

신기후체제 협력 확대 전략 연구
국제 탄소시장 전망 및 대응전략
: 파리협정 세부이행지침을 중심으로

The Outlook and Response Strategy of International Carbon Market
- Focusing on Paris Rulebook -

2022. 12.

제 출 문

국가녹색기술연구소 소장 귀하

본 보고서를 “국제 탄소시장 전망 및 대응전략 : 파리협정 세부이행지침을 중심으로”의
보고서로 제출합니다.

2022. 12.

주관연구기관명 : 국가녹색기술연구소

부 서 명 : 기후기술협력부

연구책임자 : 최 가 영

연 구 원 : 문 주 연

: 장 은 경

위탁연구기관/연구책임자 : 국제경영관리학회/노태우

요 약 문

I. 서 론

□ 제1절 연구배경 및 목표

○ 연구배경 및 필요성

- 파리협정(Paris Agreement, 이하 PA)의 채택은 기후위기 대응을 온실가스 배출 감축량을 중심으로 한 '탄소배출권(Carbon Credit)' 개념에서 감축 뿐만 아니라 적응, 자원, 기술이전, 투명성 등 보다 거시적인 차원의 '완화 성과(Mitigation Outcome)'의 개념으로 확대
- 국제사회의 제도적인 변화와 더불어, '탄소중립'의 중요성도 강조되고 있으며, 선진국들은 탄소중립을 회복 및 성장의 동력으로 판단, 관련 신시장 선점을 위해 핵심기술 확보 적극 추진중
- 이와 같은 글로벌 정세에 부응하여, 우리나라도 2021년 9월 전세계 14번째로 탄소중립을 법제화 하는 등 관련 정책추진에 박차
- 윤석열 정부의 120대 국정과제 중 19개 국정과제가 탄소중립과 직·간접적으로 연관되어 있으며 그 중 86번 과제에서는 '과학적인 탄소중립 이행방안 마련으로 녹색경제 전환'을 포함, 탄소중립 대전환을 새로운 성장의 기회로 활용하기 위한 전제 조건으로 과학기술의 중요성을 강조
- 우리나라는 주요 선진국보다 제조업 기반 경제와 재생에너지 도입에 불리한 환경적 조건을 가지고 있을 뿐만 아니라 선진국과 비교하여 온실가스 배출량 정점 도달시기가 늦기 때문에, 탄소중립 기한도 상대적으로 촉박한 상황에 직면
- 최근에는 주요 선진국들이 탄소국경조정제도(Carbon Border Adjustment Mechansim)를 도입하고 카본클럽(Carbon Club) 등 글로벌 밸류체인 관점에서 탄소중립을 추진해 나가고 있어, 수출 비중이 높은 우리나라에 새로운 무역장벽으로 작용하여 국내 기업들의 수출 경쟁력에 타격이 될 것으로 예상
- 이러한 관점에서, 보다 효율적인 탄소중립 목표달성을 위해서는 보다 전략적인 접근이 필요함에 따라 대내적으로는 혁신기술에 대한 R&D 투자를 통해 배출량을 줄이고, 대외적으로는 탄소시장을 통해 '완화성과(Mitigation Outcome)'를 확보해야 할 것으로 판단
- 탄소시장의 활용은 '21년 11월 개최된 제26차 UN기후변화협약 당사국 총회에서 탄소시장과 관련된 파리협정 세부이행지침이 마련되며 더욱 활성화 될 것으로 기대
- 신기후체제에서는 기후위기 대응을 위한 각 주체(국가, 기업 등)들의 자발적 노력이 더욱 강조되고 있는바, 감축의무가 없는 주체의 자발적인 온실가스 감축사업 참여도 더욱 활성화될 것으로 기대되며 자발적 탄소시장 활용도 더욱 증가할 것으로 예상

- 이에 우리 정부와 기업은 온실가스 감축사업에 관해 협력이 가능한 국가와 사업분야를 선제적으로 발굴하여 사업설계 및 실행에 대비해야 할 필요
- 이는 궁극적으로 「기후변화대응 기술개발 촉진법」 (이하 기후기술촉진법) 제12조에서 제시하고 있는 기후변화대응 기술개발 및 개발된 기술의 이전 촉진, 기술지원체제와의 협력과도 연계하여 기후변화 대응과 관련된 민간부문의 해외진출 및 국제협력사업 지원(4항), 기후변화대응 기술 관련 국제협상(5항)에 있어 유리한 입장을 취하는 데 도움

○ 연구의 목표

- 본 연구는 국제 탄소시장 대응전략 마련을 위해 △국제 탄소시장을 둘러싼 국내·외 동향을 살펴보고, △탄소시장 대응관점에서 우리나라의 녹색·기후기술 경쟁력을 분석해보고자 하였으며, 이상의 결과를 바탕으로 △국제탄소시장 대응전략을 도출, △유망분야를 선정하여 구체적인 사업개발 방안을 제시하고자 하였음

□ 제2절 연구내용 및 추진방법

○ 연구의 내용

- 제1장에서는 본 연구의 배경과 구체적인 연구목표를 제시하였음
- 제2장에서는 국제 탄소시장을 둘러싼 국내·외 동향분석을 수행하여 △제1절에서는 글로벌 탄소중립 동향을 살펴보고, △제2절에서는 파리협정 탄소시장 동향을 살펴보았으며, △제3절에서는 국내 탄소중립 기반마련의 관점과 탄소시장 대응 관점에서의 국내에의 시사점을 도출하였음
- 제3장에서는 탄소시장 대응관점에서 우리나라의 녹색·기후기술 경쟁력을 살펴보고자 △주요국 녹색·기후기술 특허동향 분석하였고, 녹색·기후기술의 중요성, 시급성, 성장가능성을 분석하였으며, △개도국 녹색기후기술 특허 및 탄소시장 유망기술을 분석하여 △탄소시장 대응 유망 기후기술 분야를 선정하였음
- 제4장에서는 SWOT 분석방법을 통해 탄소시장 대응현황을 분석하고 전략을 도출하였음
- 제5장에서 탄소시장 대응 유망 기술분야를 농림, 에너지 분야로 선정하고 실제 국제감축사업 진출방안을 제안하였음
- 제6장에서는 연구결과를 종합하고 후속연구에 대한 제안을 도출하였음

II. 국제 탄소시장 국내·외 동향

□ 제1절 글로벌 탄소중립 동향

○ 주요국 탄소중립 정책추진 동향

- 파리협정 체제가 출범하며 선진국과 개발도상국을 가리지 않는 전 지구적 기후변화 대응 노력이 강조되는 분위기 속에서 선진국에서 개발도상국으로의 기후변화 관련 기술 및 재정 확산에 대한 논의 및 개발도상국의 경제적 손실에 대한 논의가 활성화되고 있음
- 선진국들은 탄소중립 법제화 및 관련기술 투자 활성화 등 적극적으로 탄소중립을 추진하고 있는 상황임
- 개발도상국들은 기후변화 대응에 있어 탄소 배출을 줄이면서도 경제 개발을 이어가야 한다는 명제를 내세워서 선진국들의 적극적인 지원을 도출해내고자 하고 있으며, 관련 내용을 NDC 상에서도 명확하게 밝히고 있음

○ 탄소국경조정제도 도입 등 무역환경 변화

- 기후변화와 탄소 배출에 대응하는 움직임이 점차 활발해지는 가운데, EU는 무역 부문에서 탄소국경조정제도(Carbon Border Adjustment Mechanism)을 도입하여 EU로 유입되는 수입품 생산과정의 실질적인 탄소 배출량 감축 촉진을 시도
- 탄소국경조정제도 적용 대상은 철강, 비료, 시멘트, 알루미늄, 전력, 유기 화학 제품, 수소, 암모니아, 플라스틱 등 총 9개 부문으로 확정되었으며, 해당 부문의 배출량은 제품 생산시 발생하는 직접 배출량 이외에도 간접배출량까지 함께 산정하며 2023년부터 3년간 시범 운영 후 2027년 1월부터 본격 시행 예정
- 일각에서는 본 제도의 국제무역 공정성 훼손 가능성을 주장하기도 하나, 전 지구적 기후변화 대응 노력 증진이라는 명제 하에서 지역 차원의 일관된 노력의 좋은 예시로 볼 수 있을 것으로 기대
- 수출중심의 개발도상국 경제를 고려하면 EU가 추진하는 CBAM은 각국 경제에 큰 부담으로 작용할 가능성이 크기 때문에 개발도상국은 해당 제도에 반발이 큰 상황
- 하지만 CBAM에 부정적인 분위기와는 별개로, 개발도상국 역시 선진국과 마찬가지로 탄소중립 경제·사회로의 전환을 위한 노력은 정부 차원에서 지속
- 경제적 측면에서 기후변화 대응 시나리오나 전략 등의 제반 사항들은 투자 결정을 내리는 데 중요한 요인 중 하나로 작용
- 각국 정부·금융 기관 포함 3,400개 이상의 기관이 지지를 천명한 기후변화 관련 재무 정보 공개 태스크포스(Task Force on Climate-related Financial Disclosures)의 경우 각 기업 연간 재무 공시자료에 각 기업 기후변화 관련 정보를 포함하고 시나리오별 리스크 대비책 마련을 적극 권장

- TCFD를 지지하는 금융기관의 총 자산 운용 규모는 194조 달러이며, 금융기관 이외에 전반적인 산업에 걸쳐 TCFD지지를 선언한 기업의 시가총액은 25조 달러의 규모에 달하는 것으로 보고
- 영국, EU, 일본, 뉴질랜드 등은 국가 차원에서 TCFD의 권장 사항을 기반으로 각 기업에 보고서 발표 등 한 발짝 더 나아간 실천 의지표명
- ESG 경영문화 확산 등 사회적 인식 변화
 - 전 지구적으로 소비자들의 ESG(Environmental, Social, Governance)에 대한 관심이 강화되었으며 ESG 실천 기업의 제품 구매 의사 향상을 넘어 해당 기업에 대한 피고용 의사까지 함께 높아지는 것으로 나타남
 - 이러한 소비자들의 변화에 따라 투자자들도 ESG를 포함한 투자에 점점 더 매력을 느끼고 있는 것으로 나타나, 향후 ESG 경영은 더욱 확산할 것으로 전망
- 녹색·기후기술 R&D 투자 확산
 - 선진국들은 탄소중립을 위한 정책을 수립하고 관련 제도 마련에 노력을 기울임과 동시에 관련 기술개발 적극 추진
 - 국제적으로 주요국의 관련 기술정책은 신재생에너지, 에너지 효율화, CCUS 분야를 포함하고 있으며 미국, 일본, 영국 등에서는 원자력을 탄소중립에 포함하여 추진
 - 주요국은 탄소중립 기술혁신에 도전적인 투자계획을 발표하고 있으며 정부 뿐만 아니라 민간의 참여를 독려
 - 최근 러시아-우크라이나 이후 에너지 안보 문제가 주목받고 있음에 따라, 유럽을 중심으로 화석연료에 의존하지 않고 녹색에너지로 전환하려는 계획을 발표
 - 결론적으로, 청정에너지 개발 가속화와 안정적인 에너지 공급을 위해 국가, 공적부문, 민간부문의 협력 필요성이 강조되었으며 핵에너지, 수소, 풍력발전 등 친환경 에너지 개발을 통한 에너지 안보 강화 및 기후변화 대응 필요성이 대두

□ 제2절 파리협정 탄소시장 관련 동향

- 파리협정 탄소시장 동향
 - COP26에서 체결된 「글래스고 기후합의」에서는 △지구 온도 상승폭 1.5도 이내 제한(2015년 파리협정 목표 유지), △국가 온실가스 감축목표(NDC) 재점검, △석탄 등 화석연료 감축(탄소저감장치 없는 석탄발전소 단계적 감축, 화석연료 보조금 단계적 중단), △메탄감축(2030년까지 메탄 등 감축 검토 요구, △생태계 보전(산림/해양 생태계 보호 및 복원 중요성 강조, △선진국의 기후변화 적응기금 증액(2025년까지 2019년 대비 2배 증액), △국제 탄소시장 지침 마련(탄소배출 감축분이 거래 국가 양쪽에 모두 반영되는 이중계상 방지) 등의 내용이 포함

- 뿐만 아니라 「글로벌 메탄서약(Global Methane Pledge)」 및 「산림 및 토지이용에 관한 글래스고 정상선언(Glasgow Leaders Declaration on Forests and Land Use)」, 「무공해차 전환선언(Declaration on accelerating the transition to 100% zero emissions cars and vans)」, 「석탄에서 청정에너지 전환을 위한 글로벌 선언문(Global Coal to Clean Power Transition Statement)」, 등이 발표되고, '탄소중립을 위한 글래스고 금융연합(Glasgow Financial Alliance for Net Zero, GFANZ)'가 출범하는 등 탈탄소화와 탄소중립을 가속화하기 위한 정부와 민간부문의 선언이 연이어 발표되었으며 이는 글로벌 탄소중립 및 감축노력 강화를 위한 전지구적인 노력이 강조된 결과임
- 동 당사국총회의 가장 큰 성과는 탄소시장과 관련된 파리협정 제6조에 관한 지침이 타결되었다는 점으로, 이는 기후목표 달성과 지구온난화의 안전 수준 유지에 있어 시장의 역할을 마침내 인정한 유의미한 진전임
- 파리협정 제6조에서는 시장 메커니즘으로 △6.2조 협력적 접근법(Cooperative Approach, 이하 CA)과 △6.4조 지속가능발전메커니즘(Sustainable Development Mechanism, 이하 SDM), △6.8조 비시장 메커니즘을 제시하고 있으며 ITMO의 상응조정, SDM 체제로의 전환에 따른 CDM 감축실적 사용, 감축실적에 대한 적응재원 공제 등이 결정됨
- 탄소시장 관련 지침의 타결은 그간 교토의정서 하 운영되어오던 교토메커니즘 시대를 끝내고 SDM 체제로 넘어가는 본격적인 신규 국제 탄소시장 시대가 도래했음을 의미하는 것으로, COP26에서 결정된 6조 세부이행지침에 따라 온실가스 감축실적을 NDC달성에 활용할 수 있게 되면서 다자·양자간 본격적인 협력사업 논의가 가능해짐
- 파리협정에 따라 개도국 역시 탄소중립에 동참하고 자국의 온실가스 감축과 적응 능력 향상을 위해 선진국의 적극적인 재정적·기술적 지원을 요구하고 있기 때문에 우리나라는 실행가능한 온실가스 감축사업 발굴 등 감축여력이 높은 개도국과의 협력전략을 마련하는 것이 필요함
- 이는 NDC 달성에 활용할 수 있을 뿐만 아니라 우리 기업의 ESG 목표 달성 및 우리 기술의 해외 진출 기회로 확대 가능함
- 또한 제6조가 자발적 시장을 직접적으로 규정하지는 않았지만, 6.2조와 6.8조 등 국가간 협력, 비시장 메커니즘 등이 강조된 바, 앞으로는 자발적 탄소시장을 활용한 감축활동도 더욱 활발해질 것으로 예상됨
- 자발적 탄소시장 활용 확대
 - 자발적 탄소시장(Voluntary Carbon Market, 이하 VCM)은 온실가스 감축의무가 없는 주체(기업, 기관, NGO, 개인 등)가 다양한 목적 달성(사회적 책임, 환경보호)을 위해 배출권을 구매/거래하는 시장임

- VCM은 운영/관리 등에 있어 소요비용이 상대적으로 낮을 뿐만 아니라, 유연한 체제로 인해 민간기업이나 정부가 규제시장을 벗어나 보다 다양한 형태로 감축사업을 추진할 수 있는 생태계를 제공한다는 장점이 있음
 - VCM에는 다양한 프로젝트 유형이 존재하며, 각 사업의 특성에 따라 거래가격도 상이하게 형성되고 있다는 특징이 있음
 - 산림 및 토지이용 사업(45.4%) 및 재생에너지(42.5%) 유형이 전체 발행량의 약 88%를 차지하고 있는 것으로 나타났으며, 산림 및 토지이용 사업이 가장 높은 거래가격을 형성하고 있는 것으로 보고됨
 - 소비자의 '친환경'에 대한 요구수준이 높아지며, 제조업을 넘어 금융/소비재 기업에서 산림사업 투자가 활성화된 것으로 예측됨
 - 이처럼 VCM이 온실가스 감축 및 탄소중립 달성을 위한 주요방안 중 하나로 인식되고 있음에 따라, 관련 시장 규모가 점차 확대되는 추세임
 - VCM 규모는 2022년 50%~80% 정도 성장하여 미화 15억~17억 달러에 이를 것으로 예측하였다. 또한 향후 10년간 수요가 5~10배 가량 크게 증가하며, 2040년까지는 8~20배, 2050년까지 10~30배 가량 증가할 것으로 예상됨
 - 이러한 확대 추세에 대응하여, 자발적 시장의 이해관계자들은 자발적 시장의 신뢰도 확보 등을 위해 자발적인 "자발적 탄소시장 확대 테스크포스(TSVCM)¹⁾"를 조직하여 관련 가이드선 마련에 힘쓰고 있음
 - 자발적 탄소시장 무결성 이니셔티브(VCSM) 등은 자발적 탄소시장에서 탄소상쇄 크레딧을 판매하는 기업의 주장을 검증할 지침 초안을 발표한 바, 장기적으로 TSVCM 또는 특정기구로부터 인정받은 자발적 시장의 크레딧이 더욱 많아질 것으로 예상됨
 - 이에 VCM을 대상으로 하는 사업개발 필요성이 증가함
- 파리협정 제6조에 대응한 시범사업 추진사례
- 일부 국제기구와 선진국들이 추진하고 있는 파리협정 6조 대응을 위한 시범사업 사례를 검토해 볼 필요가 있음
 - 스웨덴에너지청(SEA)의 가상 시범사업(Virtual Pilots) 사례는 제6조 하에서 감축사업의 다양하게 설계될 수 있는지를 보여주고 있는데, SEA는 2018년 제6조에 기반하여 컨셉노트 형태로 7개 국가에서 9개의 가상 파일럿을 개발하였음
 - 가상 시범사업은 향후 우리나라가 양자협력 사업을 개발하는 데 있어 고려해야 할 사항을 기술적, 재정적, 법적 관점에서 미리 제공했다는 점에 있어 의의가 있음

1) TSVCM: Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets, 국제금융협회(IIF)를 비롯한 금융계가 주축이 되어 설립되었으며, 상쇄제도의 무결성에 초점을 맞춘 가이드선을 마련 → 주요 시장 원칙을 내고 준수 여부를 감독하지만 탄소 크레딧의 수준을 규정하는 표준 기준이 없었음

○ 지속가능성 및 환경건전성 확보

- 감축사업 추진에 있어 지속가능성과 환경건전성에 대한 고려도 더욱 심도있게 고려되어야 할 필요성이 증가하고 있음
- COP25에서는 파리협정 제6조가 준수해야 하는 기준으로 '산호세 원칙(San Jose Principle) : 감축사업 추진에 있어 환경건전성을 준수하는 것을 기본원칙으로 제시하는 것으로서, 전세계 모두의 공통된 노력을 명시'에 합의한 바, 감축사업 추진에 있어 지속가능성과 환경건전성에 대한 고려도 더욱 심도있게 이루어져야 할 필요성이 증대됨
- 탄소시장 메커니즘은 전지구적 수준에서 비용효율적으로 온실가스 감축을 추진할 수 있는 수단이나, 과도하게 활용할 경우 총 배출량은 더 늘어날 수 있기 때문에 환경건전성을 제고할 수 있는 방안이 뒷받침되는 것이 필요함
- 국제수준에서 이를 모니터링할 수 있는 통일된 프레임워크를 구축하여 이중계상 등의 문제를 방지하는 것이 필요하며, 각 국가는 NDC 목표 상향을 통해 시장 메커니즘을 비용절감의 목적으로 활용하지 않는 것이 필요함
- 또한 환경건전성을 확보할 수 있는 프로젝트, 농림 등의 사업에 투자하는 등 감축사업 뿐만 아니라 적응분야 사업에도 적극적인 투자가 이뤄지는 것이 필요함

□ 제3절 국내에의 시사점

○ 탄소중립 목표달성을 위한 기반 마련 관점

- 우리나라는 2021년 9월 탄소중립을 법제화 하는 등 관련 정책을 적극적으로 추진해오고 있음. 윤석열 정부는 19개 국정과제가 탄소중립과 직·간접적으로 연관되어 있음
- 그러나 탄소중립을 향한 정부의 적극적인 정책추진에도 불구하고 목표달성을 위한 우리의 상황은 녹록치 않은 상황으로 우리나라는 제조업 기반 경제구조를 가지고 있고, 재생에너지 도입에 불리한 환경적 조건을 가지고 있어 탄소중립 기한도 상대적으로 촉박한 상황에 직면해 있음
- 특히 EU, 미국을 중심으로 탄소국경조정제도(CBAM)도입 등이 예고됨에 따라, 수출 주도의 경제구조인 한국에 미치는 영향은 클 것으로 예상됨
- 간접 탄소 배출량까지 계상하는 CBAM의 특성을 고려하면 고탄소 집약적 발전으로 인한 전력을 사용하여 CBAM 대상 품목을 생산 및 수출하는 국내 산업계는 상당한 경제적 타격이 불가피할 것으로 예상됨
- 글로벌 정세변화 속에, 한국은 녹색·기후기술 투자를 촉진하여 기술혁신을 통한 탄소중립을 이루고, 탄소시장을 적극 활용하여 감축량을 확보하는 전략이 필요함
- 특히 2050 탄소중립의 중간목표인 2030 NDC 상향안에서도 국내감축(24.1%→35.4%) 및 국외감축(2.2%→4.6%) 비중이 동시에 확대된 바, 대내적/대외적, 단기적/장기적

전략마련은 필수적임

- 실질적으로 기업은 정부에 탄소중립을 위한 기술개발에 적극적인 지원을 요청하고 있는 상황으로, 기 설문조사에 따르면 배출권거래제 대상기업들은 해외배출권 관련 정책설계시 고려사항으로 국내감축기술 혁신을 상위로 제시하고 있으며, 해외배출권 사업 추진 시 신재생에너지, 고효율에너지 제품 보급, CCUS 기술 기반의 탄소사업 추진 희망하는 것으로 나타나 장기적 관점에서 관련 기술투자를 통해 내부감축과 외부감축 모두 달성할 수 있도록 노력하는 것이 필요함
 - 또한 파리협정 탄소시장 관련 세부이행지침이 확정된 바, 탄소시장을 적극적으로 활용할 수 있는 정책 마련이 필요함
 - 특히 신기후체제에서는 기후위기 대응을 위한 각 주체(국가, 기업 등)들의 자발적 노력이 더욱 강조되고 있는바, 감축의무가 없는 주체의 자발적인 온실가스 감축사업 참여도 더욱 활성화될 것으로 기대되며 이에 자발적 탄소시장 활용도 더욱 증가할 것으로 예상됨
 - 정부와 기업은 온실가스 감축사업에 관해 협력이 가능한 국가와 사업분야를 선제적으로 발굴하여 사업설계 및 실행에 대비해야 할 필요가 있으며, 지속가능성과 환경건전성이 지속적으로 강조되고 있는 바, 관련 전략마련 시 이에 대한 충분한 고려도 필요함
- 탄소시장 대응 관점
- 교토 의정서 체제에서 파리협정 체제로 변환됨에 따라 선진국과 개발도상국 모두 온실가스 감축의무가 부여되었다는 점에서 감축목표 달성을 위한 성과 분배, 즉 상응조정 부분이 핵심 쟁점으로 부상함
 - 파리협정 제6.2조에 따른 양자 협력사업 에서는 국가 간 온실가스 감축실적 상응조정과 사업 관리감독 방법 등에 대한 양자 협정이 필수적으로 제시되고 있는데, 6.2조 사업은 사업절차, MRV(측정, 보고, 검증) 등을 양국 자율적 협의를 거쳐 결정하는 방식으로 G2G 양자 협정이 필요함
 - 이에 대응하여, 우리나라는 2030 국가 온실가스 감축목표 상 상향된 국외 감축분(3,350만CO₂eq, 전체 감축목표의 11.5%)을 제시하였으며, 정부 간 양자협정 등의 방식을 통해 국외감축 사업 협력국을 확대하는 계획(‘21.10, NDC 상향안)을 발표하였음
 - NDC 상향조정안 발표에 이어 2050 탄소중립녹색성장위원회는 국제감축사업을 추진하기 위한 근거 및 절차를 규정한 「탄소중립기본법(‘21.9월)」을 제정함
 - 탄소중립기본법 시행령이 제정 및 시행(‘22.3월)됨에 따라, 온실가스 국제감축사업의 국내 이행체계 구축을 위해 ‘국제감축심의회의’를 개최하였으며, 이어 부처합동으로 대외경제장관회의를 통해 「온실가스 국제감축사업 추진전략」을 의결(‘22.8월)함

2) 국제감축심의회의는 국제감축사업에 관한 사항을 심의·조정하기 위해 「탄소중립 기본법 시행령」에 따라 설치된 기구로 국조실, 기재부, 산업부, 환경부, 외교부, 국토부, 농식품부, 해수부, 산림청 등 9개 부처 국장급이 위원으로 참여한다.

- 추진전략의 주요 정책과제로는 3가지가 제시되었으며, 이에는 국내·외 추진기반 구축 및 여건을 조성하고 기반 정비를 통한 사업 활성화를 유도하는 내용을 포함함
- 국제감축사업은 탄소중립기본법 제35조에 따라 투자, 구매, 기술이전 방식으로 추진되어야 하는데, 감축 사업의 핵심 목표 및 성과가 해외 감축 실적의 국내 이전이 되므로 G2G 양자협정에 기반한 협상 세부내용 및 이에 근거한 전략 마련이 매우 중요함
- 국제 탄소시장 대응을 위해서는 규제시장과 자발적시장을 동시에 고려하면서 전략을 달리하는 두트랙 전략이 필요함
 - 사업분야에 있어, 기존연구 CDM 성공사례 분석결과, 농림업 분야가 등록성공률 및 단위 사업당 발생 가능한 CERs이 다른 기술사업 분야에 비해 높게 나타나, 향후 발전가능성이 높을 것으로 판단되며, 우리가 관련 기술특허를 많이 보유하고 있는 에너지와 수송/교통분야 등 감축량 확보가 큰 사업을 중심으로 기존에 사업이 많이 진행되지 않은 LDC 국가에서 감축사업을 진행하는 것이 필요함
 - 사업추진 방법에 있어, 기존연구에서 방법론 부재 및 적합한 방법론 미적용 이슈가 제기됨에 따라 방법론을 고도화 하는 것이 필요하며, 이는 우리의 ICT 기술과 적극 연계하여 추진이 가능할 것으로 판단되며, 이는 파리협정에서 중요하게 다뤄지고 있는 국가간 상응조정의 문제해결에도 도움이 될 것으로 판단됨
 - 뿐만 아니라 ICT 기술의 연계는 현재 급속히 진행되고 있는 탄소배출권의 블록체인기술과도 연계되어 관련 기술시장을 선점할 수 있는 기회가 될 수 있음
 - 탄소시장 유형에 따른 대응에 있어, 협력적 접근법을 통한 사업의 확대가 기대됨에 따라 자발적 탄소시장을 통한 감축도 더욱 활성화 될것으로 예상되므로 다양한 사업모델을 발굴하는 것이 필요하며 특히 개도국의 기술수요는 감축 뿐만 아니라 기반을 조성하는 적응사업에도 높은 수요를 가짐에 따라 적응사업과 감축사업을 연계하여 융복합 사업 모델로 나아가야 함
 - 이에 글로벌 요구사항에 맞춘 국내 자발적 시장(K-VCM)을 위해서는 재정 기반 확충과 제도에 대한 홍보 확대, 환경적 무결성 확보, 전문가 양성이 중요하며, 초기 운영 자금 확보를 위해서는 공공기관의 드라이브도 필요하나, 개별 부처 범위를 넘어선 통합적 접근이 필수적
- 이러한 관점에서 스웨덴의 가상 시범사업 모델을 도입한다면 실질적인 사업이전에 법/제도적, 기술적 문제점 들을 미리 파악해 볼 수 있는 좋은 기회가 될 수 있을 것이라 판단됨
 - 이 과정에서 감축사업에 관심이 있는 관련 기술을 보유한 기업들의 포트폴리오를 수집하고 적합한 방법론을 컨설팅하여 사업 실현가능성을 높일 수 있을 것임

- 단 현재 SDM 체제로 전환과정에 있기 때문에 제도 변화를 면밀히 검토하며 사업준비를 철저히 하는 편이 바람직함
- 또한 증가하는 탄소감축사업 수요에 대응할 수 있는 관련 인력양성 필요할 것으로 보이며, 기초교육을 전담할 수 있는 기관을 설립하거나 교육과정을 만들어 제공하는 것이 필요할 것으로 판단

Ⅲ. 우리나라의 국제 탄소시장 대응 녹색·기후기술 현황분석

□ 제1절 분석개요

○ 녹색·기후기술 현황분석의 필요성

- 전세계 탄소중립 움직임에 따라 우리나라도 탄소중립을 법제화하는 등 적극적으로 대응해 나가고 있으나, 실질적인 감축 주체인 기업의 부담도 증가하는 상황으로 이를 고려한 전략마련이 시급함
- 국제 탄소시장에 대응하기 위하여 광의적 접근에서 우리나라의 녹색·기후기술에 대한 경쟁력 갖추는 것이 필요함에 따라, 현재 수준을 진단하는 것이 필요
- 따라서 본 연구에서는 우리나라의 녹색·기후기술 특허분석을 통해 기술경쟁력을 파악해보고, 개도국 기술수요를 파악하기 위해 기 추진된 기술사업(CDM)의 기술을 분석함
- 국제 탄소시장에서 우리나라의 녹색·기후기술의 경쟁력을 살펴보기 위하여 녹색기후기술 특허의 네트워크 중심성에 대한 시계열별 트렌드를 선진국 및 개도국과 비교분석을 실시함
- 더불어 전문가 설문조사를 통해 녹색·기후기술별 중요성, 시급성, 성장가능성을 평가하여 우리나라의 단·중·장기적 측면에서 기술경쟁력을 분석함

○ 분석대상 및 범위

- 본 연구의 분석에서 녹색·기후기술의 범위는 기술분류체계에서 국제특허분류 IPC(International Patent Classification)*에서 기후변화와 관련한 Y섹션 기술 10개군으로 설정
 - IPC는 녹색·기후기술의 현황분석 시 협력적 특허분류 CPC(Cooperative Patent Classification)의 효과적인 매개체로서 국가의 녹색·기후 기술 혁신의 경쟁력 수준을 측정하는 중요한 지표로 기능함
 - CPC는 미국특허청과 유럽특허청이 함께 유럽의 특허분류체계(The European Classification, ECLA)와 미국의 특허분류체계(US Patent Classification, USPC)를 바탕으로 2013년도에 확립된 기술코드로 기후기술에 대한 기술(Y02 섹션)과 스마트 그리드 기술(Y04 기술) 등이 Y 섹터 기술군에 포함
- 본 연구에서는 녹색·기후기술의 범위를 KIPRIS에서 각 국가별로 CPC-Y 기준 출원된 특허가 “Y02B, Y02C, Y02E, Y02P, Y02T, Y02W, Y04S” 중 최소한 한개 이상의 IPC를 보유한 기술로 정의함

○ 분석방법

- 네트워크 분석 : 보유한 녹색기후기술의 영향력 파악에 활용

- 네트워크는 관계구조는 노드(node)와 링크(link)의 조합을 통해 표현됨. 여러 노드와 링크의 조합을 통해 네트워크의 관계구조도 다양해짐. 점으로 표시되는 각 노드를 선으로 연결하는 링크를 얼마나 보유하는지에 따라 영향력을 다르게 갖기 때문에, 이 영향력을 수치로 계산하여 지표화하고 있음. 네트워크 지표는 전체 네트워크의 구조를 보여주는 거시 네트워크(macro network))와 함께 네트워크 내에서 노드와 링크의 구조를 보여주는 미시 네트워크(micro network)로 나뉘며 이 중 중심성(centrality)은 미시 네트워크에서 가장 많이 활용되는 지표로서 근접 중심성(closeness centrality), 연결정도 중심성(degree centrality), 매개 중심성(betweenness centrality)의 3가지 중심성 지표를 주로 활용함

□ 제2절 주요 녹색기후기술 현황 분석

- 선진국은 친환경 혁신을 이끄는 국가 랭킹 상위에 포진하여 글로벌 탄소중립을 주도
 - OECD Statistics에 따르면, G7 국가(캐나다, 프랑스, 독일, 이탈리아, 일본, 영국, 미국)의 환경 관련 특허 수는 전 세계 환경 관련 특허 수의 과반을 차지함
 - 2019년 기준 G7 국가의 환경 관련 특허 수는 전체 환경 관련 특허의 약 54.70%
- 미국의 기후변화 대응 관련 특허 개발 수는 조금씩 감소하는 추세에 있지만, 미국은 전 세계 국가 중 가장 많은 특허를 개발하는 국가 중 하나임
 - 미국 예산을 통해 살펴본 결과, 친환경 기술 개발에 대한 미국의 관심은 높아질 것으로 예상되며, 기후변화 대응을 위한 전체 연구개발 예산안은 2021년보다 167억 달러 증가한 449억 달러에 달하는 것으로 나타나 향후 탄소중립에 있어서 기술시장 선점을 이룰 것으로 전망됨
- 영국의 Y code 특허 개발은 수송과 스마트그리드를 제외한 부문에서 조금씩 감소하는 추세
 - 영국 기업에너지산업전략부의 2021-2022 R&D 예산 배정 중 기후변화에 대응하기 위한 Net zero programmes이 R&D 예산 배정 중 2번째로 많고, 차량혁신이나 핵폐기물 처리를 위한 프로그램 및 기관에도 많은 투자가 이루어지며 환경보호를 위한 기술혁신에 박차를 가할 것으로 예상됨
- 스웨덴의 Y code 특허 개발은 제품의 생산과 공정과 수처리 및 폐기물 관리를 제외한 부문에서 조금씩 감소하는 추세임
 - 환경이나 교통, 에너지 등 기후변화 대응과 관련된 부문에 투입된 예산도 상대적으로 높은 수준
- 일본의 Y code 특허는 온실가스 포집 및 저장을 제외하곤 전체적으로 감소하고 있는 상황이고 전력 생산 및 송배전의 특허에 집중적인 발원이 이루어지고 있음
 - 일본은 이미 세계 최초로 액화 수소 운반선을 건조하는 등 수소 관련 기술에 강점을 가지고 있으며 일본 정부는 기술 발전을 통해 수소 시장을 선두할 계획임

- 프랑스는 수송과 수처리 및 폐기물 관리를 제외하고 전체적으로 Y code 특허가 감소하고 있어 친환경 특허 수에서는 순위가 낮으나 원자력 기술에서 전문성을 지님
 - 2019년 기준 프랑스는 등록된 친환경 특허의 수에서는 3% 수준으로 7위에 그쳤으나, 등록된 기술 분야 특허 중 원자력 특허의 비율이 다른 국가보다 높음
- 독일은 수송, 제품의 생산과 공정, 전력 생산 및 송배전을 제외하고는 친환경 특허가 감소하는 추세이며, 특허가 전력 생산 및 송배전과 수송에 집중되어 있음
 - 독일은 전체적인 친환경 특허 면에서 높은 순위를 기록하고 있으나 친환경 자동차 관련 특허에서 강세를 보이고 있음
 - 독일은 등록된 친환경 특허 수에서 7.7%로 전세계 5위이며, 2021년 등록된 배터리, 연료전지, 전기자동차 관련 특허의 수 측면에서 독일이 각각 23.3%, 49.7%, 그리고 50.7% 수준으로 전세계 1위를 차지함
 - 독일은 에너지 안보를 위해 화석연료발전 비율을 줄이고 탈원전을 진행하고 친환경 에너지발전의 비중을 확대함
- 베트남의 Y code특허 분석 결과 베트남은 Y code 특허 기술 개발이 많이 되지 않음
 - 전력 생산 및 송배전에 관련된 특허인 Y02E의 경우에는 상황이 비교적 낮지만, 온실가스 포집 및 저장이나 스마트 그리드와 같은 분야의 실적은 특히 저조
- 미얀마의 Y code 특허 개발 현황도 저조함(OECD Statistics, 2022c)
 - 지난 10년간 Y code 특허 개발이 거의 이루어지지 않았으며, 기후변화 적응, 온실가스 포집 및 저장, 수송, 폐수처리 및 폐기물 관리, 스마트그리드 분야에서는 특허가 전혀 개발되지 않았음
- 칠레의 Y code특허 분석 결과는 다음과 같음(OECD Statistics, 2022c)
 - 기후변화와 관련된 특허인 Y02A의 경우에는 상대적으로 많이 개발된 상태이며 Y02E, Y02P도 이전 해에 비해 2019년 특허의 개발이 증가하는 추세이나, 3개 분야를 제외한 특허 개발은 여전히 저조한 상태를 유지
- 한국은 전 세계적으로 저탄소 에너지 관련 기술 특허를 상당히 많이 보유한 국가 중 하나로, 전 세계 특허출원의 약 85%를 보유한 세계 5대 특허청(IP5, 한국, 미국, 유럽, 중국, 일본) 중 한국은 2001년부터 2020년까지 누적 저탄소 에너지 기술 특허 출원 약 21만 건을 기록하며 4번째로 많은 수의 친환경 특허를 보유함
 - Y code 특허분석 결과 전력생산 및 송배전에 가장 많은 특허를 보유한 것으로 도출
 - 그럼에도 불구하고, 한국의 에너지전환지수(energy transition index, ETI)는 상당히 낮은 수준으로, 2021 ETI 기준 한국은 115개국 중 49위를 차지했고, 31개 선진국 중에는 29위를 차지
 - 한국의 친환경 관련 특허 개발 특징은 국제적 협력 비율이 높지 않은 것으로, 2021 ETI 상위 5개 국가(스웨덴, 노르웨이, 덴마크, 스위스, 오스트리아)에 비해, 한국의 환경관련 특허 공동개발 비율은 상대적으로 낮음

- Y02A - 기후변화 적응 관련 기술 : 주요 개발도상국 및 선진국의 특허 네트워크를 분석한 결과에 따르면 “연결정도중심성”을 기준 한국의 안정적 성장단계(2019-2021)에 처음 등장하여 상위 10위를 기록한바 한국은 Y02A 특허 네트워크 내 영향력이 최근 들어 강해지는 경향임
 - 전문가 집단은 Y02A의 중요성을 성장 가능성과 시급성에 비해 더욱 높게 인식
- Y02B - 건물에 관련된 기술 : 연결 정도 중심성을 기준으로 Y02B는 한국 특허 네트워크 초기 개발단계에서 9번째로 강한 영향력을 보유했지만, 이내 10위권 밖으로 밀려난 것으로 나타나 현재 한국에서 친환경 건축 및 건물 관리 기술이 과거에 비해 주목받지 못하고 있음을 추정할 수 있음
 - 전문가 집단은 Y02B의 높은 성장 가능성을 점치고 있음
- Y02C - 온실가스의 포집, 저장, 격리, 폐기에 대한 기술 : 선진국 및 개발도상국 네트워크 분석 상의 “연결정도중심성” 기준 순위를 매겼을 때, Y02C가 나타나지는 않았으나, 근래 다수의 국가에서 Y02C 해당 CCUS 기술에 주목함
 - 전문가 집단은 해당기술의 중요성을 성장 가능성 및 시급성에 비해 더 높게 인식
- Y02D - 정보통신 기술에서의 기후변화 완화 기술, 에너지 감소를 목적으로 하는 정보통신 기술 : 선진국, 개발도상국을 막론하고 Y02D는 친환경 특허 네트워크 분석 결과에서 상위권에 들지 못했는데, 이는 ICT 에너지 산업 부문의 에너지 효율이 최근에 들어서야 강조되고 있기 때문으로 판단됨
 - 전문가 집단은 Y02D 해당 기술의 중요성 및 시급성 대비 성장가능성을 더 높게 인식하고 있음
- Y02E - 온실가스(GHG)방출의 감축, 에너지생산, 전송 또는 분배에 관한 기술 : 연결 정도 중심성에서 Y02E는 한국의 초기 개발단계(2010-2013), 급속 성장단계(2014-2018), 안정적 성장단계(2019-2021) 등 모든 단계에서 1위를 기록할만큼 국내 관련 특허 영향력이 매우 강하게 나타남
 - 중요성-시급성-성장 가능성 순으로 높은 점수
- Y02P - 상품의 생산 또는 공정의 기후변화 영향 완화 기술 : Y02P 연결 정도 중심성에서 대한민국은 초기 개발단계 중 10위권으로 처음 등장하여 이후 급속·안정적 성장단계 등 줄곧 10위권에 들어 높은 영향력이 지금까지 이어져오고 있음
 - 중요성 인식 수준이 타 항목 대비 높은 것은 기업들이 맞닥뜨린 생산 공정 상의 탄소 배출량 감축 문제가 주요한 것으로 보임
- Y02T - 교통과 관련한 기후변화 경감 기술 : Y02T 해당 특허 기술은 기술 발전 단계 전반에서 한국을 비롯하여 전 지구적 특허 네트워크 내 영향력이 높은 것으로 판단됨
 - 해당 부문의 중요성, 성장 가능성, 시급성을 모두 높게 인식하고 있으며 특히 중요성 및 성장 가능성을 인식하는 비율이 높은 것으로 판단
- Y02W - 폐수처리 및 폐기물 관리와 관련된 기후 변화 경감 기술 : Y02W가 선진국보다는 개발도상국에서, 기술 발전 초기부터 급속 성장 단계에서 특허 영향력 가짐

- Y02W 해당 기술의 전문가 인식 수준을 조사한 결과, 중요성을 시급성과 성장 가능성보다 높게 판단
- Y04S - 전기 발전, 송전, 분배, 관리 또는 이용을 향상시키기 위하여 정보 기술과 관련된 기술을 통합하는 시스템 : Y04S에 관하여 선진국 및 개발도상국 특허 네트워크를 들여다보면, 미국의 경우 연결 정도 중심성이 급속 성장 단계 및 안정적 성장단계에서 상위 10위권에 든 것으로 나타났으며, 베트남은 안정적 성장단계에 이르러서야 상위 10위권 내에 위치함
- 특허 기술 분류의 경우에는 전문가 집단에서 성장 가능성, 중요성, 시급성 순으로 인식하고 있으나 그 차이는 크지 않은 것으로 나타남

□ 제3절 개도국 녹색기후기술 특허 및 탄소시장 유망기술 분석

- 개도국 녹색기후기술 특허분석
 - 각국에서 기술 수요 내 출원되고 있는 녹색 기술 관련 특허의 개수를 살펴본 결과, 유일하게 베트남에서 녹색 기술 관련 특허가 출원되고 있는 것으로 나타남
 - 우리나라는 12년에 걸쳐 Y02E, H01M, Y02P를 중심으로 다양한 녹색 기술들을 발전시켜 왔으며, 베트남 역시 Y02E, Y02P 등의 영역에서 자국 특허 출원이 이루어지고 있는 것을 볼 수 있음
 - 그러나, 대한민국의 녹색 기술 특허 출원 수는 베트남의 약 16배에 이르기 때문에, 한-베트남간 기술 이전 형태의 양자 협력이 충분히 가능할 것으로 보임
 - 특히, 베트남은 Y코드 기준으로 특허 출원 빈도가 높은 녹색 기술 부문에 있어 한국과의 유사성을 보여 한국의 녹색 기술 특허에 관심을 보일 가능성이 높아 이를 바탕으로, 한국의 경험 및 기술적 비교우위를 살려 양국 간의 기술 협력 정도를 심화할 수 있는 가능성이 충분하다고 할 수 있음
- 개도국 CDM 사업 주요 기술 분석
 - 주요 개도국의 CDM 사업 등록 경향을 살펴보면 다음과 같음
 - 칠레의 CDM 사업 건수는 2010년부터 점차 증가하여 2012년 42건에 이르렀으나, 2013년부터는 하락하여 2021년에 1건에 그침
 - 몽골, 미얀마는 2010년부터 2021년까지 CDM 사업 수에 유의미한 변화가 없었으며 2021년 기준 진행 중인 CDM 사업이 없는 것으로 확인
 - 스리랑카 역시 2013년에 CDM 사업 6건을 이뤄내며 약간의 성장세를 보였지만을 진행하였으나 2021년에는 1건의 사업을 유지하는데 그침
 - 베트남은 2010년 27건의 사업을 유치하여 타국에 대비해 많은 사업을 이행하여 2년 뒤 CDM 사업 수를 138건까지 늘렸으나 2013년 이후 급격하게 감소하여 2021년에는 한 건의 사업도 진행하고 있지 못한 것으로 나타남
 - 이는 교토체제 기한 만료 및 파리협정 체제 시작 등 제도적 불안정성이 영향을 미친 것으로 판단

- 개발도상국의 CDM 사업 적용 기술 분석은 투자 결정 시 해당 기술의 경제성을 드러내며, 해당 개발도상국의 기술적인 수요를 가늠해볼 수 있음
 - 미얀마는 수력 발전과 메탄 회수(MR) 관련 사업의 수요가 있는 것으로 추정. 2013년 수력 발전 부문 사업 1건이 발견되었으나, 7년이 지난 2020년에는 수력 발전 관련 사업은 진행되지 않는 대신 메탄 회수 관련 사업이 2건으로 기록되어 최근 미얀마에서는 메탄 회수 기술에 관심을 두고 있는 것으로 볼 수 있음
 - 몽골의 경우 2007년 당시에는 수력 발전 부문의 기술 수요가 있었던 것으로 보이나, 이후에는 관련 사업이 이루어지지 않았음을 볼 때 추가적인 수요 제기가 이뤄지지 않는 것으로 짐작할 수 있으며 그 외 2012 풍력 발전 관련 사업이 1건 나타남. 몽골은 전반적으로 기술 이전 수요가 적고, 자료의 최신화가 역시 이루어지지 않았음을 미루어 타 개발도상국에 비해 CDM 관련 기술 수요가 활발하게 제기되지 않는 것으로 보임
 - 페루의 기술수요는 전반적으로 수력 발전 부문에서 가장 많이 나타나는데, 수력발전의 경우 2012년에는 19건의 사업을 진행하고 있었으나, 2015년 1건으로 규모가 축소됨. 특히 2015년의 경우에는 수력 발전 이외의 기술 부문에 대한 사업이 전혀 발견되지 않고 있음. 몽골과 마찬가지로 페루도 최신 자료가 부재한 것으로 볼 때, 기술 수요가 아직 저조한 것으로 판단됨.
 - 스리랑카 역시 수력 발전 부문에서 사업 건수가 많이 발견되고 있음. 2012년 수력 발전 부문 2건의 사업을 시작으로 1년 후에는 5건까지 이끌어냈으나, 2021년 기준으로 수력 발전 부문에는 기술 이전 수요가 부재한 것으로 나타남. 반면, 메탄 제거 부문은 2005년부터 2018년까지 이뤄진 사업이 없었으나, 2021년에 한 건의 사업의 추가되었으며, 앞으로의 추이를 지켜볼 필요가 있을 것으로 보임.
 - 베트남 또한 2006년부터 2019년까지 수력 발전 부문 기술 이전 수요가 가장 많은 것으로 보임. 2006년에 1건의 사업을 시작으로 2012년에는 무려 110건의 사업을 유치하였음. 그러나, 2019년 해당 부문의 사업 수가 갑자기 부재하는 것으로 나타남. 또한 바이오가스 및 바이오매스 부문 관련 기술 수요도 상당했던 것으로 보이나 그 추세가 지속되지는 못하였으며 2019년 기준 해당 부문 사업 역시 부재하였음. 이와 반대로, 태양광 발전은 2006년부터 2015년까지 줄곧 수요가 부재하던 것이 2019년에 이르러 3건의 사업을 진행하게 되었음. 그럼에도 불구하고 종합적으로 베트남은 14년간 258건의 CDM 사업을 진행하여 개발도상국 중에서는 기술 이전 수요가 활발한 국가 중 하나인 것으로 볼 수 있음.
- 자발적 탄소시장의 주요 기술 분석
 - 현재 자발적 시장의 활용은 넷제로 목표 달성 및 ESG 경영 활용, 규제시장과 연계된 탄소 감축 목표량 달성을 구분할 수 있으며 각각의 활용 목적을 달성하기 위한

병목과 이와 관련한 주요 쟁점은 크게 자발적 탄소시장 탄소크레딧에 대한 신뢰성 문제, 규제시장과의 연계로 구분

- 규제시장에서 자발적 시장의 크레딧을 허용하고 있는 국가(호주, 네덜란드, 중국(지역거래소), 미국(지역 거래소) 등)들이 늘어나고 있고 우리나라도 관련 논의가 활발
- 국제사회에서는 자발적시장의 신뢰성 문제를 해결하기 위한 지침을 개발하고 있어 장기적으로 규제시장과 연계될 전망
- VERRA는 총 82개국에서 1,770개 이상의 프로젝트가 진행 중이며 VCU 3억개(약 8.3억 tCO₂)를 발행
 - 두드러진 특징으로 크레딧 발행 실적에서 농업, 임업 및 기타 토지 이용(Agriculture, Forestry and other Land Use, AFOLU) 부문에서 non-AFOLU 분야를 제치면서 교토체제의 규제시장에서 소외되었던 산림, 농업, 해양, 메탄 등 NbS 분야의 성장이 두드러지고 있음
 - 이는 교토체제 규제시장에서 경제성 부족 및 사업 추진의 어려움으로 투자 리스크가 높아 사업이 저조하였으나 최근 환경건전성에 대한 높은 요구와 그간의 NbS 분야의 탄소사업 경험의 축적, 대규모 사업의 추진에 따라 이 분야의 탄소배출권 발행이 점차 높아진 것으로 추정
- VCS 사업 타당성 핵심기준
 - 지속가능성 기준 : VCS는 각 사업이 자연 환경이나 지역 사회에 부정적 영향을 미치지 않도록 하는 안전장치(safeguards)에 대한 규칙을 마련
 - 환경건전성 (추가성) 기준 : VCU 품질 보증의 원칙 중 하나인 추가성 확보를 위해 적격한 프로그램의 범위를 주기적으로 결정하여 VCS에 등록 가능한 프로그램의 범위를 관리하며 2019년 업데이트된 기준에서는 제외된 프로젝트 활동들을 구체적으로 명시
 - 환경건전성 (영구성) 기준 :VCS는 감축의 비영구성(non-permanence)에 대응하기 위한 방안 중 하나로 버퍼폴 메커니즘(buffer pool mechanism)이라는 장치를 도입하였으며, 이는 발행되는 배출권의 퍼센티지를 설정하여 거래가 될 수 없도록 별도의 계정(account)에서 관리하는 것으로, 리스크가 현실화되어 손실이 발생할 경우를 대비하여 버퍼 풀 계정에 크레딧을 예치하는 개념

□ 제4절 소결

- 유망 녹색·기후기술 분야
 - 전문가 조사에서 중·단기 및 장기적 측면에서 중요한 것으로 나타난 Y02E(온실가스 감축, 에너지생산, 전송 또는 분배) 특허는 모든 시계열 단계에서 가장 높은 네트워크 중심성을 보이며 핵심기술로서 영향력을 보이고 있음

- 이 기술군은 CDM 및 자발적 탄소시장에서 가장 많은 사업등록 및 투자가 이루어지고 있는 태양광 및 풍력 등 신재생에너지와 ESS 등의 기술이 포함되며 이 분야에 포함되는 전력저장, 태양광, 신재생 에너지, 원자력 발전, 풍력 부분의 특허 수는 우리나라 녹색·기후기술 내에서 상위에 위치해 있음
- Y02C CCUS 기술은 Y02E와 함께 중·단기 및 장기적 측면에서 유망한 분야로 선정됨. CCUS 기술은 2050년을 목표로 전세계 탄소중립 달성에 약 18%를 차지할 것으로 예상되는 핵심기술이나 본 연구에서 녹색·기후기술 특허 네트워크를 분석을 시행한 8개국 모두에서 네트워크 중심성을 보이지 않음
 - 아직은 이 분야의 기술이 초기 개발 단계에 있어 네트워크 중심에서 두드러진 기술 영향력을 보이지 않고 있지만 독일과 미국 등 이 기술에 대한 전략을 수립하는 등 주요 국가들에서 정책적 관심이 높음
 - 우리나라 과학기술정보통신부에서는 2021년 「이산화탄소 포집·활용 기술혁신 로드맵」을 수립하고 CCUS 제도기반 구축을 위한 TF를 추진하는 등 CCUS 기술개발 지원에 대한 정책 기반을 마련하고 있음
 - 탄소포집시설은 전세계 35개소가 운영되고 있으며 탄소시장에서는 자발적 탄소프로그램인 VCS 운영기구인 Verra에서 CCS+ 이니셔티브 및 CCUS 기술을 적용한 방법론을 개발 중으로 탄소시장에서 사업화가 가능해진다면 이 기술을 적용하여 대규모의 탄소배출권 확보가 가능할 것으로 전망됨
- Y02C, Y02E의 뒤를 잇는 유망기술은 Y02T(교통 관련 기술), Y02W(폐기물 및 폐수처리 관리 기술)로 나타남
 - Y02T는 연결 정도 중심성 기준으로, 급격한 성장단계부터 현재까지 한국에서 가장 영향력 있는 특허로 주목받고 있음. 기후변화 대응을 위해 전기차와 수소차 등 친환경 차량에 대한 관심이 높아지고 있기 때문에 성장가능성과 시급성이 높게 평가된 것으로 추정됨
 - 폐수처리 또는 폐기물 관리 기술(Y02W)은 한국 특허네트워크 분석결과, 빈도수 기준으로 9번째로 높은 순위를 차지할 만큼 국내에서 많은 개발이 이루어졌음. 폐기물을 처리하는 방법에 따라 순환경제를 구축할 수 있고, 온실가스 배출의 상당부분을 차지하는 에너지와 산업공정 분야의 온실가스 배출량 감소에 기여할 수 있어 Y02W의 중요성과 시급성이 높은 평가를 받은 것으로 추정됨
- 단기적 관점보다 장기적 측면에서 Y04S(전기발전, 전송, 분배, 관리 및 스마트그리드) 기술이 중요성이 높은 것으로 나타남. 스마트그리드는 에너지 효율성 향상과 기후변화 대응 효과를 높일 수 있을 것으로 기대되는데, 현재로서는 보안문제와 제도 및 기반부족으로 인해 서비스를 확대하는데 한계가 있음. 스마트그리드가 완전한 상용화 단계에는 미치지 못했기 때문에 특허 네트워크 내 영향력은 낮지만,

기후변화 대응에 대한 긍정적인 효과가 기대되므로 중요성과 성장가능성 측면에서 높게 평가된 것으로 추정됨

○ 국제 탄소시장 유망기술 분야

- 전문가 분석을 통해 규제 및 자발적 탄소시장에서 유망한 기술을 조사한 결과는 특허에 대한 중요성을 평가한 결과와 유사하게 Y02E 및 Y02C 기술군이 규제시장에서 유망한 기술로 나타남
- 반면 자발적 시장에서 유망한 사업으로 기후적응 분야의 기술을 중요하게 평가함

○ 한계점

- 기술경쟁력은 네트워크 분석에 따른 순위로서만 평가될 수 없다는 한계가 있기 때문에, 향후 연구에서는 기술들을 보다 세부 분석하여 어떻게 기술 실현시기를 앞당길지, 기술이 실현될 경우 향후 제도나 시장 관점에서 보완해야될 점이 없는지를 함께 고민해볼 필요가 있음
- 특허간의 네트워크를 보는 인용-피인용 네트워크 분석으로 발전시킨다면, 국가 간 특허관계를 파악할 수 있기 때문에 향후 국제 녹색특허 협력정책 수립에도 도움이 될 것으로 기대됨
- 개도국의 경우, 수준에 따라 녹색기술 수준이 다소 상이할 것으로 예상되기 때문에, 특허의 단순한 정략적 수준 비교는 개도국의 녹색기술 수준을 파악하는데 한계가 있을 것으로 예상되기 때문에, 이를 극복하기 위해서는 다른 데이터를 활용하거나, 접근법을 고려하는 것이 필요함
- 탄소중립 관련 기술은 2030 NDC, 2050 탄소중립 시나리오 등 기술개발의 유효시점이 정해져 있다는 점을 고려할 때, 정책-기술-시장 간 연계성이 잘 맞도록 정책과 시장을 설계할 필요가 있음
- 중요성/시급성/성장가능성 분석을 위해 IPA 분석방법을 도입하였으나, 추후에는 RIPA(Revised IPA)분석을 도입하여 분석하여 정확도를 높일 필요가 있음

IV. 국제 탄소시장 대응전략

□ 제1절 분석개요 : SWOT 분석

- 파리협정 세부이행지침 제6조의 세부 규정 및 이행지침이 구체화되는 시점에 대비, 국외 온실가스 감축사업 추진위한 대내외 환경 파악 및 거시적인 수준에서의 준비도를 검토
 - 온실가스 감축사업 추진을 위한 성패에 중요한 영향을 미치는 기술 역량 및 제도 준비도 등을 기준으로 우리나라 내부 환경에 대한 강점(Strengths)과 약점(Weaknesses), 외부의 기회(Opportunities)와 위협(Threats)요인 검토
 - 검토 결과를 바탕으로 향후 지원 방향을 위한 제언 측면에서의 시사점을 도출

□ 제2절 분석결과 : SWOT 분석

- 강점요인: (기술적 역량) 에너지분야 기술 역량 및 사업 추진력
 - 국내·외적으로 CO2 감축 잠재력이 가장 큰 기술은 태양광 기술이며, 우리나라가 보유한 기술도 세계적 수준으로, 6대 에너지 발전기술 중에 국내 태양광 발전 기술이 가장 앞선 것으로 평가됨
 - 우수한 기술력을 보유하고 있음에도 대외적인 여건상 글로벌 시장에서의 입지 확대는 어려움에 직면하고 있음
 - 초격차를 다투는 경쟁속에서 정부의 기술 혁신을 위한 R&D 지원 확대정책은, 기술 경쟁력 강화 측면에서 강점 요인으로 작용
 - 정부는 온실가스 감축 사업을 추진하기 위한 정책지원 방향을 구체화하는 작업을 진행 중이며, 양자협력국가와의 협정은 상위에 존재하는 외교 및 행정 체계를 통해 사업토대를 형성해 준다는 점에서 강점요인
- 약점요인: (양자협력 체결 확대에 따른 국내 사업 활성화 유도 지원책 미흡)
 - 일본, 스위스 등의 해외사업 추진 경험을 많이 보유한 선진국 대비 해외사업 추진경험 및 역량 부족
 - 양자협력을 통한 감축사업 추진은 신뢰성 있는 협력 채널을 활용할 수 있다는 점에서 긍정적인 요인으로 작용, 협력 관계를 활용하지 못할 경우 뚜렷한 성과를 도출하지 못할 수 있음
 - 장기적으로는 산업계 지원이 목적이거나 단기적으로는 감축실적 확보 목적을 배제할 수 없다는 점을 고려하여, 안정적으로 감축실적 확보가 가능하도록 지원 체계를 위한 거버넌스의 내실화 추진하는에 역량 집중 필요
 - 환경건전성이 중요시 되는 사업분야 및 기술군을 중심으로 기술경쟁력 확보 필요(예: 산림관리 및 흡수원 확충 관련 기술 해외에 전수 및 실적 확보 필요)
- 기회요인: (해외 신재생에너지 수요 확대) 에너지 안보에 대한 이슈 및 NDC 목표 수립으로 재생에너지 수요가 큰 폭으로 증대
 - CDM사업 데이터베이스상 신청량이 가장 높은 것으로 나타난 기술사업군은 풍력과 수력이나 최근들어 태양광, 가정용 에너지 효율화 사업(예: 쿡스토브 보급사업) 등의 사업 분야가 증가(GTC, 2020b)
 - SDM의 운영 형태는 미확정이나, CDM과 유사한 형태로 운영될 것으로 전망되고 있어 향후 온실가스 감축사업 추진을 위한 전략 마련시 유사 방법으로 대비 가능
 - 개도국의 탄소 감축량 산정을 위해 필수적인 베이스라인 설정을 위한 부문별 통계 뿐 아니라 온실가스 배출량 통계도 체계적인 데이터가 갖추어지지 않은 경우가 많아 이에 대한 역량 검토 선행필요
- 위기요인: 국제 규제 확산으로 인한 국내 공급망 전반 및 수출관련 부담 증가
 - CBAM 의 도입으로 한국에 미치는 경제적 영향력이 상당할 것으로 예상됨

- 탄소감축 기술 확보를 촉진하는 방향과, 타당성 솔루션으로 판단되는 기존의 기술을 활용한 해외 사업 기회 확산을 통한 양 측면에서 전략 마련이 필요

□ 제3절 분석결과 : 국제 탄소시장 대응 전략 도출

- SO 전략: 국내 우수 기술의 강점이 드러나는 분야(태양광과 ESS 등)를 중점적으로 활용한 시장 세분화를 통한 진출 확대전략 마련
 - (RD&D 지원 강화를 통한 국제기술협력 확대) 국제적으로 재생에너지 발전에 대한 수요가 증가하면서 이를 충족하기 위한 기술 및 자원 마련 확보 필요성이 크게 증가
 - 기술 성숙도 측면에서 타당성이 높은 솔루션을 중심으로 많은 자본이 요구되는 분야는 공공뿐 아니라 민간자원을 활용하여, 벤처 캐피털이 아닌 프로젝트 금융이나 다른 적합한 금융파이낸싱을 고려하여 사업의 수익과 리스크를 분배
 - 초기 단계 기술의 확산을 위한 시장 확대 및 기반구축 지원, 기술 확산을 위한 인프라 개발과 개량, RD&D 지원 강화, 국제기술협력 확대 등 가능한 분야에서의 시장 및 기회 세분화를 통해 전방위적으로 지원책을 마련
- ST 전략: 양자협정 채널 활용 극대화, 무상원조재원의 전략적 활용을 통한 온실가스 감축사업의 타당성 제고
 - (국내 지원 플랫폼 구체화) 온실가스 국제감축사업 추진전략안에 근거하여 구체적인 통합지원체계 확립이 필요
 - 국내기업이 해외에 진출하기 위해서는 진출하고자 하는 국가와의 네트워크 구축도 중요
 - 국내 지원 체계를 점검하고, 실제 이행주체가 되는 민간의 애로사항을 해소할 수 있는 실질적인 기능을 하는 지원체계의 마련 필요
- WO전략: 개도국의 기술수요가 높은 분야 이면서, 사업 추진대상국의 기반조성 지원이 필요한 분야에 집중
 - 흡수원으로서의 산림관리와 관련 기술을 포함하는 영역, 나아가 REDD+ 단위의 사업까지 포함
 - NDC 상향안에 제시된 여러 분야의 온실가스 세부 감축목표를 달성하기 위해서는 흡수원 확충을 위한 이행 계획이 구체화 되어야 할 것
 - 자발적 탄소시장의 확장은 개도국의 산림 전용 및 황폐화를 막기위한 사업이 시장거래의 대다수를 차지하고 있어 자발적 탄소시장에 대한 잠재력은 산림분야와 밀접한 연관이 될 수 있음
 - 신뢰성 있는 베이스라인을 구축하고 모니터링 체계를 갖추는 것은 장기적인 시간이 걸리지만 필요조건인 만큼, 기술지원 등의 협력 사업 추진을 통한 기반을 마련하는 작업이 매우 중요

- WT 전략: 자발적 탄소시장 활용을 위한 기술군을 중심으로 지원 방안 마련할 필요가 있음, RD&D 투자 등을 증대
 - 연구개발 단계에서 기술적으로 타당성 확보까지 어려운 과제는 초기 펀딩 라운드에서 상대적으로 높은 수준의 가치평가와 투자규모를 필요
 - 개도국에서는 베이스라인 설정을 위한 통계 뿐 아니라 온실가스 배출량 통계에 있어서도 체계적인 데이터가 갖추어지지 않은 경우가 많아 모니터링, 보고, 검증 체계에 대한 마련이 필요
 - 온실가스 감축 기술을 배양하는 것이 아니라, 해당 국가의 온실가스 배출 인벤토리 개선과 같은 중장기적 관점에서의 협력 모델이 필요

V. 국제 탄소시장 대응전략 마련에 따른 사업개발 방안

□ 제1절 개괄

- 정부에서는 양자 간 협력 채널이 구축된 국가를 우선으로 파리협정 6.2조(협력적 접근법)에 근거하여 추진 가능한 사업에 주목
 - 정부의 국제감축사업 지원 유형으로는 크게 ‘투자 지원’과 ‘구매 지원’으로 구분 투자 지원의 경우 민간과 공동으로 투자하여 정부 지원부분 만큼 감축 실적으로 회수하는 사업에 해당하며, 구매 지원은 정부가 민간에서 발생한 감축 실적을 구매하여 목표치를 충당하는 방식
- 또한 해외에서 추진하는 온실가스 감축사업에 내재하는 투자 위험을 정부가 일부 분담하여 민간 투자자의 불확실성을 일부 해소하는 측면에서, ODA 등 협력사업과 연계하는 지원방안이 다각화되는 경향
 - 국제감축사업 추진을 위한 G2G 여건 조성의 측면에서, 우선 협력대상국의 국제감축 협력 유도 및 사업 추진여건 조성을 위해 국제감축사업을 ODA 등과 연계하여 추진하는 방안에 대한 단계별 세부 이행방안이 구체화 되고 있음
- 이러한 정부 지원 사업에 대한 방향과 내용이 구체화 됨에 따라, 기 추진중인 사업을 포함하여 신규로 발굴하는 사업들은 파리협정의 협력적 접근법에 근거한 사업과 SDM 체제에 대비한 사업 모두를 고려하여 추진 방향을 구상할 필요가 있음

□ 제2절 분야별 사업개발 방안

- 농림분야
 - 전 세계 메탄 배출 현황은 인간의 인위적인 활동으로 인한 농업, 폐기물, 바이오매스 분야에서 집중적으로 증가하고 있다. 인위적인 메탄 배출(농업, 매립지, 에너지 등)이 전체의 60%를 차지하고 40%는 자연적으로 발생
 - 글로벌 메탄서약은 2021년 11월 영국 글래스고에서 열린 제26차 유엔기후변화협약 (United Nations Framework Convention on Climate Change; UNFCCC)

당사국총회(Conference of the Parties; COP)에서 메탄 배출 감축에 관한 조치를
위하기 위해 시작

- 우리나라는 COP26에서 글로벌메탄서약에 가입하여 메탄 저감 노력에 적극
동참하겠다는 뜻을 밝히고 2030년까지 2018년 대비 메탄을 30% 감축하는 목표를 수립
- 우리나라에서 가장 많은 메탄이 배출되는 농업 분야에서 9.7Tg of CO₂eq 감축
계획을 수립함
- 우리나라는 논 경작에서 발생하는 메탄 배출의 양이 상당하여 경작 부문이
차지하는 메탄 배출은 에너지 분야에서 발생하는 전체 메탄 배출량과 비슷한
수준으로, 국가 메탄 배출 저감에 있어서 논에서 발생하는 메탄 감축을 위한 노력이
반드시 필요한 상황
- UNFCCC CDM AFOLU 분야에 논 물관리 사업을 통해 탄소배출권을 확보할 수
있는 방법론이 AMS III.AU로 등록되어 있으며 현재까지 총 4건의 사업(인도 2건,
인도네시아 1건, 모잠비크 1건)이 신청되었고 인도에서 논 물관리를 시행하는 1건의
사업이 2021년도 2월에 등록
- 국내의 규제시장에서 논 물관리를 통한 메탄 감축 활동을 외부감축사업으로 추진할
수 있는 방법론이 외부사업 방법론(15A-001-Ver01 논벼 재배 시 물관리를 통한
온실가스 감축 방법, 방법론 유효 시작일: 2017.01.11.)이 등록되어 있으나 아직까지
이 방법론으로 등록된 사업은 없음
- 우리나라는 논 물관리 메탄감축 시범사업을 운영, 농민들의 자발적인 참여를
통하여 각 지역의 농업 관행에 따른 베이스라인 및 사업 활동에 따른 메탄 배출
계수 인벤토리를 구축하고 있음
- 방법론이 존재하고 농업 부문의 메탄 배출 잠재량이 가장 높음에도 불구하고 감축
사업에 대한 투자가 매우 저조한 것은 메탄 회피 활동에 대한 모니터링 및 방법론
상의 어려움뿐만 아니라 농촌에서 사업 실행의 어려움에 기인
- 농촌에서의 논 물관리를 통한 메탄 감축사업은 CDM 사업으로 추진하는 리스크
뿐만 아니라 농촌이라는 특수한 환경에서 물관리 사업을 추진하는 리스크를 동시 지님
- CDM 사업은 경제적인 부분과 연관되는 리스크가 주요하게 논의되는 반면
농촌에서 물관리 사업 추진 시 당면하게 되는 리스크는 경제적 위험뿐만 아니라
기술의 현장 적용하는데 있어 새로운 경험과 지식을 쉽게 받아들이지 않는 농촌의
관행적 장벽이 높게 나타남
- 또한 농촌이 직면하고 있는 인구감소와 고령화 문제가 새로운 기술 및 지식을
받아들이는 장애요인이 되고 있어, 이를 극복하기 위해서는 농촌에서 사업 실행
시 교육훈련 및 인식제고를 위한 활동이 필수적
- 따라서 농업분야 메탄감축 사업개발을 위해서는 보다 다양한 관점에서의 고려가 필요함

- 농촌의 관행에서 논 물관리 사업에 필요한 장비의 설치에 CDM 사업을 추진하는 사업자 비용으로 온전히 부담되는 경제적 리스크를 발생시키므로, 이를 극복하기 위해서는 논 물관리 사업의 해외사업 추진 시 마이크로 그리드 사업과 같은 에너지 자립 사업을 함께 추진하는 융·복합 사업도 함께 추진하는 것을 고려하는 것이 필요
- 또한 규모의 경제를 이루어 자금조달을 원활히 하는 것이 필요하며 초기 단계 인센티브 제공, 공공-민간 자원 연계 등 단증장기적인 자원조달계획 마련 필요

○ 에너지

- 전 세계적으로 기후변화 위기 대응 및 지속적인 경제발전을 위해 신재생에너지원 발전 및 보급 확대를 위한 정책이 마련되고 기술개발이 추진
- 미국은 '청정에너지 혁명과 환경정의 계획', EU는 '유럽 그린딜', 독일은 '2030 기후행동프로그램', 영국은 '녹색산업혁명', 일본은 '녹색성장전략'을 추진중에 있으며 이러한 정책 이행계획 내 기술개발을 통한 경쟁력 확보가 핵심 이행전략으로 제시
- 2022년 러시아-우크라이나 사태 이후 글로벌 에너지 가격상승으로 태양광 발전에 대한 수요가 유럽을 중심으로 크게 증가하고 있으며, 화석연료 발전원의 발전단가가 상승으로 인해 상대적으로 연료비 연동에서 자유로운 태양광 발전이 비용 효율적인 발전원으로 부상
- 태양광의 비용효율적 측면 뿐 아니라, 에너지원의 특정 지역 의존도가 높아짐에 따라 발생하는 지정학적 리스크 완화 측면에서도 에너지 공급원의 다변화가 에너지 안보에서 중요해졌으며, 이런 측면에서도 태양광 에너지 발전에 대한 중요성이 부각되는 실정
- 대내외적 요인에 따른 석탄 및 가스 발전단가의 지속적인 증가 추세가 지속될 경우, 글로벌 태양광 수요는 상응하여 증가할 것으로 전망된다(참고문헌?). 현재로는 중국, 유럽 및 미국 등 주요국가를 중심으로 대규모 태양광 발전 양상이 보이나, 향후 개도국에서의 태양광 발전 속도도 증가할 것으로 예측
- 우리 정부는 기후변화 대응, 에너지 안보 강화, 에너지 신산업 창출을 통한 에너지 시스템 구현을 목표로 원전, 재생, 수소에너지 등의 조화를 통해 합리적인 에너지 믹스를 재정립하기 위한 에너지 정책방향을 발표
- 온실가스 감축 의무가 있는 기업을 중심으로 '신재생에너지 공급 인증서 구매'가 하나의 방안으로 인식되고 있으며, 2021년 1월 개정된 「온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침」 제 18조에 따르면 "REC를 구매시 온실가스 감축 실적*으로 인증이 가능하며, RE100 이행 실적으로도 동시에 인정받을 수 있음에 따라 태양광발전 사업은 대부분 규제시장에서 활용되고 있는 현황
- 주요 양자 협력국인 스리랑카는 신재생에너지를 바탕으로 국제감축사업을 이행할

수 있는 국가로 판단

- 스리랑카는 NDC 달성의 주요목표로 △2030년까지 재생에너지 발전비중 70%까지 확대, △ 2050년까지 발전부문 탄소중립 목표 달성, △ 석탄 및 화석연료 발전원 사용 중단 등을 발표
- 스리랑카는 석탄 및 석유 등 발전원의 수입의존도가 높아 에너지 안보를 강화하기 위한 목표가 우선순위로 제시되고 있으며 에너지 자급력을 향상하기 위한 노력으로 신재생에너지 발전을 중심에 두고 있음
- 이를 위한 주요 정책이행 목표로서, △태양광 발전의 경우 지붕형 태양광, 분산형 및 대형발전소 건설을 통한 총 발전 용량 증대(2,000MW), △상업성이 완전히 확보되지 않은 신재생에너지 관련 기술(예 에너지 저장장치 등)의 실증 사업 추진을 통한 신재생에너지 발전 기반 강화 및 확충, △ 친환경 에너지 전환 가속화를 위한 탄소시장 메커니즘 활용방안 모색 등이 있음
- 스리랑카는 2021년 기준으로 전체 CDM사업 등록 건수(13,147건)의 0.45%(프로그램 사업(PoA)의 경우 1.3%)을 차지한다. 스리랑카에서 CDM사업이 최초로 등록된 시점은 2005년이며, CDM이 활발했던 2012년까지는 신규사업이 다수 존재하였으나 탄소시장 축소로 인해 최근 5개년(2017~2021년) 간 등록된 사업 수는 2건(PoA의 경우 1건)으로 극히 드물게 보임
- 우리나라는 스리랑카를 대상으로 제2차 국가협력전략(2017-2020) 마련을 통해 물관리 및 위행분야, 지역개발, 교통 등의 중점협력분야를 중심으로 지원을 확대하고 있으며, 이 중에서 신재생에너지 분야는 공적개발원조(ODA: Official Development Assistance) 자금이 감소하고 기타공적자금(OOF: Other Official Flows)가 늘어나고 있는 추세
- 신재생에너지 사업 중 태양광 발전 분야에 원조가 집중되고 있고, 사업의 지원 형태는 역량강화, 정책컨설팅, 사전타당성 및 타당성 조사, 본사업 까지 협력사업의 전주기에 해당하는 내용이 고르게 분포
- 특히 2009년부터 2011년까지 시행된 본사업에 해당하는 '스리랑카 500kW급 계통 연계형 태양광 발전 사업'의 경우 스리랑카의 화석연료 의존도를 낮추고 낙후지역을 대상으로 전력보급을 확충하기 위해 시행되었으며, 이를 통해 전력공급이 부족했던 인근 낙후지역으로의 전기보급과 민간발전소의 투자 및 관심을 제고했다는 측면에서도 효과적인 사업으로 평가되고 있음
- 우리 정부는 국외 온실가스 감축 목표 달성의 일환으로 우선 협력 대상국의 협력을 유도하기 위해 ODA 등과의 협력 연계사업을 추진하고 부처간 ODA 사업간의 연계를 강화하여 성과를 창출하는 방안을 제시
- ODA 재원은 개발원조 원칙상 감축 실적 등의 성과 창출을 목적으로 활용되는 경우 사용이 불가하기 때문에, 일반 재정지원을 통해 사업 지원 금액에 상응하는

감축실적을 확보하는 방안에 대한 고려가 필요

- 태양광 발전사업의 경우 기존 외부사업 및 CDM에 등록된 방법론이 다양하게 존재하기 때문에, 다른 기술과의 융합을 통하여 자발적 감축시장에서도 일부 방법론의 적용이 가능하다는 점에서 가능성 존재
- 또한 태양광을 통한 전력보급과 더불어 감축량을 증대할 수 있는 융복합 모델을 고려할 수 있음
- 대표적으로 ESS는 우리나라가 비교 우위에 있는 기술임을 고려하여, 태양광 발전원과 융복합으로 들어갈 때 그 효율성을 제고할 수 있다는 점에 착안, 추후 ESS를 포함한 방법론 개정 등을 통해 사업추진이 가능할 것으로 판단

VI. 결론 및 제언

□ 제1절 결론 및 제언

- 제1장에서는 새로운 글로벌 경제질서로 부상한 탄소중립과 이의 달성수단으로 국제 탄소시장의 활용이 주목받고 있는 바, 이를 활용하기 위한 전략마련의 필요성 언급과 더불어 구체적인 연구목표를 서술하였음
- 제2장에서는 탄소시장을 둘러싼 국내외 동향을 분석하였음
 - 글로벌 탄소중립 동향을 국가별 탄소중립 정책추진 동향, 탄소국경조정제도 도입 등 무역환경 변화, ESG 경영문화 확산 등 사회적 인식 변화, 녹색기후기술 R&D 투자의 네가지 관점으로 살펴보았으며, 파리협정 탄소시장 관련 동향 분석에서는 COP26 개최 의미와 시사점을 도출하였고, 이러한 동향분석을 통해 국내에의 시사점을 도출하였음
- 제3장에서는 우리나라의 국제 탄소시장 대응 녹색기후기술 경쟁력을 분석하였음
 - 본 연구는 기술분류체계에서 국제특허분류 IPC에서 기후변화와 관련한 Y섹션 기술 10개군으로 설정하고, 주요국 대비 우리나라의 기술경쟁력을 분석하였으며, 개도국의 녹색기후기술 특허 및 탄소시장 유망기술 분석을 통해 향후 협력가능성이 높은 국가와 분야를 살펴보았고, 마지막으로 자발적 탄소시장의 탄소배출권 유망기술 분야 분석을 통해 주요 유망기술 분야를 도출하였음
- 제4장에서는 SWOT 분석을 통해 국외 온실가스 감축사업 추진위한 대내외 환경 파악 및 거시적인 수준에서의 준비도를 검토하였으며, 주요 전략을 다음과 같이 도출하였음
 - SO전략: 국내 우수기술의 강점이 드러나는 분야(태양광과 ESS등)를 중점적으로 활용한 시장 세분화를 통해, 진출 확대 전략을 마련
 - ST전략: 양자협정 채널 활용 극대화, 무상원조재원의 전략적 활용을 통한 온실가스 감축사업의 타당성 제고하는 것이 필요

- WO전략: 개도국의 기술수요가 높은 분야 이면서, 사업 추진대상국의 기반조성 지원이 필요한 분야에 집중하는 전략을 구사하는 것이 필요
- WT전략: 자발적 탄소시장 활용을 위한 기술군을 중심으로 지원 방안 마련할 필요가 있음, RD&D 투자 등을 증대하는 것이 필요
- 제5장에서는 국제 탄소시장 대응전략 마련에 따른 사업개발 방안으로 농림분야와 에너지분야를 선정하여 구체적인 전략을 제시
 - 농림분야는 글로벌 메탄 감축 관점에서 논물관리 사업을 제안하였음. 관련 사업은 방법론이 존재하고 농업 부문의 메탄 배출 잠재량이 가장 높음에도 불구하고 감축 사업에 대한 투자가 매우 저조한 상황으로, 이는 메탄 회피 활동에 대한 모니터링 및 방법론 상의 어려움뿐만 아니라 농촌에서 사업 실행의 어려움에 기인한 것으로 보임. 그러나 실질적인 사업추진에 있어 이러한 부분을 보완한다면 향후 사업의 확장 가능성이 높을 것으로 판단
 - 에너지 분야는 전 세계적으로 기후변화 위기 대응 및 지속적인 경제발전을 위해 신재생에너지원 발전 및 보급 확대를 위한 정책이 마련되고 기술개발이 추진되고 있음을 고려할 때, 주요 양자협력국(스리랑카)을 대상으로 기존의 ODA 사업과 연계한 사업방안을 제안하였음

□ 제2절 연구의 한계 및 향후 과제

- 우리나라는 주요 선진국보다 제조업 비중이 큰 제조업 기반 경제와 재생에너지 도입에 불리한 환경적 조건을 가지고 있을 뿐만 아니라 선진국과 비교하여 온실가스 배출량 정점 도달시기가 늦기 때문에, 탄소중립 기한도 상대적으로 촉박한 상황에 직면
- 이러한 관점에서, 보다 효율적인 탄소중립 목표달성을 위해서는 보다 전략적인 접근이 필요한 바, 대내적·장기적으로는 혁신기술에 대한 R&D 투자를 통해 배출량을 줄이고, 대외적·단기적으로는 탄소시장을 통해 '완화성과(Mitigation Outcome)'를 확보하는 방안이 필요할 것으로 보임
- 본 연구에서는 이와 같은 두 가지 관점에서 탄소시장 대응 전략을 도출하고자 하였으나, 탄소시장 대응 유망 기술분야 도출을 위한 분석에서, 특허의 양적인 부분만 분석하였기 때문에 향후에는 보다 질적인 측면에서 분석해야 할 필요가 있음
- 보다 활성화되고 있는 자발적 탄소시장의 기술군과 우리가 가진 기술경쟁력을 상호 비교분석하여, 양자협정에 활용될 수 있는 기술 분야를 더욱 구체적으로 선정해야 할 필요가 있음
- 또한 자발적 탄소시장의 확대가 급속히 이루어진 가운데, 관련 정보가 현저히 부족한 상황임을 고려, 자발적 탄소시장 관련 국내외 정책 및 제도 현황을 분석하고, 국내외 규제시장과의 연계 활용 전략을 모색하는 것이 필요함

S U M M A R Y

The use of carbon market will be further activated as detailed implementation guidelines related to carbon market are prepared at the 26th UN Climate Change Conference of Parties (COP26) held in November '21. is expected to be In addition, the new climate regime emphasizes the voluntary efforts of each entity (countries, companies, etc.) Market utilization is also expected to increase further. Therefore, it is necessary for the Korean government and companies to preemptively discover countries and business areas that can cooperate in the greenhouse gas reduction project, and prepare for project design and implementation. However, since sustainability and environmental soundness are continuously emphasized in the use of the carbon market, sufficient consideration is required when preparing related strategies.

In order to prepare a strategy to respond to the international carbon market, this study tried to examine domestic and foreign trends surrounding the international carbon market and to analyze Korea's competitiveness in green and climate technology from the perspective of responding to the carbon market. Based on the above results, △ international carbon market response strategy was derived, and based on this, promising fields were selected and more specific business development plans were presented.

This study consists of a total of 6 chapters, and the main contents are as follows.

First, Chapter 1 diagnoses the research background and necessity, and presents the research goals.

Second, Chapter 2 analyzed domestic and foreign trends surrounding the international carbon market. Section 1 examines the global carbon neutrality trend, and Section 2 examines the Paris Agreement carbon market trend. In the last section, the implications for Korea were drawn from the perspective of laying the groundwork for carbon neutrality in Korea and responding to the carbon market, focusing on the global carbon neutrality trend and the Paris Agreement carbon market trend.

Third, Chapter 3 tried to analyze Korea's competitiveness in green and climate technology from the viewpoint of responding to the carbon market. For this, the importance, urgency, and growth potential were analyzed through network analysis and Delphi analysis.

Fourth, Chapter 4 systematically diagnoses the situation we are facing using SWOT analysis methodology based on domestic and foreign trends and technological competitiveness surrounding the carbon market discussed above, and derives a response strategy based on this.

Fifth, Chapter 5 selected promising business fields as agriculture, forestry and energy as a practical implementation plan for the response strategy derived in Chapter 4, and presented trends and specific implementation strategies for each field.

Finally, in Chapter 6, the conclusion, suggestions, and limitations of this study are presented, and the direction of the follow-up study is suggested.

목 차

제1장 서론	1
제1절 연구배경 및 목표	1
제2절 연구내용 및 추진방법	4
제2장 국제 탄소시장 국내·외 동향	5
제1절 글로벌 탄소중립 동향	5
1. 주요국 탄소중립 정책추진 동향	5
2. 탄소국경조정제도 도입 등 무역환경 변화	7
3. ESG 경영문화 확산 등 사회적 인식 변화	11
4. 녹색·기후기술 R&D 투자 확산	13
제2절 파리협정 탄소시장 관련 동향	16
1. 파리협정 탄소시장 관련 동향	16
2. 자발적 탄소시장 활용 확대	18
3. 파리협정 제6조에 대응한 시범사업 추진사례	21
4. 지속가능성 및 환경건정성 확보	23
제3절 국내에의 시사점	25
1. 탄소중립 목표달성을 위한 기반 마련 관점	25
2. 탄소시장 대응 관점	27
제3장 우리나라의 국제 탄소시장 대응 녹색·기후기술 현황 분석	31
제1절 분석개요	31
1. 녹색·기후기술 현황 분석 필요성	31
2. 분석 대상 및 범위	32
3. 분석 방법	37

제2절	주요 녹색·기후기술 현황 분석	39
	1. Y02A - 기후변화 적응 관련 기술	39
	2. Y02B - 건물에 관련된 기술	41
	3. Y02C - 온실가스의 포집, 저장, 격리 혹은 폐기에 대한 기술	42
	4. Y02D - 정보 통신 기술에서의 기후 변화 완화 기술, 즉, 에너지 사용 감소를 목적으로 하는 정보 통신 기술	44
	5. Y02E - 온실가스(GHG)방출의 감축, 에너지생산, 전송 또는 분배에 관한 기술 ..	46
	6. Y02P - 상품의 생산 또는 공정의 기후변화 영향 완화 기술	47
	7. Y02T - 교통과 관련한 기후변화 경감 기술	49
	8. Y02W - 폐수처리 및 폐기물 관리와 관련된 기후 변화 경감 기술	51
	9. Y04S - 전기 발전, 송전, 분배, 관리 또는 이용을 향상시키기 위하여 정보 기술과 관련된 기술을 통합하는 시스템	52
제3절	개도국 녹색·기후기술 현황 분석	54
	1. 개도국 녹색·기후기술 특허 분석	54
	2. 개도국 CDM 사업 분석	58
	3. 자발적 탄소시장의 주요 기술 동향 분석	62
제4절	소결	65
	1. 탄소시장 대응 유망 기후기술 분야	65
	2. 한계점	68
제4장	국제 탄소시장 대응전략	71
제1절	분석개요 : SWOT 분석	71
제2절	분석결과 : SWOT 분석	71
	1. 강점요인	72
	2. 약점요인	76
	3. 기회요인	79
	4. 위기요인	80

제3절 국제 탄소시장 대응 전략 도출	82
1. SO 전략	82
2. ST 전략	83
3. WO 전략	85
4. WT 전략	86
제4절 소 결	88
제5장 국제 탄소시장 대응전략 마련에 따른 사업개발 방안	90
제1절 개괄	90
제2절 분야별 사업개발 방안	91
1. 농림 분야	91
2. 에너지 분야	107
제6장 결론 및 제언	122
제1절 결론 및 제언	122
제2절 연구의 한계 및 향후 과제	124
참 고 문 헌	126

표 목 차

<표 2-1> 국가별 탄소중립 목표 시점	7
<표 2-2> 주요국 및 한국의 탄소중립 중점기술 요약표	14
<표 2-3> 국제 탄소시장(파리협정 제6조) 관련 주요지침 합의 내용	17
<표 2-4> 자발적 탄소시장의 장단점	18
<표 2-5> 자발적 시장의 크레딧 발급 프로젝트 유형	19
<표 2-6> 자발적 시장의 크레딧 발급 프로젝트 유형별 거래가격	19
<표 2-7> 제6조 시범사업 이니셔티브의 구분	21
<표 2-8> 산호세 원칙	23
<표 2-9> 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법	27
<표 2-10> 온실가스 국제감축사업 추진전략	28
<표 2-11> 우선 협력대상국(총 18개국)	29
<표 3-1> 기후기술 특허 분류코드 및 정보	32
<표 3-2> 특허 분류코드 및 정보	33
<표 3-3> 네트워크 중심성 구조와 수식	38
<표 3-4> Y02A 전문가 응답	40
<표 3-5> Y02B 전문가 응답	42
<표 3-6> Y02C 전문가 응답	43
<표 3-7> Y02D 전문가 응답	45
<표 3-8> Y02P 전문가 응답	48
<표 3-9> Y02T 전문가 응답	50
<표 3-10> Y02W 전문가 응답	51
<표 3-11> 개도국 국가별 녹색 기술 특허 수	54
<표 3-12> 한국과 베트남의 녹색특허 비교	54
<표 3-13> 베트남의 녹색 특허 연결 중심성	55
<표 3-14> 베트남의 녹색 특허 근접 중심성	56
<표 3-15> 베트남의 녹색특허 매개 중심성	57
<표 3-16> 개발도상국에서 실시된 CDM사업	58
<표 3-17> 칠레에서 실시된 CDM사업	59
<표 3-18> 미얀마에서 실시된 CDM사업	59
<표 3-19> 몽골에서 실시된 CDM사업	60
<표 3-20> 페루에서 실시된 CDM사업	60

<표 3-21> 스리랑카에서 실시된 CDM사업	61
<표 3-22> 베트남에서 실시된 CDM사업	61
<표 3-23> VCS에서 제외된 프로젝트 활동	64
<표 3-24> 규제 및 자발적 탄소시장 유망기술 분석	68
<표 4-1> 탄소중립 분야 정부 예산추이	74
<표 4-2> SWOT 분석 결과	87
<표 5-1> 글로벌 메탄 서약 참여 국가(110 개국)	92
<표 5-2> AFOLU 분야 CDM 방법론	98
<표 5-3> 논 물관리 메탄감축사업 방법론 요건	99
<표 5-4> 논 물관리 메탄 감축 CDM 해외사업 사례	101
<표 5-5> CDM 사업 추진 리스크	103
<표 5-6> 농촌 물관리 사업 추진 리스크	103
<표 5-7> 스리랑카 NDC 내 발전부문 핵심목표 및 이행방안	108
<표 5-8> 스리랑카 발전부문 NDC 목표 및 이행계획(안)	109
<표 5-9> 스리랑카 에너지관련 정책 및 주요내용	110
<표 5-10> 개발 자원 및 공여기관 유형 별 비교	113
<표 5-11> 일본의 對스리랑카 신재생에너지 분야 지원 세부 현황	114
<표 5-12> 각 자원별 세부 지원 분야 비율	115
<표 5-13> 2010-2019년까지의 對스리랑카 우리나라 신재생에너지 분야 지원 현황	115
<표 5-14> 스리랑카의 기술 분야별 신청 추이	116
<표 5-15> 태양광 발전 관련 방법론	120
<표 5-16> 외부사업 및 CDM 방법론	121

그림 목 차

[그림 2-1] TCFD 지지를 선언한 기관 및 기업 분포	8
[그림 2-2] 국가별 CBAM 적용에 따라 EU 수출에 영향을 받는 정도	10
[그림 2-3] 기후변화가 글로벌 비상사태라고 응답한 응답자 비율	11
[그림 2-4] 소비자의 ESG 실천기업에 대한 소비 의향 조사 결과	12
[그림 2-5] 투자자의 투자 결정 시 ESG가 영향을 미치는 정도에 대한 조사결과	12
[그림 2-6] 자발적 탄소시장 규모	20
[그림 2-7] 자발적 탄소시장 수요 및 전망	20
[그림 2-8] 스웨덴에너지청(SEA)의 가상 시범사업(Virtual Pilot) 대상국/프로젝트	22
[그림 2-9] 국제 감축사업 유형	29
[그림 3-1] 자발적 탄소시장 VCS 탄소배출권 발급 현황	62
[그림 3-2] 중·단기 녹색·기후기술 핵심기술 분야	65
[그림 3-3] 장기 녹색·기후 핵심기술 분야	67
[그림 4-1] 국가별 발전분야 기술수준 및 기술격차	73
[그림 4-2] 에너지원 별 탄소감축 기여도	73
[그림 4-3] 우리나라 탄소중립 달성을 위한 10대 핵심 투자분야	74
[그림 4-4] 국제 감축사업 추진전략	75
[그림 4-5] 일본과 스위스 양자협력 현황	76
[그림 4-6] 2050 탄소중립 시나리오 최종(안)	77
[그림 4-7] 탄소중립 분야 핵심 기술의 선진국대비 기술수준	78
[그림 4-8] 산림 이산화탄소 흡수 전망	78
[그림 4-9] 기술부문별 CDM 사업 추진 누적현황	79
[그림 4-10] Sources of finance by sector in the NZE Scenario, 2026-2030	83
[그림 4-11] IGES Matchmaking 플랫폼 운영 방식	84
[그림 5-1] 정부가 투자하는 국제감축사업 모델 비교	90
[그림 5-2] 2021년 주요 메탄 배출원	91
[그림 5-3] 글로벌 메탄 서약 참여국가 현황	93
[그림 5-4] 전세계 메탄 주요 배출 상위 10국 현황(2021년)	94
[그림 5-5] 메탄 감축 CDM 사업의 개도국 추진 현황	96

[그림 5-6] 농업 분야 메탄 감축활동 거버넌스 구조 105

[그림 5-7] 탄소사업 리스크 완화를 위한 공공-민간 자금조달 구조 106

[그림 5-8] 농업 분야 메탄 감축활동의 민간재원 마련을 위한 PES 구조 106

[그림 5-9] 2010-2019년 스리랑카 신재생에너지 분야 국제개발협력사업 개발 자원 흐름 .. 113

[그림 5-10] 총 지출액 기준 신재생 에너지 분야 상위 공여 기관(2010-2019년) 114

[그림 5-11] 스리랑카의 CDM 사업 신청 추이 116

[그림 5-12] 스리랑카 기술 분야별 CDM 동향 117

[그림 5-13] 사업 대상지 및 기술도 118

[그림 5-14] 국외 온실가스 감축사업 지원 전략(안) 119

[그림 5-15] ACM00002 방법론 기반 사업 추진범위 설정 120

C O N T E N T S

Chapter 1. Introduction	1
Sub-chapter 1. Background and Objectives	1
Sub-chapter 2. Contents and Research Methodology	4
Chapter 2. Current Trends of International Carbon Market	5
Sub-chapter 1. Current Trends of Carbon Neutral Strategy at Global Level	5
Sub-chapter 2. Current Trends of Article 6 on Paris Agreement	16
Sub-chapter 3. Implications on National Policy Agenda	25
Chapter 3. Empirical Analysis of Competitiveness on Green and Climate Technology of Korea to Carbon Market	31
Sub-chapter 1. Background	31
Sub-chapter 2. Analysis of Green Climate Technology by Major Industry	39
Sub-chapter 3. Analysis of Green and Climate Technology Patents and Promising Technologies in the Carbon Market in Developing Countries	54
Sub-chapter 4. Sub-conclusion	65

Chapter 4. Strategies for Carbon Market Mechanism	71
Sub-chapter 1. SWOT Analysis on National Readiness	71
Sub-chapter 2. Result for SWOT Analysis	71
Sub-chapter 3. Strategies for Article 6 on Paris Agreement	82
Sub-chapter 4. Sub-conclusion	88
 Chapter 5. Developing Projects for International Carbon Market	 90
Sub-chapter 1. Introduction	90
Sub-chapter 2. Sectoral Project Development	91
1. Agriculture	91
2. Energy	107
 Chapter 6. Conclusion and Recommendation	 122
Sub-chapter 1. Conclusion and Recommendation	122
Sub-chapter 2. Limitations and Future Research Agendas	124
 Reference	 126

제 1 장 서론

제 1 절 연구배경 및 목표

2015년 파리협정(Paris Agreement, 이하 PA)의 채택은 기후위기 대응을 온실가스 배출 감축량을 중심으로 한 '탄소배출권(Carbon Credit)' 개념에서 감축 뿐만 아니라 적응, 재원, 기술이전, 투명성 등 보다 거시적인 차원의 '완화 성과(Mitigation Outcome)'의 개념으로 확대했다는 데 의의가 있다(World Bank, 2021). 즉, 파리협정 체결 이후의 신기후체제에서는 당사국이 스스로 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution, 이하 NDC)를 설정하고, 이를 달성하기 위한 국가 간 자발적 협력을 장려한다는 것이다. 이는 기후위기 대응을 위한 공동의 노력을 강조하는 것으로서, 당사국들은 NDC 달성을 위해 배출권의 일환인 '국제적으로 이전된 완화(감축) 성과(International Transferred Mitigation Outcome, 이하 ITMO)를 발행하거나 이전, 사용할 수 있다.

이와 같은 국제사회의 제도적인 변화와 더불어, '탄소중립'의 중요성도 강조되고 있다. 탄소중립은 "대기 중 이산화탄소 농도 증가를 막기 위해 인간 활동에 의한 배출량은 최대한 감소시키고, 흡수량은 증대하여 순 배출량이 '0'이 된 상태"를 말한다³⁾. 2017년 스웨덴과 노르웨이가 최초로 국가단위의 '탄소중립'을 선언한 이래 '22년 10월 현재 전세계 배출량의 약 91%를 차지하는 139개국'이 탄소중립을 선언·지지하였으며, 약 799개의 기업이 이에 동참하고 있다⁴⁾. 오늘날 탄소중립은 지속가능한 녹색성장으로의 전환을 위한 새로운 경제질서로서, 국가경쟁력 및 국민의 삶의 질에 직접적으로 연결되는 우선순위 과제로 부상하고 있다.

특히 팬데믹 이후 EU를 비롯한 선진국들은 탄소중립을 회복 및 성장의 동력으로 강조하며, 관련 신시장 선점을 위해 핵심기술 확보에 열을 올리고 있다. 독일은 2045 탄소중립 목표를 발표하고 재생에너지 등 8대 핵심기술을 선정하였으며, 산업의 탈탄소화, 그린수소, 건물의 에너지효율 고도화, 친환경 교통수단에 80억 유로 추가 투자계획을 밝힌 바 있다(KDI, 2022). 미국은 '일자리 창출 및 기후위기 대응을 위한 미국 혁신'(21.2월) 발표를 통해 12개 핵심기술을 선정하고 2030년까지 350억불 투자계획을 밝혔으며, 일본은 '2050 탄소중립에 따른 녹색성장전략'(20.12월) 등을 통해 14개 핵심기술 분야를 선정, 그린이노베이션 기금을 조성하여 2조엔 투자를 약속하였다⁵⁾. 중국에서는 '30·60 쌍탄소 전략'을 국제사회에 선언하고, 2060 탄소중립 달성을 위한 재생에너지 등의 기술개발에 집중할 것을 발표하였다(KDI, 2022).

이와 같은 글로벌 정세에 부응하여, 우리나라도 2021년 9월 전세계 14번째로 탄소중립을 법제화⁶⁾ 하는 등 관련 정책추진에 박차를 가하고 있다. 윤석열 정부의 120대 국정과제 중 19개 국정과제가 탄소중립과 직·간접적으로 연관되어 있으며 그 중 86번 과제에서는 '과학적인 탄소중립 이행방안 마련으로 녹색경제 전환'을 포함, 탄소중립 대전환을 새로운 성장의 기회로 활용하기 위한 전제 조건으로 과학기술의 중요성을 강조하고 있다⁷⁾.

3) 2050 탄소중립녹색성장위원회 홈페이지 <https://www.2050cnc.go.kr/base/contents/view?contentsNo=9&menuLevel=2&menuNo=11> (2022.10.25. 접속)

4) Energy & Climate Intelligence Unit. "Net Zero Tracker: Net Zero Emissions Race". <https://eciu.net/netzerotracker>. (2022. 10. 15. 접속)

5) 관계부처 합동, 「탄소중립 녹색성장 기술 혁신 전략」 2022.10.26. (2022.11.01. 접속)

6) 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(탄소중립기본법)」 제정('21.8월) 및 시행('22.3월)

최근에는 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 시행(22.3월)에 따라 ‘제2기 탄소중립·녹색성장위원회’를 구성하여 ‘탄소중립·녹색성장 추진전략’ 및 ‘탄소중립·녹색성장 기술혁신 전략’을 발표하여 구체적인 추진전략을 제시하였다. 그 중 ‘탄소중립·녹색성장 기술혁신 전략’⁸⁾에서는 3대 방향으로 △한국형 탄소중립 100대 핵심기술 전략 고도화, △탄소중립 핵심기술에 대한 R&D 신속투자, △탄소중립 기술사업화 촉진시스템 구축으로 설정하고 △민간 주도의 임무중심 탄소중립 기술혁신, △신속 유연한 탄소중립 R&D 투자 강화, △혁신적 기술개발을 위한 선제적 기반 조성을 중심으로 세부추진 방안을 수립하였다.

그러나 이와 같은 정부의 적극적인 노력에도 불구하고, 탄소중립 목표 달성을 위한 우리나라의 상황은 녹록치 않다. 우리나라는 주요 선진국보다 제조업 비중이 큰 제조업 기반 경제와 재생에너지 도입에 불리한 환경적 조건을 가지고 있을 뿐만 아니라 선진국과 비교하여 온실가스 배출량 정점 도달시기가 늦기 때문에, 탄소중립 기한도 상대적으로 촉박한 상황에 직면해 있다(환경부, 2021).

이는 실질적인 감축 주체인 기업의 부담으로도 이어지고 있다. 애플, 구글 등 주요 글로벌 기업의 RE100 선언⁹⁾은 반도체·디스플레이 등에 주력하는 우리 산업에 큰 부담이 되고 있으며 ESG경영문화 확산¹⁰⁾으로 인해 기업들은 환경정보 공개요구에 직면하고 있다. 뿐만 아니라 최근에는 주요 선진국들이 탄소국경조정제도(Carbon Border Adjustment Mechansim)를 도입하고 카본클럽(Carbon Club) 등 글로벌 밸류체인 관점에서 탄소중립을 추진해 나가고 있어, 수출 비중이 높은 우리나라에 새로운 무역장벽으로 작용하여 국내 기업들의 수출 경쟁력에 타격이 될 것으로 예상된다¹¹⁾.

이러한 관점에서, 보다 효율적인 탄소중립 목표달성을 위해서는 보다 전략적인 접근이 필요하다. 중간목표인 2030 NDC 상향안에서도 국내감축(24.1%→35.4%) 및 국외감축(2.2%→4.6%) 비중이 동시에 확대된 바, 대내적·장기적으로는 혁신기술에 대한 R&D 투자를 통해 배출량을 줄이고¹²⁾, 대외적·단기적으로는 탄소시장을 통해 ‘완화성과(Mitigation Outcome)’를 확보하는 방안이 필요할 것으로 보인다.

실질적으로 기업은 정부에 탄소중립을 위한 기술개발에 적극적인 지원을 요청하고 있다. 대한상의(2022)가 시행한 설문에 따르면, 제조업 기업들은 정부에 바라는 최우선 정책과제로 탄소감축 투자지원(1순위)과 탄소감축 기술연구개발 지원(2순위)을 요청하고 있다. 관련 기술혁신은 비단 국가 탄소중립 목표달성 뿐만 아니라 관련 시장을 선점할 수 있는 기회가 될 수 있고, 탄소시장 활용 측면에서도 매우 중요하다.

7) 관계부처 합동, 「탄소중립·녹색성장 추진전략」 2022.10.26. (2022.11.01. 접속)

8) 관계부처 합동, 「탄소중립·녹색성장 기술 혁신 전략」 2022.10.26. (2022.11.01. 접속)

9) RE100(Renewable Energy 100) : 기업사용전력의 100%를 재생에너지로 충당하자는 자발적인 국제 이니셔티브로서, 2014년 설립되어 140개 국가 및 340개 기업이 가입('21.10월기준)

10) ESG(Environment, Social, Governance) : 기업의 비재무적 성과를 판단하는 기준; John Elkington(1999) “Cannibals with Forks : the Triple Bottom Line of 21st Century Business” , Capstone 참조

11) 에너지 플랫폼 뉴스, 탄소국경조정세 도입시 국내기업 8조 2,456억원 부담. 2022.09.21. <http://www.e-platform.net/news/articleView.html?idxno=74811> (2022.11.01. 접속)

12) 연합뉴스. “기업 온실가스 감축 R&D 투자율 1% 늘면 배출량이 0.03% 감소” 2020.12.27. <https://www.yna.co.kr/view/AKR20201226044700003> (2022.10.26. 접속)

각국은 상향된 온실가스 감축목표 달성에 내부적인 감축활동 만으로 한계가 있음을 인지하고 정부/기업 차원에서 국제 탄소시장을 활용하겠다는 의사를 표명한 바 있다(KDB, 2021). 실질적으로 선행연구에 따르면, 탄소시장을 활용할 경우 NDC 달성에 있어 전세계적으로 약 275조원(2.5천억 달러 규모, 2030년 기준)의 비용절감을 이룰 수 있고 추가적으로 50억톤의 온실가스를 감축할 수 있을 것으로 전망된 바 있다(Edmonds et al., 2019)

탄소시장의 활용은 '21년 11월 개최된 제26차 UN기후변화협약 당사국 총회(The 26th UN Climate Change Conference of Parties, 이하 COP26) 에서 탄소시장과 관련된 파리협정 세부이행지침이 마련되며 더욱 활성화 될 것으로 기대되고 있다. 또한 신기후체제에서는 기후위기 대응을 위한 각 주체(국가, 기업 등)들의 자발적 노력이 더욱 강조되고 있는바, 감축의무가 없는 주체의 자발적인 온실가스 감축사업 참여도 더욱 활성화될 것으로 예상되며 이에 자발적 탄소시장 활용도 더욱 증가할 것으로 예상된다. 이에 우리 정부와 기업은 온실가스 감축사업에 관해 협력이 가능한 국가와 사업분야를 선제적으로 발굴하여 사업설계 및 실행에 대비해야 할 필요가 있다(KIEP, 2021a). 그러나 탄소시장 활용에 있어 지속가능성과 환경건전성이 지속적으로 강조되고 있는 바, 관련 전략마련 시 이에 대한 충분한 고려도 필요하다(Rajamani, 2016).

이는 궁극적으로 「기후변화대응 기술개발 촉진법」(이하 기후기술촉진법) 제12조에서 제시하고 있는 기후변화대응 기술개발 및 개발된 기술의 이전 촉진, 기술지원체제와의 협력과도 연계하여 기후변화 대응과 관련된 민간부문의 해외진출 및 국제협력사업 지원(4항), 기후변화대응 기술 관련 국제협상(5항)에 있어 유리한 입장을 취하는 데 도움이 될 수 있을 것이다.

이와 같은 배경을 바탕으로, 본 연구는 국제 탄소시장 대응전략 마련을 위해 △국제 탄소시장을 둘러싼 국내·외 동향을 살펴보고, △탄소시장 대응관점에서 우리나라의 녹색·기후기술 경쟁력을 분석해보고자 하였다. 이상의 결과를 바탕으로 △국제탄소시장 대응전략을 도출하였으며, 이에 기반하여 유망분야를 선정하여 보다 구체적인 사업개발 방안을 제시하였다.

제 2 절 연구내용 및 추진방법

본 연구는 총 6개의 장으로 구성되어 있으며 주요내용은 다음과 같다.

첫째, 제1장은 연구배경 및 필요성을 진단하고, 연구목표에 대해 제시하였다.

둘째, 제2장에서는 국제 탄소시장을 둘러싼 국내·외 동향을 분석하였다. 제1절에서는 글로벌 탄소중립 동향을 살펴보고, 제2절에서는 파리협정 탄소시장 동향을 살펴보았다. 마지막 제3절에서는 글로벌 탄소중립 동향과 파리협정 탄소시장 동향 파악을 중심으로, 국내 탄소중립 기반마련의 관점과 탄소시장 대응 관점에서의 국내에의 시사점을 도출하였다.

셋째, 제3장은 탄소시장 대응관점에서 우리나라의 녹색·기후기술 경쟁력을 분석해보고자 하였다. 이를 위해 네트워크 분석과 델파이 분석을 통해 중요성, 시급성, 성장가능성을 분석하였다

넷째, 제4장은 앞서 살펴본 탄소시장을 둘러싼 국내·외 동향과 기술경쟁력을 바탕으로, SWOT 분석방법론을 활용하여 우리가 마주한 상황을 체계적으로 진단하고 이를 바탕으로 대응전략을 도출하였다.

다섯째, 제5장은 4장에서 도출된 대응전략의 실질적인 실현방안으로 유망사업 분야를 농림과 에너지 분야로 선정하여 각 분야별 동향 및 구체적인 추진전략을 제시하였다.

마지막으로 제6장에서는 본 연구의 결론 및 제언, 한계점을 제시하여 후속연구의 방향성에 대하여 제안하였다.

제 2 장 국제 탄소시장 국내·외 동향

제 1 절 글로벌 탄소중립 동향

1. 주요국 탄소중립 정책추진 동향

교토의정서 체제 이래 선진국은 CDM 사업 등을 통하여 개발도상국 및 자국 온실가스 감축 의무를 동시에 달성하기 위해 노력해왔으며, UNFCCC COP16의 칸쿤 합의문을 통하여 선진국의 개발도상국 기후변화 대응 장기재원(미화 약 1,000억 달러 규모) 조성 합의를 이루었다. 그러나 여전히 선진국의 국민 1인당 탄소 배출량이 많으며, 선진국의 탄소 배출에 대한 역사적 배경을 고려하면 더욱 전향적인 역할을 맡아야 할 것으로 보인다. 이와 관련, 주요 선진국별 탄소 배출 감축 및 탄소중립 목표 이행 관련 노력은 다음과 같다.

미국은 2021년 바이든 행정부 들어 탄소중립 달성 목표 연도를 2050년으로 설정하고, 전임 트럼프 행정부가 진행했던 파리협정 탈퇴 번복 및 재가입, 미국-캐나다 송유관 연장사업(키스톤 XL 사업) 허가 취소 등 트럼프 전 대통령의 반(反)환경적 행정 조치를 무효로 하였다(KEEL, 2021a). 나아가 바이든 행정부는 미 외교·안보 주요 과제에 기후변화를 포함하고 백악관 내 국가기후정책실, 기후 특사 및 국가기후태스크포스를 신규 조직하였다. 영국은 2019년 기후변화법 제정을 필두로 미국과 마찬가지로 2050년을 탄소중립 달성 연도로 설정하였다. 2020년에는 녹색산업혁명 10대 중점계획을 발표하고 에너지 백서를 발간하였다(과학기술정보통신부, 2021).

스웨덴은 미국, 영국보다 앞선 2017년 독립적인 기후정책위원회를 설립하고 기후변화 대응 목표 및 관련 법안 제정에 관한 내용을 포함하는 기후정책 프레임워크법 발표를 통하여 2045년 탄소중립 및 순흡수(Net Negative)달성을 명시하였다(Government Offices of Sweden, 2019; 한국노동연구원, 2019). 이러한 노력은 공공부문 외 민간 기업과 시민단체 등 다양한 이해관계자가 함께하는 노력으로 확대되어 '탈화석연료 이니셔티브'등을 통하여 산업 부문별로 경쟁력과 탈화석연료화를 병진하는 시도를 이어가고 있다(한국노동연구원, 2019).

EU를 주도하는 프랑스와 독일은 스웨덴보다 2년 늦은 2019년에 탄소중립을 2050년까지 달성하겠다고 공약하였다. 프랑스의 경우, 에너지기후법을 제정하여 2030년까지 에너지 생산 과정에서 화석연료의 사용 비중을 30-40%까지 낮추기로 하였으며, 저탄소 부문과 수소 기술 부문에 300억 유로를 투입하는 프랑스 경제 재건 계획을 2020년부터 시행하고 있다(프랑스 기획재정부, 2020). 한편, 마크롱 대통령은 2021년 수소연료전지 발전소, 전기차 활성화 등의 내용을 담은 '2030 프랑스 국가 투자 계획'발표 중 프랑스 달성 의무 목표 10개를 제시하였는데 이 중 6개가 탄소중립 달성과 관련한 것으로 나타났다(Business France, 2021). 독일 역시 2030 기후 행동 계획 및 연방기후보호법 제정을 골자로 하는 2030 기후 패키지를 선보이며 운수 및 건축 부문 관련 탄소 가격 체계 수립 등의 기후 목표 달성 효율화 및 표준화에 공을 들였다. 이후 독일은 연방기후보호법의 개정을 통하여 탄소중립 달성 목표 연도를 2045년으로 앞당겼다(세계법제정보센터, 2022b).

파리협정 체제가 출범하며 선진국과 개발도상국을 가리지 않는 전 지구적 기후변화 대응 노력이 강조되는 분위기 속에서 선진국에서 개발도상국으로의 기후변화 관련 기술 및 재정 확산 관련 장치가 논의 및 추가되고 기후변화 대응 노력 강화로 인한 개발도상국의 경제적 손실에 대한 논의가 활성화 경향을 보인다(KIEP, 2021a; STEPI, 2021). 이에 대하여 개발도상국들도 탄소중립에 대한 의지를 천명하는 것으로 화답하고 있다.

개발도상국 가운데 구체적 달성 연도를 포함한 탄소중립 선언 국가는 70개국이 넘으며('21. 11 기준), 아르헨티나, 칠레, 코스타리카 등 이들 국가 중 다수는 2050년을 탄소중립 달성 목표 연도로 설정하고 있다(KIEP, 2021a). 공통적으로, 개발도상국은 기후변화 대응에 있어 탄소 배출을 줄이면서도 경제 개발을 이어가야 한다는 명제를 내세워서 선진국들의 적극적인 지원을 도출해내고자 하고 있으며, 관련 내용을 NDC 상에서도 명확하게 밝히고 있다. 또한, 개발도상국은 급격한 녹색경제·사회로의 전환에 소극적인 측면이 있고, 선진국에 비해 구체적 탄소중립 공약 이행 방안이 덜 구체적인 상황이다. 이러한 제약 사항들이 있음에도, 큰 틀에서 개발도상국들의 전 지구적 기후변화 대응 노력 기여 의지는 확고하다고 볼 수 있다.

그 예로 중국과 인도는 선진국에 비하여 달성 목표 연도가 늦기는 하나 각 2060년과 2070년 탄소중립 달성을 선언하고 석탄 등 전통적 화석연료 사용 감축 및 신재생에너지 적극 도입 관련 정책을 다수 발표하였다(KIEP, 2022; 세계법제정보센터, 2022a; 한국에너지정보센터, 2022)

베트남 역시 2050년 탄소중립 달성 목표를 위하여 '2021~2030 새로운 녹색성장 국가 전략'을 발표하고 2030년까지 산림 전용 중단, 2040년까지 석탄 발전 중단을 공약하는 등의 행보를 보였다(KIET, 2021).

스리랑카의 경우 고타바야 라자팍사 대통령이 유엔 국제에너지포럼 연설을 통하여 신규 석탄 화력 발전소 건설 중지, 2030년까지 국가 에너지 수요 70% 신재생에너지원 통한 충당, 탄소중립 실현 목표 연도를 2050년 설정 등을 공약한 바 있다(Ada Derana, 2021; EMERiCs, 2021a; KOTRA, 2022b).

태국은 2007년 '온실가스관리기구에 관한 칙령' 제정 이후 최근 기후변화법을 입안하는 과정 중에 있으며, UNFCCC에 제출한 국가결정기여(NDC)를 통하여 2030년까지 현행 유지(Business-as-Usual) 시나리오 하 온실가스 배출량 20% + 5%(기술이전 등 지원 있을 때) 감축을 공약하였다(세계법제정보센터, 2022a).

그러나 위와 같은 개도국들의 전향적인 정책추진에도 불구하고, 인도를 포함한 많은 개도국들은 '선진국 책임론'을 주장하고 있다. 빠른 산업화를 이룬 선진국의 온실가스 배출에 대한 책임이 크기 때문에 기후위기 대응에 더 많은 비용을 지불할 필요가 있다는 것이다. 이는 COP26에서 석탄발전 퇴출을 강조하는 선진국과 달리, 일부 개도국은 이에 반대하여 석탄발전의 '단계적 폐지'가 '단계적 감축'으로 변경되었다는 데서 입장을 찾아볼 수 있다. 또한 많은 개도국들이 탄소중립을 천명하고 관련 정책을 수립중에 있지만, 구체적인 법제화에는 미치지 않은 것으로 나타났다. 또한 정책적 측면에서의 의지와 달리, 이행에 있어서는 아직 미진한 개도국도 많은 것으로 보고되고 있다. 일례로 인도와 멕시코, 남아프리카공화국, 브라질, 터키 등은 정책수립에도 불구하고 관련 지원이 부족한 것으로 보고 되었으며 아르헨티나, 인도네시아, 러시아, 사우디아라비아 등은 관련 정책수립에의 참여도 매우 낮은 것으로 나타났다(KEEI, 2021b).

〈표 2-1〉 국가별 탄소중립 목표 시점

2030	2035	2040	2045	2050			2053	2060	2070	21세기 후반
바베이도스	핀란드	오스트리아	독일	안도라	아일랜드	뉴질랜드	터키	바레인	인도	말레이시아
몰디브		아이슬란드	네팔	아르헨티나	이스라엘	파나마		중국	모리셔스	태국
모리타니			스웨덴	호주	이탈리아	포르투갈		니제르		싱가포르
				브라질	자메이카	르완다		러시아		
				불가리아	일본	세이셸		사우디아라비아		
				캐나다	리오스	슬로바키아		스리랑카		
				카보베르데	라트비아	슬로베니아		우크라이나		
				칠레	라이베리아	솔로몬제도				
				콜롬비아	리투아니아	대한민국				
				코스타리카	룩셈부르크	스페인				
				사이프러스	말라위	스위스				
				덴마크	마셜제도	아랍에미리트				
				도미니카	모나코	영국				
				유럽연합	몬테네그로	미국				
				피지	나미비아	우루과이				
				프랑스	나우루	베트남				
				헝가리						

주: 굵은 글씨체로 표기된 국가는 탄소중립 목표가 법제화 또는 정책화되고 있는 국가이며, 그 외 국가는 정치적인 선언에 그친 국가임.
 자료: KIEP (2021a)

2. 탄소국경조정제도 도입 등 무역환경 변화

탄소세와 탄소배출권 거래를 통한 경제적 가치 부여가 활발하게 진행되고 있다(국회예산정책처, 2022). 특히 COVID-19 이후 경제 부문 재건에 있어 탄소중립 기조가 명확해지면서 EU 그린딜(Green Deal)과 같은 큰 틀의 경제 정책과 더불어 탄소 배출권 거래제도(ETS: Emission Trading Scheme) 활성화, 탄소국경세 도입, 세율 조정을 통하여 탄소 가격의 인상을 도모하고 있다. 이와 관련하여, 현재 세계적으로 탄소세 제도 및 ETS 제도는 65개(‘21. 4. 기준)이며, 세계 및 거래제 동시 시행 국가의 경우, 중복 과세를 방지하는 제도를 함께 두고 있다(국회예산정책처, 2022). 또한, 국가별 편차가 존재하나, 세계 평균 탄소 가격(탄소세 및 ETS 가격 모두 포함)은 tCO₂eq.당 미화 24.6달러(‘21 기준)으로 책정되었다. 탄소세 및 ETS 포함, 탄소 가격제를 통하여 전 세계적으로 발생하는 편익은 미화 530억 달러(20 기준)로 5년 만에 2배 가량 증가였으며 이는 전 세계 GDP의 0.1% 정도인 것으로 나타났다(국회예산정책처, 2022).

이렇게 다양한 경제적 측면에서 기후변화와 탄소 배출에 대응하는 움직임이 점차 활발해지는 가운데, EU는 무역 부문에서 탄소국경조정제도(CBAM: Carbon Border Adjustment Mechanism)을 도입하여 EU로 유입되는 수입품 생산과정의 실질적인 탄소 배출량 감축 촉진을 시도하고 있다.

이는 탄소 배출권 거래제가 시행되는 EU 외 지역으로 기업들이 공장을 이전하여 상품을 생산한 뒤 수입하는 등의 방법으로 배출권 거래제를 회피하여 실질적 탄소 배출량 감축이 미미한 부분에

대한 EU의 대응 방안이다. (World Economic Forum, 2021b; KOTRA, 2021; European Parliamentary Research Service, 2022; Ernst & Young, 2022a). 2021년 7월 초안 작성 후 2022년 개정안을 통하여 탄소국경조정제도 적용 대상은 철강, 비료, 시멘트, 알루미늄, 전력, 유기 화학 제품, 수소, 암모니아, 플라스틱 등 총 9개 부문으로 확정되었다. 해당 부문의 배출량은 제품 생산시 발생하는 직접 배출량 이외에도 간접배출량까지 함께 산정하며 2023년부터 3년간 시범 운영 후 2027년 1월부터 본격 시행이 예정되었다. 일각에서는 본 제도의 국제무역 공정성 훼손 가능성을 주장하기도 하나, 전 지구적 기후변화 대응 노력 증진이라는 명제 하에서 지역 차원의 일관된 노력의 좋은 예시로 볼 수 있을 것으로 기대된다.

한편, 경제적 측면에서 기후변화 대응 시나리오나 전략 등의 제반 사항들은 투자 결정을 내리는 데 중요한 요인 중 하나로 작용한다. 예를 들어, 각국 정부·금융 기관 포함 3,400개 이상의 기관이 지지를 천명한 기후변화 관련 재무 정보 공개 태스크포스(TCFD: Task Force on Climate-related Financial Disclosures)의 경우 각 기업 연간 재무 공시자료에 각 기업 기후변화 관련 정보를 포함하고 시나리오별 리스크 대비책 마련을 적극 권장하고 있다(환경닷컴, 2021). TCFD를 지지하는 금융기관의 총 자산 운용 규모는 194조 달러이며, 금융기관 이외에 전반적인 산업에 걸쳐 TCFD지지를 선언한 기업의 시가총액은 25조 달러의 규모에 달하는 것으로 보고되고 있으며, 영국, EU, 일본, 뉴질랜드 등은 국가 차원에서 TCFD의 권장 사항을 기반으로 각 기업에 보고서 발표 등 한 발짝 더 나아간 실천 의지를 보이고 있다(S-OIL, 2022; TCFD, 2022a).

[그림 2-1] TCFD 지지를 선언한 기관 및 기업 분포



자료: TCFD (2022a)

이와 같이 CBAM, TCFD 등 새로운 경제제도 도입에 따라 주요국의 대응을 살펴보면 다음과 같다.

영국은 2021년 세계 최초로 증권 시장 상장기업(프리미엄 부문 상장기업 대상)에 기후변화 관련 정보 공시하도록 한 바 있다. 이후 2022년 7월 28일 공개된 ‘프리미엄 상장기업 TCFD 연계 공시

검토(Review of TCFD-aligned disclosures by premium listed commercial companies)'에서는 런던 증권거래소 프리미엄 부문 상장기업(Premium Listed Companies)의 81%가 TCFD 7대 공시 권장 사항을 모두 충족하여 공시하였다고 응답하였다는 내용이 포함되어 있다(Financial Conduct Authority, 2022). CBAM 측면에서 보면, EU는 영국의 주요 무역 대상으로 영국의 주요 수출품인 탄소집약적 제조업 부문 상품 다수가 EU로 수출되는 상황이다(Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, 2021). 따라서 EU CBAM은 영국 대외 경제에 큰 변수로 작용할 가능성이 높다고 할 수 있다. 이에 대한 대응으로 영국에서는 자국 현행 ETS에 EU ETS를 연계하고 나아가 영국판 CBAM을 시행하여 불균형적 무역을 방지하는 방안을 고심하고 있다(UK Parliament, 2022; Ernst & Young, 2022b).

EU 회원국으로서 스웨덴은 통상산업부 등이 CBAM 이행을 환영해왔으며, 본 제도를 통하여 EU 회원국 기업의 EU 외 국가 생산 및 역수입(탄소 누출)을 방지하고, 탄소 배출량 감축을 위해 높은 비용을 감당해야 하는 자국 산업 보호를 도모하고 있다. 특히, 스웨덴은 산업 전반에 저탄소 인프라가 잘 구축된 국가 중 하나이며, 탄소를 적게 쓰는 사회로의 전환이 상당히 진행되고 있는 국가이므로 이러한 측면에서 CBAM을 환영하는 것으로 보인다(Stockholm Environment Institute, 2022).

EU 내 주요 회원국 중 하나인 독일은 자국 철강 수출에 있어 CBAM으로 인한 철강 산업 원재 가격 상승 부담으로 인한 국제 철강 시장 내 가격 경쟁력 하락을 우려하는 산업계의 목소리가 있는 실정이다(Clean Energy Wire, 2022). 게다가 TCFD 준수 정보 공시가 의무사항이 아니므로 해당 정보를 공시하고 있는 독일 기업 및 기관은 59개에 불과한 것으로 나타났다(TCFD, 2022b). 그러나 독일 연방정부는 CBAM을 일관되게 지지하고, EU 차원에서 힘있게 추진하고자 한다(임팩트온, 2022a).

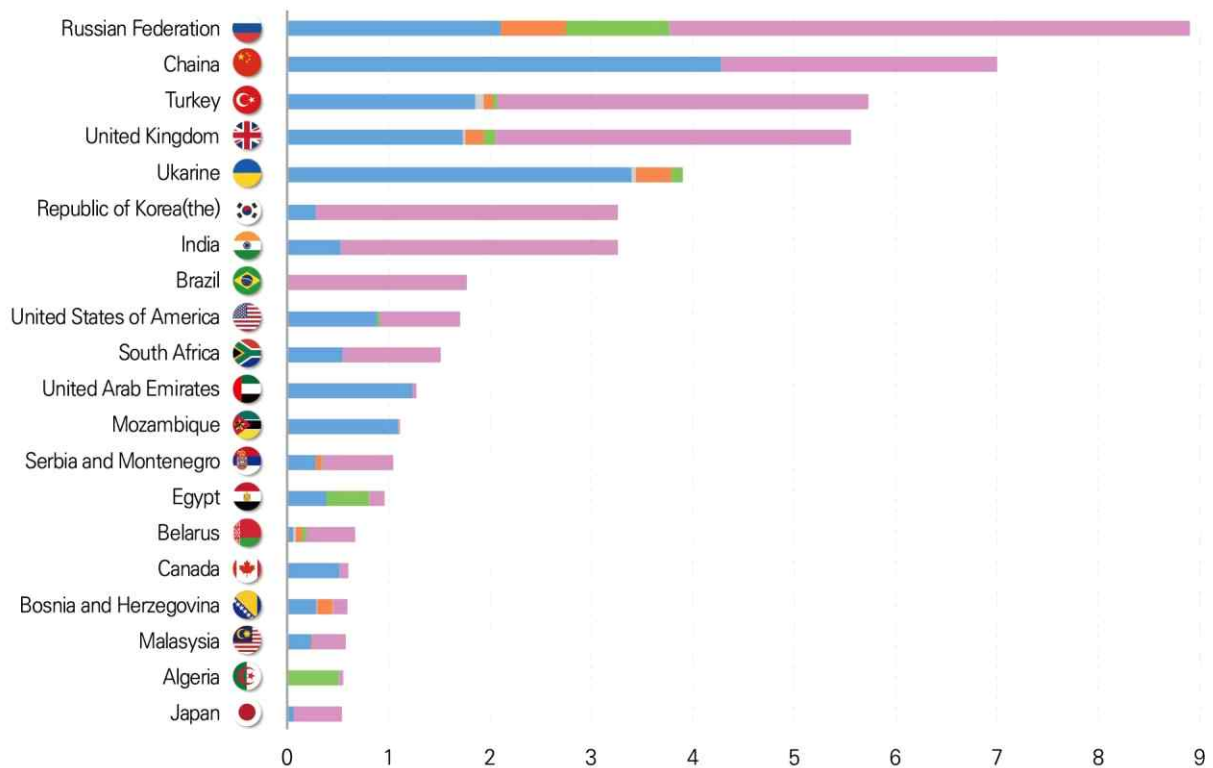
프랑스는 시멘트 부문에 있어 세계 5위 수입국으로 이 지점에서 독일과 같이 CBAM 시행시 자국 산업에 경제적 부담이 가중될 것이 분명한 국가이다(OEC, 2020). 그럼에도 프랑스 역시 정부 차원에서 CBAM 추진에 적극적으로 임하고 있다(KITA, 2021). 또한, 프랑스는 독일과 달리 TCFD에도 선도적 위치에 있다(UNEP Finance Initiative, 2016). 2016년 이미 환경 관련 정보 공시를 법제화한 프랑스는 당시 규정한 공시 수준이 TCFD와 대동소이하며, TCFD 출범 이후 7대 공시 권장 사항을 준수하여 공시를 진행한 기업 및 기관의 수가 117개로 독일의 2배 이상에 달한다(Financial Stability Board, 2021).

아시아에서는 일본이 영국과 유사한 현황을 보인다. 특히 금융권에서 영국과의 유사점이 도드라지는데, 일본의 TCFD 7대 공시 권장 사항을 준수하는 기관의 수는 527개로 세계 1위이며, 런던 증권거래소와 마찬가지로 도쿄 증권거래소 역시 최상위 등급 시장인 프라임 시장(Prime Market)에 상장된 기업에 TCFD 준수 기후변화 관련 정보 공시를 의무화하기로 하였다(Financial Stability Board, 2021). 그 외, 이미 ETS를 시행하고 탄소세를 부과하고 있는 일본은 자국 에너지 총사용량의 약 79%에 탄소세가 매겨졌으며, EU와 그린 동맹을 체결하여 큰 반발 없이 CBAM 동참이 예상되고 있다(EU, 2021a).

그러나 수출중심의 개발도상국 경제를 고려하면 EU가 추진하는 CBAM은 각국 경제에 큰 부담으로 작용할 가능성이 크다(UNCTAD, 2021). 이에 개발도상국은 해당 제도에 반발이 큰 상황이다(임팩트온,

2021; 한겨레경제사회연구원, 2021). 특히, 대 EU 수출 비중이 높은 국가(중국, 인도, 멕시코 등)들의 비판이 거세다. 오늘날 탄소 배출량의 상당 부분은 상대적으로 저렴하고 첨단 기술이 강제되지 않는 화석연료 기반의 탄소 집약적 경제발전을 지속하는 개발도상국에서 상당 부분 발생하고 있다. 이에 따라 CBAM 시행 후 대 EU 수출에 악영향을 겪을 것으로 보이는 상위 20개 국가를 선정한 결과 무려 15개국(중국, 인도, 멕시코, 터키, 영국, 우크라이나, 대한민국, 브라질, 미국, 남아프리카, UAE, 모잠비크, 세르비아, 이집트, 벨라루스)이 개발도상국에 해당하는 것으로 나타났다(UNCTAD, 2021). 개발도상국은 선진국 수준의 저탄소 기반을 구축하는데 더 많은 시간과 재원이 필요함을 강조하고, 선진국들의 탄소 배출에 대한 역사적 책임을 언급하는 것으로 불만을 표시하고 있다(SBS, 2022).

[그림 2-2] 국가별 CBAM 적용에 따라 EU 수출에 영향을 받는 정도



자료: UNCTAD (2021)

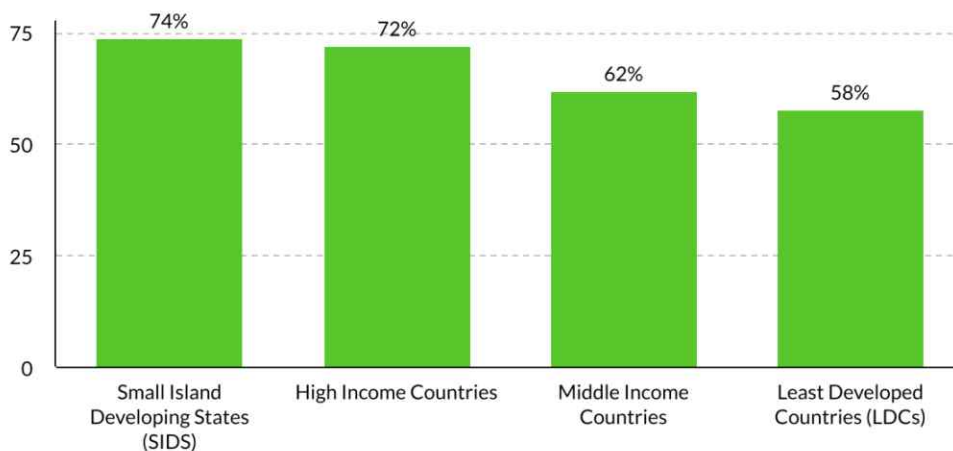
이렇게 CBAM에 부정적인 분위기와는 별개로, 개발도상국 역시 선진국과 마찬가지로 탄소중립 경제·사회로의 전환을 위한 노력은 정부 차원에서 지속하고 있다. 인도의 경우 최대 도시 델리의 지하철 하루 전력 수요의 60% 이상이 태양열에너지로 충당하고 있으며, 중국은 2060년 탄소중립 달성 목표 하에 각 기업의 탄소 배출량을 감축하도록 하고, EU의 ETS를 모방하여 전국 단위의 ETS 도입을 진행하고 있다. 또한 폐자원 순환, 탄소 배출량 세부 파악 및 대응책 연구 등 다각적인 접근을 통하여 탈탄소화를 진행하고 있다. 베트남과 스리랑카는 발전 부문 신재생에너지 및 천연가스 이용 비율 상향을 추진하며 특히 베트남은 민간 기업 부문에서 친환경 에너지 이용을 장려하는 분위기를 조성하고 있다. 미얀마는 국제기구와의 협력 영향으로 환경 규제 수준이 매우 높으며, 개정 환경보호법을 통하여 전 지구적 탄소중립 달성 경향에 동행하고자 하고 있다.

3. ESG 경영문화 확산 등 사회적 인식 변화

전 세계 사람들의 기후변화에 관련된 인식과 관련하여, 40개국을 대상으로 한 설문조사 결과 종합적으로 84.5%의 응답자가 지구 온난화는 중대한 인류의 위협이라고 응답한 것으로 나타났다(Gallup, 2019). 동 설문조사 결과에 따르면, 흔히 Z세대로 일컫는 젊은 세대가 가장 기후변화를 민감하게 인식하며, 교육수준이 높고 고소득 국가에 거주하는 응답자일수록 기후변화를 심각하게 받아들이는 것으로 나타났다.

한편, 2021년 UNDP 등이 수행한 설문조사에 따르면, 기후변화의 심각성을 인지하는 데는 대륙별 차이가 있는 것으로 나타났다(UNDP & University of Oxford (2021)). 기후변화의 심각성을 인지하는 응답자가 가장 많은 국가군은 군소도서 국가(SIDS: Small Island Developing States)로, 지구 온난화, 기후변화로 인한 해수면 상승 피해 및 자연재해를 빈번하게 경험하는 것을 원인으로 추측해볼 수 있다. 고소득 국가 또한 심각성을 높게 인식하고 있는 것으로 나타났는데, 미국, 호주, 캐나다 등 온실가스 대량 배출국 국민들은 재생에너지에 대한 지지가 강한 것으로 나타났다.

[그림 2-3] 기후변화가 글로벌 비상사태라고 응답한 응답자 비율

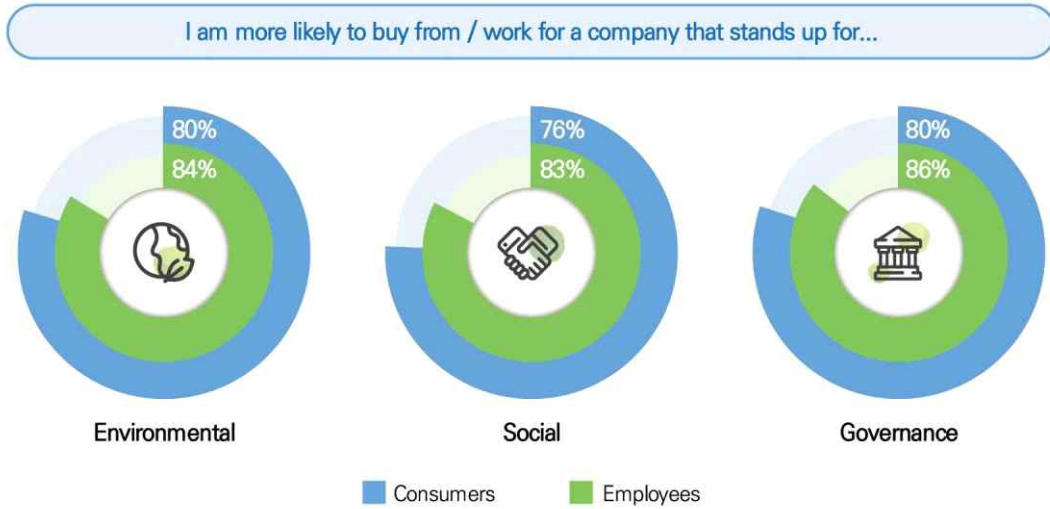


자료: UNDP & University of Oxford (2021)

한편, 전 지구적으로 소비자들의 ESG(Environmental, Social, Governance)에 대한 관심이 강화되었으며 ESG 실천 기업의 제품 구매 의사 향상을 넘어 해당 기업에 대한 피고용 의사까지 함께 높아지는 것으로 나타났다. 이러한 소비자들의 변화에 따라 투자자들도 ESG를 포함한 투자에 점점 더 매력을 느끼고 있는 것으로 나타났다. 일례로, BNP Paribas의 기관 투자자 대상 ESG 관련 설문조사에서 ESG 고려 및 모든 투자에 접목에 긍정적인 응답 비율은 각각 9%와 13%로 합하면 22%로 증가세를 보이고 있다. 또다른 예로, PwC가 전세계 투자 전문가를 대상으로 진행한 설문조사에서는 ESG 기회 및 리스크를 투자 결정 주요 요인이라고 응답한 비율이 79%에 달하였으며, ESG의 요인 중 직·간접 배출원(Scope 1·2)를 통한 온실가스 배출량 감축이 가장 중요하다고 응답한 비율이 65%로 나타났다. 다시 말해, 투자 결정 요인으로서 ESG는 이제 주요한 위치로 인식되고

있으며, 환경·사회·거버넌스 중에서도 기후변화 맞물려 환경적 요인을 가장 중요하게 보는 것이 현재의 경향으로 볼 수 있다.

[그림 2-4] 소비자의 ESG 실천기업에 대한 소비 의향 조사 결과



자료: PwC (2021a)

뿐만 아니라, 전세계적으로 투자자들도 ESG에 깊은 관심을 보이고 있다. PwC가 전세계 325명의 투자전문가를 대상으로 한 설문조사에 따르면 기업이 “ESG 기회와 리스크를 관리하는 것이 투자를 결정하는 데 중요한 요소”라고 응답한 비율이 79%에 달하는 것으로 나타났으며, “잠재적인 투자 기회를 심사할 때 ESG 위험과 기회에 대한 회사의 노출을 고려”한다는 응답도 76%에 해당하는 것으로 나타났다(PwC, 2021b).

[그림 2-5] 투자자의 투자 결정 시 ESG가 영향을 미치는 정도에 대한 조사결과



자료: PwC (2021b)

4. 녹색·기후기술 R&D 투자 확산¹³⁾

선진국들은 탄소중립을 위한 정책을 수립하고 관련 제도 마련에 노력을 기울임과 동시에 관련 기술개발에 박차를 가하고 있다.

대표적으로 미국은, 바이든 대통령 취임 전 청정에너지 혁신에 대한 연구개발에 5천억 달러 투자를 공약한 바 있으며 취임 후에는 기후혁신을 위한 10대기술을 선정하고 미국에너지부에 1억달러 지원을 약속하는 행정명령에 서명하였다.

일본은 '혁신적 환경 이노베이션 전략'(20.1월)을 수립하여 관련 기술개발을 적극 도모하고 있다. 눈여겨 볼 점은, 에너지 환경분야 39개 민관협력 기술/연구개발에 10년간 30조엔의 기금을 조성했다는 것이다. 2050년 혁신적 기술확립을 목표로 하여, 5개 분야의 16개 기술에서 감축량이 크고 일본의 기술의 공헌이 클 것으로 예상되는 39개의 테마를 선정하였다. 이를 바탕으로 테마별 구체적인 시나리오를 제시하고 있다. 이후 '2050 탄소중립에 따른 녹색성장전략'(20.12월)에서는 14개 주요산업을 위한 연구개발에 10년간 2조엔 공공기금을 조성할 것을 발표하였으며, 산업분야별 '50년 목표와 연도별 및 도입단계별 구체적인 정책수단을 제시하였다.

독일은 '기후보호프로그램 2030'을 통해 교통 및 에너지 산업 분야의 탄소중립 기술개발에 대한 내용을 발표하였으며, 중점기술로 수소 및 배터리셀, 합성연료를 선정하고 이에 대한 기술개발 투자를 적극적으로 추진할 것을 강조하였다.

결론적으로, 국제적으로 주요국의 관련 기술정책은 신재생에너지, 에너지 효율화, CCUS 분야를 포함하고 있으며 미국, 일본, 영국 등에서는 원자력을 탄소중립에 포함하여 추진하고 있다. 주요국은 탄소중립 기술혁신에 도전적인 투자계획을 발표하고 있으며 정부 뿐만 아니라 민간의 참여를 독려하고 있다. 투자계획 규모를 살펴보면, '30년까지 미국은 1,870조원, EU 1,320조원, 일본 178조원 등인 것으로 나타났다. 우리나라의 탄소중립 R&D 투자 규모는 '20년 기준 1조 3천억인 것으로 나타난바, 향후 지속적 투자유치와 민간참여 독려가 필요하다.

한편, 최근 러시아-우크라이나 이후 에너지 안보 문제가 주목받고 있다(Emerging Europe, 2022; Just Security, 2022). 러시아가 천연가스 공급을 중단하면서 유럽국가들은 러시아에 의존적인 에너지 공급실태¹⁴⁾를 실감한 바, 2022년 5월 유럽 위원회는 2027년까지 러시아의 화석연료에 의존하지 않고 녹색에너지로 전환하려는 계획을 발표하였다. 청정에너지 개발 가속화와 안정적인 에너지 공급을 위해 국가, 공적부문, 민간부문의 협력 필요성이 강조되었으며 핵에너지, 수소, 풍력발전 등 친환경 에너지 개발을 통한 에너지 안보 강화 및 기후변화 대응 필요성이 대두되고 있다.

13) 본 챕터는 이구용·이민아(2021) 연구의 내용을 참조, 연구진이 재구성하여 작성하였음.

14) 유럽은 석유 공급의 25%, 천연가스 공급 40%, 석탄 공급 50%를 러시아에 의존(Emerging Europe, 2022; Just Security, 2022)

<표 2-2> 주요국 및 한국의 탄소중립 중점기술 요약표

구분	미국	일본	독일	영국	프랑스	한국
재생에너지	• 해상풍력	• 해상풍력 • 도심형 태양광	• 육상풍력 • 해상풍력 • 태양광	• 해상풍력	-	• 초고효율 태양광 • 수상/해상/도심 태양광 • 풍력 핵심부품, 대형화, 효율향상 • 바이오 전력/열 생산 기술
수소	• 그린수소	• 수전해 대형화 • 수소 연료전지 • 대형수소발전	• 수전해 대형화	• 수소생산 확대	• 수전해 수소생산	• 그린수소 • 수소 저장, 운송 • 수소발전 (연료전지, 수소-암모니아터빈)
에너지 저장	• 대용량 그리드 ESS	• 전기차 배터리 • 건물용 배터리	• 대용량 그리드 ESS • 전기차 배터리	-	-	• 전기차 배터리
건물	• 제로에너지건물 • 저탄소 건축자재	• 제로에너지건물 • 저탄소 건축자재	-	-	• 건물에너지 혁신	• 제로에너지건물 • ICT 기반 에너지 효율화
수송	• 저비용/저탄소 차량 제조생산 • 교통시스템 선진화	• 차세대 철도 • 차세대 자동차 • 차세대 선박 • 차세대 항공기 (전기, 수소) • LNG 선박 • 고효율화	• 전기장도차 • 철도 네트워크 디지털화 • 연료전지 기반 대중교통	• 무공해 자동차 기술개발 • 무공해 항공	• 저탄소철도	• 전기자동차 • 수소 철도 • 수소 항공기 • 수소 선박 • 지능형 모빌리티
산업	• 철강, 콘크리트, 화학공정의 저탄소화	• 수소환원제철 • 수소 플라스틱 • 초고효율 반도체	• 수소환원제철	-	• 산업공정 전기화 • 에너지 개선	• 수소환원제철 • 친환경시멘트 • 원료대체, 산업 공정탄소저감 • 산업기기효율화
CO ₂ 포집·저장·활용	• CO ₂ 직접포집 • CO ₂ 지중저장	• 초고효율 CO ₂ 분리 • CO ₂ 직접포집	• CCUS • 산업 에너지·재료 효율화	• CCUS	-	• CCUS
에너지 관리	• 최첨단 에너지 관리 기술	• 차세대 클라우드 SW플랫폼 • 데이터센터 • 포스트 5G	-	-	-	
저GWP 배출	• 저GWP냉매, 공조, 히트펌프	-	-	-	-	• 저GWP 대체가스
원자력	• 소형모듈원전	• 소형모듈원전 • 고온가스 냉각원자로 • 핵융합	-	• 소형모듈원전	-	
첨단연료	• 저탄소 항공기·선박 연료	• 석탄화력 암모니아 혼소 • 선박용 암모니아 연료 • 대규모 합성연료 • 바이오제트연료 • CO ₂ 합성연료	• 바이오연료 • 합성연료	• 저탄소 항공연료	-	• 수송용 바이오 연료
CO ₂ 흡수·고정	-	• 스마트 임업 • 고층건물 목조화 • 바이오탄 • 블루탄소	-	-	-	
그 외	-	• 자원순환	• 열병합발전	• R&D투자확대	-	• 디지털 기반 에너지효율 최적화

자료 : GTC (2021b) 24p 재인용

그러나 기술 R&D 투자에 있어서도 선-개도국간 격차가 점차 벌어지고 있다. 대부분의 저탄소 기술이 선진국에서 개발되고 있으나 기술수요는 경제성장이 빠르게 이루어지고 있어 에너지 소비가 높은 개도국에서 더욱 필요하다(KOSEN, 2019). 그러나 개도국은 기술수준이 저조하여 선진국으로부터의 기술 지원이 필요하다(GTC, 2020).

개도국의 기술수요도 다양하게 나타나고 있는데, UN에서 실시하고 있는 기술수요 평가에 따르면 재생에너지(58.4%), 에너지 수요(37.8%) 분야가 가장 높은 것으로 나타나고 있고, 구체적으로는 수송 효율화, 태양광, 폐기물 분야의 기술수요가 높은 것으로 나타나고 있다.

제 2 절 파리협정 탄소시장 관련 동향

1. 파리협정 탄소시장 관련 동향

지구촌이 기후변화로 인한 자연재해로 인해 고통받고 있다. 독일의 대표적인 재보험사인 Munich Re(2022) 발표에 따르면, 자연재해로 인한 손실은 올해 상반기에만 650억 달러(약 84조 8천억원)에 달하는 것으로 나타났다. 이는 1970년대보다 7.8배나 증가한 수치이다. 이상기후는 폭염, 홍수, 가뭄 등 피해를 증가시키고 있으며 이는 점차 일상화 되어가고 있다.

국제과학기구인 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, 이하 IPCC)에서는 ‘이번 세기 중반까지 현 수준의 온실가스 배출량 유지 시, 2021~2040년 중 1.5°C 지구온난화를 넘을 가능성이 높다’는 내용을 담은 IPCC 제6차 평가보고서(AR6) 제1실무그룹 보고서를 승인¹⁵⁾하였다. 동 보고서에서는 폭염, 폭우, 가뭄 등의 기후재난이 더욱 빈번해지고 강도도 더욱 세질 것이라 경고하고 있으며, 이에 기후위기 대응을 위한 전지구적인 노력이 더욱 강조되고 있다.

이와 같은 과학적 근거를 기반으로, 2021년 개최된 COP26에서는 국제사회의 탄소중립 의지가 담긴 「글래스고 기후합의(Glasgow Climate Pact)」가 도출되었다. 글래스고 기후합의에서는 △지구 온도 상승폭 1.5도 이내 제한(2015년 파리협정 목표 유지), △국가 온실가스 감축목표(NDC) 재점검(이행계획 점검 후 내년 총회까지 다시 제출), △석탄 등 화석연료 감축(탄소저감장치 없는 석탄발전소 단계적 감축, 화석연료 보조금 단계적 중단), △메탄감축(2030년까지 메탄 등 감축 검토 요구, △생태계 보전(산림/해양 생태계 보호 및 복원 중요성 강조, △선진국의 기후변화 적응기금 증액(2025년까지 2019년 대비 2배 증액), △국제 탄소시장 지침 마련(탄소배출 감축분이 거래 국가 양쪽에 모두 반영되는 이중계상 방지) 등의 내용이 포함되었다 (KIEP, 2021a).

뿐만 아니라 「글로벌 메탄서약(Global Methane Pledge)」 및 「산림 및 토지이용에 관한 글래스고 정상선언(Glasgow Leaders Declaration on Forests and Land Use)」, 「무공해차 전환선언(Declaration on accelerating the transition to 100% zero emissions cars and vans)」, 「석탄에서 청정에너지 전환을 위한 글로벌 선언문(Global Coal to Clean Power Transition Statement)」, 등이 발표되고, ‘탄소중립을 위한 글래스고 금융연합(Glasgow Financial Alliance for Net Zero, GFANZ)’가 출범하는 등 탈탄소화와 탄소중립을 가속화하기 위한 정부와 민간부문의 선언이 연이어 발표되었다. 이는 글로벌 탄소중립 및 감축노력 강화를 위한 전지구적인 노력이 강조된 결과로 볼 수 있다.

무엇보다 동 당사국총회의 가장 큰 성과는 탄소시장과 관련된 파리협정 제6조에 관한 지침이 타결되었다는 점이다. COP26에서 세 차례 시도 끝에 200개 가까운 국가가 합의한 제6조는 기후목표 달성과 지구온난화의 안전 수준 유지에 있어 시장의 역할을 마침내 인정한 유의미한 진전으로 볼 수 있다.

파리협정 제6조에서는 시장 메커니즘으로 △6.2조 협력적 접근법(Cooperative Approach, 이하 CA)과 △6.4조 지속가능발전메커니즘(Sustainable Development Mechanism, 이하 SDM), △6.8조

15) 투데이에너지. “ “1.5°C 상승 도달, 2021~2040년으로 앞당겨진다” (2021.08.09.) <http://www.todayenergy.kr/news/articleView.htm?idxno=239111> (2022.10.31. 접속)

비시장 메커니즘을 제시하고 있다. 동 회의에서는 ITMO의 상응조정, SDM 체제로의 전환에 따른 CDM 감축실적 사용, 감축실적에 대한 적응재원 공제 등이 결정되었다(표 2-3).

〈표 2-3〉 국제 탄소시장(파리협정 제6조) 관련 주요지침 합의 내용

구분		주요 내용
6.2조	협력적 접근법	<ul style="list-style-type: none"> ▪ [상응조정] 감축실적을 국제적으로 이전·사용시 상응조정 실행을 원칙으로 하여 감축실적의 국가간 이중계산을 방지(단, 참여당사국이 허가하지 않은 기타목적의 감축실적에 대해서는 구체적인 규정이 없어 각국간 추가 협상 필요)¹⁶⁾ ▪ [감축실적의 활용] 탄소저감 사업에서 발생한 감축실적을 사업 참여국이 자발적으로 공제·공여하여 개도국 적응재원으로 활용
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ [청정개발체제(CDM)의 지속가능개발체제(SDM)로의 전환] ‘21년 이전 발급된 청정개발체제(CDM) 사업 감축실적(CER)에 대해서는 ’ 13년 이후 등록된 사업에 한해 ‘15~’ 17년 각국이 제시한 1차 NDC에만 사용 가능 ▪ [감축실적의 활용] 감축실적에서 5%를 의무적으로 공제하여 개도국을 위한 적응재원으로 사용하고 전지구적 전반적 감축(Overall Mitigation in Global Emissions; OMGE)를 위해 감축실적의 2%를 취소주)
6.4조	지속가능 개발 메커니즘 (SDM)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ [청정개발체제(CDM)의 지속가능개발체제(SDM)로의 전환] ‘21년 이전 발급된 청정개발체제(CDM) 사업 감축실적(CER)에 대해서는 ’ 13년 이후 등록된 사업에 한해 ‘15~’ 17년 각국이 제시한 1차 NDC에만 사용 가능 ▪ [감축실적의 활용] 감축실적에서 5%를 의무적으로 공제하여 개도국을 위한 적응재원으로 사용하고 전지구적 전반적 감축(Overall Mitigation in Global Emissions; OMGE)를 위해 감축실적의 2%를 취소주)

주 : 전지구적인 온실가스 감축을 도모하기 위해 감축실적을 차감하여 추가 감축을 유도하는 의미

자료: UNFCCC, 환경부 등 관계부처 자료 및 KDB 이슈브리프(‘21.12월) 자료를 바탕으로 연구진 재구성

탄소시장 관련 지침의 타결은 그간 교토의정서 하 운영되어오던 교토메커니즘¹⁷⁾ 시대를 끝내고 SDM 체제로 넘어가는 본격적인 신규 국제 탄소시장 시대가 도래했음을 의미한다. 특히 COP26에서 결정된 6조 세부이행지침에 따라 온실가스 감축실적을 NDC달성에 활용할 수 있게 되면서 다자·양자간 본격적인 협력사업 논의가 가능하게 되었다. 타결된 파리협정 제6조의 6.4조(SDM)는 CDM의 핵심요소를 차용하고 있으며 6.2조(협력적 접근법)는 양자간 다양한 협력 방식을 허용하고 있다. 따라서 앞으로 각 조항의 세부이행지침을 면밀히 파악하여 다자·양자간 협력사업을 추진해야 할 필요가 있다. 또한 파리협정에 따라 개도국 역시 탄소중립에 동참하고 자국의 온실가스 감축과 적응 능력 향상을 위해 선진국의 적극적인 재정적·기술적 지원을 요구하고 있기 때문에¹⁸⁾ 우리나라는 실행가능한 온실가스 감축사업 발굴 등 감축여력이 높은 개도국과의 협력전략을 마련하는 것이 필요하다.

이와 같은 기본원칙을 바탕으로, 신기후체제에서는 양자협력 채널 구축 및 활용이 가능한 6.2조에 해당하는 사업개발에 주목할 필요가 있다. 6.2조의 경우 당사국간의 합의로 신속하고 유연한 기준과 절차 적용이 가능할 것으로 예상됨에 따라, 양자협력국¹⁹⁾ 대상으로 감축 잠재력이 높은 사업 발굴 및 실행 계획을 선제적으로 개발하는 것이 필요하다. 이는 NDC 달성에 활용할 수 있을 뿐만 아니라 우리 기업의 ESG 목표 달성 및 우리 기술의 해외 진출 기회로 확대 가능하다. 또한 제6조가 자발적 시장을 직접적으로 규정하지는 않았지만, 6.2조와 6.8조 등 국가간 협력, 비시장 메커니즘 등이 강조된 바, 앞으로는 자발적 탄소시장을 활용한 감축활동도 더욱 활발해질 것으로 예상된다.

16) (Decision 2/CMA3의 부록 (Annex)에서는 IMTOs, 참여방법, 상응조정, 보고체계, 검토방법 등을 상세하게 규정

17) 청정개발체제(Clean Development Mechanism, CDM), 공동이행제도(Joint Implementation, JI), 배출권거래제(Emission Trading System, ETS)

18) UNFCCC (2021) <https://unfccc.int/documents/311181> 2022.1.27.

19) 우리나라 양자협력대상국 중 기후변화협력약정 체결국: 베트남(‘21.5), 미얀마, 페루, 스리랑카(‘21.10)

2. 자발적 탄소시장 활용 확대

자발적 탄소시장(Voluntary Carbon Market, 이하 VCM)은 감축의무가 없는 주체(기업, 기관, NGO, 개인 등)이 다양한 목적(사회적책임/환경보호)을 위해 자발적으로 탄소를 상쇄하기 위해 탄소배출권을 구매/거래하는 시장이다. VCM은 규제적 탄소시장이 모든 사업을 대상으로 적용하기 어렵기 때문에, 상호보완적인 관계를 구축하고 있다. VCM은 운영/관리 등에 있어 소요비용이 상대적으로 낮을 뿐만 아니라, 유연한 체제로 인해 민간기업이나 정부가 규제시장을 벗어나 보다 다양한 형태로 감축사업을 추진할 수 있는 생태계를 제공한다는 장점이 있다(표 2-4).

<표 2-4> 자발적 탄소시장의 장단점

장점	단점
1. 시장참여조건이 개방적이며 다양하고 유연 2. 등록에 따른 비용이 상대적으로 낮음 3. 다양한 교육 및 참여기회 제공 4. 기업의 브랜드 가치 제고	1. 통일성 부족으로 인한 혼란 가능성 2. 명확한 표준부재로 인한 신뢰성 저하 3. 타 시장체제와의 거래 제약

자료 : 한국농촌경제연구원(2009), 중소벤처기업연구원(2022) 재인용

VCM은 규제시장보다 먼저 형성되어 운영되어 온 것으로 알려져 있다. 전세계 최초의 탄소 상쇄 거래는 미국의 전력회사인 AES가 1989년 과테말라의 농림 프로젝트에 대한 투자로 알려져 있다. AES는 과테말라의 농부들에게 나무비용을 지불함으로써 본사에서 배출하는 온실가스를 상쇄하고자 하였다(Bayon,R et al, 2012, p.49에서 재인용).

이처럼 VCM은 자발적 기준에 따라 탄소상쇄권을 거래한다. 민간기업은 사회적 책임을 다하기 위해 상쇄권을 구매할 수 있고, 환경단체 등이 환경보호 차원에서 상쇄권을 구매할 수도 있다. 수요가 다양하기 때문에 VCM에는 다양한 프로젝트 유형이 존재하며, 각 사업의 특성에 따라 거래가격도 상이하게 형성되고 있다는 특징이 있다. 산림 및 토지이용 사업(45.4%) 및 재생에너지(42.5%) 유형이 전체 발행량의 약 88%를 차지하고 있는 것으로 나타났으나(표 2-5), 산림 및 토지이용 사업이 가장 높은거래가격을 형성하고 있는 것으로 나타나고(표 2-6) 있다(중소벤처기업연구원, 2022). 이는 자발적 탄소시장에 참여하는 민간기업들이 배출권 확보를 넘어 기업 ESG 경영 측면에서 자발적 탄소시장에 진출하고 있기 때문이다. 최근에는 소비자의 '친환경'에 대한 요구수준이 높아지며, 제조업을 넘어 금융/소비재 기업에서 산림사업 투자가 활성화되고 있다.

자발적 탄소시장은 개별적인 운영주체, 즉 독립 메커니즘(Independent crediting mechanism)에 의해 운영되고 있다. 따라서 자발적 시장에서 감축 프로젝트를 시행하여 발행되는 크레딧은 각 독립 메커니즘에 따라 검증기준이 상이하다. 대표적인 메커니즘으로 VCS(Voluntary Carbon Standard), GS4GG(Gold Standard for the Global Goals), ACR(American Carbon Registry), CAR(Climate Action Reserve)이 있으며, VCS가 가장 활발히 운영되고 있다.

<표 2-5> 자발적 시장의 크레딧 발급 프로젝트 유형

(단위: tonCO2e, %)

구분	2020		2021	
	발행량	비율	발행량	비율
산림 및 토지 이용	57,247,268	30.0	107,486,170	45.4
재생에너지	102,237,718	53.6	100,601,884	42.5
에너지효율 및 연료 전환	8,226,837	4.3	6,311,075	2.7
농업	125,351	0.1	122,144	0.0
폐기물 처리	12,249,756	6.4	5,971,932	2.5
수송	6,686	0.0	2,826,675	1.2
화학공정 및 산업 제조	6,293,883	3.3	7,459,956	3.2
기타	4,296,141	2.3	6,028,329	2.5

자료 : Ecosystem Marketplace(2021), p.8, 중소벤처기업연구원 (2022) 7 p 재인용

<표 2-6> 자발적 시장의 크레딧 발급 프로젝트 유형별 거래가격

(단위: USD/ton)

구분	연도		
	2019	2020	2021(8월)
산림 및 토지 이용	4.33	5.60	4.73
재생에너지	1.42	0.87	1.10
에너지효율 및 연료 전환	3.87	1.03	1.57
농업	-	9.23	1.36
폐기물 처리	2.45	2.76	3.93
수송	1.70	0.64	1.00
화학공정 및 산업 제조	3.84	4.95	5.75
기타	1.90	1.90	3.22

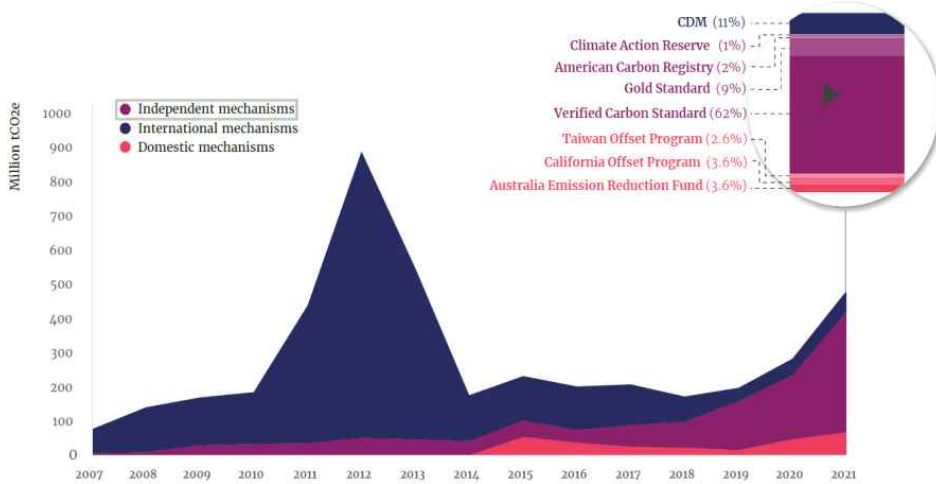
자료 : Ecosystem Marketplace(2021), p.10, 중소벤처기업연구원(2022) 7p 재인용

VCS는 비영리기구인 'VERRA'에 의해 운영되고 있는 탄소 상쇄 프로그램이다. VCS는 2007년 자발적 탄소시장에서 발행되는 탄소크레딧의 품질확보 노력의 일환으로 미국에서 설립된 비영리기구이다. 현재 약 1,800개의 프로젝트가 등록·운영되고 있으며 이를 통해 약 9.5억톤의 크레딧이 발행된 것으로 보고되고 있다. VERRA는 자발적 탄소표준에 대한 표준과 절차를 확보하고 있다.

GS4GG는 'Gold Standard'에 의해 운영되고 있는 탄소 상쇄 프로그램이다. Gold Standard는 지속가능발전목표 달성에 초점을 두고 있으며, 스위스 제네바에 본사를 두고 있다. 2003년 GS CDM를 출범시켰으며, 자발적 탄소상쇄 프로그램은 2006년에 마련되었다. 다른 프로그램과 달리, 동 프로그램은 환경적 추가성 확보 및 이로 인한 혜택 성과달성이 필수적이며 이에 대한 검증이 필수적이다.

이처럼 VCM이 온실가스 감축 및 탄소중립 달성을 위한 주요방안 중 하나로 인식되고 있음에 따라, 관련 시장 규모가 점차 확대되는 추세이다. 2020년 VCM은 괄목할 만한 성장을 기록하였으며, 2021년에도 그 성장세가 계속되었다(그림 2-6). 2021년 자발적 탄소시장을 통해 발급된 탄소크레딧 규모는 약 3억 5,200만톤에 달하며, 이는 전체 탄소시장의 74%를 차지하는 것으로 나타나고 있다(World Bank, 2022).

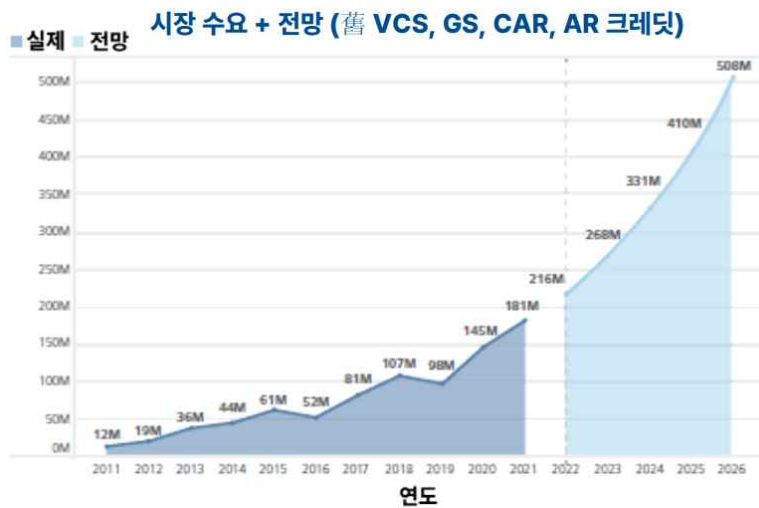
[그림 2-6] 자발적 탄소시장 규모



자료 : World Bank (2022)

Trove Research(2022)에 따르면, VCM의 가치는 작년 한 해 190% 증가하여 미화 10억 달러 정도의 규모에 해당하는 것으로 나타났다. 동 연구에서 VCM 규모는 2022년 50%~80% 정도 성장하여 미화 15억~17억 달러에 이를 것으로 예측하였다. 또한 향후 10년간 수요가 5~10배 가량 크게 증가하며, 2040년까지는 8~20배, 2050년까지 10~30배 가량 증가할 것으로 내다보았다²⁰⁾.

[그림 2-7] 자발적 탄소시장 수요 및 전망



자료 : South pole (2022)

20) Trove, Future Demand, Supply and Prices for Voluntary Carbon Credits – Keeping the Balance

이러한 확대 추세에 대응하여, 자발적 시장의 이해관계자들은 자발적 시장의 신뢰도 확보 등을 위해 자발적인 “자발적 탄소시장 확대 테스크포스(TSVCM)²¹⁾”를 조직하여 관련 가이드선 마련에 힘쓰고 있다. 또한 자발적 탄소시장 무결성 이니셔티브(VCSM) 등은 자발적 탄소시장에서 탄소상쇄 크레딧을 판매하는 기업의 주장을 검증할 지침 초안을 발표하였다. 따라서 장기적으로 TSVCM 또는 특정기구로부터 인정받은 자발적 시장의 크레딧이 더욱 많아질 것으로 예상된다.

3. 파리협정 제6조에 대응한 시범사업 추진사례

일부 국제기구와 선진국들이 추진하고 있는 파리협정 6조 대응을 위한 시범사업 사례를 검토해 볼 필요가 있다. Greiner, S. et al(2019)는 6조에 대응한 시범사업들을 4가지의 이니셔티브 유형으로 구분한 바 있다(표 2-7), 제6조 시범사업의 이니셔티브에 속한 스위스의 KliK 재단 사례와 스웨덴 에너지청(Swedish Energy Agency, SEA)의 사례, 아프리카개발은행(African Development Bank, AfDB)의 Adaptation Benefits Mechanism(ABM)의 사례가 좋은 예시가 되고 있다.

<표 2-7> 제6조 시범사업 이니셔티브의 구분

유형	특징	예시
A. 제6조 시범사업으로서의 이니셔티브	<ul style="list-style-type: none"> 파리협정 제6조를 염두해 두고 기획됨 대부분의 경우 6.2조 하의 협력또는 6.4조와의 연계까지 고려한 ‘Instrument neutral’의 형태를 취함 대부분이 구상 단계에 있으나 이행단계 진입의 가능성을 내포함 	AfDB Adaptation Benefits Mechanism SEA Virtual Pilots KliK Foundation Pilots NEFCO Pilots
B. 파리협정 이전에 형성된 이니셔티브	<ul style="list-style-type: none"> 파리협정 이전에 이미 시행중이던 이니셔티브 6.2조하의 협력사업으로 전환할 가능성이 있음 	Joint Crediting Mechanism(JCM) EU ETS
C. 탄소가격제 준비 차원의 이니셔티브	<ul style="list-style-type: none"> 탄소가격 메커니즘에 필요한 시장 형성 및 제도마련과 연계 다자금융 및 지역적 이니셔티브가 주를 이룸 	WB Warehouse Facility WB Transformative Carbon Asset Facility(TCAF) REDD+ ADB Article 6 Support Facility
D. UNFCCC 와의 국제 탄소시장 이니셔티브	<ul style="list-style-type: none"> UNFCCC 외의 조직에 의해 자발적으로 형성된 탄소시장 레짐 	ICAO CORSIA Gold Standard Verra (VCS)

자료 : Greiner, S. et al. 2019, STEPI, 2021 재인용

그 중 스웨덴에너지청(SEA)의 가상 시범사업(Virtual Pilots) 사례는 제6조 하에서 감축사업의 다양하게 설계될 수 있는지를 보여주고 있다. SEA는 2018년 제6조에 기반하여 컨셉노트 형태로 7개 국가에서 9개의 가상 파일럿을 개발하였다(그림 2-8). 이를 통해 잠재협력국을 대상으로 다양한 사업구상²²⁾이 도출되었는데, 가상 시범사업 설계단계에서 도출된 시사점을 정리하면 다음과 같다.

21) TSVCM: Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets, 국제금융협회(IIF)를 비롯한 금융계가 주축이 되어 설립되었으며, 상쇄제도의 무결성에 초점을 맞춘 가이드선을 마련 → 주요 시장 원칙을 내고 준수 여부를 감독하지만 탄소 크레딧의 수준을 규정하는 표준 기준이 없었음

22) 넷제로 에너지 빌딩, 산업폐수 신재생에너지, 교외지역 소형태양광, 신재생에너지 미니그리드, 지열발전, 지열원 열펌프,

첫째, 기준선은 보수적으로 설정하는 것이 필요하다. 불확실성의 많은 원인(데이터 품질, NDC 개발, 정책 개발 및 다양한 가정)으로 인해 기준선은 보수적으로 설정할 필요가 있으며, 이를 바탕으로 사후에 기준선을 업데이트 할 수 있을 것이다. 둘째, 제6조에 따른 협력은 신뢰할 수 있는 데이터가 필요하다. 많은 경우에 국가 배출량 데이터 및 기준 설정과 관련하여 개선이 필요하며, 이에 따라 모니터링, 보고 및 검증을 위한 제대로 작동하는 시스템이 필요하다. 데이터 품질이 낮은 경우 환경 무결성을 확보하기 위한 조치를 취해야 하며, 이는 배출 감소 및 기준선을 보수적으로 설정하는 것일 수도 있다. 셋째, 제6조에 따른 협력은 장기적인 참여가 뒷받침되어야 한다. 제6조 협력의 환경 무결성을 보호하려면 개발 초기 단계에서 방법론, 정부 기반 시설 및 기능의 개발과 모니터링, 보고 및 검증(MRV) 등을 위한 시스템 구축이 필요하다. 따라서 제6조 협력은 단순히 국제적으로 이전된 완화 성과(ITMO)의 거래가 아니라 장기적인 참여여야 한다. 넷째, 제6조에 따른 협력에는 대규모 및 연대 노력이 필요하다. 따라서 서로다른 자금이 결합될 때 결과적인 배출 감소는 적절하게 배분되어야 한다. 이를 위해 국가가 약속하고 시행하는 모든 활동의 의도된 영향에 대한 명확한 이해가 필요하며, NDC 구현을 위한 명확한 로드맵을 마련하는 것이 필요하다. 다섯째, NDC를 조정해야 할 필요도 있다. 추가성을 입증하고 해당 조정을 가능하게 하려면 NDC 목표를 일관된 메트릭으로 변환하고 부문별 또는 하위 부문 수준으로 세분화하고 다년 궤적으로 구성해야 할 수 있다. 여섯째, 민간 부문의 참여는 지속가능성을 높이는 데 중요하다. 프로젝트는 재정적으로 지속 가능해야 하며 신뢰, 예측 가능성 및 명확성을 보장하기 위한 노력이 이루어져야 한다. 일곱째, NDC 구현을 위한 로드맵 및 장기 개발 계획이 마련되어 있어야 한다. 제6조에 따른 협력은 무조건적인 NDC 목표를 초과하는 배출량 감소로 이어져야 하므로 NDC 달성을 위한 잘 기반된 계획은 필수 전제 조건이다. 무조건적인 목표를 설정하지 않은 정당의 경우 해당 국가의 비즈니스를 일반적인 배출 궤적으로 보는 보수적인 가정이 필수적이다.

[그림 2-8] 스웨덴에너지청(SEA)의 가상 시범사업(Virtual Pilot) 대상국/프로젝트



자료 : SEA 홈페이지 (<http://https://www.energimyndigheten.se/>)

고효율 냉매를 활용한 냉방기술, 폐기물을 활용한 바이오가스 등 (출처: SEA 홈페이지 <https://www.energimyndigheten.se/en/cooperation/swedens-program-for-international-climate-initiatives/cooperation-under-the-paris-agreement/operationalizing-article-6-lessons-from-the-swedish-energy-agencys-virtual-pilots/> (2022.10.31. 접속))

가상 시범사업을 통한 이상의 시사점은 향후 우리나라가 양자협력 사업을 개발하는 데 있어 고려해야 할 사항을 기술적, 재정적, 법적 관점에서 미리 제공했다는 점에 있어 의의가 있다. 이 외에도 일본의 공동크레딧메커니즘(Joint Crediting Mechanism)의 사례는 우리에게 유용한 시사점을 제공한다. 일본은 2013년 이래 21개 국가와 JCM 체제를 구축하였으며, 그 중 17개 국가와 214건(22.2월 기준)의 재정지원 사업(투자방식)을 선정하여 추진중에 있다. 사업 관리를 위해 공동위원회를 설치하여 사업을 관리중이다. 스위스는 2020년 이래 8개국과 양자협정을 체결하여 14건의 협력사업을 선정(22.9월 기준)하여 사업추진(구매방식) 중에 있으며, 공동 위원회 설치 없이 감축실적을 이전하는 모델을 추진 중이다. 이상의 사례들은 양자협력을 통한 국제 감축사업 추진에 시사점을 제공할 수 있다는 점에 있어 구체적으로 살펴볼 필요가 있다. 이러한 사례들은, 향후 자발적 탄소시장(Voluntary Carbon Market, 이하 VCM)에서 활용될 가능성이 높다.

4. 지속가능성 및 환경건전성 확보

한편, 감축사업 추진에 있어 지속가능성과 환경건전성에 대한 고려도 더욱 심도있게 고려되어야 한다. 지난 COP25에서는 파리협정 제6조가 준수해야 하는 기준으로 산호세 원칙(San Jose Principle)에 합의한 바 있다²³⁾. 산호세 원칙은 감축사업 추진에 있어 환경건전성을 준수하는 것을 기본원칙으로 제시하는 것으로서, 전세계 모두의 공통된 노력을 명시하고 있다(표 2-8).

〈표 2-8〉 산호세 원칙

- 환경건전성을 준수하고, 감축목표는 최대한 상향
- 전세계 온실가스 감축의 가속화를 위해 제로섬 상쇄방식을 넘어선 전 세계적인 감축 달성
- 2020년 이전의 교토의정서 감축 크레딧과 할당배출권의 사용을 금지
- 이중산정을 방지하고, 감축실적을 활용하는 경우 상응조정은 필수
- 파리협정 목표 달성을 저해하는 배출량, 기술 또는 탄소 집약도 높은 사례를 고정하지 말 것
- 유치국 NDC와 파리협약 목표 달성을 지원하는 산정 방법론 적용
- 투명성, 정확성, 일관성, 비교가능성, 완전성 원칙을 준수하는 이산화탄소 당량의 배출량과 제거량 산정 및 보고 방식 사용
- 명확하고 투명한 산정을 위해 정보의 수집, 추적과 공유가 외부에 공개되는 시스템 사용
- 모든 당사국이 전체 경제시스템을 포괄하는 목표를 수립하는 것을 촉진
- 기후변화에 취약한 개발도상국의 적응 비용을 지원하기 위한 정량화되고 예측 가능한 자원 마련
- 제6조 참여 국가를 최대한 확대하기 위한 역량강화의 중요성 인식

COP26에서 타결된 제6조 관련 지침에서는, 양자협력의 당사국 간 상응조정에 대한 내용을 담고 있다. 이에 국가간 거래에 있어 회계의 문제의 투명성이 더욱 중요해졌다. 감축실적에 대한 이중계상 문제에 있어 사업을 실행하는 회계연도와 실제 감축실적이 발생하는 회계연도가 다를 수 있기 때문에 이와 관련한 조정이 필요하며, 어떤 단위로 측정할 것인가에 대한 논의가 필요하다.

23) Dirección de Cambio Climático de Costa(2019. 12. 13.), “Press release: 32 leading countries set benchmark for carbon markets with San Jose Principles”, Rica<https://cambioclimatico.go.cr/press-release-leading-countries-set-benchmark-for-carbon-markets-with-san-jose-principles/>, (검색일: 2021. 1. 7.)

사업유치(대상)국(Host country)의 NDC 목표설정 수준도 환경건전성에 영향을 미칠 가능성이 있다). NDC 수준을 BAU 수준보다 높게 설정했을 경우, NDC를 달성한다고 하더라도 이는 순배출 증가를 의미하기 때문에 환경건전성은 떨어지는 것으로 볼 수 있다. 즉, 전지구적목표달성이라는 파리협정 원칙에 위배되는 것이다.

마지막으로 탄소시장을 과도하게 활용하면 환경건전성에 악영향을 미칠 수 있다. 국가들인 배출권 구입을 통해 목표치를 달성하고 국내 감축 노력을 경시할 수 있고, 따라서 NDC 수준을 보수적으로 산정하여 환경건전성 원칙을 위반할 수 있다. 따라서 탄소시장에서는 프로젝트 검토 시 지속가능성과 환경건전성을 면밀히 검토해야 할 필요가 있다.

결론적으로, 탄소시장 메커니즘은 전지구적 수준에서 비용효율적으로 온실가스 감축을 추진할 수 있는 수단이나, 과도하게 활용할 경우 총 배출량은 더 늘어날 수 있기 때문에 환경건전성을 제고할 수 있는 방안이 뒷받침되는 것이 필요하다. 따라서 국제수준에서 이를 모니터링할 수 있는 통일된 프레임워크를 구축하여 이중계상 등의 문제를 방지하는 것이 필요하다. 또한 각 국가는 NDC 목표 상향을 통해 시장 메커니즘을 비용절감의 목적으로 활용하지 않는 것이 필요하다. 마지막으로 개별 프로젝트 수준에서는 베이스라인을 명확히 설정하고, 이를 NDC와 연동하여 보다 정확한 측정과 검토, 보고가 이루어져야 한다. 또한 환경건전성을 확보할 수 있는 프로젝트, 농림 등의 사업에 투자하는 등 감축사업 뿐만 아니라 적응분야 사업에도 적극적인 투자가 이뤄지는 것이 필요하다.

제 3 절 국내에의 시사점

1. 탄소중립 목표달성을 위한 기반 마련 관점

우리나라는 2021년 9월 탄소중립을 범제화²⁴⁾ 하는 등 관련 정책을 적극적으로 추진해오고 있다. 윤석열 정부는 19개 국정과제가 탄소중립과 직·간접적으로 연관되어 있고, 그 중 86번 과제에서는 ‘과학적인 탄소중립 이행방안 마련으로 녹색경제 전환’을 포함, 탄소중립 대전환을 새로운 성장의 기회로 활용하기 위한 전제 조건으로 과학기술의 중요성을 강조하고 있다²⁵⁾.

그러나 탄소중립을 향한 정부의 적극적인 정책추진에도 불구하고 목표달성을 위한 우리의 상황은 녹록치 않은 상황이다. 우리나라는 제조업 기반 경제구조를 가지고 있고, 재생에너지 도입에 불리한 환경적 조건을 가지고 있어 탄소중립 기한도 상대적으로 촉박한 상황에 직면해 있다(환경부, 2021).

이는 실질적으로 감축을 해야하는 기업의 부담이 되고 있다. 주요 글로벌 기업은 RE100 선언을 통해 밸류체인에 속한 기업들에 탄소중립을 적극적으로 요구하고 있는 상황이다. 또한 ESG 경영문화의 확산으로 기업들은 CDP(Carbon Disclosure Project) 등 다양한 환경정보 공개요구에 직면하였다. 이와 같은 글로벌 추세는 수출비중이 높은 제조업 중심의 우리 경제구조에 새로운 무역장벽으로 작용하고 있다.

뿐만 아니라, 탄소국경조정제(Carbon Border Adjustment Mechanism, 이하 CBAM)의 도입예고는 우리 기업들에 또다른 부담이 될 것으로 보인다. EU는 ETS를 도입하여 탄소가격 정책을 펼쳐온 바 있으나, 기업의 생산기반을 역외국으로 옮겨 글로벌 탄소배출 총량은 줄지 않는 탄소누출 문제가 발생하자 ‘21년 7월 CBAM 입법 초안을 공개, ‘23년 시범적용, ‘27 전면 도입을 발표하였다. CBAM 적용 품목은 9개(철강, 비료, 시멘트, 알루미늄, 전력, 유기화학품, 수소, 암모니아, 플라스틱)으로, 배출량 산정에는 간접배출량도 포함되었다.

수출 주도의 경제구조인 한국은 CBAM 시행시 미치는 영향이 클 것으로 보인다. 우선 발전 부문에서 석탄 화력발전 비중이 선진국 중에서 매우 높으며(41.5%), CBAM 대상 품목이 한국의 대 EU 수출에서 차지하는 비율은 약 15.3%이다. 간접 탄소 배출량까지 계상하는 CBAM의 특성을 고려하면 고탄소 집약적 발전으로 인한 전력을 사용하여 CBAM 대상 품목을 생산 및 수출하는 국내 산업계는 상당한 경제적 타격이 불가피할 것으로 보인다. 이에 윤석열 정부는 산업계 탄소 배출 감축 활동 지원 대상 기업을 크게 늘리고, 국제적으로 수소 시장을 선도하려는 노력으로 이에 대응하고자 하는바, 그 경과를 면밀히 살피는 것이 필요할 것으로 보인다.

이러한 글로벌 정세변화 속에, 한국은 대내적 관점에서는 녹색·기후기술 투자를 촉진하여 기술혁신을 통한 탄소중립을 이루고, 대외적으로는 탄소시장을 적극 활용하여 감축량을 확보하는 전략이 필요할 것으로 보인다. 특히 2050 탄소중립의 중간목표인 2030 NDC 상향안에서도 국내감축(24.1%→35.4%) 및 국외감축(2.2%→4.6%) 비중이 동시에 확대된 바, 대내적/대외적, 단기적/장기적 전략마련은 필수적이다.

24) 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(탄소중립기본법)」 제정(‘21.8월) 및 시행(‘22.3월)

25) 관계부처 합동, 「탄소중립·녹색성장 추진전략」 2022.10.26. (2022.11.01. 접속)

실질적으로 기업은 정부에 탄소중립을 위한 기술개발에 적극적인 지원을 요청하고 있다. 김지현 외(2021)가 시행한 설문조사에 따르면, 배출권거래제 대상기업들은 해외배출권 관련 정책설계시 고려사항으로 국내감축기술 혁신을 상위로 제시하고 있으며, 해외배출권 사업 추진 시 신재생에너지, 고효율에너지 제품 보급, CCUS 기술 기반의 탄소사업 추진 희망하는 것으로 나타나²⁶⁾ 장기적 관점에서 관련 기술투자를 통해 내부감축과 외부감축 모두 달성할 수 있도록 노력해야 할 것이다.

또한 파리협정 탄소시장 관련 세부이행지침이 확정된 바, 탄소시장을 적극적으로 활용할 수 있는 정책을 마련해야 한다. 탄소시장의 활용은 '21년 11월 개최된 제26차 UN기후변화협약 당사국 총회(The 26th UN Climate Change Conference of Parties, 이하 COP26) 에서 탄소시장과 관련된 파리협정 세부이행지침이 마련되며 더욱 활성화 될 것으로 기대되고 있다. 또한 신기후체제에서는 기후위기 대응을 위한 각 주체(국가, 기업 등)들의 자발적 노력이 더욱 강조되고 있는바, 감축의무가 없는 주체의 자발적인 온실가스 감축사업 참여도 더욱 활성화될 것으로 예상되며 이에 자발적 탄소시장 활용도 더욱 증가할 것으로 예상된다. 이에 우리 정부와 기업은 온실가스 감축사업에 관해 협력이 가능한 국가와 사업분야를 선제적으로 발굴하여 사업설계 및 실행에 대비해야 할 필요가 있다(문진영 외, 2021). 그러나 탄소시장 활용에 있어 지속가능성과 환경건전성이 지속적으로 강조되고 있는 바, 관련 전략마련 시 이에 대한 충분한 고려도 필요하다(Rajamani, 2016).

26) 과학기술정책연구원(2021) 신기후체제에서의 과학기술을 활용한 국제 탄소시장 참여전략 연구

2. 탄소시장 대응 관점

우리나라는 2030 국가 온실가스 감축목표 상향된 국외 감축분(3,350만CO₂eq, 전체 감축목표의 11.5%)을 제시하였으며, 정부 간 양자협정 등의 방식을 통해 국외감축 사업 협력국을 확대하는 계획을 발표하였다(관계부처 합동, '21.10). NDC 상향조정안 발표에 이어 2050 탄소중립녹색성장위원회는 국제감축사업을 추진하기 위한 근거 및 절차를 규정한 「탄소중립기본법(‘21.9월)」을 제정하였다.

동법에는 국제사업 추진을 위한 법적근거가 마련되어 있으며 주요내용은 다음(표 2-9)과 같다.

<표 2-9> 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법 (약칭: 탄소중립기본법)

제35조(국제 감축사업의 추진) ① 협정 제6조에 따라 온실가스 감축 실적을 얻기 위하여 행하는 기술지원, 투자 및 구매 등의 사업(이하 “국제감축사업”이라 한다)을 수행하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 사업내용, 온실가스 예상감축량 등을 포함한 사업계획서를 정부에 제출하고, 사전 승인을 받아야 한다.

② 제1항에 따른 사전 승인을 받은 자(이하 이 조에서 “사업수행자”라 한다)는 해당 사업으로부터 취득하게 되는 온실가스 감축량을 객관적으로 증명하기 위하여 모니터링을 수행하고, 모니터링 보고서를 측정·보고·검증이 가능한 방식으로 작성하여 검증기관의 검증을 받아 정부에 보고하여야 한다.

③ 국제감축사업을 통하여 협정 제6조에 따른 측정·보고·검증 방법상 적합하다고 인정되는 온실가스 감축량(이하 “국제감축실적”이라 한다)을 취득한 사업수행자는 지체 없이 정부에 신고하여야 하며, 정부는 신고받은 국제감축실적을 국제 감축 등록부에 등록하고 체계적으로 관리하여야 한다. 다만, 보고내용이 협정의 기준에 부합하지 아니하는 경우에는 보완을 요청할 수 있다.

④ 사업수행자는 등록된 국제감축실적을 매매나 그 밖의 방법으로 거래할 수 있으며, 거래·소멸 시 그 사실을 정부에 신고하여야 한다. 다만, 국제감축실적을 해외로 이전하거나 국내로 이전받으려는 때에는 정부의 사전 승인을 받아야 한다.

⑤ 정부는 등록된 국제감축실적을 중장기감축목표등의 달성을 위하여 활용할 수 있다.

⑥ 정부는 외국 정부와 공동으로 국제감축사업을 수행할 수 있으며, 다음 각 호의 사항에 관한 심의를 위하여 공동으로 사업을 수행하는 외국 정부와 협의하여 국제감축사업 협의체를 둘 수 있다.

1. 사업수행 방법의 승인
2. 국제감축사업의 등록
3. 국제감축실적의 이전

⑦ 제1항에 따른 사전 승인 기준·방법 및 절차, 제2항에 따른 모니터링 보고서 작성 방법 및 검증 절차, 제3항에 따른 신고 방법, 제4항에 따른 신고 방법 및 사전 승인 기준·절차 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

탄소중립기본법 시행령이 제정 및 시행(22.3월)됨에 따라, 온실가스 국제감축사업의 국내 이행체계 구축을 위해 ‘국제감축심의회27’를 개최하였다. 이어 부처합동으로 대외경제장관회의를 통해 「온실가스 국제감축사업 추진전략」을 의결했다(관계부처 합동, '22.8). 추진전략의 주요 정책과제로는 3가지가 제시되었으며, 국내·외 추진기반 구축 및 여건을 조성하고 기반 정비를 통한 사업 활성화를 유도하는 내용을 포함하고 있다(표 2-10).

<표 2-10> 온실가스 국제감축사업 추진전략

① 국내 추진기반 구축	② G2G 추진여건 조성	③ 사업 활성화 유도
규범·체계 정비, 감축경로 수립, 투자/구매 기준설계 등	양자협정 체결 확대, ODA 연계, 국제사회 논의 참여 등	자금조달 지원, 기업부담 완화, 공공기관 참여 유도 등

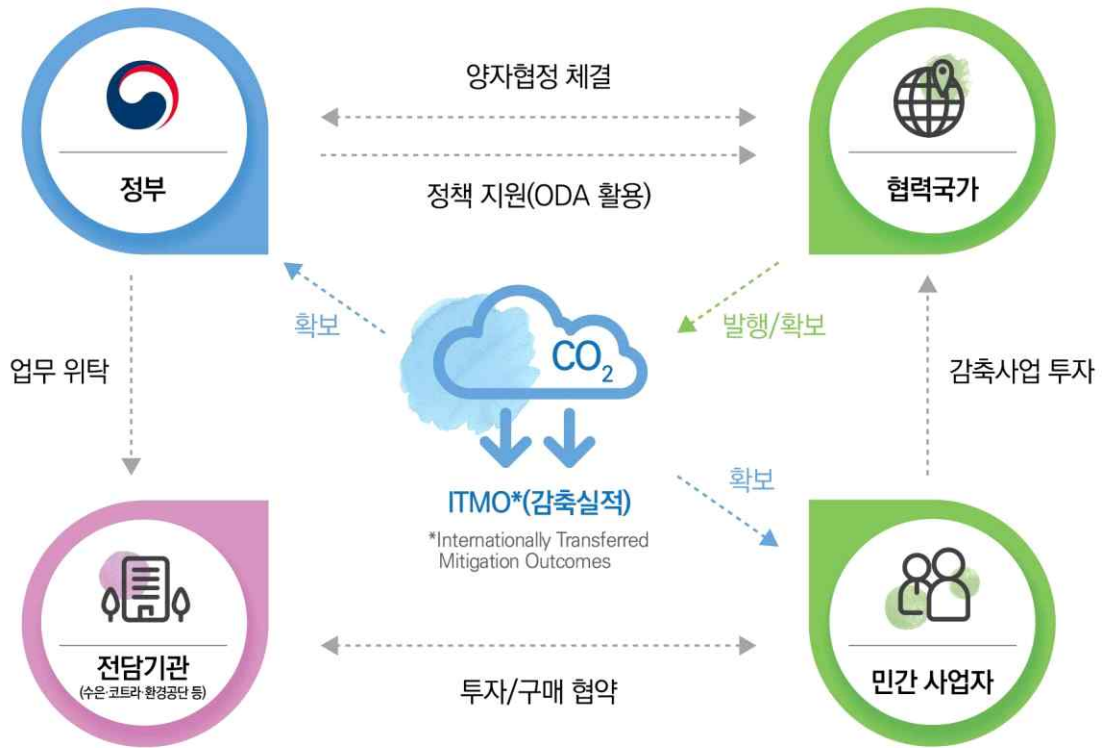
국제감축사업은 탄소중립기본법 제35조에 따라 투자, 구매, 기술이전 방식으로 추진되어야 하는데, 감축 사업의 핵심 목표 및 성과가 해외 감축 실적의 국내 이전이 되므로 G2G 양자협정 에 기반한 협상 세부내용 및 이에 근거한 전략 마련이 매우 중요하다. 이러한 협력체계를 통해 정부는 민간의 감축실적을 확보하여 국가 NDC 목표 달성 활용이 가능할 것으로 보인다(산업통상자원부, 2022a).

이와 같은 법제도적 기반 마련에 따라, 보다 적극적으로 국제감축사업을 발굴할 필요가 있다.

교토 의정서 체제에서 파리협정 체제로 변환됨에 따라 선진국과 개발도상국 모두 온실가스 감축의무가 부여되었다는 점에서 감축목표 달성을 위한 성과 분배, 즉 상응조정 부분이 핵심 쟁점이 된다. 파리 협정 제6.2조에 따른 양자 협력사업 에서는 국가 간 온실가스 감축실적 상응조정과 사업 관리감독 방법 등에 대한 양자 협정이 필수적으로 제시되고 있는데(산업통상자원부, 2022b), 6.2조 사업은 사업절차, MRV(측정, 보고, 검증) 등을 양국 자율적 협의를 거쳐 결정하는 방식으로 G2G 양자 협정이 필요하다(그림 2-9).

27) 국제감축심의회는 국제감축사업에 관한 사항을 심의조정하기 위해 「탄소중립 기본법 시행령」에 따라 설치된 기구로 국조실, 기재부, 산업부, 환경부, 외교부, 국토부, 농식품부, 해수부, 산림청 등 9개 부처 국장급이 위원으로 참여한다.

[그림 2-9] 국제 감축사업 유형



자료 : 산업통상자원부, 2022a

우리나라는 제1차 기후변화대응 기본계획 상 국제탄소시장 활용 및 대응력 강화를 위한 양자 및 다자 협력의 중요성을 강조한 바 있다. 2017년 이후 관련 부처 회의를 통해 아시아 3개국(베트남, 미얀마, 스리랑카)과 남미 2개국(페루, 칠레)이 양자협력 우선 협상 대상국으로 선정하였으며 몽골은 여건상 협력 가능 개도국으로 선정되었다(KEEI, 2020a). 이후 2021년 정부가 2030 국가온실가스 감축목표(NDC) 상향안을 발표하면서, 국외감축 사업 우선 협력대상국을 확대 중에 있다(관계부처 합동, 2022). 이에 따라 우선 협력대상국으로 18개국이 선정되었으며 국가 간 세부내용 협정을 위한 협상을 가속화하기 위한 작업이 진행 중이다(표 2-11).

<표 2-11> 우선 협력대상국(총 18개국)

구 분	국 가
기체결	베트남('21.5월)
체결 추진 (17개국)	페루, 스리랑카, 인니, 인도, 칠레, 태국, 몽골, 라오스, 우즈벡, 사우디, 콜롬비아, 브라질, 필리핀, 방글라데시, 미얀마, 모로코, UAE

2022년 7월을 기준으로 대상국을 중심으로 양자협정 체결 의향을 파악하고 있으며, 협력 의지가 높은 순으로 협력 체계를 확대하기 위한 협상이 추진 중에 있다²⁸⁾. 양자협정 체계는 기본협정과 부속문서로 구성되어 있으며, 기본 협정에는 포괄적 협력분야, 국제 감축사업 운영을 위한 공동위원회 설치등이 포함되고, 부속문서에서는 운동위원회 운영규정 및 감축실적 검증·분배를 위한 세부절차 등이 포함된다(관계부처 합동, 2022). 이에 따라 정부 간 협의 하에 사업을 발굴하고, 감축 실적 이전 등의 문제에 대응하기 위해서는 협상의 세부 내용이 매우 중요할 것으로 사료된다. 이를 통해 온실가스 감축 실적에 대한 분배기준을 구체화하고 민간 투자자의 불확실성을 해소하는 측면에서 지원이 이루어질 것으로 보인다.

이에 국제 탄소시장 대응을 위해서는 규제시장과 자발적시장을 동시에 고려하면서 전략을 달리하는 투트랙 전략이 필요하다.

사업분야에 있어, 기존연구 CDM 성공사례 분석결과, 농림업 분야가 등록성공률 및 단위사업에서 발생가능한 CERs이 다른 기술사업 분야에 비해 높게 나타나, 향후 발전가능성이 높을 것으로 판단된다. 또한 우리가 관련 기술특허를 많이 보유하고 있는 에너지와 수송/교통분야 등 감축량 확보가 큰 사업을 중심으로 기존에 사업이 많이 진행되지 않은 LDC 국가에서 감축사업을 진행하는 것이 필요하다. 특히 개도국의 기술수요는 감축 뿐만 아니라 기반을 조성하는 적응사업에도 높은 수요를 가짐에 따라 적응사업과 감축사업을 연계하여 융복합 사업 모델로 나아가야 한다.

사업추진 방법에 있어, 기존연구에서 방법론 부재 및 적합한 방법론 미적용 이슈가 제기됨에 따라 방법론을 고도화 하는 것이 필요하다. 이는 우리의 ICT 기술과 적극 연계하여 추진이 가능할 것으로 판단되며, 이는 파리협정에서 중요하게 다뤄지고 있는 국가간 상응조정 문제해결에도 도움이 될 것으로 보인다. 뿐만 아니라 이와 같은 기술을 개도국 역량강화에 활용하는 것이 필요하다. ICT 기술의 연계는 현재 급속히 진행되고 있는 탄소배출권의 블록체인기술과도 연계되어 관련 기술시장을 선점할 수 있는 기회가 될 수 있다.

탄소시장 유형에 따른 대응에 있어, 협력적 접근법을 통한 사업의 확대가 기대됨에 따라 자발적 탄소시장을 통한 감축도 더욱 활성화 될것으로 예상되므로 다양한 사업모델을 발굴하는 것이 필요하다. 스웨덴의 가상 시범사업 모델을 도입한다면 실질적인 사업이전에 법/제도적, 기술적 문제점들을 미리 파악해 볼 수 있는 좋은 기회가 될 수 있을 것으로 보인다. 가상 시범사업을 모집하는 단계에서, 감축사업에 관심이 있는 관련 기술을 보유한 기업들의 포트폴리오를 수집하고 감축사업에 적합한 방법론을 컨설팅한다면, 감축사업의 실현가능성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

또한 증가하는 탄소감축사업 수요에 대응할 수 있는 관련 인력양성 필요할 것으로 보이며, 기초교육을 전담할 수 있는 기관을 설립하거나 교육과정을 만들어 제공하는 것이 필요할 것으로 보인다.

28) 베트남, 페루, 미얀마, 스리랑카 등 4개국 대상 양자 기후변화협력 협정 체결 추진 중(외교부). 베트남은 협정 서명(' 21.5), 몽골 가서명('22.8), 페루·스리랑카는 문안 협상.

제 3 장 우리나라의 국제 탄소시장 대응 녹색·기후기술 현황 분석

제 1 절 분석개요

1. 녹색·기후기술 현황 분석 필요성

전세계 탄소중립 움직임에 따라 우리나라도 탄소중립을 법제화하는 등 적극적으로 대응해 나가고 있으나, 실질적인 감축 주체인 기업의 부담도 증가하는 상황으로 이를 고려한 전략마련이 시급하다. 특히 주요 선진국과 글로벌 기업들은 탄소국경조정메커니즘(Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) 도입, 카본 클럽(Carbon Club) 결성 등 글로벌 밸류체인 관점에서 탄소중립을 추진하고 있어, 수출비중이 높은 우리나라 산업부문에 위협이 되고 있다.

이에 본 연구에서는 우리나라의 녹색·기후기술 현황을 분석하여, 기후변화 시대 저탄소 중심의 산업 경쟁력을 확보하기 위한 전략을 마련하고자 하였다. 협의적 관점에서, 우리나라 녹색·기후기술의 경쟁력 분석을 위해서는 파리협약 제6조 이행 및 NDC 목표 달성을 위해 탄소배출권을 확보를 위한 녹색·기후기술에 한정하여 분석할 수 있다. 그러나 현재 녹색·기후기술의 기후변화 대응에 대한 적용 범위는 탄소배출권을 통한 온실가스 감축 목표 상쇄뿐만 아니라 CBAM 및 넷제로, 녹색 금융 등 국제적인 규제에 대응하는 내부감축 기술 등 전반적인 녹색·기후기술을 포함하고 있기 때문에 경쟁력 분석을 위해서는 보다 광의적 개념으로 접근하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 주요 국가들의 녹색·기후기술 특허분석을 통해 우리나라가 글로벌에 대응하는 기술 경쟁력 현황의 살펴보고자 하였다. 뿐만 아니라 주요 개도국에서 수행된 CDM(Clean Development Mechanism) 사업 현황을 조사하여 탄소배출권 확보를 위해 활용이 유망한 기술을 조망해 보고자 하였다. 더불어 최근 국제사회에서 탄소사업에서의 환경건전성 기준이 날로 높아짐에 따라 NbS 기반 사업의 자발적 탄소시장 등록 및 발급 현황과 기준에 대한 분석을 수행하였으며, 이를 통해 향후 탄소사업에 활용될 수 있는 유망한 녹색·기후기술을 조망해보고자 한다.

2. 분석 대상 및 범위

국제 탄소시장에서 우리나라의 녹색·기후기술 현황 및 경쟁력을 살펴보기 위하여 기후기술 특허의 네트워크 중심성 분석을 통해 기후기술의 중심에 위치하는 핵심기술을 파악하고 시계열별 트렌드를 선진국 및 개도국과 비교하였다. 더불어 전문가 설문조사를 통해 기후기술별 중요성, 시급성, 성장가능성을 평가하여 우리나라의 녹색·기후기술의 중·단기 및 장기적 측면에서 각 기술이 갖는 중요성을 기준으로 우리나라의 녹색·기후기술 경쟁력을 분석하였다.

본 연구의 분석에서 녹색·기후기술의 범위는 기술분류체계에서 국제특허분류 IPC(International Patent Classification)에서 기후변화와 관련한 Y 섹션 기술 10개군을 대상으로 하였다. IPC는 녹색·기후기술의 현황분석 시 협력적 특허분류 CPC(Cooperative Patent Classification)의 효과적인 매개체로서 국가의 녹색·기후 기술 혁신의 경쟁력 수준을 측정하는 중요한 지표로 기능한다. CPC는 미국특허청과 유럽특허청이 함께 유럽의 특허분류체계(The European CLAssification, ECLA)와 미국의 특허분류체계(US Patent Classification, USPC)를 바탕으로 2013년도에 확립된 기술코드로 기후기술에 대한 기술(Y02 섹션)과 스마트 그리드 기술(Y04 기술) 등이 Y 섹터 기술군에 포함되어 있다(녹색기술센터, 2018).

본 연구에서 분석 대상이 되는 특허의 범위는 아래 <표 3-1>과 같이 IPC에서 기후기술 특허에 해당하는 Y코드 10개 분야 기술군이다(Y02A, Y02B, Y02D, Y02E, Y02P, Y02T, Y02W, Y04S, Y10S, Y10T). 각 기술코드의 의미하는 기술의 범위는 <표 3-1>과 같다. 기술코드에 포함되는 기술범위는 각 기술코드의 마지막 알파벳을 통해서 유추할 수 있는데 Y02A는 ‘A’는 Adaptation(적응)으로 이 기술코드군은 기후변화 적응과 관련된 기술을 포함하고 있다.

<표 3-1> 기후기술 특허 분류코드 및 정보

IPC	기술 범위
Y02A	기후변화 적응 기술
Y02B	건축물과 관련된 기후변화 완화기술
Y02D	정보 통신 기술[ICT]에서의 기후 변화 완화 기술 [ICT], 즉, 에너지 사용 감소를 목적으로 하는 정보 통신 기술
Y02E	온실가스[GHG]방출의 감축, 에너지생산, 전송 또는 분배
Y02P	상품의 생산 또는 공정기술
Y02T	교통과 관련 기술
Y02W	폐수처리 또는 폐기물 관리 기술
Y04S	전기발전, 전송, 분배, 관리 및 스마트그리드
Y10S	이전 USPC 상호 참조 아트 컬렉션[XRACs] 및 요약에 의해 분류되는 기술 주제
Y10T	금속 가공 및 하드웨어 - 잠금 장치 및 커넥터

본 연구에서는 녹색·기후기술의 범위를 KIPRIS에서 각 국가에서 CPC-Y 기준 출원된 특허가 Y02B, Y02C, Y02E, Y02P, Y02T, Y02W, Y04S 중 최소 하나 이상의 IPC를 가지고 있는 기술로 정의하였다. 본 연구에서 녹색기술에 대한 특허정보 데이터는 KIPRIS에서 추출되었으며, 한국(166,961개)을 기준으로 선진국은 미국(418,454개), 독일(35,916개), 스웨덴(1,210개), 중국(217,691개), 일본(140,582개)을

개도국은 베트남을 표본으로 삼았다. 추출기간은 2010년부터 2021년까지이며 추출 최종일은 2021년 12월 31일로 정하였다. IPC는 특허의 기능과 응용을 결합한 국제적으로 인정된 기술분류이다. IPC는 특허정보의 기술적 특성을 반영한다. 본 연구에서 분석 대상이 되는 특허의 범위는 아래 <표 3-2>와 같이 10개 분야의 기후기술 분야의 기술군이다. 본 연구에서 사용되는 기술코드의 의미는 다음과 같다.

<표 3-2> 특허 분류코드 및 정보

IPC	기술 범위
B01D	<ul style="list-style-type: none"> 분리(습식법에 의한 고체와 고체의 분리 B03B, B03D; 풍력테이블 또는 풍력선광기에 의한 것 B03B; 다른 건식법에 의한 것 B07; 자기 또는 정전기에 의한 고체 또는 유체로부터의 고체의 분리, 고압전기장에 의한 분리 B03C; 원심분리기 과류장치 B04; 액체 함유물로부터 유체를 짜내는데 쓰이는 프레스 그 자체 B30B9/02; 수(水)처리 C02F
B01J	<ul style="list-style-type: none"> 화학적 또는 물리적 방법
B29C	<ul style="list-style-type: none"> 플라스틱의 성형 또는 접합; 소성 상태에 있는 물질의 성형으로서 달리 분류되지 않는 것; 성형품의 후처리
B29L	<ul style="list-style-type: none"> 서브클래스 B29C에 관련되는 특정물품에 관한 인덱싱 계열
B32B	<ul style="list-style-type: none"> 적층체, 즉 평평하거나 평평하지 않은 형상 (예. 세포상(cellular) 또는 벌집 구조(honeycomb))의 층으로 조립된 제품
B60K	<ul style="list-style-type: none"> 차량의 추진 기관 또는 변속기(트랜스미션, transmission)의 배치 또는 설치; 복수의 다양한 원동기의 배치 또는 설치; 차량용 보조 구동장치; 차량용 계기 또는 계기판; 차량의 추진 장치의 냉각, 흡기, 배기 또는 연료 공급에 관한 배치
B60L	<ul style="list-style-type: none"> 전기 추진차량의 추진(차량의 공통 추진 또는 상호 추진을 위한 여러 다양한 견인차의 또는 전기 추진 장치의 설치 또는 배치 B60K 1/00, B60K 6/20; 차량에서 전기 기어링의 설치 또는 배치 B60K 17/12, B60K 17/14; 철도 차량에서 파워를 감소시킴으로 휠 슬립(wheel slip)을 예방하는 것 B61C 15/08; 전기 발전 기계 H02K; 전기자동차의 제어 또는 조정 H02P); 전기추진자동차의 보조 장치를 위해 전력을 공급하는 것 (차량의 기계적 커플링을 결합한 전자 커플링 장치 B60D 1/64; 차량용 전기 난방 B60H 1/00); 차량용 전동식 브레이크 시스템 일반 (전기자동차의 규제 또는 통제 H02P); 차량용 자기 서스펜션 또는 부상; 전기 추진 자동차의 운영 변수 모니터링; 전기 추진 자동차의 전기 안전 장치
B60R	<ul style="list-style-type: none"> 달리 분류되지 않는 차량, 차량 부속구 또는 차량부품(차량에 특히 적합하게 된 화재예방, 억제 또는 소화 A62C 3/07)
B60W	<ul style="list-style-type: none"> 다른 종류 또는 다른 기능의 차량용 부품의 관련 제어; 하이브리드 차량에 특별히 적합한 제어 시스템; 특정의 단일의 부품의 제어에 관한 것은 아닌, 특정의 목적을 위한 도로상의 차량의 운전 제어 시스템
B60Y	<ul style="list-style-type: none"> 교차 절단 차량 기술 측면에 관련된 색인 분류
B63B	<ul style="list-style-type: none"> 선박 또는 그 밖의 물에 뜨는 구조물; 선적을 위한 장치
B64C	<ul style="list-style-type: none"> 비행기; 헬리콥터
B64D	<ul style="list-style-type: none"> 항공기의 장비; 비행복; 패러슈트(parachute 낙하산); 항공기내의 동력 장치 또는 추진 전달 기구의 설비 또는 장치

IPC	기술 범위
C01B	▪ 비금속 원소; 그 화합물
C01G	▪ 서브클래스 C01D 또는 C01F에 의해 포함되지 않는 금속을 포함하는 화합물
C01P	▪ 고체 무기 화합물의 구조적 측면 및 물리적 측면과 관련한 참조 분류표
C02F	▪ 물, 폐수, 하수 또는 오니(슬러지)의 처리
C03B	▪ 유리, 또는 미네랄 또는 슬래그 율의 제조 또는 성형; 유리, 또는 미네랄 또는 슬래그 율의 제조 또는 성형에서의 보조공정
C04B	▪ 석회; 마그네시아; 슬래그; 시멘트; 그 조성물, 예. 모르타르, 콘크리트 또는 유사한 건축재료; 인조석; 세라믹(실투유리세라믹 C03C 10/00); 내화물(내화 금속에 따른 합금 C22C); 천연석의 처리
C07C	▪ 비환 화합물 또는 탄소환 화합물
C08G	▪ 탄소-탄소 불포화 결합만이 관여하는 반응 이외의 반응으로 얻는 고분자 화합물
C08J	▪ 마무리; 일반적 혼합 방법; 서브클래스 C08B, C08C, C08F, C08G 또는 C08H에 포함 되지 않는 후 처리(가공, 예.플라스틱의 성형 B29)
C08L	▪ 고분자 화합물의 조성물
C09K	▪ 그 밖에 분류되지 않는 응용되는 물질 ; 그 밖에 분류되지 않는 물질의 응용
C10G	▪ 탄화수소유의 분해 증류; 액체 탄화수소 혼합물의 제조, 예. 분해 수소화, 올리고머화(Oligomerisation), 중합 반응
C10L	▪ 달리 분류되지 않는 연료; 천연가스; 서브클래스 C10G 또는 C10K에 의하여 분류되지 않는 방법으로 얻어지는 천연 가스; 액체 석유 가스; 연료 또는 화염의 첨가제 사용; 화염 착화제
C12M	▪ 효소학 또는 미생물학을 위한 장치
C12P	▪ 발효 또는 효소를 사용하여 원하는 화학물질 또는 조성물을 합성하는 방법 또는 혼합물로부터 광학이성체를 분리하는 방법
C21B	▪ 철 또는 강의 제조
C21C	▪ 선철의 처리, 예. 정제, 연철 또는 강의 제조; 철계합금의 용융상태에서의 처리
C22B	▪ 금속의 제조 또는 정제(금속분 또는 그 현탁액의 제조 B22F 9/00; 전기분해 또는 전기영동에 의한 금속의 제조 C25); 원료의 예비처리
F01D	▪ 비용적형의 기계 또는 기관, 예. 증기터빈
F01K	▪ 증기기관설비; 증기어큐뮬레이터(accumulator); 달리 분류되지 않는 기관설비; 특수한 작동유체 또는 사이클을 사용한 기관
F01N	▪ 기계 또는 기관을 위한 가스유 소음기 또는 배기장치 일반; 내연기관용 관한 것 B60K 13/00; 특히 내연기관에 응용되고 결합되는 연소가스유 소음기 또는 배기장치
F01P	▪ 기계 또는 기관의 냉각일반; 내연기관의 냉각
F02B	▪ 내연식 피스톤기관; 연소기관 일반
F02C	▪ 가스터빈 설비; 제트 추진 설비를 위한 공기의 도입 ; 공기 흡입 제트 추진 설비에 있어서의 연료 공급 제어

IPC	기술 범위
F02D	▪ 연소 기관의 제어
F02M	▪ 일반 연소기관에의 가연혼합물 또는 그의 성분의 공급
F02N	▪ 연소 엔진의 시동; 그러한 엔진에 대한 시동 보조제, 달리 제공되지 않는 것
F03B	▪ 액체용 기계 또는 기관
F03D	▪ 풍력원동기
F05B	▪ 서브클래스 F03B, F03D 및 F03G에 의해 포괄되는 바람, 스프링, 무게, 관성 또는 모터와 같은, 액체를 위한 기계 또는 엔진과 연관된 인덱싱 분류표
F05D	▪ 비-정-변위 기계 또는 엔진, 가스 터빈 또는 제트 추진 설비에 관련 있는 측면을 위한 구분표
F16H	▪ 전동장치
F16L	▪ 관; 관의 이음 또는 부속품; 관, 케이블 또는 보호관류의 지지; 일반적인 열절연(THERMAL INSULATION) 방법
F24D	▪ 가정용 또는 구역 난방방식, 예. 중앙난방방식; 가정용온수공급방식; 그를 위한 요소 또는 구성부재
F24F	▪ 공기조화; 공기가습; 환기; 차폐를 위한 기류의 이용(발생 장소에서의 진애 또는 취기의 제거 B08B 15/00; 건물로부터 폐가스를 운반하기 위한 수직 배관 E04F 17/02; 연통을 위한 선단(terminals), 굴뚝 또는 환기축의 선단 F23L 17/02)
F25B	▪ 냉동기계, 플랜트(Plants) 또는 시스템; 가열과 냉동을 조합한 시스템; 히트 펌프시스템
F28D	▪ 열교환매체가 직접접촉하지 않는 열교환 장치로 다른 서브클래스로 분류 되지 않는 것(열전달, 열교환 또는 열저장 물질 C09K 5/00; 열발생 수단 또는 열전달 수단을 갖는 유체가열기 F24H; 노 F27; 일반용의 열교환장치의 F28F); 축열 플랜트 또는 장치 일반
F28F	▪ 일반적인 열 교환 또는 열전달장치의 세부(열전달, 열교환 또는 열저장물질 C09K 5/00; 물 또는 공기 트랩(trap), 공기빼기(air venting) F16)
G01R	▪ 전기변량의 측정; 자기변량의 측정
G05B	▪ 제어계 또는 조정계 일반; 이와 같은 계의 기능요소; 이와 같은 계 또는 요소의 감시 또는 시험장치
G06F	▪ 전기에 의한 디지털 데이터처리
G06Q	▪ 관리용, 상업용, 금융용, 경영용, 감독용 또는 예측용으로 특히 적합한 데이터 처리 시스템 또는 방법; 그 밖에 분류되지 않는 관리용, 상업용, 금융용, 경영용, 감독용 또는 예측용으로 특히 적합한 시스템 또는 방법
G21C	▪ 원자로
H01B	▪ 케이블; 도체; 절연체; 도전성, 절연성 또는 유전성 특성에 대한 재료의 선택
H01G	▪ 콘덴서; 전해용 콘덴서, 정류기, 검파기, 개폐장치 감광장치 또는 감온장치
H01L	▪ 반도체 장치; 다른 곳에 속하지 않는 전기적 고체 장치
H01M	▪ 화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 방법 또는 수단, 예. 1차전지 또는 2차전지 또는 배터리, 연료전지 또는 스택(stack)
H02J	▪ 전력급전 또는 전력배전을 위한 회로 장치 또는 시스템; 전기에너지를 저장하기 위한 시스템

IPC	기술 범위
H02K	▪ 회전-전기 기계
H02M	▪ 교류-교류, 교류-직류 또는 직류-직류 변환장치 및 주전원 또는 유사한 전력 공급 시스템과 함께 사용하기 위한 장치; 직류 또는 교류입력의 서지 출력변환; 그것을 제어 또는 조정
H02S	▪ 적외선, 가시광선 또는 자외선의 변환에 의한 전력의 발생, 예. 광전지[PV] 모듈을 이용하는 것
H04B	▪ 전송
H04L	▪ 디지털 정보의 전송, 예. 전신통신(전신(telegraphic) 및 전화통신의 공통장치 H04M)
H04W	▪ 무선 통신 네트워크
H05B	▪ 전기 가열; 달리 제공되지 않는 전기 광원; 일반적인 전기 광원을 위한 회로 장치
H05K	▪ 인쇄 회로; 전기 장치의 케이싱 또는 구조적 세부; 전기 부품 조립체의 제조
Y02A	▪ 기후변화 적응 기술
Y02B	▪ 건축물과 관련된 기후변화 완화기술
Y02D	▪ 정보 통신 기술[ICT]에서의 기후 변화 완화 기술 [ICT], 즉. 에너지 사용 감소를 목적으로 하는 정보 통신 기술
Y02E	▪ 온실가스[GHG]방출의 감축, 에너지생산, 전송 또는 분배
Y02P	▪ 상품의 생산 또는 공정기술
Y02T	▪ 교통과 관련 기술
Y02W	▪ 폐수처리 또는 폐기물 관리 기술
Y04S	▪ 전기발전, 전송, 분배, 관리 및 스마트그리드
Y10S	▪ 이전 USPC 상호 참조 아트 컬렉션[XRACs] 및 요약에 의해 분류되는 기술 주제
Y10T	▪ 금속 가공 및 하드웨어 - 잠금 장치 및 커넥터
Y02C	▪ 온실가스 포집, 저장, 격리 또는 폐기

3. 분석 방법

가. 네트워크 분석

네트워크는 관계구조는 노드(node)와 링크(link)의 조합을 통해 표현된다. 여러 노드와 링크의 조합을 통해 네트워크의 관계구조도 다양해진다. 점으로 표시되는 각 노드를 선으로 연결하는 링크를 얼마나 보유하고는지에 따라 영향력을 다르게 갖는다. 이 영향력을 수치로 계산하여 지표화하고 있다.




네트워크 지표는 전체 네트워크의 구조를 보여주는 거시 네트워크(macro network)와 함께 네트워크 내에서 노드와 링크의 구조를 보여주는 미시 네트워크(micro network)로 나뉜다(김용희, 2020). 이 중 중심성(centrality)은 미시 네트워크에서 가장 많이 활용되는 지표로서 연결정도 중심성(degree centrality), 근접 중심성(closeness centrality), 그리고 매개 중심성(betweenness centrality)의 3가지 중심성 지표를 활용한다(표 3-3). 각각의 정의는 다음과 같다(김용희, 2020).

연결 정도 중심성(degree centrality)은 노드가 링크와의 연결망 안에서 얼마나 직접적인 관계를 많이 맺고 있는지 의미한다. 많은 수의 노드와 연결관계를 직접적으로 맺고 있는 노드는 다른 노드와의 여러 접근 기회를 갖으며 더 많은 정보가 연계되어 있을 가능성이 높다. 단, 연결 정도 중심성이 높은 노드는 직접적으로 연결된 네트워크 그룹 안에서는 상당한 영향력을 가지고 있는 것으로 볼 수 있지만, 다른 네트워크 그룹에도 유의한 영향력을 미치는 것으로 보기는 어렵다(이민정·김준우, 2014)

근접 중심성(closeness centrality)은 특정 노드가 연결된 네트워크 안에서 다른 노드와 떨어져 있는 정도를 나타내는 중심성 지표이다. 근접 중심성을 계산하는 방법은 노드 간 최단경로로 연결된 거리의 합으로 나타난다. 이러한 연유로 특정 노드와의 근접 중심성이 커지면 해당 노드의 상대적인 영향력은 낮다. 근접 중심성 값의 역수로 노드의 상대적 영향력도 커지도록 할 수 있다. 근접 중심성 관점에서 가장 중심이 되는 노드는 네트워크 내 모든 노드들과 가장 가까운 경로로 연결되는 구조적 이점을 가지고 있기 때문에, 다른 노드와 자원과 정보를 가장 빠르게 주고받을 수 있고 왜곡의 가능성이 최소화된다는 장점이 있다(이민정·김준우, 2014)

매개 중심성(betweenness centrality)은 네트워크 안에서 노드가 연결할 수 있는 역량을 의미한다. 즉, 매개 중심성은 다른 노드 사이를 연결하는 다리가 될 수 있는 영향력을 나타내고, 특정 노드를 통해 많은 노드들이 최단 경로로 분석대상 네트워크에서 밀집도가 높은 위치로 연결될 수 있으면 해당 노드의 매개 중심성이 높은 것으로 볼 수 있다(이민정·김준우, 2014)

<표 3-3> 네트워크 중심성 구조와 수식

구분	수식	네트워크 구조
연결 중심성	$C_i = \frac{1}{n-1} \sum_{j \neq i} g_{ij}$ <p>C_i : 노드 i의 노드 연결정도 중심성 g_{ij} : 노드 i가 (g-1)개의 다른 노드와 갖는 연결관계의 개수 n : 노드의 개수</p>	
근접 중심성	$C_i = \frac{1}{n-1} \sum_{j \neq i} \frac{1}{d_{ij}}$ <p>C_i : 노드 i의 노드 근접 중심성 d_{ij} : 노드 i와 노드 j간의 최단경로 거리의 합 n : 노드의 개수</p>	
매개 중심성	$C_i = \frac{1}{(n-1)(n-2)} \sum_{j \neq i} \sum_{k \neq i, j} s_{ijk}$ <p>C_i : 노드 i의 노드 매개 중심성 s_{ijk} : 두 노드 j와 k간의 최단경로의 개수 s_{ijk} : 두 노드 j와 k간의 최단경로 중 노드 i를 포함하는 경로의 개수</p>	

자료: 광기영, 2014. 소셜네트워크 분석, 청람. 재수정

제 2 절 주요 녹색·기후기술 현황 분석

1. Y02A - 기후변화 적응 관련 기술

기후변화 적응 관련 기술은 Y02A로 분류하고 있다. 미 특허상표청(USPTO, 2022a)은 Y02A 분류에 기후변화 적응 간접 연관 기술 등을 포함하고 있으며, 그 내용은 아래와 같다.

- 1) 홍수 예방, 산호초 보호 등 해·하안 유역 기후변화 적응 기술
- 2) 수자원 보존 및 효율적 공급·이용
- 3) 극단적 날씨 상황 견디는 전력 공급 체계, 도시 내 녹색 기반 시설 개발 등 기반 시설 관련 기술
- 4) 농·임업, 가축 또는 농업적 생산 유관 기술
- 5) 인간의 건강을 극단적 기후변화로부터 보호 기술
- 6) ICT, 기후 모의실험(Simulation) 등

따라서, Y02A는 인간과 자연이 기후변화로 인한 부정적인 영향으로부터 사람과 자연이 받는 영향으로 받는 피해를 줄이고, 효과적 자원 활용을 도모하여 기후변화로 발생하는 문제 해결에 이바지할 수 있는 기술이다(GTC, 2019).

주요 개발도상국 및 선진국의 특허 네트워크를 분석 결과, 연결 정도 중심성을 기준으로 한국의 안정적 성장단계(2019-2021)에 Y02A가 처음 등장하여 상위 10위를 기록했다. 이를 통하여, 한국은 Y02A 특허 네트워크 내 영향력이 최근 들어 강해지는 경향을 볼 수 있다. 독일과 중국에서는 초기 개발단계(2010-2013)부터 Y02A의 영향력이 강했던 기간이 없던 것으로 나타났고, 미국과 스웨덴에서는 Y02A 초기 단계에 일시적으로 주목받았으나, 이후 줄곧 상위 10위 내로 진입하지 못하였다. 일본에서도 급격한 속 성장 단계(2014-2018)까지는 Y02A 영향력이 10위 권에 포함되었으나, 안정 성장 단계에 들어선 이후 밀려났다. 베트남의 경우, Y02A 영향력이 초기 발전 단계와 안정 성장 단계에서 한국과 유사하게 상위 10위권에 위치하며 주목을 받는 것으로 나타났다. 타 선진국 특허 네트워크를 한국 특허 네트워크와 비교하여 보면, 한국에서는 최근에서야 안정적 성장단계에 들어서며 Y02A가 주목받는 데 비해, 기타 선진국의 경우 특허 네트워크 내 Y02A 영향력 비교적 크지 않음을 알 수 있다. 전문가들의 Y02A 인식점수를 살펴보면, 평균 중요성 정도는 5.882, 최빈출 인식점수는 6점(44.12%)으로 나타났다. 성장 가능성의 경우 평균 5.324, 최빈출 점수 7점(29.41%)을 기록했고, 시급성이 평균 5.441, 최빈출 점수는 7점(32.35%)으로 드러났다. 정리하면, 전문가 집단은 Y02A의 중요성을 성장 가능성과 시급성에 비해 더욱 인식하고 있는 점을 알 수 있다.

근래 한국은 기록적인 폭우로 큰 피해를 보았고, 이러한 현상의 한 원인으로 기후변화가 주목받고 있다. 한국 기상청은 기후변화로 인해 중위도와 극지역의 기온 차이가 줄어들면서 공기 순환이 원활히 이루어지지 않아 발생하는 '블로킹(Blocking)'의 영향을 최근 폭우 피해의 원인으로서 배제할 수 없다는 입장을 밝힌바 있다(BBC News 코리아, 2022a). 즉, 대한민국이 최근 들어 겪은, 기후변화가 원인으로 작용하는 현안을 해결하고자 기후변화 적응 기술인 Y02A의 중요성에 더 주목하는 것으로 보인다.

<표 3-4> Y02A 전문가 응답

Y02A	중요성		성장 가능성		시급성	
	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)
1						
2	2	5.88	2	5.88	2	5.88
3	1	2.94	1	2.94	3	8.82
4	1	2.94	7	20.59	3	8.82
5	3	8.82	8	23.53	7	20.59
6	15	44.12	6	17.65	8	23.53
7	12	35.29	10	29.41	11	32.35
평균	5.882		5.324		5.441	
상관						

기후변화 대응에 있어, 기후변화 완화(Mitigation)는 그러한 변화를 일으키는 근원을 해결하는 것을, 적응(Adaptation)은 기후변화로 인한 피해를 최소화하는 개념을 의미한다(Climate Reality Project, 2019). Climate Policy Initiative (2021)에 따르면, 현재까지 대부분의 기후 재정(Climate Finance)은 완화에 집중 되었고(90% 이상), 7%만이 적응에 사용된 것으로 나타났다. 이를 미루어 보았을 때, 적응에 대한 투자는 완화에 비해 상대적으로 덜 주목받아왔다. 그러나, 기후변화 적응이 적은 투입 비용 대비 빠른 성과를 기대할 수 있기에 향후, 완화와 더불어 기후변화에 대응의 주요 기둥으로의 성장 가능성이 높다. 2021년 Bank of America는 기후변화 적응 시장이 5년 안에 연간 미화 2조 달러 규모로 약 2배 가량 확대될 것으로 보고 있다(BNN Bloomberg, 2021). 이에, 특히 네트워크 내 Y02A의 영향력은 향후 한국을 포함하여 다양한 국가에서 점차 증가할 것으로 보인다.

2. Y02B - 건물에 관련된 기술

Y02B는 건물에 관련된 기술이 포함되며, 세분류로는 다음의 항목을 포함한다(USPTO, 2022b).

- 1) 건물과 태양력, 풍력 등 재생에너지원의 통합
- 2) 에너지 효율이 높은 조명 기술
- 3) 에너지 효율적인 난방, 환기 등 HVAC 기술
- 4) 가전제품 에너지 효율성 향상
- 5) 엘리베이터, 에스컬레이터, 무빙워크 등의 에너지 효율성 향상
- 6) 최종 사용자 측면에서 효율적 전력 관리 및 이용 기술
- 7) 건물의 열효율 개선을 위한 건축 기술
- 8) 온실가스 배출 감축 구현 기술

선진국 및 개발도상국 특허 네트워크를 살펴보면, 연결 정도 중심성을 기준으로 Y02B는 한국 특허 네트워크 초기 개발단계에서 9번째로 강한 영향력을 보유했지만, 이내 10위권 밖으로 밀려났다. 이는 현재 한국에서 친환경 건축 및 건물 관리 기술이 과거에 비해 주목받지 못하고 있음을 추정할 수 있다. 독일 및 중국에서는 초기부터 안정 단계까지 Y02B 연결 정도 중심이 10위 안에 들었던 경우가 없으며, 스웨덴은 급격한 성장단계에 Y02B가 일시적으로 상위 10위권에 오른 후, 안정적 성장단계로 접어들며 다시 10위권 외에 위치한 것으로 나타났다. 반면, 미국은 초기 개발단계부터 안정 성장 단계까지 Y02B가 지속해서 10위권에 위치하였고, 특허 네트워크 내 영향력이 점차 높아졌다. 한편, 일본의 Y02B 연결 정도 중심성은 안정적 성장단계에 접어들고서야 상위 10위권에 위치하였다. 즉, 미국·일본 내 Y02B의 특허 네트워크 상의 영향력이 높은 것으로 보인다. 베트남에서는 특허 네트워크 내 Y02B 영향력이 특별히 두드러지지 않는 않았다. 정리하면, 특허 네트워크상에서 미국과 일본에서는 Y02B 주목도가 높으나, 한국 등 기타 선진국 및 개발도상국 특허 네트워크에서는 Y02B의 연구·개발이 비교적 소극적인 것으로 추정된다. Y02B 부문 전문가 인식점수를 살펴보면, 중요성 평균은 4.971, 최빈출 인식점수는 5점으로 나타났고, 시급성 평균 4.294 가장 높은 빈도의 응답은 5점으로 나타났다. 성장 가능성의 평균은 5.088으로 가장 높았고, 전문가 인식 응답의 최빈값은 5점으로 나타났다. 따라서, 전문가 집단은 Y02B의 높은 성장 가능성을 점치고 있음을 알 수 있다.

2020년 대한민국 국토교통부는 국내 온실가스 감축 목표를 달성코자 면적 1,000m² 이상 공공 건축물 대상 제로에너지건축을 의무화 하였으며, 2025년 민간 확대 계획을 발표했다. 2030년에는 제로에너지건축 의무 기준을 면적 500m² 이상 축소, 보다 엄격하게 적용할 예정이다(대한전문건설신문, 2020). 이에 따라, 에너지 효율성 고도화 및 손실 최소화를 도모하는 ‘패시브 하우스(Passive House)’이 주목받고 있다(이미디어, 2021). 친환경건축은 탄소중립을 위한 고려가 설계, 자재 선정, 건설 및 철거 등 해당 건축물의 전체 수명주기에서 필요하다. 이를 위해 각 해당 분야의 전문가들이 합심하여 ‘통합 설계’를 수행해야 한다. 그러나, 국내 친환경건축 실무 전문가 부족, 값을 관계 기반의 수직적인

<표 3-5> Y02B 전문가 응답

Y02B	중요성		성장가능성		시급성	
	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)
1	1	2.94	1	2.94	1	2.94
2			2	5.88	3	8.82
3	3	8.82	2	5.88	6	17.65
4	5	14.71	3	8.82	7	20.59
5	15	44.12	13	38.24	11	32.35
6	6	17.65	6	17.65	4	11.76
7	4	11.76	7	20.59	2	5.88
평균	4.971		5.088		4.294	
상관						

산업구조 개선 필요 등 분명한 한계가 드러난 상황이다(한국건설신문, 2016). 이에 더하여, 낮에는 블라인드를 올려 태양을 받아야하는 번거로움과 지열로 가열할 수 있는 온수 최대 온도가 43℃에 불과하다는 기술적 한계, 일반 공정 대비 고비용에 긴 공사기간 등 경제적 한계로 민간 건설사의 적극적 참여가 제한적이라는 의견도 존재한다(KBS, 2019). 정리하면, 제로에너지건축, 패시브 하우스 등 다양한 친환경 건축기술 확산을 통한 탄소 배출 감축을 도모하려면 장기적인 관점에서 산업, 경제, 기술적 등 복합적인 접근을 통한 점진적 한계 개선이 필요할 것으로 추정된다.

3. Y02C - 온실가스의 포집, 저장, 격리 혹은 폐기에 대한 기술

USPTO (2022b)에 따르면, Y02C는 온실가스 포집, 저장, 격리/제거(Capture, Storage, Sequestration or Disposal of Greenhouse Gases) 유관 기술을 의미하며, 아래의 세분류를 포함한다.

- 1) 아산화질소에 대한 포집 및 제거 기술
- 2) 메탄에 대한 포집 및 제거 기술
- 3) 과불화탄소, 수소불화탄소, 육불화황에 대한 포집 및 제거 기술
- 4) 이산화탄소에 대한 포집 및 제거 기술

IEA (2021)는, Y02C 해당 기술을 통한 탄소 포집·저장·활용(Carbon Capture, Utilization, and Storage, CCUS) 기술은 전 지구적 탄소중립 시나리오 상에서 2050 목표 탄소 배출 감축량의 약 18%를 달성하도록 할 것으로 예상되어 탄소중립 실현의 핵심으로 여기고 있다.

Y 특히 관련 선진국 및 개발도상국 네트워크 분석 상의 연결 정도 중심성을 기준으로 순위를 매겼을 때, Y02C가 나타나지는 않았다. 그러나, 근래 다수의 국가에서 Y02C 해당 CCUS 기술에 주목하고 있다. 한국도 이러한 경향에 따라 2021년 과학기술정보통신부를 통하여 ‘이산화탄소 포집·활용 기술혁신 로드맵’을 발표하며 정부 차원의 CCUS 기술 지원을 천명하였다(KDB미래전략연구소, 2022). 독일은 CCUS 기술을 통하여 산업 생산 공정 중 발생하는 탄소 배출량을 2020년부터 10년간 추가 절감하고자 하며, 미국은 발전 핵심 기술로 CCUS 기술을 선정하여 2050년까지의 구체적인 전력 생산 기술 전략을 세운바 있다(KDB미래전략연구소, 2022). 단, CCUS 기술 자체는 현재 초기 상용화 단계이기에 부문 내 진전이 더더 특히 네트워크 내부 영향력이 아직은 낮은 수준으로 보이는 것으로 이해할 수 있다. 전문가 집단의 Y02C 관련 인식점수의 중요성 평균은 6.294이고, 최빈출 인식점수는 7점(50%)이다. 성장 가능성 평균은 5.618, 최빈출 인식점수는 6점(38.24%)이었으며, 시급성의 경우, 중요성 평균 6.088, 최빈출 인식점수는 7점(44.12%)을 기록했다. 즉, Y02C 포함 기술의 경우에는 해당 기술군의 중요성이 성장 가능성 및 시급성에 비해 더 높게 인식되고 있는 것을 알 수 있다.

<표 3-6> Y02C 전문가 응답

Y02C	중요성		성장 가능성		시급성			
	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)		
1								
2								
3			2	5.88	1	2.94		
4	1	2.94	4	11.76	1	2.94		
5	5	14.71	7	20.59	7	20.59		
6	11	32.35	13	38.24	10	29.41		
7	17	50	8	23.53	15	44.12		
평균	6.294		5.618		6.088			
상관								
	<p>percent</p> <p>20 31.373</p> <p>18.524 29.412</p> <p>17.647 27.451</p> <p>16.471 25.49</p> <p>15.294 23.529</p> <p>14.118 21.569</p> <p>12.941 19.608</p> <p>11.765 17.647</p> <p>10.588 15.686</p> <p>9.4118 13.725</p> <p>8.2353 11.765</p> <p>7.0588 9.8039</p> <p>5.8824 7.8431</p> <p>4.7059 5.8824</p> <p>3.5294 3.9216</p>				<p>percent</p> <p>31.373</p> <p>29.412</p> <p>27.451</p> <p>25.49</p> <p>23.529</p> <p>21.569</p> <p>19.608</p> <p>17.647</p> <p>15.686</p> <p>13.725</p> <p>11.765</p> <p>9.8039</p> <p>7.8431</p> <p>5.8824</p> <p>3.9216</p>			

정리하면, 탄소중립 달성의 핵심적인 요소로서 CCUS 기술은 이미 국제적으로 주목받고 있으며, 한 전문가는 2030 국가결정기여 (Nationally Determined Contribution, NDC) 달성에 CCUS 기술은

필수라고 밝힌 바 있다(KITA, 2022b). 이러한 전 지구적 경향에 발맞추고자 대한민국 정부는 CCUS 기술을 탄소중립을 도모하며 에너지 부문 신산업으로서 CCUS 기술을 발전시키고자 'CCUS 제도 기반 구축 TF'의 활동을 시작하였으며, 이를 통하여 Y02C의 중요성이 더욱 커질 것으로 보인다.

글로벌 단위에서 상업적인 탄소포집시설은 현재 35개소가 45 Mt 규모로 운영되고 있다. 이 중 65%는 설치 비용이 저렴한 천연가스 기반이다. 설치비용이 석탄을 이용하는 화력 발전소 대비 67% 정도 절감할 수 있는 탄소포집기술이 제안되고 있어 이 분야 기술을 이용한 탄소감축 효과를 얻을 수 있을 것으로 예측한다(IEA, 2022). 미국과 영국, 독일 등 주요 선진국에서는 탄소중립 목표 달성을 위하여 CCUS를 필수 기술로 인식하고 이 분야에 대한 투자를 진행하고 있다. CCUS 기술을 이용한 탄소 감축 잠재량은 연간 약 220 MtCO₂eq. 정도 예상되며 2030년까지 200여 개의 신규 시설로 늘어날 것으로 예상된다(IEA, 2022; KDB미래전략연구소, 2022). 이러한 맥락에서 Y02C 특허기술은 한국뿐만 아니라 글로벌 수준에서 확장되고 기술의 중요성이 높아질 것으로 예상된다.

4. Y02D - 정보 통신 기술에서의 기후 변화 완화 기술, 즉, 에너지 사용 감소를 목적으로 하는 정보 통신 기술

USPTO (2022c) CPC 분류 상의 Y02D는 정보 통신 기술(Information and Communications Technology, ICT) 중에서 기후 변화 완화 기술, 즉, 자체 에너지 사용 절감을 도모하는 정보 통신 기술을 의미하며, 세분류는 아래와 같은 항목을 담고 있다.

- 1) 저전력 프로세서, 전원 관리, 열 관리 등 에너지 효율이 높은 컴퓨팅
- 2) 유선 통신 네트워크의 에너지 소비 감소
- 3) 무선 통신 네트워크의 에너지 소비 감소

GeSI (2015)는 2030년의 전 세계 탄소 배출량 중 ICT 산업 부문 자체는 약 1.97%를 차지할 것으로 예상된다고 밝힌 바 있다. 그러면서 다른 산업에 ICT를 접목할 경우, 전체 배출량을 20% 정도 감축할 수 있다고 밝혔다. 즉, ICT 산업은 타 부문과의 결합을 통하여 ICT 산업 자체 배출량의 약 10배의 달하는 탄소를 감축할 수 있을 만큼 시너지 잠재력이 큰 것으로 여길 수 있다는 의미이다. 이와 같이 일정한 기술의 지속가능성에 대한 긍정적인 기여도를 두고 '탄소 발자국(Carbon Footprint)'의 반대 개념인 '탄소 손자국(Carbon Handprint)'이라고 일컫는데, 상기 언급한 바, ICT 부문의 탄소 손자국 잠재력이 크기에 국가 차원의 친환경 ICT 부문 발전의 중요성은 날로 부각되고 있다.

뜻밖에도, 선진국, 개발도상국을 막론하고 Y02D는 친환경 특허 네트워크 분석 결과에서 상위권에 들지 못했다. 이는 ICT 에너지 산업 부문의 에너지 효율이 최근에 들어서야 강조되고 있기 때문으로 보인다. 중국 ICT 부문 대표 기업 중 하나인 화웨이는 5G 이후를 주제로 진행한 'Win-Win Innovation Week' 행사에서 주요 의제로 친환경 기술을 언급한 바, 화웨이는 이미 비트 당 에너지 소비량을 감축하는 친환경 네트워크를 구축했고, 타 기업에 에너지 효율적인 기술에 주목할 것을

장려했다(Global Times, 2022). 또한, 2022년 국제전기통신연합 전기통신표준화부문(International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector, ITU-T)는 ‘Network Carbon data/energy intensity’를 발표하고 ICT 산업 부문 에너지 효율 계량을 가능하도록 하여 부문 내 친환경 전환을 촉진하였다(ITU-T, 2022). 이처럼 데이터 통신 상의 에너지 효율성을 높이는 기술은 ICT 산업 부문에서 주목을 받기 시작했기 때문에 장래 특히 네트워크 내 중요도 역시 높아질 것으로 보인다.

<표 3-7> Y02D 전문가 응답

Y02D	중요성		성장 가능성		시급성	
	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)
1						
2			1	2.94	1	2.94
3	1	2.94			3	8.82
4	5	14.71	5	14.71	5	14.71
5	9	26.47	5	14.71	13	38.24
6	11	32.35	12	35.29	6	17.65
7	8	23.53	11	32.35	6	17.65
평균	5.588		5.765		5.118	
상관						

Y02D 전문가 인식점수를 살펴보면, 평균 중요성 5.588, 최빈출 인식점수 6점(32.35%)으로 나타났다. 성장 가능성 경우, 평균 5.765, 최빈출 점수는 6점(35.29%)이었으며 시급성은 평균 5.118, 최빈출 인식점수는 5점(38.24%)으로 드러났다. Y02D 해당 기술의 중요성 및 시급성 대비 성장가능성을 더 높게 인식하고 있음을 알 수 있다. 한편, 국내 무선 통신 데이터 트래픽은 2015년 1월 대비 2022년 7월에 약 86% 증가, 초고속 인터넷 가입자는 2016년 12월 대비 2022년 8월 약 13.3% 증가세를 보였다(과학기술정보통신부, 2022a, b). 전 세계적으로 2015년 대비 2021년 인터넷 사용자는 60% 증가하였으며, 이에 따라 데이터 송수신 에너지 사용량은 최고 60%까지 증가, 전 세계 전력 소비량의 1.4%를 점유하였다(IEA, 2022). 데이터 생성량의 증가 추세는 분명하고 지속될 것으로 보이므로, 향후 생성 및 축적될 거대한 데이터와 이를 송·수신하는 과정에서의 탄소 배출량을 고려하면, 향후 ICT 부문 내 기후변화 완화 기술을 다루는 Y02D는 점점 더 중요해질 것으로 보인다.

4차 산업 혁명을 목도하는 현재 사회의 주요 키워드 중 하나를 꼽는다면 ‘초연결’사회일 것이다. 초연결사회란 인간과 주변의 다양한 사물들이 네트워크를 통하여 연결되며, 이 과정에서 거대

데이터가 생산 및 교환생산되고 송·수신되는 환경이 조성되는 사회를 의미한다(NIPA, 2012). 해마다 생성되는 데이터량과 이를 송·수신할 때 소비하는 전력, 데이터 센터에서 해당 데이터 저장에 소비하는 전력까지 고려하면 이제는 그 에너지 소비량을 무시할 수 없는 수준이 되었다. 수치로 보면, 데이터 센터의 처리량은 2015년 대비 2021년 무려 260% 증가하였고, 220-320TWh 정도의 막대한 전력을 사용하고 있는 것으로 보고 있다(IEA, 2022). 이에 대응하고자, 마이크로소프트 등 대규모 데이터 센터 보유 기업들은 지속 가능성을 갖춘 데이터 센터 운영 노력을 앞다퉀 홍보하고 있으며, 미 EPA 및 연방 에너지부(United States Department of Energy, U.S. DOE)가 운영하는 Energy Star®는 우수 전력 효율 데이터 센터에 인증마크를 부여하고 있다(EnergyStar, 2022; Microsoft, 2021). 이와 같이 Y02D 특허 관련 기술은 날로 그 중요성이 커질 것을 보인다.

5. Y02E - 온실가스(GHG)방출의 감축, 에너지생산, 전송 또는 분배에 관한 기술

미국 특허상표청 분류 상의 Y02E는 에너지 생산, 전송 및 분배 유관 온실가스(GHG) 배출 감축 기술에 관한 특허를 의미하며 다음의 항목을 포함하고 있다.

- 1) 재생 가능한 에너지를 통한 에너지 생산
- 2) 환경적 피해 완화 가능성이 있는 연소 기술
- 3) 원자력 에너지 생산
- 4) 효율적인 전력 생산, 전송 또는 배전을 위한 기술
- 5) 비 화석연료 생산 기술
- 6) 온실가스 배출 감축 구현 기술
- 7) 온실가스 배출을 줄이는 기타 에너지 전환 또는 관리시스템 (USPTO, 2022d).

특허 네트워크 분석 결과, 연결 정도 중심성에서 Y02E는 한국의 초기 개발단계(2010-2013), 급속 성장단계(2014-2018), 안정적 성장단계(2019-2021) 등 모든 단계에서 1위를 기록할만큼 국내 관련 특허 영향력이 매우 강하게 나타났다. 미국·독일의 경우 초기 및 급속 성장단계에서 상위 10위권 내에 Y02E 관련 특허들이 포진했으나, 안정적 성장시기로 접어든 이후 순위가 하락하였다. 반면, 일본의 경우 개발 단계 초입에서는 중요성 인식 수준이 낮았으나, 급속 성장단계 이후 안정 단계까지 중요성이 매우 증가한 것으로 나타났다. 스웨덴, 중국, 베트남은 초기·급속·안정 단계 등 전체 성장단계 기간 중 꾸준히 상위 10위 내에 관련 특허들이 위치한 것으로 드러났다.

전문가 인식점수로 본 Y02E 관련 특허 중요성 평균은 6.294, 최빈출 인식점수 7점(47.06%)이었으며, 유사하게 성장 가능성 평균은 5.941, 최빈출 점수 7점(38.24%)으로 기타 특허에 비해 높은 인식도를 보여주고 있었다. 시급성 역시 중요성 평균 6.029, 최빈출 인식점수는 6점(44.12%)으로 높은 수치를 보여주었다. 정리하면, 중요성-시급성-성장 가능성 순으로 높은 점수를 얻은 것이다. 이러한 높은 수치의 원인을 추측하면, 온실가스 배출량 감축 및 친환경적 에너지 생산은 기후변화의 시대에 전

지구적으로 가장 중요한 과제 중 하나이다. 교토 의정서(Kyoto Protocol) 및 파리 협정(Paris Agreement) 등 다수의 기후 관련 국제 협약들이 체결되었으며, 관련 목표를 달성하고자 세계 각국은 온실가스 배출 절감에 관한 실질적인 행동을 취하고 있다(GTC, 2021). 한국 정부 역시 2050년 탄소 중립 달성과 2030년까지 2018년 전체 배출량 대비 40% 감축 목표를 제시(2050탄소중립녹색성장위원회, 2022)하고 있기에 이를 달성하고자 온실가스 배출 감축에 더욱 서둘러야 한다. 이로 인하여 온실가스 배출과 에너지 생산에 깊이 관여하는 Y02E가 높은 중요성을 띠는 것으로 보인다.

신재생에너지 및 효율적 에너지 사용 유관 기술은 Y02E에 포함되어 향후 탄소중립 관련 산업은 물론 탄소중립 목표 달성 자체에 있어 중심이 될 전망이다. 대한민국을 위시한 다수의 선진국은 신재생에너지와 에너지 효율성 관련 기술에 예산을 대거 배정하고 있다(GTC, 2021). 2021년 신재생에너지 기술을 통하여 생산된 전력 용량은 OECD 분석에 의거 6% 증가, 2022년에는 8% 증가가 예상되는 등 관련 부문의 성장세가 가파르다(International Energy Agency, 2022). 그러나, 여전히 대한민국의 전력 생산량은 석탄화력발전이 거의 절반에 육박하여(2020년 기준 44%) 타 선진국과 비교하면 상당히 높아(e-나라지표, 2022), 여기에서 배출되는 온실가스 배출량을 감축하기 위한 노력이 중요하다. 그러므로 특히 네트워크 내 Y02E의 영향력의 증가는 전 지구적인 현상으로 지속될 것으로 보인다.

6. Y02P - 상품의 생산 또는 공정의 기후변화 영향 완화 기술

Y02P는 미 특허상표청 분류에 따라 상품의 생산 및 공정 상에서 발생하는 기후 변화 요인을 완화하는 기술 일체를 의미하며 다음의 기술들을 포함하고 있다.

- 1) 금속 가공 유관 기술
- 2) 화학 산업 유관 기술
- 3) 정유 및 석유화학 산업 유관 기술
- 4) 광업에 관련된 기술
- 5) 농업, 축산업 및 농식품업 유관 기술
- 6) 최종 산업재 및 소비재 생산 공정 상의 기후변화 경감 기술
- 7) 당 부문 전반 적용 기후 변화 경감 기술
- 8) 온실가스 배출 감축 구현 기술 (USPTO, 2022e)

선진국과 개발도상국을 대상으로 특허 네트워크 분석을 실시한 결과에 따르면, Y02P 연결 정도 중심성에서 대한민국은 초기 개발단계 중 10위권으로 처음 등장하여 이후 급속·안정적 성장단계 등 줄곧 10위권에 들어 높은 영향력이 지금까지 이어져오고 있음을 알 수 있다. 이는 미국과 중국, 베트남에서도 같은 양상으로 나타났다. 다만, 독일에서는 초기 및 급속 성장기 높은 영향력을 보이는 기술로 주목받았으나 안정적 성장단계 이후에는 10위권 밖으로 밀려나는 모습을 보였다. 이와 반대로

일본에서 Y02P 해당 기술은 초기에 큰 영향력을 발휘하지는 못하였으나, 이후 급속 성장기 및 안정기에 접어들어 연결 정도 중심성이 10위권 내로 진입하여 뒤늦게 주목받는 기술인 것으로 나타났다. 그 외 중국은 Y02P 기술이 현재까지 크게 조명받지 못하고 있다.

<표 3-8> Y02P 전문가 응답

Y02P	중요성		성장 가능성		시급성	
	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)
1						
2	1	2.94	2	5.88		
3			2	5.88	2	5.88
4	2	5.88	5	14.71	7	20.59
5	11	32.35	10	29.41	11	32.35
6	10	29.41	7	20.59	4	11.76
7	10	29.41	8	23.53	10	29.41
평균	5.735		5.235		5.382	
상관						

Y02P 전문가 인식점수는 중요성 평균 5.735, 최빈출 인식점수 5점(32.35%)이었다. 그러나 6점(29.41%), 7점(29.41%)을 선택한 전문가들의 빈도 역시 최빈출 점수인 5점과 비슷한 응답률을 보였다. 성장 가능성 평균은 중요성 평균보다 낮은 5.235, 최빈출 인식점수는 5점(29.41%)으로 나타났으며, 시급성 평균은 5.382로 성장 가능성보다는 다소 높았으며, 최빈출 점수는 타 항목과 동일한 5점(32.35%)으로 드러났다.

중요성 인식 수준이 타 항목 대비 높은 것은 기업들이 맞닥뜨린 생산 공정 상의 탄소 배출량 감축 문제가 주요한 것으로 보인다. 2021년 유럽연합(EU)이 발표한 탄소국경조정메커니즘(CBAM)의 추진 일정은 4년 뒤인 2026년부터 철강, 시멘트, 알루미늄, 비료 및 전기 산업 부문에서 EU 경내 수출이 이루어질 경우, 공정 상의 탄소 직접 배출량에 대한 과세를 예고하고 있다. 여기에 국내 탄소배출권 거래제 도입(중앙일보, 2022)과 맞물려 기업들은 CBAM 및 국내 탄소배출권 거래제 대응을 위해 탈탄소 기술 투자 확대는 물론, 탄소 배출량 측정 및 관리체계(MRV)를 구축해야 한다(KOTRA, 2021).

유럽, 미국 등지에서 미국에서 탄소국경세가 도입되면 한국의 대유럽연합 및 대미 수출 규모는 각각 연간 32억 달러, 39억 달러 정도 감소할 것으로 바라보고 있다. 수출 규모 감소의 피해는 급속,

화학제품 부문이 특히 큰 타격을 입을 것으로 예상된다. 해당 부문 기업들은 녹색 에너지로의 전환 및 녹색 기술 R&D 투자 확대 등 탄소배출량 감축 노력에 박차를 가하는 한편, 탄소국경세 도입으로 인한 수출 제품 가격 상승 요인 억제 등의 대응을 동시에 진행하여야 한다(한국은행, 2021). 이미 철강 부문은 대체 기술의 개발 및 신속한 상용화를 강조하여 탄소중립 달성을 도모하고 있으며(기후솔루션, 2022), 당면한 온실가스 배출량 감축 관련 기술 혁신에 나서고 있다(KIEP, 2021). 따라서 상기한 방향으로 Y02P의 특허 네트워크 내 영향력이 발전할 것으로 보인다.

7. Y02T - 교통과 관련한 기후변화 경감 기술

Y02T는 교통과 관련이 있는 기후변화 경감 기술을 아우르는 분류로 다음의 항목들을 포함한다.

- 1) 상품 또는 승객의 육상 수송 유관 기술
- 2) 에너지 회생, 공기저항 감소 등 상품 또는 승객의 철도 수송에 관한 기술
- 3) 해양 또는 수로 교통수단에 관한 기술
- 4) 온실가스 배출 감축 구현 기술 (USPTO, 2022e).

Y02T에 관하여 선진국과 및 개발도상국 특허 네트워크 상에서의 연결 정도 중심성을 들여다보면, 한국의 경우 Y02T 유관 기술은 2010년부터 2021년까지 초기 개발·급속 성장 및 안정화 단계에서 전반에서 상위 10위 이내에 포함되었다. 특히 급속 성장 및 안정화 단계에서는 2위를 기록할 만큼 영향력이 컸다. 미국·중국·일본에서도 개발 및 성장단계 전반에서 모두 3위 이상의 중심성을 보였다. 이에 더하여, 독일과 스웨덴에서는 기술 발전의 단계와 무관하게 연결 정도 중심성이 가장 높은 것으로 나타났다. 예외로 베트남에서는 기술 발전 단계 전체에서 Y02T의 중심성이 높지 않았다. 베트남의 사례를 제외하고, Y02T 해당 특허 기술은 기술 발전 단계 전반에서 한국을 비롯하여 전 지구적 특허 네트워크 내 영향력이 높은 것으로 볼 수 있다.

Y02T의 전문가 인식 점수는 중요성 평균이 6.176로 타 특허 기술에 비해 상당히 높게 나타났으며, 최빈출 점수 역시 6점과 7점(41.18%)으로 높게 나타났다. 성장 가능성 점수는 중요성 보다도 다소 높은 6.206으로 6점을 선택한 응답자가 가장 많았다(44.12%). 시급성은 평균 5.735, 최빈출 점수는 6점(38.24%)이 기록되었다. 이와 같은 결과는 해당 부문의 중요성, 성장 가능성, 시급성을 모두 높게 인식하고 있으며 특히 중요성 및 성장 가능성을 인식하는 비율이 높은 것이다.

<표 3-9> Y02T 전문가 응답

Y02T	중요성		성장 가능성		시급성	
	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)
1						
2						
3			1	2.94	1	2.94
4	2	5.88			2	5.88
5	4	11.76	4	11.76	10	29.41
6	14	41.18	15	44.12	13	38.24
7	14	41.18	14	41.18	8	23.53
평균	6.176		6.206		5.735	
상관						

Y02T 인식 수준이 높은 것은 교통수단이 대표적인 온실가스 배출원으로 여겨진다는 점에 주목할 필요가 있다. 국내 온실가스 배출원을 분석하면, 육상 수송 부문이 14.4%를 차지하여(2021년 기준) 발전, 철강 분야 다음으로 세 번째로 높은 비중을 차지했다(환경부, 2022a). 따라서 육상 수송 부문의 온실가스 배출량 감소에 대한 공감대가 형성되어 시장에서는 이미 전기자동차 등 친환경 자동차가 각광받고 있으며(가스신문, 2021), 윤석열 대통령도 당선인 시절 내연기관 자동차 신규등록을 2035년부터 금지하는 공약을 발표하였다(Greenpeace, 2022; KITA, 2022a). EU 역시 내연기관으로 움직이는 자동차 판매를 2035년부터 금지하는 등 선진국 시장도 육상 수송 부문 온실가스 배출에 발 빠르게 대응하고 있다. 육상 운송뿐만 아니라 해상 운송 부문도 최근 선박 연비규제 등을 통하여 온실가스 관련 규제의 벽을 높이고 있다(KDB미래전략연구소, 2021a). 교통 부문 온실가스 배출량 비중은 지속해서 감소되어야 하며, 전 지구적 친환경 자동차 시장 성장 전망에 관하여는 2020년부터 2030년까지 연평균 약 22.3% 증가로 기대감이 대단히 크다(한국은행, 2022). 따라서 Y02T의 특허 네트워크 내 영향력 성장세 역시 전 지구적으로 점진적으로 계속 높아질 것으로 보인다.

8. Y02W - 폐수처리 및 폐기물 관리와 관련된 기후 변화 경감 기술

USTPO (2022) 분류에 의거한 Y02W는 폐수 처리 및 폐기물 관리와 연계성을 갖는 기후변화 경감 기술이며 여기에 포함되는 기술은 다음과 같다.

- 1) 상·하수도 생물학적 처리, 슬러지 처리 등 폐수 처리 기술
- 2) 고형 폐기물 관리 기술
- 3) 생분해성 포장 등 온실가스 배출 감축 구현 기술

선진국 및 개발도상국의 대상 특허 네트워크를 분석하면, 타 부문 특허 기술과 다른 결과를 확인할 수 있다. 연결 정도 중심성을 놓고 보면 Y02W이 기술 발전 단계 전반에 걸쳐 선진국에서 상위권을 차지하는 경우는 찾아볼 수 없었다. 개발도상국인 베트남에서도 처음 초기 단계에서 등장한 이후 급속 성장 단계까지 Y02W 해당 기술이 10위권에 포함되었으나, 안정적 성장단계에 접어든 이후에는 선진국과 마찬가지로 찾아볼 수 없었다. 이는 Y02W가 선진국보다는 개발도상국에서, 기술 발전 초기부터 급속 성장 단계에서 특히 영향력을 갖는다는 점을 보여주고 있다.

Y02W 해당 기술의 전문가 인식 수준을 조사한 결과, 중요성 평균 5.971, 최빈출 인식점수는 6점(38.24%)이며, 성장 가능성 평균 5.176, 최빈출 점수 5점(32.35%)을 기록했다. 시급성의 평균은 5.618, 최빈출 인식점수가 7점(35.29%)으로 드러났다.

<표 3-10> Y02W 전문가 응답

Y02W	중요성		성장 가능성		시급성	
	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)
1						
2			2	5.88	1	2.94
3			2	5.88		
4	2	5.88	5	14.71	8	23.53
5	8	23.53	11	32.35	5	14.71
6	13	38.24	7	20.59	8	23.53
7	11	32.35	7	20.59	12	35.29
평균	5.971		5.176		5.618	

상관	Y02W_imp					Y02W_gro					Y02W_urg				
	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)	빈도(N)	퍼센트(%)
8															
7															
6															
5															
4															
3															
2															
1															

이미 천연자원이 고갈 단계에 접어들고 있는 현 상황에서 무분별한 폐기물 배출 문제는 환경을 위협하고, 자원 낭비를 가속하여 그 심각성을 가중한다. 따라서 배출된 폐기물을 다양한 방식으로 재활용하고, 재사용 후에는 또 다른 형태의 자원으로 순환하는 체계를 구축해야하며(에코얼라이언스, 2020), 이러한 과정에서 Y02W 해당 기술이 주요할 것이다.

최근 ESG가 화두가 되면서 기업 부문에도 ESG 경영이 확산되고 있으며, 이러한 움직임의 일환으로 많은 기업들이 플라스틱 폐기물 감축을 위한 방안을 제시하고 있다. 한국의 경우, SK건설이 2021년 5월 사명을 SK에코플랜트로 바꾸면서 기업 이미지를 일신하고, 말레이시아 소재 종합환경회사 센바이로 지분을 인수하였다. 사명 변경 이전인 2021년 2월부터 SK에코플랜트는 싱가포르 소재 전자·전기 폐기물(E-Waste) 처리 기업 테스(TES)를 인수하여 해당 부문의 자원 순환 부문에서의 입지를 다졌다(한국경제TV, 2022). 추가적으로, SK에코플랜트는 환경기업 퓨어엔비텍과 손잡고 분리막을 도입하여 수처리 과정 중 미생물의 정화 효율성을 배가시키는 MABR(Membrane Aerated Biofilm Reactor) 기술을 발전시키고 있다(뉴데일리 경제, 2022).

폐기물 문제는 경영계를 넘어 사회 전반으로 공감을 얻어가고 있다. LG경제연구원 (2021)의 보고서는 유럽과 중국 등 각국 사회 내부에서 플라스틱 폐기물 해결에 대한 문제 해결을 압박하는 목소리가 높아지고 있음을 지적하고 있다. 이러한 사회적 요구에 대응하고자 플라스틱 소재 면봉, 빨대, 식기류 생산 및 판매는 2022년부터, 페트병 생산 시 재활용 원료 25% 이상 포함 의무화는 2025년부터 시행할 예정이다. 여기서 보듯, 폐기물 문제 해결을 위해서는 사회와 기업 등 여러 부문의 이해관계자가 힘을 합하여 실질적인 목표를 세우고 구체적인 실현 방안을 고민해야할 것으로 보인다. 이러한 과정 속에서 폐수처리 및 폐기물 관리 관련 기술인 Y02W 분류의 중요성을 주지하여야 한다.

9. Y04S - 전기 발전, 송전, 분배, 관리 또는 이용을 향상시키기 위하여 정보 기술과 관련된 기술을 통합하는 시스템

Y04S는 '스마트 그리드'유관 기술로 발전, 송전, 전력 분배·관리 또는 사용 개선을 위한 전력망 운영, 통신 또는 정보 기술 유관 기술 통합 체계를 의미한다. USPTO (2022f)는 다음의 기술들이 당 분류에 포함된다고 명기하고 있다.

- 1) 발전, 송전, 전력 분배를 뒷받침하는 체계
- 2) 최종 이용자를 위한 고정형 전력 저장 체계 운영 관리, 최종 전력 분배 단계, 지역 차원의 전력 통제, 모니터링 또는 운영 관리 체계 등을 뒷받침하는 체계
- 3) 교통 부문 특정 최종 사용자 이용을 뒷받침하는 체계
- 4) 발전, 송전, 분배 또는 최종 사용자 이용 관리를 뒷받침하는 특정 통신 또는 정보 기술 부문
- 5) 전력망 운영, 통신 또는 정보 기술 유관 기술 통합 체계 운영 연계 시장 활동

이를 통하여, Y04S는 전력 생산 주체와 이용 주체 사이에서 전력의 공급량과 사용량에 관한 정보를 투명하고 정확하게 주고 받아 더욱 효율적인 전력 공급을 용이하게할 수 있게 해주는 기술인

것이다(동아사이언스, 2021).

Y04S에 관하여 선진국 및 개발도상국 특히 네트워크를 들여다보면, 미국의 경우 연결 정도 중심성이 급속 성장 단계 및 안정적 성장단계에서 상위 10위권에 든 것으로 나타났으며, 베트남은 안정적 성장단계에 이르러서야 상위 10위권 내에 위치했다.

Y04S에 대한 전문가 인식점수는 다음과 같이 나타났다. 중요성 평균 5.735, 최빈출 인식점수는 5점(35.29%)이었으며, 성장 가능성 평균 5.941점, 빈출 인식점수 7점(41.18%), 시급성의 경우 평균 5.265, 최빈출 점수는 5점(41.18%)이었다. 당 특히 기술 분류의 경우에는 전문가 집단에서 성장 가능성, 중요성, 시급성 순으로 인식하고 있으나 그 차이는 크지 않았다.

온실가스종합정보센터가 2021년 6월 공개한“2021년 국가 온실가스 잠정배출량”을 보면, 2021년 잠정 온실가스 배출량은 총 6억 7960만 tCO₂eq.로, 배출원별로 살펴볼 때, 공공 전력 및 열 생산이 전체 배출량의 32.7%를 차지하는 등(환경부, 2022a), 무려 86.9%(5억 9060만 tCO₂eq.)가 에너지 분야에서 발생된 것으로 분석되었다. Y04S, 즉 스마트 그리드 기술은 전력 사용 실질화를 통한 전력망 관리로 에너지 효율을 높여주는 특징을 갖고 있다. 해당 기술의 활용으로 에너지 효율성에 관한 정보를 축적하면 발전 부문에서의 온실가스 감축에 큰 도움이 될 것이다. 이에 더하여, 신재생에너지 등 기존 전력망에서 관리하기 용이하기 못했던 부분까지 에너지원의 규모를 고려하여 분리 운영하거나 독립적으로 운영할 수 있는 체계를 구축할 수 있다. 추가적으로, 전력망에 각종 센서나 정밀 측정 수단 등을 더해 전력망 과부하를 막고 최종 수요 관리를 통하여 전력 효율을 높일 수 있을 것으로 기대된다(그린포스트 코리아, 2022b).

DataBridge (2022)는 스마트 그리드 시장 규모를 2021년부터 431억 달러에서 2029년 1,740억 2000만 달러까지 성장할 것으로 내다봤으며, 이는 연평균 성장률(CAGR) 19.06%에 달하는 것이다. 이렇게 높은 성장 잠재력을 바탕으로 Y04S 스마트그리드 관련 기술은 전기 자동차 등 친환경 교통 기반시설 사업, 전력 거래 시장 활성화, 신재생에너지, 물 관리 등 여러 타 분야와의 협력을 통한 시너지 효과 창출이 기대된다.

제 3 절 개도국 녹색·기후기술 현황 분석

1. 개도국 녹색·기후기술 특허 분석

각국에서 기술 수요 내 출원되고 있는 녹색 기술 관련 특허의 개수를 살펴본 결과, 유일하게 베트남에서 녹색 기술 관련 특허가 출원되고 있는 것으로 나타났다(표 3-11).

<표 3-11> 개도국 국가별 녹색 기술 특허 수

연도	칠레	몽골	미얀마	페루	스리랑카	베트남	연도별 총계
2010	0	0	0	0	0	140	166
2011	0	0	0	0	0	178	225
2012	0	0	0	0	0	232	274
2013	0	0	0	0	0	282	325
2014	0	0	0	0	0	260	304
2015	0	0	0	0	0	265	329
2016	0	0	0	0	0	271	379
2017	0	0	0	0	0	308	398
2018	0	0	0	0	0	397	483
2019	0	0	0	0	0	570	664
2020	0	0	0	0	0	709	805
2021	0	0	0	0	0	704	794
국가별 총계	0	0	0	0	0	4508	5378

<표 3-12>를 통해 대한민국은 12년에 걸쳐 Y02E, H01M, Y02P를 중심으로 다양한 녹색 기술들을 발전시켜 왔으며, 베트남 역시 Y02E, Y02P 등의 영역에서 자국 특허 출원이 이루어지고 있는 것을 볼 수 있다. 그러나, 대한민국의 녹색 기술 특허 출원 수는 베트남의 약 16배에 이르기 때문에, 한-베트남간 기술 이전 형태의 양자 협력이 충분히 가능할 것으로 보인다. 특히, 베트남은 Y코드 기준으로 특허 출원 빈도가 높은 녹색 기술 부문에 있어 한국과의 유사성을 보여 한국의 녹색 기술 특허에 관심을 보일 가능성이 높다, 이를 바탕으로, 한국의 경험 및 기술적 비교우위를 살려 양국간의 기술 협력 정도를 심화할 수 있는 가능성이 충분하다고 할 수 있다.

<표 3-12> 한국과 베트남의 녹색특허 비교

순위	대한민국		베트남	
	분류	빈도	분류	빈도
1	Y02E	95052	Y02E	1855
2	H01M	44238	Y02P	1741
3	Y02P	41685	Y02T	711
4	Y02T	32082	Y02W	642
5	H01L	19782	B01D	414

순위	대한민국		베트남	
	분류	빈도	분류	빈도
6	Y02B	17654	H01M	403
7	H02J	10996	Y02B	359
8	B60L	10104	C02F	326
9	Y02W	9120	H01L	302
10	H02S	7415	B01J	286

베트남 녹색 기술 특허의 연결 정도 중심성을 분석하면(표 3-13), 초기 개발단계에서는 C10L가 가장 중심성이 높았던 것으로 나타났으며, 순위로 나타났을 때, 2, 6, 8, 10위가 Y기술 특허였고, 1, 3, 4, 5, 7, 9위는 해당 Y 기술 특허와 관련한 기술이었다. 정리하면 베트남 녹색 기술 특허의 연결 정도 중심성은 상위 10개 기술 중 4개가 녹색 기술 특허였으며, 이외 6개는 유관 기술이다. 자세히 보면, Y02E로 에너지 생산, 전송 및 분배 유관 온실가스(GHG) 배출 감축에 관한 기술이며, 뒤를 이어 높은 빈도를 보인 Y02P는 상품 생산 및 공정 상의 기후 변화 경감 기술이다.

다음으로, 급속 성장단계에서의 기술 특허 연결 정도 중심성을 보면 Y02P, B01D, C10L, C07C 부문 등이 0.35 이상을 차지하여 상위권에 분포되어 있다. 초기 개발단계와 마찬가지로 상품 생산 및 공정 상의 기후변화 경감 기술인 Y02P가 1위를 차지하고 있으며 Y코드 기술 중에서 폐수 처리 및 폐기물 관리 유관 기후변화 경감 기술의 Y02W의 순위가 상승한 것을 확인할 수 있다. 종합적으로 급속 성장단계에서는 10개의 기술 중 3개 정도가 녹색 기술 특허인 것으로 나타났다.

안정적 성장단계에는 에너지 생산, 전송 및 분배 유관 온실가스(GHG) 배출 감축에 관한 기술의 Y02E가 1위를 차지하고 있다. 반면, 급속 성장단계에서 1위를 차지하였던 Y02P가 4위로 하락한 것을 확인할 수 있으며 발전, 송전, 전력 분배·관리 또는 사용 개선을 위한 전력망 운영, 통신 또는 정보 기술 유관 기술 통합 체계, 이른바 '스마트 그리드' 관련 Y04S가 새롭게 부상하였다. 안정 성장 단계를 정리하면, 10대 특허 기술 중 Y특허는 1, 3, 4, 8위에 해당했으며 2, 5, 6, 7, 9, 10위 기술은 유관 기술인 것으로 나타났다.

기술 성장 단계 전반에서 줄곧 중상위권 이상에 위치한 특허 분류는 Y02P가 있으며 나머지 특허 분류는 단계에 따라 변동 폭이 있었다. 그 예로, Y02E의 경우 개발 초기 단계에서 상위권을 차지하다 중기에는 7위로 순위가 하락하였으나 안정 단계 이후 다시금 상위권에 안착하는 모습을 보여주었다. 또한 안정적 성장단계에서는 기후변화 적응 관련 기술인 Y02A, 스마트 그리드 유관 Y04S가 새로이 부상하였으며, 중기 단계까지 5위에 있던 Y02W는 10대 기술 목록에서 빠지게 되었다.

<표 3-13> 베트남의 녹색 특허 연결 중심성

초기 개발 단계 (2010-2013)			급속 성장 단계 (2014-2018)			안정적 성장 단계 (2019-2021)		
분류	정도	순위	분류	정도	순위	분류	정도	순위
C10L	0.33	1	Y02P	0.39	1	Y02E	0.32	1
Y02E	0.29	2	B01D	0.36	2	H02J	0.32	2
B01D	0.29	3	C10L	0.36	3	Y02A	0.29	3
C01B	0.29	4	C07C	0.36	4	Y02P	0.24	4
C10G	0.29	5	Y02W	0.33	5	B60L	0.24	5

초기 개발 단계 (2010-2013)			급속 성장 단계 (2014-2018)			안정적 성장 단계 (2019-2021)		
Y02P	0.24	6	C12M	0.33	6	C10G	0.24	6
C07C	0.24	7	Y02E	0.31	7	G06Q	0.24	7
Y02W	0.19	8	B01J	0.31	8	Y04S	0.24	8
B01J	0.19	9	C10G	0.31	9	G05B	0.24	9
Y02A	0.19	10	C12P	0.28	10	B09B	0.24	10
cf. - 832 Scenarios - 1850 Statistically Probable ($p \leq .05$) - Coincidences amongst 343 Events. - Density: 0.03 - 25 Events($n \geq 30$)			cf. - 1104 Scenarios - 2445 Statistically Probable ($p \leq .05$) - Coincidences amongst 343 Events. - Density: 0.04 - 7 Events($n \geq 30$)			cf. - 2380 Scenarios - 3597 Statistically Probable($p \leq .05$) - Coincidences amongst 343 Events - Density: 0.06 - 41 Events($n \geq 50$)		

베트남의 녹색 특허 근접 중심성(표 3-14)의 경우, C07C와 Y02E가 기술 개발 단계 초입에서 가장 중심성이 높은 것으로 나타났다. 1위부터 10위까지로 정렬하였을 때, Y코드에 포함되는 특허 기술 분류는 각각 2, 6, 9, 10위에 위치하였으며, 나머지 유관 기술은 1, 3, 4, 5, 7, 8위에 포진하여 10대 기술 중 4개 항목이 Y코드 해당 녹색 특허 기술으로 분석되었다. 그 예로, 에너지 생산, 전송 및 분배 유관 온실가스(GHG) 배출 감축에 관한 기술의 Y02E와 폐수 처리 및 폐기물 관리 유관 기후변화 경감 기술의 Y02W는 하수처리 및 폐기물 관리 관련 기후변화 경감 기술 등이 있다.

<표 3-14> 베트남의 녹색 특허 근접 중심성

초기 개발 단계 (2010-2013)			급속 성장 단계 (2014-2018)			안정적 성장 단계 (2019-2021)		
분류	정도	순위	분류	정도	순위	분류	정도	순위
C10L	0.51	1	C12M	0.59	1	Y02A	0.55	1
Y02E	0.46	2	C10L	0.58	2	Y02E	0.53	2
B01D	0.46	3	C10G	0.56	3	Y02P	0.51	3
C01B	0.45	4	C13K	0.55	4	C01B	0.51	4
C12P	0.44	5	Y02E	0.54	5	H02J	0.50	5
Y02C	0.41	6	B01D	0.53	6	G06Q	0.50	6
C10G	0.40	7	Y02P	0.52	7	G05B	0.49	7
C07C	0.40	8	C12P	0.51	8	B60L	0.48	8
Y02A	0.37	9	C07C	0.50	9	Y04S	0.48	9
Y02W	0.36	10	B01J	0.50	10	H01M	0.48	10
cf. - 832 Scenarios - 1850 Statistically Probable ($p \leq .05$) - Coincidences amongst 343 Events. - Density: 0.03 - 25 Events($n \geq 30$)			cf. - 1104 Scenarios - 2445 Statistically Probable ($p \leq .05$) - Coincidences amongst 343 Events. - Density: 0.04 - 7 Events($n \geq 30$)			cf. - 2380 Scenarios - 3597 Statistically Probable ($p \leq .05$) - Coincidences amongst 343 Events - Density: 0.06 - 41 Events($n \geq 50$)		

초기 개발단계 이후 급속 성장 단계에 이르러는 Y특허 중 Y02E와 Y02가 각각 5위, 7위를 차지하였다. 특기할 사항으로는 당 성장단계에서 1, 2, 3, 4, 8, 9위 C코드가 높은 순위를 차지하였다는 것이다. Y02E는 근접 중심성 자체는 초기 개발단계에 비해 증가하였음에도 C코드 특허들의 약진으로 인하여 순위 하락을 보여주었다는 점이다. 또한, Y02P 기술의 경우에는 초기에 낮은 근접 중심성을 보인 것과 반대로 중기에 이르러 근접 중심성이 상승한 점을 꼽을 수 있다.

안정 성장 단계에서는 다시금 Y코드 기술의 근접 중심성이 상승한 것으로 나타났다. Y02A가 근접 정도 중심성 1위에 오른 것을 비롯하여 Y코드 특허 1, 2, 3, 9위에 안착하였다. 반면 급속 성장기 강세를 보이던 C코드 특허 기술의 근접 중심성은 4위 C01B를 제외하고 상위 10위 안에 포함되지 못하였다. 한편, 유관 기술 중에서는 6, 7위의 G코드와 5, 10위에 H코드 기술의 근접 중심성이 높게 나타났다.

끝으로, 베트남 녹색 특허 기술의 매개 중심성(표 3-15)에 관하여 살펴본 결과, 초기 개발단계에서는 가장 높은 매개 중심성을 보인 특허 기술은 Y02E 였으며, 뒤이어 10위까지의 항목 중 1, 6, 7, 8, 10위에 Y02E, Y02W, 및 Y02P 등 Y특허 기술이, 나머지 2, 3, 4, 5, 9위에는 C코드 기술을 중심으로 유관 기술이 이름을 올려 녹색 기술 및 유관 기술이 절반씩을 차지한 것으로 나타났다.

<표 3-15> 베트남의 녹색특허 매개 중심성

초기 개발 단계 (2010-2013)			급속 성장 단계 (2014-2018)			안정적 성장 단계 (2019-2021)		
분류	정도	순위	분류	정도	순위	분류	정도	순위
Y02E	0.44	1	Y02E	0.33	1	Y02E	0.20	1
C10L	0.35	2	Y02P	0.23	2	Y02A	0.15	2
B01D	0.28	3	H02J	0.11	3	Y02P	0.11	3
H01M	0.18	4	C12M	0.10	4	C01B	0.08	4
C01B	0.14	5	C10L	0.10	5	B32B	0.07	5
Y02W	0.10	6	C01B	0.08	6	H02J	0.06	6
Y02P	0.10	7	Y02W	0.07	7	B09B	0.06	7
Y02T	0.10	8	H01M	0.07	8	G06Q	0.05	8
C12P	0.08	9	Y02A	0.06	9	G05B	0.04	9
Y02A	0.08	10	C10G	0.05	10	B60L	0.04	10
cf. - 832 Scenarios - 1850 Statistically Probable ($p \leq .05$) - Coincidences amongst 343 Events. - Density: 0.03 - 25 Events($n \geq 30$)			cf. - 1104 Scenarios - 2445 Statistically Probable ($p \leq .05$) - Coincidences amongst 343 Events. - Density: 0.04 - 7 Events($n \geq 30$)			cf. - 2380 Scenarios - 3597 Statistically Probable($p \leq .05$) - Coincidences amongst 343 Events - Density: 0.06 - 41 Events($n \geq 50$)		

다음 단계인 급속 성장 단계에서는 1위를 여전히 Y02E가 수성한 가운데, Y02P가 초기 단계 7위에서 5계단 상승하여 2위에 올랐다. 초기 6위였던 Y02W는 7위, 10였던 Y02A가 9위로 자리를 옮겼다. 전체 10대 기술 중 녹색 기술 특허는 초기 대비 1개가 줄어든 4개, 기타 유관 기술은 3, 4, 5, 6, 8, 10위에 포함되어 초기와 마찬가지로 5개인 것으로 드러났다.

안정적 성장단계 역시 Y02E 분류가 굳건하게 1위를 지킨 가운데, 급속 성장 단계에서 2위를 차지하였던 Y02P가 한 계단 내려가 3위를 기록했으며, 2위의 빈자리는 기존 9위였던 Y02A 기술 매개 중심성이 약진하여 2위에 올랐다. 또한, 기술 개발이 안정적인 수준에 오르면서 초기 개발 및 성장 중 높은 순위에 있던 C코드 특허 기술들은 C01B 외 모두 10대 기술 순위에서 밀려났다. 이로 인하여 상위 10개 기술 중 1, 2, 3위가 Y코드 특허 기술이었으며 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10위는 유관 기술이 차지하게 되었다.

2. 개도국 CDM 사업 분석

개발도상국의 CDM 사업 적용 기술 분석은 투자 결정 시 해당 기술의 경제성을 드러내며, 해당 개발도상국의 기술적인 수요를 가늠해볼 수 있다는 점에 있어 중요하다. 또한 개발도상국 녹색 특허 현황을 살펴봄으로써 해당 국가의 기술 발전 수준과 더불어 한국에서 해당 개발도상국으로 이전이 가능한 기술을 동시에 파악할 수 있다. <표 3-16>은 개도국의 CDM 사업 건수의 시계열적 변화를 보여주고 있다.

먼저 칠레의 CDM 사업 건수는 2010년부터 점차 증가하여 2012년 42건에 이르렀으나, 2013년부터는 하락하여 2021년에 1건에 그쳤다(표 3-17). 몽골, 미얀마는 2010년부터 2021년까지 CDM 사업 수에 유의미한 변화가 없었으며 2021년 기준 진행 중인 CDM 사업이 없는 것으로 확인되었다. 스리랑카 역시 2013년에 CDM 사업 6건을 이뤄내며 약간의 성장세를 보였지만을 진행하였으나 2021년에는 1건의 사업을 유지하는데 그쳤다. 개발도상국 가운데 CDM 사업 수 변화에 폭이 큰 국가는 베트남이다. 2010년 27건의 사업을 유치하여 타국에 대비해 많은 사업을 이행한 베트남은 2년 뒤 CDM 사업 수를 138건까지 늘렸으나 2013년 이후 급격하게 감소하여 2021년에는 한 건의 사업도 진행하고 있지 못한 것으로 나타났다. 정리하면, 전반적인 사업 건수 변화의 양상이 2012년에 최고점을, 2021년에는 최저점을 기록한 것으로 나타났다.

<표 3-16> 개발도상국에서 실시된 CDM사업

연도	칠레	몽골	미얀마	페루	스리랑카	베트남	소계	총계
2010	6	0	0	2	1	27	36	809
2011	11	0	0	4	0	58	73	1,107
2012	42	1	0	30	4	138	215	3,233
2013	5	0	1	3	6	8	23	301
2014	2	0	0	0	3	2	7	158
2015	1	0	0	1	0	2	4	96
2016	0	0	0	0	0	0		52
2017	0	0	0	0	0	0		40
2018	1	0	0	0	1	0	2	6
2019	4	0	0	0	0	3	7	23
2020	4	0	2	0	0	0	6	31
2021	1	0	0	0	1	0	2	9
총계	77	1	3	40	16	238	375	5865

※ 소계는 칠레, 몽골, 미얀마, 페루, 스리랑카 및 베트남 CDM 사업 건수의 합계를 의미하며, 총계는 개발도상국 전체 CDM 사업 건수의 합계를 의미함

각국의 부문별 CDM 사업 수를 분석하면, 먼저 칠레의 기술 수요가 전반적으로 수력 발전(HP)과 풍력 발전(WP)에서 많이 발견되었다. 그러나, 수력 발전 부문은 2012년에 15건의 사업을 정점으로 2014년 이후로는 해당 사업이 전무하다. 풍력 발전 부문 역시 2012년 12건의 사업을 정점으로 2013년 1건으로 급락, 2020년 이후 신규 사업이 진행되고 있지 않다. 2021년 기준으로 칠레에서 진행 중인 사업은 오직 태양광 발전으로, 해당 부문은 2014년 이후 타 기술 부문의 사업이 전무하다시피 하는 와중에도 지속해서 사업 수가 관찰되어 태양광 발전 관련 기술 수요가 있음을 예상할 수 있다.

<표 3-17> 칠레에서 실시된 CDM사업

연도	AF	BG	BM	FS	HP	MA	MR	N2O	ORE	PV	WG/HU	WP	총계
2005		3		1			2						6
2006		1	4		1		2						8
2007				1	3		3	1					8
2008		1			3		1						5
2009		1	3		1		3					1	9
2010	1	1			1		1					2	6
2011		1	2		6			1				1	11
2012	1		1		15	1	3	1	2	6		12	42
2013			1		2						1	1	5
2014												2	2
2015										1			1
2018				1									1
2019										4			4
2020										3		1	4
2021										1			1
총계	2	8	11	3	32	1	15	3	2	15	1	20	113

※ AF = Afforestation, BG = Biogas, BM = Biomass, FS = Fuel switch, HP = Hydro power, MA = Methane avoidance, MR = Methane recovery, N2O = N2O decomposition, ORE = Other renewable energies, PV = photovoltaics, WG/HU = Waste gas/heat utilization, WP = Wind power.

다음으로, CDM 사업 건수를 통한 기술 수요 파악에서 미얀마는 수력 발전과 메탄 회수(MR) 관련 사업의 수요가 있는 것으로 추정된다(표 3-18). 2013년 수력 발전 부문 사업 1건이 발견되었으나, 7년이 지난 2020년에는 수력 발전 관련 사업은 진행되지 않는 대신 메탄 회수 관련 사업이 2건으로 기록되어 최근 미얀마에서는 메탄 회수 기술에 관심을 두고 있는 것으로 볼 수 있다.

<표 3-18> 미얀마에서 실시된 CDM사업

연도	HP	MR	총계
2013	1		1
2020		2	2
총계	1	2	3

※ HP = Hydro power, MR = Methane recovery.

몽골의 경우 2007년 당시에는 수력 발전 부문의 기술 수요가 있었던 것으로 보이나, 이후에는 관련 사업이 이루어지지 않았음을 볼 때 추가적인 수요 제기가 이뤄지지 않는 것으로 짐작할 수 있다(표 3-19). 그 외 2012 풍력 발전 관련 사업이 1건 나타났다. 몽골은 전반적으로 기술 이전 수요가 적고, 자료의 최신화가 역시 이루어지지 않았음을 미루어 타 개발도상국에 비해 CDM 관련 기술 수요가 활발하게 제기되지 않는 것으로 보인다.

<표 3-19> 몽골에서 실시된 CDM사업

연도	EE	HP	WP	총계
2006	1			1
2007		2		2
2012			1	1
총계	1	2	1	4

※ EE = Energy efficiency, HP = Hydro power, WP = Wind power.

페루의 기술 수요는 전반적으로 수력 발전 부문에서 가장 많이 나타났다(표 3-20). 수력발전의 경우 2012년에는 19건의 사업을 진행하고 있었으나, 2015년 1건으로 규모가 축소되었다. 특히 2015년의 경우에는 수력 발전 이외의 기술 부문에 대한 사업이 전혀 발견되지 않고 있다. 몽골과 마찬가지로 페루도 최신 자료가 부재한 것으로 볼 때, 기술 수요가 아직 저조한 것으로 판단된다.

<표 3-20> 페루에서 실시된 CDM사업

연도	AF	BG	BM	CM	EE	FS	HP	MA	MR	PV	WG/HU	WP	총계
2005							2						2
2006							1						1
2007		1				1	1		2				5
2008				1			7						8
2009	1						3		1				5
2010							2						2
2011					1		2	1					4
2012		1	1		1		19		1	5	1	1	30
2013							1					2	3
2015							1						1
총계	1	2	1	1	2	1	39	1	4	5	1	3	61

※ AF = Afforestation, BG = Biogas, BM = Biomass, CM = Cement, EE = Energy efficiency, FS = Fuel switch, HP = Hydro power, MA = Methane avoidance, MR = Methane recovery, PV = photovoltaics, WG/HU = Waste gas/heat utilization, WP = Wind power.

스리랑카 역시 수력 발전 부문에서 사업 건수가 많이 발견되고 있다. 2012년 수력 발전 부문 2건의 사업을 시작으로 1년 후에는 5건까지 이끌어냈으나, 2021년 기준으로 수력 발전 부문에는 기술 이전 수요가 부재한 것으로 보인다(표 3-21). 반면, 메탄 제거 부문은 2005년부터 2018년까지 이뤄진 사업이 없었으나, 2021년에 한 건의 사업의 추가되었으며, 앞으로의 추이를 지켜볼 필요가 있을 것으로 보인다.

〈표 3-21〉 스리랑카에서 실시된 CDM사업

연도	BG	BM	HP	MA	WP	총계
2005			3			3
2006			1			1
2009		2				2
2010			1			1
2012			2		2	4
2013	1		5			6
2014		1			2	3
2018					1	1
2021				1		1
총계	1	3	12	1	5	22

※ BG = Biogas, BM = Biomass, HP = Hydro power, MA = Methane avoidance, WP = Wind power.

베트남 또한 2006년부터 2019년까지 수력 발전 부문 기술 이전 수요가 가장 많은 것으로 보인다(표 3-22). 2006년에 1건의 사업을 시작으로 2012년에는 무려 110건의 사업을 유치하였다. 그러나, 2019년 해당 부문의 사업 수가 갑자기 부재하는 모습을 보여주었다. 또한 바이오가스 및 바이오매스 부문 관련 기술 수요도 상당했던 것으로 보이나 그 추세가 지속되지는 못하였으며 2019년 기준 해당 부문 사업 역시 부재하였다. 이와 반대로, 태양광 발전은 2006년부터 2015년까지 줄곧 수요가 부재하던 것이 2019년에 이르러 3건의 사업을 진행하게 되었다. 그럼에도 불구하고 종합적으로 베트남은 14년간 258건의 CDM 사업을 진행하여 개발도상국 중에서는 기술 이전 수요가 활발한 국가 중 하나인 것으로 볼 수 있다.

〈표 3-22〉 베트남에서 실시된 CDM사업

연도	AF	BG	BM	EE	FS	HP	MA	MR	PV	WG/HU	WP	총계
2006						1				1		2
2009	1	7				7		2			1	18
2010			1			25		1				27
2011		5			1	52						58
2012		8	10	1	1	110	3			1	4	138
2013		2	1			4				1		8
2014			1					1				2
2015			1			1						2
2019									3			3
총계	1	22	14	1	2	200	3	4	3	3	5	258

※ AF = Afforestation, BG = Biogas, BM = Biomass, EE = Energy efficiency, FS = Fuel switch, HP = Hydro power, MA = Methane avoidance, MR = Methane recovery, PV = photovoltaics, WG/HU = Waste gas/heat utilization, WP = Wind power.

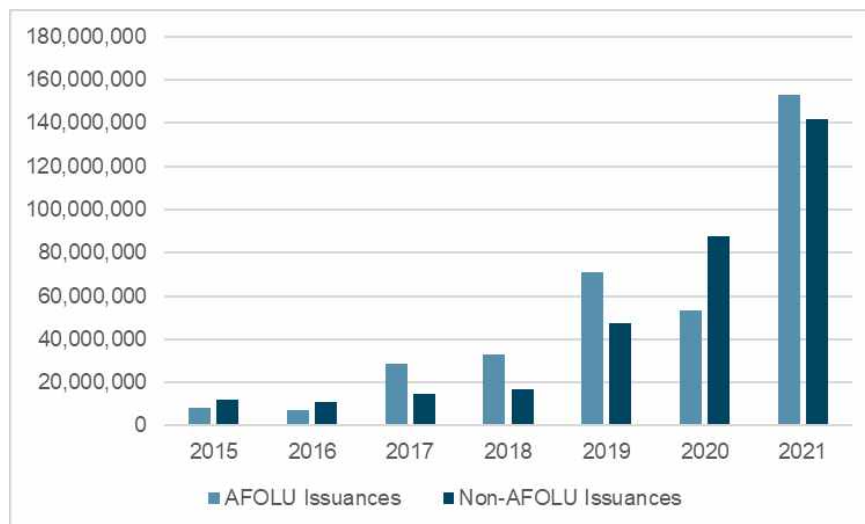
3. 자발적 탄소시장의 주요 기술 동향 분석

현재 자발적 시장의 활용은 넷제로 목표 달성 및 ESG 경영 활용, 규제시장과 연계된 탄소 감축 목표량 달성으로 구분할 수 있다. 각각의 활용 목적을 달성하기 위한 병목과 이와 관련한 주요 쟁점은 크게 자발적 탄소시장의 탄소크레딧에 대한 신뢰성 문제, 규제시장과의 연계로 구분된다.

규제시장에서 자발적 시장의 크레딧을 허용하고 있는 국가(호주, 네덜란드, 중국(지역거래소), 미국(지역 거래소) 등)들이 늘어나고 있고 우리나라도 관련 논의가 활발하다. 이 문제의 해결은 자발적 탄소시장의 신뢰성에 대한 논의와 연결된다. 국제사회에서는 자발적 탄소시장의 신뢰성 문제를 해결하기 위한 지침을 개발하고 있어 장기적으로 규제시장과 연계될 것으로 예상된다. 주요 넷제로 인증 지침에서는 탄소배출권으로 활용가능한 범위를 규정하고 있다. PAS 2060과 ISO 14068은 교토 규제시장 크레딧(CER, ERU, EUA)과 자발적 시장에서는 Gold Standard, VCS, CCBS를 통해 발급된 탄소배출권, 기타 WWF Gold Standard, Verified Carbon Standard, in UK-the Woodland Carbon Code와 같은 domestic 자발적 시장에서 생산된 탄소배출권을 상쇄용으로 허용하고 있다.

VERRA는 총 82개국에서 1,770개 이상의 프로젝트가 진행 중이며 VCU 3억개(약 8.3억 tCO₂)를 발행하였다(그림3-1). VCU의 최근 2019년부터 2021년까지의 3년간의 발행실적은 2019년 118,848,834tCO₂e, 2020년 140,554,333tCO₂e, 2021년 295,083,465tCO₂e로 급격한 성장세를 보이고 있다. 특히 최근에는 크레딧 발행 실적에서 농업·임업 및 토지 이용(Agriculture, Forestry and other Land Use, AFOLU) 부문에서 non-AFOLU 분야를 제치면서 교토체제의 규제시장에서 소외되었던 산림, 농업, 해양, 메탄 등 NbS 분야의 성장이 두드러지고 있다는 점이다. 이는 교토체제 규제시장에서 경제성 부족 및 사업 추진의 어려움으로 투자 리스크가 높아 사업이 저조하였으나 최근 환경건전성에 대한 높은 요구와 그간의 NbS 분야의 탄소사업 경험의 축적, 대규모 사업의 추진에 따라 이 분야의 탄소배출권 발행이 점차 높아진 것으로 추정된다.

[그림 3-1] 자발적 탄소시장 VCS 탄소배출권 발급 현황



자료: <https://verra.org/datainsights/data-and-insights-july-2022/> (데이터 접근일: 2022.10.19)

가. VCS 사업 타당성 핵심기준

○ 지속가능성 기준

VCS는 각 사업이 자연 환경이나 지역 사회에 부정적 영향을 미치지 않도록 하는 안전장치(safeguards)에 대한 규칙을 마련하고 있다. 사업 제안자는 사업의 부정적인 환경·사회 경제적 영향을 식별하여 이를 완화하기 위한 조치를 취해야 하고, 지역의 이해관계자들과 협력해야 한다. 프로젝트 개발자는 프로젝트 설계를 알리고 이해관계자의 참여를 극대화하기 위하여 사업 타당성 확인 절차 전에 현지 이해관계자 협의를 수행해야 한다. 이해관계자는 협의에 참여해 프로젝트의 영향을 평가하고, 잠재적인 부정적인 영향에 대한 우려를 제기하며, 프로젝트 설계에 대한 의견을 제시할 수 있다. 프로젝트 제안자는 이해관계자가 프로젝트 실행 중에 잠재적인 부정적인 영향에 대한 우려를 제기할 수 있도록 지역 이해관계자와의 지속적인 커뮤니케이션을 위한 메커니즘을 구축해야 한다. 프로젝트 개발자는 현지 이해관계자 협의 및 지속적인 커뮤니케이션을 통해 받은 모든 의견을 고려하여, 후속조치로서 프로젝트 설계를 업데이트하거나 업데이트가 적절하지 않은 이유를 입증해야 한다. 프로젝트 개발자는 현지 이해관계자와 협의하며 ① 프로젝트 설계, 실행, 모니터링 결과, ② 프로젝트가 현지 이해관계자에게 가져 올 수 있는 위험과 비용, 혜택, ③ 주최국 근로자의 권리를 다루는 모든 관련 법규, ④ VCS 프로그램 검·인증 절차와 VVB(Validation and Verification Bodies)의 현장 방문에 대한 사항을 함께 다루어야 한다. 프로젝트 개발자는 현지 이해관계자와의 분쟁이 발생했을 경우 처리할 고충 처리 절차를 개발해야 한다. 문화적으로 적절한(culturally-appropriate) 갈등 해결 방법을 고려하여 합리적인 시간 내에 의견을 청취하고 응답할 수 있도록 해야 한다. 분쟁이 우호적으로 해결되지 않을 시에는 법원 등 중립적인 제3자의 중재로 회부된다.

○ (환경건전성) 추가성 기준

VERRA는 VCU 품질 보증의 원칙 중 하나인 추가성 확보를 위해 적절한 프로그램의 범위를 주기적으로 결정하여 VCS에 등록 가능한 프로그램의 범위를 관리한다. 2019년 업데이트된 기준에서는 제외된 프로젝트 활동들을 구체적으로 명시하고 있다. 우선 후속 감축을 목적으로 GHG 배출을 일으켰을 것으로 가정되는 프로젝트들은 VCS 프로그램의 범위에서 제외되며, 아래 <표 3-23>에서 음영으로 표시된 활동들 역시 제외된다. 예를 들면 수력 발전을 이용한 그리드 연결 전기 생산 활동은 LDC 이외의 국가들에서는 규모와 상관없이 불가하지만, LDC 국가들에서는 소규모로 이루어질 경우에 한해 가능하다. 제시된 프로젝트 유형들은 VERRA에서 더 이상 탄소 금융의 지원을 받지 않아도 될 만큼 성장하여 상업성이 있다고 판단되어 추가성에 문제가 있을 수 있어 VCS 프로그램에의 등록이 불가능한 것으로 이해될 수 있다.

<표 3-23> VCS에서 제외된 프로젝트 활동²⁹⁾

활동	Non-LDC		LDC	
	대규모	소규모	대규모	소규모
HFC-23 감축 활동				
수력 발전을 이용한 그리드 연결 전기 생산				
풍력, 지열, 태양열을 이용한 그리드 연결 전기 생산				
combined cycle 전기 생산과 주거, 상업, 산업용				
열 제공을 위한 폐기열 활용				
바이오매스를 활용한 전기 또는 열 에너지 생산				
화석연료를 활용한 전기 또는 열 에너지 생산				
에너지 효율적인 전등으로의 대체				
CFL이나 LED 전등으로 대체				
에너지 효율적인 변압기 설치 또는 교체				

○ (환경건전성) 영구성 기준

VCS는 감축의 비영구성(non-permanence)에 대응하기 위한 방안 중 하나로 버퍼폴 메커니즘(buffer pool mechanism)이라는 장치를 도입하였다. 버퍼폴 메커니즘은 발행되는 배출권의 퍼센티지를 설정하여 거래가 될 수 없도록 별도의 계정(account)에서 관리한다. 즉, 리스크가 현실화되어 손실이 발생할 경우를 대비하여 버퍼 폴 계정에 크레딧을 예치하는 개념으로, 예치될 크레딧의 양은 AFOLU Non-Permanence Risk Tol을 통해 결정된 리스크 평가 결과를 고려하여 확정된다(이승은, 2010). 리스크 산정에 관한 상세한 내용은 standard 문서가 아닌 'AFOLU Non-Permanence Risk Tool' 문서에서 다루고 있다. 문서에 따르면 탄소 축적의 잠재적인 일시적·영구적 손실은 위험 분석 시점에 존재하고 이용 가능한 정보를 기반으로 향후 10년이 넘는 기간에 걸쳐 평가되어야 한다. 위험 요소는 내부 위험, 외부 위험, 자연 위험의 세 가지 범주로 분류되며, 각 범주별로 프로젝트 관리, 재정적 실행가능성, 커뮤니티 참여와 같은 하위 범주가 존재한다. 프로젝트는 하위 범주로 이루어진 각 범주에 대한 위험 점수 계산을 통해 이루어진다. 총 위험 점수가 60점 이상일 경우 프로젝트 위험은 용납할 수 없을 정도로 높다고 간주되어 위험 분석에 실패하게 되며, 위험이 처리될 때까지 크레딧을 받을 자격이 없게 된다. 또한, 각 범주별로 내부 위험이 35점, 외부 위험이 20점, 자연 위험이 35점 이상일 때에도 프로젝트는 위험한 것으로 간주되어 위험 분석에 실패한다. 위험 평가가 끝나면 버퍼 계정에 예치될 버퍼 크레딧 양을 정하기 위해 총 위험 점수를 백분율로 변환한다. 예를 들어 총 위험 점수가 35점일 경우 35%로 변환한다. 이 비율을 프로젝트의 검증 보고서에 명시된 탄소 저장량의 순 변화량에 곱하여 버퍼 크레딧 양을 결정하고 버퍼 계정에 예치시킨다. 손실이 발생하면 손실을 보상하기 위해 예치된 버퍼 크레딧이 취소된다. 버퍼폴 메커니즘의 장점은 단순하면서도 크레딧의 영구성을 보장할 수 있다는 점이다. 버퍼 크레딧이 취소되었다 하더라도 발행된 VCUs의 영구성에는 영향을 미치지 않기 때문에, 탄소시장의 구매자에게는 안전하고 영구적인 VCUs가 제공된다(국립산림과학원, 2012).

29) STEPI. 2021. 신기후체제에서의 과학기술을 활용한 국제 탄소시장 참여전략 연구. 대전.

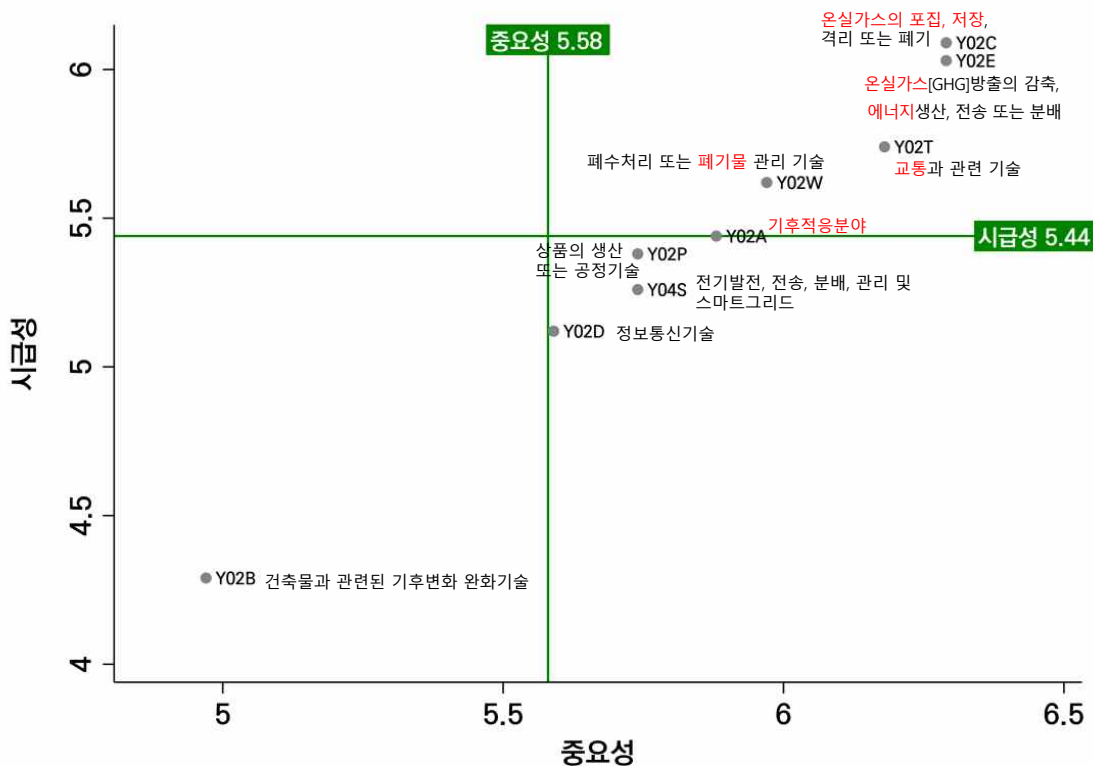
제 4 절 소결

1. 탄소시장 대응 유망 기후기술 분야

본 연구에서는 우리나라와 미국, 독일, 영국, 스웨덴, 중국, 일본, 베트남 8개국에 대한 녹색·기후기술 특허 네트워크 분석을 통해 녹색·기후기술 특허에서 중심이 되는 기술의 트렌드에 대한 비교 분석을 기반으로 우리나라가 글로벌 시장에서 선진국을 대응하는 기술 경쟁력 현황을 분석하였다. 이와 함께 전문가 설문조사를 통해 각 기술의 중요성, 시급성, 성장가능성을 평가하여 녹색·기후기술이 갖는 시장성을 중단기, 장기적 관점에서 분석하였다.

녹색·기후기술 분야 정책 및 연구 분야에 종사하는 전문가를 대상으로 7점 척도로 중요성을 평가한 설문조사에서 전문가들은 모든 녹색·기후기술에 대해 시급성과 성장가능 측면에서 대부분의 기술이 중요하다고 응답하였다. 그 중 현재 가장 중요하다고 평가한 기술군은 Y02C(CCUS 온실가스 포집, 저장, 격리 또는 폐기)와 Y02E(온실가스 감축, 에너지생산, 전송 또는 분배)를 가장 강조하였으며 Y02T(교통 관련 기술), Y02W(폐기물 및 폐수처리 관리 기술)이 그 뒤를 잇고 있다. 이 중 Y02T와 Y02E는 장기적 측면에서도 가장 중요한 것으로 평가되었고 장기적 측면에서는 Y04S(전기발전, 전송, 분배, 관리 및 스마트그리드) 기술이 중요성이 높은 것으로 나타났다(그림 3-2).

[그림 3-2] 중·단기 녹색·기후기술 핵심기술 분야



기후변화를 완화하는 온실가스 감축기술이 중단기 및 장기 관점에서 가장 유망한 것으로 나타났다. 온실가스 감축 분야의 온실가스 감축 분야에서 우리나라의 특허는 전력저장, 태양광, 신재생 에너지, 원자력 발전, 풍력 부분이 상위에 위치해 있다(GTC, 2019). Y02E(온실가스 감축, 에너지생산, 전송 또는 분배) 특허 네트워크 중심성에서 이 기술군은 우리나라의 모든 시계열 단계에서 가장 높은 네트워크 중심성을 보이며 핵심기술로서 영향력을 보이고 있다. 이 기술군은 CDM 및 자발적 탄소시장에서 가장 많은 사업 등록 및 투자가 이루어지고 있는 태양광 및 풍력 등 신재생에너지와 ESS 등의 기술이 포함된다. 이 기술군은 장기적 측면에서도 중요하다고 평가된 반면 선진국의 특허 네트워크 중심성 트렌드에서는 이 분야의 기술은 국가별로 다른 영향성을 보이고 있다. 미국과 독일에서는 초기 및 성장 단계에서 부상한 이후 다른 녹색·기후기술에 대체되는 것을 보인 반면 일본은 점차 이 기술군에 대한 중심성이 증가하였다. 스웨덴, 중국, 베트남에서는 전체 기간에서 이 기술군의 중심성이 높게 나타났다.

Y02C CCUS 기술은 2050년을 목표로 전세계 탄소중립 달성에 약 18%를 차지할 것으로 예상되는 핵심 기술 중 하나이다(IEA, 2021). 이 기술은 본 연구에서 녹색·기후기술 특허 네트워크를 분석을 시행한 8개국 모두에서 네트워크 중심에서 나타나지 않은 기술이다. 이는 융합 기술로 중심성을 갖고 있지 않는 것을 보여주며 아직은 초기 개발 단계에 있어 전체 녹색·기후기술에서 영향력이 강하지 않는 것으로 유추할 수 있다. CCUS 기술은 우리나라 특허 등록 뿐만 아니라 네트워크 중심에서 두드러진 기술 영향력을 보이지 않고 있지만 독일과 미국 등 이 기술에 대한 전략을 수립하는 등 정책적 관심이 높다(KDB미래전략연구소, 2022). 우리나라 과학기술정보통신부에서는 2021년 「이산화탄소 포집·활용 기술혁신 로드맵」을 수립하고 CCUS 제도기반 구축을 위한 TF를 추진하는 등 CCUS 기술개발 지원에 대한 정책 기반을 마련하고 있다. 실용화 단계에서 탄소포집시설은 전세계 35개소가 운영되고 있다. 탄소시장에서는 자발적 탄소프로그램인 VCS 운영기구인 Verra에서 CCS+ 이니셔티브 및 CCUS 기술을 적용한 방법론을 개발 중으로 탄소시장에서 사업화가 가능해진다면 이 기술을 적용하여 대규모의 탄소배출권 확보가 가능할 것으로 전망된다.

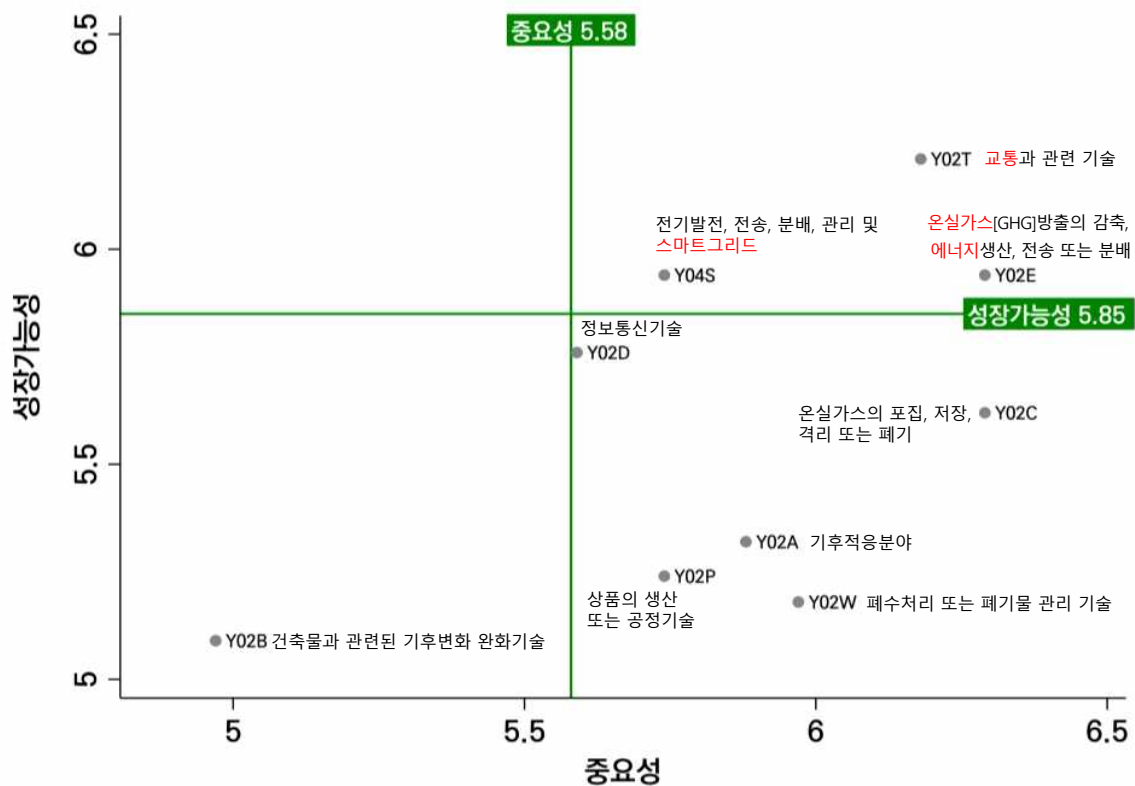
폐수처리 또는 폐기물 관리 기술(Y02W)은 한국 특허네트워크 분석결과, 빈도수 기준으로 9번째로 높은 순위를 차지할 만큼 국내에서 많은 개발이 이루어졌다. 폐기물 발생은 산업발달에 따라 지속적으로 높아지고 있고, 2019년 폐기물의 총 발생량은 2018년보다 11.5% 증가한 약 1억 8,149만 톤이다. 폐기물이 온실가스 배출량에 직접적으로 미치는 영향은 약 2.3%로 높지 않았지만, 폐기물을 처리하는 방법에 따라 순환경제를 구축할 수 있고, 온실가스 배출의 상당부분을 차지하는 에너지와 산업공정 분야의 온실가스 배출량 감소에 기여할 수 있다(KDB미래전략연구소, 2021b). 따라서, Y02W의 중요성과 시급성이 높은 평가를 받은 것으로 추정되고, 온실가스 포집 및 저장(Y02C) 기술은 현재 상용화 단계는 아니지만, 한국의 탄소중립 시나리오 목표달성에 상당한 영향을 미칠 것으로 기대되기 때문에 중요성과 시급성 측면에서 고평가된 것으로 예상된다(Deloitte, 2021; 2050 탄소중립녹색성장위원회, 2022; 한국환경공단, 2021).

중요성과 성장가능성이 모두 높게 나타나 현재와 미래의 핵심기술로 Y02T, Y02E, Y04S이 조망받았다. 연결 정도 중심성 기준, 한국의 성장단계에서는 Y02E, Y02T, Y02P가 핵심특허인 것을 고려하면, 한국의 특허 네트워크 결과 및 전문가 평가 모두 Y02T와 Y02E의 영향력을 높게 평가하고 있다. 특허 네트워크에 비교하여 Y04S에 대한 전문가의 중요성 인식이 높게 나타났다.

Y04S 스마트그리드 기술은 ICT 기술과 전력망을 융합하여 에너지 이용의 효율성을 증가시키는 전력 인프라 시스템이다. 스마트그리드는 에너지 효율성 향상과 기후변화 대응 효과를 높일 수 있을 것으로 기대되는데, 현재로서는 보안문제와 제도 및 기반부족으로 인해 서비스를 확대하는데 한계가 있다(KOTRA, 2019; 산업통상자원부, 2018). 아직 스마트그리드 기술이 온전히 상용화되는 단계에 이르지 못하고 특히 네트워크 안에서의 영향력은 낮게 나타나고 있으나 기후변화 대응에 스마트그리드 기술에 대한 전문가들의 평가는 중요성과 성장가능성 측면에서 높게 나타났다.

Y02T는 연결 정도 중심성 기준으로, 급격한 성장단계부터 현재까지 한국에서 가장 영향력있는 특허로 주목받고 있다. 온실가스 배출 감축(Y02E)은 기후변화 대응을 위한 핵심적인 목표 중 하나이고(환경부, 2022b), 교통과 관련 기술(Y02T)도 기후변화 대응을 위해 전기차와 수소차 등 친환경 차량에 대한 관심이 높아지고 있기 때문에 성장가능성과 시급성이 높게 평가된 것으로 추정된다(가스신문, 2021).

[그림 3-3] 장기 녹색·기후 핵심기술 분야



자발적 탄소시장에서의 기후적응 분야 기술 중요성이 강조되었다. 전문가 분석을 통해 규제 및 자발적 탄소시장에서 유망한 기술을 조사한 결과는 특허에 대한 중요성을 평가한 결과와 유사하게 Y02E 및 Y02C 기술군이 규제시장에서 유망한 기술로 나타났다. 반면 자발적 시장에서 유망한 사업으로 기후적응 분야의 기술을 중요하게 평가하였다(표 3-24).

<표 3-24> 규제 및 자발적 탄소시장 유망기술 분석

구분	중요성		시급성		성장가능성	
	규제	자발	규제	자발	규제	자발
Y02A	25	40	30	40	27	34
Y02B	2	16	2	12	5	11
Y02C	62	29	58	36	47	26
Y02D	4	37	7	33	26	51
Y02E	95	38	101	46	71	48
Y02P	33	48	24	52	22	47
Y02T	32	49	26	40	44	37
Y02W	28	35	29	27	30	20
Y04S	25	14	29	20	34	32

[주] 탄소시장에서 유망한 기술에 대해 유관 정책 및 연구기관의 전문가 34인에게 설문조사를 실시하였다. 규제 및 자발적 탄소시장에서 중요성, 시급성, 성장가능성 측면에서 9개의 녹색·기후기술에 대해 1순위, 2순위, 3순위를 질문하였다. 설문 결과는 순위에 따라 가중치(1순위 5배, 2순위 3배, 3순위 1배)를 적용하여 점수를 도출하였다. 이 점수는 100분위를 의미하는 것이 아니며 전문가 34인이 모두 1순위로 대답할 경우 170점(34인*1순위 가중치 5점=170점)의 절대적 만점을 갖는다.

특히 최근 ESG 경영문화 확산 등으로 인해 고품질 탄소에 대한 수요가 증가하고 있다. 더 비싼 가격을 지불하고서라도, 환경에 부정적 영향을 미치는 감축사업보다는 공편익이 높은 사업을 통해 발생한 탄소배출권에 대한 수요가 더욱 확대되고 있다. 최근 발간된 Ecosystem Marketplace(2021) 보고서에 따르면, 산림 및 토지이용 분야 사업에서 발생한 탄소배출권 가격이 화학공정 및 산업 제조 분야의 감축사업을 통해 발생한 탄소배출권 가격과 1, 2위를 다투는 것으로 나타났다. 또한 농업 분야 사업은 수는 적지만, 거래가격의 경우 2020년 최고가(9.23USD/ton)에 거래되는 등 에너지 효율 및 연료전환(1.03USD/ton), 재생에너지(0.87USD/ton) 등에 비해 월등히 높은 가치를 가지는 것으로 나타났다. 따라서 향후에는 탄소시장에서 강조되고 있는 ‘손실과 피해’ 기조에 대응하고, 적응분야 사업 발굴을 위해 농업과 산림 및 토지이용분야 기술과 연계된 사업이 더욱 유망할 것으로 보인다.

2. 한계점

본 연구에서는 앞서 기술한 바와 같이 주요 선진국과 우리나라, 개도국(베트남)에 대한 녹색·기후기술 특허 네트워크 분석을 시행하여 기술 현황을 파악하고, 이를 바탕으로 향후 우리나라가 글로벌 시장에서 선진국을 대응하기 위해 집중해야 할 기술분야와 개도국 대응 시 탄소시장 활용을 중심으로 유망기술을 살펴보았다. 더불어 전문가 설문조사를 실시하여, 기술별 중요성, 시급성, 성장가능성을 상호 평가하여 우리나라가 향후 중점적으로 다뤄야 하는 기술군을 단·중·장기 관점에서 분석하고자 하였다.

그러나 본 연구는, 다양한 각도에서 우리나라의 현재 녹색·기후기술 경쟁력을 조망하고 향후 더욱 활성화될 것으로 예상되는 탄소시장에 대응하기 위한 기술군을 선별하고자 하였음에도 불구하고 다음과 같은 한계점을 갖는다.

첫째, 특허 네트워크 분석이 갖는 한계점이다. 먼저 기술경쟁력은 네트워크 분석에 따른 순위로서만 평가될 수 없다는 한계가 있다. 일례로, 특정 기술 분야가 4위로 나타난다고 해서 앞선 국가와 큰 차이가 나타나지 않을 수도 있고, 3위 분야 일지라도 1, 2위 국가와 큰 차이가 나서 경쟁력이 없을 수 있기 때문이다. 따라서 우선순위보다 실현 방법의 탐색이 중요하며 기술이 구현되고 시장에 도입이 되어야 진정한 탄소중립이 실현된다는 점을 고려할 때, 향후 연구에서는 기술들을 보다 세부 분석하여 어떻게 기술 실현시기를 앞당길지, 기술이 실현될 경우 향후 제도나 시장 관점에서 보완해야될 점이 없는지를 함께 고민해볼 필요가 있다. 또한 국제공동개발 녹색특허와 관련하여, 2개국 이상이 참여하여 공동으로 개발한 녹색특허가 있다면, 공동 개발된 특허만 따로 분류하여 이들의 국가별 네트워크를 보는 분석이 추가적으로 가능할 것으로 보인다. 더 나아가 특허간의 네트워크를 보는 인용-피인용 네트워크 분석으로 발전시킨다면, 국가 간 특허관계를 파악할 수 있기 때문에 향후 국제 녹색특허 협력정책 수립에도 도움이 될 것으로 기대된다.

둘째, 개도국 특허 네트워크 분석이 가지는 한계점이다. 개도국의 경우, 특허 제도는 있으나 이를 관리할 수 있는 능력을 가진 심사관이 부족하고 비용을 지출하기 어렵기 때문에 출원을 하더라도 특허를 통한 권리를 확보하기가 쉽지 않다. 또한 자국의 수준에 따라 녹색기술 수준이 다소 상이할 것으로 예상되기 때문에, 특허의 단순한 정략적 수준 비교는 개도국의 녹색기술 수준을 파악하는데 한계가 있다. 뿐만 아니라 탄소시장은 대내외적 상황에 의해 영향을 받을 수 있다는 점을 고려하면, 현재의 데이터를 바탕으로 미래를 예측할 경우 시나리오를 수립하여 유망기술을 예측하는 것이 필요할 것으로 보인다. 따라서 이를 극복하기 위해서는 다른 데이터를 활용하거나, 접근법을 고려하는 것이 필요하다. 일례로, 녹색특허 기술을 사용한 제품을 수입하는지 혹은 HS코드별 제품군이 어떤 녹색특허와 연결되어있는지 여부를 볼 수 있는 데이터가 있다면 이를 활용하여 네트워크 분석 방법을 적용할 수 있을 것으로 보인다. 선행연구(Hidalgo et al, 2007)에서는 Product space 개념을 활용하여 어떤 국가가 어떤 특허 기술을 수입하는지 살펴보고, 어떤 특허 기술을 앞으로 수입할지 예측하는데 활용한 바 있어, 이와 같은 방법을 활용한다면 향후 특허 기술간 연결성을 볼 수 있고 특허의 ubiquity와 다양성을 바탕으로 국가간 녹색특허 발전도의 랭킹도 계산 가능할 것으로 보인다. 또한 개도국의 특허 분석은 수요 분석과 2차원 분석이 이뤄진다면 해당 국가의 잠재력과 자체 기술력의 격차가 큰 부문이 한국의 전략 분야가 될 수 있을 것이다.

셋째, 탄소중립 관련 기술은 다른 기술들과 매우 다른 특징을 가지고 있다. 2030 NDC, 2050 탄소중립 시나리오 등 기술개발의 유효시점이 정해져 있다는 점이다. 이 점을 단편적으로 보면 빠른 기술개발이 필요하다고 생각될 수 있으나, 실제로는 정책-기술-시장 간 연계성이 잘 맞도록 정책과 시장을 설계할 필요가 있다. 따라서 향후 연구에서는 기술에 한정하여 분석을 진행하기 보다는 정책 및 시장으로 연구범위를 확대하고 정책-기술-시장의 로드맵 간 연계성을 분석해 볼 필요가 있다.

마지막으로, 중요성/시급성/성장가능성 분석을 위해 IPA 분석방법을 도입하였으나, IPA 분석 대신 RIPA(Revised IPA)분석을 도입하여 분석하는 것이 가능하다. IPA 분석은 중요도를 직접 측정한다는 점, 만족도-성취도 간 비대칭적 관계 등 몇가지 문제점을 지닌다. 일례로, 중요도와 성취도를 동시에 조사하는 경우 중요도와 성취도에 대한 두 응답 간 상관성이 발생할 수 있기 때문에 응답에 대한 독립성 확보가 어려울 수 있다. 즉, 응답의 편향(bias)이 발생하여 중요도와 성취도의 속성이 모두 높은 영역인 I 사분면(유지강화 영역/Keep Up the Good Work)에 위치하거나 모두

낮은 영역인 III사분면(저순위 영역/Low Priority)에 위치하는 선형적(linear) 결과가 발생할 수 있다. 이에 따라 최근에는 속성에 대한 항목 이외에 전반적 만족도 항목을 조사하고, 이를 통계적 기법과 결합하여 간접적으로 중요도(즉, 상대적 중요도/Relative Importance)를 도출하여 활용하는 RIPA가 제안되고 있는 바, 향후 중요성/시급성/성장가능성 분석에 이를 활용한다면 보다 정확한 연구결과를 도출할 수 있을 것으로 보인다.

제 4 장 국제 탄소시장 대응전략

제 1 절 분석개요 : SWOT 분석

파리협정 세부이행지침 제6조의 세부 규정 및 이행지침이 구체화되는 시점에 대비하여, 국외 온실가스 감축사업 추진을 위한 대내외 환경을 파악하고 거시적인 수준에서의 준비도를 검토하는데 있다. 파리협정 제6조에 기술된 사항은 각각의 접근법에 대한 방향성을 언급하고 있으나 구체적인 규칙과 기준을 다루고 있는 것은 아니며, 향후 협상을 통해 세부 내용이 구체화 될 것이라는 점에서 제도적 불확실성이 존재한다.

이러한 불확실성과 더불어 해외 사업 추진을 위해서는 직간접적인 영향 관계에 있는 기업의 해외사업 추진 경험 및 역량, 관련 인력의 숙련도, 그리고 사업대상국가의 사업추진가능 여건 등 사업에 대내외적인 영향을 줄 수 있는 요인에 대해 다면적인 고려가 필요하며, 사업 성패에 영향을 미치는 여러 요소의 종합적인 역량이 선행되어야 한다. 이러한 점에서 국외에서 온실가스 감축사업을 추진한다는 것은 많은 대내외적 리스크를 동반한다. 내부적 역량 이외에도 제도 및 추진 국가의 사회경제적 여건 등 외부 환경적 요소에 따라 영향을 많이 받게 되는데, 외부 환경적 조건의 변화에 따른 리스크 대비 뿐 아니라 거시적인 차원에서의 역량을 검토하고 대비할 필요가 있다.

이를 위해 이번 장에서는 온실가스 감축사업 추진을 위한 성패에 중요한 영향을 미치는 기술 역량 및 제도 준비도 등을 기준으로 우리나라 내부 환경에 대한 강점(Strengths)과 약점(Weaknesses)을 검토하였다. 외부의 기회(Opportunities)와 위협(Threats)의 규명을 위하여 주요 국가들의 탄소중립 관련 핵심기술의 동향을 살펴보고, 이에 대비한 국내 기술수준 및 기술개발과 국외 온실가스 감축사업 추진을 위한 지원정책 준비수준을 거시적인 차원에서 검토하였다.

검토 결과를 바탕으로 향후 지원 방향을 위한 제언 측면에서의 시사점을 도출하였다. 종합적으로 그룹 간 요인의 우선순위를 선정하여 강점을 가지고 기회를 살리는 S/O 전략(공격적 전략), 강점으로 위협을 회피하거나 최소화하는 S/T 전략(다양화 전략), 약점을 보완하여 기회를 살리는 W/O 전략(방향전환전략), 약점을 보완하면서 위협의 회피 및 최소화하는 W/T 전략(방어적 전략)을 도출하였다.

제 2 절 분석결과 : SWOT 분석

신규 감축사업 발굴 시, 우선적으로 고려해야 할 것은 개도국의 기술수요이다. 사업 주체가 되는 공급국가가 우수한 기술과 관련된 특정 산업을 선점했다고 하더라도 사업 대상국에서의 수요가 없다면 실질적으로 상업화가 될 가능성은 적기 때문이다. 이렇게 사업의 성패에 중추적인 요인으로 작용하는 기술수요를 파악하는 방법에는 크게 두 가지로 볼 수 있는데 하나는, 기술수요평가(Technical Needs Assessment: TNA)와 같이 사업대상국가의 기술수요를 분석한 보고서 상의 내용을 기준으로

검토하는 방법과, 두 번째는 해당 사업대상국에서 이미 등록되어 수행되었거나 종료된 사업을 대상으로 분석하는 방법이 있다.

그러나 온실가스 감축을 위한 양자협력 여건이 조성되고 기반이 구축되고 있는 현재 시점에서는 사업대상국의 TNA를 검토하거나 온실가스 감축을 위한 세부 기술수요에 대한 우선순위를 정하기 쉽지 않다고 판단되는데, 이는 상호 합의할 기준을 설정하기가 어렵기 때문이다.

이러한 한계의 대안으로서, 본 연구과제에서는 파리협정 제6조 시장메커니즘의 이행전략이 아직 구체화 되지 않은 시점에서의 대응전략을 준비 검토차원에서 마련하고자 한다. 현재로서는 신시장 메커니즘이 어떠한 방법과 절차 (Modalities & Procedures, M&P)로 형성될 것인지에 대해서는 파리협정 후속 SBSTA(Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice)에 위임하기로 결정되었으나, 현재까지 여전히 공통의 합의문을 도출하지 못한 상황이다. 기존에 추진되고 있는 CDM 체계와 크게 상이하지 않은 범위 내에서 신규 체제가 정립되고 이에 따른 합의가 마련될 것으로 보이나, 아직까지 사업대상국을 선정하고 이에 따른 세부적인 기술수요를 파악하기에는 어렵다는 점을 감안하여, 본 장에서는 온실가스 감축사업 추진을 위한 국내의 기술 및 제도적 여건등에 대해 거시적인 수준에서의 종합적인 역량과 준비도를 검토하고자 한다.

1. 강점요인

(기술적 역량) 에너지분야 기술 역량 및 사업 추진력

국제에너지기구(IEA)에 따르면 2017년에서 2022년 사이 신규로 구축될 재생에너지 설비는 약 920GW 이상에 달하며 이 중 태양광과 풍력의 비중이 82%로 대부분을 차지할 것으로 전망했다³⁰⁾(한국에너지공단 신재생 해외이슈, 2022). 특히 태양광의 경우 각국의 정책적 지원 뿐 아니라 기술의 가격 하락으로 인해 발전 여건이 개선되어, 모든 에너지를 통틀어 가장 많이 설치될 것으로 평가됐다.

국내·외적으로 CO₂ 감축 잠재력이 가장 큰 기술은 태양광 기술이며, 우리나라가 보유한 기술도 세계적 수준에 이르는 것으로 평가됐다(안지현 외, 2020). 특히 원전, 화력, 태양광, 풍력, 연료전지, ESS 등 6대 에너지 발전기술 중에 국내 태양광 발전 기술이 가장 앞선 것으로 평가됐다³¹⁾. 우리나라 태양광 기술은 기술 보유국인 EU와의 기술격차가 0.4년 정도에 해당하며, ESS의 경우 미국과 1.4년, 연료전지는 미국과 1.1년으로 격차가 좁혀져 기술 선도국의 반열에 합류한 것으로 보인다. 이와 더불어 신재생에너지 보급과 함께 자동차용 이차전지 및 에너지저장장치(ESS)를 중심으로 국내 기술력 및 시장 점유율이 상승 추세에 있다(안지현 외, 2020).

30) 태양광 438GW, 풍력 321GW, 수력 119GW, 기타 44GW 등으로 전망했으며, 재생에너지 보급이 가속화 될 경우 252GW 추가 설치가 가능한 것으로 전망했다.

31) 에너지데일리. (2020.10.12.) 우리나라 태양광 기술력 세계 최고 수준 올라와 있다. <http://www.energydaily.co.kr/news/articleView.html?idxno=112522>

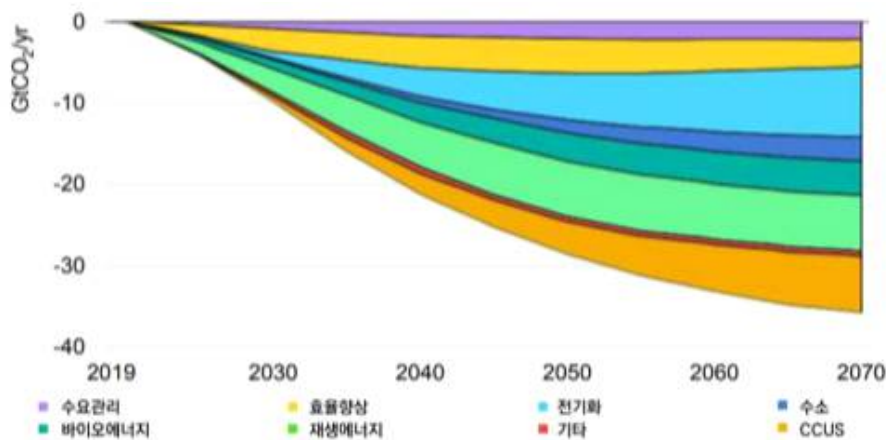
[그림 4-1] 국가별 발전분야 기술수준 및 기술격차

구분	기술수준(%)					기술격차(년)				
	한국	중국	일본	미국	EU	한국	중국	일본	미국	EU
태양광	97.0	93.4	93.2	93.3	100.0	0.4	1.1	0.8	0.8	0.0
풍력	74.5	80.4	75.7	87.1	100.0	4.1	3.3	3.9	2.3	0.0
연료전지	94.5	71.4	96.8	100.0	92.3	1.1	4.4	1.0	0.0	1.2
화력	84.5	81.0	97.7	100.0	98.6	4.2	5.6	0.1	0.0	0.3
원자력	89.4	75.6	87.4	100.0	94.7	3.7	7.3	3.9	0.0	2.1
ESS	95.2	88.7	98.0	100.0	98.2	1.4	2.4	0.3	0.0	0.2

자료 : KISTEP, 2020

그러나 우수한 기술력을 보유하고 있음에도 대외적인 여건상 글로벌 시장에서의 입지 확대는 어려움에 직면하고 있다. 태양광의 경우 규모의 경제를 앞세워 중국이 저가공세로 공략하고 있으며, 정부 차원의 대규모 지원책으로 태양광 산업을 선점하고 있다. 이런 측면에서 태양광 기술은 고도화를 거듭하고 있어 '초격차³²⁾'를 두고 경쟁하는 시대에 이르렀다고도 말한다. 이미 국내 기업의 셀 기술력은 세계 최고 수준에 이르렀으나 중국의 대량생산과 경쟁을 해야하는 상황이다.

[그림 4-2] 에너지원 별 탄소감축 기여도



자료 : IEA, 2020

이러한 초격차를 다투는 경쟁속에서 정부의 기술 혁신을 위한 R&D 지원 확대정책은, 기술 경쟁력 강화 측면에서 강점 요인으로 작용할 수 있다. 정부는 2050년까지 탄소중립을 달성하기 위한 목표를 표명한 이후 「2050 탄소중립 추진전략(‘20.12)」을 발표하였다(과학기술정보통신부 보도자료, 2021.4.)으며, ‘적응적 감축’에서 ‘능동적 대응’으로의 방향을 제시하였다(과학기술관계장관회의, 2021.03; 국가연구개발 중장기투자전략 수립 연구, 2022). 우리나라는 에너지 구조상 석탄발전 비중이 높고, 탄소 다배출 산업에 해당하는 철강, 시멘트, 석유화학 등의 제조업 비중이 높아 탄소중립 목표 달성 자체가 매우 도전적이다. 이러한 상황에서 목표 달성을 위해 수반되는 사회·경제적 비용 절감을

32) 압도적 경쟁력과 우위를 보유한 기술

위해서는 기술혁신이 핵심적 수단이 될 것이다.

정부가 제시한 「2050 탄소중립 추진전략」에는 탄소중립 실현을 위해 중요한 돌파구를 마련할 핵심기술을 도출하였으며 이를 바탕으로 집중적인 R&D 지원이 이루어질 것으로 보인다. 점차 증가하는 R&D투자 환경 자체는 국내 기업에 우호적인 상황으로, 추후 기술력 강화를 통한 국내·외 시장진출 측면에서도 강점으로 작용할 것이다. 특히, 투자의 경우 재생에너지, 수요관리 및 에너지 고효율 분야에 대한 지속적인 투자와 함께 최근 수소, 친환경 자동차 중심으로 R&D 투자가 확대중이다. 관련하여 정부예산도 함께 증가했는데, 탄소중립 분야 정부 예산 추이가 2019년 1조 485억원에서 20년 1조 3,333억원으로 최근 급증했다(표 4-1).

<표 4-1> 탄소중립 분야 정부 예산추이

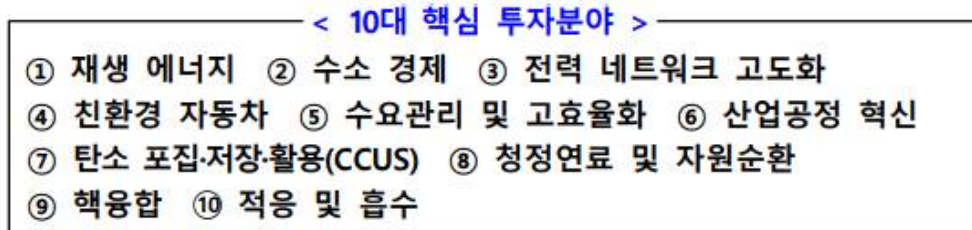
(단위 : 백만원, %)

구분	'17	'18	'19	'20	'21	연평균증가율
합계	917,804	984,929	1,048,503	1,333,250	1,599,449	14.9
재생에너지	179,124	191,644	225,158	252,865	245,093	8.2
수소 경제	46,237	49,023	65,459	106,495	177,713	40.0
친환경 자동차	37,881	41,304	75,322	142,718	173,888	46.4
수요관리·고효율	162,067	163,435	146,496	167,065	230,208	9.2
CCUS	84,480	84,328	86,494	67,285	104,871	5.6
청정연료·자원순환	94,583	88,960	86,543	116,936	137,191	9.7

자료 : 2050 탄소중립 추진전략

이에 대응해서 정부는 2050 전략목표 상에서 핵심 투자분야를 설정하였고, 이중 첫 번째로 재생에너지에 대한 투자계획을 발표하였다. 이는 탄소감축 효과³³⁾와 국내 산업여건 등을 고려해 선정한 것으로 향후 기술 R&D 지원의 기준점이 될 것으로 보인다(그림 4-3).

[그림 4-3] 우리나라 탄소중립 달성을 위한 10대 핵심 투자분야



자료 : 2050 탄소중립 추진전략

태양광의 경우 탄소중립 10대 기술 상, 초고효율 태양전기 기술, 폐태양광 재활용 기술등에 대한 추가적인 지원을 통해 기술의 초격차를 좁히는 방안으로 효율 증대를 위한 지원이 중심내용이 될 것으로 보여, 기술력 제고 뿐 아니라 관련 분야의 사업화 추진을 위한 역량강화를 위한 지원도 병행되고 있어 지원책이 다각화 되고 있는 것으로 보인다.

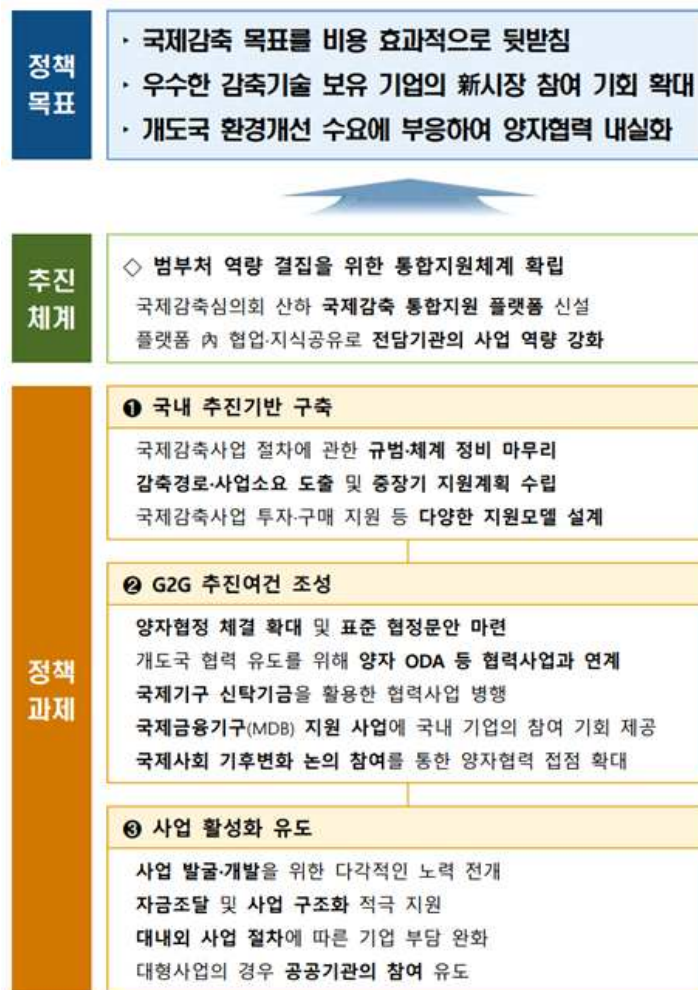
33) IEA에 따르면 에너지원별 탄소감축 기여도는 재생에너지(23%), 전기화(20%), 효율향상(15%), CCUS(15%), 바이오에너지(12%), 수요관리(7%), 수소(6%) 순으로 나타났다(그림 4-2).

(정책지원 역량)

앞선 절에 설명된 바와 같이, 우리나라는 온실가스 감축 사업을 추진하기 위한 정책지원 방향을 구체화하는 작업을 진행 중이다. 특히 전략 계획상 제시된 바와 같이, 국제감축사업을 신산업 동력으로 활용하고 발전 가능성이 높은 신산업 분야로 우수한 감축기술을 보유한 기업의 신시장 참여 기회를 제공한다는 측면에서 필요한 지원책이 마련되기를 기대하고 있다. 신산업 분야로는 개도국의 사업수요 우선순위를 살펴볼 필요가 있으나, 사업 목적에 따라 적절한 사업방향을 모색하는 정성적 분석을 반영해서 종합적으로 평가할 필요가 있겠다.

국내에서는 제도적인 노력을 뒷받침하기 위해 탄핵위를 중심으로 국제 감축사업 세부 절차를 규율하는 국내 규범을 마련 중에 있고, 정부대 정부 협력 추진여건 조성을 위해 18개국과의 양자협정 체결을 추진중에 있다. 또한 사업 활성화 유도를 위한 공공 주도 시범사업을 진행중이며, 민간 주도 사업에 대한 지원도 추진 계획에 있어 기업 애로 해소 및 사업기회 창출을 통해 우호적인 사업 환경을 조성하기 위한 다각도의 노력을 기울이고 있다.

[그림 4-4] 국제 감축사업 추진전략



자료 : 관계부처 합동, 2022

아직까지 개도국은 민간 기업 간의 네트워크 만으로는 해결하기 어려운 행정적 문제들이 존재한다. 이와 같은 관점에서 현재 국내에서 추진 중인 양자협력국가와의 협정은 상위에 존재하는 외교 및 행정 체계를 통해 사업토대를 형성해 준다는 점에서 강점요인으로 작용할 수 있다.

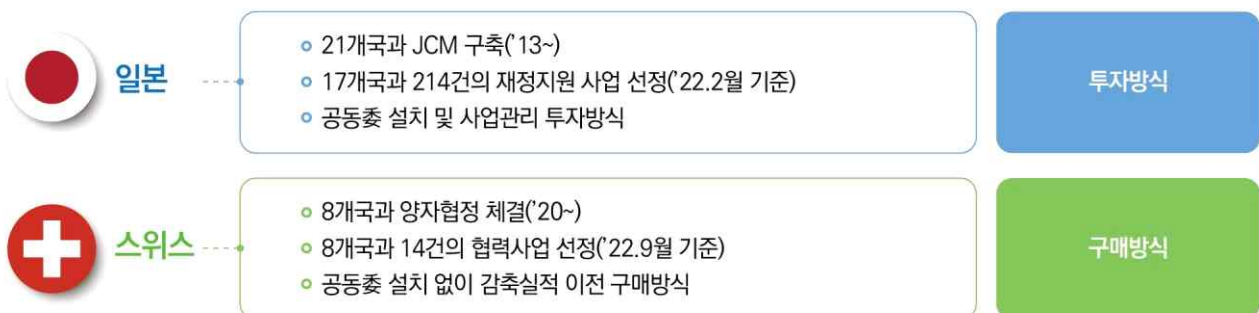
2. 약점요인

(양자협력 체결 확대에 따른 국내 사업 활성화 유도 지원책 미흡) 일본, 스위스 등의 해외사업 추진 경험을 많이 보유한 선진국 대비 해외사업 추진경험 및 역량 부족

국내기업이 해외에 진출하기 위해서는 진출하고자 하는 국가와의 네트워크 구축도 중요하다. 진출하고자 하는 국내기업이 자체적인 네트워크를 보유하고 있을 수 있으나, 그렇지 않은 경우에는 국내 유관기관이 보유한 네트워크 풀을 이용하여 접근이 가능하다. 현재까지 해외 환경사업이나 신재생에너지 지원 사업의 경우, 주로 사업 발굴 및 사업지원(타당성평가 등) 형태의 지원이 제공되고 있으며 네트워크 기반의 정보를 제공하는 지원 사업은 많지 않은 것으로 판단된다. 따라서 양자협력을 통한 감축사업 추진은 국가 수준에서 마련된 신뢰성 있는 협력 채널을 활용할 수 있다는 점에서 긍정적인 요인으로 작용할 수 있으나, 그 협력 관계의 이점을 극대화하여 활용하지 못할 경우 뚜렷한 성과를 도출하지 못하고 결과가 미미한 수준에 그칠 수 있다.

NDC상 국제 감축을 수단으로 제시한 국가들은 파리협정 제 6.2조 협력적 접근법에 따라 국제감축사업을 적극적으로 추진할 것으로 예상되며, 이에 따라 협력 대상국을 중심으로 상호간 보다 더 우호적인 여건을 마련하고 사업 기회를 발굴하기 위한 경쟁구도가 형성될 것으로 보인다. 온실가스 국제감축사업은 일본과 스위스처럼 선발국이 앞서 나가고 있는 실정이다. 일본은 2013년 이후 총 17개국과 파트너십을 체결하였고, 협력 대상국에서 194건의 시범사업을 수행중이다. 스위스는 2020년부터 6개국과 양자협정을 체결하고 사업을 추진 중이다(그림 4-5).

[그림 4-5] 일본과 스위스 양자협력 현황



양자협정의 목적은 협력국과의 협의 하에 사업을 추진하고, 결과적으로 발생한 감축 실적을 국내로 이전하는데 있다. 즉 개도국 사업의 궁극적인 목적은 감축실적 확보를 통한 NDC 이행, 국내 산업계의 해외진출 동력 지원, 기술이전 관련 파리협정상 의무 이행 등이 있다. 이중 우리 정부의 사업 예산이 포함된 사업을 추진한다고 가정할 때, 장기적으로는 산업계 지원을 도모한다고 하더라도 단기적으로는 감축실적 확보 목적을 배제할 수 없다. 이와 같은 해외 온실가스 감축사업을 통한 NDC 기여 경로는

사업주체와 관련이 있다. 사업주체는 기업과 정부로서 직접적인 해외 사업을 통해 배출량을 발급받는 것이다. 이러한 목적 달성을 위해 상호 간 구축된 협력 채널의 활용성을 제고할 필요가 있으며, 상호간 보다 구체적인 협정(안)과 이행 전략 마련을 통해 안정적으로 감축실적 확보가 가능하도록 거버넌스의 내실화를 추진하는데 역량을 집중할 필요가 있을 것으로 판단된다.

(환경건전성이 중요시 되는 사업분야 및 기술군을 중심으로 기술경쟁력 확보 필요)

탄소중립 목표 달성을 위해서는 흡수와 감축 수단을 모두 활용해야 한다. 이 목표 달성을 위한 시나리오에 제시된 바와 같이, 시나리오는 A안과 B안이 있다. A안의 경우에는 온실가스 배출 감축에서, B안의 경우 온실가스 흡수원 확충 및 포집을 통해 성과를 내는 것을 말한다. 감축이 '0'이 되는 경우는 에너지 전환을 이루고 수고 생산을 통해 탄소 배출량을 100% 감축한다는 것이다. 이럴 경우 감축하고 남은 탄소량이 A안은 8040만톤, B안은 1억 1730만톤에 해당하여 남은 전량은 모두 흡수와 제거를 통해 해결해야 한다(그림 4-6)³⁴⁾.

[그림 4-6] 2050 탄소중립 시나리오 최종(안)

(단위 : 백만톤CO₂eq)

구분	부문	' 18년	초안			최종본		비고
			1안	2안	3안	A안	B안	
	배출량	686.3	25.4	18.7	0	0	0	
배출	전환	269.6	46.2	31.2	0	0	20.7	• (A안) 화력발전 전면중단 • (B안) 화력발전 중 LNG 일부 잔존 가정
	산업	260.5	53.1	53.1	53.1	51.1	51.1	
	건물	52.1	7.1	7.1	6.2	6.2	6.2	
	수송	98.1	11.2 (-9.4)	11.2 (-9.4)	2.8	2.8	9.2	• (A안) 도로부문 전기수소차 등으로 전면 전환 • (B안) 도로부문 내연기관차의 대체연료(e-fuel 등) 사용 가정
	농축수산	24.7	17.1	15.4	15.4	15.4	15.4	
	폐기물	17.1	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	
	수소	-	13.6	13.6	0	0	9	• (A안) 국내생산수소 전량 수전해수소(그린 수소)로 공급 • (B안) 국내생산수소 일부 부생·추출 수소로 공급
	탈루	5.6	1.2	1.2	0.7	0.5	1.3	
흡수 및 제거	흡수원	-41.3	-24.1	-24.1	-24.7	-25.3	-25.3	
	이산화탄소 포집 및 활용·저장(CCUS)	-	-95	-85	-57.9	-55.1	-84.6	
	직접공기포집(DAC)	-	-	-	-	-	-7.4	• 포집 탄소는 차량용 대체 연료로 활용 가정

34) 임팩트온. (2022). 탄소 흡수원, 왜 중요한가...2050 탄소중립 시나리오로 살펴보니. <https://www.impacton.net/news/articleView.html?idxno=4887>

그러나 수소 뿐 아니라, 이산화탄소 포집 및 활용저장(CCUS)이나 직접공기포집(DAC) 기술의 경우 모두 선도국 대비 기술수준도가 낮으며, 이를 위해 국가에서 다양한 기술개발 정책이 마련되고 있는 점임을 감안할 때(그림 4-8), 해당 기술들이 실제 흡수원으로서의 기술적 역량을 발휘하기까지는 상당한 시간이 걸릴 것으로 예상된다. 수소 기술도 마찬가지로, 국가 차원에서 대대적인 지원이 이루어지고 있고 기술 경쟁력을 확보하기 위한 투자가 진행되고 있으나 아직 초기 단계 수준에 있어 상용화까지는 상당한 시간이 소요될 것으로 예상된다. 탄소중립 목표 달성을 위해 수소와 CCUS 등 신기술의 상용화 여부가 중요한 것이 한 측면으로 제시되고 있는 실정이고, 이에 따라 중요한 방안으로 재조명되는 것이 탄소 흡수원의 확충이다.

[그림 4-7] 탄소중립 분야 핵심 기술의 선진국대비 기술수준

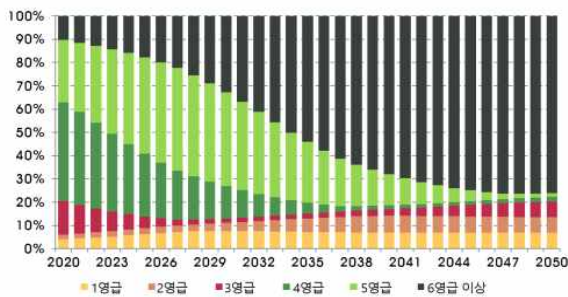
구분	태양광	풍력	수소·연료전지	이차전지	가스터빈	CCUS	지능형 건물관리	친환경 선박	친환경 자동차	폐자원 재활용
수준(%)	90.0	75.0	75.0	96.0	65.0	80.0	82.0	81.0	90.0	80.0
격차(년)	1.0	5.0	3.0	0.5	7.0	5.0	3.0	3.0	1.5	3.0

자료 : KISTEP, 2020

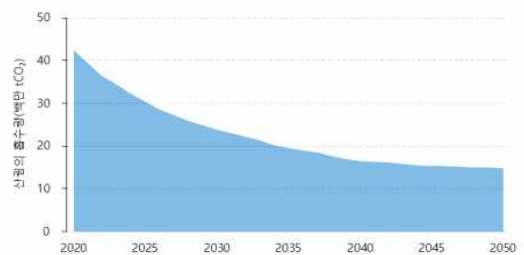
이처럼 기술의 활용 여부에 따라 목표 달성이 불투명한 가운데 2050 탄소중립 선언에 따라 핵심탄소 흡수원인 산림 탄소흡수원의 확충이 중요한 이행수단으로 부각되었다. 산림의 흡수 및 저장 능력을 유지 및 증진하고, 흡수원 보전 등을 위한 선제적 전략 마련 필요성을 인지하여 「2050 탄소중립 산림부문 추진전략」이 마련되었다(산림청, 2021). 우리나라는 산림녹화 성공 사례로 회자되며 높은 산림률을 유지하고 있고, 지속가능한 산림경영으로 산림자원양을 증대하는데 성공했으나, 현 추세대로 산림을 관리할 경우 2050년 온실가스 흡수량은 1,400만톤으로 감소할 것으로 전망되어 산림탄소흡수원을 확충하고 탄소흡수능력을 강화하기 위한 노력이 필요하다(국립산림과학원, 2020).

[그림 4-8] 산림 이산화탄소 흡수 전망

■ 산림 영급*별 면적비율 전망



■ 산림의 이산화탄소 흡수 전망



*영급 : 수목의 나이를 10년 단위로 구분. 1영급은 1~10년생, 2영급은 11~20년생

자료 : 산림청, 2021

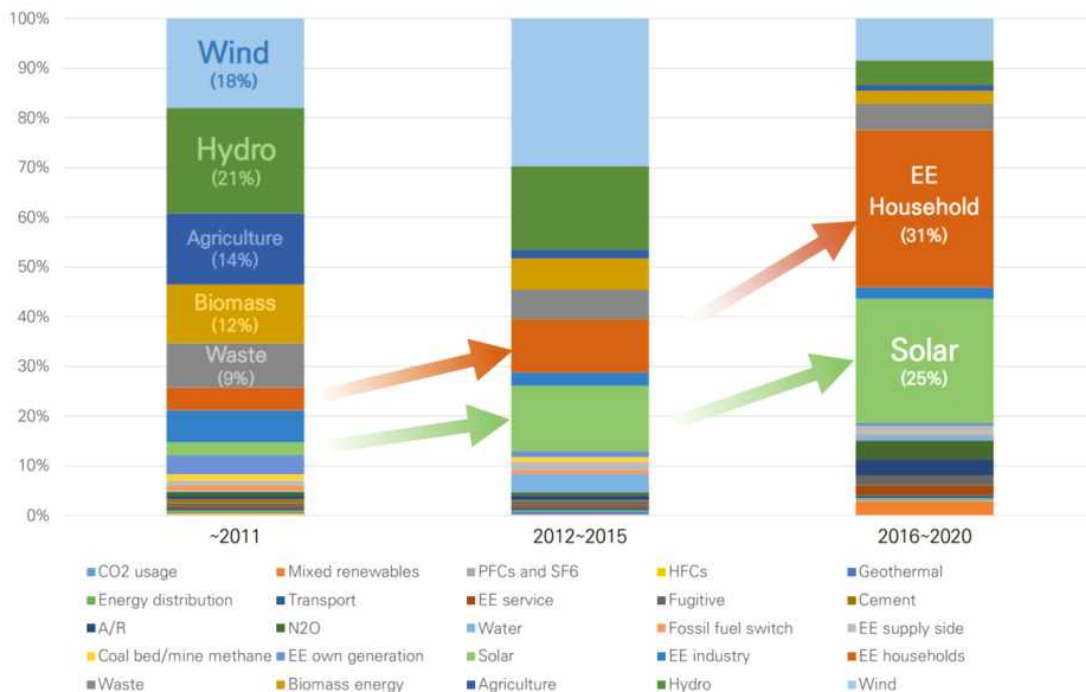
국내 산림녹화 성공이후 산림관리 기법과 기술에 대한 발전은 이루었으나, 이후 이를 해외에 전수하고 기술을 이전하는 측면에서의 실적은 다소 아쉬운 실정이다. 산림 분야의 국제협력사업은 사업의 분절 및 중복, 사업 간 연계 미흡 등의 문제점들이 지속적으로 지적되고 있다. 또한 사업의 시행시관도 공공기관 등으로 제한적인 것으로 나타나며, 수원국의 정부부처 및 공공기관이 많은 부분을 차지해 사업의 구속성 여부와도 높은 관련성이 있는 것으로 보여 사업의 지속가능성을 보장하기 어렵게 하는 약점요인으로 작용한다(이상민 외, 2015).

3. 기회의요인

(해외 신재생에너지 수요 확대) 전 세계적으로 에너지 시장은 태양광과 풍력을 중심으로 신재생에너지 전환이 이루어지고 있는 추세이다. 태양광과 풍력 모두 기술개발 비용이 낮아지고 효율이 향상되면서 시장에서 주류 기술로 자리잡고 있으며, 기존의 연료원과 비교했을 때 경쟁력을 갖추고 가고 있는 것으로 전망되고 있다. 한국수출입은행이 발표한 결과에 따르면 글로벌 태양광 시장 성장은 보수적인 전망세를 기준으로 보더라도 180GW 이상 확충될 것으로 보이며, 낙관적인 상황으로는 최대 300GW 이상의 수요가 발생할 수 있을 것으로 전망했다(강정화, 2022). 이 중 글로벌 태양광 수요를 주도한 중국 이외에도 개도국을 중심으로 한 수요가 빠르게 증가할 것으로 예측했다. 특히, 2022년에는 에너지 안보에 대한 이슈가 겹치면서 전 세계적으로 탄소중립 목표와 더불어 재생에너지 수요가 큰 폭으로 상승할 것으로 보인다. 이러한 추세로 보아, 중장기적으로 개도국을 중심으로 한 신재생에너지 시장 진출로의 기회가 확대될 것으로 예상된다.

(신 기후체제 하 신시장메커니즘 활용) NDC를 제출한 당사국 중 122개국 이상이 국제감축 활용 가능성을 언급하고 있어, 향후 탄소 감축 및 흡수를 위한 기술과 사업수요 또한 증가할 것으로 보인다. UNFCCC에서 사용하는 공식 기술 분류인 Sectoral Scope 기준에 따라 살펴보면 에너지 산업 분야의 CDM 신청 건수가 8,801건으로 가장 큰 비중을 차지한다. 연도별 신청 추이를 살펴보면, 누적 신청량이 가장 높은 기술사업군은 풍력과 수력이나 최근에는 태양광, 가정용 에너지 효율화 사업(예: 쿽스토브 보급사업) 등의 사업 분야가 증가하고 있는 것으로 분석되었다(그림 4-9) (GTC, 2020b).

[그림 4-9] 기술부문별 CDM 사업 추진 누적현황



자료: GTC, 2020b

이는 최근 에너지 안보에 대한 이슈가 확대됨에 따라 지정학적 요인에서 기인하는 에너지 수급의 불안정성을 경감하고 이를 위한 대안으로서 에너지 자급을 높이는 방안에 대한 필요성이 커졌기 때문이다. 또한 선진국 뿐 아니라 개도국도 함께 탄소중립 달성 목표를 제시하면서 이행을 위한 핵심수단으로서의 기술과 혁신의 중요성이 그 어느 때보다 부각되고 있기 때문이다. 기술과 재정의 이전 뿐 아니라 온실가스 감축 목표치 달성을 위한 방안을 통합적으로 구상할 수 있게 하는 것이 탄소시장 메커니즘이다. 이 메커니즘을 다른 기술지원이나 무상원조 사업 등과의 연계된 형태로 추진할 때 시너지가 발생할 수 있을 것으로 기대된다. 지속가능발전 메커니즘은 아직 수행체계가 구체적으로 합의되지는 않았으나 UN 체제하에서 수행되므로 가장 활용 가능성이 높은 메커니즘이 될 것이다. SDM의 운영 형태는 확정되지 않았으나 교토의정서의 CDM과 유사한 형태로 운영될 것으로 전망되고 있어 향후 온실가스 감축사업 추진을 위한 전략 마련시 유사 방법으로 대비할 수 있다.

(개발도상국의 MRV 관련 기술수요) 대부분의 개도국에서는 탄소 감축량 산정을 위해 필수적인 베이스라인 설정을 위한 부문별 통계 뿐 아니라 온실가스 배출량 통계도 체계적인 데이터가 갖추어지지 않은 경우가 많다. 기존 CDM 사업의 등록과 승인과정에서 확인된바와 같이, 사업의 기각 사유로 방법론의 적용조건 입증 미흡이나, 모니터링 계획이 미흡한 경우 가장 큰 비중을 차지한다(GTC, 2020b). 이는 신뢰할만한 베이스라인 설정에도 영향을 미쳐, 향후 감축분에 대한 실적 확보 측면에서도 중요한 이슈가 된다. 데이터의 품질 향상을 위해서는 모니터링, 보고, 검증 체계가 필요하며 이를 위해서는 통계체계가 미흡한 국가의 기반 역량에 대한 검토가 선행되어야 한다.

4. 위기요인

(국제 규제 확산으로 인한 국내 공급망 전반 및 수출관련 부담 증가)

CBAM의 도입으로 한국에 미치는 경제적 영향력이 상당할 것으로 예상되는데(KEA, 2021; 임팩트온, 2022a), 2019년 기준 한국의 석탄발전 비중은 41.5%에 달하며 이는 EU(17.5%), 미국(23.6%), 영국(2.2%), 프랑스(0.8%) 등에 비해 높은 수준인 것으로 보인다. 2019-2021년 한국의 EU 연평균 수출액 기준으로 CBAM 적용품목 9개가 차지하는 비중은 약 15.3%(55.1억 달러(약6조7,000억 원)), CBAM 적용 탄소배출 범위에 간접배출이 포함되고, 한국은 화석연료 의존도가 높아서 산업 부문 전력소비량이 높기 때문에 부담이 가중될 것으로 예상된다. 2020년 한국은 전력 1kWh를 생산할 때 이산화탄소 472.4g 배출하며, EU 215.7g, 캐나다 123.5g 등 선진국에 비해 한국의 전력생산 이산화탄소 배출량은 상당히 높은 수준이다. EU와 미국의 탄소국경세 도입 논의가 본격화됨에 따라, 미국·중국의친환경차 의무판매제도 도입, 내연기관차 판매금지 국가 확대 중이며, 온실가스 배출규제가 약한 국가의 상품을 규제가 강한 국가로 수출시 세금을 부과하는 제도로, 선진국을 중심으로 ESG(환경·사회·지배구조)를 강조하면서 탄소세 도입이 확대되고 있다. 이러한 규제는 우리 기업에 여러 가지 부담으로 작용하는데, 기술개발 비용에 대한 증가 뿐 아니라, 경쟁력 약화 측면에서 위기 요인으로 작용할 수 있다. 이에 대비하여 탄소감축 기술 확보를 촉진하는 방향과, 타당성 솔루션으로 판단되는 기존의 기술을 활용한 해외 사업 기회 확산을 통한 양 측면에서 전략 마련이 필요하다.

(미흡한 국내 탄소배출권 거래 시장조성 상황, 부족한 배출권 공급량으로 인한 거래 부진)

국내 탄소배출권 거래 시장(Korea ETS, K-ETS)은 배출권 크레딧 수요보다 공급량이 부족하여 거래가 원활하지 않아 시장 조성이 미흡한 상황이다. 탄소감축을 위한 설비의 운영 및 설비교체 등의 비용과 대비하여 비교적 저렴한 배출권 가격이 형성되어 있는 상황에서 기인하는 배출권거래 시장의 구조적인 원인을 단기간 내에 해소하기는 쉽지 않을 것으로 전망된다(우리금융그룹, 2022). 예를 들어, 온실가스 1톤을 감축하기 위해 소요되는 비용은 평균적으로 배출권 가격의 2배에 달하는 것으로 추정되며 현재 추세로는 잉여배출권이 발생할 경우 이연이 가능하므로 이를 유통시키기 보다는 보유할 유인이 크게 작용하는 것으로 보인다. 또한, 2020년 기준으로 국내 탄소배출권 거래 시장의 거래량은 2천만톤으로 전체 배출한도의 3.7%에 지나지 않는다. 이는 배출한도의 5배에 달하는 거래량을 보유한 EU-ETS 시장과 비교했을 때 대조적인 상황으로 볼 수 있다. 배출권 가격은 변동성이 있어 한시적인 수치이나, 2021년 4월을 기준으로 추정된 가격을 보면 한국의 배출권 가격은 16달러 수준이며, EU 배출권 가격의 약 1/3에 해당하는 것으로 다소 낮은 수준에서 책정되어 있음을 알 수 있다. 그러나, 이러한 구조적인 한계점이 다소 완화될 것으로 전망되는데 거래량의 경우 제한적인 시장조성자로서 참여했던 국책은행 및 3개 증권사³⁵⁾가 2022년부터 증권사의 시장 진입이 확대되면서 공급 부족 해소에 일부 기여할 것으로 전망된다.

35) 국책은행(산업은행, 수출입은행), 3개 증권사(SK 증권, 하나금융투자, 한국투자증권)이 시장조성자로서 제한되어 왔으나 2022년부터 20개 증권사의 시장 진입이 허용될 것으로 전망됨

제 3 절 국제 탄소시장 대응 전략 도출

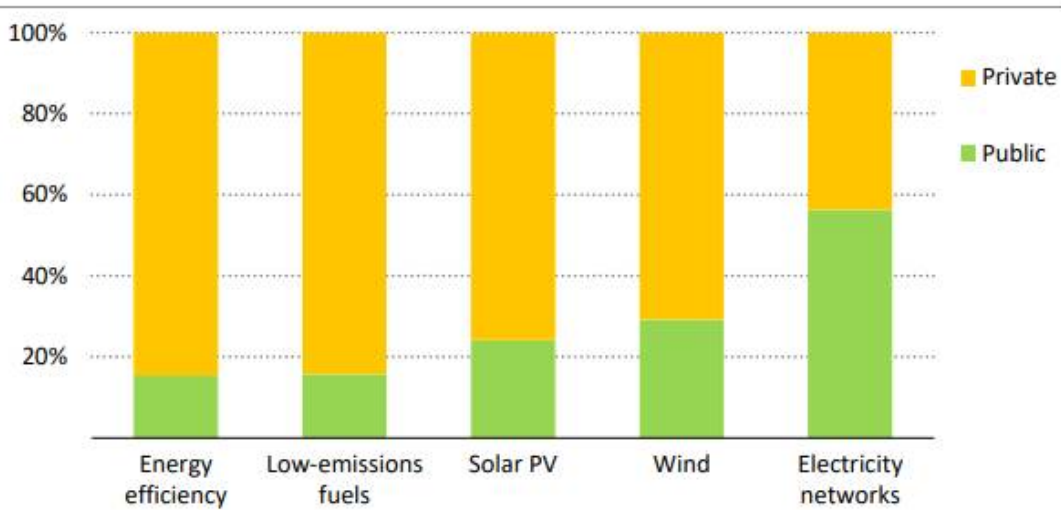
1. SO 전략(강점요인 강화 및 기회 활용): 국내 우수 기술의 강점이 드러나는 분야(태양광과 ESS 등)를 중점적으로 활용한 시장 세분화를 통한 진출 확대전략 마련

(RD&D 지원 강화를 통한 국제기술협력 확대) 국제적으로 재생에너지 발전에 대한 수요가 증가하면서 이를 충족하기 위한 기술 및 자원 마련 확보 필요성이 크게 증가하고 있다. 특히 재생에너지 중에서도 태양광의 경우 PV 뿐 아니라 에너지저장장치 등과의 융복합 기술의 적용을 통한 솔루션이 보급되고 사업성이 제고 되면서, 기존의 석탄 연료를 대체하는 비용 효율적인 수단으로서의 타당한 솔루션이 될 것으로 전망되고 있다. 신뢰성과 가격 효용성이 높은 넷제로 에너지원을 찾아내는 것은 온실가스 감축을 통한 기후변화의 영향을 완화하는 데 필수적이다.

재생에너지원 중 태양광 기술과 융복합 기술 분야가 비교적 단시간 내에 그리드 패리티를 달성한 것은, 기술적인 진보 뿐 아니라 각국의 정책 지원과 대량생산 체제가 구축되면서 시장으로의 기술 공급 증가가 큰 부분을 차지한다고 볼 수 있다. 이는 기술 양산을 기반으로 한 경쟁력 뿐 아니라 보급 및 확산의 측면에서 경쟁 과열의 양상을 낳는데, 기술 보유국을 중심으로 한 태양광 시장의 현주소를 반영한다고 볼 수 있다. 우리나라는 태양광 기술력으로는 기술 보유 선도국 대비 기술수준의 격차가 0.4년도 채 되지 않아 최고 수준에 도달한 것으로 평가되나, 과열된 경쟁 양상 속에서 기술의 생존을 위해서는 우수한 기술력을 바탕으로 시장의 세분화를 통한 확대 전략 마련이 필요할 것으로 보인다.

태양광 시장에서의 세분화 전략은 기술수요가 있는 개발도상국을 대상으로 태양광 융복합 기술 적용을 통해 에너지 수급 안정성 확보를 제고하는 측면에서의 솔루션을 제공하는 방안이 있을 것으로 보인다. 아직까지 개발도상국 시장에 태양광과 관련된 융복합 기술(예: 배터리저장장치)을 접목하여 통합적인 솔루션을 제공하기에는 비용적으로 타당성 확보가 어려운 측면이 존재한다. 그러나 보다 안정적인 재생에너지 발전을 통한 양질의 전력 공급을 통해 기술 솔루션의 완성도 측면에서의 타당성을 확보하기 위한 전략 마련이 필요할 것으로 보인다. 이렇게 기술 성숙도 측면에서 타당성이 높은 솔루션을 중심으로 많은 자본이 요구되는 분야는 공공뿐 아니라 민간자원을 활용하여, 벤처 캐피털이 아닌 프로젝트 금융이나 다른 적합한 금융파인낸싱을 고려하여 사업의 수익과 리스크를 분배해야한다(IEA, 2022)(그림 4-10). 특히 태양광의 경우 다양한 금융수단을 활용한 민간의 자원마련이 가능할 것으로 보인다. 사업의 전단계를 고려하여 민간과 공공의 재원을 확보하기 위한 대안 마련 및 사업의 타당성 확보를 위한 초기 단계에서의 무상원조 재원의 전략적인 활용방안 마련, 그리고 전략 이행을 통한 사업 실적의 확보가 필요한 시점이다.

[그림 4-10] Sources of finance by sector in the NZE Scenario, 2026-2030



자료 : IEA World Energy Outlook 2022

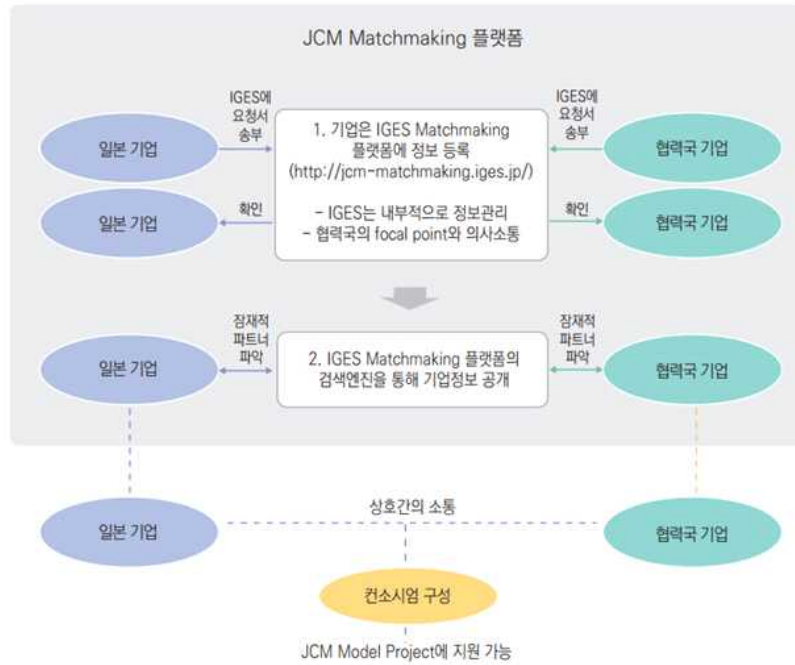
마찬가지로 NDC 달성이 전 세계적인 차원의 목표가 되면서, 국외 감축분 달성을 위한 움직임이 가속화되고 있다. 국제감축 경쟁이 본격화되기 전에 비용 효과적으로 실적을 확보할 수 있는 사업을 선점하여 추진 하는 것이 필요해 보인다. 국외 감축분 달성을 위해 현존하는 설비로부터의 온실가스 감축 사업은 경쟁적으로 확장해야 할 것이며, 초기 단계 기술의 확산을 위한 시장 확대 및 기반구축 지원, 기술 확산을 위한 인프라 개발과 개량, RD&D 지원 강화, 국제기술협력 확대 등 가능한 분야에서의 시장 및 기회 세분화를 통해 전방위적으로 지원책을 마련해야 한다.

2. ST 전략(외부환경 위기 대응전략 차원에서의 강점요인 강화): 양자협정 채널 활용 극대화, 무상원조재원의 전략적 활용을 통한 온실가스 감축사업의 타당성 제고

(국내 지원 플랫폼 구체화) 기후기술과 관련한 사업기회를 창출하는데 가장 큰 동인으로 작용하는 것은 환경 정책이다. 정책의 방향에 따라 마련되는 지원책을 바탕으로 시장이 형성되고 저변이 확대될 수 있기 때문이다. 기술의 성장성이나 중요성의 측면에서 타당성이 확보되어야 하는 사업분야일 경우에는 더욱더 정책의 향방이 중요해지며, 마찬가지로 국외 온실가스 감축사업도 상당부분 타당한 솔루션이 도입이 앞당겨 져야 하는 영역에 해당할 것이다.

이를 위해 온실가스 국제감축사업 추진전략안에 근거하여 구체적인 통합지원체계 확립이 필요하며, 우리나라의 경우 감축사업 활성화를 위해 통합 지원 플랫폼이 필요할 것으로 보인다. 일본 환경성은 산하의 IGES라는 연구기관을 통해 JCM Matchmaking 플랫폼을 운영하고 있다. 이는 일본과 협력 대상국의 기업이 자발적으로 관심 정보와 보유 기술등을 공유하여 적절한 사업 파트너를 찾을 수 있도록 한다. 이 플랫폼을 통해 일본과 협력 대상국의 기업은 상대 국가가 원하거나 보유하고 있는 기술 및 서비스를 파악할 수 있다. 또한 협력 가능한 기업을 찾으면 플랫폼 내에서 연락처를 확인하여 네트워크를 구축할 수 있다는 장점이 있다. 플랫폼의 운영 프로세스는 [그림 4-11]과 같다(오채운 외, 2017).

[그림 4-11] IGES Matchmaking 플랫폼 운영 방식



※ 출처: IGES (2017c)의 그림 'How the JCM Matchmaking Platform Works'에서 저자가 발췌 및 번역

자료 : 오채운 외, 2017 재인용

국내기업이 해외에 진출하기 위해서는 진출하고자 하는 국가와의 네트워크 구축도 중요하다. 진출하고자 하는 국내기업이 자체적인 네트워크를 가지고 있을 수도 있으나, 그렇지 않은 경우 국내 관련 기관들이 보유하고 있는 네트워크 풀을 이용하여 접근할 수 있다. 국내 기관의 해외 온실가스 감축 지원 사업 조사결과 주로 사업 발굴 및 사업 지원(타당성평가 등) 형태의 지원을 제공하고 있으며, 네트워크 기반의 정보를 제공하는 지원 사업은 많지 않다. 이렇듯 국내 지원 체계를 점검하고, 실제 이행주체가 되는 민간의 애로사항을 해소할 수 있는 실질적인 기능을 하는 지원체계의 마련이 선행되어야 할 것이다.

이러한 애로사항을 해소하기 위한 방안으로 양자협력 채널이 중요하게 부상할 것으로 전망된다. 이는 파리협정 제6.2조 및 제6.4조와도 연관되며 특히, 제6조 세부 이행규칙 중에서 당사국들이 주목하는 '상응조정' 원칙과도 직간접적으로 관련이 있는 내용에 해당한다. 상응조정은 당사국들이 자발적으로 참여하는 협력적 접근을 통해 발생한 감축결과물이 당사국 간에 이전되는 과정에서의 이중계산이 발생되지 않도록 하는 엄격한 산정방식을 적용해야 하는 것이다(오채운 외, 2022). 엄격한 산정방식의 핵심은 감축결과물을 판매국과 구매국 각각의 NDC 목표에 반영하는 과정에서 이중계산을 방지한다는 것에 협의하는 것이다. 따라서 우리나라가 해외에서 확보된 감축분을 NDC 목표치에 반영하여 활용하고자 했을 경우 이 '상응조정' 원칙이 반드시 적용되어야 하므로, 이 제도에 대한 규칙을 명확히 파악하는 것 뿐 아니라 전략적인 규칙 적용이 필요할 것이다(오채운 외, 2022).

3. WO 전략(외부 사업환경의 기회요인이 있으나, 취약점 보완이 필요한 영역): 개도국의 기술수요가 높은 분야 이면서, 사업 추진대상국의 기반조성 지원이 필요한 분야에 집중

WO 전략 마련의 핵심은 내부적으로는 우수한 기술력을 보유하고 있으나, 아직까지 해외시장으로의 진출을 하지 못한 경우에 적합할 것으로 보인다. 특히 이러한 경우가 흡수원으로서의 산림관리와 관련 기술을 포함하는 영역, 나아가 REDD+ 단위의 사업까지 포함할 수 있을 것으로 보인다. 산림은 유일한 탄소 흡수원으로서 기후변화 대응을 위한 자연기반 해법으로, 국내외에서 이미 감축수단으로서 널리 적용되고 있다(GTC, 2021c). 특히 산림관리나 경영 기술 등은 국내 기술 뿐 아니라 사업 경험도 보유하고 있는 분야로, 해외로의 지식 전수와 기술이전이 가능한 유망 분야로 보인다. 또한 흡수원으로서의 산림 역할에 대한 중요성이 파리 협정 이후 COP26에서도 더욱 부각됨에 따라, NDC 상향안에 제시된 여러 분야의 온실가스 세부 감축목표를 달성하기 위해서는 흡수원 확충을 위한 이행 계획이 구체화 되어야 할 것이다. 마찬가지로 파리협정상의 제6.4조에 근거한 지속가능개발메커니즘(SDM), 제6.2조의 협력적 접근법과, 민간 부문의 자발적 탄소 표준까지(Gold Standard: GS, Verified Carbon Standard:VCS 등) 다양한 형태의 시장 참여 수요가 지속적으로 증가할 것으로 전망된다(GTC, 2021c). 특히 자발적 탄소시장의 활용 증가는 개발도상국의 산림 전용과 황폐화를 방지를 위한 사업 유형이 해당 시장에서의 거래량의 대부분을 차지하고 있어, 향후에도 자발적 탄소시장에서의 산림 탄소사업은 높은 연관성이 있음을 알 수 있다.

이에 따라 향후에는 신시장 메커니즘에 관한 연구는 파리협약 제5조를 근거로, 자발적 탄소시장을 활용한 거래가 이루어지고 있는 산림전용 및 황폐화 방지를 위한 온실가스 감축 활동(REDD+) 사업에 대한 심층적인 분석이 필요할 것이다. 해외에서의 흡수원 확충을 위한 사업 추진을 위해서는 필수적인 선행 조건이 마련되는 것이 중요하다. 예를 들어 REDD+ 사업 추진을 위해서는 바르샤바 프레임워크에서 제시하는 4가지 조건이 충족되어야 REDD+ 사업을 수행할 수 있는데, 이는 국가인벤토리 구축, 산림기초조사선 마련, SIS 구축 등의 내용을 포함한다. 향후 신뢰성 있는 베이스라인을 구축하고 모니터링 체계를 갖추는 것은 장기적인 시간이 걸리지만 필요조건인 만큼, 기술지원 등의 협력 사업 추진을 통한 기반을 마련하는 작업이 매우 중요한 것으로 판단된다. 예를 들어 기후기술협력네트워크(CTCN)을 통해 수요를 발굴하고, 국내외 재원(ODA, GCF)을 활용한 기술협력 지원을 추진하는 등의 기반 작업을 우선적으로 시행해야 할 것으로 보인다.

이를 통해 양질의 탄소배출권 확보를 위한 모니터링, 검증, 보고 체계의 수준을 향상하고, 향후 신규 방법론 개발에 대한 지원도 필요할 것으로 판단된다. 이는 사업대상국의 준비 여건에 따라 달라지게 되는데, 예를 들어 사업대상국이 CDM이나 이에 준하는 배출권거래제도의 기반을 갖추고 있다면 6.2조의 협력적 접근법을 택하는 것이 협상 성과를 확보하고 활용하는데 효율적으로 작용할 것이다. 하지만 이러한 제도나 온실가스 모니터링을 위한 기반이 미흡한 경우, 6.4조의 메커니즘을 적용하는 것이 추후 획득한 감축 성과를 확보하는데 제도적인 어려움을 해소하는 방안으로는 적합할 것으로 보인다.

4. WT 전략(장기적으로 취약점을 강점으로 보완하는 역량강화를 통해, 외부 사업환경에서 오는 위협 요인에 대비): 자발적 탄소시장 활용을 위한 기술군을 중심으로 지원 방안 마련할 필요가 있음, RD&D 투자 등을 증대

연구개발 단계에서 기술적으로 타당성 확보까지 어려운 과제는 초기 펀딩 라운드에서 상대적으로 높은 수준의 가치평가와 투자규모를 필요로 한다. WT 전략분야는 이러한 기술을 포함하는 사업을 지원하는 전략이 핵심이 될 것으로 보인다. 대한상공회의소가 ‘온실가스배출권거래제’에 참여하는 기업 364곳을 대상으로 진행한 설문조사 결과에 따르면³⁶⁾, 3차 계획기간(2021~2025) 중 ‘온실가스 감축 투자 계획이 없다’고 응답한 기업이 전체의 63.7%에 달하는 것으로 나타난 바 있다(GTC, 2020b). 반면에 참여의사가 있는 기업은 36.3%로 나타났는데 이는 1~2차 계획기간 동안에 조사한 결과와 비교했을 때 현저히 낮은 수치이다. 3차 결과에서 참여 의지가 낮아진 이유로는 ‘감축투자를 위한 아이템 부족(59.1%, 1위)’, ‘투자자금 조달의 어려움(21.1%, 2위)’, ‘배출권 가격 불확실성(7.3%, 3위)’, ‘배출권 구매 우선고려(6.5%, 4위)’으로 나타났다. 상당 부분이 국외 온실가스 감축 사업 추진을 위한 기회 확보 측면에서 어려움을 겪고 있는 것으로 보인다. 이에 대한 방안으로 정부가 우선적으로 해소해야 할 중점과제로는 ‘온실가스 감축기술 개발·보급(30.3%, 1위)’, ‘배출권 가격 안정화(28.8%, 2위)’, ‘감축투자 자금지원 확대(23.7%, 3위)’, ‘감축투자 인센티브 확대(10.9%, 4위)’, ‘외부 감축사업 확대(6.2%, 5위)’이 필요하다고 응답했다(GTC, 2020b).

대부분의 개도국에서는 베이스라인 설정을 위한 통계 뿐 아니라 온실가스 배출량 통계에 있어서도 체계적인 데이터가 갖추어지지 않은 경우가 많아 베이스라인의 신뢰성을 확보하기 어려운 경우가 많다. 데이터의 품질 향상을 위해서는 모니터링, 보고, 검증 체계에 대한 마련이 필요하며 이를 위해서는 통계체제가 미흡한 국가의 기반 역량 강화 프로그램이 함께 수반되어야 한다. 따라서 제6조에 따른 감축 프로젝트의 경우 단순히 온실가스 감축 기술을 배양하는 것이 아니라, 해당 국가의 온실가스 배출 인벤토리 개선과 같은 중장기적 관점에서의 협력 모델이 필요하다.

36) News 1. 배출권 3기 시작되지만...기업들 “온실가스 감축기술 부족하다” (2020.10.26.). <https://www.news1.kr/articles/?4097981>

<표 4-2> SWOT 분석 결과

	S	W
	1) 재생에너지(특히 태양광 및 융복합 기술 이차전지, 배터리 등) 기술력이 우수하며 지속적인 혁신이 이루어짐 2) 탄소중립, 국외 온실가스 감축 전략방안 마련 등 국가 차원에서 목표달성을 위한 국내 정책수립 및 대응 준비도, 체계적인 지원방안 마련 중 3) 외교력을 바탕으로 체계적인 협력사업 발굴 및 추진체계 마련을 위한 협상 진행 중	1) 선진국 대비 해외협력사업 및 양자협력 채널활용 감축사업 추진경험이 상대적으로 부족함(일본, 스위스 등의 선도국 대비) 2) 환경건전성이 중요시 되는 사업분야(농림업 등)를 중심으로 우수 기술적용을 통한 사업사례 확보 필요
O	SO	WO
1) 파리협정 하에 선진국 및 개도국 모두 탄소감축 의무가 부여됨에 따라 탄소중립 달성을 위한 기술수요가 전반적으로 증가함(MRV 관련 기술지원 등 포함) 2) 국외 온실가스 감축사업 추진을 위한 양자협력 대상국 확대	개도국의 기술수요가 높은 재생에너지 분야이면서, 우리나라가 보유한 우수한 기술력의 강점이 드러나는 분야(태양광과 ESS 등) 시장 세분화를 통한 진출 확대전략 마련 필요	개도국의 기술수요가 높은 분야 이면서, 사업 추진대상국의 기반조성부터 지원 필요 장기적으로 사업의 지속적 추진 관점에서 접근해야 하는 기반구축형 협력사업 발굴 및 이행 필요
T	ST	WT
1) 신시장 및 해외 배출권시장 선점하기 위한 경쟁 과다 2) 기후변화 관련 대응해야 할 분야 및 사업기회는 많으나 사회환경적으로 높은 국가 리스크 존재 3) 국제 규제 확산으로 인한 국내 공급망 전반 및 수출관련 부담 증가	양자협정 채널 활용을 극대화하여 탄소배출권 연계 사업 발굴을 위한 국내 정책지원 거버넌스 강화 무상원조 재원과의 연계기반 사업리스크 완화 및 타당성 제고, 사업진출 환경 개선 지원사업 강화	자발적 탄소시장 활용을 위한 기술군을 중심으로 지원 방안 마련할 필요가 있음, R&D 투자 등을 증대

제 4 절 소 결

본 장에서는 파리협정 제6조 요건을 고려하고 이에 대한 대응전략 마련을 위해, 거시적인 차원에서의 강점, 약점, 기회, 위협 요인을 분석하고 이에 상응하는 감축사업 개발 방안을 다루었다. 현재로서는 상향조정된 국가 결정기여 목표상에서 인정될 수 있는 해외 감축실적과, 이에 대한 인정대상이 되는 해외사업의 종류 및 유형에 대한 구체적인 요건이 제시되지 않은 상황이다. 이는 파리협정 제6조에 대한 구체적인 요건이 마련되어 있지 않기 때문으로 해석된다. 따라서 현재 시점에서는 상향된 목표 충당 계획을 반영한 추가적인 감축사업 개발 측면에서의 시사점을 도출하기는 어렵다. 이와 같이 6조 관련 MRV규칙이 더디게 마련 되고 있는 상황이지만, 십수년의 제도운명을 거치며, 상당한 수준으로 고도화가 이루어진 CDM의 체계와 크게 상이하지 않은 범위 내에서 정립될 것으로 보인다. 대신, 신기후체제에서는 교토 체제 하의 CDM에서 주요 한계로 지적되었던 국가 및 대륙 간 불균형적인 개발, 개도국 수요와의 불일치, 환경건전성을 확보하기에 충분하지 않은 추가성 요건을 보완하기 위한 대책이 규제 또는 지침의 형태로 고안될 가능성이 높다. 특히 NDC를 통해 각국이 집중할 온실가스 감축목표가 마련된 상황에서 감축프로젝트는 해당 국가의 중점 감축분야를 고려하여 설계될 필요가 있다.

이러한 환경에 대비한 대응 방안 마련시에 고려해야 할 사항을 요인별 전략 마련을 통해 제안하였다. 개도국에서 신규 감축사업 발굴 시, 우선 고려해야할 것은 해당 개도국의 기술수요이다. 사업 주체가 되는 공급국가에 보유한 우수기술과 관련된 특정 사업을 선정했다하더라도 개도국에서 해당 수요가 없다면 사업화가능성은 적기 때문이다. 이러한 기술수요를 고려하여 사업 발굴을 세분화 하는 대응 전략 마련이 필요하다.

SO 전략으로 국내 우수 기술의 강점이 드러나는 분야(태양광과 ESS 등)를 중점적으로 활용한 시장 세분화를 통한 진출 확대전략 마련을 제시하였다. 국제적으로 재생에너지 발전에 대한 수요가 증가하면서 이를 확충하기 위한 기술 및 자원 마련 확보 필요성이 크게 증가하였으며, 과열된 경쟁 양상 속에서 기술의 생존을 위해서는 우수한 기술력을 바탕으로 시장의 세분화를 통한 확대 전략 마련이 필요하다. 이를 위해 보다 안정적인 재생에너지 발전을 통한 양질의 전력 공급을 통해 기술 솔루션의 완성도 측면에서의 타당성을 확보하기 위한 전략 마련이 되어야 할 것으로 보인다. 따라서 기술 성숙도 측면에서 타당성이 높은 솔루션을 중심으로 많은 자본이 요구되는 분야는 공공뿐 아니라 민간자원을 활용하여, 벤처 캐피털이 아닌 프로젝트 금융이나 다른 적합한 금융파이낸싱을 고려하여 사업의 수익과 리스크를 분배하는 전략 마련이 뒷받침 되어야 한다. 특히, 초기 단계 기술의 확산을 위한 시장 확대 및 기반구축 지원, 기술 확산을 위한 인프라 개발과 개량, RD&D 지원 강화, 국제기술협력 확대 등 가능한 분야에서의 시장 및 기회 세분화를 통해 전방위적으로 지원책을 마련할 필요가 있다.

ST 전략으로는 외부환경 위기 대응전략 차원에서의 강점요인 강화에 중점을 두고, 양자협정 채널 활용 극대화, 무상원조재원의 전략적 활용을 통한 온실가스 감축사업의 타당성 제고가 필요하다. 기술의 성장성이나 중요성의 측면에서 타당성이 확보되어야 하는 사업분야일 경우에는 더욱더 정책의 향방이 중요해지며, 마찬가지로 국외 온실가스 감축사업도 상당부분 타당한 솔루션이 도입이 앞당겨

져야 하는 영역이 이에 해당할 것이다. 이를 위해서 온실가스 국제감축사업 추진전략안에 근거하여 구체적인 통합지원체계 확립이 선행되어야 할 것으로 보인다. 또한 국내기업이 해외에 진출하기 위해서는 진출하고자 하는 국가와의 네트워크 구축도 중요하므로, 국내 지원 체계를 점검하고, 실제 이행주체가 되는 민간의 애로사항을 해소할 수 있는 실질적인 기능을 하는 지원체계의 마련이 선행되어야 할 것이다.

WO 전략은 외부 사업환경의 기회요인이 있으나, 취약점 보완이 필요한 영역을 의미한다. 이는 개도국의 기술수요가 높은 분야 이면서, 사업 추진대상국의 기반조성 지원이 필요한 분야에 집중하는 전략에 해당한다. 특히, 흡수원으로서의 산림관리와 관련 기술을 포함하는 영역, 나아가 REDD+ 단위의 사업까지 포함할 수 있다. NDC 상향안에 제시된 여러 분야의 온실가스 세부 감축목표를 달성하기 위해서는 흡수원 확충을 위한 이행 계획을 구체화 하는 작업이 필요하다. 자발적 탄소시장에서는 개발도상국의 산림 전용과 황폐화 방지를 위한 목적으로 추진되는 사업이 거래의 대부분을 차지하고 있으며, 이를 통해 산림분야의 경우 자발적 탄소시장에서의 거래 및 활용성이 향후에도 영향을 미칠것으로 보인다(GTC, 2021c). 특히 신뢰성 있는 베이스라인을 구축하고 모니터링 체계를 갖추는 것은 장기적인 시간이 걸리지만 필요조건인 만큼, 기술지원 등의 협력 사업 추진을 통한 기반을 마련하는 작업이 매우 중요할 것으로 보인다.

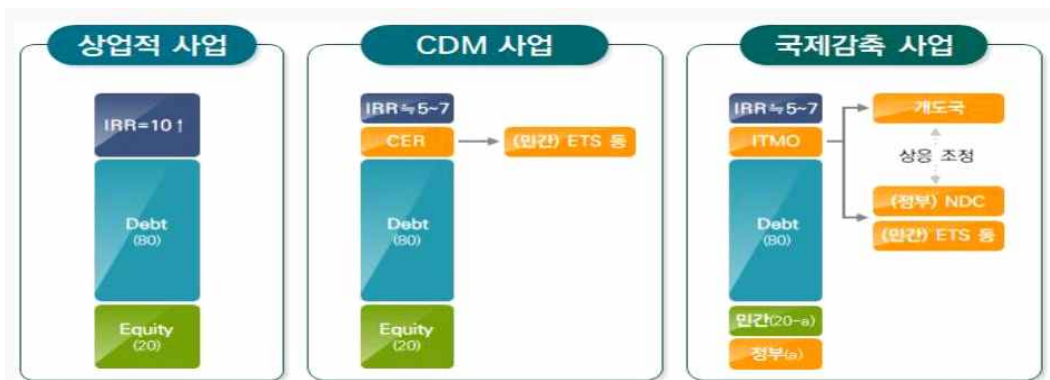
마지막으로 WT 전략은 장기적으로 취약점을 강점으로 보완하는 역량강화를 통해, 외부 사업환경에서 오는 위협 요인에 대비하는 전략이다. 자발적 탄소시장 활용을 위한 기술군을 중심으로 지원 방안 마련할 필요가 있으며, RD&D 투자 등을 증대하는 방안을 포함할 수 있다. 연구개발 단계에서 기술적으로 타당성 확보까지 어려운 과제는 초기 펀딩 라운드에서 상대적으로 높은 수준의 가치평가와 투자규모를 필요로 한다. 이러한 기술적 타당성을 확보하기에 앞서, 온실가스 감축 사업 추진시에 고려해야 할 상황으로 개도국 준비도 점검이 있다. 개도국에서는 베이스라인 설정을 위한 통계 뿐 아니라 온실가스 배출량 통계에 있어서도 체계적인 데이터가 갖추어지지 않은 경우가 많아 모니터링, 보고, 검증 체계에 대한 마련이 필요하다. 이런 경우 온실가스 감축 기술을 배양하는 것이 아니라, 해당 국가의 온실가스 배출 인벤토리 개선과 같은 중장기적 관점에서의 협력 모델이 우선적으로 시행되어야 할 것으로 판단된다.

제 5 장 국제 탄소시장 대응전략 마련에 따른 사업개발 방안

제 1 절 개괄

정부에서는 양자 간 협력 채널이 구축된 국가를 우선으로 파리협정 6.2조(협력적 접근법)에 근거하여 추진 가능한 사업에 주목하고 있다(산업통상자원부, 2022). 정부의 국제감축사업 지원 유형으로는 크게 '투자 지원'과 '구매 지원'으로 구분될 수 있다. 투자 지원의 경우 민간과 공동으로 투자하여 정부 지원부분 만큼 감축 실적으로 회수하는 사업에 해당하며, 구매 지원은 정부가 민간에서 발생한 감축 실적을 구매하여 목표치를 충당하는 방식이다(그림 5-1).

[그림 5-1] 정부가 투자하는 국제감축사업 모델 비교



자료: 산업통상자원부, 2022

또한 해외에서 추진하는 온실가스 감축사업에 내재하는 투자 위험을 정부가 일부 분담하여 민간 투자자의 불확실성을 일부 해소하는 측면에서, ODA 등 협력사업과 연계하는 지원방안이 다각화되고 있다(그림 5-2). 국제감축사업 추진을 위한 G2G 여건 조성의 측면에서, 우선 협력대상국의 국제감축 협력 유도 및 사업 추진여건 조성을 위해 국제감축사업을 ODA 등과 연계하여 추진하는 방안에 대한 단계별 세부 이행방안이 구체화 되고 있다(관계부처 합동, 2022.08).

이러한 정부 지원 사업에 대한 방향과 내용이 구체화 됨에 따라, 기 추진중인 사업을 포함하여 신규로 발굴하는 사업들은 파리협정의 협력적 접근법에 근거한 사업과 SDM 체제에 대비한 사업 모두를 고려하여 추진 방향을 구상할 필요가 있다. 본 연구과제에서는 파리협정 제6조의 이행 및 2030 NDC 달성을 위한 국외 온실가스 감축사업 추진 전략마련 측면에서, 기존에 추진하고 있는 무상원조 사업을 중심으로 추후 감축사업으로의 발전 가능성 및 타 사업과의 연계 방안 등에 대해 제안하고자 한다.

제 2 절 분야별 사업개발 방안

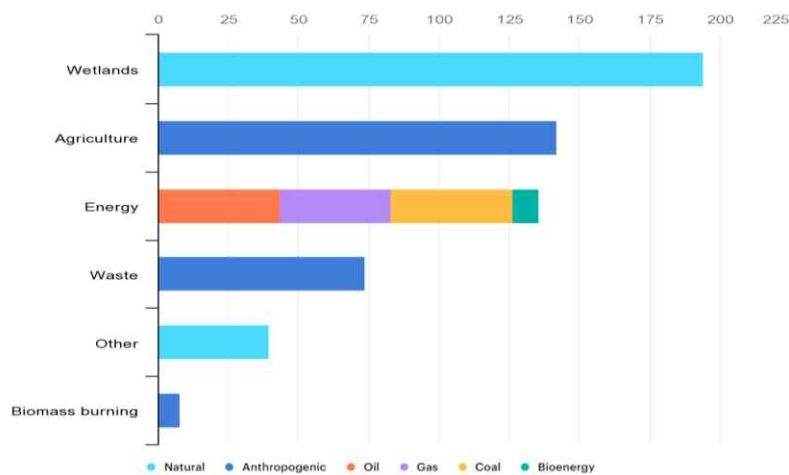
1. 농림 분야

가. 글로벌 동향

(1) 글로벌 메탄서약(Global Methane Pledge)

지구 온난화를 1.5°C로 제한하기 위해서는 효과적이고 빠른 메탄 배출 감축이 필수적이다. 온실가스 중 이산화탄소가 대기 중에 오랫동안 머무는 반면, 메탄은 대기로 방출된 이후 처음 20년 간 이산화탄소의 80배에 달하는 온난화 영향력을 갖고 있다. 때문에 메탄은 단기적으로 지구 온난화 속도에 영향을 크게 미치는 파급력을 갖고 있다(CPI 2022). 산업혁명 이후 메탄가스 방출은 전 지구적인 온도 상승의 30%를 기여하고 있다. 메탄은 대기 중 수명이 10~20년으로 짧지만 이산화탄소보다 더 많은 에너지를 흡수하여 기후변화에 미치는 영향력이 더욱 크다. 현재의 메탄 농도는 산업화 이전보다 2.5배 높은 가운데 수년에 걸쳐 점차 증가하고 있으며 2021년도에는 모든 기록을 깨는 정도의 최고치를 경신하여 메탄 감축에 대한 시급성이 높아지고 있다³⁷⁾. 전 세계 연간 메탄 배출량은 약 580 Mt.CH₄에 달하는 것으로 추정되고 있다³⁸⁾. 메탄은 온실가스로 인한 복사 방출의 약 16%를 차지하고 있다³⁹⁾. 전 세계 메탄 배출 현황은 인간의 인위적인 활동으로 인한 농업, 폐기물, 바이오매스 분야에서 집중적으로 증가하고 있다. 인위적인 메탄 배출(농업, 매립지, 에너지 등)이 전체의 60%를 차지하고 40%는 자연적으로 발생한다(그림 5-2)⁴⁰⁾.

[그림 5-2] 2021년 주요 메탄 배출원(단위: Mt CH₄)



자료: IEA Global Methane Tracker, 2022⁴¹⁾

37) World Meteorological Organization, 2021. Global Methane Assessment

38) IEA Global Methane Tracker, 2022. Methane and climate change. [Online]

Available at: <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2022/methane-and-climate-change>[Accessed 29 May 2022].

39) World Meteorological Organization, 2021. Global Methane Assessment

40) World Meteorological Organization, 2021. Global Methane Assessment

글로벌 메탄서약은 2021년 11월 영국 글래스고에서 열린 제26차 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change; UNFCCC) 당사국총회(Conference of the Parties; COP)에서 메탄 배출 감축에 관한 조치를 취하기 위해 시작되었다⁴²⁾. 이 서약은 유엔(United Nations; UN)과 유럽연합(European Union; EU)이 주도했으며 현재 메탄 배출량의 45%를 차지하는 110개국⁴³⁾(표 5-1) 이상이 참여하고 있다. 이 서약은 인간의 활동으로 인한 글로벌 온난화를 2050년까지 최소 0.2°C 방지할 수 있는 메탄 배출량을 2030년까지 2020년 대비 30% 감축하는 목표를 설정하였다(CCAC, UNEP, 2021). 참여국가는 서약에 가입함으로써 2030년까지 2020년 수준보다 30% 이상 줄이는데 협력하는 것을 약속한다.

<표 5-1> 글로벌 메탄 서약 참여 국가(110 개국)

지역	국가명	지역	국가명	지역	국가명
아시아	South Korea	남아메리카	Dominican Republic	북아메리카	Canada
	Bahrain		Grenada		Mexico
	Georgia		Guyana		United States
	Iraq		Saint Kitts and Nevis		Benin
	Israel	유럽	Albania	아프리카	Cameroon
	Japan		Belgium		Congo, The Democratic Republic of the
	Jordan		Bosnia and Herzegovina		Ethiopia
	Kuwait		Bulgaria		Gabon
	Kyrgyzstan		Croatia		Ghana
	Malaysia		Denmark		Liberia
	Pakistan		Estonia		Libya
	Philippines		Finland		Morocco
	Qatar		France		Nigeria
	Saudi Arabia		Germany		Senegal
	Singapore		Greece		Togo
	Uzbekistan		Ireland		Tunisia
	Vietnam		Italy		Zambia
	Armenia		Luxemburg		Burkina Faso
	Nepal		Malta		Central African Republic
	East Timor		Netherlands		Cote d'Ivoire
남아메리카	Argentina		Norway		Djibouti
	Barbados		Portugal		Gambia
	Brazil		Slovenia		Mali
	Chile		Spain		Malawi
	Colombia	Sweden	Rwanda		

41) <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/sources-of-methane-emissions-2021>

42) <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/sources-of-methane-emissions-2021>

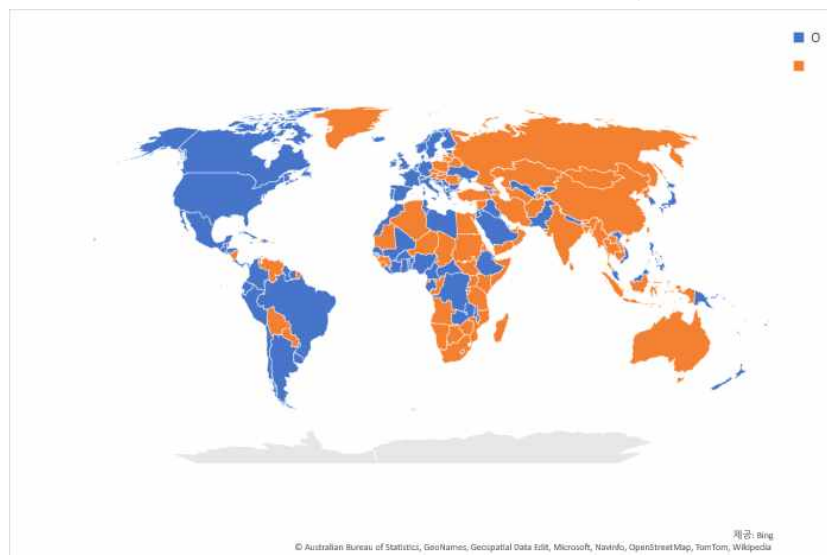
43) <https://www.globalmethanepledge.org/>

지역	국가명	지역	국가명	지역	국가명
	Costa Rica		Switzerland	오세 아니 아	Fiji
	Cuba		Ukraine		New Zealand
	Ecuador		United Kingdom		Papua New Guinea
	El Salvador		Montenegro		Samoa
	Guatemala		Serbia		Marshall Islands
	Honduras		Andorra		Nauru
	Jamaica		Cyprus		Palau
	Panama		Liechtenstein		Tonga
	Peru		Monaco		Vanuatu
	Suriname		North Macedonia		Micronesia, Federated States of
	Uruguay		Iceland		
	Belize		European Union		

글로벌 메탄 서약에 참여하고 있는 국가를 대륙별로 살펴보면 북미와 남미에서 높은 참여율을 보이고 있다(그림 5-3). EU 차원에서 정책적 리더십과 유럽개발은행(European Development Bank) 등의 재정 지원으로 유럽 국가들도 높은 참여를 보이고 있다⁴⁴⁾. 아프리카 지역에서도 참여 국가가 확대되고 있는 가운데 아시아 지역의 참여는 다른 대륙과 비교하여 상대적으로 낮다.

글로벌 메탄 서약은 글로벌 기후 거버넌스로서 각 국가의 메탄 감축 협력을 촉진하고 참여 국가의 의견이 공평하게 표현될 수 있는 창구로서 규범적 틀을 제공하고 있다. 기후변화와 같은 초국경적 문제를 해결하기 위해서 정부 간 협력이 필요한 맥락에서 글로벌 메탄 서약과 같은 글로벌 거버넌스는 메탄 감축을 위한 국가 차원의 이행 노력을 촉진시킬 수 있다⁴⁵⁾.

[그림 5-3] 글로벌 메탄 서약 참여국가 현황



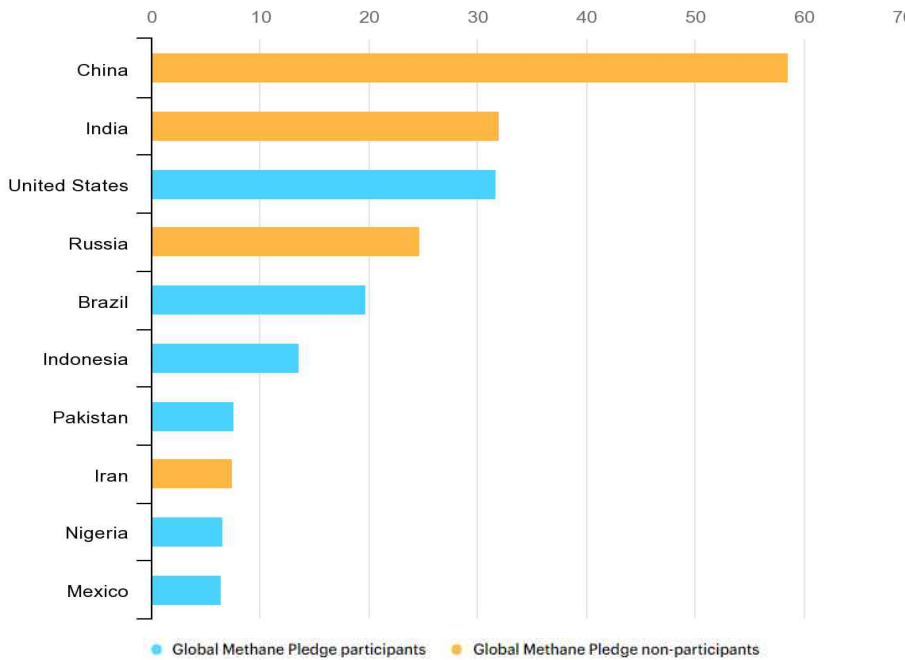
자료 : Bing

44) https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement_21_5766

45) <https://paulcairney.files.wordpress.com/2019/03/chapter-8-mlg-2nd-ed-upp-9.3.18.pdf>

글로벌 단위에서 메탄 가스를 가장 많이 배출하는 주요 10개국은 아래 [그림 5-4]와 같이 중국, 인도, 미국, 러시아, 브라질, 인도네시아, 파키스탄, 이란, 나이지리아, 멕시코이다. 이 중 중국, 인도, 러시아, 이란과 같은 메탄 고배출 국가들은 아직 글로벌 메탄 서약에 참여하지 않은 상태이다. 글로벌 메탄가스를 효과적으로 감축하기 위한 글로벌 메탄 서약에 중국, 인도, 러시아 등 주요 메탄 배출국들이 동참할 수 있도록 국제사회의 노력이 필요하다.

[그림 5-4] 전세계 메탄 주요 배출 상위 10국 현황(2021년) (Mt CH4)



자료: IEA Global Methane Tracker, 2022⁴⁶⁾

(2) 주요국 농업 분야 메탄 감축 정책 동향

미국 바이든 정부는 메탄 감축을 촉진하기 위해 US Methane Emissions Reduction Action Plan 수립을 통해 2023년부터 2035년까지 4,100만톤 감축하고 2005년 수준과 비교하여 74% 감축하는 계획을 수립하였다⁴⁷⁾. 환경 보호국(EPA)은 바이든 대통령의 행정 명령에 따라 석유 및 가스 산업의 배출량을 규제하기 위한 새로운 정책을 공식화하였다. 농업 분야의 메탄가스 감축을 위한 세부 활동으로 미국 농무부는 분뇨관리시스템, 혐기성 소화, 메탄 저배출 사료, 퇴비화 등을 제시하였다(The White House, 2021). 분뇨관리시스템의 현장 보급을 위해 현지의 목장주들과 파트너십을 구축하여 기술 보급을 추진하고 있다. 농산물의 경작과정에서 발생하는 메탄 배출을 줄이기 위해 기후 스마트 농업 기술 보급을 위해 필요한 인센티브 지원을 위해 미국 의회에서 차원에서 자금을 지원할 계획을 수립하고 있다(The White House, 2021).

46) <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/sources-of-methane-emissions-2021>

47) <https://cleanenergynews.ihsmarkit.com/research-analysis/methane-reductions-key-to-us-climate-agenda-in-2022.html>

유럽연합(European Union; EU)은 2030년까지 1990년 대비 메탄 배출량의 55%를 감축할 계획을 세우고(The White House, 2021), EU 집행위원회에서 European Green Deal의 일환으로 메탄 배출을 줄이기 위한 메탄 전략(EU strategy to reduce methane emissions, COM(2020)663) 대화문을 2020년 10월 14일 발표하였다⁴⁸⁾. 이 대화문에서 메탄 배출의 대부분을 차지하는 농업(54%), 폐기물(28%), 에너지(17%) 분야에서 메탄 배출을 줄이기 위한 전략을 발표하였다. 농업 분야에서는 데이터 수집 개선, 공동농업정책(CAP) 지원, 혁신적 메탄 감축 기술, 가축 사료, 사육관리, 농촌에서 유기 폐기물 자원화 수입원 창출 등을 전략으로 수립하였다⁴⁹⁾. EU 집행위원회는 EU 회원국 공동의 농업정책전략계획(Agricultural Policy Strategic Plans)에서 탄소 농업을 통해 농업 분야의 온실가스 감축 기술 보급을 강조하고 있다. 특히 농업 부산물을 이용한 바이오메탄 생산 활동을 장려하고 있다. 가장 중점적으로 추진한 조치는 농업 분야의 메탄 배출을 모니터링하는 데이터의 투명성을 높여 메탄 배출에 대한 정확한 계정을 지원하는 국제메탄배출관측소(International Methane Emissions Observatory; IMEO)를 설립하기 위해 UNEP에 재정 지원을 한 것이다(The White House, 2021)⁵⁰⁾.

우리나라는 COP26에서 글로벌메탄서약에 가입하여 메탄 저감 노력에 적극 동참하겠다는 뜻을 밝히고 2030년까지 2018년 대비 메탄을 30% 감축하는 목표를 수립하였다. 우리나라에서 가장 많은 메탄이 배출되는 농업 분야에서 9.7Tg of CO₂eq 감축 계획을 세웠다. 우리나라는 논 경작에서 발생하는 메탄 배출의 양이 상당하여 경작 부문이 차지하는 메탄 배출은 에너지 분야에서 발생하는 전체 메탄 배출량과 비슷한 수준이다. 구체적인 이행 방안으로, 논 물관리를 통해 농업에서의 메탄 배출을 감축하는 최적관리 기술의 시범사업을 국가 단위에서 추진하고 데이터를 확보하고 있다. 분야별 구체적인 감축 목표는 아래와 같다.

- 농·축산 : 배출량 12.2 → 9.7 저감율 20.5%
- 에너지 : 배출량 6.3 → 4.5 저감율 28.6%
- 폐기물: 배출량 8.6 → 4.6 저감율 46.5%
- 산업공정: 배출량 0.6 → 0.7 감소율 13.3%
- 산림 및 토지이용변화 : 0.3 → 0.3 감소율 0%
- 총 배출량 : 28.0('18) → 19.7('30) 저감율 30%

나. 국제 탄소시장 메탄 감축사업 추진현황

청정개발체제(Clean Development Mechanism; 이하 CDM) 사업에 등록된 메탄 감축 사업은 전체 13,159건⁵¹⁾ 중 약 378건⁵²⁾이 메탄 감축 활동을 주 사업으로 포함하고 있으며 약 9,901건이 메탄 감축 및 회피 활동을 포괄하고 있다⁵³⁾. 메탄 감축 활동을 포함하는 9,901건 전체 사업의 약 66%가

48) https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12504-EU-methane-strategy_en

49) https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12504-EU-methane-strategy_en

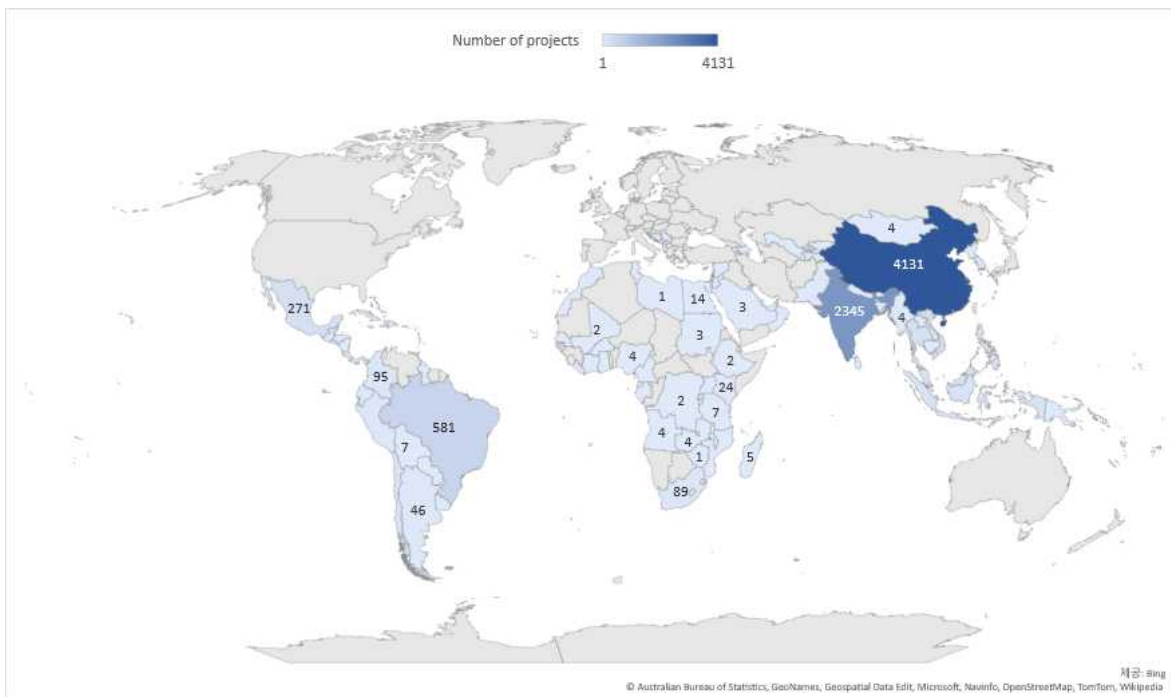
50) <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/09/18/joint-us-eu-press-release-on-the-global-methane-pledge/>

51) UNFCCC CDM 레지스트리 DB 기준(2022년 6월 15일 확인)

52) UNFCCC CDM 레지스트리 DB에 등록된 사업 중 제목에서 메탄사업을 포함하는 CDM 사업

중국과 인도에서 각각 4,131건(약 42%), 2,345건(약 24%) 실행되고 있다(그림 5-5). 중국과 인도에 사업 투자가 집중되어 있어 대륙별로는 아시아, 아메리카, 아프리카에 81%, 16%, 3%가 실행되고 있다. 섹터별로는 전체 에너지 산업의 신재생에너지에 집중된 모습을 보인다. 신재생에너지 단독사업은 7,701건(78%)이고 타분야 사업 포함 사업은 8,566건(87%)이다. 다음으로 사업이 많이 투자된 분야는 폐기물로 단독분야 사업으로 814건(8%), 타분야 포함 사업 1,657건(17%)이다. 농업은 인위적 메탄 배출 잠재량이 가장 많음에도 불구하고 단독 분야 사업이 57건(1%), 타분야 포함 사업 312건(3%)에 그쳐 사업 투자 및 이행이 저조한 모습을 보이고 있다.

[그림 5-5] 메탄 감축 CDM 사업의 개도국 추진 현황



자료 : Bing

다. 농업 분야 메탄 감축 사업 사례 : 논 물관리 사업

(1) 관련 기술 개요

벼를 재배하는 담수 논은 대표적으로 산소가 부족한 환경 중 하나로, 인위적 메탄 배출량의 약 8% (30 Tg)가 벼 논에서 발생하고 있다(Saunois et al., 2020). 벼 경작에서 배출되는 메탄의 양은 전세계 인위적 메탄 배출에서 차지하는 비중이 상당하다. 우리나라도 전체 농경지 면적의 51%(78만 ha)가 논으로 구성되어 있어 국내 총 메탄 배출량의 약 22%(6.0 Tg CO₂eq.)가 벼 재배과정에서 발생한다(GIR, 2019). 국가 메탄 배출 저감에 있어서 논에서 발생하는 메탄 감축을 위한 노력이 반드시 필요한 상황이다.

53) UNFCCC CDM 레지스트리 DB에 등록된 사업 중 메탄을 감축 및 회피하는 26개 방법론을 적용한 CDM 사업

담수논에서 유기물의 혐기성 분해로 메탄을 생성하는 박테리아가 활동하는 생물학적 요인에 의해 메탄이 발생되어 대기 중으로 배출된다. 메탄의 혐기성 산화 메커니즘(anaerobic oxidation)은 혐기성 메탄영양체(anaerobic methanotrophic) 고세균(Achaea)과 황산염 환원 박테리아(sulfate-reducing bacteria)의 물리적 결합으로 이루어져 있다(Malyan et al., 2016). 벼 논 경작지에서 배출되는 연간 CH₄의 양에 미치는 요인으로는 재배 작물 수, 재배 기간, 재배 전후의 수위, 유기 및 무기 토양 개량제가 있다. 또한 토양의 유형과 온도, 쌀 품종도 CH₄ 배출에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 기존의 CH₄이 집약적으로 배출되는 관행 벼 농법이 온실가스 저감 대상이 되고, 벼 경작 토양에서 유기물의 혐기성 분해를 감소시켜 메탄 생성을 감소시키는 기술/조치의 구현이 적용되고 있다.

논에서 메탄 발생의 기본적인 원리를 역으로 활용하는 논물 관리 기술은 벼 생산량에 영향을 주지 않는 수준에서 물이 적게 필요한 시기에 일시적으로 중간물떼기나 논물 걸러대기를 수행한다. 물이 없어 땅이 마르면 공기 중 산소가 땅속으로 퍼져나가면서 메탄 배출이 줄어들기 때문에 물의 급수를 중단하는 기간이 길수록 효과가 크다. 논물을 항상 가둬 벼를 키우는 것과 비교해 논물 관리를 하면 최대 66~72%가량 메탄 배출량을 줄일 수 있다(GTC, 2021).

(2) 규제시장 방법론 등록 현황

UNFCCC CDM AFOLU 분야에 논 물관리 사업을 통해 탄소배출권을 확보할 수 있는 방법론이 AMS III.AU로 등록되어 있으며 현재까지 총 4건의 사업(인도 2건, 인도네시아 1건, 모잠비크 1건)이 신청되었고 인도에서 논 물관리를 시행하는 1건의 사업이 2021년도 2월에 등록되었다(표 5-2)⁵⁴. COP26에서 결정된 파리기행규칙 제6.4조에 따라 기존의 CDM 체제에서 SDM(Sustainable Development Mechanism)으로 전환이 결정된 가운데 현재 새롭게 등록하는 CDM 사업은 잠정적 지위를 갖으며 추후 SDM 운영에 대한 구체적인 지침이 마련된 이후 재심사를 통해 SDM으로 전환할 수 있다. 국내의 규제시장에서 논 물관리를 통한 메탄 감축 활동을 외부감축사업으로 추진할 수 있는 방법론이 외부사업 방법론(15A-001-Ver01 논벼 재배 시 물관리를 통한 온실가스 감축 방법, 방법론 유효 시작일: 2017.01.11.)이 등록되어 있다. 아직까지 이 방법론으로 등록된 사업은 없다(2022.11.03.일 기준).

54) 녹색기술센터(2021), 기술선도형 신시장 메커니즘 연계방안 및 체계구축에 관한 연구. 서울. pp.29-75, 제3장 CDM 방법론 분석 참고.

<표 5-2> AFOLU 분야 CDM 방법론

순서	방법론 번호	방법론	분야	사업종	등록 신청된 사업 개수
1	AM0042	Grid-connected electricity generation using biomass from newly developed dedicated plantations	1, 15	Biomass energy	2
2	AM0089	Production of diesel using a mixed feedstock of gasoil and vegetable oil	10, 15	Biofuel	-
3	AMS-I.B.	Mechanical energy for the user with or without electrical energy	1	Biomass energy	3
4	AMS-I.G.	Plant oil production and use for energy generation in stationary applications	1, 15	Biomass energy	-
5	AMS-II.F.	Energy efficiency and fuel switching measures for agricultural facilities and activities	3, 15	Facility	5
6	AMS-III.A.	Offsetting of synthetic nitrogen fertilizers by inoculant application in legumes-grass rotations on acidic soils on existing cropland	15	Agriculture	-
7	AMS-III.AU	Methane emission reduction by adjusted water management practice in rice cultivation	15	Agriculture	4
8	AMS-III.BE	Avoidance of methane and nitrous oxide emissions from sugarcane pre-harvest open burning through mulching	15	Agriculture	-
9	AMS-III.BF	Reduction of N2O emissions from use of Nitrogen Use Efficient(NUE) seeds that require less fertilizer application	15	Agriculture	1
10	AMS-III.BK	Strategic feed supplementation in smallholder dairy sector to increase productivity	15	Fugitive	2
11	AR-ACM 0003	Afforestation and reforestation of lands except wetlands	14	Afforestation	72
12	AR-AM 0014	Afforestation and reforestation of degraded mangrove habitats	14	Afforestation	6
13	AR-AMS 0003	Afforestation and reforestation project activities implemented on wetlands	14	Afforestation	5
14	AR-AMS 0007	Afforestation and reforestation project activities implemented on lands other than wetlands	14	Afforestation	43
15	AM0006	GHG emission reductions from Manure management systems	13	Manure	15
16	AM0016	Greenhouse gas mitigation from improved animal waste management systems in confined animal feeding operations	13	Manure	40

순서	방법론 번호	방법론	분야	사업종	등록 신청된 사업 개수
17	AM0073	GHG emission reductions through multi-site Manure collection and treatment in a central plant	13	Manure	3
18	ACM0010	GHG emission reductions from Manure management systems	13	Manure	30
19	AMS-III.D.	Methane recovery in animal Manure management systems	13	Manure	344
20	AMS-III.Y.	Methane avoidance through separation of solids from wastewater or Manure treatment systems	13	Manure	7
총합계					580

자료: 녹색기술센터, 2021, pp. 73~74 재수정

우리나라의 외부사업 방법론 15A-001-Ver01은 CDM 방법론을 많이 차용하였으나 세부적인 요건 및 계정 방법에 차이가 있다. 방법론에서 주요한 요건을 대상지 조건, 사업 활동, 모니터링, 계정 방법, 사업 규모로 구분했을 때 두 방법론 모두 대상지에 대한 관개 및 배수시설 설치 여부를 필수 조건으로 정하고 있다. 사업 활동에서는 두 방법론의 범위가 다르게 적용되어 있다. CDM 방법론에서는 물관리, 시비 조절, 직파재배 기술을 적용할 수 있는 반면 외부사업 방법론에서는 직파재배를 제외한 물관리와 시비조절 기술 적용 활동을 적용할 수 있다. CDM 방법론에서는 사업을 통해 현지의 경작 방법이 변경되는 것에 대한 제한 조건을 설정하고 있는 반면 외부사업 방법론은 제한 조건을 갖고 있지 않다. CDM 사업에서는 참여하는 농민에게 농업 기술 및 사업 활동에 대한 교육을 강조하는 반면 외부사업 방법론에서는 농민 교육을 포함하지 않는다. 모니터링 방법에서 CDM 사업은 농민이 작성하는 농업일지를 통해 사업 활동을 확인할 수 있는 문서를 작성하는 것을 강조하는 한편 외부사업 방법론은 영농일지뿐만 아니라 한국농어촌공사 등 관계기관에서 발급하는 급수 정보 등 교차로 확인할 수 있는 자료의 확보를 요구한다. 메탄 감축량 계정에 있어 CDM 방법론은 현지의 계수 개발이 가능한 사업 요건을 중시하는 한편 외부사업 방법론은 계정에 필요한 계수를 기본으로 제공하고 있다. 사업 규모 항목에서 CDM 사업은 연간 감축량이 60ktCO₂ 이하를 갖는 소규모사업 조건을 요구하는 한편 외부사업 방법론은 규모에 대한 제한을 갖고 있지 않는다. 논 물관리 사업이 단위 논을 대상으로 적용되는 것을 감안했을 때 한 개의 논에서 60ktCO₂를 넘는 것은 불가능하기에 사업규모에 대한 제한은 적용되지 않는 것으로 고려할 수 있을 것이다.

<표 5-3> 논 물관리 메탄감축사업 방법론 요건

구분	CDM 방법론(AMS-III.AU.v.04)	외부사업 방법론(15A-001-Ver01)
대상지 조건	(관개/배수 시설) 건기와 우기에 맞는 급수 조절이 가능한 관개 및 배수 시설 필수	(관개/배수 시설) 논 물관리를 위한 관개시설과 배수시설이 각각 설치
	(대상지 베이스라인 조건) 1) 프로젝트 지역의 논 벼 경작 관행이 재배기간 동안 담수는 상태 유지, 2) 발벼 재배지/ 지하수 이용 논 대상지 제외	(대상지 베이스라인 조건) 물관리를 제어할 수 없는 천수답 제외

구분	CDM 방법론(AMS-III.AU.v.04)	외부사업 방법론(15A-001-Ver01)
사업 활동	(대상 활동) 물관리, 시비 조절, 직파재배 기술을 적용	(대상 활동) 물관리, 시비 조절 기술 적용 가능. 건담직파재배 기술 적용으로 인한 메탄 감축 활동은 본 방법론에서 제외
	(경작 조건) 1) 쌀 수확량에 영향이 없는 방법, 2) 새로운 품종으로 전환하지 말 것	-
	(시비) 비료 요구도를 평가하기 위한 방법적용(잎색상표 및 줄무늬 테스트 등). 과학적인 문헌 또는 공식 권고에 의한 사업지의 특정 재배 조건을 고려하여 효율적인 시비를 보장하는 절차 적용 필요. 농민이 직접 질소 시비량 결정	-
	(경작 방법 규제) 현지의 법률에 제한 받지 않는 재배 방법 선택(특정 재배 요소 및 기술, 작물 보호제 사용 등)	-
	(농민 교육) 정지작업, 관개/배수, 비료 사용 방법을 농민들에게 교육 활동을 사업 활동으로 포함할 것.	-
모니터링	(사업 모니터링) 검증가능한 방식으로 정지작업, 관개/배수 내역, 비료 사용 등의 사업 활동을 문서화 할 것(예. 교육 프로토콜, 현장 방문 문서화 등)	(사업 모니터링) 사업기간 동안 물관리를 시행하였음을 사업자가 입증하여야 하며, 한국농어촌공사 또는 관계기관의 급수 확인 문서를 통해 교차확인 가능해야 함
계정 방법	(계정 계수 개발) 폐쇄 챔버 방법(closed chamber method) 및 실험실 분석(laboratory analysis)을 적용하여 대조군(reference fields) 논외 메탄 배출 계수 확보를 위한 인프라 이용 가능	(계정 계수 적용) 온실가스 감축량 산정식은 논벼 1회 재배를 기준으로 하며 이기작의 경우는 논벼 재배 2회로 적용
사업 규모	(소규모 CDM 사업 기준) 연간 총 감축량이 60ktCO ₂ 이하여야 함	-

(3) 논 물관리 사업을 통한 메탄 감축 사례

우리나라의 메탄 배출은 분야별로 농업 12.21Tg CO₂eq, 폐기물 8.6Tg CO₂eq, 에너지 6.3Tg CO₂eq, 산업공정 0.6Tg CO₂eq, LULUCF 0.3Tg CO₂eq가 배출되고 있다. 우리나라의 전체 농경지의 53%(865,000ha)가 논으로 구성되어 있어 국내 총 메탄 배출량의 약 22%(6.4 Tg CO₂eq.)가 벼 재배과정에서 발생한다(GIR, 2019). 이는 농업 안에서도 약 52%를 차지하면서 가장 많은 양을 차지하고 있으며 다음으로 장내발효 4.5Tg CO₂eq(37%)와 가축분뇨 1.3Tg CO₂eq(11%) 순으로 배출하고 있다⁵⁵⁾. 벼 경작에서 발생하는 메탄 발생량은 우리나라 에너지 전체 분야에서 발생하는 양과 동일한 수준이다. 전 세계적으로 인위적인 메탄 배출량에서 벼 재배가 차지하는 비율을 고려하면 상당한 양이며, 논에서 발생하는 메탄 저감은 우리나라의 국가 메탄 배출량을 줄이는 데 필수적인 부분이다(Gwon et al, 2022).

우리나라의 논 물관리 메탄감축 시범사업에서는 농민들의 자발적인 참여를 통하여 각 지역의

55) <http://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psv/psvr/psvre/curationDtl.ps?menuId=PS03352&srchCurationNo=1754>

농업 관행에 따른 베이스라인 및 사업 활동에 따른 메탄 배출 계수 인벤토리를 구축하고 있다. 농업 부문의 메탄 배출 잠재량이 가장 높음에도 불구하고 감축 사업에 대한 투자가 매우 저조한 것은 메탄 회피 활동에 대한 모니터링 및 방법론 상의 어려움뿐만 아니라 농촌에서 사업 실행의 어려움에 기인한다. 농촌에서 메탄 감축을 위해 벼 경작에 이용되는 물을 관리 사업 활동은 벼 경작 및 농촌 물관리와 연계된 다양한 이해당사자들과 연결된다. 이러한 이해당사자들은 벼 생산의 공급과 수요에 연결된 밸류체인 상에서 다양한 거버넌스를 구축함으로써 농촌 메탄 감축 사업을 추진을 원활하게 만들고 사업 이행의 지속가능성을 높인다. 벼 경작에서 발생하는 메탄을 감축하는 시범사업은 벼 경작과 물관리 활동에서 아래 그림과 같은 거버넌스 구조를 갖고 추진함으로써 농민의 자발적인 참여를 이끌고 있다. 이 시범사업에서는 행정거버넌스와 현장거버넌스가 함께 구축되어 다음의 다양한 이해관계자가 협력하고 있다. 지방자치단체와 중앙의 행정 거버넌스를 구축하고 있으며 농촌진흥청, 한국농업기술진흥원, 한국농어촌공사 본사 및 지사, 지자체 농업기술센터, 지역 대학교, 농협 작목반, 마을 리더회, 농민 등의 이해관계자가 참여하고 있다. 이러한 거버넌스는 농촌에서의 기술 및 관행 장벽을 극복하고 논 물관리를 통한 메탄 감축 활동을 추진하는데 핵심적인 역할을 하고 있다. 시범사업의 경제적 재원은 중앙부처에서 국비를 지원하고 지자체에서 도비와 군비, 사업 참여자의 소정의 참여비로 진행되고 있다. 초기 단계에서 공공 재원이 주를 이루고 있으나 사업의 확대를 위하여 추가적인 재원 마련이 필요하다.

논 물관리를 통해 메탄을 감축하는 CDM 해외사업으로 인도와 인도네시아, 모잠비크에서 CDM에 등록 신청이 되어 있고 인도를 사업대상지로 한 CDM 사업 한 건이 등록에 성공하였다.

<표 5-4> 논 물관리 메탄 감축 CDM 해외사업 사례

Category		India	Indonesia	Mozambique
Site requirements	Baseline	- Continuously flooded paddy fields	- Continuously flooded paddy fields - Changed to moist conditions, intermittent irrigation and flooding combined	- Continuously flooded paddy fields
	Facility of irrigation and drainage	- Irrigation and drainage facility are satisfied	- Irrigation system is satisfied	- CPA shall be equipped with irrigation and drainage facility
practice activities	Impact on rice production amount	- No impact on rice production	- Same as baseline of harvest methods and no impact on production amount	- CPA shall comply with the condition of no impact on rice production amount
		- The cultivation method used in the CPA involved in the PoA doesn't lead to a decrease in rice yield. The rice cultivar/ variety will not be touched by	- Do not touch the rice varieties and not deal with modified varieties	

Category		India	Indonesia	Mozambique
		the project cultivation method.		
			- Same as baseline that is locally available, traditional or new breed rice varieties	
	Farmer education	- Provide training and technical support	- Provide training and education to famers participated	- Training shall be provided
	Compliance with local regulation	- Do not be in conflict with any laws or regulation in India	- Neither the project activity as a whole nor its elements are in conflict with any local laws or regulations	- Agriculture practices shall be in compliance with local regulations
accounting method and reduction potential	Coefficient development	- Having chamber method and laboratory analysis to get the CH4 emissions from reference fields	- Providing emission factor of baseline and project based on preliminary projects	- The applicability condition shall be followed for the CPAs
	Small scale CDM emission standards	- satisfied according to SSCDM (less than 60kt CO2 eq.)	- satisfied according to SSCDM (less than 60kt CO2 eq.)	- It will be satisfied according to SSCDM (less than 60kt CO2 eq.)

라. 농업 분야 메탄감축 사업 개발을 위한 고려사항

농촌에서의 논 물관리를 통한 메탄 감축사업은 CDM 사업으로 추진하는 리스크 뿐만 아니라 농촌이라는 특수한 환경에서 물관리 사업을 추진하는 리스크를 동시에 갖는다(표 5-5). CDM 사업은 경제적인 부분과 연관되는 리스크가 주요하게 논의되는 반면 농촌에서 물관리 사업 추진 시 당면하게 되는 리스크는 경제적 위험뿐만 아니라 기술의 현장 적용하는데 있어 새로운 경험과 지식을 쉽게 받아들이지 않는 농촌의 관행적 장벽이 높게 나타났다. 또한 농촌이 직면하고 있는 인구감소와 고령화 문제가 새로운 기술 및 지식을 받아들이는 장애요인이 되고 있다. 이를 극복하기 위해서는 농촌에서 사업 실행 시 교육훈련 및 인식제고를 위한 활동이 필수적이다.

농촌의 관행에서 논 물관리 사업에 필요한 장비의 설치에 CDM 사업을 추진하는 사업자 비용으로 온전히 부담된다. 농민들이 새로운 기술을 논에 적용할 때 자부담을 요구한다면 참여가 매우 저조하기 때문이다. 이러한 경제적 리스크는 농촌지역의 자원부족과 빈곤 문제와도 연결된다. 이는 해외에 논 물관리 메탄 감축사업을 추진할 때도 중요하게 고려해야 할 사항이 된다. 경제적 리스크는 사업에 직접적으로 투입되는 설비 비용 뿐만 아니라 환율, 해당지역에서의 수도 및 전기료, 노동비, 자재비 등 다양한 영역에서 발생할 수 있다. 이를 극복하기 위해서는 논 물관리 사업의 해외사업 추진 시 마이크로 그리드 사업과 같은 에너지 자립 사업을 함께 추진하는 융·복합 사업도 함께 추진하는 것을 고려해 볼 수 있을 것이다.

〈표 5-5〉 CDM 사업 추진 리스크

TYPE OF RISK		CITATION	
Planning	Technology / Methodology	Technology transfer risk	(Silva, Jr. et al., 2013)
		Baseline risk	(Matsuhashi et al., 2004)
	Finance	Financial risk	(Dutschke et al., 2006)
		Investment risk	(Silva, Jr. et al., 2013) (Steckel & Jakob, 2018)
Implementation	Projects	Project risk	(Michaelowa et al. 2019)
		Country risk / Policy risk	(Matsuhashi et al., 2004) (Shimbar & Ebrahimi, 2020) (Steckel & Jakob, 2018)
			(Dutschke et al., 2006)
			Socio-economic risk
		Sustainability risk	(Muller, 2008)
CDM administration	CDM registration, Monitoring and Verification/ certification	Crediting risk	(Cames et al., 2016)
		Certified Emission Reductions (CER) risk / Business risk	(Matsuhashi et al., 2004) (Muller, 2008)
			(Dutschke et al., 2006)
		Certification risk/CDM registration risk	(Matsuhashi et al., 2004) (Muller, 2008) (Cames et al, 2016) (Haya, 2009)

〈표 5-6〉 농촌 물관리 사업 추진 리스크

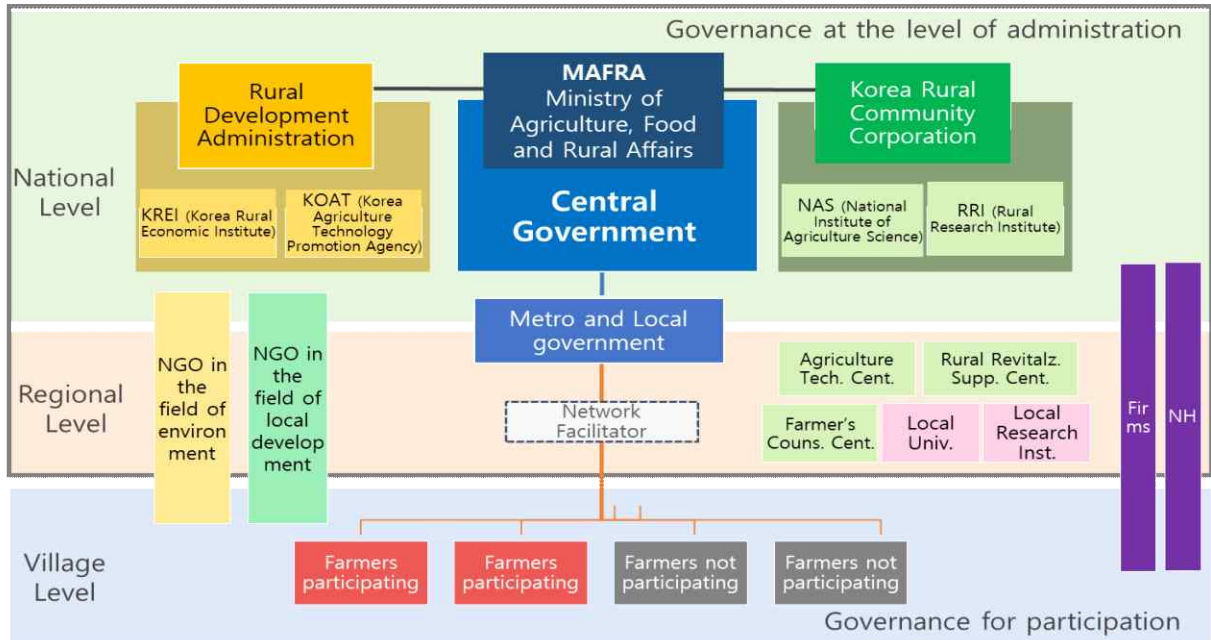
Category	Risk for agriculture projects
Financial	liquidity problem (Barry et al., 1981; Ranganathan, 2020), economic disadvantage (Ludvig et al., 2018)
	Cost overruns, inflation and interest rates (Lukale, 2018), protectionism (Komarek, et al., 2020), counterparty risk (World Bank, 2016)
	High energy and water costs (Molle et al., 2019), Late payments (Molle et al., 2019), crop loss (Bebbington et al., 2006; Molle et al., 2019)
	limited funding (Higginbottom et al., 2021; Nalumu et al., 2021)
Political and institutional	political instability (Chulkova et al., 2019), corruption (Brondizio et al., 2009)
	agriculture policies (Schaffnit-Chatterjee, 2010), Changes in policies and regulations (Komarek, et al., 2020; Salimonu & Falusi, 2009)
	Governance conflicts / Conflicts of Interest (Khaled, 2016; Melichová & Varecha, 2020)
Technical	Poor machine operation (Molle et al., 2019), Contractor performance (Molle et al., 2019)
	Poor construction methods (Neumeier, 2017), Poor communication and coordination (Lukale, 2018), Material shortages (Lukale, 2018)
	Supply chain breakdown [47], Limited accessibility (Ogunsanya, 1987)

Category	Risk for agriculture projects
Environmental	Climate change (Wall & Marzall, 2007), Adverse weather conditions (Fahad & Wang, 2018; Huong et al., 2017; Wheeler & von Braun, 2013; Ndem & Osondu, 2018; Lukale, 2018), Natural risks (droughts, floods, cyclones and storms) (Fahad & Wang, 2018)
	Quality of soil (Bebbington et al., 2006), Degradation and loss of habitats and landscapes (Molle et al., 2019; Firbank, 2008)
Social	Poverty or Social exclusion (Abreu and Mesias, 2020), Rural depopulation and ageing (Ubels et al., 2022), Lack of knowledge and experience (Futemma et al., 2020; World Bank, 2016), Lost access to the property (Graetz and Franks, 2016)
	Conflicts between cultures (Khaled, 2016), Internal armed conflicts(Estevés et al., 2017; Molle et al., 2019), Limited access to information and communication (Estevés et al., 2017)
	Displacement and resettlement (Vanclay, 2017a), Protest actions (Hanna et al., 2016), Violation of human rights (Vanclay, 2017b)
	Thefts (Molle et al., 2019)

논 물관리 메탄 감축사업의 경제적 리스크는 파편적인 사업의 시행 시 메탄 감축을 통한 탄소배출권 규모가 경제성을 담보하지 못한다는 것이다. 이는 벼농사가 공간적으로 파편화되어 있는 특성으로 인하여 소작농들은 저탄소 기술을 적용하는데 필요한 지식과 자금 조달의 접근성이 부족한 것의 원인이 되기도 하다. 성공적인 이행을 위해서는 관개시설 인프라와 수확 이후 시설에 대한 장기적 투자가 필요한 반면 개발도상국에서는 자체적으로 자금 조달이 어려운 경우가 많다. 따라서 쌀을 생산하는 개도국에서 저탄소 생산 기술을 적용 수준은 효과적인 온실가스 감축을 위한 노력에 훨씬 못 미치는 실정이다.

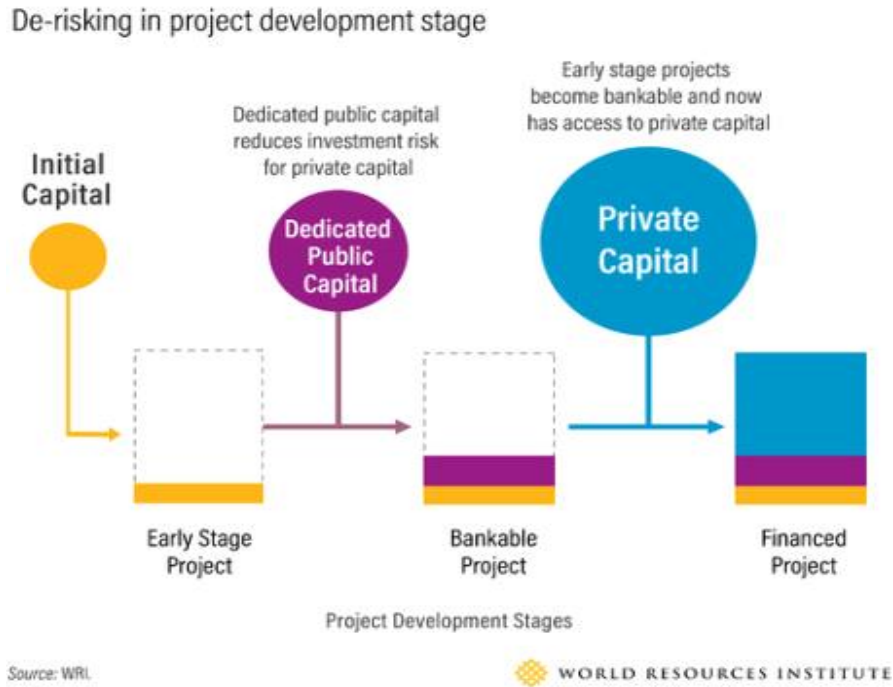
이러한 맥락에서 농업 분야에서의 메탄 감축 사업의 성공은 농촌 현장에서 다양한 이해관계자들과의 거버넌스 구축을 통해 프로젝트 단위의 사업 투자를 넘어 규모화된 사업을 추진할 필요성을 제기한다. 이는 사업자 단위에서 해결할 수 있는 리스크가 아니기에 글로벌 단위에서 정부와 민간의 협력 파트너십을 통한 접근이 필요하다(그림 5-6).

[그림 5-6] 농업 분야 메탄 감축활동 거버넌스 구조



농촌에서의 메탄 감축사업은 온실가스 감축을 넘어 기후변화 적응과 농촌의 지속가능성을 향상시키는 공편익이 높은 사업이다. 농촌에서 농민의 참여를 유도하기 위해서 인센티브는 필수적이며, 사업의 모니터링을 위해서 기술도입을 위한 초기 비용 없이는 사업의 효과를 정량적으로 설명하기 어려워 전국 범위로 확대하기 위해서는 추가적인 재 후속 투입이 필요하다. 공공의 재원은 한계가 있기 때문에 후속 재원의 투입을 위해 민간의 자금이 조달되는 것이 필요하다. 그러나 논물관리 메탄감축 사업의 리스크를 고려했을 때 다른 CDM 사업보다 더 큰 리스크 프리미엄을 갖고 있다. 이러한 부가적인 리스크 프리미엄은 사업 투자시 더 많은 이자를 지불하거나 민간 투자처가 제한되는 약점을 갖게 한다. 논물관리 메탄 감축사업에 대한 민간 자원 조달의 리스크를 완화하기 위해서는 재정적인 리스크 완화 방안과 함께 정책 영역에서의 리스크 완화가 함께 필요할 것이다. 공공에서 먼저 사업을 진행하여 주요한 리스크를 제거하여 민간의 재원이 후속적으로 조달될 수 있도록 사업 구조를 설계하는 것이 필요할 것이다(그림 5-7).

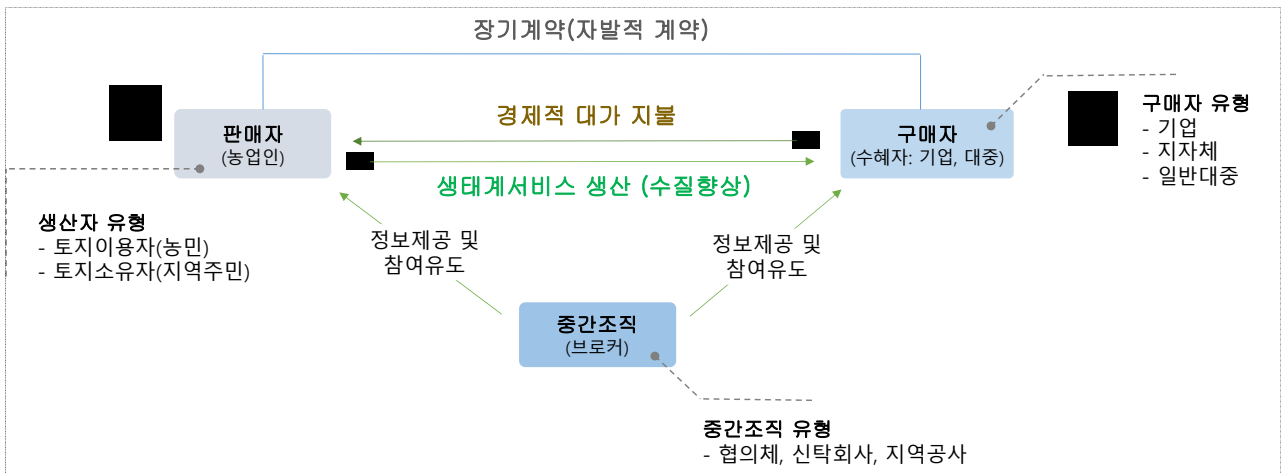
[그림 5-7] 탄소사업 리스크 완화를 위한 공공-민간 자금조달 구조



자료: WRI 웹사이트, <https://www.wri.org/insights/de-risking-low-carbon-investments>, 접근일 2022.11.03.)

농업 환경서비스 직불금과 같은 생태계서비스 직불금(Payment for Ecosystem Services; PES) 제도는 환경건전성이 높은 논 물관리 사업의 확대를 위해 기업과 시민의 지원으로 추가적인 자금 조달을 확보할 수 있는 민간재원 조달 방법으로 고려될 수 있다(그림 5-8).

[그림 5-8] 농업 분야 메탄 감축활동의 민간재원 마련을 위한 PES 구조



2. 에너지 분야

가. 국내외 신재생에너지 동향

국제에너지기구(IEA)에 따르면 2040년까지 전 세계 재생에너지 발전 비중이 약 41%까지 확대될 것으로 전망된다. 전세계 신재생에너지 발전원 중 태양광은 2018년 8%를 차지하고 있는 것으로 추정되며, 2020년 태양광 설치량은 135GW 에 달하고 2025년까지 200GW, 2040년 300GW 용량까지 확충되어 2035년까지 약 30%까지 확대될 것으로 전망하고 있다. 전 세계적으로 기후변화 위기 대응 및 지속적인 경제발전을 위해 신재생에너지원 발전 및 보급 확대를 위한 정책이 마련되고 기술개발이 추진되고 있다. 미국은 '청정에너지 혁명과 환경정의 계획', EU는 '유럽 그린딜', 독일은 '2030 기후행동프로그램', 영국은 '녹색산업혁명', 일본은 '녹색성장전략'을 추진중에 있으며 이러한 정책 이행계획 내 기술개발을 통한 경쟁력 확보가 핵심 이행전략으로 제시되고 있다.

2022년 러시아-우크라이나 사태 이후 글로벌 에너지 가격상승으로 태양광 발전에 대한 수요가 유럽을 중심으로 크게 증가하고 있다. 이로 인한 석탄 및 가스 등 연료가격 상승으로 화석연료 발전원의 발전단가가 상승하고 있으며, 상대적으로 연료비 연동에서 자유로운 태양광 발전이 비용 효율적인 발전원으로 부상하고 있다. 태양광의 비용효율적 측면 뿐 아니라, 에너지원의 특정 지역 의존도가 높아짐에 따라 발생하는 지정학적 리스크 완화 측면에서도 에너지 공급원의 다변화가 에너지 안보에서 중요해졌으며, 이런 측면에서도 태양광 에너지 발전에 대한 중요성이 부각되는 실정이다. 대내외적 요인에 따른 석탄 및 가스 발전단가의 지속적인 증가 추세가 지속될 경우, 글로벌 태양광 수요는 상응하여 증가할 것으로 전망된다(참고문헌?). 현재로는 중국, 유럽 및 미국 등 주요국가를 중심으로 대규모 태양광 발전 양상이 보이나, 향후 개도국에서의 태양광 발전 속도도 증가할 것으로 예측된다.

정부는 기후변화 대응, 에너지 안보 강화, 에너지 신산업 창출을 통한 에너지 시스템 구현을 목표로 원전, 재생, 수소에너지 등의 조화를 통해 합리적인 에너지 믹스를 재정립하기 위한 에너지 정책방향을 발표하였다(산업통상자원부 보도자료, 2022.07). 또한 배출권거래제 제도 개선, 국제감축·자발적 감축시장 활성화, RE100(전력 100%를 재생에너지로 충당) 제도 보완 등 기후변화 대응 제도 선진화 및 민간투자를 촉진하기 위한 정책 이행방안을 제시하였다.

온실가스 감축 의무가 있는 기업을 중심으로 '신재생에너지 공급 인증서 구매'가 하나의 방안으로 인식되고 있으며, 2021년 1월 개정된 「온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침」 제 18조에 따르면 REC 구매시 온실가스 감축 실적으로 인정받을 수 있을 뿐 아니라 RE100 이행 실적으로도 인정받을 수 있음에 따라 태양광발전 사업은 대부분 규제시장에서 활용되고 있는 현황이다.

나. 양자 협력국(스리랑카) 신재생에너지 정책추진 동향

(1) 스리랑카 NDC 및 주요 에너지 정책

1) 자발적 감축목표 개정안

스리랑카는 2016년 유엔기후변화협약(UNFCCC) 사무국에 파리협정 이행계획을 담은 1차 자발적 기여목표(NDC)를 제출하였다. 1차 NDC 목표상에서는 적응 분야에서는 기후변화에 따른 연안지역의 취약성이 높아짐을 인식하고 이를 위한 이행수단으로 기술 이전 및 재정지원, 그리고 역량 강화에 대한 기술 요청이 주요 내용으로 포함되었다. 온실가스 감축목표의 경우 BAU 대비 7%수준으로 제시하였고, 국제사회의 지원을 통해 조건부(conditional)로 달성하고자 하는 감축목표는 23%로 설정하였다(정지원, 2020).

이어 2020년 COP26을 계기로 2차 NDC 개정안을 마련하여 제출하였으며 이전에 비해 부문별로 구체화된 목표 및 이행수단을 제시한 것에 주목할 만하다(Sri Lanka NDC, 2021.09). 특히 주요 목표로 제시된 것은 △2030년까지 재생에너지 발전비중 70%까지 확대, △ 2050년까지 발전부문 탄소중립 목표 달성, △ 석탄 및 화석연료 발전원 사용 중단 등의 내용이 이에 해당한다.

<표 5-7> 스리랑카 NDC 내 발전부문 핵심목표 및 이행방안

NDC 발전부문 핵심 목표 및 이행방안

- Development of hydro-power base to its maximum potential through new large and small hydro-power plants amounting to around 300 MW
- Develop approximately 800MW of wind power generation in Northern and North-Westerncoastal areas of the island.
- **Develop approximately 2,000 MW of solar power capacity using different modalities such as solar rooftops, small scale, and large solar PV power plants. Small hydro, solar PV, wind, biomass, biogas and other agro-waste power plants.**
- Power generation through biomass and municipal solid waste will also be added with anexpectation of a reasonable contribution to power generation.
- **Facilitate the implementation of pilot-scale projects using new renewable energy sources that have not yet reached commercial maturity and other grid supporting infrastructures including behind the meter (BtM) and grid-scale energy storage solutions to assist more renewable energy integration.**
- Pursue Pumped Storage Hydro Power Plant development to accommodate higher level ofintermittent and weather-dependent renewable energy to the power generation system.
- Continue the loss reduction initiatives of the transmission and distribution network.
- Convert existing fuel oil-based combined cycle power plants to use natural gas and to developnew natural gas plants as an alternative to planned coal power plants (depending oninfrastructure availability for natural gas).
- Implement Demand Side Management activities through a five-year national Energy EfficiencyImprovement and Conservation (EEL&C) programme.
- Introduce policy supportive measures such as tax benefits, low-interest financing, etc. toexpedite the implementation of renewable energy development and energy efficiencyimprovement programmes.
- **Engage in viable carbon trading mechanisms to promote the shift towards clean energy sources**

자료: Sri Lanka Updated Nationally Determined Contributions (Ministry of Environment, 2021.09)

스리랑카는 석탄 및 석유 등 발전원의 수입의존도가 높아 에너지 안보를 강화하기 위한 목표가 우선순위로 제시되고 있다. 에너지 자급력을 향상하기 위한 노력으로 신재생에너지 발전을 중심으로 두고 있으며 이를 위한 주요 정책이행 목표는 다음과 같다. △태양광 발전의 경우 지붕형 태양광, 분산형 및 대형발전소 건설을 통한 총 발전 용량 증대(2,000MW), △상업성이 완전히 확보되지 않은 신재생에너지 관련 기술(예 에너지 저장장치 등)의 실증 사업 추진을 통한 신재생에너지 발전 기반 강화 및 확충, △친환경 에너지 전환 가속화를 위한 탄소시장 메커니즘 활용방안 모색 등의 내용이 이에 포함된다.

<표 5-8> 스리랑카 발전부문 NDC 목표 및 이행계획(안)

NDC 목표	이행 계획	시 기
NDC 1	Enhance renewable energy (RE) contribution to the national electricity generation mix by increasing solar PV, wind, hydro and sustainable biomass-based electricity generation	2021-2030
1.1.	Establish wind, solar (rooftop, small-scale and large solar PV), biomass, large and small hydro power plants	2021-2030
1.2.	Develop required transmission network infrastructure to enable the integration of renewable energy	2021-2030
NDC 2	Implement Demand Side Management (DSM) measures by promoting energy-efficient equipment, technologies , and system improvements in anational Energy Efficiency Improvement and Conservation (EEI&C)programme	2021-2030
2.1.	Realize energy saving of 2,603 GWh by phasing out incandescent bulbs as a conditional measure	2021-2030
2.2.	Realize energy saving of 5,189 GWh by introducing efficient lighting, fans, refrigerators, and chillers as a conditional measure	2021-2030
2.3.	Implement Energy Efficiency Building Code on a mandatory basis	2021-2030
2.4.	Promote High-Efficiency Motors (HEM), Variable Frequency Drives (VFD), trigeneration, and other energy efficiency measures in the industrial sector	2021-2030
NDC 3	Conversion of existing fuel oil-based combined cycle power plants to Natural Gas (NG) and establishment of new NG plants as conditional measures (once the necessary infrastructure is available)	
3.1.	Conversion of existing 600 MW of fuel oil-based combined cycle power plants to NG	
3.2.	Establishment of new combined cycle power plants in place of anticipated coal powercapacity additions in the BAU and gas turbines with approximately 700 MW of capacities to be operated from NG	
NDC 4	Transmission and distribution network efficiency improvements (Loss reduction of 0.5% compared with BAU by 2030) as an unconditional measure (Target: Approximately 1,848 GWh energy savings)	
4.1.	Carry out developments in the transmission network, re-conducting of existing transmission lines, and reactive power compensation activities	

NDC 목표	이행 계획	시 기
4.2.	Carry out the conversion from bare conductors to bundled conductors, improved construction & maintenance practices in the distribution network	
NDC 5	Conduct R&D activities to implement pilot-scale projects for Non Conventional Renewable Energy (NCRE) sources that have not yet reached commercial maturity and develop other grid supporting infrastructures as conditional measures	
5.1.	Conduct R&D activities to implement pilot-scale projects for new renewable energy sources which have not yet reached commercial-scale maturity	
5.2.	Develop Pumped Storage Hydro Power Plants and pilot scale storage systems such as Behind the Meter (BtM) and Grid-Scale Energy Storage Solutions to support the integration of renewable energy to the system by improving system flexibility	
5.3.	Introduce ICT interventions such as Smart Grid technologies to support the integration of intermittent renewable energy into the system	

자료: Sri Lanka Updated Nationally Determined Contributions (Ministry of Environment, 2021.09)

2) 스리랑카 전력분야 관련 정책

스리랑카의 전력부문 정책은 발전 및 에너지부(Ministry of Power and Renewable Energy, M/P&RE)가 입안한 '국가 에너지 정책 및 전략 정책(National Energy Policy and Strategies, NEPS)에 의해 주도되고 있다(표 5-9). 또한 스리랑카 에너지부는 세부 이행내용으로 LTGEP(Long Term Generation Expansion Plan) 계획 마련을 통해 전력수요 증가에 대비하도록 하고 있다. LTGEP의 주요 내용은 신재생에너지 전원개발을 적극 추진하고 노후화된 석유화력 발전설비와 폐기, 석탄·천연가스 화력발전을 친환경 에너지로 전환하는 내용을 포함하고 있다. 구체적으로는 2018년까지 4GW인 발전설비용량을 2039년까지 12.6GW로 확충하며, 신재생에너지 발전 목표를 '18년 14%(0.58 GW)에서 '39년 34%(4.33 GW)로 확대하는 것을 주요 내용으로 하고 있다.

<표 5-9> 스리랑카 에너지관련 정책 및 주요내용

정책	주요내용
NEPS National Energy Policy and Strategies of Sri Lanka (2019)	① 에너지 안보 보장(Ensuring energy security) - 연속성, 적절성 및 신뢰성을 보장하기 위해 국가의 1,2차 에너지 공급 확보. ② 에너지 서비스에 대한 접근성(Providing Access to Energy Services) - 신뢰성, 편리성, 공정성, 합리성에 부합하는 에너지 서비스를 제공함으로써 시민들의 생활수준을 향상하고, 경제적 이득을 제공함. ③ 국가 경제에 최적 비용으로 에너지 서비스 제공(Providing Energy Services at the Optimum Cost to the National Economy) - 국가 경제에 대한 부담을 낮추고 국제 시장에서 국내 생산 상품과 서비스 경쟁력을 달성하기 위해 long-term cost 제공 ④ 에너지 효율 및 보존 효율 개선(Improving Energy Efficiency and Conservation) - 효율적인 에너지 사용을 위해 에너지 공급업체와 민간 참여가 촉구됨 ⑤ 자립성 강화(Enhancing Self Reliance)

정책	주요내용
	<ul style="list-style-type: none"> - 토착 자원의 개발을 통해 외부 상황에 대한 에너지 공급의 취약성을 최소화하고, 수입 자원에 대한 의존도를 최소화하여 기술적, 경제적, 환경적, 사회적 제약을 해결함 ⑥ 환경보호(Caring for the Environment) <ul style="list-style-type: none"> - 스리랑카는 에너지 분야에서 낮은 탄소배출량을 유지함으로써 기후변화에 의미 있는 기여를 할 것이며, 에너지 서비스는 지역사회 및 환경에 부정적인 영향을 끼치지 않도록 최소화 될 것 ⑦ 재생에너지 비중 확대(Enhancing the Share of Renewable Energy) <ul style="list-style-type: none"> - 토착 에너지 자원은 에너지 분야에서 지속 가능성과 높은 수준의 복원력을 달성할 수 있도록 최적의 수준으로 개발될 것 ⑧ 에너지 분야 거버넌스 강화(Strengthening Good Governance in the Energy Sector) <ul style="list-style-type: none"> - 투자자와 소비자 신뢰를 달성하고, 책임, 공정성 및 투명성을 실현하기 위해 에너지 부문의 거버넌스를 강화해야 함. 안정적인 정책 환경이 보장되고, 에너지 분야에서의 좋은 거버넌스를 보장하기 위해 규제 틀이 더욱 강화될 것 ⑨ 미래에너지 기반시설 부지 확보(Securing Land for Future Energy Infrastructure) <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 부지의 전략적 위치는 발전 시설의 시의적절한 이행을 보장하고 부정적 사회 영향을 최소화하기 위해 미리 지정되고 확보될 것 ⑩ 혁신과 기업가정신을 위한 기회 제공 (Providing Opportunities for Innovation and Entrepreneurship) <ul style="list-style-type: none"> - 스리랑카가 기술집약적 지역사업을 육성할 수 있는 시장의 한계를 고려하여 상대적으로 큰 규모의 에너지 부문이 현지 기업과 혁신에 사용될 것
Sri Lanka Energy Sector Development Plan for a Knowledge-based Economy(2015-2025)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이 계획은 스리랑카의 에너지 안보를 강화하고 에너지 자급력을 향상하기 위해 전력 및 재생에너지부(Ministry of Power and Renewable Energy)가 제정함 ○ 스리랑카는 에너지 수요를 충족시키기 위해 원유, 정제된 석유제품 및 석탄을 매년 수입해야 하며, 대외 의존적인 원료 수입은 정부 수입 지출액의 약 25%를 차지하며 국가 재정에 막대한 부담을 초래함 ○ 이 계획은 “에너지 부문개발 계획 목표 및 전략” 을 위한 내용을 포함 <ul style="list-style-type: none"> - 2030년까지 에너지 자급자족 국가 달성 - 재생가능 에너지원의 발전 전량 비율을 2030년까지 재생에너지와 기타 토착에너지원(indigenous energy resources)을 기반으로 100% 충족 - 2025년까지 발전용량을 6,400MW까지 증대 - 2020년까지 토착 가스 자원을 통한 전력생산, 천연가스와 바이오매스로 화력발전 용량을 증대하며, 2020년까지 에너지발전 믹스 다변화 - 2020년까지 송배전 네트워크에 대한 기술·상업적 손실률을 축소(5%) - 에너지 절약과 효율적인 사용을 통해 에너지 수요 증가율 연간 2%로 축소 - 휘발유와 디젤 품질을 각각 개선 (EURO IV, EURO III) - 전기 및 연료 품질의 신뢰성 향상 - 에너지부문의 투자 창구를 확대 - 에너지부문의 탄소배출량을 5%까지 감축(~2025년)
Battle for Solar Energy – The Rooftop Initiative	<ul style="list-style-type: none"> - M/P&RE는 SLSEA, CEB, LECO 등과 협력하여 “Battle for Solar Energy” 라는 지역사회 기반의 발전 프로젝트를 시작함 - 해당 사업의 목적은 상업과 산업시설 옥상에 소형 태양광 발전 설비를 설치하는 것으로, 2020년까지 200MW, 2025년까지 1,000MW에 해당하는 태양열 전기를 국가 전력망에 연결

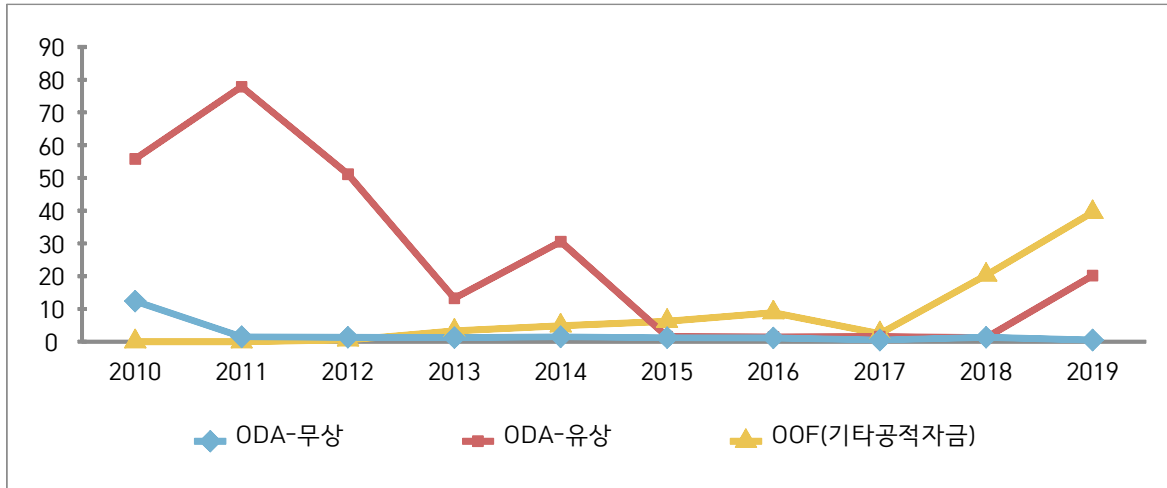
정책	주요내용
	<ul style="list-style-type: none"> • 이를 통해 소비자가 사용 후 초과 발전량에 대한 판매가 가능하고 추후에 저축하여 사용할 수 있게 함 - 전기 소비량에 따라서 i) Net Metering, ii) Net Accounting, iii) Micro Solar Power Producer 등의 옵션으로 선택이 가능함 <ul style="list-style-type: none"> i) Net Metering 사용자는 net metering시스템을 통해 전력망에 연결하며, 총 소비된 전기량에 대해서 비용지불. 전기 생산량이 소비량보다 큰 경우 향후 사용을 위해 이월이 가능하며, 초과 생산된 전기량에 대해서 수수료를 따로 부과하지 않음 ii) Net Accounting 전기 생산량이 총 소비량보다 많을 경우, 사용자가 초과 금액을 지불하며, 전기 소비량이 생산량보다 큰 경우, 기존의 전기 요금 구조에 따라 초과 소비부분만큼에 대한 금액을 지불함 iii) Micro Solar Power Producer 태양에너지 발전사업자로서 발전을 통해 전력망에 연결된 생산량 중 초과량에 대해서, 처음 7년간은 LKR 22.00/kwh 이후 8년차 부터는 LKR 15.50/kwh 등의 기준에 따라 비용을 지불 - 소규모 발전을 위해 2010년부터 실시된 net metering 제도는 에너지 사용량이 많은 사용자들을 중심으로 확산되었으나, 실적은 저조한 것으로 나타났는데 이는 대중 인식의 부족과 더불어 부족한 재원이 이유인 것으로 판단됨 - 현재 스리랑카의 상업은행은 net metering 제도 이행 지원을 위해 투자회수기준 총 설치 금액의 75% 대출을 제공 - 정부는 10만 가구를 확대를 위해 “Battle for Solar Energy” 을 이행 계획임 <ul style="list-style-type: none"> • 재생에너지와의 통합을 위해 기타 정책 이니셔티브 및 인센티브를 포함 • 재생에너지발전 비율을 2020년까지, 20% 증대하는 NCRE 자원개발 정책 목표를 명확히 함 • 대규모의 재생에너지사업 경쟁 입찰을 추진(태양광 및 풍력 단지) • 모든 IPPs에게 i) 자본설비 수입세 면제, ii) 법인세 면제 등의 혜택 제공(5-8년간) - 위의 정책 지원과 별개로 스리랑카 CDM사업시 발생하는 크레딧을 포함하여 탄소배출권 거래를 위한 탄소시장 거래 메커니즘 개발에 관심을 기울이고 있음

(2) 양자 협력국(스리랑카) 신재생에너지 분야 국제개발 협력 사업 현황

우리나라는 스리랑카를 대상으로 제2차 국가협력전략(2017-2020) 마련을 통해 물관리 및 위행분야, 지역개발, 교통 등의 중점협력분야를 중심으로 지원을 확대하고 있다. 이 중에서 신재생에너지 분야로의 지원 동향을 살펴보면, 2010년부터 2019년까지 10년간 총 지출액을 기준으로, 공적개발원조(ODA: Official Development Assistance) 자금이 감소하고 기타공적자금(OOF: Other Official Flows)⁵⁶⁾가 늘어나고 있는 추세를 보이고 있다(그림 5-9).

56) 기타공적자금(Other Official Flows, OOF); 적개발원조에 의한 세 가지 조건을 만족시킬 수 없는 정부부문에 의한 자금공여를 의미하며, 주로 ①상업적 목적으로 제공된 증여, ②증여율(GE) 25% 이하의 양자간 원조자금, ③공적기관의 수출신용, ④지원국 민간부문이 개도국에 제공하는 신용의 조건을 완화하기 위해 제공하는 보조금(증여), ⑤공적기관의 해외투자자금 지원 등이 포함된다.

[그림 5-9] 2010-2019년 스리랑카 신재생에너지 분야 국제개발협력사업 개발 자원 흐름



자료 : OECD statistics(stats.oecd.org) 데이터를 기반으로 연구진 재구성

기타공적자금 흐름은 2012년-2019년까지 8년간 아시아 개발 은행(ADB)에서 집행되었으며, ODA 자금은 2010년-2019년까지 전체적으로 양자간 지원의 비중이 큰 편이나, 2015년-2018년까지 다자간 지원 비중이 큰 경향을 보인다(표 5-10)

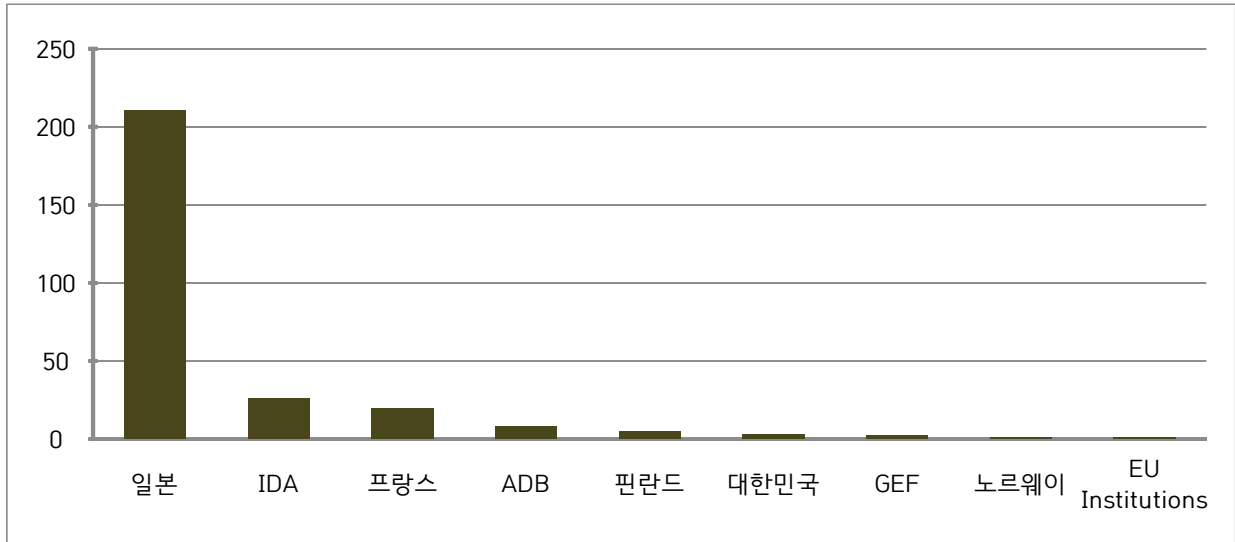
<표 5-10> 개발 자원 및 공여기관 유형 별 비교(2010-2019, 총 지출액 기준, Million USD)

개발 자원	원조 유형	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ODA	양자	59.611	61.660	51.802	13.907	30.473	0.436	0.885	0.224	0.826	19.761
	다자	8.542	17.700	0.681	0.574	1.556	2.313	1.733	1.798	1.781	0.879
OOF	다자 (ADB)	0	0	0.524	3.290	4.856	6.245	8.865	2.421	20.341	39.488

자료 : OECD statistics(stats.oecd.org) 데이터를 기반으로 연구진 재구성

2010년에서 2019년까지 총 지출액 기준 상으로 스리랑카 대상 가장 많은 원조를 지원한 국가 및 공여기관은 일본, IDA, 프랑스, ADB, 핀란드 그리고 원조 규모상 한국이 여섯 번째 순으로 기여하였다(그림 5-10).

[그림 5-10] 총 지출액 기준 신재생 에너지 분야 상위 공여 기관(2010-2019년)



자료 : OECD statistics(stats.oecd.org) 데이터를 기반으로 연구진 재구성

일본의 스리랑카 신재생에너지 분야 지원 금액은 타 국가 및 기관에 비해 월등히 높은 편이며, 수력 발전 분야에 95.9% 재원을 집행하였으며, 3.8%는 태양광 발전, 그 외 0.3%는 기타 분야에 집행한 것으로 보인다(표 5-11).

<표 5-11> 일본의 對스리랑카 신재생에너지 분야 지원 세부 현황(2010-2019, 총 지출액 기준, Million USD)

세부 분야	2010	2011	2012	2013	2014	2019	총액
수력 발전	47.322	60.613	50.845	13.049	29.781	0	201.610
태양광 발전	8.013	0	0	0	0	0	8.013
기타 기술	0.017	0	0.047	0.231	0.249	0.015	0.560
총계	55.352	60.613	50.892	13.281	30.029	0.015	210.182

신재생에너지 분야에서도 세부적인 지원 분야를 살펴보면, 무상원조 재원의 경우 수력발전이 84%로 가장 큰 비중을 차지하였으며, 기타공적자금으로는 아시아개발은행(ADB)에서 태양광 발전⁵⁷⁾이 39.8%로 가장 큰 비율을 보인다(표 5-12). ADB는 옥상 태양광발전 시스템 지원을 위해 스리랑카에 5천만 달러의 대출을 제공하며 이중 980만 달러가 민간 부문의 지원으로 제공되었다. 이를 통해 지붕태양광 설비 보급 확대, 지붕형 태양광 시장형성 및 투자형 사업발굴, 이해관계자 인식개선 및 역량강화 등의 성과가 창출이 예상된다(ADB)⁵⁸⁾. 스리랑카는 2008년부터 지붕형 태양광 발전을 허용하였으며 2016년부터 잉여에너지를 전력계통에 전송하고 있다. 2019년도를 기준으로 지붕형 태양광 발전을 통해 생산된 전력량은 182GWh이며, 향후 스리랑카 정부는 지붕형 태양광 발전 설치용량을 200MW까지 확충하는 것이 계획이다.

57) 아시아개발은행(ADB) 청정에너지 파이낸싱 파트너십의 일환으로 아시아 청정 에너지 기금을 통한 프로젝트 이행지원을 위해 100만 달러의 기술지원 사업을 관리한다.

58) Sri Lanka: Rooftop Solar Power Generation Project (<https://www.adb.org/projects/50373-002/main>)

<표 5-12> 각 자원별 세부 지원 분야 비율(2010-2019, 총 지출액 기준, Million USD)

자원 유형	세부 분야	10년간 총 지출액	비율
ODA	수력 발전	232.931	84%
	태양광 발전	25.573	9.2%
	바이오연료	8.364	3.0%
	풍력	6.561	2.4%
	기타 기술	3.713	1.3%
	총합	277.142	100%
OOF (ADB 자원)	태양광	34.241	39.8%
	수력	28.319	32.9%
	풍력	23.469	27.3%
	총합	86.029	100%

우리나라가 스리랑카 대상으로 신재생에너지 에너지 분야에 지원한 현황은 <표 5-13>과 같다. 신재생에너지 사업 중 태양광 발전 분야에 원조가 집중되고 있고, 사업의 지원 형태는 역량강화, 정책컨설팅, 사전타당성 및 타당성 조사, 본사업 까지 협력사업의 전주기에 해당하는 내용이 고르게 분포하고 있다. 특히, 2009년부터 2011년까지 시행된 본사업에 해당하는 '스리랑카 500kW급 계통 연계형 태양광 발전 사업의 경우 스리랑카의 화석연료 의존도를 낮추고 낙후지역을 대상으로 전력보급을 확충하기 위해 시행되었다. 이를 통해 전력공급이 부족했던 인근 낙후지역으로의 전기보급이 가능할 뿐 아니라, 스리랑카 정부의 태양광 에너지 정책 이행을 가속화 하는 발전차액제도(Feed in Tariff)의 시행을 통해 민간발전소의 투자 및 관심을 제고했다는 측면에서도 효과적인 사업으로 평가되고 있다(KOICA, 2014).

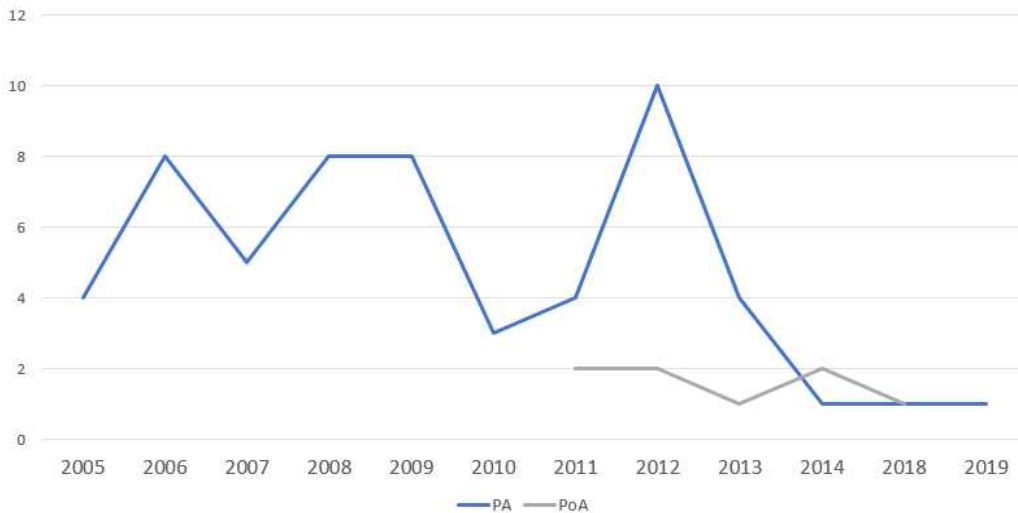
<표 5-13> 2010-2019년까지의 對스리랑카 우리나라 신재생에너지 분야 지원 현황

구분	사업명	지원기관	내용	기간	지원 형태	총 사업비 (USD)
사업	스리랑카 500kW급 계통 연계형 태양광 발전사업	KOICA	상업적 태양광발전의 시범사업	2009-2011	ODA 무상	3,000,000
역량 강화	SAARC 역량강화 - 신재생에너지	KOICA	신재생 에너지 정책 및 시스템, 환경 체제 적용 가능 개념 및 체제에 대한 이해도 확보	2017	ODA 무상	15,000
사전 타당성	에너지개발협력기획_ 스리랑카 수상 태양광 발전사업 사전 기획	산업통상 자원부	수원국의 에너지 접근성 개선 수요에 대응하여 사전타당성 조사 추진	2019	ODA 무상	21,459
타당성	에너지개발협력기획_ 스리랑카 수상 태양광 발전사업 타당성조사	산업통상 자원부	수원국의 에너지 접근성 개선 수요에 대응하여 사업모델 구체화 및 타당성 조사 추진	2019	ODA 무상	55,794

다. 스리랑카 신재생에너지 분야 감축사업 사례 : CDM 사업을 중심으로

스리랑카는 2021년 기준으로 전체 CDM사업 등록 건수(13,147건)의 0.45%(프로그램 사업(PoA)의 경우 1.3%)을 차지한다. 스리랑카에서 CDM사업이 최초로 등록된 시점은 2005년이며, CDM이 활발했던 2012년까지는 신규사업이 다수 존재하였으나 탄소시장 축소로 인해 최근 5개년(2017~2021년) 간 등록된 사업 수는 2건(PoA의 경우 1건)으로 극히 드물게 보인다. 이는 2012년을 기점으로 교토의정서의 존속여부가 불확실했던 때를 기준으로 CDM 사업의 개발 및 이행이 다소 위축된 것으로 판단된다(그림 5-11).

[그림 5-11] 스리랑카의 CDM 사업 신청 추이



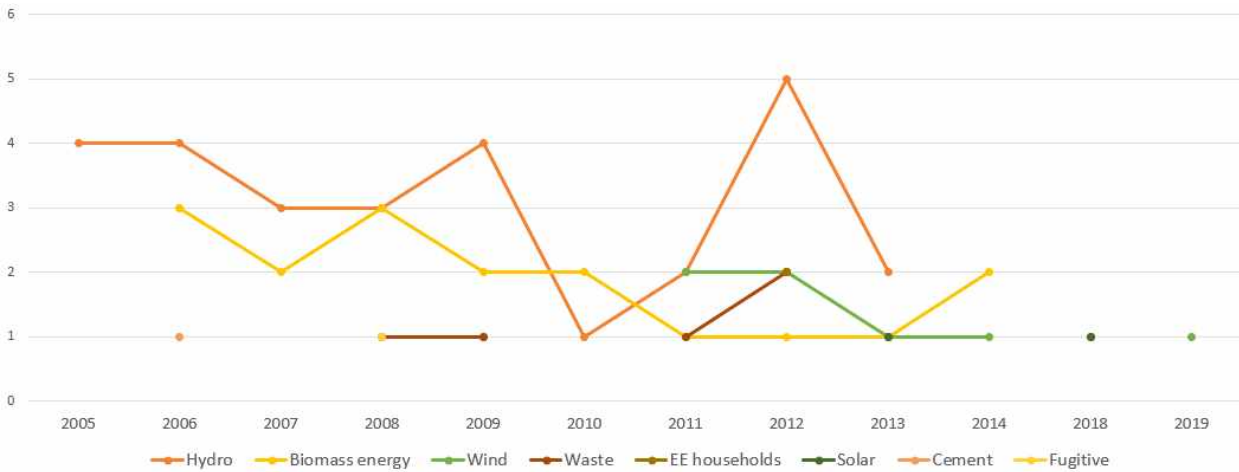
스리랑카에서는 PA를 기준으로 수력, 바이오매스, 풍력 등이 신청건수가 가장 많아 전체 CDM사업과 유사한 경향을 보인다. PoA의 경우 경향을 확인할 만큼 유의미한 수의 신청사례가 없으나 바이오매스 에너지와 가구 에너지효율 개선사업이 각각 3건, 2건 신청된 것으로 확인된다. 연도별로 기술 분야별 신청 추이를 살펴보면, 누적 신청량은 풍력, 수력 분야가 가장 많으나 최근 3년간은 태양광, 가정 에너지효율(EE) 분야의 사업 신청이 확인된다(표 5-14).

<표 5-14> 스리랑카의 기술 분야별 신청 추이

기술 분야	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2018	2019	총합
계	4	8	5	8	8	3	6	12	5	3	2	1	65
Hydro	4	4	3	3	4	1	2	5	2				28
Biomass energy		3	2	3	2	2	1	1	1	2			17
Wind					1		2	2	1	1		1	8
Waste				1	1		1	2			1		6
EE households									2				2
Solar									1		1		2
Cement		1											1
Fugitive				1									1

CER 발급 사업 분포 현황을 보았을 때, 스리랑카의 경우 다른 아시아 국가에 비해서는 사업건수가 많은 편이나 총 CER발급량은 방글라데시, 우즈베키스탄, 네팔, 캄보디아 등 사업건수가 더 적은 국가보다도 적은 편에 속한다. 앞서 서술한 바와 같이, 스리랑카는 수력 분야에 대한 지원이 높은 편에 속하는데 이는 스리랑카의 지형적 구조 상 수력발전의 잠재력이 크기 때문인 것으로 파악된다.

[그림 5-12] 스리랑카 기술 분야별 CDM 동향

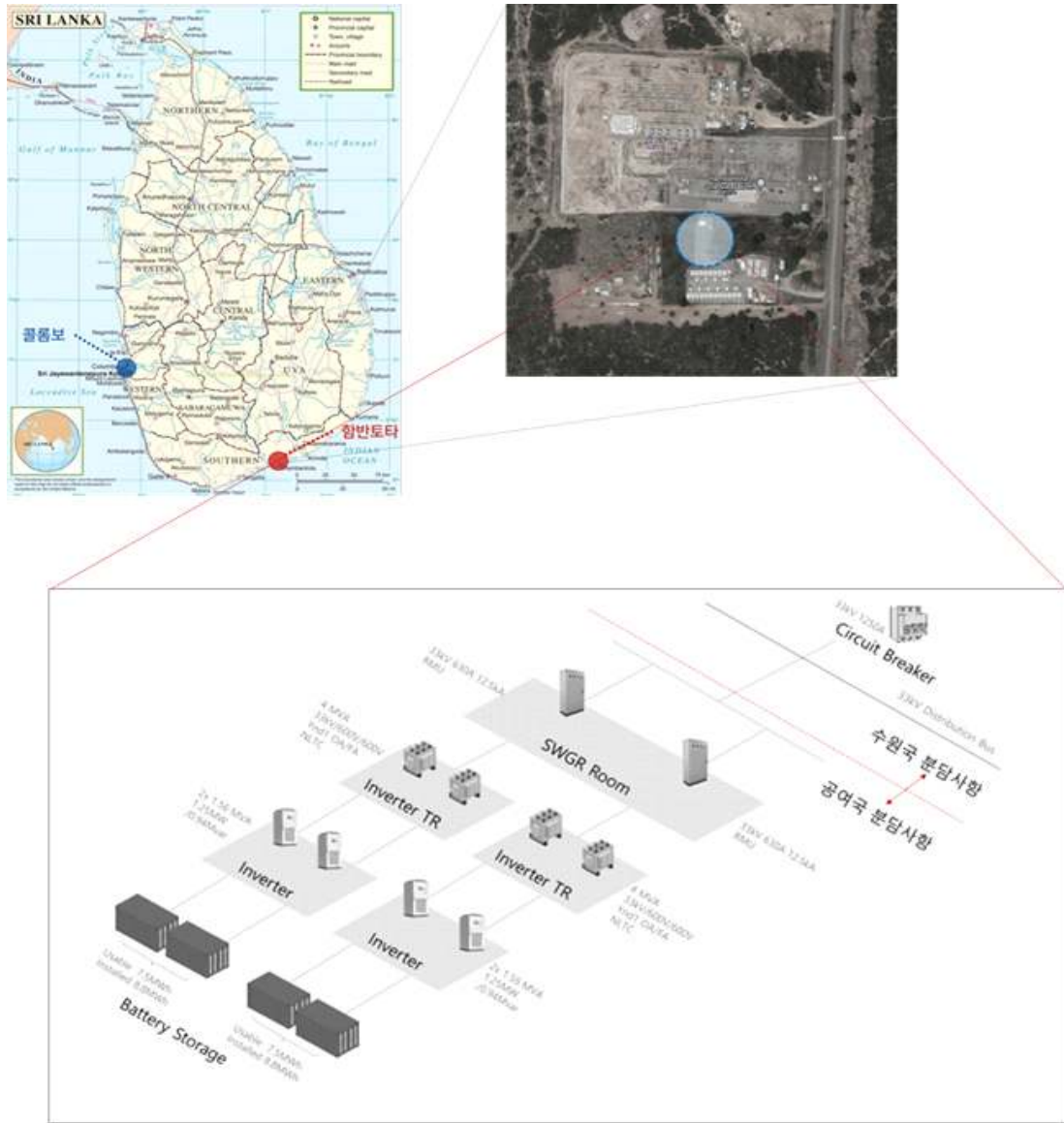


마찬가지로 스리랑카의 CDM 사업 이행 동향에서도 나타나듯, 수력발전사업이 대부분의 CER을 차지하고 있으며 일부 소수력, 풍력사업을 통해 CER이 발급한 실적이 있다. 다른 국가와 비교하면 대규모 수력 외에는 감축효과가 큰 종류의 CDM사업이 제한적임에 따라 총 CER발급량이 크지 않은 것으로 판단된다. 그러나 스리랑카는 기후변화로 인한 강수량 변화 등으로 인해 수력발전량이 감소하는 것에 대비해 상대적으로 안정적인 대체 전력공급원(태양광 발전사업) 등에도 관심을 표명하고 있다(정지원 등, 2017).

다. 신재생에너지 감축사업 제안 : 스리랑카 태양광 분야를 중심으로

(1) 기존 추진 사업 내용

[그림 5-13] 사업 대상지 및 기술도

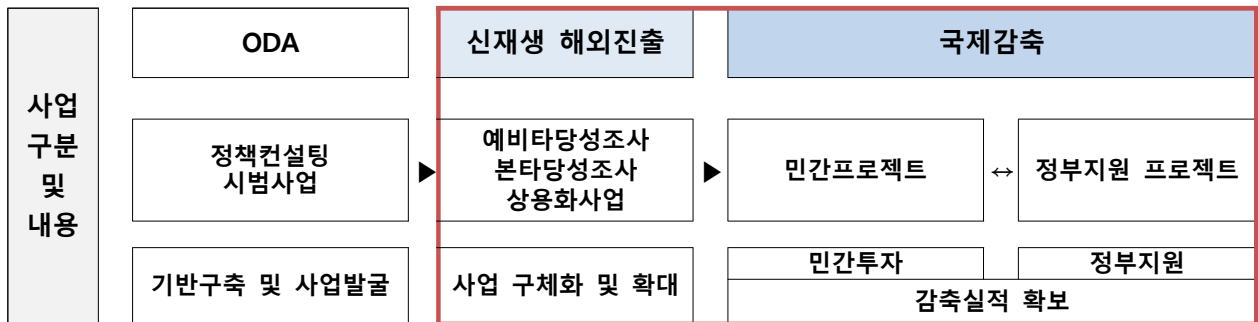


(2) ODA 및 신재생 해외진출 지원사업과의 연계를 통한 국외 온실가스 감축 사업 (추진) 방안

앞선 절에서 설명한 바와 같이, 우리 정부는 국외 온실가스 감축 목표 달성의 일환으로 우선 협력 대상국의 협력을 유도하기 위해 ODA 등과의 협력 연계사업을 추진하고 부처간 ODA 사업간의 연계를 강화하여 성과를 창출하는 방안을 제시한 바 있다(관계부처 합동, 2022). 동 연구과제에서 수행하고 있는 사업도 ODA를 통한 신재생 해외진출 지원사업의 이행과 향후 사업지속성 모색 측면에서, 사업 종료 이후 감축사업으로의 연계 가능성을 모색해보고자 한다. 또한 기존에 CDM 체제하에 승인되고 진행되고 있는 타 사업 사례 검토를 통해, SDM 체제로의 적용 방안을 모색하여 후술하고자 한다.

추진 중인 사업 내용을 바탕으로 보았을 때, 동 사업의 영역은 신재생 해외진출 사업을 기반으로 스리랑카 내에서의 태양광 발전을 통한 민간프로젝트와 사업 규모 확장을 위해 후속적으로 정부 지원을 통한 기여의 형태로 감축 실적을 확보하는 방안을 고려할 수 있다.

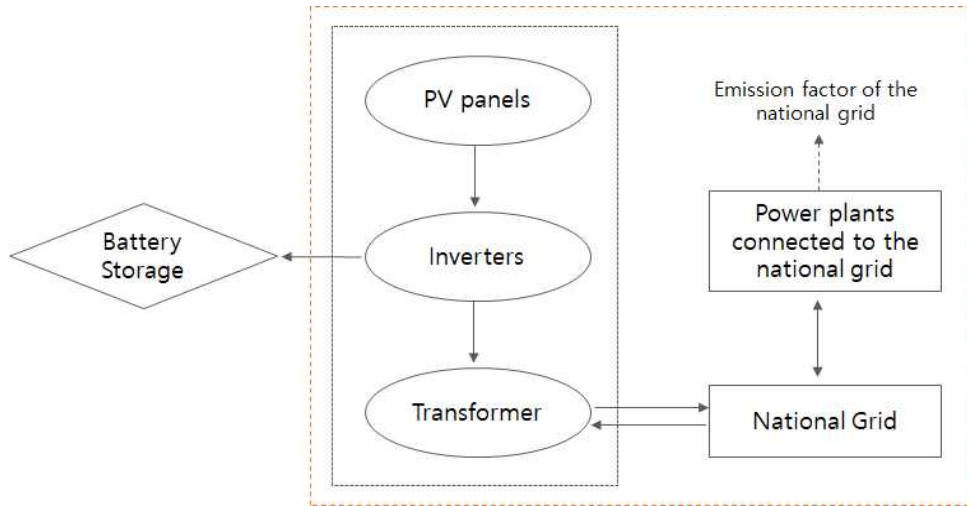
[그림 5-14] 국외 온실가스 감축사업 지원 전략(안)



자료 : 산업통상자원부 보도자료 기반 연구진 재구성

ODA 재원은 개발원조 원칙상 감축 실적 등의 성과 창출을 목적으로 활용되는 경우 사용이 불가하기 때문에, 일반 재정지원을 통해 정부 재원이 투자된 만큼 그에 상응하는 감축실적을 확보하는 방안에 대한 고려가 필요하다. 태양광 발전사업의 경우 기존 외부사업 및 CDM에 등록된 방법론이 다양하게 존재하기 때문에, 다른 기술과의 융합을 통하여 자발적 감축시장에서도 일부 방법론의 적용이 가능하다는 점에서 가능성을 모색할 수 있다.

[그림 5-15] ACM0002 방법론 기반 사업 추진범위 설정



자료 : ACM0002 방법론 기반 연구진 재구성

CDM 방법론을 기준으로 동 사업의 프로젝트 범위에 해당하는 내용은 [그림 5-15]와 같다. 이 사업범위는 ACM0002(재생에너지를 통한 계통연계 전력생산) 방법론에 근거한 것이며, CDM 사업으로 추진을 위해서는 재생에너지를 통한 전력 생산 및 계통 연계를 통한 전력 분배까지의 과정을 아우르는 영역이 사업 범위에 포함되어야 한다. 경우 가장 보편적으로 사용되는 방법론에 해당하며, CER이 발급된 적 있는 사업 중 이 방법론에 근거한 사업이 약 70%이상에 해당한다(한국에너지공단⁵⁹). 동 사업에 관련한 국내·외 방법론은 <표 5-15>에 제시된 자료를 참고할 수 있다.

<표 5-15> 태양광 발전 관련 방법론

순위	방법론	CDM 등록건수	방법론	CER 발행건수
1	ACM0002	3239	ACM0002	1259
2	AMS-I.D.	2071	AMS-I.D.	787
3	AMS-I.C.	309	ACM0001	114
4	ACM0001	225	AMS-I.C.	109
5	ACM0012	149	ACM0004	75

다만, 동 사업의 경우 배터리 저장장치를 통한 전력 저장 부분은 사업 영역에 포함되지 않고 있는데, 이는 ESS 사용을 감축사업과 접목하는 것 자체가 불가능 한 것은 아니나 ESS가 태양광과 동등한 수준의 감축대상으로 인정되고 있지 않으며, 이는 ESS의 주요 기능을 신재생에너지의 출력안정화로 보아 에너지효율향상, 에너지 절감을 목적으로 하는 설비로 인정하기 때문이다. 이러한 경우 감축사업으로 인정가능한 사업범위는 방법론에 근거하여 감축 실적에 포함되는 범위를 명확히 할 필요가 있으며, ESS 활용한 태양광의 발전 또는 이용에 따른 화석연료 대체 효과 온실가스 감축사업으로 인지한다는 것을 염두에 두고 추진할 필요가 있겠다. 또한, ESS 는 우리나라가 비교 우위에 있는 기술임을 고려하여, 태양광 발전원과 융복합으로 들어갈 때 그 효율성을 제고할 수 있으며, 추후 ESS를 포함한 방법론 개정⁶⁰ 등의 동향을 살펴보고 대응할 필요가 있을 것으로 보인다.

59) http://www.energy.or.kr/web/kem_home_new/energy_issue/mail_vol66/pdf/issue_169_02_02.pdf

<표 5-16> 외부사업 및 CDM 방법론

단계	구분	방법론명
국내	외부 사업	▪ 재생에너지를 이용한 전력 생산 및 계통 연계 사업의 방법론 (01B)-001-Ver01)
	외부 사업	▪ 재생에너지를 이용한 전력 생산 및 자가 사용 사업의 방법론 (01B)-004-Ver01)
	외부 사업	▪ 농촌지역에서 재생에너지 이용 전력생산 및 자가 사용 방법론 (01B)-006-Ver01)
	외부 사업	▪ 전력자가사용 및 독립된 소규모 계통 연계를 위한 재생에너지 발전사업의 방법론 (01B)-008-Ver01)
국외	CDM	▪ (AM0100) Integrated Solar Combined Cycle (ISCC) projects
	CDM	▪ (AMS-I.J.) Solar water heating systems (SWH)
	CDM	▪ (AMS-I.K.) Solar cookers for households
	CDM	▪ (AMS-I.M) Solar power for domestic aircraft at-gate operations
	CDM	▪ (AM0019) Renewable energy projects replacing part of the electricity production of one single fossil fuel fired power plant that stands alone or supplies to a grid, excluding biomass projects
	CDM	▪ (AM0026) Methodology for zero-emissions grid-connected electricity generation from renewable sources in Chile or in countries with merit order based dispatch grid
	CDM	▪ (AM0027) Substitution of CO2 from fossil or mineral origin by CO2 from renewable sources in the production of inorganic compounds
	CDM	▪ (AM0082) Use of charcoal from planted renewable biomass in the iron ore reduction process through the establishment of a new iron ore reduction system
	CDM	▪ (AM0103) Renewable energy power generation in isolated grids
	CDM	▪ (ACM0002) Grid-connected electricity generation from renewable sources
	CDM	▪ (AMS-I.D.) Grid connected renewable electricity generation
	CDM	▪ (AMS-I.F.) Renewable electricity generation for captive use and mini-grid
	CDM	▪ (AMS-I.L.) Electrification of rural communities using renewable energy
	CDM	▪ (AMS-II.G.) Energy efficiency measures in thermal applications of non-renewable biomass
CDM	▪ (AMS-III.AE.) Energy efficiency and renewable energy measures in new residential buildings	
CDM	▪ (AM0104) Interconnection of electricity grids in countries with economic merit order dispatch	

60) 2022.9.13.기준으로 에너지저장장치(Battery Energy Storage System: BESS)를 포함하는 ACM0002 방법론 개정에 대한 검토 진행중 (AM_REV_0261: Revision to ACM0002 to include battery energy storage systems (BESS) to greenfield and existing renewable power generation power plants)

<https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/revisions/16857>

제 6 장 결론 및 제언

제 1 절 결론 및 제언

제1장에서는 새로운 글로벌 경제질서로 부상한 탄소중립과 이의 달성수단으로 국제 탄소시장의 활용이 주목받고 있는 바, 이를 활용하기 위한 전략마련의 필요성 언급과 더불어 구체적인 연구목표를 서술하였다. 본 연구는 국제 탄소시장 대응전략 마련을 위해 △국제 탄소시장을 둘러싼 국내·외 동향을 살펴보고, △탄소시장 대응관점에서 우리나라의 녹색·기후기술 경쟁력을 분석해보고자 하였으며, 이상의 결과를 바탕으로 △국제탄소시장 대응전략을 도출, △유망분야를 선정하여 구체적인 사업개발 방안을 제시하고자 하였다.

제2장에서는 탄소시장을 둘러싼 국내외 동향을 분석하였다.

가장 먼저 글로벌 탄소중립 동향을 국가별 탄소중립 정책추진 동향, 탄소국경조정제도 도입 등 무역환경 변화, ESG 경영문화 확산 등 사회적 인식 변화, 녹색기후기술 R&D 투자의 네가지 관점으로 살펴보았다. 분석결과, 파리협정 체제가 출범하며 선진국과 개발도상국을 가리지 않는 전 지구적 기후변화 대응 노력이 강조되는 분위기 속에서 선진국에서 개발도상국으로의 기후변화 관련 기술 및 재정 확산 관련 장치가 논의 및 추가되었음을 알 수 있었고, 기후변화 대응 노력 강화로 인한 개발도상국의 경제적 손실에 대한 논의가 활성화되는 경향을 보이는 것을 알 수 있었다. 뿐만 아니라 개발도상국들은 기후변화 대응에 있어 탄소 배출을 줄이면서도 경제 개발을 이어가야 한다는 명제를 내세워서 선진국들의 적극적인 지원을 도출해내고자 하고 있으며, 관련 내용을 NDC 상에서도 명확하게 밝히고 있음을 파악하였다. 탄소국경조정제도 도입, TCFD 정보공개 요구 강화 등 무역환경 변화 분석을 통해서, 제도 도입에 대한 선진국과 개도국의 반응을 살펴볼 수 있었으며, 향후 우리에게 미칠 영향에 대해 파악해볼 수 있었다. ESG 경영문화 확산에 따라 향후 기업들의 관련 시장 진출은 더욱 활성화될 것으로 예측되었으며, 마지막으로 주요국의 녹색기후기술 R&D 투자경향 분석을 통해 탄소중립 목표달성을 위한 기술개발의 중요성과 분야에 대해 파악해볼 수 있었다.

파리협정 탄소시장 관련 동향 분석에서는 COP26 개최 의미와 시사점을 도출하였다. COP26에서 탄소시장 관련 세부이행지침이 타결됨에 따라 기후위기 대응과 탄소중립 목표달성을 위한 탄소시장 활용의 중요성이 더욱 높아졌다. 이는 그간 교토의정서 하 운영되어오던 교토메커니즘 시대를 끝내고 SDM 체제로 넘어가는 본격적인 신규 국제 탄소시장 시대가 도래했음을 의미하는 것으로, COP26에서 결정된 6조 세부이행지침에 따라 온실가스 감축실적을 NDC달성에 활용할 수 있게 되면서 다자·양자간 본격적인 협력사업 논의가 더욱 활성화 될 것을 의미한다. 특히 파리협정에 따라 개도국 역시 탄소중립에 동참하고 자국의 온실가스 감축과 적응 능력 향상을 위해 선진국의 적극적인 재정적·기술적 지원을 요구하고 있기 때문에 우리나라는 실행가능한 온실가스 감축사업 발굴 등 감축여력이 높은 개도국과의 협력전략을 마련의 필요성이 제기되었다. 이러한 관점에서, 자발적 탄소시장을 활용한 감축활동은 더욱 활발해질 것으로 예상된다. 그러나 탄소시장 메커니즘은 과도하게 활용할 경우 총 배출량은 더 늘어날 수 있기 때문에 환경건전성을 제고할 수 있는 방안이 뒷받침되는 것이 필요하다.

마지막으로 이러한 동향분석을 통해 국내에의 시사점을 도출할 수 있었다. 우선 탄소중립 목표달성을 위한 기반 마련 관점에서, 우리는 적극적인 정책추진에도 불구하고 목표달성을 위한 상황이 녹록치 않기 때문에 한국은 녹색·기후기술 투자를 촉진하여 기술혁신을 통한 탄소중립을 이루고, 탄소시장을 적극 활용하여 감축량을 확보하는 전략이 필요하다는 것을 알 수 있었다. 특히 2050 탄소중립의 중간목표인 2030 NDC 상향안에서도 국내감축(24.1%→35.4%) 및 국외감축(2.2%→4.6%) 비중이 동시에 확대된 바, 대내적/대외적, 단기적/장기적 전략마련은 필수적이다. 실질적으로 기업은 정부에 탄소중립을 위한 기술개발에 적극적인 지원을 요청하고 있는 상황으로, 기 설문조사에 따르면 배출권거래제 대상기업들은 해외배출권 관련 정책설계시 고려사항으로 국내감축기술 혁신을 상위로 제시하고 있으며, 해외배출권 사업 추진 시 신재생에너지, 고효율에너지 제품 보급, CCUS 기술 기반의 탄소사업 추진 희망하는 것으로 나타나 장기적 관점에서 관련 기술투자를 통해 내부감축과 외부감축 모두 달성할 수 있도록 노력하는 것이 필요하다.

탄소시장 대응관점에서, 우리나라는 탄소중립기본법 시행령이 제정 및 시행('22.3월)됨에 따라, 온실가스 국제감축사업의 국내 이행체계 구축을 위해 '국제감축심의회⁶¹⁾를 개최하고 「온실가스 국제감축사업 추진전략」을 의결('22.8월)하는 등 법제도적 기반을 마련한 바 있다. 따라서 이의 실질적인 이행을 위해서는 유망 사업분야와 추진방법, 대상으로 하는 탄소시장을 구분하여 사업을 구체화 할 필요가 있다. 스웨덴의 가상 시범사업 사례는 우리가 실질적으로 사업을 추진하는 데 있어 시행착오를 줄이고 실현 가능성을 높이는 데 유용한 시사점을 제공하고 있다.

제3장에서는 우리나라의 국제 탄소시장 대응 녹색기후기술 경쟁력을 분석하였다. 국제 탄소시장에 대응하기 위하여 광의적 접근에서 우리나라의 녹색·기후기술에 대한 경쟁력 갖추는 것이 필요함에 따라, 현재 수준을 진단하는 것이 필수적이다. 이러한 관점에서, 본 연구는 기술분류체계에서 국제특허분류 IPC(International Patent Classification)*에서 기후변화와 관련한 Y섹션 기술 10개군으로 설정하고, 주요국 대비 우리나라의 기술경쟁력을 분석하였다. 또한 개도국의 녹색기후기술 특허 및 탄소시장 유망기술 분석을 통해 향후 협력가능성이 높은 국가와 분야를 살펴보았다. 마지막으로 자발적 탄소시장의 탄소배출권 유망기술 분야 분석을 통해 주요 유망기술 분야를 도출하였다.

제4장에서는 SWOT 분석을 통해 국외 온실가스 감축사업 추진위한 대내외 환경 파악 및 거시적인 수준에서의 준비도를 검토하였다. 온실가스 감축사업 추진을 위한 성과에 중요한 영향을 미치는 기술 역량 및 제도 준비도 등을 기준으로 우리나라 내부 환경에 대한 강점(Strengths)과 약점(Weaknesses), 외부의 기회(Opportunities)와 위협(Threats)요인 검토하였으며 강점요인으로는 에너지 분야 기술역량 및 사업추진력, 약점요인으로는 양자협력 체결 확대에 따른 국내 사업활성화 유도 지원책 미흡, 기회요인으로는 해외 신재생에너지 수요확대, 위기요인으로는 국제 규제 확산으로 인한 국내 공급망 전반 및 수출관련 부담 증가를 도출할 수 있었다. 이와 같은 분석을 바탕으로, 국제 탄소시장을 대응할 수 있는 전략은 다음과 같이 도출하였다. SO전략으로, 국내 우수기술의 강점이 드러나는 분야(태양광과 ESS등)를 중점적으로 활용한 시장 세분화를 통해, 진출 확대 전략을 마련하는 것이다. ST전략으로는 양자협정 채널 활용 극대화, 무상원조재원의 전략적 활용을 통한

61) 국제감축심의회는 국제감축사업에 관한 사항을 심의조정하기 위해 「탄소중립 기본법 시행령」에 따라 설치된 기구로 국조실, 기재부, 산업부, 환경부, 외교부, 국토부, 농식품부, 해수부, 산림청 등 9개 부처 국장급이 위원으로 참여한다.

온실가스 감축사업의 타당성 제고하는 것이 필요하며, WO전략: 개도국의 기술수요가 높은 분야 이면서, 사업 추진대상국의 기반조성 지원이 필요한 분야에 집중하는 전략을 구사하고, 마지막 WT전략으로는 자발적 탄소시장 활용을 위한 기술군을 중심으로 지원 방안 마련할 필요가 있음, RD&D 투자 등을 증대하는 것이 필요하다.

제5장에서는 국제 탄소시장 대응전략 마련에 따른 사업개발 방안으로 농림분야와 에너지분야를 선정하여 구체적인 전략을 제시하였다. 첫째 농림분야는 글로벌 메탄 감축 관점에서 논물관리 사업을 제안하였다. 관련 사업은 방법론이 존재하고 농업 부문의 메탄 배출 잠재량이 가장 높음에도 불구하고 감축 사업에 대한 투자가 매우 저조한 상황으로, 이는 메탄 회피 활동에 대한 모니터링 및 방법론 상의 어려움뿐만 아니라 농촌에서 사업 실행의 어려움에 기인한 것으로 보인다. 그러나 실질적인 사업추진에 있어 이러한 부분을 보완한다면 향후 사업의 확장 가능성이 높을 것으로 판단된다. 둘째, 에너지 분야는 전 세계적으로 기후변화 위기 대응 및 지속적인 경제발전을 위해 신재생에너지원 발전 및 보급 확대를 위한 정책이 마련되고 기술개발이 추진되고 있음을 고려할 때, 주요 양자협력국(스리랑카)을 대상으로 기존의 ODA 사업과 연계한 사업방안을 제안하였다. 우리 정부는 국외 온실가스 감축 목표 달성의 일환으로 우선 협력 대상국의 협력을 유도하기 위해 ODA 등과의 협력 연계사업을 추진하고 부처간 ODA 사업간의 연계를 강화하여 성과를 창출하는 방안을 제시한 바 있다. 그러나 실질적으로 ODA 재원은 개발원조 원칙상 감축 실적 등의 성과 창출을 목적으로 활용되는 경우 사용이 불가하기 때문에, 일반 재정지원을 통해 정부가 투자한 금액에 상응하는 감축실적을 확보하는 방안에 대한 고려가 필요하다. 즉, ODA를 기반으로 국가에 진출하고 이를 탄소사업으로 발전시켜 사업을 추진하는 것이 필요할 것이다.

마지막으로 제6장에서는 본 연구에서 도출된 주요결과와 논의사항을 중심으로, 본 연구의 한계와 후속 연구방향에 대해 제시하고자 하였다.

제 2 절 연구의 한계 및 향후 과제

우리나라는 2021년 9월 전세계 14번째로 탄소중립을 법제화⁶²⁾ 하는 등 관련 정책추진에 박차를 가하고 있다. 윤석열 정부의 120대 국정과제 중 19개 국정과제가 탄소중립과 직·간접적으로 연관되어 있으며 그 중 86번 과제에서는 ‘과학적인 탄소중립 이행방안 마련으로 녹색경제 전환’을 포함, 탄소중립 대전환을 새로운 성장의 기회로 활용하기 위한 전제 조건으로 과학기술의 중요성을 강조하고 있다⁶³⁾.

그러나 이와 같은 정부의 적극적인 노력에도 불구하고, 탄소중립 목표 달성을 위한 우리나라의 상황은 녹록치 않다. 우리나라는 주요 선진국보다 제조업 비중이 큰 제조업 기반 경제와 재생에너지 도입에 불리한 환경적 조건을 가지고 있을 뿐만 아니라 선진국과 비교하여 온실가스 배출량 정점 도달시기가 늦기 때문에, 탄소중립 기한도 상대적으로 촉박한 상황에 직면해 있다(환경부, 2021)⁶⁴⁾

62) 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(탄소중립기본법)」 제정('21.8월) 및 시행('22.3월)

63) 관계부처 합동, 「탄소중립·녹색성장 추진전략」 2022.10.26. (2022.11.01. 접속)

64) <https://me.go.kr/home/mob/board/read.do?pagerOffset=30&maxPageItems=10&maxIndexPages=5&searchKey=&searchValue=&menuId=10392&orgCd=&boardMasterId=713&boardId=1476790>

이러한 관점에서, 보다 효율적인 탄소중립 목표달성을 위해서는 보다 전략적인 접근이 필요하다. 중간목표인 2030 NDC 상향안에서도 국내감축(24.1%→35.4%) 및 국외감축(2.2%→4.6%) 비중이 동시에 확대된 바, 대내적·장기적으로는 혁신기술에 대한 R&D 투자를 통해 배출량을 줄이고⁶⁵⁾, 대외적·단기적으로는 탄소시장을 통해 '완화성과(Mitigation Outcome)'를 확보하는 방안이 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서는 이와 같은 두 가지 관점에서 탄소시장 대응 전략을 도출하고자 하였다. 그러나 탄소시장 대응 유망 기술분야 도출을 위한 분석에서, 특허의 양적인 부분만 분석하였기 때문에 향후에는 보다 질적인 측면에서 분석해야 할 필요가 있다. 또한 보다 활성화되고 있는 자발적 탄소시장의 기술군과 우리가 가진 기술경쟁력을 상호 비교분석하여, 양자협정에 활용될 수 있는 기술 분야를 더욱 구체적으로 선정해야 할 필요가 있다.

또한 자발적 탄소시장에 대한 고민이 더욱 필요하다. 자발적 탄소시장의 확대가 급속히 이루어진 가운데, 관련 정보가 현저히 부족한 상황임을 고려, 자발적 탄소시장 관련 국내외 정책 및 제도 현황을 분석하고, 국내외 규제시장과의 연계 활용 전략을 모색하는 것이 필요할 것이다.

65) 연합뉴스. “기업 온실가스 감축 R&D 투자율 1% 늘면 배출량이 0.03% 감소” 2020.12.27. <https://www.yna.co.kr/view/AKR20201226044700003> (2022.10.26. 접속)

참 고 문 헌

[국문문헌]

- 가스신문 (2021), 내연기관차 저물고 수소차, 전기차 등 친환경차 뜬다, <http://www.gasnews.com/news/articleView.html?idxno=95616>
- 강정화. (2022). 상반기 태양광산업 동향. 한국수출입은행.
- 경제산업성. (2021). 대규모 수소 공급망 구축 프로젝트 연구 개발·사회 실장 계획. <https://www.meti.go.jp/press/2021/05/20210518005/20210518005.html>
- 경향신문. (2022). 세계적 환경운동가 탈세 혐의 징역형 선고...베트남 정부는 무엇을 두려워하나. <https://m.khan.co.kr/world/asia-australia/article/202206221703011#c2b>
- 과학기술관계장관회의. (2021). 2050 탄소중립 실현을 위한 탄소중립 연구개발 투자전략(안)
- 과학기술정보통신부. (2021). 제192호 과학기술&ICT 동향. <https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=101&mPid=100&pageIndex=&bbsSeqNo=80&nttSeqNo=3167233&searchOpt=ALL&searchTxt=>
- 과학기술정보통신부 (2022a), 무선통신 기술방식별 트래픽 현황, https://www.itstat.go.kr/itstat/kor/tblInfo/TblInfoList.html?vw_cd=MT_ATITLE#tbl_list
- 과학기술정보통신부 (2022b), 유선통신서비스 가입 현황, <https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=99&mPid=74&pageIndex=1&bbsSeqNo=79&nttSeqNo=3173493&searchOpt=ALL&searchTxt=%EC%9C%A0%EC%84%A0%ED%86%B5%EC%8B%A0>
- 곽기영 (2014). 소셜네트워크 분석, 청람.
- 관계부처 합동. (2021). 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안. https://www.mofa.go.kr/www/brd/m_4080/down.do?brd_id=235&seq=371662&data_tp=A&file_seq=6
- 관계부처 합동. (2022). 온실가스 국제감축사업 추진전략. <https://www.korea.kr/common/download.do?fileId=196905892&tblKey=GMN>
- 국립산림과학원 (2012) 해외 산림탄소상쇄 프로그램 운영표준 <http://know.nifos.go.kr/book/search/DetailView.ax?sid=1&cid=159115>
- 국립산림과학원. (2020). 2050 탄소중립 산림부문 추진전략.
- 국회예산정책처. (2022). 탄소가격제도 운영현황 및 시사점. https://nabo.go.kr/Sub/01Report/12_Board.jsp?func=view&funcSUB=¤tPageSUB=0&pageSizeSUB=10&key_typeSUB=&keySUB=&search_start_dateSUB=&search_end_dateSUB=&arg_id=0&bid=68&rbid=0&ridx=0&bidSUB=0&cid1=0&cid2=0&cid3=0&cid4=0&cid5=0&cid6=0&cid7=0&arg_cid1=0&arg_cid2=0&arg_class_id=0¤tPage=0&pageSize=10&pagePerBlock=0&nowBlock=0&key_type=&key=&search_start_date=&search_end_date=&class_id=0&sortBy=&ascOrDesc=&bidx=7720&idx=7720
- 굿모닝베트남. (2021). COP26 및 기후변화: 배출 감소에 대한 베트남의 약속. <http://www.goodmorning>

- vietnam.co.kr/news/article.html?no=47126
- 그린포스트 코리아, 2022b
- 글로벌에너지협력센터. (2016). 미얀마 환경운동 단체, 재생에너지 보급 확대 촉구. http://energy.mofa.go.kr/bbs/view.jsp?seq=2836&code=00010005&board_code_1=&board_code_2=&part=&page=1&item=&page_size=10&gubun=Y
- 기획재정부. (2020). 한국판 뉴딜 종합계획. <https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156401053>
- 기후솔루션 (2022), 2050 탄소중립을 위한 한국 철강 부문의 탄소중립 경로, <https://forourclimate.org/sub/data/view.htmlidx72>
- 김용희. (2020). 소셜네트워크분석(Social Network Analysis) 기법의 이해와 적용. https://www.kipa.re.kr/cmm/fms/FileDown.do?atchFileId=FILE_000000000008551&fileSn=10
- 뉴데일리 경제, (2022). 세계 수처리시장 2025년 1000조... "SK에코플랜트 물에서 답 찾는다" <https://biz.newdaily.co.kr/site/data/html/2022/07/19/2022071900057.html>
- 녹색기술센터(2021), 기술선도형 신시장 메커니즘 연계방안 및 체계구축에 관한 연구. 서울. pp.29-75, 제3장CDM 방법론 분석 참고.
- 녹색연합. (2014). "지구가 불타고 있다. 기후가 아닌 시스템을 바꾸자!". <https://www.greenkorea.org/activity/weather-change/climatechangeaction-climate-change/43395/>
- 대한민국 정책브리핑. (2022). 한국 주도 '글로벌 수소산업 연합회' 발족...18개국 협회 참여. <https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148901948>
- 대한전문건설신문 (2020), 제로에너지 건축 공공부문 의무화...2025년부터 민간 확산, <https://www.koscaj.com/news/articleView.html?idxno=206661>
- 독일 특허청. (2022). Germany is leading in the field of climate-friendly innovations. https://www.dpma.de/english/services/public_relations/press_releases/29march2022/index.html
- 동아시아언스 (2021), [Edge Report] 탄소중립이 스마트그리드에 거는 기대, <https://m.dongascience.com/news.php?idx=46777>
- 산림청. (2021). 2050 탄소중립 달성을 위한 산림부문 추진전략(안). <https://www.korea.kr/news/policyBriefingView.do?newsId=156432842>
- 산업통상자원부. (2021). 새로운 무역장벽으로 부상한 탄소. https://tongsangnews.kr/webzine/2102/special_1.html
- 산업통상자원부. (2022a). 에너지 부문 온실가스 국제감축사업 정책방향. <https://eiec.kdi.re.kr/policy/callDownload.do?num=230270&filenum=2&dtim=20221008083634>
- 산업통상자원부. (2022b). 온실가스 국제감축사업 지원체계 구축 가속화. https://www.motie.go.kr/motie/ne/presse/press2/bbs/bbsView.do?bbs_cd_n=81&bbs_seq_n=165604&from_brf=brf&brf_code_v=2
- 산업통상자원부. (2022). 「에너지 신산업 창출 통한 튼튼한 에너지 시스템 구현」.

보토자료(2022.07.10.)

- 세계법제정보센터. (2022a). 세계 각국의 온실가스 감축 목표 및 관련 법령. https://world.moleg.go.kr/web/dta/lgsITrendReadPage.do?A=A&searchType=all&searchPageRowCnt=10&CTS_SEQ=50035&AST_SEQ=3891&ETC=1#
- 세계법제정보센터. (2022b). 연방기후보호법(Bundes-Klimaschutzgesetz). https://world.moleg.go.kr/web/wli/lgsIInfoReadPage.do?CTS_SEQ=49907&AST_SEQ=69
- 안지현 외. (2020). 2020년 기술수준평가. 한국과학기술기획평가원(KISTEP)
- 에너지데일리. 우리나라 태양광 기술력 세계 최고 수준 올라와 있다. (2020.10.12.) <http://www.energydaily.co.kr/news/articleView.html?idxno=112522>
- 에너지환경신문. (2021). 칠레, 천혜의 자연환경 기반 그린에너지 개발 박차. <https://www.enenews.co.kr/news/articleView.html?idxno=1362>
- 에코얼라이언스 (2020), [Eco 특집] 폐기물 처리, 이대로 괜찮을까?, <http://ecoalliance.skhyun.com/2020/04/02/%EB%AF%B8%EB%9E%98%EB%A5%BC-%EC%9C%84%ED%95%9C-%EA%B8%B0%EC%88%A0-%ED%8F%90%EA%B8%B0%EB%AC%BC-%EC%9E%AC%ED%99%9C%EC%9A%A>
- 오채운 외. (2017). 신기후체제 하, 협력적 접근에 대한 대응방향: 일본 경험사례를 중심으로. 녹색기술센터.
- 오채운 외. (2022). 파리협정 제6조 상응조정 규칙의 해석과 우리나라 대응 정책의 시사점. 한국기후변화학회. Vol 13, No. 2.
- 우리금융그룹. (2022). Industry Watch. 자발적 탄소시장의 부상과 금융회사의 신규 사업기회 검토.
- 연합뉴스. (2021). 베트남 최대 환경 현안은 대기오염...시민 79% "가장 우려". <https://www.yna.co.kr/view/AKR20210315133300084>
- 외교부. (2017). 파리협정(Paris Agreement) 의의 및 특징. https://www.mofa.go.kr/www/brd/m_20152/view.do?seq=365390&srchFr=&srchTo=&srchWord=&multi_itm_seq=0&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&company_cd=&company_nm=&page=3
- 외교부. (2022). 기후변화협상. https://www.mofa.go.kr/www/wpge/m_20150/contents.do
- 이미디어 (2021), [특집] 친환경건축, 에너지효율은 ↑ 탄소배출은 ↓, <https://www.ecomedia.co.kr/news/newsview.php?ncode=1065594280202753>
- 이민정, & 김준우. (2014). 사회연결망분석을 이용한 경영정보시스템 화면들의 메뉴 네비게이션 설계 및 구현. 한국컴퓨터정보학회논문지, 19(9), 151-160. <https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE06529278>
- 이상민 외. (2015). 임업분야 국제개발협력 전략 연구. 한국농촌경제연구원.
- 임팩트온. (2021). 탄소국경세, 추가 관세로 붙을 듯... 환경 준수 비용에 따라 달라져. <http://www.impacton.net/news/articleView.html?idxno=1761>
- 임팩트온. (2022a). 독일이 제안한 '국제기후클럽'은 어떤 의미? <http://www.impacton.net/news/articleView.html?idxno=3319>

- 임팩트온. (2022b). 윤석열 정부의 5대 에너지 정책 방향, 핵심은? <http://www.impacton.net/news/articleView.html?idxno=4442>
- 임팩트온. (2022). 탄소 흡수원, 왜 중요한가...2050 탄소중립 시나리오로 살펴보니. <https://www.impacton.net/news/articleView.html?idxno=4887>
- 전기저널. (2022). 윤석열 정부의 에너지정책 기조를 살피다. <http://www.keaj.kr/news/articleView.html?idxno=4618>
- 전자신문. (2022a). [대한민국 대전환 'ON']尹정부, 실현 가능한 탄소중립...합리적 에너지 믹스 과제. <https://www.etnews.com/20220610000082>
- 전자신문. (2022b). [대한민국 대전환 'ON']탄소무역장벽 돌파할 배출권거래제 시급. <https://www.etnews.com/20220624000126>
- 전자신문. (2022c). [사이언스온고지신]궁극적인 에너지 안보 해결책은 무탄소 '기술 기반 에너지'. <https://www.etnews.com/20220422000097>
- 정지원 등. (2017). 스리랑카의 기후변화 대응을 위한 개발협력 방안연구. 대외경제정책연구원.
- 중앙일보 (2022), "탄소중립 약속했는데"...배출권 가격 36% 급등, 기업들 난감, <https://www.joongang.co.kr/article/25062239#home>
- 중소벤처기업연구원, (2022) 자발적 탄소시장의 부상, 중소기업 정책방향. KOSI 중소기업 포커스
- 프랑스 기획재정부. (2020). Plan de Relance. <https://www.economie.gouv.fr/plan-de-relance>
- 한겨레경제사회연구원. (2021). 선진국 주도 '녹색전쟁'...개도국은 넘지 못할 '신무역장벽'인가? <http://heri.kr/bettersociety/975568>
- 한경닷컴. (2021). TCFD, 기업이 직면한 기후변화 리스크와 기회 정량화. <https://www.hankyung.com/economy/article/202106255884i>
- 한국건설신문 (2016), <녹색건축특집①> 친환경건축의 진정성, 우리가 모르는 에코하우스의 "진실", <http://www.conslove.co.kr/news/articleView.html?idxno=43554>
- 한국경제TV (2022), '건설' 벗어던진 SK에코플랜트...에너지 사업 가속화, <https://m.wowtv.co.kr/NewsCenter/News/Read?articleId=A202206220289>
- 한국노동연구원. (2019). 국제노동브리프 2019년 9월호. <https://www.kli.re.kr/kli/pdicalView.do?pblctListNo=9249&key=21>
- 한국에너지공단. (2022). 신재생 해외이슈 「IEA 재생에너지 중기 전망(2022년) 발표」
- 한국에너지정보센터. (2022). 탄소중립, 개발도상국은 어디까지 왔다. <http://www.energycenter.co.kr/news/articleView.html?idxno=1551>
- 한국은행 (2021), 주요국 기후변화 대응정책이 우리 수출에 미치는 영향 - 탄소국경세를 중심으로 <https://www.bok.or.kr/portal/bbs/P0000551/view.do?nttlId=10065771&menuNo=200438>
- 한국일보. (2021). "美와 출발선이 달라", 중국의 기후대응 3가지 항변. <https://www.hankookilbo.com/News/Read/A2021042213120004701>
- 한국지식재산연구원. (2022). 성공적인 탄소중립 실현을 위해 특허역량 높여야. <https://www.kiip.re.kr/>

board/notice/view.do?bd_gb=board&bd_cd=1&bd_item=0&po_item_gb=1&po_notice_gb=press&po_no=14258

한국환경공단. (2021). 2050탄소중립. https://www.gihoo.or.kr/netzero/site/cntnts/CNTNTS_005.do

한국환경산업협회. (2019). 유망환경시장 진출가이드 - 미얀마. http://keia.kr/bbs/board.php?bo_table=b13&wr_id=40&page=1

환경부. (2021a) '탄소중립기본법'은 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC)로 2018년 배출량 대비 35% 이상 감축을 명시했습니다. 2021.09.15. <https://me.go.kr/home/mob/board/read.do?pagerOffset=30&maxPageItems=10&maxIndexPages=5&searchKey=&searchValue=&menuId=10392&orgCd=&boardMasterId=713&boardId=1476790> (2022.11.01. 접속)

환경부. (2021b). (공동-보도)제26차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP26) 폐막. <http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=1487430&menuId=10525>

환경부 (2022a), 2021년 국가 온실가스 배출량, 6억 7,960만톤 예상, <http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=1533570&menuId=10525>

환경부 (2022b), 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법, <https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EA%B8%B0%ED%9B%84%EC%9C%84%EA%B8%B0%EB%8C%80%EC%9D%91%EC%9D%84%EC%9C%84%ED%95%9C%ED%83%84%EC%86%8C%EC%A4%91%EB%A6%BD%E3%86%8D%EB%85%B9%EC%83%89%EC%84%B1%EC%9E%A5%EA%B8%B0%EB%B3%B8%EB%B2%95>

2050 탄소중립녹색성장위원회. (2022). 위원회소개. <https://www.2050cnc.go.kr/base/contents/view?contentsNo=7&menuLevel=2&menuNo=1>

BBC NEWS 코리아. (2021). 기후변화: 인도가 석탄을 쉽게 포기할 수 없는 이유. <https://www.bbc.com/korean/features-58730111>

e-나라지표 (2022), 석탄화력발전비율, <https://www.index.go.kr/unify/idx-info.do?idxCd=4292>

e-나라지표모바일웹사이트 (2022), 상대국별 수출비율, https://index.go.kr/smart/mbl/chart_view.do?idx_cd=5010

EMERiCs. (2021a). 스리랑카, 녹색경제 전환 위한 청사진 제시. <https://www.emerics.org:446/newsBriefDetail.es?brdctsNo=316249&mid=a10100000000&systemcode=02>

EMERiCs. (2021b). [이슈트렌드] 미얀마, 군부 쿠데타 이후 기후 대응 정책 추진 못해. <http://m.emerics.org/issueDetail.es?brdctsNo=323310&mid=a10200000000&systemcode=03>

Gallup. (2019). 기후변화 관련 인식 - WIN 다국가 조사. <https://www.gallup.co.kr/gallupdb/reportContent.asp?seqNo=1089>

Greenpeace. (2022). 윤석열 정부의 기후 정책, 그린피스가 평가해 봤더니? <https://www.greenpeace.org/korea/update/22431/blog-ce-110-president-agendas/>

GTC. (2016). 녹색기술 중소기업 협력과제 발굴 및 활성화 방안 연구. <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=TRKO201700001823>

- GTC. (2017). 녹색·기후기술 R&D 정책 이슈 분석. <https://www.gtck.re.kr/gtck/researchall.do?mode=view&articleNo=1766&article.offset=10&articleLimit=10&srCategoryId=20>
- GTC. (2019) 개도국 진출 유망 기후기술 분야별 국내 보유역량 조사
- GTC. (2020a). 개도국 기후기술수요 평가체계 개발 연구. <https://gtck.re.kr/gtck/etcReport.do?mode=view&articleNo=1838&article.offset=0&articleLimit=10&srCategoryId=18>
- GTC. (2020b) 글로벌 협력플랫폼을 활용한 기술선도 신시장 메커니즘 대응방안 연구.
- GTC. (2021a). UNFCCC 개발도상국 기술수요평가(TNA)기반 기후기술 분류체계 국제확산 연구. <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=TRKO202200008436>
- GTC. (2021b). 주요국 탄소중립 기술정책 동향: G7 국가 탄소중립 기술정책 동향 분석 및 국내 정책 방향성 제언. <https://www.gtck.re.kr/gtck/gtcPublication.do?mode=view&articleNo=2432&article.offset=0&articleLimit=10>
- GTC. (2021c) 기술선도형 신시장 메커니즘 연계방안 및 체계구축에 관한 연구
- KBS (2019), [자막뉴스] '에너지 제로' 주택 살아보니...장단점은?, <https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=4135507>
- KDB미래전략연구소 (2019), 미얀마 경제발전정책과 협력 확대 방안, <https://eiec.kdi.re.kr/policy/domesticView.do?ac=0000148285>
- KDB미래전략연구소 (2021a), 최근 해운산업 동향 및 주요 이슈 점검 <https://rd.kdb.co.kr/index.jsp>
- KDB미래전략연구소 (2021b), 폐기물의 친환경 처리와 온실가스 저감, https://rd.kdb.co.kr/BOUBUF02N00.act?GmBrnId=&tabYn=&popupYn=&replyCntYn=&ECY_PWD=&_mnuId=FYERER0017&_PARAM_NAME=NEXT_DATA&_PARAM_DATA=%7B%22ITR_NAC_ID_MNG_SNO%22%3A%22167557%22%2C%22ITR_BLB_ID%22%3A%22STD423%22%2C%22NAC_SNO%22%3A%22%22%2C%22SEARCH_CONDITION%22%3A%22ZZ%22%2C%22SEARCH_KEYWORD%22%3A%22%22%2C%22SEARCH_CATEGORY%22%3A%22%22%2C%22ORDER_TYPE%22%3A%22new%22%2C%22FIRST_MENU_ID%22%3A%22FLSRIA02N01%22%2C%22TAB%22%3A%22%22%2C%22viewPage%22%3A%2210%22%2C%22searchCondition%22%3A%22ZZ%22%2C%22searchKeyword%22%3A%22%22%2C%22searchCategory%22%3A%22%22%2C%22inqCntSotYn%22%3A%22sortNew%22%2C%22pageNo%22%3A1%2C%22GmBrnId%22%3A%22%22%2C%22tabYn%22%3A%22%22%2C%22popupYn%22%3A%22%22%2C%22replyCntYn%22%3A%22%22%7D&_PARAM_DATA_SIGN=-406857666#_init_
- KDB미래전략연구소 (2022), 국내 산업의 탄소중립 달성을 위한 CCUS 역할, <https://eiec.kdi.re.kr/policy/domesticView.do?ac=0000166080&issus=O&pp=20&datecount=&pg=>
- KDB, (2021). 국제 탄소시장 지침 타결과 시사점, <https://rd.kdb.co.kr/fileView?groupId=72E027A1-70E2-768C-B59E-1D67BB06C77D&fileId=865E3DD0-1EB5-C880-CD7C-85BE035C7DFB>
- KDI, (2022). 탄소중립 정책... 선택인가, 필수인가? - 중국, 미국, 일본, 독일을 중심으로 - <https://eiec.kdi.re.kr/publish/reviewView.do?ridx=10&idx=103&fcode=000020003600003>

- KEA. (2021). EU·미국 '탄소 국경세' 도입 추진. https://www.energy.or.kr/web/kem_home_new/info/mail/mail_list.asp?&str1=&str2=&page=5#none
- KEEI. (2018). 세계 에너지시장 인사이트 (제18-44호). http://www.keei.re.kr/insight?open&p=%2Fweb_energy_new%2Finsight.nsf%2Finsight_list.html&s=%3Fopen%26menu%3Dinsight%26doctype%3D0%26region%3Dall
- KEEI. (2020a). 국제 탄소시장 활용 중장기 온실가스 감축전략 및 국내 이행방안 마련을 위한 기초연구. https://www.keei.re.kr/main.nsf/index.html?open&p=%2Fweb_keei%2Fd_dataroom.nsf%2FXML_Portal_Report%2F34D94F694FBA4F3449258796000A0C5F&s=%3Fopendocument%26menucode%3DDDD18%26category%3D%25EB%25B3%25B4%25EB%258F%2584%25EC%259E%2590%25EB%25A3%258C
- KEEI. (2020b). 에너지통계연보(2019). https://www.keei.re.kr/main.nsf/index.html?open&p=%2Fweb_keei%2Fd_results.nsf%2Floadview&s=%3Fopenpage%26viewname%3Dmain_periodicals_07%26restricttocategory%3D%25EC%25A0%2584%25EC%25B2%25B4%26Count%3D12%26start%3D1%26category%3Des%26sub%3Dys%26disprss%3Dtrue
- KEEI. (2021a). 세계 에너지시장 인사이트 (제21-03호). http://www.keei.re.kr/insight?open&p=%2Fweb_energy_new%2Finsight.nsf%2Finsight_list.html&s=%3Fopen%26menu%3Dinsight%26doctype%3D0%26region%3Dall
- KEEI. (2021b). 전 세계 탄소중립 선언 동향 및 평가. http://www.keei.re.kr/insight?open&p=%2Fweb_energy_new%2Finsight.nsf%2Fview_detail%2F7943681D8B7D4B304925877D001A06F0&s=%3Fopendocument%26menu%3Dinsight%26doctype%3D1%26opentype%3Dembedded
- KEIA. (2021). 탄소중립 국민인식조사 결과. https://www.keia.or.kr/news/01.php?admin_mode=read&no=462&make=all&search=%ED%83%84%EC%86%8C%EC%A4%91%EB%A6%BD%20%EA%B5%AD%EB%AF%BC%EC%9D%B8%EC%8B%9D%EC%A1%B0%EC%82%AC
- KIEP. (2010). CDM 사업의 국제 동향과 시사점. https://www.kiep.go.kr/gallery.es?mid=a10102020000&bid=0003&list_no=3140&act=view
- KIEP. (2018). 기후변화 대응 다자기금 현황: GCF(녹색기후기금)를 중심으로. https://www.kiep.go.kr/gallery.es?mid=a10102040000&bid=0005&act=view&list_no=3598
- KIEP. (2021a). 2021년 유엔기후변화협약 당사국총회(COP26) 논의 및 시사점. https://www.kiep.go.kr/gallery.es?mid=a10102020000&bid=0003&list_no=9839&act=view
- KIEP. (2021b). EU 탄소국경조정제도(CBAM)에 대한 중국 정부와 기업의 대응방향 및 시사점. https://csf.kiep.go.kr/issueInfoView.es?article_id=46587&mid=a20200000&board_id=4&search_option=&search_keyword=&search_year=&search_month=¤tPage=1&pageCnt=10
- KIEP. (2021c). 세계 주요국 탄소중립 전략과 중국의 저탄소 전략의 비교 분석. https://www.kiep.go.kr/gallery.es?mid=a10101080000&bid=0001&list_no=10103&act=view
- KIEP. (2021d). 탄소국경조정제도(CBAM)에 대한 중소기업 대응방안 연구. https://www.kiep.go.kr/gallery.es?mid=a10101010000&bid=0001&list_no=10000&act=view

- KIEP. (2022). 중국의 탄소중립 정책 주요 내용 및 전망. https://www.kiep.go.kr/gallery.es?mid=a10102030000&bid=0004&list_no=9920&act=view
- KIET. (2021). 베트남의 2021~2030 녹색성장 국가 전략. https://www.kiet.re.kr/research/economyDetailView?detail_no=2192
- KISTEP. (2020). 2019년도 글로벌 R&D 투자동향 분석. https://www.kistep.re.kr/reportDetail.es?mid=a10305010000&rpt_no=RES0220200036
- KITA. (2021). 프랑스, EU 이사회 의장국 임기중 CBAM 도입 완료 목표. <https://www.kita.net/cmmrcInfo/cmmrcNews/overseasMrktNews/overseasMrktNewsDetail.do?pageIndex=1&type=0&nIndex=1817587>
- KITA (2022a), 유럽의회, '2035년 내연기관 자동차 판매 금지' 입장 확정, <https://www.kita.net/cmmrcInfo/cmerInfo/areaAcctoCmerInfo/euCmerInfo/euCmerInfoDetail.do?pageIndex=1&no=1823574&classification=130001&query=2035%EB%85%84%20%EB%82%B4%EC%97%B0%EA%B8%B0%EA%B4%80>
- KITA (2022b), 탄소중립 위한 CCUS 상용화 기반 마련...정부 TF 출범, <https://www.kita.net/cmmrcInfo/cmmrcNews/cmmrcNews/cmmrcNewsDetail.do?pageIndex=1&nIndex=68332&sSiteid=1>
- KOICA. (2014). 스리랑카 5000kw급 계통연계형 태양광 발전사업 사후평가 보고서.
- KOSEN. (2019). 개발도상국으로의 저탄소녹색기술 이전 장벽. https://www.kosen.kr/info/kosen/REPORT_0000000001195
- KOTRA. (2018). 스리랑카 태양열 온수시스템 시장동향. https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=180&CONTENTS_NO=1&bbsGbn=243&bbsSn=243&pNttSn=171830
- KOTRA. (2021). EU 탄소국경조정제도(CBAM) 주요내용 및 영향. https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/indReport/actionIndReportDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=280&CONTENTS_NO=1&photoClipTyName=DEEP&pRptNo=12965#;
- KOTRA 해외시장뉴스. (2021a). 2021년 미국 산업 개관. https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=200&CONTENTS_NO=1&bbsSn=403&pNttSn=188853
- KOTRA 해외시장뉴스. (2021b). 2021년 스웨덴 산업개관. https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=200&CONTENTS_NO=1&bbsSn=403&pNttSn=191861
- KOTRA. (2022a). 2021년 스리랑카 전력 산업 정보. https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=200&CONTENTS_NO=1&bbsGbn=403&bbsSn=403&pNttSn=192810
- KOTRA. (2022b). 2022 베트남의 ESG 활동동향 및 시사점. https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/indReport/actionIndReportDetail.do?pageNo=1&pagePerCnt=16&MENU_ID=280&CONTENTS_NO=1&pRptNo=13308#;

- KOTRA. (2022c). 베트남, 탄소중립을 위한 노력 살펴보기. https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=410&CONTENTS_NO=1&bbsGbn=242&bbsSn=242&pNttSn=192950
- KOTRA. (2022d). 일본의 재생에너지 확대 전략 분석과 시사점. https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/indReport/actionIndReportDetail.do?pageNo=1&pagePerCnt=16&MENU_ID=280&CONTENTS_NO=1&pRptNo=13337&pHotClipTyName=DEEP&pStartDt=&pEndDt=&sSearchVal=&pRegnCd=&pNatCd=&pldstrCate=#
- KOTRA. (2022e). 일상에서 실천하는 탄소중립, 베트남 공공자전거의 재도약. https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=180&CONTENTS_NO=1&bbsSn=243&pNttSn=193252
- LG경제연구원 (2021), 플라스틱 폐기물 이슈, 행동하는 기업들, <https://www.lgbr.co.kr/report/view.do?idx=19657>
- NARS. (2022). 기업의 탄소배출정보 공시 해외 논의 동향 및 시사점. <https://www.nars.go.kr/report/view.do?cmsCode=CM0043&brdSeq=39168>
- NIPA (2012), 초연결 시대로의 변화와 대응 방향, <https://www.nipa.kr/main/selectBbsNttView.do?key=200&bbsNo=29&nttNo=6362&bbsTy=bbs>
- SBS. (2022). [마부작침] 선진국 vs 개도국, 기후위기 책임은 어디에? https://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news_id=N1006764931
- SDG Index. (2022). Sustainable development report 2022: From crisis to sustainable development, the SDGs as roadmap to 2030 and beyond. <https://www.sdgindex.org/>
- S-OIL. (2022). ESG 관통하는 언어, TCFD 보고서. <https://story.s-oil.com/2022/04/12/esg-%EA%B4%80%ED%86%B5%ED%95%98%EB%8A%94-%EC%96%B8%EC%96%B4-tcdf-%EB%B3%B4%EA%B3%A0%EC%84%9C/>
- STEPI. (2021). 신기후체제에서의 과학기술을 활용한 국제 탄소시장 참여전략 연구. https://www.stepi.kr/site/stepiko/report/View.do?reldx=1009&pageIndex=3&cateCont=A0201&searchYear=2021&searchCondition=1&searchKeyword=&searchSort=PUBLIC_DT

[영문문헌]

- Ada Derana. (2021). Roadmap to create green socio-economy presented to president. <http://www.ada-derana.lk/news/74135/roadmap-to-create-green-socio-economy-presented-to-president>
- Bayon, R., Hawn, A., & Hamilton, K. (2012). Voluntary carbon markets: an international business guide to what they are and how they work. Routledge. <http://196.190.117.157:8080/jspui/bitstream/123456789/36785/1/230.Ricardo%20Bayon%20Amanda%20Hawn.pdf>

- BNP Paribas. (2021). The ESG global survey 2021. <https://securities.cib.bnpparibas/esg-global-survey-2021/>
- Bloomberg, B. (2021), Investors bet climate adaptation will soon be profitable, <https://www.bnnbloomberg.ca/investors-bet-climate-adaptation-will-soon-be-profitable-1.1683142>
- BP. (2022). Statistical review of world energy. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- Business France. (2021). Presentation of the "France 2030" plan. <https://www.businessfrance.fr/discover-france-news-presentation-of-the-france-2030-plan>
- Clean Energy Wire. (2022). EU's CO2 border adjustment plans threaten German steel industry's climate-neutral future - report. <https://www.cleanenergywire.org/news/eus-co2-border-adjustment-plans-threaten-german-steel-industrys-climate-neutral-future-report>
- Climate Action Network International. (2022). Members. <https://climatenetwork.org/overview/members/>
- Climate and Clean Air Coalition (CCAC) , United Nations Environment Programme (UNEP). 2021. Global Methane Assessment.
- Climate Leadership Council. (2022). Assessing impacts to U.S. industry from the EU's proposed CBAM. <https://clcouncil.org/blog/assessing-impacts-to-u-s-industry-from-the-eus-proposed-cbam/>
- Climate Policy Initiative. (2021). Global Landscape of Climate Finance 2021. <https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/global-landscape-of-climate-finance-2021/>
- Climate Reality Project (2019) 2019 annual report. <https://www.climaterealityproject.org/2019-annual-report>
- DATA BRIDGE (2022), Global Smart Grid Market - Industry Trends and Forecast to 2029, <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-smart-grid-market>
- Deloitte (2021), Deloitte Insights (No.19), <https://www2.deloitte.com/kr/ko/pages/insights/articles/deloitte-korea-review/19-202107.html>
- Ecosystem Marketplace. (2021). Markets in Motion. State of the Voluntary Carbon Markets 2021
- Edmonds, J. et al.(2019), "Washington D.C.: IETA, University of Maryland and CPLC"
- Emerging Europe. (2022). How Russia's war on Ukraine made energy security fashionable. <https://emerging-europe.com/news/how-russias-war-on-ukraine-made-energy-security-fashionable/>
- Enerdata. (2022). Germany energy information. <https://www.enerdata.net/estore/energy-market/germany/>
- EnergyStar (2022), Data Centers, https://www.energystar.gov/products/data_centers
- Ernst & Young. (2022a). European parliament adopts carbon legislation package, final negotiations with EU member state representatives expected soon. https://www.ey.com/en_gl/tax-alerts/euro

pean-parliament-adopts-carbon-legislation-package-final-negotiations-with-eu-member-state-representatives-expected-soon

Ernst & Young. (2022b). UK parliamentary committee calls for development of UK carbon border policy. https://www.ey.com/en_gl/tax-alerts/uk-parliamentary-committee-calls-for-development-of-uk-carbon-border-policy

EU. (2021a). The EU and Japan commit to a new green alliance to work towards climate neutrality. https://ec.europa.eu/clima/news-your-voice/news/eu-and-japan-commit-new-green-alliance-work-towards-climate-neutrality-2021-05-27_en

EU. (2021b). Special eurobarometer 513. <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2273>

European Commission. (2021). Launch by United States, the European Union, and partners of the global methane pledge to keep 1.5C within reach. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement_21_5766

European Parliamentary Research Service. (2022). EU carbon border adjustment mechanism: Implications for climate and competitiveness. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI\(2022\)698889](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2022)698889)

Financial Conduct Authority. (2022). Review of TCFD-aligned disclosures by premium listed commercial companies. <https://www.fca.org.uk/publications/multi-firm-reviews/tcf-aligned-disclosures-premium-listed-commercial-companies#lf-chapter-id-summary>

Financial Stability Board. (2021). 2021 status report: Task force on climate-related financial disclosures. <https://www.fsb.org/2021/10/2021-status-report-task-force-on-climate-related-financial-disclosures/>

Finansinspektionen. (2021). Sustainability report 2021 – The climate in focus. <https://www.fi.se/en/published/reports/reports/2021/sustainability-report-2021--the-climate-in-focus/>

Foresight. (2022). Decoupling (emissions from economic growth). <https://www.climateforesight.eu/speeds/decoupling-emissions-from-economic-growth/>

Germanwatch. (2022). Germanwatch. <https://www.germanwatch.org/en>

GeSI (2015), SMARTer2030, <https://www.gesi.org/research/smarter2030-ict-solutions-for-21st-century-challenges>

GlobalTimes (2022), Huawei hosts Win-Win•Innovation Week, lighting up spark of 5.5G technology, <https://www.globaltimes.cn/page/202207/1270988.shtml>

GOV.UK. (2021a). BEIS research and development (R&D) budget allocations 2021 to 2022. <https://www.gov.uk/government/publications/beis-research-and-development-rd-budget-allocations-2021-to-2022/beis-research-and-development-rd-budget-allocations-2021-to-2022>

GOV.UK. (2021b). A worldwide overview of advanced nuclear power patents. <https://www.gov.uk/government/publications/a-worldwide-overview-of-advanced-nuclear-power-patents>

- GOV.UK. (2022). The people and nature survey for England: Data and publications from adults survey year 1 (April 2020 - March 2021) (official statistics) main findings. <https://www.gov.uk/government/statistics/the-people-and-nature-survey-for-england-data-and-publications-from-adults-survey-year-1-april-2020-march-2021-official-statistics/the-people-and-nature-survey-for-england-data-and-publications-from-adults-survey-year-1-april-2020-march-2021-official-statistics-main-finding>
- Government Offices of Sweden. (2019). Sweden's draft integrated national energy and climate plan. <https://www.government.se/reports/2019/01/swedens-draft-integrated-national-energy--and-climate-plan/>
- Grand View Research. (2022). Green technology and sustainability market size report, 2030. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/green-technology-sustainability-market-report>
- Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. (2021). What does an EU carbon border adjustment mechanism mean for the UK? <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/publication/what-does-an-eu-carbon-border-adjustment-mechanism-mean-for-the-uk/>
- Green Growth Knowledge Platform. (2010). Patents and clean energy: Bridging the gap between evidence and policy. <https://www.greengrowthknowledge.org/research/patents-and-clean-energy-bridging-gap-between-evidence-and-policy>
- IEA (2021), Net Zero by 2050, <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- IEA (2022), Data Centres and Data Transmission Networks, <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>
- International Republican Institute. (2019). Public opinion survey: Myanmar. https://www.iri.org/wp-content/uploads/2019/09/public_opinion_survey_burma_june-july_2019_english.pdf
- ITU-T (2022), L.1333 (ex L.NC1e), https://www.itu.int/itu-t/workprog/wp_item.aspx?isn=17726
- Just Security. (2022). Climate security, energy security, and the Russia-Ukraine war. <https://www.justsecurity.org/81440/climate-security-energy-security-and-the-russia-ukraine-war/>
- Malyan SK, Bhatia A, Kumar A, Gupta DK, Singh R, Kumar SS, Tomer R, Kumar O, Jain N. 2016. Methane production, oxidation and mitigation: A mechanistic understanding and comprehensive evaluation of influencing factors. *Science of The Total Environment*, 572, 874-896.
- McKinsey & Company. (2022). McKinsey technology trends outlook 2022. <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech>
- MIT Technology Review. (2022). The green future index 2022. <https://www.technologyreview.com/2022/03/24/1048253/the-green-future-index-2022/>
- Microsoft (2021), Made to measure: Sustainability commitment progress and updates, <https://blogs.microsoft.com/blog/2021/07/14/made-to-measure-sustainability-commitment-progress-and-updates/>
- Munich Re. 2022. Natural disaster review for first half of 2022. <https://www.munichre.com/en/compa>

ny/media-relations/media-information-and-corporate-news/media-information/2022/natural-disaster-figures-first-half-2022.html (2022.07.28.)

NHK. (2021). Attitudes towards environment in the age of decarbonization. https://www.nhk.or.jp/bunken/english/research/yoron/20210601_5.html

Nikkei Asia. (2021). Japan to require 4,000 companies to disclose climate risks. <https://asia.nikkei.com/Spotlight/Environment/Climate-Change/Japan-to-require-4-000-companies-to-disclose-climate-risks>

OECD. (2020). Cement. <https://oec.world/en/profile/hs/cement>

OECD Statistics. (2022a). Patents - International collaboration in technology development (rates). https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PAT_COL_RATES

OECD Statistics. (2022b). Patents - Technology development. https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PAT_COL_RATES

OECD Statistics. (2022c). Patents by technology: Patents in environment-related technologies. https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PAT_DEV#

OECD. (2021). Carbon pricing in times of COVID-19: What has changed in G20 economies? <https://www.oecd.org/ctp/tax-policy/carbon-pricing-in-times-of-covid-19-what-has-changed-in-g20-economies.htm>

Our World In Data. (2022a). Change in CO₂ emissions and GDP, world. https://ourworldindata.org/grapher/co2-emissions-and-gdp?country=~OWID_WRL

Our World in Data. (2022b). South Korea: Co2 country profile. <https://ourworldindata.org/co2/country/south-korea>

Pew Research Center. (2020a). As economic concerns recede, environmental protection rises on the public's policy agenda. <https://www.pewresearch.org/politics/2020/02/13/as-economic-concerns-recede-environmental-protection-rises-on-the-publics-policy-agenda/>

Pew Research Center. (2020b). Public views about science in Sweden. <https://www.pewresearch.org/science/fact-sheet/public-views-about-science-in-sweden/>

PwC. (2021a). Beyond compliance: Consumers and employees want business to do more on ESG. <https://www.pwc.com/us/en/services/consulting/library/consumer-intelligence-series/consumer-and-employee-esg-expectations.html>

PwC. (2021b). PwC's global investor survey. <https://www.pwc.com/gx/en/services/audit-assurance/corporate-reporting/2021-esg-investor-survey.html>

Rajamani, L. . (2016). The 2015 Paris Agreement: Interplay Between Hard, Soft and Non-Obligations. 28, p. 337-358. Journal of Environmental Law: <https://academic.oup.com/jel/article-abstract/28/2/337/2404195?redirectedFrom=fulltext>

Sagacious IP. (2021). World's top organizations innovating for our green future. <https://sagaciousres>

earch.com/green100/

- Schneider, L., & La Hoz Theuer, S. (2019). Environmental integrity of international carbon market mechanisms under the Paris Agreement. *Climate Policy*, 19(3), 386-400. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/14693062.2018.1521332?cookieSet=1>
- South pole, (2022). The Voluntary Carbon Market : 8 things to know for the year ahead. <https://www.southpole.com/reports/voluntary-carbon-market-trend-report-2022>
- Statista. (2022a). Sweden: Distribution of gross domestic product (GDP) across economic sectors from 2010 to 2020. <https://www.statista.com/statistics/375611/sweden-gdp-distribution-across-economic-sectors/>
- Statista. (2022b). United Kingdom: Distribution of the workforce across economic sectors from 2009 to 2019. <https://www.statista.com/statistics/270382/distribution-of-the-workforce-across-economic-sectors-in-the-united-kingdom/>
- Statistics Sweden. (2022). Reduced funding for research and development in 2022. <https://www.scb.se/en/finding-statistics/statistics-by-subject-area/education-and-research/research/government-budget-allocations-for-rd/pong/statistical-news/government-budget-allocations-for-rd-gbar d-2022/>
- Stockholm Environment Institute. (2022). Swedish policy positions and perspectives on CBAM. <https://www.sei.org/publications/swedish-policy-positions-perspectives-cbam/>
- Sri Lanka Ministry of Environment. 2021. Sri Lanka Updated Nationally Determined Contributions. <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Amendmend%20to%20the%20Updated%20Nationally%20Determined%20Contributions%20of%20Sri%20Lanka.pdf>
- TCFD. (2022a). Support the TCFD. <https://www.fsb-tcfid.org/support-tcfid/#supporter-snapshot>
- TCFD. (2022b). Supporters. <https://www.fsb-tcfid.org/supporters/>
- The Breakthrough Institute. (2021). Absolute decoupling of economic growth and emissions in 32 countries. <https://thebreakthrough.org/issues/energy/absolute-decoupling-of-economic-growth-and-emissions-in-32-countries>
- The New York Times. (2021). Who has the most historical responsibility for climate change? <https://www.nytimes.com/interactive/2021/11/12/climate/cop26-emissions-compensation.html>
- The Third Pole. (2022). Comment: Environment ignored as Myanmar struggles with coup. <https://www.thethirdpole.net/en/climate/environment-ignored-as-myanmar-struggles-with-coup/>
- The White House. (2022). Analytical perspectives: Budget of the U.S. government: Fiscal year 2023. <https://www.whitehouse.gov/omb/budget/analytical-perspectives/>
- Trove Research, (2022). Voluntary carbon market; 2021 in review and 2022 outlook <https://environment-analyst.com/global/107777/trove-research-indicates-booming-voluntary-carbon-market>
- TT:CLEAR. (2022a). Information on climate technology negotiations. <https://unfccc.int/ttclear/negoti>

ations

- TT:CLEAR. (2022b). Support for implementing climate technology activities. <https://unfccc.int/ttclear/support/technology-mechanism.html>
- UK Parliament. (2022). Ministers to consult on implementing CBAM following EAC recommendation. <https://committees.parliament.uk/committee/62/environmental-audit-committee/news/171544/ministers-to-consult-on-implementing-cbam-following-eac-recommendation/>
- UNCTAD. (2021). A European Union carbon border adjustment mechanism: Implications for developing countries. <https://unctad.org/webflyer/european-union-carbon-border-adjustment-mechanism-implications-developing-countries>
- UNDP & University of Oxford. (2021). The G20 people's climate vote 2021. <https://www-dev.undp.org/publications/g20-peoples-climate-vote-2021>
- UNDP. (2021). Peoples' climate vote. <https://www.undp.org/publications/peoples-climate-vote>
- UNEP Finance Initiative. (2016). French energy transition law. <https://www.unepfi.org/publications/investment-publications/french-energy-transition-law-2/>
- UNEP. (2022). Why does technology matter? <https://www.unep.org/explore-topics/technology/why-does-technology-matter>
- UNFCCC. (1992). United Nations framework convention on climate change. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change>
- UNFCCC. (2020). Most developed countries on track to meet their 2020 emission reduction targets, but more ambition needed by some. <https://unfccc.int/news/most-developed-countries-on-track-to-meet-their-2020-emission-reduction-targets-but-more-ambition>
- USPTO (2022a), CPC Subclass Y02A, <https://www.uspto.gov/web/patents/classification/cpc/html/cpc-Y02A.html>
- USPTO (2022b), CPC Subclass Y02B, <https://www.uspto.gov/web/patents/classification/cpc/html/cpc-Y02B.html>
- USPTO (2022c), CPC Subclass Y02C, <https://www.uspto.gov/web/patents/classification/cpc/html/cpc-Y02C.html#Y02C>
- USPTO (2022d), CPC Subclass Y02E, <https://www.uspto.gov/web/patents/classification/cpc/html/cpc-Y02E.html#Y02E>
- USPTO (2022e), CPC Subclass Y02P, <https://www.uspto.gov/web/patents/classification/cpc/html/cpc-Y02P.html#Y02P>
- USPTO (2022f), CPC Subclass Y04S, <https://www.uspto.gov/web/patents/classification/cpc/html/cpc-Y04S.html>
- USTPO (2022), CPC Subclass Y02W, <https://www.uspto.gov/web/patents/classification/cpc/html/cpc>

c-Y02W.html

- WANGO. (2022). Worldwide NGO directory. <https://www.wango.org/resources.aspx?section=ngodir>
- WIPO. (2020). Global innovation index 2020. https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2020/
- WIPO. (2022). World intellectual property report 2022. <https://www.wipo.int/wipr/en/2022/>
- World Bank, (2021). Lessons from Creating mitigation outcomes <https://blogs.worldbank.org/climatechange/lessons-creating-mitigation-outcomes>
- World Bank. (2022). State and Trends of Carbon Pricing 2022. State and Trends of Carbon Pricing;. Washington, DC: World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/37455> License: CC BY 3.0 IGO.
- World Economic Forum. (2021a). Fostering effective energy transition 2021 edition. <https://www.weforum.org/reports/fostering-effective-energy-transition-2021/>
- World Economic Forum. (2021b). When two global agendas collide: How the EU's climate change mechanism could fall afoul of international trade rules. <https://www.weforum.org/agenda/2021/07/how-the-eus-carbon-border-adjustment-mechanism-could-fall-afoul-of-wto-regulations/>
- World Nuclear Association. (2022). Nuclear power in France. <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>

**국제 탄소시장 전망 및 대응전략
: 파리협정 세부이행지침을 중심으로**

인 쇄 | 2022년 12월

발 행 | 2022년 12월

발 행 인 | 이상협

발 행 처 | 국가녹색기술연구소

인 쇄 처 | 주식회사 동진문화사

※ 동 보고서의 내용에 문의 사항이 있는 경우 아래로 연락주시기 바랍니다.

국가녹색기술연구소(NIGT) 기후기술협력부

- 주소 서울특별시 중구 퇴계로 173
남산스퀘어 17층(우 04554)
- 전화 02-3393 4012
- 이메일 choigayoung@nigt.re.kr

주 의

1. 이 보고서는 국가녹색기술연구소에서 발간한 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 국가녹색기술연구소에서 수행한 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.