

발간등록번호

11-1480745-000002-09

기후변화와 탄소중립

Climate Change and Carbon Neutrality



환경부
온실가스종합정보센터

기후변화와 탄소중립

Climate Change and Carbon Neutrality



환경부
온실가스종합정보센터

기후변화와 탄소중립

Climate Change and Carbon Neutrality

발행일 2023년 12월 29일

발행처 온실가스종합정보센터 www.gir.go.kr

충청북도 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명로 210, 오송스퀘어 빌딩 2, 3층

Tel. 043-714-7512 Fax. 043-714-7510

디자인 (주)더블루랩

Climate Change and Carbon Neutrality 2023 Winter Vol.26

Greenhouse Gas Inventory and Research Center of Korea

기고안내

「기후변화와 탄소중립」은 여러분의 원고를 받습니다.

탄소중립 사회로 전환에 앞장서는 온실가스종합정보센터는

「기후변화와 탄소중립」을 통해 국내외 최신 연구 동향을 제공합니다.

온실가스 감축 및 기후변화 대응 관련 여러분의 많은 기고를 바랍니다.

기획총괄팀 윤소영 전문연구원(043-714-7512)

- 본지에 게재된 내용은 센터의 공식 견해가 아님을 밝힙니다.
- 본지에 게재된 글과 사진을 센터와 사전협의 없이 무단 복제하거나 게재할 수 없습니다.

Contents

04

발간사

정은해 | 온실가스종합정보센터장

08

국제 탄소시장 주요 내용 및 동향

정은해 | 온실가스종합정보센터장

16

자발적 탄소시장의 글로벌 동향 및 시사점

제시은 | 기후변화센터 팀장

26

글로벌 온실가스 배출 규제와 국내 산업계 영향

정세록 | 사단법인 넥스트 선임연구원

38

국제 탄소시장 메커니즘 기반 기술혁신 현황 및 과제

이상원 | 산업연구원 부연구위원



CO₂
↓

CO₂
↓ ↓ ↓ ↓



발간사

정은해 센터장
환경부 온실가스종합정보센터

우리 국민을 기후위기로부터 안전하게 지킬 수 있도록 탄소중립 실현에 앞장서겠습니다

12월이 되면 자연스레 희고 탐스러운 함박눈을 기다립니다. 눈사람을 만들었던 감성은 기억에 머물지만, 마음만큼은 눈밭에서 뒹구는 아이들처럼 설레곤 합니다. 그러나, 최근에는 이런 동심의 풍경을 좀처럼 보기 어려워졌습니다. 전 세계적인 기후위기로 눈 내리는 일수가 평균 15일 감소했으며, 저출산으로 인해 지난해 우리나라 출산율이 0.78명까지 줄었기 때문입니다.

나아가 기후위기와 저출산 현상의 동조화(coupling) 가능성이 제기되고 있습니다. 미국 투자사 모건스탠리는 기후변화가 직·간접적으로 출산율 감소에 영향을 미친다는 내용의 보고서를 공개하였고, 영국 유니버시티칼리지런던에서는 기후위기에 대한 우려가 증가할수록 자녀를 적게 낳거나 출산을 포기하는 경향을 보였다는 설문조사 결과를 발표하기도 했습니다.

더 심각한 우려는 해를 거듭할수록 이러한 문제가 심화될 것으로 전망된다는 것입니다. 세계기상기구(WMO)는 5년 이내에 지구 역사상 최고 기온을 경신할 확률이 98%라고 발표했으며, 미국 캘리포니아대 로스엔젤레스(UCLA) 연구팀은 지난 80년(1931~2010년)간의 데이터를 종합해 기록적인 폭염이 발생한 뒤 출산율이 감소했다는 사실을 발견했습니다. 이러한 연구결과를 보더라도 바로 지금이 효과적으로 기후위기에 대응하는 노력이 더 절실한 시점이며, 환경·산업·외교 등 다방면에 더 전략적인 협력(synergy)이 요구되는 전환기라 할 것입니다.

기후위기 시대에 탄소중립은 새로운 국제 질서로 자리잡았습니다. 전 세계 130여개국이 탄소중립을 선언하며 저탄소 경제·사회 체제로의 전환을 서두르고 있습니다. 2021년 ‘2050



탄소중립'을 선언한 우리나라는 올해 4월 '제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획'을 발표했습니다. 또한, 대외적으로 탄소무역장벽에 대응하고, 대내적으로 배출권거래제를 고도화하기 위하여 기술혁신과 탄소 신시장 창출에 힘쓰고 있습니다.

이번 26호 저널에는 이러한 대내·외적 흐름과 온실가스종합정보센터의 역할을 제시한 저의 짧은 소회와 함께, 자발적 배출권 시장의 세계 동향에 대한 심층적 분석을 담아주신 제시은 기후변화센터 팀장님, 유럽연합의 탄소국경조정제도(CBAM)의 파급효과와 이에 대한 대응방안을 제시해주신 정세록 사단법인 넥스트 선임연구원님, 그리고 미국의 인플레이션 감축법(IRA) 및 유럽연합의 넷제로 산업법(NZIA) 등 해외 규제에 의한 해법으로 과학기술 기반의 탄소중립 이행방안을 다루어주신 이상원 산업연구원 부연구위원님의 원고를 담았습니다.

위기는 문제해결을 위한 대응방안을 마련할 수 있는 또 다른 기회라고 합니다. 온실가스종합정보센터는 과학기술에 기반한 구체적이고 실행가능한 계획을 마련하여 우리나라가 국제사회에 약속한 탄소중립 목표를 책임 있게 이행할 수 있도록 지원하겠습니다. 이를 통해 대외적으로는 탄소무역장벽에 대응하고, 대내적으로는 배출권거래제를 고도화하여 탄소중립 목표를 책임 있게 이행할 수 있도록 지원하겠습니다. 감사합니다.

환경부 온실가스종합정보센터장 정은혜



국제 탄소시장 주요 내용 및 동향

정은해
온실가스종합정보센터장

I. 들어가며

온실가스종합정보센터는 온실가스 데이터의 총괄관리기관으로 온실가스 감축목표 수립과 함께 온실가스 배출권거래제의 운영을 지원하고 있다. 지난해 10월 제8차 한·일·중 탄소가격 메커니즘 포럼을 우리나라와 중국, 일본의 정책 당국자와 전문가가 참여한 가운데 개최하였고, 아랍에미리트 두바이에서 개최된 제28차 유엔 기후변화협약(UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change) 당사국총회(COP28, 28th Conference of the Parties)에서도 ‘탄소시장의 투명성과 효율성 강화’라는 주제로 국제기구와 각국 전문가들이 참여하는 부대행사를 개최한 바 있다.

<그림 1> COP28 한국홍보관 부대행사 : 데이터를 활용한 탄소시장의 투명성 제고 방안



출처 : 온실가스종합정보센터

탄소시장이 앞으로 크게 확대될 것이라는 데 이견은 없는 것으로 보인다. 맥킨지는 2030년까지 자발적 탄소 시장이 500억불 규모가 될 것이라고 전망하고 있다. 기업의 넷제로(Net Zero) 서약 달성 노력과 기후공시와 같은 제도 또한 탄소시장의 수요를 견인할 것으로 보인다. 또한 5년마다 강화되는 국가별 감축목표의 달성을 위해 파리협정 6조에 따른 협력 메커니즘이 큰 역할을 할 것으로 예상되고 있다.

II. 탄소시장의 분류

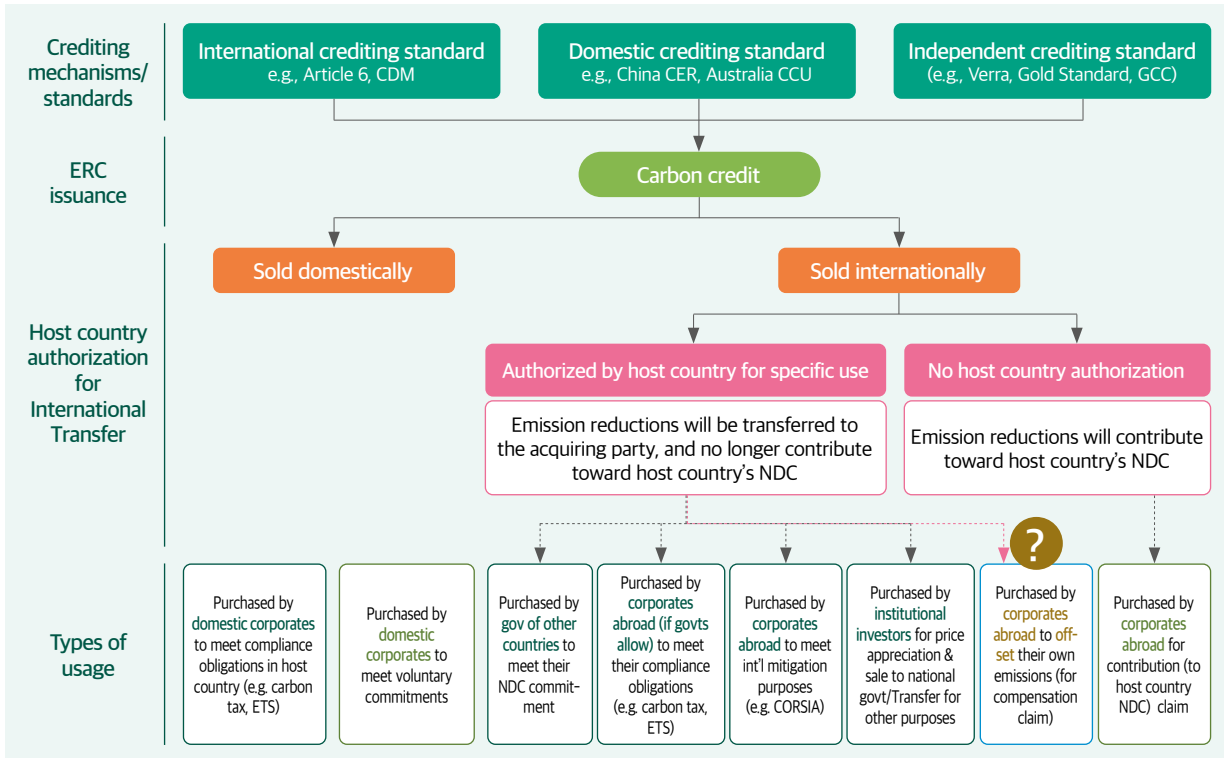
탄소시장은 일반적으로 규제적 탄소시장과 자발적 탄소시장으로 나뉜다. 규제적 탄소시장이란 국가나 기업 등이 국제조약이나 정부 규제에 의한 감축의무를 달성하기 위해 탄소배출권을 거래하는 시장을 의미한다. 반면, 자발적 탄소시장은 정부나 규제 기관의 직접적인 감독을 수반하지 않는 시장 중심의 자율적 구조를 취하는 시장이다.

규제적 탄소시장과 자발적 탄소시장에서 거래되는 탄소배출권은 그 성격에 따라 다시 총량제한 배출권거래(Cap and Trade)와 상쇄 배출권거래(Offset credit trade)로 구분할 수 있다. 총량제한 배출권 거래방식은 일정한 지역 또는 권역에서 정부가 감축대상의 배출량 상한(cap)을 설정하고, 할당된 배출량보다 감축이 이루어진 경우, 감축대상에게 주어진 배출권(allowance)과 실제 배출량의 차이만큼의 잉여분을 다른 감축대상과 거래할 수 있는 방식이다. 우리나라 배출권거래제처럼 배출권이 할당되는 기업들은 법률상의 감축의무를 부담하게 되고, 그 감축의무를 초과해서 달성한 경우, 잔여분만큼을 권리로써 거래할 수 있다. Tradable permit, 즉 배출할 수 있는 권리를 시장에서 거래하게 되는 것이다.

반면, 상쇄배출권 거래방식은 온실가스 배출을 다양한 온실가스 감축 사업의 수행실적을 통해 감축한 것을 배출권으로 인정하고 이를 상계 또는 상쇄하는 방식을 말한다. 온실가스 배출감축 사업이 실행되지 않았을 시의 기준선(baseline)을 토대로 사업에서 달성한 감축량을 상쇄배출권으로 획득하여 거래하는 것을 의미한다. 교토의정서에 따른 청정개발메커니즘(CDM, Clean Development Mechanism)이나 우리나라 배출권거래제에서 활용되고 있는 외부 사업이 그 예이다. 상쇄배출권이 인정되기 위해서는 통상 국제적으로 인정받는 방법론과 측정·보고·검증(MRV, Monitoring, Reporting, and Verification)이 있어야 한다. 우리나라의 경우 배출권 대상 업체는 업체 조직 경계 외의 영역에서 온실가스 감축 사업을 이행하고 감축 실적으로 인정받으면, 이를 상쇄배출권으로 전환하여 거래할 수 있다. 이와 함께, 상쇄배출권을 통한 과도한 배출권 공급을 방지하기 위해 상쇄배출량의 한도를 할당배출량의 5% 미만으로 제한하고 있다.

배출량 상한이 설정되는 규제시장에서는 총량제한 배출권 거래방식과 상쇄배출권 거래방식이 모두 시행될 수 있다. 교토의정서 체제에서 개별 국가 간의 배출권거래(AAU, Assigned Amount Unit) 뿐만 아니라 CDM을 통한 크레딧(CER, Certified Emission Unit)을 구매하여 온실가스 감축목표를 달성하는 것을 허용한 것이 대표적인 사례이다. 반면, 배출량 상한이 일반적으로 없는 자발적 시장의 경우는 상쇄배출권 거래방식만 이루어진다. 세계은행은 자발적 탄소시장의 감축크레딧이 생성되어 발행된 후 국제이전 여부 및 사용목적에 따른 흐름을 아래 그림과 같이 제시하고 있다. 파리협정 6조는 명확하게 자발적 탄소시장을 상정하고 있지 않으나, 많은 매체에서 자발적 탄소시장과의 연계성을 언급하고 있다. 파리협정 6조에 의한 크레딧이 자발적 시장에서 거래될 수 있는지, 자발적 탄소시장에서 구매된 배출권이 구매 국가에서 국가 탄소 감축목표에 계산될 수 있는지 여부에 관련한 논쟁이 있다.

<그림 2> 자발적 시장 : 용도별 메커니즘과 유형



출처 : 세계은행(2023)을 참고한 오규원(2023.12.4.) 재인용

현재 자발적 탄소시장은 민간 자율이라는 특성상 분절되고 파편화된 구조와 거래되는 크레딧의 품질문제, 상호호환성 부족이라는 문제점을 가지고 있으며, 이를 극복하기 위한 다양한 주체들의 노력이 이어지고 있다.

Ⅲ. 탄소시장의 잠재력과 미래

1. CDM을 중심으로 한 과거 탄소시장

‘탄소가 돈이다, 배출권거래 시대의 국가전략과 금융비즈니스’라는 책은 탄소시장의 급격한 성장을 전망하며 온실가스 감축목표 이행을 위해 탄소시장의 활용이 필수적이기 때문에 국제적으로 거래되는 배출권을 확보하기 위한 국가간 경쟁이 가속화되고 있다고 서술하고 있다. 2008년 일본에서 발간된 이 책에 따르면 일본 정부는 2007년 및 2008년에 2304.1만 CO2톤에 해당하는 크레딧 계약을 체결하였으며, 2012년 교토의정서 1차 공약기간 의무준수를 위해 매년 4200~5600백만톤 이상의 크레딧 구매가 필요할 것으로 전망하였다.

그러나 과잉할당 등 배출권 공급과다로 인한 문제를 겪던 유럽연합(EU, European Union) 배출권거래시장에서 CDM 크레딧의 사용이 중지되며 CDM 가격이 크게 하락하였다. 또한 주요 국가들의 교토의정서 2차공

약기간 미참여와 탈퇴와 같은 정책변화로 인해 탄소시장은 한동안 침체기를 겪었다. 반면 EU의 배출권거래시장은 규제적 탄소시장에 공급되는 배출권의 양을 줄이는 동시에 보다 적극적인 감축목표를 설정하면서 배출권 가격은 서서히 우상향하여 현재는 10만원에 달하고 있다.

2. 탄소시장의 미래

이처럼 탄소시장의 미래를 예측하는 것은 쉬운 일은 아니다. 탄소시장은 언제나 엄청난 잠재력을 가지고 있었으나, 잠재력이 현실화(Unlock the potential) 되는 데는 시간이 걸린다.

앞으로 탄소시장은 어떻게 움직일까? 시장을 견인하는 것은 결국 수요라는 것을 감안하면, 탄소중립을 위해 지속적으로 강화되는 온실가스 감축목표는 시장을 통해 보다 비용효과적인 감축 달성을 이루려는 수요를 증대시킬 것이다. 기업에 대한 넷제로 달성요구가 강해질수록 크레딧을 통한 상쇄의 수요 또한 증가할 것으로 전망된다. 반면 예전처럼 교토의정서 2차공약기간 미참여와 같은 감축 정책 후퇴나 최근 쟁점이 되고 있는 탄소크레딧의 질에 대한 우려와 같은 요인들은 수요를 줄이는 쪽으로 작용하게 될 것이다.

3. 탄소시장의 미래를 위한 고려사항

미래를 예측하는 가장 좋은 방법은 미래를 만드는 것이다. 탄소시장을 예측하는 가장 좋은 방법은 비용효과적인 감축을 유도하고 감축을 위한 비용을 조달함으로써 파리협정의 목표를 달성하는데 기여하는 탄소시장을 만드는 것이다. 이를 위해 몇 가지 고려해야 할 사항이 있다.

1) 환경적 건전성(Environmental integrity)

탄소시장은 온실가스 감축을 비용효과적으로 하기 위한 장치일 뿐이다. 실질적인 온실가스 감축이 일어나지 않는 사업의 크레딧을 거래하는 것은 의미가 없기 때문에 환경적 건전성의 측면이 가장 중요하다.

따라서 베이스라인을 과도하게 높게 잡아 사업으로 인한 감축량을 과장하지 않도록 해야 하고, 온실가스 감축 사업이 추가적인 감축을 발생시킨 경우에 한해 감축량을 산정하는 등 추가성(Additionality)을 담보해야 한다. 또한 감축 사업이 일시적인 감축 후 다시 재배출되지 않도록 하는 영구성(Permanence)의 원칙이 준수되어야 한다. 온실가스 배출을 단지 다른 곳으로 이전하거나 다배출 경로에 고착(lock-in)되지 않도록 하기 위한 노력도 중요하다.

교토의정서에서 러시아 및 동유럽 국가의 핫에어(Hot air)처럼 경제위기로 인한 온실가스 배출감소, 최근 유럽 크레딧(Phantom Credit) 논란을 피하기 위해서는 실질적 감축여부에 대한 확인이 필요하다.

2) 절차적 투명성(Procedural Transparency)

절차적 투명성(transparency)이란 MRV가 잘 되어야 한다는 뜻이다. 탄소감축 사업을 통한 온실가스 감소 또는 제거량을 어떤 방법론을 통해 산정하고 추적하여 검증하였는지를 투명하게 공개하여야 한다. 우리나라 배출권거래제와 같이 규제적 탄소시장을 운영하는 경우, MRV 관련 법과 제도가 완비되어 있다.

새롭게 시작하는 파리협정 6조에 따른 국제감축분(ITMO, Internationally Transferable Mitigation Objective)은 ① 등록부(Registry/International registry), ② 제6조 데이터베이스(Article 6 database), ③ 중앙산정 및 보고 플랫폼(CARP, Centralized Accounting and Reporting Platform)을 통해 기록·추적하고, 당사국이 지정한 기밀정보를 제외한 정보는 대외에 공개해야 한다. 우리나라의 경우 UNFCCC가 운영하는 국제등록부(international registry)와 연계되는 ITMO 등록부를 개발하여 2025년 연계할 계획을 가지고 있다. 참여국이 ITMO를 사용할 경우, 초기보고서(Initial Report), 연간정보(Annual Information), 정례 정보(Regular Information)를 보고해야 한다. 온실가스종합정보센터는 ITMO 등록부와 2년마다 제출하는 격년투명성보고서(BTR, Biennial Transparency Report)를 통해 6조에 따른 ITMO의 산정, 추적, 검증과정에 참여할 예정이다.

자발적 탄소시장의 경우 자발적 탄소시장 무결성 이니셔티브(VCMi, Voluntary Carbon Markets Integrity Initiative), 자발적 탄소시장 무결성 위원회(IC-VCM, Integrity Council for the Voluntary Carbon Market) 등 자발적 이니셔티브를 통해 투명성 확보를 위한 원칙들을 제시하고 있는데, 개별 시장에서의 적용을 위해 적절한 수준의 가이드라인 마련이 필요할 수 있다.

3) 제도적 안정성

탄소시장을 위한 제도가 구비되어 안정적으로 운영될 수 있어야 한다. 우리나라나 EU처럼 규제적 탄소시장 운영을 위한 법규를 구비하고 있는 나라는 한정적이다. 많은 온실가스 감축 사업이 법적 제도 미비로 사업이 취소되거나 배출권 이전이 무산되는 경우가 있다. 양자협정 및 투자주체 간 계약을 통해 법적 안정성을 도모하고 있지만 최근 산림보전프로젝트의 탄소배출권이 정권 교체에 따라 무효화된 사례에 비추어 볼 때 이를 보완하기 위한 장치가 필요하다. 세계은행그룹의 다자간투자보증기구(MIGA, Multilateral Investment Guarantee Agency)에서는 이러한 정치적 위기사항에 대비한 보증을 통해 탄소배출권 사업의 안정성을 높이기 위한 노력을 기울이고 있다.

마지막으로, 국제 탄소시장에 대한 규정을 마련하는 것도 중요하다. 작년 COP28에서 국제 탄소시장 개설을 위한 파리협정 6조에 대한 기술지침 합의안 채택이 최종 불발되었다. 자발적 탄소시장의 고도화 및 확장이 급물살을 타는 가운데, 이러한 국제 탄소시장에 대한 구체적 지침이 없는 상황이 지속된다면 반대로 자발적 탄소시장의 위축으로 이어질 수 있다는 우려의 목소리가 나온다. 올해 11월 제29차 당사국총회(COP29,

29th Conference of the Parties)에서 6조에 대한 세부 운영지침이 확정되어 제도적 불확실성을 제거할 필요가 있다.

참고문헌

- 김문정 (2023.12.4). K-ETS opportunities and challenges. COP28 한국홍보관 온실가스종합정보센터 부대행사 발표자료
- 송준호 COP28, 제6조 합의실패... 한국 국제감축사업에 대한 합의. 임팩트온. 2023.12.21. <http://www.impacton.net/news/articleView.html?idxno=10506>
- 양승룡 (2009). 국제 탄소시장의 이해. 집문당
- 오규원 (2023.12.4). Regulatory uncertainties in the Carbon markets. COP28 한국홍보관 온실가스종합정보센터 부대행사 발표자료
- 이창수 (2013). 포스트 교토체제하 배출권거래제의 국제적 연계. 경인문화사
- 임현종 (2023). 자발적 탄소시장의 무결성 확보에 관한 검토. 환경법연구 제45권 2호
- 진익 (2023.12.4). ESG and Carbon Markets : The Key to a Low-Carbon Economy. COP28 한국홍보관 온실가스종합정보센터 부대행사 발표자료
- 한국환경공단 (2022.6). 파리협정 제6조[탄소시장] 주요 내용 및 후속협상경과
- 한국환경공단 (2023.1). 파리협정 제6조[탄소시장] 이행규칙 주요내용
- 리우 홍밍 (2023.12.4). China's Carbon Market the Status and Way Forward. COP28 한국홍보관 온실가스종합정보센터 부대행사 발표자료
- 키타무라 케이 (2009). 탄소가 돈이다-배출권 거래 시대의 국가전략과 금융비즈니스. 환경재단 도요새
- Berner, D. New electric buses in Bangkok-nor substitute for climate protection in Switzerland. alliancesud. 2023.11.12. alliancesud.ch/en/new-electric-buses-bangkok-no-substitute-climate-protection-switzerland
- Greenfield, P. CEO of biggest carbon credit certifier to resign after claims offsets worthless. The Gardian. 2023.5.23. theguardian.com/environment/2023/may/23/ceo-of-worlds-biggest-carbon-credit-provider-says-he-is-resigning
- IC-VCM, 2023. Core Carbon Principles, Assessment Framework and Assessment Procedure
- McKinsey & Company. Anne Finucane on carbon credits, nature, and the path to net zero. 2023.12.18. mckinsey.com/industries/agriculture/how-we-help-clients/natural-capital-and-nature/voices/anne-finucane-on-carbon-credits-nature-and-the-path-to-net-zero
- Qin, B. and Coker, E. Global Carbon Markets Get Bigger, Even as Trading Dips. BloombergNEF. 2023.10.25. about.bnef.com/blog/global-carbon-markets-get-bigger-even-as-trading-dips/
- World Bank Group. 2023. Climate Change Action Plan 2021-2025: Supporting Green, Resilient and Inclusive Development



자발적 탄소시장의 글로벌 동향 및 시사점

제시은
기후변화센터 팀장

I. 들어가는 말

지구온난화로 전 세계 곳곳에서 폭염·폭설·산불·가뭄 등 이상기후 현상이 잇따르고 있다. 기후 변화라는 단어가 더 이상 낯설지 않은 요즘이다. 북극 빙하 면적은 역대 최저 수준으로 줄어들었고, 해수면 상승으로 남태평양 섬나라는 국가 소멸 위기를 호소하고 있다. 기후위기로 인한 해양의 피해도 막심해 바다의 숲인 산호초가 사라지고 어류의 터전도 변화하고 있다. 국제사회는 이러한 기후위기 심각성을 인지하고 공동 대응을 위한 노력을 하고 있다. 2015년 프랑스 파리에서 열린 제21차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP21, The 21st Conference of the Parties)에서는 195개국이 '파리협정 (Paris Agreement)'을 채택하며 지구의 평균 온도 상승을 2도 아래에서 억제하고, 1.5도를 넘지 않도록 노력하자는 구체적 목표에도 합의했다. 하지만 지금의 속도라면, 이 목표는 달성하기 어려울 것 같다는 것이 많은 과학자들의 주장이다. 기후위기 대응의 수단에는 여러 가지가 존재하지만, 그중에서도 온실가스 감축을 위한 실효성 있는 방안 중 하나는 탄소세나 탄소배출권 거래제와 같은 '탄소가격제(Carbon Pricing)'일 것이다. 통상 시장 메커니즘이라 불리는 탄소시장에는 정부 주도의 규제시장(CCM, Compliance Carbon Market)과 민간이 주도하는 자발적 탄소시장 (VCM, Voluntary Carbon Market)이 존재한다. 기후 대응에서 정부 역할 이외의 민간의 역할이 점점 더 커지고 있는 현재, 본 글에서는 VCM의 글로벌 동향과 그 역할을 논하고, 그에 따른 시사점을 파악해보고자 한다.

II. VCM의 성장과 그 역할

1. VCM의 글로벌 인증기관

VCM은 법적 규제와 무관한 주체들이 자발적으로 온실가스 감축 활동을 수행해 발급받은 탄소 크레딧을 거래하는 시장이다. 개인, 기업, 비정부기구 등 다양한 주체의 참여가 가능해 규제 범위 밖의 탄소 감축을 유도하고 크레딧 판매 수익은 기후 대응 프로젝트 개발의 재원으로 활용되어, 지속적인 기후 프로젝트 추진을 가능하게 한다는 선순환 체계를 구축하고 있다. 주로 미주 또는 유럽 기반의 VCM 인증기관들이 유명한데, 이들은 1997년 교토의정서가 채택된 이후인 1990년대 말 2000년 초부터 활동하며 설립된 기관들이다.

베라(Verra), 골드스탠더드(Gold Standard) 등 독립적 인증기관들은 자발적 온실가스 대응 프로젝트 검인증 서비스를 제공하고, 탄소크레딧 발급도 진행한다. 이 두 곳에 등록된 프로젝트만 약 4,000개 이상에 달한다.

2021년 맥킨지 조사에 따르면, 향후 자발적 탄소시장 크레딧에 대한 글로벌 수요 규모는 2030년까지 1.5기가톤~ 2.0기가톤, 2050년까지 7.0~13.0기가톤에 달하는 크기가 될 것으로 예측하며, 2030년까지 성장 전망은 50억~300억 달러(6조~38조 원), 최대 500억 달러(64조 원) 규모로 예측한 바 있다. 다양한 지역에서 여러

분야를 다루고 있는 VCM 인증기관들은 비교적 오랜 시간 동안 시행착오를 겪으며, 통상 CCM 운영의 역사보다 더 오랜 경험 및 노하우를 지니고 있다.

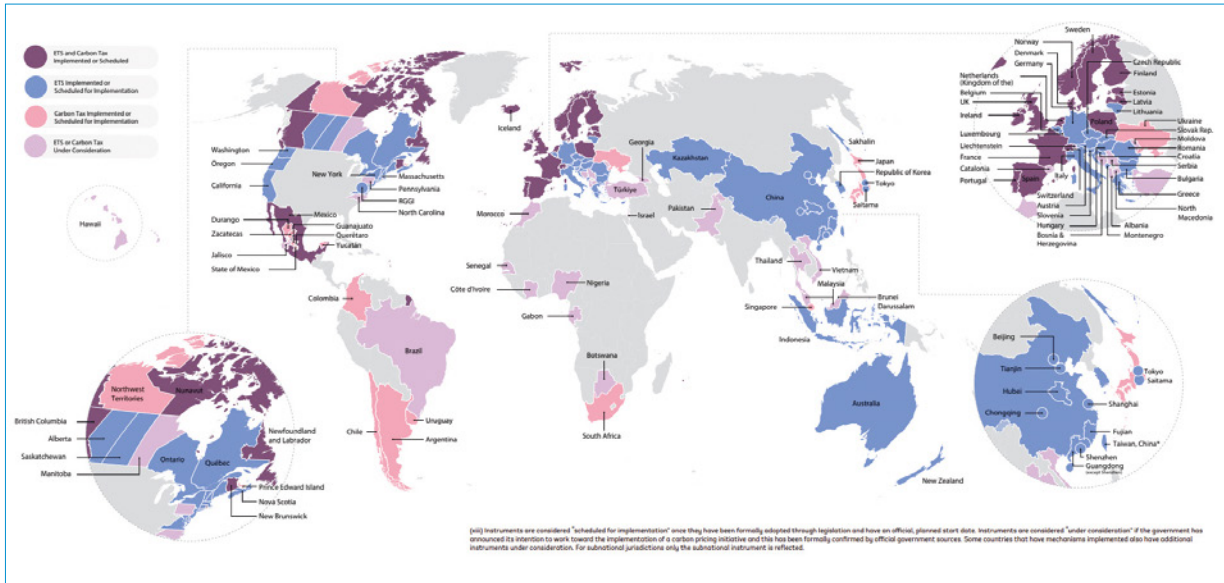
<표 1> 주요 VCM 인증기관

기관명	설립 연도	분류	국가	내용
플랜 비보 (Plan Vivo)	1997	비영리	멕시코	<p>(설립 목표) - 전 세계 커뮤니티에 환경 및 사회적 이익을 제공할 수 있는 시스템 구축</p> <p>(설립 배경) - 영국 에든버러대학교, 멕시코 전문대학원(EI Colegio de la Frontera Sur)과 멕시코의 현지 파트너가 멕시코 치아파스 지역에서 나무 심기 프로젝트를 첫 번째 VCM 프로젝트로 등록하여 설립</p>
미국 탄소 등록소 (American Carbon Registry)	1996	비영리	미국	<p>(설립 목표) - 기후변화에 긍정적인 결과를 촉진하기 위해 탄소 시장의 무결성에 대한 신뢰를 조성</p> <p>(설립 배경) - 방법론을 개발하는 미국 비영리단체 윈록 인터내셔널(Winrock International)에서 설립되어 25년 이상의 탄소 크레딧의 품질 보장 중</p>
골드 스탠더드 (Gold Standard)	2003	비영리	스위스	<p>(설립 목표) - 탄소 배출 저감 프로젝트 추진, 환경 무결성 유지 및 지속 가능한 발전에 기여 보장</p> <p>(설립 배경) - 세계자연기금(WWF, World Wildlife Fund)와 다른 국제 비영리기구가 공동 설립</p>
베라 (Verra)	2007	비영리	미국	<p>(설립 목표) - 자발적 탄소시장의 품질 보증(Quality Assurance)</p> <p>(설립 배경) - 환경 및 비즈니스 리더들이 설립 - 2018년부터 자발적 탄소 표준(VCS, Verified Carbon Standard)에서 Verra로 공식 명칭 변경</p>
국제 탄소 협의회 (Global Carbon Council)	2016	비영리	카타르	<p>(설립 목표) - 국제 프로토콜 범위 내 간소화된 방법론과 표준으로 온실가스 감축 프로젝트 지원</p> <p>(설립 배경) - 카타르의 환경운동가 유세프 알호르 박사(Dr. Yousef Alhorr)에 의해 중동 및 북아프리카(MENA, Middle East and North Africa) 지역 최초로 설립된 플랫폼</p>
퓨어어스 (Puro.earth)	2019	사기업	핀란드	<p>(설립 목표) - 원료부터 생산 과정 끝까지 이산화탄소 포집 및 제거 방법 집중 및 장려</p> <p>(설립 배경) - 창립자 안티 비하바이넨(Antti Vihavainen)이 북유럽의 청정에너지 기업 포툼(Fortum)에 탄소 저감이 아닌 탄소 제거에 중점을 두는 기술 프로젝트 지원하는 비즈니스 모델 제안하며 설립</p>

2. VCM의 필요성 : CCM의 한계

정부 주도의 CCM이 다루고 있는 온실가스 감축량은 전 세계 배출량의 약 23%에 해당한다. <그림1> 색깔 영역의 국가만이 탄소세 또는 배출권거래제를 운영하고 있으며, 2023년 1월 기준 73개국에 해당한다.

<그림 1> 탄소세 및 ETS 시행 국가



출처 : 세계은행(2023)

다시 말해 CCM 운영만으로는 전 세계 온실가스 배출량 대응에 역부족이라는 결론이다. 우리나라의 경우 2015년 동아시아 국가 최초로 배출권거래제를 시행한 바 있다. 다만, 시행 초기 산업계의 반대와 정부의 개입 등의 이유로 국내 배출권 시장이 활성화되지 못했고 2023년 현재는 국내 톤당 배출권이 1만 원 이하로 떨어지며 실질적인 탄소 시장의 기능이 잘 작동되지 못하고 있는 실정이다. 향후 배출권거래제 4기(2026년 시작)에는 그간의 시행착오를 잘 반영하여 탄소시장이 올바르게 작동할 수 있도록 준비해야 할 것이다.

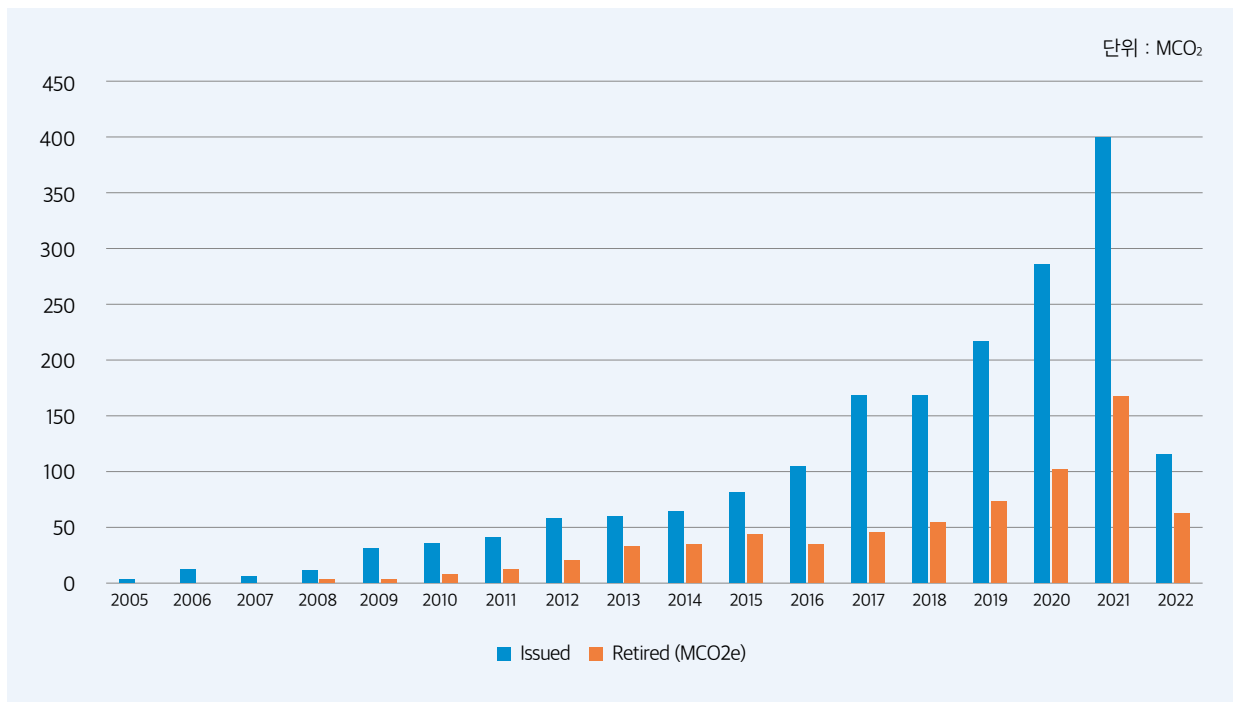
아울러 CCM이 다루고 있지 않지만, VCM에서 다루고 있는 다양한 영역에 대한 부분도 주목할 만하다. 전 세계적으로 강조되고 있는 자연기반해법(Nature based Solution) 및 생물다양성 보전이라는 큰 범주 내에서 산림, 블루카본(blue carbon) 사업들이 VCM에서 활발히 추진되고 있고, 농업 부문에서 바이오차(biochar) 사업 성장 또한 눈에 띈다. 특히, 바이오차의 경우 유기 물질을 고온으로 가열하여 만든 숯으로, 탄소 저장 및 온실가스 배출 감소를 위해 활용되며 이는 '탄소제거(Removal)' 영역에 해당한다. 뿐만 아니라 기존 질소비료를 유기질 비료로 대체하며 토양 개질에 기여하고, 토양 보호 등 친환경 농업 추진에서 중요한 역할을 하며 기후변화 대응과 지속 가능한 농업을 지원하고 있다.

이처럼 CCM이 다루지 못하는 영역을 VCM에서 적극적으로 다루게 되면서 해당 영역에 참여하는 민간 기업 및 투자가 증가하고 있고, 그에 따라 영역별 기후 기술도 점차 선진화되는 긍정적인 연결 고리가 만들어지기도 한다.

3. VCM : 시행착오와 거버넌스 구축

VCM이 꾸준히 성장해왔으나 긍정적인 시선만 있었던 것은 아니다. 먼저, 중앙 집권화된 구조가 아니라는 점에서 인증기관별 검인증 기준이 상이했고 그로 인한 시장의 불완전성에 대한 비판이 빈번했다. 예컨대 동일한 프로젝트를 두고 서로 다른 인증기준을 적용하게 되면서 온실가스 감축량 인증 실적 범위가 달라지는 경우가 있다. 2022년 1월 영국의 더 가디언(The Guardian)은 베라의 산림 사업에 대해 비판하며, 산림 사업을 통해 발행된 크레딧의 약 90% 이상이 유령 크레딧(Phantom credits) 이라 공격한 바 있다. 기후 프로젝트의 경우 통상, 사업을 수행하지 않았을 경우를 ‘베이스라인(baseline)’으로 설정하고 사업 수행을 통해 결과값을 비교하여 그 차이값만큼을 탄소 크레딧이라는 형태로 발급받는데 베라 사업의 경우, 베이스라인을 과도하게 설정하여 사업 효과를 과장되게 산정했다는 지적이었다. 그 이후, 베라는 해명 자료와 베이스라인 재평가 조치, 최고 경영자(CEO) 사임 등의 진통을 겪으며 현재 재도약을 위해 노력중이다. 이 사태로 VCM뿐만 아니라 탄소시장 전체에 대한 신뢰성이 위협받기도 했다.

<그림 2> VCM에서 발급된 크레딧과 상쇄 크레딧의 양



출처 : 에코시스템 마켓플레이스(2023)

<그림2>에서 보는 것과 같이 2021년까지 지속적으로 증가하던 크레딧 발급량(396 MCO2e)은 2022년 114 MCO2e로 감소하며 주춤하는 모양새가 나타나기도 했다.

그럼에도 불구하고, 기후 대응 수단으로써의 탄소시장의 기능과 순기능은 여전히 크고 특히 민간 재원을 동원할 수 있는 매력적인 수단이라는 점에서 쉽게 간과할 수 있는 영역일 것이다. 다만, 해당 사태로 인해 탄소시

장의 취약점을 다시 한번 돌아보고 보다 건전한 탄소시장 환경 조성을 위해 숨 고르기를 할 수 있는 계기가 되었다고 생각한다. 세계적으로 VCM의 거버넌스 구축을 위한 활동도 활발히 진행되고 있다. 특히, VCM을 위한 무결성 위원회(ICVCM, Integrity Committee for Voluntary Carbon Markets)는 VCM의 시장 수요 증가에 따른 탄소배출권 발행 규칙 및 표준을 제정하기 위해 ‘자발적 탄소시장 확대를 위한 태스크포스(TSVCM)’이 출범시킨 독립기구로, ICVCM은 2022년 VCM에 적용될 핵심탄소원칙(CCP, The Core Carbon Principles)의 초안을 발표한 바 있으며, 금년 3월에는 CCP 10가지를 발표한 바 있다.

<그림 3> ICVCM의 CCP 10가지



출처 : ICVCM(2023)

10가지 원칙은 ▲효과적인 지배구조 ▲추가성 ▲완화 활동에 대한 효과적이고 투명한 정보 제공 ▲온실가스 감축 또는 제거 영구성 ▲이중계산(double counting) 방지 ▲강력하고 독립적인 제3자 검증 등으로 구성됐다. 탄소배출권을 누가 발행했고 최종 구매했는지 등을 투명하게 공개해야 하며, 제3자 검증을 통해 인증 받은 배출권을 사용해야 한다. 또한 어떠한 제도나 경제적 이유 없이 온실가스 감축 및 제거가 이루어지는 ‘추가성’을 입증하고, 하나의 배출 상쇄 활동에는 하나의 크레딧만 발급되어야 한다는 이중계산 방지에 대한 조항도 강조됐다. 이러한 엄격한 기준에 대해 골드 스탠더드와 같은 일부 인증기관들은 반발하기도 했으나 현재는 해당 기준을 가이드로 삼고 있으며, 골드 스탠더드 경우 ICVCM의 프로그램 단위 평가(Programme-level Assessment)를 지원하고 있기도 하다.

4. VCM의 세계적 동향

세계 시장에서 기후 대응 중요성에 대한 인식이 강화되면서 기업들에 부여하는 의무도 점차 확대되고 있

다. 특히 기후공시에 대한 의무가 강화되면서 글로벌의 많은 기업들이 자발적 탄소시장에 참여하고 있다.

기후변화 관련 재무정보공개 협의체(TCFD)는 Task Force on Climate-related Financial Disclosures의 약자로 2015년 설립되었다. 기업들의 기후변화 관련 재무정보 공시를 통해 투자자를 포함한 대내외 이해관계자들이 더욱 정교한 의사결정을 할 수 있도록 지원하려는 취지를 가지고 있다. TCFD 권고안은 기업이 기후변화와 관련하여 직면한 리스크 및 기회 요소를 파악하고 이를 리스크 관리체계와 전략에 반영한 후, 예상되는 재무적 영향을 수치화해 외부에 공개하도록 하고 있다. 쉽게 말해 기업들이 매년 국제회계기준(IFRS, International Financial Reporting Standards)에 맞춰 재무정보를 공시하듯 기후변화와 관련한 활동 내용을 외부에 공시하도록 하는 지침인 셈이다. 유럽연합(EU, European Union), 일본, 영국 등 8개 국가는 TCFD에 대한 단순 지침을 넘어 기업에 공식적으로 요구하여 이행 수준을 강화하고 있다. 우리나라의 경우 아직 공식적인 지침은 없으나 환경·사회·지배구조(ESG, Environment, Social and Governance) 경영 압박에 힘입어 자발적으로 TCFD 보고서를 발간하는 기업들이 증가하고 있는 추세이다. 뿐만 아니라 국제지속가능성기준위원회(ISSB, International Sustainability Standards Board) 지침, 탄소정보공개 프로젝트(CDP, Carbon Disclosure Project) 기준 등이 마련되면서 세계 기업들의 기후 대응에 적극적으로 참여하고 있으며, 그의 일환으로 VCM 참여도 점차 늘어나고 있다. 기업의 우선순위는 자체적인 감축이어야 하겠지만, 현실적으로 모든 배출영역에 대한 자체 감축은 어려우므로 일부 영역은 VCM 참여로 대응을 하는 셈이다. 실제 일부 기업들은 연간 발행하는 지속가능경영 보고서에 참여하고 있는 VCM 프로젝트를 제시하고, 상세한 배출량을 명시하기도 한다(<그림4> 참조). 아울러, 수출기업 비중이 큰 우리 기업들도 글로벌 공급망 및 해외 시장에서 요구하는 흐름에 적절히 대응하기 위해 구체적인 로드맵을 구축해야 할 것이다.

<그림 4> 넷플릭스가 구매한 2022년 탄소 크레딧 포트폴리오

2022 CARBON PORTFOLIO					
Project Name	Country	Project Type	Project Benefits	Vendor	Tonnes
Mycorrhizal Inoculation Accelerated Reforestation Carbon Removal	Chile	Removal: Reforestation	Advances biotechnology, biodiversity, local skilled jobs, soil rehabilitation	Mikro-Tek & Climate Impact Partners	331,600
Chyulu Hills REDD+ Project	Kenya	Retention: REDD+	Biodiversity, drought prevention, education resources, local jobs and alternative livelihoods, strong local community governance	Conservation International	338,569
Salvador da Bahia Landfill Gas Project	Brazil	Methane Mitigation	Reduced pollution, local skilled jobs	Climate Partners	266,300
Bangladesh Gas Leak Reduction	Bangladesh	Methane Mitigation	Reduced pollution, local skilled jobs	Climate Impact Partners	113,872
Scott River Improved Forest Management	USA	Removal: IFM	Fire prevention, biochar production, watershed restoration	Ecotrust Forest Management	31,248

뿐만 아니라 해외 정부의 적극적인 참여도 포착된다. 싱가포르의 경우 탄소세를 채택하여 운영하고 있는데 납부하는 탄소세의 5%에 한해 일정 기준 요건을 충족한 VCM 크레딧(상응 조정을 거친 크레딧 등)을 사용하도록 열어두고 있다. 기업들에게 유연성을 부여하고 있는 것이다. 아울러 보다 견고한 탄소시장 운영을 위하여 2022년 11월 정부 주도하에 ‘국제탄소크레딧 프레임워크(International Carbon Credit Framework)’를 마련하고 그에 따라 적격한 크레딧 기준을 제시하고 있다. 뿐만 아니라 많은 국가들이 온실가스 감축목표(NDC, National Determined Contribution) 달성에 있어 탄소 시장 활용을 전략적 방안으로 채택하고 있고, 점차 CCM과 VCM의 경계가 허물어지고 있는 추세이다. 나아가 여전히 논의 중인 단계이긴 하나 국가 NDC 달성에 있어서 VCM이 어떤 역할을 할 수 있을지에 대한 논의도 세계 시장에서는 진행 중이다. 탄소 시장 활용에 대한 정부와 관련기관의 인식 제고를 통해 고품질 탄소 크레딧의 기준 마련, 전문 기구 설립, 전문 인력 양성, 기업의 상쇄 활동 인정 제도 구축 등 우리 정부도 전 세계 동향에 발맞추어 흐름을 따라가야 할 것이다.

5. VCM : 국내 동향

세계 시장에 비해 우리나라에서의 VCM은 아직 초기 단계에 불과함에도 불구하고 정부 및 민간의 여러 활동이 진행 중이다. 2022년 6월 산업부는 ‘민간 주도 자발적 탄소시장 활성화 방향’을 논의하며, 기후테크 산업의 성장 모델 창출 및 수출 산업 전략의 맥락에서 VCM 활성화 방향을 논한 바 있다. 또한 2023년 7월에는 환경부가 한국형 VCM 인증기관인 ‘탄소감축인증센터’를 운영하는 대한상공회의소와 ‘국내 자발적 탄소시장 조기 정착’을 위한 업무 협약을 체결하기도 했다. 민간에서도 활발한 움직임이 포착된다. 국내기업들의 기후 기술 개발에 투자를 많이 하고 있으며, VCM 플랫폼 개설도 활발해지며 국내 시장 환경 조성에 기여하고 있다. 필자가 속한 기후변화센터에서도 작년 4월 국내 비정부기구(NGO, Non Governmental Organization) 최초로 ‘아오라(AORA, Alliance for Our Responsible Action)’라는 VCM 플랫폼을 선보여 시민사회, 기업, 개인 등 다양한 주체들이 기후 대응에 적극 참여할 기회를 마련하고 있다. 특히 금년 7월에는 아시아나 항공과 탄소 상쇄 활동 협력을 위한 업무 협약을 추진하며, 항공 이용객들이 항공 이용으로 발생하는 탄소배출량을 산정해보고 원하는 경우 아오라를 통해 VCM 탄소크레딧으로 본인의 탄소발자국을 상쇄하는 서비스 제공을 준비 중이다.

Ⅲ. 맺음말

기후위기를 체감하며 살아가고 있는 현재 우리 사회는 정부-민간, 국내-해외 구분 없이 사회 구성원 전체가 합심하여 기후 대응에 총력을 다해야 하는 시점이다. 우선적으로 자체 감축 노력을 해야겠지만 기술적, 재정적 문제로 어려움이 존재하는 것이 현실이므로, 감축 노력과 동시에 탄소시장을 적극 활용하는 방안도 함께 고려해야 할 것이다. 실제로 기후변화는 어느 한 국가, 한 영역에 국한되는 문제가 아니기 때문에 탄소시장을 활용한

상쇄 활동 또한 기후 대응에 큰 의미를 지닌다. 다만, 탄소시장이 지속적으로 공격받는 시장의 신뢰성 확보를 위해서는 투명성 구축에 힘써야 할 것이다. 디지털 기술을 활용한 산정·보고·검증(MRV, Monitoring, Reporting and Verification) 강화 및 데이터 관리 고도화, 방법론 개정, 검·인증 절차 강화 등이 적극적으로 이루어져야 할 것이고, 이런 과정을 통해 탄소 시장이 안정화되고 활성화된다면 민간 기업의 참여 또한 증폭될 것이다. 아울러 이에 따라 국내외 기후테크 산업 또한 활성화될 것으로 전망한다. 기후 대응의 문제는 대개 ‘재원 마련’의 이슈로 귀결되는 경우가 많은데, VCM의 완결성 제고 및 활성화는 보다 더 많은 민간 재원을 끌어올 수 있는 열쇠가 될 수 있을 것으로 생각한다. 또한 탄소시장 운영을 통한 탄소 크레딧 수익금이 개발도상국 기후 대응 사업에 재투자되는 선순환 구조를 통해 개발도상국 기후 대응 역량 강화 및 지속가능한 발전에 기여하고 궁극적으로는 전 세계 탄소중립 달성에 기여하게 되는 것을 목표지점으로 삼고 나아가야 할 것이다.

참고문헌

- 최형욱 (2023). Korean ETS operation and Result. 환경부 Greenhouse gas inventory and research center. 세종 : 환경부 온실가스종합정보센터
- ACR at Winrock International(2023). About Us. Arkansas: American Carbon Registry at Winrock International.
- Biochar for Sustainable Soils(2023). What is Biochar?. Biochar for Sustainable Soils
- Climate Action Reserve(2023). About Us. Los Angeles: Climate Action Reserve
- Ecosystem Marketplace (2023). Ecosystem Marketplace’s Global Carbon Markets Data Intelligence and Analytics Dashboard. Washington : Ecosystem Marketplace
- Global Carbon Council(2023). International and Regional Context. Doha: Global Carbon Council.
- Gold Standard(2023). Vision + Impacts. Geneva: Gold Standard Registry
- Gold Standard(2023). Governance. Geneva: Gold Standard Registry
- IFRS. (2023). International Sustainability Standards Board. London : International Financial Reporting Standards
- Netflix(2023). Environmental Social Governance Report 2022. Netflix
- Patrick Greenfield(2023). Revealed: more than 90% of rainforest carbon offsets by biggest certifier are worthless, analysis shows. London: The Guardian.
- Plan Vivo(2023). Our History. Edinburgh: Plan Vivo Foundation.
- Puro.earth(2023). History of Puro.earth. Helsinki: Puro.earth.
- The Integrity Council for the Voluntary Carbon Market (2023). The Core Carbon Principles. Integrity Council for the Voluntary Carbon Market. London : The Integrity Council for the Voluntary Carbon Market
- Verra(2023). Who We Are. Washington DC: Verra
- Wong Pei Ting(2023). Singapore-generated carbon credits can’t be used to offset tax: MSE. Singapore: The Business Times.
- World Bank (2023). Carbon Pricing. Washington, D.C : World Bank



글로벌 온실가스 배출 규제와 국내 산업계 영향

정세록

사단법인 넥스트 선임연구원

I. 들어가며

2023년 10월 유럽연합(EU, European Union)의 탄소국경조정제도(CBAM, Carbon Border Adjustment Mechanism) 전환 기간이 개시되었다. EU 역내로 수입되는 재화에 역내에서 부과되는 것과 동일한 온실가스 배출 비용을 부담하도록 하는 제도로서, 온실가스 배출 규제가 무역 정책과 결합한 형태로 평가된다. 한편, 미국의 캘리포니아 주지사는 스코프 3 (scope 3) 배출량을 포함한 온실가스 배출 정보 공개를 의무화하는 'SB-253 기후 기업 데이터 책임법(Climate Corporate Data Accountability Act)'에 2023년 10월 서명하였다.

이렇듯 미국과 EU를 중심으로 온실가스 배출과 연계된 다양한 규제 정책들이 하나둘씩 발효되는 양상이다. 수출의존도가 높은 우리나라 산업 특성상 이러한 정책들의 발효는 우리 기업들의 경쟁력에도 크게 영향을 미칠 수밖에 없다. 따라서 본 고에서는 CBAM, SB-253 뿐만 아니라 우리 기업들에 영향을 미칠 수 있는 다양한 온실가스 배출 규제 내용을 살펴보고 현명한 대응 방안을 모색하고자 한다.

II. 온실가스 배출 규제 동향

1. 탄소 가격 내재화 관련 규제 확산: EU CBAM

EU CBAM의 전환 기간은 2023년 10월 1일부터 2025년 12월 31일까지로, 적용 품목은 탄소집약도가 높으면서 탄소 누출 위험이 높은 철강, 알루미늄, 시멘트, 비료, 수소, 전력, 총 6개 제품군이다. 그러나 EU는 2030년까지 CBAM 대상 품목을 배출권거래제(ETS, Emissions Trading System) 적용 업종 전체로 확대할 계획이다.

전환 기간 EU 수입업자의 의무는 분기별 보고의무로 제한되어 수입 품목의 내재 배출량 등에 대한 정보를 담은 CBAM 보고서를 EU 집행위원회에 제출해야 한다. 보고의무 등을 준수하지 않으면 과태료가 부과되기 때문에 EU 수입업자는 수출업자들에게 필요한 정보를 요구하게 된다. CBAM 보고서는 <표 1>의 내용 등을 포함해야 한다.

<표 1> CBAM 보고서 포함 정보 일부

포함 정보	세부 내용	근거
수입품 정보	(a) 수입 총량 (b) 제품 유형(CN 코드)	제3조 제1항
내재 배출량	(a) 수입 품목의 원산지 (b) 수입 품목의 생산 시설군 (c) 수입 품목의 생산 경로 및 고유 파라미터 (d) 고유 직접 내재 배출량 (e) 내재 배출량에 영향을 미치는 보고 요건	제3조 제2항
간접 내재 배출량	(a) 품목 1톤 생산 당 전력 소비량 (b) 해당 정보가 실제 배출량인지 위원회에 의해 공개된 기본값 여부 (c) 소비전력의 배출계수 (d) 고유 간접 내재 배출량	제3조 제3항
탄소가격 정보	(a) CN코드로 표기된 제품 유형 (b) 탄소가격의 유형 (c) 탄소가격이 지불된 국가 (d) 탄소가격을 감소시킬 수 있는 환급금 또는 기타 형태의 보상 (e) 기지불된 탄소가격 총액, 탄소가격 및 보상 메커니즘에 대한 설명 (f) 탄소가격, 환급금, 기타 관련 보상을 규정하는 법률 조항 (g) 탄소가격이 적용된 직접 또는 간접 내재 배출량 (h) 무상할당을 포함하여 환급금 또는 기타 관련 보상이 적용된 내재 배출량	제7조 제1항

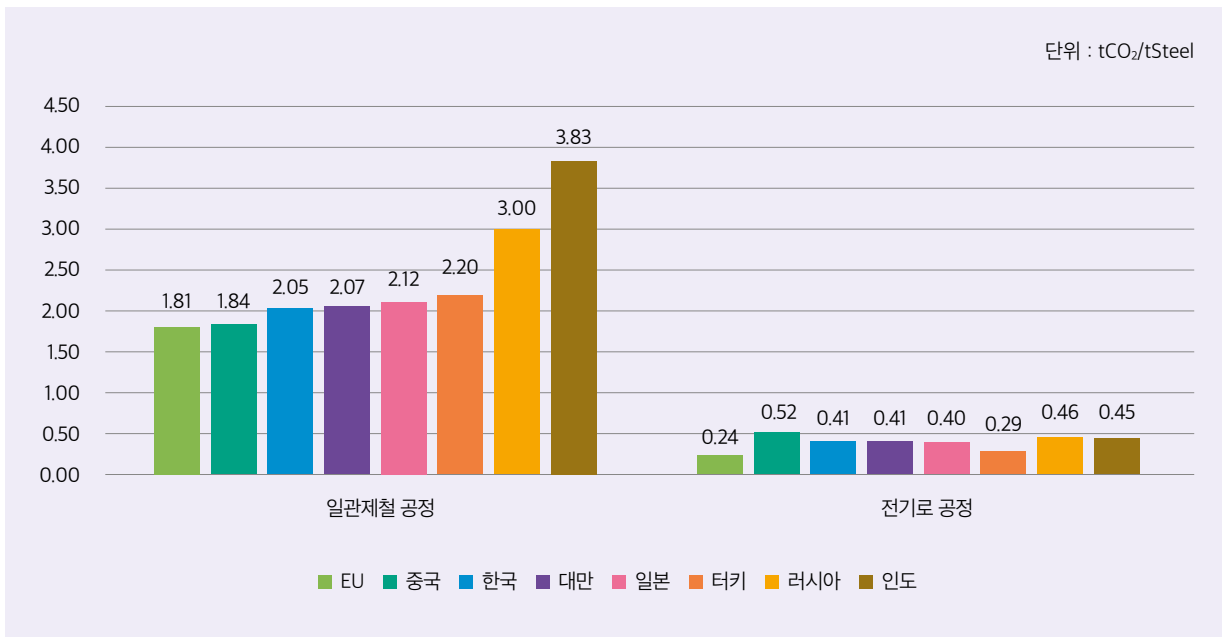
출처 : OJ(2023)

한편, 2026년 1월 1일 확정 기간에 들어서면 EU의 수입업자에게 인증서(certificates) 제출 의무가 발생해, 수입업자는 2027년부터 매년 5월 31일까지 직전 연도에 신고된 내재 배출량에 대한 인증서를 제출해야 한다. 이때 관할 당국은 EU ETS 배출권의 주간 거래가 평균을 기반으로 산정된 가격에 인증서를 판매해야 한다. 다만, 수입품 원산지국에서 지불한 탄소 가격을 고려해 제출해야 하는 인증서 개수의 차감을 요청할 수 있다. 예를 들어, 대한민국에서 생산된 철강 제품을 수입하는 EU의 수입업자는 신고한 제품의 내재 배출량에 기반하여 인증서를 제출해야 하는데, 국내 철강사가 한국의 ETS 하에서 지불한 배출권 가격을 감안하여 제출해야 하는 인증서 개수의 차감을 요청할 수 있다. 다만, 2023년 현재 한국의 ETS에서 철강업은 무상할당 업종에 해당해 사실상 보상 메커니즘을 적용받은 것과 다름없다. EU ETS 역시 현재 철강업에 배출권을 100% 무상으로 할당하고 있으나, 2026년부터 점진적으로 무상할당 비율을 줄여 2034년에는 무상할당을 전면 폐지할 계획이다. 따라서 EU의 무상할당 비율 축소와 함께 우리나라 제품을 수입하고자 하는 수입업자의 인증서 구매 비용 부담 증대가 불가피하며, 이는 궁극적으로 국내 제품의 가격경쟁력 인하로 이어질 수 있다.

우리나라는 2022년 기준 총 346만 톤의 철강재를 EU에 수출하였으며, 이는 전체 철강재 수출량의 14%에 해당한다. 특히 고부가가치 철강재의 최종 고객사인 완성차 제조사와 해운사 등이 EU 지역에 포진해 EU 시장을 잃는 것은 고부가가치 제품 시장에서의 점유율 상실로 이어질 수 있다. 현재 고부가가치 제품은 주로 일관제 철 공정을 통해 생산되고 있는데, 우리나라의 일관제철 공정 철강 제품의 탄소집약도는 EU 제품 대비 13% 높

은 것으로 파악된다. 철강 다음으로 CBAM 적용제품 중 많은 비중을 차지하는 알루미늄은 2022년 기준 총 15만 톤(전체 알루미늄 수출량의 12%)이 EU로 수출되었다. 알루미늄은 전력 사용으로 인한 배출 비중이 높은 제품인 만큼, 스웨덴 등 재생에너지가 풍부한 국가들을 중심으로 기존 제품 대비 탄소 배출량을 75% 이상 줄인 저탄소 제품이 이미 시장에서 거래되고 있다. 우리나라 알루미늄 산업은 이미 제련·가공된 잉곳(ingot)을 수입하여 재가공하여 수출하는 형태의 산업활동이 주로 이루어져 현재 판매 제품의 내재 배출량 산정에서부터 어려움을 겪고 있는 것으로 알려져 있다.

<그림 1> 주요 국가별 철강 제품 탄소집약도

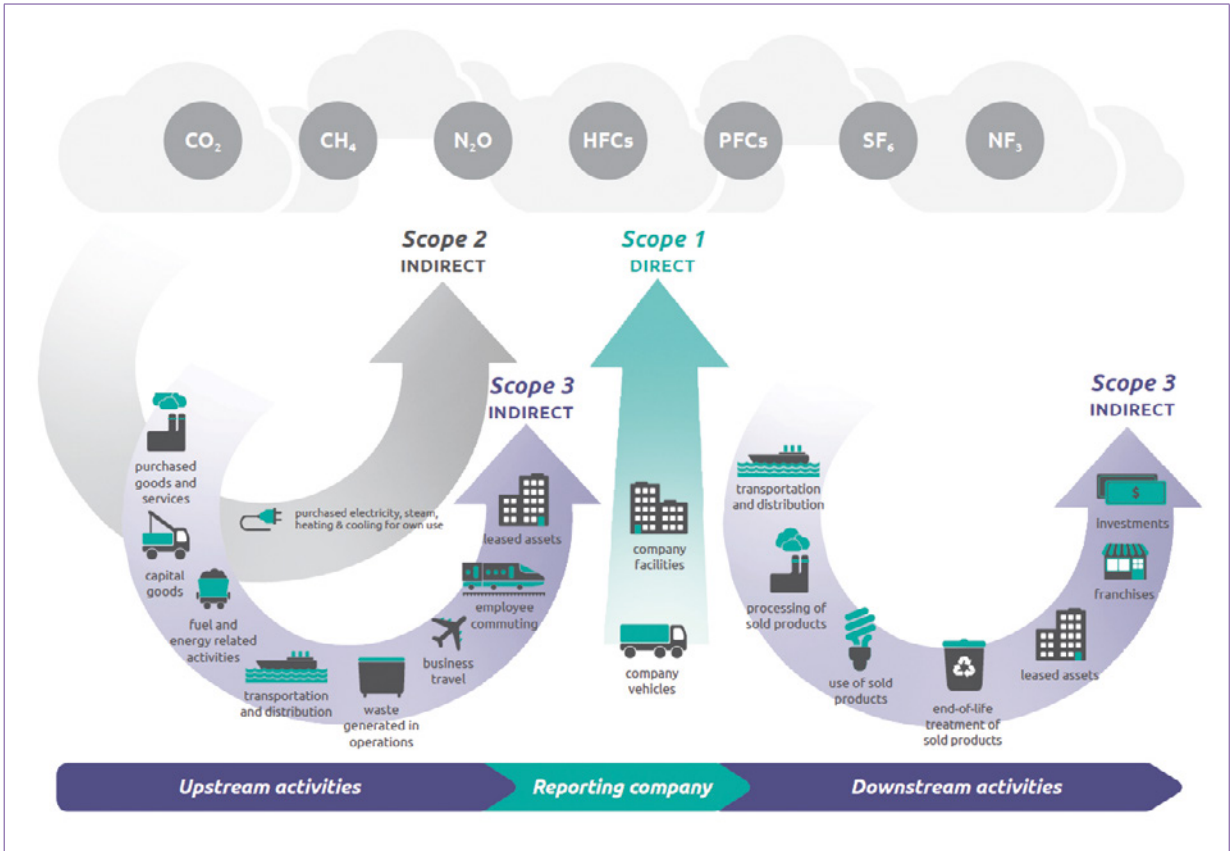


출처 : Koolen and Vidovic (2022)

2. 온실가스 배출 정보 공개: 스코프 3 배출량 공시 의무화, LCA 정보 공개

미국 증권거래위원회(SEC, Securities and Exchange Commission)가 2022년 3월 상장 기업의 스코프 3 배출량 공시 내용을 담은 기후공시 의무화 방안 초안을 공개한 데 이어, 캘리포니아 주지사는 스코프 3 배출량을 포함한 온실가스 배출 정보 공개를 요구하는 ‘SB-253 기후 기업 데이터 책임법’에 2023년 10월 서명하였다. 이에 캘리포니아 소재의 연 매출 10억 달러 이상 기업들은 2027년부터 스코프 3 배출량을 공시해야 한다. SB-253은 세계자원연구소(WRI, World Resource Institute)와 세계지속가능발전기업협의회(WBCSD, World Business Council for Sustainable Development)가 개발한 ‘온실가스 프로토콜 기업 가치사슬(스코프3) 회계 및 보고 기준’에 부합하는 정보를 보고하도록 안내하는데, 여기서 제시하는 스코프 3의 범주는 <그림2>와 같다.

<그림 2> 온실가스 배출량 스코프(scope) 구분 도해



출처 : WRI, WBCSD (2011)

EU 역시 유럽지속가능성보고표준(ESRS, European Sustainability Reporting Standards)을 통해 역내 기업들의 스코프 3 배출량 공시 의무화를 진행하고 있다. EU 집행위원회가 2023년 7월 ESRS 수정안을 채택하여 2024년 1월부터 시행될 예정이다. EU 역내에서 활동하는 외국 기업들과 그 모기업들은 각각 2026년, 2028년부터 ESRS 적용 범위에 해당하기 때문에, EU에서 활동하는 우리나라 기업들도 이러한 정보 공시 체계를 미리 갖추어야 할 것이다. 국제지속가능성기준위원회(ISSB, International Sustainability Standards Board)가 공개한 국제회계기준(IFRS, International Financial Reporting Standards) 지속가능성공시기준에도 스코프 3 공시가 포함되어 있다. ISSB 역시 ‘온실가스 프로토콜 기업 가치사슬(스코프 3) 회계 및 보고 기준’에 제시된 범주에 따라 배출량을 공시하도록 안내한다. 해당 기준서는 2024년 1월 1일 이후 최초로 시작되는 회계연도부터 적용되나, 기준서를 최초로 적용하는 회계연도에는 스코프 3 온실가스 배출량의 공시가 면제된다.

기업의 주요 재무정보로서 배출량 정보 공개의 의무화뿐만 아니라, 특정 제품군을 중심으로 전주기 온실가스 배출량 정보를 보고하도록 하는 규정들도 준비되고 있다. 자동차가 가장 대표적인데, 올해 4월 통과된 신형 승용차 및 신형 경량 상용차에 대한 이산화탄소 배출 성능 기준 강화 법률(Regulation 2023/851)에 따라 EU 집행위원회는 2025년 말까지 승용차 및 경량 상용차의 전주기(life cycle) 이산화탄소 배출량을 평가 및 보고할 수 있는 방법론을 담은 보고서를 발간해야 한다. 또한 완성차 업체들이 해당 방법론을 이용해 산출한 이산화탄소 배출 정

보를 2026년 6월부터 자율적으로 EU 집행위원회에 제출할 수 있도록 할 계획이다. 현재까지 법률에 담긴 내용은 전주기 이산화탄소 배출량의 평가와 자율적 보고에 그치지만, 향후 의무 보고 및 전주기 이산화탄소 배출량 총량 규제 등으로 상향될 가능성을 배제할 수 없다. EU 집행위원회는 전주기 평가를 기반으로 한 이산화탄소 배출 규제에 대한 논의를 2019년부터 시작해왔으며, 합리적인 정책 프레임워크를 형성하기 위해 전주기 평가에 대한 다양한 연구를 수행하고 있다. 글로벌 완성차 업체들은 이 같은 움직임에 미리 대비하여 차종별 전주기 이산화탄소 배출량 산출 시스템을 구축하고 정보를 이미 자율적으로 공개하고 있다.

정보의 공개는 기업들로 하여금 기후소송의 리스크를 높이기 때문에, 기업들의 온실가스 배출 관리 유인을 강화하며 온실가스 배출의 공급망 관리로도 이어질 수 있다. 일례로 애플은 2030년까지 글로벌 공급망에서 탄소중립을 달성할 계획을 발표하면서, 200개 이상의 공급사로부터 풍력 또는 태양광 등 청정에너지 사용을 늘리겠다는 약속을 받아냈다. 스코프 3 공시가 활성화될수록 기업들의 업스트림 및 다운스트림 기업으로의 정보 요구가 강화되고, 이들 기업의 저탄소 경쟁력이 제품경쟁력, 기술경쟁력, 가격경쟁력 등에 못지않게 중요한 요소가 될 전망이다.

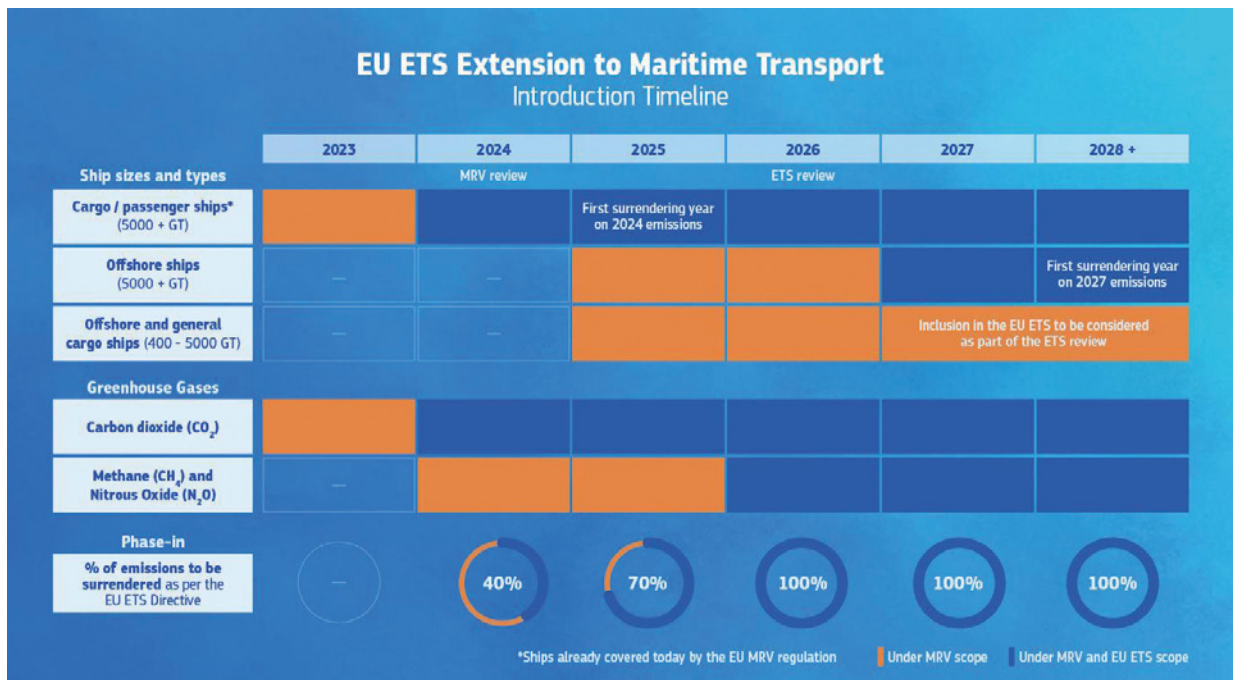
3. 배출량 총량 규제: 해운업 탄소집약도 규제 및 EU ETS 포함, 항공업 CORSIA

운송업을 중심으로 국제기구를 통한 온실가스 배출량 총량 규제 역시 강화되고 있다. 이는 배출활동의 지리적 범위를 특정하기 어려운 운송업 특성에서 기인한다.

국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)는 2023년 7월 해운업에서 발생하는 탄소 배출량을 2050년까지 넷제로(net zero)로 만들겠다는 내용을 담은 온실가스 전략 개정안을 채택하였다. 여기에는 2030년까지 2008년 대비 최소 20% 감축, 2040년까지 최소 70% 감축 등의 중간목표도 담겨있다. 또한 저탄소 또는 무탄소 연료 사용을 늘려 국제 운송의 평균 탄소집약도를 2030년까지 최소 40% 줄이겠다는 내용도 포함해, 국제 교역량 증가에도 온실가스 배출을 줄이겠다는 목표를 분명히 하였다. 한편, IMO는 5천 톤 이상 모든 운항 선박에 대해 2023년 1월 1일부터 탄소집약도지수(CII, Carbon Intensity Indicator) 규제도 시행하고 있다. 1년 동안의 운항 정보를 바탕으로 CII를 산출하고 그 결과에 따라 A등급(매우 우수)부터 E등급(열위)까지 등급을 부여한다. 이때 3년 연속 D등급이거나 1년 이상 E등급을 받은 선박은 시정계획을 제출해야 하며, 해당 시정계획의 승인이 이뤄질 때까지 운항이 제한된다. 또한 꾸준한 탄소집약도 감축 노력을 유도하기 위해 2019년 대비 CII 등급 기준을 2023년 5%, 2024년 7%, 2025년 9%, 2026년 11%씩 개선할 계획이다. 2027년 이후의 감축경로는 향후 회원국 간 회의를 통해 결정되는데, 2050년 넷제로 달성으로 목표가 상향된 만큼 2023~2026년 감축경로보다 높은 감축률이 설정될 가능성이 농후하다. 해양수산부가 2020년 운항 정보를 기반으로 5천 톤 이상 국적선 684척을 대상으로 CII를 계산한 결과, D등급과 E등급을 받을 것으로 예상되는 선박의 수가 각각 128척(19%), 106척(16%)에 달해 친환경 선박으로의 대규모 선대 교체가 불가피하다.

EU ETS 개정으로 해운업이 2024년부터 ETS에 포함된 점에도 주목해야 한다. EU 역내를 운항하는 5천 톤 이상의 모든 선박은 배출하는 온실가스량에 비례하여 배출권을 구매해야 한다. 우리나라와 유럽 간 수출입 해상 물동량은 2022년 기준 약 5천만 톤으로 전체 물동량의 약 5%를 차지하는데, 규제 대상 선박의 범위와 온실가스의 범위, 배출권 구매 비율 등이 <그림3>과 같이 점진적으로 확대될 예정이기 때문에 국내 해운사의 배출비용 부담은 더욱 증대될 전망이다.

<그림 3> EU ETS 해상운송업 범위 확대 계획



* 출처 : European Commission

국제민간항공기구(ICAO, International Civil Aviation Organization) 역시 탄소상쇄·감축제도(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, 이하 CORSIA)를 통해 온실가스 배출량을 통제하고자 한다. CORSIA는 국제항공 부문의 온실가스 배출량을 2019년 기준으로 결정하고 이를 초과하여 배출한 양은 크레딧 구매로 상쇄하도록 하는 제도이다. 2023년 현재 총 115국이 참여하고 있으며, 우리나라에서도 대한항공, 아시아나항공을 비롯한 9개 항공사가 이에 참여하고 있다. 2021년부터 2023년까지 이어지는 시범운영 단계 동안 배출량은 2019년 수준을 초과할 수 없으며, 2024년 1단계 운영이 개시되면 2035년까지 그 배출량은 2019년 배출량의 85%를 초과할 수 없다. 이에 해외 항공사들은 지속가능항공유(SAF, Sustainable Aviation Fuel) 사용과 더불어 자발적 탄소시장에서의 크레딧 구매를 늘리고 있다. 다만 국내 대형항공사인 대한항공과 아시아나항공은 코로나 이후 급격히 위축된 국제선 운항 수요가 온전히 회복되지 않아 2022년까지는 상쇄 의무가 발생하지 않았다. 국제선 항공 운영이 지속적으로 회복되는 가운데 2024년부터는 배출량 기준이 2019년의 85% 수준으로 상향되기 때문에 점진적으로 비용 부담이 발생할 전망이다.

<표 2> CORSIA 보고량 기준 국내 대형항공사 국제선 운항 이산화탄소 배출량 (단위: tCO₂)

	2019	2020	2021	2022
대한항공	12,466,651	6,990,393	7,157,088	8,236,681
아시아나항공	6,260,630	3,228,713	2,995,066	3,647,647

출처 : 각 사 ESG 보고서

4. 자발적 이니셔티브: RE100, 스틸제로, 퍼스트무버연합 등

최근 몇 년간 국내 기업들을 휩쓴 키워드 중 하나는 단연 ‘재생에너지 100% 사용(RE100, Renewable Electricity 100%)’이다. RE100은 2014년 기후그룹(The Climate Group)과 탄소정보공개프로젝트(CDP, Carbon Disclosure Project)가 출범한 자발적 이니셔티브(initiative)로, 기업의 연간 소비전력을 재생 전력으로 100% 충당하여 재생 전력으로의 글로벌 전환을 가속화하는 것을 목표로 한다. 2023년 현재 전 세계에서 424개 기업이 참여하고 있으며, 우리나라 역시 총 35개 기업이 참여하고 있다. 현재 RE100에 참여하고 있는 기업들의 연간 전력 소비량을 합산하면 프랑스의 전력 소비량을 초과한다.

RE100의 성공을 시작으로 다양한 자발적 이니셔티브가 조성되고 있다. 대표적으로 스틸제로(Steel Zero), 퍼스트무버연합(First Movers Coalition) 등이 있으며, 이는 저탄소 제품 시장의 확대에 기여하고 있다. 스틸제로는 저탄소 철강에 대한 수요 촉진을 위해 기후그룹과 지속가능한 철강(Responsible Steel)의 파트너십을 기반으로 2020년 발족한 이니셔티브로, 참여 기업은 2030년까지 전체 철강 수요의 50%를 저배출 철강으로 전환하고, 늦어도 2050년까지 넷제로 철강 100%로 조달할 목표를 선언한다. 2023년 현재 볼보, 머스크, 오스테드, 지멘스 가메사 등을 포함하여 42개 기업이 참여하고 있다. 해운업계 내 머스크의 높은 시장지위를 감안할 때 머스크의 저배출 철강, 넷제로 철강 구매 선언은 조선업계의 저탄소 철강 제품 구매로 이어질 가능성이 높다. 마찬가지로 오스테드, 지멘스 가메사 등 풍력터빈 제조 기업의 저탄소 철강 구매 선언은 해상풍력 발전 설비를 미래 고부가가치 철강 수요처로 인식하는 철강기업들로 하여금 제품 상용화의 유인을 강화한다. 이렇듯 저탄소 제품 수요의 창출은 기업에 시장 성장의 신호를 제공할 뿐만 아니라 파일럿 단계를 넘어선 저탄소 기술 프로젝트가 “죽음의 계곡(valley of death)”을 극복하는 데 실질적인 도움을 제공한다.

퍼스트무버연합은 세계경제포럼(World Economic Forum)과 미국 국무부의 연합으로 2021년 탄생한 이니셔티브로, 현재 애플, 알파벳, 마이크로소프트, 에어버스 등 총 95개 기업이 참여하고 있으며 우리나라에서는 한화오션이 유일하게 가입하였다. 이들은 기업의 구매력을 기반으로 온실가스 감축이 어려운 7개 부문(알루미늄, 항공, 탄소 제거, 시멘트 및 콘크리트, 육상운송, 해상운송, 철강) 시장에 저탄소 제품 수요 시그널을 전달해 기술 발전을 꾀하는 것을 목표로 한다. 예를 들어, 알루미늄 부문에 참여하는 기업은 2030년까지 연간 전체 1차 알루미늄 수요량의 최소 10%를 저탄소 제품으로 구매하거나 전체 알루미늄 수요량의 50% 이상을 2차 알루미늄으로 구매하기로 약정한다. 육상운송(트럭) 부문에 참여하는 기업은 2030년까지 무배출 중대형 차량을 구매

하거나 계약하기로 선언한다. 구체적으로 트럭 소유주와 운영주는 2030년까지 대형 트럭 구매량의 최소 30%, 중형 트럭 구매량의 100%가 무배출 트럭이 되도록 해야 하며, 소매기업 및 제조 기업은 트럭 소유주 및 운영주가 이러한 목표를 세우고 서비스를 제공하도록 요구한다는 목표를 설정한다.

자발적 이니셔티브의 확장은 2014년 발족한 RE100이 2020년 한국의 수출기업들을 압박했던 것과 유사한 양상으로 국내 산업에 영향력을 미치게 될 가능성이 높다. 즉, 공급망을 타고 해당 이니셔티브에 동참하도록 가입을 유도 받는 동시에, 이니셔티브 기준을 충족하는 제품을 생산하지 못하면 거래를 이어가기 힘들 수 있다. 특히 중간재 수출 비중이 높은 우리 경제 특성을 고려하면 저탄소 제품 생산 및 사용에 대한 이니셔티브 강화는 우리 경제에 심각한 위협이 될 것이다.

Ⅲ. 결론 및 시사점

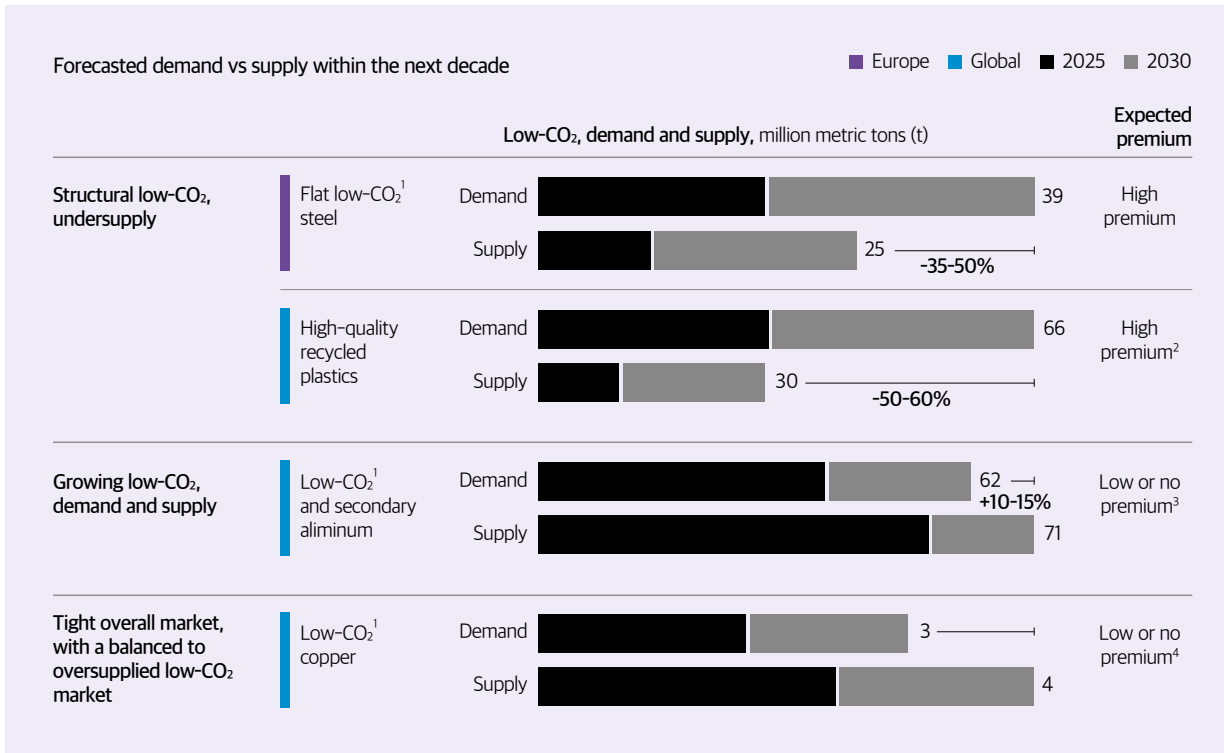
그동안의 온실가스 배출 규제는 배출권거래제, 탄소세 등의 형태로 특정 국가 또는 지역 범위 내에서 이루어졌다. 그러나 CBAM을 위시한 최근의 배출 규제는 무역과 엮어 그 지리적 영향력을 지속적으로 확대하는 양상이다. 또한 기업의 자발적 이니셔티브 참여로 온실가스 배출 감축 압력 주체가 정부, 규제기관에서 다변화되고 있다. 한국무역협회가 408개 수출기업을 대상으로 설문조사한 결과, 39%의 기업이 기후변화 대응과 관련해 고객사 및 소비자로부터 압박받는다라고 답변했다.

지금이야말로 위기를 기회로 이용하는 지혜가 필요한 시점이다. 단기적으로는 CBAM과 스코프3 배출량 공시 의무화에 대비하여 정확한 온실가스 배출량 측정·보고·검증(MRV, Measurement, Reporting and Verification) 체계의 구축이 시급하다. 아울러 원재료를 수입·가공하여 판매·수출하는 기업들은 원재료 수입처로부터 온실가스 배출 정보의 제출 및 저탄소화 기술 도입을 요구해야 한다. 영세한 단일 기업의 규모로는 요구에 대한 협상력이 높지 않을 수 있다. 따라서 공급망 내 합종연횡을 통해 협상력을 높일 필요가 있으며, 정부는 연합체 구성에 힘을 실릴 수 있도록 지원할 필요가 있다.

중장기적으로는 저탄소 제품 생산 기술의 조속한 개발 및 상용화 추진 노력이 이루어져야 한다. 다양한 배출 규제에서 발생한 저탄소 제품에 대한 수요 증가는 “그린 프리미엄(green premium)” 지불로 이어지고 있다. 그린 프리미엄이란 저탄소 제품 구매 시 동일 성능의 온실가스 집약적 제품 대비 소비자의 지불금액이 상승하는 것을 의미한다. 최근 알루미늄, 철강 시장 등을 중심으로 프리미엄 지불 사례가 발견되고 있다. 유럽 완성차 제조사 등을 중심으로 저탄소 알루미늄 구매 수요가 증가하면서 2022년 11월 기준 저탄소 알루미늄 빌렛(billet)의 연간 계약 프리미엄은 제품 1톤당 10달러 이내, 선재(wirerod) 분기별 계약 프리미엄은 제품 1톤당 35~45달러 수준으로 파악된다. 또한, 전기로에서 생산된 유럽산 저탄소 평형 봉강(flat steel)은 2023년 현재 일

반적으로 1톤당 200~300유로의 프리미엄을 붙여 거래되는 것으로 알려진다. 맥킨지앤드컴퍼니(McKinsey & Company)는 2030년 기준 유럽 내 저탄소 철강의 수요가 39백만 톤에 달하는 데 반해 공급은 25백만 톤에 불과해 높은 그린 프리미엄이 책정될 것으로 전망하였다(<그림 4>). 따라서 조속한 기술의 개발과 상용화는 시장 선점뿐만 아니라 그린 프리미엄이라는 과실을 향유할 수 있게 한다. 그러나 저탄소 제품 판매에 뒤처지는 기업은 시장 퇴출의 리스크를 감내해야 한다.

<그림 4> 저탄소 제품 수급 전망



출처 : McKinsey & Company (2022)

참고문헌

- 사단법인 넥스트 (2023). 기후정책 가이드북: 기후테크의 기회와 장벽. 사단법인 넥스트 연구보고서 2023-03
- 장현숙, 황준석, 임지훈 (2023). 수출 기업의 기후변화 대응 현황 및 시사점. 한국무역협회 TRADE BRIEF, 2023.10.25., ISSN 2093-3118
- Koolen, D. and Vidovic, D. (2022). Greenhouse gas intensities of the EU steel industry and its trading partners. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN978-92-76-53417-4, doi:10.2760/170198
- McKinsey & Company (2022). Capturing the green-premium value from sustainable materials. [mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/capturing-the-green-premium-value-from-sustainable-materials](https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/capturing-the-green-premium-value-from-sustainable-materials) (최종 접속일: 2023.12.05.)
- OJ (2023). COMMISSION IMPLEMENTATION REGULATION (EU) 2023/1773 of 17 August 2023 laying down the rules for the application of Regulation (EU) 2023/956 of the European Parliament and of the Council as regards reporting obligations for the purposes of the carbon border adjustment mechanism during the transitional period. Official Journal of the European Union L228/94
- WRI, WBCSD (2011). Corporate Value Chain (Scope3) Accounting and Reporting Standard: Supplement to the GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard. World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development



국제 탄소시장 메커니즘 기반 기술혁신 현황 및 과제

이상원
산업연구원 부연구위원

I. 국제 탄소시장 현황

1. 개요

글로벌 기후위기 대응 노력이 더욱 강화되면서 탄소시장의 활용은 탄소중립 목표 달성을 위한 핵심 전략 중 하나로 추진된다. 탄소시장은 현존 감축 기술 한계 보완, 비용 효율적인 잠재력, 민간 부문 활성화 등 온실가스 배출 완화를 위한 매력적인 대안이다. 탄소시장은 크게 규제적 탄소시장(CCM, Compliance Carbon Market)과 자발적 탄소시장(VCM, Voluntary Carbon Market)의 두 가지 유형으로 구분된다. CCM은 교토의정서 및 파리협정과 같은 글로벌 협약에 따라 합의된 한도 내에서 의무적 온실가스 감축 활동을 기반으로 한다. 반면에 VCM은 정부 또는 규제기관이 정한 법적 의무에서 벗어나 기업, 개인 등이 자발적으로 탄소 크레딧을 사고 팔 수 있는 민간 주도의 시장이다.

CCM은 국가 및 지역별 배출권 공급을 법 또는 규정에 따라 통제하고, 탄소가격 설정을 목표로 한다. 이는 배출권거래제(ETS, Emissions Trading System)나 탄소세를 통해 구현될 수 있으며, 오염 비용을 더 높게 책정하여 감축 활동을 장려할 수 있다. 2005년에 도입된 세계 최초의 탄소시장인 유럽연합(EU, European Union)의 ETS가 대표적이다. EU ETS는 에너지 및 산업부문의 약 10,000개의 설비와 항공 부문을 규제하며, 배출할 수 있는 특정 온실가스 총량을 설정한다.¹⁾ 기업에는 연간 배출허용량이 할당되며, 그 이상 배출 시 비용을 지불해야 한다. 기업이 배출량을 줄이면 잉여 허용량을 이월하거나 허용량이 부족한 다른 기업에 판매할 수 있다.

VCM은 감축의무가 없는 기업, 개인, 비영리단체 등이 자발적으로 탄소 감축 활동 프로젝트 및 이니셔티브에 참여하고 탄소발자국을 줄임으로써 배출권을 거래하는 시장이다. 배출량 상한선이 있는 ETS와는 다르게 다양한 프로젝트 개발을 통해 더 많은 배출권 창출이 가능하다는 이점이 있다. 기업은 이러한 배출권을 구매하여 불가피한 배출을 상쇄하고 목표를 달성할 수 있다. 자발적 탄소 감축의 신뢰성 확보를 위해서는 미국의 베라(Verra), 스위스의 골드스탠더드(Gold Standard) 등 글로벌 탄소 감축 인증기관의 검증 절차가 필요하다.

2. 탄소시장 메커니즘

1997년 교토의정서에 의해 탄소시장이라는 개념이 공식적으로 처음 도입되었고, 이때 배출 감소를 위한 시장 기반 도구의 기초를 마련하였다. 온실가스 감축목표를 달성하기 위한 수단으로 교토의정서는 청정개발메커니즘²⁾, 공동이행³⁾, 배출권거래⁴⁾의 세 가지 시장 기반 메커니즘을 제시하였다. 이러한 탄소시장 메커니즘을 통해 투자자와 기업은 탄소배출권과 탄소상쇄권을 동시에 거래할 수 있어 온실가스 배출을 완화하는 동시에 새로

1) 유럽연합 집행위원회(EC, European Commission) 웹사이트, climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en(접속일: 2023.11.23.).

2) 청정개발메커니즘(Clean Development Mechanism)은 감축의무가 있는 국가가 개발도상국에서 감축 프로젝트를 시행함으로써 배출 감소 크레딧을 획득하도록 허용한다.

3) 공동이행(Joint Implementation)은 감축의무가 있는 국가들이 감축 프로젝트를 공동으로 수행하는 것으로 한 국가가 다른 국가에 투자해 감축하면 그 감축량의 일부를 투자국의 감축 실적으로 인정한다.

4) 배출권거래는 감축의무가 있는 국가가 의무 감축목표 초과 시 초과분을 다른 국가에 판매할 수 있고, 반대로 부족분은 구매할 수 있도록 허용한다.

은 시장 기회 창출을 기대할 수 있다.

파리협정은 탄소시장 메커니즘의 활용을 더욱 강조하였다. 파리협정 제6조에서는 온실가스 감축목표의 효과적인 달성을 위해 국가 간 자발적인 협력을 인정하는 등 다양한 형태의 국제 탄소시장 메커니즘을 제시한다.⁵⁾ 각국의 국가 온실가스 감축목표(NDC, Nationally Determined Contribution) 달성 과정에서 파리협정이 규정하는 최소한의 절차와 기준을 준수하면서, 다양하고 비용 효과적인 방법으로 기후위기에 대응할 수 있음을 의미한다.⁶⁾ 파리협정 제6조는 세 가지 국제 탄소시장 메커니즘을 규정하고 있으며, 주요 내용은 아래의 <표 1>과 같다.

<표 1> 파리협정 제6조 내 탄소시장 메커니즘

구분	주요 내용
제6조 제2항 협력적 접근 (Cooperative Approach)	당사국은 양자 간 합의에 따라 A국에서 달성한 감축량은 B국으로 이전될 수 있으며, B국의 NDC에 포함될 수 있음.
제6조 제4항 지속가능발전 메커니즘 (Sustainable Development Mechanism)	교토의정서에 따른 CDM을 대체하며 국가와 민간 모두 배출량 감축을 거래할 수 있으며, 이 메커니즘은 당사국총회가 지정한 기구의 감독을 받음.
제6조 제8항 비시장 메커니즘 (non-Market Mechanism)	시장 메커니즘에 기반하지 않은 완화, 적응, 기술이전 등의 기후정책에 대한 협력에 초점을 맞추며, 탄소가격과 같은 재정 조치를 포함할 수 있음.

* 출처 : 유엔기후변화협약(UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change, 2016).

3. 탄소시장과 기후기술

탄소시장과 기후기술은 서로 윈윈(win-win)하는 상호보완적인 관계라 할 수 있다. 탄소시장의 성장을 위해 기후기술이 필요하고, 기후기술의 성장을 위해 탄소시장은 큰 도움이 된다. 국제 탄소시장 내 다양한 탄소 감축 사업 및 프로젝트는 기후기술(또는 청정기술)을 기반으로 추진된다. 더욱이 파리협정의 탄소시장 메커니즘을 살펴보면 선진국은 개발도상국에 기술이전 및 지원을 통해 국외 감축 실적을 확보·확대해가는 것이 중요하다. 파리협정에서 강조하고 있는 환경건전성과 지속가능성 제고를 위해서는 친환경 혁신기술 개발과 국제 기술협력의 활성화는 선택이 아닌 필수인 셈이다.

한편, 기술혁신에 있어 탄소시장은 중요한 동인이 될 수 있다. 탄소시장 하 기술개발의 가속화는 물론 관련 투자 및 시장은 커질 수밖에 없다. 즉, 탄소시장은 기업들이 새롭고 혁신적인 저탄소 기술을 개발하고 채택하도록 압박하는 수단이 될 수 있다. 탄소시장이라는 새로운 장은 환경규제를 넘어 국가의 기술력 향상과 신성장동력 창출을 위한 기회를 제공할 수 있다. 최근 EU, 미국 등 주요국의 기후기술 확보 및 신속한 상용화 지원 강화 정책은 탄소시장 확대와 무관하지 않다.

5) 장명화, 이정민(2021).

6) 정지원 외(2022).

II. 기후기술 현황

1. 개요

기후기술의 주요 목적 중 하나는 저탄소 경제로의 전환을 지원하는 것이다. 이를 위해서는 에너지를 생산, 분배 및 소비하는 방식뿐만 아니라 산업, 건물, 운송시스템을 설계하고 운영하는 방식에도 상당한 변화가 필요하다. 기후기술은 환경 지속가능성, 경제성장, 사회적 형평성 등을 유지하면서 이러한 변화를 달성하는 데 도움이 되는 다양한 솔루션을 제공할 것으로 기대한다.

일반적으로 기후기술이란 기후변화에 대처하기 위한 모든 유형의 기술을 포괄한다. 기후기술의 범위를 크게는 감축 기술과 적응 기술 두 가지로 구분하는데 전자는 온실가스를 줄이는 데 도움이 되는 풍력에너지, 태양광발전, 산업 효율화 등의 기술이며, 후자는 가축질병관리, 수재해관리, 기후경보시스템 등의 기술을 포함한다.⁷⁾ 혁신적인 기후기술은 기후위기 대응에 효과적인 것으로 간주되기에 국가 기후 계획에 포함이 되며, 파리협정에서도 기후변화에 대한 회복력을 높이고 온실가스 감축 전략을 논의할 때 기후기술 개발과 이전을 강조한다.

<표 2> 국가 기후기술 분류체계

대분류	중분류	소분류
감축	(1) 비재생에너지	원자력 발전, 핵융합 발전, 청정화력 발전·효율화
	(2) 재생에너지	수력, 태양광, 태양열, 지열, 풍력, 해양에너지, 바이오에너지, 폐기물
	(3) 신에너지	수소 제조, 연료전지
	(4) 에너지 저장	전력 저장, 수소 저장
	(5) 송배전·전력 IT	송배전 시스템, 전기지능화 기기
	(6) 에너지 수요	수송 효율화, 산업 효율화, 건축 효율화
	(7) 온실가스 고정	CCUS, Non-CO ₂ 저감
적응	(8) 농업·축산	유전자원·유전개량, 작물 재배·생산, 가축질병관리, 가공·저장·유통
	(9) 물관리	수계·수생태계, 수자원 확보·공급, 수처리, 수재해 관리
	(10) 기후변화예측·모니터링	기후 예측·모델링, 기후정보·경보시스템
	(11) 해양·수산·연안	해양생태계, 수산자원, 연안재해 관리
	(12) 건강	감염 질병 관리, 식품 안전 예방
	(13) 산림·육상	산림 생산 증진, 산림 피해 저감, 생태 모니터링·복원
감축·적응 융복합	(14) 다분야 중첩	신재생에너지 하이브리드, 저전력 소모 장비, 에너지하베스팅, 인공광합성, 기타 기술 100%

* 출처 : 국가기후기술정보시스템 웹페이지, <https://www.ctis.re.kr/ko/contents.do?key=1141>(접속일: 2023.11.24.).

⁷⁾ UNFCCC 웹페이지, <https://unfccc.int/topics/what-is-technology-development-and-transfer>(접속일: 2023.11.27).

맥킨지(McKinsey, 2020)의 연구에 따르면, 현재 이미 성숙한 기후기술이 규모를 확장하면 2050년까지 온실가스 배출 감축에 약 60%를 기여할 수 있다. 그러나 추가 감축을 위해서는 아직 성숙하지 못한 기술과 여전히 연구개발(R&D, Research and Development) 단계에 있는 기술의 고도화가 필요하다.⁸⁾ 새로운 기후기술과 기존 기후기술 간의 상호작용은 탄소중립 이행과정에서 기후변화의 악영향을 예방하는 솔루션을 제공할 것이다. 최근 논의가 진행 중인 인공지능(AI, Artificial Intelligence), 머신러닝, 블록체인과 같은 분야의 새로운 개발은 기후변화에 대처하는 방식을 변화시키고 있으며 장기적인 솔루션 개발을 가속화하는 데 도움이 될 것으로 보인다.

2. 정책 동향

전 세계적으로 기후기술에 대한 투자 및 지원이 확대되는 추세다. 미국은 2022년 인플레이션 감축법(IRA, Inflation Reduction Act) 제정을 통해 기후위기 대응 관련 기술개발 및 확산에 필요한 다양한 기업 인센티브 제공을 밝혔다. 또한, 바이든 행정부는 탄소중립 기술 투자 가속화를 포함한 넷제로 게임체인저 이니셔티브(Net-Zero Game Changers Initiative)를 발표했다. 이를 통해 탄소중립 기술 우선순위를 정하는 최초의 다중 목표 프레임워크를 개발하고, 환경, 형평성, 경제, 보안 등의 잠재적 이점을 고려하여 통합적인 기후 솔루션을 추구한다는 방침이다.⁹⁾

EU는 넷제로 산업법(Net-Zero Industry Act)을 통해 청정에너지 전환 지원과 온실가스 저감기술의 제조 능력 제고를 강조하였다. 기술의 제조에 대한 규제 프레임워크를 단순화하고, 신속한 상용화와 잠재력이 높은 전략적 탄소중립 기술을 지원할 계획이다. 핵심기술로 태양광발전 및 태양열, 연료전지, 육상풍력 및 해상 재생에너지, 바이오가스 및 바이오메탄, 탄소 포집 및 저장 기술 등이 제시되었고, 관련 분야에 대한 투자가 촉진될 전망이다.¹⁰⁾

우리 정부는 과학기술 기반의 탄소중립 이행 추진을 강조하고 있다. 이에 따라 2022년 12월 기술개발 관련 최상위 법정계획인 「제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획(’23~’32)」이 발표되었다. 탄소중립 필수 핵심 기술 확보, R&D를 통한 선제적·체계적 지원, 지속가능한 기술·산업 생태계 구축을 위한 기반을 마련하였다. <표 3>과 같이 온실가스 감축, 기후변화 적응, 혁신생태계 조성이라는 3대 전략 아래 15개 세부 추진과제를 제시하였다.¹¹⁾

8) McKinsey(2020).

9) 백악관(The White House) 웹페이지, [whitehouse.gov/ostp/news-updates/2022/11/18/raising-ambition-for-a-rapid-and-just-net-zero-transition-with-game-changing-innovations/](https://www.whitehouse.gov/ostp/news-updates/2022/11/18/raising-ambition-for-a-rapid-and-just-net-zero-transition-with-game-changing-innovations/)(접속일: 2023.11.28.).

10) EC 웹페이지, [ommission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan/net-zero-industry-act_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan/net-zero-industry-act_en)(접속일: 2023.11.28.).

11) 과학기술정보통신부 보도자료(2022.12.14.).

<표 3> 제1차 기후기술 기본계획의 주요 추진전략

01 온실가스 감축	02 기후변화 적응	03 혁신생태계 조성
<ul style="list-style-type: none"> ① 무탄소 에너지 생산 ② 에너지시스템 전기화 ③ 탄소배출 연·원료의 대체 ④ 에너지소비효율 향상 ⑤ 온실가스 저장·흡수·활용 ⑥ 에너지 공급/수요 유연성 향상 	<ul style="list-style-type: none"> ① 자연·생태계 회복력 강화 ② 감염병 및 식량안보 대응 ③ 기후적응형 도시·인프라 구현 ④ 과학기술 기반 기후변화 감시·예측 및 영향평가 ⑤ 과학기술 기반 재난재해 관리 	<ul style="list-style-type: none"> ① 기후기술 산업 활성화 및 국민 체감 향상 ② 우수인재 양성 및 활용 ③ 국제사회와 공동협력 및 기술이전·확산 ④ 정책 활성화 및 정책역량 강화

* 출처 : 과학기술정보통신부 보도자료(2022.12.14.)

Ⅲ. 기술 메커니즘과 디지털화

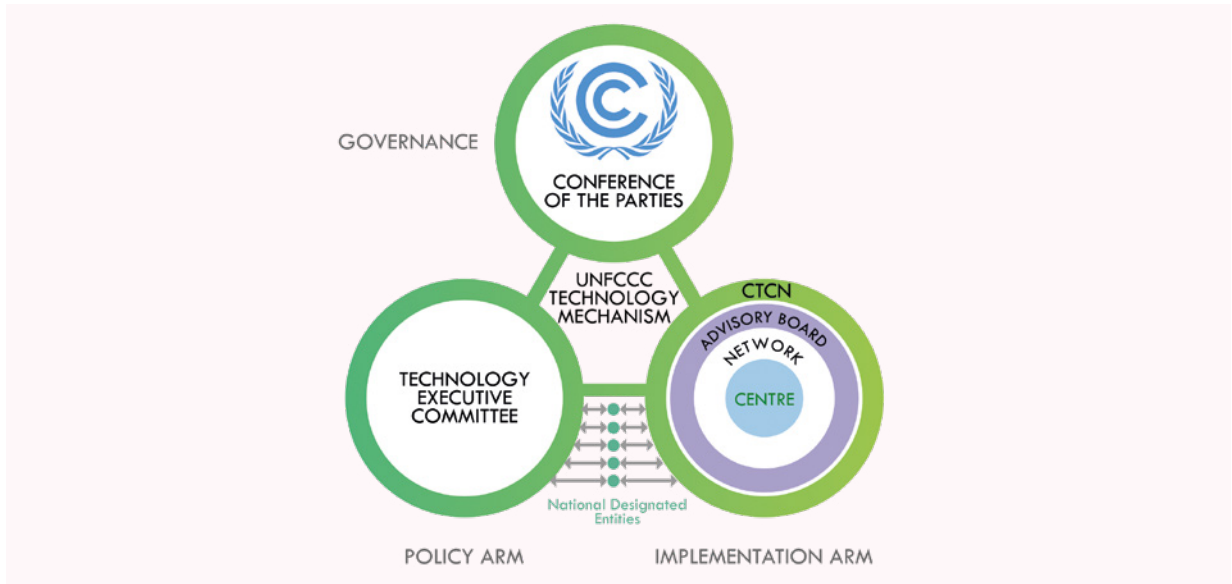
1. 기술 메커니즘

파리협정의 탄소시장 메커니즘 주요 내용은 감축목표 달성하는 데 개도국에 대한 지원을 포함하며, 특히 기술개발 및 이전에 대한 협력 강화를 강조한다. 양자 간, 지역 및 다자 간을 포함하여 기술지원을 제공하는 여러 채널이 있을 수 있는데 2010년에 설립된 UNFCCC의 기술 메커니즘이 대표적이라 할 수 있다. 기술 메커니즘은 기술 집행위원회(TEC, Technology Executive Committee)와 기후 기술 센터 및 네트워크(CTCN, Climate Technology Centre and Network)의 두 기관으로 구성된다(<그림 1> 참고).

TEC는 정책 기관으로 문제를 분석하고, 기후기술 개발 및 이전을 강화하기 위한 국가의 노력을 지원하는 정책 권장 사항을 제공한다. 이 위원회는 선진국과 개도국을 대표하는 20여 명의 기술 전문가로 구성된다. CTCN은 실행기관으로 개도국 요청에 따른 기술지원 제공, 기후기술 정보 및 지식에 대한 접근성 창출, 기후기술 이해관계자 간의 협업 촉진 등을 통해 기술개발 및 이전을 가속화한다.

최근 TEC와 CTCN의 공동작업으로는 기술로드맵과 디지털화 구현을 들 수 있다. 우선 NDC 및 탄소중립 이행에 필요한 기술 활용 촉진을 위해 다양한 부문에서 기술로드맵의 잠재적인 역할이 강조된다. 부문별 기후기술로드맵 준비 시 CTCN 기술지원과 이해관계자 경험 및 국제기구 작업을 통해 얻은 성공사례 분석, 기후기술 개발·이전·배포에 필요한 재정 자원 연계 등을 추진한다. 이를 기반으로 잠재적인 지침 또는 파일럿 로드맵 개발이 이루어지고 추가 공동작업이 추진될 것이다.

<그림 1> UNFCCC의 기술 메커니즘



* 출처 : UNFCCC 웹사이트, <https://unfccc.int/ttclear/support/technology-mechanism.html>(접속일: 2003.11.30).

또한, 분산원장기술¹²⁾, 블록체인 등 새로운 디지털 기술을 녹색기술과 연계하려는 노력이 한창이다. TEC의 작업 계획은 범용기술의 프레임워크를 사용하고 디지털 기술 플랫폼의 잠재력을 분석하여 상호연관된 혁신을 위한 산업 전반에 솔루션을 제공할 계획이다. 동시에 CTCN은 기후 거버넌스 및 의사결정 프로세스에서 더 많은 투명성을 제공할 수 있는 디지털화를 식별할 것이다.

2. 탄소시장의 디지털화

앞서 언급된 전통적인 기후기술에 더해 디지털 신기술은 탄소시장의 성장과 발전을 지원할 것으로 보인다. 탄소시장의 고도화를 위해서는 배출량 계산, 모니터링, 보고, 검증 등 풀어야 할 여러 과제가 존재하며, 최근 디지털 전환이 잠재력 있는 솔루션 중 하나로 부상 중이다. 탄소시장을 통해 전 세계 온실가스 배출량을 성공적으로 감축하기 위한 핵심은 검증된 데이터를 안전하게 유지하고, 감축을 정확하게 설명 및 추적할 수 있는 데이터 인프라가 될 수 있다.

데이터 인프라는 탄소시장의 투명성과 신뢰성 제고를 위해 중요한 역할을 할 전망이다. 탄소배출권의 수명 주기에 대해 공개적으로 접근할 수 있는 모든 데이터를 수집하고 구조화하기 위해서는 공통 데이터 시스템이 필요하다. 이러한 시스템은 탄소시장의 규모를 확대하는 데 도움이 되며, 전 세계 서로 다른 레지스트리 시스템에서 실시간으로 비교할 수 있는 배출 감소 데이터를 통합할 수 있다. 데이터 인프라는 예측, 평가, 규정 준수 보고 및 인증과 같은 탄소시장 성장에 필요한 서비스를 제공하기 위해 민간 부문의 혁신을 촉발할 수 있는

12) 분산원장기술(Distributed Ledger Technology)은 거래 및 세부 정보가 동시에 여러 위치에 자산 거래를 기록하기 위한 디지털 시스템을 의미하며, 블록체인이 대표적인 예이다.

잠재력을 가진다.

VCM의 주요 과제 중 하나는 투명성과 시장 접근의 용이성을 보장하는 것이다. 블록체인 기술의 구현은 이러한 문제에 대한 잠재적인 해결책으로 떠오르고 있다. 거래를 추적하고 기록하는 디지털 원장인 블록체인은 비트코인과 같은 암호화폐의 거래를 용이하도록 개발되었다. 탄소거래에서 블록체인 기술은 고도로 세분화된 자발적 시장을 통합하고 상쇄 거래 비용을 줄이며 시장 투명성을 높이는 데 도움이 될 수 있다. 이 기술이 자발적 탄소 표준이 제공하는 검증 역할과 함께 적용된다면 VCM 확대를 가속화할 것이다.

글로벌 기업은 신속한 디지털 전환을 통해 비즈니스 모델 혁신을 꾀하고 있다. 삼성전자는 기후 솔루션 플랫폼인 베리트리(Veritree)와 파트너십을 맺고 블록체인 기술을 활용해 재조림 과정의 모든 단계를 검증하고 추적함으로써 나무 심기 이니셔티브를 관리하고 있다.¹³⁾ 또한, 위성 이미지 분석을 통해 탄소 제거 프로젝트를 실시간으로 추적 및 모니터링하고, 삼림 벌채 또는 불법 조업을 감지하고 있다. 유럽의 딥테크 스타트업인 싱글어스(Single.Earth)는 위성 이미지, 빅데이터, 머신러닝을 조합해 글로벌 탄소모델을 매핑하고 이 분석을 토론회 형식으로 변환한다. 이를 통해 지역사회의 생태계를 유지하고, 투자자에게 투자 기회를 제공할 수 있는 인센티브와 새로운 수익원을 제공한다.¹⁴⁾

IV. 향후 정책과제

1. 정책의 연계성·통합성 강화

글로벌 기후변화 대응 정책은 더 이상 환경과 에너지만의 문제가 아니다. 탄소중립은 기후·에너지정책을 넘어 국제관계, 무역 통상, 신산업 육성, 디지털전환, 과학기술 등 다양한 정책과의 연계 및 확장을 요구한다. 글로벌 온실가스 배출 규제 속에 탄소 무역장벽 대응, 주력 산업의 경쟁력 확보, 기후기술 신산업 육성, 탈탄소 공급망 구축 등 다방면의 통합적 접근이 필요하다. 이러한 관점에서 국제 탄소시장 메커니즘 기반의 기술을 고도화하기 위해서는 국제협력은 물론 이중 산업 및 기술간 연계성 등이 고려되어야 한다. 큰 틀에서 부처 간 정책의 연계성·통합성을 제고하여 정책의 중복성을 피하고 추진의 체계성을 높이는 전략이 필요하다. 구체적으로는 기후기술 전담 조직 또는 컨트롤타워 설치를 통해 관련 부처 간 정책 조율과 추진의 효율성·일관성을 강화해야 한다.

2. 협업 및 이해관계자 참여 확대

13) 삼성전자 웹페이지, news.samsung.com/us/samsung-veritree-plant-millions-trees-fight-climate-change/(접속일: 2023.11.28.).

14) Single.Earth 웹페이지, single.earth/blog/single-earth-nature-is-the-new-gold/(접속일: 2023.11.28.).

국제 탄소시장 메커니즘 하 민간 주도형 국외 감축 사업 참여와 기술 고도화를 위해서는 기업, 단체, 학계 등 다양한 이해관계자의 적극적인 소통과 협력이 필요하다. 기존 정부 주도의 기업 협력을 요구하는 방식을 지양하고, 관련 기업 간 긴밀한 상호협력을 기반으로 실효성 있는 규제개선 방안을 제시할 수 있는 장이 마련되어야 한다. 탄소시장의 디지털 기술과 같이 새로운 영역의 개발과 도입은 정보습득과 체계적인 공유를 통해 지원될 수 있다. 국제 탄소시장 및 기후기술 관련 정보·지식공유, 성공사례 공유, 기업 간 협업 활성화 등 협력 네트워크 구축을 통해 기후기술 산업 생태계 기반을 조성해야 한다.

3. 국외 감축 사업 참여 유인 제공

우수한 탄소저감 및 기후기술을 보유한 국내 기업의 국외 감축 사업 참여를 촉진하여 국제 탄소시장에서의 시장경쟁력을 확보해야 한다. 우리나라의 2030년 NDC 국외 감축목표는 3,750만 톤으로 절대 적지 않은 양이다. 현재까지 국외 감축 사업추진을 위한 협정체결국이 많지 않고, 확보된 감축 실적도 미미한 상황에서 이를 위한 강화 방안을 모색해야 한다. 태양광, 에너지저장장치 등 국내 우수한 기술을 활용한 대규모 국외 감축 사업을 검토할 필요가 있으며, 일본의 공동 크레딧 제도(JCM, Joint Crediting Mechanism)와 같은 글로벌 기준의 'K-국제감축모델(가칭)' 개발이 시급하다. 이를 통해 신규 감축 사업의 제안부터 승인까지의 행정절차를 간소화하고, 소요 시간을 단축함으로써 기업의 사업추진을 촉진해야 한다.

4. 기후기술 국제협력 전문가 양성

국외 감축 사업 추진 시 개도국 기술협력 사업은 기술 또는 설비 자체의 경쟁력뿐만 아니라 개도국의 현지 상황 및 특성 파악, 추진 방향 설정, 자원 조달 등 종합적·전략적 접근의 사업개발 역량이 중요하다. 기존 국내 컨설팅사와 엔지니어링사는 수익 창출을 위한 인프라 사업개발을 주로 추진해왔으며, 개도국 대상 기술개발·이전 차원의 프로젝트 경험은 부족하다. 따라서, 향후 확대가 예상되는 국외 감축 사업추진을 뒷받침하기 위해 관련 전문인력을 양성할 필요가 있다. 기후기술의 전문지식을 보유한 동시에 국외 감축 사업개발·수행 역량을 갖춘 인력이 국내 기업과 현지의 가교역할을 한다면 체계적인 관리를 기대할 수 있다.

5. 기술 투자 확보

수소, 탄소 포집·활용·저장기술(CCUS, Carbon Capture Utilization and Storage) 등 오래전부터 기술개발

15) 일본의 JCM은 자국내 기업이 협정체결국에 저탄소 기술·제품·인프라 등을 보급하고, 양국 간 협상을 통해 온실가스 감축 실적을 배분·확보하는 제도다.

16) 한국산업기술진흥협회(2017.2.).

17) 죽음의 계곡(The Valley of Death)은 우수한 아이디어와 기술개발에 성공한 기업이 이를 사업화하는 과정에서 직면하는 어려움을 의미하며, 기술 고도화, 투자 비용, 불확실한 시장 등의 수많은 문제를 극복해야 하는 상황이다.

이 진행되어 온 기술은 물론 딥테크와 같이 새로운 기후기술의 현실화를 위해서는 소위 말하는 ‘죽음의 계곡’을 넘어야 한다. 기술개발과 스케일업 및 상용화 사이의 기간으로 주로 막대한 투자가 수반되는데 자본력이 약한 스타트업에는 큰 부담이다. 따라서, 정부는 역량을 갖춘 기업 대상으로 전략적이고 선별적인 투자 지원에 나서야 한다. 친환경 사업 대상 세제 혜택, 대출 및 보조금 지원 확대를 통해 기후기술을 육성하는 미국의 IRA와 같이 국가 차원에서의 맞춤형 지원책을 추진해야 한다. 국내외 민간투자를 유인할 수 있도록 기반을 조성하는 것도 정부의 역할이다. 유망 기후기술 실증화 사업, 대-중소기업 간 실증 협업 지원, 혁신지향 공공 조달 확대 등을 통해 기후기술 시장의 투자 매력도를 높이는 노력이 필요하다.

참고문헌

- 한국산업기술진흥협회(2017.2). 기술과 경영. 서울: 한국산업기술진흥협회.
- 장명화, 이정민(2021). 국제탄소시장 지침 타결과 시사점. 서울: KDB산업은행.
- 정지원 외(2022). 국외감축을 활용한 NDC 이행방안과 주요 정책과제. 세종: 대외경제정책연구원.
- McKinsey(2020). How the European Union could achieve net-zero emissions at net-zero cost. New York: McKinsey & Company.
- 과학기술정보통신부 보도자료(2022.12.14.). 제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획('23~'32) 발표.
- UNFCCC(2016). The Paris Agreement. New York: UNFCCC.
- 국가기후기술정보시스템 홈페이지. <https://www.ctis.re.kr/ko/contents.do?key=1141>(접속일: 2023.11.24.).
- 삼성전자 홈페이지. <https://news.samsung.com/us/samsung-veritree-plant-millions-trees-fight-climate-change/>(접속일: 2023.11.28.).
- EC 홈페이지. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en(접속일: 2023.11.23.).
- EC 홈페이지. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan/net-zero-industry-act_en(접속일: 2023.11.28.).
- Single.Earth 홈페이지. <https://www.single.earth/blog/single-earth-nature-is-the-new-gold>(접속일: 2023.11.28.).
- The White House 홈페이지. <https://www.whitehouse.gov/ostp/news-updates/2022/11/18/raising-ambition-for-a-rapid-and-just-net-zero-transition-with-game-changing-innovations/>(접속일: 2023.11.28.).
- UNFCCC 홈페이지. <https://unfccc.int/topics/what-is-technology-development-and-transfer>(접속일: 2023.11.27.).

기후변화와 탄소중립

Climate Change and Carbon Neutrality