

The Impact of Climate Policy Uncertainty on Corporate Carbon Intensity

ShinAe Park*, DongJin Lee**

SangMyung University

Abstract

This paper estimates the impact of Climate Policy Uncertainty (CPU) on corporate carbon intensity using KOSPI 200 listed firms. A CPU index was constructed using domestic news articles, and empirical analysis was conducted with a fixed-effects model on 119 firms with confirmed greenhouse gas emissions data from 2011 to 2024. The results show that CPU generally reduces firms carbon intensity, with a more pronounced effect in manufacturing firms. For non-manufacturing firms, a significant effect was observed only during 2020-2024, when CPU exhibited a clear upward trend. Among manufacturing firms, the carbon-intensity-reducing effect of CPU was relatively attenuated for high-carbon emitters compared with low-carbon emitters. This suggests process-related constraints on low-carbon transitions through production method changes and facility replacements for high-carbon emitters. This study empirically demonstrates the heterogeneous effects of CPU on carbon intensity by industry and firm characteristics, extending prior research. Policy-wise, it implies the need to enhance policy predictability alongside fiscal and technological support to mitigate uncertainty and induce substantive carbon reduction investments.

Keywords

Climate Policy Uncertainty, Carbon Intensity, Climate Change Response, Low-Carbon Transition, Fixed Effects Panel Analysis

* First Author. Ph.D. Candidate, Department of Economic. Sangmyung University. E-mail: sapark0218@gmail.com

** Co-Author, Associate Professor, Department of Economics and Finance, Sangmyung University. E-mail: rheedj@smu.ac.kr

기후정책 불확실성이 기업 탄소집약도에 미치는 영향 분석

박신애*, 이동진**

상명대학교

요약

본 연구는 KOSPI 200 상장기업을 대상으로 기후정책 불확실성(Climate Policy Uncertainty, CPU)이 기업의 탄소집약도에 미치는 영향을 분석하였다. 국내 언론 기사를 활용하여 기후정책 불확실성 지수를 구축하고, 2011~2024년 기간 동안 KOSPI 200 기업 중 온실가스 배출량 정보가 확보된 119개 기업을 표본으로 고정효과 모형을 이용하여 실증분석하였다. 분석결과, 기후정책 불확실성은 전반적으로 기업의 탄소집약도를 감소시키는 방향으로 작용하고 있으며, 이러한 효과는 제조업 기업에서 보다 뚜렷하게 관찰되었다. 비제조업 기업의 경우에는 기후정책 불확실성이 뚜렷한 증가 추세를 보인 2020년부터 2024년 기간에 한해 제한적으로 유의한 영향을 보였다. 한편 제조업 기업 중 고탄소 배출기업의 경우, 기후정책 불확실성에 따른 탄소 집약도 감소 효과가 저탄소 배출기업에 비해 상대적으로 완화된 것으로 나타났다. 이는 고탄소 배출기업은 공정 특성상 온실가스 감축을 위한 생산방식 변경과 설비교체를 통한 저탄소 전환에 제약이 존재함을 시사한다. 본 연구는 기후정책 불확실성이 기업의 탄소집약도에 미치는 영향이 산업 및 기업 특성에 따라 이질적으로 나타남을 실증적으로 제시함으로써 관련 선행연구를 확장한다. 정책적으로는 기후정책 이행 과정에서 기업이 직면하는 불확실성을 완화하고 실질적인 탄소감축 투자를 유도하기 위해 정책의 예측 가능성 제고와 함께 재정·기술 지원을 병행할 필요가 있음을 시사한다.

주제어

기후정책 불확실성, 탄소집약도, 기후변화 대응, 저탄소 전환, 고정효과 패널분석

* 주저자. 상명대학교 경제학과 박사 수료. E-mail. sapark0218@gmail.com

** 공저자. 상명대학교 경제금융학부 부교수. E-mail. rheedj@smu.ac.kr

I. 서론

기후변화는 전 지구적인 생태계 위협을 넘어 경제·산업·금융 질서를 재편하는 핵심변수로 부상하였다. 기후위기의 심각성이 확대됨에 따라 국제사회는 2015년 파리협정을 통해 지구 평균기온 상승을 산업화 이전 대비 1.5~2℃ 이내로 제한하기 위한 공동 목표를 설정하고, 각국에 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution, NDC)를 제출하도록 의무화하였다. 이후 기후변화 대응은 환경정책을 넘어 산업 구조와 기업 전략을 규정하는 주요 요인이 되었으며, 2023년 제28차 유엔기후변화협약 당사국 총회(COP28)에서는 2050년 넷제로(Net-zero) 달성을 위해 화석연료에서 재생에너지로의 전환(transition away from fossil fuels)을 최초로 명문화하여 화석연료 감축을 공식화하였다. 더 나아가 유럽연합(EU)의 탄소국경조정제도(Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)는 2026년 본격 시행을 앞두고 있어 글로벌 공급망 전반에 탄소 감축 압력이 확대되고 있다.

우리나라도 2020년 ‘2050 탄소중립’을 선언하였으며, 2021년에는 2030년 국가 온실가스 감축 목표를 기존 BAU(배출전망치) 대비 37% 감축에서 2018년 대비 40% 감축으로 대폭 상향하였다. 또한 같은 해 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(탄소중립기본법)」을 제정하여 법적·제도적 기반을 강화하였다. 그러나 이행 과정에서 구체적인 감축 로드맵, 부문별 책임 배분, 산업계 부담 수준 등에 대한 사회적 합의가 충분히 형성되지 못하면서 정책 불확실성이 지속적으로 제기되고 있다(에너지경제연구원, 2021). 실제로 대한상공회의소(2024)에 따르면 국내 온실가스 다배출 기업의 89%가 탄소중립 관련 투자 리스크를 높게 인식하고 있으며, 투자 미실행의 주요 원인으로 ‘투자 수익 불확실성’을 지적하고 있다. 기후정책은 국제적 합의와 글로벌 규범을 기반으로 추진되는 특성상, 기후정책 불확실성은 국내 요인과 국제 환경의 영향을 동시에 받는다.

이러한 배경 하에 본 연구는 기후정책 불확실성(Climate Policy Uncertainty, CPU) 지수를 정량적으로 추정하고 기후정책 불확실성이 기업의 탄소집약도¹⁾에 미치는 영향을 실증 분석하고자 한다. 기후정책 불확실성 지수의 추정은 Baker et al.(2016)²⁾이 제시한 경제적

1) 탄소집약도(Carbon intensity)는 매출액 대비 온실가스 배출량으로 정의되며, 이는 기업의 환경성과를 나타내는 탄소효율성(carbon efficiency)을 의미한다.

2) Baker et al.(2016) 방식에 따른 EPU 지수는 현재 약 32개국에 대해 월별로 산출되어 웹사이트(<https://www.policyuncertainty.com>)를 통해 제공되고 있다. 이와 함께 미국을 포함한 일부 국가의

책 불확실성(Economic Policy Uncertainty, EPU) 지수의 방법론을 따른다. Baker et al.(2016)은 주요 언론사의 신문 기사를 활용하여 ‘경제(Economic)’, ‘정책(Policy)’, ‘불확실성(Uncertainty)’에 해당하는 단어군이 동시에 포함된 기사 빈도를 측정하여 정책 불확실성을 지수화하였다.

언론은 정책 불확실성을 경제 주체에게 전달하는 핵심 매개체로서, 정책 변화와 사회적 논란을 신속히 확산시켜 기업과 가계의 의사결정에 영향을 미친다(Baker et al., 2016; OECD, 2022; Ma et al., 2023). 이러한 배경에서 경제정책 불확실성(EPU) 지수는 거시경제 및 금융시장 분석에서 널리 활용되고 있으며, 한국개발연구원(Korea Development Institute, KDI)은 Baker et al.(2016)의 방법론을 적용하여 우리나라 EPU 지수를 매월 공식 발표하고 있다. 본 연구는 기존의 ‘경제(Economy)’ 관련 키워드를 ‘기후(Climate)’ 정책 키워드로 대체하여 우리나라의 기후정책 불확실성 지수를 구축하고, 이를 기업 수준 패널자료와 결합해 기후정책 불확실성이 기업의 탄소집약도에 미치는 영향을 분석한다.

한편, 불확실성의 증가는 기업투자에 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며(Bloom, 2014), 이는 실물옵션이론(real options theory)에 근거하여 설명할 수 있다(Dixit&Pindyck, 1994). 즉, 기업은 불확실성이 높은 상황에서 비가역적 투자(irreversible investment)를 유보하고, 정책 환경이 보다 명확해질 때까지 투자 결정을 지연하는 경향을 보인다. 이러한 논리는 기업의 환경투자에도 동일하게 적용될 수 있는데(Cortazar et al., 1998), 탄소저감 설비 도입이나 신재생에너지 설비 구축과 같은 친환경 투자는 높은 초기 비용과 비가역적 특성을 지니기 때문에 기후정책, 탄소가격, 기술 변화 등에 대한 불확실성이 확대될수록 기업의 감축 투자는 지연이 될 가능성이 높다. 실제로 최근 미국과 중국을 중심으로 한 선행연구들은 기후정책 불확실성이 증가할 경우 기업의 오염배출이 증가하거나 탄소집약도가 악화된다는 실증결과를 제시하고 있다(Wang et al., 2024; Persakis, 2024; Cheng et al., 2024; Zhao et al., 2025).

기후정책 불확실성이 증가할 경우 기업의 환경성고가 악화될 것이라는 시각과 달리, 불확실성 자체가 기업의 선제적 대응을 유도할 가능성도 제기된다. 먼저 예방적 원칙(precautionary principle)에 따르면 미래에 발생할 수 있는 규제 강화나 비용 증가의 가능성이 존재할 경우 기업은 사후적 대응보다 사전적 위험 회피 전략을 선택하는 경향이 있다(Farber, 2015). 특히 기후변화 대응과 같이 정책 변화의 방향성은 명확하나 구체적 수준과

기후정책 불확실성(Climate Policy Uncertainty, CPU) 지수도 제공되고 있다.

시점이 불확실한 환경에서는 기업이 향후 규제 리스크를 최소화하기 위해 조기에 배출 감축 노력이나 친환경 기술 도입을 추진할 유인이 커진다(OECD, 2023). 또한 위험회피 성향(risk aversion)을 가진 기업은 불확실성이 확대될수록 장기적인 비용 변동성과 규제 충격에 노출되는 것을 회피하고자 생산공정의 효율화, 에너지 절감, 저탄소 에너지로의 전환 등을 통해 탄소집약도를 낮추는 전략을 채택할 가능성이 높다(Colombe, 2024). 이러한 대응은 단기적으로는 비용 부담을 수반할 수 있으나, 장기적으로는 탄소가격 상승, 규제 강화, 시장 접근 제한 등 잠재적 리스크를 완화하는 수단으로 작용한다. 실제로 기후정책 불확실성이 높은 환경에서 기업이 탄소배출을 감축하거나 탄소효율성을 개선하는 경향이 있음을 실증적으로 보여주는 선행연구도 보고되고 있다(Wang, 2022; Borozan&Pirgaip, 2024). 이는 기후정책 불확실성이 기업의 환경성과를 저해하기보다는 불확실성에 대한 선제적 대응을 통해 오히려 탄소효율 개선을 촉진할 수 있음을 시사한다.

최근 해외에서는 기후정책 불확실성을 정량적으로 추정하고 이러한 불확실성이 기업의 투자 의사결정 및 투자자 행동에 미치는 영향을 분석한 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 반면 국내에서는 기후정책 불확실성을 체계적으로 추정하고, 기업 수준에서 그 효과를 실증적으로 분석한 연구는 아직 매우 제한적이다. 이에 본 연구는 국내 주요 언론 기사를 기반으로 한국형 기후정책 불확실성 지수를 구축하고, 해당 지수가 KOSPI 200 상장기업의 탄소집약도에 미치는 영향을 실증적으로 분석한다. 특히, 산업별 특성을 반영하여 제조업 기업과 비제조업 기업을 구분하고, 제조업 내에서도 고탄소 배출기업 여부에 따른 이질적 반응을 검토하며, 시기별 분석을 통해 기후정책 불확실성의 영향이 시간에 따라 어떻게 변화하는지 살펴본다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 기후정책 불확실성 지수 구축 및 기후정책 불확실성이 기업의 환경성과에 미치는 영향에 대한 선행연구를 검토한다. 제3장에서는 국내 주요 언론 기사를 활용한 기후정책 불확실성 지수를 구축하고 주요 정책 이벤트와 연계하여 지수의 특징을 분석한다. 제4장에서는 기후정책 불확실성이 KOSPI 200 상장기업의 탄소집약도에 미치는 영향을 실증분석한다. 마지막으로 제5장에서는 주요 연구결과를 요약하고 시사점과 한계를 제시한다.

II. 선행연구 검토

최근 기후정책 불확실성(Climate Policy Uncertainty, CPU)과 관련하여 CPU 지수를 추정하거나 이를 활용해 기업의 탄소배출 수준 및 기후변화 대응 활동(예: R&D 등 혁신)에 미치는 영향을 분석한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이에 본 장에서는 선행연구를 두 범주로 구분하여 검토한다. 먼저 기후정책 불확실성 지수 추정에 관한 연구를 살펴보고, 다음으로 기후정책 불확실성이 기업의 환경성과에 미치는 영향에 대한 연구를 검토한다.

1. 기후정책 불확실성 지수 추정

Gavriilidis(2021)는 기후정책 불확실성(CPU) 지수를 최초로 구축한 연구로 Baker et al.(2016)의 경제정책 불확실성(EPU) 지수 산출 방식을 기후정책 영역에 적용하였다. *New York Times*를 포함한 8개 주요 언론사의 기사를 대상으로 2000~2021년 기간의 미국 기후변화 불확실성 지수를 구축하였다. 이를 통해 텍스트 기반의 정책 불확실성 측정 방법이 기후정책 분야에도 유효하게 적용될 수 있음이 확인되었다.

Basaglia et al.(2025)는 Baker et al.(2016) 방식을 기반으로 1990~2019년 동안 3개 언론사의 기사를 대상으로 기후정책 불확실성 지수를 구축하였다. 기후(climate)와 정책(policy) 관련 키워드를 확장하여 정책 강화(CPU+) 및 정책 약화(CPU-)와 관련된 단어군을 추가하고 이를 바탕으로 기후정책 하위지수(sub-index)를 산출하였다. 이를 통해 기후정책이 강화되거나 엄격해질 때의 불확실성과 완화·후퇴할 때의 불확실성을 구분하고 주요 기후정책 이벤트와 지수 변동 간의 연계성을 검증하였다.

OECD(2022)에서는 Baker et al.(2016) 방식을 이용하여 미국, 영국, 독일, 프랑스, 일본 등 12개 회원국을 대상으로 1990~2018년까지 CPU 지수를 구축하였다. 특히, 기후정책 강화에 대한 불확실성(CPU+)과 기후정책 완화에 대한 불확실성(CPU-)을 구분하여 제시함으로써 국간 간 비교가 가능한 국제적 CPU 지수를 제시하였다.

Syed et al.(2024) 역시 Baker et al.(2016) 방식을 이용하여 파키스탄의 CPU 지수를 구축하였다. 범주별 키워드는 Gavriilidis(2021)와 유사하나 언론사 자료의 제약으로 인해 2개 주요 신문사를 활용한 CPU-2 지수와 4개 언론사를 활용한 CPU-4 지수를 각각 2010년 8월과 2015년 1월부터 구축하였다. 해당 지수는 미국의 EPU 및 CPU 지수가 공개된

웹사이트에서 확인할 수 있다.

중국에서는 Baker et al.(2016)의 방식에 기반한 CPU 지수 연구가 다수 존재한다(Lin&Zhao, 2021; Xu et al., 2023; Tian&Li, 2023). Tian&Li(2023)는 2005~2023년 기간 동안 중국의 주요 9개 언론사의 기사를 활용해 CPU 지수를 구축하였다. Lin&Zhao(2021)는 중국 외에도 미국, 인도, 영국을 대상으로 2000~2023년 기간 동안 CPU 지수를 구축하여 국가별 CPU 지수의 상관관계를 분석하였다. 분석결과, 국가별 CPU 지수 간의 높은 상관관계가 관측되었으며, 이를 통해 글로벌 기후정책 불확실성이 주요국 간 동조화되는 경향이 있음을 확인하였다. Xu et al.(2023)은 2000~2022년까지 중국 주요 기사를 활용하여 일별(daily) 및 월별(monthly) CPU 지수를 구축하였다. 한편 Lee&Cho(2023)는 Baker et al.(2026) 방식에 기반하되, 신문기사가 아닌 소셜미디어(SNS)인 트위터 데이터를 활용하여 기후정책 불확실성 지수를 구축하였다.

최근에는 딥러닝 기술의 발전과 함께 기계학습 기반 접근법이 CPU 지수 구축에 활용되고 있다. Noailly et al.(2022)는 Baker et al.(2016)의 방식을 사용하였으나 범주별 사전 및 키워드 기반 방식(dictionary and keyword-based method)이 아닌 기계학습(machine learning) 알고리즘을 적용하여 미국 10개 언론사의 기사를 대상으로 1981~2019년까지 미국 환경 및 기후정책 불확실성(US Environmental and Climate Policy Uncertainty, EnvPU) 지수를 추정하였다. Ma et al.(2023)는 MacBERT³⁾ 기반의 자연어처리(Natural Language Processing, NLP) 모델을 활용하여 중국의 CPU 지수를 구축하였으며, 국가 단위뿐만 아니라 성(省), 시(市) 등 하위 지역 단위까지 확장하여 지수를 제시하였다. Ardia et al.(2023)은 Baker et al.(2016) 방식에 주제 모델링(topic modeling)을 접목하여 2003년 1월부터 2018년 6월까지 미국의 12개 주요 언론 및 뉴스와이어(newspapers and newswires) 기사를 기반으로 일별 기후변화 우려지수(Media Climate Change Concerns index, MCCC)를 산출하였다.

우리나라의 경우 Lee(2025)와 박광우 외(2025)가 Baker et al.(2016) 방식을 적용하여 CPU 지수를 구축하였다. Lee(2025)은 국내 12개 언론사의 기사를 활용해 2000~2024년 기간의 CPU 지수를 구축하였으며, 범주별 키워드는 Gavriilidis(2021)의 방식을 기반으로 적용하되 국내 정책 환경을 반영하여 일부 수정하였다. 박광우 외(2025)는 2003년부터

3) MacBERT는 기존 BERT의 무작위 마스킹(random masking) 방식을 보완하여 전체 단어 마스킹(whole word masking)과 의미적으로 유사한 단어 치환(replaced token detection) 기법을 도입함으로써 문맥 정보를 보다 정교하게 학습하도록 설계된 사전학습 언어모델이다.

2022년까지 총 13개 언론사의 기사를 이용하여 CPU 지수를 구축하였으나 구체적인 키워드 구성 체계는 공개하지 않았다.

2. 기후정책 불확실성이 기업 환경성과에 미치는 영향

본 절에서는 기업의 환경성과(environmental performance)에 초점을 맞춘 선행연구를 검토한다. 환경성과는 기업의 생산 및 투자 활동이 환경에 미치는 결과를 나타내는 개념으로 주로 탄소배출량, 탄소집약도, 에너지 사용 구조, 친환경 설비 투자 등으로 측정된다. 이는 기업의 수익성이나 시장가치와 같은 재무성과와는 구별되며 기후변화 대응과 관련된 기업의 실질적인 환경적 대응 수준을 반영한다.

기후정책 불확실성은 기업의 환경투자, 생산활동 및 에너지 사용 구조에 영향을 미침으로써 탄소배출 및 탄소집약도에 중요한 함의를 갖는다. 앞서 살펴본 바와 같이 실물옵션이론에 따르면 불확실성 하에서 기업은 비가역적 투자를 불확실성이 해소될 때까지 유보하는 경향을 보인다. 이에 따라 기후정책 불확실성이 확대될 경우 기업의 탄소저감 설비 투자나 신재생에너지로의 전환이 지연되며, 그 결과 탄소배출 증가 또는 탄소집약도 상승으로 이어질 수 있음을 분석한 연구들이 제시되고 있다.

Wang et al.(2024)은 중국 상장기업을 대상으로 기후정책 불확실성이 기업의 오염물질 배출에 미치는 영향을 분석한 결과, 기후정책 불확실성이 증가할수록 기업의 오염물질 배출이 확대되는 것으로 나타났다. 또한 기후정책 불확실성의 증가는 환경 규제 수준, 사회적 책임 이행, 연구개발(R&D) 투자에 부정적인 영향을 미쳐 기업의 배출 저감 활동을 제약하는 간접적 경로로 작용함을 제시하였다.

Zhao et al.(2025)은 중국의 A주 상장 운송기업을 대상으로 기후정책 불확실성이 기업의 탄소성과(corporate carbon performance)에 미치는 영향을 분석한 결과, 기후정책 불확실성이 운송기업의 탄소성과를 유의하게 악화시키는 것으로 나타났다. 기후정책 불확실성이 정책 약속의 신뢰성을 악화시키고 투자위험에 대한 인식을 증대시켜 친환경 투자 지연과 기술혁신 정체를 초래하는 '탄소 잠금(carbon lock-in)' 효과를 유발한다고 설명하였다. 특히, 이러한 부정적인 효과는 국영(state-owned)기업, 비첨단(non-high-tech)기업 그리고 노동집약적(labor-intensive) 운송기업에서 더욱 강하게 나타났다.

Cheng et al.(2024)은 중국 A주 상장 반도체 기업을 대상으로 기후정책 불확실성이 반도체 산업 기업의 탄소배출에 미치는 영향을 분석한 결과, 기후정책 불확실성이 증가할수

록 반도체 기업의 탄소배출이 확대되는 것으로 나타났다. 이러한 효과는 특히 탄소 고배출 기업에서 더욱 강하게 관측되었다. 기후정책 불확실성이 반도체 기업의 탄소배출을 증가시키는 주요 메커니즘을 공급망 압력, 녹색 혁신 투자 억제, 재무 제약 악화로 설명하였다.

Persakia(2024)는 Fortune 1000대 기업을 대상으로 기후정책 불확실성이 ESG 성과, 기업성과, 이산화탄소 배출량에 미치는 영향을 실증분석한 결과, 기후정책 불확실성은 ESG 성과에 긍정적인 영향을 미치는 반면, 기업성과(ROE)와 이산화탄소 배출량에는 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Bai et al.(2023)은 중국 A주 상장기업을 대상으로 환경정책 불확실성이 녹색특허와 같은 친환경 혁신 활동을 위축시킨다고 보고하였으며, Basaglia et al.(2025)는 미국 상장 기업을 대상으로 기후정책 불확실성 노출도가 높을수록 투자와 R&D 활동이 감소한다는 결과를 제시하였다. 이러한 연구결과는 기후정책 불확실성이 직접적으로 탄소집약도를 악화시킬 뿐만 아니라 환경투자와 기술혁신을 제약하는 간접 경로를 통해 장기적으로 탄소 효율성을 저하시킬 수 있음을 시사한다. 박광우 외(2025)는 우리나라의 기후정책 불확실성 지수를 구축하고 기후정책 불확실성이 기업투자에 미치는 영향을 분석하였다. 분석결과, 기후정책 불확실성이 확대될수록 기업의 투자와 연구개발(R&D) 지출이 감소하는 것으로 나타났으며, 이러한 영향은 온실가스 다배출 기업과 기후 비친화적 사업을 영위하는 기업에서 더욱 크게 나타남을 확인하였다.

반면 기후정책 불확실성이 증가하는 경우 불확실성에 대비한 예방적 원칙(precautionary principle)과 위험회피(risk aversion) 행동에 따라 기업이 미래 규제 위험을 완화하기 위해 선제적으로 배출 감축 노력을 강화함으로써 환경성고가 개선된다는 실증결과도 다수 보고되고 있다.

Wang(2022)은 환경규제 불확실성(Environmental Regulatory Uncertainty)이 기업의 환경성과에 미치는 영향을 분석한 결과, 환경규제 불확실성이 증가할수록 기업의 독성(toxic) 배출이 감소하는 것을 확인하였다. 이는 불확실성이 확대되는 경우 기업은 관망(wait and see) 전략보다는 환경혁신 활동과 오염 저감 기술 투자를 통해 선제적으로 대응하려는 유인을 갖기 때문으로 해석하였다.

Borozan&Pirgaip(2024)은 미국 상장기업 1,007개사를 대상으로 기후정책 불확실성과 기업의 이산화탄소(CO₂) 배출량 간 유의한 음(-)의 관계를 보여주었다. 해당 연구는 불확실성 확대가 기업으로 하여금 지속가능한 경영 관행을 보다 적극적으로 채택하도록 유도함으로써 탄소배출 감소가 이어진다고 해석하였다.

Yue&Fu(2025)는 중국 상장기업을 대상으로 기후정책 불확실성이 기업의 탄소배출에 미치는 영향을 분석하였다. 분석결과, 기후정책 불확실성이 기업의 탄소 배출 강도를 유의미하게 감소시키며, 기업들이 기후정책 위험에 선제적으로 대응해 녹색 행동(carbon emission reduction)을 취함을 확인하였다.

이와 함께 국가 또는 지역 수준에서 기후정책 불확실성 증가와 총 탄소배출 감소 간의 유의한 음(-)의 관계를 보고한 연구결과이 제시되고 있다(Gavrillidis, 2021; Tian&Li, 2023; Guesmi et al., 2023; Syed et al., 2024).

III. 기후정책 불확실성(CPU) 지수 추정

앞서 설명한 바와 같이 본 연구는 기후정책 불확실성 지수를 구축하기 위해 Baker et al.(2016)의 연구방법을 기반으로 한다. Baker et al.(2016)의 경제정책 불확실성(Economy Policy Uncertainty, EPU) 지수는 경제(Economy), 정책(Policy), 불확실성(Uncertainty) 각 범주에 해당하는 키워드를 정의하고, 범주의 단어들 중 동시에 적어도 하나의 키워드가 포함된 신문기사의 빈도수를 활용하여 지수를 산출한다. 본 연구는 동일한 방법을 기후정책 불확실성(Climate Policy Uncertainty, CPU) 지수 구축에 적용한다. 구체적으로 신문기사에 ‘기후(Climate)’, ‘정책(Policy)’, ‘불확실성(Uncertainty)’에 해당하는 단어가 모두 포함되어 있을 경우 해당 기사를 기후정책 불확실성 관련 기사로 정의한다. 각 언론사 i 의 t 시점에서 기후정책 불확실성 관련 기사 건수($X_{i,t}$)를 해당 언론사 i 의 t 시점의 총 기사 건수($T_{i,t}$)로 나누어 언론사별 상대빈도($Y_{i,t}$)를 식 (3.1)과 같이 구한다.

$$Y_{i,t} = \frac{X_{i,t}}{T_{i,t}} \quad (3.1)$$

다음으로는 언론사별 상대빈도($Y_{i,t}$)를 언론사별 표준편차(σ_i)로 나누어 표준화한 후 이를 월별 평균하여 Z_t 를 구한다.

$$Z_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{Y_{i,t}}{\sigma_i} \quad (3.2)$$

마지막으로 식(3.2)의 값을 2000~2024년 기간의 평균으로 나누어 식(3.3)과 같이 기후

정책 불확실성 지수를 구한다. Baker et al.(2016)의 방식과 동일하게 평균이 100이 되도록 재조정(rescaling)하였다.

$$CPU_t = \frac{Z_t}{\sum_{t=2000.1}^{2024.12} Z_t / T} \times 100 \quad (3.3)$$

1. 언론사 선정

기후정책 불확실성 지수를 추정하기 위해 한국언론진흥재단의 빅카인즈(Big Kinds)⁴⁾를 통해 신문 기사를 수집하였다. 지수 산출을 위한 언론사 선정은 우리나라 경제정책 불확실성 (EPU) 지수를 매월 발표하고 있는 한국개발연구원(KDI)의 언론사⁵⁾ 선정 기준을 참고하였다. 또한언론사별 기사 수집 기간의 일관성과 기사 누락 여부를 고려하여 분석기간인 2000년부터 2024년까지 전 기간에 대해 신문 기사 취합이 가능한 언론사를 분석대상으로 선정하였다.⁶⁾

OECD(2022)는 언론사 간 기후정책 관련 기사 보도 성향의 차이가 지수 측정 결과에 영향을 미칠 수 있음을 지적한 바 있다. 이에 본 연구는 특정 매체 유형에 따른 편향 가능성을 완화하기 위해 종합일간지와 경제지를 모두 포함하여 분석을 수행하였다.⁷⁾

분석대상 언론사는 경향신문, 국민일보, 동아일보, 문화일보, 서울신문, 세계일보, 중앙일보, 한겨레, 매일경제, 한국경제 등 총 12개 종합일간지 및 경제지이며, 분석에 활용된 전체 기사 건수는 총 27,317,953건이다. 언론사별 기사 수와 분석기간에 대한 구체적인 내용은 <표 1>에 제시하였다.

4) Big KINDS(Korea Integrated News Database System)는 종합일간지, 경제지, 지역일간지 및 방송사 등 다양한 언론사의 기사를 수집하여, 빅데이터 분석 기술을 활용한 뉴스 분석 서비스를 제공한다. (<https://www.bigkinds.or.kr>)

5) 일간지 14개사와 방송사 8개를 포함하여 총 22개 언론사의 뉴스 기사를 취합한다.

6) 빅카인즈는 1990년부터 언론사별 기사를 수록하고 있으나 수록기간 중 일부 언론사의 누락 기간이 있으며, 조선일보의 경우 2018년부터 기사를 제공하고 있어 본 분석에서 제외하였다.

7) Baker et al. (2016) 방식은 언론사별 기사 수 차이를 통계적으로 보정하기는 하지만, 보도 관점의 편향까지 완전히 제거하지는 못하기 때문이다.

<표 1> 분석대상 언론사 및 기사 건수

순번	언론사	기사 수	순번	언론사	기사 수
1	경향신문	1,894,851건	7	중앙일보	1,871,462건
2	국민일보	1,706,093건	8	한겨레	1,340,920건
3	동아일보	1,538,317건	9	한국일보	1,533,370건
4	문화일보	1,072,588건	10	매일경제	5,391,685건
5	서울신문	1,782,030건	11	서울경제	3,024,268건
6	세계일보	2,630,391건	12	한국경제	3,531,978건

주 : 신문기사 취합 기간은 2000~2024년이며, 언론사별 동일한 기간을 적용함

출처: <https://www.bigkinds.or.kr>

2. 단어군 선정

기후정책 불확실성 지수의 범주별 키워드 선정을 위해 기존 기후정책 불확실성 지수 구축 선행연구를 참고하였다(Gavriilidis, 2021; Lee&Cho, 2023; Tian&Li, 2023; Syed et al., 2024; Basaglia et al., 2025, 이공희 외, 2020).

Gavriilidis(2021)는 Baker et al.(2016)의 경제정책 불확실성(EPU) 지수 산출 방식을 적용하여 미국의 기후정책 불확실성 지수를 최초로 구축하였으며, 기후(Climate) 범주에 해당하는 단어로 ‘carbon dioxide’, ‘climate’, ‘greenhouse gas’, ‘renewable energy’, ‘environmental’ 등을 포함한 총 12개의 키워드를 사용하였다. Syed et al.(2024)는 파키스탄의 기후정책 불확실성 지수를 구축하면서 Gavriilidis(2021)의 키워드를 기반으로 ‘GHG’, ‘net zero’, ‘net-carbon’ 등의 단어를 추가하여 총 19개의 기후 관련 키워드를 활용하였다. Basaglia et al.(2025) 역시 동일한 방식으로 미국 기후정책 불확실성 지수를 구축하였으며, 기존 연구에서 공통적으로 사용된 단어 외에도 ‘SO2’, ‘wind power’, ‘solar’, ‘electric vehicle’ 등 50여 개의 기후 관련 단어를 포함하여 키워드를 확장하였다.

중국의 기후정책 불확실성 지수를 구축한 Lee&Cho(2023)과 Tian&Li(2023)또한 기존 선행연구에서 사용된 기후 관련 키워드와 대체로 유사한 단어군을 활용하였으며, 여기에 ‘sustainability’, ‘Paris Agreement’ 등 국제 기후협약 및 지속가능성과 관련된 단어를 추가하였다.

최근 우리나라의 기후정책 불확실성 지수가 몇몇 연구에서 소개되었으며, 이 중 Lee(2025)는 Gavriilidis(2021)을 참고하여 기후 범주에 ‘기후변화’, ‘온실가스 배출’, ‘환경’ 등 총 17개의 단어를 활용하였고 정책 및 불확실성 범주에 각각 21개와 8개의 단어를

사용하였다.

정책(Policy) 범주의 경우, 각 국가의 정부기관 및 정책 체계를 반영하여 키워드를 구성하고 있으며, 공통적으로 'regulation', 'legislation', 'law' 등의 단어를 포함한다. 불확실성(Uncertainty) 범주는 'uncertainty', 'uncertain' 등 정책 불확실성을 직접적으로 나타내는 단어를 사용하였다.

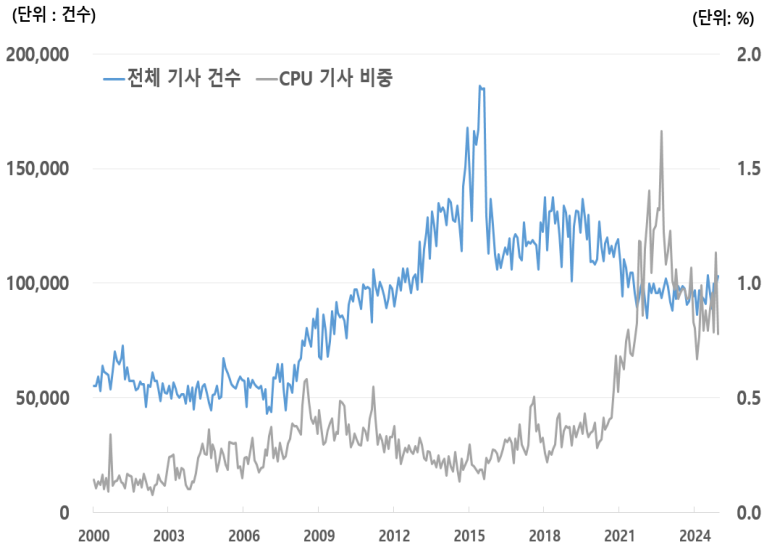
<표 2> 기후·정책·불확실성 범주별 검색 키워드

구분	검색 키워드
기후 (Climate)	탄소, 이산화탄소, 온실가스, 온실가스 배출, 온실가스 배출량, GHG, CO ₂ , 기후, 기후변화, 기후위험, 기후리스크, 에너지, 녹색에너지, 친환경에너지, 재생에너지, 신재생에너지, 탄소중립, 넷제로, 지구온난화, 지속가능성, RE100
정책 (Policy)	규제, 규정, 국회, 의회, 입법, 법률, 법안, 제정, 세금, 정책, 계획, 정부, 청와대, 대통령실, 한국은행, 중앙은행, 환경부, 산업통상자원부, 기획재정부
불확실성 (Uncertainty)	불확실성, 불확실, 불안정, 우려, 걱정

<표 2>는 본 연구에서 사용한 범주별 검색 키워드를 제시한다. 기후(Climate) 범주에 '탄소', '온실가스', '기후변화', '재생에너지' 등을 포함한 총 21개의 단어를 사용하였다. 다만 선행연구에서 공통적으로 활용된 'environmental'을 '환경'으로 번역하여 포함할 경우, 해당 단어가 '여건', '상황' 등의 의미로 사용된 기후와 무관한 기사가 다수 포함되는 것이 확인되었다. 이에 따라 본 연구에서는 분석의 정확성을 제고하기 위해 해당 단어를 기후 범주에서 제외하였다.

정책(Policy) 범주에는 규제 관련 용어 및 정부 부처명을 포함한 19개의 키워드를 사용하였으며, 불확실성(Uncertainty) 범주에는 '불확실성' 외에도 '우려', '걱정' 등의 단어를 포함하였다. 한편, 빅카인즈(Big Kinds)를 활용한 기사 수집 과정에서 뉴스 검색 설정의 통합분류 항목 중 '문화'와 '스포츠'는 분석 목적과의 관련성이 낮은 기사를 다수 포함하고 있어 분석대상에서 제외하였다.

<그림 1> 전체 기사 건수 및 CPU 기사 비중 추이



<그림 1>은 분석기간 동안 전체 기사 건수와 전체 기사 대비 기후정책 불확실성 관련 기사 비중 추이를 나타낸다. 전체 기사 건수는 2007년 이후 증가 추세를 보이다가 2015년 정점을 기록한 후 이후 감소 추세로 전환되었다. 반면, 기후정책 불확실성 관련 기사 비중은 2020년까지 전체 기사 대비 0.5% 미만의 수준을 유지하였으나, 2020년 이후 급격히 상승하여 2022년에는 1.5%를 상회하였다. 이후 비중은 다소 하락하였으나, 분석기간 말까지 약 1% 내외의 수준을 유지하고 있다.

3. 기후정책 불확실성 지수 추이 및 특징

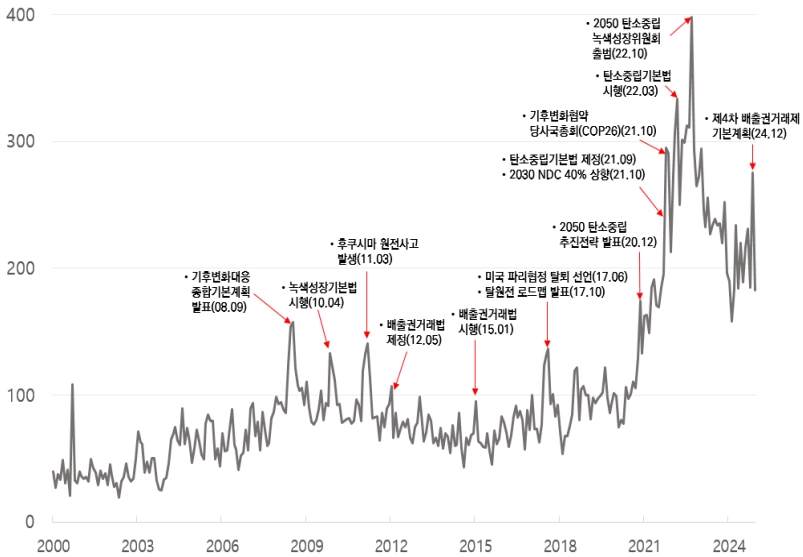
2000년부터 2024년까지 기후정책 불확실성(CPU) 지수를 주요 정책 이벤트와 함께 살펴보면, CPU 지수의 급등 구간은 기후정책의 법제화 및 제도적 전환이 본격화되는 시점과 상당 부분 일치한다. 이는 본 연구에서 구축한 CPU 지수가 단순한 뉴스 빈도 지표가 아니라 실제 정책 환경 변화에 대한 경제주체의 불확실성 인식을 반영하고 있음을 시사한

다. 주요 정책 변화를 기준으로 시계열 추이를 분석한 결과, 다음과 같은 특징을 관찰할 수 있다.

첫째, CPU 지수는 기후정책의 법제화 및 제도 수립이 본격화되는 시점에서 뚜렷한 상승을 보인다. 구체적으로 기후변화 대응 종합기본계획 발표(2008년 9월)를 시작으로 「저탄소 녹색성장기본법」의 제정(2010년 1월) 및 시행(2010년 4월)이 이루어지면서 CPU 지수가 상승하였다. 이후 「온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률(약칭:배출권거래법)」 제정(2012년 5월)과 배출권거래제 제도 설계 논의가 본격화되며 지수의 변동성이 확대되는 양상이 나타난다. 이러한 패턴은 2020년 이후 더욱 두드러지는데, 2050 탄소중립 추진전략 발표(2020년 12월) 이후 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 40% 상향(2021년 10월)과 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(약칭:탄소중립 기본법)」 제정(2021년 9월) 및 시행(2022년 3월) 등 핵심적인 제도 변화가 집중된 시기에 CPU 지수가 급격히 상승하는 모습을 보인다. 이는 기후정책이 선언적 단계에서 법·제도적 구속력을 갖는 단계로 전환되는 국면에서 정책 관련 불확실성이 일관되게 관찰됨을 보여준다.

둘째, 정권 교체에 따라 기후-에너지 정책의 방향성이 변화하는 시기에도 CPU 지수가 확대되는 특징이 관찰된다. 구체적으로 2017년 문재인 정부 출범 이후 탈원전 기조가 본격화되면서 에너지 믹스 조정, 석탄발전 감축, 재생에너지 확대를 중심으로 기존 에너지-기후 정책의 방향 전환이 예고되었고, 이에 따라 2030 국가 온실가스 감축 로드맵의 수정 논의가 본격화되었다. 이 과정에서 기후-에너지 정책의 중장기 목표와 이행 수단에 대한 재조정이 이루어지며 CPU 지수의 변동성이 확대되는 모습을 보인다. 이후 2022년 윤석열 정부 출범 이후에는 원전 비중 확대와 에너지 안보 강화가 정책 기조로 제시되면서 이전 정부에서 설정된 감축 경로와 에너지 정책에 대한 재검토가 진행되었다. 특히 탄소중립 목표는 유지되는 가운데, 전력 믹스와 산업 부문 감축 방식, 배출권거래제 운영 방향 등에 대한 정책 조정 논의가 이어지면서 CPU 지수는 높은 수준의 상승이 나타난다. 이는 정권 교체에 따라 기후정책의 목표 자체뿐만 아니라 이행 경로와 정책 수단이 재조정되는 국면에서 정책 관련 불확실성이 확대되는 양상이 반복적으로 나타남을 보여준다.

<그림 2> 기후정책 불확실성 지수 (CPU Index)



셋째, CPU 지수는 국제 기후협약의 변화나 대외적 사건 발생 시에도 상승하는 경향을 보인다. 2011년 일본 후쿠시마 원전 사고 이후 원자력 안전성과 에너지 정책에 대한 국제적 논의가 확대되면서 국내에서도 에너지 믹스 및 기후-에너지 정책 전반에 대한 재검토가 이루어졌고 CPU 지수의 변동성이 확대되었다. 또한, 2017년 미국의 파리협정 탈퇴 선언은 국제 기후 거버넌스의 불확실성을 증폭시키며 주요국의 기후정책 이행 경로에 대한 불확실성을 확대하는 계기로 작용하였다. 이후 2021년 제26차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP26)를 전후로 국제 감축 이행 점검과 탄소시장 제도화에 대한 논의가 본격화되면서 국내 기후정책 조정 가능성이 확대되었고 CPU 지수 역시 높은 수준의 변동성을 보였다.

기후정책 불확실성(CPU) 지수의 장기 추이를 보면 2000년대에는 완만한 상승과 단기적 변동이 반복되는 양상을 보이다가 2020년부터 급격한 상승 국면에 진입한다. 특히 2050 탄소중립 추진전략 발표, 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향, 탄소중립기본법 제정 등 주요 정책 변화가 집중된 시기에 CPU 지수는 사상 최고 수준으로 상승하였다. 이러한 추세는 탄소중립 이행이 가속화되는 흐름과 맞물려 국내 기후정책 불확실성이 2020년 이전보다 높은 수준에서 지속될 가능성을 시사한다.

IV. 기후정책 불확실성이 탄소집약도에 미치는 영향 분석

1. 데이터 및 추정방법

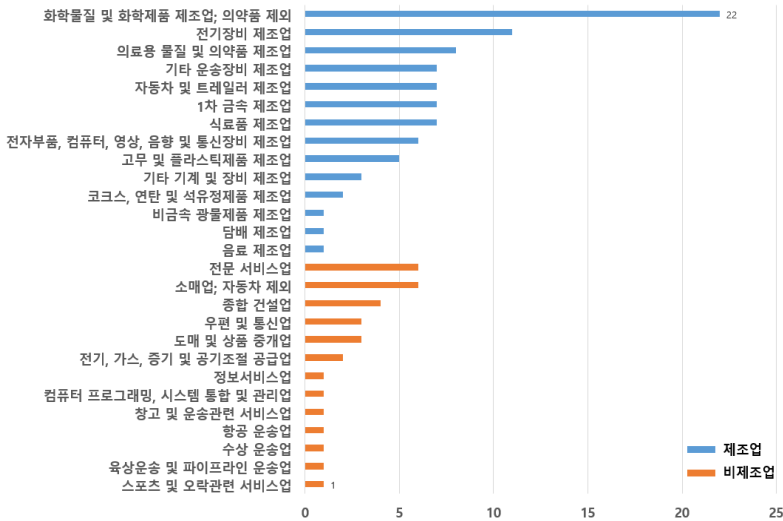
본 연구의 분석 기간은 2011년부터 2024년까지이며, 분석대상은 KOSPI 200 상장기업이다. 국내 온실가스 배출 구조를 살펴보면 산업 부문에서 대규모 기업에 배출이 집중되는 특성이 있으며(한국에너지경제연구원, 2023), KOSPI 200 상장기업은 이러한 산업 부문의 배출 구조를 대표적으로 반영하는 표본이라 할 수 있다. 한편 기후정책 불확실성(CPU) 지수는 장기 추세 분석을 위해 2000년부터 구축하였으나, 본 실증분석에서는 주요 설명변수인 탄소집약도 산출에 필요한 기업별 온실가스 배출량 자료가 2011년부터 제공됨에 따라 분석 기간을 2011년 이후로 한정하였다. 각 기업의 재무자료는 에프앤가이드(FnGuide)를 통해 확보하였고, 기업별 온실가스 배출량 자료는 국가온실가스종합관리시스템(National GHG Management System, NGMS)에서 제공하는 온실가스 명세서를 활용하였다.⁸⁾

분석 표본은 금융 및 보험업을 제외한 KOSPI 200 상장기업 중 분석 기간 동안 온실가스 배출량 정보가 최소 1회 이상 존재하는 기업으로 구성된 불균형 패널자료이다. 총 119개 기업이 최종 표본에 포함되었으며, 이 중 제조업은 88개사, 건설업·서비스업·정보통신업 등 비제조업은 31개사로 구성된다.⁹⁾

8) 국가온실가스종합관리시스템(NGFS)에서는 온실가스 배출권거래제 및 온실가스 목표관리제 참여기업의 연도별 온실가스 배출량 정보를 제공한다.

9) KOSPI 200 상장기업 중 금융 및 보험업을 제외한 기업은 177개이며, 이중 제조업과 비제조업은 각각 112개와 65개로 구성된다.

<그림 3> 분석대상 기업의 산업별 분포



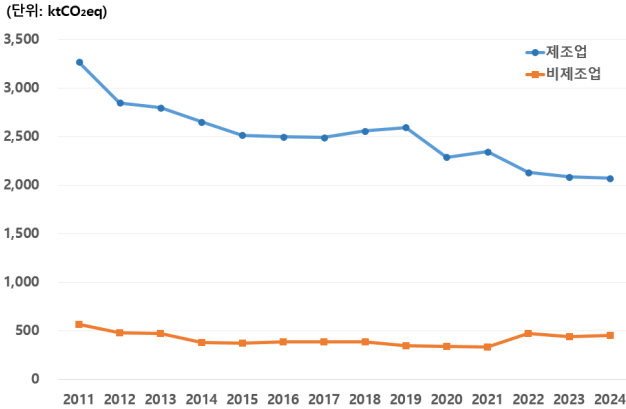
주 : 11차 한국표준산업분류 중분류 기업 수 기준
출처: FnGuide, 국가온실가스종합관리시스템

<그림 3>은 분석대상 기업의 산업별 분포를 제시한다. 제조업의 경우 화학물질 및 화학 제품 제조업, 전기장비 제조업, 의료용 물질 및 의약품 제조업 순으로 높은 비중을 차지하며, 이 외에도 기타 운송장비 제조업, 자동차 및 트레일러 제조업, 1차 금속 제조업, 식료품 제조업 등 총 14개 제조업종이 포함되어 있다.¹⁰⁾

<그림 4>와 <그림 5>는 제조업과 비제조업의 평균 온실가스 배출량과 평균 탄소집약도의 변화 추이를 나타낸다. 제조업의 평균 온실가스 배출량은 2011년 약 3,200ktCO₂eq였으나 이후 감소 추세를 보이며 2019년 이후 2,500ktCO₂eq 이하 수준을 유지하고 있다. 비제조업은 300~500ktCO₂eq 수준을 유지하는 가운데 2022년 평균 온실가스 배출량이 다소 증가하였다. 연도별 평균 탄소집약도는 제조업의 경우 2013년 92tCO₂eq/억원으로 가장 높은 탄소집약도를 보였으며, 연도별 큰 편차를 보이며 특정한 패턴을 보이지는 않는

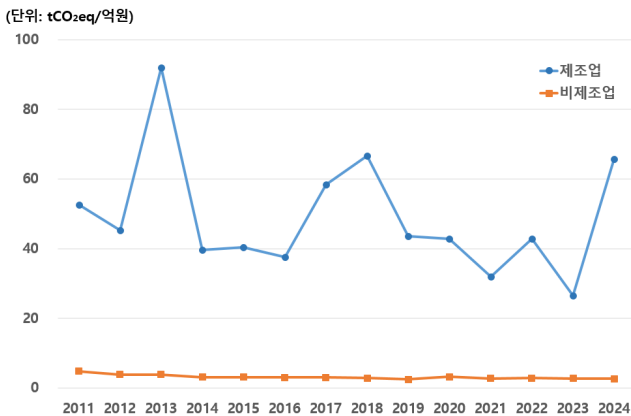
10) 11차 한국표준산업분류(KSIC) 기준으로 제조업 중분류는 총 25개 업종이 있다.

<그림 4> 제조업 및 비제조업 평균 온실가스 배출량



다. 비제조업의 경우 분석기간 중 2~4tCO₂eq/억원 수준을 보인 가운데 2020년 이후 2tCO₂eq/억원 대를 유지하고 있어 탄소집약도가 완화된 양상을 보인다. 제조업과 비제조업은 평균 온실가스 배출량의 절대적인 규모 차이뿐만 아니라 탄소집약도에서도 상당한 차이가 있어 실증분석을 통해 제조업과 비제조업의 차이를 살펴보고자 한다.

<그림 5> 제조업 및 비제조업 평균 탄소집약도



본 연구의 목적은 우리나라의 기후정책 불확실성이 기업의 탄소집약도(Carbon Intensity)에 미치는 영향을 분석하는 것이다. 국내 온실가스 배출 구조를 고려할 때, 제조업과 비제조업 간 온실가스 배출 특성에 유의미한 차이가 존재하므로 분석 기업을 제조업과 비제조업으로 구분하는 것이 타당한 접근이라 할 수 있다. 한편 우리나라의 온실가스 배출량은 제조업 중에서도 비금속 광물제품 제조업, 1차 금속 제조업, 화학물질 및 화학제품 제조업 등 특정 산업에 집중되어 있어, 온실가스 다배출 산업을 별도로 구분하여 분석할 필요가 있다. 2023년 기준 우리나라 부문별 온실가스 배출 비중은 산업(38.3%), 전환(32.1%), 수송(15.2%), 건물(7.1%) 순으로, 산업 부문의 배출 비중이 가장 큰 것으로 나타났다. 또한 온실가스 다배출 산업인 철강, 석유화학, 시멘트 산업은 전체 산업 부문 배출량의 73.0%를 차지하고 있어(한국무역협회, 2024, p.8) 해당 산업의 저탄소 전환 대응이 특히 중요한 것으로 평가된다.

종속변수인 기업의 탄소집약도는 매출액 대비 온실가스 배출량($\text{tCO}_2\text{-eq}$)으로 정의한다. 이러한 정의는 생산량 변화에 따른 온실가스 배출량이 조정되기 때문에 기업의 실질적인 탄소효율성(carbon efficiency)을 나타내는 지표로 활용된다. 선행연구에서도 매출액 대비 온실가스 배출량을 기업의 탄소집약도 지표로 널리 사용하고 있다(에너지경제연구원, 2019; Alexopoulos et al., 2018; In et al., 2019).

앞서 언급한 바와 같이 제조업 내 온실가스 배출 특성의 이질성을 고려하기 위해 본 연구는 탄소집약도를 기준으로 연도별 4분위를 산출하고 상위 25%(Q4)에 해당하는 기업을 고탄소 배출기업으로 정의한다.¹¹⁾ 반면, 하위 75%(Q1~Q3)에 해당하는 기업은 저탄소 배출기업으로 분류한다.

주요 설명변수인 기후정책 불확실성은 탄소중립 이행을 위한 정책 및 법·제도 논의가 본격화되면서 2020년부터 급격히 증가하였다. 이를 반영하여 본 연구는 전체 분석기간(2011~2024년)과 함께 기후정책 불확실성 지수가 크게 상승한 시기인 2020~2024년을 별도로 구분하여 시기별 차이를 분석하고자 한다. 월별로 구축된 기후정책 불확실성 지수는 회귀분석을 위해 연간 평균값으로 집계하여 사용하였다.

식(4.1)은 기후정책 불확실성이 기업의 탄소집약도에 미치는 영향을 추정하기 위한 기본

11) 제조업과 비제조업의 구분 없이 전체기업을 대상으로 연도별 탄소집약도 분위수를 산출할 경우, 2023년과 2024년에 도매 및 소매업에 속하는 '포스코인터내셔널'이 상위 25%(Q4)에 포함되는 것으로 나타났다. 그러나 <표 6>과 <표 8>은 제조업 기업을 대상으로 한 고탄소 배출기업의 이질성을 분석하는 데 초점을 두고 있으므로 해당 기업을 제외하였다.

분석모형이다. 여기에 기후정책 불확실성과 고탄소 배출기업 더미의 상호작용항(interaction term)을 포함한 식(4.2)를 추가로 설정하여 기후정책 불확실성이 고탄소 배출 기업에 미치는 차별적 영향을 분석한다.

$$Y_{i,t} = \alpha + \beta_1 \ln(CPU_t) + \gamma_1 X_{i,t} + \delta_t + \mu_i + \epsilon_{i,t} \quad (4.1)$$

$$Y_{i,t} = \alpha + \beta_1 \ln(CPU_t) + \beta_2 \ln(CPU_t) \cdot HighC_i + \gamma_1 X_{i,t} + \delta_t + \mu_i + \epsilon_{i,t} \quad (4.2)$$

식(4.1)과 식(4.2)에서 $Y_{i,t}$ 는 기업 i 의 시점 t 에서의 로그화된 탄소집약도(*Carbon Intensity*)를 나타내며, $\ln(CPU_t)$ 는 시점 t 의 로그화된 기후정책 불확실성 지수이다. $HighC_i$ 는 연도별 탄소집약도를 기준으로 상위 25%에 해당하는 기업을 나타내는 더미변수이다. $X_{i,t}$ 는 기업 특성 통제변수를 의미하며, δ_t 와 μ_i 는 각각 연도 고정효과와 기업 고정효과를 나타낸다. $\epsilon_{i,t}$ 는 오차항이다.

본 연구는 기업 고정효과(Fixed effects) 모형을 적용하였다. 이는 기업별 관측되지 않는 불변적 특성이 기업의 탄소집약도와 상관될 가능성이 높기 때문이다. 또한 하우스만 검정(Hausman test)을 통해 고정효과 모형이 확률효과 모형에 비해 통계적으로 적합함을 확인하였다.

기업특성변수($X_{i,t}$)는 선행연구(Liu et al., 2024; Borozan&Pirgaip, 2024; Wang et al., 2024; Zhao et al., 2025)를 참고하여 기업 규모, 수익성, 재무건전성, 유동성, 투자혁신 역량 등을 반영하였다. 구체적으로 기업 규모(Size)는 총자산의 자연로그로 측정하였으

<표 3> 변수

변수	정의	산식
$\ln(\text{Carbon Intensity})$	탄소집약도	(온실가스 배출량/매출액)의 자연로그
$\ln(CPU)$	기후정책 불확실성	(기후정책 불확실성 지수)의 자연로그
<i>Size</i>	기업규모	(총자산)의 자연로그
<i>ROA</i>	총자산이익률	(당기순이익/총자산) × 100
<i>Leverage</i>	부채비율	(부채/자기자본) × 100
<i>Cash ratio</i>	현금보유비율	(현금 및 현금성자산 / 총자산) × 100
<i>Tobin's Q</i>	토빈큐	(시가총액+부채) / 총자산

며, 대규모 기업은 감축 투자 여력이 크다는 점에서 탄소집약도 저감에 유리할 수 있는 반면, 배출 잠재력 또한 클 수 있는 이중적인 특성을 지닌다. 수익성(ROA)은 기업의 지속가능 투자 능력을 나타내는 지표로, 높은 수익성은 탄소 저감 투자를 촉진할 가능성이 있다. 부채비율(Leverage)은 기업의 재무적 제약을 반영하는 변수로 과도한 부채는 환경관련 투자의 축소로 이어질 수 있다. 현금보유비율(Cash ratio)은 기업의 내부 자금 여력을 나타내며, 이는 감축 설비 투자에 활용될 수 있는 잠재적 재원을 의미한다. 마지막으로 Tobin's Q는 기업의 성장성과 시장 평가를 반영하는 지표로 장기적으로 규제 리스크에 선제적으로 대응하기 위한 감축 노력을 촉진할 수 있으나, 반대로 단기적으로는 주주가치 극대화 압박으로 인해 환경 투자가 지연될 수도 있다.

<표 4>는 최종 표본에 대한 주요 변수의 기술통계량을 제시한다. 모든 연속변수는 극단치(outlier)의 영향을 완화하기 위해 상·하위 1% 수준에서 윈저화(winsorization)하였다. 종속변수인 탄소집약도의 로그($\ln(\text{Carbon Intensity})$)은 평균 1.75, 표준편차 1.89로 나타나 기업 간 탄소효율성 차이가 상당함을 보여준다. 기후정책 불확실성 지수($\ln(\text{CPU})$)는 평균 4.80, 표준편차 0.52로 확인되었다. 총자산의 로그값(Size)은 평균 11.16이며, 수익성 지표인 ROA는 평균 5.29로 나타났다. 부채비율(Leverage)은 평균 140.84로 기업 간 재무구조의 차이가 큰 것으로 나타났으며, 현금보유비율(Cash ratio)의 평균은 13.22이다. Tobin's Q의 평균은 1.28로 표본 기업의 시장가치가 장부가치를 상회하는 수준임을 시사한다. 한편, 설명변수 간 다중공선성 여부를 점검하기 위해 분산팽창계수(VIF)를 산출한 결과, 모든 변수의 VIF 값은 1.03 ~ 1.25 범위에 위치하며 평균 VIF는 1.16으로 나타났다. 이는

<표 4> 기술통계량

변수	Mean	SD	Min.	Median	Max.	VIF
$\ln(\text{Carbon Intensity})$	1.747	1.886	-7.272	1.681	8.082	
$\ln(\text{CPU})$	4.797	0.519	4.164	4.581	5.708	1.03
Size	11.162	1.553	7.394	11.162	14.556	1.25
ROA	5.290	5.640	-18.200	4.500	34.700	1.23
Leverage	140.838	133.888	9.200	108.600	867.600	1.19
Cash ratio	13.222	25.602	0.429	6.748	181.535	1.14
Tobin's Q	1.275	0.898	0.304	1.006	10.127	1.15

일반적으로 제시되는 기준치를 크게 하회하는 수준으로 다중공선성 문제는 존재하지 않는 것으로 판단된다.

2. 분석결과

<표 5>는 기후정책 불확실성이 기업의 탄소집약도에 미치는 영향을 전체기업, 제조업, 비제조업 기업으로 구분하여 제시한다. 먼저 전체기업을 대상으로 한 분석에서 기후정책 불확실성 지수의 계수는 전체기간(2011~2024년)과 2020년부터 2024년까지의 표본 모두 음(-)의 값으로 통계적으로 유의하게 나타났다. 이는 기후정책 불확실성이 증가할수록 기업의 탄소집약도가 감소함을 의미하며, 정책 환경의 불확실성이 기업의 탄소 효율 개선을 유도하는 방향으로 작용함을 시사한다. 특히 2020년 이후 표본에서 계수의 절대값이 더 크게 나타나 최근 기후정책 환경 변화 국면에서 불확실성의 영향이 강화되었음을 확인할 수 있다.

제조업 기업만을 대상으로 한 분석에서는 기후정책 불확실성의 음(-)의 효과가 전체 기업에 비해 더욱 크게 나타난다. 전체기간과 2020년부터 2024년까지 모두에서 기후정책 불확실성 계수는 통계적으로 유의하며, 이는 제조업 기업이 기후정책 불확실성에 보다 민감하게 반응하여 탄소집약도가 조정되고 있음을 의미한다. 제조업은 생산 공정상 에너지 사용과 직접 배출(Scope 1) 비중이 높기 때문에 정책 불확실성 증가가 설비 운영, 공정 효율화 및 감축 투자 의사결정에 직접적인 영향을 미친 것으로 해석할 수 있다 (Borozan&Pirgaip, 2024; Wang, 2024).

반면 비제조업 기업의 경우, 전체기간에는 기후정책 불확실성 계수가 통계적으로 유의하지 않게 나타나 기후정책 불확실성이 탄소집약도에 미치는 영향이 제한적인 것으로 나타났다. 그러나 2020년부터의 표본에서는 기후정책 불확실성 계수가 음(-)의 값으로 통계적으로 유의하게 나타나, 최근 기후정책 강화 국면에서 비제조업 기업 역시 정책 불확실성에 반응하기 시작했음을 시사한다. 이는 ESG 공시 강화, 간접배출(Scope 2·3¹²⁾)에 대한 관리 요구 확대 등으로 인해 비제조업 부문에서도 기후정책 환경 변화의 영향이 점차 확산되고

12) Scope1은 기업의 직접 온실가스 배출(연료 연소, 공정 배출 등), Scope2는 전력·열 사용에 따른 간접배출, Scope3은 공급망 및 제품 사용·폐기 과정에서 발생하는 간접배출을 의미한다.

<표 5> 전체·제조업·비제조업 기업 추정결과

	전체 기업		제조업 기업		비제조업 기업	
	2011~ 2024년	2020~ 2024년	2011~ 2024년	2020~ 2024년	2011~ 2024년	2020~ 2024년
<i>ln(CPU)</i>	-0.388** (0.178)	-0.489** (0.202)	-0.496** (0.235)	-0.509* (0.262)	-0.046 (0.186)	-0.303** (0.112)
<i>Size</i>	-0.335*** (0.102)	-0.040 (0.236)	-0.275** (0.116)	0.006 (0.277)	-0.575* (0.301)	-0.360** (0.163)
<i>ROA</i>	-0.010* (0.005)	-0.011* (0.007)	-0.009 (0.006)	-0.012 (0.007)	-0.023*** (0.007)	-0.016*** (0.005)
<i>Leverage</i>	-0.000 (0.000)	0.001* (0.000)	-0.000 (0.000)	0.001** (0.001)	-0.001 (0.001)	-0.000 (0.000)
<i>Cash ratio</i>	0.001 (0.004)	0.009 (0.008)	0.001 (0.005)	0.012 (0.010)	-0.005 (0.009)	-0.007** (0.003)
<i>Tobin's Q</i>	-0.110** (0.048)	-0.058 (0.081)	-0.114** (0.053)	-0.049 (0.082)	-0.128 (0.120)	-0.110 (0.102)
<i>Constant</i>	7.631*** (1.103)	4.338** (2.179)	7.801*** (1.196)	4.200* (2.410)	8.084** (3.402)	6.566*** (1.748)
<i>Observations</i>	1,220	544	913	410	307	134

주: 1) *, **, ***은 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 의미
 2) 표준오차는 기업 클러스터 조정치

있음을 보여준다. 통제변수의 경우 기업 규모(*Size*)는 대체로 음(-)의 값을 보여 수익성이 높은 기업일수록 탄소효율성이 개선되는 경향을 시사한다. 반면, 부채비율(*Leverage*)과 현금비율(*Cash ratio*)의 효과는 일관되지 않게 나타났다.

기후정책 불확실성의 탄소집약도 감소 효과는 전반적으로 제조업에서 가장 뚜렷하게 나타나며, 2020년 이후에는 그 영향이 비제조업으로까지 확대되는 양상을 보인다. 이러한 결과는 기후정책 불확실성과 기업 탄소배출 간 음(-)의 관계를 보고한 선행연구(Borozan&Pirgaip, 2024; Wang, 2024; Yue&Fu, 2025)와 일관되며, 정책 불확실성의 확대가 기업으로 하여금 보다 지속가능한 경영 관행을 채택하도록 유도한 결과로 해석될 수 있다.

<표 6>은 제조업 기업을 대상으로 기후정책 불확실성 효과가 기업의 탄소배출 특성에 따라 이질적으로 나타나는지를 검증한 결과를 제시한다. 이를 위해 탄소집약도가 높은 상위 25%(Q4)에 해당하는 기업 더미와 기후정책 불확실성 지수의 상호작용항($CPU \times$

고탄소 배출기업 더미)을 포함하였다.

분석결과, 탄소집약도 하위 75%(Q1~Q3)에 해당하는 저탄소 배출기업의 기후정책 불확실성 지수의 계수는 전체기간(2011~2024년)에서 -0.644(1% 유의수준), 2020~2024년 기간에서는 -0.615(5% 유의수준)로 모두 음(-)의 값으로 통계적으로 유의하게 나타난다. 이는 고탄소 배출기업을 제외한 제조업 기업의 경우, 기후정책 불확실성 증가할수록 탄소집약도를 유의하게 낮추는 방향으로 조정하고 있음을 의미한다.

반면, 고탄소 배출기업(Q4)에 대한 상호작용항의 계수는 전체기간에서 0.159, 2020년부터의 표본에서 0.111로 1% 유의수준에서 통계적으로 유의한 양(+)의 값을 나타낸다.

<표 6> 제조업 저·고탄소 배출기업 추정결과

	제조업 기업	
	2011 ~ 2024년	2020 ~ 2024년
$\ln(CPU)$	-0.644*** (0.237)	-0.615** (0.254)
$\ln(CPU) \cdot HighC$	0.159*** (0.041)	0.111*** (0.025)
$Size$	-0.274** (0.116)	0.093 (0.272)
ROA	-0.005 (0.006)	-0.008 (0.007)
$Leverage$	-0.000 (0.000)	0.001* (0.001)
$Cash\ ratio$	-0.000 (0.004)	0.011 (0.009)
$Tobin's\ Q$	-0.126** (0.052)	-0.063 (0.083)
$Constant$	8.308*** (1.264)	3.641 (2.397)
Observations	913	410

주: 1) *, **, ***은 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 의미

2) 표준오차는 기업 클러스터 조정치

이는 고탄소 배출기업의 경우 기후정책 불확실성에 따른 탄소집약도 감소 효과가 상대적으로 완화된다는 의미를 시사한다. 다만 상호작용항의 크기를 고려하더라도 고탄소 배출기업의 총 효과는 전체기간에서 -0.485, 2020년부터의 표본에서는 -0.504로 여전히 음(-)의 값을 유지하고 있다. 이는 고탄소 배출기업 역시 기후정책 불확실성에 반응하여 탄소집약도를

조정하고 있음을 보여준다.

이러한 결과는 고탄소 배출기업이 저탄소 배출기업에 비해 설비 집약적인 생산 구조와 기술적 제약으로 인해 단기적인 조정 여력이 상대적으로 제한적임을 시사한다(한국무역협회, 2024). 특히, 2020년부터 2024년까지의 표본에서도 기후정책 불확실성의 탄소집약도 감소 효과는 유지되지만, 고탄소 배출기업의 경우 그 효과의 크기가 유의하게 완화되는 것으로 나타나 제조업 내 고·저탄소 간 반응의 이질성이 최근 정책 강화 국면에서도 지속되고 있음을 보여준다.

3. 강건성(Robustness) 검증

본 연구의 기본분석은 기후정책 불확실성이 기업의 탄소집약도에 미치는 영향을 추정하는 데 초점을 두고 있으나, 설명변수와 종속변수 간의 역인과관계(reverse causality)로 인한 내생성 가능성을 완전히 배제하기는 어렵다. 예를 들어, 기업의 탄소집약도 변화가 정책 환경이나 정책 불확실성에 영향을 미칠 가능성도 존재한다.

이에 본 연구는 이러한 역인과관계로 인한 내생성 문제를 완화하기 위해 강건성 분석으로 주요 설명변수에 시차(lag)를 도입한 모형을 추가로 설정하였다. 구체적으로 종속변수인 기업의 탄소집약도는 t 시점의 값을 사용하고, 기후정책 불확실성 및 기타 기업 특성변수는 $t-1$ 시점의 값을 사용하여 분석하였다. 이는 기업의 과거 기후정책 불확실성이 이후 시점의 탄소집약도에 미치는 영향을 추정함으로써, 동시적 결정에 따른 편의를 최소화하기 위한 것이다.

<표 7>의 분석결과, 기후정책 불확실성의 시차값을 사용한 경우에도 전체기업과 제조업 기업에서 기후정책 불확실성은 탄소집약도에 대해 통계적으로 유의한 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 구체적으로 전체기업의 경우 기후정책 불확실성 계수는 -0.319, 제조업 기업은 -0.403으로 기본분석과 동일하게 기후정책 불확실성 증가가 기업의 탄소집약도 감소로 이어짐을 확인할 수 있다. 반면, 비제조업 기업의 계수는 -0.086으로 통계적으로 유의하지 않게 나타나, 시차를 고려한 경우에도 기후정책 불확실성의 영향이 제조업 기업에 비해 제한적임을 보여준다. 이러한 결과는 기본분석에서 확인된 산업별 차이가 시차를 도입한 경우에도 유지됨을 시사한다.

<표 7> 전체·제조업·비제조업 기업 시차(Lag) 추정결과

	2011~2024년		
	전체 기업	제조업 기업	비제조업 기업
<i>ln(CPU)</i>	-0.319** (0.141)	-0.403** (0.187)	-0.086 (0.163)
<i>Size</i>	-0.229** (0.101)	-0.191 (0.123)	-0.384 (0.229)
<i>ROA</i>	-0.005 (0.004)	-0.007 (0.004)	-0.004 (0.008)
<i>Leverage</i>	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.001)
<i>Cash ratio</i>	-0.004 (0.004)	-0.004 (0.005)	0.008 (0.013)
<i>Tobin's Q</i>	-0.077 (0.056)	-0.066 (0.066)	-0.172** (0.082)
<i>Constant</i>	6.024*** (1.019)	6.378*** (1.121)	5.683** (2.773)
<i>Observations</i>	1150	857	293

- 주: 1) *, **, ***은 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 의미
 2) 표준오차는 기업 클러스터 조정치
 3) 모든 설명변수는 1기 시차값(t-1)을 사용

<표 8>은 제조업 기업을 대상으로 고탄소 배출기업 더미와 기후정책 불확실성 시차값의 상호작용항을 포함한 분석결과를 제시한다. 분석결과, 저탄소 배출기업(Q1~Q3)에 대한 기후정책 불확실성의 음(-)의 효과와 고탄소 배출기업(Q4)에 대한 상대적으로 완화된 효과라는 기본적인 결과는 일관되게 나타났다. 이러한 시차 기반 분석결과는 기후정책 불확실성이 기업의 탄소집약도에 미치는 음(-)의 영향과 제조업 내부의 이질적 반응이 특정 시점의 변수 정의나 동시적 문제에 의해 발생한 것이 아니라 비교적 안정적인 관계임을 보여준다.

이러한 결과는 기후정책 불확실성에 대한 기업의 대응이 탄소 배출 구조와 기술적 특성에 따라 차별적으로 나타난다는 선행연구의 논의와 맥을 같이한다. 기존 연구들은 탄소배출 수준, 산업 특성, 기술 집약도 등에 따라 기후정책 불확실성이 기업의 탄소배출에 미치는 영향의 크기와 방향이 상이함을 공통적으로 보고하고 있다(Colombe, 2024; Zhao, 2025; Wang, 2024; Persakia, 2024).

<표 8> 제조업 저·고탄소 배출기업 시차(Lag) 추정결과

	제조업 기업	
	2011 ~ 2024년	2020 ~ 2024년
$\ln(CPU)$	-0.501** (0.198)	-0.448* (0.230)
$\ln(CPU) \cdot HighC$	0.111** (0.047)	0.037 (0.031)
<i>Size</i>	-0.190 (0.120)	0.108 (0.349)
<i>ROA</i>	-0.004 (0.005)	-0.008 (0.007)
<i>Leverage</i>	-0.000 (0.000)	0.000 (0.000)
<i>Cash ratio</i>	-0.005 (0.004)	0.007 (0.008)
<i>Tobin's Q</i>	-0.083 (0.067)	0.072 (0.121)
<i>Constant</i>	6.720*** (1.220)	2.767 (3.119)
<i>Observations</i>	857	405

주: 1) *, **, ***은 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 의미
 2) 표준오차는 기업 클러스터 조정치
 3) 모든 설명변수는 1기 시차값(t-1)을 사용

V. 결론

본 연구는 고정효과모형을 이용하여 KOSPI 200 상장기업을 대상으로 기후정책 불확실성이 기업의 탄소집약도에 미치는 영향을 실증분석하였다. 이를 위해 국내 12개 언론사의 신문기사 자료를 활용하여 2000~2024년 기간의 기후정책 불확실성 지수를 구축하였으며 우리나라 기후정책 불확실성 지수는 국내 탄소중립 이행이 본격화된 2020년부터 뚜렷한 상승 추세를 보이는 것으로 나타났다.

실증분석은 기업별 온실가스 배출량 자료를 확보할 수 있는 2011~2024년 기간을 대상으로 하였으며, 금융·보험업을 제외한 KOSPI 200 상장기업 중 제조업과 비제조업 기업은

각각 88개와 31개로 총 119개 기업의 불균형 패널자료를 활용하였다. 산업별 온실가스 배출 특성의 차이를 반영하여 제조업과 비제조업을 구분하여 분석하였고, 정책 환경 변화의 영향을 비교하기 위해 전체기간(2011~2024년)과 2020년부터 2024년까지의 분석기간을 구분하였다. 또한 제조업 내부의 이질성을 고려하여 연도별 탄소집약도 상위 25%에 해당하는 기업을 고탄소 배출기업으로 정의하였다.

분석결과, 기후정책 불확실성은 전반적으로 기업의 탄소집약도를 감소시키는 방향으로 작용하는 것으로 나타났다. 이러한 효과는 제조업 기업에서 보다 뚜렷하게 관찰되었으며, 비제조업 기업의 경우에는 2020년 이후 기간에 한해 제한적으로 유의한 영향을 보였다. 제조업 기업을 대상으로 한 추가 분석에서는 고탄소 배출기업의 경우 기후정책 불확실성에 따른 탄소집약도 감소 효과의 크기가 상대적으로 완화되는 것으로 나타났으나, 전반적인 방향성은 여전히 감소 효과로 유지되었다. 이는 생산 구조와 기술적 제약으로 인해 탄소집약도 조정의 폭과 속도에는 차이가 존재하지만, 고탄소 배출기업 역시 기후정책 불확실성에 대응하고 있음을 시사한다.

우리나라는 제조업 중심의 수출 의존적 산업구조를 가지고 있으며, 철강·석유화학·비금속광물 등 온실가스 다배출 산업이 국가 경제에서 차지하는 비중이 크다. 그러나 이들 산업은 공정 특성상 온실가스 감축을 위한 생산방식 변경과 설비교체가 제한적이어서 저탄소 전환이 용이하지 않다(한국무역협회, 2024). 이러한 점을 고려할 때, 기후정책 이행 과정에서 기업의 불확실성을 완화하고 실질적인 탄소감축 투자를 유도하기 위한 재정 지원, 기술개발 지원 및 정책의 예측 가능성 제고가 중요한 정책과제로 제시된다.

한편 본 연구의 KOPSI 200 상장기업이라는 대형 기업 표본에 한정되어 있어 분석결과를 중소기업이나 비상장기업으로 일반화하는 데에는 한계가 존재한다. 향후 연구에서는 분석 대상을 확대하여 산업별·기업 규모별 이질성을 보다 정교하게 추정해볼 필요가 있으며, 기후정책 불확실성이 기업의 환경성과뿐만 아니라 재무성과에 미치는 영향에 대한 추가적인 분석 역시 중요한 연구 과제로 남아 있다.

참고문헌

- 대한상공회의소. (2024). 온실가스 다배출기업의 탄소중립 대응실태와 지원과제 조사, 보도자료, 2024.3.28.
- 대한상공회의소. (2025). 국내 기업의 탄소중립 대응 실태와 정책과제, 조사보고서 2025.5.
- 박광우, 한병훈&윤정식. (2025). 기후정책 불확실성이 기업투자에 미치는 영향에 대한 실증 연구: 한국 상장기업을 중심으로, *경영학연구* 제54권 제3호, 533-554.
- 이금희, 조주희&조진경. (2020). 새로운 우리나라 불확실성 지수의 작성, *응용통계연구* 제33권 5호, 639-653.
- 에너지경제연구원. (2019). 탄소효율성과 기업성과 간 관계 분석: 국내 기업 사례 분석, 수시연구보고서 19-04.
- 에너지경제연구원. (2021). 2050 탄소중립 추진 주요 이슈와 정책 방향, *에너지 포커스*, 2021년 제18권 제4호, 통권 82호, 16-28.
- 한국무역협회 국제무역통상연구원. (2024). 온실가스 다배출 산업의 저탄소 전환: 주요국 정책 비교와 시사점, *TRADE FOCUS* 2024년 39호.
- Alexopoulos, I., Kounetas, K. & Tzelepis, D. (2018). Environmental and financial performance. Is there a win-win or a win-loss situation? Evidence from the Greek manufacturing, *Journal of Cleaner Production* 197, 1275-1283.
- Ardia, D., Bluteau, K., Boudt, K. & Inghelbrecht, K. (2023). Climate change concerns and the performance of green vs. brown stocks, *Management Science* 69(12), 7607-7632.
- Bai, D., Du, L., Xu, Y. & Abbas, S. (2023). Climate policy uncertainty and corporate green innovation: Evidence from Chinese A-share listed industrial corporations, *Energy Economics* 127, 107020.
- Baker, S. R., Bloom, N. and Davis, S. J., 2016, Measuring economic policy uncertainty, *Quarterly Journal of Economics* 131(4), 1593-1636.
- Basaglia, P., Berestycki, C., Carattini, S., Dechezleprêtre, A. & Kruse, T. (2025). Climate Policy Uncertainty and Firms' and Investors' Behavior, *CESifo Working Paper Series* No. 11782, March 2025.
- Bloom, N. (2014). Fluctuations in Uncertainty, *Journal of Economic Perspectives* 28(2), 153-176.
- Borozan, D. & Pirgaip, B. (2024). Climate policy uncertainty and firm-level carbon dioxide emissions, *Business Strategy and the Environment* 33(6), 5920-5938.
- Cheng, S., Chen, Y., Wang, K. & Jia, L. (2024). Climate policy uncertainty influences carbon emissions in the semiconductor industry, *International Journal of Production Economics* 278, 109436.
- Colombe, C., Leibowicz, B. D. & Mendoza, B. R. (2024). The effects of policy uncertainty and risk aversion on carbon capture, utilization, and storage investments, *Energy Policy* 192, 114212.
- Cortazar, G., Schwartz, E. S. & Salinas, M. (1998). Evaluating Environmental Investments: A Real Options Approach, *Management Science* 44(8), 1059-1070.
- Dixit, A. K. & Pindyck, R. S. (1994). *Investment under uncertainty*, Princeton University Press.

- Farber, D. A. (2015). Coping with Uncertainty: Cost–Benefit Analysis, the Precautionary Principle, and Climate Change, *Washington Law Review* 90(4), 1653–1700.
- Gavriilidis, K. (2021). Measuring Climate Policy Uncertainty, *SSRN Electronic Journal*.
- Guesmi, K., Makrychoriti, P. & Spyrou, S. (2023). The relationship between climate risk, climate policy uncertainty, and CO2 emissions: Empirical evidence from the US, *Journal of Economic Behavior and Organization* 212, 610–628.
- Hashmi, S. M., Rong, L., Balsalobre–Lorente, D. & Syed, Q. R. (2025). Climate policy uncertainty and greenhouse gas emissions in G7 countries: Policy recommendations for environmental sustainability, *Gondwana Research* 143, 214–225.
- In, S.Y., Park, K.Y. & Monk, A.H. (2019). Is ‘Being Green’ Rewarded in the Market?: An Empirical Investigation of Decarbonization and Stock Returns. *Working Paper*
- Lee, B. (2025). Climate Change Policy Uncertainty and Its Macroeconomic and Environmental Impacts: Evidence from Korea, *동서연구* 37(3), 5–53.
- Lee, K. & Cho, J. (2023). Measuring Chinese climate uncertainty, *International Review of Economics & Finance*, 89, 1–20.
- Lin, B. & Zhao, H. (2021). Measuring policy uncertainty under climate change, *Applied Energy Symposium 2021: Low carbon cities and urban energy systems*, Matsue, Japan, September 4–8, 2021, PaperID:18.
- Ma, Y.–R., Liu, Z., Ma, D., Zhai, P., Guo, K., Zhang, D. & Ji, Q. (2023). A news–based climate policy uncertainty index for China, *Scientific Data* 10, Article 881.
- Noailly, J., Nowzohour, L. & van den Heuvel, M. (2022). Does environmental policy uncertainty hinder investments towards a low–carbon economy?, *NBER Working Paper* No. 30361.
- OECD. (2022). Measuring and assessing the effects of climate policy uncertainty, *OECD Economics Department Working Papers* No. 1715, OECD Publishing, Paris.
- OECD. (2023). *Understanding and Applying the Precautionary Principle in Regulatory Decision–Making*, OECD Publishing, Paris.
- Persakis, A. (2024). The impact of climate policy uncertainty on ESG performance, carbon emission intensity and firm performance: evidence from Fortune 1000 firms, *Environment, Development and Sustainability* 26(9), 24031–24081.
- Syed, A. A. S., Waheed, M. & Saleh, S. (2024). Measuring Climate and Climate Policy Uncertainty for Pakistan, *Pakistan Journal of Applied Economics* 34(2), 71–92.
- Tian, L. & Li, X. (2023). Does climate policy uncertainty affect carbon emissions in China? A novel dynamic ARDL simulation perspective, *Humanities and Social Sciences Communications*, 10, Article 267.
- Wang, J. (Brooke). (2023). Waiting or acting: The effects of environmental regulatory uncertainty, *SSRN Working Paper*, No. 4028885.
- Wang, C., Wang, H., Bai, Y., Shan, J., Nie, P. & Chen, Y. (2024). The impact of climate policy uncertainty on corporate pollution emissions: Evidence from China, *Journal of Environmental*

Management 363, 121426.

Xu, X., Huang, S., Lucey, B. M. & An, H. (2023). The impacts of climate policy uncertainty on stock markets: Comparison between China and the US, *International Review of Financial Analysis* 88, 102671.

Yue, Z., & Fu, X. (2025). Green actions in policy fog: Climate policy uncertainty and corporate carbon emission. *Energy Economics* 125, 106965.

Zhao, L., Liu, Z., Xie, C. & Chen, X. M. (2025). Climate policy uncertainty and corporate carbon performance: Evidence from transportation enterprises, *Journal of Environmental Management* 390, 126346.

Manuscript: January 12, 2025; Review completed: January 29,
2026; Accepted: February 12, 2026