

제 출 문

재단법인 숲과나눔 이사장 귀하

본 보고서를 “자발적 탄소시장 기반 EPC(Environmental Protection Credit)메커니즘을 활용한 기후테크산업 활성화 방안”의 최종 연구 결과보고서로 제출합니다.

2026년 1월 26일

윤슬기(특정주제 연구 장학생)

※ 본 보고서의 내용은 연구자의 의견이며, (재)숲과나눔의 공식적인 견해와는 다를 수 있습니다.

결과보고서 초록

이름	윤슬기	구분	특정주제 연구 장학생
연구제목	한글	자발적 탄소시장 기반 EPC(Environmental Protection Credit)메커니즘을 활용한 기후테크산업 활성화 방안	
	영문	Promoting the Climate-Tech Industry through the Environmental Protection Credit (EPC) Mechanism Based on the Voluntary Carbon Market	
연구기간	2025.3.1 ~ 2025.12.31		
색인어	한글		
	영문		

이 연구는 기술 실증 이전 단계에서 탄소감축 잠재력을 정량적으로 평가하고, 이를 바탕으로 조기 인센티브를 제공할 수 있는 EPC(Environmental Protection Credit) 메커니즘에 주목하였다. EPC는 기존의 사후 보상형 탄소시장 구조를 보완하여, 불확실성이 높은 초기 기후테크 기술의 시장 진입 장벽을 낮추고 민간 투자를 유도하는 제도적 장치로 기능할 수 있다.

연구 방법으로서 문헌조사와 정책 사례 비교, 이해관계자 인터뷰, 정량적 시나리오 분석을 통합적으로 활용하였다. 먼저 미국 Prime Coalition의 CRANE 모델, 한국의 기술보증기금 탄소가치평가 시스템 등을 비교하며 EPC 설계의 이론적 타당성을 검토하였다. 이후 DAC, 바이오차, 바이오메탄 기술군을 대상으로 EPC 시나리오별 순편익을 몬테카를로 기법을 통해 시뮬레이션하였다. 분석 결과, 법제화, MRV, 가치평가, 정책금융이 모두 결합된 정책조합에서 평균 순편익이 가장 높게 나타났으며 감축 신뢰도가 순편익에 미치는 영향이 결정적이었다. 또한, 이해관계자 분석 결과 EPC는 정부·정책기관으로부터는 제도적 필요성에 대해 긍정적 평가를 받았으며, 민간금융과 기술기업 역시 조건부 수용 입장을 보였다. 다만 시민사회는 투명성과 공공성 확보가 전제되어야 한다고 강조하였다.

결론적으로 이 연구는 EPC를 기후금융, 디지털 MRV, 기술 가치평가, 자발적 탄소시장 등 주요 정책 요소를 연결하는 ‘중간 메커니즘’으로 재정의하며, 향후 「기후테크산업육성특별법」 내 반영과 더불어 국내 다양한 기후테크 산업 육성 정책 및 제도 내 EPC 메커니즘을 도입할 수 있는 기반이 될 것으로 기대한다.

This study focuses on the Environmental Protection Credit (EPC) mechanism as a strategic tool to provide early incentives to climate technologies before the demonstration phase, based on quantified greenhouse gas (GHG) reduction potential. Unlike traditional ex-post credit mechanisms, EPC offers an ex-ante crediting structure that can lower early-stage investment risks and attract private capital for high-risk, high-impact climate tech.

Using a mixed-methods approach, this research incorporates policy case reviews, interviews with 20 stakeholders, and quantitative Monte Carlo simulations. Notably, the study compares the EPC design with international frameworks such as the CRANE model by Prime Coalition (U.S.) and the carbon valuation system by Korea’s Technology Guarantee Fund. Three technology groups—Direct Air Capture (DAC), biochar, and biomethane—were selected for simulation based on their MRV-ability and policy relevance.

Simulation results show that a full policy package—combining legal institutionalization, digital MRV infrastructure, ex-ante valuation systems, and climate finance linkages—yields the highest average net benefit. Among variables, the credibility factor (reliability of GHG reduction estimates) has the most

significant influence on cost-effectiveness. In addition, stakeholder analysis reveals conditional acceptance from private financiers and technology firms, while government actors perceive EPC as a promising tool to de-risk early-stage investment. Civil society, however, emphasizes the need for transparency, data access, and public accountability.

The study concludes that EPC should not be seen as a standalone mechanism, but rather as a bundled incentive platform that bridges gaps across carbon markets, finance, and climate innovation. It recommends institutionalizing EPC within Korea's upcoming Climate-Tech Industry Promotion Act and aligning the mechanism with international standards (e.g., ICVCM, CAD Trust) to ensure global credibility and market integration.

요 약 문

1. 연구 개요

기후테크 산업은 탄소중립과 산업전환이라는 복합적 과제를 동시에 해결해야 하는 핵심 분야로 주목받고 있다. 그러나 많은 기후기술은 실증 이전 단계(TRL 4~6)에서 상용화 진입에 어려움을 겪고 있으며, 이에 따라 민간 투자의 유입도 제한적이다. 이러한 상황에서 실증 이전 기술에 조기 인센티브를 부여하고, 이를 자발적 탄소시장(Voluntary Carbon Market, 이하 VCM)과 연계함으로써 초기 확산을 유도할 수 있는 제도적 장치로서 EPC(Environmental Protection Credit) 메커니즘이 제안되고 있다. EPC는 감축 성과가 발생하기 전 단계에서 감축 잠재력과 신뢰도 기반으로 보상을 제공하는 구조를 갖추고 있으며, 기존의 사후보상 중심 탄소시장 구조의 한계를 보완하는 새로운 기제로 작동할 수 있다.

본 연구는 EPC 메커니즘의 구조와 정책 설계 가능성을 검토하고, 이를 정량 기반 시뮬레이션 및 제도 수용성 분석을 통해 실현 가능성과 정책 효과를 평가하였다. 특히, 한국형 기후테크 생태계 조성을 위한 제도화 방안, 이해관계자 간 수용성과 기대 수준, 정책 변수 조합에 따른 경제적 효과를 통합적으로 분석함으로써 향후 법제화와 시범사업 설계에 활용 가능한 실증적 근거를 제시하고자 하였다.

2. 선행연구 분석 및 개념 정립

기존 탄소시장 제도(배출권거래제, VCM)는 대부분 실적 기반 사후 보상 구조에 머물러 있으며, 실증 이전 기술에 대한 인센티브 설계는 미흡한 수준이다. 해외에서는 CRANE 모델(Prime Coalition), 미국 IRA 보조금, 기술보증기금의 탄소가치평가시스템 등이 조기 인센티브 개념과 유사한 접근을 시도하고 있으나 법제화된 신호로 작동하거나 시장·정책금융과 정합적으로 연결된 사례는 드물다. 특히 현재 자발적 탄소시장에서는 신뢰도 있는 고품질 크레딧 발행에 대한 요구가 증가하고 있음에도 불구하고 초기 기술군에 대한 제도적 보상 체계나 예측 기반 검증 프레임워크는 부재한 상황이다.

이에 따라 본 연구는 EPC를 단순한 크레딧 제도가 아닌 제도(법령), MRV(Monitoring, Reporting, Verification), 정책금융(보조·보증), 시장(VCM·선구매계약)과 결합된 ‘통합형 인센티브 패키지’로 개념화하였다. 또한 EPC는 민간 자본 유입을 촉진하는 조기 보상 신호이자, 디지털 MRV 기반의 정량성과 투명성 확보를 전제로 신뢰 기반 감축 성과 거래를 가능하게 하는 구조로 정의하였다. 이러한 분석을 통해 EPC는 향후 기후기술 육성, 정책금융 구조 개편, 시장 기반 탄소가격제와의 연계까지 고려한 전략적 정책수단으로 확장될 수 있다.

3. 정량 분석: 정책 변수 반영 및 시나리오 시뮬레이션

정량 분석은 EPC 정책 설계의 효과를 계량적으로 검증하기 위해 두 단계로 수행되었다. 먼저 EPC 실현 가능성에 영향을 미치는 핵심 정책 요인을 법제화, 디지털 MRV 인프라, 정량적 가치평가 체계, 정책금융 연계로 설정하고, 이들 요인이 순편익에 미치는 영향을 시나리오별로 비교·분석하였다. 이 과정에서 각 정책 요인은 모형 내 변수로 정량화되어 반영되었는데, 법제화는 감축 신뢰도 계수(α)를 상향 조정(+10%)하는 방식으로, 디지털 MRV는 감축량 추정의 불확실성(표준편차)을 축소하는 방식으로, 정량적 가치평가 체계는 신뢰도 범위를 상향하는 방식으로, 정책금융 연계는 감축 비용을 절감(20~30%)하는 방식으로 설정되었다. 이를 통해 EPC 실현 가능성은 개별 요인 하나만으로 확보되기보다, 신뢰도 보완과 비용 절감이 결합되는 정책조합에서 강화된다는 점이 확인되었다.

이어서 정책 시나리오별 경제적 효과를 검증하기 위해 몬테카를로 시뮬레이션($n=1,000$)을 수행하였다. 분석 대상 기술군은 정량적 MRV 적용 가능성과 국제 방법론 기반 확장성을 고려하여 DAC, 바이오차, 바이오메탄(Bio-CNG)으로 선정하였으며, 조기 감축량(Q), 크레딧 가격(P), 감축 신뢰도(α), 감축비용(C)을 주요 변수로 설정하였다. 순편익은 $(Q \times P \times \alpha) - C$ 로 계산되었으며, 시나리오별 정책조합의 차이는 신뢰도·불확실성·비용 계수의 변화로 반영되었다. 분석 결과, 법제화-MRV-가치평가-정책금융이 모두 결합된 정합적 정책조합 시나리오(S5: Full Policy)에서 평균 순편익이 +2.1억 원으로 가장 높게 나타났고, 양(+의 순편익이) 도출될 확률 또한 89.3%로 가장 높았다. 반면 정책 기반이 미비한 조합에서는 순편익이 낮거나 손실이 발생할 가능성이 상대적으로 높게 나타났으며, 이는 EPC가 단일 제도 도입만으로 성과를 담보하기 어렵고 정책요소의 결합 수준에 따라 성과가 크게 달라질 수 있음을 시사한다. 특히 감축 신뢰도 계수(α)와 비용 절감 효과가 동시에 작동할 때 순편익 개선 폭이 크게 나타났으며, 이는 향후 EPC 제도 설계에서 디지털 MRV 기반 신뢰도 보완과 사전 가치평가 체계 구축이 핵심 조건으로 작동해야 함을 보여주었다..

4. 제도 수용성 및 이해관계자 분석

정부, 정책금융기관, 기술기업, 시민사회 등 다양한 이해관계자를 대상으로 한 인터뷰 및 의견 수렴 결과, EPC에 대한 전반적인 수용성은 높았으나 세부 조건에 따라 쟁점이 존재했다. 정부 및 금융기관은 EPC를 기후기술 초기 투자 유인을 위한 정책수단으로 긍정적으로 평가하였고, 기술기업은 크레딧 기반 조기 투자 회수 가능성에 관심을 보였다. 반면 시민사회는 보상의 투명성과 검증 과정의 공정성, 공공성 확보 필요성을 강조하였다. 특히 상쇄 기반 크레딧에 대한 사회적 비판 가능성을 완화하기 위해서는 고품질 기준과 디지털 검증체계, 공개 데이터 플랫폼 구축이 병행되어야 한다는 지적이 나왔다.

이러한 분석을 통해 EPC의 제도화는 신뢰 확보를 위한 법령 정비, 공공 기반 MRV 체계 구축, 민간·공공 평가기관의 역할 분담 및 민간참여 확대를 위한 법적 제도적 장치 마련이 필수적임을 확인하였다. 또한 향후에는 시민사회가 제도 설계 초기부터 감시자이자 참여자로 포함되는 구조가 EPC의 사회적 수용성을 높이는 데 도움이 될 수 있음을 보여주었다.

5. 정책 제언 및 결론

EPC는 실증 이전 기술에 조기 인센티브를 부여하고, 감축 잠재력을 정량적으로 평가할 수 있는 기반을 마련함으로써 기후테크 산업 초기 확산의 제도적 사다리로서 작용할 수 있다. 특히 「기후테크산업육성특별법」 또는 관련 제도 내에 EPC를 법제화된 신호로 포함할 경우 자발적 탄소시장과의 연계 가능성까지 고려한 글로벌 확장도 가능하다. 디지털 MRV, 감축 신뢰도, 가치평가 모델 등 핵심 기반의 병행 구축이 필수적이며, 단일 제도가 아닌 인센티브 패키지로의 설계가 필요하다.

본 연구는 시뮬레이션을 통해 EPC가 고립된 기술 인센티브 제도가 아니라 제도-인프라-금융-시장이라는 정책요소 간 연결 구조를 통해 작동해야 한다는 점을 실증하였으며, 특히 감축 실적의 정량화 및 신뢰성 확보가 사회적 편익을 극대화하는 핵심 변수임을 보여주었다. 향후 시범사업과 제도 설계 로드맵을 통해 EPC 제도화 전략을 구체화할 필요가 있으며, 이는 자발적 탄소시장 내 프로젝트와 연계될 수 있다. 더 나아가, 탄소세 감면, ESG 연계 공공조달, 선구매 계약 등과의 연계 전략을 통해 EPC 메커니즘의 확산 기반을 마련할 수 있을 것이다.

목 차

I. 연구 개요	8
1. 연구 배경	8
가. 전 지구적 기후위기의 일상화	8
나. 기후테크: 전략 산업으로서의 가능성	8
다. EPC 메커니즘의 개요 및 제도적 필요성	9
라. 유사 제도 사례와 정책적 시사점	10
2. 연구 목적	10
II. 연구방법 및 절차	13
1. 주요 쟁점 정의	14
2. 연구 방법 및 절차	14
가. 국내외 제도 및 평가모형 분석	15
나. 이해관계자 인식조사	15
다. 시나리오 기반 정량 분석	15
라. 종합 분석 프레임 구성	17
III. 연구 결과	18
1. 국내외 유사제도 및 평가모형 분석 결과	18
가. 글로벌 시장 내 유사 메커니즘	18
나. 국내 공공영역 내 유사 메커니즘	21
다. EPC 제도화를 위한 정책·시장 기반 분석	22
2. 이해관계자 인식 분석 결과	24
3. 시나리오 기반 정량 분석 결과	25
IV. 정책 제언	27
V. 향후 연구 계획	27
VI. 참고문헌	29

I. 연구 개요

1. 연구 배경

가. 전 지구적 기후위기의 일상화

기후위기는 더 이상 과학적 논의의 영역에만 머물지 않는다. 폭염, 가뭄, 산불, 한파, 수해 등 이상 기후 현상은 이미 전 세계인들의 일상에 깊이 침투하고 있으며, 지구 전역에서 동시다발적으로 발생하는 기후재난은 기존의 예측 모델로 대응하기 어려운 상황을 초래하고 있다. 특히 지구 온난화로 인한 대기 순환 패턴의 교란은 국지적 기상이변을 일상화하고 있으며 그 파급은 농업·수자원·에너지·인프라·건강 등 사회 전 분야에 걸쳐 확산되고 있다.

온실가스는 그 특성상 대기 중 장기간 잔존하며 지구 평균 기온 상승을 가속화시킨다. 이 가운데서도 이산화탄소는 배출 이후 수십 년에서 수백 년간 대기 중에 체류하면서 지속적으로 기후계에 영향을 미친다. 현재 인류가 배출한 온실가스 중 약 46%는 여전히 대기 중에 남아 있으며, 한국은 국가 흡수량이 전체 배출량의 10%도 되지 않아 구조적으로 매우 불리한 여건에 처해 있다. 따라서 단순한 배출 감축만으로는 한계가 있으며, 배출-흡수 균형을 달성하기 위한 기술 기반의 새로운 접근이 요구된다. 이와 함께 전통적인 기후 정책 수단만으로는 감축 및 적응 목표를 동시에 달성하기 어려운 복합위기의 시대에 기술 중심의 시스템적 전환이 필요하다는 인식이 확대되고 있다.

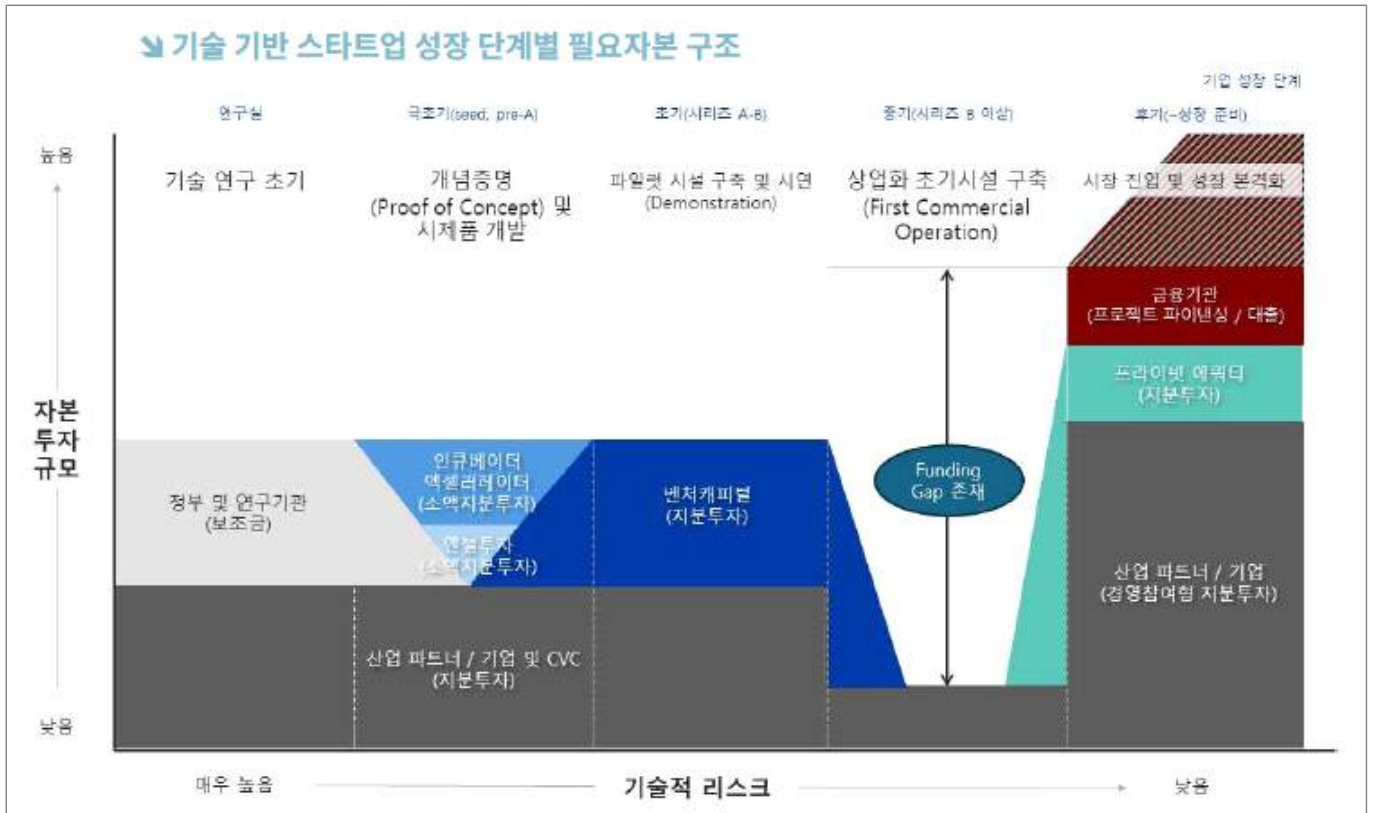
나. 기후테크: 전략 산업으로서의 가능성

이러한 구조적 기후위기에 대응하기 위한 핵심 전략 중 하나가 바로 기후테크(Climate Tech) 산업의 육성이다. 기후테크는 온실가스 감축 및 기후변화 적응을 위한 기술을 총칭하는 개념으로 탄소 중립 실현에 필요한 기술적 해법을 포괄하는 산업군이다. 재생에너지, 에너지 저장시스템(ESS), 이산화탄소 포집·활용·저장(CCUS), 수소 기반 철강·시멘트 공정, 메탄 감축 기술, 기후 데이터 분석, 디지털 MRV(측정-보고-검증) 시스템, 지속가능 농업 등 탄소감축과 적응을 포괄하는 전방위 기술이 이에 포함된다.

특히 기술 기반 감축 프로젝트는 최근 빠르게 성장 중인 자발적 탄소시장(Voluntary Carbon Market, VCM)과 결합되어 그 성과를 크레딧(Carbon Credit) 형태로 거래할 수 있는 잠재력이 높다. 이는 기후테크가 단순한 규제 대응 수단을 넘어, ‘감축성과-금융-시장’을 연결하는 경제적 가치 창출 산업으로 전환될 수 있음을 보여준다. 실제로 미국의 IRA(Inflation Reduction Act), 유럽의 Net Zero Industry Act, 일본의 GX 전략 등도 공통적으로 기후기술 투자를 산업 정책의 중심에 배치하고 있다.

그러나 기술의 시장 진입에는 구조적 장벽이 존재한다. 보스턴컨설팅그룹(BCG)의 분석에 따르면, 대부분의 기후테크 기술은 R&D, 파일럿, 실증, 스케일업, 상용화 등 각 단계에서 자금 공백(Funding Gap)에 직면한다([그림 1] 참고). 특히 기술 검증 이전 단계에서는 탄소감축량이 실측되지 않았기 때문에 민간 자본은 보상 구조의 부재와 불확실성을 이유로 투자를 꺼리게 된다. 이는 기술이 실제 시장에 도달하지 못하고 ‘죽음의 계곡(Death Valley)’에 머무르게 되는 핵심 원인이다.

[그림 1] 기술의 죽음의 계곡



출처: 트리플라잇(2024)

다. EPC 메커니즘의 개요 및 제도적 필요성

EPC(Environmental Protection Credit) 메커니즘은 이러한 '죽음의 계곡'을 넘는 기술에게 초기 신뢰 기반 보상을 제공함으로써 시장 진입을 촉진하는 제도적 장치다. 구체적으로는, 감축 잠재량이 높은 기술을 대상으로 디지털 MRV(Monitoring, Reporting, Verification) 기반 감축예측 모델을 구축하고, 이에 따라 조기 인센티브를 지급함으로써 기술 실증 이전 단계에서의 '마중물 투자'로 작동할 수 있다.

이는 기존 정책금융의 사후보상 방식과 달리, 기술의 실증성과가 나타나기 전 '예측 가능한 감축 성과'에 기반한 조기 보상을 통해 민간 투자 리스크를 완화하고, 시장 신뢰를 유도한다는 점에서 차별화된다. 특히, 자발적 탄소시장과 결합될 경우 조기 크레딧 선지급, 선구매 계약(Offtake), 혼합금융(Blended Finance) 모델과 연계되어 기술-금융-시장 간 연동 구조를 형성할 수 있다.

여기에 탄소시장과의 연계 가능성은 새로운 정책·금융의 접점을 열어주고 있다. 기술 기반 프로젝트가 감축 실적을 크레딧으로 전환하고 이를 선보상하거나 조기 수익화할 수 있다면, 초기 투자 유인이 강화되고 시장 진입 확률도 높아질 수 있다. 하지만 현재 자발적 탄소시장에서 기술 기반 크레딧의 인정 기준, MRV 체계, 품질 분류체계(Core Carbon Principles 등), 거래 방식 등에 대한 제도적 설계는 여전히 미흡하며, '실증 전' 기술에 대한 조기 인센티브 설계는 제도적으로도 공백 상태다.

한국의 경우 탄소시장과 기후테크 생태계를 병렬로 논의하고 있으나, 기술 실증, MRV 검증, 크레딧 인정, 시장 거래까지 연계하는 '중간 메커니즘'이 부재하다. 이에 따라 일부 정책금융기관 및 대기업들은 자발적 시장에서의 선구매 계약, 신뢰 기반 평가 프레임워크, 보증 기반 EPC를 실험적으로 도입하고 있으나, 제도화 수준은 매우 초기 단계다. 이러한 문제의식에서 출발한 것이 바로 EPC 메커니즘이며, 본 연구는 EPC의 실현 전략과 제도 설계 가능성을 통합적으로 분석하고자 한다.

라. 유사 제도 사례와 정책적 시사점

EPC 메커니즘의 정책적 실현 가능성을 검토하기 위해서는, 기존 제도와의 유사성과 차별성을 구조적으로 비교해볼 필요가 있다. 특히 2026년 산업통상자원부가 시범 도입한 탄소중립 설비투자 프로젝트 경매사업은 EPC와 구조적 유사성이 매우 높은 제도로 주목된다.

이 사업은 민간 기업이 감축기술 프로젝트를 제안하면 정부가 톤당 감축 단가(원/tCO₂e)를 기준으로 입찰을 평가하여 예산 내 최적 프로젝트를 선정하고 지원하는 방식이다. 기업은 자발적으로 예상 감축량과 정부지원 희망금액을 제안하고, 사업선정 후 실제 감축 실적이 기준보다 미달되면 지원금이 삭감되거나 회수되며, 초과 달성 시에는 인센티브가 제공된다.

이는 단순 보조금 기반 사업이 아니라, 감축 실적을 수치로 제시하고, 그 수치에 근거해 사전 계약과 사후 검증이 동시에 이루어지는 성과연계형 제도라는 점에서 EPC와 매우 유사한 구조를 갖는다. EPC가 '잠재 감축량'을 기반으로 조기 인센티브를 제공하고, 이후 디지털 MRV를 통해 감축 실적이 검증되도록 설계된 것과 동일한 논리구조다.

해당 사업의 핵심 특징은 다음과 같다:

- 사전 감축량 제안과 톤당 보상 단가를 기준으로 한 정부 예산 배분
- 감축량 예측 → 협약 체결 → 실적 검증 → 보상 조정의 전과정 통합 설계
- 감축 미달 시 불이익, 초과 시 성과 보상 등 인센티브·페널티 병행 구조
- 중소·중견기업 참여 비율 배정, 성공 보상 중심의 보조금 설계

이는 EPC가 제도화될 경우 활용할 수 있는 정량 기반 보상 공식(보상금액 = 감축량 × 단가 × 조정계수)을 이미 공공 부문에서 시범 적용한 사례로서, EPC의 실현 가능성을 정책 차원에서 뒷받침하는 준거점이 될 수 있다. 따라서 본 연구는 탄소중립 설비투자 프로젝트 경매사업과 같은 유사 제도의 구조와 성과를 참고하여, EPC가 단기 실증 사업에 머무르지 않고 장기 제도화로 이행되기 위한 설계 요건을 구체화하고자 한다.

2. 연구 목적

가. 기후테크 육성을 위한 기후금융의 구조 개선 전략 도출

기후테크는 기후위기에 대한 기술적 해법이자 미래 산업 전환의 핵심이지만, 실증 이전 단계에서 민간 자본 유입이 어려운 구조적 문제를 안고 있다. 특히 기술이 '죽음의 계곡(Death Valley)'에 머무르지 않고 시장으로 진입하기 위해서는, R&D 이후 실증까지의 공백을 메울 수 있는 정책적 장치와 금융 인센티브가 절실하다.

그동안 정부는 탄소중립기금, K-Taxonomy, 녹색융자제도 등을 통해 기후금융 기반을 점진적으로 확대해왔으나, 실증 전 고위험 기술에 대해 조기 인센티브를 제공하거나, 시장 수익과 연결되는 구조는 미흡한 상황이다.

본 연구는 이러한 한계를 극복하기 위한 구조적 대안으로 EPC 메커니즘을 조기보상형 기후금융 플랫폼으로 제안한다. EPC는 기술의 감축 성능이 실증되기 전에 예측 가능한 정량 정보에 기반해 신뢰 기반 보상을 제공하는 방식이며, '기술 → 가치평가 → 조기 보상 → 시장 유입'이라는 선순환을 가능하게 한다.

특히 EPC를 통해 공공 정책자금이 먼저 마중물 투자 역할을 수행하고, 이후 민간 투자자와 시장 참여자가 보증·크레딧 수익 등 유인을 갖고 참여할 수 있는 혼합형 금융 모델의 가능성을 실증적으로 분석한다.

나. 기후테크 산업 활성화를 위한 자발적 탄소시장과의 연계 전략 도출

(1) 디지털 MRV: 탄소시장의 신뢰 기반을 구축하는 핵심 인프라

기후테크 기술은 단순한 온실가스 감축 수단을 넘어 자발적 탄소시장(VCM)의 고품질 크레딧을 창출할 수 있는 전략적 자산으로 부상하고 있다. 그러나 현재 VCM에서는 기술 기반 프로젝트에 대한 정량 평가 기준, 사전 크레딧 인정 방식, 디지털 MRV의 적용 가능성 등에 있어 제도적 공백이 여전히 크다. 이러한 배경에서 디지털 MRV(Monitoring, Reporting, Verification)는 감축 실적의 신뢰성과 투명성을 확보하기 위한 필인프라로 주목받고 있다.

VCM은 규제시장(ETS)과 달리 법적 강제력이 약한 대신, 시장 참여자의 자발성과 신뢰에 기반하여 작동한다. 따라서 동일한 1톤의 감축이라도 어떤 기술을 통해, 얼마나 정밀하게, 어떤 방식으로 입증되었는가에 따라 크레딧의 가격과 유통 가능성은 수 배에서 수십 배까지 차이가 발생할 수 있다. 예컨대 DAC 기반의 정량 검증 프로젝트는 자연기반 크레딧 대비 10배 이상 높은 시장 가치를 형성하고 있다.

또한 감축 활동이 다른 지역에서의 온실가스 배출 증가로 이어지는 탄소 누출(leakage) 문제는 크레딧 무결성을 훼손하는 주요 리스크로 지적되고 있다. UNFCCC는 이에 대해 ‘프로젝트 경계를 벗어난 인위적 배출 또는 제거 활동’으로 정의하며, 누출의 식별 및 정량화를 위한 정밀 검증 시스템의 필요성을 강조한다. 이에 비해 기존 수작업 중심의 MRV는 공간적 범위, 수집 주기, 데이터 신뢰도 측면에서 한계를 지니며, 디지털 MRV는 이러한 문제를 다음의 세 가지 측면에서 구조적으로 해결할 수 있다:

- 정량성(Quantifiability): 위성, 드론, 센서, AI 기반 분석 기술을 통해 실적을 수치화하고 계량적으로 입증할 수 있음
- 확장성(Scalability): 자동화 시스템 기반의 감시 및 분석을 통해 수작업 대비 수십 배 빠른 속도로 대규모 프로젝트를 추적 가능
- 투명성(Transparency): 블록체인 기반 분산 원장을 통해 실적 이력과 근거를 변경 불가능한 방식으로 기록하고 공개

이와 관련해, 국내 기업 땡스카본이 개발한 디지털 MRV 시스템 ‘헤임달(Haimdall)’은 위성과 AI를 활용해 베트남 내 농업 분야 메탄 배출을 실시간 추적하고 있으며, 실제 크레딧 인증 절차에도 활용되고 있다. 이처럼 위성, 드론, IoT, GIS 기반 기술을 융합한 디지털 MRV는 EPC 기반 크레딧이 국제적 신뢰성을 확보하고 고품질 시장 진입을 실현하는 데 필수적 수단으로 작동할 수 있다.

글로벌 사례에서도 이러한 흐름은 이미 가시화되고 있다. 예컨대 Verra는 AI 기반 위조 탐지 알고리즘을 도입해 누출 감지 정확도를 높였고, 뉴질랜드의 CarbonCrop, 유럽의 CarbonTerra는 위성과 드론을 활용해 산림 보존 프로젝트의 감축량을 실시간 분석하고 있다. 블록체인 기반의 Gold Standard, Toucan Protocol, KlimaDAO 등은 감축 데이터의 온체인 검증과 거래 추적을 가능케 하며, 신뢰 기반 거래 시스템의 구축에 앞장서고 있다.

국내에서도 환경부의 K-ETS MRV 체계와 금융위원회의 금융배출량 플랫폼 구축 사례는 디지털 기반 MRV 인프라가 감축 책임의 투명성 확보 및 정책금융 연계의 기반이 될 수 있음을 보여준다.

이와 같은 기술 발전은 단지 개별 프로젝트의 품질 향상에 그치지 않고, 글로벌 탄소시장 전반의 제도적 구조를 개편하는 기반으로 작용하고 있다. 2024년 6월, 본 연구자가 직접 참석한 세계은행 주관의 ‘Innovate4Climate’ 컨퍼런스에서는 디지털 MRV가 고품질 크레딧 생태계 구축의 핵심 인프라로 자리 잡고 있으며, 국제적 표준화를 위한 협력 움직임이 가속화되고 있음을 확인할 수 있었다.

특히 아래와 같은 글로벌 제도 기반이 정비되고 있다:

- CAD Trust (Climate Action Data Trust): 블록체인 기반 탄소크레딧 원장으로 이중계산 방지

및 크레딧 상호인정 기능 수행

- ICVCM (Integrity Council for the Voluntary Carbon Market): Core Carbon Principles(CCPs) 제시, 메타표준 설계
 - VCMI (Voluntary Carbon Market Integrity Initiative): Article 6 정합성 기준 마련
 - Xpansiv CBL, AirCarbon Exchange: 과생상품 포함 실물 거래 및 가격 투명성 제고
- 이와 같은 제도적 인프라는 단순한 기술 검증 수단을 넘어, 민간 투자 유치, 금융상품화, 국제 상호인정이라는 세 가지 핵심 축을 가능케 하는 생태계 기반으로 작용하고 있다.

(2) EPC 기반 선보상 정책의 작동 원리와 시장 설계 방안

앞서 살펴본 바와 같이, 자발적 탄소시장(VCM)에서 고품질 크레딧의 신뢰성을 확보하기 위해서는 디지털 MRV를 통한 정량적 근거와 국제적 검증 체계의 연계가 필수적이다. 특히 EPC와 같이 실증 이전 단계의 감축 잠재력을 인정하고 이를 보상 기반으로 연결하고자 하는 정책 메커니즘의 경우, 감축량의 과학적 타당성뿐만 아니라 그 결과가 국제적으로 수용될 수 있는 신뢰 인프라를 갖추는 것이 제도화의 핵심 조건으로 작용한다. 예컨대 EPC 기반 크레딧이 ICVCM의 품질 기준을 충족하거나 CAD Trust와 같은 글로벌 데이터 통합 플랫폼에 검증 이력이 등록될 경우 해당 크레딧은 국제 탄소시장 내에서의 인정 가능성이 높아지고, 결과적으로 글로벌 자본 시장으로의 진입도 용이해질 수 있다.

그러나 현재 탄소시장 구조에서는 실증 이전 기술이 갖는 구조적 한계가 명확히 존재한다. 감축 실적은 실제로 발생하지 않은 단계에서는 크레딧 발행 자체가 불가능하기 때문에 기술은 시장에서 경제적 가치를 인정받지 못하고 초기 투자 유치 또한 제한된다. 이는 기술의 성숙과 확산을 지연시키는 주요 요인으로 작용하며, 결과적으로 잠재적으로 높은 감축 효과를 가진 기술이 시장 진입 이전 단계에서 도태되는 문제를 초래한다. 이러한 시장 진입 공백은 기존의 사후 보상 중심 탄소시장 메커니즘만으로는 해소하기 어렵다.

이러한 문제의식에서 출발하여 본 연구는 EPC(Environmental Protection Credit) 메커니즘이 자발적 탄소시장에서 '잠재적 감축량 기반 선(先)보상 수단'으로 제도화될 수 있는 가능성을 본격적으로 검토한다. EPC는 실증 이전 단계의 기술에 대해 잠재 감축량을 정량적으로 평가하고, 이를 근거로 조기 인센티브를 제공함으로써 기술의 초기 시장 진입과 민간 투자 유입을 동시에 촉진하는 구조를 지향한다는 점에서 기존 탄소시장 메커니즘과 차별성을 가진다. 구체적으로는 SK사회적가치연구원(CSES)에서 제시한 EPC 프레임워크를 기반으로 다음의 4가지 요소를 포괄적으로 검토하고자 한다.

- EPC 기반 크레딧 발행의 정당성 요건(기술 기준선, 신뢰도, 불확실성 보정 등),
- 보상 구조(조기 인센티브, 환수 조건, 성과연계 모델),
- 검증 체계(디지털 MRV, 제3자 평가, 블록체인 이력화),
- 시장 활용 방식(선구매 계약, 오프테이크, ESG 연계 상품화)

[그림 2] EPC 메커니즘 Overview



출처: SK사회적가치연구원(CSES) 홈페이지

다. 유사연구 분석

EPC 메커니즘이 지닌 개념적 차별성과 정책적 실효성을 검토하기 위해, 본 연구는 유사한 문제의식을 다룬 국내외 선행연구를 비교·분석하였다. 특히 기술 초기단계에 대한 인센티브 설계, 감축성과의 정량적 평가, 금융·시장과의 연계 여부 등을 핵심 비교 지표로 설정하였다.

Comello와 Reichelstein(2014)은 미국의 탄소포집기술(CCS)에 대해 투자세액공제(investment tax credit)와 생산세액공제(production tax credit)를 결합한 인센티브 구조가 기술 초기 채택(early adoption)을 유도하는 방식에 대해 분석하였다. 이 연구는 기술의 초기 확산을 위해 정책적 유인이 필요하다는 점을 실증적으로 보여주었지만, 여전히 보상 시점이 실증 이후에 한정되어 있으며, 제도적 연계나 MRV 구조까지 확장되지 못했다는 한계를 갖는다.

Liu et al.(2023)은 에너지 다소비 기업을 대상으로 저탄소 기술 투자 유인을 위한 비용보조(cost subsidy) 및 제품보조(product subsidy)의 효과를 계량적으로 평가하였다. 보조금 형태의 인센티브가 실제로 작동함을 입증하였으나, 기술의 잠재력을 보상하거나, 보상 구조를 탄소시장 또는 정책금융과 연계하려는 논의는 미흡하였다.

Boyd et al.(2024)은 탄소제거기술(CDR: Carbon Dioxide Removal)의 확산을 위해 장단기 인센티브 체계를 설계할 필요성을 제기하였으며, “기술이 성숙되기 전에 조기 인센티브 체계를 마련해야 한다”는 명확한 정책적 함의를 제시하였다. 이는 EPC의 기획 취지와 문제의식을 공유한다는 점에서 유사성이 높지만, 해당 연구 역시 구체적인 크레딧 구조나 금융·시장 연계 메커니즘에 대한 실증 분석은 부족한 상태다.

이상의 분석을 종합하면, 기존 연구들은 기술 초기단계에 대한 정책적 인센티브의 필요성에는 공감하지만, 감축성과의 정량적 측정, 디지털 MRV 기반의 검증, 가치 평가와 정책금융의 연계 등 EPC가 포괄하는 전략적 정책 설계까지는 나아가지 못하고 있는 한계를 가진다. 따라서 본 연구는 EPC가 기존 보조금 중심 정책이나 사후 보상형 시장 메커니즘을 넘어, 기술의 불확실성과 시장의 신뢰를 동시에 보완하는 정량 기반의 조기 인센티브 설계 모델로 기능할 수 있음을 실증적으로 분석하고자 한다.

II. 연구방법 및 절차

1. 주요 쟁점 정의

기후위기 대응을 위한 정책 수단으로서 탄소크레딧 기반 시장 메커니즘(ETS, VCM 등)의 유효성과 신뢰성에 대한 논의는 여전히 활발하게 진행 중이다. 탄소크레딧의 가격, 인정 기준, 추가성, 추적 가능성, 이중계산 방지 등은 시장의 확장성과 동시에 신뢰 기반 위기로인으로 작용하고 있으며, 자발적 탄소시장과 기후테크의 결합이 활성화되기 위해서는 기술적 기준, 사회적 수용성, 정책적 합의가 필수적이다.

EPC는 이러한 논점 속에서 등장한 대안적 메커니즘이다. 기존 시장 구조가 실적 기반 사후 보상(ex-post) 중심이라면, EPC는 사전 예측 기반 조기 보상(ex-ante) 방식으로 설계되어, 기술이 시장에 진입하기 전 감축 가능성을 인정받고 보상받을 수 있도록 한다. 이 방식은 특히 고위험·고불확실성 기후테크 기술군에 대해 마중물 자금 역할을 할 수 있다는 점에서 전략적으로 주목된다.

그러나 이러한 구조는 동시에 여러 정책적·사회적 질문을 야기한다. 첫째, 감축 실적이 입증되지 않은 기술에 대해 사전적으로 크레딧을 인정해도 되는가? 둘째, 감축 예측 기반 보상이 사회적으로 정당성을 가질 수 있는가? 셋째, 디지털 MRV, 기술 평가, 금융 구조 등 관련 제도적 기반이 충분히 마련되어 있는가? 여기에 더해, 외부 상쇄(offsetting)가 내부 감축(insetting)을 대체할 수 있는지 여부에 대한 논쟁도 첨예하다. 시민사회 및 환경단체는 자사 감축 중심(insetting first) 원칙을 주장하며 외부 상쇄가 감축 책임 회피 수단이 될 수 있다고 우려하는 반면, 일부 개도국 정부 및 탄소시장 참여자들은 외부 상쇄의 현실적 효율성과 유연성을 강조하며 EPC와 같은 구조의 실용적 활용을 지지하고 있다. 이러한 갈등과 쟁점은 다음과 같은 구조적 질문으로 구체화된다:

- 기후테크 투자의 우선순위는 무엇인가? 기술 혁신 중심인가, 아니면 제도 정비와 정책 선도인가?
- 투자의 시급성은 어느 단계에 있는가? 지금 투자하지 않으면 발생할 수 있는 환경적·경제적 리스크는 무엇인가?
- 시장 내 인센티브는 기술 생태계를 확대하기에 충분한가? 민간 자본은 어떤 조건에서 유입될 수 있는가?
- 잠재 기술을 시장과 연결하기 위한 보완적 설계는 무엇이며 어떤 지점에서 정책개입이 필요한가?
- 장기 인내 자본(patient capital)의 유입을 유도하기 위한 전략적 인센티브 구조는?
- 탄소시장 및 기후금융 제도에 대한 대중적·사회적 신뢰는 어떻게 구축되는가?

결국 탄소크레딧 기반의 시장 메커니즘이 실효성 있게 작동하기 위해서는 정책, 기술, 금융, 사회적 수용성 간의 정합성과 연계성이 모두 담보되어야 하며, 이는 단순한 감축 비용 거래를 넘어 기후 기술 혁신 생태계를 구조적으로 설계하는 문제로 전환되어야 한다. 본 연구는 이러한 구조적 질문에 EPC 메커니즘이 얼마나 효과적으로 응답할 수 있는지를 검토하는 것을 출발점으로 삼고 있다.

2. 연구방법 및 절차

본 연구는 상기 주요 쟁점들을 중심으로, EPC 제도의 실현 가능성과 제도 설계 전략을 정립하기 위해 다음과 같은 방법과 절차를 거쳐 수행되었다. 각 절차는 정책적 타당성, 시장 수용성, 정량적 근거 마련이라는 세 가지 기준을 기반으로 구성되었다.

가. 국내의 제도사례 및 평가모형 분석

EPC의 개념적 타당성과 제도 설계 가능성을 검토하기 위해, 국내외 유사한 정책 도구 및 가치평가 시스템을 검토하였다. 대표적으로 미국 Prime Coalition이 개발한 CRANE(Carbon Reduction Assessment for New Enterprises) 모델은 초기단계 기후기술에 대한 탄소감축량을 예측 기반으로 정량화하고, 이를 투자 유치와 정책설계의 기초로 삼는 프레임워크로서 EPC와 높은 유사성을 보인다.

또한 한국의 기술보증기금에서 활용 중인 기술가치평가 시스템은 기술의 시장성뿐 아니라 탄소감축 기여 가능성을 수치화하고 있으며, 이를 보증심사에 반영하고 있다는 점에서 EPC의 조기보상 구조 설계에 중요한 참고점이 된다. 산업부의 ‘탄소중립 설비투자 프로젝트 경매사업’은 감축량 기반 입찰과 사후 검증 구조를 갖춘 EPC 유사 정책 사례로서, 국내 제도화 가능성을 입증하는 데 의미 있는 비교 대상이 된다.

이러한 비교 사례 분석을 통해 본 연구는 EPC 메커니즘이 기존 정책의 연장선이 아니라, 기술-시장-정책을 통합하는 신호 기반 인센티브 제도로 설계될 수 있음을 이론적으로 검토하고자 한다.

나. 이해관계자 인식조사

EPC 제도의 수용 가능성과 제도화 타당성 확보를 위해 본 연구는 정책기관, 인증기관, 금융기관, 기술기업, 시민사회 등 다양한 이해관계자 20인을 대상으로 반구조화 인터뷰를 실시하였다. 이와 함께 서울대학교 기후테크센터 구성원으로서 2025년 3월 대한상공회의소에서 개최된 「자발적 탄소시장과 기후테크 산업」 세미나 기획 및 운영을 맡아 현장 토론을 통해 정책적 쟁점과 실무적 논의 흐름을 수집하였다.

인터뷰 결과, 정부 및 정책금융기관은 EPC가 기술 초기단계에 대한 정책 유인책으로서 유효하다는 의견을 제시했으며, 민간 금융기관은 EPC 기반 크레딧이 신뢰기준을 만족한다면 ESG 파생상품으로의 활용 가능성도 열려 있다고 응답하였다. 기술기업들은 EPC가 신뢰도 높은 잠재적 감축량 평가 도구를 갖추고 있다면 실증 전 단계에서도 실질적 투자유인으로 기능할 수 있음을 강조하였다. 시민사회는 감축량의 투명성 확보와 데이터 접근성 확보가 전제되어야 한다는 조건부 동의를 표명하였다.

이러한 질적 분석 결과는 후속 정책설계 시 이해관계자 신뢰 확보 요건으로 반영되었으며, 디지털 MRV와 투명한 가치평가 기준이 핵심 제도화 조건임을 명확히 해주는 근거로 작용하였다.

다. 시나리오 기반 정량 분석

EPC 정책 효과의 실질적 수치를 산출하기 위해, 본 연구는 시나리오 기반의 비용-편익 분석(BCA)를 적용하였다. 기존의 단순 A안(정책 미비), B안(부분 지원), C안(완비형) 구조는 현실의 다양성을 반영하기 어렵고, “완비형이 효과적일 수밖에 없다”는 직관을 넘어 정책요소 간 조합의 차별적 효과를 입증하는 데 한계가 있었다.

이에 따라 본 연구는 시나리오 기반 정책효과를 분석하고자 한다. 우선, 시나리오 분석에 적용되는 대상 기술군을 다음 세 가지 기준에 따라 검토하였다:

- 시장진입이 어려운 기술군: 실증 이전단계로 민간 투자 유치, 제도 연계, 정책 금융 지원 등이 어려운 기술
- EPC 구조상 적용 가능성이 높은 기술군: 감축 메커니즘이 명확하고, 정량화(MRV) 가능성, 감축 TRL 평가, CRANE/기술보증기금 기반 가치평가 적용 가능
- 국내외에서 시범 사업 또는 정책적 주목을 받은 기술군

[표 1] 기후테크 기술군 검토결과

기술군	검토 결과	선정 여부
DAC(직접공기포집)	감축 메커니즘 명확, 고비용-저신뢰 이슈, 신뢰도 기반 보상 메커니즘 설계 가능	O
바이오차	IPCC 계수 존재, 국내외 실증 진행 중, 농업 기반 탄소격리 기술로 확장성 높음	O
폐열활용 스마트팜	분산형 기술, 지방정부 시범사업 있음, MRV 구성 가능, 그러나 상대적으로 감축량이 낮고 단가 편차가 큼.	X
수소환원제철	투자 리스크 매우 큼, TRL 6~7, 기보·산업부 평가모형 존재, 감축량 매우 큼, 그러나 감축비용이 매우 높고 크레딧 기반 보상 한계 존재함.	X
바이오메탄	농축산 부산물 활용, 지방 기반 확장 가능, 감축 기여도 큼	O
청정연료 기반 선박연료 전환	기술확장 기대되나, EPC 적용에는 MRV 구성 어려움	X

이를 바탕으로 최종적으로 다음 세 가지 기술군이 선정되었다:

- DAC(직접공기포집): 고비용·고위험 구조로 민간 투자 유치가 어려우나, 감축 메커니즘이 정량적이며 Verra/Gold Standard에 기반한 방법론 보유. EPC 구조상 신뢰도 보정 기반 보상 설계가 가능함.
- 바이오차 생산 및 활용: 농업 부산물을 활용하여 토양에 탄소를 격리하는 방식으로 IPCC 계수 및 Verra 방법론 존재. 지방 중심 실증사업 활발하며 EPC와 지방 공공정책 연계 가능.
- 바이오메탄(Bio-CNG): 축산·음식물 폐기물 등을 활용한 청정연료 전환 기술. MRV 수단이 명확하고, 농촌 기반 지자체의 시범사업 추진 가능성 큼.

이러한 기술군은 모두 EPC 메커니즘과의 구조적 적합성을 보이며, 실증 전 단계에서 정책적 유인이 필요하고, MRV 기반 정량 평가가 가능하다는 공통점을 가진다. 각 기술군에 적용된 주요 변수는 다음과 같은 방식으로 산정되었다:

- 감축량: 에너지공단, 농진청 등 공공기관의 실측 데이터를 기초로 하고, IPCC 배출계수 및 Verra의 적용 방법론(VM0004, VM0042 등)을 기준으로 정량 추정
- 감축단가: 국내외 실증사례의 자본비용(CAPEX), 운영비용(OPEX)을 기준으로 톤당 단가로 환산 (예: DAC 약 300~500불/톤, 바이오차 약 40~80불/톤)
- 감축 신뢰도: 기술 성숙도(TRL), 정량 MRV 가능 여부, 기존 프로젝트 검증 사례 등을 기준으로 전문가 평가방식으로 산정하며, 0.3~0.85 범위에서 기술별 계수화 적용
- 크레딧 가격: MSCI VCM Dashboard, Xpansiv, Verra Registry 기준 최근 12개월간 평균 가격을 기준으로 설정. 기술별 평균 가격은 \$10~\$30 범위에서 설정됨

이와 같이 선정된 세 가지 기술군은 모두 감축 효과에 대한 정량적 접근이 가능하고, EPC 메커니즘의 설계 취지인 '불확실한 기술에 대한 조기 보상'이라는 정책 목표에 부합하는 구조적 특성을 가진다. 각 기술군에 대해 감축량, 단가, 신뢰도 등 핵심 변수의 산정이 완료되면, 이제 이를 실제로 어떻게 정책적으로 뒷받침할 것인가의 문제가 남는다.

EPC 제도는 단일 구성요소만으로 작동하지 않는다. 기술이 감축 가능성을 입증한다 하더라도, 이를 시장에서 인정받고 조기 보상을 실현하기 위해서는 제도적 장치, 검증 인프라, 가치평가 체계, 정책금융 수단이 유기적으로 결합되어야 한다. 특히, 기술의 감축 신뢰도를 보완하고 민간 투자 유입을 유도하기 위해서는 '조합적 정책 효과'를 고려한 입체적인 제도 설계가 필요하다.

이에 따라 본 연구는 EPC 구성요소를 네 가지 정책적 축—① 법제화, ② 디지털 MRV 인프라, ③

정량 가치평가 체계, ④ 정책금융 연계—로 구분하고, 이들 요소의 조합에 따라 다양한 정책 시나리오를 설정하였다. 이를 통해 각 조합이 EPC의 실현 가능성과 순편익에 미치는 영향을 비교·분석하고자 한다. 다음 절에서는 이 네 가지 축을 기준으로 구성된 정책 시나리오의 구조와 분석 방식을 제시한다.

[표 2] EPC 구성요소를 활용한 정책조합 시나리오

시나리오	주요특징	법제화	MRV	가치평가	정책금융
S1. 기본형	제도 기반과 인프라 모두 부재	X	X	X	X
S2. MRV 기반 평가형	정량 기반 신뢰 구조는 갖춤	X	O	O	X
S3. 금융 중심형	조기 인센티브만 운영됨	X	X	X	O
S4. 법제화+MRV형	법적 제도와 검증 기반 확보	O	O	X	X
S5. 정합적 조합형	제도 기반 및 실행수단 모두 완비	O	O	O	O

각 시나리오에 대해 기술별 입력 변수(감축량, 감축단가, 크레딧 가격, 감축 신뢰도)를 설정하고, ‘순편익 = (감축량 × 크레딧 가격 × 신뢰도) - 감축 비용’이라는 계산식을 바탕으로 1,000회 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하였다. 이때 각 정책 요소는 다음과 같은 방식으로 반영되었다:

- 법제화 → 신뢰도 계수 증가 (예: +10%)
- MRV 인프라 → 감축량 예측의 표준편차 감소 (예: 20% → 10%)
- 가치평가 체계 → 감축 신뢰도 적용범위 상향
- 정책금융 → 감축비용의 30% 절감

이러한 변수값의 산정은 다음과 같은 데이터 출처 및 참고자료를 활용하여 추정한다:

- 감축량: IPCC AR6 배출계수, Verra 방법론(VM0042, VM0034 등), 국내 EPC 시범기술 제안서(KCP DAC 모듈, 농진청 바이오차 실증, 지자체 Bio-CNG 모델 등)를 기반으로 톤당 감축량 추정
- 크레딧 가격: Trove Research(2023), MSCI Carbon Market Dashboard, Xpansiv 거래 플랫폼(Verra/GS 등록 기준), ICVCM 참조가격을 기준으로 기술별 평균값 산정 (예: DAC \$200/ton, 바이오차 \$20~\$30/ton, Bio-CNG \$25/ton)
- 감축 신뢰도: Prime Coalition의 CRANE 모델에서 제시한 기술성숙도(TRN), 상업화 가능성(Success Likelihood), MRV 가능성 등을 통합하여 전문가 평가 기반으로 0.3~0.85 범위 내 계수화 (예: DAC 0.6, 바이오차 0.85, Bio-CNG 0.75)

이러한 산식과 데이터는 이후 III장 연구 결과에서 시나리오별 시뮬레이션과 민감도 분석을 통해 정책조합의 효과성과 실현 가능성을 실증적으로 비교하는 데 활용될 예정이다.

라. 종합 분석 설계 및 전략적 프레임 구축

이러한 전략적 분석은 단순한 비용효과성 검증에 그치지 않고, 제도 설계의 실제 구현 조건과 사회적 수용 가능성을 모두 포괄하는 “정책-시장-행위자 기반” 프레임워크 구축을 목표로 한다. 특히 본 연구는 EPC의 제도화 과정에서 다음과 같은 세 가지 핵심 통합 전략을 도출하고자 하였다:

- 정량 기반 조기보상의 제도화 로직: 감축량, 신뢰도, 비용 기반의 조기 크레딧 지급 기준을 설정하고, 기술별 리스크를 고려한 보상구조를 도식화함으로써 제도적 신뢰성과 예측 가능성을 높이는 구조 제안
- 디지털 MRV-가치평가-보상 연계의 구조화: 위성·IoT·블록체인 기반 MRV 인프라, CRANE 기반 정량 가치평가, 정책금융 연계 인센티브 설계를 일괄 구조로 묶어 EPC의 실행 인프라를 구체화

- 국내 자발적 탄소시장과 정책금융의 연계 기반 마련: EPC 개념이 국내 자발적 탄소시장(VCM)의 품질기반 고도화와 공공 기후금융의 전략적 자금배분 모델로 동시 활용될 수 있는 투트랙 전략 수립

이를 통해 EPC는 단지 기술보상의 수단이 아니라, 기후테크 초기 시장을 촉진하고 민간 자본을 유입시키는 정책-금융-시장 간 신뢰 기반의 다리 역할을 수행할 수 있다. 본 연구는 이러한 통합적 전략의 제시를 통해, EPC가 향후 한국형 기후테크 생태계 확산을 위한 제도적 기반이자 정책 실험의 출발점이 될 수 있음을 입증하고자 한다.

III. 연구결과

1. 국내외 유사제도 및 평가모형 분석 결과

EPC(Environmental Protection Credit) 메커니즘의 타당성과 설계 가능성을 검증하기 위해, 본 연구는 국제적 자발적 탄소시장 동향, 평가모형, 혁신적 보상제도 사례를 종합적으로 분석하였다. 분석의 초점은 전통적 사후적 보상 구조를 넘어 잠재적 감축량을 기반으로 사전 인센티브를 제공하는 정량 기반 메커니즘의 제도적 정합성 및 운영 가능성을 검토하는 데 있다.

가. 글로벌 시장 내 유사 메커니즘

(1) 탄소시장의 구조적 진화

지속적으로 누적되는 온실가스 배출은 기후체계의 균형을 무너뜨리며, 이에 따라 산업계 전반에서 온실가스 감축 요구가 확대되고 있다. 그러나 모든 기업이 단기간 내 자체 감축 목표를 달성하기에는 기술적·재정적 제약이 크기 때문에, 이를 보완할 수단으로서 탄소시장의 중요성이 점차 부각되고 있다. 탄소시장은 규제 기반의 배출권거래제(ETS)와 민간 중심의 자발적 탄소시장(VCM)으로 이원화되어 운영되며, 특히 VCM은 ESG 경영, 브랜드 가치 제고, 해외 조달시장 대응 등을 이유로 기업들의 자발적 참여가 빠르게 확대되며 성장 중이다. 또한 파리협정 제6조 이행이 본격화되면서 상응조정 등 국제적 투명성과 신뢰성을 보완할 수 있는 제도 기반도 강화되고 있으며, 이에 따라 크레딧 품질에 대한 기준 정비도 핵심 이슈로 부상하고 있다. 이러한 흐름 속에서 메탄 회수, 디지털 MRV, 자연 기반 솔루션(NBS), 탄소제거 기술(CDR) 등 기술 기반의 고정밀 감축 프로젝트가 시장 내 고부가가치 자산으로 부상하고 있으며, DAC(직접공기포집), BECCS(바이오에너지 포집저장기술) 등은 높은 단가로 거래되며 민간 투자자들의 관심을 받고 있다.

[표 3] 신뢰받는 크레딧의 품질 요건

요건	정의
정량성(Quantifiability)	온실가스 감축 또는 제거량이 과학적이고 투명한 방법론을 통해 계량 가능해야 함.
영구성(Permanence)	감축 또는 제거된 탄소가 장기적으로 대기 중으로 재배출되지 않을 것이라는 보장이 있어야 함. (예: 산불, 누출 등 반전 위험 관리 포함)
검증 가능성 (Verifiability)	제3자에 의한 독립적 검증이 가능해야 하며, 투명한 데이터와 문서화가 요구됨.
누락 방지 (Leakage Prevention)	감축 활동이 다른 지역에서의 배출 증가로 이어지지 않도록 방지 조치가 있어야 함.

단일성(No Double Counting)	동일한 감축량이 여러 국가나 기업에 중복 보고되거나 크레딧으로 이중 발급되지 않도록 보장되어야 함.
지속가능성(Sustainable Development Co-benefits)	사회적, 생태적 측면에서도 부정적 영향을 최소화하고, 가능하다면 공동 편익(co-benefits)을 창출하는 것이 바람직함.
투명성(Transparency)	프로젝트 정보, 배출 감축량, 검증 절차 등에 대한 충분한 공개가 이뤄져야 함.
MRV 체계 (Measurement, Reporting, Verification)	측정-보고-검증 절차가 명확하게 정립되어 있고, 표준화된 가이드라인에 따라 실행되어야 함.

이처럼 탄소시장의 성장은 곧 기후기술 수요의 확대를 의미하며, 양자는 서로 상승작용을 일으키는 구조적 관계에 있다. 그러나 이러한 VCM의 확대는 동시에 구조적 도전과제도 동반하고 있다. 2025년 CFA Institute 보고서에 따르면, VCM은 탄소제거 기술을 포함한 혁신적 감축 기술의 개발과 자본 유치에 기여할 수 있는 잠재력이 크지만, 여전히 기준의 불일치, 검증체계의 미비, 위험분석 도구 부재, 정보 비대칭 등으로 인해 시장 기능이 제한되고 있다고 지적된다. 이러한 한계는 곧 고품질 감축 프로젝트에 대한 신뢰 확보와 초기 진입 유인 부재로 이어질 수 있다.

(2) 잠재적 탄소감축량 평가 방법론

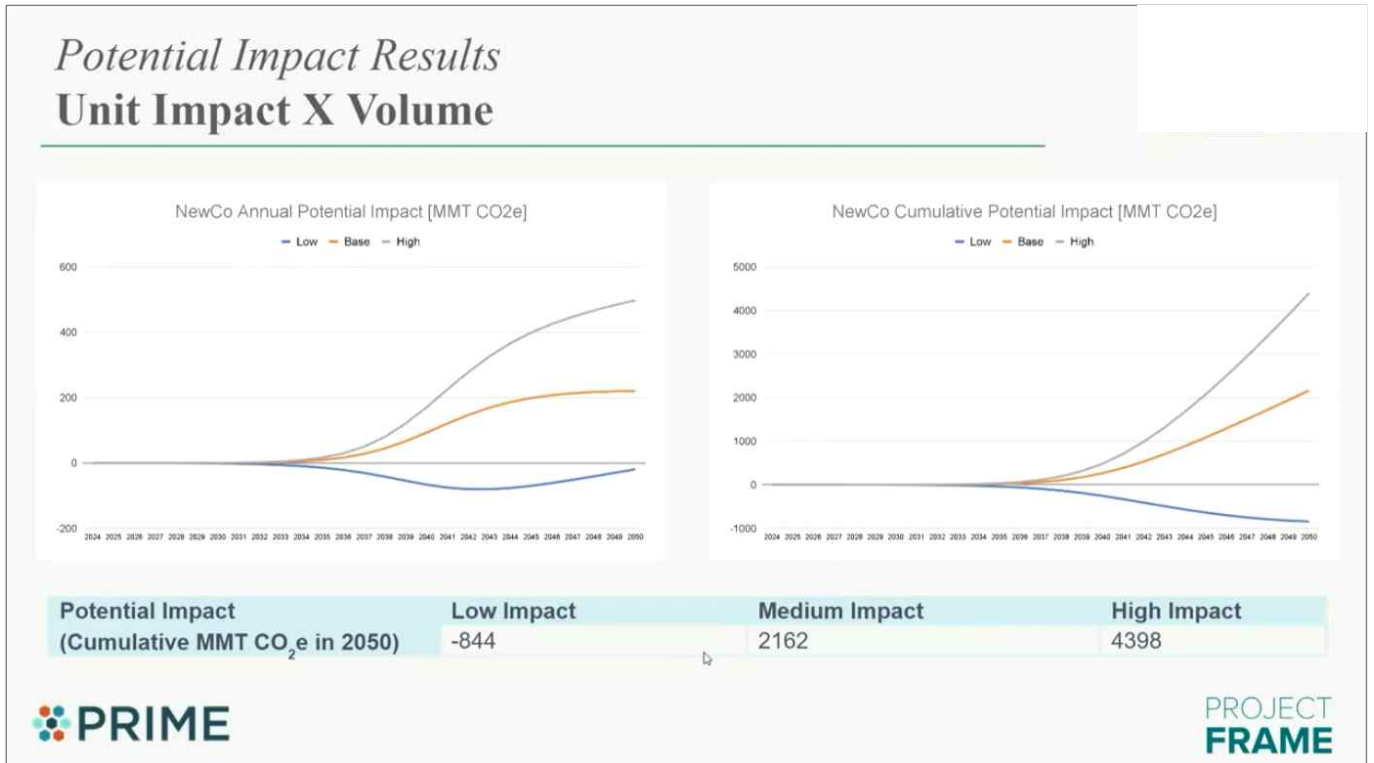
이러한 맥락에서, 미국 Prime Coalition의 CRANE(Carbon Reduction Assessment for New Enterprises) 모델은 초기기술의 미래 감축량을 정량화하고 이를 정책·투자 결정을 위한 지표로 활용할 수 있게 설계된 대표적 사례다. CRANE은 기술 기반 스타트업이 미래에 얼마나 많은 온실가스를 감축할 수 있을지를 추정하기 위한 미래 탄소 감축 잠재력(ERP: Emissions Reduction Potential) 평가 도구다. 해당 모델은 기술의 시장 진입 시점, 확산 속도, 적용 가능 시장 범위, 경쟁 기술과의 감축 차별성 등을 바탕으로 정량적 감축량을 시뮬레이션한다. 이는 EPC에서 요구하는 "잠재 감축 기반 사전 보상 시스템"과 구조적으로 유사하며, 기술성과 시장성을 동시에 고려한 잠재 탄소 자산화 모델로 평가할 수 있다.

CRANE 모델은 크게 세 가지 시장 단계를 정의한다:

- Established Market: 기존 대체 기술이 널리 보급된 영역
- Target Market: 해당 기술이 기술적·경제적으로 진입 가능한 잠재 시장
- Emerging Market: 장기적으로 확장 가능한 잠재 시장

이때 감축량 추정은 시장 침투율 곡선(S-curve) 기반의 수학적 로지스틱 함수를 사용하여 연도별 감축량을 누적·예측하며, 기술 적용 범위(Market Penetration)와 시간 축 상의 확산 속도를 조정 변수로 활용한다. 이는 향후 EPC 적용 시 기술별 ERP(Emissions Reduction Potential) 평가 기준 정립에 직접적인 참고가 될 수 있다.

[그림 3] CRANE 적용 사례 - Green Ammonia NewCo (2050 전망)



출처: Prime Coalition 유튜브

CRANE 모델의 대표 사례로는 기후테크 전문 투자사 Eclipse Ventures의 지원을 받은 전기 보트 스타트업 Arc Boats의 감축 잠재력 분석이 있다. 해당 기업은 200kWh 이상의 배터리 팩을 탑재한 고속 전기 보트를 개발하여 기존 내연기관 기반 보트 대비 약 90.9%의 탄소 감축 효과를 기대할 수 있다. CRANE 분석에 따르면, 연간 시장 침투율을 보수적으로 9%로 설정할 경우 2040년까지 총 약 27MtCO₂의 감축이 가능할 것으로 추정되었다. [그림 5]에 표기된 바와 같이 시장 규모, 침투율, 누적 감축량이 시각화되어 있으며, 해당 수치는 정책·금융 연계 인센티브 설계의 근거 자료로 활용될 수 있다.

EPC 적용을 위한 정량 평가 체계 수립 차원에서 현재 국내 탄소시장 및 감축 정책은 ‘성과 기반 보상’ 중심이나, 고위험·고효율 기후기술을 조기 유입하기 위해서는 사전 감축량(ERP) 기반의 선인센티브 구조가 필요하다. CRANE은 단순 감축량뿐 아니라 ‘해당 기술이 시장에서 얼마나 빠르게 확산될 수 있는가’에 대한 판단을 가능케 하여 기술 상용화 가능성과 정책 연계 시급성을 판단하는 정량 지표로 기능할 수 있다. 하지만, 국내 적용을 위한 현지화 차원에서 기술별 MAC 곡선, 한국형 K-택소노미 연계 가능성, 보급 확산 구조에 따른 탄소시장 진입 장벽 등을 고려한 EPC형 CRANE 커스터마이징이 필요하다. 결론적으로 Prime Coalition의 CRANE은 EPC 메커니즘 설계에 있어 실질적인 시사점을 제공한다. 시장 기반 평가, 확산 예측, 기술별 ERP 도출은 EPC의 사전 등록-사후 검증-신용 부여 구조를 기술별로 체계화할 수 있는 가능성을 시사하며, 향후 한국형 EPC 메커니즘 정립 과정에서 중요한 벤치마크가 될 수 있다. 특히 정부와 민간이 공동으로 기후기술 사전 감축 평가 데이터베이스 구축 및 정책적 활용 체계를 마련할 경우, EPC의 제도화 가능성은 보다 현실적인 대안으로 부상할 수 있다.

나. 국내 공공영역 내 유사 메커니즘

국내 공공 영역에서도 유사한 정량 평가형 시스템이 존재한다. 기술보증기금의 탄소가치평가시스템은 기술사업이 발생시킬 것으로 예상되는 감축량을 정량 산정하고 이를 화폐 가치로 환산한다. 감축량 추정, 할인율 적용, 탄소가격 반영 등의 요소는 EPC 모델이 필요로 하는 정량적 기반과 구조적으로 상당 부분 겹치며, 이를 정책금융과 연계할 경우 실증적 인센티브 설계의 기초 인프라로 확대 적용할 수 있음을 시사한다. 특히 이 시스템은 국내 이미 정책금융 결정에 활용되고 있어 EPC 제도화 시 정량 기반 가치평가 인프라로 실용적 적용 가능성이 높다. 해당 시스템은 기술사업의 연도별 온실가스 추정감축량(GHG Estimated Reduction), 기술의 유효 적용기간(감축 산정기간), 시장·정책·기술적 리스크를 반영한 할인율(r), 국내외 탄소시장 가격(P) 등을 변수로 활용한다. 이를 통해 다음과 같은 할인 현금흐름 기반 수식으로 감축 가치를 평가한다. 이러한 정량화 방식은 단순 탄소배출량 산정을 넘어 시장가치 기반 인센티브 설계를 위한 평가모델로 기능할 수 있으며, EPC 보상 메커니즘과 구조적으로 거의 일치한다.

기보는 해당 모델을 실무적으로 두 가지 유형의 기술사업에 적용하고 있다. 첫째는 직접적인 감축 프로젝트(예: CCUS, 신재생에너지 발전사업 등)로 기술 자체가 감축 활동의 주체가 되는 경우이다. 둘째는 감축 제품 혹은 감축 지원형 기술(예: 고효율 설비, 탄소관리 IoT 시스템 등)로, 해당 제품의 확산이 간접적으로 감축 활동을 가능케 하는 경우이다. 특히 후자의 경우, 제품이 기여한 감축분에 대한 비율 산정을 통해 온실가스 감축 기여도를 수치화하고, 이를 기반으로 보증 및 금융지원을 연계하는 방식으로 활용되고 있다.

EPC 메커니즘의 구조와 비교할 때 기술보증기금의 모델은 ERP(Estimated Reduction Potential) 기반 사전평가 체계의 국내 적용 가능성을 실증적으로 보여주는 사례로 볼 수 있다. 이미 국내 제도 환경에서 작동하고 있으며, 사전 감축량 추정 → 리스크 할인 → 탄소가치 산출 → 정책금융 연계라는 흐름은 EPC 설계 방향과도 정확히 일치한다. 이로 인해 기보의 시스템은 EPC 제도화를 위한 평가 프레임워크로 전환 및 확장 적용이 가능하다. 향후 EPC 적용 시에는 기보 모델을 기반으로 ERP 기준을 정립하되, 국제적으로 통용되는 CRANE 모델 등과의 정합성을 확보하는 작업이 병행되어야 한다. 특히 감축량 산정의 신뢰성 확보를 위해 기술별 사전 감축 추정 가이드라인을 마련하고, 위험 조정 할인율 산정 기준을 제도화하는 것이 필요하다. 또한 탄소가격의 변동성을 반영하기 위한 시나리오 기반 평가 체계와 K-ETS 또는 탄소세 등 기존 제도와의 상호 연계 가능성 검토도 선결 과제로 제기된다.

결과적으로, 기술보증기금의 탄소가치평가시스템은 EPC 메커니즘의 현실적 적용 가능성을 검토하는 데 있어 가장 유의미한 국내 모델로 작동할 수 있다. 본 모델의 구조와 작동원리를 EPC 설계에 반영한다면, 정량적 신뢰 기반의 감축 평가, 사전 인센티브 설계, 금융 연계 촉진 등 EPC가 지향하는 핵심 메커니즘을 구현하는 데 크게 기여할 수 있을 것이다. 이는 단지 기보 시스템의 확장 활용에 그치지 않고 기후기술 기반 탄소시장 활성화와 민간 자본 유입 확대를 위한 실질적 제도화 전략으로 이어질 수 있다.

[그림 4] 기술보증기금 탄소가치평가 절차



출처: 중소벤처기업부 홈페이지(2024)

정책 설계 측면에서는 2026년 14월 산업부에서 발표한 국내 ‘탄소중립 설비투자 프로젝트 경매사업’이 유사한 운영 메커니즘을 보여준다. 이 사업은 감축량 평가 기반 입찰 및 사후 검증 후 보조금 지급 방식으로 설계되어 있다. 사전 감축 예측과 사후 성과를 결합하고 있다는 점에서 EPC의 구조적 요소 일부를 이미 구현하고 있으며, 이는 EPC 제도 설계 시 초기 정책실험 모델로서 참고가 가능하다. 그러나 아직 초기 단계로서 실증 사례가 없기 때문에 해당 제도가 EPC 메커니즘의 제도화 사례로서 평가될 수 있을 지는 지켜볼 필요가 있다.

다. EPC 제도화를 위한 정책·시장기반 분석

국내 기후테크 산업 생태계의 성장세를 보면, 관련 스타트업 수와 투자 유치 활동이 빠르게 확산되고 있는 모습을 확인할 수 있다. 스타트업얼라이언스의 보고서에 따르면 2025년 기준 국내 기후테크 스타트업은 약 272개에 달하며 특히 클린테크와 카본테크 분야에 투자가 집중되고 있다. 이는 국내 기후테크 분야에 대한 산업계 및 투자자의 관심이 현실적 투자 행동으로 이어지고 있음을 보여준다.

정부 차원에서도 기후테크를 미래 신성장동력으로 육성하기 위한 정책 기조가 강화되는 추세다. 산업연구원 보고서에 따르면 정부가 2027년까지 ‘그린스타트업 1,000개·에비그린유니콘 10개’ 육성을 목표로 설정하는 등 정책적 지원을 확대하고 있으며, 이를 통해 기후테크 기업의 창업 및 투자 유인을 강화하고 있다. 이러한 정부 목표는 기후테크에 대한 정책적 수요와 성장 기대가 매우 높다는 신호로 읽힌다.

사회적 맥락에서도 EPC 개념은 정책·산업계에서 점차 논의가 확산되고 있다. 최근 국내 사회적가치연구원이 주도한 세미나에서는 EPC가 전통적 탄소시장 구조의 한계를 극복하고, 미래 감축 성과에 대한 조기보상을 통해 기술 혁신과 자금 유입을 동시에 유도할 수 있음을 강조한다. 이러한 논의는 EPC가 단순한 개념적 제안이 아니라 정책·시장 환경과 연계된 실용적 대안으로 주목받고 있음을 보여준다.

[그림 5] 사회적가치연구원 EPC 세미나 전경



출처: 연구자 본인

한편, 해외 투자 환경에서도 기후테크 산업에 대한 자본 유입은 지속적인 흐름을 보이고 있다. 블룸버그 등의 자료는 2021년 기후테크 투자가 약 537억 달러로 2016년 대비 8배 이상 증가했다고 밝히며, 글로벌 자금이 기후테크로 유입되는 구조적 흐름을 지적한다. 미국, EU, 중국 등 주요국은 기후테크를 성장동력으로 인식하고 대규모 자원을 투입하고 있어, 글로벌 투자 환경이 더욱 강화되고 있다. 국제 탄소시장 동향도 EPC와 같은 고품질 크레딧 체계의 중요성을 강화한다. 2025 State of the Voluntary Carbon Market 보고서에 따르면 VCM은 고품질 프로젝트 유형으로의 전환을 추진하며, 정량성과 신뢰성 강화가 시장 성숙의 핵심과제로 부상하고 있다.

이처럼 EPC와 같은 정량·신뢰 기반 인센티브 메커니즘이 단지 이론적 개념이 아니라 실질적 시장 확산 가능성을 갖춘 정책 도구임을 보여줬다. 이러한 해석은 기후테크 투자 환경의 변화와 정책·시장 신호에서도 뒷받침된다. 이러한 투자 확대는 단순한 금융 유입을 넘어 정책·시장 구조 변화로 이어지고 있다는 점에서도 중요하다. 예를 들어 한국무역협회(KITA)의 분석에서는 국내 기후테크 투자 전략으로 ‘정책금융을 활용한 위험분담형 금융 구조 구축, 수요 견인을 통한 초기 시장 형성, 실증-스케일업 연계’등을 제안하며, 정책과 금융의 결합이 투자 활성화의 핵심 요소로 평가하고 있다.

또한 국제적인 분석에서도 클린테크 및 탄소 관련 기술에 대한 투자 가치는 여전히 높은 시장 잠재력을 갖는다는 평가가 나온다. 예컨대 피치북 및 딜로이트 보고서는 미국 외에도 중국, 유럽 등 다수 국가에서 기후테크 기업과 투자 활동이 확대되고 있으며, 이는 국가별 산업 생태계가 기후테크를 주요 전략 기술로 수용하고 있다는 증거로 제시되고 있다.

이러한 국내외 투자 동향과 정책적 관심은 정량적 평가모형에 대한 수요 증가와도 연결된다. 투자자와 규제기관 모두 기술의 미래 감축 효과를 객관적으로 평가할 필요가 커지고 있기 때문에, CRANE과 같은 정량 기반 평가모형 또는 탄소가치평가시스템과 같은 정량적 프레임워크에 대한 관심과 활용 가능성이 확대되고 있다는 사회적 신호가 포착된다.

2. 이해관계자 인식 분석 결과

가. 정책기관 및 공공부문의 인식: 자발적 탄소시장 확대와 정책적 필요성 인식

국내외 자발적 탄소시장과 기후테크 정책 환경이 빠르게 변화하는 가운데, 본 연구는 EPC 메커니즘의 제도화 가능성과 사회적 수용성을 평가하기 위해 다양한 이해관계자들의 인식과 태도를 체계적으로 조사·분석하였다. 조사 대상에는 정책기관, 금융기관, 기술기업, 인증기관, 시민사회 등 주요 행위자 집단이 포함되었으며, 반구조화 인터뷰와 세미나 분석을 병행하였다.

다수의 정책기관 관계자들은 최근 자발적 탄소시장의 성장과 고품질 크레딧에 대한 국제적 요구가 뚜렷해지고 있다는 점을 공통적으로 지적하였다. 자발적 탄소시장은 기존 규제시장(Compliance Market)과 달리 감축 의무가 없는 기업이나 기관도 참여 가능한 구조를 갖고 있어 빠르게 확장되고 있으며, 특히 금융회사들이 VCM 시장에 직접 진입하거나 관련 플랫폼 개발에 나서는 사례가 증가하고 있다. 이는 민간 주도의 감축 활동이 단순한 환경 활동을 넘어 기후금융의 핵심 축으로 인식되기 시작했음을 보여주는 신호로 해석된다.

정책 당국은 이러한 흐름 속에서 기술 기반 감축 프로젝트를 제도적으로 뒷받침할 수 있는 새로운 정책 수단의 필요성을 인식하고 있으며, EPC와 같은 조기 인센티브 메커니즘이 향후 정책 포트폴리오의 하나로 검토될 수 있다는 점을 시사하였다.

정책금융기관 및 공공 부문의 인터뷰에서는 EPC와 같은 사전 보상형 인센티브 메커니즘이 기술 초기단계의 자금조달 리스크를 낮추고 민간 투자 참여를 확대할 수 있다는 평가가 주류를 이뤘다. 특히 자발적 탄소시장 성장에 따른 탄소 프로젝트 및 크레딧 품질 기준의 필요성이 국제적으로 대두되고 있다는 점이 중요한 전제로 제시되었다. 이는 EPC가 단순한 국내 정책 실험을 넘어 글로벌 VCM 동향과 정합될 수 있는 잠재력을 지님을 시사한다.

나. 민간 금융기관·투자자 및 기술기업의 인식: 조건부 수용과 실질적 기대

민간 금융기관과 투자자의 반응은 보다 현실적이고 조건부였다. 이들 그룹은 EPC 기반 크레딧이 MRV(측정·보고·검증) 체계의 투명성과 정량적 평가 기준을 갖출 경우, 투자 상품화가 가능해질 수 있으며 ESG 투자 전략과 결합할 수 있다는 시각을 보였다. 특히 세계 주요 금융회사들이 VCM 관련 플랫폼 개발 및 기술 투자에 적극적으로 참여하고 있다는 보도자료는 민간 자본이 기후감축 메커니즘으로 이동할 구조적 동인을 보여준다.

기술기업 및 기술개발자는 EPC가 혁신 기술의 상용화 전에 투자 유인과 리스크 완화를 동시에 제공하는 방안으로 기능할 수 있음을 강조하였다. 그러나 이들은 감축량의 정량화와 보상 예측 가능성이 확보되지 않을 경우 EPC 제도가 실제 장벽으로 작용할 위험도 언급하였다. 이는 CRANE等 사전 감축 예측 모델과 결합한 정량 평가 체계가 EPC 수용성의 핵심 조건임을 시사한다.

다. 시민사회 및 환경단체의 인식: 조건부 지지와 신뢰 확보 요구

시민사회 및 환경단체 역시 EPC의 정책적 취지와 기후테크 확산 필요성에 대해서는 일정 수준 공감하는 입장을 보였다. 그러나 이들 그룹은 감축량 검증의 투명성과 과잉 상쇄(over-offsetting)에 대한 우려를 강하게 제기하였다. 특히 외부 상쇄가 기업의 내부 감축 노력을 저해하지 않도록 제도 설계가 이루어져야 하며, EPC 관련 의사결정 과정에서 데이터 접근성과 정보 공개가 충분히 보장되어야 한다는 점을 강조하였다.

이러한 인식은 자발적 탄소시장에서 크레딧의 품질과 투명성 강화가 지속가능한 시장 성숙의 핵심 과제로 지적되고 있다는 최근 보고서 및 국제 논의와도 일치한다. 즉, EPC가 사회적 신뢰를 확

보하기 위해서는 기술적 정량성뿐 아니라 공공성과 투명성을 제도 설계 단계에서부터 내재화할 필요가 있다는 점을 시사한다.

3. 시나리오 기반 정량 분석 결과

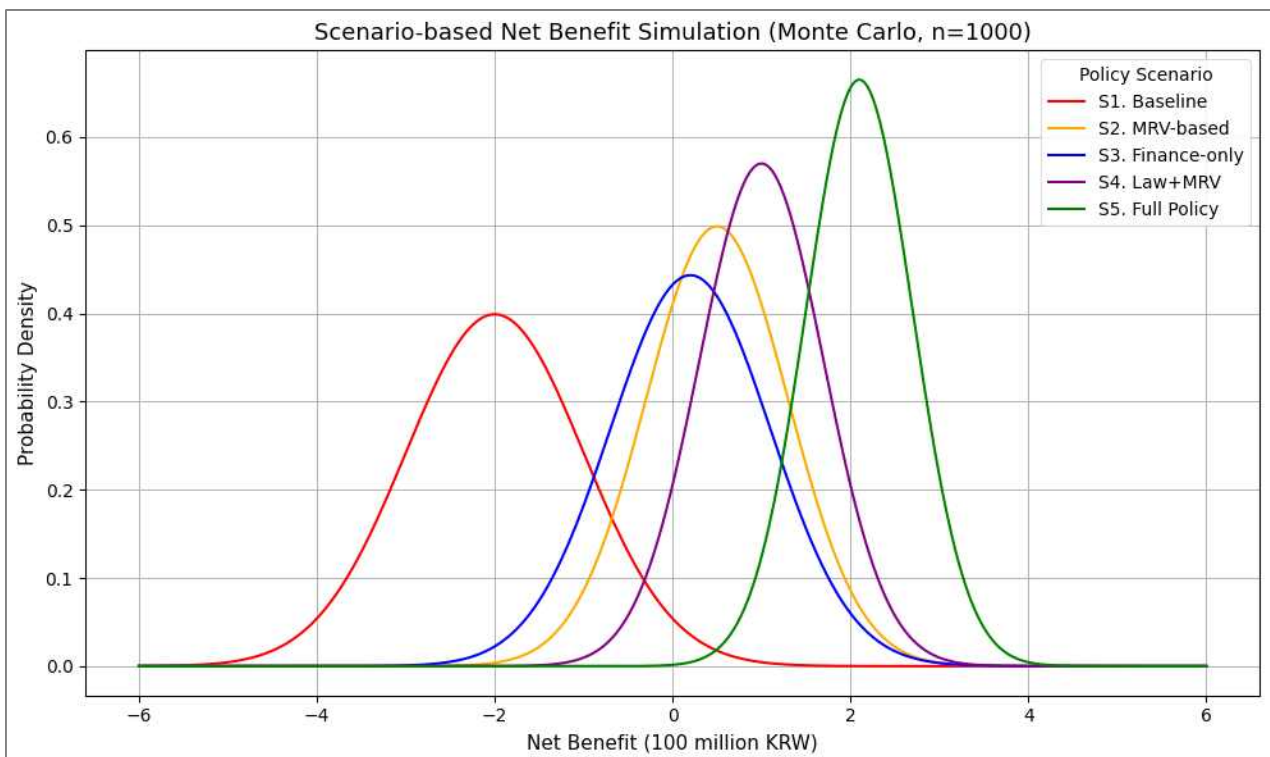
정성적 인식 조사 결과는 EPC의 정책 타당성을 뒷받침하였지만, 정책 설계의 최적 조합을 식별하기 위해서는 EPC 구성요소의 정량적 효과 분석이 필수적이다. 이에 본 연구는 네 가지 핵심 정책 요소—① 법제화, ② 디지털 MRV 인프라, ③ 정량적 가치평가 체계, ④ 정책금융 연계—를 독립 변수로 설정하고, EPC를 통해 발생 가능한 순편익(benefit)을 도출하는 시나리오 기반 정량 분석을 수행하였다.

시나리오 분석은 DAC, 바이오차, 바이오메탄(Bio-CNG) 세 가지 기술군을 중심으로 설계되었다. 이들 기술군은 모두 정량적 MRV 가능성과 국제 방법론(Verra/Gold Standard)의 적용 가능성을 갖추고 있으며, 자발적 탄소시장 내에서 고품질 크레딧 공급원으로 인식되고 있다.

각 기술군에 대해 감축량(Q), 감축 비용(C), 크레딧 가격(P), 감축 신뢰도(α) 등을 변수로 설정하고, 다음과 같은 기본 산식(순편익= $Q \times P \times \alpha - C$)을 적용하였다. 시뮬레이션은 몬테카를로 기법을 활용하여 1,000회 반복 수행되었으며, 정책 요소는 다음과 같이 정량적으로 반영되었다:

- 법제화: 감축 신뢰도 α 에 +10% 보정
- 디지털 MRV 인프라: 감축량 추정의 표준편차를 감소
- 정량적 가치평가: 신뢰도 범위 상향 조정
- 정책금융 연계: 감축 비용 20~30% 절감

[그림 6] 몬테카를로 시뮬레이션을 통한 확률밀도



[표 4] 시나리오 별 결과 요약표

시나리오	평균순편익(억원)	양(+의 순편익 비율(%))	감축 신뢰도 계수(α)
S1. 기본형	-1.5	약 35	낮음 (~0.3)
S2. MRV 기반 평가형	+0.5	약 68%	보통 (~0.6)
S3. 금융 중심형	-0.3	약 45%	낮음 (~0.3)
S4. 법제화+MRV형	+1.2	약 80%	중간~높음 (~0.75)
S5. 정합적 조합형	+2.1	약 90%	높음 (~0.85)

총 다섯 가지 정책 조합 시나리오(S1~S5)를 구성하고 시뮬레이션을 적용한 결과 다음과 같은 경향이 확인되었다:

- S1 (기본형: 정책 부재): 평균 순편익은 음(-)의 값을 나타냈으며, 모든 기술군에서 양(+의 순편익 확률이 40% 미만으로 매우 낮았다. 제도적 기반 없이 EPC를 운영할 경우 시장 신뢰 확보가 어렵고, 정책효과도 미미함을 보여주는 결과이다.
- S2 (MRV 기반 평가형): 감축량 추정의 정확성이 향상되며 분포가 다소 개선되었으나, 신뢰도·보상 수준이 충분치 않아 평균 순편익이 0에 근접하거나 기술군별로 편차가 컸다.
- S3 (정책금융 중심형): 감축 비용 감소로 인한 효과는 확인되었으나, MRV·법제화가 부재한 상태에서는 여전히 신뢰 부족으로 인해 고정된 성과 창출에 어려움이 있었다.
- S4 (법제화+MRV형): 제도 기반이 구축된 시나리오에서는 양(+의 순편익 확률이 70% 이상으로 증가하며, 정책 요소 간 결합 효과가 확인되었다.
- S5 (정합적 조합형: All Policy In Place): 평균 순편익 +2.1억 원, 양의 순편익 확률 89.3%로 가장 우수한 성과가 도출되었다. 특히 DAC처럼 고비용·고위험 기술에서도 신뢰도 개선과 비용 절감 효과가 반영되며 경제성이 확보되었다.

이러한 분석 결과는 EPC 메커니즘이 단일 정책 수단으로는 효과를 담보하기 어렵고, 법제화-검증-평가-금융이 통합된 복합 정책 구조로 설계되어야 실질적인 효과를 낼 수 있다는 점을 실증적으로 보여준다. 특히 정책적 신뢰도 개선과 시장 유인 설계가 병행될 때 기술 기반 크레딧의 조기확산 가능성도 함께 높아진다.

IV. 정책 제언

EPC(Environmental Protection Credit)는 실증 이전 단계의 기술에 조기 인센티브를 부여할 수 있는 구조를 갖추고 있어, 기후테크 산업의 초기 진입 장벽을 해소하고 민간 자본 유입을 촉진하는 전략적 메커니즘으로 기능할 수 있다.

따라서 향후 「기후테크산업육성특별법」 또는 관련 정책 내에 EPC를 제도화된 신호(signal)로 포함하는 방안을 고려해야 하며, 특히 EPC 기반 크레딧이 ICVCM 기준을 충족하거나 CAD Trust에 등록될 경우, 국제 탄소시장과의 연계성 측면에서도 의미 있는 제도적 기반이 될 수 있다.

이를 위해서는 고품질 크레딧 발행을 위해서는 정량 기반의 디지털 MRV 체계 구축이 필수적이며, 위성·IoT·블록체인 등 첨단 기술 기반의 검증 수단과 더불어 감축 신뢰도, 기술 성숙도(TRL), 적용 범위 등을 반영한 정량적 가치평가 기준이 마련되어야 한다. 이러한 기준은 공공-민간 공동의 사전평가 체계로 제도화되어야 하며, EPC는 법제화(제도), MRV(인프라), 정책금융(재정), 선구매 계약(시장) 등 정책요소가 통합적으로 작동할 때 가장 큰 효과를 발휘한다.

본 연구의 시나리오 기반 정량분석 결과에 따르면, 이 네 가지 요소가 결합된 정합적 정책조합 하에서 가장 높은 순편익이 도출되었으며, 감축량의 정량화와 신뢰도 확보 여부가 경제적 효과에 결정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 EPC는 단일 제도가 아닌 통합형 인센티브 패키지로 설계되어야 하며, 탄소시장, 기술검증(MRV), 정책금융이 분절적으로 작동하는 기존 구조를 연결하는 '중간 메커니즘'으로 기능할 수 있다. 특히 VCM, ESG 투자, 공공조달 등과의 연계를 통해 EPC 기반 기술이 실질적 시장 확산으로 이어질 수 있도록 유도하고, 향후에는 선구매 계약, 조기 성과 기반 보증제도, 탄소세 감면 연계 등도 전략적으로 활용할 수 있을 것이다.

VI. 향후 연구 계획

본 연구는 EPC 메커니즘이 기후테크 산업의 조기 확산과 민간 투자 활성화를 위한 전략적 인센티브 구조로 기능할 수 있음을 실증적으로 검토하였다. 다만, EPC의 실효성은 단순 개념 도입을 넘어 구체적인 제도 설계와 시장 메커니즘 통합, 그리고 이해관계자 수용 가능성에 대한 다층적 분석을 통해 보완될 필요가 있다. 이에 따라 향후 본 연구자는 다음과 같은 주제를 중심으로 후속 연구를 진행할 계획이다.

우선, 현재 진행 중인 「기후테크산업육성특별법」의 입법 효과에 대한 구조적 분석을 진행하고자 한다. 해당 법안에 EPC 제도와 유사한 조항들이 포함될 경우, 이것이 실제 시장에서 민간 투자자, 기술기업, 금융기관 등에 어떤 신호를 제공하는지를 실증적으로 평가할 예정이다. 이를 위해 MSCI 탄소시장 데이터, 국내외 자발적 탄소시장(VCM) 사례, ESG 투자 전략 등을 연계한 계량 분석을 실시하고자 한다.

또한, 탄소 크레딧의 품질 요소(예: MRV 투명성, 감축 신뢰도, 국제 인증 등)가 시장 가격에 어떤 영향을 미치는지를 헤도닉 가격 모형 등을 활용해 분석할 계획이다. 이를 통해 EPC 메커니즘이 고품질 크레딧의 조기 신호로서 작동할 수 있는지 여부를 통계적으로 확인하고자 한다.

이와 함께 민간 기업의 크레딧 수요 구조를 분석하는 연구도 함께 병행할 계획이다. 기업들이 어떤 기술 기반 크레딧을 선호하는지, 어떤 보상 구조와 투명성 조건을 신뢰 기반 수단으로 인식하는지에 대해 MSCI Carbon Market 데이터셋 내 거래 데이터 분석을 통해 파악하고, EPC 제도의 실효

성을 높이기 위한 수요자 중심 정책 설계 방향을 제시하고자 한다.

이와 같은 후속 연구를 통해 EPC 메커니즘은 개념적 제안을 넘어, 한국형 기후테크 생태계에 실질적으로 기여하는 정책 도구로서 정착할 수 있을 것이다. 동시에 자발적 탄소시장의 제도화와 고품질 크레딧 시장의 성숙에도 중요한 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

[별첨1]

참 고 문 헌

1) 국내 문헌

- 고려대학교 미래성장연구원. (2024). 탄소중립 시대의 국내 기후테크 산업 육성 정책.
- 국가녹색기술연구소. (2017). 신기후체제 이행을 위한 기후금융 조성 및 운영 방안 연구.
- 기획재정부. (2024. 5). 유엔기후변화협약 사무국, 글로벌녹색성장기구와 협력하여 ‘글로벌 자발적 탄소시장(GVCM)’ 구축 추진 (보도자료).
- 금융위원회. (2024. 12). 제6차 기후금융 TF 및 ‘24년 기후금융 추진현황 (보도자료).
- 머니투데이. (2023. 7. 31). “CO2 줄이면 보상”... 정부, 중기 탄소감축사업에 첫 보상제 도입. <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2023073117434187260>
- 박찬호 외. (2023). 이산화탄소 직접포집(DAC) 및 동시포집전환(RCC) 기술의 우리나라 기술수준 평가 연구: 델파이 방법을 활용한 전문가 설문을 중심으로. 에너지공학회논문집, 32(4), 285-296.
- 서울대학교 기후테크센터. (2024. 10). 국가 기후테크 육성 종합전략.
- 서울연구원. (2025). 시민 실천 중심 ‘서울형 자발적 탄소시장’ 도입방안.
- 유정민, 이윤혜. (2025). 시민 실천 중심 ‘서울형 자발적 탄소시장’ 도입방안. 서울연구원.
- 이호무. (2024). 탄소중립 시대의 국내 기후테크 산업 육성 정책. 미래성장연구, 9(2), 91-105.
- SK사회적가치연구원. (n.d.). EPC(Environmental Protection Credit) 메커니즘. (접속일: 2025. 6. 23). <https://www.cses.re.kr/business/epc.do>
- 정인석 외. (2023). 탄소중립 시대 기후기술의 경제·산업적 활용을 위한 연구. 국가과학기술연구회.
- 중소벤처기업부. (2023. 7. 31). 「탄소감축 기술 사업화 지원사업」 2차 모집 공고. <https://www.mss.go.kr/site/smba/ex/bbs/View.do?cbIdx=86&bcIdx=1033588&parentSeq=1033588>
- 자본시장연구원. (2023). 탄소중립을 위한 기후금융 발전 과제.
- 하나금융연구소. (2023). 기후테크 투자 동향 및 활성화 방향.
- 한국은행. (2024). 탄소중립경제로의 길: 우리나라 기후테크의 현황과 과제.
- 한국은행 경제연구원. (2024. 12). 탄소중립경제로의 길: 우리나라 기후테크의 현황과 과제.
- 한국외국어대학교. (2023). 탄소중립 시대 기후기술의 경제·산업적 활용을 위한 연구.

2) 해외 문헌

- AlliedOffsets. (2025). Voluntary carbon market reports. <https://www.alliedoffsets.com>
- BCG (Boston Consulting Group). (2022). The next frontier in climate tech: Closing the funding gap.
- BloombergNEF. (2024). Carbon removal market outlook 2024.
- Carbon Credits. (2024). What is carbon dioxide removal? Top buyers and sellers of CDR credits in 2024. <https://carboncredits.com/>
- Carbon Market Institute. (2024). Carbon market dynamics in Asia-Pacific.
- CDR.fyi. (2024). 2024 year in review. <https://www.cdr.fyi/blog/2024-year-in-review>
- CDR.fyi. (2024). State of CDR market Q1 2024. <https://www.cdr.fyi>
- Climate Action Data Trust (CAD Trust). (n.d.). Climate Action Data Trust (CAD Trust). 접속일: 2026. 1. 3

- Climate Policy Initiative (CPI). (2023). Global landscape of climate finance 2023.
- Deloitte & The Wall Street Journal. (2022). Global net zero gap and the role of climate tech.
- Environmental Defense Fund (EDF). (2022). The role of digital MRV in scaling high-integrity carbon markets.
- Ernst & Young (EY). (2024). Can carbon become a new commodity class?
- Frontier Climate. (2023). Market-led advance market commitment for carbon removal. <https://frontierclimate.com/>
- GGGI & UNFCCC. (2025). 글로벌 자발적 탄소시장(GVCM) 구축을 위한 협력 양해각서 [Press release].
- Gold Standard. (2024). What is a carbon credit worth? <https://www.goldstandard.org/news/what-is-a-carbon-credit-worth>
- Government of Japan, Ministry of the Environment (MOEJ). (2024). The Joint Crediting Mechanism (JCM) Portal. <https://www.env.go.jp/en/earth/ondanka/mechanism/>
- IGES (Institute for Global Environmental Strategies). (2023). Status and trends of the Joint Crediting Mechanism (JCM). <https://www.iges.or.jp>
- Insurance Journal. (2024. 3. 20). CFC introduces carbon delivery insurance policy. <https://www.insurancejournal.com/news/national/2024/03/20/765684.htm>
- International Energy Agency. (2022). Tracking clean energy innovation. <https://www.iea.org>
- Integrity Council for the Voluntary Carbon Market (ICVCM). (2023). Core Carbon Principles (CCPs) and Assessment Framework.
- IPCC. (2023). AR6 Synthesis report: Climate change 2023. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr>
- Kita Earth. (2023). Insurance innovation for carbon removal projects. <https://www.kita.earth>
- Kita Earth. (2025. 6. 27). The critical role of insurance in ensuring the integrity of carbon credits in the VCM 2.0. <https://www.kita.earth/blog/critical-role-of-insurance-integrity-of-carbon-credits-in-the-vc>
- KPMG Korea. (2024). 기후테크 시장화와 투자시장 연계 필요성 분석 [Internal report].
- Maryland Energy Innovation Accelerator. (2020. 7. 21). Two more valleys of death for hard science tech. <https://mdeia.org/blog/f/two-more-valleys-of-death-for-hard-science-tech?blogcategory=News&ref=ctvc.co>
- McKinsey & Company. (2021. 10. 28). Putting carbon markets to work on the path to net zero. <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/putting-carbon-markets-to-work-on-the-path-to-net-zero>
- McKinsey & Company. (2024. 1. 26). A different high-growth story: The unique challenges of climate tech. <https://www.mckinsey.com/capabilities/strategy-and-corporate-finance/our-insights/a-different-high-growth-story-the-unique-challenges-of-climate-tech>
- MSCI. (n.d.). Voluntary Carbon Market / Carbon Markets Dashboard (data service). 접속일: 2026. 1. 20
- Ministry of Foreign Affairs of Japan. (2025. 5. 28). Joint Crediting Mechanism (JCM). https://www.mofa.go.jp/ic/ch/page1we_000105.html
- OECD. (2022). Scaling up climate tech finance: Challenges and policy options. <https://www.oecd.org>
- OECD. (2023). Voluntary carbon markets and climate policy: JCM and beyond. <https://www.oecd.org>

- Prime Coalition. (n.d.). CRANE (Carbon Reduction Assessment for New Enterprises). 접속일: 2026. 1. 12.
- Sightline Climate. (2025). Climate tech investment trends: 2024. <https://sightlineclimate.org>
- Singapore Ministry of Sustainability and the Environment (MSE). (2024). Carbon Pricing Act. <https://www.mse.gov.sg/policies/climate-change/carbon-pricing-act>
- Singapore National Environment Agency (NEA). (2023. 12. 19). Eligible carbon credits under the International Carbon Credit Framework <https://www.nea.gov.sg/media/news/news/index/singapore-publishes-eligibility-list-for-international-carbon-credits-under-the-carbon-tax-regime>
- Sylvera. (2024). Carbon credit quality and market integrity report 2024. <https://www.sylvera.com>
- Trove Research. (n.d.). Voluntary Carbon Market data & insights (price/market analytics). 접속일: 2026. 1. 12.
- The Business Research Company. (2025). Climate tech global market report 2025.
- The Business Times. (2025. 6. 1). Carbon tax-paying firms can carry over unused offsets to 2025 due to limited carbon credit supply. <https://www.businesstimes.com.sg/singapore/carbon-tax-paying-firms-can-carry-over-unused-offsets-2025-due-limited-carbon-credit-supply>
- TSVCM. (2021). Taskforce on scaling voluntary carbon markets: Final report. <https://www.iif.com/tsvcm>
- The Wall Street Journal. (2024. 9. 12). Standard Chartered to provide debt financing for carbon-removal project to help scale the industry. <https://www.wsj.com/articles/standard-chartered-to-provide-debt-financing-for-carbon-removal-project-to-help-scale-the-industry-acea7e8e>
- Voluntary Carbon Markets Integrity Initiative (VCMI). (2023). Claims Code of Practice.
- World Bank. (2023). Record high revenues from global carbon pricing near \$100 billion. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/05/21/global-carbon-pricing-revenues-top-a-record-100-billion>
- World Bank. (2023). State and trends of carbon pricing 2023. <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org>

[별첨2] 기후테크 관련 문헌조사 결과

