

주요 국가별 제조분야 기업들의 해외 / 국내 직접배출량 비율 분석을 통해 살펴본 탄소누출 시사점

장원미* · 정수종**† · 장동영*** · 송홍선**** · 서상원*****

*서울대학교 환경대학원 박사과정학생, **서울대학교 환경대학원 부교수 / 서울대학교 기후테크센터 센터장, ***서울대학교 환경대학원 연구교수 / 서울대학교 기후테크센터 부센터장, ****자본시장연구원 연구위원, *****위터셰드 수석과학자

Implications of carbon leakage: Analysis of domestic vs. international emission ratios in manufacturing companies of major countries

Jang, Won Mi* · Jeong, Su Jong**† · Chang, Dong Yeong*** · Song, HongSun**** and Suh, Sang Won*****

*Ph.D. Candidate, Graduate School of Environmental Studies, SNU, Seoul, Korea

**Associate Professor, Graduate School of Environmental Studies, SNU, Seoul, Korea / Director, Climate Tech Center

***Research Professor, Graduate School of Environmental Studies, SNU, Seoul, Korea / Associate Director, Climate Tech Center

****Senior Research Fellow, Korea Capital Market Institute

*****Head Scientist, Watershed

ABSTRACT

As the burden of achieving carbon neutrality increases, concerns about carbon leakage - where high-emission facilities are relocated abroad or outsourced to evade regulations - are increasing. To counter this, Europe has introduced the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), impacting international trade. This study examines potential carbon leakage in South Korea's manufacturing sector using global corporate carbon emissions data from the Carbon Disclosure Project from 2018 ~ 2022. The analysis covers manufacturing companies from Germany, France, Italy, the UK, the USA, South Korea, Japan, and India, focusing on their direct domestic and foreign emissions (SCOPE 1). Results show that the average proportion of foreign emissions compared to domestic emissions over five years was 31.3% for Germany, 56.0% for France, and 53.8% for Italy, with the UK having an exceptionally large proportion of 106.9%. In South Korea, the proportion was 23.7%, lower than in European countries, while that in India was only 0.1%, indicating that most emissions occur domestically. Japan and the USA had proportions of 49.3% and 39.7%, respectively. Additionally, while European and American companies' foreign emissions are distributed across various countries, 77.7% of South Korea's foreign emissions occur in China. This study highlights that advanced European countries have higher foreign emissions levels compared to South Korea or India, primarily in non-EU countries. This indicates potential carbon leakage, providing reference for international regulations to achieve carbon neutrality and to protect domestic industries. South Korean companies' high dependence on China for foreign emissions suggests the need for strategic planning in future policy developments.

Key words : Carbon Leakage, Emission Manufacturing, CBAM, Corporate Emission, CDP

†Corresponding author : sujung@snu.ac.kr (Gwanak-gu, Gwanak-ro 1, SNU 220-336, Seoul, 08826, Korea. Tel. +82-2-880-5664) ORCID 장원미 0009-0004-5925-2533 송홍선 0009-0002-9245-3949 정수종 0000-0003-4586-4534 서상원 0000-0001-8290-6276 장동영 0000-0003-2614-0397

1. 서론

지구의 평균온도가 산업화 이전에 비해 2도 이상 상승하는 것을 막기 위해, 2015년 12월 195개국의 대표가 파리에 모여 21차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP21) 본회의에 참여하여 ‘파리협정(Paris Agreement)’을 채택했다. 참여국들은 온도상승 억제를 위한 온실가스 감축 목표인 NDC (Nationally Determined Contributions)를 자율적으로 설정하여 제출하는데 합의하였다. EU는 2030년까지 55%(1990년 대비), 영국은 68%(1990년 대비), 미국은 50~52%(2005년 대비)의 감축 목표를 잡고 있으며, 한국의 경우 2018년 대비 40% 감축을 목표로 하고 있다. 이와 같이 주요 선진국들은 높은 목표를 설정하고 그에 상응하는 규제와 정책들을 도입 중이며, 이러한 국가의 규제 대응에 맞춰 기업들도 준비가 필요하다.

한국 국가온실가스인벤토리에서 절대적 비중을 차지하는 것이 에너지 부문이고, 그 중 특히 연료연소에 의한 온실가스 배출이 대부분이다. 그 안에서도 제조업 및 건설업이 30%로 중요한 역할을 하고 있어 제조분야의 감축 노력이 특히 필요하다. 제조업의 경우 대부분 생산 시설에서 발생하는 배출이 많아 해당 시설이 위치한 지역의 탄소배출량이 영향을 받게 된다. 생산시설이 이전할 경우 탄소배출 또한 이전되고, 그에 따라 원소재지의 탄소배출량은 감소하고 이동한 곳의 탄소배출량이 증가하는 탄소누출(Carbon Leakage) 현상이 발생할 수 있다. 이와 같은 현상이 국가단위로 발생할 경우 타 국가의 NDC에도 영향을 주게 되고, 이는 국가단위의 그린워싱으로도 발전할 소지가 있다. 이러한 불균형을 완화하고 탄소누출의 발생을 견제하기 위해 탄소국경조정제도(CBAM)와 같은 범국가적 규제들이 도입되면서 탄소누출에 대한 인식이 확대되고 있다. 하지만 탄소누출의 구체적이고 정량적인 현황에 대해서는 아직 파악된 정보가 많지 않다.

현재까지 이루어진 주요 연구는 탄소누출의 개념과 발생 매커니즘, 공해피난가설(PHH, pollution-haven hypothesis), 누출방지정책(anti-leakage policy)과 그 연계성, 탄소발생 시설의 재배치 영향, 국가간 감축비용 차이에 따른 누출률 예상 모델 분석 등으로 주로 이론적 연구가 많이 진행되어 왔다(Babiker, 2004; Grubb et al., 2022; Hoekstra et al., 2016; Jakob, 2021; Kander et al., 2015; Levinson and Taylor, 2008; Millimet and Roy, 2016). 특히 국가별 탄소 배출량을 산정할 때 일반적으로 활용하는 생산기반회계법

(PBA, Production Based Accounting) / 영역배출(Territorial Emission) 방식이 탄소누출의 영향을 담아내지 못한다는 우려가 있다. 이에 대한 대안으로 탄소발자국의 개념으로 접근하는 소비기반회계(CBA, Consumption Based Accounting) 방식을 적용하여 국가간 무역 및 탄소누출로 인한 권역 이동까지 고려하는 방법론에 대한 연구들도 이루어지고 있다(Grubb et al., 2022). 이와 같은 방법론이나 모델을 이용한 효과를 분석하는 논문들은 있지만, 기업의 탄소배출이 어디서 발생하고 있는지 그 분포현황에 대해 실제 데이터를 바탕으로 한 정량적 연구는 많지 않았다. 탄소누출은, 공급망과 연관된 발자국(footprint) 개념의 간접배출량에서도 발생할 수 있으며 자사의 생산시설을 해외로 이전함에 따른 직접배출량에서도 발생할 수 있다. 이에 본 연구에서는, 우선적으로 확보 가능한 CDP (Carbon Disclosure Project, 탄소공개프로젝트) 데이터를 통해 파악된 주요국 제조기업들의 직접배출량 권역 데이터를 활용하여 기업들의 국외배출량 현황에 대해 파악하고, 잠재적 탄소누출 정도를 비교 분석하였다.

2. 자료 및 방법

2.1. 기업 탄소배출

전지구적 스케일의 탄소수지 관점으로 살펴보면, 인위적 이산화탄소 배출의 89%가 화석연료 사용에 기인하고 있다(Friedlingstein et al., 2022). 이러한 인위적 온실가스 배출의 주요 주체가 되는 기업들의 배출 데이터 수집은 여러 가지 방식으로 시도되고 있다. 공시나 규제 대응을 위한 의무보고, 투자기관 및 홍보를 위한 자발적보고(자체 발간 지속가능경영보고서, 신용평가기관 제출 등), 제3자 기관의 추정(ISS Ethix, MSCI, Sustainalytics) 등이 있으며, 국제적으로 동일한 기준에 맞춰 기업들에게서 직접 1차 데이터를 수집한 CDP가 가장 많은 데이터를 확보하고 높은 신뢰도를 얻어 많이 활용되고 있다(Busch et al., 2020).

CDP는 2000년에 영국에서 시작된 글로벌 비영리기구로, 전세계 주요 기업들의 환경 정보를 수집 및 연구, 분석, 평가하는 기관이다. 지속가능성 평가 기관 중 대표적으로 공신력이 높은 기관으로 인정받고 있으며(ERM, 2020), 2019년 기준 92개국의 8,400여개 기업이 참여하고 있다. 기후변화(Climate Change), 수자원(Water), 산림(Forests), 플라스틱(Plastics)의 4개 분야를 다루고 있고 그 중 가장 오래된 기후변화(Climate Change) 분야에는 국내

의 경우 2022년 기준으로 약 300여개의 기업들이 답변서를 제출하였다.

CDP는 매년 연초에 기업들에게 약 170페이지, 15개 챗터 분량의 설문지를 배포하고 답변지를 수집, 평가해 관련 결과를 발표하고 있으며, 본 연구에서는 CDP ‘Climate Change’ 분야의 2018~2022년 5년간의 글로벌 데이터를 사용하였다.

CDP의 설문 문항들 중 국외배출 분석과 관련해 사용된 데이터는 ‘C.7 Emission Breakdown’의 ‘C7.2 Scope 1 breakdown : country’항목으로 기업의 소속국가, 산업분류, 배출국가, 배출량 정보를 제공한다. CDP에 응답한 여러 기업의 소속국가들 중, 1) 탄소배출량이 많아 글로벌 탄소배출 기여도가 높고, 2) CDP에 응답데이터가 많아 분석이 용이한 국가들 위주로 대상을 선별하였다. 글로벌 탄소배출량 순위가 높은 국가들 중, 아메리카/아시아/유럽의 주요 권역 별로 대표 국가들을 선정하였다. 분석 기준이 되는 한국과, 아시아에서 한국과 유사하며 비교대상이 될 수 있는 일본, 국가 탄소배출량이 높은 미국, 유럽에서 탄소배출량이 높은 독일, 영국, 프랑스, 이탈리아와 대조군의 역할을 할 수 있는 인도를 포함하여 총 8개 국가를 대상으로 하였다(Appendix 1).

분석 대상이 되는 산업 선정을 위해 CDP의 산업분류 체계인 CDP-ACS (CDP, 2022)를 참고하였다. CDP-ACS는 산업(Industry) :13개 / 활동그룹(Activity Group) : 63개 / 활동(Activity): 214개의 3단계로 구성되며 이 중 가장 상위 단계인 산업(Industry)분류를 기준으로 하였다. 13개 산업분류 중 기업 데이터가 가장 많고, 직접배출 발생의 주원인이 되는 생산시설을 운영하며, 한국의 산업구조에서도 비중이 큰 제조업(Manufacturing)을 대상 분야로 선정하여 분석하였다. 해당 ‘제조업’ 분야에 속하는 구체적인 활동그룹에는 전기전자 제품 및 부품, 수송, 기계, 조명, 철강제품, 재생에너지장비 생산업종 등이 있다(Appendix 2). 한국 기업들 중 해당 분류에 속하는 곳은 삼성전자, LG전자, LG디스플레이, SK하이닉스, 현대자동차, 기아자동차, 두산중공업, 한국타이어 등이 있다. 그 외 조사대상 국가들의 대표기업들로는 미국의 보잉, 인텔, GM(제너럴 모터스), 월풀, TI(텍사스 인스트루먼트), GE(제너럴 일렉트릭) 등과 일본의 캐논, 카시오, 후지, 히타치, 니콘, 파나소닉, 샤프, 소니, 도요타, 혼다 그리고 독일의 BMW, 다임러, 폭스바겐, 지멘스, 영국의 롤스로이스, 코밤, 로토크, 스미스 그룹, 이탈리아의 피아트, 크라이슬러, 프랑스의 미쉐린, 르노, 탈

Table 1. Number of target companies by country

	2018	2019	2020	2021	2022
South Korea	16	18	22	39	77
Germany	17	27	30	37	55
UK	21	24	23	33	42
France	17	20	25	26	26
Italy	13	19	23	28	44
US	114	142	162	180	193
Japan	124	155	173	180	255
India	6	8	10	15	25

레스, 슈나이더, 인도의 타타 등이 있다.

설문지에 응답한 기업의 내부정책에 따라 데이터의 기간산정 기준이 달력연도(calendar year) 또는 회계연도(fiscal year)로 상이한 경우가 있어, 연도 기준은 CDP에서 데이터를 취합한 발행연도를 따르는 것으로 하였다(예시 : CDP의 2022년 데이터는 기업의 2021년 사업활동에 따른 데이터임). 이렇게 선정된 기업들의 데이터는, Table 1에서 보이듯이 국가별로 그 확보된 데이터 수가 상이하다. 그러므로 그 절대량으로 국가간 비교를 하는 것은 무리가 될 수 있으나, 개별 국가별로 국내/국외 직접탄소배출량 비율을 도출하고 그 비율에 대한 국가간 상대 비교를 통해 경향성을 파악하는 방식으로 분석을 진행하였다. 또한 배출권역별 상세데이터를 관리하고 보고하는 기업들의 데이터수가 점차 늘어나고 있으며, 특히 한국의 경우 그 증가세가 뚜렷하여 관심도가 증가하는 것을 확인할 수 있다.

2.2. 연구방법

위와 같이 선정된 데이터를 활용하여 대상 국가의 범위를 다르게 해 2가지 분석을 진행하였다. 첫번째로 국가별 배출권역 비율 분석을 위해 국외배출지표(EA_{index} : Emission Area Index)를 설정하였다.

$$EA_{index} = \frac{\sum E_{foreign}}{\sum E_{domestic}} \times 100 \text{ (단위 : \%)}$$

1) 소속국가별로 기업을 분류하고, 2) 해당 국가 기업들의 직접배출(Scope 1) 배출국가의 권역을 분류하며(국내 vs. 국외) 3) 국내 배출총량($\sum E_{foreign}$) / 국외 배출총량

($\Sigma Edomestic$)의 비율을 산정하여 국가별 EA_{index} 를 도출하였다. 도출된 지표의 2018년~2022년까지 5년간의 추세를 살펴보고, 5년간의 평균치를 통해 국가별 상대비교를 실시하였다.

그리고 두번째로, 대상이 된 8개국 중 국외 배출의 비중이 큰 6개국을 선별하여, 그 국가들의 국외배출이 주로 어디에서 발생하는지 그 분포현황을 분석하였다. 8개국 중 국외배출지표 값이 가장 높게 나타난 영국과, 영국을 제외한 유럽 국가들 중 높은 값을 보였던 이탈리아, 제조업의 비중이 높고 탄소배출량이 많은 독일, 그리고 미국, 일본, 한국을 포함한 6개국을 대상으로 하였다.

조사 대상 8개국 중 유럽에 해당하는 독일, 프랑스, 이탈리아, 영국의 경우 국외배출지표를 도출할 때 2가지 경우로 구분하여 진행하였다. A) 자국 내 배출량을 ‘국내배출량’, 그 외 모든 배출량은 ‘국외 배출량’으로 분류하거나, B) 자국 내 배출량과 EU권역 내에서 발생하는 배출량을 합쳐서 ‘국내배출량’으로 분류하고, EU권역 밖에서 발생하는 배출량을 ‘국외 배출량’으로 분류하는 경우이다. 이와 같이 살펴본 이유는, 유럽의 환경규제나 목표가 EU 단일시장으로 설정되어 관리되고 있기 때문에 ‘EU 권역’ 외부에서 발생하는 배출을 ‘국외배출’의 범위로 분류하여 확인하는 것이 필요하여 두가지 경우를 비교하여 분석하였다. 그리고 영국의 경우 사용 데이터의 시점이 Brexit 이후이기는 하나 시설배치와 같은 기업투자정책 및 전략이 영향을 받기에는 아직 초기이고 그 샘플 기간이 짧아 Europe (EU)으로 분류하여 분석하였다. 두번째 배출분포현황을 분석할 때는, 상세한 배출분포현황 분석을 위해 자국 외 모든 국가배출분포를 확인하고, 유럽 국가들 중 EU권역에 해당하는 국가들이 어느 정도의 비중을 차지하는지도 함께 살펴보았다.

그리고, CDP의 데이터들은 개별 기업의 담당자들이 직접 기입한 정보를 바탕으로 하기 때문에 국가구분이 일관적이지 않아, 배출권역을 분류하는 과정에서 추가 작업이 필요한 경우가 발생하였다. 독일, 이탈리아, 프랑스, 영국 기업들이 배출권역을 국가단위로 분리하지 않고 ‘Europe’이라고 표기한 경우는 해당 배출량을 국내배출량으로 분류하였고, 미국기업이 배출권역을 ‘North America’로 표기한 경우도 국내배출량으로 분류하여 집계하였다.

3. 결과

3.1. 대상 국가별 국외배출 현황(8개국)

8개국 제조기업들의 5년간 국외배출지표 값을 확인한 결과 유럽국가들이 다른 권역 국가 대비 전반적으로 높은 수준을 보임을 확인할 수 있었다. 위 연구방법에서 언급한 대로 유럽 4개국의 경우 A) 자국배출량만 ‘국내’로 분류하거나, B) ‘EU’권역내 배출을 모두 ‘국내’로 분류한 2가지 경우를 모두 살펴보았으며 두 경우 모두 아래와 같이 유럽 국가들이 전반적으로 높은 수준을 보였다(Table 2, Table 3, Fig. 1).

5년간 시간변화에 따른 뚜렷한 트렌드는 보이지 않아 국가간 상대 비교는 아래와 같이 5년간의 데이터 평균값을 활용하였다(Fig. 1).

8개국의 5년간 국외배출지표의 평균값을 살펴보면, (국내 : 자국 기준으로) 영국이 488.7%로 국외배출이 국내배출 대비 4배가 넘는 수준으로 다른 7개국과 비교했을 때 독보적으로 높은 값을 보여주었다. 영국을 제외한 7개국의 경우 이탈리아가 가장 높은 124.1%의 수치를 보였으며, 프랑스 역시 국내와 국외배출의 비중이 거의 유사한 96.5%의 값이 나왔다. 이는, 유럽 국가들의 국내 기준을 EU권역으로 설정하여 분석하였을 때도 비슷한 양상을 보여주었다. 영국이 106.9%로 다른 권역 대비 2배가 넘는 수준의 높은 수치를 보였으며, 프랑스, 이탈리아가 각각 56%, 53.8%로 다른 국가 대비 높은 국외배출 수준을 나타내었다.

한국의 경우 국외배출이 거의 전무한 인도를 제외하고는 8개국 중 가장 낮은 23.7%의 값을 보여 다른 국가 대비 국외배출이 많지 않다는 것을 확인할 수 있었다. 일본도 49.3%의 값으로 한국 대비 2배 이상 높은 국외배출이 발생하였으며, 미국의 경우 제조업의 국외배출이 다른 선진국 대비 낮은 39.7%의 값을 보여주었다.

8개 국가들의 2022년의 절대적 탄소배출량을 살펴보면, 인도의 경우 사용된 기업 데이터 수는 일본의 1/10이지만(일본 255건 / 인도 25건) 국내배출량은 오히려 더 높게 나타나서, 한 기업당 국내배출량의 집약도가 훨씬 높은 것을 확인할 수 있었다. 또한, 독일, 영국, 프랑스, 이탈리아 유럽 4개국의 자국 외 배출량을 EU권역과 비EU권역으로 분리해 확인해 본 결과 대부분 비EU권역의 배출량이 더 많았으며, 비EU권역으로의 탄소누출이 발생하고 있는 것을 파악하였다. 이는, 유럽 국가들의 ‘국내’에 EU

Table 2. Foreign emission data of manufacturing companies in 8 countries (5 years) – domestic only

	2018	2019	2020	2021	2022	5 year average
South Korea	24.2	16.17	15.59	29.03	33.49	23.7
Germany	53.78	35.87	35.75	59.2	57	48.3
UK	793.36	359.58	480.27	456.31	354.22	488.7
France	72.43	106.08	104.58	96.77	102.67	96.5
Italy	149.66	114.51	168.29	94.18	93.71	124.1
US	42.5	42.36	42.67	37.23	33.81	39.7
Japan	63.31	51.12	44.15	39.58	48.46	49.3
India	0	0.12	0	0.06	0.12	0.1

Table 3. Foreign emission data of manufacturing companies in 8 countries (5 years) – including EU

	2018	2019	2020	2021	2022	5 year average
South Korea	24.2	16.17	15.59	29.03	33.49	23.7
Germany	36.82	25.79	27.27	36.18	30.55	31.3
UK	106.37	126.55	128.19	99.65	73.56	106.9
France	52.51	50	47.65	68.81	61.22	56.0
Italy	72.14	61.38	77.07	30.28	28.14	53.8
US	42.5	42.36	42.67	37.23	33.81	39.7
Japan	63.31	51.12	44.15	39.58	48.46	49.3
India	0	0.12	0	0.06	0.12	0.1

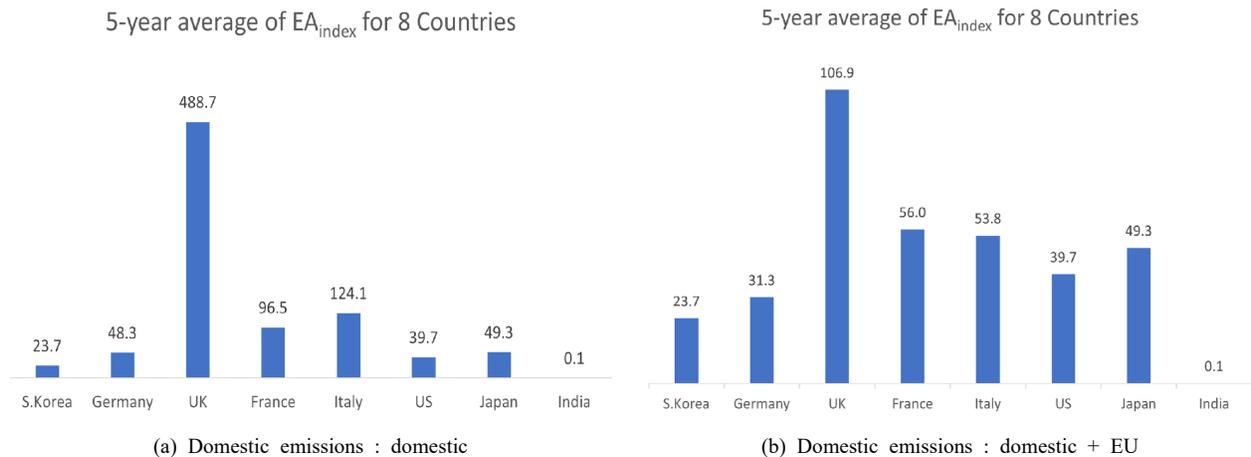


Fig. 1. Foreign emission data of manufacturing companies in 8 countries (5 year average)

Table 4. 2022 Domestic & foreign emissions of manufacturing companies in 8 countries

(Unit : K ton CO₂eq / year)

2022	Domestic emissions	Foreign (EU)	Foreign (non-EU)	Foreign emissions
South Korea	13,803.07	n/a	n/a	4,622.97
Germany	6,252.57	1,266.65	2,297.21	3,563.86
UK	2,632.02	4,256.25	5,066.82	9,323.06
France	1,549.46	398.36	1,192.47	1,590.83
Italy	1,124.82	575.57	478.49	1,054.06
US	43,210.85	n/a	n/a	14,609.86
Japan	21,878.50	n/a	n/a	10,603.20
India	28,257.46	n/a	n/a	32.66

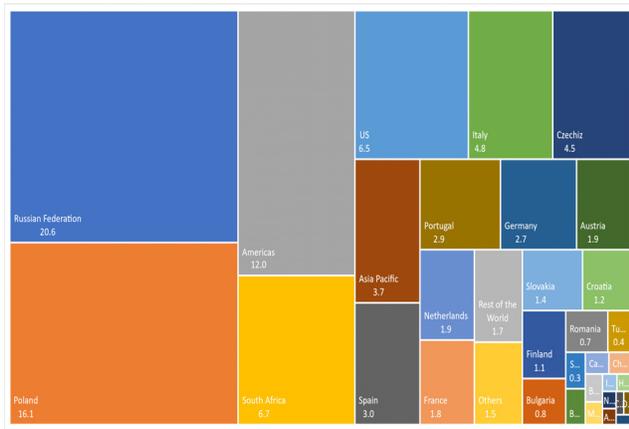


Fig. 2. Distribution of foreign emissions from the UK (%) 2022

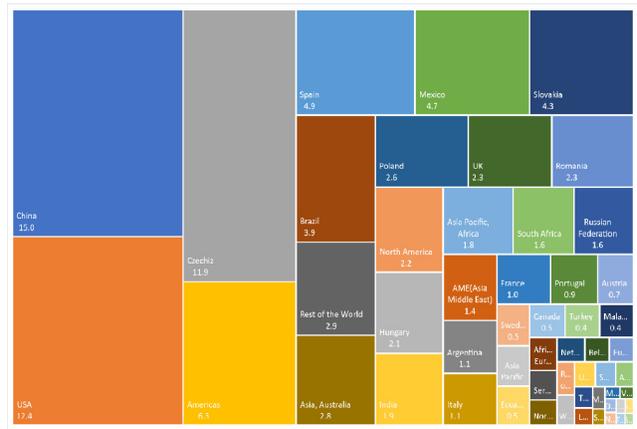


Fig. 3. Distribution of foreign emissions from Germany (%) 2022

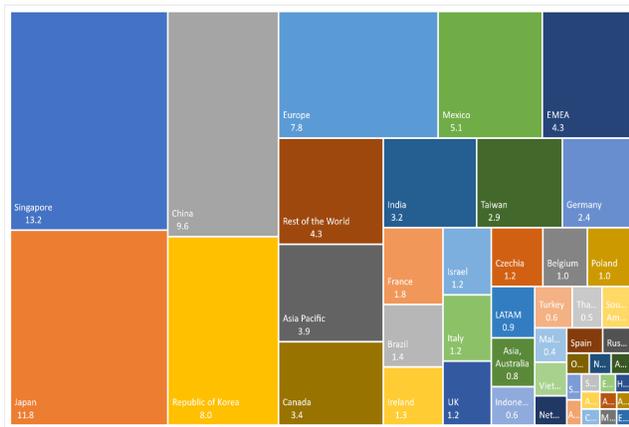


Fig. 4. Distribution of foreign emissions from the US (%) 2022

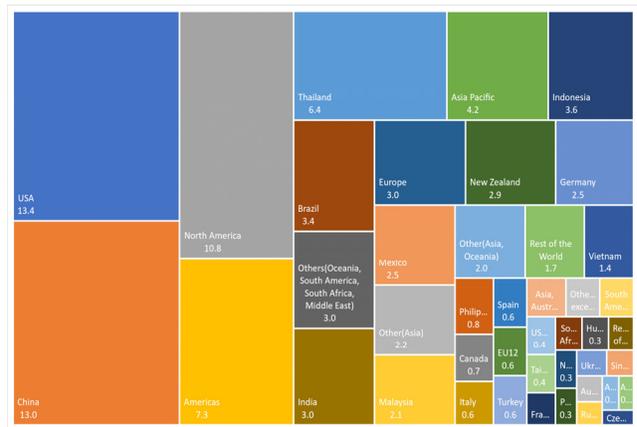


Fig. 5. Distribution of foreign emissions from Japan (%) 2022

를 포함시키고, 비EU권역으로의 탄소누출을 분석한 두번째 국외배출지표 분석방법의 필요성을 뒷받침하고 있다 (Table 4).

3.2. 국외배출 권역 분포도(6개국)

앞서 조사한 8개국 중, 영국, 이탈리아, 독일, 미국, 일본, 한국 6개국의 2022년 데이터를 활용하여 각각의 국외배출권역 분포를 분석해보았다. 먼저 유럽에 해당하는 영국과 이탈리아, 독일의 경우 상위 4~5개 국가 들에서 50프로가 넘는 국외배출이 발생하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 세부적인 확인을 위해 이들의 자국 외 모든 국가 배출 분포를 확인하였더니, 상위권 국가들 중 영국은 폴란드, 독일은 체코가 비중이 큰 EU권역 국가들이었으며, 이탈리아는 프랑스, 영국, 루마니아, 독일 등으로 EU권역 국가가 차지하는 비율이 높았다.

영국 기업들의 경우 러시아(20.6%) > 폴란드(16.1%) > 아메리카(12.0%) > 남아프리카(6.7%) 순서로 국외배출이 많았으며(Fig. 2), 이탈리아 기업들의 경우 미국(22.5%) > 프랑스(11.3%) > 영국(9.6%) > 루마니아(7.8%) > 독일(6.3%) > 폴란드(5.9%)에서 주로 국외배출이 발생하였다 (Appendix 4). 독일은 중국(15.0%) > 미국(12.4%) > 체코(11.9%) > 아메리카(6.3%) > 스페인(4.9%) 순으로, 유럽 국가 중 유일하게 중국의 비중이 상위권에 위치하였다 (Fig. 3).

미국과 일본 역시 상위 5개국이 50프로가 넘는 비중을 차지하였다. 특히 상위 3개국이 유사한 수준으로 분포되어 있는데, 미국의 경우 싱가포르(13.2%) / 일본(11.8%) /

중국(9.6%) (Fig. 4), 일본은 미국(13.4%) / 중국(13.0%) / 북미(10.8%)의 순이다(Fig. 5). 일본의 경우 기입된 권역명을 기준으로 하여 미국, 북미, 아메리카를 개별 권역으로 집계하였지만, 전체적으로 아메리카 권역에서 많은 국외배출이 발생하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

한국기업의 경우 위 5개국과는 두드러지게 다른 분포를 보이고 있는데, 중국에서 발생하는 국외배출이 77.7%로 절대적으로 높은 것으로 드러났다(Fig. 6). 그 외는 미국, 폴란드, 헝가리, 인도, 베트남 등지에서 국외배출이 발생하는 것으로 확인되었다.

4. 논의 및 결론

환경규제에 앞장서고 선진국으로 인식되고 있는 유럽 주요국들의 국외배출 현황을 파악해본 결과, 국외 배출(비 EU권)의 비중이 다른 권역 국가 대비 두드러지게 높은 것을 확인할 수 있었다. 특히 영국의 경우 106.9%로 8개국 중 2위인 프랑스와 비교해도 2배에 가깝게 높은 수치를 보여주었다. CDP가 시작된 국가이고 환경규제에 앞장서는 대표적인 나라인 영국의 제조업에서 국외 배출이 많이 발생하고 있는 것으로 보여, 국제사회에서의 형평성에 대한 고려가 필요할 것으로 보인다.

미국의 경우에는(39.7%), 유럽 주요 국가 대비(영국 106.9%, 프랑스 56%, 이탈리아 53.8%, 독일 31.3%) 상대적으로 낮은 국외배출 수준을 보여주었다. 제조업의 국외 유출을 경계하는 미 정부의 리쇼어링 정책(Reshoring : 해외에 진출한 국내 제조기업을 다시 국내로 돌아오도록 하는 정책)이 유지되고 있어, 국외탄소배출에 미치는 영향과의 연관성도 고려해볼 필요가 있다.

또한 같은 유럽 내에서도, 독일(665.88 MtCO₂/yr)이 영국(335.36 MtCO₂/yr), 이탈리아(319.67 MtCO₂/yr), 프랑스(302.33 MtCO₂/yr) 대비 두배 높은 수준의 탄소배출량을 보여주고 있는 반면(EDGAR, 2021), 국외배출지표는 독일이 확연히 낮은 수치를 보여주고 있다(독일 31.3%, 영국 106.9%, 프랑스 56.0%, 이탈리아 53.8%). 독일이 유럽 내 타 국가 대비 제조업의 비중이 높은 나라인 것을 감안할 때, (유럽 주요국가 GDP 중 제조업 비중 : 독일 24.3%, 이탈리아 19.6%, 프랑스 13.5%, 영국 13.4% (KOTRA, 2019)) 국외배출지표가 낮은 것과의 상관관계 역시 살펴볼만 하다.

아시아 국가 중 탄소배출이 많은 인도(EDGAR, 2021)



Fig. 6. Distribution of overseas emissions from South Korea (%) 2022

의 경우, ‘부자 국가의 역사적 책임론’을 강조하는 목소리를 지속적으로 내어 왔는데, 국외배출지표를 확인한 결과 국외배출이 거의 전무하고 국내배출이 대부분인 것으로 나타나 국제사회에서의 탄소중립에 대한 부담이 큰 것을 확인할 수 있었다.

일본의 국외배출지표는 49.3%로 미국보다 높으며 유럽 국가들과 유사한 수준을 보여 주었다. 일본 제조업의 경우 2010년 이후 환리스크 회피, 생산비용 절감, 현지시장 확보 등을 위해 국외투자 및 생산을 확대해 왔고, 최근에는 국내외 생산비용의 격차가 축소되고 공급망 리스크 관리를 하면서 그 추세가 감소하고 있는 것으로 보여 향후 국외배출지표의 변화와 연관 지어 확인해 볼 필요가 있다 (Bank of Korea, 2022).

한국의 경우에는 23.7%로 8개국 중 인도를 제외하고 가장 낮은 국외배출 수치를 보여주었으며 이는 일본의 절반이 안되는 수준이다. 무역장벽을 극복하기 위한 현지시장진출을 목적으로 하는 해외투자가 증가하고 있기는 하나(Oh, 2019), 탄소배출량 관점에서는 국내의 비중이 절대적으로 높은 상황이다. 또 하나 주목할만한 점은, 한국 국외배출의 대부분(77.7%)이 중국에서 발생하고 있다는 것이다. 다른 국가들의 경우 상위 4,5개 권역에 배출이 고르게 분포되어 있는 반면, 한국은 중국에의 의존도가 높다. 현재 유럽이나 미국의 경우에는 무역이나 공급망에서 중국 의존도를 낮추려 하고 있으며, 특히 유럽은 핵심원자재법(CRAM, Critical Raw Materials Act : 2030년까지 제3국의 전략적 원자재 의존도를 역내 전체 소비량의 65% 미만으로 낮추기 위해 역내 제조역량을 강화하고 공급선을 다변화하고자 하는 법안)을 발의하여 중국과 미국을 견제하고 역내 공급망 취약성을 개선하고자 노력하고 있다. 전쟁으로 인한 에너지 위기나 자국보호주의와 같이 변화하는 국제정세에 따라 공급망 리스크가 존재하며, 한국과 같이 특정 국가에 대한 의존도가 높을 경우 그 위험이 높을 수 있어 이에 대한 준비가 필요할 것으로 보인다.

본 연구를 통해 주요 탄소배출 국가들의 국외배출 현황에 대해 정량적으로 파악할 수 있었다. 이와 같은 기업들의 국외배출은 기업경쟁력 확보를 위한 여러 가지 요인에 기인한다. 시장과의 접근성, 인재 확보 및 정치적/경제적 이해관계를 고려하여 결정되며, 강화되는 환경규제 또한 그 요인 중 하나로 작용될 수 있다. 이러한 복합적 요인과의 인과관계와 별개로, 이미 발생되고 있는 주요 기업들의 국외배출은 국제사회에 그 영향을 미치고 있으며, 탄소누출로 발전할 수 있는 여지도 있어 이에 대한 고려 및

대응이 필요하다. 영역배출(Territorial Emission)에 기반한 NDC로 국가별 탄소중립 현황을 관리하고 있지만, 글로벌 차원에서 이러한 국외배출이나 탄소누출을 고려한 관리 또한 검토가 필요할 것으로 보인다. 그리고 이러한 국외배출 비율 분석을 기반으로, 진출국가의 환경규제 도입현황 및 경제적 특성 등을 반영한 추가연구를 통해 탄소누출과의 연관성에 대한 더 자세한 분석이 가능할 것으로 보인다.

본 연구에 사용된 데이터는 CDP에서 취합한 기업의 설문응답에 근거하고 있으며, 이로 인해 개별 기업 간 또는 국가 간의 상이한 기준으로 인한 어려움이나 데이터 신뢰도의 한계가 존재한다. 동일한 기업의 경우에도 데이터 제출연도에 따라 산업 구분이 달라지기도 하며, 배출량 단위기업의 오류로 이상값이 발생하기도 하고, 배출권역 집계의 범위 기준이 다르게 잡히는 등 다양한 오류가 존재한다. 또한 개별 국가간 데이터 수의 편차가 크며, 수집된 데이터가 각 국가의 제조업을 어느 정도 대표할 수 있는가에 대한 의문이 존재한다. 이는, 조사된 기업들의 시가총액의 합과 같은 경제적 수치로 각 국가별 대표성의 비율을 조사하는 방식과 같은 보완이 가능할 것으로 보인다. 또한, CDP의 데이터 검증체계 개선 및 향후 도입될 CSRD(Corporate Sustainability Reporting Directive)나 ISSB(International Sustainability Standards Board)와 같은 의무공시제도의 확대에 따라 더 신뢰도 높은 데이터가 확보될 경우 이를 이용해 개선될 수 있다. 또한, CDP의 해당 질문에 응답한 기업들은 탄소중립에 대한 의지와 규제대응에 대한 인식이 있는 선도기업들로 그 중요성과 비중 면에서 가치가 있어, 이를 활용한 연구 또한 유의미하다고 볼 수 있다.

제조업에 해당하는 기업들의 경우, 생산시설에서 전기 사용이 높은 비중을 차지하기도 한다. 이는 스코프 2 배출량과 연결되는 부분이어서, 산업별 스코프 1, 2 배출량의 비중을 감안하여 스코프 2 배출량도 포함하는 분석으로 향후 확장하여 분석할 수 있다.

정책활용에서의 실효성을 높이기 위해 실제 데이터를 활용한 탄소누출에 대한 실증적 연구는 지속적으로 필요하다. 최근에는 국가별/부문별 에너지가격 변화 데이터를 활용한 탄소배출 흐름 분석이나, 회계 프레임워크를 활용한 탄소 누출률 분석이 진행되고 있으며(Misch and Wingender, 2024), 유럽 자동차 산업을 대상으로 한 글로벌 공급망의 지속 가능성 최적화 프레임워크에 대한 연구도 이루어지고 있다(Kannegiesser et al., 2014), 이러한 선

행 연구를 기반으로, 본 논문에서 분석한 국외배출 비율을 참고하여 대상 국가 및 업종을 세분화하고, 글로벌 공급망 변화와 연계한 추가 연구가 가능할 것으로 보인다.

사사

본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 관측기반 온실가스 공간정보지도 구축 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다(RS-2023-00232066).

References

- Babiker MH. 2004. Climate change policy, market structure, and carbon leakage. *J Int Econ* 65(2): 421-445. doi: 10.1016/j.jinteco.2004.01.003
- Bank of Korea. 2022. Trends and evaluation of overseas production in Japanese manufacturing. [accessed 2024 Apr 15]. <https://www.bok.or.kr/portal/bbs/P0002229/view.do?menuNo=200084&nttId=10070919>
- Busch T, Johnson M, Pioch T. 2020. Corporate carbon performance data: Quo vadis? *J Ind Ecol* 26(1): 350-363. doi: 10.1111/jiec.13008
- CDP (Carbon Disclosure Project). 2022. Activity classification system. [accessed 2024 Feb 27]. https://cdn.cdp.net/cdp-production/cms/guidance_docs/pdfs/000/001/540/original/CDP-ACS-full-list-of-classifications.pdf
- EDGAR (Emissions Database for Global Atmospheric Research). 2021. GHG emissions of all world countries. [accessed 2024 Jan 15]. https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2021
- ERM (Environmental Resources Management). 2020. Rate the raters. [accessed 2024 Mar 8]. <https://www.erm.com/insights/rate-the-raters-2020/>
- Friedlingstein P, Jones MW, O'Sullivan M, Andrew RM, Bakker DCE, Hauck J, Le Quéré C, Peters GP, Peters W, Pongratz J, et al. 2022. Global carbon budget 2021. *Earth Syst Sci Data* 14(4): 1917-2005. doi: 10.5194/essd-14-1917-2022
- Grubb M, Jordan ND, Hertwich E, Neuhoff K, Das K, Bandyopadhyay KR, van Asselt H, Sato M, Wang R, Pizer WA, et al. 2022. Carbon leakage, consumption, and trade. *Annu Rev Environ Resour* 47: 753-795. doi: 10.1146/annurev-environ-120820-053625
- Hoekstra R, Michel B, Suh S. 2016. The emission cost of international sourcing: Using structural decomposition analysis to calculate the contribution of international sourcing to CO₂-emission growth. *Econ Syst Res* 28(2): 151-167. doi: 10.1080/09535314.2016.1166099
- Jakob M. 2021. Why carbon leakage matters and what can be done against it. *One Earth* 4(5): 609-614. doi: 10.1016/j.oneear.2021.04.010
- Kander A, Jiborn M, Moran DD, Wiedmann TO. 2015. National greenhouse-gas accounting for effective climate policy on international trade. *Nat Clim Change* 5(5): 431-435. doi: 10.1038/nclimate2555
- Kannegiesser M, Günther H-O, Gylfason Ó. 2014. Sustainable development of global supply chains—Part 2: Investigation of the European automotive industry. *Flex Serv Manuf J* 26(1-2): 48-68. doi: 10.1007/s10696-013-9177-4
- KOTRA (Korea Trade-Investment Promotion Agency). 2021. Overview of German industry 2021. [accessed 2024 Apr 15]. https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/com/index.do?MENU_ID=170
- Levinson A, Taylor MS. 2008. Unmasking the pollution haven effect. *Int Econ Rev* 49(1): 223-254. doi: 10.1111/j.1468-2354.2008.00478.x
- Millimet DL, Roy J. 2016. Empirical tests of the pollution haven hypothesis when environmental regulation is endogenous. *J Appl Econom* 31(4): 652-677. doi: 10.1002/jae.2451
- Misch F, Wingender P. 2024. Revisiting carbon leakage. *Energy Econ*: 107786. doi: 10.1016/j.eneco.2024.107786
- Oh SJ. 2019. Recent trends and impacts of overseas expansion in manufacturing. *KDB Monthly*. [accessed 2024 Apr 15]. <https://rd.kdb.co.kr/fileView?groupId=456A0840-2E39-8D07-A82C-EEE69A440B0C&fileId=F423FE5F-0478-B8B2-3236-C849CE8892CA>

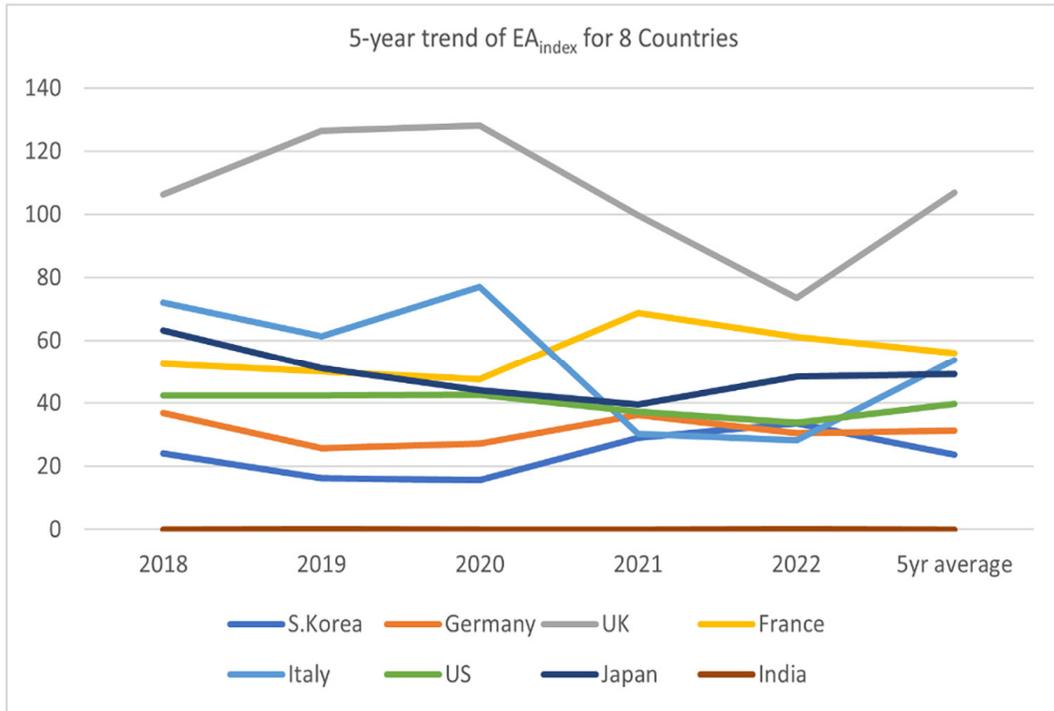
Appendix

Appendix 1. 2021 EDGAR country ranking of CO₂ emissions

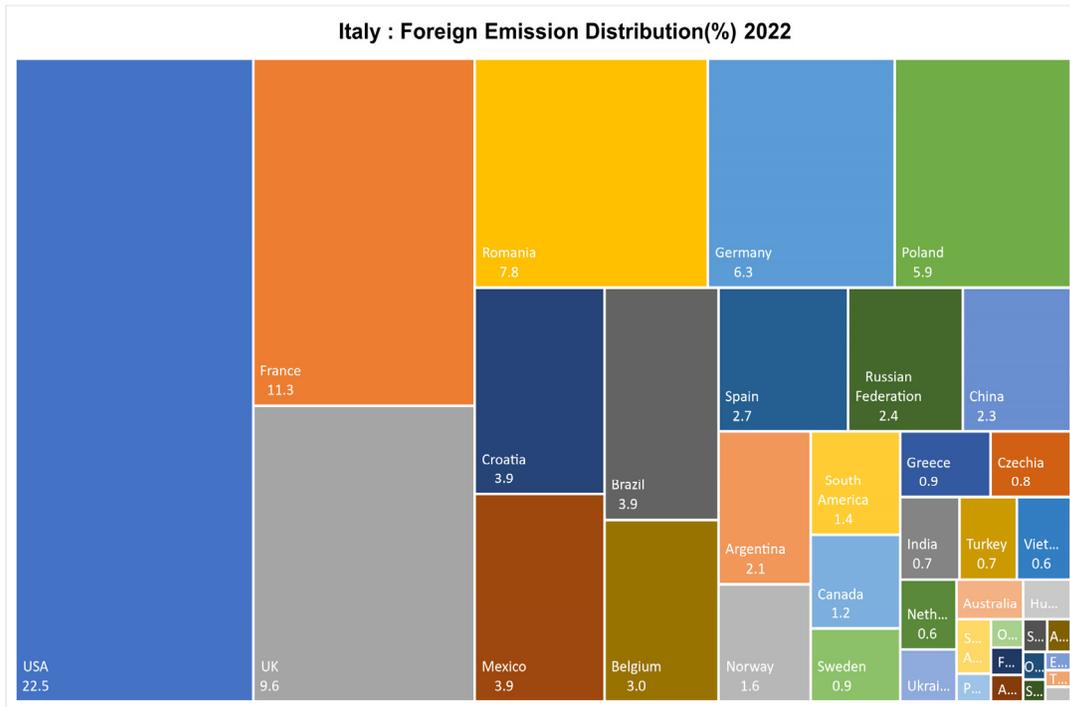
	Country	Emission (Mt CO₂/yr)		Country	Emission (Mt CO₂/yr)
1	China	12,466.32	16	Australia	367.91
2	USA	4,752.08	17	UK	335.36
3	India	2,648.78	18	Vietnam	321.41
4	Russia	1,942.54	19	Poland	320.77
5	Japan	1,084.69	20	Italy	319.67
6	Iran	710.83	21	France	302.33
7	Germany	665.88	22	Taiwan	288.16
8	South Korea	626.80	23	Thailand	269.57
9	Indonesia	602.59	24	Egypt	259.32
10	Saudi Arabia	586.40	25	Malaysia	251.56
11	Canada	563.54	26	Spain	231.91
12	Brazil	489.86	27	Pakistan	219.79
13	Turkey	449.72	28	Kazakhstan	211.21
14	South Africa	435.52	29	UAE	193.51
15	Mexico	418.35	30	Argentina	189.00

Appendix 2. Detailed classification of the manufacturing industry

CDP Industry	CDP Activity Group	CDP Activity
Manufacturing	Electrical & Electronic equipment	Batteries
		Communication equipment
		Computer Hardware
		Electrical equipment
		Electronic components
		Electronic equipment
		Household appliances
		Semiconductors
	Leisure & home manufacturing	Accessories
		Furniture
		Homeware
		Sporting goods
		Toys & games
	Light manufacturing	Automotive interior
		Munitions
		Other building products
		Other containers & packaging
		Pollution control equipment
	Metal products manufacturing	Tires
		Fabricated metal components
	Paper products & packaging	Metal containers & packaging
		Paper packaging
	Plastic product manufacturing	Paper products
		Plastic products
	Powered machinery	Agriculture, construction & mining machinery
		Engines & motors
		Industrial machinery
		Other vehicle equipment & systems
	Renewable energy equipment	Other renewable energy equipment
		Solar energy equipment
	Transportation equipment	Aerospace
		Alternative vehicles
		Automobiles
Heavy vehicles		
Railroad rolling stock		
Recreational vehicles		
Shipbuilding		
Wood & rubber products	Finished wood products	
	Rubber products	



Appendix 3. 5-year trend of EA_{index} for 8 countries



Appendix 4. Distribution of foreign emissions from Italy (%) 2022