

BOK 이슈노트

수출입경로를 통한 해외 기후변화 물리적리스크의 국내 파급영향



김재윤

한국은행 금융안정국 지속가능성장연구팀
과장
Tel. 02-750-6858
jkim20@bok.or.kr

정선문*

동국대학교 회계학과
조교수
Tel. 02-2260-3295
sunmoonjung@dongguk.edu

이성태*

홍익대학교 전자전기공학부
조교수
Tel. 02-320-1615
lst777@hongik.ac.kr

2023년 10월 6일

- 2023년 들어 지구 평균온도가 관측 사상 최고치를 기록(WMO, 2023)하는 등 지구 온난화가 가파른 속도로 진행되고 있다. 전 세계적인 기후변화 충격은 세계 경제에 부정적인 영향을 미치고, 그 영향이 국내 경제에도 수출입 경로를 통해 파급될 수 있다. 수입경로 측면에서는 기후변화에 따른 농축수산물 공급충격이 국내 수입가격 상승으로 이어져 국내 경제에 영향을 미칠 수 있다. 수출경로 측면에서는 기후변화 피해에 따른 교역상대국의 소득 감소가 국내 수출품에 대한 수요 감소로 이어질 수 있다. 이에 본 연구는 해외 기후변화의 물리적 피해가 국내 경제에 파급되는 영향을 수출입경로를 중심으로 분석하였다.
- 분석 결과, 기후변화로 인한 장기간의 점진적 온도상승(만성리스크)은 글로벌 농축수산물 공급 감소와 글로벌 수요 감소를 통해 국내 산업의 생산 위축과 부가가치 감소를 유발하는 것으로 나타났다. 특히 ① 수입 농축수산물에 대한 의존도가 높은 음식료품 제조업(-6.1~-18.2%, 2023~2100년 누적 기준 부가가치 변동폭), 음식 서비스업(-10.2~-17.9%)과 ② 수출 비중이 높은 자동차(-6.6~-13.6%), 정유(-5.8~-11.6%), 화학(-5.0~-10.2%) 산업에서 생산 위축이 발생하여 부가가치가 감소하는 것으로 나타났다. 이로 인해 무역의존도가 높은 국내 기업은 재무건전성이 악화되어 채무 불이행 위험과 시장가치 하락이 확대되는 것으로 분석되었다. 기업의 재무건전성 악화는 향후 금융기관의 건전성을 저하시키는 요인으로 작용할 것으로 보인다. 한편 상기 분석 결과는 해외 기후변화 물리적리스크 중 점진적인 온도상승에 따른 만성리스크(chronic risks)만을 고려한 것이며, 만일 자연 재해에 의한 급성리스크(acute risks)가 함께 고려될 경우 국내 산업의 피해규모는 더욱 확대될 것으로 예상된다.
- 우리 경제의 높은 무역의존도를 고려할 때 해외 기후변화 물리적리스크에 따른 국내산업의 생산 위축 및 부가가치 감소를 피하기 어렵고 자연재해에 의한 급성리스크까지 고려할 필요가 있는 만큼, 국내 기업과 금융기관은 해외 기후리스크에 대해 선제적으로 대응해 나가야 할 것이다. 국내 기업은 해외 거래기업이 소재한 지역의 기후변화 리스크를 면밀히 살피고 수출입 선을 다변화하는 등 글로벌 공급망 관리를 강화해 나갈 필요가 있다. 금융감독 당국과 금융기관은 기후 리스크 관리체계 구축 및 스트레스 테스트 시 국내 기후리스크뿐만 아니라 해외 기후변화 물리적리스크의 파급 영향도 함께 감안해야 할 필요가 있다.

- 본 자료의 내용은 한국은행의 공식견해가 아니라 집필자 개인의 견해라는 점을 밝힙니다.
따라서 본 자료의 내용을 보도하거나 인용할 경우에는 집필자명을 반드시 명시하여 주시기 바랍니다.
- 자료 작성에 많은 도움을 주신 김인규 금융안정국장님, 이범호 금융안정연구부장님, 김경섭 지속가능성장연구팀장님께 감사의 말씀을 드립니다.

* 본 자료는 정선문·이성태(2023)의 한국은행 외부연구용역 결과를 일부 활용하였음을 밝힙니다.



한국은행

I. 검토배경

기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, 이하 'IPCC')는 온실가스 배출이 현행대로 지속될 경우 2060년 이전에 지구 평균온도 상승폭이 산업화 이전(1850~1900년) 대비 2.0℃ 이상 상승하며 기상이변이 빈번하게 발생할 것으로 전망하였다(IPCC, 2021). 지구 온난화는 이미 빠른 속도로 진행되고 있어(IPCC, 2021)¹⁾, 전 세계 곳곳에서 기상이변 현상이 관측되고 있다.²⁾ 특히 금년 7월에는 지구 온도가 관측 사상 최고치를 기록(WMO, 2023)하는 등 지구 온난화가 심화되는 양상이다.³⁾ 이에 온도 상승, 자연재해 발생 등 기후변화에 의한 피해가 초래하는 리스크인 물리적리스크가 확대될 우려가 점증되고 있다.⁴⁾

이러한 해외 기후변화 물리적리스크는 수출입 경로를 통해 국내 경제에 파급될 수 있다(<그림 1>). 해외 기후변화 물리적리스크의 파급경로를 글로벌 공급 충격이 나타나는 수입경로 측면에서 살펴보면, 기후변화에 따른 교역상대국의 농축수산물 생산량 변화가 농축수산물 수입 가격변동으로 이어져 국내 경제

에 영향을 미칠 수 있다. 글로벌 수요 충격이 나타나는 수출경로 측면에서는 기후변화에 따른 교역상대국의 생산성 하락 및 소득 감소가 국내 수출품에 대한 최종수요 감소로 파급될 수 있다. 특히 우리 경제는 무역의존도가 높아 해외 기후리스크의 수출입 경로를 통한 영향이 클 수 있다. 이에 본고에서는 해외 기후변화에 따른 물리적리스크가 글로벌 가치사슬⁵⁾을 통해 국내 경제에 파급되는 영향을 분석하였다.⁶⁾

〈그림 1〉 수출입경로를 통한 해외 기후변화 물리적리스크의 파급경로



이하 본고의 구성은 다음과 같다. 먼저, 해외 기후변화 피해가 농축수산물 수입가격 상승 등 수입경로와 글로벌 수요 감소에 따른 수출

1) IPCC는 2010년대에 이미 지구 평균온도가 산업화 이전(1850~1900년) 대비 1.09℃ 상승하였다고 보고하였다(IPCC, 2021). 우리나라는 전 세계 평균보다 더 빠른 온난화 속도를 보이고 있다. 지난 109년간(1912~2020년) 우리나라의 연평균 기온은 약 1.6℃ 상승하였다(대한민국 정부, 2023).

2) 2021년에는 미국 남서부 지역에서 기온이 50℃ 이상 치솟았으며, 유럽에서 대규모 홍수가 발생한 바 있고, 남아메리카 지역에서 2년 연속 가뭄이 발생하였다(NCEI, 2021).

3) 최근 UN 사무총장 António Guterres는 2023년 7월(1~3주) 온도가 관측 사상 최고라는 측정 결과(WMO, 2023)를 토대로 지구온난화 시대는 끝났으며, 지구가 끓는 시대(global boiling)가 시작되었다고 경고하였다.

4) 기후변화 물리적리스크(physical risks)는 기후변화 그 자체가 초래하는 충격으로 정의되는데, 평균온도, 강수, 해수면 상승 등 기후 패턴의 장기적 변화와 관련된 만성리스크(chronic risks)와 자연재해와 관련된 급성리스크(acute risks) 등 두 가지로 구분된다.

5) 글로벌 가치사슬이란 제품의 설계, 부품과 원재료의 조달, 생산, 유통, 판매에 이르기까지의 과정이 다수의 국가에 걸쳐 형성된 글로벌 분업체계를 의미한다.

6) Dell, Jones, & Olken (2012); Burke, Hsiang, & Miguel (2015); Kalkuhl & Wenz (2020) 등은 기후변화 피해합수를 활용하여 기후변화의 경제적 영향을 분석한 바 있으나, 국가(혹은 지역) 내에서의 기후변화 피해 영향을 추정할 뿐 글로벌가치사슬을 통한 기후리스크의 국가간 전파를 고려하지 않았다. 국내의 경우 최영준·박현웅(2016), 류재나·김호정·김한나·신정우·양상근(2017), 권용재·성한경·전봉걸(2019) 등이 국내 기상변화가 총요소생산성에 미치는 영향을 분석하였으나 해외 기후변화 피해의 국내 파급은 분석하지 않았다.

경로를 통해 국내 경제에 파급되는 영향을 분석하였다. 또한 실물경제 영향 분석과 연계하여 해외 기후변화 피해가 국내 기업의 재무건전성(부도위험, 시장가치 변화 등)에 미치는 영향을 살펴보았다. 마지막으로 본고의 분석을 요약·정리하고 시사점을 제시하였다.

연관관계는 2018년 기준⁹⁾로 지속된다는 가정하에 우리 경제가 국내외 기후리스크 충격이 없이 기존 추세 대로 성장하는 시나리오로 설정하였다.¹⁰⁾ 기준시나리오의 우리 경제 추세 성장률은 NGFS가 제시한 성장률을 적용하였다.

1. 수입경로를 통한 영향

II. 해외 기후변화 물리적리스크의

수출입 경로를 통한 국내 파급영향

기후변화 시나리오 분석을 통해 해외 기후리스크의 국내 파급영향을 살펴보았다. 동 분석을 위해 IPCC의 6차 평가보고서(IPCC, 2021)에서 사용된 SSP5-8.5 기후변화 시나리오⁷⁾(2023~2100년)를 활용하였다. 동 시나리오에서는 각국이 저탄소 전환 노력을 기울이지 않아 지구 평균온도 상승에 따른 만성적인 물리적리스크(chronic risks)가 극대화⁸⁾된다. 기후변화 물리적리스크 중 평균온도 상승에 따른 만성리스크(chronic risks)만을 고려하고 예상치 못한 자연재해 등의 급성리스크(acute risks)는 고려하지 않았다. 비교분석을 위한 기준시나리오는 국가 간 및 산업 간 연관관계가 2023~2100년의 분석대상 기간 동안 2019년의 투입산출구조(국가간

지구 온난화에 따른 글로벌 농축수산물 공급 충격이 우리나라의 수입경로를 통해 국내 산업 부문에 파급되는 영향을 <그림 2>와 같은 구조로 분석하였다.¹¹⁾ 먼저, 161개 교역상대국의 1981~2021년 데이터를 바탕으로 온도변화와 농축수산물 가격 간의 관계식을 추정하였다.¹²⁾ 추정된 온도와 농축수산물 가격 간 관계식에 각국의 미래(2023~2100년) 온도변화 예측치를 대입하여 향후 국가별 농축수산물 가격변화를 추정하였다. 다음으로, OECD 세계산업연관표¹³⁾를 활용하여 국내 각 산업(대분류 기준 33개 업종)의 농축수산물 수입가격 변화를 시산하고, 농축수산물 수입가격 변화가 산업연관구조를 거쳐 국내 물가에 미치는 파급효과를 측정하였다. 마지막으로, 이를 종합하여 국내 물가 변화에 따른 산업별 최종수요 및 생산(산출량 기준) 변화를 추정하였다.

7) SSP5-8.5(Shared Socioeconomic Pathways 5-8.5) 시나리오는 화석연료 사용이 지속되어 온실가스 배출이 2100년까지 꾸준히 증가하는 시나리오를 의미한다. SSP5-8.5 시나리오는 기후 대응을 추진하지 않는다는 점에서 NGFS(Network for Greening the Financial System)의 현행유지(current policy) 시나리오와 상응한다.

8) IPCC(2021)가 제시한 기후변화 시나리오(SSP3-7.0, SSP2-4.5 등) 중 온도상승이 최대인 시나리오이다.

9) 2019년은 한국은행에서 제공하는 산업연관표의 최신 데이터 시점이며, 2018년은 OECD가 제공하는 세계산업연관표의 최신 데이터 시점이다.

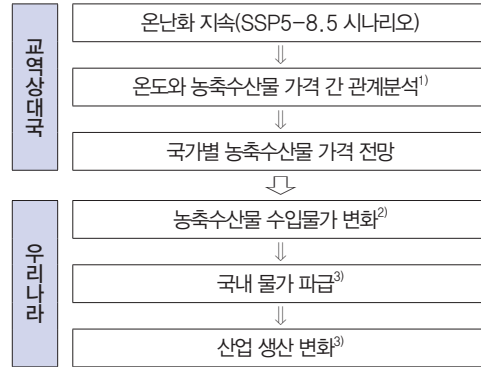
10) 세계 및 국내 산업구조가 향후에도 그대로 유지된다는 전제 하에 시간에 따른 생산요소 대체, 기후변화 적응 관련 기술 발전 및 저탄소 경제로의 전환 과정 등은 고려하지 않았다.

11) 해외 기후변화에 따른 글로벌 공급충격 분석은 기후변화에 생산량이 매우 민감하게 변동하는 상품인 농축수산물에 한정하였으며, 이외의 수입 원자재는 포함하지 않았다. 여타 원자재의 영향도 함께 고려될 경우, 해외 물리적리스크가 국내 경제에 미치는 영향은 더욱 커질 것으로 예상된다.

12) 각국의 온도는 기후변화지식포털(Climate Change Knowledge Portal, 이하 'CCKP')의 자료를, 농축수산물 가격은 국제노동기구(International Labour Organization, 이하 'ILO')에서 국가별로 작물, 축산물, 수산물, 식료품의 소비자가격을 지수화하여 발표한 식품가격(food and non-alcoholic beverages) 지수 자료를 사용하였다.

13) 세계산업연관표란 국가별 산업연관표와 국가 간의 무역데이터를 이용하여 전 세계 각 나라 및 산업 간의 투입산출 구조를 하나의 표로 작성한 것이다.

〈그림 2〉 수입경로를 통해 해외 기후변화 리스크가 국내에 파급되는 구조



주: 1) 161개국 1981~2021년 표본 대상 계량분석

2) OECD 세계산업연관표 활용

3) 국내 33개 업종(대분류 기준)을 대상으로 산업연관분석을 실시

분석 결과, 온도와 농축수산물 가격 간에 비선형적 관계가 유의한 것으로 나타났다. 온도 상승폭이 크지 않은 경우 농축수산물 가격은 하락하지만 온도 상승폭이 큰 경우에는 농축수산물 가격이 상승 전환하는 것으로 분석되었다. 식(1)의 추정 결과¹⁵⁾인 <표 1>을 보면, 온도 상승폭($Temp_{c,t}$)의 계수 β_1 은 5% 수준에서 유의한 음의 값으로, 온도상승폭 이차항($Temp_{c,t}^2$)의 계수 β_2 는 10% 수준에서 유의한 양의 값으로 추정되었다.

〈표 1〉 온도와 농축수산물 가격 간 관계 패널분석 결과¹⁾²⁾

변수	종속변수: $\ln(P_{c,t}) - \ln(P_{c,t-1})$	
	(1)	(2)
$Temp_{c,t}$	-0.034** (0.011)	-0.005*** (0.006)
$Temp_{c,t}^2$	0.011* (0.061)	0.002** (0.016)
$\Delta \ln(P_{c,t-1})$	0.503*** (0.000)	0.222** (0.011)
$\Delta \ln(P_{c,t-2})$	0.027 (0.731)	0.140** (0.021)
$\Delta \ln(P_{c,t-3})$	0.033 (0.261)	0.057 (0.150)
$\Delta \ln(P_{c,t-4})$		0.486*** (0.000)
분석대상	국가-연도패널	국가-분기패널
고정효과	국가	국가
군집(Cluster)	연도	분기
표본수	2,673	11,629
Adjusted R-squared	0.401	0.278

주: 1) *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1% 의 통계적 유의수준(양측검정)을 의미

2) 괄호 안은 p-value

자료: 자체 추정

1.1 온도 상승과 농축수산물 가격 간의 관계

기후변화가 글로벌 농축수산물에 미치는 영향을 식별하기 위해 Faccia et al.(2021)을 원용하여 글로벌 온도변화에 따른 해외 농축수산물 가격 변화를 도출하였다. 식(1)과 같이 Faccia et al.(2021)을 준용하되, Acevedo et al.(2020), Burke et al.(2015), Roberts & Schlenker(2013) 등에서 제시한 온도의 비선형적인 경제적 영향¹⁴⁾을 고려하여 온도의 제곱항($Temp^2$)을 설명변수로 추가하였으며, 161개국의 1981~2021년 패널자료를 활용하였다.

$$\ln(P_{c,t}) - \ln(P_{c,t-1}) = \beta_1 Temp_{c,t} + \beta_2 Temp_{c,t}^2 + \sum_{n=1}^3 \gamma_n \Delta \ln(P_{c,t-n}) + \mu_c + \epsilon_{c,t}$$

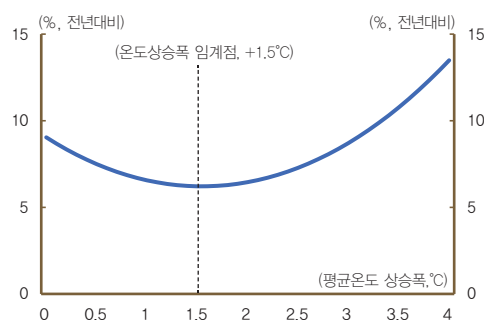
($P_{c,t}$: c국가의 t시점 당시 농축수산물가격지수 (1)

$Temp_{c,t}$: 1951~1980년 대비 온도 상승폭

μ_c : 국가 고정효과)

14) Acevedo et al.(2020)는 180개국의 패널분석을 바탕으로 평균온도가 낮은 국가에서는 온도상승이 경제성장에도 소폭 긍정적인 영향을 미치나, 평균온도가 당초 높은 국가에서는 온도상승이 경제에 부정적인 영향을 미치는 점을 발견하였다. Roberts & Schlenker(2013)와 Burke et al.(2015)는 온도 상승 초반에는 작물 생산량이 늘어나지만, 온도상승이 지속될 경우에는 작물 생산량이 줄어드는 비선형 관계가 있다는 분석 결과를 제시하였다. Faccia et al.(2021)은 온도와 농산물 가격 간의 관계를 실증분석하여 폭염이 단기적으로 농산물의 인플레이션을 높일 수 있다는 결과를 제시하였다.

15) 온도 상승폭 일차항의 계수가 유의한 양(음)이라면 온도 상승폭이 커질수록 농축수산물 가격이 상승(하락)한다는 의미이다. 온도 상승폭 이차항의 계수가 양(음)이라면 온도 상승과 농축수산물 가격 간에 비선형적 관계가 존재하며, 그 함수는 아래(위)로 볼록한 형태임을 의미한다.

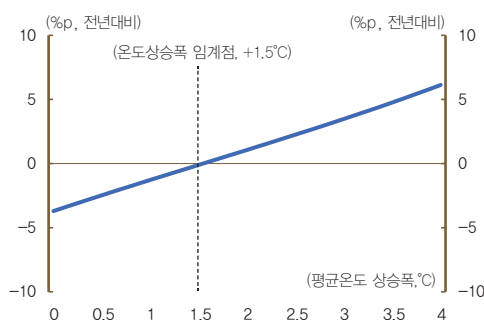
〈그림 3〉 온도상승과 농축수산물 가격 간 관계¹⁾²⁾³⁾

주: 1) 〈표 1〉의 모형(1) 결과를 토대로 작성

2) 평균온도 상승폭은 1951~1980년 대비 온도 상승폭

3) 온도상승폭 임계점(+1.5°C)은 농축수산물 가격 상승폭이 최저가 되는 온도 상승폭을 의미

자료: 자체 추정

〈그림 4〉 온도상승의 농축수산물 가격 한계효과¹⁾²⁾³⁾

주: 1) 〈표 1〉의 모형(1) 결과를 토대로 작성

2) 평균온도 상승폭은 1951~1980년 대비 온도 상승폭

3) 온도상승폭 임계점(+1.5°C)은 농축수산물 가격 상승폭이 최저가 되는 온도 상승폭을 의미

자료: 자체 추정

온도 상승과 농축수산물 가격 간의 관계를 온도 상승폭별로 보면, 농축수산물 가격은 평균온도 상승폭이 1.5°C에 도달하기 전까지는 기준시나리오 대비 하락하다가, 이를 초과하면 가격이 상승 전환하는 것으로 나타났다(〈그림 3〉). 온도 상승의 농축수산물 가격에 대한 한계효과를 구체적으로 살펴보면, 〈그림 4〉와 같이 2021년 기준 전 세계 평균온도 상승폭(1951~1980년 대비)이 0.9°C 수준인 상황에서 온도 상승 초반에는 오히려 가격을 하락시키는 요인으로 작용하지만, 온도 상승이 지속되어 임계수준(1951~1980년 대비 +1.5°C)을 넘어서면 음에서 양의 한계효과로 전환되어 농축수산물 가격을 상승시키는 것으로 추정되었다.

SSP5-8.5 시나리오 하에서는 2035년을 전후로 전 세계 평균온도가 1.5°C(1951~1980년 대비) 상승하여 온도 상승의 한계효과가 음(-)에서 양(+)으로 전환될 것으로 보인다. 이는, 당초 온도가 낮은 지역의 경우 온도 상승은 작물 생산성 증대에 도움이

되는 온화한 기후를 형성하여 작물 가격에 하방 압력 요인이거나, 온도가 높은 지역에서의 온도 상승은 생산성을 저하시켜 가격 상승압력으로 작용하기 때문인 것으로 해석된다.

1.2 교역상대국의 농축수산물 가격변화 추정

향후 국가별 농축수산물 가격변화를 식(2)와 같이 앞서 추정한 온도와 농축수산물 가격 간의 관계를 나타내는 회귀계수와 2023~2100년 기간의 미래 온도 예측치를 결합하여 시산하였다.¹⁶⁾

$$\ln(P_{c,t+h}) - \widehat{\ln(P_{c,t+h-1})} = \hat{\beta}_1 Temp_{c,t+h} + \hat{\beta}_2 Temp_{c,t+h}^2 + \sum_{n=1}^3 \hat{\gamma}_n \Delta \ln(P_{c,t+h-n}) + \hat{\mu}_c \quad (h=1,2,3,\dots) \quad (2)$$

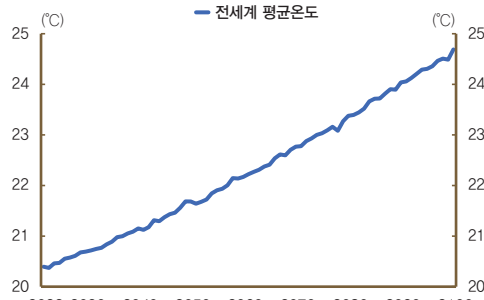
시산 결과, 전 세계 평균 온도가 〈그림 5〉와 같이 2022년 20.4°C 수준에서 2100년 24.7°C까지 상승하는 SSP5-8.5 시나리오¹⁷⁾ 하에서는 온도 상승이 각국에 농축수산물 가격

16) 미래온도 예측치가 연간 빈도로 존재하기 때문에 국가-연도 패널을 분석한 〈표 1〉의 모형(1)의 추정 결과를 이용하였다.

17) CCKP(Climate Change Knowledge Portal)의 221개국 지표면 평균온도 전망 기준이다.

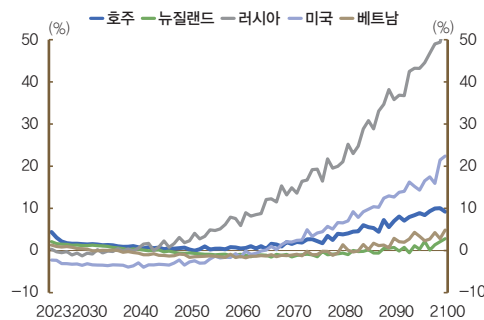
상승 압력으로 작용하는 것으로 나타났다(〈그림 6〉). 국가별, 시기별로 보면 2040년 이후부터 러시아와 호주를 중심으로 온도 상승에 따라 농축수산물 가격이 상승 압력을 받으며, 금세기 말에는 러시아(49.4%), 미국(22.4%), 호주(9.2%), 베트남(4.9%), 뉴질랜드(2.8%) 등 대부분의 국가에서 온도 상승에 따른 농축수산물 가격 상승 압력이 커질 것으로 나타났다.

〈그림 5〉 SSP5-8.5 온도상승 시나리오



자료: CCKP(Climate Change Knowledge Portal)의 221개국 온도 전망

〈그림 6〉 주요국의 농축수산물 가격 전망¹⁾



주: 1) 주요 농축수산물의 수입국 기준 전년대비 변화
자료: 자체 추정

1.3 농축수산물 수입가격 상승의 국내 물가파급효과

앞서 추정한 글로벌 농축수산물 가격변동이 국내 각 산업의 생산물가격에 파급되는 효과를 산업연관분석을 바탕으로 시산하였다. 글로벌 농축수산물 가격변동은 동 상품을 수입하여 중간재로 사용하는 국내 산업의 생산품 가격을 변화시키고, 이들 국산품을 다시 중간재로 사용하는 산업의 상품 가격을 변화시키는 일련의 물가파급 효과를 초래한다. 동 효과를 분석하기 위해 먼저 식(3)과 같이 생산물가격 관련 균형방정식을 도출하였다(이춘근, 2000; 한국은행, 2019). 식(3)은 국산 및 수입 중간재 투입액(단위당 비용)과 부가가치액(단위당 이윤)의 합이 생산물가격과 같음을 의미한다.

$$A^d P^d + A^{m'} P^m + \widehat{A}^V P^V = P^d \quad (3)$$

(P^d : 국산품 가격

A^d : 국산투입계수 행렬

P^m : 수입품 가격

$A^{m'}$: 수입투입계수행렬

P^V : 부가가치의 단위 가격

\widehat{A}^V : 부가가치율 대각행렬)

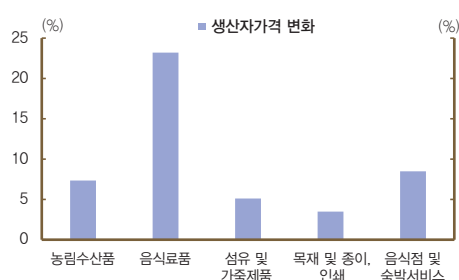
여기서 산출량당 부가가치가 일정하다고 전제하면 수입가격 변동과 국내 생산물가격 변화 간의 관계식이 식(4)¹⁸⁾와 같이 도출된다. 농축수산물 수입품 가격 변화 ΔP^m 은 각국의 농축수산물 가격 변동(〈그림 6〉)을 국내 수입비중으로 가중평균하여 계산하였다.

$$\Delta P^d = (I - A^d)^{-1} (A^{m'} \Delta P^m) \quad (4)$$

18) Δ 는 가격변동률(%)을 의미한다.

농축수산물 수입가격 변동에 따른 국내 생산물가격 변화(ΔP^d)에 대한 추정 결과를 보면, 수입 농축수산물에 대한 의존도에 따라 국내 생산물가격 변동폭이 차별화되어 나타났다(〈그림 7〉). 수입 농축수산물을 주요 투입물로 사용하는 국내 농림수산업(7.3%, 2023~2100년 누적 기준, 이하 동일), 음식료품 제조업(23.3%), 음식점 및 숙박 서비스업(8.5%)의 생산자가격이 기준시나리오 대비 크게 상승하는 것으로 추정되었다. 아울러 수입 농축수산물 활용도가 높은 국내 섬유 및 가죽제품 제조업(5.1%), 목재 및 종이 제조업(3.5%) 또한 생산자가격이 기준시나리오 대비 상당폭 상승하는 것으로 나타났다. 다만, 수입 농축수산물에 대한 의존도가 낮거나, 국내 농림수산업, 음식료품 제조업, 음식점 서비스업과의 연관관계가 낮은 대부분의 제조업들은 농축수산물 수입가격 상승에 따른 영향을 거의 받지 않는 것으로 분석되었다.¹⁹⁾

〈그림 7〉 농축수산물 수입가격 변동에 따른 국내 각 산업의 생산자가격 변화¹⁾



주: 1) 기준시나리오 대비 변화(2023~2100년 누적 기준). 기준시나리오는 우리 경제가 기후리스크 충격 없이 기존 추세대로 성장하는 시나리오.
자료: 자체 추정

1.4 농축수산물 수입가격 상승의 국내 생산파급효과

농축수산물 수입가격 상승은 국내 생산비용 상승과 소비자가격 상승으로 전가되어 최종수요 감소로 파급되고, 이는 최종적으로 국내 산업의 생산(산출액 기준) 및 부가가치(총산출액-중간투입액)에 영향을 미치게 된다. 농축수산물 수입가격 상승이 국내 산업 생산에 미치는 영향을 분석하기 위해, 〈그림 7〉에서 살펴본 국내 생산자가격 변동에 소비자가격 전가율을 0~100%로 적용²⁰⁾하고, 소비자가격 전가에 따른 업종별 최종수요 변화를 「소비자가격 변동폭×산업별 수요의 가격탄력성²¹⁾」으로 시산하였다. 또한, 최종수요 변화가 업종별 생산 및 부가가치에 미치는 영향을 레온티에프(Leontief) 역행렬을 이용하여 시산하였다.²²⁾

업종별 부가가치 변화를 추정한 결과, 기후변화로 인한 교역상대국들의 농축수산물 가격 상승은 농축수산물 수입의존도가 높은 국내 산업의 부가가치에 주로 영향을 미치는 것으로 나타났다(〈그림 8〉)²³⁾. 농축수산물 수입 비중이 높은 국내 음식료품 제조업(-6.1~-18.2%, 2023~2100년 누적 기준, 이하 동일), 농림수산업(-5.1~-8.4%), 음식점 및 숙박 서비스업(-10.2~-17.9%)의 부가가치가 기준시나리오 대비 큰 폭 하락하는 것으로 분석되었다. 이들 업종과 직간접적으로

19) 여타 산업의 경우 생산자가격 변동폭이 기준시나리오 대비 0.0~2.0%로 미미한 수준이다.

20) 소비자가격 전가율은 업종별 수요 탄력성과 공급 탄력성을 추정할 경우 더욱 엄밀하게 파악할 수 있으나, 두 가지 탄력성을 모두 추정하는데 한계가 있어 소비자가격 전가율을 0~100%로 지정하고 각 전가율별로 시나리오 분석을 실시하였다. 소비자가격 전가율을 0~100%로 변동해가며 적용함에 따라 국내 산업의 생산파급효과 또한 범위 형태로 추정된다.

21) 산업별 수요의 가격탄력성은 「BOX 1」 산업별 수요의 가격탄력성에서 추정한 업종별 탄력성 수치를 사용하였다.

22) 분석의 용이성을 위해 산출량당 부가가치는 일정하다는 전제하에 추정하였다.

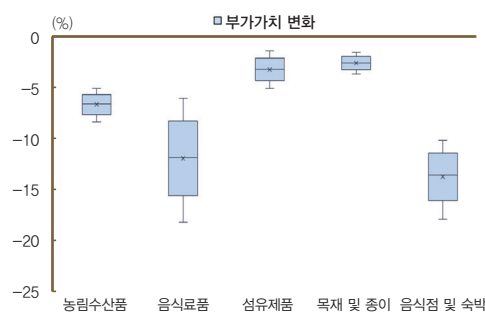
23) 〈그림 8〉에서는 국내 생산자가격 변동(〈그림 7〉)의 소비자가격 전가 시나리오를 가용 가능한 전가율 범위(0~100%) 내에서 설정하고, 각 시나리오별로 분석한 업종별 부가가치 변화(2023~2100년 누적 기준)를 표기하였다.

연관되어 있는 여타 업종²⁴⁾의 부가가치에는 유의미한 영향이 나타나지 않았으나 농산물 등을 투입물로 활용하기도 하는 화학제품 업종(-1.4~-2.6%)에서는 부가가치 감소 영향이 일부 나타났다.

및 음식료품 제조업은 기후변화로 인한 온도 상승이 두드러지는 미국으로부터의 농산물 수입 비중이 커²⁵⁾ 큰 피해를 입을 가능성에 유의할 필요가 있다.

2. 수출경로를 통한 영향

〈그림 8〉 농축수산물 수입가격 변동에 따른 국내 각 산업의 부가가치 변화¹⁾²⁾



주: 1) 기준시나리오 대비 변화(2023~2100년 누적 기준), 기준시나리오는 우리 경제가 기후리스크 충격 없이 기존 추세대로 성장하는 시나리오.

2) 그래프 내 5개의 가로선은 위에서부터 각각 최소, 상위 25%, 50%, 75%, 최대의 감소폭을, 'x' 표시는 평균적인 감소폭을 의미한다.

자료: 자체 추정

해외 기후변화의 만성적인(chronic) 물리적 리스크가 농축수산물 수입경로를 통해 국내 산업에 파급되는 영향을 분석한 이상의 결과를 종합해 보면, 전 세계의 추세적인 온도 상승은 농축수산물 가격 상승을 통해 향후 국내 경제에 상당한 영향을 미칠 가능성을 시사한다. 특히, 농축수산물 수입 비중이 큰 국내 농림수산업, 음식료품 제조, 음식점 서비스, 섬유 및 가죽제품, 목재 및 종이 제조업 등의 생산이 위축될 우려가 있다. 아울러, 국내 농림수산업

기후변화에 따른 글로벌 소득 충격이 수출경로를 통해 국내 산업으로 파급될 수 있다. 이하에서는 해외 기후변화로 인한 교역상대국의 소득 감소가 〈그림 9〉와 같은 파급경로를 통해 국내 수출품에 대한 최종수요 감소로 전이될 경우 우리 경제에 발생하는 경제적 영향을 분석하였다.²⁶⁾ 먼저, NGFS의 기후변화 시나리오(NGFS, 2022)²⁷⁾에서 추정한 교역상대국(42개국)의 2023~2100년 실질 GDP 감소폭을 국가별 소득 감소 시나리오로 상정하였다.²⁸⁾ 국내 각 산업에 대해 국가별로 수출의 해외소득 탄력성을 산출하고, 국내 각 산업의 수출 감소분을 「교역상대국의 GDP 감소폭×산업별 수출의 해외소득 탄력성」을 통해 추정하였다. 다음으로, 수출 감소에 따른 국내 산업의 생산(총산출액) 및 부가가치(총산출액-중간투입액) 변화를 산업연관분석을 바탕으로 추정하였다.

24) 수입 농축수산물을 주요 중간재로 사용하지 않는 여타 업종은 부가가치 감소폭이 작은데, 이러한 결과는 해외 기후변화 충격을 농축수산물 가격에만 한정하고 여타 원자재 가격 변동을 반영하지 못한 데 주로 기인한다.

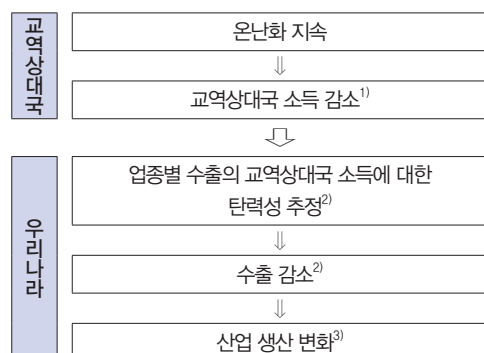
25) OECD의 세계산업연관표에 따르면, 국내 농림수산업과 음식료품 제조업은 전체 수입 농산물 중 각각 31.9%, 33.9%를 미국으로부터 수입한다. 미국의 경우 평균온도가 SSP5-8.5 시나리오에서 2100년경 2021년 대비 5.8℃ 상승하는 것으로 추정되어 온도 상승이 두드러지는 것으로 나타났다.

26) 앞의 수입경로 분석과 마찬가지로, 전 세계 각국이 저탄소 전환 노력을 하지 않아 온도가 상승하고, 만성리스크(chronic risks)가 극대화 되어 전 세계 각국의 생산성이 감소하는 상황을 주요 시나리오로 상정하였다. 다만, 자연재해 등 급성리스크(acute risks)의 영향은 고려하지 않았다.

27) NGFS(Network for Greening the Financial System)는 중앙은행·감독기구의 기후리스크 연구 협의체이다. NGFS는 Kalkuhl & Wenz(2020)가 추정한 온도상승과 생산성 감소의 관계식을 바탕으로, 2023~2100년중 국가별 온도상승에 따른 GDP 감소폭을 추정하였다.

28) 각국의 GDP를 소득 대용 지표로 활용하였다.

〈그림 9〉 수출경로를 통해 해외 기후변화 리스크가 국내에 파급되는 구조



주: 1) NGFS 기후 시나리오의 Climate damage function 추정치 활용

2) 국내 44개 업종(중분류 기준)의 42개 교역상대국별 수출 탄력성 계량 분석

3) 국내 78개 업종(중분류 기준)을 대상으로 산업연관분석을 실시

2.1 수출의 해외소득 탄력성 추정

기후변화에 따른 글로벌 소득 충격이 우리 수출에 미치는 영향을 식별하기 위해 최문정·김경근(2019)을 인용²⁹⁾하여 수출의 해외소득 탄력성을 측정하였다. 수출의 해외소득 탄력성은 교역상대국의 소득 변화에 따른 우리 수출액 변화로 정의된다. 수출의 해외소득 탄력성 추정은 식(5)과 같이 우리나라 수출을 종속 변수로, 각국의 실질 GDP를 소득 대용 지표이자 주요 설명변수로 설정하여 실시하였다.³⁰⁾ 식(5)에서 계수 $\beta_{D,0,c,i}$ 가 우리나라 산업 i 의 c 국에 대한 수출의 소득탄력성을 의미한다.

$$\begin{aligned} \Delta \ln EX_{c,i,t}^{kr} = & \alpha + \beta_{D,0,c,i} \Delta \ln D_{c,t} \\ & + \beta_{D,1,c,i} \Delta \ln D_{c,t-1} + \beta_{p,c,i} \Delta \ln RER_{c,t-1} \\ & + \beta_{X,c,i} \Delta \ln EX_{c,i,t-1}^{kr} + \epsilon_{c,i,t} \end{aligned} \quad (5)$$

$EX_{c,i,t}^{kr}$: 국내 산업 i 의 t 시점 당시 c 국에 대한 수출
 $D_{c,t}$: c 국의 실질 GDP
 $RER_{c,t}$: c 국 통화대비 원화의 실질 환율)

추정 결과, 주력 수출산업의 수출은 교역상대국의 소득에 탄력적으로 변동하는 것으로 나타났다(〈표 2〉). 코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업과 자동차 및 트레일러 제조업 수출의 소득탄력성이 각각 4.53 및 4.43으로 전산업 평균인 1.34 보다 높게 나타났다. 이는 교역상대국의 소득이 1% 줄어들 때, 국내 정유 및 자동차 산업의 수출이 각각 4.53% 및 4.43% 감소함을 의미한다. 아울러, 화학물질 및 화학제품 제조업(2.48), 1차 금속 제조업(2.64), 기계 및 장비 제조업(2.59)에서 수출의 소득탄력성이 2.0을 상회하였다. 이러한 결과는 지구온난화가 가속화될 경우 해외 기후변화로 인한 글로벌 수요 감소가 국내 수출산업에 미치는 영향이 커질 수 있음을 시사한다.

〈표 2〉 주요 산업별 수출의 해외소득 탄력성¹⁾

업종	수출의 교역상대국 소득에 대한 탄력성
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	4.53
화학 물질 및 화학제품 제조업	2.48
1차 금속 제조업	2.64
기계 및 장비 제조업	2.59
자동차 및 트레일러 제조업	4.43
전 산업 평균	1.34

주: 1) 각 산업의 42개 교역상대국별 소득탄력성 계수를 교역상대국별 수출액(2018년 기준) 기준으로 가중평균한 수치

자료: 자체 추정

29) 최문정, 김경근(2019)은 Bussière, Callegari, Ghironi, Sestieri, & Yamano(2013)의 CES(Constant Elasticity of Substitution) 수요함수 기반 회귀분석을 바탕으로 우리 수출의 해외 소득탄력성을 추정한 바 있다. 한편, 최문정, 김경근(2019)은 우리나라 수출 전체를 종속변수로 사용한 반면, 본고에서는 우리나라 수출을 산업별로 세분화하여 업종별 수출을 종속변수로 사용하였다는 점에서 차별화된다.

30) 국내 44개 업종(SIC Rev. 4의 중분류 기준)의 42개 교역상대국을 대상으로 분석하였다. 각국의 GDP는 IMF의 자료를, 국내 각 산업의 교역상대국별 수출은 OECD의 세계산업연관표를 활용하였다.

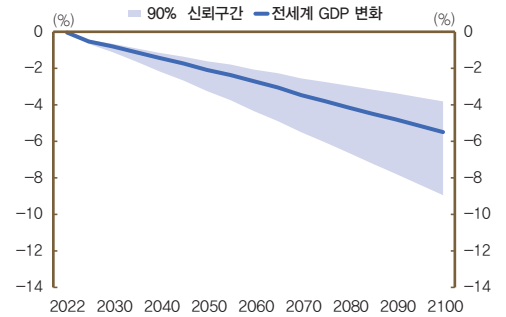
2.2 해외 기후변화에 따른 국내 수출(해외 최종 수요) 변화

기후변화에 따른 교역상대국의 소득(실질 GDP 기준) 감소가 국내 수출 감소로 파급되는 영향은 식(6)과 같이 앞서 추정한 국내 수출의 해외소득 탄력성과 기후변화에 따른 교역상대국의 소득 감소를 결합하여 산출할 수 있다. 기후변화에 따른 교역상대국의 소득 감소는 각국이 온실가스 감축노력을 하지 않아 온도상승이 극대화되는 NGFS의 현상유지(current policies) 시나리오를 따랐다. 동 시나리오 하에서 전 세계 GDP는 2100년경 기준시나리오 대비 3.8~8.9% 감소하는 것으로 전망되고 있다(〈그림 10〉).

$$\begin{aligned} \Delta \ln EX_{c,i,t}^{kr} - \widehat{\Delta \ln EX_{c,i,t-1}^{kr}} \\ = \beta_{D,0,c,i} (\Delta \ln D_{c,t} - \Delta \ln D_{c,t-1}) \end{aligned} \quad (6)$$

해외 기후변화에 따른 국내 주요 산업의 수출 변화를 산출해 본 결과, 자동차(-11.6~-23.9%, 2023~2100년 누적 기준, 이하 동일), 정유(-9.7~-19.1%), 철강(-7.2~-15.6%) 업종 등의 수출이 기준시나리오 대비 큰 폭 감소하는 것으로 나타났다(〈그림 11〉). 이는 자동차(4.43), 정유(4.53), 철강(2.64) 등의 경우와 같이 수출의 소득탄력성이 큰 산업일수록 해외 기후리스크 충격에 경제적 손실이 민감할 수 밖에 없음을 보여준다. 한편 전산업 기준으로는 수출이 6.2~12.7% 감소하는 것으로 분석되었다.

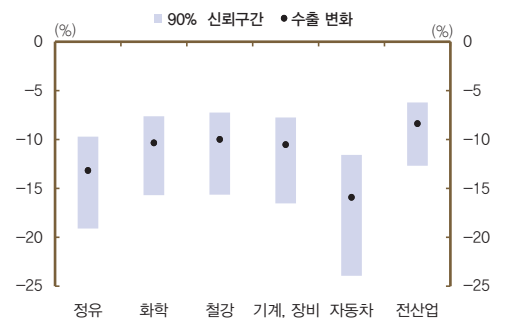
〈그림 10〉 온도상승에 따른 전 세계 GDP 변화¹⁾²⁾



주: 1) 기준시나리오 대비 실질 GDP 변화폭. 기준시나리오는 전 세계 경제가 기후리스크 충격 없이 기존 추세대로 성장하는 시나리오.
2) 음영은 하위 5%와 95% 변화폭 사이의 구간을 나타내며, 실선은 GDP 변화 기댓값을 의미.

자료: NGFS(2022) 기후변화 시나리오

〈그림 11〉 국내 주요 산업의 수출액 변화¹⁾²⁾



주: 1) 기준시나리오 대비 변화(2023~2100년 누적 기준). 기준시나리오는 전 세계 경제가 기후리스크 충격 없이 기존 추세대로 성장하는 시나리오.
2) 음영은 하위 5%와 95% 변화폭 사이의 구간을 나타내며, 동그란 점은 수출 변화 기댓값으로 교역상대국의 GDP 변화 기댓값에 상응하는 수치를 의미.

자료: 자체 추정

2.3 해외 기후변화에 따른 수출 변화의 국내 생산파급효과

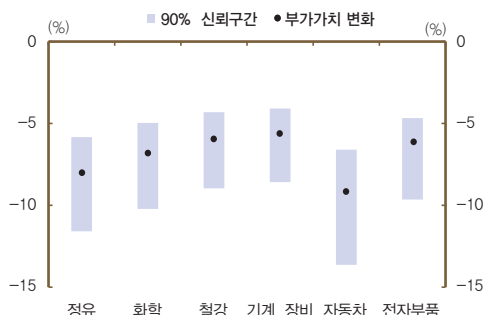
해외 기후변화 피해로 나타난 국내 수출 감소는 산업 간 연관관계를 통해 각 산업 생산에 직간접적으로 파급된다. 업종별 수출 감소가 산업별 생산(산출액 기준) 및 부가가치(총산출액-중간투입액)에 미치는 영향을 레온티에프(Leontief) 역행렬을 이용하여 시산하였다.

시산 결과, 해외 기후변화 피해로 인한 교역상대국들의 소득 감소가 국내 수출산업으로

전이될 경우, 산업 간에 밀접한 연관관계를 보이는 제조업을 중심으로 생산파급효과가 크게 나타나면서 부가가치 감소가 두드러졌다(〈그림 12〉). 특히 수출의존도가 높은 자동차(-6.6~-13.6%, 2023~2100년 누적 기준, 이하 동일), 정유(-5.8~-11.6%), 화학(-5.0~-10.2%), 전자부품(-4.7~-9.7%), 철강(-4.3~-9.0%) 등의 제조업 부가가치가 기준시나리오 대비 큰 폭 하락하는 것으로 나타났다. 전기장비(-2.9~-6.1%), 금속가공(-1.3~-2.3%), 시멘트(-1.8~-3.8%) 등의 제조업도 국내 수출 감소 효과가 파급되어 부가가치 감소 효과가 일부 나타났다. 반면, 농축산업, 광업 등 내수의존도가 높은 산업은 부가가치 감소폭이 미미하였다.

해외 기후변화 피해가 수출경로를 통해 국내 산업에 미치는 영향을 분석한 이상의 결과를 종합해 보면, 기후변화로 인한 교역상대국의 소득 감소 충격은 국내 수출품에 대한 수요 감소로 이어져 국내 산업에 부정적 영향을 미칠 것으로 예상된다. 특히, 수출 비중이 높은 국내 산업은 향후 기후변화로 인한 해외 수요 감소에 취약할 수 있다. 수출 비중이 낮은 산업의 경우에는 해외 기후변화로 인한 글로벌 수요 감소에 제한적인 영향만 받는 것으로 분석되었으나, 국내 산업간 연관관계 변화, 기후변화 심화 정도 등에 따라 그 영향이 달라질 가능성이 있다.

〈그림 12〉 기후변화로 인한 교역상대국의 소득 감소가 국내 산업의 부가가치에 미치는 영향¹⁾²⁾



주: 1) 기준시나리오 대비 변화(2023~2100년 누적 기준). 기준시나리오는 우리 경제가 기후리스크 충격 없이 기존 추세대로 성장하는 시나리오.

2) 음영은 하위 5%와 95% 변화폭 사이의 구간을 나타내며, 동그란 점은 부가가치 변화 기댓값으로 교역상대국의 GDP 변화 기댓값에 상응하는 수치를 의미.

자료: 자체 추정

III. 기업 재무건전성에 대한 영향

교역상대국의 기후리스크가 물리적 피해로 표면화되는 경우 수출입 의존도가 높은 기업의 재무건전성이 악화되면서 채무불이행 위험과 기업의 시장가치 하락이 확대될 수 있다. 수출입 경로 분석에서 살펴본 업종별 생산 및 부가가치 변화를 주요 위험요인으로 고려하여 해외 기후변화 리스크가 국내 기업의 부도율 및 시장가치(주가)에 미치는 영향을 살펴보았다.

1. 기업 부도율에 미치는 영향

해외 기후변화 피해가 수출입 경로를 통해 국내 산업에 미치는 영향(실질 GDP 감소)을 주요 위험요인으로 고려하여 국내 기업의 부도율 변화를 추정하였다. 부도율은 식(7)의 프로빗 모형을 기초로 분석³¹⁾하였다. 외감기업의

31) 기업의 부도율은 Ohlson(1980), Zmijewski(1984), Bonfim(2009), 장영민, 변재권(2010)을 참고하여 34,468개의 외감기업(2022년 기준)을 대상으로 추정하였다. 부도율 분석에 활용된 파라미터($\hat{\alpha}$, $\hat{\beta}$, $\hat{\gamma}$)의 추정 관련해서는 〈BOX 2〉 '산업별 GDP 성장률이 기업 부도율에 미치는 영향'을 참조하길 바란다.

부도 사건을 확률변수 $Y_{i,j,t}$ ³²⁾로 정의하고, 개별기업의 특성 변수 벡터 $X_{i,j,t}$ (수익성, 유동성, 부채비율 등)를 기업 고유 위험요인으로, j 산업 내 모든 기업에게 영향을 미치는 해외 기후리스크 관련 체계적 위험요인은 $M_{j,t}$ 로 설정하였다. $M_{j,t}$ 는 해외 농축수산물 공급충격에 따른 업종별 부가가치 변화와 기후변화 관련 글로벌 수요충격에 따른 업종별 부가가치 변화의 합으로 정의하였다.

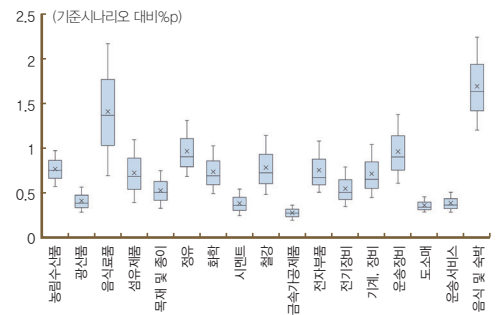
$$\Pr(Y_{i,j,t}=1) = \Phi(\hat{\alpha} + \hat{\beta}M_{j,t} + \hat{\gamma}'X_{i,j,t}) \quad (7)$$

(Φ : 표준 정규분포의 누적분포 함수,
 $M_{j,t}$: 해외 기후리스크에 따른 업종별 부가가치 변화,
 $X_{i,j,t}$: 수익성, 유동성, 부채비율)

분석 결과, 수출입 의존도가 높은 업종의 부도율이 기준시나리오 대비 크게 상승하는 등 해외 기후리스크가 국내 기업의 부도율 상승에 유의미한 영향을 미치는 것으로 추정되었다(<그림 13>). 수입 농축수산물 의존도가 높은 국내 농림수산물(0.6~1.0%p, 2023~2100년 누적 기준, 이하 동일), 음식료품(0.7~2.2%p), 음식점 및 숙박업(1.2~2.2%p)의 부도율이 기준시나리오 대비 상당 폭 상승하였다. 아울러, 주요 수출 산업인 정유(0.7~1.3%p), 화학(0.5~1.0%p), 철강(0.5~1.2%p), 운송장비(0.6~1.4%p) 등의 제조업 부도율 또한 상승하는 것으로 추정되었다.³³⁾ 이러한 결과는 해외 기후리스크가 국내 주요 산업의 부도율을 상승시켜 금융

기관이 보유한 관련 대출채권의 신용손실을 확대시킬 수 있음을 시사한다.

〈그림 13〉 해외 물리적리스크에 따른 국내 산업별 부도율 변화¹⁾²⁾



주: 1) 기준시나리오 대비 변화(2023~2100년 누적 기준). 기준시나리오는 우리 경제가 기후리스크 충격 없이 기존 추세대로 성장하는 시나리오.
 2) 그래프 내 5개의 가로선은 위에서부터 각각 최대, 상위 25%, 50%, 75%, 최소의 상승폭을 의미하며, 'x' 표시는 평균 상승폭을 의미
 자료: 자체 추정

2. 기업 시장가치에 미치는 영향

해외 기후리스크 충격은 수익성 악화 등을 통해 기업의 시장가치를 하락시킬 수 있다. 이하에서는 해외 기후변화 피해에 따른 국내 산업의 시장가치 변화를 분석하였다. 이를 위해 Allen et al.(2020)을 따라 산업별 주가를 식(8)과 같이 각 산업의 미래 부가가치를 할인하는 방식으로 추정하였다. 이 때, 업종별로 해외 물리적리스크에 의한 부가가치 및 영업이익 변동을 미래 현금흐름³⁴⁾ 변동으로 반영하여 추정하였다. 해외 물리적리스크에 의한 부가가치 변동은 앞선 수입경로 분석에서 살펴본 해외 농축수산물 공급충격에 따른 업종별 부가가치 변화와 수출경로 분석에서 살펴본 해외

32) 기업 부도 시 $Y_{i,j,t} = 1$ (i : 기업, j : 산업, t : 연도)이며, 그 외의 경우 $Y_{i,j,t} = 0$ 으로 정의되는 확률변수이다.

33) 1998~2022년중 국내 기업의 실제 평균 부도율이 1.09%(NICE신용평가의 부도율 기준)임을 감안할 때 동 분석의 부도율 상승폭은 상당한 수준이다.

34) 동 현금흐름을 업종별 자본비용(과거 평균 수익률)으로 할인하였다. 자본비용은 (1) 과거 수익률의 평균을 통해 산출하거나, (2) 미래 수익의 현재 가치가 현재 주가와 동일하게 만드는 기대수익률인 내재 자본비용(Implied Cost of Capital) 산출을 통해 추정할 수 있다. 다만, Claus and Thomas(2001), Gebhardt, Lee, and Swaminathan(2001) 등 내재 자본비용 산출 방법론에 따르면, 내재 자본비용은 미래 수익의 추정치 및 장기 성장률을 별도로 가정해야 하는 어려움이 있어 본고에서는 업종별 과거 수익률을 자본비용으로 사용하였다.

수요 감소에 따른 업종별 부가가치 변화의 합으로 정의하였다.³⁵⁾ 다만 본 분석은 기업별로 주가에 미치는 다양한 요소들을 모두 고려한 것이 아닌, 해외 기후리스크로 인한 영업잉여 변화만을 고려한 점에 유의할 필요가 있다.

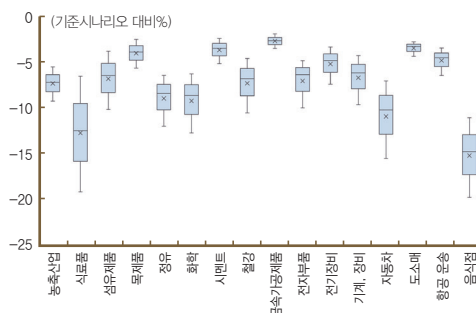
$$P_{j,t} = \sum_t \frac{\alpha_j \beta_j (\text{부가가치}_{j,t} + \text{해외 물리적리스크에 의한 부가치 변동}_{j,t})}{(1+r_j)^t}$$

(α_j : 배당성향, β_j : 영업잉여율, r_j : 자기자본비용,
 j : 산업, t : 연도)

(8)

분석 결과, 수출입 의존도가 높은 업종의 주가는 기준시나리오 대비 상당 폭 하락하는 것으로 추정되어, 해외 기후리스크가 기업의 자산가치 하락으로 이어질 수 있는 것으로 나타났다(그림 14). 해외 농축수산물 의존도가 높은 국내 농축산업(-5.6~-9.3%, 2023~2100년 누적 기준, 이하 동일), 식료품 제조업(-6.6~-19.3%), 음식점업(-11.1~-19.9%)의 주가가 기준시나리오 대비 큰 폭 하락하는 것으로 추정되었다. 아울러, 수출 비중이 높은 정유(-6.5~-12.1%), 화학(-6.4~-12.8%), 철강(-4.7~-10.6%), 자동차(-7.1~-15.6%) 업종의 주가 또한 상당 폭 하락하는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 해외 기후리스크가 금융기관이 보유한 자산의 시장가치 또는 담보가치를 하락시켜, 금융기관의 자본적정성 관리에 부정적 요인으로 작용할 수 있음을 시사한다.

〈그림 14〉 해외 물리적리스크에 따른
국내 산업별 주가 변화¹⁾²⁾



주: 1) 기준시나리오 대비 변화(2023~2100년 누적 기준). 기준시나리오는 우리 경제가 기후리스크 충격 없이 기존 추세대로 성장하는 시나리오.
 2) 그래프 내 5개의 가로선은 위에서부터 각각 최소, 상위 25%, 50%, 75%, 최대의 하락폭을 의미하며, 'x' 표시는 평균적인 하락폭을 의미
 자료: 자체 추정

IV. 결론 및 시사점

우리 경제의 무역의존도가 높은 산업구조로 인해 해외 기후변화 물리적리스크의 국내 파급영향이 적지 않은 것으로 분석되었다. 수입 경로 측면에서 해외 기후변화 물리적리스크는 글로벌 농축수산물 공급 감소를 통해 농축수산물 수입 의존도가 높은 국내 산업의 생산을 위축시키고, 수출경로 측면에서는 글로벌 소득 감소를 통해 수출 비중이 높은 국내 산업의 생산을 위축시키는 것으로 나타났다. 이와 같은 국내 산업에의 부정적 영향은 국내 기업의 부도 위험 상승, 기업가치 하락 등을 통해 기업의 재무건전성을 악화시킬 것으로 분석되었다.

해외 기후변화 물리적리스크의 영향은 불확실성이 크다는 점에 유의할 필요가 있다. 특히 미래 기후변화의 불확실성이 높아 글로벌 온도

35) 기준시나리오의 부가가치는 각 산업의 부가가치가 기후리스크 충격 없이 기존 추세를 반영하여 성장하는 값으로 설정하였다. 배당성향은 업종별 상장 기업의 평균 배당성향, 영업잉여율은 업종별 부가가치 대비 영업잉여, 자본비용은 업종별 상장기업의 2000~2022년간 평균 수익률을 적용하였다.

상승이 현재 전망보다 빠르게 진행될 가능성이 잠재하고 있다. 최근 지구 온난화가 빠른 속도로 진행³⁶⁾되고 있기 때문이다. 또한 본고에서 다루지 않은 자연재해의 발생 빈도도 증가하고 있다. 이와 같이 지구 온난화가 예상보다 빠르게 진행되고 자연재해 등 급진적 물리적 리스크³⁷⁾가 확대될 경우 해외 기후변화 물리적리스크가 글로벌 공급망을 거쳐 국내 경제에 예상보다 빠르고 크게 영향을 줄 수 있다.

해외 기후변화 물리적리스크가 파급될 수 있는 가능성을 감안할 때 국내 기업 및 금융기관은 이에 대해 선제적이고 적극적으로 대응해 나갈 필요가 있다. 우선 국내 기업은 해외 기후변화 리스크로 발생 가능한 위험요인을 고려하여 글로벌 공급망을 세밀하게 관리해 나가야 할 것이다. 기후변화 리스크에 취약한 지역에 있는 해외 거래기업의 의존도를 점차 줄여나가고 글로벌 공급망을 다변화해야 할 필요가 있다. 특히 우리나라의 주요 교역상대국 중 향후 온도 상승이 두드러질 것으로 예상되는 미국(2100년 온도 '21년 대비 +5.8℃), 캐나다(+7.8℃), 러시아(+7.2℃), 사우디아라비아(+5.9℃) 등에서 기후변화 리스크가 확대되고 있는지를 지속 점검할 필요가 있다.³⁸⁾ 또한 금융기관은 기후리스크 관리체계 구축 시 국내의 전환리스크 및 물리적리스크뿐만 아니라 해외 기후변화에서 파급되는 리스크도 주요 위험요인으로 인식하고 관리를 강화할 필요가 있다. 금융당국 또한 금융권의 기후리스크 관리 지침에 해외 물리적리스크의 영향을 반영하여 금융

부문의 기후변화 취약성을 관리해 나갈 필요가 있다.

36) IPCC는 2021년 제6차 평가보고서(IPCC, 2021)에서 2060년 이전에 지구 평균온도 상승폭이(1850-1900년 대비) 2℃를 넘을 가능성을 제시하며, 앞선 2014년에 발표한 제5차 평가보고서(IPCC, 2014)의 전망(2065년 이후에 온도상승폭 2℃ 초과)보다 온도상승 속도가 빨라진 점을 지적하였다. 이러한 가운데 2023년 7월(1~3주 기준)의 지구 온도는 관측사상 최고치(WMO, 2023)를 기록하였다.

37) 2021년 2월 미국 텍사스주의 기록적인 한파로 인해 대규모 정전이 발생하여 글로벌 반도체 공급에 차질이 생긴 바 있다.

38) SSP5-8.5 시나리오 상 국가별 온도상승폭 기준이다.

BOX 1 산업별 수요의 가격 탄력성

본고에서는 산업별 GDP를 수요의 대용치로, 산업별 생산자물가지수를 가격 대용치³⁹⁾로 사용하여 업종별 수요의 가격 탄력성을 추정하였다. 추정에 사용된 회귀분석 식은 다음과 같다.

$$\ln(\text{Value added}_t^i) = \alpha + \beta \ln(\text{Price}_t^i) + \sum_{k=1}^4 \gamma_k \ln(\text{Value added}_{t-k}^i) + \ln(\text{GDP}_t) + \varepsilon_t \quad (i: \text{산업}, t: \text{분기}) \quad (\text{A1})$$

대분류 기준 27개 업종별로 1995년 1분기~2022년 4분기 데이터를 활용했다.⁴⁰⁾ 종속변수인 Value added_t^i 는 i 산업의 t 분기 시점 부가가치이며, 주요 설명변수인 Price_t^i 는 i 산업의 t 시점 당시 생산자물가지수이다. 과거 부가가치 추세의 영향을 통제하기 위하여 1~4분기 전 시점의 업종별 부가가치를 통제변수로 활용하였다. 아울러, 거시경제환경의 영향을 통제하기 위해 GDP를 통제변수로 사용하였다. 표준오차는 잔차의 계열상관 가능성을 고려하여 Newey-West(1987) 표준오차 추정법을 적용하였다.⁴¹⁾

분석 결과는 <표 A1>과 같다. <표 A1>은 통계적으로 유의한 탄력성이 관측된 16개 업종의 분석 결과를 표기하였다. 통계적으로 유의한 수요 탄력성이 관측되지 않은 산업의 경우 강만옥, 강광규, 조정환(2011)의 수치를 원용하여 본고의 분석에 활용하였다.

<표 A1> 산업별 수요의 가격 탄력성

업종	수요의 가격 탄력성 ¹⁾²⁾	업종	수요의 가격 탄력성 ¹⁾²⁾
■ 농림수산물	-0.20** (0.04)	■ 기계 및 장비	-0.52** (0.02)
■ 광산물	-0.55*** (0.00)	■ 운송장비	-1.50*** (0.00)
■ 음식료품	-0.19*** (0.00)	■ 기타 제조업 제품	-0.44*** (0.00)
■ 섬유 및 가죽제품	-0.26** (0.01)	■ 전력, 가스 및 증기	-0.17*** (0.00)
■ 목재 및 종이제품	-0.21** (0.03)	■ 수도, 폐기물처리 및 재활용서비스	-0.19*** (0.00)
■ 비금속광물제품	-0.52* (0.09)	■ 전문, 과학 및 기술서비스	-0.55** (0.00)
■ 1차 금속제품	-0.07** (0.04)	■ 교육서비스	-0.54* (0.05)
■ 금속가공제품	-0.29* (0.06)	■ 기타서비스	-0.54* (0.09)

주: 1) *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1%의 통계적 유의수준을 의미

2) 괄호안은 p-value

자료: 자체 추정

39) 소비자물가는 업종별로 파악하는데 한계가 있어, 산업별 생산자물가지수를 대용 지수로 사용하였다.

40) 대분류 기준 국내 총 33개 업종 중 생산자물가지수 통계가 없는 건설, 도소매, 공공행정 및 국방, 보건 및 사회복지, 기타 업종은 분석에서 제외되었다.

41) 시차길이는 12분기(3개년)를 적용하였다.

BOX 2 산업별 GDP 성장률이 기업 부도율에 미치는 영향

이하에서는 프로빗 부도확률 모형을 기초로 산업별 GDP가 기업 부도율에 미치는 영향을 추정하였다. 기업의 부도율은 Ohlson(1980), Zmijewski(1984), Bonfim(2009), 장영민, 변재권(2010)의 연구를 기초로 부도확률 모형을 통해 측정하였다.⁴²⁾ 부도확률 모형에서는 다음 식(A2)와 같이 기업의 부도 사건을 확률변수(random variable) $Y_{i,j,t}$ 로 정의한다.

$$Y_{i,j,t} = \begin{cases} 1 & i\text{기업이 } t \text{ 시점에 부도난 경우} \\ 0 & \text{그외} \end{cases} \quad (i: \text{기업}, j: \text{산업}, t: \text{연도}) \quad (\text{A2})$$

이때, 식(A3)과 같이 거시경제변수 $M_{j,t}$ 와 기업특성변수 $X_{i,j,t}$ 의 선형결합으로 이루어진 기업의 부도 지표 $Y_{i,j,t}^*$ 가 특정 임계치를 벗어나는 기업을 부도($Y_{i,j,t}=1$)로 정의한다. 거시경제변수 $M_{j,t}$ 로 산업별 GDP 변화를 사용하였으며, 기업특성변수 $X_{i,j,t}$ 로 기업의 수익성(ROA), 유동성(유동자산/유동부채), 재무구조(부채/자산)를 사용하였다. 아울러, 계산의 편의를 위해 부도 지표의 임계치를 0이라고 두었으며, 확률오차항 $\epsilon_{i,j,t}$ 는 표준정규분포를 따른다고 가정한다.

$$Y_{i,j,t} = 1 \text{ if } Y_{i,j,t}^* = \alpha + \beta M_{j,t} + \gamma X_{i,j,t} + \epsilon_{i,j,t} > 0 \quad (\epsilon_{i,j,t} \sim N(0,1)) \quad (\text{A3})$$

기업의 부도율은 식(A4)와 같이 프로빗 모형으로 측정하였다.

$$\begin{aligned} \Pr(Y_{i,j,t} = 1) &= \Pr(Y_{i,j,t}^* > 0 \mid M_{j,t}, X_{i,j,t}) \\ &= \Pr(\alpha + \beta M_{j,t} + \gamma' X_{i,j,t} + \epsilon_{i,j,t} > 0 \mid M_{j,t}, X_{i,j,t}) \\ &= \Pr(\epsilon_{i,j,t} > -(\alpha + \beta M_{j,t} + \gamma' X_{i,j,t}) \mid M_{j,t}, X_{i,j,t}) \\ &= \Phi(\alpha + \beta M_{j,t} + \gamma' X_{i,j,t}) \end{aligned} \quad (\text{A4})$$

(Φ : 표준 정규분포의 누적분포 함수, $M_{j,t}$: 업종별 GDP 변화, $X_{i,j,t}$: 수익성, 유동성, 부채비율)

각 파라미터 α , β , γ 는 식(A5)과 같이 과거 2000~2021년 기업부도 데이터를 활용한 최대우도 추정법(Maximum Likelihood Estimation)을 통해 산출하였다. 여기서 β 는 업종별 GDP 변화에 대한 기업 부도율의 민감도를 의미한다. γ 는 유동성, 수익성 등 기업의 재무지표가 부도율에 미치는 영향을 의미한다.

42) 기업 부도율 예측은 주로 (1) Ohlson(1980), Zmijewski(1984) 등 재무적 부도확률 모형 혹은 (2) Merton(1974)의 옵션 가격결정모형을 통해 추정한다. 첫째로, 재무적 부도확률 모형은 기업의 수익성, 유동성 등 기업 고유의 재무적 특성을 주요 설명변수로 설정한 후 프로빗, 로짓모형 등으로 추정한다. 둘째로, 옵션 가격결정모형은 기업가치가 대수 정규 분포를 따른다고 가정한 후 추가 변동성을 기초로 기업 부도율을 측정한다. 이에 옵션가격 결정모형은 추가 정보가 제한된 비상장기업의 부도율을 측정하기에는 한계가 있다.

$$Max_{\alpha, \beta, \gamma} \sum_t \sum_i Y_{i,j,t} \ln \Phi(\alpha + \beta M_{j,t} + \gamma' X_{i,j,t}) + (1 - Y_{i,j,t}) \ln(1 - \Phi(\alpha + \beta M_{j,t} + \gamma' X_{i,j,t})) \quad (A5)$$

2000~2021년 기간 동안 34,573개 외감기업을 대상으로 식(A5)를 분석한 결과는 <표 A2>와 같다. 분석 결과, 산업별 GDP 성장률이 기업 부도율에 통계적으로 유의한 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 업종별로 경기가 호황일 경우 해당 업종 내 기업의 부도율이 전반적으로 하락하는 반면, 경기가 불황일 경우 기업의 부도율이 상승한다는 점을 시사한다. 아울러, 기업의 수익성은 부도율에 음(-)의 영향을, 부채비율은 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타나 Zmijewski(1984)의 부도확률 분석과 일관된 결과가 추정되었다.

<표 A2> 산업별 GDP 성장률-기업 부도율 패널분석 결과¹⁾²⁾

변수	(1)	(2)	(3)
$ROA_{i,j,t}$	-0.0006*** (0.000)	-0.0004** (0.011)	-0.0004** (0.012)
$Leverage_{i,j,t}$	0.0002*** (0.000)	0.0001*** (0.001)	0.0001*** (0.001)
$Liquidity_{i,j,t}$	0.0000* (0.057)	0.0000 (0.997)	-0.0000 (0.926)
$Value\ added\ growth_{j,t}$	-0.8960*** (0.000)	-0.6715*** (0.000)	-0.2142*** (0.000)
분석모형	Probit	Probit	Probit
고정효과	없음	산업	산업+연도
표본수	421,637	421,637	421,637

주: 1) *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1%의 통계적 유의수준을 의미

2) 괄호안은 p-value

자료: 자체 추정

본고에서는 향후 업종 내 성장률 변화(within sector variation)가 기업 부도율에 미치는 영향을 시산하기 위해 산업 고정효과를 적용한 모형(2)의 추정 결과를 활용하였다. 한편, 기존 선행연구는(Bonfim, 2009; 장영민, 변재권 2010; 도영호, 장영민, 김경숙, 김석진, 2016) GDP가 부도율에 미치는 영향을 추정하였으나, 본 분석은 업종별로 거시경제환경을 세분화하여 각 산업의 GDP가 부도율에 미치는 영향을 분석했다는 점에서 기존연구와 차별화된다.

〈참고문헌〉

- 강만옥, 강광규, 조정환 (2011). 탄소세 도입 및 에너지세제 개편방안 연구. 녹색성장연구 보고서, 2011, 1-181.
- 국제무역연구원 (2020). 글로벌 가치사슬(GVC)의 패러다임 변화와 한국무역의 미래.
- 권용재, 성한경, 전봉걸 (2019). 기상변화가 총요소생산성과 국내 경제에 미치는 영향에 관한 연구. 응용경제, 21(1), 91-115.
- 김경근 (2021). 우리 수출의 글로벌 소득탄력성 하락 요인 분석. BOK 경제연구, 2021-12.
- 김재윤, 전은경 (2021). 기후변화 이행리스크와 금융안정. 조사통계월보, 75(12), 16-52.
- 대한민국 정부 (2023). 대한민국 기후변화 적응보고서.
- 도영호, 장영민, 김경숙, 김석진 (2016). 실질경제성장률이 중소기업 산업별 부도율에 미치는 영향: 구조적 VAR 모형을 이용하여. 중소기업연구, 38(3), 25-48.
- 류재나, 김호정, 김한나, 신정우, 양상근 (2017). 이상기후 대응을 위한 지역 기후경쟁력 증진방안. 한국환경정책·평가연구원.
- 이춘근 (2000). 수입상품가격 변동이 대구지역 물가에 미치는 영향. 대구경북개발연구, 5.
- 정선문, 이성태 (2023). 기후변화 물리적리스크가 글로벌가치사슬을 통해 국내 거시경제에 미치는 영향. 한국은행 외부연구용역.
- 장영민, 변재권 (2010). 거시경제적 특성이 신용위험에 미치는 영향: 중소기업을 중심으로. 재무연구, 23(4), 327-366.
- 최문정, 김경근 (2019). 선진국 수입수요가 우리나라 수출에 미치는 영향. 경제분석, 25(1), 24-65.
- 최영준, 박현용 (2016). 한국 기후변동 패턴과 제조업 총요소생산성의 관계 분석. 자원·환경경제연구, 25(2), 277-297.
- 한국은행 (2019). 2015년 산업연관표 해설편.
- Acevedo, S., Mrkaic, M., Novta, N., Pugacheva, E., & Topalova, P. (2020). The effects of weather shocks on economic activity: What are the channels of impact?. *Journal of Macroeconomics*, 65, 103207.
- Allen, T., Dees, S., Boissinot J., Caicedo Graciano, C. M., Chouard, V., Clerc, L., de Gaye, A., Devulder, A., Diot, S., Lisack, N., Pegoraro, F., Rabate, M., Svartzman, R., and Vernet, L. (2020). Climate-related scenarios for financial stability assessment: An application to France. *Banque de France Working Paper*, 774.

- Bonfim, D. (2009). Credit risk drivers: Evaluating the contribution of firm level information and of macroeconomic dynamics. *Journal of Banking & Finance*, 33(2), 281-299.
- Burke, M., Hsiang, S. M., Miguel, E. (2015). Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature*, 527(7577), 235-239.
- Bussière, M., Callegari, G., Ghironi, F., Sestieri, G., & Yamano, N. (2013). Estimating trade elasticities: demand composition and the trade collapse of 2008–2009. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 5(3), 118-151.
- Claus, J., & Thomas, J. (2001). Equity premia as low as three percent? Evidence from analysts' earnings forecasts for domestic and international stock markets. *Journal of Finance*, 56(5), 1629-1666.
- Dell, M., Jones, B. F., Olken, B. A. (2012). Temperature shocks and economic growth: Evidence from the last half century. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 4(3), 66-95.
- Faccia, D., Parker, M., Stracca, L. (2021). Feeling the heat: extreme temperatures and price stability. ECB working paper series, 2626.
- Gebhardt, W. R., Lee, C. M., Swaminathan, B. (2001). Toward an implied cost of capital. *Journal of Accounting Research*, 39(1), 135-176.
- Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC) (2014). Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of working groups I, II, and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC) (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kalkuhl, M., Wenz, L. (2020). The impact of climate conditions on economic production. Evidence from a global panel of regions. *Journal of Environmental Economics and Management*, 103, 102360.
- Merton, R. C. (1974). On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates. *Journal of Finance*, 29(2), 449-470.
- National Centers for Environmental Information(NCEI). (2021). Monthly global climate report for annual 2021.
- Newey, W. K., West, K. D. (1987). A simple, positive semi-definite, heteroskedasticity and autocorrelation. *Econometrica*, 55(3), 703-708.

- Network for Greening the Financial System(NGFS) (2022). NGFS scenarios for central banks and supervisors.
- Ohlson, J. A. (1980). Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy. *Journal of Accounting Research*, 109-131.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2022). Development of Inter-country Input-output Database 2021 Edition.
- Roberts, M. J., Schlenker, W. (2013). Identifying supply and demand elasticities of agricultural commodities: Implications for the US ethanol mandate. *American Economic Review*, 103(6), 2265-95.
- World Meteorological Organization(WMO). (2023). July is set to be the hottest month on record. Press release July 2023.
- Zmijewski, M. E. (1984). Methodological issues related to the estimation of financial distress prediction models. *Journal of Accounting Research*, 59-82.

Copyright © BANK OF KOREA. All Rights Reserved

- 본 자료의 내용을 인용하실 때에는 반드시 "BOK 이슈노트 No.2023-26에서 인용"하였다고 표시하여 주시기 바랍니다.
- 자료 내용에 대하여 질문 또는 의견이 있는 분은 커뮤니케이션국 커뮤니케이션기획팀(02-759-4759, 4784)으로 연락하여 주시기 바랍니다.
- 본 자료는 한국은행 홈페이지(<http://www.bok.or.kr>)에서 무료로 다운로드 받으실 수 있습니다.