀접하게 연동되는 측면이 있다. 이와 함께, 강수량 및 가뭄 또한 농업 및 교역 등 특정 산업과 긴밀한 관련이 있다. Damania et al.(2020)은 국가 패널을 활용하여 1990-2014년간 강수량과 성장률 간 비선형 관계를 밝혔다. 강수 증가에 따른 생산성 증대는 체감하며, 특정 범위를 넘어서면 추가 강수의 한계효과가 약화됨을 보였다. 특히, 농업 의존도가 높을수록 영향이 큼을 보였으며, 강수량과 지역 GDP 간 오목성이 존재한다는 사실은 기온과 경제 성장 간 비선형성을 보인 연구와 일맥상통하다. 한편, Tintchev and Jaramillo(2024)는 가뭄지표를 활용하여 국가 패널을 ARDL 모형으로 분석하였는데, 가뭄이 심화될수록 장기의 1인당 실질 GDP 성장과 물가 안정성에 악영향을 미침을 보였다. 구체적으로, 높은 배출 시나리오에서 가뭄의 심화는 40년 간 평균 물가상승률을 2%p 증가와 1인당 실질 GDP 성장률의 0.4%p 감소를 야기하였다. 위 연구들이 특정 기후 지표를 활용하여 경제에 미치는 영향을 분석한 것에 반해, Felbermayr et al.(2022)는 1992년~2013년 간 평균 야간 불빛 데이터와 기후 데이터를 연계하여 태풍, 이상 강수, 가뭄, 한파가 지역 경제에 미치는 영향을 다각적으로 분석하였다.

국내 연구에서도 기후 변화에 대한 영향을 다방면으로 검증하고 있다. 정선영과 허정(2022)은 이상기온 및 일조시간 하락이 산출, 품질, 노동생산성을 저하시켜 총생산성 하락을 유발함을 보였다. 한편, 이러한 기후 변화는 노동 시장에도 지대한 영향을 미치는데, 심명규와 조수진(2025)은 이상고온이 단기적으로는 제한적인 영향을 미치지만, 여름에 고온이 실업을 증가시키고 봄·가을에는 하락시켜 계절별 이질성이 뚜렷함을 보였다. 이와 유사하게, 이승욱 외(2016)는 열 스트레스가 노동생산성을 낮춤을 밝혔으며 산업별 위험도를 제시하였다. 한편, 나한나와 정우식(2025)은 강풍, 폭우 위험에 대해 취약성, 노출, 환경요소를 결합

한 지역별 위험지수를 산정하여 사회·경제적 리스크 기반의 대비체계를 제시하였다.

국내 연구는 한국의 기후 환경을 고려하여 이상 기온이 생산 및 고용에 미치는 영향이 주로 이루어졌으며, 가뭄 및 강수에 대한 다양한 연구가 존재하나 산업구조를 고려하여 경제에 미치는 영향을 밀접하게 분석한 연구는 제한적인 측면이 있다. 한편, 한국의 기후 변화의 영향은 증가하는 추세이지만, 기업들의 적응 능력으로 잘 대응하고 있다는 평가 또한 존재한다. (최영준 외, 2016) 이처럼 기후 변화가 경제에 미치는 영향은 경제의 특성 및 산업 집약도에 따라 상이하며 지표의 성격에 따라 선형·비선형적 관계가 드러나거나 통계적으로 유의하거나 하지 않는 등의 혼재된 결과가 존재한다. 본 연구는 한국의 기후 변화 및 영동 지역의 특성을 고려하여 종합적인 기후리스크지수를 통해 기후 위기가 경제에 미치는 영향을 보다 설득력 있게 제시하고자 한다.

III. 기후리스크지수의 산출

기존의 단순한 기후 변수(예: 평균기온, 강수량 등)는 기후위험의 총합적 수준이나 이상기후에 대한 상대적 심각도를 포착하기에 한계가 있다. 또한, 기후변화가 산업 및 지역경제에 미치는 영향을 정량적으로 분석하기 위해서는 지역 단위의 기후위험 수준을 체계적으로 측정할 수 있는 종합 지표의 구축이 우선 되어야 한다.

이러한 목적으로 다양한 방식의 지수들이 고안되고 있다. 미국의 Actuaries Climate Index(ACI)[1]는 미국과 캐나다의 기후변화를 측정하기 위해 고온, 저온, 폭우, 가뭄(연속가뭄일수), 바람, 해수면으로 구성된 기후지표를 종합하여 편제한다. 고온지수는 기온의 상위 90%에 해당하는 일수의 변화(T90)로 측정하며 저온지수는 기온의 하위 10%에 해당하는 일수의 변화(T10)로 측정한다. 지구온난화의 영향으로 북미의 경우 T10은 주로 음수(−)로 나타나며 T90은 양수(+)로 나타난다. 폭우지수는 월중 가장 비가 많이 오는 5일간의 강수량이며, 가뭄지수는 1mm 미만의 비가 내린 연속일수로 측정한다. 풍속은 한 달간 상위 90%의 풍속에서 기준기간 90% 수준의 풍속을 차감하여 계산하며 해수면의 경우 해수면 상승의 정도를 측정한다.

한편, Germanwatch는 각국의 기후변화 리스크를 측정하기 위해 수문학적(Hydrological), 기상학적(Meteorological), 기후학적(Climatological) 이벤트로 인하여 발생하는 사망자수와 경제적 손실을 바탕으로 기후리스크지수(Climate Risk Index)를 편제하여 발표한다. 다만 인구, 경제적 손실을 바탕으로 편제한다는 방침만 공개하였을 뿐 정확한 수식과 가중치 등을 공개하지 않으며 지수 값이 국가별 순위(Rank)로 발표된다. Notre Dame Global Adaptation Initiative에서 발표하는 ND-GAIN Index 또한 Germanwatch의 기후리스크지수와 유사하게 국가별 기후변화 취약성과 적응 역량을 평가하는 지표로 취약성(Vulnerability)과 적응력(Readiness) 두 가지 주요 요소를 기반으로 산출된다. 이때 취약성은 기후변화에 얼마나 영향을 받는지를 측정하며, 식량, 물, 건강, 생태계, 거주 환경, 기반시설을 측정하고 적응력은 기후 변화에 대응할 수 있는 능력으로 경제환경, 정부 거버넌스, 사회적 준비도로 측정한다.

본 연구에서는 지역단위로 가용한 자료를 활용하여 편제할 수 있는 ACI 지수의 산출방식을 바탕으로 국내 기상청에서 제공하는 기후 빅데이터를 활용하여 다차원적 위험 요소(고온, 저온, 폭우, 가뭄, 해수면, 풍

1) ACI는 2016년부터 산출하기 시작한 기후변화 모니터링 지수로 미국과 캐나다, 그리고 12개 하위지역의 이상기후를 측정하기 위해 편제되고 있다. 상기 지수는 기준기간(1961~1990년)과 비교하여 1991년 이후 발생한 이상기후를 탐지하도록 설계되었으며, 해당 지역의 기후 물리적 리스크가 산업활동에 미치는 잠재적 영향을 실증적으로 분석하기 위한 핵심 기반 변수로 활용되며 미국의 보험요율 산정의 입력변수로 사용되기도 한다.(Zhou et. al., 2024)

속 등)를 통합한 우리나라의 광역시도별 기후리스크지수(CRI: Climate Risk Index)를 편제하였다. 해당 지수는 지역의 고유한 기후 특성과 기상 이변의 강도 및 빈도를 반영하도록 설계되었다. 한편, 본 연구의 기후리스크지수는 고온, 저온, 폭우, 가뭄, 해수면, 풍속을 기준으로 편제되었는데, 총지수를 편제하기 위해서는 우선 각 지표에 대한 리스크 지수를 개별로 편제할 필요가 있다. 지역별로 이러한 기후지표를 작성하기 위해 기상청 기상자료개방포털[2]에서 16개 광역시도에 위치한 57개 관측소의 일간 자료를 사용하였다. ([표 1] 참조) 표본기간은 본격적인 기상관측이 시작된 1973년 1월 1일부터 2024년 12월 31일까지이며, 본 연구에서 사용한 기업활동조사 패널데이터의 자료기간이 포함된 2000년 이후 기간은 관측기간으로, 그 이전 기간인 1973년~1999년까지는 미국 ACI의 경우와 같이 기준기간(Reference Period)으로 설정[3]하여, 기준기간 대비 관측기간의 기후변화를 기후리스크로 정의하였다. 다시 말해 1973년에서 1999년까지의 기온, 강수량, 가뭄, 해수면, 풍속 지수 대비 2000년 이후 각 지표가 통계적으로 유의하게 다르거나, 이상치를 보이는지 여부를 통해 지역별 기후변화가 발생하는지 여부를 지표로 산출하였다.

[표 1]

광역시도별 관측소

광역시도	관측소
강 원	강릉, 속초, 대관령, 춘천, 원주, 인제, 홍천, 태백
경 기	수원, 양평, 이천
경 남	거제, 남해, 통영, 진주, 거창, 합천, 밀양, 산청, 창원
경 북	구미, 울진, 포항, 영주, 문경, 영덕, 영천, 의성, 봉화, 안동
광 주	광주
대 구	대구
대 전	대전
부 산	부산
서 울	서울
울 산	영동
인 천	인천
전 남	목포, 여수, 완도, 장흥, 해남, 고흥
전 북	군산, 전주, 부안, 임실, 정읍, 남원, 장수
제 주	제주, 고산, 성산, 서귀포
충 남	서산, 천안, 보령, 부여, 금산
충 북	충주, 청주, 추풍령, 제천, 보은

주: 표에 나열된 관측소 외에 표본기간 중 관측이 시작된 신설 관측소가 있으나, 자료의 기간이 분석 기간보다 짧거나 간헐적 자료만 존재하기 때문에 지수의 일관성과 비교가능성을 위해 제외하였다.
자료: 기상자료개방포털

2) 기온, 강수 및 가뭄(표준강수지수) 자료는 기상자료개방포털, 해수면 자료는 국립해양조사원에서 추출하였다.
3) 기준연도와 관측연도를 구분하는 것은 관측연도 동안 발생한 평균 기후를 기준으로 기후 변화를 측정할 경우 내생성 문제가 발생할 수 있기 때문이다. 아울러 기준연도 설정에 대한 이론적 배경은 없으나 지수 측정의 정확도를 제고하기 위해 충분한 기간을 설정할 필요가 있다. 이를 위해 미국 ACI가 1961년~1990년을 기준연도로 설정한 것을 감안하여 본 연구에서는 1973년~1999년을 기준연도로 설정하였다.

1. 기온

최근 지구온난화의 영향으로 기온의 분포 형태 또한 달라졌는데, 평년에 비해 더운 날과 추운 날이 증가하고 있다. 이러한 이상기온 현상의 증가는 이상고온과 이상저온의 형태로 나타나며, 강원영동의 대관령 지역을 중심으로 발달한 농작물 재배 농가에 피해가 발생하고, 특히 이상고온의 지속으로 인해 태백산맥을 통한 대형산불로 이어져 영동지역의 생산과 매출에 큰 타격을 줄 수 있다. 이상기온은 생산활동의 저하, 소득감소, 소비와 투자 감소 등 총수요 감소로 이어지며 지역 경제를 위축시킬 수 있다.

본 연구에서는 이러한 이상기온의 영향을 반영하기 위하여, 이상고온(abnormal high)과 이상저온(abnormal low)을 정의하여 기후리스크지수(CRI)에 포함하였다. 이상기온(고온, 저온)을 탐지할 수 있는 기온리스크를 편제하기 위해 기준연도(1973년~1999년)의 자료로 월별 기온의 평균과 표준편차를 구한 뒤, 관측 연도(2000년~2024년)의 이상기온 지표를 산출하였다. 기존 연구 방법론에는 이상기온을 산출하기 위해 일평균 기온을 사용하였는데, 이 경우 일 중 최고기온 또는 최저기온의 충격을 과소 식별하는 문제가 있을 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 이상고온을 일 중 최고기온으로, 이상저온을 일 중 최저기온을 기준으로 하여 산출하였다. 이상고온과 이상저온을 산출하기 위해 기준연도 기간의 일 중 최고기온과 최저기온을 이용해 월별 평균과 표준편차를 구하였다. 이후 관측 연도의 일 중 최고기온을 앞에서 구한 기준연도의 평균과 표준편차로 표준화하여 아래와 같이 이상기온 지표를 구성하였다.

$$Z_{i,t}^{high} = \frac{Hightemp_{i,t} - \mu_i^{high}}{\sigma_i^{high}},\ Z_{i,t}^{low} = \frac{Lowtemp_{i,t} - \mu_i^{low}}{\sigma_i^{low}}$$

또한, 이상고온과 이상저온의 발생 일수를 측정하기 위해 관측연도의 일 중 최고기온이 기준연도의 최고기온 임계치를 상회하는 날의 비율과 일 중 최저기온이 기준연도의 최저기온 임계치를 하회하는 날의 비율을 구하였다. 이때 각각의 임계치는 기준연도의 월별 기온의 고점과 저점으로 산출하였다. 고온의 임계치는 기준연도의 월별 일 중 최고기온의 상위 10%로 설정하였으며, 저온의 임계치는 기준연도의 월별 일중 최저기온의 하위 10%로 설정하였다. 한편, 지구온난화가 진행됨에 따라 최저기온이 상승하는 추세를 고려할 때 기존 연구 방법과는 다른 새로운 임계치 기준이 필요하다. 이러한 추세를 반영하기 위해 기준연도의 월별 일 중 최저기온의 상위 10%를 새로운 저온 임계치로 설정하고, 관측연도의 일 중 최저기온이 새로운 저온 임계치를 상회하는 비율을 추가로 산출하였다.

$$AbnormalHigh_{i,t} = \frac{1}{M_d}\sum_{d=1}^{M_d}(Hightemp_{i,d} > Hightemp_{i,t}^{10high}),$$

$$AbnormalLow_{i,t}^{low} = \frac{1}{M_d}\sum_{d=1}^{M_d}(Lowtemp_{i,d} < Lowtemp_{i,t}^{10low}),$$

$$AbnormalLow_{i,t}^{high} = \frac{1}{M_d}\sum_{d=1}^{M_d}(Lowtemp_{i,d} > Lowtemp_{i,t}^{10high})$$

여기에서 $Z_{i,t}^{high}$, $Z_{i,t}^{low}$은 각각 i지역의 t월의 관측연도의 고온과 저온의 표준화된 지표로 각각 이상고온과

이상저온의 지표이다. $Hightemp_{i,t}$ 와 $Lowtemp_{i,t}$ 는 각각 관측연도의 기간 중 일 중 최고기온과 최저기온이다. μ_i^{high}는 기준연도의 일 중 최고기온의 평균이며 σ_i^{high}는 이의 표준편차이다. μ_i^{low}는 기준연도의 일 중 최저기온의 평균이며 σ_i^{low}는 이의 표준편차를 의미한다.

$AbnormalHigh_{i,t}$ 은 i지역의 t월 일 중 관측연도의 최고기온이 임계치를 상회하는 날의 비율이며, $AbnormalLow_{i,t}^{low}$ 는 최저기온이 저온 임계치를 하회하는 날의 비율, $AbnormalLow_{i,t}^{high}$ 는 최저기온이 지구온난화를 반영한 저온 임계치를 상회하는 비율이다. $Hightemp_{i,t}^{10high}$ 은 기준연도의 월별 일 중 최고기온의 상위 10% 고온 임계치이며, $Lowtemp_{i,t}^{10low}$ 와 $Lowtemp_{i,t}^{10high}$ 는 최저기온의 하위 10% 저온 임계치와 상위 10% 저온 임계치를 의미한다. M_d는 각 t월의 총일 수이다.

2. 강수량

최근 몇 년 동안 기온의 변화와 더불어 강우 또한 평년과는 다른 양상을 보이며 이상강우로 인한 수해 피해가 속출하고 있다. 강수량의 변동성이 확대된 것이 특징인데, 특히 여름철 폭우가 빈번하게 발생하고 있다. 집중호우로 인해 도시 침수, 지반 침하 등의 인프라 손실이 발생하며, 농업에서는 농작물 피해가 발생할 수 있다. 또한 수해 피해 이후 복구에 상당한 시간이 소요되어 정상화까지 지속적인 피해를 입게 된다.

이상강우의 정도를 측정하기 위해 관측연도의 일일 강수량을 기준연도 강수량의 월별 평균과 표준편차를 이용해 표준화하여 월별로 산출하고, 기준연도 기간의 일일 강수량의 월별 상위 10%를 임계치로 설정해 관측기간 중 각 임계치를 초과하는 일수의 비율을 월별로 산출하였다.

$$Z_{i,t}^{pptn} = \frac{pptn_{i,t} - \mu_i^{pptn}}{\sigma_i^{pptn}},$$

$$Abnormal_{i,t}^{pptn} = \frac{1}{M_d} \sum_{d=1}^{M_d} (pptn_{i,d} > pptn_{i,t}^{10high})$$

여기에서 $Z_{i,t}^{pptn}$은 관측연도 t월의 강수량을 표준화한 지표로, $pptn_{i,t}$는 관측연도 기간 중 일일 강수량이다. μ_i^{pptn}은 기준연도 기간 동안의 일일 강수량의 월별 평균이며 σ_i^{pptn}는 이에 대한 표준편차이다. $Abnormal_{i,t}^{pptn}$ 은 i지역의 관측연도의 일 강수량이 기준연도의 강수량 임계치를 상회화는 날의 비율이며, $pptn_{i,t}^{10high}$ 은 기준연도의 월별 일 강수량의 상위 10% 강수 임계치이다.

3. 가뭄

가뭄은 강수와는 상반된 양상을 보여주는 기후지표이다. 단기로 발생하는 강수 피해와 달리, 가뭄의 피해는 장기적인 형태로 나타나며 지역의 환경을 비롯한 산업, 경제에 폭넓은 영향을 미친다. 가뭄은 강수를 비롯한 다른 기후요소와 달리 발생하기까지 진행 속도가 더디게 나타나는 특징이 있으며, 발생 기간과 피해 기준에 따라 다양하게 정의된다. 기상학적 가뭄은 기상현상의 영향을 직접적으로 반영하며 비교적 단기의 가뭄을 의미하는 반면, 농업적 가뭄은 농업에 직접 관계되는 농작물의 생육과 관련된 가뭄으로 농업에 치명

적인 피해를 줄 수 있다. 마지막으로, 수문학적 가뭄은 물 공급과 관련되어 하천 수위 등 가용 수자원의 양으로 정의되며 제한급수와 같은 조치로 생산활동에 차질이 발생할 수 있다.

ACI를 비롯한 기존 연구에서는 월별 최대 무강수 계속일수를 계산하여 가뭄 지표를 산출하고 있으나, 본 연구에서는 표준강수지수(Standard Precipitation Index, SPI)를 활용한다. 무강수 계속일수는 기상학적 가뭄을 정의하는데 사용되는 기준 중 하나이다. 그러나 본 연구에서는 지역 산업에 미치는 영향을 보다 면밀히 살피기 위하여 표준강수지수를 이용한 가뭄지표를 산출하고자 한다.

표준강수지수는 Mckee, Doesken and Kleist(1993)가 개발한 가뭄지수로 세계기상기구(WMO)에 의해 기상학적 가뭄을 측정하기 위한 지수로 권고되고 있으며 단기간의 농업분야와 장기간의 수문적 가뭄까지 반영할 수 있다. 표준강수지수는 강수량을 사용하여 가뭄의 정도를 판단하는데, 현재일까지의 누적 기간 강수량을 과거 동일 기간의 강수량의 분포와 비교하여 표준화한 지수이다. 강수량은 시간 단위 내에서 누적적으로 측정되는데 우리나라 표준강수지수에서 측정하는 누적기간은 1개월~24개월이며 이를 나타내는 기호는 각각 SPI1, SPI2, SPI3, ..., SPI24과 같다.[4] 누적기간에 따라 다른 가뭄의 성격을 나타내는데, SPI3은 기상학적 가뭄, SPI6은 농업적 가뭄, SPI12는 수문학적 가뭄을 판단하는 기준으로, 다양한 기간의 SPI를 고려함으로써 가뭄이 지역 경제 및 환경 전반에 미치는 영향을 장·단기적으로 확인할 수 있다.

누적강수지수는 Mckee, Doesken and Kleist(1993)에 따라 1973년 이후 특정지역의 해당기간(1, 2, 3, ..., 24개월) 동안의 누적강수량으로 감마(Gamma)분포를 추정한다.[5] 표준강수지수를 측정하기 위한 감마분포는 아래와 같다.

$$f(p_{i,l}\,;\alpha_{i,l},\beta_{i,l}) = \frac{1}{\Gamma(\alpha_{i,l})\beta_{i,l}^{\alpha_{i,l}}} p_{i,l}^{\alpha_{i,l}-1}\exp(-\frac{p_{i,l}}{\beta_{i,l}}) \quad , \text{ 단 } \alpha_{i,l} > 0, \beta_{i,l} > 0$$

위 감마분포에서 $p_{i,l}$은 i지역 과거 l누적기간(1, 2, 3, ..., 24개월) 동안의 강수량이며, $\alpha_{i,l}$은 감마분포의 형상(shape) 모수, $\beta_{i,l}$는 척도(scale) 모수이다. 감마분포는 지역(i)과 누적기간(l)에 따라 각각 추정된다. 표준강수지수는 위에서 추정된 감마분포에 관찰된 누적강수량을 넣어서 도출된 누적확률을 표준정규분포에 대입하여 산출[6]한다. 표준강수지수는 1991년부터 1일 주기로 산출하기 시작하여 2017년까지 59개 지역에 대해 발표하였고, 2018년 이후에는 66개 지역에 대해 산출하고 있다.

본 연구에서는 다른 기후요소와의 분석기간을 일관적으로 맞추기 위해 기준기간인 1973년부터 1999년까지의 누적강수량으로 감마분포를 추정한 후, 기준기간으로 추정된 분포에 관측기간인 2000년부터 2024년까지의 월별 누적강수량을 넣어 도출된 누적확률을 표준정규분포에 대입하여 SPI 지수를 산출하였다. 표준강수지수의 범위로 판단할 수 있는 가뭄단계는 [표 2]와 같다.

---

4) 이는 각각 1, 2, 3, ..., 24개월 동안 누적강수량을 분석하여 산출한 지수를 의미한다.

5) 강수량은 일반적으로 0 이상의 연속변수이며 우측으로 긴 꼬리를 갖는 분포의 특성이 있으므로 두 개의 모수로 식별되는 감마분포를 띄게 된다.

6) 감마분포와 표준정규분포로 SPI 지수를 산출하는 방법은 아래와 같다.(정세진 외, 2019)
   1. 산출할 SPI의 시간척도 결정(1, 2, 3, ..., 24개월)
   2. 일자별 과거(1, 2, 3, ..., 24개월) 누적강수량 계산
   3. 누적강수량의 시계열 데이터를 통해 감마분포를 추정
   4. 추정된 누적감마분포에서 현재시점 누적강수량의 확률값을 계산
   5. 해당 확률값을 표준정규분포의 역함수에 대입하여 표준강수지출를 도출

[표 2]

SPI값에 따른 가뭄단계

지수값[1]	가뭄 단계	확률[2]	평균재현기간(년)
1.00 이상	습함	0.159	–
0.99 ~ −0.99	정상	0.683	–
−1.00 ~ −1.49	약한 가뭄(관심 단계)	0.092	1.4 ~ 2.0
−1.50 ~ −1.99	보통 가뭄(주의 단계)	0.044	2.1 ~ 3.7
−2.00 이하	심한 가뭄(경계 단계)	0.023	3.8 ~ 17.8
20일 이상 -2.00 이하	극심한 가뭄(심각 단계)	–	17.9 이상

주: 1)표준정규분포의 표준편차 1을 기준으로 산출 2) 표준정규분포의 누적확률값

자료: NASA, 기상청 수문기상 가뭄정보 시스템

본 연구에서는 표준강수지수와 가뭄 단계를 활용하여 가뭄지표를 도출하였다. [표 2]와 같이 표준강수지수의 값에 따라 SPI지수의 값이 -1.50 이하인 경우 보통가뭄으로, −2.00 이하인 경우 심한가뭄으로 구분할 수 있다. 가뭄지표는 연중 보통가뭄과 심한가뭄을 기록한 비율을 계산하여 도출하였다.[7] 한편, 누적 기간의 경우 1, 2, 3개월 등 짧은 누적 기간으로는 기준연도 대비 관찰연도의 가뭄의 정도가 크게 달라지지 않았다. 따라서 기후리스크지수를 편제하기 위해서 SPI는 1개월부터 24개월까지의 누적기간의 평균치를 사용하였다.[8] 이를 적용한 가뭄지표는 다음과 같이 도출한다.

$$Z_{i,t}^{drght} = \frac{1}{10}\sum_{l=1}^{24} SPI_{l,i,t},$$

$$Abnormal_{i,t}^{drght} = drought5 + drought2$$

여기에서 $Z_{i,t}^{drght}$은 l누적기간(1, 2, 3, ..., 24개월) 동안의 SPI지수 값의 평균치를 의미한다. $drought5$는 연중 보통 가뭄이 발생한 비율을 나타내며 $drought2$ 는 연중 심한 가뭄이 발생한 비율이다.

4. 해수면

글로벌 평균기온 상승에 따른 수온 상승으로 해수가 팽창함에 따라 해수면 상승이 가속화되고 있다. 해수면이 상승하면 수심이 깊어지고, 너울성 파도의 영향이 증가해 연안 침식을 악화시킨다. 영동지역은 내륙에 비해 해안지역의 경제활동이 상대적으로 더 활발하며 항만시설, 산업단지 등 기반시설이 집중되어 있고 동해 연안의 관광지로 활용 가치가 높다(민동기·조광우, 2014). 해수면 상승으로 동해안에 인접한 석탄 부두 등 항만시설 인프라 피해와 염수 침투 위험을 증가시킬 수 있다. 또한 강원 동해안 연안 다수의 백사장이

7) 표준강수지수는 누적강수에 따른 확률을 표준정규분포에 넣어 산출된 값으로 다른 기후지표들과 같이 기준연도의 평균과 표준편차 값에 따른 표준화를 통해 산출할 경우 이중표준화의 문제가 발생할 수 있다.

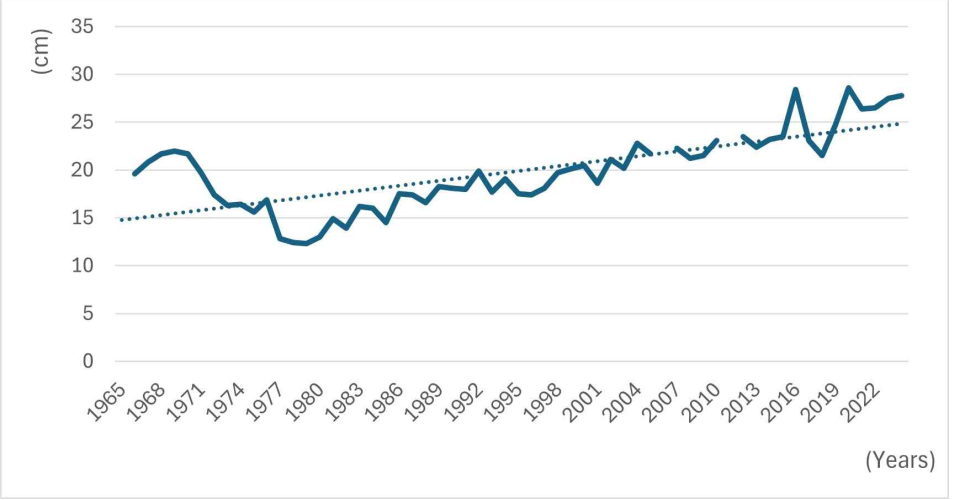
8) 누적기간은 1개월부터 24개월까지이지만, 추계에 활용되는 누적기간은 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24개월까지 총 10개의 누적기간이 사용된다.

침식 우려·심각 지역으로 진단된 바가 있다. 관광산업 유지 측면에서 해수욕장의 침식은 그 경제적 가치가 손실됨에 따라 나아가 지역경제를 위축시킬 우려가 있다.

특히 [그림 1]과 같이 영동지역은 해수면이 추세적으로 상승하고 있으며, 최근 상승 속도가 빠르게 증가하고 있다는 점[9]을 반영하여 본 연구에서는 기후리스크지수에 해수면을 포함하였다.

[그림 1]

영동지역의 해수면 높이



주: 1965년부터 2024년까지 조위 연 평균 높이(cm)
자료: 국립해양조사원, 묵호 조위관측소

본 연구에서는 국립해양조사원에서 제공하는 조위 관측자료를 수집해 월별 평균 해수면(cm)을 사용하였다. 기준연도 기간 1999년까지의 해수면의 월별 평균과 표준편차를 이용해 다른 기후지표와 마찬가지로 표준화 작업을 거쳤다. 또한 기준연도 기간의 월별 해수면의 상위 10%를 임계치로 설정해 관측연도 기간 중 임계치를 초과하는 비율을 산출하였다.

$$Z_{i,t}^{sealevel} = \frac{sealevel_{i,t} - \mu_i^{sealevel}}{\sigma_i^{sealevel}},$$

$$Abnormal_{i,t}^{sealevel} = \sum_{t=1}^{12} (sealevel_{i,t} > sealevel_{i,t}^{10high})$$

여기에서 $Z_{i,t}^{sealevel}$은 관측연도 t월의 해수면 높이를 표준화한 지표로, $sealevel_{i,t}$ 는 관측연도 기간 중 월별 해수면 높이다. $\mu_i^{sealevel}$은 기준연도 해수면 높이의 월별 평균이며 σ_i^{pptn}는 이에 대한 표준편차이다. $Abnormal_{i,t}^{sealevel}$ 은 i지역의 관측연도의 해수면 높이가 기준연도의 해수면 높이의 임계치를 상회하는 월의 비율이며, $sealevel_{i,t}^{10high}$ 은 기준연도의 월별 해수면 높이의 상위 10% 임계치이다.

9) 국립해양조사원의 우리나라 연안 해수면 높이 관측 분석 결과, 최근 10년(2014~2023년)간 해수면 상승 속도가 과거에 비해 가속화되고 있으며 우리나라 해역별 평균 해수면 상승 속도는 울릉도를 포함한 동해안이 가장 높은 것으로 나타났다.

5. 풍속

강원영동지역은 태백산맥으로 인한 지형과 동해에 인접해있어 국지적인 강풍이 자주 발생한다. 특히, 겨울철과 봄철에 강풍 현상이 자주 있으며, 태백산맥을 넘어 불어오는 바람에 의해 평균 풍속도 다른 지역에 비하여 강한 편이다. 강풍으로 인해 가로수와 설비 시설에 피해가 발생하고 전기 공급에도 차질이 생겨, 지역 경제에 유의한 영향을 미칠 수 있다.

본 연구에서는 풍속의 영향을 포착하기 위해 일 평균풍속(m/s)보다 일 최대풍속(m/s) 자료를 사용하였다. 표준화 작업을 위해 기준연도의 월별 최대풍속 평균과 표준편차를 산출하였다. 이후 관측연도의 일 최대풍속을 표준화한 뒤 월별로 합산하였다. 또한 일 중 최대풍속의 상위 10% 임계치를 설정해 해당 임계치를 상회하는 강풍 발생 빈도를 구하였다.

$$Z_{i,t}^{windsp} = \frac{windsp_{i,t} - \mu_i^{windsp}}{\sigma_i^{windsp}},$$

$$Abnormal_{i,t}^{windsp} = \frac{1}{M_d} \sum_{d=1}^{M_d} (windsp_{i,d} > windsp_{i,t}^{10high})$$

여기에서 $Z_{i,t}^{windsp}$은 관측연도 t월의 일 중 최대풍속을 표준화한 지표로, $windsp_{i,t}$ 는 관측연도 기간 중 일 중 최대풍속이다. μ_i^{windsp}은 기준연도 최대풍속의 월별 평균이며 σ_i^{windsp}는 이에 대한 표준편차이다. $Abnormal_{i,t}^{windsp}$ 은 관측연도의 일 최대풍속이 기준연도의 최대풍속의 임계치를 상회하는 날의 월별 비율이며, $windsp_{i,t}^{10high}$ 은 기준연도의 일 중 최대풍속의 상위 10% 임계치이다.

6. 기후리스크지수

이상의 기후 지표들을 종합하여 기후리스크지수(CRI)를 구성한다. 이상기온, 이상강수, 가뭄, 해수면, 그리고 이상 풍속 등이 지수에 포함되며, 종합한 지수는 각 기후지표의 기여도에 따라 표준화하는 과정을 거친다. 이때 각 기후 지표에 적용되는 가중치는 모두 동일하게 설정[10]하였다.

본 연구에서 CRI는 세 가지 방식으로 정의하고 있다. 먼저, *CRIz*는 각 기후지표를 기준 기간의 수치로 표준화한 값들로, 기준기간 대비 관측기간의 기후변화를 포착할 수 있다. 이때, 각 기후요인의 측정 단위가 다르기 때문에 표준화한 값들을 사용하여 지수를 도출하였다. 한편, 보다 이상 기후 현상을 직관적으로 해석할 수 있는 *CRIp*와 *CRIm*은 기준기간의 임계치를 넘는 월별 비율 값으로, 이상저온을 정의하는 기준에서의 차이가 있다. *CRIp*에서의 이상저온은 기준기간의 최저기온 중 상위 10%를 상회하는 저온을 의미하며 지구온난화의 영향을 반영하고 있다. 반대로 *CRIm*에서는 이상저온을 평년 대비 추운 날, 즉 기준기간의 최저기온 중 하위 10%을 하회하는 저온을 의미하기 때문에 지수 도출 시 반대의 부호를 적용하였다.

10) 가중치는 개별기후지표의 변화가 기후리스크지수에 기여하는 정도를 기준으로 상이하게 적용하는 것이 가장 바람직하지만, 아직까지 이를 측정할 수 있는 이론적인 근거나 방법론이 미흡한 실정이다. 한편, American Academy of Actuaries(2018) 등에서도 종합지표를 구성할 때 각 지표의 가중치를 동일하게 설정한 점을 감안하여 분석의 설득력을 기대할 수 있다.

$$CRIz_{i,t} = w_1 Z_{i,t}^{high} - w_2 Z_{i,t}^{low} + w_3 Z_{i,t}^{prcp} - w_4 Z_{i,t}^{drght} + w_5 Z_{i,t}^{sealevel} + w_6 Z_{i,t}^{windsp}$$
$$= CRI_{i,t}^{high} - CRI_{i,t}^{low} + CRI_{i,t}^{prcp} - CRI_{i,t}^{drght} + CRI_{i,t}^{sealevel} + CRI_{i,t}^{windsp},$$

$$CRIp_{i,t} = Abnormal_{i,t}^{high} + AbnormalLow_{i,t}^{high} + Abnormal_{i,t}^{prcp}$$
$$+ Abnormal_{i,t}^{drght} + Abnormal_{i,t}^{sealevel} + Abnormal_{i,t}^{windsp},$$

$$CRIm_{i,t} = Abnormal_{i,t}^{high} - AbnormalLow_{i,t}^{low} + Abnormal_{i,t}^{prcp}$$
$$Abnormal_{i,t}^{drght} + Abnormal_{i,t}^{sealevel} + Abnormal_{i,t}^{windsp},$$

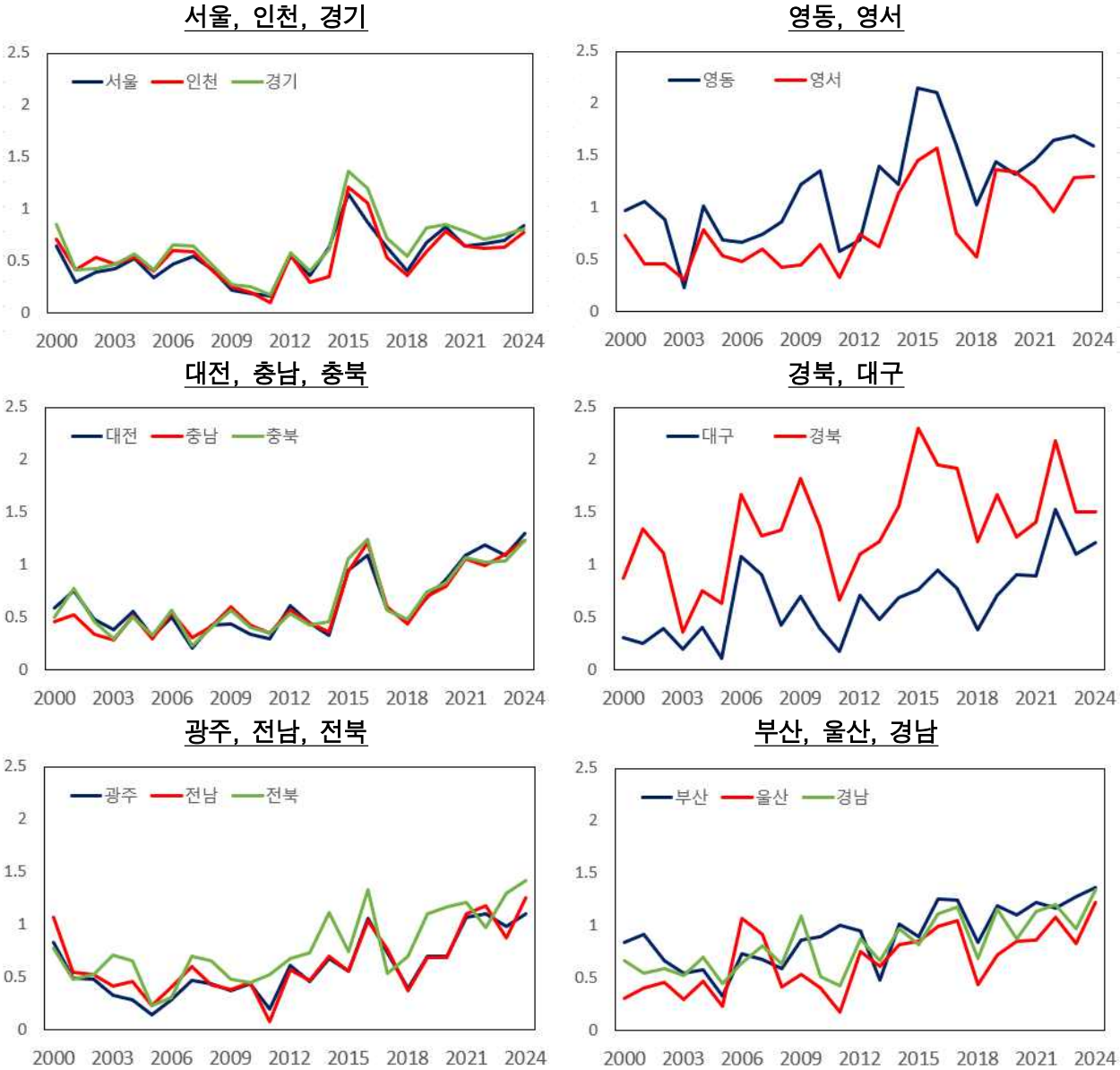
일반적으로 기후 지표는 이상 기후 현상을 대변하고 있기에 기후 위기 지수를 구성하는 데 있어 양(+)의 가중치를 갖는다. 반면, $Z_{i,t}^{low}$의 경우 값이 작을수록 이상 저온을 의미하고, $Z_{i,t}^{drght}$는 수치가 낮을수록 가뭄 정도가 심함을 나타내며, 마지막으로 $AbnormalLow_{i,t}^{low}$ 는 낮을수록 한랭 현상을 설명하므로 가중치(부호)는 음수(−)가 된다.

$$CRI_{i,t}^{j} = 2 \times (Z_{i,t}^{j} - \min(Z_{i,t}^{j})) / (\max(Z_{i,t}^{j}) - \min(Z_{i,t}^{j})) - 1$$

[그림 2]의 지역별 기후리스크지수를 살펴보면 각 지역별 기후변화 추이와 크기 측면에서 뚜렷한 특징이 나타남을 알 수 있다. 우선 서쪽에 위치하여 서해안 또는 편서풍의 영향권에 접해있는 서울, 인천, 경기, 대전, 충남, 충북, 광주, 전남, 전북의 경우 2010년 이후 기후변화의 추이가 뚜렷이 증가하는 추세에 있음을 확인할 수 있다. 아울러 동쪽에 위치한 지역에 비해 기후변화 진행 속도가 비교적 완만하며 진행 폭도 비교적 크지 않은 것으로 나타났다. 반면 영동지역을 비롯하여 동쪽에 위치하여 북극지역의 기후변화에 영향을 받을 수 있는 지역은 기후변화의 진행속도가 훨신 빠르고 변동성과 진행 정도가 더 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 한편, 국내 발생한 극심한 가뭄과 태풍의 여파로 인해 모든 지역에서 2015, 2016년 전후 기후변화의 리스크가 급등하였다가, 이후 추세로 다시 회귀하였음을 확인할 수 있다.

[그림 2]

지역별 기후리스크지수 추이



자료: 통계청

IV. 영동지역 기후변화가 산업에 미치는 영향

1. 기업활동조사 패널데이터

본 절에서는 기후변화가 영동지역 경제에 미치는 영향을 통계적으로 검증한다. 이를 위해 본 연구에서는 기업활동조사[11] 마이크로 데이터를 활용하였다. 기업활동조사 패널데이터는 기업 단위의 연간 데이터로, 조사 대상 기업들의 경영 지표와 경제 활동을 연도별로 조사한 설문조사 데이터이다. 통계청은 2018년 이후 기업활동조사를 마이크로 데이터로 공개하기 시작하였고[12] 이후 매년 자료가 추가되어 현재 2006년부터 2022년까지 연속된 패널 데이터가 제공되고 있다. 본 연구에서는 조사 데이터의 연계와 접근성을 감안하여 최종 구성된 데이터는 2012부터 2023년까지의 데이터를 활용하였다.

기업활동조사 데이터는 매출액, 당기순이익 등 특성 정보 재무현황을 나타내는 매출액, 총 인건비, 총 부가가치 등 재무현황과 근로자 현황, 지배구조 등 기업의 특성 정보가 포함되어있어, 개별 기업과 지역 산업의 실태를 폭넓게 파악할 수 있다. [표 3]에 따르면 강원 지역의 응답 사업체 수는 240개이며 매출액, 자산 등 경제 규모 지표가 타 시·도에 비해 낮게 나타나 지역의 산업 구조와 규모 특성을 반영한다.

[표 3]

시도 산업별 사업체 수 및 특징

(개, 명, 백만원)

	사업체 수[1]	매출액	자산	부채	종업원 수	영업비용	영업외비용
서울	8,689	404,248	1,024,714	786,413	448	383,587	14,744
부산	1,246	82,802	182,827	124,289	186	77,977	3,547
대구	690	71,606	186,141	141,063	181	67,779	2,573
인천	1,033	128,920	152,732	85,468	226	123,317	7,149
광주	421	76,899	117,513	76,789	190	72,951	3,297
대전	381	83,080	100,630	48,110	284	78,458	3,069
울산	334	313,683	337,315	178,234	353	300,552	18,999
세종	25	128,886	123,089	60,577	226	119,896	5,093
경기	5,035	153,696	193,137	78,901	259	140,690	7,476
강원	240	56,003	130,837	66,975	199	49,928	3,415
충북	661	68,414	68,565	36,713	166	65,276	3,220
충남	880	140,190	150,578	75,085	193	130,628	6,417
전북	404	71,717	147,769	108,039	159	68,448	2,970
전남	408	95,114	106,743	56,307	171	89,576	4,867
경북	957	127,331	193,420	90,284	212	118,430	6,438
경남	1,282	110,275	140,115	87,627	200	106,327	8,710
제주	140	25,472	94,096	66,304	115	25,616	2,944
전국평균	1,343	125,785	202,954	127,481	222	118,790	6,172

주: 2006-2022년 중 기업활동조사에 응답한 모든 사업체 수

11) 기업활동조사 패널데이터에는 기업의 재무 상태와 경영활동 전반을 나타내는 다양한 변수가 포함되어 있다. (1) 매출액, 영업비용, 영업이익 및 당기순이익, 자산총계, 부채총계, 자본총계(자본금 포함) 등 기업의 재무구조와 실적을 나타내는 재무성과지표 (2) 종사자 수(상용근로자 수 등), 기업별 총 종업원 수(연말 기준), 조직형태(본사-지사 구조, 사업장 수 등) 등 고용 및 조직 구성에 관한 변수 (3) 기업의 설립연도, 기업 형태(회사법인 여부 등), 계열사 관련 정보 등 기업 특성 및 계열관계 변수 등이 포함되어 있다. 기업활동조사 패널데이터는 이러한 자료 구조로 기업의 동태적 변화(성장, 축소, 사업전환 등)를 조사하는데 유용한 자료이다.

12) 통계청은 2006년부터 2016년까지 11개 년도의 기업활동조사 자료를 연계하여 패널 데이터를 구축하였고, 2018년 이후부터 이를 마이크로 데이터로 공개하기 시작하였다.

[표 4]는 지역별, 산업별 사업체 수 분포를 나타내고 있다. 강원 지역은 제조업, 숙박·음식점업, 예술, 스포츠 및 여가관련 서비스 비중이 높기 때문에 관광, 계절수요와 연안 기상에 따른 기후 민감도가 타 지역 대비 큰 구조적 특징을 가진다. 특히 조사 대상 기업 중 제조업 비중이 42%로 높은 편이지만, 기후리스크의 직접 충격은 영동권에 집중된 제조업과 농업, 서비스업에 더 크게 작용할 가능성이 있다. 즉 기후 변화로 인한 관광객 감소, 영업 중단, 수해 및 가뭄에 따른 생산 차질로 인해 지역 경제를 위축 시킬 우려가 있다.

[표 5]에 따르면 강원 지역 사업체는 산업스포츠 및 오락관련 서비스업 31개, 식료품 제조업 29개, 숙박업 20개 순으로 구성되어 영동권의 관광, 식품 중심 산업 구조를 대체로 반영한다. 한편 산업분포가 상이한 인접 지역 또는 유사한 산업 구조를 지닌 원거리 지역과의 교차 비교를 통해 기후리스크의 영향 비교분석이 가능하다. 예를 들어 해안 지역에 위치한 울산의 경우 자동차 및 트레일러 제조업, 화학물질 및 화학제품 제조업, 1차 금속 제조업, 기타 운송장비 제조업, 고무제품 및 플라스틱제품 제조업, 금속가공제품 제조업 등 중화학 공업이 대부분이므로 기후 변화 충격에 대해 정전, 안전관리, 공정 지연이 주된 결과로 나타날 수 있다. 반면 강원영동은 관광, 숙박, 레저, 식품 가공 중심이라 관광객 유입 하락, 재료 수급 지연 등이 부정적 효과로 드러날 수 있다. 이러한 비교 분석은 기후 지수의 설명력 검증과 산업 구조에 따른 영향의 이질성을 동시에 확인하는 데 유용하다.

[표 4]

산업 대분류 별, 시도 별 사업체 수

	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	세종	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
농업, 임업 및 어업	6	18	0	0	0	0	0	0	10	0	1	4	0	0	6	0	0
광업	6	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
제조업	1,786	556	426	694	166	162	222	23	3,181	100	482	682	240	191	706	1,000	1
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	23	2	0	3	0	0	2	0	16	4	0	7	7	1	4	2	0
수도, 하수 및 폐기물 처리, 원료 재생업	9	14	5	19	4	1	8	0	65	0	6	17	11	11	21	13	0
건설업	559	96	46	47	77	36	43	0	226	21	20	40	24	62	42	43	2
도매 및 소매업	1,633	141	50	64	40	32	7	0	402	19	35	40	24	13	29	48	11
운수 및 창고업	414	147	31	73	32	20	16	0	167	12	33	30	27	38	36	40	9
숙박 및 음식점업	291	35	23	18	10	12	0	0	63	22	11	10	10	6	19	16	38
정보통신업	1,592	25	37	11	21	27	4	0	260	12	8	3	10	6	13	18	10
금융 및 보험업	408	23	6	3	3	3	0	0	21	0	2	0	8	3	0	3	0
부동산업	265	24	7	13	18	9	3	0	73	0	2	7	5	1	6	10	11
전문, 과학 및 기술 서비스업	670	50	12	27	10	30	14	0	220	10	18	13	8	17	12	25	2
사업시설 관리, 사업 지원 및 임대 서비스업	724	81	31	37	33	36	11	0	123	6	17	4	11	31	31	33	11
교육 서비스업	150	5	0	2	0	0	0	0	22	2	0	0	0	0	0	0	0
보건업 및 사회복지 서비스업	11	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	3
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	85	16	14	13	6	10	4	2	120	31	26	16	16	26	29	26	42
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	57	13	2	6	1	3	0	0	50	1	0	7	3	2	3	5	0
전체	8,689	1,246	690	1,033	421	381	334	25	5,035	240	661	880	404	408	957	1,282	140

주: 산업분류는 9차 표준산업분류 체계에서 제시한 대분류로 구분

[표 5]

제조업 중분류 별, 시도 별 사업체 수

제조업 중분류	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	세종	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
식료품 제조업	116	43	9	27	10	11	0	2	182	29	68	62	40	25	30	44	0
화학물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	166	25	0	35	0	14	36	9	161	7	37	43	11	19	30	23	0
의료용 물질 및 의약품 제조업	110	2	0	6	0	9	0	2	75	7	23	15	1	0	0	0	0
고무 및 플라스틱제품 제조업	55	18	21	62	24	5	8	2	208	6	47	60	12	11	55	80	0
비금속 광물제품 제조업	75	11	6	14	5	0	7	3	68	8	21	28	10	22	37	29	0
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	74	9	15	22	8	27	0	0	161	15	19	18	3	0	15	26	0
전기장비 제조업	103	32	16	47	23	6	6	3	233	5	45	40	11	10	40	66	0
기타 기계 및 장비 제조업	114	84	49	122	27	21	24	0	410	5	30	78	10	16	63	183	0
자동차 및 트레일러 제조업	49	64	95	64	24	13	63	0	244	18	35	128	67	3	152	177	0
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	23	2	0	3	0	0	2	0	16	4	0	7	7	1	4	2	0
종합 건설업	212	34	25	21	50	13	10	0	111	14	12	24	17	28	26	29	0
전문직별 공사업	347	62	21	26	27	23	33	0	115	7	8	16	7	34	16	14	2
도매 및 상품 중개업	1,189	99	27	41	20	22	4	0	303	12	26	26	14	13	20	42	5
소매업; 자동차 제외	342	27	18	15	11	4	3	0	66	7	9	12	6	0	9	6	6
육상운송 및 파이프라인 운송업	176	67	31	44	30	20	10	0	118	12	31	26	27	13	30	31	9
숙박업	119	21	13	10	7	6	0	0	27	20	4	7	5	2	13	9	34
음식점 및 주점업	172	14	10	8	3	6	0	0	36	2	7	3	5	4	6	7	4
출판업	863	11	25	7	11	22	0	0	144	4	3	0	6	0	6	8	7
방송업	94	9	10	4	4	3	4	0	20	8	5	3	4	6	7	7	3
전문 서비스업	290	2	0	2	0	5	3	0	18	1	0	0	0	0	0	2	0
건축기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업	256	48	12	15	10	12	11	0	129	9	13	13	8	17	12	20	2
사업시설 관리 및 조경 서비스업	245	30	14	19	11	16	0	0	51	4	7	4	2	14	17	13	0
사업지원 서비스업	425	51	17	18	22	20	11	0	58	2	8	0	9	17	14	20	7
교육 서비스업	150	5	0	2	0	0	0	0	22	2	0	0	0	0	0	0	0
스포츠 및 오락관련 서비스업	63	16	14	13	6	10	4	2	100	31	26	16	16	26	29	26	32
기타 개인 서비스업	33	7	2	0	1	0	0	0	22	1	0	4	3	2	0	5	0
전체	5,861	793	450	647	334	288	239	23	3,098	240	484	633	301	283	631	869	111

주: 산업분류는 9차 표준산업분류 체계에서 제시한 중분류로 구분된 77개 산업중 강원지역에 존재하는 26개 산업을 중심으로 작성

2. 모형의 구성

본 연구에서는 마이크로 데이터인 기업활동조사 패널데이터의 이점을 최대한 활용하기 위해 패널 분석 모형을 활용하여 기후변화가 영동지역 산업에 미치는 영향을 점검하였다. 특히, 기업의 시간불변적 특성과 시간의 흐름에 따라 증가하는 매출액의 특성을 감안하여 영동지역의 더미와 교차항을 활용한 이원고정효과모형(Two-way Fixed Effects Model)을 구성하였다. 모형에는 지출 부문을 통제하는 변인들과 외생적 충격을 설명하는 요인을 포함하였다. 또한 지역별, 산업별 이분산성을 감안하여 이분산에 강건한 오차를 통해 모형을 추정하고 모형과 계수의 유의성을 점검하였다. 모형의 구성은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}\ln y_{i,t} &= \beta_0 + \beta_1 CRI_{i,t} + \beta_2 I(reg = Yongdong) + \beta_3 CRI_{i,t} \cdot I(reg = Yongdong) \\ &+ \beta_4 \ln CONSHH + \beta_5 \ln CONSGOV + \beta_6 \ln IVEST + \beta_7 \ln GFC \\ &+ \beta_8 \ln COVID + \beta_9 YINDEX + \beta_{10} YINDEX^2 + \mu_i + \epsilon_{i,t}\end{aligned}$$

여기서 y는 사업체의 매출액(단위: 백만원)을 소비자물가지수를 활용하여 변환한 실질매출액이며, $CRI_{i,t}$는 본고에서 편제한 기후리스크지수로 기준 지수인 $CRIz$를 비롯하여 강건성 분석 측면의 $CRIp$와 $CRIm$를 나타낸다. $I(reg = Yongdong)$ 는 기업이 위치한 지역이 강원영동임을 나타내는 더미변수이며, 상호 교차항의 회귀계수인 β_3는 영동지역이 전국 평균대비 기후변화의 영향에 더 민감한지 여부를 반영하는 변수로, 이를 통해 영동지역에 영동지역 내의 기후변화가 영동지역 산업 매출에 추가로 미치는 영향을 관찰할 수 있다.

한편, 통제변수에는 우리나라 지출 부문 구성요소인 민간소비($CONSHH$), 정부소비($CONSGOV$), 투자($IVEST$)가 포함되며, 글로벌금융위기 더미인 GFC(2008, 2009=1)와 코로나19 더미 $COVID$(2020, 2021=1), 그리고 시간의 선형 추세를 통제하기 위한 연도 지표 $YINDEX$와 시간의 비선형 추세를 통제하기 위한 제곱항 $YINDEX^2$을 포함한다. 마지막으로 μ_i는 개별기업의 고정효과를 나타내며, ϵ_{it} 는 오차항을 의미한다.

3. 분석 결과

모형의 추정 결과는 [표 6]과 같다. 모형 (1)은 국내 광역시도별 기준 기후리스크지수($CRIz$)가 전국 기업 매출에 미치는 영향을 나타낸 결과이다. 기후리스크에 대한 전국 실질매출의 총 반응 정도는 통계적으로 유의한 -0.014(=−1.4%)로 나타나고 영동지역에는 추가로 -0.046(−4.6%)의 영향을 미치는 것으로 나타나, 영동지역 산업체의 매출은 총 -0.06(=−6%)가 감소하는 것으로 드러났다. 이는 기후리스크지수가 단위표준편차만큼 증대되면 전국 산업체의 매출이 -1.4%가 감소하며, 강원영동지역에는 이보다 더 강한 총 -6%의 영향을 미침을 의미한다. 한편, 산업체 전반의 총수요 측면을 통제하기 위한 민간소비와 정부소비 및 투자는 양(+)의 값을 보이며 매출을 설득력 있게 설명하고 있으나, 정부소비만이 통계적으로 유의하였다. 그 외 외생적 충격을 통제하는 국제금융위기더미 및 코로나 더미는 음(−)의 값을 보이며 모형의 설득력을 더했다.

이러한 추정 결과는 다음과 같은 점들을 시사한다. 국내에서 발생하는 기후변화는 기업의 실질매출을 통계적으로 유의하게 감소시키며, 영동지역에는 더 강한 하방 압력을 가한다. 급격한 기후 변화는 전국 산업체의 생산과 매출에 전반적으로 악영향을 미치며, 영동지역 산업구조의 특성으로 인하여 영동지역의 산업체는 기후리스크에 더욱 민감하게 반응한다. 산업체의 매출은 주로 수요요인에 기인하므로, 영동지역 산업체들이 공급하는 재화와 서비스에 대한 수요가 주로 기후변화에 민감하다는 것을 의미한다. 영동지역 산업이 여가관련 서비스업 및 숙박·음식업이 주력 산업으로 구성[13]되어있다는 점을 감안하면 급격한 기후 변화로 인한 관광객 방문이 감소하는 경우를 고려해볼 수 있으며, 가뭄으로 인한 피해가 막대했던 사례를 연구한 송영석 외(2021)의 결과와도 일치한다.

한편, 기후리스크의 구성요소인 개별기후지표 중, 저온의 경우 기준연도에 비해 저온이 점차 상승하는 온난화의 효과와, 이상저온이 빈번히 발생하는 이상기온의 효과를 나누어 살펴볼 수 있다. 이는 각각 $CRIp$와 $CRIm$로 구성하여 이에 대한 산업체 매출의 영향을 살펴볼 수 있는데, $CRIp$와 $CRIm$을 사용한 분석 결과는 각각 모형 (2)와 (3)에 제시하였다. 기후리스크가 전국 및 영동에 미치는 영향은 일관성 있게 음(−)의 값을 보였으며, 주요 통제 변수들의 부호도 일치하였다. 다만, 벤치마크 모형인 (1)에 비해 CRI 및 교차항의 계수값의 절대값은 증대되었으며, 이는 임계치를 기준으로 기후리스크를 측정한 $CRIp$와 $CRIm$이 더 강력한 이상 징후를 포착한다는 점에서 모형의 타당성과 강건성이 추정결과에 의해 나타남을 시사한다. 저온의 평균적으로 저점을 높이는 정도를 측정하여 기후온난화 측면을 고려한 모형 (2) $CRIp$의 경우, 기후리스크지수가 1 표준편차 이상 증가하면 전국 산업체 매출에 -0.024(=−2.4%), 영동 지역에는 추가적으로 −0.048(=−4.8%) 영향을 미침으로써 총 -0.072(=−0.024−0.048=−7.2%)의 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있다. 또한 계절에 관계 없이 이상저온이 발생하는 빈도로써 한랭화 측면을 고려한 모형 (3) $CRIm$의 경우, 전국 산업체의 매출에 -0.03(=−3%), 영동지역에는 추가적으로 -0.06(=−6%) 영향을 미침으로써 총 -0.09(=−0.03−0.06=−9%)만큼 실질매출을 감소시킨다고 해석할 수 있다.

4. 기후리스크가 산업별 매출에 미치는 영향

[표 7]−[표 9]는 매출액과 업체수 기준 모두 강원영동지역의 상위 3개 산업[14]에 해당하는 제조업, 숙박 및 음식점업, 예술, 스포츠, 여가관련 서비스업을 대상으로 추정한 결과이다. 우선 각 기후리스크지수의 증가는 전국 제조업 산업의 매출을 통계적으로 각각 유의한 -0.014, −0.020, −0.028만큼 감소시키는 영향을 미친 것으로 드러났으며, 영동지역 제조업 매출에는 각각 -0.053, −0.115, −0.109만큼 추가적인 감소의 영향이 있음을 관측하였다.

13) 기업활동조사의 산업별 상위 3개의 기업 매출액의 총합을 살피면, 영동 지역의 '예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업'의 실질 총매출액은 160,677백만 원, '제조업'은 132,658백만 원, 그리고 '숙박 및 음식점업'은 47,781백만 원에 해당한다. 이중 서비스업 및 숙박·음식업은 관광객 유입과 직접적인 관련이 있어 기후 위기에 영향을 크게 받는다. 한편, 제조업의 경우 이상 기후로 인한 생산량 저감을 예상할 수 있다.

14) 영동지역에서 응답한 사업체 수를 기준으로 주요 산업을 확인할 때와 총 매출을 기준으로 확인할 때 주요 3대 산업은 동일하였다.

[표 6]

기후변화가 영동지역 기업 매출에 미치는 영향

Variables	Dependent variable: $\ln y_{it}$ (1)	(2)	(3)
CRI	-0.014*** (-7.30)	-0.024*** (-4.56)	-0.030*** (-5.61)
$I(reg = Yongdong)$	-0.001 (-0.01)	-0.019 (-0.26)	-0.017 (-0.25)
$CRI \cdot I(reg = Yongdong)$	-0.046*** (-2.88)	-0.048** (-2.05)	-0.060*** (-2.65)
$\ln CONSHH$	0.236 (1.31)	0.395** (2.21)	0.353** (1.98)
$\ln CONSGOV$	1.292*** (9.59)	1.264*** (9.33)	1.231*** (9.07)
$\ln IVEST$	0.043 (0.93)	0.018 (0.39)	0.019 (0.41)
GFC	-0.002 (-0.34)	-0.010** (-1.99)	-0.009* (-1.93)
$COVID$	-0.073*** (-7.62)	-0.064*** (-6.77)	-0.065*** (-6.87)
$YINDEX$	-0.052*** (-8.00)	-0.056*** (-8.50)	-0.053*** (-8.04)
$YINDEX^2$	0.000 (1.23)	0.000*** (2.88)	0.000*** (2.64)
$Constant$	-13.551*** (-6.36)	-15.009*** (-6.99)	-14.059*** (-6.52)
N	172,342	172,342	172,342
$Within\ R^2$	0.0163	0.0160	0.0162

주: (): t statistics, *: p_value<0.1, **: p_value<0.05, ***: p_value<0.01
자료: 저자계산

[표 7]

기후변화가 영동지역 제조업 기업 매출에 미치는 영향

Variables	Dependent variable: $\ln y_{it}$ (1)	(2)	(3)
CRI	-0.014*** (-5.74)	-0.020*** (-3.45)	-0.028*** (-4.78)
$I(reg = Yongdong)$	0.423*** (3.33)	0.512*** (3.83)	0.471*** (3.75)
$CRI \cdot I(reg = Yongdong)$	-0.053** (-2.07)	-0.115*** (-2.91)	-0.109*** (-2.87)
$\ln CONSHH$	0.094 (0.44)	0.248 (1.18)	0.193 (0.92)
$\ln CONSGOV$	1.894*** (11.76)	1.870*** (11.60)	1.834*** (11.35)
$\ln IVEST$	-0.133** (-2.40)	-0.160*** (-2.89)	-0.158*** (-2.88)
GFC	-0.043*** (-7.58)	-0.050*** (-9.03)	-0.049*** (-8.96)
$COVID$	-0.087*** (-7.47)	-0.078*** (-6.81)	-0.079*** (-6.94)
$YINDEX$	-0.060*** (-7.89)	-0.063*** (-8.28)	-0.060*** (-7.82)
$YINDEX^2$	-0.001*** (-5.88)	0.000*** (-5.08)	0.000*** (-5.24)
$Constant$	-16.353*** (-6.60)	-17.787*** (-7.18)	-16.619*** (-6.66)
N	76,697	76,697	76,697
$Within\ R^2$	0.0391	0.0389	0.0391

주: (): t statistics, *: p_value<0.1, **: p_value<0.05, ***: p_value<0.01
자료: 저자계산

[표 8]의 숙박 및 음식점에서는 산업체 전반에 미치는 부정적 영향을 부분적으로 관측하였다. 모형 (2)와 (3)의 기후리스크지수만 전국적으로 산업체 매출에 미치는 영향만이 통계적으로 유의하게 나타났으며, 모형 (1)에서는 비록 감소시키는 쪽으로 추정은 되었으나 유의하지 않았다. 한편, 전국의 평균적인 반응 외에 영동 지역에서 나타나는 추가적 반응은 보이지 않았다.

[표 8]

기후변화가 영동지역 숙박 및 음식점업 기업 매출에 미치는 영향

Variables	Dependent variable: $\ln y_{it}$ (1)	(2)	(3)
CRI	-0.016 (-1.39)	-0.054* (-1.73)	-0.058* (-1.87)
$I(reg = Yongdong)$	-0.115 (-0.62)	-0.181 (-0.93)	-0.185 (-0.99)
$CRI \cdot I(reg = Yongdong)$	0.009 (0.26)	0.054 (0.94)	0.069 (1.25)
$\ln CONSHH$	1.804* (1.84)	1.859* (1.92)	1.865* (1.93)
$\ln CONSGOV$	-2.336*** (-3.06)	-2.521*** (-3.27)	-2.545*** (-3.31)
$\ln IVEST$	-0.614** (-2.39)	-0.644** (-2.51)	-0.651** (-2.54)
GFC	-0.042 (-1.40)	-0.055* (-1.82)	-0.055* (-1.80)
$COVID$	-0.258*** (-4.97)	-0.250*** (-4.90)	-0.249*** (-4.90)
$YINDEX$	0.077** (2.11)	0.084** (2.27)	0.085** (2.30)
$YINDEX^2$	0.000 (0.41)	0.000 (0.63)	0.000 (0.61)
$Constant$	17.080 (1.45)	19.017 (1.59)	19.307 (1.62)
N	5,006	5,006	5,006
$Within\ R^2$	0.1008	0.1010	0.1011

주: (): t statistics, *: p_value<0.1, **: p_value<0.05, ***: p_value<0.01
자료: 저자계산

[표 9]의 예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업의 경우, 기후리스크가 전국 산업체 매출뿐만 아니라 영동지역 산업체에도 매출에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 관측되었다. 다만 영동지역의 예술, 스포츠, 및 여가관련 서비스업의 경우 산업체 매출이 오히려 정부소비 및 투자에 크게 영향을 받는 것으로 드러났다.

[표 9]

기후변화가 영동지역 예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업 기업 매출에 미치는 영향

Variables	Dependent variable: $\ln y_{it}$ (1)	(2)	(3)
CRI	-0.008 (-0.45)	0.015 (0.39)	0.022 (0.59)
$I(reg = Yongdong)$	-0.070 (-0.28)	-0.150 (-0.60)	-0.119 (-0.49)
$CRI \cdot I(reg = Yongdong)$	-0.027 (-0.63)	-0.003 (-0.05)	-0.025 (-0.40)
$\ln CONSHH$	0.043 (0.03)	0.605 (0.45)	0.579 (0.43)
$\ln CONSGOV$	4.501*** (4.18)	4.358*** (4.07)	4.384*** (4.10)
$\ln IVEST$	1.191*** (3.35)	1.115*** (3.13)	1.131*** (3.19)
GFC	0.066 (1.34)	0.062 (1.27)	0.063 (1.29)
$COVID$	-0.104 (-1.42)	-0.076 (-1.07)	-0.078 (-1.10)
$YINDEX$	-0.305*** (-6.10)	-0.312*** (-6.22)	-0.313*** (-6.22)
$YINDEX^2$	0.004*** (6.49)	0.004*** (6.92)	0.004*** (6.90)
$Constant$	-65.637*** (-4.02)	-70.517*** (-4.33)	-70.691*** (-4.33)
N	3,674	3,674	3,674
$Within\ R^2$	0.0378	0.0376	0.0377

주: (): t statistics, *: p_value<0.1, **: p_value<0.05, ***: p_value<0.01
자료: 저자계산

강원영동지역의 3대 주요 산업을 대상으로 한 분석 결과, 기후리스크의 추가적인 부정적 영향은 제조업에서만 통계적으로 유의하게 나타났다. 이는 전 산업을 포괄한 전체 분석에서 확인된 부정적 효과가 주로 제조업 부문의 충격을 반영한 결과임을 시사한다. 다시 말해, 방문객 유입과 직접적으로 연계된 숙박·음식점업 및 여가 관련 서비스업의 경우, 분석 기간 동안 기후리스크로 인한 경기 위축 효

과는 유의하게 관측되지 않았다. 이러한 결과는 현 시점에서 기후리스크의 부정적 경제적 파급효과가 주로 2차 산업(제조업)에 집중되어 나타나고 있음을 의미한다.

따라서 정책 당국은 강원영동지역 제조업 부문의 생산 공정이 기후리스크에 취약하다는 점을 고려하여, 기후리스크에 대응한 생산 공정의 개선, 설비 투자 지원, 리스크 관리 인프라 확충 등 제조업 중심의 제도적 대응 전략을 우선적으로 마련할 필요가 있다.

5. 개별기후지표가 강원영동 매출에 미치는 영향

한편, 각 기후 지표별 기업 매출에 미치는 영향을 분석한 결과는 [표 10]-[표 12]에 제시하였다. 개별기후지표는 대체로 전국 산업에 음(-)의 영향을 미치며, 영동지역에 미치는 추가적인 영향은 지표별로 상이하였다. 기온 관련 지표는 일반적 기대와 달리 전국 대비 기업에 긍정적 영향을 미친 반면, 다른 지표들은 영동 지역 매출에 추가적인 부정적 영향을 미친 것으로 드러났다. 먼저 [표 10]의 모형 (1)과 (3)을 살펴보면, 이상 기온이 기업 매출에 미치는 영향은 전국적으로 통계적으로 유의한 음(-)의 값을 보이는 경향이 강한 반면, 강원영동 지역에는 양(+)의 영향을 미치는 경향이 포착된다. 이는 열대야 현상이 관광객의 여름철 강원 지역 방문을 촉진하는 현상을 설명한다.

[표 11]의 강수량과 가뭄이 경제에 미치는 영향을 살펴 보면, 강수량 증가는 전국적으로 기업 매출에 유의한 양(+)의 영향을 미치고 강원영동 지역에서는 그 효과가 더 크게 나타난 반면(모형 (1)), 가뭄은 전국과 영동 지역 모두에서 매출에 음(-)의 영향을 미쳤다(모형 (3), (4)).[15] 강원영동 지역은 해변, 산림, 하천, 계곡을 결합한 관광·레저 기반 서비스업 비중이 높기 때문에, 강수 부족과 가뭄은 산불, 하천 유량 감소, 경관 훼손을 통해 관광 매력을 약화시키고 방문 수요를 위축시키는 반면, 적정 수준의 강수는 수자원 확보와 자연 경관 유지에 기여하여 지역 관광·서비스업 매출에 우호적으로 작용한다. 또한, 이는 제조업, 농업, 식음료 산업 등 다수의 부문이 공정수, 원재료, 에너지 공급 측면에서 물에 대한 의존도가 높다는 점에서, 충분한 강수는 생산 안정성과 비용 완화를, 가뭄은 생산 차질과 비용 상승을 가져온다는 기본적인 경제 메커니즘과 부합한다. 따라서 강수, 가뭄 효과는 단순한 농업 피해를 넘어, 수자원 리스크를 매개로 한 생산, 관광, 서비스 전반의 경제 구조를 반영하는 결과로 해석할 수 있다.

[표 12]의 해수면 상승 변수는 강원영동 지역 기업 매출과 양(+)의 계수를 보였지만, 최대 풍속 증가는 강원영동 지역 기업 매출에 유의한 음(-)의 영향을 미쳤다. 동해안은 태풍·강풍에 취약한 해안 구조를 지니고 있어, 풍속이 증가하면 항만, 어업, 해양레저 활동 중단, 해변, 상가 시설의 물리적 피해, 스키장, 케이블카, 산악 레저시설 운영 제한 등이 발생한다. 영동 지역의 경제가 해변, 산림, 산악을 활용한 야외형 관광·서비스업에 크게 의존하고 있다는 점을 감안하면, 최대 풍속의 증가는 야외 활동 위축과 시설 피해를 통해 매출 감소로 직결되는 전형적인 기후리스크 요인으로 볼 수 있다.

---

15) Z^{drght}는 지수가 낮을수록 가뭄 정도가 심함을 의미하므로, 양(+)의 부호는 가뭄이 심화됨에 따라 전국 및 영동 지역에 부정적 영향을 미쳤음을 의미한다.

[표 10]

개별기후지표(기온)가 영동지역 기업 매출에 미치는 영향

Variables	Dependent variable: $\ln y_{it}$				
	(1) Z^{high}	(2) Z^{low}	(3) $Abnormal\,High$	(4) $Abnormal\,Low^{high}$	(5) $Abnormal\,Low^{low}$
CRI	-0.115*** (-10.83)	-0.078*** (-5.47)	-0.239*** (-5.86)	0.028 (0.70)	0.690*** (11.19)
$I(reg = Yongdong)$	-0.171*** (-2.75)	-0.141** (-2.31)	-0.577*** (-6.36)	-0.465*** (-6.14)	-0.200*** (-3.03)
$CRI \cdot I(reg = Yongd$	0.206*** (2.82)	-0.005 (-0.05)	2.105*** (6.88)	1.820*** (7.38)	0.129 (0.57)
$\ln CONSHH$	0.743*** (4.24)	0.772*** (4.34)	0.726*** (4.12)	0.603*** (3.45)	0.757*** (4.32)
$\ln CONSGOV$	0.734*** (5.06)	1.024*** (7.03)	1.012*** (7.07)	1.296*** (9.63)	0.886*** (6.34)
$\ln IVEST$	-0.055 (-1.19)	-0.082* (-1.68)	-0.012 (-0.27)	-0.004 (-0.09)	-0.116** (-2.44)
GFC	0.000 (0.10)	-0.012** (-2.44)	-0.001 (-0.28)	-0.008* (-1.66)	-0.006 (-1.22)
$COVID$	-0.049*** (-5.17)	-0.044*** (-4.51)	-0.047*** (-4.94)	-0.056*** (-5.88)	-0.039*** (-4.11)
$YINDEX$	-0.036*** (-5.32)	-0.054*** (-8.09)	-0.051*** (-7.64)	-0.063*** (-9.94)	-0.047*** (-7.16)
$YINDEX^2$	0.000*** (3.95)	0.000*** (5.46)	0.000*** (3.53)	0.000*** (3.42)	0.000*** (5.93)
$Constant$	-12.346*** (-5.85)	-15.884*** (-7.60)	-16.015*** (-7.75)	-17.941*** (-8.78)	-13.644*** (-6.55)
N	172,342	172,342	172,342	172,342	172,342
$Within\,R^2$	0.0166	0.0160	0.0163	0.0162	0.0167

주: (): t statistics, *: p_value<0.1, **: p_value<0.05, ***: p_value<0.01
자료: 저자계산

[표 11]

개별기후지표(폭우 및 가뭄)가 영동지역 기업 매출에 미치는 영향

Variables	Dependent variable: $\ln y_{it}$			
	(1) Z^{pptn}	(2) $Abnormal^{pptn}$	(3) Z^{drght}	(4) $Abnormal^{drght}$
CRI	0.054*** (4.63)	0.071 (0.63)	0.016*** (7.11)	-0.035*** (-4.42)
$I(reg = Yongdong)$	-0.076 (-1.24)	-0.374*** (-5.56)	0.063 (0.99)	-0.018 (-0.29)
$CRI \cdot I(reg = Yongdong$	0.346*** (2.92)	5.848*** (8.10)	0.148*** (7.60)	-0.128*** (-5.21)
$\ln CONSHH$	0.485*** (2.76)	0.580*** (3.29)	0.307* (1.73)	0.259 (1.40)
$\ln CONSGOV$	1.394*** (10.35)	1.281*** (9.52)	1.316*** (9.80)	1.356*** (10.10)
$\ln IVEST$	0.044 (0.92)	0.000 (-0.00)	0.086* (1.80)	0.067 (1.41)
GFC	-0.006 (-1.30)	-0.008* (-1.67)	0.003 (0.50)	-0.005 (-1.04)
$COVID$	-0.063*** (-6.63)	-0.057*** (-5.94)	-0.077*** (-7.99)	-0.078*** (-7.76)
$YINDEX$	-0.066*** (-10.41)	-0.061*** (-9.70)	-0.056*** (-8.75)	-0.057*** (-8.85)
$YINDEX^2$	0.000*** (3.26)	0.000*** (3.12)	0.000 (0.89)	0.000 (1.37)
$Constant$	-18.149*** (-8.88)	-17.499*** (-8.55)	-15.362*** (-7.42)	-14.943*** (-7.00)
N	172,342	172,342	172,342	172,342
$Within\ R^2$	0.0161	0.0163	0.0166	0.0163

주: (): t statistics, *: p_value<0.1, **: p_value<0.05, ***: p_value<0.01
자료: 저자계산

[표 12]

개별기후지표(해수면 및 최대풍속)가 영동지역 기업 매출에 미치는 영향

Variables	Dependent variable: $\ln y_{it}$			
	(1) $Z^{sealevel}$	(2) $Abnormal^{sealevel}$	(3) Z^{windsp}	(4) $Abnormal^{windsp}$
CRI	-0.011*** (-2.96)	-0.012 (-1.42)	0.019** (2.42)	-0.089 (-1.00)
$I(reg = Yongdong)$	-0.220*** (-3.34)	-0.213*** (-3.30)	-0.449*** (-5.36)	-0.048 (-0.79)
$CRI \cdot I(reg = Yongdong$	0.059*** (3.58)	0.145*** (3.76)	-0.566*** (-5.66)	-4.412*** (-5.63)
$\ln CONSHH$	0.554*** (3.14)	0.595*** (3.41)	0.605*** (3.45)	0.599*** (3.43)
$\ln CONSGOV$	1.287*** (9.56)	1.298*** (9.55)	1.271*** (9.41)	1.326*** (9.72)
$\ln IVEST$	-0.017 (-0.36)	-0.010 (-0.21)	0.014 (0.31)	-0.026 (-0.55)
GFC	-0.010** (-2.06)	-0.010** (-2.01)	-0.006 (-1.26)	-0.011** (-2.18)
$COVID$	-0.056*** (-5.95)	-0.056*** (-5.86)	-0.058*** (-6.10)	-0.056*** (-5.95)
$YINDEX$	-0.061 (-9.57)	-0.063*** (-9.81)	-0.062*** (-9.86)	-0.064*** (-9.99)
$YINDEX^2$	0.000*** (4.16)	0.000*** (3.91)	0.000*** (3.89)	0.000*** (3.52)
$Constant$	-16.998*** (-8.11)	-17.770*** (-8.58)	-17.895*** (-8.73)	-17.952*** (-8.77)
N	172,342	172,342	172,342	172,342
$Within\ R^2$	0.0160	0.0159	0.0161	0.0161

주: (): t statistics, *: p_value<0.1, **: p_value<0.05, ***: p_value<0.01
자료: 저자계산

종합하면, 강수, 가뭄, 해수면, 풍속 변수의 추정 계수는 단순히 기후 변화의 효과라기보다, 수자원 리스크에 대한 생산 구조의 의존도, 해양·산악 관광 중심의 산업 구조, 야외형 서비스업 비중이 높은 지역 특성이 결합된 결과로 해석할 수 있으며, 기후리스크 대응 정책 역시 이러한 지역, 산업 구조를 전제로 설계될 필요가 있다.

개별기후지표가 기업 실질매출에 미치는 영향은 산업별로도 상이한데, 기후리스크지수가 영동 지역에 미치는 추가적 영향은 제조업 산업에서만 유의했던 것에 반해, 이상저온 지표에서만 통계적으로 유의했다. 한편, 숙박 및 음식점업과 여가관련 서비스업에서 통계적으로 유의하지 않았던 기후리스크 교차항은 개별지표에서는 유의하게 추정되었다. 먼저, 숙박 및 음식점업에서 이상 저온(한파)이 작아질수록 전국엔 양(+)의 값을 보이지만 영동 지역엔 음(−)의 값을 보이며 야외형 서비스업이 활성화됨을 알 수 있다. 또한, 해수면이 높아질수록 전국엔 (−)의 영향을, 영동엔 양(+)의 영향을 미치며, 최대풍속이 증가할 경우 전국과 영동에 통계적으로 유의미한 부정적 영향을 미침을 보이며 [표 11]−[표 12]와 일맥상통한 결과를 보였다. 예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업의 경우에도 상기 분석 결과와 일맥상통한 결과를 보였으며, 특히 이상 기온이 증가할 경우 해당 산업의 영동 지역 기업 매출이 증가한다는 점은 이상 기온과 관람객 유치 간 밀접한 상관관계가 있음을 시사한다. ([표 A2]−[표 A10] 참조)

6. 토론 및 시사점

본 연구의 실증분석 결과와 영동지역 산업구조의 특징을 살펴볼 때, 기후리스크가 영동지역에 미치는 영향을 구체적으로 살펴볼 수 있다. 우선 기후리스크를 구성하는 개별기후지표 가운데 온난화(기온 상승), 강수량 등은 관광활동 및 관광소비를 확대시키는 요인으로 이어질 가능성이 있는 반면, 가뭄과 강풍 등은 지역 내 산업체가 제공하는 재화와 서비스의 수요에 부정적 영향을 미칠 수 있을 것으로 해석할 수 있다. 다시 말해, 영동권 기후여건의 변화는 모든 기후요인이 일률적으로 산업체의 매출을 제약하거나 촉진하는 요인으로 작용하는 것이 아니라, 영동지역의 지리적, 산업적 특성에 영향을 받아 요소별로 상이한 영향을 미치는 복합적 구조를 보이고 있는 것으로 보인다.

강원관광재단(2023)에 따르면, 2023년 강원도를 방문한 관광객은 1,132만 명으로 전년 대비 약 8% 내외(약 80만 명) 증가하였으며, 이는 도내 레저·스포츠 수요확대와 연안, 산림, 설경 등 자연자원을 활용한 체류형 관광이 활성화된 데에 기인한 것으로 추정된다. [표 13]의 레저 및 숙박업의 관광소비 비율이 전년대비 0.8%에서 -60.7%까지 나타나는 큰 변동성으로 미루어볼 때, 관광업이 GRDP에서 차지하는 전체 비중에 비해 GRDP 성장률의 주요 결정 요인이 될 수 있음을 시사한다.

영동권은 여름철 해수욕과 서핑, 가을철 설악산 단풍 관람, 겨울철 스키 및 눈축제 등 계절별로 특화된 관광자원을 보유하고 있어 관광산업이 지역 내 총생산에 미치는 파급효과가 상대적으로 큰 지역에 해당한다. 특히 양양 일대의 서핑 관광은 장비 대여, 강습, 카페, 숙박으로 이어지는 연쇄적 소비를 유발함과 동시에 청년층 방문객의 유입과 체류를 촉진함으로써 지역소비 기반을 확장하는 효과를 나타내고 있다(백승준·박용성, 2020). 우리나라 기후 온난화는 열대야가 지속되는 동안 영동지역 고산지대의 상대적으로 시원한 기후를 즐기기 위해 방문하는 관광객의 증가를 야기할 수 있다. 또한 겨울철 강설량(강수량) 증대와 평균적으로 높은 최저기온은 스키를 즐기기에 적합한 환경을 제공한다. 아울러 온난화와 풍속의 증가 등은 여름철 서핑을 즐기는 관광객으로 하여금 양양 등을 더욱 빈번하

게 방문하도록 한다. 여기에 해수면의 상승은 주문진 등 지역에 스노클링을 즐기는 관광객들에게는 좋은 환경을 제공한다. 이러한 점에서 영동 지역의 관광산업은 지리적·기후적 조건에 대한 각각 반응의 정도가 다르게 나타나며, 기후 변화의 방향과 강도에 따라 관광객 수요와 지역경제가 직·간접적으로 연동될 가능성이 크다.

[표 13]

관광소비 업종별 현황

구분	소비 규모 (원)			소비 비율(%)	
	2023년 12월	2023년 11월	2022년 12월	전월대비	전년대비
음식	118,855,130,709	109,736,472,141	117,938,379,659	8.3%	0.8%
숙박	31,863,892,497	21,005,738,326	33,104,615,007	51.7%	-3.7%
레저	11,386,418,083	19,553,408,739	10,685,097,641	-41.8%	6.6%
교통	946,524,994	1,152,323,029	2,410,072,094	-17.9%	-60.7%
합계	163,051,966,281	151,447,942,235	164,138,164,400	7.7%	-0.7%

자료: 강원관광재단

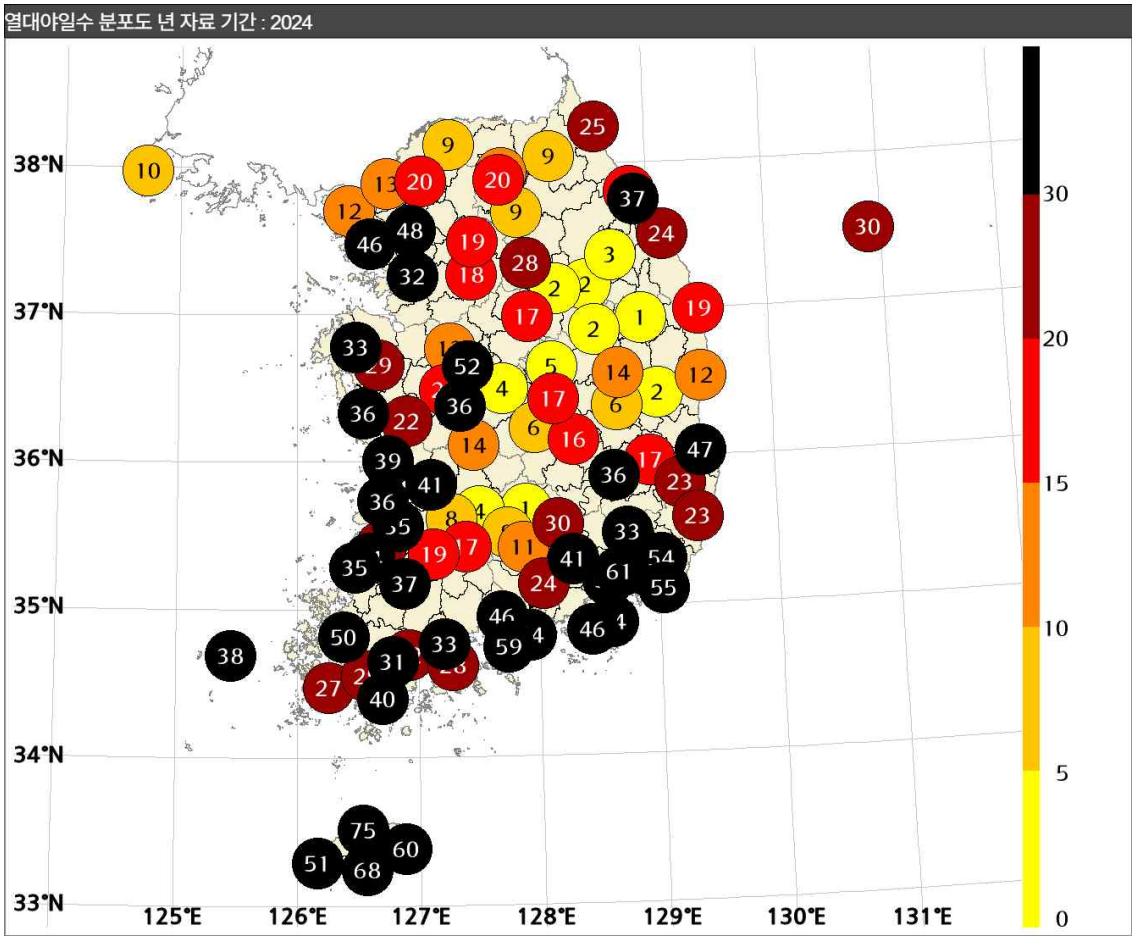
구체적인 예로 기온상승에 따른 온난화는 여름철 해변·해양레저 수요를 증대시키고, 타 지역의 열대야 발생 시 영동 해안으로의 피서 이동을 유발하여 체류형 관광을 유인할 수 있다. 영동 해안은 바다와 인접해 있어 내륙에 비해 야간기온이 상대적으로 완만하게 유지되는 경향이 있다. [그림 3]의 일대야일수 분포도를 살펴보면, 대체로 서부에 비해 동부 내륙의 열대야 일수가 낮게 나타나며 수도권의 높은 열대야 일수를 감안할 때 강원으로 피서차 이동할 유인이 존재함을 시사한다. 이 경우 "내륙(수도권, 충청권)의 열대야 심화 → 영동 해안으로의 계절 이동 → 여름철 관광소비 증가" 라는 수요 경로가 설정될 수 있다. 다만, 동일한 온난화가 노동자의 고온 노출, 실외 서비스업 종사자의 근로여건 악화, 안전사고 위험 증가 등을 유발할 경우 관광 서비스 공급 측면에서는 부정적 효과가 발생할 수 있으므로, 향후 분석에서는 수요(관광객)와 공급(관광사업장·노동) 측면을 구분한 영향 평가가 필요하다.

영동 지역은 지형적 특성상 겨울철 국지적 폭설과 한랭 현상이 빈발하며, 이는 단기적으로 교통 접근성과 관광활동에 부정적 영향을 미칠 수 있다. 그러나 동절기 설경 감상, 얼음·눈 축제 등 이벤트성 관광자원이 적절히 결합될 경우, 기상 악화가 곧바로 관광수요의 감소로 이어지지 않을 가능성도 제시한다. 이는 강수량 증가가 영동 지역 매출에 긍정적 영향을 미친 결과와 부합한다. 즉, 기후리스크는 관광활동을 위축시키는 요인이 되는 동시에, 이벤트 및 축제형 관광콘텐츠와 결합될 경우 오히려 계절적 수요를 보완하는 기제로 작동할 수 있다. 이러한 점은 기후위기 관광정책 수립 시 리스크 완화와 함께 콘텐츠 기획을 병행해야 함을 시사한다.

마지막으로, 관광소비가 지역 GRDP에서 차지하는 비중이 높고 그 변동성이 큰 지역의 경우, 관광산업에 대한 기후 충격이 곧바로 지역경제 변동성으로 전가될 수 있다. 따라서 통계청 및 강원도 차원의 관광매출 및 관광소비 비중을 정기적으로 점검하고, 기후 관련 지표(이상기온, 강수일수, 폭설일수, 열대야 발생일수 등)와 연계한 모니터링 체계를 구축함으로써, 기후 변화가 영동 지역 관광산업 및 지역경제에 미치는 영향을 조기에 포착할 수 있는 기반을 마련하는 것이 필요하다. 이는 향후 영동권 관광개발, 해안 및 산악 복합 관광클러스터 조성, 청년층 유입형 체류 관광 활성화 정책을 설계하는 과정에서 기후위기 적응 전략을 내재화해야 함을 의미한다.

[그림 3]

열대야일수 분포도



자료: 기상청

V. 결론 및 시사점

본 연구는 기후리스크가 강원영동지역 경제에 미치는 영향을 재단하고자 하였다. 구체적으로 한국의 기후리스크지수(CRI)를 세 관점에서 정의하고 기업 패널 자료를 활용하여 패널 고정모형을 구성하여 추정했다. 기후 위기가 전 산업에 미치는 영향을 감안하여 전국의 기업 생산에 미치는 영향을 우선적으로 확인하였으며, 영동 지역에 미치는 추가적인 영향을 구별하기 위해 지역 교차항을 활용하였다.

일반적인 기대에 부합하여 기후 위기는 전국 기업 매출에 통계적으로 유의하게 부정적 영향을 미치는 것으로 드러났으며, 강원영동 지역에는 산업, 지리적 특성으로 인해 추가적인 음(−)의 영향을 미친 것으로 드러났다. 영동 지역 지역 경제에 주력 산업 중 제조업과 관광업이 핵심적인 역할을 수행함을 감안하면 급변한 기후에 대한 방문객의 감소 및 생산 공정의 위축이 주요 원인이 될 수 있음을 시사한다. 한편, 개별기후지표는 강원영동 지역의 산업, 지리적 특성에 따라 상이한 영향을 미쳤다. 특히 열대야 현상이 관람객 유치를 활성화하여 기업 매출을 늘렸고 관광·레저 산업과 밀접한 관련이 있는 강수는 양(+)의 영향을, 가뭄은 음(−)의 영향을 보이며 지표별 영향이 산업 구조에 밀접한 관련이 있음을 확인했다.

위와 같은 결과는 다음과 같은 정책적 시사점을 제시한다. 기후 위기는 산업, 지역적 특성에 종속되어 상이한 경제적 파급 효과를 야기하므로, 이에 대한 대응은 한국의 산업 특성 및 지리적 성격에 차등하여 대응해야 한다. 일반적으로 기후 변화는 여러 생산 공정을 제약하는 영향을 미치며, 강원영동 지역이 여가 서비스업 및 숙박업, 제조업이 발달된 지역임을 감안하여 교통의 편의 및 지역 상권 활성화를 위한 제도적 원조를 통해 관광객 유입을 유치하는 접근이 필요하다. 한편, 극심한 가뭄으로 인한 피해가 유의하게 보도되는 등 강원 지역의 기후 변화에 대한 영향이 뚜렷히 드러나고 있다. 특히 기후 변화에 대한 영향이 지리적 특성에 따라 영서 및 영동의 경제적 반응이 극명하게 달리하고 있다. 기후 변화의 영향에 대한 중요성이 부각됨에 따라 영동 지역의 지리적 특성과 산업 내 반응에 대한 관심이 고조되는 대목이다. 이에, 지역적 특성을 고려하여 지역 특성에 맞는 적절한 제도적 대응이 필요한 실정이다.

영동 지역의 관광산업을 기후리스크 하에서도 지속가능한 지역성장 동력으로 유지하기 위해서는, 첫째, 기온상승, 열대야 심화가 오히려 피서 수요를 유발하는 계절에는 해안·해양레저 부문의 수용능력을 확충하고(해변 접근성, 숙박·주차, 서핑 관련 부가서비스), 이와 연계된 체류형 소비를 유도하는 방향으로 가격, 세제, 인프라 지원에 집중해야 한다. 둘째, 강수, 폭설, 국지기상과 같이 관광매출을 직접적으로 변동시키는 기후리스크에 대해서는 교통, 안전, 운영비용을 보전하는 형태의 지원장치(기상연동형 지원, 계절별 보험·보증, 이벤트 대체 프로그램)를 도입하여 관광객 유입 억제를 완화할 필요가 있다. 마지막으로, 기온, 강수, 폭설, 열대야와 관광객 수, 숙박 매출을 연계한 모니터링 데이터를 구축하여 성수기와 비성수기에 대응하는 보조 정책을 차등 적용할 필요가 있다.

본 연구는 영동 지역의 산업, 지리적 특성을 고려하여 종합한 기후리스크지수를 통해 기후 위기가 지역 경제에 미치는 영향을 실증적으로 분석했다는 점에서 시사점을 갖는다. 기후리스크가 경제를 위축시키는 메커니즘을 보다 상세히 분별하고 경제 요인 간 역학을 확인하였다. 분석 결과는 기후 변화가 경제를 위축시키는 경향이 있으며, 산업적, 지리적 특성에 따라 강원영동 지역에 더 지대한 영향을 미치고 있음을 밝혔다. 이는 기후 변화에 대한 대응이 지역별로 다르게 접근할 필요가 있음을 시사하며, 기후 변화에 대한 경제적 반응의 다각적 연구의 필요성을 제기한다.

국내에서 기후 위기가 지역 경제에 미치는 영향에 대한 연구는 데이터의 가용성에 대한 제약 등의 이유로 아직까지 미흡한 부분이 있다. 본 연구에서 활용한 기업의 매출은 전국 및 영동 지역 경제를 표현하기에 제

한적인 부분이 있다. 향후 데이터의 개선이 충족된다면 고용, 여가 시간, 영업 수익성 지표 등에 미치는 영향에 대한 다양한 평가가 가능할 것이다. 또한, 강원영동 지역 뿐만 아니라 조선업이 발달된 전남 영암, 울산의 풍력, 전북 김제시의 경작 등 기후와 밀접한 연관이 있는 지역에 대한 추가적인 연구도 필요하다. 이를 통해 기후 위기에 대한 차등적 제도 설계에 기여할 수 있고, 지역적 특성에 맞는 공공정책을 수립할 수 있을 것으로 기대한다.

< 참고문헌 >

강원관광재단, “강원특별자치도 관광 동향 분석”, 2023.

김재윤, 정선문, 이성태, “수출입경로를 통한 해외 기후변화 물리적리스크의 국내 파급영향,” BOK 이슈노트, No. 2023-26, 2023.

기상재해·가뭄 영향 측정 연구, “생활가뭄 피해규모 추정기법 개발 및 적용”, 한국방재학회논문집, 21(6), 2021.

민동기, 조광우, “기후변화에 따른 해수면 상승의 경제적 피해비용 및 최적 해안 방어비율 추정: 동·남해안 지역을 대상으로, 자원·환경경제연구, 23(1), 21-42, 2014.

박경훈, 박종욱, 박상우, 임준혁, 김찬우, 이종웅, 곽윤영, “기후변화 대응이 거시경제에 미치는 영향,” BOK 이슈노트, No. 2021-23, 2021.

백슨준, 박용성, “서핑가능 지역의 지속가능한 서핑을 위한 서핑자원 관리 - 강원도 양양군 죽도해변을 중심으로”, 한국해안·해양공학회, 32(6), 506-515, 2020.

송역석, 이형준, 송양호, 박무종, “생활가뭄에 대한 피해규모 추정기법 개발 및 적용”, 한국방재학회, 23(6), 275-284, 2021.

심명규, 조수진, “기후변화가 한국 노동시장에 미치는 영향”, BOK 경제연구, No. 2025-4, 2025.

이승욱, 이경미, 임병환, 유민수, “기후변화에 따른 열 스트레스 증가가 노동생산성에 미치는 영향”, 한국기상학회, 442-443, 2016.

이승희, “기상 여건 변화가 물가에 미치는 영향과 시사점,” KDI 현안분석, 2024.

이지원, “국내 기후변화 물리적 리스크의 실물경제 영향 분석,” BOK 경제연구, No. 2023-26, 2023.

임웅지, 이동재, 이윤수, 박창현, “우리나라 물가수준의 특징 및 시사점: 주요국 비교를 중심으로,” BOK 이슈노트, No. 2024-14, 2024.

정선영, 허정, “기후변화가 생산성에 미치는 영향”, BOK 이슈노트, No. 2022-3, 2022.

정원석, 이솔빈, 조은정, “이상기후가 실물경제에 미치는 영향,” 경제학연구, 73(1), 2025

조병수, 민초희, “기후변화가 국내 인플레이션에 미치는 영향,” BOK 이슈노트, No.2024-18, 2024.

채여라, 황진환, 김보람, 연정인, 김지원, “기후변화 리스크의 부산지역 주요 산업에 대한 경제적 영향 분석,” 한국은행 부산본부, No. 2024-01, 2024.

최영준, 박현용, “한국 기후변동 패턴과 제조업 총요소생산성의 관계 분석”, 자원·환경경제연구, 25(2), 277-297, 2016.

Adger, W. N., S. Dessai, M. Goulden, et al., “Are There Social Limits to Adaptation to Climate Change?” Climatic Change, Vol. 93, 2009.

Akbari, M., Sodhi, M.S., and Pincus, J., “Supply chain serviceability under climate change with application in the Arctic,” Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2025.

American Academy of Actuaries, Canadian Institute of Actuaries, Casualty Actuarial Society, and the Society of Actuarie, “Actuaries Climae Index: Development and Design” 2018

Baek C, Yoo S-H. Dynamic Changes in the Export Competitiveness of the South Korean Oil Refining Industry. Applied Sciences. 2022; 12(6)

Berg, K., C. Curtis, and N. Mark, "GDP and Temperature: Evidence on Cross-Country Response Heterogeneity," NBER Working Paper, 2023.

Bertinelli, L., Mohan, P., and Strobl, E., "Quantifying the Local Economic Growth Impact of Hurricane Strikes: An Analysis from Outer Space for the Caribbean", Journal of Applied Meteorology and Climatology, Vol. 52, No. 8, pp. 1697-1707, 2013.

Bilal, A., and D. Kanzig, "The Macroeconomic Impact of Climate Change: Global vs. Local Temperature," NBER Working Paper, 2024.

Burke, M., M. Hsiang, and E. Miguel, "Global Non-linear Effect of Temperature on Economic Production," Nature, Vol. 527, No. 7577, 2015.

Byrne, J. P., and P. A. Vitenu-Sackey, "The Macroeconomic Impact of Global and Country-Specific Climate Risk," European Association of Environmental and Resource Economists, Vol. 87, No. 3, pp. 655-682, 2024.

Chabot, F., and P. Bertrand, "Assessing Sector Vulnerabilities to Physical Climate Risks: The Case of France," Structural Change and Economic Dynamics, Forthcoming, 2025.

Cevik, V.A., "Impacts of Climate Change on Logistics and Supply Chains," Journal of Disaster and Risk, Vol. 7, No. 2, 2024.

Colacito, R., B. Hoffmann, and T. Phan, "Temperature and Growth: A Panel Analysis of the United States," Journal of Money, Credit and Banking, Vol. 51, No. 2-3, 2019.

Damania, R., Desbureaux, s., and Zaveri, E., "Does rainfall matter for economic growth? Evidence from global sub-national data (1990-2014)", Journal of Economic Behavior & Organization, Vol. 177, pp. 1042-1060, 2020.

Dell, M., F. Jones, and A. Olken, "Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century," American Economic Journal: Macroeconomics, Vol. 4, No. 3, 2012.

Dong, T., Cui, X., Zhou, D., and Chan, K.C., "Climate change uncertainty and supply chain financing," The British Accounting Review, 2024.

Eckstein, D., V. Kunzel, L. Schafer, and M. Winges, "Global Climate Risk Index 2020: Who Suffers Most from Extreme Weather Events? Weather-related Loss Events in 2018 and 1999 to 2018," Germanwatch, 2019.

Er-Kara, M., Ghadge, A., and Bititci, U.S., "Modelling the impact of climate change risk on supply chain performance," International Journal of Production Research, Vol. 59, No. 24, 2021.

Faccia, D., M. Parker, and L. Stracca, "Feeling the Heat: Extreme Temperatures and Price Stability," ECB Working Paper, 2021.

Felbermayr, G., Groschl, J., and Steinwachs, T., "The economic impact of weather anomalies", World Development, Vol. 151, No. 105758, 2022.

Garschagen, M., D. Doshi, J. Reith and M. Hagenlocher, "Global Patterns of Disaster and Climate Risk - An Analysis of the Consistency of Leading Index-based Assessments and

Their Results," Climatic Change, Springer, vol. 169(1), pages 1-19, 2021.

Germanwatch, "Climate Risk Index 2025: Who suffers most from extreme weather events?" 2025

Hamilton, J. D., "Why You Should Never Use the Hodrick-Prescott Filter," Review of Economics and Statistics, Vol. 100, No. 5, 2018, pp. 831-843.

Haraguchi, M., and U. Lall, "Flood Risks and Impacts: A Case Study of Thailand's Floods in 2011 and Research Questions for Supply Chain Decision Making," International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol. 14, No. 3, 2015.

Hope, C., J. Anderson, and P. Wenman, "Policy Analysis of the Greenhouse Effect: An Application of the PAGE Model," Energy Policy, Vol. 21, No. 3, 1993.

Hsiang, S. M., "Temperatures and cyclones strongly associated with economic production in the Caribbean and Central America", PNAS, Vol. 107, No. 35, pp. 15367-15372, 2010.

Hsiang, S. M., and Jina, A. S., "The Causal Effect of Environmental Catastrophe on Long-Run Economic Growth: Evidence from 6,700 Cyclones", NBER Working Paper, No. 20352, 2014.

Kiley, M., "Growth at Risk from Climate Change," Fed Discussion Series, 2021-054, 2021.

Kim, H., C. Matthes, and T. Phan, "Severe Weather and the Macroeconomy," American Economic Journal: Macroeconomics, Vol.17(2), 2025.

Kim, S., M. M. Bennett, T. van Gevelt, and P. Joosse, "Urban Agglomeration Worsens Spatial Disparities in Climate Adaptation," Scientific Reports, Vol. 11, 2021.

Lee, J.W., Hong, E.M., Kim, J.U., Jang, W.J., Jung, C.G., and Kim, S.J., "Evaluation of agricultural drought in South Korea using socio-economic drought information", Sustainable Cities and Society, Vol. 82, No. 103919, 2022.

Lewis, P., W. A. Chiu, E. Nasser, J. Proville, A. Barone, C. Danforth, B. Kim, J. Prozzi, and E. Craft, "Characterizing vulnerabilities to climate change across the United States," Environment International, Vol.172, 2023,

Mimura, N., R. S. Pulwarty, D. M. Duc, et al., "Adaptation Planning and Implementation," Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, IPCC WGII AR5, 2014.

Na, H.N., and Jung, W.S., "Paradigm shift in typhoon forecasting for the korean peninsula a case study on the applicability of the typhoon ready system", Atmosphere, Vol. 16, No. 1, 2025.

Nam, Jang-Keun, "A Comparative Analysis of the Competition Structure among Main Countries in the Chinese Petrochemical Industry," KIET Industrial Economic Review, Vol. 19 No. 4, pp. 40-60, 2014

Nordhaus, W., and Z. Yang, "A Regional Dynamic General Equilibrium Model of Alternative Climate-Change Strategies," American Economic Review, Vol. 86, No. 4, 1996.

Pretis, F., M. Schwarz, K. Tang, K. Haustein, and R. Allen, "Uncertain Impacts on Economic Growth When Stabilizing Global Temperatures at 1.5° C or 2° C Warming," Philosophical

Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, Vol. 376, No. 2119, 2018.

Schlenker, W., and Roberts, M. J., "Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change", PNAS, Vol. 106, No. 37, pp. 15594-15598, 2009.

Smith, J. B., J. M. Vogel, and J. E. Cromwell III, "Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity," in Sustaining Environmental Capital: Protecting Society and the Economy, World Bank, 2017.

Sun, Y., Zhu, S., and Wang, D., "Global supply chains amplify economic costs of future extreme heat risk," Nature, Vol. 627, 2024.

Tintchev, K. and Jaramillo, L., "Hanging Out to Dry Long-Term Macroeconomic Effects of Drought in Fragile and Conflict-Affected States", IMF Working Paper, 24-106, 2024.

Welle, T., and J. Birkmann, "The World Risk Index - An Approach to Assess Risk and Vulnerability on a Global Scale," Journal of Extreme Events, Vol. 2, No. 01, 2015.

Zhou, N., Vilar-Zanon, J. L., Garrido, J., and Heras-Martinez, A. J. (2024). "Measuring climate change from an actuarial perspective: A survey of insurance applications," Global Policy, 15(S7), 34-46.

Zhou, Y., Wu, S., Liu, Z. et al. "The asymmetric effects of climate risk on higher-moment connectedness among carbon, energy and metals markets." Nature Communications 14, 7157 (2023). https://doi.org/10.1038/s41467-023-42925-9

< 부록1 >

[표 A1]

기술통계량

	Obs.	Mean	Std. dev	Min	Max
$CRIz$	25	2.1283	0.9597	-0.1260	3.8098
$CRIp$	25	1.4903	0.4828	0.4849	2.3991
$CRIm$	25	1.4569	0.4474	0.5304	2.3436
$nemployee$	584	331	1,305	9	18,388
$rsales$	584	829	2,344	0	17,691
$rasset$	584	2,444	6,661	20	44,602
$rdebt$	584	1,147	2,989	1	32,880
$ropcost$	584	713	1,829	8	11,168
$rnopcost$	584	57	192	0	2,987
GDP	584	1,208,563	154,876	914,136	1,448,165
$conshh$	584	891,836	86,215	716,259	1,019,416
$consgov$	584	283,473	61,581	178,288	384,236
$ivest$	584	571,387	85,216	421,728	676,283
$D(gfc)$	584	0.0834	0.2766	0.0000	1.0000
$D(covid)$	584	0.1572	0.3641	0.0000	1.0000
$yearindex$	584	9.0732	4.7861	0.0000	16.0000
$yearindex^2$	584	105.2187	83.5744	0.0000	256.0000
Z^{high}	25	0.2043	0.1769	-0.0829	0.5770
Z^{low}	25	0.1217	0.1434	-0.0728	0.5108
Z^{pptn}	25	-0.1200	0.0860	-0.2212	0.0888
Z^{drght}	25	-0.9772	0.5438	-2.0562	0.3865
$Z^{sealevel}$	25	1.3830	0.6485	0.2575	2.6105
Z^{windsp}	25	-0.4379	0.2043	-0.7349	-0.0713
$AbnormalHigh$	25	0.2081	0.0525	0.1127	0.3666
$AbnormalLow^{high}$	25	0.1696	0.0499	0.1014	0.3119
$AbnormalLow^{low}$	25	0.1362	0.0429	0.0665	0.2064
$Abnormal^{pptn}$	25	0.0419	0.0110	0.0216	0.0599
$drought5$	25	0.3447	0.2023	0.0083	0.7917
$drought2$	25	0.1793	0.1460	0.0000	0.6250
$Abnormal^{sealevel}$	25	0.5134	0.2853	0.1670	1.0000
$Abnormal^{windsp}$	25	0.0334	0.0220	0.0054	0.0844

주: 분석에서 사용한 패널 데이터는 2012-2023년이지만, 기후 변화를 보다 장기적 관점에서 확인하기 위해 기후지표는 2000-2024년 기간을 기준으로, 기업활동조사는 2012-2023년 기간을 기준으로 작성하였다.

[표 A2]

이상기온이 영동지역 제조업 기업 매출에 미치는 영향

Variables	Dependent variable: $\ln y_{it}$				
	(1) Z^{high}	(2) Z^{low}	(3) $AbnormalHigh$	(4) $AbnormalLow^{high}$	(5) $AbnormalLow^{low}$
CRI	-0.166*** (-12.68)	-0.096*** (-6.15)	-0.349*** (-7.56)	0.034 (0.73)	0.938*** (14.17)
$I(reg = Yongdong)$	0.313*** (2.79)	0.295*** (2.67)	0.397** (2.57)	0.314** (2.40)	0.149 (1.29)
$CRI \cdot I(reg = Yongdo$	-0.164 (-1.37)	-0.326** (-2.19)	-0.492 (-1.00)	-0.273 (-0.68)	0.320 (0.90)
$\ln CONSHH$	0.623*** (3.03)	0.699*** (3.34)	0.539*** (2.62)	0.426** (2.07)	0.727*** (3.53)
$\ln CONSGOV$	1.215*** (7.16)	1.534*** (8.97)	1.587*** (9.56)	1.887*** (11.71)	1.126*** (6.65)
$\ln IVEST$	-0.235*** (-4.26)	-0.280*** (-4.90)	-0.161*** (-2.92)	-0.179*** (-3.26)	-0.360*** (-6.39)
GFC	-0.035*** (-6.17)	-0.055*** (-9.82)	-0.038*** (-6.76)	-0.049*** (-8.76)	-0.047*** (-8.66)
$COVID$	-0.061*** (-5.45)	-0.050*** (-4.32)	-0.063*** (-5.62)	-0.070*** (-6.19)	-0.035*** (-3.06)
$YINDEX$	-0.039*** (-4.97)	-0.058*** (-7.48)	-0.057*** (-7.40)	-0.069*** (-9.15)	-0.039*** (-4.98)
$YINDEX^2$	0.000*** (-3.38)	0.000** (-2.34)	0.000*** (-4.27)	0.000*** (-4.70)	0.000* (-1.86)
$Constant$	-13.956*** (-5.71)	-18.221*** (-7.54)	-18.249*** (-7.58)	-20.159*** (-8.41)	-12.716*** (-5.20)
N	76,697	76,697	76,697	76,697	76,697
$Within\ R^2$	0.0409	0.0392	0.0394	0.0386	0.0416

주: (): t statistics, *: p_value<0.1, **: p_value<0.05, ***: p_value<0.01
자료: 저자계산

[표 A3]

폭우 및 가뭄이 영동지역 제조업 기업 매출에 미치는 영향

Variables	Dependent variable: $\ln y_{it}$			
	(1) Z^{pptn}	(2) $Abnormal^{pptn}$	(3) Z^{drght}	(4) $Abnormal^{drght}$
CRI	0.045*** (3.18)	-0.228* (-1.84)	0.020*** (7.01)	-0.033*** (-3.90)
$I(reg = Yongdong)$	0.287*** (2.58)	0.223* (1.92)	0.331*** (2.87)	0.330*** (2.94)
$CRI \cdot I(reg = Yongdong)$	0.148 (0.77)	1.050 (0.91)	0.037 (1.16)	-0.061 (-1.53)
$\ln CONSHH$	0.308 (1.47)	0.507** (2.43)	0.096 (0.46)	0.139 (0.64)
$\ln CONSGOV$	1.976*** (12.09)	1.839*** (11.31)	1.952*** (12.10)	1.949*** (12.05)
$\ln IVEST$	-0.130** (-2.28)	-0.207*** (-3.65)	-0.072 (-1.25)	-0.116** (-2.02)
GFC	-0.046*** (-8.19)	-0.052*** (-9.16)	-0.035*** (-5.91)	-0.045*** (-7.93)
$COVID$	-0.076*** (-6.66)	-0.065*** (-5.67)	-0.094*** (-7.98)	-0.089*** (-7.30)
$YINDEX$	-0.071*** (-9.47)	-0.068*** (-9.05)	-0.064*** (-8.52)	-0.065*** (-8.59)
$YINDEX^2$	0.000*** (-4.85)	0.000*** (-4.26)	-0.001*** (-6.44)	-0.001*** (-5.73)
$Constant$	-20.266*** (-8.47)	-20.295*** (-8.48)	-17.896*** (-7.42)	-17.857*** (-7.26)
N	76,697	76,697	76,697	76,697
$Within\ R^2$	0.0387	0.0386	0.0393	0.0388

주: (): t statistics, *: p_value<0.1, **: p_value<0.05, ***: p_value<0.01
자료: 저자계산

[표 A4]

해수면 및 최대풍속이 영동지역 제조업 기업 매출에 미치는 영향

Variables	Dependent variable: $\ln y_{it}$			
	(1) $Z^{sealevel}$	(2) $Abnormal^{sealevel}$	(3) Z^{windsp}	(4) $Abnormal^{windsp}$
CRI	-0.001 (-0.37)	0.001 (0.16)	0.044*** (4.46)	0.056 (0.55)
$I(reg = Yongdong)$	0.325*** (2.74)	0.340*** (2.90)	0.269* (1.87)	0.256** (2.35)
$CRI \cdot I(reg = Yongdong)$	-0.032 (-1.21)	-0.102 (-1.64)	-0.008 (-0.05)	0.530 (0.41)
$\ln CONSHH$	0.417** (2.01)	0.434** (2.11)	0.475** (2.31)	0.437** (2.13)
$\ln CONSGOV$	1.886*** (11.68)	1.890*** (11.63)	1.800*** (11.10)	1.872*** (11.48)
$\ln IVEST$	-0.181*** (-3.29)	-0.180*** (-3.23)	-0.156*** (-2.83)	-0.175*** (-3.13)
GFC	-0.050*** (-8.93)	-0.049*** (-8.70)	-0.046*** (-8.29)	-0.048*** (-8.38)
$COVID$	-0.070*** (-6.17)	-0.069*** (-6.08)	-0.068*** (-6.02)	-0.070*** (-6.18)
$YINDEX$	-0.068*** (-9.00)	-0.069*** (-9.10)	-0.067*** (-8.86)	-0.068*** (-9.01)
$YINDEX^2$	0.000*** (-4.58)	0.000*** (-4.62)	0.000*** (-3.79)	0.000*** (-4.63)
$Constant$	-19.989*** (-8.13)	-20.293*** (-8.38)	-20.048*** (-8.37)	-20.179*** (-8.41)
N	76,697	76,697	76,697	76,697
$Within\ R^2$	0.0386	0.0386	0.0388	0.0386

주: (): t statistics, *: p_value<0.1, **: p_value<0.05, ***: p_value<0.01
자료: 저자계산

[표 A5]

이상기온이 영동지역 숙박 및 음식점업 기업 매출에 미치는 영향

Variables	Dependent variable: $\ln y_{it}$				
	(1) Z^{high}	(2) Z^{low}	(3) $AbnormalHigh$	(4) $AbnormalLow^{high}$	(5) $AbnormalLow^{low}$
CRI	-0.111* (-1.81)	-0.156* (-1.82)	0.000 (0.00)	-0.026 (-0.12)	0.708* (1.80)
$I(reg = Yongdong)$	-0.132 (-0.74)	-0.194 (-1.07)	-0.003 (-0.01)	0.094 (0.44)	-0.045 (-0.25)
$CRI \cdot I(reg = Yongdo$	0.077 (0.45)	0.223 (1.07)	-0.451 (-0.64)	-0.970* (-1.70)	-0.990* (-1.69)
$\ln CONSHH$	2.359** (2.49)	2.468** (2.56)	2.122** (2.22)	2.039** (2.17)	2.203** (2.34)
$\ln CONSGOV$	-2.907*** (-3.49)	-3.003*** (-3.54)	-2.256*** (-2.73)	-2.159*** (-2.80)	-2.584*** (-3.32)
$\ln IVEST$	-0.735*** (-2.83)	-0.822*** (-2.98)	-0.626** (-2.44)	-0.615** (-2.39)	-0.730*** (-2.79)
GFC	-0.043 (-1.43)	-0.056* (-1.84)	-0.046 (-1.50)	-0.047 (-1.54)	-0.045 (-1.48)
$COVID$	-0.231*** (-4.57)	-0.220*** (-4.18)	-0.247*** (-4.80)	-0.253*** (-5.01)	-0.237*** (-4.68)
$YINDEX$	0.093** (2.39)	0.092** (2.40)	0.062 (1.64)	0.059* (1.65)	0.077** (2.13)
$YINDEX^2$	0.000 (0.92)	0.001 (1.51)	0.000 (0.99)	0.000 (1.05)	0.001 (1.25)
$Constant$	18.079 (1.54)	18.968 (1.61)	11.989 (1.04)	11.783 (1.04)	16.182 (1.41)
N	5,006	5,006	5,006	5,006	5,006
$Within\ R^2$	0.1011	0.1011	0.1005	0.1011	0.1012

주: (): t statistics, *: p_value<0.1, **: p_value<0.05, ***: p_value<0.01
자료: 저자계산

[표 A6]

폭우 및 가뭄이 영동지역 숙박 및 음식점업 기업 매출에 미치는 영향

Variables	Dependent variable: $\ln y_{it}$			
	(1) Z^{pptn}	(2) $Abnormal^{pptn}$	(3) Z^{drght}	(4) $Abnormal^{drght}$
CRI	0.024 (0.37)	-0.489 (-0.73)	0.013 (1.03)	-0.034 (-0.76)
$I(reg = Yongdong)$	-0.100 (-0.57)	-0.115 (-0.59)	-0.045 (-0.25)	-0.088 (-0.50)
$CRI \cdot I(reg = Yongdong)$	0.230 (0.95)	0.278 (0.17)	0.097** (2.30)	-0.042 (-0.66)
$\ln CONSHH$	1.987** (2.10)	2.199** (2.33)	1.768* (1.86)	1.683* (1.69)
$\ln CONSGOV$	-2.221*** (-2.91)	-2.332*** (-3.04)	-2.249*** (-2.97)	-2.261*** (-2.98)
$\ln IVEST$	-0.617** (-2.39)	-0.671*** (-2.60)	-0.564** (-2.18)	-0.560** (-2.14)
GFC	-0.049 (-1.61)	-0.049 (-1.63)	-0.041 (-1.34)	-0.046 (-1.53)
$COVID$	-0.250*** (-4.97)	-0.239*** (-4.72)	-0.274*** (-5.32)	-0.273*** (-5.02)
$YINDEX$	0.064* (1.80)	0.064* (1.79)	0.073** (2.03)	0.074** (2.04)
$YINDEX^2$	0.000 (0.84)	0.000 (1.10)	0.000 (0.31)	0.000 (0.36)
$Constant$	13.267 (1.17)	12.482 (1.10)	15.878 (1.39)	17.109 (1.44)
N	5,006	5,006	5,006	5,006
$Within\ R^2$	0.1007	0.1005	0.1020	0.1009

주: (): t statistics, *: p_value<0.1, **: p_value<0.05, ***: p_value<0.01
자료: 저자계산

[표 A7]

해수면 및 최대풍속이 영동지역 숙박 및 음식점업 기업 매출에 미치는 영향

Variables	Dependent variable: $\ln y_{it}$			
	(1) $Z^{sealevel}$	(2) $Abnormal^{sealevel}$	(3) Z^{windsp}	(4) $Abnormal^{windsp}$
CRI	-0.059** (-2.30)	-0.109** (-2.02)	0.075* (1.74)	0.472 (0.85)
$I(reg = Yongdong)$	-0.330* (-1.76)	-0.310* (-1.68)	-0.607*** (-2.73)	-0.005 (-0.03)
$CRI \cdot I(reg = Yongdong)$	0.127*** (3.29)	0.301*** (3.38)	-0.859*** (-3.72)	-5.288*** (-2.93)
$\ln CONSHH$	2.225** (2.32)	2.253** (2.40)	2.154** (2.26)	2.231** (2.38)
$\ln CONSGOV$	-2.615*** (-3.43)	-2.621*** (-3.41)	-2.727*** (-3.56)	-2.641*** (-3.42)
$\ln IVEST$	-0.753*** (-2.94)	-0.716*** (-2.79)	-0.610** (-2.37)	-0.668** (-2.48)
GFC	-0.054* (-1.79)	-0.062** (-2.00)	-0.041 (-1.31)	-0.043 (-1.31)
$COVID$	-0.230*** (-4.59)	-0.232*** (-4.56)	-0.246*** (-4.89)	-0.238*** (-4.76)
$YINDEX$	0.079** (2.22)	0.078** (2.16)	0.085** (2.36)	0.080** (2.23)
$YINDEX^2$	0.001 (1.34)	0.001 (1.25)	0.000 (0.76)	0.000 (0.84)
$Constant$	16.652 (1.43)	15.861 (1.39)	17.076 (1.48)	15.706 (1.39)
N	5,006	5,006	5,006	5,006
$Within\ R^2$	0.1028	0.1028	0.1038	0.1022

주: (): t statistics, *: p_value<0.1, **: p_value<0.05, ***: p_value<0.01
자료: 저자계산

[표 A8]

이상기온이 영동지역 예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업 기업 매출에 미치는 영향

Variables	Dependent variable: $\ln y_{it}$				
	(1) Z^{high}	(2) Z^{low}	(3) $AbnormalHigh$	(4) $AbnormalLow^{high}$	(5) $AbnormalLow^{low}$
CRI	-0.163* (-1.78)	-0.338*** (-3.04)	-0.279 (-0.92)	-0.796** (-2.55)	0.779 (1.56)
$I(reg = Yongdong)$	-0.324 (-1.41)	-0.335 (-1.46)	-0.872*** (-3.18)	-0.586** (-2.36)	-0.093 (-0.40)
$CRI \cdot I(reg = Yongdo$	0.730*** (3.81)	0.697*** (2.84)	3.504*** (4.56)	2.610*** (3.99)	-0.896 (-1.23)
$\ln CONSHH$	0.888 (0.67)	1.190 (0.90)	0.854 (0.65)	0.782 (0.60)	0.596 (0.46)
$\ln CONSGOV$	3.333*** (2.93)	2.906** (2.51)	3.655*** (3.30)	3.833*** (3.57)	3.876*** (3.48)
$\ln IVEST$	0.921** (2.57)	0.765** (2.06)	0.911*** (2.58)	1.013*** (2.89)	1.002*** (2.78)
GFC	0.060 (1.23)	0.034 (0.69)	0.048 (0.98)	0.038 (0.77)	0.062 (1.28)
$COVID$	-0.058 (-0.84)	-0.029 (-0.41)	-0.043 (-0.62)	-0.059 (-0.86)	-0.065 (-0.93)
$YINDEX$	-0.264*** (-5.06)	-0.253*** (-4.83)	-0.280*** (-5.53)	-0.289*** (-5.80)	-0.287*** (-5.56)
$YINDEX^2$	0.004*** (7.02)	0.005*** (7.53)	0.004*** (6.93)	0.004*** (7.17)	0.004*** (7.11)
$Constant$	-59.356*** (-3.68)	-56.158*** (-3.45)	-62.655*** (-3.95)	-65.089*** (-4.11)	-63.120*** (-3.88)
N	3,674	3,674	3,674	3,674	3,674
$Within\ R^2$	0.0419	0.0413	0.0438	0.0425	0.0383

주: (): t statistics, *: p_value<0.1, **: p_value<0.05, ***: p_value<0.01
자료: 저자계산

[표 A9]

폭우 및 가뭄이 영동지역 예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업 기업 매출에 미치는 영향

Variables	Dependent variable: $\ln y_{it}$			
	(1) Z^{pptn}	(2) $Abnormal^{pptn}$	(3) Z^{drght}	(4) $Abnormal^{drght}$
CRI	-0.209** (-2.03)	-2.018** (-2.49)	-0.022 (-1.05)	0.114** (2.04)
$I(reg = Yongdong)$	-0.098 (-0.43)	-0.479** (-2.04)	-0.015 (-0.06)	-0.091 (-0.39)
$CRI \cdot I(reg = Yongdong)$	0.645** (2.06)	9.096*** (4.51)	0.106** (2.02)	-0.154** (-2.01)
$\ln CONSHH$	0.843 (0.63)	0.959 (0.73)	0.493 (0.37)	1.064 (0.77)
$\ln CONSGOV$	3.891*** (3.53)	3.331*** (3.04)	4.231*** (3.92)	4.107*** (3.82)
$\ln IVEST$	0.945*** (2.59)	0.870** (2.41)	1.076*** (2.98)	1.015*** (2.80)
GFC	0.046 (0.94)	0.028 (0.56)	0.048 (0.96)	0.053 (1.08)
$COVID$	-0.059 (-0.83)	-0.036 (-0.51)	-0.080 (-1.09)	-0.041 (-0.54)
$YINDEX$	-0.292*** (-5.81)	-0.267*** (-5.30)	-0.303*** (-6.10)	-0.312*** (-6.24)
$YINDEX^2$	0.004*** (7.02)	0.004*** (6.83)	0.004*** (6.72)	0.004*** (7.02)
$Constant$	-65.845*** (-4.14)	-59.556*** (-3.74)	-66.950*** (-4.20)	-72.370*** (-4.45)
N	3,674	3,674	3,674	3,674
$Within\ R^2$	0.0395	0.0437	0.0388	0.0391

주: (): t statistics, *: p_value<0.1, **: p_value<0.05, ***: p_value<0.01
자료: 저자계산

[표 A10]
해수면 및 최대풍속이 영동지역 예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업 기업 매출에 미치는 영향

Variables	Dependent variable: $\ln y_{it}$			
	(1) $Z^{sealevel}$	(2) $Abnormal^{sealevel}$	(3) Z^{windsp}	(4) $Abnormal^{windsp}$
CRI	-0.088*** (-3.14)	-0.055 (-0.88)	0.237*** (3.07)	1.250* (1.77)
$I(reg = Yongdong)$	-0.279 (-1.19)	-0.209 (-0.90)	-0.673** (-2.52)	-0.001 (-0.01)
$CRI \cdot I(reg = Yongdong)$	0.088* (1.86)	0.113 (1.02)	-1.052*** (-4.18)	-7.113*** (-3.64)
$\ln CONSHH$	-0.208 (-0.16)	0.490 (0.38)	0.713 (0.55)	0.845 (0.65)
$\ln CONSGOV$	4.200*** (3.92)	4.266*** (3.98)	3.534*** (3.28)	3.713*** (3.42)
$\ln IVEST$	1.021*** (2.89)	1.079*** (3.05)	1.002*** (2.85)	0.938*** (2.63)
GFC	0.042 (0.86)	0.053 (1.07)	0.056 (1.15)	0.060 (1.20)
$COVID$	-0.089 (-1.29)	-0.077 (-1.11)	-0.068 (-0.99)	-0.065 (-0.95)
$YINDEX$	-0.280*** (-5.57)	-0.303*** (-6.06)	-0.267*** (-5.33)	-0.278*** (-5.50)
$YINDEX^2$	0.004*** (7.05)	0.004*** (6.99)	0.004*** (6.78)	0.004*** (6.72)
$Constant$	-56.300*** (-3.43)	-67.360*** (-4.22)	-60.475*** (-3.79)	-63.694*** (-4.01)
N	3,674	3,674	3,674	3,674
$Within\ R^2$	0.0406	0.0380	0.0449	0.0418

주: (): t statistics, *: p_value<0.1, **: p_value<0.05, ***: p_value<0.01
자료: 저자계산