

상류부문 탄소세 도입의 경제적·환경적 효과 분석: 철강산업을 중심으로[†]

김동구*·손인성**

요약 : 탄소국경조정제도(CBAM)를 입법 추진하는 EU에 비해, 미국의 탄소국경조정 정책화 관련 움직임은 아직 상대적으로 더디다. 그러나 최근에는 미국에서도 관련 법안이 제안되고 있고 연구기관을 중심으로 배출권거래제가 아니라 상류부문 탄소세를 도입하고 이에 기반한 탄소국경조정을 실시하는 방안에 대한 연구결과가 제시되고 있다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 형태의 상류부문 탄소세와 탄소국경조정을 국내에 도입했을 경우에 경제적·환경적 효과가 어떠한지에 대해서 살펴보았다. CO₂톤당 3만 원의 상류부문 탄소세가 국내 화석에너지 순 공급량에 적용될 경우, 예상 탄소세 수익은 약 22조 9,961억 원으로 2019년도 우리 정부의 총 세입 402조 원의 약 5.7%에 해당하는 수준이었다. 또한, 한국에서 온실가스 배출량이 가장 많으며 해외 수출물량도 적지 않은 철강부문의 에너지 수급현황을 토대로 산정한 철강부문의 이산화탄소 내재량은 1억 622만 톤CO₂이었다. 이 이산화탄소 내재량에 톤당 3만 원의 상류부문 탄소세가 그대로 철강부문의 생산원가에 전가되었다고 가정할 경우, 철강부문의 탄소세 부담은 약 3조 1,865억 원에 달할 것으로 추산되었다. 철강제품의 수출비중을 이용해 추산한 수출환급금 1조 1,599억 원을 공제하더라도 내수용 철강재에 대한 탄소세 순부담은 2조 266억 원에 달해 철강재의 가격상승요인으로 작용할 것으로 분석된다.

주제어 : 탄소세, 탄소국경조정, 온실가스, 철강산업

JEL 분류 : Q54, Q56, L61

접수일(2023년 2월 1일), 수정일(2023년 3월 8일), 게재확정일(2023년 3월 8일)

[†] 이 논문은 에너지경제연구원 기본연구보고서 “탄소국경조정 대응을 위한 기후통상 제도 개선 가능성 연구”의 일부를 수정·보완한 것임.

* 한국해양대학교 국제무역경제학부 조교수, 제1저자(e-mail: eastnine09@gmail.com)

** 에너지경제연구원 기후변화정책연구팀 연구위원, 교신저자(e-mail: issson@keei.re.kr)

Analysis of the Economic and Environmental Effects of Upstream Carbon Tax: Focusing on the Steel Industry[†]

Dong Koo Kim* and Insung Son**

ABSTRACT : Compared to the EU, which legislates the Carbon Border Adjustment System (CBAM), the United States' carbon border adjustment policy movement is still relatively slow. Recently, however, a related bill has been proposed in the United States, and research institutes have been presenting research results on how to introduce an upstream carbon tax rather than an emission trading system and carry out carbon border adjustment based on it. Therefore, in this study, we looked at the economic and environmental effects of introducing this type of upstream carbon tax and carbon border adjustment in Korea. If an upstream carbon tax of KRW 30,000 per ton of CO₂ is applied to the net supply of domestic fossil energy, the expected carbon tax revenue is approximately KRW 22.9961 trillion, equivalent to about 5.7% of the total revenue of the Korean government of KRW 402 trillion in 2019. In addition, the carbon dioxide content of the steel sector, calculated based on the energy supply and demand status of the steel sector, which emits the most greenhouse gas emissions in Korea and has a considerable amount of overseas exports, was 106.22 million tons of CO₂. On the other hand, assuming that the upstream carbon tax of 30,000 won per ton of CO₂ embodied is directly passed on to the production cost of the steel sector, the carbon tax burden in the steel sector is estimated to reach approximately KRW 3.1865 trillion. Even after deducting KRW 1.1599 trillion in export refunds estimated by using the share of exports of steel products, the net carbon tax burden on steel products for domestic demand amounts to KRW 2.0266 trillion, which is analyzed to act as a factor in increasing the price of steel products.

Keywords : Carbon tax, Carbon border adjustment, Greenhouse gas, Iron and steel industry

Received: February 1, 2023. Revised: March 8, 2023. Accepted: March 8, 2023.

[†] This paper is a revised and supplemented version of the Korea Energy Economics Institute's basic research report, "A Study on the Possibility of Improving Climate and Trade Policies to Respond to Carbon Border Adjustment".

* Assistant Professor, Division of International Trade and Economics, National Korea Maritime & Ocean University, First author (e-mail: eastnine09@gmail.com)

** Research Fellow, Climate Policy Research Team, Korea Energy Economics Institute, Corresponding author (e-mail: isson@keei.re.kr)

1. 서론

기후변화 대응을 선도하는 EU는 탄소중립을 위해 지역 내 온실가스 감축을 지속 강화하는 한편, 타국의 온실가스 감축 압박과 EU의 산업경쟁력 강화를 목적으로 탄소국경조정(Carbon Border Adjustment) 도입을 추진 중이다. 2019년 EU가 발표한 유럽그린딜(European Green Deal)에는 탄소국경조정 도입을 추진하겠다는 내용이 포함되어 있다. 탄소국경조정은 배출규제가 엄격한 국가(EU)가 규제가 느슨한 국가(非EU)로부터 물품 수입 시, 규제 강도 차이로 인한 가격 차이를 보정하고자 비용을 부과하는 수단이다. 이는 국내 사업자와 해외 사업자 간에 공정한 경쟁 여건을 조성하고, 배출규제 강도 차이로 인한 탄소누출¹⁾을 방지하기 위한 조치이다(김수현·김창훈, 2020). EU는 탄소국경조정 도입을 선언에 그치지 않고 구체적인 입법화에 나섰다. 2021년 7월 EU집행위가 제출한 탄소국경조정 메커니즘(Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) 입법안에 따르면, EU는 2023년부터 CBAM을 시범 도입하고, 2026년부터는 철강, 시멘트, 전력 등의 수입품을 대상으로 탄소비용을 부과할 계획이다(European Commission, 2021).

이러한 EU의 탄소국경조정 입법화는 조만간 실현될 예정이다. 산업부(2022)에 따르면, EU는 탄소국경조정을 2023년부터 실시하기로 3개 기관(집행위, 이사회, 의회) 간 잠정합의에 도달한 상태다. 잠정합의 내용에 따르면, EU는 탄소국경조정을 2023년 10월부터 시범 도입하여 3~4년간의 전환기간에는 재정적 부담 없이 정보 보고의무만을 부여하고 그 이후에는 본격 시행할 계획이라고 한다. 특히, 철강, 시멘트, 비료, 알루미늄, 전력, 수소 등이 대상품목이 될 것으로 알려졌다. EU 탄소국경조정제도가 본격 시행된다면 EU내 수입업체는 수입품에 내재된 배출량에 해당하는 인증서를 구매해야 하며, 인증서 가격은 EU의 배출권거래제(EU ETS) 배출권 경매 가격에 연동될 예정이다. 이처럼 EU의 탄소국경조정제가 빠르게 정책화됨에 따라 관련 연구도 많이 진행되고 있다.

한편, 선진국 중에서 가장 온실가스 배출량이 많으며, 전 세계 무역질서를 주도하는 미국도 장래에 온실가스 감축과 산업경쟁력 강화를 위해 탄소국경조정을 실시할 가능성이 없지 않다. 실제로 미 무역대표부(US Trade Representative, USTR)도 2021년 미국

1) 탄소누출은 기업들이 탄소규제가 엄격한 국가에서 느슨한 국가로 생산활동을 이전함으로써 한 국가에서 관련 규제를 도입하더라도 지구 전체의 온실가스 배출량은 감소하지 않는 현상을 의미함(손인성·김동구, 2020).

연방의회에 제출한 통상정책 연례보고서에서 “기후변화에 대응하기 위해 탄소국경조정”을 검토하고 있다고 밝혔다(USTR, 2021). 바이든 대통령은 대선 공약에서 탄소 관세나 쿼터 형태의 탄소국경조정 도입을 언급하였으며, USTR 연례보고서는 이를 실제 정책으로 준비하고 있음을 보여주었다. 더욱이, 트럼프 전 대통령이 수입 철강에 관세를 부과하기 위해 인용한 국가안보조항을 사용한다면, 입법 절차 없이 대통령 권한만으로도 탄소 관세 이행이 가능할 것으로 전망되었다.

한편, 미 의회에서도 미국 내 탄소가격제(Carbon Pricing)와 함께 탄소국경조정제도를 도입하려는 움직임은 계속 있었다. 2007-2010년 기간 동안 미 의회에서는 기후변화 관련 법안이 다수 발의되었다. 이 법안들은 탄소세 또는 배출권거래제와 같은 탄소가격제와 함께 미국 기업들의 국제 경쟁력 유지를 위한 탄소국경조치 도입을 포함하고 있었다(변진석, 2010b). 대표적으로 리버만-워너 법안(Lieberman-Warner Climate Security Act of 2008)은 미국 내 온실가스 배출권거래제 도입과 함께 미국 기업들의 국제 경쟁력 유지를 위한 국경조치를 포함하고 있었다(변진석, 2010a). 2009년 발의된 왁스만-마키 법안(Waxman-Markey, The American Clean Energy and Security Act) 또한 배출권거래제 도입과 함께 에너지 집약도 또는 무역집약도가 높은 산업부문을 대상으로 수출 환급금을 제공하고 에너지 집약적 제품의 수입 가격을 국경에서 조정하는 조치를 포함하고 있었다(변진석, 2010b). 보다 최근인 2021년 7월에는 공정전환경쟁법(FAIR Transition and Competition ACT)²⁾이 발의되었는데, 특히 동 법안은 철강, 알루미늄, 시멘트 등의 제품에 대해 미국 내 생산자가 부담하는 탄소배출 비용만큼을 국외 제품 생산자에게 부과하는 탄소국경조정제도 도입을 목적으로 하였다(김선욱·홍석진, 2022).

그러나 온실가스 감축을 위해 배출권거래제를 이미 2005년에 도입한 EU에 비해 미국은 국가 차원의 탄소가격제를 아직 채택하지 않았다는 점에서 EU와 미국의 온실가스 감축 및 탄소국경조정 관련 정책 환경은 상당히 다르다고 할 수 있다. 이러한 특징 때문에 미국의 정책 환경에 부합하는 탄소국경조정에 대한 연구는 상대적으로 미약했다. 그러나 최근에는 미국에서도 연구기관을 중심으로 배출권거래제가 아니라 상류부문 탄소세를 도입하고 이에 기반한 탄소국경조정을 실시하는 방안에 대한 연구결과가 제시되고 있다.

2) Fair, Affordable, Innovative and Resilient Transition and Competition Act

미국은 선진국 중에서 온실가스 배출량이 가장 많아 미국의 온실가스 감축 정책은 전 세계적인 기후변화 대응 방향을 좌우할 정도이다. 실제로 미국이 교토의정서를 비준하지 않아, 교토체제하 온실가스 감축 노력은 당초 의도했던 목표를 달성하는 데 실패한 바가 있다. 트럼프 대통령 재임기에는 파리협정을 탈퇴하는 결정을 내려, 힘든 과정을 거쳐 만들어놓은 전 세계적인 기후변화 대응 체제가 다시 무산될 상황에 처하기도 했다. 또한, 수출 중심의 경제 구조를 가진 우리나라는 ‘세계의 시장’으로 기능하는 미국의 무역 관련 정책 및 연구 동향을 예의주시할 필요가 있다. 미국이 설정하는 무역질서는 전 세계 무역환경을 바꿔놓을 수 있기 때문이다. 즉, 기후변화와 무역 양측의 측면에서 큰 파급 효과를 불러일으킬 수 있는 미국의 탄소세 및 탄소국경조정 관련 움직임을 살펴보는 것은 우리나라의 정책 측면에서도, 관련 산업과 기업의 대응전략 수립 측면에서도 의미있는 작업이라고 할 수 있다. 향후 미국이 기후변화 대응을 선도하는 과정에서 자국 정책환경에 부합하는 형태의 탄소국경조정 방식을 세계 무역질서의 표준으로 설정하려 한다면, 이는 우리 경제나 산업에 막대한 영향을 줄 것이다. 이러한 상황에 처한다면 우리나라가 시행하고 있는 배출권거래제와는 무관하게 미국적 기후 및 무역 정책에 부합하는 형태로 우리 정책을 재설계해야 할 수도 있다. 따라서 본 연구에서는 전국적인 배출권거래제가 없는 미국이 자국의 상황에 부합하는 형태로 상류부문 탄소세와 탄소국경조정을 실시하여 우리나라에도 영향을 미치는 상황을 상정해, 해당 제도를 국내에 도입했을 경우에 경제적·환경적 효과가 어떠한지에 대해서 살펴보고자 한다. 특히, 한국에서 온실가스 배출량이 가장 많으며 해외 수출물량도 적지 않은 철강산업을 중심으로 보다 상세히 분석하고자 한다. 본 연구는 다음과 같이 구성되어 있다. 우선, 제Ⅱ 장은 선행연구를 검토해 제시하였다. 제Ⅲ 장은 분석방법론 및 이용자료를 설명하였다. 이어서 제Ⅳ 장은 분석결과를 제시하였으며, 제Ⅴ 장은 결론으로 끝맺음하였다.

II. 선행연구

EU가 탄소국경조정제도의 도입을 선언하고(2019년) 법률안 초안을 발표한(2021년) 이후, 국내외적으로 EU 탄소국경조정제도(CBAM)의 영향에 대해서는 많은 연구가 수행되었다. 대표적으로 김동구·손인성(2021)은 EU 탄소국경조정제도(CBAM)의 초안

언론보도본과 EU 집행위 초안을 검토해 산업적 측면에서의 시사점을 제시하고, 철강, 알루미늄 산업의 내재배출량을 토대로 가치사슬 관점에서 CBAM 도입의 직·간접적 파급효과를 분석하였다. 김동구(2022)는 EU의 CBAM 추진과 관련해 입법동향을 점검하고 EU 집행위가 공개한 CBAM 초안, 유럽의회안, EU이사회안을 함께 비교하며 법률안이 내포하고 있는 산업경제적 의미를 중점적으로 분석하였다. 그 외에도 Aylor et al.(2020), 문진영 외(2020), Kuusi et al.(2020), UNCTAD(2021) 등은 대상 품목 또는 업종의 내재배출량을 추정하고, 국경 탄소가격 부과로 인한 경제적 영향을 평가하였다.³⁾

EU 탄소국경조정제도(CBAM)에 대응하기 위한 국내 방안에 대한 연구도 다수 진행되었다. 김동구·손인성(2021)은 EU 탄소국경조정제도(CBAM)에 대응해 정보 구축 상황을 점검하고, 표준화된 내재배출량 산정방법론을 개발할 것을 제안하였다. 또한, 정부는 EU와 상호인증체계를 구축하여 기업의 상세정보가 EU 측으로 바로 넘어가지 않도록 협상할 것을 제안하였고, 현재 어느 정도 탄소세 성격을 지니고 있는 개별소비세와 교통·에너지·환경세를 탄소세로 전환하는 것에 대한 논의 필요성 또한 제기하였다(김동구·손인성, 2021). 박혜리·박지현(2021)은 국내 중소기업의 관점에서 EU 탄소국경조정제도(CBAM)에 대한 대응방안을 모색하였다. 동 연구는 EU 탄소국경조정제도(CBAM)의 도입 단계에 따라 단기적으로는 ‘CBAM 대응 중소기업 전담 자문기관’을 신설하여 CBAM 관련 정보, 컨설팅, 교육 프로그램을 제공하고, 중소기업의 온실가스 배출 모니터링 및 산정 역량 강화를 지원할 것을 제안하였다. 동 연구는 중기적으로는 중소기업의 탄소중립 촉진을 위한 지원 정책을 마련하고, 중소기업의 CBAM 대응을 위해 대기업 또는 지자체와의 협력 네트워크 구축을 제안하였다. 장기적으로는 EU 이외 주요국들의 CBAM 유사 조치 도입과 EU CBAM 대상 범위 확대에 대비하여 정부의 대응 정책 마련과 중소기업의 수출전략 전환 필요성을 제기하였다(박혜리·박지현, 2021). 장은혜·한정훈(2021)은 EU 탄소국경조정제도(CBAM)에 대한 국내 법률적·정책적 측면에서의 대응 방안으로써 배출권 무상할당의 단계적 폐지를 제안하였다. 그리고 탄소국경조정제도(CBAM)의 면제를 위해 EU ETS와 국내 배출권거래제의 연계가 유리할지 여부에 대해서 추가적인 연구가 필요하다고 제안하였다.

미국에서도 탄소국경조정제도 도입은 꾸준히 시도되었다. 2007-2010년 기간 미 의회

3) 본 문장에서 언급된 선행연구들의 주요 내용은 김동구·손인성(2021)에 상세히 정리되어 있음.

에서는 미국 내 온실가스 감축 정책과 함께 미국 기업의 국제 경쟁력 유지를 위한 국경조치 도입을 포함한 법안들이 다수 발의되었다. 변진석(2010a, 2010b), 김명자(2014)는 동기간 발의된 주요 법안들의 국경조치를 WTO/GATT와의 합치성 측면에서 분석하였다. 동기간 제안된 법안들이 주로 배출권거래제 도입을 기반으로 한 반면, 최근인 2021년에 발의된 공정전환경쟁법(FAIR Transition and Competition ACT)은 미국 내 탄소가격제도 도입을 포함하고 있지는 않고 미국 내 타 법률에 의한 환경비용을 산정하고 그에 기반한 탄소국경조정제도 도입을 목적한다(김선욱·홍석진, 2022).

그러나 미국에서는 EU처럼 전국 단위의 배출권거래제가 여전히 실시되지 않기 때문에 탄소가격제나 탄소국경조정에 관한 논의도 다른 형태로 진행되고 있다. 미국의 탄소국경조정 도입 방안에 대해 눈에 띄는 대표적인 연구는 미국의 비영리 연구기관인 RFF(Resources for the Future, 미래를 위한 자원)⁴⁾에서 제안한 상류부문(upstream) 온실가스(Greenhouse Gas, 이후 GHG로 표기) 세금에 기반한 탄소국경조정 방안이다. RFF는 미국의 경제 및 산업 환경에 적합한 탄소가격제와 탄소국경조정제를 고안하기 위한 연구를 지속해왔다(Flannery et al., 2018; Mares and Flannery, 2018; Flannery et al., 2020a, 2020b; Flannery and Mares, 2021a, 2021b 등). 이 중, Flannery et al.(2018)은 WTO에 부합하는 국경조정과 함께 미국 상류부문에 온실가스세를 부과하는 프레임워크를 제안하였다. 이에 따르면 GHG 세금은 화석연료를 생산하는 상류부문에 생산된 화석연료에 포함된 탄소와 생산 과정에서 배출되는 GHG에 대해서만 부과된다. 그리고 이 GHG 세금에 기반하여 에너지 집약적 무역 노출(Energy-Intensive and Trade-Exposed, EITE) 산업의 제품에 대해 수출 환급금과 수입 부과금을 적용하는 방식으로 탄소국경조정이 이루어진다. 이와 함께 제시된 Mares and Flannery(2018)은 Flannery et al.(2018)의 개요서(Compendium)라고 불리며, 35개 EITE 산업에 대한 구체적인 권고안과 함께 국경조정을 시행하는 것에 대한 추가적인 상세정보를 제공한다. 이후 2020년에는 Flannery et al.(2020a)에서 프레임워크를 보다 갱신된 형태로 다시 제시하였고, Flannery et al. (2020b)에서는 입법 및 규제 관련한 책임과 임무에 대해 설명하면서 정책화를 위해 필요한 지침을 제시하고 있다. 다음으로 Flannery and Mares(2021a)에서는

4) 미국의 천연자원 수급과 환경 문제를 전담하는 최초의 싱크탱크로 1952년에 설립되었고, 환경 및 천연자원 경제학 분야에서 중요한 역할을 해오고 있음(RFF 홈페이지, 2022).

수출 환급금 및 수입 부과금을 추정하는 방법론에 대해 상세히 설명하였으며, Flannery and Mares (2021b)에서는 제품에 내재된 과세된 GHG 배출량을 설명하는 지수인 GGI(Greenhouse Gas Index)를 산정하는 방법론에 대해 상세히 설명하였다. 특히, RFF에서 제안한 탄소국경조정 방안은 공정전환경쟁법(FAIR Transition and Competition ACT)의 탄소국경조정제도와 유사한 것으로 판단된다. 이처럼 미국에서도 상류부문 탄소세 부과를 중심으로 탄소국경조정에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 국내에서는 관련 연구를 찾아보기 어렵다.

이상에서 살펴본 바와 같이, EU 탄소국경조정제도(CBAM)의 상세 내용과 경제적 영향에 대한 국내 연구는 다수 확인된다. 그러나 RFF를 중심으로 미국에서 논의되고 있는 상류부문 탄소세에 대한 국내 연구는 아직 찾아보기가 어렵다. RFF가 제안한 상류부문 탄소세 부과방식은 연방 차원의 배출권거래제가 없는 미국의 기후변화 대응 및 무역 정책환경에 부합하며, EU의 탄소국경조정제(CBAM)와 달리 제도적으로 간단명료하며 실용적이라고 판단된다. 미국이 RFF가 제안한 형태로 상류부문 탄소세와 탄소국경조정을 실시하게 된다면, 우리나라가 배출권거래제를 실시하고 있다는 것은 우리 사정일 뿐 미국에 수출하는 제품은 미국식 탄소국경조정에 따라 규제된다. 특히, EU 탄소국경조정제도(CBAM)와는 달리 RFF가 제안한 탄소국경조정 방안에서는 원산지에서 지불한 탄소가격은 고려되지 않을 가능성이 높다. 따라서 본 연구는 정책환경에의 부합성 및 제도적 실용성 측면에서 RFF가 제안한 상류부문 탄소세 부과와 탄소국경조정 방안의 채택 가능성이 높다고 판단하였다. 그리고 이에 대한 효과적 대응 방안은 RFF가 제안한 상류부문 탄소세와 탄소국경조정 방안을 국내에도 도입하는 것으로 생각한다. 이에 국내 화석에너지 순 공급량에 내재된 이산화탄소량을 산정하고, 이에 상류부문 탄소세가 부과되었을 때의 세수를 확인해본다. 그리고 상류부문 탄소세가 부과되어 에너지원간 상대가격이 변화했을 때의 효과를 분석하고자 한다. 다음으로 상류부문 탄소세가 대표적인 온실가스 다배출 업종 중 하나인 철강부문에 미치는 영향을 살펴보고자 한다.

III. 분석방법론 및 이용자료

1. 상류부문 탄소세 부과 방식⁵⁾

RFF에서 제안하고 있는 미국 환경에 부합하는 국경조정세(Border Tax Adjustment, BTA)는 상류부문 온실가스(GHG) 세금에 기반하여 부가가치세(Value-added Tax, VAT)와 유사한 방식으로 결정된다. 최종 생산품의 총부가가치는 중간투입물의 가치에 생산 과정에서 증가한 가치가 더해져 결정된다. 하지만 부가가치세(VAT)는 각 생산과정에서 증가한 부가가치에 대해서만 부과된다. 즉, 상류부문 GHG 세금은 부가가치세와 유사하게 최초의 또는 추가적인 GHG 배출에만 부과된다. 상류부문 GHG 세금의 납세원은 화석자원 생산자와 공정배출이 있는 에너지 집약적 무역 노출(EITE) 및 기타 산업이고, 과세 대상은 화석연료 자원으로부터 생산된 제품의 탄소함유량과 상류부문과 일부 EITE 및 기타 산업의 공정배출량이다.

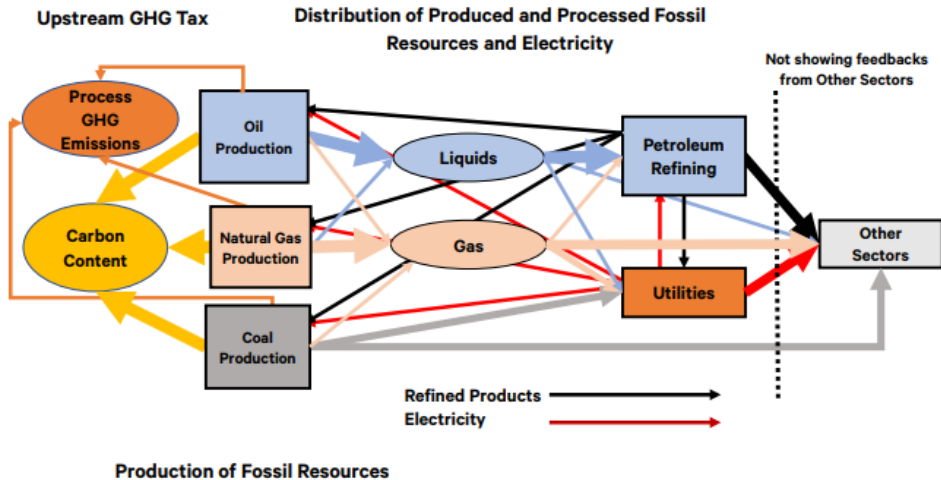
우선, 상류부문 GHG 세금은 화석연료 자원으로부터 생산된 제품에 포함된 탄소가 연소를 통해 모두 대기 중으로 배출된다는 가정하에 화석연료 자원의 탄소함유량과 화석연료 자원을 생산하는 과정에서 발생하는 GHG 공정배출량(환기, 소각, 탈루, 화석연료 생산을 위한 연료 소비 등으로 인함)에 따라 석탄, 석유 및 가스 자원 생산자에게 부과된다(<그림 1> 참조). 예를 들어, 원유의 경우 유정에서 생산되어 미국 내 정유소로 이전되는 지점에서 GHG 세금이 납부된다. 원유 생산에 대한 GHG 세금은 원유의 탄소함량뿐만 아니라, 원유를 생산하기 위해 배출되는 공정배출량에도 부과된다. 원유 생산의 공정배출은 수반가스(associated gas)의 환기, 소각(flaring), 누출로 인한 탈루배출, 그리고 어떤 경우에는 생산된 자원 일부를 열, 전력 또는 증기를 생산하는 데 활용함으로써 발생한다. 이 외에도 시멘트 생산과 기타 일부 생산 공정에서는 기술적 특성에 따라 화석연료의 사용과 상관없이 GHG가 배출되기도 하는데, 이 경우에도 상류부문 GHG 세금이 부과된다.

이처럼 상류부문 GHG 세금은 일부 부문에만 적용되지만, 세금의 경제적인 영향은 공급자, 생산자 및 소비자를 연결하는 공급망을 통해 경제 전반에 영향을 미친다. 상류부

5) 본 절은 Flannery et al.(2020a)의 pp. 6-9, 13-14, 24의 주요 내용을 요약 정리함.

문 GHG 세금은 석탄, 석유 및 천연가스 생산자와 시멘트 등의 기타 몇 가지 부문에만 직접적으로 부과되지만, 모든 EITE 부문은 화석자원, 연료, 전기, 그리고 에틸렌 및 벤젠과 같은 기타 에너지 집약적인 투입물을 사용함에 따라 경제적 영향을 받게 된다. 예를 들어, 상류부문 GHG 세금을 납부하는 것 외에도 석탄, 석유 및 가스 생산자는 화석자원을 추출하고 초기에 가공하는 데 사용하는 전기, 상업용 연료 및 기타 에너지 집약적인 투입물에 더 많은 비용을 지불하게 된다. 하류부문의 주요 예로, 발전사는 GHG 세금을 납부하지 않을 것이며, 정제회사는 처리하는 원유, 생산 연료 또는 전기, 상업용 연료 및 기타 에너지 집약적인 원재료에 대해서 GHG 세금을 납부하지 않는다. 그럼에도 불구하고, 상류부문 GHG 세금 때문에 정유회사는 원유와 천연가스에 대해 더 많은 비용을 지불하고, 화석연료를 사용하는 발전소에 더 많은 비용을 지불하게 된다. 결과적으로 석유, 가스, 석탄의 상류부문 생산자를 포함한 정유회사의 고객은 구매한 연료와 전기에 대해 더 많은 비용을 지불하게 되는 것이다(<그림 1> 참조).

<그림 1> 상류부문 GHG 세금 부과와 파급효과 전파



자료: Flannery et al.(2020a) p.37.

2. 상류부문 탄소세 국내도입 효과 분석을 위한 자료

앞 절에서 설명한 형태의 상류부문 탄소세를 국내에 도입했을 때의 경제적·환경적 효과를 분석하기 위해서는 우선, 화석연료(석탄, 석유, 천연가스)의 국내 생산량과 수입량을 파악해 국내에 순 공급되는 화석연료량을 확인해야 한다. 에너지수급 현황자료는 에너지경제연구원의 에너지통계연보에 상세히 수록되어 있다. 그러나 에너지통계연보에 수록된 현행 에너지밸런스는 원유의 생산 및 수입에 대해 제대로 설명하지 못했고, 에너지원 및 그 변환과정에 대해 상세히 수록하지 못했다는 한계가 있다(에너지경제연구원, 2021). 이에 본 연구는 원유의 생산 및 수입을 비롯해 현행 에너지밸런스보다 상세한 에너지원 및 그 변환에 대해서 다루고 있는 개정 에너지밸런스를 토대로 분석을 하였다(에너지경제연구원, 2022). 분석연도는 2019년으로 설정하였는데, 이는 2020년부터는 COVID-19의 확산으로 에너지수급 특성과 전반적인 경제상황이 예년과 다소 달라졌을 가능성이 높기 때문이다.

개정 에너지밸런스는 국내무연탄부터 열에너지까지 총 58개의 에너지원에 대해서 수록하나, 본 연구에서는 그중에서 화석에너지의 성격이 명확한 국내무연탄부터 기타 석유제품까지 38개의 에너지원에 대한 일차에너지공급 현황을 이용하였다. 38개의 화석에너지원 중에서 2019년을 기준으로 국내생산, 수입, 수출, 국제해운병커링, 국제항공병커링 실적이 있는 에너지원은 28개이다. 그 세부 에너지원별 일차공급 현황은 <표 1>과 같으며, 앞서 설명한 바와 같이 산업폐기물부터는 일차적인 화석에너지와는 성격이 다르다고 판단해 고려하지 않았으며, 국내생산, 수입, 수출, 국제해운병커링, 국제항공병커링 실적이 없는 콜타르 등의 10개 에너지원에 대해서는 우선 현황 표에서 제외했다.

화석에너지의 국내생산량은 2019년을 기준으로 국내무연탄이 51만 3천 toe로 확인되며, 또한 동해가스전에서의 천연가스 및 원유 생산량이 각각 25만 9천 toe 및 2만 3천 toe이다. 그러나 화석에너지의 국내생산 비중은 0.42%에 불과하며 99.58%의 화석에너지는 해외로부터의 수입에 의존한다는 점을 알 수 있다. 따라서 화석에너지 생산량이 매우 많은 미국과는 달리 우리나라에서 화석연료에 대한 상류부문 탄소세를 도입하면, 대부분이 수입된 화석에너지에 부과된다는 것을 알 수 있다. 한편, 원유 및 납사 수입량은 국내에서 정유 및 석유화학 공정을 거쳐 석유제품으로 다시 대량 수출되는 것을 알 수가 있다. 또한, 국제선 선박 및 항공기에 사용될 목적으로 판매되는 국제해운병커링 및 국

제항공병커링용 석유류의 반출량도 적지 않음을 알 수 있다.

〈표 1〉 화석에너지 일차공급 현황(2019년)

(단위: 천toe)	국내생산	수입	수출	국제해운병커링	국제항공병커링
국내무연탄	513				
수입무연탄		347	-0.3		
원료탄		15,768			
기타유연탄		65,147			
아역청탄		956	-1		
갈탄		0			
토탄		15	-1		
고형연료		4			
코크스		213	-12		
석탄 소계	513	82,450	-14		
천연가스	259	53,217			
가스 소계	259	53,217			
원유	23	15,726			
정제원료		687	-65		
기타탄화수소		62	-74		
프로판		7,255	-499	-0.1	
부탄		2,118	-74		
휘발유		16	-1,911	-0.4	
항공휘발유		0.5	-27		-1
등유형항공유			-15,896		-432
등유		5	-582	-0.1	
경유		20	-2,828	-1,288	
B-A			-33	-52	
B-B				-3	
B-C		52	-2,732	-778	
납사		27,714	-588		
용제		0.4	-157	-0.3	
윤활유		5	-2,416		
아스팔트			-3,325		
기타석유제품		6	-1,888		
석유 소계	23	53,667	-33,095	-2,121	-432
합계	795	189,334	-33,108	-2,121	-432

자료: 에너지경제연구원(2022)에 기반해 저자 작성.

주: 양(+) 값은 국내로의 반입을 의미하며, 음(-) 값은 국외로의 반출을 의미함.

다음 단계로 화석에너지 일차공급 자료를 이용해 각 화석연료에 내재된 탄소함량을 계산해주었다. RFF의 여러 연구보고서와 마찬가지로 탄소함량은 배출계수를 중심으로 작업되었는데, 국가 온실가스 인벤토리를 산정하는 것과 마찬가지로 IPCC 2006 인벤토리 지침(IPCC, 2006)의 방법론을 따랐다. 구체적으로는 다음의 수식을 통해서 화석에너지 사용에 따른 이산화탄소 배출량을 계산해주었다.

$$CO_2 = TA \times 0.041868 \times CF \times EF \times 44/12 \quad (1)$$

여기에서, TA는 총활동자료(total activity)를 의미하는 데 본 연구에서는 <표 1>에 제시된 화석에너지 일차공급량이 해당한다. 0.041868은 Joule 전환계수를 의미하며, CF는 순발열량과 총발열량 간의 열량 전환계수(conversion factor), EF는 탄소배출계수(emission factor)로 tC/TJ로 되어 있으며, 44/12는 탄소를 이산화탄소로 환산해주는 계수를 각각 의미한다. 다만, 국가 온실가스 인벤토리 산정 시에는 유탄유 등은 제품에 몰입된 탄소량을 고려해서 에너지부문 온실가스 배출량에서는 제외하고, 이러한 제품이 나중에 폐기물 형태로 분해될 때의 배출량으로 산정한다. 그러나 화석에너지 기반의 제품은 궁극적으로 탄소배출이 발생한다는 RFF의 방법론을 따라 본 연구에서는 탄소몰입률을 고려하지 않고 모두 탄소함량에 따라 배출량을 산정해주었다.

구체적인 산정을 위해서는 각 에너지원별로 열량 전환계수(CF)와 탄소배출계수(EF)가 필요하다. 열량 전환계수는 우리나라 국가 온실가스 인벤토리 산정에 적용되는 계수를 우선 고려하였으며, 그 외의 자료에 대해서는 에너지통계연보, IEA 자료(IEA, 2019) 등을 이용해 적용하였다. 탄소배출계수도 우리나라의 인벤토리 산정에 적용되는 계수를 중심으로 국가고유계수를 우선 적용하였으며(온실가스종합정보센터, 2020), 일부 국가고유계수가 부재한 경우에는 IPCC 2006 인벤토리 지침(IPCC, 2006)의 계수를 적용하였다(<표 2> 참조).

〈표 2〉 에너지원별 탄소배출계수

(단위: tC/TJ)

에너지원	배출계수	에너지원	배출계수	에너지원	배출계수
국내무연탄	30.185	원유	20	경유	20.111
수입무연탄	27.404	정제원료	20	B-A	20.657
원료탄	25.963	기타탄화수소	20.067	B-B	21.384
기타유연탄	25.951	프로판	17.641	B-C	21.929
아역청탄	26.468	부탄	18.107	납사	19.157
갈탄	27.6	휘발유	19.548	용제	19.172
토탄	28.9	항공휘발유	19.548	윤활유	19.979
고형연료	26.6	등유형항공유	19.931	아스팔트	21.544
코크스	29.2	등유	19.969	기타석유제품	20.067
천연가스	15.312				

자료: IPCC(2006), 온실가스종합정보센터(2020)에 기반해 저자 정리

IV. 분석결과

1. 기준 배출량 및 탄소세수 분석

2019년 기준 화석에너지 일차공급 현황을 토대로 이산화탄소 내재량을 산정하면 <표 3>과 같다. 화석에너지 국내생산의 이산화탄소 내재량은 294만 톤CO₂이며, 화석에너지 수입의 이산화탄소 내재량은 10억 972만 톤CO₂이었다. 국내생산의 내재량에서는 석탄의 비중이 높지만, 수입의 내재량에서는 석유의 비중이 약 56.4%로 절반 이상이며, 석탄이 약 32.4%를 차지하고, 약 11.2%는 천연가스 수입에 내재된 이산화탄소임을 알 수 있다. 따라서 화석에너지 국내생산과 수입에서 비롯되는 이산화탄소 내재량은 약 10억 1,266만 톤CO₂로 확인된다.

한편, 화석에너지 수출 및 국제병커링의 이산화탄소 내재량은 약 2억 4,613만 톤CO₂로 이를 국내생산 및 수입의 이산화탄소 내재량에서 차감하면, 화석에너지 일차공급의 이산화탄소 내재량은 약 7억 6,654톤CO₂로 평가된다. 우리나라의 국가 온실가스 인벤토리를 기준으로 2019년 국가 총배출량이 7억 137만 톤CO₂e인 것에 비하면(온실가스 종합정보센터, 2021) 약 9.3% 더 많다.

〈표 3〉 화석에너지 일차공급의 이산화탄소 내재량(2019년)

(단위: 천 톤CO ₂)	국내생산	수입	수출	국제해운병커링	국제항공병커링
국내무연탄	2,328				
수입무연탄		14,117	-1		
원료탄		60,263			
기타유연탄		248,025			
아역청탄		3,611	-0		
갈탄		0			
토탄		66	-0		
고형연료		14			
코크스		953	-52		
석탄 소계	2,328	327,049	-53		
천연가스	550	112,974			
가스 소계	550	112,974			
원유	65	452,639			
정제원료		1,969	-185		
기타탄화수소		179	-211		
프로판		18,050	-1,240	-0	
부탄		5,435	-190		
휘발유		45	-30,440	-0	
항공휘발유		1	-73		-1
등유형항공유			-45,174		-12,225
등유		14	-1,662	-0	
경유		57	-80,582	-3,702	
B-A			-98	-153	
B-B				-9	
B-C		15,828	-8,645	-22,398	
납사		75,447	-15,812		
용제		1	-427	-0	
윤활유		15	-6,911		
아스팔트			-10,411		
기타석유제품		18	-5,527		
석유 소계	65	569,698	-207,588	-26,262	-12,226
합계	2,943	1,009,721	-207,641	-26,262	-12,226

자료: 저자 작성.

주: 양(+) 값은 국내로의 반입을 의미하며, 음(-) 값은 국외로의 반출을 의미함.

이러한 차이는 다음과 같은 원인으로 설명할 수 있다. 먼저, 국가 온실가스 인벤토리에서는 납사, 윤활유 등의 석유화학제품에 대해서는 제품물입률을 고려해 내재된 탄소량이 에너지부문 배출량으로 100% 다 산정되지는 않는다. 그에 반해 본 연구에서는 RFF 보고서의 방법론에 따라 화석에너지 내에 포함된 탄소함량이 궁극적으로는 대기중으로 배출될 것이라는 철학에 기반해 제품물입률을 고려하지 않았다. 또한, 에너지 형태의 수출의 경우 본 연구에서는 일차공급에서 이미 고려하여 차감되나, 비에너지 석유화학제품의 경우에는 국가 온실가스 인벤토리와 달리 본 연구에서는 차감되지 않는다. 즉, 플라스틱 등 비에너지 석유화학제품의 수출이 매우 많은 우리나라는 원유 및 납사 수입에 따른 탄소내재량의 상당량이 국가 인벤토리에서는 수출로 차감이 될 것이나 본 연구에서는 그대로 계산이 되는 것이다.

다음으로, 현행 국가 온실가스 인벤토리가 IPCC 1996 지침을 적용하고 있으며 현행 에너지밸런스를 기반으로 에너지부문 배출량을 산정하는 반면, 본 연구에서는 IPCC 2006 지침과 개정 에너지밸런스를 기반하고 있다는 점에서의 차이가 발생할 수 있다.

마지막으로 배출량 비중은 낮지만, 본 연구에서 고려하지 않는 비에너지 기원(농업, 폐기물, 순수 산업공정 등) 온실가스 배출량 포함 여부에 따라서 차이가 발생한다. 이는 앞의 두 원인과 달리 본 연구의 배출량이 국가 인벤토리 배출량보다 더 작게 만드는 원인이나, 우리나라의 경우 비에너지 기원 배출량의 비중이 에너지 기원 배출량에 비해 매우 적고 앞에서 첫 번째로 거론된 원인의 영향이 매우 커서 현재와 같은 이산화탄소 내재량이 산정되었다고 판단된다.

다음 단계로는 이렇게 산정된 화석에너지 일차공급의 이산화탄소 내재량에 일정한 상류부문 탄소세를 부과해보았다. 본 연구에서는 최근 우리나라의 온실가스 배출권 가격을 고려해 이산화탄소 톤당 3만 원을 부과하는 시나리오를 고려하였다.

2019년 기준 화석에너지 일차공급 현황을 토대로 상류부문 탄소세를 산정하면 <표 4>와 같다. 화석에너지 국내생산의 탄소세는 약 883억 원이며, 수입의 탄소세는 약 30조 2,916억 원으로 분석된다. 따라서 화석에너지 국내생산과 수입에서 비롯되는 탄소세는 약 30조 3,799억 원으로 확인된다. 그러나 RFF 보고서의 철학에 따라 이러한 화석에너지 기반 제품이 수출될 경우 세금환급을 해주는 형태의 탄소국경조정을 고려해주면, 화석에너지 일차공급에 따른 탄소세도 조정되어야 마땅하다. 즉, 화석에너지 수출 및 국제

〈표 4〉 화석에너지 일차공급의 상류부문 탄소세(2019년)

(단위: 백만 원)	국내생산	수입	수출	국제해운병커링	국제항공병커링
국내무연탄	69,838				
수입무연탄		423,523	-25		
원료탄		1,807,902			
기타유연탄		7,440,759			
아역청탄		108,322	-1		
갈탄		4			
토탄		1,983	-1		
고형연료		422			
코크스		28,585	-1,563		
석탄 소계	69,838	9,811,500	-1,590		
천연가스	16,497	3,389,216			
가스 소계	16,497	3,389,216			
원유	1,963	13,579,163			
정제원료		59,055	-5,546		
기타탄화수소		5,363	-6,337		
프로판		541,494	-37,209	-1	
부탄		163,039	-5,697		
휘발유		1,354	-913,205		
항공휘발유		39	-2,184		-43
등유형항공유			-1,355,221		-366,739
등유		422	-49,848	-9	
경유		1,704	-2,417,457	-111,071	
B-A			-2,953	-4,592	
B-B				-259	
B-C		474,839	-259,341	-671,934	
납사		2,263,422	-474,357		
용제		31	-12,795		
윤활유		450	-207,331		
아스팔트			-312,343		
기타석유제품		545	-165,822		
석유 소계	1,963	17,090,920	-6,227,646	-787,866	-366,782
합계	88,298	30,291,636	-6,229,236	-787,866	-366,782

자료: 저자 작성.

주: 양(+) 값은 세입을 의미하며, 음(-) 값은 세금 환급을 의미함.

병커링에 따른 탄소세 환급금은 약 7조 3,839억 원으로 이를 국내생산 및 수입에 따른 탄소세에서 차감하면, 화석에너지 일차공급에 따른 탄소세는 약 22조 9,961억 원으로 평가된다. 이는 2019년도 우리 정부의 총세입 402조 원(기획재정부, 2020)의 약 5.7%에 해당하는 금액이다. 물론, 이러한 탄소세수는 화석연료 이외에 석유화학제품 등 다양한 제품의 수출이 발생하는 경우에 환급이 될 것이므로 다소 줄어들 여지가 있다. 하지만 반대로 탄소가 내재된 제품이 수입되어 국내에서 소비되는 경우에는 수입부과금의 형태로 세수가 확보될 것이다. 따라서 보다 정확한 상류부문 탄소세수 규모 분석을 위해서는 수출품과 수입품에 대한 보다 폭넓고 세밀한 추가 분석이 필요하다고 하겠다.

2. 가격변동을 고려한 배출량 및 탄소세수 분석

상류부문 탄소세가 부과될 경우, 에너지원 간의 상대가격 변화로 인해 우리나라의 에너지 소비 및 공급 양상에 변화가 발생할 것이다. 이러한 가격효과를 고려해주기 위해서는 에너지원별 가격탄력성과 탄소세 부과에 따른 가격 변화를 분석해야 한다. 먼저, 가격탄력성 자료는 다수의 선행연구가 있었으나(박창수, 2003; 박광수, 2005; 유동현 외, 2012), 본 연구에서는 연구 목적에 가장 부합하는 박광수(2005)에 수록된 정태모형의 가격탄력성 자료를 이용하였으며, 그 결과는 <표 5>에 제시되었다. 다만, 본 연구는 경제 전반에 대한 화석에너지 일차공급에 대해서 살펴보는 반면, 박광수(2005)는 산업부문의 에너지원별 가격탄력성에 대해서 분석했다는 차이가 있다. 둘 간의 차이가 분명히 존재하겠으나, 이용가능한 가격탄력성 자료가 부재한 관계로 박광수(2005)의 가격탄력성 자료를 그대로 이용해주었다.

또한, 표에서 확인되듯이 박광수(2005)는 석탄, 석유, 가스, 전력, 4종류의 에너지원에 대해 가격탄력성과 교차탄력성을 분석하였다. 본 연구에서는 석탄, 석유, 가스라는 큰 항목에 대해서가 아니라, 28개 화석에너지에 대해서 분석을 진행하고 있으므로 차이가 있다. 이 부분은 석탄의 하위에너지원에 대해서는 석탄의 탄력성을 적용해주는 식으로 일괄 적용해주었다. 이러한 선택은 이용가능한 자료의 한계로 인해 불가피한 선택이라고 하겠다.

〈표 5〉 박광수(2005)의 가격탄력성 분석결과

에너지원 1의 가격변화에 따른 에너지원 2의 수요변화		2			
		석유	가스	전력	석탄
1	석유	-0.364	0.072	0.287	0.005
	가스	0.862	-0.550	-0.268	-0.044
	전력	0.174	-0.014	-0.167	0.007
	석탄	0.042	-0.034	0.105	-0.113

자료: 박광수(2005) p.58.

한편, 전력을 선택지로 고려한 박광수(2005)의 분석결과를 이용해주기 위해서는 전력부문의 온실가스 배출량과 탄소세 부과도 분석해줄 필요가 있다. RFF 보고서의 철학과 IPCC 지침의 온실가스 배출량 산정 방법론을 고려해 2019년 기준 발전전용(사업용) 부문의 이산화탄소 내재량을 산정해주면, 2억 5,122만 톤CO₂e이 도출된다. 이는 우리나라의 국가 온실가스 인벤토리를 기준으로 2019년 공공전기 및 열 생산부문 온실가스 배출량이 2억 4,875만 톤CO₂e인 것에 비하면(온실가스종합정보센터, 2021) 약 1% 더 많다. 이러한 차이는 역시 앞에서 국가 총배출량의 차이를 설명한 것과 거의 유사한 원인에서 비롯된다.

한편, 본 연구에서 제시한 결과는 발전부문⁶⁾에서 사용한 화석연료에 내재된 이산화탄소량이며, RFF 보고서에 따른 탄소내재량을 보다 정확히 파악하기 위해서는 발전부문에서 사용된 석회석 등의 원재료에 내재된 탄소량까지도 고려해줄 필요가 있다. 발전부문에서는 탈황설비 가동을 위해 석회석을 사용하기 때문이다. 그러나 이러한 원재료 사용에 따른 탄소내재량은 화석연료 사용에 따른 내재량에 비해서는 그 양이 미미하므로 본 연구에서는 화석연료 사용에 따른 내재량만을 고려해주었다.

다음으로 이산화탄소 내재량 톤당 3만 원의 상류부문 탄소세 부과가 에너지원별로 공급단가를 얼마나 인상시킬 것인지를 분석할 필요가 있다. 이를 위해서는 먼저 에너지원별 공급단가를 파악해야 한다. 이를 위해서 에너지통계연보에 제시된 원유 수입 가격,

6) 전환부문 중 열 생산과 관련된 열병합과 열 전용은 일관된 열 수요의 가격탄력성을 구할 수 없기 때문에 분석에서 제외하였고, 열 생산의 배출량이 국내 배출량에서 차지하는 비중이 크지 않아서 분석 결과에 큰 영향이 없을 것으로 판단함.

석유제품 소비자가격, 도시가스 가격(KOGAS 평균 공급 가격), 석탄 수입량 및 수입액, 석탄 및 연탄가격, (전력) 종별 판매단가 및 판매수입 등을 활용했고(에너지경제연구원, 2021), 한국석유공사의 제품별 석유제품수입 자료를 활용했다(공공데이터포털, 2022). 이러한 자료를 토대로 28개 화석에너지원과 전력의 공급단가와 에너지 공급량을 곱해 거래액을 추정하였다. 이러한 거래액을 기준으로 탄소세 부과에 따른 가격상승률을 산정해주고, 박광수(2005)에 따른 가격탄력성과 교차탄력성을 함께 고려해 화석에너지 및 전력 수요변화율과 변화량을 각각 산정해주었다.

가격탄력성 결과에 기반해, 기본적으로 탄소세 부과에 따라서 화석에너지에 대한 수요는 석탄, 석유, 가스순으로 감소하고 이는 전력에 대한 수요 증가로 이어지는 것으로 분석된다. 만약 이러한 전력에 대한 수요 증가를 전력부문의 이산화탄소 원단위 및 전력 가격 변화 없이 충당할 수 있다면, 상류부문 탄소세 부과로 화석에너지에 대한 수요를 줄이고 이산화탄소 내재량 감소로 이어질 수 있을 것이다.

이러한 분석결과를 토대로 상류부문 탄소세 부과로 화석에너지 국내생산 및 수입에 따른 이산화탄소 내재량 변화를 추산해주면 3,895만 톤CO₂가 감소하는 것으로 확인된다. 이는 앞서 화석에너지 국내생산 및 수입에 따른 이산화탄소 내재량 10억 1,266만 톤 CO₂ 대비 약 3.84% 수준에 해당한다. 이 경우 탄소세수도 동일한 비율로 줄어들어 1조 1,686억 원이 감소할 것으로 분석된다(<표 6> 참조).

〈표 6〉 상류부문 탄소세의 국내 생산 및 수입의 이산화탄소 내재량 변화

(단위: 천 톤CO₂, 백만 원)

		국내 생산	수입	소계
가격변동 미고려	CO ₂ 내재량	2,943	1,009,721	1,012,664
	탄소세수	88,298	30,291,636	30,379,934
가격변동 고려	CO ₂ 내재량	2,822	970,890	973,712
	탄소세수	84,665	29,126,700	29,211,364

자료: 저자 작성.

3. 철강부문의 경제적·환경적 영향

다음으로 RFF 보고서에 제시된 상류부문 탄소세 부과와 탄소국경조정제를 우리나라의 철강부문에 적용하는 경우의 경제적 및 환경적 영향이 어떠한지에 대해서 살펴보자. 철강부문은 우리나라 산업부문 중에서 가장 온실가스 배출량이 많은 업종이며 상대적으로 온실가스 배출이 제선공정에 집중되어 있어 분석이 용이하다는 장점이 있다.

이를 위해서는 먼저 철강부문의 에너지 수급현황을 살펴볼 필요가 있다. 주의할 점은 현행 에너지밸런스와 달리 개정에너지밸런스에서는 최종소비부문의 철강업종 에너지 소비량만을 고려할 경우, 철강 생산을 위한 에너지소비량의 많은 부분을 놓치게 된다는 점이다. 에너지전환부문이 상세하게 수록된 개정에너지밸런스에서는 코크스로에서 유연탄이 코크스로 전환되고, 고로에서 이러한 코크스를 이용해 선철을 만들며, 그 과정에서 생성된 코크스로가스와 고로가스가 다시 자가발전설비를 통해 전기로 전환되는 일련의 흐름을 모두 고려해야 제대로 된 에너지소비량을 파악할 수가 있다. 따라서 본 연구에서는 코크스로, 고로, 코크스로(자체소비), 고로(자체소비), 발전전용 자가 생산 (autoproducer)과 같은 전환공정 및 에너지산업 자체소비 부문에서의 에너지 전환 흐름을 면밀히 검토하였고, 최종에너지소비에서 철강업종의 에너지소비량도 함께 살펴보았다.

분석 결과 철강부문의 에너지 수급현황은 <표 7>에서 제시된 바와 같이 파악된다. 코크스로를 예를 들면, 원료탄 17,196천 toe를 이용해 코크스 11,620천 toe, 콜타르 561천 toe, 코크스로가스 3,609천 toe를 생산했다는 것을 알 수 있다. 최종에너지소비에서 철강업종의 경우, 에너지전환 없이 순수하게 제시된 값만큼 에너지를 소비했다. 원자료에는 열사용량도 미량 포함되어 있으나, 분석의 편의를 위해 포함시키지 않았다. 한편, 발전전용 자가 생산에서 코크스로가스, 고로가스, 기타석탄가스는 전량 철강부문과 관련이 있다고 보아 철강부문으로 분류했으며, 일부 천연가스 사용설비도 존재하나 철강부문의 사용량을 명확히 분배하기 쉽지 않아 포함시키지 않았다. 이외에도 폐기물 등 다른 에너지원도 철강부문 자가발전과 관련이 있을 것으로 판단되나, 폐기물은 본 연구에서 다루는 화석에너지 일차공급과 무관하며, 그 밖의 소소한 에너지원들은 그 사용량이 미미해 분석의 편의를 위해 포함시키지 않았다.

〈표 7〉 철강부문의 에너지 수급현황(2019년)

(단위: 천toe)	코크스로	고로	코크스로 (자체소비)	고로 (자체소비)	철강	발전전용 (자가, 철강)
수입무연탄					900	
원료탄	17,196	1,025				
기타유연탄		4,839				
코크스	-11,620	11,064			720	
콜타르	-561					
코크스로가스	-3,609		356	601	1,842	365
고로가스		-5,438	1,077	1,203	45	1,891
기타석탄가스		-751			354	397
천연가스					416	
도시가스					1,247	
프로판					27	
부탄					19	
경유					13	
B-A					7	
B-C					11	
전기					4,557	
열					6	
합계	1,406	10,739	1,433	1,804	10,164	2,652

자료: 에너지경제연구원(2022)에 기반해 저자 작성.

주: 양(+) 값은 소비량을 의미하며, 음(-) 값은 (전환)생산량을 의미함.

앞에서 정리한 철강부문의 에너지 수급현황을 토대로 IPCC 인벤토리 지침 등의 방법론에 따라서 <표 8>과 같이 철강부문의 이산화탄소 내재량을 산정하였다. 이산화탄소 총 내재량은 1억 622만 톤CO₂로 분석되었다. 이를 보다 세분화해보면, 코크스로부터 고로(자체소비)까지 제선공정을 위한 에너지전환공정에서는 총 3,931만 톤CO₂, 철강업종의 화석연료사용에 따른 직접배출 내재량은 1,687만 톤CO₂, 철강업종의 전력사용에 따른 간접배출 내재량은 2,586만 톤CO₂, 발전전용 자가생산에 따른 내재량은 2,418만 톤CO₂으로 각각 그 비중이 37.0%, 15.9%, 24.3%, 22.8%로 분석된다. 즉, 화석에너지 직접 사용에 따른 내재량 비중이 52.9%, 전기형태로 사용에 따른 내재량 비중이 47.1%로 파악된다.

〈표 8〉 철강부문의 이산화탄소 내재량 및 탄소세 부담(2019년)

(단위: 천 톤, 백만 원)	이산화탄소 내재량	탄소세 부담
코크스로	5,985	179,561
고로	6,945	208,343
코크스로(자체소비)	12,296	368,871
고로(자체소비)	14,082	422,462
철강 (전력사용에 따른 간접배출)	42,726 (25,857)	1,281,774 (77,570)
발전전용(자가, 철강)	24,182	725,454
합계	106,215	3,186,465

자료: 저자 작성.

1억 622만 톤CO₂에 달하는 것으로 분석된 철강부문의 이산화탄소 내재량에 톤당 3만 원의 상류부문 탄소세가 그대로 철강부문의 생산원가에 전가되었다고 가정할 경우, 철강부문의 탄소세 부담이 약 3조 1,865억 원에 달할 것으로 추산된다.⁷⁾ 물론, 실제로 상류부문에서 부과된 탄소세가 전액 철강부문의 부담으로 전가될지는 각 연료원별 시장에서 조세 전가 정도에 따라 달라지기 때문에 추가적이 분석이 필요하다. 그러나 RFF 보고서에서 언급된 상류부문 탄소세 제도가 부가가치세(VAT)와 유사하다는 특성을 감안한다면, 궁극적으로는 제품 가격에 세금 부담이 전가되어 최종재의 소비행태에도 영향을 주는 것이 제도 도입의 목적에 부합한다고 볼 수 있다.

〈표 9〉 철강재의 국내외 수급량(2019년)

(단위: 백만 톤, %)		수급량	수요 및 공급에서의 비중
수요	명목소비	53.2	63.6
	수출	30.4	36.4
	소계	53.2	100
공급	생산	73.6	88.0
	수입	10.0	12.0
	소계	126.8	100

자료: 한국철강협회(2022)를 원자료로 하는 e나라지표(2022)에 기반해 저자 작성.

7) 이 탄소세는 철강부문이 직접 지불한 것은 아니고 상류부문에서 납부한 탄소세가 온전히 전가되어 증가한 투입 비용에 해당함.

다만, 철강제품은 수출 비중이 매우 높아, 수출환급금의 규모를 고려하는 것이 필요하다. <표 9>에 제시된 2019년 기준 철강재의 국내외 수급량을 보면, 국내 철강재 총수요량 중에서 수출이 차지하는 비중이 36.4%를 차지하는 것을 알 수 있다. 따라서 앞서 산출된 3조 1,865억 원에 달하는 철강부문의 탄소세 부담은 철강재의 수출에 따른 수출환급금 1조 1,599억 원을 공제하고 나면, 내수용 탄소세 순부담은 2조 266억 원에 해당한다고 분석된다.⁸⁾ 이를 다시 표로 정리하면, <표 10>으로 제시할 수 있다.

추가로, 해당 규모의 탄소세 세부담이 철강업종에서 어느 정도의 부담이 될지를 비교해 주기 위해, 한국은행의 기업경영분석에 수록된 제조원가명세서상의 당기총제조비용을 살펴보았다. 2019년 기준으로 제10차 한국표준산업분류 상의 1차 철강업종의 당기총제조비용은 86조 8,628억 원에 달했다(한국은행, 2022). 따라서 당기총제조비용 대비 탄소세 부담은 약 3.67%에 달해 그 비중이 작지 않음을 알 수 있다. 물론, 철강제품 수출환급금 규모가 작지 않아 실제 부담규모는 상당 폭 감소될 것이며, 수요산업에 비용 전가가 되겠으나, 철강재의 가격상승요인으로 작용할 것은 분명해 보인다.

<표 10> 당기총제조비용 대비 철강부문의 이산화탄소 탄소세 부담(2019년)

(단위: 천 톤, 백만 원)	본 연구에서 추산한 탄소세 부담(A)	한국은행의 제조원가명세서(B)	당기총제조비용 대비 탄소세 부담(A/B, %)
탄소세 부담	3,186,465		3.67
철강제품 수출환급금	1,159,873		1.34
탄소세 순부담	2,026,592		2.33
당기총제조비용		86,862,837	

자료: 저자 작성, 당기총제조비용은 한국은행(2022)에 기반함.

V. 결론

본 연구는 RFF의 여러 보고서에서 제시된 상류부문 탄소세를 국내에 적용하였을 때의 경제적·환경적 효과를 살펴본 것이다. CO₂톤당 3만 원의 상류부문 탄소세가 국내 화석에너지 순 공급량에 적용될 경우, 예상 탄소세 수익은 약 22조 9,961억 원으로 2019년

8) 3조 1,865억 원 - 1조 1,599억 원(36.4%에 해당) = 2조 266억 원

도 우리 정부의 총 세입 402조 원(기획재정부, 2020)의 약 5.7%에 해당하는 수준이었다. 상당한 규모의 탄소세 수익이 추산된 것은 우리나라의 경제 구조 특성 상 화석에너지에 많은 의존을 하고 있기 때문으로 판단된다. 상류부문 탄소세가 부과되어 석탄, 석유, 가스, 전력 간의 상대가격이 변화할 경우, 화석에너지에 대한 수요는 석탄, 석유, 가스순으로 감소하고 이는 전력에 대한 수요 증가로 이어지는 것으로 분석되었다. 만약 이러한 전력에 대한 수요 증가를 전력부문의 이산화탄소 원단위 및 전력가격 변화 없이 충당할 수 있다면, 상류부문 탄소세 부과로 화석에너지에 대한 수요를 줄이고 이산화탄소 내재량 감소로 이어질 수 있을 것이다.

또한, 본 연구는 상류부문 탄소세 부과와 탄소국경조정제를 우리나라의 철강부문에 적용하는 경우의 경제적 및 환경적 영향이 어떠한지에 대해서 살펴보았다. 철강부문의 에너지 수급현황을 토대로 산정한 철강부문의 이산화탄소 내재량은 1억 622만 톤CO₂이었다. 이에 대해 이산화탄소 내재량에 톤당 3만 원의 상류부문 탄소세가 그대로 철강부문의 생산원가에 전가되었다고 가정할 경우, 철강부문의 탄소세 부담은 약 3조 1,865억 원에 달할 것으로 추산되었다. 다만, 철강제품은 수출 비중이 36.4%로 높기 때문에 수출환급금의 규모를 고려하는 것이 필요하다. 이 경우, 철강재의 수출에 따른 수출환급금 1조 1,599억 원을 공제하고 나면, 철강부문의 내수용 탄소세 순부담은 2조 266억 원에 해당한다고 분석되었다. 2019년 기준으로 1차 철강 업종의 당기총제조비용은 86조 8,628억 원에 달했는데, 당기총제조비용 대비 총 탄소세 부담은 약 3.67%에 달했고, 수출 환급금을 고려한 순 탄소세 부담도 2.34%에 달해 그 비중이 작지 않음을 알 수 있다. 물론, 철강제품 수출환급금 규모가 작지 않아 실제 부담규모는 상당 폭 감소될 것이며, 수요산업에 비용 전가가 되겠으나, 철강재의 가격상승요인으로 작용할 것은 분명해 보인다.

본 연구의 정책적 시사점은 미국이 자국 정책 환경에 부합하는 형태로 탄소세 및 탄소국경조정제를 도입하였을 때, 우리 경제나 관련 산업이 대응전략을 수립함에 있어서 기초 자료로 활용될 수 있는 연구결과를 제공하였다는 것이다. 현재는 EU가 배출권거래제나 탄소국경조정제(CBAM) 등을 통해 기후변화 대응, 그리고 이를 위한 무역 정책의 활용에 있어 전 세계를 선도하는 것으로 생각된다. 그러나 미국은 자국 환경에 부합하는 새로운 형태의 탄소세나 탄소국경조정제를 채택하려는 움직임이 있는데, 미국의 결정은 온실

가스 배출량, 시장 규모, 정책적 영향력 등 여러 면에서 더 큰 파급효과를 야기할 것으로 예상된다. 향후 어떠한 형태로 미국의 관련 정책이 수립될지는 아직 구체화되지는 않았으나, 관련 국내 연구가 거의 전무한 가운데 본 연구의 시도는 향후 미국 중심의 기후변화 대응 및 무역질서 재편 움직임이 있을 때를 대비하기 위한 연구의 밑거름으로 활용될 수 있을 것이다.

본 연구는 학술적으로는 에너지경제연구원에서 구축한 개정에너지밸런스를 활용해 에너지의 변환과정을 고려하였고, IPCC 2006 가이드라인과 한국의 고유배출계수를 활용해 이산화탄소배출량을 계산한 국내 최초의 연구라고 할 수 있다. 우리나라의 현행 2030년 국가 온실가스 감축목표, 2050년 탄소중립 로드맵 등은 모두 IPCC 1996 가이드라인에 기반한 온실가스 배출량에 따라 작성되었다. 그러나 2023년부터는 파리협정에 따라 우리나라도 온실가스 배출량을 IPCC 2006 가이드라인에 따라 산정해야 한다. 따라서 온실가스 감축목표뿐만 아니라 탄소국경조정 등과 관련된 정책수립 및 연구에 있어서도 향후에는 IPCC 2006 가이드라인에 따라 온실가스 배출량을 산정해 이용해야 한다. 본 연구는 이러한 연구의 물꼬를 텃다고 평가할 수 있다.

그러나 본 연구는 EU ETS, EU의 CBAM, 우리나라의 배출권거래제, 한국과 EU 및 미국 등 주요 무역대상국 간의 가치사슬 구조 등을 종합적으로 고려하지 못했다는 한계가 있다. 우리나라는 2015년부터 배출권거래제를 실시하고 있고, 현실적으로 탄소국경조정 관련해 정책적인 시사점을 얻기 위해서는 이에 대한 고려가 필요하다. 또한, 탄소국경조정은 기후변화 및 무역과 함께 관련된 정책수단이므로 무역 흐름, 글로벌 가치사슬 구조에 대한 고려가 함께 이뤄져야 보다 현실적인 연구가 될 수 있다. 이러한 한계점이 있음에도 불구하고, 본 연구는 상류부문 탄소세 및 탄소국경조정에 관한 연구의 첫발을 내딛었다는 점에서 충분한 연구기여도가 있다고 생각된다. 향후 연구에서는 우리나라와 무역 상대국의 현실 요소들을 더욱 고려한 연구가 이뤄질 필요가 있겠다.

[References]

- 공공데이터포털, 한국석유공사_석유제품수입_제품별, 2022, 접속일: 2022.10.12.
<https://www.data.go.kr/data/15054609/fileData.do>
- 기획재정부, 「2019회계연도 총세입·총세출 마감 결과」, 보도자료(2020.02.10.), 2021.
- 김동구, “EU 탄소국경조정제도(CBAM) 추진의 핵심 쟁점과 산업경제적 의의에 대한 연구”, 「산업연구」, 제46권 제3호, 단국대학교 부설 미래산업연구소, 2022.12.
- 김동구·손인성, 「유럽 그린딜 내 탄소국경세 도입 시 글로벌 가치사슬 영향 및 국내 대응방안 연구」, 기본연구보고서 2021-07, 에너지경제연구원, 2021.
- 김명자, 「미국의 탄소세 국경조정과 WTO 규범과의 합치성 연구-중국에 대한 시사점을 중심으로-」, 국내석사학위논문, 연세대학교대학원, 2014.
- 김선옥·홍석진, 「미국, 탄소국경조정제도 주요 내용 - 공정전환경쟁법(Fair Transition and Competition Act) 중심 -」, 국제환경규제기업지원센터 분석보고서 370-22-001, 국제환경규제 기업지원센터, 2022.
- 김수현·김창훈, 「유럽 그린딜의 동향과 시사점」, 수시연구보고서 20-01, 에너지경제연구원, 2020.
- 문진영·오수현·박영석·이성희·이은미, 「국제사회의 온실가스 감축 목표 상향과 한국의 대응방안」, 대외경제정책연구원, 2020.
- 박광수, 「환경규제에 따른 산업부문의 에너지원간 대체관계 및 온실가스 배출저감 효과 분석」, 기본연구보고서 2005-13, 에너지경제연구원, 2005.
- 박창수, 「산업부문내의 에너지 대체 효과 분석」, 기본연구보고서 03-15, 에너지경제연구원, 2003.
- 박혜리·박지현, 「탄소국경조정제도(CBAM)에 대한 중소기업 대응방안 연구」, 대외경제정책연구원, 2021.
- 변진석, “미국 기후변화 법안의 국경조치와 국제통상법: 리버만 워너 법안의 WTO법 위반과 예외적용의 가능성분석”, 「환경법연구」, 제32권 제3호, 2010a, pp. 261~289.
- 변진석, “미국 기후변화법안의 국제경쟁력문제에 관한 조치 분석”, 「경제법연구」, 제9권 제2호, 2010b, pp. 161~184.
- 산업부, 「국무조정실, EU CBAM 대응현황 점검회의 개최」, 보도자료(2022.12.13), 2022.
- 손인성·김동구, 「EU 배출권거래제 4기의 핵심 설계 변화 분석과 국내 배출권거래제 3기에의

- 시사점], 수시연구보고서 20-02, 에너지경제연구원, 2020.
- 에너지경제연구원, 개정 에너지밸런스_확장 밸런스, 2022, 접속일: 2022.10.12.
[http://www.kesis.net/FileDownloadAction.do?file=/admin/admin_RegList.jsp/20220407/545941649320354470_01.xlsx&oldFile=BAL_EXTEND_\(1990-2020\).xlsx](http://www.kesis.net/FileDownloadAction.do?file=/admin/admin_RegList.jsp/20220407/545941649320354470_01.xlsx&oldFile=BAL_EXTEND_(1990-2020).xlsx)
- 에너지경제연구원, 「에너지통계연보 2021」, 2021.
- 온실가스종합정보센터, 「2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서」, 2020.
- 온실가스종합정보센터, 「국가 온실가스 인벤토리(1990-2019) 공표」, 2021.
- 유동현·박창수·이윤재, “산업별 에너지원간 대체관계 추정을 통한 탄소세의 CO₂ 감축 효과 분석”, 「에너지경제연구」, 제11권 제1호, 2012, pp. 85~114.
- 장은혜·한정훈, 「유럽연합의 탄소국경조정제도와 한국의 법률적·정책적 대응」, 한국법제연구원, 2021.
- 한국은행, 한국은행 경제통계시스템, 2022, 접속일: 2022.10.17.
<https://ecos.bok.or.kr/>
- 한국철강협회, 『철강통계조사』, 2022.
- e나라지표, 철강산업 동향, 2022, 접속일: 2022.10.17.
https://index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1152
- Aylor, B., M. Gilbert, N. Lang, M. McAdoo, J. Öberg, C. Pieper, B. Sudmeijer, and N. Voigt, *How an EU carbon border tax could jolt world trade*, 2021.6.30. Boston Consulting Group, 2020.
- European Commission, *Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council Establishing a Carbon Border Adjustment Mechanism*, COM(2021) 564 final, 2021.7.14. Brussels, 2021.
- Flannery, B. P., and J. W. Mares, *Determining the Greenhouse Gas Index for Covered Products of Specific Manufacturers*, Report 21-31, October 2021, Resources for the Future, 2021a.
- Flannery, B. P., and J. W. Mares, *Export Rebates and Import Charges for Border Tax Adjustments Under an Upstream US GHG Tax: Estimates and Methods*, Report 21-32, October 2021, Resources for the Future, 2021b.
- Flannery, B. P., J. A. Hillman, J. W. Mares, and M. C. Porterfield, *Framework Proposal for a US Upstream GHG Tax with WTO-Compliant Border Adjustments: 2020 Update*, Report 20-14, October 2020, Resources for the Future, 2020a.

Flannery, B. P., J. A. Hillman, J. W. Mares, and M. C. Porterfield, *Policy Guidance for US GHG Tax Legislation and Regulation: Border Tax Adjustments for Products of Energy-Intensive, Trade-Exposed and Other Industries*, Report 20-15, October 2020, Resources for the Future, 2020b.

Flannery, B. P., J. A. Hillman, J. W. Mares, and M. C. Porterfield, *Framework proposal for a US upstream greenhouse gas tax with WTO-compliant border Adjustments*, March 2018, Resources for the Future, 2018.

IEA, *Coal information*, International Energy Agency, 2019.

IPCC, *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006.

Kuusi, T., M. Björklund, V. Kaitila, K. Kokko, M. Lehmus, M. Mechling, T. Oikarinen, J. Pohjola, S. Soimakallio, and M. Wang, *Carbon Border Adjustment Mechanisms and Their Economic Impact on Finland and the EU*, Prime Minister's Office, Helsinki, 2020.

Mares, J. W., and B. P. Flannery, *WTO-Compatible Methodologies to Determine Export Rebates and Import Charges for Products of Energy-Intensive, Trade-Exposed Industries, If There Is an Upstream Tax on Greenhouse Gases*, Report 18-19, October 2018, Resources for the Future, 2018.

RFF, About us – History. Resources for the Future, 2022, Access: 2023.1.26.

<https://www.rff.org/about/>

UNCTAD, *A European Union Carbon Border Adjustment Mechanism: Implications for developing countries*, United Nations Conference on Trade and Development, 2021.

USTR, *2021 Trade Policy Agenda and 2020 Annual Report of the President of the United States on the Trade Agreements Program*, United States Trade Representative, 2021.