

탄소세 도입의 지역별 및 산업별 영향 분석: 에너지 연소 온실가스 배출량을 중심으로

박종욱*

요약 : 이 연구는 2019년 지역산업연관표와 지역별 및 산업별 온실가스 배출량을 추정하여 우리나라 온실가스 배출현황 및 탄소중립을 위한 탄소세 부과의 경제적 효과를 지역별 및 산업별로 분석하였다. 분석결과 제조업 중심의 광역자치도에서 온실가스 배출량, 배출계수 및 배출유발계수가 높게 추정되었다. 동일한 산업일지라 하더라도 온실가스 배출계수가 지역에 따라 다른 것으로 나타났는데, 이는 대분류 기준에 따른 상품 분류, 생산기술의 특성, 생산요소 투입구조의 지역별 차이 등에 기인하는 것으로 추정된다. 한편 탄소세가 부과될 경우 온실가스 배출량이 많은 제조업을 중심으로 생산비용이 상승하고 수요 및 생산이 감소할 것으로 예측되었다. 이에 비해 탄소세 부과가 각 지역에 미치는 영향은 지역별로 차이가 상대적으로 크지 않을 것으로 예측되었는데, 이는 지역별로 산업비중이 달라 탄소세 부과가 지역에 미치는 직접적인 영향이 다를지라도 산업연관효과에 의해 그 차이가 완화되기 때문인 것으로 판단된다. 이처럼 탄소세 부과의 영향은 특정 지역에 집중되지 않고 전 지역에 파급될 것으로 예상되는 만큼 향후 탄소중립 이행과정에서 지자체 간의 긴밀한 협조가 필요할 것으로 생각된다.

주제어 : 탄소세, 기후변화, 지역경제, 산업연관표

JEL 분류 : H20, Q54, R15

접수일(2023년 12월 7일), 수정일(2024년 1월 15일), 게재확정일(2024년 1월 20일)

* 충북대학교 경제학과 조교수, 단독저자(e-mail: jongwook.park@chungbuk.ac.kr)

The Impacts of Carbon Taxes by Region and Industry in Korea: Focusing on Energy-burning Greenhouse Gas Emissions

Jongwook Park*

ABSTRACT : This study estimates the regional input-output table and GHG emissions in 2019 and then analyzes the economic effects of carbon taxes by region and industry in Korea. The GHG emission, emission coefficient, and emission induction coefficient are estimated to be higher in manufacturing-oriented metropolitan provinces. The GHG emission coefficient in the same industry varies from region to region, which might reflect the standard of product classification, characteristics of production technology, and the regional differences in input structure. If a carbon tax is imposed, production costs are expected to increase and demand and production will decrease, especially in the manufacturing industry, which emits more GFG. On the other hand, the impact of carbon taxes on each region is not expected to vary significantly from region to region, which might be due to the fact that those differences are mitigated by industry-related effects. Since the impact of carbon taxes is expected to spread to the entire region, close cooperation between local governments is necessary in the process of implementing carbon neutrality in the future.

Keywords : Carbon tax, Climate change, Regional economy, Input-output analysis

Received: December 7, 2023, Revised: January 15, 2024, Accepted: January 20, 2024.

* Assistant Professor, Chungbuk National University, Sole author (e-mail: jongwook.park@chungbuk.ac.kr)

I. 서론

국제사회는 지구온난화에 공동으로 대응하기 위하여 2015년 12월 파리협정(Paris Agreement)을 통해 2020년까지 각국은 탄소중립¹⁾을 선언하고 2050년까지 탄소중립을 달성할 것을 발표한 바 있다. 이후 2017년 6월 트럼프 행정부가 미국의 파리협정 탈퇴를 선언하면서²⁾ 파리협정은 위기를 맞았으나, 바이든 행정부 출범과 동시에 2021년 1월 미국이 파리협정에 복귀(2021년 1월 20일)하면서 국제사회의 탄소중립 정책이 본격화되었다.

우리나라는 2020년 10월 「2050 탄소중립」을 선언한 후 「2050 탄소중립 추진전략」을 발표(2020.12월)하고 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」을 제정(2021.9월)하는 등 탄소중립 실현을 위한 노력을 지속하고 있다. 특히 2021년 10월에는 2030년 국가 온실가스 감축목표(NDC, Nationally Determined Contribution)를 2018년 대비 기존 26.3%에서 40%로 상향조정하여 탄소중립 실현을 위한 의지를 더욱 확고히 하였다. 2023년 4월 발표된 「제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획」에 따르면 지역 주도의 탄소중립을 추진하기 위해 지자체의 탄소중립 지원센터를 2027년 100개소까지 확대 설치하고 2030년까지 10개의 탄소중립도시(Net-Zero City)를 조성할 계획이다.

탄소중립 실현을 위한 과정에서 지자체의 역할이 중요한 이유는 탄소중립을 위한 정책적 대응의 산업별 영향이 에너지 투입구조 등에 따라 다를 것으로 예상되는 가운데, 각 지역별로 주요 산업이 다르기 때문에 지역경제에 미치는 영향이 다르게 나타날 것으로 예상되기 때문이다. 이러한 관점을 반영하여 국내외 선행연구들은 탄소중립을 위한 정책적 대응의 영향이 지역별 또는 산업별로 다르게 나타남을 보인 바 있다. 최근 해외연구들을 살펴보면 먼저 Ross(2018)는 탄소세 부과가 미국 9개 지역에 미치는 영향을 분석한 결과 에너지 투입 및 화석연료에 대한 의존도가 낮은 북동부 및 서부 지역의 GDP가 여타 지역에 비해 상대적으로 덜 하락하는 것으로 분석하였다. Kay and Jolley(2023)는 미국의 산업연관표를 이용하여 이산화탄소 1톤당 200달러의 탄소세가 부과될 경우 농업, 광업, 운송, 발전, 화학 등 탄소 다배출 산업의 가격이 10~30% 상승할 것으로 추정

1) 온실가스 배출량과 흡수량의 순합계가 0이 되는 상태(net zero)를 의미한다.

2) 실제 탈퇴는 2020년 11월 이루어졌다.

하였다. 한편 Conte et al.(2022)는 유로 지역에 이산화탄소 1톤당 40달러 정도의 높지 않은 탄소세가 부과되고 탄소세수가 적절히 환급될 경우 농업 부문보다 에너지의존도가 높은 비농업 부문의 생산이 오히려 확대될 수 있음을 보였다. Xie et al.(2018)은 충칭(Chongqing) 지역의 탄소세가 여타 중국 지역보다 높을 경우 농업, 직물, 음식 등의 산업은 경쟁력이 제고되어 생산이 증가하는 반면 종이, 화학, 비금속 등의 산업은 경쟁력이 하락하여 생산이 감소할 것으로 추정하였다.³⁾

해외 선행연구와 달리 탄소중립을 위한 정책적 대응의 지역별 또는 산업별 영향을 분석한 최근 국내 선행연구는 많지 않은 실정이다. 김수이 외(2010)는 다지역-다부문 동태적 연산가능 일반균형모형(MRDCGE, Multi-Regional Dynamic Computable General Equilibrium Model)을 구축하여 온실가스 감축의무를 각 지역에 동일하게 부과할 경우 에너지다소비 업종의 비중이 높은 경남권과 호남권의 지역총생산(GRDP)이 상대적으로 크게 감소할 것이라고 분석하였다. 조경엽·김영덕(2013)은 김수이 외(2010)와 유사한 모형을 이용하여 탄소세는 지역 개별탄소세보다는 전국 공통탄소세로 부과하는 것이 국민경제 전체적으로 효율적이며 세수를 환원할 때는 법인세 중심으로 공통세율로 세수를 환원하는 것이 경제적 손실을 최소화하는 방안이라고 분석하였다. 김용건 외(2015)는 일반균형모형을 이용하여 탄소세 부과 시 중소기업보다는 대기업의 총산출이 크게 감소하는 가운데 화석연료의 사용이 많은 석유제품, 화학제품, 금속 등의 제조업에서 총산출이 크게 감소할 것으로 분석하였으며, 최근 박종욱·이나윤(2021)은 전국산업연관표를 활용하여 탄소세 부과 시 운송장비, 1차 금속제품 등 제조업의 생산비중이 감소할 것으로 추정한 바 있다.⁴⁾

본 연구에서는 탄소중립 실현을 위해서는 탄소세 부과의 지역별 영향을 파악하는 것이 중요하고 탄소세 부과의 지역별 영향은 다시 산업비중에 따라 다르게 나타날 것이라는 인식하에 지역별 및 산업별로 온실가스 배출현황 및 탄소세 부과의 영향을 추정하여

3) 한편 탄소중립을 위한 정책적 대응이 국제적으로 이행되었을 때 각국에 미치는 영향이 다르게 나타날 것을 분석한 연구들도 있다. 예를 들어 Frankovic(2022)는 일반균형모형과 국제산업연관표를 이용하여 이산화탄소 1톤당 100유로의 배출가격이 설정될 경우 탄소배출량이 많은 중국의 경우 부가가치가 7~8% 감소하고, 미국, 독일 및 여타 유럽 국가들의 경우 각각 2~3% 감소할 것으로 추정하였다.

4) 이외에도 정현식 외(2007), 한기주 외(2008), 김성태 외(2010), 강만옥 외(2011) 등이 탄소세 도입의 산업별 영향을 추정한 바 있다. 다만 이들 연구는 2010년 전후로 발표되어 최근의 산업구조와 경제환경을 반영하지 못한 한계가 있다. 이들 연구의 분석결과에 대한 요약은 박종욱·이나윤(2021)을 참고하기 바란다.

관련 문헌에 기여하고자 하였다. 선행연구에 비해 최근의 자료를 이용하여 현재의 산업 구조를 반영하는 한편, 지역산업연관표를 활용하여 17개 시도 및 33개 상품 부문에 대한 상세한 분석을 시도하였다. 나아가 산업연관표를 활용한 부분균형분석을 적용함으로써 주로 일반균형분석을 이용한 선행연구들의 분석 결과를 보완하고자 하였다.

2019년 기준 지역산업연관표 및 산업별 온실가스 배출량을 추정하여 분석한 주요 결과는 다음과 같다. 우선 전산업에서 527.5백만tCO₂eq의 온실가스가 배출되었으며 온실가스 배출계수는 전산업 평균 0.124tCO₂eq/백만 원으로 추정되었고, 배출유발계수는 0.249tCO₂eq/백만 원으로 추정되었다. 둘째, 산업별로는 제조업에서 배출량, 배출계수 및 배출유발계수가 높게 나타났으며, 운송서비스의 서비스업임에도 불구하고 상당히 높게 나타났다. 지역별로는 제조업 중심의 산업구조를 갖는 광역자치도에서 높은 것으로 나타났다. 셋째, 온실가스 배출량 1톤당 5만 원의 탄소세가 부과될 경우 생산비용은 전산업 평균 1.2% 상승하는 것으로 추정되었고 수요 및 생산은 전산업 평균 각각 1.0% 및 1.2% 감소하는 것으로 추정되었다. 이러한 영향은 제조업 중심의 광역자치도에서 상대적으로 크게 나타났으나, 산업별 차이에 비해 지역별 차이는 크지 않은 한 것으로 나타났다. 마지막으로 생산기술, 요소투입구조, 탄소포집·활용·저장 기술(CCUS) 등이 현재 수준으로 주어지고 탄소세의 감세 및 환급 정책이 전혀 없다는 가정하에 온실가스 배출량 1톤당 5만 원의 탄소세가 부과될 경우 전산업에서 647.4만tCO₂eq의 온실가스 배출량이 감소하고, 26.7조 원의 탄소세 수입이 발생할 것으로 추정되었다. 지역별로는 전남, 충남, 경기 등 제조업 중심의 광역자치도의 온실가스 배출량 감축분이 큰 것으로 나타났으며, 이들 지역은 배출량 감축에도 불구하고 여전히 온실가스 배출량이 많아 탄소세 수입이 많을 것으로 예상되었다.

본고의 나머지 부분은 다음과 같이 구성되어 있다. 다음 장에서는 이용자료를 소개하고 온실가스 배출량, 배출계수 및 배출유발계수를 통해 지역별 및 산업별 온실가스 배출 현황을 살펴본다. 제 III 장에서는 탄소세 도입이 지역경제에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 온실가스 배출량 1톤당 5만 원의 탄소세가 부과될 경우 지역별 및 산업별 생산비용 증가, 수요 및 생산 감소, 온실가스 감축량 및 탄소세 수입을 추정한다. 마지막으로 제 IV 장에서는 분석결과를 종합하고 시사점 및 향후 연구과제에 대해 논의한다.

II. 지역별 및 산업별 온실가스 배출 현황

이 장에서는 우리나라의 온실가스 배출 현황 파악을 위해 이용한 자료를 소개한 후 지역별 및 산업별 온실가스 배출량, 배출계수 및 배출유발계수를 추정하고자 한다.

1. 이용자료

2020년 들어 코로나19 감염병이 본격적으로 확산되면서 경제활동이 크게 위축됨에 따라 온실가스 배출량 증가세가 주춤하였다. 이에 본고에서는 감염병이 확산되기 직전인 2019년을 기준으로 지역산업연관표 및 온실가스 배출량을 이용 및 추정하였다.

2019년 지역산업연관표는 통합소분류(165개 부문)를 기준으로 2019년 전국산업연관표와 2015년 지역산업연관표를 이용하여 추정하였다. 먼저 2019년 지역산업연관표의 외생부문(총투입계, 부가가치계, 중간투입계(수입계) 및 최종수요계)은 2015년 지역산업연관표 외생부문의 지역별 비중을 기준으로 2019년 전국산업연관표의 외생부문을 지역별로 배분하여 추정하였다. 이를 이용하여 2019년 지역산업연관표의 중간투입계(국산계) 및 중간수요계를 시산하고 여기에 RAS방법을 적용하여 2019년 지역산업연관표의 내생부문을 추정하였다. 대체변화계수(R)와 가공도변화계수(S)의 오차수준이 0.00001 이하가 될 때까지 반복하여 추정하였으며, 추정된 내생부문을 호킨스-사이먼 조건(Hawkins-Simon condition)⁵⁾을 만족하는 것으로 확인되었다.⁶⁾

분석대상 온실가스는 산업부문에서 에너지 연소를 통해 배출되는 온실가스로 한정하고 산업공정 과정이나 벼농사, 축산 등 농업 분야에서 에너지사용 이외의 과정을 통해 배출되는 온실가스는 제외하였다.⁷⁾ 전 산업을 대상으로 공표되는 온실가스 배출량 통계가 없는 관계로 산업별로 이용 통계를 달리하였다. 먼저 광업 및 제조업은 매년 공표되는

5) 동 조건은 투입산출관계식 $X = (I - A)^{-1}Y$ 에서 최종수요(Y)를 달성할 수 있는 총산출(X)이 반드시 존재하기 위해서는 행렬 $(I - A)$ 의 연속적인 주소행렬식(leading principal minor)이 모두 0보다 커야 한다는 것이며, 이는 어떤 재화 또는 서비스 한 단위 생산에 투입되는 재화의 직·간접투입량의 합은 한 단위보다 작아야 함을 의미한다(한국은행, 산업연관분석해설, 2014, p.58 참고).

6) 매년도 지역산업연관표 작성을 위한 자세한 방법은 안홍기 외(2015)를 참고하기 바란다.

7) 2020년 기준 전체 온실가스에서 산업공정 분야에서 배출되는 온실가스는 7.4%, 농업 분야는 3.2%의 비중을 차지한다(2022 국가 온실가스 인벤토리 보고서, 2022).

‘에너지사용 및 온실가스 배출 실태조사(산업부문)’의 2019년 실적 자료를 이용하였다. 제10차 표준산업분류 기준 소분류 업종의 온실가스 배출량이 전국 17개 시도단위로 공표되었다.

서비스업은 2019년 공표된 ‘에너지사용 및 온실가스 배출 실태조사(전부문)’의 상업·공공부문과 수송부문 중 운수업의 2018년 실적 자료를 이용하였다. 상업·공공부문은 제10차 표준산업분류 기준 소분류 업종으로 공표되었으며, 운수업은 이와 유사한 기준으로 공표되었다. 다만 지역별 자료는 공표되지 않았으며, 전국 자료로만 공표되었다.

마지막으로 농림업, 어업 및 건설업은 3년마다 공표되는 ‘에너지총조사’의 2019년 실적 자료를 이용하였다. 이 자료에는 각 산업의 에너지원별 소비량이 전국 단위로 공표되는데, 여기에 국가 고유 온실가스 배출계수를 적용하여 온실가스 배출량을 추정하였다.⁸⁾ 이상의 논의를 정리하면 다음의 <표 1>과 같다.

<표 1> 이용자료

산업	통계명	실적년도	이용항목	지역별 자료
농림업, 어업 및 건설업	에너지총조사	2019년	에너지원별 소비량을 이용하여 온실가스 배출량을 추정 ¹⁾	미포함
광업 및 제조업	에너지사용 및 온실가스 배출 실태조사 (산업부문)	2019년	표준산업분류 기준 소분류 업종별로 공표된 온실가스 배출량	포함
서비스업	에너지사용 및 온실가스 배출 실태조사 (전부문)	2018년	표준산업분류 기준 소분류 업종별로 공표된 온실가스 배출량	미포함

주: 1) 자세한 추정 방법은 각주 8)을 참고

8) 구체적으로는 우선 각 에너지원 소비량(기타 에너지원 제외)에 에너지원별 순발열량을 곱하여 연료발열량을 산하였다. 이산화탄소(CO₂) 배출량은 연료발열량에 탄소배출계수를 곱하여 탄소배출량을 산한 다음, 탄소와 이산화탄소간 질량관계(이산화탄소량 = 탄소량 × 44/12)를 바탕으로 추정하였다. 메탄(CH₄) 및 이산화질소(N₂O) 배출량은 연료발열량에 각각 온실가스 배출계수를 곱하여 추정하였다. 에너지원별 열량환산기준과 온실가스 배출계수는 에너지온실가스 종합정보 플랫폼(EG-TIPS)에 게시된 에너지열량 환산기준 및 온실가스 배출계수를 참고하기 바란다. 추정된 메탄 및 이산화질소 배출량에 각각의 지구온난화지수(메탄=21, 이산화질소=310)를 곱하여 이산화탄소상당량(CO₂eq)으로 환산한 다음 이산화탄소 배출량에 더하여 온실가스 배출량을 산출하였다.

산업별 온실가스 배출량을 지역산업연관표와 연계시키기 위하여 상품별 및 지역별로 분류하였다.⁹⁾ 상품은 2015 기준년 산업연관표 통합대분류 기준인 33개 부문으로 분류하였다.¹⁰⁾ 온실가스 배출량 통계에 따라 지역별 자료 제공여부가 다른 점을 고려하여 지역별 배출량을 이용 또는 추정하였다. 먼저 광업 및 제조업의 경우 온실가스 배출량 통계를 제공하는 ‘에너지사용 및 온실가스 배출 실태조사(산업부문)’가 지역별(17개 시도단위) 자료를 공표하므로 이를 이용하였다. 서비스업의 경우 ‘에너지사용 및 온실가스 배출 실태조사(전부문)’가 지역별 자료를 제공하지 않아 추정하였다. 소분류 업종으로 공표된 온실가스 배출량을 산업연관표 통합중분류 기준에 따라 분류한 후, 추정된 2019년 통합중분류 기준 지역산업연관표의 지역별 총산출에 비례하여 지역별로 배분한 후 통합대분류 기준으로 합산하였다.¹¹⁾ 마지막으로 농림업, 어업 및 건설업의 온실가스 배출량을 추정하기 위한 ‘에너지총조사’는 지역별 자료를 제공하지도 않고 그 하위분류를 산업연관표의 통합중분류 기준으로 분류하기도 어려워 통합대분류 기준으로 지역별 총산출에 비례하여 지역별로 배분하였다.

2. 온실가스 배출량

<표 2>는 2019년¹²⁾ 지역별 및 산업별 온실가스 배출량의 추정 결과를 온실가스 배출량이 가장 많은 주요 업종(제조업 5개 업종과 서비스업 2개 업종)을 중심으로 나타낸 것이다.¹³⁾ 전산업에서 527.5백만tCO₂eq의 온실가스가 배출된 가운데, 제조업(345.6백만 tCO₂eq, 총배출량 중 65.5%)과 서비스업(158.4백만tCO₂eq, 30.0%)에서 대부분의 온실가스가 배출되었다.¹⁴⁾ 제조업 중에서는 1차 금속제품(132.6백만tCO₂eq, 제조업 총배출

9) 지면의 제약상 산업분류와 상품분류 간의 매칭결과를 생략하였으며, 저자에게 요청시 제공하기로 한다. 또한 이하에서는 산업과 상품을 혼용하여 사용하기로 한다.

10) 농림수산물, 광산물, 제조품(14개 부문), 전력·가스 및 증기, 수도·폐기물처리 및 재활용서비스, 건설, 서비스(13개 부문), 기타로 분류된다.

11) 다만 음식점 및 숙박서비스 부문은 소분류 업종(숙박업, 음식점 및 주점업)으로 공표된 온실가스 배출량을 산업연관표 통합소분류(음식점 및 주점, 숙박서비스) 기준에 따라 분류한 후 통합대분류(음식점 및 숙박서비스) 기준으로 합산하였다. 반면 부동산서비스, 공공행정, 국방 및 사회보장, 교육서비스의 3개 부문은 소분류 업종을 산업연관표 통합중분류 기준으로 분류하기 어려워 통합대분류 기준으로 분류하였다.

12) 서비스업의 배출량은 2018년 기준이나 다른 업종의 배출량은 모두 2019년 기준이므로 편의상 2019년으로 표기하기로 한다.

13) 지면의 제약상 상위 5개 부문과 서비스업 상위 2개 부문만 제시하고 전체 33개 부문에 대한 추정결과를 생략하였으며, 저자에게 요청시 제공하기로 한다. 이후 분석의 결과에 대해서도 동일하다.

량 중 38.4%)과 화학제품(69.5백만tCO₂eq, 20.1%)이, 서비스업 중에서는 운송서비스(72.6백만tCO₂eq, 서비스업 총배출량 중 45.8%)의 온실가스 배출량이 많은 것으로 나타났다. 서비스업의 경우 제조업에 비해 온실가스 배출량이 대체로 적은 편이지만, 운송서비스의 경우에는 온실가스 배출량이 상당히 많은 것으로 나타났다.

지역별로는 전남(87.1백만tCO₂eq, 총배출량 중 16.5%), 충남(73.6백만tCO₂eq, 13.9%), 경기(65.8백만tCO₂eq, 12.5%), 경북(55.6백만tCO₂eq, 10.5%), 울산(49.1백만tCO₂eq, 9.3%), 서울(45.5백만tCO₂eq, 8.6%)의 순으로 온실가스 배출량이 많은 것으로 나타났다. 대부분의 광역자치시는 서비스업 중심의 산업구조를 갖고 있기 때문에 제조업보다는 서비스업에서의 배출량이 많은 것으로 나타났다. 다만 울산 지역의 경우 전통적으로 제조업에 특화된 지역경제의 특수성을 반영하여 제조업의 배출량이 많은 것으로 나타났다. 반면 광역자치도의 경우 제조업 중심의 산업구조를 갖고 있기 때문에 서비스업보다는 제조업의 배출량이 많은 것으로 나타났다. 다만 관광산업이 발달한 제주 지역의 경우 서비스업의 배출량이 많은 것으로 나타났다.¹⁵⁾

전남, 충남 및 경북 지역에서는 1차 금속제품(각각 44.3백만tCO₂eq, 36.9백만tCO₂eq 및 37.5백만tCO₂eq, 각 지역별 총배출량 중 50.9%, 50.2% 및 67.4%)에서 온실가스 배출량이 많은 것으로 나타났다.¹⁶⁾ 경기 지역에서는 컴퓨터, 전자 및 광학기기(15.6백만tCO₂eq, 지역 총배출량 중 23.7%)에서 배출량이 많은 것으로 나타났으며, 울산 지역에서는 화학제품(19.1백만tCO₂eq, 39.0%)에서 배출량이 많은 것으로 나타났다.¹⁷⁾ 서울 지역에서는 운송서비스(12.5백만tCO₂eq, 27.4%)에서 배출량이 많은 것으로 나타났다.¹⁸⁾

-
- 14) CO₂eq(Carbon dioxide equivalent, 이산화탄소상당량)는 온실가스 배출량을 대표 온실가스인 이산화탄소로 환산한 것으로서 각 온실가스를 지구온난화에 미치는 영향을 감안하여 합산한 것이다.
- 15) 강원지역의 경우 관광산업이 발달하여 서비스업 중심의 산업구조를 띄고 있음에도 불구하고 제조업에서의 배출량이 많은 것으로 나타났는데, 이는 온실가스 다배출 산업인 비금속광물제품 제조업의 비중이 높기 때문인 것으로 보인다.
- 16) 포스코(광양, 포항), 현대제철(당진, 순천, 포항) 등 주요 철강업체가 전남, 충남 및 경북 지역에 생산공장을 가동하고 있다. 우리나라 주요 제조업의 지역별 생산현황 등은 ‘우리나라 주요 제조업 생산 및 공급망 지도(2023)’를 참고하기 바란다.
- 17) 경기 지역에는 삼성전자(화성, 평택, 기흥), SK하이닉스(이천) 등 주요 반도체업체가 생산공장을 가동하고 있으며, 울산 지역에는 SK지오센트릭, 금호석유화학, 대한유화 등 다수의 석유화학업체의 공장이 가동되고 있다. 우리나라 주요 제조업의 지역별 생산현황 등은 ‘우리나라 주요 제조업 생산 및 공급망 지도(2023)’를 참고하기 바란다.
- 18) 다만 운송서비스의 경우 지역별 온실가스 배출량은 해당 업종의 소재지를 기준으로 한 추정치이기 때문에 실제 배출지역과는 차이가 있을 수 있다.

〈표 2〉 지역별 및 주요 산업별 온실가스 배출량¹⁾

(백만tCO₂eq)

지역	제조업 합계	석탄 및 석유 제품	화학 제품	비금속 광물 제품	1차 금속 제품	컴퓨터, 전자 및 광학 기기	서비스 업 합계	운송 서비스	음식점 및 숙박 서비스	전산업 합계
서울	2.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	41.6	12.5	6.2	45.5
부산	4.6	0.0	0.5	0.0	1.4	0.3	13.6	8.6	1.5	19.2
대구	3.4	0.0	0.3	0.1	0.2	0.2	4.8	1.2	0.8	8.7
인천	10.4	3.2	1.5	0.1	2.2	0.6	26.6	23.1	1.1	37.6
광주	2.0	0.0	0.3	0.3	0.1	0.2	2.9	0.8	0.5	5.2
대전	1.8	0.0	0.5	0.0	0.0	0.1	3.3	1.0	0.6	5.3
울산	44.4	16.2	19.1	0.1	4.7	0.1	4.3	2.8	0.5	49.1
세종	1.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.1	0.3	0.1	0.1	1.6
자치시 합계	70.2	19.5	22.5	0.9	8.7	1.9	97.4	50.0	11.3	172.2
경기	36.3	0.1	4.8	1.7	1.0	15.6	25.5	8.1	4.8	65.8
강원	12.4	0.0	0.2	11.1	0.5	0.0	3.6	1.0	1.0	17.5
충북	14.8	0.0	1.6	6.5	0.3	2.7	3.0	0.9	0.6	19.0
충남	66.5	7.1	11.7	1.5	36.9	4.6	4.8	2.0	0.9	73.6
전북	8.8	0.0	2.8	0.7	1.3	0.1	3.6	1.2	0.6	14.0
전남	78.4	10.7	21.5	0.6	44.3	0.0	6.1	3.7	0.7	87.1
경북	47.7	0.0	3.1	1.1	37.5	1.8	5.2	1.9	1.0	55.6
경남	10.3	0.0	1.1	0.4	2.2	0.3	6.4	2.3	1.3	19.0
제주	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	2.9	1.5	0.6	3.9
자치도 합계	275.4	17.9	47.0	23.6	123.9	25.1	61.0	22.6	11.6	355.4
전국 합계	345.6	37.4	69.5	24.5	132.6	27.0	158.4	72.6	22.9	527.5

주: 1) 서비스업은 2018년, 그 외 업종은 2019년 기준

자료: 에너지총조사, 에너지사용 및 온실가스 배출 실태조사 및 지역산업연관표를 이용하여 추정

3. 온실가스 배출계수 및 배출유발계수

<표 3>은 추정된 2019년 지역산업연관표와 지역별 및 산업별 온실가스 배출량을 이용하여 시산한 온실가스 배출계수를 나타낸다. 온실가스 배출계수는 온실가스 배출량

을 산출액으로 나누어 계산할 수 있으며, 산출액 1단위당 배출되는 온실가스 배출량으로 해석된다. 전산업의 배출계수(33개 부문 가중평균)는 0.124(tCO₂eq/백만 원, 이하 동일)로 추정되었으며, 제조업(14개 부문 가중평균 0.190)이 서비스업(13개 부문 가중평균 0.076)보다 높게 추정되었다. 제조업 중에서는 1차 금속제품(0.932)과 비금속광물제품(0.576)이, 서비스업 중에서는 운송서비스(0.467)의 온실가스 배출계수가 높은 것으로 나타났다. 비금속광물제품과 목재 및 종이, 인쇄의 경우 온실가스 배출량은 적은 편(제조업 및 서비스업 27개 부문 중 각각 5위 및 8위)인데 반해 배출계수는 가장 높게 나타난 것이 특징적이다.¹⁹⁾

지역별로는 전남(0.432), 충남(0.258), 경북(0.204), 강원(0.202), 인천(0.187), 울산(0.186)의 순으로 온실가스 배출계수가 높은 것으로 나타났다. 전남, 충남 및 경북 지역에서는 1차 금속제품(각각 2.429, 2.073 및 1.200)에서 온실가스 배출계수가 높은 것으로 나타났다. 강원지역은 관광산업이 발달하여 서비스업 중심의 산업구조를 띄고 있어 온실가스 배출량이 낮은 편(17개 지역 중 11위)인데도 불구하고 배출계수가 높게 나타난 것이 특징적인데, 이는 온실가스 다배출 산업인 비금속광물제품 제조업의 비중이 높기 때문인 것으로 보인다. 인천지역에서는 운송서비스(0.834)에서, 울산 지역에서는 목재 및 종이, 인쇄(0.793)에서 배출계수가 높은 것으로 나타났다.

<표 3>에서 볼 수 있듯이 동일한 상품에 대한 온실가스 배출계수가 지역별로 다르게 나타났는데, 특히 제조업의 배출계수가 서비스업에 비해 지역별 편차가 큰 것으로 나타났다.²⁰⁾ 동일한 상품을 동일한 양만큼 생산하는 데 배출되는 온실가스의 양이 지역별로 다른 이유는 통합대분류 기준에 따른 상품 분류,²¹⁾ 생산기술의 특성,²²⁾ 생산요소 투입 구조의 지역별 차이 등에 기인하는 것으로 추정된다.

19) 반면, 컴퓨터, 전자 및 광학기기는 배출량(6위)에 비해 배출계수가 낮게(9위) 나타나 <표 3>에서 제외되었다.

20) 17개 지역 제조업 배출계수의 표준편차는 0.086인 반면, 서비스업 배출계수의 표준편차는 0.012로 나타났다.

21) 통합대분류 기준으로 분류한 각 상품 부문은 서로 다른 배출계수를 갖는 하위 상품 부문으로 구성되어 있고 지역별로 이러한 하위 상품 부문의 비중이 다르기 때문에 통합대분류 기준으로는 동일한 상품이라 하더라도 배출계수가 지역에 따라 다를 수밖에 없는 측면이 있다.

22) 예컨대 에너지 투입에 따른 한계생산물이 체감한다면 에너지 투입이 증가함에 따라 평균생산물(총산출량/총에너지투입량)이 하락함에 따라 평균생산물의 역수라고 할 수 있는 배출계수는 증가하게 될 것이다.

〈표 3〉 지역별 및 주요 산업별 온실가스 배출계수¹⁾
(tCO₂eq/백만 원)

지역	제조업 평균 ²⁾	목재 및 종이, 인쇄	석탄 및 석유 제품	화학 제품	비금속 광물 제품	1차 금속 제품	서비스 업 평균 ²⁾	운송 서비스	음식점 및 숙박 서비스	전산업 평균 ²⁾
서울	0.036	0.078	0.028	0.064	0.038	0.050	0.056	0.391	0.136	0.053
부산	0.078	0.104	0.007	0.089	0.054	0.178	0.111	0.505	0.133	0.096
대구	0.084	0.283	0.011	0.082	0.086	0.134	0.069	0.368	0.126	0.071
인천	0.122	0.169	0.493	0.131	0.092	0.242	0.264	0.834	0.132	0.187
광주	0.052	0.090	0.010	0.079	1.132	0.042	0.065	0.336	0.127	0.058
대전	0.065	0.323	0.091	0.089	0.035	0.091	0.061	0.331	0.128	0.061
울산	0.206	0.793	0.222	0.429	0.140	0.267	0.110	0.520	0.129	0.186
세종	0.122	0.555	0.000	0.071	0.180	0.064	0.043	0.163	0.127	0.073
자치시 평균 ²⁾	0.128	0.242	0.242	0.287	0.146	0.223	0.082	0.549	0.133	0.093
경기	0.078	0.139	0.343	0.077	0.167	0.065	0.058	0.290	0.128	0.066
강원	0.703	0.059	0.053	0.134	3.799	0.518	0.070	0.338	0.161	0.202
충북	0.156	0.218	0.073	0.090	1.532	0.105	0.068	0.343	0.131	0.124
충남	0.343	0.392	0.338	0.326	0.281	2.073	0.077	0.378	0.133	0.258
전북	0.161	0.535	0.054	0.318	0.321	0.267	0.075	0.373	0.133	0.118
전남	0.653	0.065	0.312	0.465	0.200	2.429	0.107	0.508	0.138	0.432
경북	0.286	0.131	0.028	0.199	0.214	1.200	0.070	0.332	0.135	0.204
경남	0.066	0.281	0.018	0.095	0.121	0.190	0.069	0.321	0.131	0.069
제주	0.098	0.240	0.000	0.251	0.079	0.000	0.114	0.740	0.172	0.107
자치도 평균 ²⁾	0.216	0.210	0.317	0.234	0.646	1.201	0.068	0.352	0.134	0.147
전국 평균 ²⁾	0.190	0.221	0.273	0.249	0.576	0.932	0.076	0.467	0.134	0.124

주: 1) 온실가스 배출량(tCO₂eq)/산출액(백만 원)

2) 산출액을 가중치로 한 가중평균

자료: 에너지총조사, 에너지사용 및 온실가스 배출 실태조사 및 지역산업연관표를 이용하여 추정

<표 4>는 추정된 2019년 지역산업연관표와 지역별 및 산업별 온실가스 배출량을 이용하여 시산한 온실가스 배출유발계수를 나타낸다. 온실가스 배출유발계수는 배출계수의 대각행렬과 생산유발계수행렬을 곱하여 계산할 수 있으며, 특정 상품에 대한 최종수

요가 1단위 증가할 경우 해당 산업 및 여타 산업을 통해서 배출되는 온실가스 배출량을 의미한다. 전산업의 배출유발계수(33개 부문의 평균)는 0.249(tCO₂eq/백만 원, 이하 동일)으로 추정된 가운데, 제조업(14개 부문 평균 0.370)이 서비스업(13개 부문 평균

〈표 4〉 지역별 및 주요 산업별 온실가스 배출유발계수¹⁾
(tCO₂eq/백만 원)

지역	제조업 평균 ²⁾	목재 및 종이, 인쇄	화학 제품	비금속 광물 제품	1차 금속 제품	금속가 공제품	서비스 업 평균 ²⁾	운송 서비스	음식점 및 숙박 서비스	전산업 평균 ²⁾
서울	0.153	0.247	0.220	0.589	0.329	0.429	0.129	0.532	0.258	0.135
부산	0.303	0.287	0.277	0.552	0.547	0.405	0.183	0.606	0.263	0.220
대구	0.310	0.480	0.275	0.428	0.537	0.395	0.142	0.523	0.260	0.204
인천	0.302	0.352	0.288	0.561	0.511	0.324	0.348	0.952	0.261	0.301
광주	0.287	0.304	0.283	1.410	0.670	0.424	0.137	0.492	0.252	0.209
대전	0.212	0.459	0.254	0.500	0.337	0.349	0.134	0.462	0.251	0.162
울산	0.361	0.936	0.614	0.612	0.421	0.390	0.190	0.632	0.277	0.327
세종	0.324	0.740	0.263	0.483	0.256	0.342	0.130	0.317	0.261	0.226
자치시 평균 ²⁾	0.301	0.414	0.467	0.574	0.481	0.383	0.157	0.674	0.259	0.202
경기	0.230	0.325	0.239	0.560	0.366	0.353	0.131	0.441	0.254	0.184
강원	0.958	0.246	0.288	4.334	0.724	0.416	0.138	0.458	0.280	0.354
충북	0.336	0.381	0.250	1.949	0.427	0.413	0.140	0.484	0.271	0.276
충남	0.529	0.535	0.507	0.553	2.385	0.479	0.149	0.502	0.267	0.405
전북	0.378	0.691	0.489	0.634	0.549	0.396	0.149	0.507	0.283	0.268
전남	0.850	0.251	0.676	0.645	2.801	0.552	0.180	0.609	0.271	0.565
경북	0.497	0.318	0.393	0.527	1.550	0.461	0.142	0.466	0.259	0.364
경남	0.284	0.451	0.284	0.508	0.529	0.351	0.134	0.443	0.245	0.226
제주	0.386	0.481	0.423	0.835	0.392	0.404	0.190	0.877	0.286	0.224
자치도 평균 ²⁾	0.400	0.386	0.415	1.027	1.534	0.391	0.140	0.487	0.261	0.285
전국 평균 ²⁾	0.370	0.396	0.430	0.964	1.245	0.389	0.150	0.597	0.260	0.249

주: 1) '배출계수의 대각행렬 × 생산유발계수행렬'의 열합

2) 산출액을 가중치로 한 가중평균

자료: 에너지총조사, 에너지사용 및 온실가스 배출 실태조사 및 지역산업연관표를 이용하여 추정

0.150)보다 높은 것으로 추정되었다. 온실가스 배출계수와 마찬가지로 제조업 중에서는 1차 금속제품(1.245)과 비금속광물제품(0.964)이, 서비스업 중에서는 운송서비스(0.597)의 배출유발계수가 높은 것으로 나타났다.

지역별로는 전남(0.565), 충남(0.405), 경북(0.364), 강원(0.354), 울산(0.327), 인천(0.301)의 순으로 온실가스 배출유발계수가 높은 것으로 나타나 배출계수가 높은 지역이 대체로 배출유발계수도 높은 것으로 나타났다.

각 지역 내에서 온실가스 배출유발계수가 가장 높은 상품은 배출계수가 가장 높은 상품과 동일한 것으로 나타났다. 전남, 충남 및 경북 지역에서는 1차 금속제품(각각 2.801, 2.385 및 1.550)에서 온실가스 배출유발계수가 높은 것으로 나타났다. 강원, 울산 및 인천 지역에서는 각각 비금속광물제품(4.334), 목재 및 종이, 인쇄(0.936) 및 운송서비스(0.952)에서 배출유발계수가 높은 것으로 나타났다.

온실가스 배출유발계수가 지역별 및 산업별로 다르다는 것은 특정 지역 또는 산업에 탄소세를 부과하였을 때 유발되는 온실가스 배출량 감소 효과가 다를 수 있다는 것을 의미하며 생산기술, 요소투입구조, 산업연관관계 등이 일정하다는 가정하에서 탄소세를 배출유발계수가 큰 지역 또는 배출유발계수가 큰 산업에 부과할수록 온실가스 배출량 감소 효과가 크게 나타날 가능성을 시사한다.

III. 탄소세 도입이 지역경제에 미치는 영향

이 장에서는 기후변화 대응을 위한 탄소세 도입이 상품 생산비용, 수요 및 생산, 그리고 온실가스 배출량 및 탄소세 수입에 미치는 영향을 지역별 및 산업별로 추정하고자 한다. 현재 국회에 계류 중인 ‘탄소세 기본법’(2022.12월 발의)에는 이산화탄소상당량(CO₂eq) 1톤당 5만 원의 기본세율을 규정하고 있기 때문에 이를 기준으로 추정한다.

1. 생산비용에 미치는 영향

탄소세 도입이 생산비용에 미치는 파급효과를 추정하기 위해서 각 상품을 생산하는데 사용하는 에너지사용량에 근거하여 탄소세를 부과하는 경우를 상정하기로 한다 (Hassett et al., 2009; 김성태 외, 2010; 강만옥 외, 2011).

우선 산업연관표상 중간투입, 수입 및 부가가치의 합은 산출액과 동일하므로 다음이 성립한다.

$$\begin{aligned} x_{11}p_1 + x_{21}p_2 + \cdots + x_{N1}p_N + M_1 + V_1 &= x_1p_1 \\ x_{12}p_1 + x_{22}p_2 + \cdots + x_{N2}p_N + M_2 + V_2 &= x_2p_2 \\ &\vdots \\ x_{1N}p_1 + x_{2N}p_2 + \cdots + x_{NN}p_N + M_N + V_N &= x_Np_N \end{aligned} \quad (1)$$

(단, x_{ij} 는 상품 j 생산에 투입된 상품 i 의 양,

x_j, p_j, M_j 및 V_j 는 각각 상품 j 의 산출량, 생산비용, 수입 및 부가가치를 의미)

식 (1)의 양변을 산출량(x_j)으로 나누고 투입계수($a_{ij} = x_{ij}/x_j$)로 나타내면 다음과 같아진다.

$$\begin{aligned} a_{11}p_1 + a_{21}p_2 + \cdots + a_{N1}p_N + (M_1 + V_1)/x_1 &= p_1 \\ a_{12}p_1 + a_{22}p_2 + \cdots + a_{N2}p_N + (M_2 + V_2)/x_2 &= p_2 \\ &\vdots \\ a_{1N}p_1 + a_{2N}p_2 + \cdots + a_{NN}p_N + (M_N + V_N)/x_N &= p_N \end{aligned} \quad (2)$$

이제 상품 i 에 대한 탄소세 t_i 는 다음과 같이 종량세의 형태로 부과된다고 하자.

$$t_i = \frac{\text{상품 } i \text{의 온실가스 배출량} \times \text{온실가스 배출량당 탄소세}}{\sum_{j=1}^N x_{ij}} \quad (3)$$

따라서 투입계수(a_{ij})와 산출량 한 단위당 수입(M_j/x_j) 및 부가가치(V_j/x_j)가 일정하다는 가정하에 새로운 생산비용체계(p'_j)에 대해 다음이 성립한다.

$$\begin{aligned} a_{11}p'_1(1+t_1) + a_{21}p'_2(1+t_2) + \cdots + a_{N1}p'_N(1+t_N) + (M_1 + V_1)/x_1 &= p'_1 \\ a_{12}p'_1(1+t_1) + a_{22}p'_2(1+t_2) + \cdots + a_{N2}p'_N(1+t_N) + (M_2 + V_2)/x_2 &= p'_2 \\ &\vdots \\ a_{1N}p'_1(1+t_1) + a_{2N}p'_2(1+t_2) + \cdots + a_{NN}p'_N(1+t_N) + (M_N + V_N)/x_N &= p'_N \end{aligned} \quad (4)$$

이를 새로운 생산비용체계(p_j')에 대해 정리하고 행렬형태로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} 1-a_{11}(1+t_1) & -a_{21}(1+t_2) & \dots & -a_{N1}(1+t_N) \\ -a_{12}(1+t_1) & 1-a_{22}(1+t_2) & \dots & -a_{N2}(1+t_N) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ -a_{1N}(1+t_1) & -a_{2N}(1+t_2) & \dots & 1-a_{NN}(1+t_N) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1' \\ p_2' \\ \vdots \\ p_N' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (M_1 + V_1)/x_1 \\ (M_2 + V_2)/x_2 \\ \vdots \\ (M_N + V_N)/x_N \end{bmatrix} \quad (5)$$

당초 생산비용체계를 정규화($p_1 = p_2 = \dots = p_N = 1$)하면 새로운 생산비용체계(p_j')는 생산비용 상승률을 의미한다.

<표 5>는 온실가스 배출량 1톤당 5만 원의 탄소세가 부과되는 경우 주요 산업별 생산비용 상승률을 나타낸다. 전산업(33개 부문의 평균)의 생산비용이 1.17% 상승하는 가운데, 제조업(14개 부문 평균 1.59%)이 서비스업(13개 부문 평균 0.75%)보다 생산비용 상승률이 높은 것으로 추정되었다. 이는 제조품의 경우 서비스에 비해 자기 상품에 대한 투입계수가 높아 조세부담을 여타 상품으로 전가시키기 어렵기 때문인 것으로 판단된다.²³⁾ 제조업 중에서는 비금속광물제품(2.77%)과 1차 금속제품(2.59%)이, 서비스업 중에서는 운송서비스(1.29%)의 생산비용 상승률이 높은 것으로 나타났는데, 이는 앞에서 설명하였듯이 이들 상품의 경우 자기 상품에 대한 투입계수가 높아 조세부담을 여타 상품으로 전가시키기 어렵기 때문인 것으로 판단된다.

지역별로는 생산비용 상승률의 차이가 크지 않은 것으로 나타났는데, 이는 지역별로 산업비중이 달라 탄소세 부과가 각 지역의 생산비용에 미치는 직접적인 영향이 다를지라도 산업연관관계에 따른 가격과급효과에 의해 지역적 차이가 완화되기 때문인 것으로 판단된다. 경북(1.47%), 전남(1.44%), 충남(1.41%) 등의 지역에서 생산비용이 상대적으로 크게 상승하는 것으로 나타났으며, 이들 지역에서는 모두 금속가공제품(각각 3.18%, 3.60% 및 3.51%)의 생산비용 상승이 높은 것으로 나타났다.

23) 식 (5)를 $N=2$ 인 경우에 대해서 $[p_1' \ p_2']^T$ 을 구해보면 탄소세가 동일하다는 가정하에 a_{11} 이 클수록 p_1' 이 커지는 것을 확인할 수 있다.

〈표 5〉 탄소세¹⁾ 부과 후 지역별 및 주요 산업별 생산비용 상승률

(%)

지역	제조업 평균 ²⁾	비금속 광물 제품	1차 금속 제품	금속가 공제품	기계 및 장비	운송 장비	서비스 업 평균 ²⁾	운송 서비스	음식점 및 숙박서 비스	전산업 평균 ²⁾
서울	1.05	3.75	2.27	2.31	1.83	1.67	0.74	1.39	1.09	0.81
부산	1.99	3.70	3.07	2.44	1.95	2.01	0.76	1.07	1.20	1.18
대구	1.97	2.57	3.28	2.49	2.07	2.41	0.77	1.59	1.22	1.24
인천	1.58	3.42	2.19	2.13	1.73	1.96	0.85	1.16	1.15	1.16
광주	2.08	2.23	5.19	3.06	2.32	2.17	0.75	1.61	1.16	1.39
대전	1.31	3.20	1.99	2.12	1.68	1.78	0.75	1.28	1.14	0.96
울산	1.42	3.37	1.34	2.98	2.25	2.27	0.78	1.10	1.28	1.32
세종	1.74	2.26	1.57	2.58	2.00	1.79	0.88	1.49	1.22	1.36
자치시 평균 ²⁾	1.54	3.11	2.15	2.48	1.97	2.19	0.76	1.25	1.14	1.03
경기	1.36	2.77	2.44	2.21	1.51	1.79	0.74	1.47	1.13	1.09
강원	2.02	3.59	1.62	2.88	2.04	2.44	0.70	1.23	1.09	1.28
충북	1.53	2.87	2.56	2.63	1.72	2.22	0.71	1.39	1.20	1.30
충남	1.65	2.04	2.52	3.51	1.74	2.38	0.71	1.20	1.16	1.41
전북	1.87	2.35	2.36	2.67	2.10	2.17	0.76	1.38	1.31	1.36
전남	1.77	3.38	3.22	3.60	2.39	2.50	0.75	1.04	1.21	1.44
경북	1.82	2.28	2.88	3.18	2.20	2.69	0.73	1.29	1.13	1.47
경남	1.87	2.80	2.77	2.35	1.92	1.93	0.68	1.21	1.07	1.40
제주	2.20	4.97	3.10	2.45	1.88	1.91	0.79	1.36	1.07	1.07
자치도 평균 ²⁾	1.61	2.72	2.76	2.59	1.73	2.08	0.73	1.33	1.14	1.27
전국 평균 ²⁾	1.59	2.77	2.59	2.56	1.80	2.12	0.75	1.29	1.14	1.17

주: 1) 온실가스 배출량 1톤당 5만 원 기준

2) 산출액을 가중치로 한 가중평균

자료: 에너지총조사, 에너지사용 및 온실가스 배출 실태조사 및 지역산업연관표를 이용하여 추정

2. 수요 및 생산에 미치는 영향

탄소세 부과로 인해 상품의 생산비용이 상승하면 그 일부가 소비자가격으로 전가됨에 따라 각 상품에 대한 수요가 감소할 것이고, 이는 생산유발효과를 통해 생산감소를 유발할 것으로 예상된다.

먼저 생산비용의 상승이 전부 소비자가격으로 전가된다는 가정하에 <표 5>의 생산비용 상승률을 소비자가격 상승률로 간주하기로 한다.²⁴⁾ 여기에 상품별 수요의 가격탄력성을 적용하면 상품별 최종재 수요의 감소율을 추정할 수 있는데, 상품별 수요의 가격탄력성은 김재윤 외(2023) 및 강만옥 외(2011)를 인용하였다. 제조임가공 및 산업용 장비 수리를 제외한 32개 부문에 대한 가격탄력성이 추정되었으며, 상품에 따라 -0.07(1차 금속제품)에서 -1.5(운송장비)까지 다양하게 추정되었다.

<표 6>은 온실가스 배출량당 5만 원의 탄소세가 부과되는 경우 주요 산업별 수요감소율을 나타낸다. 전산업(33개 부문의 평균)의 수요가 0.98%(2019년 최종수요 기준으로 25.7조 원에 해당) 감소하는 가운데, 제조업(14개 부문 평균 1.09%)이 서비스업(13개 부문 평균 0.79%)보다 수요감소율이 큰 것으로 추정되었다. 제조업과 서비스업 간의 생산비용 상승률의 차이(0.84%p)에 비해 수요감소율의 차이(0.30%p)가 작아진 것은 서비스의 가격탄력성이 제조품에 비해 상대적으로 큰 데 기인한다. 제조업 중에서는 운송장비(3.18%)와 전기장비(1.69%)가, 서비스업 중에서는 음식점 및 숙박서비스(2.28%)의 수요감소율이 큰 것으로 나타났는데, 이들 상품은 생산비용 상승률이 높거나(전기장비) 가격탄력성이 크기(운송장비 및 음식점 및 숙박서비스) 때문인 것으로 판단된다.

지역별로는 생산비용 상승률의 차이가 크지 않아 수요감소율의 차이도 크지 않은 것으로 나타났으나, 광주(1.35%), 울산(1.27%), 세종(1.21%) 등의 지역에서 수요감소율이 상대적으로 크게 나타났으며 각 지역에서 음식점 및 숙박서비스의 수요가 크게 감소하는 것으로 나타났다.

24) 강만옥 외(2011)에서는 생산자물가 상승률의 소비자물가 상승률로의 전가율이 1.02~1.05배로 추정되었다.

〈표 6〉 탄소세¹⁾ 부과 후 지역별 및 주요 산업별 수요감소율²⁾

(%)

지역	제조업 평균 ³⁾	화학 제품	비금속 광물 제품	컴퓨터, 전자 및 광학 기기	전기 장비	운송 장비	서비스 업 평균 ³⁾	운송 서비스	음식점 및 숙박 서비스	전산업 평균 ³⁾
서울	0.44	1.16	1.95	1.01	1.54	2.51	0.76	1.67	2.19	0.78
부산	1.11	1.47	1.92	1.25	1.72	3.01	0.84	1.28	2.40	0.96
대구	1.21	1.46	1.34	1.35	1.87	3.61	0.83	1.90	2.44	1.04
인천	0.99	1.18	1.78	1.15	1.56	2.93	0.95	1.39	2.31	0.96
광주	1.89	1.52	1.16	0.95	1.63	3.26	0.81	1.94	2.32	1.35
대전	0.83	1.23	1.66	0.92	1.59	2.67	0.77	1.53	2.27	0.83
울산	1.34	1.45	1.75	1.31	1.78	3.41	0.85	1.32	2.56	1.27
세종	1.17	1.42	1.18	1.45	1.97	2.69	0.94	1.79	2.45	1.21
자치시 평균 ³⁾	1.14	1.39	1.62	1.12	1.69	3.29	0.79	1.51	2.28	0.94
경기	0.95	1.23	1.44	0.74	1.56	2.68	0.77	1.76	2.26	0.92
강원	1.14	1.20	1.87	1.31	1.94	3.66	0.79	1.47	2.18	1.18
충북	0.97	1.18	1.49	0.69	1.80	3.33	0.80	1.67	2.40	0.99
충남	1.18	1.38	1.06	1.14	1.77	3.57	0.79	1.44	2.32	1.10
전북	1.31	1.32	1.22	0.88	1.85	3.25	0.86	1.66	2.61	1.11
전남	0.98	1.65	1.76	1.35	2.09	3.75	0.84	1.25	2.43	0.96
경북	1.00	1.48	1.18	0.74	1.86	4.03	0.79	1.55	2.26	0.97
경남	1.36	1.42	1.46	1.15	1.59	2.90	0.76	1.45	2.14	1.13
제주	0.87	1.24	2.58	0.84	1.59	2.86	0.91	1.64	2.14	1.00
자치도 평균 ³⁾	1.06	1.38	1.41	0.79	1.69	3.12	0.79	1.60	2.28	1.00
전국 평균 ³⁾	1.09	1.38	1.44	0.83	1.69	3.18	0.79	1.54	2.28	0.98

주: 1) 온실가스 배출량 1톤당 5만 원 기준

2) '가격상승률 × 수요의 가격탄력성'으로 시산

3) 산출액을 가중치로 한 가중평균

자료: 에너지총조사, 에너지사용 및 온실가스 배출 실태조사 및 지역산업연관표를 이용하여 추정

<표 7>은 온실가스 배출량당 5만 원의 탄소세가 부과되는 경우 주요 상품별 생산감소율을 나타낸다.²⁵⁾ 전산업(32개 부문의 평균)의 생산이 1.16%(2019년 산출량 기준으로

〈표 7〉 탄소세¹⁾ 부과 후 지역별 및 주요 산업별 생산감소율²⁾

(%)

지역	제조업 평균 ³⁾	비금속 광물 제품	1차 금속 제품	금속가 공제품	전기 장비	운송 장비	서비스 업 평균 ³⁾	운송 서비스	음식점 및 숙박 서비스	전산업 평균 ³⁾
서울	0.73	1.75	2.38	1.22	1.58	2.33	0.90	1.33	1.64	0.92
부산	1.52	1.83	1.32	1.60	1.73	2.87	0.96	1.29	1.82	1.18
대구	1.47	1.79	1.44	1.58	1.94	2.78	0.89	1.44	1.85	1.17
인천	1.37	1.80	1.27	1.31	1.64	2.83	0.98	1.26	1.78	1.18
광주	2.10	1.87	1.73	1.99	1.60	3.15	0.93	1.57	1.76	1.50
대전	1.01	1.77	1.33	1.26	1.62	2.03	0.83	1.27	1.69	0.92
울산	1.61	1.86	0.90	1.84	1.80	3.29	1.05	1.37	1.90	1.53
세종	1.37	1.81	1.11	1.51	1.72	2.42	0.97	1.30	1.79	1.33
자치시 평균 ³⁾	1.44	1.81	1.15	1.55	1.70	3.13	0.91	1.31	1.72	1.12
경기	1.20	1.72	1.30	1.47	1.65	2.63	0.82	1.33	1.68	1.08
강원	1.48	2.20	1.11	1.77	1.77	2.80	0.83	1.41	1.61	1.32
충북	1.23	1.83	1.36	1.51	1.74	2.62	0.86	1.34	1.78	1.18
충남	1.40	1.64	1.18	1.66	1.62	3.06	0.87	1.36	1.70	1.31
전북	1.64	1.75	1.35	1.66	1.79	3.04	0.90	1.43	1.94	1.32
전남	1.27	1.97	1.12	1.79	1.86	3.39	0.90	1.28	1.77	1.21
경북	1.31	1.63	1.28	1.61	1.84	3.12	0.86	1.37	1.69	1.22
경남	1.71	1.75	1.39	1.58	1.56	2.73	0.89	1.38	1.67	1.41
제주	1.17	1.97	21.60	1.78	1.60	2.76	0.93	1.29	1.67	1.09
자치도 평균 ³⁾	1.34	1.77	1.25	1.56	1.68	2.83	0.85	1.35	1.70	1.20
전국 평균 ³⁾	1.37	1.78	1.23	1.56	1.68	2.95	0.89	1.33	1.71	1.16

주: 1) 온실가스 배출량 1톤당 5만 원 기준

2) ‘생산유발계수행렬 × 상품별 최종재 수요 감소분’의 열합

3) 산출액을 가중치로 한 가중평균

자료: 에너지총조사, 에너지사용 및 온실가스 배출 실태조사 및 지역산업연관표를 이용하여 추정

25) 제주 지역 1차 금속제품의 생산감소율이 매우 큰 것으로 나타났는데, 이는 해당 상품의 산출량 자체가 매우 적기 때문에 소폭의 생산 변화에도 변화율이 크게 나타나기 때문인 것으로 판단된다.

50.8조에 해당 감소하는 가운데, 제조업(13개 부문 평균 1.37%)이 서비스업(13개 부문 평균 0.89%)보다 생산감소율이 큰 것으로 추정되었다. 수요감소율에 비해 생산감소율이 확대된 것은 산업연관에 따른 생산유발효과 때문이며, 제조업과 서비스업 간의 수요 감소율의 차이(0.30%p)에 비해 생산감소율의 차이(0.48%p)가 확대된 것은 서비스업에 비해 제조업의 전후방 산업연관효과가 상대적으로 큰 데 기인한다. 제조업 중에서는 운송장비(2.95%) 및 비금속광물제품(1.78%)이, 서비스업 중에서는 음식점 및 숙박서비스(1.71%)의 생산감소율이 큰 것으로 나타났는데, 이들 상품은 수요감소율이 크기 때문인 것으로 판단된다.

지역별로는 수요감소율의 차이가 크지 않아 생산감소율의 차이도 크지 않은 것으로 나타났는데, 이는 <표 6>에서처럼 지역별 수요감소율의 차이가 크지 않기 때문인 것으로 보인다. 울산(1.53%), 광주(1.50%), 경남(1.41%) 등의 지역에서 생산감소율이 상대적으로 크게 나타났으며 각 지역에서 운송장비의 생산이 크게 감소하는 것으로 나타났다.

3. 온실가스 배출 및 탄소세 수입에 미치는 영향

탄소세 부과에 따라 각 상품의 생산량이 감소하면 온실가스 배출량도 감소하게 될 것이다. <표 8>은 온실가스 배출량 1톤당 5만 원의 탄소세가 부과되는 경우 주요 산업별 온실가스 배출량 감축분을 나타낸다. 전산업에서 647.4만 CO_2eq 의 온실가스 배출량이 감소할 것으로 추정되었는데, 이는 2019년 온실가스 배출량(527.5백만 CO_2eq)의 1.2%에 해당된다. 온실가스 배출계수가 높고 생산감소폭이 큰 제조업(435.7만 CO_2eq)에서 서비스업(183.1만 CO_2eq)에 비해 배출량 감축분이 큰 것으로 나타났다. 주요 산업별로는 1차 금속제품(157.5만 CO_2eq), 화학제품(98.5만 CO_2eq), 운송서비스(95.3만 CO_2eq) 등의 순으로 배출량 감축분이 큰 것으로 추정되었다.

지역별로는 제조업 중심의 광역자치도(443.2만 CO_2eq)에서 광역자치시(204.2만 CO_2eq)에 비해 온실가스 배출량 감축분이 큰 것으로 나타났으며, 전남(103.4만 CO_2eq), 충남(87.9만 CO_2eq), 경기(72.9만 CO_2eq) 등의 순으로 배출량 감축분이 큰 것으로 추정되었다. 다만 감축률 기준으로 지역별 차이는 산업별 차이에 비해 작은 것으로 나타났는데, 이는 앞에서 보았듯이 생산감소율의 지역별 차이가 크지 않기 때문인 것으로 판단된다.

<표 8> 탄소세¹⁾ 부과 후 지역별 및 주요 산업별 온실가스 배출량 감축분²⁾³⁾

(만tCO₂eq, %)

지역	제조업 합계	석탄 및 석유 제품	화학 제품	비금속 광물 제품	1차 금속 제품	운송 장비	서비스 업 합계	운송 서비스	음식점 및 숙박 서비스	전산업 합계
서울	2.3	0.0	0.2	0.0	0.4	0.0	45.9	16.6	10.3	50.2
부산	6.5	0.0	0.7	0.1	1.8	0.8	16.6	11.1	2.7	24.4
대구	4.6	0.0	0.4	0.1	0.3	0.8	5.5	1.8	1.5	10.7
인천	11.8	2.5	2.0	0.2	2.8	1.1	32.8	29.1	1.9	45.6
광주	3.2	0.0	0.4	0.5	0.1	0.7	3.5	1.3	0.9	7.1
대전	1.9	0.0	0.6	0.0	0.1	0.1	3.5	1.3	1.0	5.6
울산	52.4	11.9	27.2	0.2	4.2	6.2	5.6	3.8	0.9	58.6
세종	1.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.1	0.3	0.1	0.1	2.0
자치시 합계	84.1	14.4	31.8	1.6	9.5	9.9	113.7	65.0	19.4	204.2
경기	39.6	0.2	6.2	3.0	1.4	4.2	27.9	10.8	8.1	72.9
강원	26.1	0.0	0.3	24.5	0.5	0.3	4.1	1.4	1.6	32.4
충북	21.6	0.0	2.0	11.8	0.4	1.1	3.3	1.2	1.1	26.4
충남	79.6	4.9	16.0	2.5	43.6	3.8	5.6	2.7	1.5	87.9
전북	12.2	0.0	3.7	1.1	1.7	2.1	4.3	1.7	1.3	18.3
전남	93.3	8.2	31.8	1.1	49.6	1.3	7.2	4.8	1.2	103.4
경북	62.4	0.0	4.8	1.9	47.8	2.3	6.0	2.7	1.7	71.3
경남	16.3	0.0	1.8	0.6	3.0	4.9	7.4	3.1	2.2	26.1
제주	0.3	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	3.6	1.9	1.1	4.7
자치도 합계	351.6	13.3	66.7	46.6	148.0	20.0	69.4	30.3	19.7	443.2
전국 합계	435.7	27.7	98.5	48.2	157.5	30.0	183.1	95.3	39.1	647.4

주: 1) 온실가스 배출량 1톤당 5만 원 기준

2) '생산감소분 × 온실가스 배출계수'로 시산

3) 괄호안은 기존 배출량 대비 감축률

자료: 에너지총조사, 에너지사용 및 온실가스 배출 실태조사 및 지역산업연관표를 이용하여 추정

탄소세 부과 후 각 상품의 온실가스 배출량에 탄소세를 곱하면 탄소세 수입을 구할 수 있다. <표 9>는 온실가스 배출량 1톤당 5만 원의 탄소세가 부과되는 경우 주요 산업별

탄소세 수입을 나타낸다. 전산업에서 26.7조 원의 탄소세 수입이 추정되었는데, 이는 2019년 국세수입(293.5조 원)의 9.1%에 해당된다. 탄소세 부과 후에도 여전히 온실가스 배출량이 상대적으로 많은 제조업(17.5조 원)에서 서비스업(8.0조 원)에 비해 탄소세 수

〈표 9〉 지역별 및 주요 산업별 탄소세¹⁾ 수입²⁾

(천억 원)

지역	제조업 합계	석탄 및 석유 제품	화학 제품	비금속 광물 제품	1차 금속 제품	컴퓨터, 전자 및 광학 기기	서비스 업 합계	운송 서비스	음식점 및 숙박 서비스	전산업 합계
서울	1.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	21.0	6.3	3.2	23.0
부산	2.3	0.0	0.2	0.0	0.7	0.2	6.9	4.3	0.7	9.7
대구	1.7	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	2.4	0.6	0.4	4.4
인천	5.2	1.6	0.8	0.1	1.1	0.3	13.4	11.7	0.6	19.0
광주	1.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	1.5	0.4	0.3	2.6
대전	0.9	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	1.7	0.5	0.3	2.7
울산	22.5	8.2	9.7	0.1	2.4	0.1	2.2	1.4	0.2	24.8
세종	0.5	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.8
자치시 합계	35.5	9.8	11.4	0.4	4.4	1.0	49.3	25.3	5.7	87.1
경기	18.3	0.1	2.4	0.9	0.5	7.9	12.9	4.1	2.4	33.3
강원	6.3	0.0	0.1	5.7	0.2	0.0	1.8	0.5	0.5	8.9
충북	7.5	0.0	0.8	3.3	0.2	1.4	1.5	0.5	0.3	9.6
충남	33.6	3.6	6.0	0.8	18.7	2.3	2.4	1.0	0.4	37.2
전북	4.4	0.0	1.4	0.3	0.7	0.0	1.8	0.6	0.3	7.1
전남	39.7	5.4	10.9	0.3	22.4	0.0	3.1	1.9	0.3	44.1
경북	24.1	0.0	1.6	0.6	19.0	0.9	2.6	1.0	0.5	28.1
경남	5.2	0.0	0.6	0.2	1.1	0.1	3.2	1.1	0.7	9.6
제주	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.8	0.3	2.0
자치도 합계	139.4	9.0	23.8	12.0	62.7	12.7	30.9	11.4	5.9	179.9
전국 합계	175.0	18.8	35.2	12.5	67.1	13.6	80.1	36.8	11.7	267.0

주: 1) 온실가스 배출량 1톤당 5만 원 기준

2) '탄소세 부과후 온실가스 배출량 × 탄소세(톤당 5만 원)'로 시산

자료: 에너지총조사, 에너지사용 및 온실가스 배출 실태조사 및 지역산업연관표를 이용하여 추정

입이 많은 것으로 나타났다. 주요 산업별로는 1차 금속제품(6.7조 원), 운송서비스(3.7조 원), 화학제품(3.5조 원) 등의 순으로 탄소세 수입이 많은 것으로 추정되었다.

지역별로는 제조업 중심의 광역자치도(18.0조 원)에서 광역자치시(8.7조 원)에 비해 탄소세 수입이 많은 것으로 나타난 가운데, 전남(4.4조 원), 충남(3.7조 원), 경기(3.3조 원) 등의 순으로 탄소세 수입이 많은 것으로 추정되었다. 이들 지역은 온실가스 배출량 감축분이 많은 지역임에도 불구하고 당초 배출량이 많아 탄소세 수입이 많은 것으로 나타났다.

상기 탄소세 도입에 따른 온실가스 배출량 감축분 및 탄소세 수입 추정치는 생산기술, 요소투입구조, 탄소포집·활용·저장 기술(CCUS) 등이 현재 수준으로 주어지고 탄소세의 감세 및 환급 정책이 전혀 없다는 가정하에 추정된 것이기 때문에 배출량 감축분은 최소 추정치이고 탄소세 수입은 최대 추정치에 가까울 것으로 판단된다.

IV. 결론 및 시사점

본고는 우리나라 온실가스 배출현황 및 탄소중립을 위한 탄소세 부과와 경제적 효과를 지역별 및 산업별로 분석하였다. 이를 위해 2019년 지역산업연관표와 지역별 및 산업별 온실가스 배출량을 추정하였으며, 이를 이용하여 온실가스 배출량, 배출계수 및 배출유발계수를 시산하고 탄소세 부과 후 생산비용 상승, 수요 및 생산 감소, 온실가스 배출량 감축분 및 탄소세 수입 등을 추산하였다.

분석결과 서비스업에 비해 제조업의 온실가스 배출량, 배출계수 및 배출유발계수가 높게 추정되었으며, 이에 따라 서비스업 중심의 광역자치시 보다는 제조업 중심의 광역자치도에서 온실가스 배출량, 배출계수 및 배출유발계수가 높게 추정되었다. 한편 온실가스 배출량 1톤당 5만 원의 탄소세가 부과될 경우 생산은 평균적으로 1.2% 감소하는 것으로 추정되었으며, 이에 따라 생산기술, 요소투입구조, 탄소포집·활용·저장 기술(CCUS) 등이 현재 수준으로 주어지고 탄소세의 감세 및 환급 정책이 전혀 없다는 가정하에 온실가스 배출량은 647만tCO₂eq(2019년 온실가스 배출량의 1.2%) 감소하고 탄소세 수입은 26.7조 원(2019년 국세수입의 9.1%)에 이를 것으로 추정되었다. 산업별로는 서비스업에 비해 온실가스 배출량이 많은 제조업에 대한 영향이 클 것으로 예측되었는데 반해, 지역별로는 제조업 중심의 광역자치도와 서비스업 중심의 광역자치시의 차

이는 크지 않을 것으로 예측되었다. 이는 지역별로 산업비중이 달라 탄소세 부과가 지역에 미치는 직접적인 영향이 다를지라도 산업연관효과에 의해 지역적 차이가 완화되기 때문인 것으로 판단된다.

본고의 분석결과는 온실가스 배출현황 및 탄소세 부과의 경제적 효과를 산업별뿐만 아니라 지역별로 분석하여 탄소중립을 위한 정책이 지역경제에 미칠 영향 및 대응방안에 관한 시사점을 제공하였다는 데에 큰 의의가 있다. 예컨대 탄소세 부과의 영향이 특정 지역에 집중되지 않고 산업연관효과를 통해 전 지역에 파급될 것이라는 결과는 향후 탄소중립 이행과정에서 지자체 간의 긴밀한 협조가 필요함을 시사한다.

이러한 의의에도 불구하고 본고의 연구결과는 다음과 같은 한계가 있다. 우선 생산기술, 요소투입구조, 탄소포집·활용·저장 기술(CCUS) 등이 현재 수준으로 주어져 있는 것을 가정하고 있기 때문에 탄소세 부과 이후 기업의 비용절감 노력에 따른 요소투입구조 및 기술 개선 등을 반영하지 못하고 있다. 또한 본고에서 추정된 탄소세 부과에 따른 생산량 및 온실가스 배출량 감소, 탄소세 수입 등 경제에 미치는 영향에 대한 추정치는 정태적 결과로서 시간의 흐름에 따른 동태적 영향을 파악할 수 없는 한계가 있다. 이러한 한계점을 보완한 분석은 향후 연구과제로 남겨 두고자 한다.

[References]

- 강만옥·강광규·조정환, “탄소세 도입 및 에너지세제 개편방안 연구”, 녹색성장연구 2011-07, 한국환경정책·평가연구원, 2011.
- 김성태·임병인·강만옥, “탄소세 도입이 산업별 가격경쟁력에 미치는 효과 분석”, 한국재정학회 학술대회 논문집, 2010.
- 김수이·조정엽·노동은, “국내 온실가스 감축정책의 지역별 효과 분석”, 「한국경제연구」, 제 28권 제3호, 2010, pp. 29~57.
- 김용건·강성원·구윤모·임종수·김민준·양유경·장미란·정예민, “온실가스 감축정책 평가를 위한 환경경제모형 개발·운용(II)”, 한국환경정책·평가연구원, 2015, pp. 1543~1676.
- 김재윤·정선문·이성태, “수출입경로를 통한 해외 기후변화 물리적 리스크의 국내 파급 영향”, BOK 이슈노트 No.2023-26. 한국은행, 2023.

- 박종욱·이나윤, “기후변화 대응이 산업에 미치는 영향”, 조사통계월보 제75권 제9호, 한국은행, 2021.
- 산업통상자원부, “2020년도 에너지총조사 보고서”, 2022.
- 안흥기·민성희·남기찬, “매년도 지역산업연관표 작성방안연구”, 국토연구원, 2015.
- 정현식·이성욱, “SGM_Korea 모형을 이용한 탄소세의 이산화탄소 배출저감 효과 분석”, 「환경경제연구」, 제16권 제1호, 2007, pp. 129~169.
- 조경엽·김영덕, “탄소세 도입이 지역경제에 미치는 영향에 대한 실증 분석”, 「환경정책연구」, 제12권 제3호, 2013, pp. 123~159.
- 한국에너지공단, “2019 전 부문 에너지사용 및 온실가스 배출량 통계”, 2019.
- 한국에너지공단, “2020 산업부문 에너지사용 및 온실가스 배출량 통계”, 2020.
- 한국에너지공단, 에너지온실가스 종합정보 플랫폼(EG-TIPS), <https://tips.energy.or.kr/main/main.do>
- 한국은행, “2015년 지역산업연관표 작성 결과”, 2020.
- 한국은행, “2019 산업연관표(연장표)”, 2021.
- 한국은행, “산업연관분석해설”, 2014.
- 한국은행, “우리나라 주요 제조업 생산 및 공급망 지도”, 2023.
- 한기주 외, “온실가스 배출저감 의무부담의 산업별 영향과 산업구조 고도화 전략”, 산업연구원, 2008.
- 환경부 온실가스종합정보센터, “2022 국가 온실가스 인벤토리 보고서”, 2022.
- Conte, B., K. Desmet, and E. Rossi-Hansberg, *On the Geographic Implications of Carbon Taxes*, Working Paper 30678, National Bureau of Economic Research, 2022.
- Frankovic, I., *The Impact of Carbon Pricing in a Multi-Region Production Network Model and an Application to Climate Scenarios*, Discussion Paper, No. 07/2022, Deutsche Bundesbank, 2022.
- Hassett, K. A., A. Mathur, and G. E. Metcalf, “The Incidence of a U.S. Carbon Tax: A Lifetime and Regional Analysis,” *The Energy Journal*, Vol. 30, No. 2, 2009, pp. 155~177.
- Kay, D., and G. Jason Jolley, “Using input-output models to estimate sectoral effects of carbon tax policy: Applications of the NGFS scenarios,” *American Journal of Economics and Sociology*, Vol. 82, No. 3, 2023, pp. 187~222.
- Ross, M. T., “Regional Implications of National Carbon Taxes,” *Climate Change Economics*, Vol. 9, No. 1, 2018.
- Xie, J., H. Dai, Y. Xie, and L. Hong, “Effect of carbon tax on the industrial competitiveness of Chongqing, China,” *Energy for Sustainable Development*, Vol. 47, 2018, pp. 114~123.