Journal of Korean Economic Studies
2025, Vol.43, No.4, 67~94
https://doi.org/10.46665/jkes.2025.12.43.4.67

탄소국경조정제도의 온실가스 감축 및 사회후생 효과 분석*

오세신** · 김상기***

본 연구는 환경규제 수준이 높은 국가의 탄소국경조정제도 도입의 환경적 영향과 경제적 영향을 분석한다. 본 제도의 도입이 경제주체들로 하여금 온실가스 감축 유인을 갖도록 하는지를 먼저 분석한 후 제도 시행국의 역내 기업과 역외 기업 간 경쟁에 미치는 영향을 파악한다. 마지막으로 본 제도 도입에 따른 역내국과 역외국의 사회후생 변화를 분석한다. 산업 내 무역 모형을 근간으로 하여 실현 가능한 네 가지 시나리오를 설정하여 분석한 후 도출된 결론은 다음과 같다. 첫째, 환경규제 수준이 높은 국가는 탄소국경조정제도를 시행할 유인이 항상 존재한다. 동시에 본 제도는 탄소 누출을 억제함으로써 온실가스 감축 목표 달성에 기여할 수 있다. 시행국 외 다른 국가들은 본 제도를 수용하거나, 자체적인 탄소세 부과로 대응하되 다른 국가의 정책적 선택은 자국의 시장 규모에 의존한다.

핵심주제어: 탄소국경조정, 선진국, 개도국, 사회후생, 탄소 누출
경제학문헌목록 주제분류: D58, F13, F18, O54, Q54

I. 서론

2019년 12월 발표된 유럽 그린 딜(European Green Deal)은 2050년까지 탄소 중립을 달성하고, 산업 경쟁력을 강화하며, 공정한 전환을 통해 유럽(이하 EU)

* 본 연구는 에너지경제연구원의 "탄소국경조정제도 대응전략 분석을 위한 게임이론 기반의 3개국 무역모형구축 연구"에 기초한 연구입니다. 또한 이 논문은 충북대학교 국립대학육성사업(2025)의 지원을 받아 작성되었습니다.
** 제1저자, 에너지경제연구원 연구위원, 전화: (052) 714-2187, E-mail: ssoh@keei.re.kr
*** 교신저자, 충북대학교 국제경영학과 교수, 전화: (043) 261-3276, E-mail: abekim@chungbuk.ac.kr
논문투고일: 2025. 10. 7 논문수정일: 2025. 10. 31 게재확정일: 2025. 11. 8

경제의 지속 가능한 성장을 목표로 하는 다양한 계획을 발표하였다. 이를 견인하는 가장 핵심적인 제도가 탄소국경조정제도(Carbon Border Adjustment Mechanism: CBAM, 이하 CBAM)이다. CBAM은 2026년부터 유럽 외 지역에서 EU로 수출하는 일부 교역 품목에 대해 생산 과정에서 발생하는 이산화탄소 배출량과 생산국 내에서의 탄소비용 부담 수준을 감안하여 탄소세를 추가로 부과하는 제도이다. 이는 EU의 배출권거래제로 인한 탄소 감축이 해외로 누출되는 것을 방지하기 위해 도입되었다. 2024년 10월부터는 EU의 탄소 배출 규제 품목을 수출하는 기업들은 의무적으로 탄소 배출량을 보고해야 한다. CBAM에 적용을 받는 기업은 철강, 알루미늄, 비료, 전기, 시멘트, 수소 품목를 생산하는 EU 역외 기업들이다. 탄소국경조정세의 크기는 해당 품목 생산 시 발생한 초과 탄소배출량에 대해 EU 탄소배출권거래제(Emission Trading System: ETS)에서 결정된 탄소배출권 가격과 생산 지역의 탄소배출권 가격의 차이만큼을 지불하는 방식이다.[1)]

유럽이 CBAM을 도입한 핵심 배경은 탄소 누출(carbon leakage)에 있다. 탄소 누출이란 한 국가가 탄소 배출 규제를 강화할 때, 탄소 배출량이 순수하게 감소하는 것이 아니라 배출 규제가 없거나 낮은 국가로 이전되는 현상을 말한다. 다시 말하면, 배출 규제가 높은 국가에 있는 기업들이 배출 규제가 낮은 국가로 이전해 배출을 하거나, 강화된 배출 규제로 자국 내 교역재의 생산은 경쟁력 저하로 감소하면서 배출량도 줄지만 상대적으로 배출 규제가 없는 국가 내 생산량과 배출량은 증가하는 것을 의미한다. CBAM은 EU 시장에서 높은 배출 규제로 역내 기업들의 경쟁력이 저하되는 것을 방지하는 한편, EU로 수출하는 해외 기업들의 탄소 배출 감축을 유도하여 탄소 누출 방지 및 지구적인 온실가스 감축에 기여하는 것이 도입 목적이라 할 수 있다.

CBAM을 경제적 관점에서 바라본다면, 결국 EU 역외 기업이 탄소국경조정 명목의 관세를 추가로 지불하는 것으로 이로 인해 EU는 새로운 세수(tax revenue)

---

1) CBAM은 전환기간(2023.10.1~2025.12.31) 동안에는 보고 의무만 부과되며, 간접 배출량 보고 의무는 일부 품목에 대해 한시적 의무사항이며, EU 역내 생산에 대한 EU ETS 무료 할당은 유지된다. 그러나 완전 시행기간인 2026년 1월 1일 이후부터는 CBAM 인증서 구매 의무가 시작되며, EU ETS의 무료 할당이 CBAM 도입 비율에 맞추어 2026년부터 2034년까지 단계적으로 폐지된다(Free Allocation Phase-out Roadmap). 한편, 총배출량은 직접 배출량(연료 연소, 공정반응, 열/냉각 에너지 사용 등 생산 활동에서 직접 발생하는 배출량)과 간접 배출량(전력 사용에 따라 외부 발전소 등에서 유발된 간접 배출량)으로 구분되는데 CBAM 인증서 구매량 및 탄소비용 산정 기준은 이 둘을 합한 총배출량을 기준으로 한다.

를 확보하게 되는 셈이다. 반면 EU의 CBAM에 대해 역외 국가의 정부는 교역조건의 변화에 대응하기 위한 방안을 수립해야 할 것이다. 대표적으로 인도의 경우에는 CCTS라는 자국의 탄소국경조정제도의 도입을 통해 자국 기업이 탄소가격을 지불하고 초과된 탄소량에 대해서만 EU의 CBAM을 적용받도록 하는 방식을 취한다(Best 2023). 한편, 인도네시아나 카자흐스탄은 CBAM 대응을 위해 탄소세를 도입하여 확대해 가고 있다(Issayeva, 2023). 요약하면 CBAM 시행에 대한 정책적 대응 방안으로써 다른 국가들은 자체적으로 탄소국경조정제도를 시행하거나 자국 기업에게 탄소세를 부과하는 정책적 결정을 했다고 볼 수 있다. 이러한 대응의 목적은 EU 정부가 획득할 세금을 자국으로 이전시킬 수 있다고 보았기 때문일 것이다. 따라서 EU의 CBAM 시행에 대한 대응 정책으로서 역외 국가들이 경제적 관점에서 어떻게 전략적으로 대응할 수 있으며, 이러한 대응이 전 지구적인 탄소 감축에는 어떠한 영향을 미치는지를 분석하는 것은 CBAM의 본격적인 시행을 앞둔 현시점에서 의미가 있다.

따라서 본 연구에서는 선진국이 CBAM을 도입하는 경우 상호 간 교역을 하는 중진국과 개도국의 합리적 대응 방안과 각 국가의 기업들 간 경쟁에 어떠한 영향을 미치는지를 분석한다. 또한 CBAM 시행이 EU의 역내, 역외, 역내와 역외를 포괄한 지구적 차원에서 온실가스 감축을 유도할 수 있는가 하는 점에 대해서도 이론적인 분석을 시도한다. 다시 말해, 탄소 누출의 문제가 CBAM을 통해 해소될 수 있는지를 살펴본다. 따라서 세 개의 국가ㅡ환경규제 수준이 가장 높은 국가를 선진국, 규제 수준이 중간인 국가를 중진국, 가장 낮은 국가를 개도국ㅡ가 상호 교역하는 산업 내 무역 모형을 기초로 분석을 시도한다. 네 가지 시나리오를 설정한다. 시나리오 1은 환경 관련 규제가 존재하지 않고 다만 국가 간 무역에서 최적관세가 존재하는 상황을 검토한다. 시나리오 2는 환경규제 수준이 높은 국가가 CBAM을 도입한 경우를 분석한다. 시나리오 3은 CBAM에 대해 다른 국가가 자체적인 탄소국경조정제도로 대응하는 과정을 분석한다. 마지막으로 시나리오 4에서는 CBAM 적용 대상이 되는 국가들이 자체적인 탄소세 부과로 대응하는 경우를 파악해 보고자 한다.

분석을 통해 몇 가지 사실을 확인할 수 있었다. 첫째, 환경규제가 존재하지 않는 상황에서는 탄소 누출의 문제가 발생하지만 이는 CBAM으로 해결될 수 있다. CBAM이 시행되면 온실가스를 많이 배출하는 기업들의 생산 유인을 낮추기 때문이다. 둘째, CBAM 상황에서 다른 국가들이 탄소세를 부과하면 온실가스 배출량이 최저가 되지만 사회후생에는 가장 부정적인데 이는 소비자잉여와 생산자

잉여를 가장 크게 감소시키기 때문이다. 셋째, 선진국의 CBAM 시행에 대해 중진국과 개도국들의 대응 정책 선택은 자국과 선진국 간 시장 규모 차이에 영향을 받는다. 넷째, 사회후생 측면에서 선진국은 CBAM을 사용할 유인을 갖는다.

본 연구와 관련된 몇 가지 문헌을 소개한다. 가장 대표적으로 Böhringer *et al.*(2012) 연구는 개별 국가 단독의 기후 정책이 초래하는 대표적인 문제점인 탄소 누출 현상을 분석하였다. 이는 기업들이 규제를 회피하기 위해 해외로 공장을 이전하거나, 국제 화석 연료 시장 및 비에너지 시장에서 배출량 재배치가 일어나는 것을 의미한다. 이러한 누출은 단독 정책의 글로벌 비용 효율성을 저해하고 국내 경제에 부정적인 영향을 미친다. 그들의 연구에서 탄소국경조정은 수입품에 대해 탄소가격을 부과하고 수출품에 배출 수수료를 환급함으로써 탄소 누출을 줄이고, 공정한 경쟁 환경을 조성하며, 전 세계적인 탄소 감축의 비용 효율성을 높일 수 있다고 강조한다. 결론적으로, 탄소국경조정이 일방적인 기후 정책의 부정적인 영향을 개선하는 효과적인 도구가 될 수 있음을 시사한다.

Branger and Quirion(2014)은 2004년부터 2012년까지의 25개 연구에 대한 메타 분석을 통해 총 310개의 탄소 누출 비율 추정치를 제공하였다. 이 연구는 탄소국경조정이 없을 때 탄소 누출률이 평균 14%이지만, 탄소국경조정제도는 이 수치를 평균 6%로 낮출 것으로 예상하였다. 메타 회귀 분석을 통해 수요 탄력성, 매개변수, 정부 정책 등이 누출 추정치에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 CBAM이 탄소 누출을 통계적으로 유의미하게 낮출 수 있음을 확인하였다. 유사한 관련 연구들은 GTAP DB에 근거한 계산가능일반균형(CGE) 분석을 기초로 한다. Weitzel *et al.*(2012)에서 탄소 누출 추정치 수는 2이지만 Alexeeva-Talebi *et al.*(2012)에서는 탄소 누출 추정치가 54까지 매우 다양하게 도출되었으며 그 외 다양한 연구로부터 제시된 평균치는 약 12.6으로 확인되었다.

Cecilia Bellora and Lionel Fontagn(2023)는 유럽의 탄소중립 목표와 탄소국경조정제도의 역할을 심층적으로 다루었다. 이 연구는 EU의 탄소가격 정책과 국제 무역 규범 간의 양립 가능성을 탐구하며, CBAM이 유럽 배출권거래제(ETS)를 보완하여 작동함을 설명한다. 특히, CBAM 발동 후 ETS의 무료 할당량이 단계적으로 폐지되면서 유럽 기업들의 경쟁력에 미칠 영향과 이에 따른 논의를 구체화한다. 이 연구는 EU가 탄소 배출 목표를 달성하기 위해 CBAM을 수입품에 대한 탄소가격 부과 도구로 활용하려는 현재 진행 중인 입법 절차의 맥락을 설명하고 있다. 국내의 관련 연구로는 김지영 · 오형나(2022)가 탄소 감축을 위해 민간의 역할을 확대하는 탄소차액계약을 제안한 바 있고, 박유현 · 송철종(2025)

은 환경에 대한 지속가능성을 강조되는 오늘날 시점에서 녹색채권의 프리미엄 존재에 대해 연구하였다.

탄소국경조정과 관련한 앞서 언급한 기존 연구들은 연산가능일반동태균형모형(CGE) 모형을 활용한 거시경제학적 분석에 기초하고 있다. CGE 모형은 전체적인 균형 변화를 파악하는 데는 용이하지만 각 경제주체의 경제적 유인 및 동기 변화 등을 설명하기는 어렵다. 따라서 경제적 현상 변화에 대한 경제학적 직관에 기초한 설명을 제시할 수 없다는 문제점이 존재한다. 본 연구는 미시경제학적 모형 분석 토대로 수행한 분석으로 각 경제주체의 유인 변화에 따른 균형의 변화를 직관적으로 설명할 수 있다.

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 제Ⅱ절에서는 산업 내 무역 상황하에서 최적관세를 부과하는 모형을 설정하여 분석한다. 제Ⅲ절에서는 선진국만 탄소국경조정을 시행하는 모형을 분석한다. 제Ⅳ절에서는 중진국도 탄소국경조정제도를 도입하는 모형을 분석한다. 제Ⅴ절에서는 중진국과 개도국이 탄소세로 대응하는 모형을 분석한다. 제Ⅵ절에서는 시나리오 간 온실가스 감축 정도를 비교한다. 제Ⅶ절에서는 시나리오 간 사회후생 차이를 분석한다. 제Ⅷ절에서 결론을 짓고 본 연구를 마무리한다.

Ⅱ. 기본 모형: 최적관세 모형

각국의 대표 소비자들의 효용은 함수 u_i로 측정된다.

$$u_i = a_i q_{ii} + a_i q_{ji} + a_i q_{ki} - b_i\left(\frac{q_{ii}^2}{2} + \frac{q_{ji}^2}{2} + \frac{q_{ki}^2}{2} + q_{ii}q_{ji} + q_{ii}q_{ki} + q_{ji}q_{ki}\right) \quad (1)$$

for $i = 1, 2, 3 \;\; \& \;\; i \neq j \neq k$. q_{ji}는 j국에서 생산된 상품 q를 i국에서 소비된다. i국의 시장 규모는 a_i로 나타내고 그 국가의 탄력성 계수는 b_i로 나타난다. i국의 소비자들은 M의 예산으로 상품을 구매하므로 다음 식이 성립한다. $M = p_{ii}q_{ii} + p_{ji}q_{ji} + p_{ki}q_{ki}$이다. 효용극대화 과정을 통해 각 시장에서 각 기업이 직면하는 역수요함수를 도출한다.

$$p_{ii} = a_i - b_i(q_{ii} + q_{ji} + q_{ki}) \;\text{ for }\; i = 1, 2, 3 \;\; \& \;\; i \neq j \neq k \quad (2)$$

국가마다 하나의 기업들이 존재하고 그 기업은 자국 시장에서 생산하여 자국 시장과 타국 시장에서 판매한다. 세 개의 기업이 세 개의 시장에서 판매하는 산업 내 무역 모형으로 다른 나라에서 판매할 때 관세를 부과 당한다. 따라서 기업 i의 이윤은 다음과 같다.

$$\pi_i = (p_{ii} - c)q_{ii} + (p_{ij} - c - t_j)q_{ij} + (p_{ik} - c - t_k)q_{ik} - \frac{\rho_i}{\gamma_i}(q_{ii} + q_{ji} + q_{ik})$$
$$\text{for } i = 1, 2, 3 \ \ \& \ i \neq j \neq k \tag{3}$$

환경 관련 변수
$1/\gamma_i$: 생산 단위당 배출되는 온실가스 for $i = 1, 2, 3$
ρ_i: 국가 i가 기업에게 부과하는 온실가스 배출권 가격 for $i = 1, 2, 3$
$\triangle_{ij} = \rho_i - \rho_j$: i국과 j국 사이의 탄소가격 차이로 계산된 탄소국경조정 비용
τ_i: 중진국과 개도국 정부가 부과하는 탄소세 for $i = 1, 2, 3$

시장 및 정책 변수
t_i: 각국 정부가 부과하는 최적관세 for $i = 1, 2, 3$
c: 한계생산비용
a_i: 각국의 시장 규모 for $i = 1, 2, 3$
p_{ij}: 각 시장의 역수요함수 for $i = 1, 2, 3 \ \ \& \ i \neq j \neq k$
q_{ij}: 기업 i의 j시장 생산량(판매량) for $i = 1, 2, 3 \ \ \& \ i \neq j \neq k$

여기에서 q_{ii}는 기업 i의 i국에 판매량, q_{ij}는 기업 i의 j국에 판매량, q_{ik}는 기업 i의 k국 판매량이다. 모든 기업의 단위당 생산비용은 c로 동일하다. j국의 관세 t_j와 k국의 관세 t_k가 존재한다. 생산 과정에서 온실가스 발생을 수반한다. 생산 단위당 배출되는 온실가스는 $1/\gamma_i$로 정의되며 온실가스 배출에 대해 기업 i는 ρ_i라는 배출권 가격을 지불해야 한다. 그리고 온실가스 배출 수준은 국가 1의 기업이 가장 낮고 국가 3의 기업이 가장 높다. 국가 1을 선진국, 국가 2를 중진국, 국가 3을 개도국으로 가정한다. 이윤극대화를 위한 1계 조건을 풀면 아래 내쉬균형 생산량을 얻을 수 있다.

$$q_{ii}^{N}(t_i) = \frac{a_i - c + 2t_i - 3\rho_i/\gamma_i + \rho_j/\gamma_j + \rho_k/\gamma_k}{4b_i}$$
$$q_{ji}^{N}(t_i) = \frac{a_i - c - 2t_i - 3\rho_j/\gamma_j + \rho_i/\gamma_i + \rho_k/\gamma_k}{4b_i}$$
$$q_{ki}^{N}(t_i) = \frac{a_i - c - 2t_i - 3\rho_k/\gamma_k + \rho_i/\gamma_i + \rho_j/\gamma_j}{4b_i}$$
$$\text{for } i = 1, 2, 3 \ \ \& \ i \neq j \neq k \tag{4}$$

기업 i의 내쉬균형 생산량은 자국의 배출권 가격이 높아질수록 감소하지만 반대로 타국의 배출권 가격이 높아질수록 감소한다. 단위당 온실가스 배출량이 증가할수록 생산량은 감소한다. 기업 i의 내쉬균형 생산량은 i국 정부의 관세를 높일수록 증가한다. 한편, 기업 j와 k의 생산량은 i국 정부의 관세가 높아질수록 감소한다. 도출된 균형 생산량을 이윤함수에 대입함으로써 각 기업의 균형 이윤을 도출한다.

$$PS(t_i) = \pi_i(t_i) = (q_{ii}^{N})^2 + (q_{ij}^{N})^2 + (q_{kj}^{N})^2$$
$$\text{for } i = 1, 2, 3 \ \ \& \ i \neq j \neq k \tag{5}$$

본 분석 모형에서는 고정비용을 가정하지 않았기 때문에 이윤(π)과 생산자잉여(PS)는 동일하다. 사회후생은 소비자잉여와 생산자잉여 그리고 정부 수입의 합으로 구성되는 것으로 가정한다. 소비자잉여 CS는 아래 식과 같다.

$$CS_i(t_i) = b_i(q_{ii}^{N} + q_{ji}^{N} + q_{ki}^{N})^2/2 \quad \text{for } i = 1, 2, 3 \ \ \& \ i \neq j \neq k \tag{6}$$

마지막으로 정부의 수입 GS의 원천은 관세수입으로 아래와 같다.

$$GS(t_i) = t_i q_{ji} + t_i q_{ki} \quad \text{for } i = 1, 2, 3 \ \ \& \ i \neq j \neq k \tag{7}$$

소비자잉여, 생산자잉여, 정부 수입을 합하여 사회후생 SW를 정의한다. 각국 정부는 사회후생을 극대화하는 최적관세 t_i^*를 결정한다. 최적관세는 다음 식과 같다.

$$t_i^+ = \frac{(3(a_i - c) - \rho_i/\gamma_i - \rho_j/\gamma_j - \rho_k/\gamma_k)}{10}$$
$$\text{for } i = 1, 2, 3 \ \ \& \ i \neq j \neq k \tag{8}$$

앞에서 도출된 최적관세를 식 (4)에 대입하면 균형 생산량을 파악할 수 있고 그 값은 아래와 같다.

$$q_{ii}^+ = \frac{2a_i - 2c - 4\rho_i/\gamma_i + \rho_j/\gamma_j + \rho_k/\gamma_k}{5b_i}$$
$$q_{ji}^+ = \frac{a_i - c + 3\rho_i/\gamma_i - 7\rho_j/\gamma_j + 3\rho_k/\gamma_k}{10b_i}$$
$$q_{ki}^+ = \frac{a_i - c + 3\rho_i/\gamma_i + 3\rho_j/\gamma_j - 7\rho_k/\gamma_k}{4b_i}$$
$$\text{for } i = 1,2,3 \ \ \& \ i \neq j \neq k \tag{9}$$

식 (9)에서 도출된 균형 생산량을 기초로 균형하에서의 온실가스 배출량을 파악할 수 있고 식 (5), (6), (7)에 대입하면 다음의 보조정리를 도출할 수 있다.

[보조정리 1] i시장 공급 시 기업 i가 배출하는 온실가스 수준은 $q_{ii}^+ \times 1/\gamma_i$이고 i국 내에서 발생되는 총온실가스 배출량 E_i는 $E_i^+ = q_{ii}^+ \times 1/\gamma_i + q_{ij}^+ \times 1/\gamma_i + q_{ik}^+ \times 1/\gamma_i$이며 전 세계 배출량은 $E_W = \sum_{i=1}^{3} E_i$이며 소비자잉여 $CS_i^+ = \frac{(3a_i - 3c - \rho_i/\gamma_i - \rho_j/\gamma_j - \rho_k/\gamma_k)^2}{50b_i}$, 생산자잉여 $PS_i^+ = (q_{ii}^+)^2 + (q_{ij}^+)^2 + (q_{kj}^+)^2$, 그리고 정부 수입과 사회후생은 각각 $GS_i^+ = \frac{(3a_i - 3c - \rho_i/\gamma_i - \rho_j/\gamma_j - \rho_k/\gamma_k)(a_i - c + 3\rho_i/\gamma_i - 2\rho_j/\gamma_j - 2\rho_k/\gamma_k)}{50b_i}$, $SW_i^+ = CS_i^+ + PS_i^+ + GS_i^+$ for $i = 1,2,3 \ \ \& \ i \neq j \neq k$ 이다.

최적관세 부과 시 자국 기업의 생산량 수준은 증가한다. 예를 들면, 1국 정부의 최적관세 부과는 기업 1의 생산량을 늘리고 다른 기업의 생산량은 줄인다. 온실가스 배출을 가장 적게 하는 기업 1이 1국 시장에서 가장 많이 생산하게 되어

〈표 1〉 시나리오별 환경정책 수단 및 참여국

시나리오	정책 수단	탄소국경조정 참여국	탄소세 부과국
1	없음	없음	없음
2	탄소국경조정	선진국	없음
3	탄소국경조정	선진국, 중진국	없음
4	탄소국경조정/탄소세	선진국, 중진국	중진국, 개도국

전체적인 온실가스 배출량 감소에 효과적이다. 반대로 3국 정부의 관세부과는 온실가스 배출량이 가장 높은 기업 3의 3국 시장 내 생산량을 증가시키고 3국의 온실가스 배출량을 증가시킬 것이다. 즉, 최적관세 부과는 탄소 누출을 방지할 수 없다. 이후 환경규제에 대한 다양한 시나리오를 고려하며 〈표 1〉로 정리하였다.

Ⅲ. 탄소국경조정제도의 시행

탄소국경조정제도(CBAM)란 온실가스 배출량 감축 규제가 강한 국가가 온실가스 배출량 규제가 약한 국가의 수출품에 대해 과세하는 제도이다. 본 소절에서는 CBAM의 가장 본질적인 특성을 모형화하여 분석한다. 국가 간 온실가스 배출권 가격 차이만큼을 수출기업들이 부담하도록 하는 모형을 설정한다. 앞서 제시된 $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$ 및 $1/\gamma_1 < 1/\gamma_2 < 1/\gamma_3$로 가정을 따라 단위당 온실가스 배출량이 높은 기업 3이 2국과 1국으로 수출할 때, 1국 정부는 기업 2와 기업 3에 대해 CBAM을 적용한다. 즉, $\Delta\rho_{12} = \rho_1 - \rho_2$와 $\Delta\rho_{13} = \rho_1 - \rho_3$의 차이만큼을 수입량에 대해 과세한다. CBAM 도입은 시장균형에 영향을 미치고 결과적으로 사회후생 변화를 초래한다. CBAM을 시행하는 경우 각국 기업의 이윤함수는 다음과 같다.

$$\pi_1 = (p_{11} - c)q_{11} + (p_{12} - c - t_2)q_{12} + (p_{13} - c - t_3)q_{13} - \frac{\rho_1}{\gamma_1}(q_{11} + q_{12} + q_{13})$$

$$\pi_2 = (p_{22} - c)q_{22} + (p_{21} - c - t_1 - \Delta\rho_{12})q_{21} + (p_{23} - c - t_3)q_{23} - \frac{\rho_2}{\gamma_2}(q_{21} + q_{22} + q_{23})$$

$$\pi_3 = (p_{33} - c)q_{33} + (p_{31} - c - t_1 - \Delta\rho_{13})q_{31} + (p_{32} - c - t_2)q_{32} - \frac{\rho_3}{\gamma_3}(q_{31} + q_{32} + q_{33}) \quad (10)$$

식 (10)에서 기업 2와 기업 3은 탄소국경조정세 $\Delta\rho_{12}$ 및 $\Delta\rho_{13}$을 각각 부과당한다. 국가 1에서는 기업 2와 기업 3이 탄소국경조정을 적용받고 있기 때문에 기업 2와 기업 3의 각각 $\Delta\rho_{12} = \rho_1 - \rho_2$와 $\Delta\rho_{13} = \rho_1 - \rho_3$ 만큼의 이윤 감소가 나타난다. 도출된 내쉬균형 생산량은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
q_{11}^N(t_1) &= \frac{a_1 - c + 2t_1 + \triangle\rho_{12} + \triangle\rho_{13} - 3\rho_1/\gamma_1 + \rho_2/\gamma_2 + \rho_3/\gamma_3}{4b_1} \\
q_{21}^N(t_1) &= \frac{a_1 - c - 2t_1 - 2\triangle\rho_{12} + \triangle\rho_{13} - 3\rho_2/\gamma_2 + \rho_1/\gamma_1 + \rho_3/\gamma_3}{4b_1} \\
q_{31}^N(t_1) &= \frac{a_1 - c - 2t_1 - 2\triangle\rho_{13} + \triangle\rho_{12} - 3\rho_3/\gamma_3 + \rho_1/\gamma_1 + \rho_2/\gamma_2}{4b_1} \\
q_{12}^N(t_2) &= \frac{a_2 - c - 2t_2 - 3\rho_1/\gamma_1 + \rho_2/\gamma_2 + \rho_3/\gamma_3}{4b_2} \\
q_{22}^N(t_2) &= \frac{a_2 - c + 2t_2 - 3\rho_2/\gamma_2 + \rho_1/\gamma_1 + \rho_3/\gamma_3}{4b_2} \\
q_{32}^N(t_2) &= \frac{a_2 - c - 2t_2 - 3\rho_3/\gamma_3 + \rho_1/\gamma_1 + \rho_2/\gamma_2}{4b_2} \\
q_{13}^N(t_3) &= \frac{a_3 - c - 2t_3 - 3\rho_1/\gamma_1 + \rho_2/\gamma_2 + \rho_3/\gamma_3}{4b_3} \\
q_{23}^N(t_3) &= \frac{a_3 - c - 2t_3 - 3\rho_2/\gamma_2 + \rho_1/\gamma_1 + \rho_3/\gamma_3}{4b_3} \\
q_{33}^N(t_3) &= \frac{a_3 - c + 2t_3 - 3\rho_3/\gamma_3 + \rho_1/\gamma_1 + \rho_2/\gamma_2}{4b_3}
\end{aligned} \quad (11)$$

기업 1의 내쉬균형 생산량 q_{11}^N은 CBAM으로 인해 $\Delta\rho_{12}/4b_1$와 $\Delta\rho_{13}/4_1$만큼 생산량이 증가한다. 반면 CBAM을 적용받는 기업 3의 1국 수출량 q_{31}^N은 $2(\rho_1 - \rho_3)/4b_1$만큼 감소한다. CBAM을 적용받는 기업 2의 경우 1국 수출량 q_{21}^N은 $2(\rho_1 - \rho_2)/4b_1$만큼 수출량 q_{21}^N이 감소한다. 한편, $2(\rho_1 - \rho_3) > 2(\rho_1 - \rho_2)$이

므로 기업 3의 수출량 감소 규모가 기업 2의 수출량 감소 규모보다 더 크다. CBAM 도입에 따라 단위당 온실가스 배출량이 낮은 기업 1의 생산량은 증가하지만 온실가스 배출량이 상대적으로 높은 기업 2와 기업 3의 생산량은 감소한다. 내쉬균형 생산량을 이윤에 대입하면 생산자잉여와 소비자잉여 및 정부 수입을 아래와 같이 도출할 수 있다.

$$
\begin{aligned}
&PS(t_i) = \pi_i(t_i) = (q_{ii}^N)^2 + (q_{ij}^N)^2 + (q_{kj}^N)^2 \quad \text{for } i = 1,2,3 \ \ \& \ i \neq j \neq k \\
&CS_i(t_i) = b_i(q_{ii}^N + q_{ji}^N + q_{ki}^N)^2/2 \quad \text{for } i = 1,2,3 \ \ \& \ i \neq j \neq k \\
&GS(t_1) = (t_1 + \Delta\rho_{12})q_{21}^N + (t_1 + \Delta\rho_{13})q_{31}^N \\
&GS(t_2) = t_2 q_{12}^N + t_2 q_{32}^N \\
&GS(t_3) = t_3 q_{13}^N + t_3 q_{23}^N
\end{aligned} \tag{12}
$$

위에서 정의된 소비자잉여, 생산자잉여, 정부의 수입을 합하면 사회후생 SW를 정의할 수 있고 각국 정부는 사회후생을 극대화하는 최적관세 t_i^* for $i = 1, 2, 3$을 선택한다.

$$
t_1^* = t_1^+ - \frac{(2\rho_1 - \rho_2 - \rho_3)}{2}, \quad t_2^* = t_2^+, \quad t_3^* = t_3^+ \tag{13}
$$

최적관세를 내쉬균형 생산량에 대입하면 아래 균형값을 도출한다.

$$
\begin{aligned}
&q_{11}^* = q_{11}^+, \ q_{21}^* = q_{21}^+ - \frac{\triangle\rho_{12}}{2b_1}, \ q_{31}^* = q_{31}^+ - \frac{\triangle\rho_{13}}{2b_1}, \ q_{12}^* = q_{12}^+, \\
&q_{22}^* = q_{22}^+ \ , \ q_{32}^* = q_{32}^+, \ q_{13}^* = q_{13}^+, \ q_{23}^* = q_{23}^+, \ q_{33}^* = q_{33}^+
\end{aligned} \tag{14}
$$

국가 1이 CBAM을 시행함에 따라 각 기업이 균형 생산량은 q_{11}^*, q_{21}^*, q_{31}^*은 이 제도의 영향을 받는다. 특히, 기업 2와 기업 3의 경우 1국 수출량이 $\Delta\rho_{12}/2 = (\rho_1 - \rho_2)/2$와 $\Delta\rho_{13}/2 = (\rho_1 - \rho_3)/2$만큼 감소한다. 그러나 기업 1의 생산량은 아무런 변화가 없다. 감소 규모는 온실가스 배출량이 가장 큰 기업 3이 기업 2보다 더 높다. 즉, CBAM으로 인해 온실가스 배출량이 가장 적은 기업 1의 생산량은 증가하고 온실가스 배출량이 가장 많은 기업 3의 생산량은 가장 크

게 감소한다. 즉, CBAM으로 인해 환경비친화적 기업의 생산량은 가장 크게 감소하는 반면 환경친화적 기업의 생산량은 상대적으로 적게 감소한다. 이상의 내용을 명제 1로 정리한다.

[명제 1] 탄소국경조정제도는 선진국 시장 내에서 환경비친화적 기업의 생산량 규모를 낮추기 때문에 탄소 누출을 억제할 수 있다.

식 (14)에서 도출된 균형 생산량을 기초로 균형하에서의 온실가스 배출량을 다음과 같이 파악할 수 있고 균형 생산량을 식 (12)에 대입하면 다음의 보조정리를 도출할 수 있다.

[보조정리 2] i시장 공급 시 기업 i가 배출하는 온실가스 수준은 $q_{ii}^{*}\times 1/\gamma_i$이고 i국 내에서 발생되는 총온실가스 배출량 E_i는 $E_i^{*}=q_{ii}^{*}\times 1/\gamma_i+q_{ij}^{*}\times 1/\gamma_i+q_{ik}^{*}\times 1/\gamma_i$이며, 전 세계 배출량은 $E_W^{*}=\sum_{i=1}^{3}E_i$이며 소비자잉여 CS_i^{*}, 생산자잉여 PS_i^{*}, 그리고 정부 수입과 사회후생은 각각 GS_i^{*}, $SW_i^{*}=CS_i^{*}+PS_i^{*}+GS_i^{*}$ for $i=1,2,3$ & $i\neq j\neq k$이다.

Ⅳ. 탄소국경조정제도의 확산

중진국이 CBAM을 도입하는 경우를 살펴본다. 여기에서는 선진국인 1국이 시행하던 CBAM을 중진국인 2국도 시행한다. 탄소 배출량에 기초한 CBAM의 적용원칙에 따라 1국 정부는 기업 2와 기업 3에 대해 탄소국경조정을 시행할 수 있고 2국 정부는 기업 3에 대해 동 제도를 적용할 수 있다. 따라서 온실가스 배출권 가격이 가장 높은 1국 정부는 자국보다 낮은 배출권 배용을 지불한 기업 2과 기업 3에 대하여, 배출권 가격이 중간 수준인 2국 정부는 기업 3에 대해 CBAM을 적용할 수 있고 온실가스 배출권 가격 차이만큼인 $\Delta\rho_{12}=\rho_1-\rho_2$와 $\Delta\rho_{13}=\rho_1-\rho_3$을 수입량에 대해 과세한다. 또한 2국은 기업 3의 수출에 대하여 $\Delta\rho_{23}=\rho_2-\rho_3$만큼 과세한다. 위의 논의를 바탕으로 하여 각 기업의 이윤함수는 다음과 같이 설정된다.

$$\pi_1 = (p_{11} - c)q_{11} + (p_{12} - c - t_2)q_{12} + (p_{13} - c - t_3)q_{13} - \frac{\rho_1}{\gamma_1}(q_{11} + q_{12} + q_{13})$$
$$\pi_2 = (p_{22} - c)q_{22} + (p_{21} - c - t_1 - \Delta\rho_{12})q_{21} + (p_{23} - c - t_3)q_{23} - \frac{\rho_2}{\gamma_2}(q_{21} + q_{22} + q_{23})$$
$$\pi_3 = (p_{33} - c)q_{33} + (p_{31} - c - t_1 - \Delta\rho_{13})q_{31} + (p_{32} - c - t_2 - \Delta\rho_{23})q_{32} - \frac{\rho_3}{\gamma_3}(q_{31} + q_{32} + q_{33}) \quad (15)$$

1계 조건으로부터 도출된 내쉬균형 생산량은 다음과 같다.

$$q_{11}^N = \frac{a_1 - c + 2t_1 + (\rho_1 - \rho_2) + (\rho_1 - \rho_3) - 3\rho_1/\gamma_1 + \rho_2/\gamma_2 + \rho_3/\gamma_3}{4b_1}$$
$$q_{21}^N = \frac{a_1 - c - 2t_1 - 2(\rho_1 - \rho_2) + (\rho_2 - \rho_3) - 3\rho_2/\gamma_2 + \rho_1/\gamma_1 + \rho_3/\gamma_3}{4b_1}$$
$$q_{31}^N = \frac{a_1 - c - 2t_1 - 2(\rho_1 - \rho_3) - (\rho_2 - \rho_3) - 3\rho_3/\gamma_3 + \rho_1/\gamma_1 + \rho_2/\gamma_2}{4b_1}$$
$$q_{12}^N = \frac{a_2 - c - 2t_2 + (\rho_2 - \rho_3) - 3\rho_1/\gamma_1 + \rho_2/\gamma_2 + \rho_3/\gamma_3}{4b_2}$$
$$q_{22}^N = \frac{a_2 - c + 2t_2 + (\rho_2 - \rho_3) - 3\rho_2/\gamma_2 + \rho_1/\gamma_1 + \rho_3/\gamma_3}{4b_2}$$
$$q_{32}^N = \frac{a_2 - c - 2t_2 - 3(\rho_2 - \rho_3) - 3\rho_3/\gamma_3 + \rho_1/\gamma_1 + \rho_2/\gamma_2}{4b_2}$$
$$q_{13}^N = \frac{a_3 - c - 2t_3 - 3\rho_1/\gamma_1 + \rho_2/\gamma_2 + \rho_3/\gamma_3}{4b_3}$$
$$q_{23}^N = \frac{a_3 - c - 2t_3 - 3\rho_2/\gamma_2 + \rho_1/\gamma_1 + \rho_3/\gamma_3}{4b_3}$$
$$q_{33}^N = \frac{a_3 - c + 2t_3 - 3\rho_3/\gamma_3 + \rho_1/\gamma_1 + \rho_2/\gamma_2}{4b_3} \quad (16)$$

국가 1에서 기업 1의 내쉬균형 생산량 q_{11}^N은 CBAM을 적용받음에 따라 $\Delta\rho_{12} = \rho_1 - \rho_2$와 $\Delta\rho_{13} = \rho_1 - \rho_3$만큼 생산량이 증가한다. 반면 온실가스 배출량

이 가장 높은 기업 3의 생산량 q_{31}^N은 $2(\rho_1-\rho_3)/4b_1$와 $(\rho_2-\rho_3)/4b_1$만큼 감소한다. 온실가스 배출량이 중간 수준인 기업 2의 1국 수출량 q_{21}^N은 $2(\rho_1-\rho_2)/4b_1$ 만큼 감소한다. 기업 2는 기업 3보다는 온실가스 배출량이 낮고 배출권 가격은 상대적으로 비싸기 때문에 $\rho_2-\rho_3$만큼 수출을 증가시키므로 기업 3에 비해 상대적으로 유리해진다. 2국 시장에서 2국 정부는 기업 3에 대해서는 CBAM을 적용할 수 있기 때문에 3국 기업의 수출량 q_{32}^N는 $3(\rho_2-\rho_3)$만큼 감소하는 반면, 기업 1의 수출 q_{12}^N와 기업 2의 생산 q_{22}^N는 $\rho_2-\rho_3$만큼 증가한다. 그러나 온실가스 배출량이 가장 높고 배출권 가격이 가장 낮은 국가 3의 기업 3은 CBAM을 다른 나라 기업에게 적용할 수 없다. 국가 3에서의 내쉬균형 생산량은 CBAM과는 아무런 연관성을 갖지 않음을 확인할 수 있다. 도출된 내쉬균형 생산량을 토대로 생산자잉여, 소비자잉여, 정부잉여에 대입함으로써 사회후생함수를 도출할 수 있다.

$$
\begin{aligned}
&PS(t_i)=\pi_i(t_i)=(q_{ii}^N)^2+(q_{ij}^N)^2+(q_{kj}^N)^2 \quad \text{for } i=1,2,3 \ \ \& \ i\neq j\neq k\\
&CS_i(t_i)=b_i(q_{ii}^N+q_{ji}^N+q_{ki}^N)^2/2 \quad \text{for } i=1,2,3 \ \ \& \ i\neq j\neq k.\\
&GS(t_1)=(t_1+\Delta\rho_{12})q_{21}+(t_1+\Delta\rho_{13})q_{31}\\
&GS(t_2)=t_2q_{12}+(t_2+\Delta\rho_{23})q_{32}\\
&GS(t_3)=t_3q_{13}+t_3q_{23}
\end{aligned}
\tag{17}
$$

각국 정부는 자국의 사회후생을 극대화는 최적관세를 설정한다.

$$
\begin{aligned}
t_1^{**}&=t_1^{+}-\frac{(2\rho_1-\rho_2-\rho_3)}{2}\\
t_2^{**}&=t_2^{+}-\frac{(\rho_2-\rho_3)}{2}\\
t_3^{**}&=\frac{(3(a_3-c)-\rho_1/\gamma_1-\rho_2/\gamma_2-\rho_3/\gamma_3)}{10}
\end{aligned}
\tag{18}
$$

도출된 최적관세를 식 (16)에 대입하면,

$$q_{11}^{**}=q_{11}^{+},\ q_{21}^{**}=q_{21}^{+}-\frac{\triangle\rho_{12}}{2},\ q_{31}^{**}=q_{31}^{+}-\frac{\triangle\rho_{13}}{2}$$
$$q_{12}^{**}=q_{12}^{+}+\frac{\triangle\rho_{23}}{2},\ q_{22}^{**}=q_{22}^{+},\ q_{32}^{**}=q_{32}^{+}-\frac{(\rho_2-\rho_3)}{2}$$
$$q_{13}^{**}=q_{13}^{+},\ q_{23}^{**}=q_{23}^{+},\ q_{33}^{**}=q_{33}^{+} \tag{19}$$

식 (20)에서 도출된 균형 생산량을 기초로 균형하에서의 온실가스 배출량을 다음과 같이 파악할 수 있고 균형 생산량을 식 (18)에 대입하면 다음의 보조정리를 도출할 수 있다.

[보조정리 3] i시장 공급 시 기업 i가 배출하는 온실가스 수준은 $q_{ii}^{**}\times 1/\gamma_i$이고 i국 내에서 발생되는 총온실가스 배출량 E_i는 $E_i^{**}=q_{ii}^{**}\times 1/\gamma_i+q_{ij}^{**}\times 1/\gamma_i+q_{ik}^{**}\times 1/\gamma_i$이며, 전 세계 배출량은 $E_W^{**}=\sum_{i=1}^{3}E_i$이며, 소비자잉여 CS_i^{**}, 생산자잉여 PS_i^{**}, 그리고 정부 수입과 사회후생은 각각 GS_i^{**}, $SW_i^{**}=CS_i^{**}+PS_i^{**}+GS_i^{**}$ for $i=1,2,3$ & $i\neq j\neq k$이다.

V. 탄소국경조정제도에 대한 탄소세 대응

선진국과 중진국의 CBAM에 대하여 중진국과 개도국은 탄소세 부과로 대응한다. 선진국과 중진국은 탄소국경조정을 시행할 때 역외 기업이 자국 정부에 탄소세를 납부하였다면 그 기업은 다른 나라로 수출할 때 탄소국경조정을 적용 당하지 않는다. 본 분석에서는 1국이 자국보다 탄소배출권 가격이 낮은 2국과 3국에 대해 CBAM을 시행하고, 2국이 자국보다 탄소배출권 가격이 낮은 3국에 대해 CBAM을 시행할 때 2국 정부와 3국 정부가 자국 기업에 대해 각각 탄소국경조정세만큼을 탄소세로 부과한다면 기업 2와 기업 3은 탄소국경조정의 적용으로부터 자유로워진다. 위 상황에 기초하여 각 기업의 이윤함수는 다음과 같이 설정될 것이다.

$$\pi_1 = (p_{11} - c)q_{11} + (p_{12} - c - t_2)q_{12} + (p_{13} - c - t_3)q_{13} - \frac{\rho_1}{\gamma_1}(q_{11} + q_{12} + q_{13})$$
$$\pi_2 = (p_{22} - c - \tau_2)q_{22} + (p_{21} - c - t_1 - \tau_2)q_{21} + (p_{23} - c - t_3 - \tau_2)q_{23} - \frac{\rho_2}{\gamma_2}(q_{21} + q_{22} + q_{23})$$
$$\pi_3 = (p_{33} - c - \tau_3)q_{33} + (p_{31} - c - t_1 - \tau_3)q_{31} + (p_{32} - c - t_2 - \tau_3)q_{32} - \frac{\rho_3}{\gamma_3}(q_{31} + q_{32} + q_{33}) \quad (20)$$

CBAM을 1국과 2국이 시행함에도 불구하고 2국과 3국 정부가 탄소세를 부과함에 따라 탄소국경조정의 효과는 무력화된다. 따라서 기업 2의 이윤함수의 1국 수출 q_{21}이나 3국의 2국 수출 및 1국 수출 q_{31} 및 q_{32}에 대해 탄소국경조정이 더 이상 발생하지 않는다. 그 대신 기업 2의 이윤함수인 π_2와 기업 3의 이윤함수인 π_3에서는 기업 2와 기업 3은 자국 정부로부터 탄소세 τ_2와 τ_3으로 부과 당한다. 기업 2와 기업 3의 경우 CBAM을 적용 당하는 것과 자국 정부로부터 탄소세를 부과 당하는 경우 어느 경우가 더 이득이 되는지는 균형을 비교해 보아야 알 수 있을 것이다. 그러나 국가 2와 국가 3은 탄소세를 부과함으로써 자국의 세수를 확보할 수 있어 국가 2와 국가 3의 정부잉여는 상승하므로 정부 수입 입장에서는 탄소세를 부과할 유인이 명백히 존재한다.

각 기업은 이윤을 극대화하는 생산량을 도출한다. 이 과정에서 이윤극대화 1계 조건으로부터 최적대응함수를 얻을 수 있다. 기업 2와 기업 3의 최적대응함수로부터 2국 정부가 기업 2에게 부과하는 탄소세 τ_2와 3국 정부가 기업 3에게 부과하는 탄소세 τ_3을 확인할 수 있다. 각국 정부의 탄소세 부과는 자국 기업의 생산을 위축시키지만 생산이 감소하는 만큼 일정 비율로 온실가스 배출량이 저감되는 효과가 발생한다. 최적대응함수를 연립해서 풀면 다음의 내쉬균형 생산량을 얻는다.

$$q_{11}^N = \frac{a_1 - c + 2t_1 + \tau_2 + \tau_3 - 3\rho_1/\gamma_1 + \rho_2/\gamma_2 + \rho_3/\gamma_3}{4b_1}$$
$$q_{21}^N = \frac{a_1 - c - 2t_1 - 3\tau_2 + \tau_3 - 3\rho_2/\gamma_2 + \rho_1/\gamma_1 + \rho_3/\gamma_3}{4b_1}$$

$$
\begin{aligned}
q_{31}^N &= \frac{a_1 - c - 2t_1 + \tau_2 - 3\tau_3 - 3\rho_3/\gamma_3 + \rho_1/\gamma_1 + \rho_2/\gamma_2}{4b_1} \\
q_{12}^N &= \frac{a_2 - c - 2t_2 + \tau_2 + \tau_3 - 3\rho_1/\gamma_1 + \rho_2/\gamma_2 + \rho_3/\gamma_3}{4b_2} \\
q_{22}^N &= \frac{a_2 - c + 2t_2 - 3\tau_2 + \tau_3 - 3\rho_2/\gamma_2 + \rho_1/\gamma_1 + \rho_3/\gamma_3}{4b_2} \\
q_{32}^N &= \frac{a_2 - c - 2t_2 + \tau_2 - 3\tau_3 - 3\rho_3/\gamma_3 + \rho_1/\gamma_1 + \rho_2/\gamma_2}{4b_2} \\
q_{13}^N &= \frac{a_3 - c - 2t_3 + \tau_2 + \tau_3 - 3\rho_1/\gamma_1 + \rho_2/\gamma_2 + \rho_3/\gamma_3}{4b_3} \\
q_{23}^N &= \frac{a_3 - c - 2t_3 - 3\tau_2 + \tau_3 - 3\rho_2/\gamma_2 + \rho_1/\gamma_1 + \rho_3/\gamma_3}{4b_3} \\
q_{33}^N &= \frac{a_3 - c + 2t_3 + \tau_2 - 3\tau_3 - 3\rho_3/\gamma_3 + \rho_1/\gamma_1 + \rho_2/\gamma_2}{4b_3}
\end{aligned} \tag{21}
$$

식 (21)로부터 기업 2의 생산량 q_{21}^N, q_{22}^N, q_{23}^N은 τ_2에 대해 감소하지만 τ_3에 대해서는 증가한다. 기업 3의 생산량인 q_{31}^N, q_{32}^N, q_{33}^N는 τ_3에 대해 감소함수이지만 τ_2 에 대해서는 증가함수이다. 그리고 기업 1의 생산량인 q_{11}^N, q_{12}^N, q_{13}^N는 τ_2와 τ_3에 대한 증가함수이다. 즉, 탄소세 부과는 자국 기업의 생산량을 위축시키지만 타국 기업의 생산량은 증가시킨다. 도출된 내쉬균형 생산량을 소비자잉여, 생산자잉여, 정부잉여에 대입함으로써 사회후생을 도출할 수 있다.

$$
\begin{aligned}
&PS(t_i) = \pi_i(t_i) = (q_{ii}^N)^2 + (q_{ij}^N)^2 + (q_{kj}^N)^2 \quad \text{for } i = 1,2,3 \ \ \& \ i \neq j \neq k \\
&CS_i(t_i) = b_i(q_{ii}^N + q_{ji}^N + q_{ki}^N)^2/2 \quad \text{for } i = 1,2,3 \ \ \& \ i \neq j \neq k \\
&GS(t_1) = t_1(q_{21} + q_{31}) \\
&GS(t_2) = t_2(q_{12} + q_{32}) + \tau_2(q_{21} + q_{22} + q_{23}) \\
&GS(t_3) = t_3(q_{13} + q_{23}) + \tau_3(q_{31} + q_{32} + q_{33})
\end{aligned} \tag{22}
$$

식 (12)와 식 (18)과 달리 식 (22)에서는 선진국의 세수에서 탄소국경조정세가 존재하지 않는다.

[보조정리 4] 탄소세 부과는 선진국이 탄소국경조정세로부터 획득하는 정부 수입을 개도국 정부로 이전시키는 수단이 된다.

위에서 정의된 소비자잉여, 생산자잉여, 정부의 수입을 합하면 사회후생 SW를 정의할 수 있고 각국 정부는 사회후생을 극대화하는 최적관세 t_i^{***} for $i=1,2,3$을 선택한다. 이를 통해 도출된 사회후생 극대화를 위한 최적관세는 아래와 같다.

$$
\begin{aligned}
t_1^{***} &= t_1^{+} - \frac{\tau_2+\tau_3}{10} \\
t_2^{***} &= t_2^{+} + \frac{3\tau_2-\tau_3}{10} \\
t_3^{***} &= t_3^{+} + \frac{-\tau_2+3\tau_3}{10}
\end{aligned} \tag{23}
$$

1국 정부의 최적관세 t_1^{***}는 2국 정부와 3국 정부의 탄소세에 대해 감소한다. 2국 정부의 최적관세 t_2^{***}는 자국의 탄소세에 대해 증가하고 다른 나라의 탄소세에 대해서는 감소한다. 3국 정부의 최적관세 t_3^{***}도 자신의 탄소세에는 증가하고 2국의 탄소세에는 감소한다. 이러한 결과를 직관적으로 설명할 수 있다. 1국 정부가 사회후생을 극대화하는 최적관세를 결정하는 과정을 살펴보기로 하자. 2국 정부와 3국 정부가 탄소세를 부과한다면 기업 2와 기업 3의 1국 수출량은 감소할 것이고 이로 인해 1국의 사회후생이 감소할 것이다. 1국 정부는 최적관세를 낮추어 줌으로써 2국과 3국의 1국 수출량을 다시 증가시키고 자국의 사회후생 개선을 도모할 수 있다. 따라서 2국과 3국이 탄소세를 높일 때 1국 정부는 관세를 낮춤으로써 사회후생을 개선 시키는 것이 최적이다. 식 (23)에서 2국과 3국의 최적관세에 대해서도 마찬가지의 설명이 가능하다. 2국의 최적관세의 경우 τ_2의 증가는 자국 기업의 생산량을 감소시키기 때문에 자국의 사회후생 수준을 낮출 것이다. 자국 기업의 생산량을 늘리기 위해서는 최적관세를 높여 주는 것이 최적이다. 3국의 경우도 동일한 설명이 가능하다. 3국 정부가 탄소세를 부과하기 시작하면 기업 3의 생산량이 감소한다. 사회후생도 감소하므로 사회후생을 높이기 위해서는 생산량 증가시켜야 한다. 이때 관세를 높임으로써 자국 기업의 생산량을 늘려주도록 유도하는 것이 최적이 된다.

$$q_{11}^{***}=q_{11}^{+}+\frac{\tau_2+\tau_3}{5b_1},\ q_{21}^{***}=q_{21}^{+}-\frac{7\tau_2-3\tau_3}{10b_1},\ q_{31}^{***}=q_{31}^{+}-\frac{7\tau_3-3\tau_2}{10b_1}$$
$$q_{12}^{***}=q_{12}^{+}+\frac{\tau_2+3\tau_3}{10b_2},\ q_{22}^{***}=q_{22}^{+}-\frac{3\tau_2-\tau_3}{5b_2},\ q_{32}^{***}=q_{32}^{+}-\frac{7\tau_3-3\tau_2}{10b_2}$$
$$q_{13}^{***}=q_{13}^{+}+\frac{3\tau_2+\tau_3}{10b_3},\ q_{23}^{***}=q_{23}^{+}-\frac{7\tau_2-3\tau_3}{10b_3},\ q_{33}^{***}=q_{33}^{+}-\frac{3\tau_3-\tau_2}{5b_3} \quad (24)$$

식 (24)의 균형 생산량으로부터 탄소세와 관계된 몇 가지 사실을 파악할 수 있다. 첫째, 탄소세 부과는 기업 1의 내수와 수출을 동시에 증가시킨다. 둘째, 탄소세 부과 시 2국과 3국 정부에 의해 설정되는 탄소세 수준이 매우 비대칭적이지만 않다면, 기업 2와 기업 3의 생산량을 낮춘다. 이를 [보조정리 5]로 요약할 수 있다.

[보조정리 5] 탄소세 부과는 탄소세를 부과 당하지 않는 기업의 생산량을 증가시키고 탄소세를 부과 당하는 기업의 생산량을 감소시킨다.

[보조정리 6] i시장 공급 시 기업 i가 배출하는 온실가스 수준은 $q_{ii}^{***}\times 1/\gamma_i$이고, i국 내에서 발생되는 총온실가스 배출량 E_i는 $E_i^{***}=q_{ii}^{***}\times 1/\gamma_i+q_{ij}^{***}\times 1/\gamma_i+q_{ik}^{***}\times 1/\gamma_i$이며, 전 세계 배출량은 $E_W^{***}=\sum_{i=1}^{3}E_i$이며, 소비자잉여 CS_i^{***}, 생산자잉여 PS_i^{***}, 그리고 정부 수입과 사회후생은 각각 GS_i^{***}, $SW_i^{***}=CS_i^{***}+PS_i^{***}+GS_i^{***}$ for $i=1,2,3\ \ \&\ i\neq j\neq k$이다.

Ⅵ. 탄소국경조정제도 및 탄소세의 온실가스 저감 효과 분석

본 절에서는 앞에서 도출된 모형을 기초로 CBAM 및 탄소세에 따른 시장균형의 변화를 파악하기로 한다. 각국 정부 정책은 일차적으로 기업들의 생산 유인에 변화를 가져온다. 이에 따라 기업의 이윤과 각국 및 글로벌 사회후생도 변화한다. 그리고 각 기업의 생산량 변화는 온실가스 배출량 변화에 영향을 미친다. 본 절에서는 개별 기업의 생산량에 기초하여 온실가스 배출량을 파악하고 각국의 사

〈표 2〉 시나리오별 각 기업의 생산량 비교

	기업 1의 생산량 비교	기업 2의 생산량 비교	기업 3의 생산량 비교
시장 1 비교	$q_{11}^{+} = q_{11}^{*} = q_{11}^{**} < q_{11}^{***}$	$q_{21}^{+} > q_{21}^{*} = q_{21}^{**} > q_{21}^{***}$	$q_{31}^{+} > q_{31}^{*} = q_{31}^{**} > q_{31}^{***}$
시장 2 비교	$q_{12}^{+} = q_{12}^{*} = q_{12}^{**} < q_{12}^{***}$	$q_{22}^{+} = q_{22}^{*} = q_{22}^{**} > q_{11}^{***}$	$q_{32}^{+} > q_{32}^{*} = q_{32}^{**} > q_{32}^{***}$
시장 3 비교	$q_{13}^{+} = q_{13}^{*} = q_{13}^{**} < q_{13}^{***}$	$q_{23}^{+} = q_{23}^{**} = q_{23}^{**} > q_{23}^{***}$	$q_{33}^{+} = q_{33}^{*} = q_{33}^{**} > q_{33}^{***}$

회후생이 어떻게 달라졌을지를 비교 분석한다. 먼저 시나리오별로 도출된 각국 기업의 생산량을 비교하기로 한다. 1국 시장에서 1국 기업의 생산량은 $q_{11}^{*} = q_{11}^{**} < q_{11}^{***}$로 도출된다. 선진국인 1국의 경우 CBAM을 시행하는 경우의 생산량이 그렇지 않은 경우에 비해 더 많다. 그리고 이 경우보다 2국과 3국이 탄소세를 부과하는 경우의 생산량이 더 많다. 2국과 3국은 탄소세로 대응할 때 탄소국경조정을 회피할 수 있음에도 불구하고 2국과 3국 기업의 생산량 및 수출량은 감소한다. 즉, $q_{i1}^{*} = q_{i1}^{**} > q_{i1}^{***}$ for $i = 2, 3$이다.

먼저 각국 정부의 정책 시나리오가 달라짐에 따라 각 시장에서 각 기업들의 생산량은 달라지므로 그 추이를 파악하기로 한다. 2국과 3국이 탄소세를 부과할 때 각 시장에서 기업 1의 생산량은 최대가 된다. 반면 탄소세 부과 시 각 시장에서 기업 2와 기업 3의 생산량은 최소가 된다. 기업 2와 기업 3의 경우 환경에 대한 규제가 없을 때 각 시장에서 가장 높은 수준의 생산량을 달성한다. 한편, 최적관세 부과를 통해 자국 정부는 자국 기업의 생산량을 유지되도록 한다. 가령 탄소세가 부과되더라도 기업 2는 2국 시장에서 기업 3은 3국 시장에서 생산량 수준이 하락하지 않는다.

한편, 각 기업의 전체 생산량을 $Q_i = q_{i1} + q_{i2} + q_{i3}$ for $i = 1, 2, 3$로 정의한 후 각 기업의 전체 생산량을 파악할 수 있다. 시나리오별로 판단했을 때 기업 1의 시나리오별 총생산량은 $Q_1^{+} = Q_1^{*} = Q_1^{**} < Q_1^{***}$이고, 기업 2의 총생산량은 $Q_2^{+} > Q_2^{*} = Q_2^{**} > Q_2^{***}$이고 기업 3도 $Q_3^{+} > Q_3^{*} = Q_3^{**} > Q_3^{***}$이다. 시나리오 3에서 기업 1은 가장 높은 생산량을 달성하는 반면 기업 2와 기업 3은 가장 낮은 생산량을 달성한다. 기업 2와 3의 경우 환경 관련 규제가 존재하지 않는 시나리오 1이 가장 유리하다.

[보조정리 7] 기업 1은 국가 2와 국가 3이 자국 기업에 대해 탄소세를 부과하는 시나리오에서 가장 높은 생산량 및 온실가스 배출 수준에 도달하며 기업 2와 기업 3은 탄소세 대응 시나리오에서 가장 낮은 생산량 및 가장 낮은 온실가스 배출 수준에 도달한다.[2)]

시나리오별 총배출량을 비교해 보면 각국 정부의 CBAM이나 탄소세 부과 등의 환경규제가 많아질수록 전체 생산량은 감소한다. 그리고 국가들마다 온실가스 배출에 대한 기술 수준도 다르다. 생산량 비교와 달리 온실가스 배출량에 대한 크기 비교는 좀 더 다른 결과가 도출될 수 있다. 가령 모형 1과 모형 2의 총생산량은 같지만 모형 2에서는 모형 1에 비해 기업 2의 생산량이 증가하고 기업 3의 생산량이 감소한다. 이 논의를 [명제 2]로 정리할 수 있다.

[명제 2] 환경규제 수단이 늘어날수록 전 세계 온실가스 배출량이 최소가 된다.

[증명] 위 식을 토대로 $E_W^{+} > E_W^{*} > E_W^{**} > E_W^{***}$ 을 보일 수 있다.[3)]

Ⅶ. 환경규제 정도에 따른 사회후생 효과 분석

환경규제 정도에 따른 사회후생 변화를 비교한다. 따라서 선진국이 CBAM을 시행하는 시나리오 2, 선진국의 CBAM이 중진국으로 확산되는 시나리오 3,

---

2) 시나리오 3은 1국과 2국이 탄소국경조정을 시행하는 상황에서 2국과 3국이 탄소세를 부과하는 모형이다. 즉, 2국과 3국이 탄소세를 부과함에 따라 기업 2와 기업 3의 생산량은 감소하고 반면, 기업 1의 생산량은 증가한다. 기업 1의 생산량의 증가가 환경적인 측면에서는 환경친화적인 선택일 수 있다. 그러나 시나리오 3이 다른 시나리오들에 비해서 전체 온실가스 배출량이 가장 낮다고 할 수는 없다. 이는 시나리오별 총배출량을 비교함으로써 결론을 도출할 수 있다. 앞에서 도출된 [보조정리 1], [보조정리 2], [보조정리 3], [보조정리 6]으로부터 총배출량은 E_W^{i} for $i = {}^{+},*,**,***$로 정의했고 이를 근거로 [정리 2]를 도출하였다.

3) [명제 2]는 시나리오별 전 세계의 온실가스 배출량을 보여 준다. 시나리오가 전개될수록 국가에 의해 선택되는 정책 수단은 증가한다. 다시 말하면, 첫 번째 시나리오에서는 최적관세만 존재하지만, 두 번째 시나리오에서는 CBAM이 도입되고, 세 번째 시나리오에서는 CBAM이 확산되며, 마지막 시나리오에서는 CBAM에 대응하여 탄소세를 부과한다. 따라서 환경규제가 증가함에 따라 세 국가 전체의 온실가스 배출량이 감소하는 이유는 환경친화적인 기업에 해당하는 기업 1의 생산량이 증가하는 반면 상대적으로 환경비친화적인 기업 2와 기업 3의 생산량이 감소하기 때문이다. 그러나 절대적 생산량이 감소하는 경우 그 사회의 소비자잉여나 생산자잉여 및 사회후생을 감소시킬 우려가 존재한다.

CBAM에 대해 중진국과 개도국이 탄소세로 대응하는 시나리오 4를 기준으로 사회후생 변화를 살펴본다. 첫 번째는 국가 간 시장 규모가 비대칭적일 때와 대칭적일 때를 가정하여 분석한다. 첫 번째 경우는 먼저 $a_1 > a_2 = a_3$을 가정하여 분석하고, 이후 $a_1 = a_2 = a_3$ 분석을 수행할 것이다. 전자는 시장 규모가 큰 선진국(EU), 선진국보다 시장 규모가 다소 작은 두 개의 소국 개방경제(중진국과 개도국)를 가정한다. 그리고 후자는 시장 규모가 비슷한 세 개의 대국을 세 국가를 상정하여 분석한다. 가령 EU, 인도, 중국은 대국으로서 시장 규모는 비슷하나 환경규제에 대해서는 인식 차이가 크게 존재하는 국가들이다. 이와 함께 시장 규모, 생산비용, 온실가스 배출권 가격, 온실가스 저감능력 수준, 탄소세 수준은 다음과 같이 가정한다. $a_k = a_j = 10, c = 1, \rho_i = 3, \rho_j = 2, \rho_k = 1$, $1/\gamma_i = 0.4$, $1/\gamma_j = 0.5, 1/\gamma_k = 0.6, \tau_j = 1, \tau_k = 2$다. 여기에서 탄소세의 크기는 국가 간 온실가스 배출권 가격 차이를 고려하여 설정하였다.

선진국의 시장 규모가 중진국이나 개도국에 비해 매우 크다고 가정하는 경우의 사회후생 변화를 분석하므로 a_1 =100으로 가정한다. 본 모형에서는 선진국 시장이 주요 시장이 되고 다른 두 국가의 시장은 무시(negligible)할 규모이다.[4] 분석 결과 $SW_1^{**} > SW_1^{*} > SW_1^{***}$을 확인할 수 있었다. 선진국의 시장 규모가 매우 큰 경우라면 선진국의 사회후생은 CBAM이 확산되는 시나리오에서 가장 높고 다른 국가들이 탄소세를 도입하는 시나리오에서 가장 낮다. 개도국과 중진국이 탄소세로 대응하면 선진국으로의 수출량이 감소하면서 선진국 소비자잉여가 감소하고 CBAM을 적용할 수 없기에 선진국의 세수도 감소한다. 따라서 선진국의 사회후생은 선진국이 탄소국경조정을 시행할 때 사회후생이 가장 높다. 중진국의 경우 사회후생은 $SW_2^{*} > SW_2^{**} > SW_2^{***}$로 확인되었다. 중진국은 선진국만이 CBAM을 시행하는 모형에서 사회후생이 가장 높고 개도국이 탄소세를 부과하는 모형에서는 가장 낮아진다. 마지막으로 개도국의 사회후생은 $SW_3^{***} > SW_3^{*} > SW_3^{**}$이다. 시나리오 3, 즉 자국이 탄소세를 부과하는 모형에서 사회후생이 가장 높았다. 탄소세 부과의 긍정적인 효과는 선진국이 탄소국경조정을 통해 획득하는 세금을 수출국 정부가 탄소세를 부과함으로써 이를 자국으로 이전시킬 수 있다는 점이다. 반대로 탄소세 부과의 부정적인 효과는 탄소세

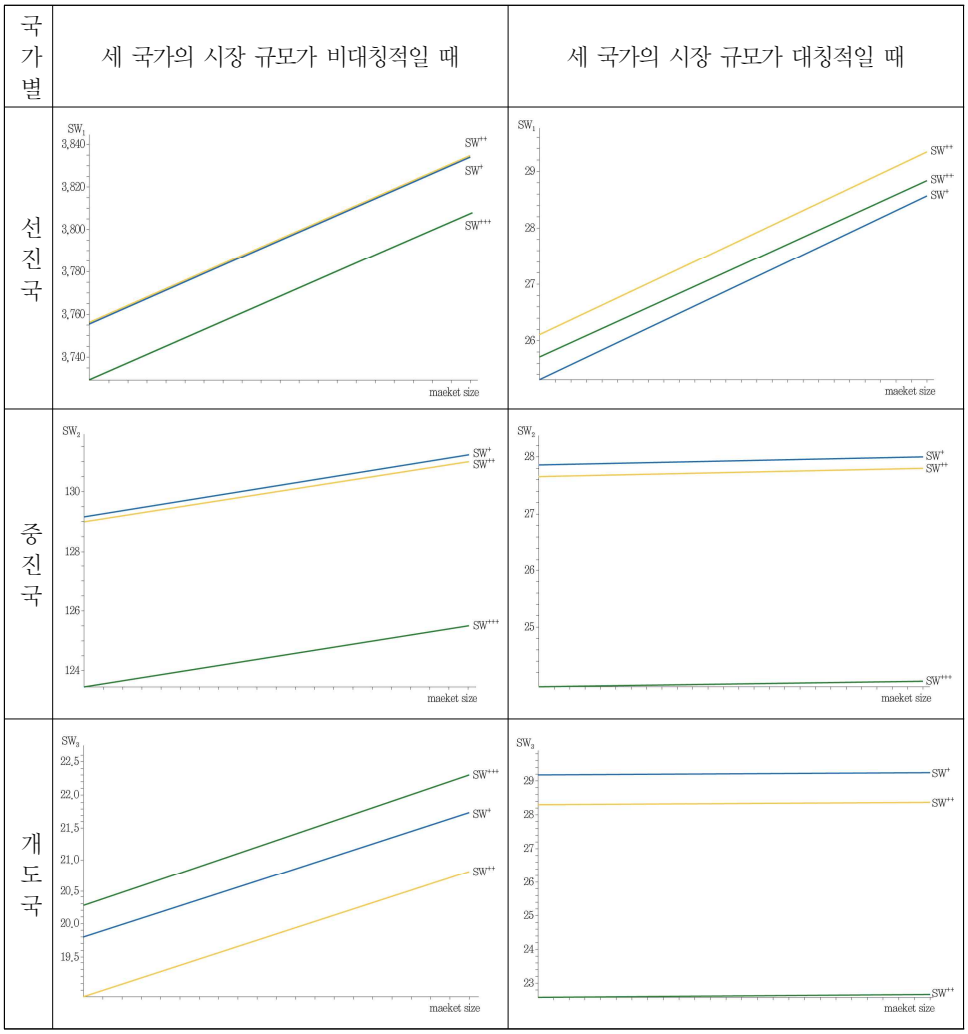
4) 탄소국경조정에 영향을 많이 받는 국가들 중 다수가 아프리카에 소속된 국가들이다. 이들 국가들은 주로 유럽으로 수출하되 자국 시장 규모는 상대적으로 매우 작은 것으로 이해할 수 있다.

부과 시 자국 기업의 생산량과 이윤을 감소시킨다. 한편, 시나리오 3에서는 자국 시장 규모가 매우 작기 때문에 탄소세 부과의 부정적인 효과는 거의 발생하지 않고, 주로 선진국으로부터 부과 당하는 탄소국경조정세를 탄소세 부과를 통해 자국으로 이전시켜 자국 정부의 잉여가 높아지도록 한다. 따라서 선진국의 시장 규모가 상대적으로 매우 클 때 개도국의 사회후생은 최대가 된다. 한편, 세 나라의 시장 규모가 비슷한 경우를 가정하여 $a_1 = a_2 = a_3$을 분석하였고 사회후생은 $SW_1^* < SW_1^{***} < SW_1^{**}$과 같았다. 따라서 선진국의 경우에는 1국과 2국이 CBAM을 동시에 시행하는 경우 사회후생이 가장 높다. 2국의 경우는 $SW_2^* > SW_2^{**} > SW_2^{***}$로 확인되었다. 2국은 선진국만이 CBAM을 시행했을 때 사회후생이 가장 높았다. 그런데 3국의 경우에는 사회후생에 대한 결과가 $SW_3^* > SW_3^{**} > SW_3^{***}$와 같다. 이를 정리하여 [명제 3]을 도출한다.[5)]

[명제 3] 개도국 정부는 선진국에 비해 자국 시장 규모가 매우 작은 경우에는 탄소세를 부과하는 것이 최적이고, 선진국과 시장 규모가 비슷한 경우에는 탄소세를 부과하지 않고 탄소국경조정제도의 적용을 받는 것이 최적이다.

5) 이는 앞서 언급했던 탄소세 부과 시 긍정적 효과로서의 세수 증대 효과와 부정적 효과인 생산 위축으로 인한 이윤 감소 두 가지 효과가 상존한다. 대칭적인 시장 규모를 분석하는 경우는 세 국가의 시장 규모가 비슷한 상황에서는 탄소세를 통해 세수를 다른 국가로 이전시키는 효과보다는 자국 기업의 이윤을 감소시키는 효과가 더 강하게 발생하기 때문에 탄소세를 부과하는 상황에서 3국의 사회후생이 가장 낮은 수준이 된다.

〈그림 1〉 선진국의 시장 규모 및 시장 규모 대칭성에 따른 국가별 사회후생



Ⅷ. 결론

본 연구는 기후 변화 대응을 위한 CBAM을 3국 모형 간 산업 내 무역모형을 통해 분석하였다. 특히, CBAM이 다양한 형태로 적용될 수 있다는 점을 고려하여 총 네 개의 시나리오를 설정하고, 규제가 없는 현행 상황을 벤치마크로 삼아

점진적으로 규제를 추가하는 방식으로 분석을 진행하였다. 구체적으로, 1국이 CBAM을 시행하는 경우(시나리오 2), 1국과 2국이 CBAM을 시행하는 경우(시나리오 3), 그리고 1국과 2국이 CBAM을 시행하고 2국과 3국이 탄소세로 대응하는 경우(시나리오 4)를 살펴보았다.

연구 결과는 다음과 같다. 첫째, CBAM 시행 시 온실가스 배출량이 낮고 배출권 가격이 높은 기업의 생산량이 증가하고, 반대로 배출량이 높고 배출권 가격이 낮은 기업의 생산량은 감소하는 경향을 보였다. 둘째, 특정 국가의 자국 기업에 대한 탄소세 부과는 외국 기업의 생산량을 늘리고 자국 기업의 생산량을 줄이는 효과를 가져왔다. 셋째, 최적관세에 비해 CBAM을 시행하는 것이 전반적인 온실가스 감축에 더 효과적임을 확인하였다. 넷째, 자국 기업이 특정 수준 이상으로 탄소를 배출할 때만 탄소세 부과가 온실가스 저감을 위한 합리적인 정책이 될 수 있음을 시사한다. 마지막으로, 각국 정부가 활용하는 정책 수단이 다양해질수록 온실가스 배출량은 감소하는 것으로 나타났다.

이러한 분석 결과를 바탕으로, 기후 변화 대응을 위한 온실가스 저감 정책은 단순히 총생산량을 줄이는 방식이 아니라, 전체 생산량의 감소를 최소화하면서 단위당 온실가스 생산량이 높은 기업이나 국가의 상대적 생산 비중을 줄이고, 온실가스 생산 효율이 높은 기업의 비중을 늘리는 방향으로 나아가야 한다. 절대적인 생산량을 줄이는 정책은 소비자잉여 감소와 사회 후생의 왜곡을 초래할 수 있기 때문이다. 따라서 온실가스 저감 목표는 달성하되, 효율적인 생산자와 비효율적인 생산자 간의 생산 비중 조절을 통해 전체 생산량은 유지하는 방안을 모색하는 것이 소비자잉여, 생산자잉여, 사회후생 측면에서 바람직할 것이다. 마지막으로 개도국의 입장에서는 국가 간 시장 규모 격차에 따라 탄소세를 부과하는 것이 최적일 수도 있고 선진국의 탄소국경조정을 수용하는 것이 최적일 수 있다.

본 연구는 다음과 같은 한계점을 지닌다. 먼저 본 분석 모형에서 국가마다 하나의 기업만 활동한다고 가정했는데 이는 다소 비현실적인 가정일 수 있다. 만약 다수의 기업을 가정한다면, 기업의 생산량과 이윤 규모가 달라져 시장 전체 및 국가 간의 균형에 영향을 미칠 것이다. 궁극적으로 이는 각국의 최적관세 선택, 탄소국경조정제도 설정, 그리고 탄소세 도입 시 사회 후생 효과를 상이하게 만들 수 있다. 향후 연구에서는 기업의 수를 특정하고 모형을 일반화하여 좀 더 일반적인 명제(혹은 결론)를 도출할 필요가 있다.

또한 본 연구에서는 탈탄소 투자 유인이 고려되지 않았는데, 사실상 탄소국경조정(CBAM)의 주요 목표는 기업 또는 다른 국가들의 탄소 누출 위험을 방지하

는 것이다. 이러한 맥락에서 CBAM은 다른 국가나 기업에게 탈탄소를 위한 연구개발(R&D) 투자 유인을 제공할 수 있을 것으로 예상한다.

따라서 향후 연구에서는 탄소국경조정제도 시행이 기업들의 탈탄소 연구개발 투자에 미치는 영향과 다른 국가의 정부들이 자국 기업에게 어떤 형태의 연구개발 투자 유인을 제공할 수 있을지 등을 분석해 볼 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

김지영 · 오형나, "에너지집약 산업의 탄소중립과 탄소차액계약," 『한국경제연구』 제40권, 2022, 5~26.

박유현 · 송철종, "한국의 녹색채권 프리미엄," 『한국경제연구』 제43권, 2025, 109~134.

Alexeeva-Talebi, Victoria *et al.*, "The Value-added of Sectoral Disaggregation: Implications on Competitive Consequences of Climate Change Policies," *Energy Economics*, 34, 2012, 127~142.

Bellora, C. and L. Fontagn, "EU in Search of a Carbon Border Adjustment Mechanism," *Energy Economics*, 123, 2023.

Best, F., "The EU Carbon Border Adjustment Mechanism and Its Influence on Imports from India," 2023, ZBW - Leibniz Information Centre for Economics.

Böhringer, C. *et al.*, "The Role of Border Carbon Adjustment in Unilateral Climate Policy: Overview of an Energy Modeling Forum Study (EMF 29)," *Energy Economics*, Vol. 34, 2012, S97~S110.

Branger, F. and A. Quirion, "Border Carbon Adjustment: A Survey of Literature," *Review of Environmental Economics and Policy*, 18, 2014, 34~59.

European Commission, "Climate Action: Policies: Auctioning," 2014a.

_____, "EU-ETS Fact Sheet," 2014b.

Issayeva, G. *et al.*, "Kazakhstan's Carbon Tax: Economic Foundations and European Carbon Border Adjustment Mechanism impact," *The Journal of Economic Research and Business Administration*, 146, 2023,

51~63, doi:10.26577/BE.2023.V146.I4.05.

Kerstine, A., "Understanding the European Union's Emissions Trading Systems (EU ETS)," *Journalism for the Energy Transition*, 2023.

O'Sullivan, A., C. Burney, and R. W. Baker, "Carbon Border Adjustments and the Future of Climate Policy," *Climate Policy*, 21, 2021, 1277~1290.

Weitzel, Matthias, Michael Hü bler, and Sonja Peterson, "Fair, Optimal or Detrimental? Environmental vs. Strategic Use of Border Carbon Adjustment," *Energy Economics*, 34, 2012, 198~207.

[Abstract]

A Study on the Effects of the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) on Greenhouse Gas Mitigation and Social Welfare

Saesin Oh* · Sang-Kee Kim**

This study quantifies the environmental and economic impacts of the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) using an intra-industry trade framework. We develop and compare four distinct analytical models to systematically assess CBAM's role in a global economy and derive key policy implications. Our findings demonstrate a consistent economic incentive for developed countries to implement CBAMs. Crucially, the presence of a CBAM is shown to significantly mitigate carbon leakage — an outcome not achieved in models without the mechanism. For developing countries, the optimal policy response — either accepting a developed country's CBAM or implementing an independent domestic carbon tax — is shown to be critically dependent on their relative market size.

Keywords: Carbon border adjustment, Carbon leakage, developed countries, developing countries, social welfare

JEL Classification: D58, F13, F18, O54, Q54

* First Author, Korea Energy and Economics Institute, TEL: +82-52-714-2187, E-mail:ssoh@keei.re.kr

** Corresponding Author, Department of International Business, Chungbuk National Univeristy, TEL: +82-43-261-3276, E-mail: abekim@chungbuk.ac.kr