

신기후체제 협력확대 전략연구  
탄소중립분야의 글로벌RD&D 사업기획 및  
활성화 방안 연구

탄소중립분야의 글로벌RD&D 사업기획 및 활성화 방안 연구

국립녹색기술연구소

신기후체제 협력확대 전략연구

탄소중립분야의 글로벌RD&D 사업기획 및  
활성화 방안 연구

Research on Project Development and Facilitating Global RD&D for Korea's  
Carbon-neutral Technologies

2025.12.



---

연구책임자 신종석 선임연구원

참여연구원 김형주 책임연구원  
정용운·송재령 선임연구원  
정유라·이은주·신희정 연구원

---

공동연구기관 부퍼탈연구소

용역기관 주식회사 코다, UNIST

---



### I. 서론

#### ◆ 제1절 연구의 배경 및 필요성

- ◆ 온실가스 감축과 기후적응을 동시에 달성하기 위한 핵심 수단으로 기후기술의 중요성이 지속적으로 강조되고 있으며, 기후 기술 협력을 활성화 하기 위한 이행 체계를 구축해옴. 우리나라에서도 우수한 국내 기술의 개도국 진출과 현지 기술사업화를 추진하고 있으며, 이를 통해 국가 탄소중립 목표 달성, 글로벌 신시장 선점, 기후 선도국으로서의 위상 제고를 도모함
- ◆ 그러나 기술협력의 지속가능성 측면에서는 여전히 구조적 한계가 존재함. 현재의 협력구조가 공여 중심의 일방적 수혜 형태에 머물러 있어, 공급자 측의 지속가능한 참여 유인 및 민간 부문 참여 확대 측면에서는 한계가 존재함
- ◆ 국제협력 측면에서의 구조적 제약뿐만 아니라, 국내 기후기술 산업의 기반 자체도 자원·시장·제도 요인이 복합적으로 작용하면서, 상업화 단계로의 전환에 구조적 어려움을 겪고 있음. 특히 기술개발에서 상용화로의 전환 과정에서 발생하는 자금 단절, 이른바 ‘죽음의 계곡’ 현상이 기후 기술에서는 더욱 심각하게 발생하고 있으며, 특히 실증 (RD&D) 단계가 주요 데스밸리 단계로 지적됨. 선행 연구에서는 자원의 부족, 제도적 제약, 기후기술 시장의 불확실성 등을 주요 데스밸리 원인으로 지적함
- ◆ 이러한 국내외 제약 요인을 종합할 때, 본 고는 ‘국내 기후기술의 상호호혜적 형태의 개도국 실증 (RD&D) 사업 활성화’를 실질적 해결책으로 제시함. 본 연구는 다음 세 가지 측면에서 이 접근의 필요성을 제시함. ① 공여 중심의 일방향 구조에서 벗어나 공급자 중심의 상호호혜적 협력 체계를 구축함으로써 공급자의 참여 유인을 강화하고 기술 협력과 혁신의 지속가능성을 확보 가능함. ② 개도국의 기후기술 수요 확대 추세를 고려하여 해당 시장을 선점할 경우 시장 불확실성 요인을 완화할 수 있음. ③ 개도국과의 협력을 통해 국내 제도적 제약으로 인한 기후기술의 실증 데스밸리를 완화할 수 있음
- ◆ 개도국 RD&D 사업의 활성화를 통해 기후기술 실증 데스밸리의 극복 가능성이 높지만, 실질적인 RD&D 활성화를 위해서는 여전히 자원 부족과 투자 리스크 완화라는 과제가 남아 있음. 본 고에서는 이러한 자원 부족의 한계를 극복하고, 국내 탄소중립 분야 연구개발자들이 국내외 자원을 확보하는 방향으로 체계적이고 전략적으로 개도국 실증사업을 기획할 수 있도록 기반 체계를 마련하고자 함. 구체적으로, ① 탄소중립 분야 개도국 사업기획의 체계를 마련하고, ② 탄소중립 기술 중 유망기술을 선정하여

실제 사업에 적용·지원하며, ③ 사업 기획 및 지원 과정에서 도출된 교훈을 체계화함으로써, 향후 개도국 실증사업의 활성화 및 지속가능한 추진체계 구축에 기여하고자 함

## ◆ 제2절 논의의 구성

### ◆ 연구의 문제의식과 논의 구조

- ▶ 국내 탄소중립 기술은 R&D 단계의 성과에도 불구하고 TRL 5~7 실증(RD&D) 단계에서 기술·시장·제도 불확실성이 중첩되며 구조적 병목에 직면해 있음
- ▶ 본 연구는 개도국 실증을 개발협력의 부수적 수단이 아닌, 국내 탄소중립 기술을 완성하기 위한 핵심 글로벌 RD&D 경로로 재정의함
- ▶ 이에 따라 논의를 사업기획 중심의 Part I과 정책·제도적 실행 중심의 Part II로 구분함

### ◆ Part I: 개도국향 글로벌 RD&D 사업기획 (제2장·제3장)

- ▶ 제2장은 실증(RD&D)의 구조와 기술실증·사업실증의 구분을 통해 개도국 실증 기반 글로벌 RD&D의 전략적 필요성을 제시하고, 논리모형을 활용해 한국형 탄소중립 100대 기술 중 개도국 실증에 적합한 기술과 과제를 선별하는 사업기획 체계를 구축함
- ▶ 제3장은 제2장의 기획 체계를 국제·국내 자원과 결합해 실행 가능한 글로벌 RD&D 사업으로 구체화함. 호라이즌 유럽을 TRL 5~7 기술실증의 핵심 재원으로 설정하고, DUT·CETP, 국내 공공자원, ODA, MDB, P4G·GCF 등과의 단계적 연계를 통해 기술실증-사업실증-확산으로 이어지는 글로벌 RD&D 사업기획 모델을 제시함.

### ◆ Part II: 글로벌 RD&D 활성화 방안(제4장·제5장)

- ▶ 제4장은 국내 탄소중립 기술의 글로벌 RD&D 추진 현황과 실증 데스밸리의 구조적 원인을 분석하고, 개도국 실증을 국내 실증 한계를 보완하는 정책적 수단으로 재정립함
- ▶ 제5장은 호라이즌 유럽을 중심으로 국내 참여의 전주기 병목을 분석하고, 제도·행정·재원 정합성 관점에서 국가 차원의 전주기 통합 지원체계 구축 필요성을 도출함

### ◆ 논의의 종합적 흐름

- ▶ Part I은 개도국 실증 기반 글로벌 RD&D 사업기획의 실행 모델을 제시하고, Part II는 이를 정책·제도·재원 환경 속에서 구현·확산하기 위한 활성화 방안을 제시함
- ▶ 이를 통해 글로벌 RD&D를 국내 탄소중립 기술정책의 실행 경로로 재정립함

## II. 국내 탄소중립 기술의 글로벌 RD&D 사업기획 체계구축 및 활용

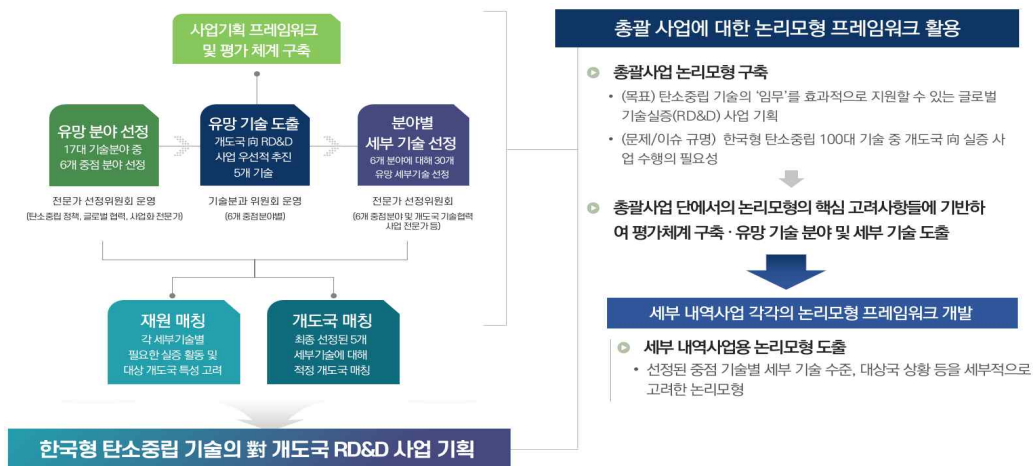
### ◆ 제1절 실증 단계의 이론적 고찰 및 체계

- ◆ 한국은 GDP 대비 세계 최고 수준의 R&D 투자를 유지하고 있음에도 불구하고, 사업화 전환율은 낮은 수준에 머물러 있음
  - ▶ 기술개발과 시장 간의 단절로 인해 ‘죽음의 계곡’ 현상이 지속되고 있으며, 이를 해소할 핵심 요인으로 ‘실증’ 단계의 부재가 지목됨
  - ▶ 본 연구는 실증단계의 구조적 난제를 해결하기 위한 방안으로 ① 단계적 접근(staged approach) 과 ② 글로벌 RD&D의 전략적 활용을 제시함
- ◆ 실증은 기술의 성능, 경제성, 사회적 수용성을 현실 환경에서 검증하는 과정임
  - ▶ 기술적 실증(TRL 5~7)은 기술적 실현 가능성을 검증하는 단계로, 파일럿 및 현장검증 중심의 활동이며, 사업실증(TRL 8~9)은 상용화를 위한 비즈니스 모델 검증과 시장 대응 중심의 단계임
  - ▶ 기술적 불확실성과 시장 불확실성, 제도적 리스크가 복합적으로 작용하는 단계로, 자금공백 및 책임주체의 부재가 가장 큰 장애요인임
  - ▶ 이를 극복하기 위해서는 TRL 단계별로 차별화된 지원체계가 필요하며, 기술실증 성공 후 사업실증으로 전환하는 단계적 실증 로드맵이 필수적임
- ◆ 실증단계는 기술·시장·제도 리스크가 복합된 고난이도 구간으로, 개도국 협력을 통한 글로벌 RD&D가 이를 해소할 핵심 전략임
  - ▶ 개도국은 다양한 기후·제도 조건을 가진 ‘자연 실험실’로서 기술의 내구성과 범용성을 검증할 수 있음
- ◆ 글로벌 RD&D는 기술개발, 실증, 상용화를 포괄하는 국제 공동연구 협력체계로서 다음의 4대 전략적 기능을 수행함
  - ▶ (1) 시장 불확실성 해소: 현지 실증으로 수요·효과 입증
  - ▶ (2) 제도 불확실성 해소: 유연한 규제환경을 활용한 표준·인증 검증
  - ▶ (3) 자원 불확실성 해소: GCF·MDB 등 국제재원 연계
  - ▶ (4) 수요-공급 매칭: 공급자의 기술개발 ‘푸시(push)’와 수요국의 ‘풀(pull)’ 결합
- ◆ ‘한국형 탄소중립 100대 기술’은 국내 환경만으로 실증이 어렵고, 개도국 협력은 이를 보완하는 필수 R&D 경로임
  - ▶ 이는 개도국을 수동적 수혜자가 아닌 공동 혁신 파트너(co-innovator) 로 재정의하는 상호호혜적 모델임
  - ▶ “도와주는 협력”에서 “함께 기술을 완성하는 협력”으로의 패러다임 전환을 통해, 국내 기술의 글로벌 경쟁력을 강화함

## ◆ 제2절 글로벌 RD&D 사업기획 체계의 구성

- ◆ 본 연구에서는 사업기획의 체계성과 논리적 일관성을 제고하기 위하여 논리 모형(Logic Model)을 도입하고, ‘개도국 한국형 탄소중립 기술의 RD&D 사업기획’을 목적으로 하는 맞춤형 논리모형을 개발함
- ◆ 논리모형은 사업의 기획 단계, 실행 단계, 평가 단계 등 전 주기에 걸쳐 활용될 수 있으며, 특히 기획단계의 논리모형은 사업 설계상의 오류나 추진논리의 불일치를 조기에 발견하고, 사업의 작동 가능성을 사전에 검토하는 데 활용할 수 있음
- ◆ 본 연구에서는 이러한 논리모형의 체계를 기반으로, 개도국 RD&D 실증사업의 기획 체계를 구체화하였으며, 두 단계의 점진적 접근법을 취하였음. 첫째, 총괄사업 수준에서 논리모형 프레임워크를 활용하여 유망기술 평가체계를 구축하고, 이를 통해 탄소중립 분야의 유망 기술 및 세부 기술군을 도출함. 둘째, 도출된 유망 기술을 대상으로 기술별·대상국별·재원별 여건을 반영하여, 개도국 RD&D 실증사업의 세부 기획모형을 논리모형 구조에 따라 설계함

그림 개도국향 RD&D 실증사업 논리모형 프레임워크 (총괄-세부 논리모형 간 연계)



## ◆ 제3절 유망 탄소중립 기술분야의 선정 및 과제 발굴 요약

- ◆ 1절에서 구축한 ‘개도국 한국형 탄소중립 기술의 RD&D 사업기획’ 총괄 논리모형을 활용하여 유망 기술 선정 평가 기준을 수립함. 논리모형 중에서도 특히 ① 문제/이슈 정의와 ② 목표 설정에 중점을 두고, 각 항목을 세분화하여 핵심 고려사항을 지표화하고, 이를 정량적·정성적으로 평가할 수 있도록 구조화함

- ◆ 한국형 100대 탄소중립 핵심기술은 4대 대분류 하에 17대 중분류, 100개 세부기술(소분류), 296개 요소기술로 이루어져 있음. 본 연구에서는 '유망 분야(중분류) → 유망 기술(소분류) → 유망 요소기술(요소기술)'의 단계적 접근을 통해, 국가 차원의 탄소중립 100대 핵심기술 체계에서 개도국 실증(RD&D)에 적합한 기술군을 점진적으로 도출함
- ◆ [1단계] 중점 분야 및 유망 세부 기술 도출: 앞 절에서 제시한 평가지표를 바탕으로, 기술사업화 및 국제협력 전문가로 구성된 선정위원회(총 9인)를 운영하여 중점 기술분야를 도출함. . 전문가위원회는 탄소중립 100대 기술의 17개 중분류 분야를 대상으로, 각 기술군의 개도국 실증(RD&D) 적합성, 국내외 실증 필요성, 정책적 우선순위 등을 종합적으로 검토함. 총 6개의 중점 분야(태양광, 전력저장, 전력망, CCUS, 제로에너지빌딩, 친환경자동차)가 최종적으로 선정됨. 동일한 전문가 선정위원회를 대상으로 각 유망 중분류 분야 내 세부기술(소분류)에 대한 선정 절차도 추가로 진행하였고, 6개 유망 분야에서 총 16개의 세부기술(소분류)이 도출됨
- ◆ [2단계] 유망 요소기술 도출: 선정된 6개 중분류 및 16개 세부기술(소분류)을 대상으로, 각 기술의 특성과 전공 분야의 전문성을 고려하여 전문가 자문위원회(기술별 2인)를 구성함. 위원회는 각 세부기술별로 하위단의 요소기술(Level 4)에 대한 적정성을 검토하고, 개도국 RD&D 실증사업의 추진 타당성을 정성적으로 평가하였으며, 평가 항목은 총괄논리모형의 핵심 구성요소들과 연계되도록 하였음. 총 26개의 요소기술이 개도국 실증(RD&D)에 적합하며, 우선 추진이 필요한 유망 기술군으로 도출됨
- ◆ [3단계] 개도국 수요 조사: 도출된 26개 유망 요소기술을 대상으로 개도국의 기술 수요를 조사하고, 양측의 수요-공급 관점이 정합적으로 교차될 수 있는 기술군을 도출함. 유엔기후변화협약(UNFCCC) 기술 메커니즘(Technology Mechanism) 하에서 기후기술 협력의 주요 실행기구인 기후기술센터·네트워크(CTCN, Climate Technology Centre and Network)의 국가지정기구(National Designated Entity, NDE)를 주요 조사대상으로 설정하였으며, 총 14개 국가의 답변을 받음. 각 국가별로 협력 우선순위인 기술 3개에 대해 조사하였으며, 그 결과 총 5개의 핵심 요소기술이 도출됨 (건물형 태양광, 입지 다변형 태양광, 고출력 리튬이온 전지, 재생에너지 변동성 수용 전력망 운영 및 엔지니어링, 사용 후 이차전지 재사용·재활용 기술)
- ◆ [4단계] 유망과제 후보 도출 및 최종 선정: 앞서 선정된 요소기술들 각각에 대해서 3개의 협력 희망 개도국에 RD&D 하는 사업의 아이디어를 담은 과제개요서를 도출함 (요소기술 당 3개국, 총 15개 후보과제)
- ◆ [5단계] 글로벌 RD&D 유망과제 발굴: 도출된 총 15개의 유망 과제 후보를 대상으로, 전문가 선별위원회(Selection Committee)를 구성하여 최종 글로벌 RD&D

유망과제를 선별하는 절차를 수행. AHP 기법을 활용하여 쌍대비교를 통한 상대적 우선순위를 산정함. 최종선정된 5개 과제에 대해서는 사업기획 전문가 그룹과의 협의를 거쳐 상세 과제서를 개발함

**표** 최종 선정된 5개 유망과제

유망 요소기술	적용 국가	후보과제명
건물형 태양광 기술	말레이시아	말레이시아 고층 상업·공공건물 대상 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV) 실증사업
입지 다변형 태양광 기술	방글라데시	방글라데시 농촌 소규모 맞춤형 영농형 태양광 실증 및 전국 확산 모델 개발
고출력 리튬 이온전지 기술	짐바브웨	짐바브웨 에너지 저장 시스템 강화
재생에너지 변동성 수용 전력망 운영 및 엔지니어링 기술	카자흐스탄	카자흐스탄 재생에너지 확대 대응을 위한 전력망 유연성 확보 및 노후 송배전 효율화 실증
사용후 이차전지 재사용·재활용 기술	스리랑카	스리랑카 재생에너지 통합 및 전기차 충전 인프라 안정화를 위한 사용후 배터리 재사용 실증사업

※ 출처: 저자 작성

- ◆ 본 절의 결과는 제3장에서 제시되는 자원 맞춤형 글로벌 RD&D 사업기획의 기초자료로 활용되며, 향후 호라이즌 유럽(Horizon Europe) 등 다자자원 연계 및 국제협력형 실증사업 추진의 기반이 될 것임

### III. 자원 맞춤형 글로벌 RD&D 사업기획

#### ◆ 제1절 글로벌 RD&D 관점에서 활용 가능한 자원 분석

- ◆ 탄소중립 기술의 개도국향 글로벌 RD&D 사업을 대상으로, 주요 국제·국내 자원의 지원 목적, TRL 범위, 지원 방식, 규모 및 참여 조건을 비교·분석함
- ◆ 국외 자원 분석

자원명	TRL	주요 특징
Horizon Europe	3~8	다국적 컨소시엄 기반 대형 실증프로그램, 한국 준회원 동등 참여
CTCN	6~8	UNFCCC 기술지원, 개도국 파일럿·현지 데모 중심
MDBs(WB·ADB)	6~9	대규모 사업실증·인프라투자, 파일럿 병행
GCF	7~9	블렌디드 파이낸스, 금융·정책 결합형 실증
P4G	7~9	민관 파트너십 기반 실증·시장확산, 최대 100만달러 지원

◆ 국내 재원 분석

재원명	TRL	주요 특징
DUT/CETP(KAIA)	5~7	도시·에너지 분야 국제공동 실증, 국가매칭 구조
K-City Network(KAIA)	8~9	해외 스마트시티 실증·조달 연계
EUREKA(KIAT)	5~8	국제공동R&D, 기업주도 파일럿 실증
산업·에너지 ODA	7~9	개도국 협력 시범·도입형 ODA
KEITI 해외실증	7~9	환경기술 현장검증, 조달 연계
KOICA CTS	4~9	SEED1→2→본사업 단계적 실증지원

◆ 제2절 우선순위 재원 매칭 및 우선순위 설정

◆ TRL 단계별 적합성 비교

- ▶ 호라이즌 유럽은 IA 중심으로 TRL 5~7 기술실증을 강력히 지원하며, 대규모 컨소시엄 구조와 국제 표준화·조달 연계에 유리
- ▶ DUT·CETP는 도시·에너지 분야 특화 재원으로 국가매칭 예산 확보 용이, 초기 실증 병행에 적합함
- ▶ KEITI·KAIA·KOICA·KIAT ODA는 TRL 8~9 단계의 사업실증 및 도입 연계에 강점을 가짐
- ▶ GCF·MDBs·P4G는 스케일업 금융 및 후속 확산을 위한 최종 투자 단계 재원으로 평가됨

◆ 유망과제 후속사업 개발을 위한 국가적절성 및 단·중·장기 로드맵 도출

- ▶ 총 5개 우선협력 과제를 도출함: 농업·에너지 통합, BIPV 건물에너지, 사용후 배터리 ESS·모빌리티, 리튬 전처리·소재, 전력망 유연성·디지털 계통관리
- ▶ 방글라데시는 농업 의존도와 전력 접근성 한계로 영농형 태양광 적용 적합성이 가장 높게 평가됨
- ▶ 말레이시아는 그린빌딩 시장 성숙도와 제도 안정성 측면에서 BIPV 실증 최적 국가로 판단됨
- ▶ 스리랑카는 전력난과 제도 공백으로 사용후 배터리 기반 ESS·e-Mobility 패키지 실증 수요가 큼
- ▶ 짐바브웨는 리튬 자원 집중성과 정부 의지를 고려할 때 핵심광물 공급망 협력의 전략적 가치가 큼
- ▶ 카자흐스탄은 신재생 확대와 데이터센터 수요 증가로 디지털 계통관리 필요성이 높은 국가로 평가

- ▶ 한편, 과제 추진 전주기에 걸친 공통 리스크·로드맵·역할 구조의 통합적 특징을 살펴보면 다음과 같음
  - ▶ 먼저, 과제 전반에서 제도·인허가 불확실성, 토지·안전 기준 충족 부담, 중국산 제품과의 가격 경쟁이 구조적 공통 리스크로 확인됨
  - ▶ 다음으로 대규모 인프라형 과제의 경우 초기 CAPEX 부담, 정치·지정학적 리스크, 장기 투자 회수 구조의 불확실성이 추가적으로 존재함
  - ▶ 단계별로 살펴보면, 단기 단계에서는 기술·정책 타당성 검증과 소규모 파일럿 실증을 중심으로 CTCN TA, KOICA CTS, KEITI 등 공공·기술지원형 재원이 핵심적으로 활용되고, 중기 단계에서는 파일럿 규모 확대와 운영 데이터 축적을 통해 사업모델의 경제성 및 제도 초안을 고도화하는 단계로 전환되며, 장기 단계에서는 GCF, MDB, 민간투자(PPP)를 결합하여 제도화·대형화 및 지속가능한 사업생태계 구축을 지향함
  - ▶ 이 과정에서 연구기관은 제도·정책 분석, 성능 검증, MRV 체계 및 확산 로드맵 수립을 담당하고, 기업은 EPC, 운영(O&M), 사업모델 구현을 중심으로 실증 고도화와 상용화를 주도하며, 현지 정부는 입지 제공, 제도 검토, 정책 연계를 통해 실증 성과의 제도적 정착과 확산 기반을 마련함
- ◆ 기술실증 적합성 분석 및 호라이즌 유럽 선정 근거
    - ▶ 기초연구(TRL 1~4)는 국책연구비로, 상용화(TRL 9)는 MDB 차관으로 재원이 조달되나, 중간 실증 단계는 기술적 불확실성과 시장 위험이 공존하여 기존 재원으로 지원이 어려움
    - ▶ 기술실증에 적합한 재원으로서의 호라이즌 유럽 IA의 비교우위는 아래와 같이 요약할 수 있음 ① 저중소득국에 대한 직접 재정 지원 체계를 갖추어 수원국 부채 부담 없이 기술실증 참여가 가능, ② 100% 비상환 그랜트 구조로 실패를 통한 학습을 제도적으로 용인, ③ 컨소시엄 모델을 통해 개도국 파트너가 ‘수혜자’가 아닌 ‘공동 연구자’로서 의사결정에 참여, ④ EU 환경 규제 준수를 통해 글로벌 표준 충족 및 유럽 시장 역진출 기반을 확보, ⑤ 기술-사회과학-비즈니스 모델의 융합적 접근을 의무화하여 기술의 현지 정착 가능성을 제고
    - ▶ 르완다 전기 오토바이 배터리 교환 시스템, 말라위 저가형 쿽스토브 전환, 필리핀-케냐의 현지 조립 경량 전기차 개발, 탄자니아 P2P 전력거래 시스템 등의 SOLUTIONSplus, SESA, GIANTS, SWARM-E 등 기수행 사례는 그랜트 구조가 제공하는 유연성과 현지 역량 강화 효과를 대변함
    - ▶ KOICA CTS는 기업(영리법인)을 주된 지원 대상으로 설계되어 사업성, 투자 연계, 시장 진입 등이 핵심 평가요소로 작용하므로, 개도국에서 기술검증과 동시에 초기 시장 및 비즈니스 검증을 목표로 하는 사업화형 실증에 적합함

- ▶ 결론적으로, 기술진보형 실증을 목표로 할 경우 호라이즌 유럽 IA가 최적의 재원으로 사료됨

### ◆ 제3절 우선순위 기반 글로벌 RD&D 사업기획 (호라이즌 유럽 등)

- ◆ 본 절은 제2장에서 도출된 글로벌 RD&D 재원 분석 결과를 토대로, 기술실증형(호라이즌 유럽)과 사업실증형(P4G)을 연계한 우선순위 기반 국제공동 RD&D 사업기획 구조를 제시함. 목적은 한국의 탄소중립 핵심기술을 국제 무대에서 실증·확산할 수 있는 한국형 글로벌 RD&D 기획모델을 구축하는 데 있음
- ◆ 기술실증(Technology Demonstration)을 중심으로, 정책·제도 연계와 시장 확산으로 이어지는 단계적 구조(분석→기획→시사점)를 적용함. 분석대상은 EU의 호라이즌 유럽과 P4G 두 재원으로, 각각 기술·사업 실증형 RD&D의 대표사례로 선정함
- ◆ 호라이즌 유럽 사업 기획을 위해 2025년부터 부퍼탈연구소(WI), VITO, TU Berlin 등 유럽 연구기관과 협력체계를 구축하고, WI와의 협력을 통해 국제 제안서 구조와 평가체계를 내재화함. TRL 5~8 수준 기술을 중심으로, 3건의 사업을 공동기획하였으며, 한국이 실증(기술)·유럽이 제도(정책)를 담당하는 공동기획형 구조를 실현함
  - ▶ (성과1) 순환형 e-모빌리티: 폐 EV 배터리의 전기자전거 재활용 실증
  - ▶ (성과2) 지속가능 항공모빌리티: 도심 항공(UAM) 기반 저탄소 교통 실증
  - ▶ (성과3) 디지털 건물 탄소관리: BIM·IoT·LCA 연계 건물 생애주기 관리 플랫폼 구축
- ◆ P4G 사업은 사업화·확산을 위한 중장기 모델로서, 국내 기업·지자체·연구기관과 베트남 정부·현지 파트너가 공동으로 참여하였으며, GCF·ADB 등 국제금융 연계 가능성을 확보하여 기술실증 → 사업화 → 정책연계의 순환 구조를 설계함
  - ▶ (성과) E-Mobility 기반 탄소감축-AI·IoT 모니터링-블록체인 거래시스템 통합 사업
- ◆ 시사점 및 정책적 함의
  - ▶ HE-P4G 연계는 기술실증(TRL 6~8)→사업실증→정책확산으로 이어지는 단계적 국제재원 연계모델로 평가됨
  - ▶ 향후 한국형 글로벌 RD&D 사업기획 및 추진을 위해 △전담조직 신설 △국내-국제 매칭펀드 제도화 △PIC·DMP 등 표준 가이드 구축이 필요함
  - ▶ 본 절은 기술실증형과 사업실증형 재원의 상호보완 구조를 실증적으로 제시하며, 제4장에서 논의되는 제도적 활성화 및 지속가능한 국제협력체계 구축의 기초를 제공함

#### IV. 글로벌 RD&D 재원 연계성 강화를 통한 활성화 방안: 호라이즌 유럽을 중심으로

##### ◆ 제1절 탄소중립기술의 글로벌RD&D 사업 추진 현황 및 현안

- ◆ 본 절은 국내 탄소중립 기술의 글로벌 RD&D 추진현황과 정책·제도·재원·인식 측면의 주요 현안을 종합적으로 분석하고, 실증(RD&D) 단계로의 구조적 전환 필요성을 도출함. 특히 연구자·기업·지자체·국제기구 전문가 등 다양한 주체를 대상으로 수행한 정성·정량 혼합연구(Mixed Method) 결과를 바탕으로, 한국형 글로벌 RD&D 체계의 제도적 개선 방향을 제시함
- ◆ 국내외 추진현황 및 정책환경 분석
  - ▶ 국제적으로는 탄소중립 기술이 R&D 중심에서 RD&D 중심으로 이행하며, 기술 실증과 정책 연계를 결합한 다자협력형 구조(호라이즌 유럽, GCF, P4G 등)가 확대되고 있음
  - ▶ 유럽연합(EU)은 호라이즌 유럽(2021~2027, 955억 유로 규모)을 통해 기후·에너지·모빌리티 분야의 실증·확산을 촉진하고 있으며, 한국은 2025년 협정을 통해 준회원국 지위를 확보함으로써 제도적 기반을 마련함
  - ▶ 국내에서는 「탄소중립 기술혁신 추진전략(21)」, 「기후변화대응 기술개발 기본계획(22~32)」 등을 통해 정책기반을 구축했으나, 여전히 R&D 중심, 단년도 예산구조, 국제연계 부족 등으로 실증형 글로벌 협력의 제도화는 미흡함
- ◆ 인식·장애요인 분석 및 정량연계 연구 결과
  - ▶ 연구는 인터뷰·설문을 통해 국내 연구기관, 기업, 지자체, 국제기구의 인식과 장애요인을 조사하였고, TAM(기술수용모형)과 TOE(기술·조직·환경) 프레임워크를 적용해 주체별 인식 차이와 영향요인을 계량적으로 분석함
  - ▶ 주요 결과로는 △제도적 인센티브 부족 △복잡한 재원 접근 절차 △국내 관리기준과 EU 기준 간 불일치가 핵심 제약으로 나타남. 특히 공공연구기관은 행정·재정 절차의 불확실성을, 기업은 재원 접근성 및 정보 비대칭성을 가장 큰 장애요인으로 인식함. 정량분석 결과, 기술수용성과 조직지원이 글로벌 RD&D 참여의 유의미한 결정요인으로 확인됨
- ◆ 시사점 및 정책적 함의
  - ▶ 글로벌 RD&D 확산을 위해서는 국제재원(호라이즌 유럽 GCF 등)과 국내 공공재원의 연계 투입이 필요함
  - ▶ 단일 사업 중심의 분절 구조를 벗어나, 기획-재원-실증-확산으로 이어지는 전주기형 제도화를 추진해야 함

- ▶ 정부는 국내외 재원을 결합한 매칭펀드형 글로벌 RD&D 모델과, 국제공동사업 관리기준의 정합성 확보를 위한 제도적 보완을 병행해야 함
- ▶ 본 절은 국내 RD&D 추진체계의 구조적 한계를 실증적으로 진단하고, 정책·제도·재원·인식 개선의 구체적 방향을 제시함으로써, 제4장 제2·3절의 호라이즌 유럽 공고문 분석 및 정책·제도적 연계방안의 기반을 형성함

◆ **제2절 실증 데스밸리 극복 수단으로서의 개도국 실증 : 국내 탄소중립 기술 전문가 관점**

- ◆ 국내 기후기술이 실제로 데스밸리를 극복하고 상용화 단계로 진입하기 위해서는, 기술 개발의 출발점이자 일차적 검증의 장인 국내 실증 환경의 제약과 기회 요인을 입체적으로 분석하는 것이 필수적임. 이에 본 연구에서는 국내 탄소중립 기술을 현장에서 지속적으로 고도화하고 있는 연구개발자의 시각을 반영하고자, 산·학·연 전문가 28인을 대상으로 심층 자문을 실시함.
- ◆ 조사 항목은 실증의 성패를 좌우하는 핵심 결정 요인을 (1) 제도적 요인, (2) 재원 요인, (3) 시장 불확실성 요인의 세 영역으로 체계화하여 구성함.
  - ▶ 제도적 요인: 인허가 절차의 복잡성, 실증 부지 확보의 제약, 기술 기준 및 인증 체계의 미비, 규제 해석의 모호성, 사업화 연계 제도의 부족, 그리고 일부 기술군에서의 거버넌스 구조 부재 등, 각 분야별 제도적 제약 사례는 본문 참고
  - ▶ 재원 제약 요인: 재원의 지속성 및 안정성 결여 (예산 주기와의 불일치), 재원 규모의 부적합성 (고비용 특성 미반영), 실증 전용 재원 체계의 부재 (제도적 사각지대)
  - ▶ 재원 성공 요인: 전주기 지원 체계의 구축, 사전 재원 반영 및 관리, 해외 실증 및 글로벌 시장 연계
  - ▶ 시장 불확실성 제약 요인: 수익 모델의 불투명성, 초기 수요처 확보의 한계, 경제적 타당성 결여와 가치사슬 단절 (각 요인별 구체적인 기술 분야 사례는 본문 참고)
  - ▶ 시장 불확실성 보완 요인: 표준화 및 비용 구조 개선, 공공 협력을 통한 규제 리스크 완화, 이해관계자 참여형 실증 구조 설계, 글로벌 시장으로의 확장 경로 다변화
- ◆ 개도국 실증이 이러한 구조적 한계를 해소하는 기제로서 지니는 실효성을 추가로 자문, 다수의 응답자가 개도국 실증이 국내 실증 환경의 충격지점을 완화하고 상용화로의 전이를 가속화하는 실질적인 대안이 될 수 있다고 평가함
  - ▶ 다음과 같은 측면에서 개도국 실증이 실질적 대안으로 작용할수 있음: 다양한 환경에서의 기술 적합성 검증을 통한 실증 신뢰도 제고, 해외 시장성·경제성 검증을 통한 사업화 경로 확장, 국제기후재원 (ODA·GCF·MDB)을 활용한 실증 재원 확보, 글로벌 규범·표준·정책연계를 통한 제도적 장벽 완화, 해외 레퍼런스 확보를 통한 글로벌 시장 접근성 제고

- ◆ 잠재적 가능성과는 별개로 개도국 실증이 실제 추진되는 과정에서는 국내와 상이한 제도적·운영적 환경으로 인해 다각적인 리스크가 수반될 수 있다는 점이 핵심적인 제약으로 지적됨
  - ▶ 현지 정부 및 공공기관의 협력 부족과 규제·인허가 절차의 불확실성, 적합한 현지 파트너와 실증 인프라(전력망·부지·장비 등)를 확보하는 데 어려움, 실증 수행 과정에서 운영·효율·비용 등 핵심 데이터를 안정적으로 확보하기 어려움, 실증 이후 사업화·상용화 단계로 이어지는 경로의 불확실성

### ◆ 제3절 국내 탄소중립 실증의 데스밸리 극복을 위한 개도국 실증 전략 도출

- ◆ 단계적 사업개발 모델: 先“법·제도 리스크 완화 사업”, 後 기술실증으로의 연계
  - ▶ 개도국 실증의 최대 저해 요인인 인허가·토지권 등 제도적 리스크를 관리하기 위해, 기술 실증 이전에 ‘법·제도적 불확실성 해소’를 선행하고 이후 ‘본 기술 실증’을 연계하는 2단계(Phased) 사업 모델을 제안함. G2G 협정 및 MOU 체결을 통해 제도적 안전장치를 선제적으로 마련함으로써 행정 지연에 따른 사업 실패를 방지하고, 안정적인 실증 데이터를 확보하여 민간 투자를 유인하는 것이 핵심임.
- ◆ 실증-표준-인허가를 통합한 패키지형 국제협력 모델 구축
  - ▶ 우수한 기술이 제도적 공백으로 인해 사업화되지 못하는 ‘구조적 단절’을 해결하기 위해, 기술 실증과 표준 개발, 인허가 체계 구축을 하나의 패키지로 통합하는 전략임. 국내에서 마련한 기술 기준을 개도국 현지 실증을 통해 교차 검증하고, 이를 현지 제도화 및 국제 표준(ISO/IEC) 논의의 근거로 활용함으로써 ‘검증-표준-제도-시장’이 단절 없이 이어지는 선순환 구조를 구축하는 것이 핵심임.
- ◆ 개도국 실증 플랫폼 기반 구축
  - ▶ 현지 정부와의 소통 부재, 부적절한 파트너 선정 등 민간이 독자적으로 해결하기 어려운 비기술적 리스크를 관리하기 위해 공공 주도의 ‘개도국 실증 플랫폼’ 구축을 제안함. 정부와 국제기구가 협력하여 실증 후보지 발굴, 고위급 네트워크 구축, 국제기후재원(ODA·GCF·MDB) 패키징을 지원함으로써 민간의 행정적 부담을 완화하고, 개도국 현지를 우리 기후기술의 글로벌 시장 확산을 위한 전략적 거점으로 전환하는 것이 핵심임.

## V. 글로벌 RD&D 재원 연계성 강화를 통한 활성화 방안: 호라이즌 유럽을 중심으로

### ◆ 제1절 탄소중립기술의 글로벌RD&D 관련 호라이즌 유럽 현황

- ◆ 국내 호라이즌 유럽 참여 현황 및 시사점

- ▶ 2021~2024년 동안 국내 기관은 349건을 신청하여 71건이 선정되었으며, 선정률 20.34%로 EU 평균 대비 양호한 성과를 기록함
  - ▶ 참여 기관은 총 87개로, 대학(59%)과 출연연(21%)이 참여를 주도하고 있으며, 기업 참여는 15% 수준에 머무름
  - ▶ 연도별 참여는 2023년 이후 증가세로 전환되었으며, 이는 국제 공동연구 경험 축적과 준회원국 가입 효과가 반영된 결과로 해석됨
  - ▶ 참여 분야는 Pillar 2 중심이며, 특히 CL4(디지털·산업·우주)에 참여가 집중되는 편중 구조가 확인됨
  - ▶ 탄소중립 핵심 분야인 CL5(기후·에너지·모빌리티)와 CL6(환경·순환경제)는 정책적 중요도 대비 참여 비중이 낮아 전략적 확대 필요성이 큼
  - ▶ 기관 유형별로 Pillar 2는 대학·출연연·기업 모두가 참여하는 공통 영역이나, 기업은 연구자 중심 프로그램(Pillar 1)에는 거의 진입하지 못하는 구조임
  - ▶ 종합적으로 국내 참여는 양적 확대 국면에 진입했으나, 향후에는 탄소중립 전략 분야로의 참여 다각화와 기업 참여 확대가 핵심 과제로 도출됨
- ◆ 국내 호라이즌 유럽 참여 병목 요인
    - ▶ 전문가 설문 결과, 국내 참여의 제약은 연구역량 자체보다 참여 전주기에 걸친 구조적 병목에서 기인하는 것으로 분석됨
    - ▶ 가장 핵심적인 병목은 컨소시엄 구성의 어려움으로, 국내 기관이 제안 초기 기획 단계부터 참여하지 못하고 후발 진입하는 구조가 반복됨
    - ▶ 제안 단계(STEP1)에서는 국제 파트너 매칭 부족, 전담 인력·시간 부족, 공고문 요구사항과 EU 정책 맥락 해석 부담이 주요 제약으로 작용함
    - ▶ 협약 단계(STEP2)에서는 GA·CA 협상 지연, 내부 법무·결재 지연, EU-국내 회계 기준 불일치, EU 요구문서 대응 부담이 복합적으로 발생함
    - ▶ 집행 단계(STEP3)에서는 EU 회계·증빙·리포팅 체계와 국내 연구관리 시스템 간 불일치로 행정 부담과 정산 리스크가 집중됨
    - ▶ 이러한 병목은 단일 단계 문제가 아니라, 컨소시엄 구조-제도 정합성-행정·회계 역량 부족이 연쇄적으로 작동하는 전주기적 구조 문제로 확인됨
    - ▶ 이에 따라 호라이즌 유럽 참여 확대와 탄소중립 분야 전략적 진입을 위해서는 국가 차원의 컨소시엄 진입 지원, 제도 정합성 개선, 전담 지원체계 구축이 필수적 과제로 도출됨

## ◆ 제2절 글로벌 RD&D 관점에서의 호라이즌 유럽 공고문 텍스트 분석 기반 전략 시사점 도출

- ◆ 본 연구에서는 호라이즌 유럽(Horizon Europe)을 한국의 탄소중립 기술 선진화를 위한 RD&D 사업의 핵심 중점 재원으로 선정함. 호라이즌 유럽은 본 연구의 초점인 TRL 5~7 수준의 RD&D 단계에 적합한 재원일 뿐 아니라, 단순한 개발도상국 대상 RD&D 협력 사업을 넘어 한국-EU-개도국 간 삼각협력(trilateral cooperation) 형태로 확장될 잠재력이 높음
- ◆ 3장 실제 사업 기획 경험을 통해 지원을 위해 공고문을 분석하는 과정을 거치며 얻은 중요한 교훈은, 방대한 텍스트 형태의 공고문 속에서 연구자들이 자신에게 적합한 과제를 총체적으로 파악하기 어렵고, 개별 공고문을 일일이 검토하는 것은 비효율적이며, 체계적인 분석 틀 없이는 유망 공고를 놓칠 위험이 크다는 점이었음. 또한, 호라이즌 유럽이 개별 기술의 단순한 혁신이 아니라 기술 간 융합과 시스템 수준의 혁신을 중시하는 프로그램이라는 점을 감안할 때, 단순히 적합한 공고를 찾아 제안서를 작성하는 수준의 접근만으로는 충분하지 않다는 교훈을 얻음
- ◆ 이러한 문제의식에 기반하여, 본 연구는 호라이즌 유럽 공고문을 텍스트 마이닝 기법으로 거시적·구조적으로 분석하고자 함. 이를 통해 클러스터 및 Destination 간의 관계와 주제적 연계성을 식별하고, 향후 국내 연구기관이 보다 전략적이고 체계적인 방식으로 호라이즌 유럽 사업에 접근할 수 있는 기반을 마련하고자 하였음
- ◆ 분석 개요 및 방법론
  - ▶ 2025 EU Horizon Europe Work Programme (Cluster 5, 6)
  - ▶ 데이터 시각화 (Uniform Manifold Approximation and Projection, UMAP) 및 계층적 클러스터링 방법론, 네트워크 분석 방법론
- ◆ 주요 시사점
  - ▶ ① **텍스트 기반 구조 분석을 통한 Destination 간 연계성 및 전략적 활용:** 키워드 분석, 텍스트 임베딩(Embedding), 코사인 유사도 분석 및 계층적 클러스터링 등 데이터 과학 방법론을 적용함으로써, 개별 Destination 간의 연계 구조와 공고문(Call) 간의 상호 유사성 및 차별성을 도출함. 이는 연구자가 방대한 분량의 공고문을 개별적으로 독해하고 해석하기에 앞서, Work Programme 전체의 기술적 지형(Technical Landscape)과 정책적 패턴을 조망하는 ‘탑다운(Top-down)’ 접근이 가능해졌음을 의미함. 이러한 구조적 분석 결과는 공고문의 핵심 기술축, 정책적 지향점, 그리고 유관 주제 간의 네트워크를 선제적으로 식별하게 함으로써, 보다 전략적이고 차별화된 제안서 작성을 가능케 함

- ▶ ② 한국형 100대 기술과 Horizon Europe 공고 간 매칭 분석의 활용성: 네트워크 분석 및 Reranker 기반의 정량적 접근을 통해 국내 탄소중립 100대 기술과 호라이즌 유럽 공고문 간의 직·간접적 연계 구조를 규명함. 국내 연구진이 자신의 전문 분야와 유기적으로 연결된 호라이즌 유럽의 지원 기회를 탐색 단계에서 선제적으로 포착할 수 있게 하는 중요한 동력이 될 수 있음
- ▶ ③ 사전기획 및 컨소시엄 매칭 과정에서의 ‘가치사슬 포지션 매핑’ 기능 강화의 필요성: 호라이즌 유럽 Cluster 5(기후·에너지·모빌리티)의 Destination 2, 3, 5 공고 분석 결과, 상당수의 Topic이 단순 기술 개발을 넘어 가치사슬(Value Chain) 기반의 통합적 구조를 취하고 있음을 분석을 통해 확인함. 각 공고문은 참여 파트너에게 요구하는 역할과 기여 포지션을 소재, 부품, 시스템, 실증 등 단계별로 비교적 명확히 규정하고 있음. 지원기관은 이러한 공고 구조를 활용하여 국내 연구자 및 기업이 보유한 핵심 역량을 가치사슬상의 특정 단계(예: 소재-제조-시험-시스템-재활용 등)로 매핑하고, 이를 기반으로 전략적 사전기획을 수행해야 함. 구체적으로는 유럽 컨소시엄 내에서 발생하는 ‘전략적 공백(Strategic Gap)’을 선제적으로 파악하고, 국내 기술력과 상호 보완성을 바탕으로 최적의 Destination 및 Topic을 추천하는 맞춤형 지원 체계가 필요함
- ▶ ④ 부처 차원의 전략적 프로그램 위원회(PC) 대응 및 전략적 의견 개진 근거 확보: 호라이즌 유럽 프로그램 위원회(Programme Committee, 이하 PC)는 워킹 프로그램(Work Programme) 초안 검토, 기술별 우선순위 설정 및 예산 배분 등 공고의 세부 방향성을 결정하는 핵심 의사결정 기구임. 현재 과학기술정보통신부가 해당 위원회에 참여하고 있는바, 본 연구를 통해 도출된 ‘국내 탄소중립 100대 기술과 호라이즌 유럽 공고 간 매칭 분석’ 결과는 향후 PC 내에서 한국 측 의견을 개진하는 핵심적 전략 근거가 될 수 있음. 특히 지속적인 미스매치가 발생하는 영역에 대해 한국의 강점 기술과 수요를 반영하도록 전략적 조정을 제안함으로써, 차기 워킹 프로그램에서 국내 연구진에게 유리한 공고(Call) 환경을 조성하는 기반 자료로 활용될 수 있음

#### ◆ 제3절 탄소중립 분야 RD&D 관련 호라이즌 유럽 참여 활성화 방안

- ◆ 호라이즌 유럽 참여 활성화 방안의 기본 인식
  - ▶ 국내 호라이즌 유럽 참여는 Pillar 2 중심으로 양적 확대가 진행 중이나, 제안-협약-집행 전주기에 걸친 구조적 병목으로 인해 질적 고도화와 지속적 확대에는 한계가 존재함
  - ▶ 병목요인은 개별 연구자나 기관의 역량 부족이 아니라, EU가 요구하는 정책·임팩트 중심 RD&D 구조와 국내 연구관리·지원 체계 간 정합성 부족에서 발생하는 구조적 문제로 확인됨

- ▶ 이에 따라 참여 활성화 방안은 단편적 제도 개선이 아닌, 공고문이 전제하는 RD&D 수행 구조에 국내 연구 생태계가 실질적으로 대응할 수 있도록 전주기적 정책 패키지로 설계될 필요가 있음
- ◆ 제안 단계(STEP1) 활성화 방안
  - ▶ 제안 단계의 핵심 병목은 국제 컨소시엄 초기 기획 단계 진입의 어려움, 전담 인력·시간 부족, 공고문(Call)의 정책 맥락 및 기대성과 해석 부담으로 집약됨
  - ▶ 이에 따라 국가 차원에서는 단발성 매칭을 넘어, 탄소중립·에너지·기후 분야를 중심으로 상시적 컨소시엄 진입을 지원하는 구조적 플랫폼 구축이 요구됨
  - ▶ 제안서 품질 제고를 위해 연구자 부담을 줄이고, 제안서 기획·예산·윤리·데이터 문서 작성을 지원하는 전담 전문인력 및 자문 체계 구축이 핵심 과제로 도출됨
  - ▶ 공고문 대응 역시 단순 설명이 아닌, 정책 목표-기술 범위-평가 포인트를 구조화한 분석 자료 제공 방식으로 전환할 필요가 있음
- ◆ 협약 단계(STEP2) 활성화 방안
  - ▶ 협약 단계는 GA·CA 협상 지연, 기관 내부 법무·승인 절차 지연, EU-국내 회계 기준 불일치, EU 요구문서 대응 부담이 중첩되는 병목 집중 구간으로 확인됨
  - ▶ 이에 따라 GA·CA 주요 조항에 대한 표준 해설, 국내 법·제도와의 관계 정리, 협상 유의사항을 포함한 실무 가이드라인 제공이 필요함
  - ▶ 내부 승인 지연을 완화하기 위해 국가 차원의 법무·계약 자문 창구와 사전 검토 체계 구축이 요구됨
  - ▶ 윤리·데이터·보안 관련 EU 요구문서에 대해서는 표준 템플릿과 작성 지원을 통해 협약 단계 리스크를 구조적으로 축소할 필요가 있음
- ◆ 집행 단계(STEP3) 활성화 방안
  - ▶ 집행 단계에서는 EU 실비정산 중심 회계 체계와 국내 연구비 집행 규정 간 차이로 인해 행정 부담과 정산·감사 리스크 인식이 집중됨
  - ▶ 이에 따라 EU-국내 회계 기준을 비교·정리한 실무 매뉴얼 제공과 함께, 국내 규정 범위 내에서 허용 가능한 유연 해석 기준을 명확히 할 필요가 있음
  - ▶ 연구자 개인 중심의 행정 부담 구조에서 벗어나, 기관 또는 국가 차원의 전담 행정·재정 지원 인력이 개입하는 수행 체계로의 전환이 요구됨
  - ▶ 대응자금(Co-Funding) 및 기관 부담 관리 원칙을 사전에 명확히 제시하여 집행 단계 리스크 전이를 최소화할 필요가 있음
- ◆ 국가 차원의 전주기 통합 지원 체계 구축
  - ▶ 현재 국내 호라이즌 유럽 지원체계는 부처·전문기관·NCP·개별 기관으로 분절되어

- ▶ 운영되고 있으며, 이로 인해 연구자가 전주기 행정·법무·회계 부담을 직접 감당하는 구조임
- ▶ 전문가 설문 결과, 전담 전문인력 확보·양성과 행정·법무·회계 원스톱 지원체계 구축이 가장 핵심적인 국가 지원 요소로 도출됨
- ▶ 이에 따라 공고 해석·제안 기획·협약 협상·집행·정산까지 연속적으로 지원하는 전주기 통합 플랫폼 구축이 필요함
- ▶ 이는 호라이즌 유럽 참여를 단기 과제 수주 차원을 넘어, 탄소중립 분야 글로벌 RD&D 및 해외 실증으로 확장하기 위한 필수적 정책 기반으로 평가됨

## VI. 결 론

- ◆ 국내 탄소중립 기술정책의 구조적 문제 인식
  - ▶ 국내 탄소중립 기술정책은 R&D 단계에서는 성과를 축적했으나, 실증·사업화 단계에서 반복적 병목을 노출해왔음. 특히 TRL 5~7 구간에서 자원 부족, 제도 제약, 시장 불확실성이 중첩되며 실증 데스밸리가 구조화되어 왔음. 이는 개별 기술이나 단기적 정책 보완만으로는 해결이 어려운 구조적 정책 문제로 확인됨
- ◆ 개도국 실증 기반 글로벌 RD&D 경로 제시
  - ▶ 본 연구는 실증 병목을 기술이나 자원 문제로 한정하지 않고, 기술정책의 공간과 협력 방식 재설계 문제로 인식함.
  - ▶ 개도국 실증을 개발협력의 연장이 아닌, 국내 탄소중립 기술을 완성하기 위한 핵심 RD&D 경로로 재정의함. 즉, 개도국을 기술 이전 대상이 아닌, 성능·경제성·사회적 수용성을 공동 검증하는 협력 파트너로 위치 지움
- ◆ 글로벌 RD&D 사업기획 프레임의 주요 성과
  - ▶ 논리모형 기반 글로벌 RD&D 사업기획 프레임을 통해 문제 정의-기술 선별-실증 설계-재원 연계를 체계화함. 이를 한국형 탄소중립 100대 기술 체계와 결합하여 실증 적합성이 높은 기술군과 유망과제를 도출함.
  - ▶ 전문가 평가와 개도국 수요조사를 결합하여 기술 유망성과 정책·시장 적합성을 동시에 반영함
- ◆ 기술성숙도 단계별 재원 연계 전략
  - ▶ 단일 재원 중심 접근의 한계를 지적하고, TRL 단계별 재원 포트폴리오 접근의 필요성을 제시함
  - ▶ 호라이즌 유럽을 TRL 5~7 핵심 실증 재원으로 설정하고, 국내 공공 재원·ODA·다자금융을 확산 단계로 연계함. 이는 국내 실증-개도국 실증-글로벌 확산으로 이어지는 현실적인 정책 경로를 제시함

- ◆ 글로벌 RD&D의 정책적 재정렬과 의의
  - ▶ 글로벌 RD&D를 개별 기관의 선택적 국제협력이 아닌, 국내 탄소중립 기술정책의 핵심 실행 수단으로 재정렬할 필요성을 도출함. 이를 위해 실증과 확산을 포함하는 전주기 정책 체계와 통합적 거버넌스 구축이 요구됨
  - ▶ 본 연구는 이러한 전환을 위한 기획 프레임과 자원 연계 전략을 제시했다는 점에서 정책적 의의를 가짐
- ◆ 연구의 한계 및 향후 과제
  - ▶ 개도국 수요조사의 범위 제한, 호라이즌 유럽의 구조적 제약, 공고문 분석 범위의 한계가 존재함. 자원 연계 모델은 개념적 제안 단계로, 향후 실제 사업 적용을 통한 검증이 필요함. 국내 제도와 국제자원 간 정합성에 대한 추가적인 심층 분석이 요구됨

#### 주요 키워드

탄소중립, 연구개발실증, 사업기획, 활성화방안, 호라이즌 유럽

# Summary

## I. Introduction

### ◆ Background and Rationale

- ◆ Climate technologies are critical for achieving carbon neutrality, yet current cooperation models remain donor-centric, limiting sustainable supplier incentives and private-sector engagement.
- ◆ Korean carbon-neutral technologies face a structural “Valley of Death” at the demonstration stage (TRL 5~7), where funding gaps, market uncertainty, and regulatory constraints converge.
- ◆ This study proposes a paradigm shift: repositioning demonstration projects in developing countries from development aid to a core global RD&D pathway for completing Korean carbon-neutral technologies through mutual-benefit partnerships.

### ◆ Research Objectives

- ◆ Establish a systematic project planning framework for global RD&D through developing-country demonstration
- ◆ Select promising technologies from Korea’s 100 Key Carbon-Neutral Technologies and develop actionable demonstration project
- ◆ Systematize lessons learned to build a sustainable implementation framework

### ◆ Research Objectives

- ◆ Part I (Chapters II-III): Constructs a logic model-based planning framework and operationalizes it through TRL-differentiated funding portfolios centered on Horizon Europe
- ◆ Part II (Chapters IV-V): Analyzes institutional barriers in Korea’s global RD&D ecosystem and proposes integrated national support systems for sustained participation

## II. Global RD&D Project Planning Framework for Korean Carbon-Neutral Technologies

### ◆ **Section 1.** Conceptual Foundation of Demonstration

The Demonstration Gap

- ◆ Despite world-leading R&D investment (GDP ratio), Korea's commercialization rates remain low due to persistent "Valley of Death" phenomena caused by disconnection between technology development and markets.
- ◆ The absence of structured demonstration stages is identified as the critical bottleneck.

#### Defining Demonstration (RD&D)

- ◆ Technical Demonstration (TRL 5~7): Validates technical feasibility through pilot and field testing
- ◆ Business Demonstration (TRL 8~9): Validates business models and market readiness for commercialization
- ◆ Demonstration stages concentrate technical, market, and institutional risks; funding gaps and unclear responsibility structures are primary obstacles.

### ◆ **Section 2.** Logic Model-Based Planning Framework

#### Methodology

- ◆ This study developed customized logic models emphasizing problem definition and goal setting to ensure systematic project design and feasibility assessment.
- ◆ Applied two-stage progressive approach:
  - ▶ Stage 1: Overall-level framework for promising technology evaluation
  - ▶ Stage 2: Detailed planning models reflecting technology-specific, country-specific, and funding-specific conditions

### ◆ **Section 3.** Technology Selection and Project Development

#### Five-Stage Selection Process

##### [Stage 1] Priority Sectors and Technologies

- ◆ An expert panel (n=9) evaluated 17 mid-level categories from Korea's 100 Key Carbon-Neutral Technologies
- ◆ Selected: 6 priority sectors (solar PV, energy storage, power grid, CCUS, zero-energy buildings, eco-vehicles) and 16 detailed technologies

##### [Stage 2] Promising Element Technologies

- ◆ Technology-specific expert committees (2 per technology) assessed 26 element technologies suitable for demonstration in developing countries

### [Stage 3] Developing–Country Demand Survey

- ◆ This study surveyed National Designated Entities (NDEs) of CTCN across 14 countries
- ◆ Identified 5 core technologies with strong demand–supply alignment:
  - ▶ Building–integrated photovoltaics (BIPV)
  - ▶ Diversified–site photovoltaics (agrivoltaics)
  - ▶ High–power lithium–ion batteries
  - ▶ Renewable energy variability–accommodating grid operation
  - ▶ Used battery reuse/recycling

### [Stage 4–5] Project Development and Prioritization

- ◆ Developed 15 candidate projects (3 countries per technology)
- ◆ Applied AHP (Analytic Hierarchy Process) for final prioritization

**Table** Five Priority Projects

Technology	Country	Focus
BIPV	Malaysia	High-rise commercial/public building demonstration
Agrivoltaics	Bangladesh	Rural solar-agriculture integration and scaling model
Li-ion Battery ESS	Zimbabwe	Energy storage system strengthening
Grid Flexibility	Kazakhstan	RE integration and grid modernization
Battery Recycling	Sri Lanka	Used EV battery reuse for RE and e-mobility infrastructure

## III. Funding–Tailored Global RD&D Project Planning

### ◆ **Section 1.** Analysis of Available Funding for Global RD&D

- ◆ This section comparatively analyzes major international and domestic funding mechanisms applicable to global RD&D projects demonstrating carbon–neutral technologies in developing countries, examining their support objectives, TRL scope, methods, scale, and participation conditions.

#### International Mechanisms

- ◆ Horizon Europe (TRL 3~8): Large–scale technical demonstration through multinational consortia; strong policy and standardization linkages
- ◆ CTCN (TRL 6~8): UNFCCC–backed demand–driven pilot demonstrations

- ◆ MDBs (TRL 6~9): Infrastructure-scale business demonstration and investment
- ◆ GCF (TRL 7~9): Blended finance integrating grants, loans, and equity
- ◆ P4G (TRL 7~9): Public-private partnerships for market diffusion

#### Domestic Mechanisms

- ◆ DUT/CETP (KAIA): International joint demonstration for urban/energy systems (TRL 5~7)
- ◆ EUREKA (KIAT): Enterprise-led international R&D (TRL 5~8)
- ◆ KOICA/KEITI/KIAT ODA: Deployment-oriented demonstration (TRL 7~9)

### ◆ **Section 2.** Priority Funding Matching and Priority Setting

#### Comparative Advantages by TRL Stage

- ◆ TRL 5~7 (Technical Demonstration): Horizon Europe Innovation Actions (IA) provide optimal support through 100% non-reimbursable grants, co-innovation structures, global standard compliance, and mandatory technology-policy integration
- ◆ TRL 8~9 (Business Demonstration): Domestic ODA programs and KOICA CTS focus on business viability and market entry validation
- ◆ TRL 9+ (Scale-up): GCF, MDBs, P4G enable institutionalization and financial sustainability

#### Country-Technology Matching Rationale

- ◆ Bangladesh: High agricultural dependency and electricity access gaps favor agrivoltaics demonstration
- ◆ Malaysia: Green building market maturity and regulatory stability create optimal conditions for BIPV demonstration
- ◆ Sri Lanka: Energy crisis and institutional gaps generate strong demand for used battery ESS/e-mobility solutions
- ◆ Zimbabwe: Lithium resource concentration and government commitment offer strategic value for critical mineral supply chain cooperation
- ◆ Kazakhstan: RE expansion and data center growth necessitate digital grid management systems

#### Phased Implementation Roadmap

- ◆ Short-term: Technical-policy feasibility validation via CTCN TA, KOICA

CTS, KEITI (public and technical support funding)

- ◆ Mid-term: Pilot scale-up and business model refinement through operational data accumulation
- ◆ Long-term: Institutionalization through GCF, MDBs, and PPP blended finance for sustainable business ecosystems

Why Horizon Europe for TRL 5~7 Technical Demonstration?

- ◆ Direct financial support for low/middle-income countries without recipient debt burden
- ◆ 100% grant structure institutionally accepting learning through failure
- ◆ Consortium model positioning developing-country partners as co-researchers in decision-making
- ◆ EU regulatory compliance ensuring global standard conformance and European market re-entry foundation
- ◆ Mandatory integration of technology, social science, and business models enhancing local adoption potential
- ◆ Proven implementation cases: Rwanda e-motorcycle battery swaps (SOLUTIONSplus), Malawi cookstove transition (SESA), Philippines/Kenya lightweight EVs (GIANTS), Tanzania P2P electricity trading (SWARM-E) demonstrate grant structure flexibility and local capacity-building effects

### ◆ **Section 3.** Priority-Based Global RD&D Project Planning

- ◆ This section presents a priority-based international joint RD&D project planning structure linking technical demonstration (Horizon Europe) and business demonstration (P4G), aiming to establish operational models for demonstrating and scaling Korea's carbon-neutral core technologies internationally.

Horizon Europe Proposals (Technical Demonstration)

- ◆ Established cooperation frameworks with European research institutions including Wuppertal Institute (WI), VITO, and TU Berlin, internalizing international proposal structures and evaluation systems through WI collaboration

- ◆ Jointly developed 3 proposals centered on TRL 5~8 technologies, realizing joint planning structures where Korea handles demonstration (technology) and Europe handles institutions (policy):
  - ▶ Circular e-mobility: Waste EV battery recycling into e-bikes demonstration
  - ▶ Sustainable aviation mobility: UAM-based low-carbon transport demonstration
  - ▶ Digital building carbon management: BIM-IoT-LCA integrated lifecycle management platform

#### P4G Proposal (Business Demonstration)

- ◆ As a mid-to-long-term commercialization and scaling model, Korean enterprises, local governments, research institutions jointly participated with Vietnamese government and local partners
- ◆ Secured GCF/ADB international finance linkage potential, designing circular structures from technical demonstration → commercialization → policy linkage
- ◆ Output: Integrated project combining e-mobility-based carbon reduction, AI/IoT monitoring, and blockchain trading systems

#### Policy Implications

- ◆ HE-P4G linkage demonstrates a staged international funding linkage model progressing from technical demonstration (TRL 6~8) → business demonstration → policy diffusion
- ◆ Future Korean global RD&D project planning and implementation requires: dedicated organization establishment, domestic-international matching fund institutionalization, standardized guidance development (PIC, DMP)
- ◆ This section empirically presents complementary structures of technical and business demonstration funding, providing foundation for institutional activation and sustainable international cooperation system construction discussed in Chapter IV

## IV. Strategies for Activating Global RD&D through Enhanced Funding Linkages: Focus on Horizon Europe

- ◆ **Section 1.** Current Status and Issues of Global RD&D Implementation for Carbon-Neutral Technologies

- ◆ Policy Environment: Internationally, carbon-neutral technologies are transitioning from R&D to RD&D with multilateral cooperation structures expanding (Horizon Europe, GCF, P4G). Korea established policy foundations but institutionalization remains insufficient due to R&D-centered approaches, single-year budgets, and weak international linkages.
  - ◆ Barrier Analysis: Mixed-method research (n=28 experts) applying TAM and TOE frameworks identified core constraints: lack of institutional incentives, complex funding access, and misalignment between domestic and EU standards. Public institutes cite administrative uncertainties; enterprises cite funding accessibility and information asymmetry. Technology acceptance and organizational support confirmed as key participation determinants.
  - ◆ Policy Implications: Requires international-domestic funding linkage, full-cycle institutionalization (planning-funding-demonstration-diffusion), and matching fund-type models with aligned management standards.
- ◆ **Section 2. Developing-Country Demonstration as a Means to Overcome the Demonstration Valley of Death: Perspectives from Korean Carbon-Neutral Technology Experts**
- ◆ Domestic Demonstration Bottlenecks (3 domains)
    - ▶ Institutional: Complex permitting, site limitations, inadequate standards/certification, ambiguous regulations
    - ▶ Funding: Lack of continuity (budget misalignment), inappropriate scale, absence of dedicated demonstration funding
    - ▶ Market: Revenue model opacity, initial demand gaps, economic viability/value chain disconnection
  - ◆ Developing-Country Demonstration as Solution: Experts confirmed developing-country partnerships can mitigate bottlenecks through: enhanced credibility via diverse validation environments, expanded commercialization pathways, access to international climate finance (ODA/GCF/MDBs), institutional barrier mitigation via global standards linkages, and improved market access through overseas references.

- ◆ Implementation Risks: Local government cooperation gaps, regulatory uncertainties, partner/infrastructure challenges, data acquisition difficulties, commercialization pathway ambiguities.

### ◆ **Section 3.** Strategic Pathways for Overcoming Domestic Demonstration Valley of Death through Developing-Country Demonstration

#### Three Strategic Models

- ◆ Phased Business Development
  - ▶ Two-stage approach: resolve legal/institutional uncertainties through G2G agreements/MOUs first, then proceed to technical demonstration. Prevents administrative delays and attracts private investment through stable data.
- ◆ Integrated Package Model
  - ▶ Unifies demonstration, standards development, and permitting systems. Cross-validates domestic standards through local demonstration, utilizing results for institutionalization and international standardization (ISO/IEC), constructing seamless verification-standards-institutions-markets cycles.
- ◆ Public-Led Platform Infrastructure
  - ▶ Establishes “Developing-Country Demonstration Platform” where government and international organizations support site identification, high-level networking, and climate finance packaging (ODA/GCF/MDBs), transforming sites into strategic bases for global expansion.

## V. Strategies for Activating Global RD&D through Enhanced Funding Linkages: Focus on Horizon Europe

### ◆ **Section 1.** Current Status of Horizon Europe Related to Carbon-Neutral Technology Global RD&D

- ◆ Current Performance (2021-2024): 71 projects selected from 349 proposals (20.34% success rate, above EU average). Participation dominated by universities (59%) and public institutes (21%); enterprises limited (15%). Strong in Cluster 4 (digital/industry); weak in Clusters 5-6 (climate/energy) despite policy priority.

- ◆ Lifecycle Bottlenecks
  - ▶ Proposal stage: Late consortium entry, insufficient partner matching, call interpretation burdens
  - ▶ Agreement stage: GA/CA negotiation delays, legal/approval bottlenecks, EU–Korea accounting misalignments
  - ▶ Execution stage: Administrative burdens from system incompatibilities, settlement/audit risks
- ◆ Root cause confirmed as structural misalignment between EU’s impact–oriented RD&D frameworks and Korea’s fragmented support systems, not capacity deficiencies.

◆ **Section 2. Strategic Implications from Text Analysis of Horizon Europe Calls from Global RD&D Perspective**

- ◆ Applied text mining (UMAP, hierarchical clustering, network analysis) to 2025 Work Programme (Clusters 5–6). Conducted matching analysis between Korea’s 100 Technologies and Horizon Europe calls using Reranker models.
- ◆ Key Findings
  - ▶ ① Systemic Transition Architecture: Horizon Europe emphasizes cross–sectoral integration (energy–industry–transport–environment), not isolated technologies. Korean proposals should adopt integrated packages; e.g., Cluster 5 proposals linking Destinations 3–5–6 across energy production–utilization–transport value chains.
  - ▶ ② Policy Alignment Requirements: Evaluation heavily weights quantitative demonstration of EU policy alignment (Fit for 55, REPowerEU). Proposals must specify indicators (GWh energy contribution, % savings, % low–carbon fuel) from design stages.
  - ▶ ③ Value Chain Position Mapping: Destinations 2, 3, 5 structure calls around value chains (materials–components–systems–demonstration), explicitly defining partner roles. Support systems should map Korean capacities onto value chain positions and identify strategic gaps in European consortia.
  - ▶ ④ Programme Committee (PC) Engagement: Matching analysis results

provide evidence for MSIT to advocate Korean interests in PC meetings, proposing adjustments to future Work Programmes where persistent mismatches occur.

◆ **Section 3. Strategies for Activating Participation in Carbon-Neutrality Sector RD&D Related to Horizon Europe**

- ◆ Activation requires comprehensive policy packages enabling Korean ecosystems to respond to EU's impact-oriented structures, not fragmented fixes.

Three-Stage Solutions

- ◆ Proposal Stage
  - ▶ Continuous consortium-building platforms (not one-time matching)
  - ▶ Dedicated personnel for proposal writing, budgeting, ethics, data documentation
  - ▶ Structured call analyses mapping policy objectives-technology scope-evaluation criteria
- ◆ Agreement Stage
  - ▶ Standard interpretation guides for GA/CA with Korean legal context
  - ▶ National legal/contract advisory services
  - ▶ Templates for ethics, data management, security documentation
- ◆ Execution Stage
  - ▶ Practical manuals comparing EU-Korean accounting systems
  - ▶ Institutional/national administrative support (not individual burden)
  - ▶ Clarified co-funding and cost-sharing principles
- ◆ Integrated National Infrastructure: Current fragmentation across ministries, agencies, NCPs forces researchers to shoulder full lifecycle burdens. Expert consensus identifies dedicated personnel and one-stop support systems as highest priorities. Requires full-cycle integrated platform from call interpretation → proposal → agreement → execution, positioning Horizon Europe as pathway for carbon-neutrality global RD&D and overseas demonstration.

## VI. Conclusion

- ◆ Korea's carbon-neutral technologies face structural Valley of Death at TRL 5~7 where funding gaps, regulatory constraints, and market uncertainties converge. This study repositions demonstration in developing countries from development aid to a core RD&D pathway for completing Korean technologies through co-innovation partnerships.
- ◆ Key Contributions
  - ▶ Planning framework: Logic model-based approach systematizing problem definition, technology selection, and funding linkage, deriving 5 priority projects from Korea's 100 Technologies
  - ▶ Funding architecture: TRL-based portfolio positioning Horizon Europe as TRL 5~7 anchor, linking domestic/ODA/multilateral finance for scaling
  - ▶ Activation strategy: Text mining revealed systemic transition focus and value chain structures; diagnosed lifecycle bottlenecks and proposed integrated national support framework
- ◆ Policy Imperatives: Global RD&D must transition from optional cooperation to central pillar of national policy, requiring: dedicated coordination units, domestic-international matching funds, standardized compliance systems (PIC, GEP, DMP), and PC-level strategic engagement.
- ◆ Limitations: Limited developing-country survey scope, funding models require empirical validation, further research needed on institutional alignment mechanisms between Korean regulations and EU requirements.

### Main Keywords

Carbon Neutrality, Research Development and Demonstration, Project Planning, Facilitation Plan, Horizon Europe

<b>I. 서론</b>	<b>1</b>
제1절 연구의 배경 및 필요성	1
1. 연구 배경 및 문제 인식	1
2. 국내 여건 및 제약 요인	2
3. 개도국향 실증사업의 필요성과 한계	3
제2절 논의의 구성	4
<b>II. 국내 탄소중립 기술의 글로벌 RD&amp;D 사업기획 체계 구축 및 활용</b>	<b>8</b>
제1절 개도국향 글로벌 RD&D 사업 배경 및 필요성	8
제2절 글로벌 RD&D 사업기획 체계의 구성	21
1. 논리모형의 활용	21
2. 한국형 탄소중립 기술의 개도국향 RD&D 사업 기획을 위한 논리모형 개발	22
제3절 중점 탄소중립기술 분야 선정 및 분야별 유망 글로벌 RD&D 과제발굴	26
1. 중점 분야 및 과제 선별을 위한 평가기준 수립	26
2. 중점 기술분야 도출	28
3. 중점 기술분야에 대한 개도국 수요조사	31
4. 유망 과제 후보 도출 및 최종 선정	33
5. 글로벌 RD&D 유망과제 발굴	34
6. 소결	38
<b>III. 자원 맞춤형 글로벌 RD&amp;D 사업기획</b>	<b>39</b>
제1절 글로벌 RD&D 관점에서 활용가능한 자원 분석	39
1. 국외 자원	39
2. 국내 자원	45
제2절 우선순위 자원 매칭 및 우선순위 설정	51
1. 기술성숙도 단계별 자원 분석	51
2. 유망과제 후속사업 개발을 위한 국가적절성 및 단·중·장기 로드맵 도출	53
3. 기술실증 적합성 분석 및 호라이즌 유럽 선정 근거	60
제3절 우선순위 기반 글로벌 RD&D 사업기획(호라이즌 유럽 등)	65
1. 서론	65
2. 호라이즌 유럽 활용 글로벌 RD&D 사업기획	69

3. P4G 활용 글로벌 RD&D 사업기획	83
4. 소결	100
<b>IV. 탄소중립 분야 글로벌RD&amp;D 활성화 방안</b>	<b>103</b>
제1절 탄소중립기술의 글로벌RD&D 사업 추진 현황 및 현안	103
1. 국내 탄소중립 분야 글로벌RD&D 사업 추진현황, 정책·제도 등 조사 분석	103
2. 기후기술 개도국 실증·사업화에 관한 인식과 글로벌 RD&D 장애요인 분석	122
제2절 실증 데스밸리 극복 수단으로서의 개도국 실증: 국내 탄소중립 기술 전문가 관점	145
1. 국내 탄소중립 분야 연구개발자 관점에서의 국내 실증 관련 활성화 저해 요인	145
2. 국내 연구개발자 관점에서의 개도국 실증을 통한 국내 실증 데스밸리 극복 가능성	154
3. 국내 탄소중립 실증의 데스밸리 극복을 위한 개도국 실증 시 애로요인	156
제3절 국내 탄소중립 실증의 데스밸리 극복을 위한 개도국 실증 전략 도출	158
<b>V. 글로벌RD&amp;D 재원 연계성 강화를 통한 활성화 방안: 호라이즌 유럽을 중심으로</b>	<b>160</b>
제1절 탄소중립기술의 글로벌RD&D 관련 호라이즌 유럽 현황	160
1. 국내 호라이즌 유럽 참여 현황 및 시사점	160
2. 국내 호라이즌 유럽 참여 병목 요인	165
3. 소결	173
제2절 글로벌 RD&D 관점에서의 호라이즌 유럽 공고문 텍스트 분석 기반 전략 시사점 도출	176
1. 공고문 텍스트 분석의 배경과 목적	176
2. 연구의 필요성	177
3. 공고문의 구조와 분석 방향성	178
4. 분석 방법론과 절차	181
5. 계층적 클러스터링 및 유사도 분석 결과: Cluster 5	186
6. 계층적 클러스터링 및 유사도 분석 결과: Cluster 6	193
7. 네트워크 분석 기반 '탄소중립 100대기술'-'호라이즌 유럽'간 매칭	197
8. 공고문 분석의 함의점 및 향후 활용 방안	201
제3절 탄소중립 분야 RD&D 관련 호라이즌 유럽 참여 활성화 방안	204
1. 단계별 병목요인 분석 및 공고문 분석 결과의 종합적 시사점	204
2. 호라이즌 유럽 참여 활성화를 위한 정책·제도적 개선 방안	205

## Contents

VI. 결론	213
제1절 요약	213
제2절 정책적 의의 및 한계점	215
1. 정책적 의의	215
2. 연구의 한계 및 향후 과제	216
참고문헌	218

## 표 목차

[표 2-1] 유망 중분류-소분류 기술 리스트	29
[표 2-2] 선정된 유망 요소기술 (총 26개)	30
[표 2-3] 개도국 수요조사를 통해 선정된 요소기술 (5개)	33
[표 2-4] 유망과제 후보 (기술별 3개, 총 15개)	34
[표 2-5] 최종 선정된 5개 유망과제	36
[표 3-1] TRL 단계별 자원 분석	51
[표 3-2] 유망과제 후속사업 개발을 위한 국가적절성 및 주요리스크 검토	54
[표 3-3] 유망과제 후속사업 개발을 위한 단기-중기-장기 로드맵(안)	58
[표 3-4] 호라이즌 유럽 펀딩 유형	61
[표 3-5] 호라이즌 유럽 기반 구축 단계별 성과	74
[표 3-6] 호라이즌 유럽 사업기획 성과 요약	81
[표 3-7] P4G 제3차 공모 선정 사업 목록	85
[표 3-8] 기술실증-사업실증 단계별 연계구조	101
[표 4-1] 탄소중립 글로벌 RD&D 사업화를 위한 조사 방법 개요	106
[표 4-2] 기후기술 수요·실증 과제 평가를 위한 방법론 요약	116
[표 4-3] 국제기구 전문가 대상 TOP 10 RD&D 과제 리스트 결과	118
[표 4-4] 조사 설계	127
[표 4-5] 개도국 기술 실증 및 사업화 의향 인식	128
[표 4-6] 개도국 기술 실증 및 사업화의 위험 인식과 비용 인식	129
[표 4-7] 개도국 기술 실증 및 사업화의 기술복잡성 인식과 기술이점 인식	131
[표 4-8] 개도국 기술 실증 및 사업화에 관한 결정권자 지지와 조직 준비도 인식	132
[표 4-9] 개도국 기술 실증 및 사업화를 둘러싼 법률/규제, 파트너 서포트, 시장 불확실성에 대한 인식	133
[표 4-10] 다중회귀 유의 변수 요약(계수·유의수준)	135

## Contents

[표 4-11] 한국형 탄소중립 17대 핵심기술 분야 중 개도국에 가장 유망한 분야	137
[표 4-12] 한국형 탄소중립 17대 핵심기술 분야 중 이해관계자에 따른 개도국에 유망한 분야	138
[표 4-13] CTCN의 15대 기후기술 분야 중 국내에 가장 필요한 분야	140
[표 4-14] CTCN의 15대 기후기술 분야 중 개도국에 가장 필요한 분야	140
[표 4-15] 국제기구 및 개도국 전문가의 6대 유망 협력 분야 중 개도국에 가장 필요한 분야	142
[표 5-1] 최근 5년간(FP9) 국내 기관의 제출 건수, 참여 건수 등	160
[표 5-2] 참여기관 유형 × 참여분야 교차 분석 매트릭스	164
[표 5-3] Cluster 5 Destination 과 Strategic Plan 2025-2027간의 관련성	180
[표 5-4] 탄소중립 100대기술-호라이즌 공고문 간 매칭 기준 (요약)	185
[표 5-5] CIRCBIO-07과 한국형 100대기술 간 Reranker 분석 결과	200

## 그림 목차

[그림 1-1] 본 과제의 연구 추진 프로세스	7
[그림 2-1] 주요사업의 논리모형 프레임워크 (총괄-내역사업 연계)	22
[그림 2-2] 유망분야-세부기술-요소기술의 단계적 접근	26
[그림 2-3] AHP 지표별 가중치 산정을 위한 평가지표	35
[그림 3-1] 기술성숙도(TRL) 단계별 공공-민간 자원 격차 구조	61
[그림 3-2] 호라이즌 유럽 기반 구축 추진체계(안)	70
[그림 3-3] 유럽 핵심기관 협력기반 구축 (부퍼탈 연구소)	72
[그림 3-4] 정책·외교 협력채널 구축	72
[그림 3-5] 유럽 핵심기관과의 국제공동연구 추진	75
[그림 3-6] P4G의 임팩트	84
[그림 3-7] UNESCAP 제81차 총회, NIGT 특별 세션 안내문	88
[그림 3-8] UNESCAP 총회에서 특별 세션 현장 사진	89
[그림 3-9] P4G 사업기획의 SWOT 분석	97
[그림 4-1] 이재명정부 국정기획위원회의 정책 방향	104
[그림 4-2] K -Climate Tech Hub: 글로벌 공공기술협력 이니셔티브 구상	110
[그림 4-3] 개도국 수요 중심 후보기술 발굴·선정 과정	117
[그림 4-4] TOE & TAM 프레임워크	125
[그림 5-1] 연도별 참여 건수 (공고문 기준)	161
[그림 5-2] 참여 기관 유형	162
[그림 5-3] 참여 분야별 현황	163
[그림 5-4] 전반적인 병목요인	168
[그림 5-5] 제안서 단계의 병목요인	169
[그림 5-6] 협약 단계의 병목요인	171
[그림 5-7] 집행 단계의 병목요인	173
[그림 5-8] EU 전략계획과 워크프로그램 간의 구조	179

## Contents

[그림 5-9] Expected outcome 및 Scope 기반 임베딩 벡터 생성	182
[그림 5-10] Destination 중심의 계층적 클러스터링 결과 (Expected outcome 및 Scope 공동)	187
[그림 5-11] Destination 1 텍스트 임베딩 결과	188
[그림 5-12] Destination 1 코사인 유사도 결과	189
[그림 5-13] Destination 1 클러스터링 결과	189
[그림 5-14] Destination 2 코사인 유사도 결과	191
[그림 5-15] Destination 2 와 Destination 3 간의 연계성 (계층적 클러스터링)	192
[그림 5-16] Destination 중심의 계층적 클러스터링 시각화 (Expected outcome 및 Scope 공동)	194
[그림 5-17] Destination CIRCbio 계층적 클러스터링 결과	195
[그림 5-18] Destination CIRCbio 의 공고문 간 코사인 유사도 결과	196
[그림 5-19] 탄소중립 100대기술-Cluster 5간 연관성 분석 (네트워크 방법론)	198
[그림 5-20] 탄소중립 100대기술-Cluster 6간 연관성 분석 (네트워크 방법론)	199



## 제1장

## 서론

## 제1절 연구의 배경 및 필요성

## 1 연구 배경 및 문제 인식

기후변화로 인한 사회·경제적 피해가 전 세계적으로 가속화되면서, 온실가스 감축과 기후적응을 동시에 달성하기 위한 핵심 수단으로 기후기술의 중요성이 지속적으로 강조되고 있다. 기후변화에 관한 정부간협의체(IPCC)는 기후기술 혁신이 2030년까지의 감축목표 달성에 결정적 역할을 할 것이라고 명시하며<sup>1)</sup>, 국제에너지기구(IEA)는 탄소중립(Net-Zero) 시나리오를 달성하기 위해 필요한 기술 중 약 35%가 여전히 실증 단계(TRL 6 이하)에 머물러 있다고 분석하였다<sup>2)</sup>.

이러한 상황에서 유엔기후변화협약(UNFCCC)과 당사국총회(COP)는 기술개발 및 이전(Technology Development and Transfer)을 기후행동의 핵심 축으로 규정하고, 기술집행위원회(TEC)와 기후기술센터·네트워크(CTCN)를 중심으로 협력체계를 발전시켜 왔다<sup>3)</sup>. 그러나 기술협력의 지속가능성 측면에서는 여전히 구조적 한계가 존재한다. 기술공급국은 지식재산권 보호, 상업적 보상구조의 불확실성 등으로 인해 기술 이전에 대한 의지가 약화되고, 수혜국은 기술과 재원을 지속적으로 요구하는 비대칭적 구조를 보인다<sup>4)</sup>. 이로 인해 국제 기후기술 협력은 선언적 합의 수준에 머무르는 경우가 많으며, 실질적인 기술이전이나 장기적 파트너십으로 발전하지 못하는 한계를 드러내고 있다<sup>5)</sup>.

1) Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). Climate change 2023: Synthesis report. IPCC.

<https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>

2) International Energy Agency. (2023). Net zero by 2050: A roadmap for the global energy sector (2023 update). IEA. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050-2023-update>

3) UNFCCC Technology Executive Committee. (2022). Annual report of the Technology Executive Committee for 2022. United Nations Framework Convention on Climate Change. <https://unfccc.int/tclear/tec/documents.html>

4) UNEP Copenhagen Climate Centre. (2022). Annual progress report 2022.

<https://unepccc.org/publications/annual-progress-report-2022/>

5) UNEP Copenhagen Climate Centre. (2022). Annual progress report 2022.

<https://unepccc.org/publications/annual-progress-report-2022/>

우리나라도 국제사회와 보조를 맞추어 국가 간 기후기술협력 강화에 주력하고 있으나, 한계에 봉착하였다. 「기후기술협력 협의체」를 중심으로 우수한 국내 기술의 개도국 진출과 현지 기술사업화를 추진하고 있으며<sup>6)</sup>, 이를 통해 국가 탄소중립 목표 달성, 글로벌 신시장 선점, 기후 선도국으로서의 위상 제고를 도모하고 있다. 다만, 현재의 협력구조가 여전히 공여 중심의 일방적 수혜 형태에 머물러 있어, 공급자 측의 지속가능한 참여 유인 및 민간 부문 참여 확대 측면에서는 한계가 존재한다.

## 2 국내 여건 및 제약 요인

국제협력 측면에서의 구조적 제약뿐만 아니라, 국내 기후기술 산업의 기반 자체도 재원 부족과 시장 불확실성으로 인한 구조적 제약 등 여러 어려움에 직면해 있다. 특히 기술개발에서 상용화로의 전환 과정에서 발생하는 자금 단절, 이른바 ‘죽음의 계곡(Valley of Death)’ 현상은 대부분의 산업에서 혁신의 병목으로 작용하지만, 기후기술 분야에서는 그 강도가 더 크다.

기후기술은 실증 및 상용화 과정에서 대규모 설비투자과 장기 검증이 필요하고, 초기비용이 높으며 투자회수 기간이 길어 민간 투자가 제한적이다. IEA(2023)는 전 세계 에너지 투자 중 민간 부문의 기후기술 투자 비중이 5% 미만이며, 특히 실증 단계에서 가장 큰 자금 공백이 발생한다고 지적하였다.

시장 측면에서는 좁은 내수시장 규모로 인한 제약과 기후기술 시장 자체의 불확실성이 민간의 활력을 저해하고 있다. 기후기술 산업은 그 특성상 공공 부문의 정책적 의지에 따라 수요가 결정되는 ‘정책 의존형 시장’의 성격이 강하다<sup>7)</sup>. 그러나 탄소중립 관련 정책 기조의 변화나 국가별 에너지 수급 상황에 따라 시장 수요가 유동적으로 변하면서, 기업들은 장기적인 투자 회수 계획을 수립하는 데 큰 어려움을 겪고 있다<sup>8)</sup>.

특히 국내 기후기술 기업들은 협소한 내수 시장 내에서 출혈 경쟁을 벌이거나, 기술적 우위가 있음에도 불구하고 실무 현장에서의 운용 실적(Track Record) 부족으로 인해 공공 조달 시장이나 글로벌 시장 진입에 한계를 보이고 있다<sup>9)</sup>. 기후기술은 기존 화석연료 기반 기술 대비 높은 초기 비용, 이른바 ‘그린 프리미엄(Green Premium)’이 존재하기 때문에, 이를 상쇄할 수 있는 탄소 가격제나 인센티브 메커니즘이 시장 내에서 충분히 작동하지 않을 경우 민간의 자생적인 시장 형성이 지연될 수밖에 없다<sup>10)</sup>. 결국, 초기 기술이 시장의 선택을 받아

6) 과학기술정보통신부. (2023). 기후기술협력 협의체 운영 계획 발표문.

7) 김경유, 정은미, 이지평, 한정훈. (2021). 기후위기 대응을 위한 탄소중립 신산업 육성방안. 산업연구원.

8) 정은미, 김경유, 이지평, 이상준, 이해우. (2022). 한국 산업의 탄소중립 대응 실태와 정책 과제. 산업연구원.

9) 이주량. (2022). 탄소중립 기술 혁신을 위한 공공실증 추진전략. 과학기술정책연구원(STEPI).

10) International Energy Agency. (2021). Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector. IEA

규모의 경제를 달성하기까지 필요한 초기 수요 창출 체계가 미흡하다는 점이 국내 기후기술 생태계의 고질적인 약점으로 작용하고 있다<sup>11)</sup>. 이는 앞서 언급한 자금 단절 현상을 심화시키며, 혁신적인 기술을 보유한 중소·벤처기업들이 상업화의 문턱을 넘지 못하고 도태되는 주요 원인이 된다.

이와 더불어 제도적·사회적 요인도 기술 고도화를 제약하는 주요 원인으로 작용한다. 탄소중립 기술은 본질적으로 기존의 에너지 및 산업 체계를 전환해야 하는 특성을 지니기에, 신기술의 등장 속도를 기존 법·제도가 따라가지 못하는 ‘규제 지체’ 현상이 두드러지게 나타난다. 특히 실증 단계에서는 인허가 절차의 복잡성, 실증 부지 확보의 제약, 기술 기준 및 인증체계의 미비와 같은 다각적인 제도적 장벽이 혁신의 속도를 늦추고 있다. 재생에너지, 수소, CCUS(탄소 포집·활용·저장) 등 주요 기술군이 현장에 적용되는 과정에서 농지법, 도로법, 건축법, 고압가스안전관리법 등 서로 다른 부처의 규제들이 복잡하게 얽히며 병목구간을 형성하고 있다. 예를 들어, 건물 일체형 태양광(BIPV)이나 방음시설 융합 기술처럼 여러 부처의 소관 영역이 중첩되는 경우, 명확한 우선순위나 통합된 가이드라인이 부재하여 실증 기획 단계에서부터 막대한 시간과 비용이 소모되는 실정이다.

이처럼 자원·시장·제도 요인이 복합적으로 작용하면서, 국내 기후기술기업은 실증 단계를 거쳐 상업화 단계로의 전환에 구조적 어려움을 겪고 있다.

### 3 개도국향 실증사업의 필요성과 한계

이러한 국내의 제약 요인을 종합할 때, 국내 기후기술의 개도국 실증사업 활성화는 협력의 지속가능성과 기술경쟁력 강화를 동시에 달성할 수 있는 실질적 대안으로 제시될 수 있다. 본 연구는 다음 세 가지 측면에서 이 접근의 필요성을 제시한다.

첫째, 공여 중심의 일방향 구조에서 벗어나 공급자의 이익도 함께 고려하는 상호호혜적인 협력 체계를 기반으로 하여 개도국 실증사업을 기획할 필요가 있다. 국내 기후기술이 실증-사업화-확산으로 이어지는 선순환 구조를 기반으로 협력사업을 설계함으로써, 공급자의 참여 유인을 강화하고 기술혁신의 지속가능성을 확보할 수 있다.

둘째, 개도국의 기후기술 수요 확대 추세를 고려하여 시장을 선점할 경우 내수 시장의 작은 규모로 인한 시장 불확실성 요인을 완화할 수 있을 것이다. 기후금융 분석기관인 CPI(2024)에 따르면, 2019~2023년 간 개도국의 재생에너지·청정수송·순환경제 분야 투자가 연평균 12% 이상 증가하였다<sup>12)</sup>. 세계은행 또한 개도국의 기후 관련 인프라 투자 수요가 2030년까지 현재의 두 배 이상으로 확대될 것으로 전망하였다<sup>13)</sup>. 이에 따라 현지 실증을 통해

11) 김경유, 정은미, 이지평, 한정훈. (2021). 기후위기 대응을 위한 탄소중립 신산업 육성방안. 산업연구원.

12) Climate Policy Initiative. (2024). Global landscape of climate finance 2024. <https://www.climatepolicyinitiative.org>

트랙레코드를 확보하고 잠재 시장을 선점하는 것은 시장 불확실성을 완화하는 동시에 국내 기술의 국제 경쟁력 확보에 직접적인 기여를 할 수 있다.

셋째, 개도국과의 협력을 통해 국내 제도적 한계를 보완할 수 있다. 현지 정부와의 협력을 통해 규제 샌드박스 및 테스트베드를 구축하면, 국내에서는 어려운 실증 활동을 해외 현지에서 수행할 수 있는 제도적 여건을 확보할 수 있다. 이를 통해 기술의 실효성을 검증하고, 향후 개도국 시장 내 실적을 바탕으로 국내외 투자유치 및 파트너십 확장을 추진할 수 있다.

그러나 개도국 실증사업의 활성화를 위해서는 여전히 자원 부족과 투자 리스크 완화라는 과제가 남아 있다. 현재 기후기술 실증에 적합한 공공·민간 자원은 매우 제한적이며, 개도국 사업 특유의 정책·운영 리스크로 인해 민간 투자가 활발히 이루어지지 않고 있다<sup>14)</sup>. 따라서 소규모 실증에서 중대형 사업으로의 단계적 확장, 공공·민간 자원의 혼합, 국내외 펀딩 결합 구조 등 다층적 자원조달 전략이 요구된다<sup>15)</sup>.

본 고에서는 이러한 자원 부족의 한계를 극복하고, 국내 탄소중립 분야 연구개발자들이 국내외 자원을 확보하는 방향으로 체계적이고 전략적으로 개도국 실증사업을 기획할 수 있도록 기반 체계를 마련하고자 한다. 구체적으로, ① 탄소중립 분야 개도국 사업기획의 체계를 마련하고, ② 탄소중립 기술 중 유망기술을 선정하여 실제 사업에 적용·지원하며, ③ 사업 기획 및 지원 과정에서 도출된 교훈을 체계화함으로써, 향후 개도국 실증사업의 활성화 및 지속가능한 추진체계 구축에 기여하고자 한다.

마지막으로, 본 연구는 개도국 협력사업 자체를 포괄적으로 기획하는 데 있기보다는, 국내 탄소중립 기술의 실증 단계에서 발생하는 ‘데스밸리’를 극복하기 위한 하나의 전략적 수단으로서 개도국 실증사업의 가능성을 제시하는 데 그 의의가 있다. 이에 따라, 연구의 대상은 관계부처 합동으로 발표된 ‘한국형 탄소중립 100대 기술’로 설정하였으며, 개도국 대상 실증 사업을 전략적으로 기획함으로써 실증 데스밸리를 성공적으로 극복하여, 2050 탄소중립 달성과 핵심기술 상용화를 뒷받침하는 데 기여하는 것을 궁극적 목표로 한다.

## 제2절 논의의 구성

본 연구는 국내 탄소중립 기술이 연구개발(R&D) 단계에서는 일정 수준의 성과를 축적해왔으나, 실증(RD&D) 단계에서 반복적으로 구조적 병목에 직면해 왔다는 문제의식에서 출발한다. 특히 기술성숙도(TRL) 5~7 구간은 기술적 불확실성, 시장 불확실성,

13) World Bank. (2024). Scaling up to phase down: Finance and investment for a just transition. <https://www.worldbank.org>

14) Green Climate Fund. (2023). GCF annual results report 2023. <https://www.greenclimate.fund/document/gcf-annual-results-report-2023>

15) Asian Development Bank. (2024). Annual report 2023: Climate finance and innovation. <https://www.adb.org/documents/>

제도적 제약이 중첩되는 구간으로, 국내 여건만으로는 실증 테스트를 극복하는 데 한계가 존재한다. 이에 본 연구는 개도국 실증을 국내 탄소중립 기술을 완성하기 위한 핵심 RD&D 경로로 재정의하고, 이를 뒷받침하기 위한 사업기획 체계와 정책·제도적 실행 전략을 단계적으로 제시하고자 한다. 이러한 문제의식에 따라 본 보고서는 논의를 Part I과 Part II의 이중 구조로 구성하였다.

## 가. (Part I) 개도국향 RD&D 사업기획 체계의 구축

Part I은 개도국향 글로벌 RD&D 사업기획의 논리와 구조를 정립하는 데 초점을 둔다.

먼저 제2장은 글로벌 RD&D 사업기획의 이론적·방법론적 기반을 구축하는 장으로, 실증(RD&D) 단계의 개념과 구조를 체계적으로 고찰한다. 본 장에서는 기술실증(TRL 5~7)과 사업실증(TRL 8~9)을 구분하여, 실증 단계가 단순한 기술 검증을 넘어 기술의 성능, 경제성, 사회적 수용성을 현실 환경에서 종합적으로 검증하는 과정임을 명확히 한다. 이를 바탕으로, 국내 실증 여건의 제약을 보완할 수 있는 전략적 대안으로서 개도국 실증 기반 글로벌 RD&D의 필요성을 논증한다. 아울러 사업기획의 체계성과 논리적 일관성을 확보하기 위해 논리모형(Logic Model)을 도입하고, ‘對개도국 한국형 탄소중립 기술의 RD&D 사업기획’을 위한 맞춤형 논리모형을 개발한다. 이 논리모형을 활용하여 한국형 탄소중립 100대 기술 체계 내에서 개도국 실증에 적합한 기술군을 선별하는 기준과 절차를 제시하고, 전문가 평가와 개도국 수요조사를 결합함으로써 공급자 중심 기술기획에서 수요 연계형 글로벌 RD&D 기획으로의 전환 구조를 구체화한다.

이어서 제3장은 제2장에서 구축한 개도국향 글로벌 RD&D 사업기획 체계를 국제·국내 자원과 직접 결합하여 실행 가능한 글로벌 RD&D 사업으로 구체화하는 단계에 해당한다. 본 장의 핵심은 자원 분석 자체가 아니라, 자원 구조를 활용해 실제 사업기획을 완성하는 과정에 있음.

이를 위해 글로벌 RD&D 관점에서 주요 국제·국내 자원을 기술성숙도(TRL) 단계별로 분석하고, 기술실증과 사업실증에 각각 적합한 자원의 기능과 한계를 비교함으로써 단일 자원 중심 접근의 한계를 제시한다. 이러한 분석을 토대로 호라이즌 유럽을 TRL 5~7 구간의 핵심 기술실증 재원으로 설정하고, DUT·CETP, 국내 공공자원, ODA, MDB, P4G·GCF 등 사업실증·확산형 자원과의 단계적 연계 구조를 도출한다. 특히 호라이즌 유럽과 P4G를 중심으로 실제 국제공동 RD&D 사업을 공동기획한 사례를 제시함으로써, 논리모형 기반 기술 선별과 자원 분석이 제안서 수준의 구체적 사업기획으로 전환될 수 있음을 실증한다. 이를 통해 기술실증-사업실증-확산으로 이어지는 글로벌 RD&D 사업기획 모델을 제시하며, Part I에서 제시한 사업기획 논리를 실제 사업 설계 단계까지 연결하는 역할을 수행한다.

## 나. (Part II) 글로벌 RD&D 활성화를 위한 정책적·제도적 연계 방안

Part II는 Part I에서 제시한 글로벌 RD&D 사업기획이 실제 정책과 제도 속에서 구현되고 확산되기 위한 조건을 검토하는 데 초점을 둔다.

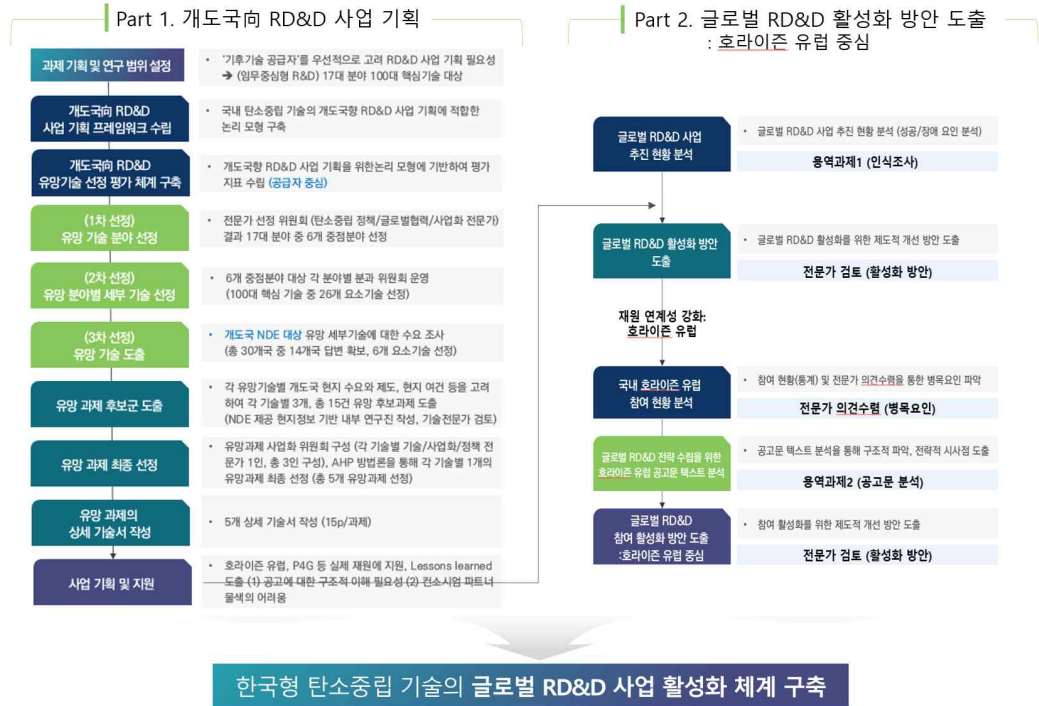
제4장은 국내 탄소중립 기술의 글로벌 RD&D 추진 현황과 구조적 제약 요인을 종합적으로 분석하는 장으로, 국내외 정책 환경과 글로벌 RD&D 추진 동향을 검토하고, 실증 단계에서 나타나는 데스밸리의 원인을 정책·제도·재원·인식 측면에서 진단한다. 이를 통해 글로벌 RD&D가 단순한 국제협력 수단이 아니라, 국내 탄소중립 기술정책의 핵심 실행 수단으로 재정립될 필요성을 정책적으로 논증한다. 또한 개도국 실증을 기술 이전이나 개발협력의 연장선이 아닌, 국내 기술의 성능과 시장성을 공동으로 검증하는 전략적 RD&D 경로로 재정의하고, 그 정책적 함의를 도출한다.

마지막으로 제5장은 글로벌 RD&D 활성화 방안을 호라이즌 유럽을 중심으로 구체화한다. 본 장에서는 국내 호라이즌 유럽 참여 현황을 분석하고, 제안-협약-집행 전주기에 걸쳐 발생하는 구조적 병목 요인을 체계적으로 정리한다. 이를 통해 국내 참여의 한계가 개별 연구자나 기관의 역량 부족이 아니라, EU의 RD&D 수행 구조와 국내 연구관리·재정·행정 체계 간 정합성 부족에서 비롯된 구조적 문제임을 명확히 한다. 아울러 호라이즌 유럽 공고문에 대한 텍스트 분석을 통해 EU가 요구하는 기술·정책·사회적 전환의 구조를 도출하고, 국내 연구기관과 기업이 보다 전략적으로 글로벌 RD&D에 참여하기 위한 기획 방향과 국가 차원의 전주기 통합 지원체계 구축 필요성을 제시한다.

## 다. 연구의 종합적 구조

종합하면, 본 연구의 논의 구조는 Part I에서 개도국 실증을 전제로 한 글로벌 RD&D 사업기획의 논리와 실행 모델을 제시하고, Part II에서 이를 실제 정책·제도·재원 환경 속에서 구현·확산하기 위한 활성화 방안을 도출하는 단계적 흐름으로 구성된다. 이를 통해 본 연구는 글로벌 RD&D를 국내 탄소중립 기술정책의 보조적 수단이 아닌, 실증 데스밸리 극복과 기술 확산을 위한 핵심 정책 경로로 제시하고자 한다.

그림 1-1 본 과제의 연구 추진 프로세스



## 제2장

# 국내 탄소중립 기술의 글로벌 RD&D 사업기획 체계 구축 및 활용

### 제1절 개도국향 글로벌 RD&D 사업 배경 및 필요성

#### 가. 실증 단계의 이론적 기초

##### 1) 실증 단계의 이론적 고찰

한국은 GDP 대비 R&D 투자에서 세계 최상위권을 유지하고 있음에도 불구하고, R&D 성과가 사업화로 이어지는 비율은 상대적으로 낮다는 문제가 지속적으로 제기되어 왔다. 이는 막대한 R&D 투자로 창출된 지식이 경제적 가치로 효과적으로 전환되지 못하고 있음을 시사하며, 그 주요 원인으로 기술개발과 시장 사이의 단절, 즉 ‘죽음의 계곡(Valley of Death)’을 초래하는 핵심 요인인 ‘실증(Demonstration)’ 단계의 부재가 지목된다.

본 절에서는 이러한 실증 단계의 구조적 난제를 극복하고 R&D 투자의 효율성을 제고하기 위한 방안으로 (1) 실증 과정에 대한 단계적 접근(staged approach)과 (2) 글로벌 RD&D의 전략적 활용이라는 두 가지 핵심 전략을 제시한다. 먼저 실증의 개념과 역사적 확장 과정을 고찰하고, 기술성숙도(TRL) 체계를 기반으로 실증 단계를 기술실증(TRL 5~7)과 사업실증(TRL 8~9)으로 세분화하여, 각 단계의 특성과 단계적 접근의 필요성을 분석한다. 이어서 한국형 탄소중립 100대 기술이 국내 환경만으로는 실증을 완수하기 어려운 구조적 한계를 진단하고, 개도국과의 글로벌 RD&D 협력이 단순한 시장 개척이나 개발협력을 넘어 국내 기술의 완성을 위한 필수적 R&D 경로임을 논증한다. 특히 개도국을 기술혁신의 파트너로 재정의하는 상호호혜적 협력 모델을 제시한다.

선행연구들은 ‘죽음의 계곡’이 발생하는 원인으로 크게 세 가지를 지적한다. 첫째, 자금 부족이다. 기술개발에는 성공했으나 상용화에 이르기까지 대규모 후속 자금을 유치하지 못해 사업이 중단되는 경우가 빈번하다. 민간 투자자들은 시장에서 검증되지 않은 기술에 대한 투자를 꺼리는 경향이 강하다. 자금 공백은 기술사업화의 가장 직접적인 장애물로 작용한다. 둘째, 시장 불확실성이다. 개발된 기술이 실제 시장의 수요와 부합하는지, 경쟁 기술 대비 우위를 점할 수 있는지에 대한 불확실성으로 인해 민간 투자가 위축되는 현상이다. 기술의 성능이 실험실 환경에서 검증되었다 하더라도, 실제 시장 환경에서의 적용 가능성, 소비자

수용도, 가격 경쟁력 등에 대한 불확실성이 남아있다. 이는 투자자뿐 아니라 잠재 고객들의 의사결정을 지연시키는 주요 요인이 된다. 셋째, 기술 외적 장벽이다. 기술 자체의 문제보다는 기술을 둘러싼 규제, 인프라, 혹은 기술개발 주체의 역량 부족 등 복합적인 요인으로 인해 사업화가 좌절되는 경우이다. 혁신 기술은 종종 기존 규제 체계가 예상하지 못한 영역에 속하거나, 기존 인프라와 호환되지 않는 경우가 있다. 또한 기술 개발에 성공한 연구자나 스타트업이 사업화에 필요한 마케팅, 법률, 재무 등의 역량을 충분히 갖추지 못한 경우도 많다. 이러한 비기술적 장벽들은 기술적 우수성만으로는 극복할 수 없는 구조적 문제를 야기한다.<sup>16)</sup> 이처럼 죽음의 계곡은 단일 원인이 아닌 자금, 시장, 제도가 복합적으로 작용하는 구조적 문제이다. 이를 극복하기 위해서는 기술개발과 시장 사이의 단절된 영역을 효과적으로 연결하는 메커니즘이 필요하며, 그 핵심이 바로 ‘실증’이다.

## 2) 실증의 체계와 확장

‘실증’에 대한 개념은 기술의 발전과 사회적 요구의 변화에 따라 지속적으로 확장되어 왔다. 과거에는 기술아이디어가 연구개발(R&D)부터 생산, 마케팅을 거쳐 시장에 이르는 선형 모형으로 설명되었으나, 이러한 접근은 연구·개발과 상업화 사이 중간 영역의 복잡성을 설명하지 못했다. 선형 모형의 한계를 보완하기 위해 Jolly(1997)는 기술사업화 과정을 ①착상(Image), ②보육(Incubating), ③실증(Demonstration), ④촉진(Promoting), ⑤지속(Sustaining)의 5단계 비선형 모델(chain-linked model)로 제시하였다. 특히 Jolly는 각 단계 사이 “브리지(bridge)”, 즉 연결 과정의 중요성을 강조하여 기술사업화가 연속적이고 상호작용적인 과정임을 밝혔다. 이 모델에서 실증 단계는 단순히 기술을 시연하는 것을 넘어, 이전 단계(보육)에서 개발된 기술을 다음 단계(촉진)로 연결하는 핵심적인 브리지 역할을 수행한다. 실증을 통해 기술의 실현 가능성을 입증하고 잠재 투자자와 고객의 신뢰를 확보함으로써, 본격적인 시장 진입을 위한 토대를 마련하는 것이다.

이러한 단계별 접근과 함께, 실증의 성격을 명확히 구분하려는 노력도 이어졌다. 국제적으로 통용되는 연구개발(R&D) 활동의 범위 설정 기준인 OECD 프라스카티 매뉴얼(Frascati Manual)은 실증을 그 성격에 따라 ‘기술적 실증(Technical Demonstration)’과 ‘사용자 실증(User Demonstration)’으로 명확히 구분한다. ‘기술적 실증’은 신기술 구현을 위한 프로그램 개발 및 실증 모델 개발 등을 포함하는 R&D 활동의 일부로 간주된다. 이는 기술의 과학적·공학적 타당성을 검증하고, 설계 개념을 구체적인 프로토타입으로 구현하여 기술적 성능을 시험하는 과정이다. 기술적 실증은 여전히 연구개발의 연속선상에 있으며, 그 결과는 기술의 추가 개선이나 차세대 기술 개발을 위한 과학적 지식으로 환류된다. 반면,

16) 안소영(2018), R&D 실증사업의 유형별 특성과 중요도-성취도(IPA)분석을 통한 개선방안 제언, KISTEP; 김선재, 이선명(2019), 정부 연구개발 실증 지원 고도화 방안, KISTEP; 손수정 외(2020), 실증테스트베드 성과분석 및 발전방안 연구, STEPI; 박철호 외(2023), 개도국 기후기술 실증사업 기반 조성 연구: 선정평가를 중심으로, 국가녹색기술연구소

‘사용자 실증’은 정책 수립이나 사용 촉진을 목적으로 하는 시범·보급 사업으로 R&D 활동에 포함되지 않는다. 사용자 실증은 이미 기술적으로 검증된 제품이나 서비스를 실제 사용 환경에서 운영하여, 정책 입안자나 잠재 수용자들에게 그 효용성을 보여주는 것을 목적으로 한다. 이는 기술 개발보다는 기술 확산과 시장 형성에 초점을 둔 활동이라 할 수 있다.<sup>17)</sup>

국내 연구에서도 실증의 개념은 다각적으로 논의되어 왔다. 안소영(2018)은 실증의 개념이 시대적 요구에 따라 확장되어 왔음을 지적하며, 이를 세 가지 유형으로 구분하였다. 1990년대까지 초기 실증은 대량 생산 이전 기술의 성능을 검증하고 공정을 효율화하는 ‘기술검증을 위한 실증’에 국한되었다. 이 시기의 실증은 주로 제조업 중심의 산업 환경에서, 파일럿 생산라인을 통해 기술의 생산 가능성과 경제성을 사전에 확인하는 데 초점을 두었다. 실증의 주요 목적은 대규모 투자에 앞서 기술적 리스크를 최소화하는 것이었으며, 이는 주로 기업 내부의 의사결정을 위한 도구로 활용되었다. 2000년대 이후 R&D 투자의 경제성 문제가 대두되면서, 기술의 상용화 불확실성을 줄이고 제도적 장벽을 해소하여 시장 가치를 창출하는 ‘기술사업화를 위한 실증’으로 그 역할이 확대되었다. 이 시기에는 벤처기업과 기술 스타트업의 성장과 함께, 실증이 투자 유치와 시장 진입을 위한 핵심 단계로 인식되기 시작했다. 실증은 더 이상 기업 내부의 의사결정 도구가 아니라, 외부 투자자와 잠재 고객에게 기술의 가치를 입증하는 대외적 활동으로 확장되었다. 또한 정부의 기술사업화 지원 정책도 본격화되면서, 공공 부문의 실증 지원 프로그램들이 다양하게 등장하였다. 2010년대 들어서는 기술의 사회적 수용성을 높이고 사회문제를 해결하는 ‘사회적 가치 창출을 위한 실증’의 중요성이 부각되고 있다. 기후변화, 고령화, 에너지 전환 등 복잡한 사회문제들이 대두되면서, 기술 혁신의 목적이 단순한 경제적 가치 창출을 넘어 사회적 과제 해결로 확장되었다. 이에 따라 실증도 기술의 시장성뿐 아니라 사회적 영향, 환경적 지속가능성, 윤리적 수용성 등을 종합적으로 검증하는 과정으로 진화하고 있다. 리빙랩(Living Lab), 규제 샌드박스 등 시민 참여형·개방형 실증 방식도 이러한 맥락에서 등장하였다.<sup>18)</sup>

이러한 논의들을 종합하면, 실증은 “실제 환경조건 하에서 기후기술을 적용해 봄으로써, 기술의 성능과 적용가능성을 시연하고 실제 또는 잠재적 수요자들로 하여금 평가받는 과정”으로 포괄적으로 정의할 수 있다. 이는 앞서 논의된 기술적 검증, 사업화 촉진, 사회적 수용성 제고라는 다층적 목적을 모두 포괄한다. 또한 ‘실제 환경조건’과 ‘수요자 평가’를 핵심 요소로 강조함으로써, 실증이 통제된 실험실 환경을 넘어 실제 사용 맥락에서 이루어져야 하며, 기술 개발자의 일방적 시연이 아닌 수요자와의 상호작용 과정임을 명확히 한다. 결과적으로 실증은 기술의 불확실성을 줄이고 시장 진입 안정성을 제고하기 위한 기술사업화의 핵심 단계로 자리매김한다.<sup>19)</sup>

17) 안소영(2018), R&D 실증사업의 유형별 특성과 중요도-성취도(IPA)분석을 통한 개선방안 제언, KISTEP

18) OECD(2015), Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development. OECD Publishing

### 3) 실증 단계의 세분화: 기술성숙도(TRL) 기반 구분

앞서 살펴본 실증 개념의 역사적 확장을 바탕으로, 본 연구에서는 실증 단계를 보다 구체적이고 조작적으로 구분하기 위해 국제적으로 통용되는 기술성숙도(Technology Readiness Level: TRL) 체계를 활용하고자 한다.

#### 가) TRL 체계의 국제적 표준과 실증의 범위

NASA의 TRL 체계는 원래 우주항공 기술의 성숙도를 평가하기 위해 1970년대에 개발되었으나, 현재는 다양한 산업 분야에서 기술 개발 단계를 평가하는 국제 표준으로 자리잡았다. TRL은 1970년대 NASA에서 처음 개발되어 원래 7단계 체계였으나, 1990년대에 9단계로 확장되었으며, 2000년대 초반부터 미국 국방부(DOD)가 조달 과정에 활용하기 시작했고, 2008년에는 유럽우주국(ESA), 2010년에는 유럽연합(EU)이 공식 채택하여 국제 표준으로 확산되었다.

실증 단계의 범위에 대해 주요 국제기관들은 다음과 같이 정의한다. 미국 에너지부(DOE)는 TRL 5를 “관련 환경에서의 부품/공정 검증(Component and/or process validation in relevant environment)”, TRL 6을 “관련 환경에서의 시스템 프로토타입 실증(System/process model or prototype demonstration in a relevant environment)”, TRL 7을 “운영 환경에서의 시스템 프로토타입 실증(System/process prototype demonstration in an operational environment)”으로 정의하여, TRL 5~7을 실증 단계로 명시하고 있다.<sup>20)</sup> 유럽연합(EU) 호라이즌 유럽은 공식 부속서(General Annexes)에서 TRL 5를 “관련 환경에서 검증된 기술(Technology validated in a relevant environment, 핵심 기반기술의 경우 산업적으로 관련된 환경)”, TRL 6을 “관련 환경에서 실증된 기술(Technology demonstrated in a relevant environment)”, TRL 7을 “운영 환경에서의 시스템 프로토타입 실증(System prototype demonstration in an operational environment)”으로 정의하고 있다. 호라이즌 유럽은 TRL 2~4를 실험실 개발 단계, TRL 5~7을 관련 환경에서의 검증 또는 실증 단계(piloting), TRL 8~9를 상업 환경 등에서 완전히 구현된 단계로 구분한다. OECD는 연구개발 단계를 기초연구(TRL 1~3), 개발(TRL 3~5), 실증(TRL 6~7), 초기 상용화(TRL 8~9)의 4단계로 구분하여, TRL 6~7 수준을 실증(demonstration) 단계로 규정하고 있다. OECD의 분류는 R&D 통계 작성과 정책 수립을 위한 기준으로 활용되며, 각국의 연구 예산 배분과 성과 평가의 근거가 된다.<sup>21)</sup>

19) 박철호 외(2023), 개도국 기후기술 실증사업 기반 조성 연구: 선정평가를 중심으로, 국가녹색기술연구소

20) U.S. Department of Energy(2011), Technology Readiness Assessment Guide

21) NASA(2003), Technology Readiness Levels Demystified; Mankins, J.(1995), Technology Readiness Levels: A White Paper, NASA; U.S. Department of Energy, Technology Readiness Assessment (TRA) Guide; European Commission(2022), Horizon Europe Work Programme 2021-2022 – General Annexes (TRL definitions); OECD (2015), Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development

한국의 경우, 기술성숙도(TRL)는 특정 기술의 개발 단계 또는 기술성숙 정도를 객관적 지표에 근거하여 측정·평가·비교하기 위한 기준으로, NASA의 모델을 기반으로 하되 국내 산업구조와 특성에 맞게 변형하여 사용하고 있다. 한국은 범정부 차원의 통일된 TRL 정의보다는 각 부처와 기관별로 산업 특성에 맞게 적용하고 있는 것으로 보인다. 방위사업청은 2006년부터 무기체계 개발에 TRL을 적용하여 TRL 6 이상은 민간기업 투자 위주로 추진하도록 규정하였으며, 한국산업기술평가원(KEIT)은 2007년 「부품소재기술개발사업의 TRL 평가 기준」, 2008년 「산업 분야별 TRL 평가지표 개발 및 적용에 관한 연구」를 통해 산업 분야별 TRL 기준을 마련하였다. KIET의 2008년 연구는 TRL을 5개 대단계(기초연구 TRL 12, 실험 TRL 3~4, 시작품 TRL 5~6, 실용화 TRL 7~8, 사업화 TRL 9)로 재분류하여 산업별 세부 정의를 제시하였다.<sup>22)</sup>

그러나 그러나 TRL 5~7 구간, 특히 실증 단계에 대한 한국의 해석과 적용 방식은 미국·EU 등 국제 기준과 중요한 차이를 보인다. 국제 기준에서 TRL 5는 “관련 환경에서의 부품·모듈 검증”을 의미하나, 한국에서는 “과일럿 제작 및 초기 적용 가능성 검토” 수준으로 해석되어 실증환경 요구 수준이 상대적으로 완화되는 경향이 있다. TRL 6의 경우, 국제 기준은 “프로토타입의 관련 환경 시연”을 요구하는 반면, 한국은 “제한적 현장 시험” 중심으로 운영되어 운영환경 요구 수준에서 차이가 발생한다.

특히 TRL 7에 대한 해석 차이가 두드러진다. 미국 DOE와 EU는 TRL 7을 “운영 환경에서의 시스템 프로토타입 실증(System prototype demonstration in an operational environment)”으로 정의하여 RD&D의 핵심 실증 단계로 간주하는 반면, 한국에서는 TRL 7을 사업화 직전 단계로 분류하는 경향이 있어, 기술실증 단계는 사실상 TRL 5~6에 한정되는 구조를 보인다. 한국전자통신연구원(ETRI)의 경우 TRL 5를 “확정된 소재/부품/시스템 시작품 제작 및 성능 평가”, TRL 6을 “과일럿 규모 시작품 제작 및 성능 평가”, TRL 7을 “신뢰성평가 및 수요기업평가”로 규정하고 있어, 국제 기준의 운영환경 실증보다는 시장 진입을 위한 사업화 단계로 해석하는 경향을 보인다. 실제 정책 및 자원 운용 과정에서도 TRL 7을 RD&D보다는 사업실증 또는 초기 상용화 단계로 해석하는 경향이 지배적이다.<sup>23)</sup>

22) 국가과학기술정보센터(NABIS) (2014), 기술성숙도/기술준비수준(TRL); 방위사업청 (2024), 기술성숙도평가 및 제조성숙도평가 업무처리규정 (방위사업청훈령 제869호, 2024. 9. 12. 제정); 한국산업기술평가원(KEIT) (2007), 「부품소재기술개발사업의 TRL 평가 기준」; 한국산업기술평가원(KEIT) (2008), 「산업 분야별 TRL 평가지표 개발 및 적용에 관한 연구」

23) ETRI 기술이전홈페이지(n.b.), 기술성숙도(TRL: Technology Readiness Level), [https://itec.etri.re.kr/itec/sub01/sub01\\_07.do](https://itec.etri.re.kr/itec/sub01/sub01_07.do)

이러한 해석 차이는 국내외 RD&D 재원의 비교·분석 과정에서 중요한 고려 요소로 작용한다. 예를 들어, EU Horizon Europe의 Innovation Action(IA)은 TRL 6~7 수준의 엄격한 운영환경 실증을 요구하는 반면, 한국의 실증형 R&D 사업(예: KEITI 해외 현지실증, KIAT ODA 기반 실증, KETEP 산업 실증사업 등)은 국제 기준 최소 TRL 7 이상에 도달한 기술을 대상으로 하기에 TRL 7~9 수준의 사업화 기반 실증을 지원하는 구조이다. 따라서 글로벌 RD&D 재원과 국내 실증 재원을 TRL 기준만으로 단순 비교하는 경우, 각 재원이 요구하는 실증 수준·환경·정책적 맥락을 반영하지 못할 가능성이 있다.

#### 나) 기술실증 단계 (TRL 5~7): 기술적 실현가능성 검증

기술실증 단계(TRL 5~7)는 연구실이나 통제된 환경에서 개발된 기술을 보다 현실에 가까운 환경에서 프로토타입으로 시험하여 기술적 성능과 안전성을 검증하는 단계이다. 이 단계에서는 파일럿 규모의 시스템을 구축하거나 현장에 적용해보며 기술의 기능성, 효율, 신뢰성 등을 입증한다. TRL 5는 실험실 환경에서 개발된 부품이나 서브시스템을 실제와 유사한 환경에서 검증하는 단계이며, TRL 6은 관련 환경에서 시스템/서브시스템 모델 또는 프로토타입을 실증하는 단계이다. TRL 7은 운영 환경과 유사한 조건에서 시스템 프로토타입을 실증하는 단계로, 본격적인 상용화 직전의 마지막 기술 검증 과정이라 할 수 있다.

기술실증은 여전히 R&D의 연장선에 속하며(OECD Frascati 매뉴얼 기준 응용연구/개발연구 단계에 해당), 주요 성과지표는 기술 지표(성능 향상, 안정화 여부 등)가 된다. 이 단계의 활동은 R&D 예산으로 지원되며, 그 성과는 학술 논문, 특허, 기술 보고서 등의 형태로 산출된다. 주요 과제는 미확인 기술적 문제를 발견하고 개선하는 것으로, 기술적 위험성을 줄여 다음 단계 투자의 타당성을 확보하는 데 초점을 둔다. 이 단계에서는 기술의 스케일업 과정에서 발생하는 예상치 못한 문제들(예: 열관리, 소재 안정성, 시스템 통합 등)을 식별하고 해결책을 마련한다. 또한 실제 운영 조건에서의 성능 데이터를 수집하여, 기술 사양을 최종 확정하고 제조 공정을 최적화하는 작업이 이루어진다.

#### 다) 사업실증 단계 (TRL 8~9): 시장적 실행가능성 검증

사업실증 단계(TRL 8~9)는 기술실증을 통과한 기술을 실제 운영 환경에서 거의 완전한 규모로 적용하여 상용화를 눈앞에 둔 첫 번째 사업화 실험을 수행하는 단계이다. 이를 시제품의 사용자 실증 단계라고도 하며, 실제와 유사한 조건에서 기술을 운영하여 시장성, 경제성, 제도 적합성을 검증한다. TRL 8은 실제 시스템이 완성되어 시험 및 실증을 통해 검증된 단계이며, TRL 9는 실제 임무 수행을 통해 시스템이 검증된 단계로 본격적인 상용화

직전 또는 초기 상용화 단계에 해당한다. 이 단계는 비R&D적 요소가 크게 작용하는데, 시제품 홍보와 정책 지원 마련을 위해 수행되는 실증은 더 이상 순수한 기술개발이 아니라 시장진입 전략의 일환으로 간주된다. 사업실증에서는 기술적 개선보다는 비즈니스 모델 검증, 고객 확보, 공급망 구축, 마케팅 전략 수립 등 사업화를 위한 제반 활동이 중심이 된다. 사업실증의 성과지표는 사업화 지표(예: 현지 적용 효과, 비용 절감, 이용자 반응, 초기 매출, 시장 점유율)이며, 주요 과제는 잠재 고객과 투자자 확보, 규제 승인 및 표준 충족, 대규모 자금 조달 등 상용화에 필요한 환경을 구축하는 것이다. 이 단계에서는 기술의 신뢰성과 경제성을 실제 사용자에게 입증하여, 본격적인 시장 진입을 위한 레퍼런스를 확보하는 것이 핵심 목표가 된다.

#### 라) 죽음의 계곡과 단계적 접근의 필요성

두 실증 단계는 연속적이며 상호 보완적이다. 기술실증을 통해 “기술적으로 실현 가능”하다는 확신을 얻었다면, 사업실증을 통해 “시장적으로 실행 가능”하다는 확신을 얻어야 비로소 본격적인 상용화로 전환될 수 있다. 그러나 이 전환 과정은 기술혁신 과정에서 가장 어려운 단계로 알려져 있다. 대학과 연구기관은 주로 TRL 1~4에 집중하고, 민간 부문은 TRL 8~9에 집중하는 반면, TRL 5~7 구간은 어느 쪽도 투자를 우선시하지 않아 ‘죽음의 계곡(Valley of Death)’으로 불린다.<sup>24)</sup> 이 중간 공간은 종종 방치되어 많은 유망한 기술들이 성숙 단계에 도달하지 못하고 사라지는 구간이다. NASA 및 미국 회계감사원(GAO)의 연구에 따르면, GAO가 분석한 52개 방위·우주 시스템 프로그램에서 미성숙한 기술을 포함한 프로젝트는 평균 34.9%의 비용 초과를 경험한 반면, 성숙한 기술을 가진 프로젝트는 4.8%의 비용 초과만 경험했다.<sup>25)</sup> 또한 TRL이 증가할수록 다음 단계로 나아가는 비용이 급격히 증가하며, 특히 TRL 5(관련 환경에서의 기술 검증)에서 TRL 7(실제 운영 환경에서의 실증)로 넘어가는 과정은 산업 파트너가 개발된 기술을 실제 적용할 수 있다고 확신하기 위해 훨씬 더 많은 투자가 필요한 단계이다.<sup>26)</sup> 이 구간에서 기술은 실험실을 벗어나 실제 시장 환경에 노출되며, 기술적 불확실성뿐 아니라 시장 불확실성, 제도적 불확실성, 재원 불확실성에 동시에 직면하게 된다.

본 연구가 제안하는 단계적 접근(staged approach)은 기술실증 단계의 성공적 완수를 최우선으로 한다. 첫째, 기술실증은 사업실증의 필수 선행 조건이다. 기술적 성과와 신뢰성이 충분히 입증되지 않은 상태에서 대규모 사업실증에 투자하는 것은 위험이 매우 크다. 둘째,

24) Ford(2007), A Valley of Death in the Innovation Sequence; Barr et al.(2009), Bridging the Valley of Death: Lessons Learned from 14 Years of Commercialization of Technology Education

25) Bauer et al.(2015), Bridging the Technology Readiness “Valley of Death” Utilizing Nanosats, IEEE

26) Debois et al.(2015), Bridging the Valley of Death: A Success Story on Danish Funding Schemes Paving a Path from Technology Readiness Level 1 to 9, IEEE

죽음의 계곡의 가장 깊은 구간이 바로 기술실증 단계이다. 앞서 살펴본 바와 같이 TRL 5~7은 어느 쪽도 투자를 우선시하지 않는 죽음의 계곡의 핵심 구간이다. 따라서 이 단계에서의 전략적 접근이 전체 사업화 성공을 좌우한다. 셋째, 개도국과의 글로벌 RD&D 협력이 가장 효과적으로 기여할 수 있는 구간이 기술실증이다. 앞서 논의한 국내의 환경·제도·시장적 제약은 주로 기술실증 단계에서 문제가 된다. 고온다습 환경에서의 장기 성능 검증, 다양한 작물 조건에서의 데이터 수집, 새로운 건축 기술의 실제 건물 적용, 불안정한 전력망에서의 마이크로그리드 효율성 입증 등은 모두 TRL 5~7 구간에서 수행되는 기술실증 활동이다. 개도국은 이러한 실증을 위한 ‘자연 실험실’을 제공하여, 기술의 범용성과 내구성을 극대화하는 데 기여한다.

한국 역시 이러한 실증 단계의 특성을 고려하여 탄소중립 기술의 단계별 추진 체계를 마련하고 있다. 「탄소중립 녹색성장 기술 혁신 전략」(관계부처 합동, 2022)은 수소 등 핵심 기술의 실증을 규모와 주체에 따라 구분하여 제시한다. 소규모 실증(1~2MW급)은 출연연·대학이 주도하며 정부가 전액 지원하는 기술 검증 단계이고, 중규모 실증(10~50MW급)은 기업이 주도하며 정부가 일부 지원하는 상업화 직전 단계이며, 상용화 단계(100MW급)는 민간이 주도하는 본격적인 시장 진입 단계로 구분된다. 이는 주체와 재원이 점차 공공에서 민간으로 이행되는 과정을 명확히 하여, TRL 단계별로 적합한 지원 방식을 제공하기 위한 체계라 할 수 있다.<sup>27)</sup>

그러나 이러한 국내 단계별 실증 체계도 한국의 고유한 제약 조건으로부터 자유롭지 못하다. 좁은 국토, 제한된 기후 조건, 성숙한 규제 체계, 안정화된 인프라 등은 특정 기술의 다양한 조건에서의 검증을 제약한다. 특히 글로벌 시장을 목표로 하는 기술일수록, 국내 환경만으로는 기술의 범용성과 경쟁력을 충분히 입증하기 어렵다. 따라서 국내 단계별 실증 체계와 글로벌 RD&D 협력을 전략적으로 결합하여, 국내에서 가능한 실증은 국내에서, 국내 조건으로 제약이 있는 실증은 개도국 협력을 통해 수행하는 이원화된 실증 전략이 필요하다.

## 나. 개도국향 글로벌 RD&D 전략적 필요성

### 1) 개도국향 RD&D에 대한 기존 관점과 한계

개도국과의 기후기술 실증협력에 관한 기존 연구들은 그 필요성과 기대효과를 주로 두 가지 관점에서 조명해왔다. 첫째, 글로벌 기후 거버넌스 및 개발협력 관점이다. UNFCCC, 파리협정 등 국제적 합의의 이행을 위한 핵심 수단으로서 기술 협력을 바라본다. UNFCCC 기술집행위원회(TEC)는 개도국의 기술 이전을 촉진하고 기후기술에 대한 접근성을 높이기 위해 실제 환경과 유사한 조건에서 기술의 효율성을 검증하는 실증의 중요성을 지속적으로

27) 관계부처 합동(2022), 탄소중립 녹색성장 기술 혁신 전략

강조해왔다.<sup>28)</sup> 이 관점에서 개도국 협력은 주로 선진국의 도덕적·정치적 책임의 차원에서 이해된다. 역사적으로 온실가스를 많이 배출해온 선진국들이 기후변화에 취약한 개도국을 지원하는 것은 ‘공통의 그러나 차별화된 책임(CBDR)’ 원칙에 따른 당연한 의무로 간주된다. 그러나 이러한 관점은 국제 협력의 당위성을 설명하는 데는 유용하지만, 기술 공급국 입장에서의 전략적 동기를 충분히 포착하지 못한다는 한계가 있다. 협력이 주로 ‘해야 하는 것(ought to do)’의 차원에서 논의되고, ‘하고 싶은 것(want to do)’의 차원은 부차적으로 다루어지는 경향이 있다.<sup>29)</sup>

둘째, 신시장 개척 및 리스크 관리 관점이다. 녹색기술센터(GTC, 2018)의 연구는 개도국 실증 사업을 ‘이미 개발된 국내 기술을 해외 시장에 적용하고 사업 실적을 확보하기 위한 과정’으로 정의하고, 이 과정에서 발생 가능한 재정, 정보, 인프라, 정치적 불확실성 등 다양한 장애요인을 식별하고 관리하기 위한 정책적 지원 방안을 모색하는 데 중점을 둔다.<sup>30)</sup> 이 시각에서 개도국은 기술의 성능을 검증하는 ‘테스트베드’이자 관리해야 할 ‘리스크 요인’을 가진 잠재적 시장으로 인식된다. 이 관점은 기업과 정책 입안자들에게 실용적인 시사점을 제공하지만, 개도국을 수동적인 시장 또는 실험 대상으로 보는 경향이 있어 진정한 파트너십 구축에는 한계가 있다. 또한 이미 완성된 기술의 해외 진출에 초점을 두고 있어, 기술 개발 과정 자체에서 개도국 협력이 필요한 경우를 충분히 다루지 못한다.<sup>31)</sup>

이러한 기존의 관점들은 기술 공급국이 자국 내에서 직면하는 근본적인 R&D 한계를 극복하기 위한 전략적 수단으로서 개도국 협력을 심도 있게 조명하는 데에는 한계가 있다. 즉, 개도국과의 협력이 단순히 ‘있으면 좋은 것(nice-to-have)’이 아니라, 특정 기술의 도약을 위해 필수적이고 효과적인 R&D 경로가 될 수 있다는 점을 충분히 다루지 못하고 있다. 본 연구는 이러한 기존 관점의 한계를 넘어, 개도국 협력을 ‘국내 기술 완성을 위한 전략적 R&D 접근’으로 재정의하고자 한다. 이는 개도국을 원조 대상이나 시장이 아닌, 우리의 기술 혁신 임무를 함께 수행하는 대등한 R&D 파트너로 포함시키자는 관점이다.<sup>32)</sup>

## 2) 한국형 탄소중립 100대 기술의 특성과 국내 제약의 역설

본 연구는 한국형 탄소중립 100대 핵심기술을 대상으로 한다. 해당 기술군은 정부가 과학기술 역량을 총동원하여 2050 탄소중립 실현이라는 국가적 난제를 해결하기 위해 선정한

28) 박철호 외(2023), 개도국 기후기술 실증사업 기반 조성 연구: 선정평가를 중심으로, 국가녹색기술연구소

29) UNFCCC TEC(2023), Compilation of good practices and lessons learned on technology transfer; IPCC AR6 WG3(2022), Chapter 16: Innovation, technology development and transfer

30) 신현우 외(2018), 국제 양자협력 체제 기반 기후기술 실증(RD&D) 지원방안 연구, 녹색기술센터; 녹색기술센터, 개도국 기술실증(RD&D)의 의미와 지원방안

31) 녹색기술센터(2018), 개도국 기후기술 실증사업의 리스크 관리 방안 연구; 박철호 외(2023), 개도국 기후기술 실증사업 기반 조성 연구: 선정평가를 중심으로

32) Global Solutions Initiative(2025), Collaborative Industrial Technology Innovation for Clean Energy Transition; UNFCCC CTCN (2025), Collaborative Research, Development, and Demonstration (cRD&D) Strategy 2025-2030

임무중심형 R&D의 핵심이다.<sup>33)</sup> 이 기술들은 좁은 국토, 저풍량, 자원 부족 등 국내의 지리적 여건과 고탄소 제조업 중심의 산업 구조를 종합적으로 고려하여, 우리나라의 탄소중립 실현을 위해 반드시 확보해야 할 전략기술로 선정되었다. 한국형 탄소중립 100대 기술은 17대 핵심 분야에 걸쳐 있으며, 태양광·풍력 등 재생에너지, 수소, CCUS(탄소 포집·활용·저장), 이차전지, 철강·시멘트 등 산업 부문 저탄소화, 건물·수송 부문 에너지 효율화 등을 포괄한다. 이들 기술은 2030년 국가 온실가스 감축목표(NDC) 달성과 2050 탄소중립 실현의 핵심 수단으로 위치지어져 있다.<sup>34)</sup>

그러나 역설적이게도, 이 기술들을 선정한 배경이 된 바로 그 ‘국내의 특수한 제약 조건’들이 기술의 최종적인 완성 및 상용화를 가로막는 장벽으로 작용할 수 있다. 좁은 국토는 대규모 재생에너지 실증 단지 조성을 제약하고, 제한된 기후 조건은 다양한 환경에서의 기술 검증을 어렵게 하며, 이미 고도화된 인프라는 오히려 혁신적인 대안 기술의 필요성과 효용성을 입증하기 어렵게 만든다. 엄격한 규제 체계는 안전성을 보장하지만, 동시에 파격적인 혁신 기술의 실증 기회를 제한한다. 따라서 ‘한국형 탄소중립 100대 기술’의 성공적인 개발과 확산을 위해서는 국내의 한계를 넘어설 수 있는 글로벌 RD&D 협력이 선택이 아닌 필연이 된다.

## 다. 개도국향 글로벌 RD&D의 전략적 가치

### 1) 실증 단계의 구조적 난제와 글로벌 RD&D의 필요성

한국은 GDP 대비 높은 R&D 투자에도 불구하고, 기술이 사장되는 ‘죽음의 계곡(Valley of Death)’ 문제가 지속적으로 제기되어 왔다. 선행연구와 국제 보고서들은 RD&D 전주기에서 실증 단계의 부재가 가장 큰 병목임을 공통적으로 지적한다. 실증 단계의 난이도는 기술 혁신 전 주기 중에서도 가장 높다고 평가된다. 특히 대규모 실증사업의 경우 기술적 위험성과 비용 부담이 커서 민간기업 혼자 감당하기 어려우며, 이 때문에 기술 개발 이후 “풀스케일(full-scale) 실증”으로 넘어가는 과정이 더딜 수밖에 없다. IEA와 세계은행 등은 청정에너지 기술에서 R&D와 상용화 사이의 재정·정책 공백을 데스밸리로 규정하며, 이 구간을 메우지 못하면 기술적 우수성에도 불구하고 시장 진입에 실패한다고 분석한다.<sup>35)</sup>

더욱이 국내의 지리적·제도적·시장적 제약으로 인해 특정 기술의 실증 자체가 불가능하거나

33) 과학기술정보통신부(2022). 「국가적 난제 해결을 위한 임무중심 R&D 혁신체계 구축전략(안)」

34) 과학기술정보통신부(2021). 「한국형 탄소중립 100대 핵심기술 선정(안)」

35) IEA(2024), Advancing Clean Energy Demonstration Projects: Avato, P. and Coony, J.(2008), Accelerating Clean Energy Technology Research, Development, and Deployment: Lessons from Non-energy Sectors; Criscuolo, C. and Menon, C.(2015), The Valley of Death, the Technology Pork Barrel, and Public Support for Large-Scale Capital-Intensive R&D Projects; 안소영(2018), R&D 실증사업의 유형별 특성과 중요도-성취도(IPA)분석을 통한 개선방안 제언, KISTEP

제한적인 경우가 많다. 좁은 국토, 제한된 기후 조건, 엄격한 규제 체계, 이미 고도화된 인프라 등은 혁신 기술의 다양한 조건에서의 실증을 제약하는 요인으로 작용한다. 예를 들어, 극한 기후 조건에서의 태양광 패널 내구성 시험, 전력망이 불안정한 환경에서의 마이크로그리드 효율성 검증, 대규모 신도시에서의 스마트시티 기술 적용 등은 국내에서 수행하기 어려운 실증 과제들이다.<sup>36)</sup>

IEA(2024)에 따르면, 혁신 기술의 상용화를 위해 전 세계적으로 약 60억 달러 규모의 대형 실증 프로젝트들이 추진되고 있지만, 상당수가 인플레이션에 따른 비용 상승이나 정책 불확실성 등으로 최종 투자결정에 이르지 못한 채 지연되고 있다.<sup>37)</sup> 더욱이 이러한 실증 투자의 95%가 북미, 유럽, 중국 등에 치중되어 있어, 개발도상국에서는 실증 프로젝트가 부족한 상황이다. 이는 개도국이 가진 고유한 환경·제도적 조건이 선진국 기술의 실증 무대로서 충분히 활용되지 못하고 있음을 의미하며, 동시에 개도국의 기후기술 수요가 충족되지 못하는 양방향의 기회 손실을 시사한다.

## 2) 글로벌 RD&D 협력의 개념과 전략적 기능

글로벌 RD&D 협력은 이러한 맥락에서 실증 단계 활성화를 위한 핵심 전략으로 부상하고 있다. 글로벌 RD&D란 여러 국가의 정부, 연구기관, 기업 등이 참여하여 공동으로 기술을 개발하고 실증하는 협력체계를 말한다. 이는 단순한 기술 이전이나 일방적 지원을 넘어, 참여국들이 각자의 강점과 자원을 결합하여 공동의 목표를 달성하는 전략적 파트너십이다. 특히 선진국과 개도국 간 협력은 기술 공급국의 실증 제약 극복과 수요국의 기후문제 해결이라는 상호보완적 목표를 동시에 달성할 수 있다. 선진국은 기술과 자본을 보유하고 있지만 국내에서 다양한 조건의 실증을 수행하기 어려운 한계가 있고, 개도국은 실증에 적합한 환경과 시급한 기술 수요를 가지고 있지만 자체 기술 개발 역량과 재원이 부족한 경우가 많다. 이 두 가지 니즈가 만나는 지점에서 상호호혜적인 협력이 가능해진다.<sup>38)</sup>

개도국향 글로벌 RD&D는 다음과 같은 전략적 기능을 수행할 수 있다. 첫째, 실증 환경의 공간적 대안(Spatial Fix)을 제공한다. 국내에서는 촘촘한 규제, 입지 부족, 이미 고도화된 인프라로 인해 파괴적 혁신 기술의 대규모 실증이 어려운 반면, 일부 개도국은 신도시 개발, 규제 샌드박스, 특구 지정 등을 통해 상대적으로 개방적인 환경을 제공한다. 특히 기후기술의 경우 고온·고습, 열악한 전력망, 다양한 농업 환경 등 이질적 조건에서의 실증이 필수적이며, 이러한 환경에서의 데이터 축적은 국내 환경만으로는 달성하기 어려운 기술

36) 박철호 외(2023), 개도국 기후기술 실증사업 기반 조성 연구: 선정평가를 중심으로; 손수정 외 (2020), 실증테스트베드 성과분석 및 발전방안 연구, STEPI

37) IEA(2024), Advancing Clean Energy Demonstration Projects

38) Blanco, G. et al.(2014), The Technology Mechanism under the UNFCCC: Ways Forward: Global Solutions Initiative (2025), Collaborative Industrial Technology Innovation for Clean Energy Transition

진보(Technology Improvement)를 가능하게 한다.<sup>39)</sup>

둘째, 위험 분산과 재원 확보의 경로를 제공한다. World Bank, IEA, 다자개발은행(MDB) 및 학술 연구들은 국제 공동 실증, 파일럿 시설 공유, 다자간 프로그램을 통해 재원을 분산하고 위험을 공유(Risk Sharing)하는 것이 개별 국가의 규제·재원 제약을 우회하는 효과적인 전략이 될 수 있다고 제시한다. 개도국향 글로벌 RD&D는 국내 공공 재원과 녹색기후기금(GCF), MDB의 기후 금융을 결합하여 고위험 실증 구간의 비용 부담을 낮추는 구조를 설계할 수 있다.<sup>40)</sup>

셋째, 기술 완성을 위한 ‘브리지(Bridge)’ 역할을 수행한다. UNIDO와 ADB 등이 주도한 청정에너지 파일럿 프로그램 사례에서, 개도국에서의 실증은 기술 타당성을 입증하고 운영 경험과 실제 환경 데이터를 축적하는 중요한 역할을 수행한다. 이는 후속 투자 유치와 상용화로 이어지는 교두보가 되며, 개도국을 단순한 시장이 아닌 기술 혁신의 파트너로 재정 의하게 한다.<sup>41)</sup>

### 3) 글로벌 RD&D의 종합적 가치와 위상

결과적으로, 개도국과의 글로벌 RD&D를 통한 국제공동 실증사업은 개별 국가의 노력만으로는 넘기 어려운 죽음의 계곡을 다자간 협력을 통해 건널 수 있는 효과적 수단이라 할 수 있다. 실증 단계에서 요구되는 대규모 자금, 다양한 실증 환경, 제도적 지원, 시장 검증 등의 과제들은 단일 국가나 기업이 독자적으로 해결하기 매우 어렵다. 그러나 글로벌 협력을 통해 각국의 강점과 자원을 결합하면, 이러한 장벽들을 효과적으로 극복할 수 있다.

IEA 역시 국제 공조를 강화하여 청정에너지 실증 프로젝트를 시장에 안착시키는 것이 각국의 에너지·기후 목표 달성에 결정적 역할을 할 것이라고 강조한다.<sup>42)</sup> IEA의 2024년 보고서는 2030년까지 탄소중립 목표를 달성하기 위해서는 현재보다 3배 이상의 청정에너지 기술 실증 프로젝트가 필요하며, 이는 국제 협력 없이는 불가능하다고 지적하고 있다. 정부 간 협력, 기업 컨소시엄, 국제기구 프로그램 등 다양한 형태의 글로벌 RD&D 이니셔티브를 적극 활용하여 실증 단계의 공백을 메우고 활성화하는 전략이 요구된다.

다만, 국제 RD&D 및 기후금융 문헌은 데스크리 해법으로 공공재원 확대, 규제·표준 정비, 혼합금융(Blended Finance), 그리고 국제 공동 실증 등을 병렬적으로 제시하며, 어느 하나만으로는 구조적 병목을 완전히 해소할 수 없음을 강조한다. 따라서 개도국에서의

39) IEA(2024), Advancing Clean Energy Demonstration Projects; 박철호 외(2023), 개도국 기후기술 실증사업 기반 조성 연구: 선정평가를 중심으로

40) UNIDO(2024), Role of Pilot Demonstrations to Accelerate Clean Energy Transitions; Blanco, G. et al.(2014), The Technology Mechanism under the UNFCCC

41) IEA(2024), Advancing Clean Energy Demonstration Projects; Avato, P. and Coony, J.(2008), Accelerating Clean Energy Technology RD&D

42) IEA(2025), Promising new technologies face market uncertainty in pivotal moment for global energy innovation

기술실증은 국내의 규제 및 재원 병목을 보완하는 중요한 수단이지만, 국내 제도의 개선과 민간 투자 활성화가 결합될 때 비로소 그 효과가 극대화될 수 있다.

즉, 개도국향 글로벌 RD&D는 데스밸리 극복을 위한 여러 전략 가운데 하나로서, 국내 기술이 상위 TRL(기술성숙도)로 도약하는 유효한 경로로 기능할 수 있다. 특히 개도국과의 전략적 협력은 단순한 기술 이전이나 시장 개척을 넘어, 국내 기술의 본질적 한계를 극복하고 글로벌 경쟁력을 확보하기 위한 필수적인 R&D 경로로 인식되어야 한다.

#### 4) 소결: RD&D 전략으로서의 개도국 협력

결론적으로, ‘한국형 탄소중립 100대 기술’이 개도국으로 나아가는 것은 단순한 기술 이전이나 시장 개척을 넘어, 국내의 본질적 한계를 극복하고 기술의 완성도를 높여 글로벌 리더십을 확보하기 위한 필연적인 R&D 전략이다. 이는 개도국을 수동적인 수혜자가 아닌, 우리의 기술 혁신 임무를 함께 수행하는 대등한 R&D 파트너로 인정하는 진정한 상호호혜적 협력 모델의 핵심이라 할 수 있다.

이러한 관점의 전환은 개도국 협력에 대한 접근 방식을 근본적으로 바꾼다. 더 이상 ‘도와주는’ 것이 아니라 ‘함께 문제를 해결하는’ 것이며, ‘시장을 개척하는’ 것이 아니라 ‘기술을 완성하는’ 것이다. 이는 협력의 지속가능성과 효과성을 높이는 동시에, 양측 모두에게 실질적인 가치를 창출하는 윈-윈 모델을 구현한다.

다음 제2절에서는 이상의 논의를 토대로, 개도국향 글로벌 RD&D 실증사업을 체계적으로 기획하기 위한 구체적 방법론을 제시한다. 앞서 확인한 바와 같이 글로벌 RD&D는 ①국내 R&D 한계 극복, ②시장·제도·재원 불확실성 해소, ③수요-공급 매칭 구조화라는 다층적 기능을 수행해야 한다. 이에 본 연구에서는 논리모형(Logic Model)을 기반으로, ‘개도국향 탄소중립 기술 RD&D 실증사업’의 특수성을 반영한 맞춤형 사업기획 체계를 구축하고자 한다.

## 제2절 글로벌 RD&D 사업기획 체계의 구성

### 1 논리모형의 활용

본 연구에서는 사업기획의 체계성과 논리적 일관성을 확보하기 위하여 유망기술 선정부터 사업 기획 전반에 걸쳐 논리모형(Logic Model)을 활용하고자 한다. 논리모형은 각종 정책 및 사업의 기획, 관리, 평가 전 과정에 적용되는 대표적인 기획 도구로서, 사업이 “어떻게, 어떤 과정을 통해 목표를 달성할 것인가”를 구조적으로 제시하는 개념적 틀이다<sup>43)</sup><sup>44)</sup>. 이를 통해 사업의 목적, 추진 전략, 활동 내용, 투입자원, 기대 산출 간의 인과관계를 명확히 하고, 사업의 효율성과 타당성을 검증할 수 있다. 논리모형은 사업의 기획 단계, 실행 단계, 평가 단계 등 전 주기에 걸쳐 활용될 수 있으며, 특히 기획단계의 논리모형은 사업 설계상의 오류나 추진논리의 불일치를 조기에 발견하고, 사업의 작동 가능성을 사전에 검토하는 역할을 수행한다. 이 단계에서는 사업의 산출(Output)이나 영향(Impact)보다는 사업의 추진 논리(Logic of Intervention) 자체를 중심으로 기술하는 것이 특징이다.

우리나라의 국가연구개발사업 예비타당성조사에서도 논리모형은 사업계획의 주요 쟁점사항을 도출하는 핵심 도구로 활용되고 있다. KISTEP(2024)의 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(2024.7)」에 따르면, 기획단계 논리모형은 다음 여섯 가지 주요 구성요소를 중심으로 사업의 논리적 구조를 검토하도록 제시하고 있다.

첫째, 문제정의(Problem Definition)는 사업을 추진해야 하는 근본적 이유와 배경을 명확히 설명하는 단계로, 기술적·사회적·정책적 문제를 구체적으로 규정한다. 둘째, 목표(Goal)는 문제 해결을 통해 달성하고자 하는 구체적 성과를 설정하는 단계로, 목표의 적정성·측정가능성·실현가능성을 검토한다. 셋째, 활동(Activity)은 목표 달성을 위해 수행해야 할 구체적 연구개발 및 실행 과제를 정의하며, 단계별 추진절차와 역할을 명확히 한다. 넷째, 투입자원(Input)은 사업 수행에 필요한 인력, 자원, 인프라, 기간 등 모든 자원요소를 포함하며, 사업 추진의 현실성을 판단하는 근거가 된다. 다섯째, 산출물(Output)은 사업 수행의 결과로 도출되는 직접적 성과를 의미하며, 그 유형·규모·범위 및 활용계획을 구체적으로 제시한다. 여섯째, 가정(Assumption)은 사업 추진에 영향을 미칠 수 있는 외생적 요인을 검토하는 단계로, 관련 법령·정책환경·제도적 제약 및 위험요소를 사전에 파악함으로써 리스크를 관리한다.

43) 강현규(2016). 국가연구개발사업의 기획과 사전평가를 위한 논리모형의 활용 (KISTEP Issue Paper 2016-05). 한국과학기술 기획평가원.

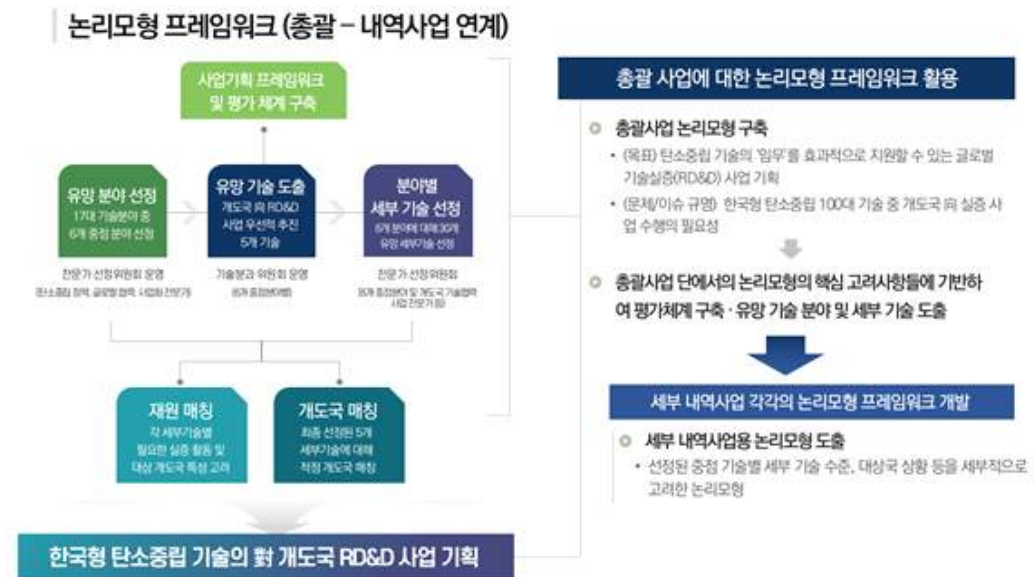
44) W.K. Kellogg Foundation(2004). Logic model development guide. Battle Creek, MI: W.K. Kellogg Foundation. <https://www.wkff.org/resource-directory/resources/2004/01/logic-model-development-guide>

본 연구에서는 ‘對개도국 한국형 탄소중립 기술의 RD&D 사업’의 기획을 목적으로 하는 맞춤형 논리 모형 개발을 통해 사업기획의 체계를 구체화하고자 한다.

## 2 한국형 탄소중립 기술의 개도국향 RD&D 사업 기획을 위한 논리모형 개발

본 연구에서는 논리모형 개발 및 활용에 있어 두 단계의 점진적 접근법을 취하였다. 첫째, 총괄사업 수준에서 논리모형 프레임워크를 활용하여 유망기술 평가체계를 구축하고, 이를 통해 탄소중립 분야의 유망 기술 및 세부 기술군을 도출하였다. 둘째, 도출된 유망 기술을 대상으로 기술별·대상국별·재원별 여건을 반영하여, 개도국 실증(RD&D) 사업의 세부 기획모형을 논리모형 구조에 따라 설계하였다. 이렇게 총괄 사업 레벨의 논리모형과 세부 사업 기획을 위한 모형을 구분한 이유는 각 모형이 목적과 활용성에서 차이를 보이기 때문이다. 총괄 사업 논리모형은 개도국 실증(RD&D) 사업 전반의 방향성과 추진 근거를 제시하며, 유망 기술 발굴 및 사업기획 체계의 큰 틀을 설정하는 데 목적이 있다. 반면, 세부 사업 기획모형은 각 기술별·국가별 특성과 재원 여건을 반영하여 실제 사업화로 이어질 수 있는 구체적 실행 전략을 설계하는 데 초점을 둔다.

그림 2-1 주요사업의 논리모형 프레임워크 (총괄-내역사업 연계)



※ 출처: 저자 작성

즉, 총괄 논리모형이 “왜(Why)”와 “무엇을(What)”에 해당하는 거시적 기획의 틀이라면, 세부 논리모형은 “어떻게(How)”에 초점을 맞춘 실무적 설계도에 해당한다. 이러한 이원적 구조를 통해 사업 전반의 전략적 적합성을 확보함과 동시에, 기술별·국가별 맞춤형 실증사업 기획의 구체성과 실행 가능성을 제고할 수 있다.

이와 같이 본 연구의 논리모형은 KISTEP(2024)의 일반형 논리모형을 기반으로 하되, ‘개도국 실증(RD&D) 사업’이라는 특수 목적에 부합하도록 변형·보완하였으며, 특히 문제·이슈의 규명, 목표의 구체화, 수혜자의 명확한 정의에 초점을 두어 설계하였다.

총괄 및 세부 논리모형의 연계 구조는 그림 2-1과 같다.

### 가. 이슈 및 문제 정의

먼저, 본 사업이 추진되어야 하는 배경은 글로벌 및 국내 차원의 공통된 문제의식에서 비롯된다. 전 세계적으로 탄소중립 목표 달성을 위한 기술혁신과 기술이전의 중요성이 급격히 증대하고 있으며, 우리나라 또한 이러한 글로벌 흐름 속에서 기술경쟁력 강화를 통한 국가 경제 기여의 필요성이 커지고 있다.

한국의 「기후변화대응 기술개발 촉진법」은 기후변화대응 기술을 온실가스 감축과 적응에 기여하는 기술로 정의하며, 감축·적응 기술의 연구기반을 조성하고 국제협력을 촉진하여 국민경제 발전에 기여할 것을 명시하고 있다.<sup>45)</sup> 이와 같은 법적 근거는 한국형 탄소중립 기술의 해외 이전과 실증을 촉진하는 제도적 정당성을 제공한다.

개발도상국은 이러한 기술이전을 통해 에너지 안보를 강화하고 지속가능한 경제성장을 도모할 수 있으며, 선진국은 기술이전과 협력을 통해 국제적 책임을 이행하고 글로벌 기후목표 달성에 기여할 수 있다.

특히 파리협정 제10조 제2항은 기술개발과 이전에 대한 협력적 행동을 당사국의 의무로 규정하고 있으며, 혁신 환경 조성 및 RD&D 촉진을 명시하고 있다<sup>46)</sup>. 또한 136개 이상의 개발도상국은 자국의 NDC(Nationally Determined Contribution) 이행계획에서 ‘기술이전, 기후금융, 역량강화’ 지원을 전제로 한 조건부 감축목표를 설정함으로써, 국제적 지원체계 구축의 중요성을 강조하였다<sup>47)</sup>.

이와 함께 SDG(지속가능발전목표) 제7호(에너지 접근성 확대) 및 제9호(산업혁신·인프라 구축)는 재생에너지 확대, 기후대응 기술개발 및 이전을 핵심 과제로 제시하며, 국제협력을 통한 기술 실증 및 사업화의 중요성을 재확인하고 있다<sup>48)</sup>.

이러한 배경에도 불구하고, 탄소중립 기술은 높은 공공성과 장기적 연구개발기간으로 인해

45) 대한민국(2021). 기후변화대응 기술개발 촉진법 [법률 제18072호]. 국가법령정보센터

46) United Nations(2016). Paris Agreement. 유엔기후변화협약(UNFCCC).

47) 한국에너지경제연구원(2023). 제1차 전지구적 이행점검의 주요 결과와 시사점 (에너지포커스 70호)

48) United Nations(2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development (A/RES/70/1)

민간 투자가 활발하지 않고, 미성숙한 시장구조로 인해 사업화 지연의 문제가 지속되고 있다. 국내적으로도 실증(RD&D) 단계는 자금부족, 정책 불확실성, 제도적 제약 등으로 인해 ‘데스밸리(Death Valley)’로 불리며 기술사업화의 가장 큰 병목구간 중 하나로 지적된다<sup>49)</sup>. 이에 따라 국내외에서 실증단계 지원의 필요성이 점차 부각되고 있다.

## 나. 문제 해결의 방향성

이러한 문제에 대응하기 위해 본 연구는 ‘공급자 중심의 개도국 실증(RD&D) 사업 기획’이라는 접근방식을 제안한다. 이는 기존의 ‘수요자 중심 기술이전’ 모델에서 벗어나, 기술 공급자(한국의 연구기관·기업)가 실증을 통해 실질적인 기술적·경제적 성과를 확보하도록 설계함으로써 참여 동기를 강화하는 것을 목표로 한다.

이를 통해 ▲공급자의 참여 의지를 제고하고 글로벌 협력체계의 지속가능성을 확보하며, ▲개도국 현지의 확장되는 기후기술 시장을 기반으로 장기적 사업화 가능성을 높이고, ▲국내의 제도적 제약을 우회하여 현지 테스트베드에서 기술 고도화를 추진할 수 있다.

다만, 이러한 구조적 접근만으로는 자원 부족이라는 핵심 한계를 완전히 해소하기 어렵다. 이에 따라 본 연구는 ADB(2024), GCF(2023) 등 국제기구의 정책사례를 참고하여, 소규모 실증에서 중대형 사업으로의 단계적 확장, 공공-민간 재원의 혼합(blended finance), 국내외 펀딩 결합 구조 등 다층적 자원조달 전략을 병행할 필요성을 제시하며, 이에 대한 구체적 분석은 3장에서 논의한다.

## 다. 사업 목표 및 세부 추진 방향

본 사업의 궁극적 목표는, 국내 여건상 실증이 원활히 이루어지지 않거나 향후 해외 시장 진출이 필수적인 기술을 대상으로 개도국 실증 지원체계를 구축하여, 실증 데스밸리를 극복하고, 기술의 해외 진출 및 상용화를 촉진하는 데 있다.

이를 위해 다음의 세 가지 활동을 중심으로 체계적 접근을 시도한다.

- (1) 개도국 사업기획 체계 마련
- (2) 유망기술의 선정·과제화 및 실제 사업에 지원: ‘한국형 100대 탄소중립 핵심기술’을 중심으로, 개도국 실증이 유효한 기술군을 도출하고 실증사업 기획에 반영
- (3) 개도국 실증 사업 활성화를 위한 체계 마련: 사업 수행 과정에서 도출된 교훈을 체계화하여, 향후 국내 탄소중립분야 연구개발자들의 개도국향으로 RD&D 사업 기획 및 지원하는 것을 활성화할 수 있도록 체계 마련

49) KDB 산업은행 미래전략연구소(2018), 기후기술기업 지원 선진사례 및 시사점 - Wells Fargo의 IN2 사례를 중심으로

이러한 과정을 통해 본 사업은 단기적으로는 개도국 실증의 기획·운영 역량을 강화하고, 장기적으로는 국내 탄소중립 연구개발자들이 국제 협력체계와 글로벌 재원조달 경로를 적극적으로 활용할 수 있는 기반을 조성하게 될 것이다.

#### 라. 수혜자

본 사업의 직접 수혜자는 국내 탄소중립 분야 연구개발자 및 연구개발 기관이다. 이들은 개도국 실증 프로젝트를 통해 기술의 실질적 검증 및 고도화 기회를 확보하고, 국제 네트워크와 시장 진출 역량을 동시에 강화할 수 있다. 또한 간접 수혜자는 개발도상국의 정부 및 현지 산업계로, 이들은 기술협력을 통해 자국의 기술역량을 강화하고, 국가 차원의 에너지 안보와 기후대응 역량을 제고할 수 있다.

요약하면, 본 절은 개도국 실증(RD&D) 사업을 체계적으로 설계하기 위한 논리적 기반을 마련한 것으로, 사업의 추진 필요성과 문제 인식, 목표 설정, 수혜자 정의, 추진논리 간의 구조적 정합성을 확보하였다. 다음 절에서는 이러한 기획체계를 실제로 적용하여, 탄소중립 분야 중 중점 추진이 필요한 기술영역을 도출하고, 각 분야별로 유망한 글로벌 RD&D 과제를 식별·분석함으로써 실증사업 기획의 실천적 기반을 마련하고자 한다.

### 제3절 중점 탄소중립기술 분야 선정 및 분야별 유망 글로벌 RD&D 과제발굴

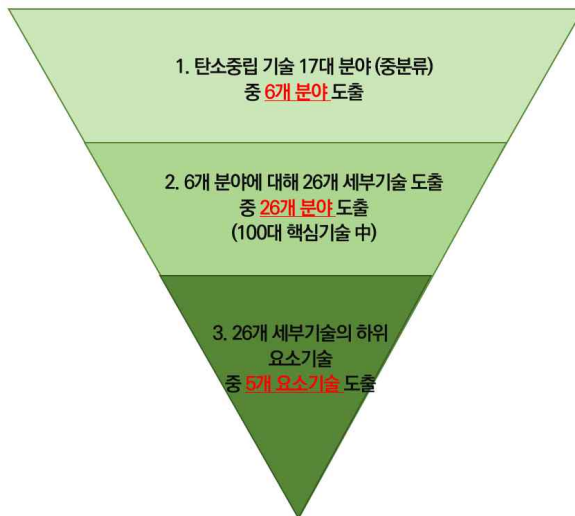
#### 1 중점 분야 및 과제 선별을 위한 평가기준 수립

앞서 제시한 논리모형 기반의 사업기획 체계는 개도국 실증(RD&D) 사업을 전략적으로 설계하기 위한 분석적 틀을 제공한다. 본 절에서는 이를 실제로 적용하여, 국내 탄소중립 기술 중 개도국 실증 및 국제협력 추진이 유망한 기술 분야를 선별하고, 분야별로 글로벌 RD&D 과제를 발굴하기 위한 구체적 평가 기준을 마련하였다.

유망 과제를 발굴하기 위해서는 우선적으로 유망 기술의 선별 과정이 선행되어야 한다. 본 연구에서 선정의 대상이 되는 기술군은 과학기술정보통신부는 2023년 임무중심형 연구개발의 일환으로 「한국형 100대 탄소중립 핵심기술」을 기반으로 하였다. 이 기술체계는 ▲I. 에너지전환, ▲II. 산업, ▲III. 수송, ▲IV. 건물·환경의 4대 대분류 아래에 총 17개 중분류, 100개 세부기술(소분류)로 구성되어 있으며, 이들 하위에는 총 296개의 요소기술이 체계적으로 분류되어 있다(과학기술정보통신부, 2023).

본 연구에서는 ‘유망 분야(중분류) → 유망 기술(소분류) → 유망 요소기술’의 단계적 접근을 통해, 국가 차원의 탄소중립 100대 핵심기술 체계에서 개도국향 실증(RD&D)에 적합한 기술군을 점진적으로 도출하였다.

그림 2-2 유망분야-세부기술-요소기술의 단계적 접근



※ 출처: 저자 작성

이와 같은 단계적 선별 방식은, 앞서 제시한 논리모형 기반의 사업기획 체계와 긴밀히 연계되어 있다. 앞 절에서는 다음의 조건을 충족하는 사업 기획 체계를 수립하였다:

- (1) ‘탄소중립’이라는 임무중심형 R&D의 일환으로 국가 단위 대응이 이루어지고 있는 한국형 탄소중립 100대 기술을 기반으로 하여 공급자 중심에서 개도국 향 실증이 필요한 기술을 대상으로 하고,
- (2) 개도국의 현지 여건을 반영하며,
- (3) 실증(RD&D) 단계와 관련한 사업기획의 가능성을 검토할 수 있는 체계일 것.

이러한 조건들을 충족하는 기술들에 한정하여 개도국향 실증사업 기획을 추진하였다. 특히, 기획 단계의 논리모형 중 유망 기술 발굴 단계에서는 특히 ① 문제/이슈의 정의와 ② 목표 설정에 중점을 두고 각 항목을 세분화하였다. 이를 지표화하여 정량적·정성적으로 평가할 수 있도록 구조화함으로써, 유망 기술의 선별 및 개도국 RD&D 사업 발굴의 기반을 마련하였다.

평가 지표는 다음의 다섯 가지 항목으로 구성하였다.

- (1) 정책적 우선순위 및 임무 중심형 부합성: ‘탄소중립’이라는 국가 임무 중심형 R&D 목표와의 정합성과 해당 기술이 국가전략기술 또는 주요 정책사업과의 연계성이 높은지를 평가
- (2) 국내 실증 완료 수준: 해당 기술이 국내에서 어느 정도 실증되었는지를 기준으로, 국외 실증의 필요성과 기술 성숙도(TRL)를 종합적으로 파악. 국내에서 실증이 이루어지지 않은 경우, 개도국 실증에 앞서 국내 실증을 우선적으로 수행해야 하는 경우가 있어 이를 판별하기 위한 지표
- (3) 국외 실증 추진의 필요성: 국내 인프라·제도·환경적 제약 등의 이유로 인해 해외 현지 실증이 기술 고도화 및 사업화에 실질적으로 기여할 수 있는지를 검토
- (4) 글로벌 기술개발 및 투자 동향: 유사 기술에 대한 주요국의 연구개발 및 투자 규모, 국제 RD&D 프로그램(호라이즌 유럽, ADB, GCF 등)의 지원 추세 등을 고려하여 글로벌 확장 가능성을 평가
- (5) 국외 실증의 적정성: 예상되는 실증사업의 규모, 재원조달 가능성, 소요 기간 등을 고려하여 개도국 현지에서의 실행 타당성과 지속가능성을 평가

위의 프로세스는 일반적 R&D 기획에서 적용되는 ‘과제 중심(project-based) 기획-기술 검증 및 선정-상세 제안서’의 절차<sup>50)</sup>와 일부 차이를 보이는 이유는, 본 연구의 출발점이 특정 기관 내부에서 작성된 과제 후보군이 아니라, 우리나라 관계부처 합동으로 국가 전략 차원에서 공식적으로 정의한 ‘한국형 100대 탄소중립 핵심기술’이라는 국가 기술체계에 기반하고 있기 때문이다.

50) 박철호 외(2016). 녹색기술 중소기업 협력과제 발굴 및 활성화 방안 연구. 녹색기술센터.

해당 기술체계는 이미 분야-세부기술-요소기술로 이어지는 계층적 분류체계(taxonomy)로 구성되어 있으며, 각 기술 분류는 정책적 우선순위, 기술 성숙도, 적용 분야 등 국가 차원의 전략적 판단을 반영하여 체계적으로 구조화되어 있다. 이러한 구조적 특성상, 기술군을 선별하는 과정에서 기술체계를 임의적으로 재조합하거나 과제 단위로 환원하기보다는, 기존의 계층 구조를 유지한 채 분야→세부기술→요소기술로 점진적으로 좁혀가는 방식이 정책적 정합성과 분석의 일관성을 동시에 확보하는 데 방법이라고 볼 수 있다.

또한, 개도국에서의 기술 실증 가능성은 개별 기술 과제의 우수성보다 해당 국가가 특정 분야에 대해 정책적 우선순위, 예산 배분, 인허가 권한 및 제도적 수용성을 보유하고 있는지에 의해 먼저 결정된다는 점도 본 접근법을 도입하는 데 영향을 미쳤다. 즉, 분야 수준의 정책 수용성과 실증 인프라 존재 여부는 기술 도입의 선결 조건이며, 이는 기술 세부 항목보다 상위 단계에서 평가될 수밖에 없다. 이러한 국제협력 및 정책적 맥락을 고려할 때, ‘유망 분야→세부기술→요소기술’로 이어지는 계층적 접근은 국가 기술체계의 일관성을 유지하면서도 개도국 수요 기반의 선별을 체계적으로 수행할 수 있는 하나의 방안이다.

## 2 중점 기술분야 도출

### 가. (1단계) 중점 분야 및 유망 세부기술 도출

앞 절에서 제시한 평가지표를 바탕으로, 기술사업화 및 국제협력 전문가로 구성된 선정위원회(총 9인)를 운영하여 중점 기술분야를 도출하였다. 전문가위원회는 탄소중립 100대 기술의 17개 중분류 분야를 대상으로, 각 기술군의 개도국 실증(RD&D) 적합성, 국내외 실증 필요성, 정책적 우선순위 등을 종합적으로 검토하였다.

분야 선정에 있어 대분류 간의 균형성을 확보하기 위하여, 특정 기술 대분류(예: 에너지 전환 분야)에 편중되지 않도록 조정하는 과정을 거쳤고, 해 총 7개 분야(태양광, 전력저장, 전력망, CCUS, 제로에너지빌딩, 친환경자동차, 원자력)가 선정되었다. 그러나 원자력 분야의 경우, 9인 선정위원 간에 개도국 실증(RD&D) 추진의 적합성에 대한 의견이 크게 갈려 기술 분야 전문가에게 추가로 자문을 구했고, 그 결과, 원자력 기술의 경우에도 특히 SMR 기술과 관련하여 최근 개도국에서 큰 관심을 보이고 있어, 개도국 사업 추진의 필요성은 충분히 인정되나, 현재 ‘탄소중립 100대 핵심기술’에 포함된 원자력 관련 요소기술의 특성과 기술 성숙도(TRL)를 고려할 때, 우선적으로 국내 실증이 선행되어야 하는 기술군으로 판단되었다. 장기적으로는 유망기술이 맞지만 중점적·우선적으로 개도국 실증사업을 기획해야 하는 분야는 아니기에, 해당 분야는 제외하였다. 이러한 과정을 통해 총 6개의 중점 분야(태양광, 전력저장, 전력망, CCUS, 제로에너지빌딩, 친환경자동차)가 최종적으로 선정되었다.

동일한 전문가 선정위원회를 대상으로 각 유망 중분류 분야 내 세부기술(소분류)에 대한 선정 절차도 추가로 진행하였다. 위원들은 각 기술의 기술 성숙도(TRL), 개도국 실증 적합성, 국제협력 가능성, 사업화 잠재력 등을 종합적으로 고려하여 평가를 수행하였다.

그 결과, 6개 유망 분야에서 총 16개의 세부기술(소분류)이 도출되었으며, 이는 향후 개도국 실증(RD&D) 사업의 구체적 대상 기술군을 구성하는 핵심 후보군으로 활용되었다.

**표 2-1** 유망 중분류-소분류 기술 리스트

대분류	중분류	소분류
에너지 전환 분야	태양광	사용처 다변형 태양광 시스템
		폐태양광 재활용 재사용
	전력저장	단주기 에너지 저장 시스템
		사용 후 배터리 ESS 시스템
	전력망	지능형 송배전 시스템
		분산전원 및 유연자원 통합 운영
산업 분야	CCUS	저장소 탐사·평가·선정
		저장 시설·설비 설계 및 구축
		광물탄산화 기술
		생물학적 전환
수송 분야	친환경 자동차	이차전지 셀 성능 고도화 기술
		이차전지 시스템 고도화
		유선 충전 고속화
건물·환경 분야	제로에너지건물	건물 설비 전기화·고효율화
		건물 신재생 에너지 및 에너지 융합 시스템
		건물에너지 관리·제어·데이터 활용

※ 출처: 저자 작성

## 나. (2단계) 유망 요소기술 도출

앞 절에서 선정된 6개 중분류 및 16개 세부기술(소분류)을 대상으로, 각 기술의 특성과 전공 분야의 전문성을 고려하여 전문가 자문위원회(기술별 2인, 16개 소분류 기술, 총 32인)를 구성하였다. 위원회는 각 세부기술별로 하위단의 요소기술에 대한 개도국 실증 사업의 적정성과 추진의 타당성을 정성적으로 평가하였다.

평가 과정에서는 각 요소기술에 대해 다음의 항목을 중심으로 자문을 수행하였다.

- 해당 요소기술의 국내 기술성숙도(TRL)
- 주관·참여기관 현황 및 실증 수행 여부
- 실증이 진행 중인 경우, 실증 규모 및 범위
- 개도국향 실증사업의 필요성 및 목적
- 실증이 불필요한 경우, 그 사유 및 제약요인
- 실증 추진 시 활용 가능한 자원 유형(국내·국의 포함)
- 해당 기술의 개도국 적용 가능성 및 시장성

이와 같은 검토 항목들은 모두 ‘총괄사업 논리모형’의 핵심 구성요소 — 즉, 이슈·문제 정의 → 목표 설정 → 투입·활동 → 산출 — 과 직접적으로 연계되는 항목으로서, 각 요소기술의 실증 타당성과 전략적 우선순위를 평가하기 위한 근거로 활용되었다. 전문가 의견을 종합한 결과, 총 26개의 요소기술이 개도국 실증(RD&D)에 적합하며, 우선 추진이 필요한 유망 기술군으로 도출되었다. 이들 기술은 향후 개도국 현지 실증사업 기획의 핵심 후보군으로서, ‘중점 기술분야-세부기술-요소기술’ 간의 연계 구조를 구체화하는 기반으로 활용되었다.

**표 2-2** 선정된 유망 요소기술 (총 26개)

대분류	중분류	소분류	요소기술
에너지 전환 분야	태양광	사용처 다변형 태양광 시스템	건물형 태양광 기술
			입지 다변형 태양광 기술
		폐태양광 재활용 재사용	태양광 폐모듈 재사용을 위한 기술 개발
			태양광 폐모듈 파쇄 장비 및 유리 분리 기술 개발
	전력저장	단주기 에너지 저장 시스템	고출력 리튬이온전지 기술
			차세대 슈퍼커패시터 기술
		사용 후 배터리 ESS 시스템	사용 후 배터리 성능/안전성 평가 기술
			사용 후 배터리 적용 ESS 제조 기술
	전력망	지능형 송배전 시스템	재생에너지 변동성 수용 전력망 운영 및 엔지니어링 기술
			DC 기반 전력망 고효율화 기술
분산전원 및 유연자원 통합 운영		유연자원 통합운영 및 계통연계 기술	
산업 분야	CCUS	저장소 탐사·평가·선정	대심도 시추 및 지층 평가 기술
			부지 특성화 기술
			저장용량 평가 및 유망기술/우선순위 평가/도출 기술
		저장 시설·설비 설계 및 구축	CO2 허브터미널 구축 및 안전 운영관리 기술

대분류	중분류	소분류	요소기술
		광물탄산화 기술	시멘트 및 콘크리트 양생 기술
			고순도 무기탄산염(탄산칼슘 등) 화학제품 생산 기술
		생물학적 전환	CO2를 고집적으로 처리, 전환할 수 있는 고효율 광생물반응기 제작기술
수송 분야	친환경 자동차	이차전지 셀 성능 고도화 기술	사용후 이차전지 재사용·재활용 기술
		이차전지 시스템 고도화	이차전지 팩/시스템 고밀도화 기술
			배터리관리시스템(BMS) 고도화 기술
유선 충전 고속화	배터리 상태분석 기반 전기차 충전제어 기술		
건물·환경 분야	제로에너지 건물	건물 설비 전기화·고효율화	건물부문 열에너지 네트워크 및 중앙-분산 히트펌프 기술
			전력-열에너지 연계 P2H-EMS 기술
		건물 신재생 에너지 및 에너지 융합 시스템	커뮤니티 전력 및 열 복합네트워크 구현 기술
		건물에너지 관리·제어·데이터 활용	디지털트윈 기반의 건물 자율운전 기술

※ 출처: 저자 작성

### 3 중점 기술분야에 대한 개도국 수요조사

지금까지의 분석은 공급자(한국) 관점에서 개도국 실증(RD&D)이 우선적으로 추진되어야 할 기술을 중분류, 세부기술(소분류), 요소기술 수준으로 단계적으로 도출하는 과정에 초점을 두었다. 그러나 기후기술 협력의 실효성을 확보하기 위해서는 공급자 중심의 시각만으로는 한계가 있으며, 수요자(개도국) 관점의 기술 수요 및 우선순위를 함께 반영하는 것이 필수적이다.

이에 본 연구에서는, 앞 단계에서 도출된 26개 유망 요소기술을 대상으로 개도국의 기술 수요를 조사하고, 우리나라와 상대국인 개도국의 수요가 기술군을 도출하기 위한 후속 분석을 수행하였다.

다만, ‘탄소중립 100대 핵심기술’에 포함된 상당 수 기술들은 기술 성숙도(TRL)가 높거나 선진국 중심의 R&D 단계에 해당하는 경우가 많아, 개도국 입장에서는 기술 적용이 과도하게 고도화된 수준으로 파악이 어려울 수 있다. 따라서, 각 기술의 개도국 적용 가능성을 보다 현실적인 수준에서 검토하기 위하여, 각 요소기술에 대한 ‘개도국 맞춤형 기술개요서’를 작성하였다. 기술 개요서는 해당 기술의 정의, 적용 분야, 개도국 현지 활용 시 기대효과, 기술

도입·실증 시 고려사항 등을 포함하여 기술 전문가의 자문을 통해 도출하였다.

### 가. NDE의 역할과 수요조사 방법

개발도상국 측 수요를 조사함에 있어서 본 연구는 유엔기후변화협약(UNFCCC) 기술 메커니즘(Technology Mechanism) 하에서 기후기술 협력의 주요 실행기구인 기후기술센터·네트워크(CTCN, Climate Technology Centre and Network)의 국가지정기구(National Designated Entity, NDE)를 주요 조사대상으로 설정하였다. CTCN은 기술개발 및 이전을 촉진하기 위한 UNFCCC의 실무기관으로서, 개도국의 기후변화 대응(완화 및 적응)을 지원하고, 기술협력·역량강화 활동을 수행한다(CTCN, n.d.-a)).

각 당사국은 자국 내 협력과 CTCN과의 공식적 조정을 담당할 NDE를 지정하며, NDE는 국가 내 기후기술 관련 이해관계자(정부, 연구기관, 산업계 등)의 의견을 수렴하고, 기후기술 수요를 조정·승인하는 역할을 수행한다(CTCN, n.d.-b). 즉, NDE는 단순한 행정적 연락창구를 넘어, 국가 차원의 기술협력 수요를 대표하고 국제 협력사업을 공식적으로 승인·조정하는 핵심 주체로 기능한다.

이러한 역할을 통해 NDE는 국가 내 기술협력 네트워크의 허브로서 기후기술 협력사업의 지속가능성과 정책 정합성을 제고하는 거버넌스 기능을 수행한다(UNFCCC, 2021). 따라서 본 연구에서는 개도국의 NDE를 주요 응답 주체로 선정하여, 기술협력의 실질적 수요를 진단하는 것이 가장 적합하다고 판단하였다.

### 나. 수요조사 설계 및 결과

아시아, 아프리카, 중남미(LAC) 지역을 포함한 총 30개국의 NDE를 대상으로 설문 요청을 발송하였으며, 이 중 14개국(N=14)으로부터 유효 응답을 확보하였다. 응답국은 타지키스탄, 짐바브웨, 감비아, 파키스탄, 아프가니스탄, 필리핀, 말레이시아, 팔레스타인, 캄보디아, 방글라데시, 스리랑카, 라오스, 요르단, 카자흐스탄이다.

설문에서는 ‘6대 유망분야-26개 요소기술’에 대해 ① 기술 정의, ② 개도국 적용 가능성, ③ 개도국 적용 시 기대효과를 간략히 기술한 개도국 기술개요서 내용을 요약하여 제공하였고, 응답자는 자국의 국가 차원에서 협력 수요가 가장 높은 상위 3개 기술 분야(중분류 수준) 및 각 분야 내 특히 수요가 높은 요소기술을 선정하도록 요청하였다.

우선순위별 가중치는 1순위로 선정된 분야 45%, 2순위 35%, 3순위 20%로 부여하여 최종적으로 종합 점수를 산정하였다<sup>51)</sup>. 분석 결과, 응답국 다수에서 공통적으로 높은 수요를

51) 가중치 변동(1~3순위 간)에 따른 결과 변화가 없어, 상위 5개 기술의 우선순위는 강건한 것으로 확인되었다.

보인 5개의 핵심 요소기술이 도출되었으며, 이는 이후 단계에서 추진할 개도국 맞춤형 RD&D 실증사업 기획의 우선 후보군으로 활용되었다 (표 2-3).

**표 2-3** 개도국 수요조사를 통해 선정된 요소기술 (5개)

대분류	중분류	소분류	요소기술
에너지 전환 분야	태양광	사용처 다변형 태양광 시스템	건물형 태양광 기술
			입지 다변형 태양광 기술
	전력저장	단주기 에너지 저장 시스템	고출력 리튬이온전지 기술
	전력망	지능형 송배전 시스템	재생에너지 변동성 수용 전력망 운영 및 엔지니어링 기술
수송 분야	친환경 자동차	이차전지 셀 성능 고도화 기술	사용후 이차전지 재사용·재활용 기술

※ 출처: 저자 작성

## 4 유망 과제 후보 도출 및 최종 선정

앞의 제3절 수요조사를 통해 개도국 측에서 높은 수요를 보인 5개 유망 요소기술이 도출되었다. 본 절에서는 이러한 기술들을 기반으로, 실제 개도국 RD&D 협력사업으로 발전 가능한 구체적 과제들을 개발함으로써 유망과제 후보 풀을 구축하였다.

우선, 수요조사 단계에서 각국 NDE는 자국의 기술 협력 수요와 관련하여 △기술 선정 이유(정책적·사회적 배경), △관련 법·제도적 기반, △희망하는 협력 형태(예: 공동연구, 기술이전, 시범사업 등)에 대한 의견을 제시하였다. 내부 연구진은 이를 종합하여 국가별 협력 수요와 제도·시장적 맥락, 그리고 각 기술의 개도국 적용 가능 포인트를 분석하였다.

이러한 분석 결과를 토대로 각 요소기술별 1페이지 분량의 과제 개요서를 작성하였으며, 개요서에는 과제 개요 및 목적, 기술 개요 및 적용 분야, 실증 대상국 및 수행기관, 적용 전략, 사업기간 및 예산, 확산 및 사업화 전략, 제도·정치·사회적 안정성(실행 리스크), 그리고 기술적·경제적·사회적·환경적 측면에서의 기대효과 등이 포함되었다.

작성된 제안서는 분야별 기술전문가(각 분야별 1인, 총 5인)에게 기술적 타당성, 사업화 가능성, 그리고 국제협력 연계성 측면에서의 적정성 검토를 의뢰하였다. 전문가 검토 결과를 반영한 보완 과정을 거쳐, 5개 유망 요소기술 각각에 대해 3개씩, 총 15개의 후보과제가 최종 도출되었다. 이와 같은 과정을 통해 도출된 유망 과제 후보군은, 개도국의 실질적 수요와 국내 기술의 적용 가능성을 함께 반영한 협력 기반 과제로서, 향후 국제 공동 RD&D 사업으로 발전할 수 있는 잠재력을 보유하고 있다. 최종적으로 선정된 유망 과제 후보군은 [표 2-4]에 정리하였다.

**표 2-4** 유망과제 후보 (기술별 3개, 총 15개)

유망 요소기술	적용 국가	후보과제명
건물형 태양광 기술	라오스	라오스 공공건물 및 교육시설을 중심으로 한 BIPV 실증 및 표준화 사업
	말레이시아	말레이시아 고층 상업·공공건물 대상 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV) 실증 사업
	캄보디아	캄보디아 탄소중립 달성을 위한 건물일체형 태양광(BIPV) 도입·실증 사업
입지 다변형 태양광 기술	방글라데시	방글라데시 농촌 소규모 맞춤형 영농형 태양광 실증 및 전국 확산 모델 개발
	팔레스타인	팔레스타인 분쟁지역 소규모 분산형 영농형 태양광 활용 에너지-물 자립 모델 실증
	짐바브웨	짐바브웨 대규모 농장 대상 영농형 태양광 기술실증 및 스마트농업 융합 상용화 모델 개발
고출력 리튬 이온전지 기술	짐바브웨	짐바브웨 에너지 저장 시스템 강화
	말레이시아	말레이시아 도서지역 재생에너지 변동성 수용형 마이크로그리드 실증: 고출력 리튬이온전지 기반 단주기 BESS 적용
	감비아	감비아 농촌·도서 마이크로그리드 재생에너지 변동성 수용을 위한 고출력 리튬이온전지(단주기 BESS) 실증 프로젝트
재생에너지 변동성 수용 전력망 운영 및 엔지니어링 기술	짐바브웨	짐바브웨 빅토리아 폭포 태양광 프로젝트 연계 전력망 운영 및 정전 완화 실증
	카자흐스탄	카자흐스탄 재생에너지 확대 대응을 위한 전력망 유연성 확보 및 노후 송배전 효율화 실증
사용후 이차전지 재사용·재활용 기술	스리랑카	스리랑카 재생에너지 통합 및 전기차 충전 인프라 안정화를 위한 사용후 배터리 재사용 실증사업
	요르단	요르단 재생에너지 통합 및 전력망 안정화를 위한 전기차 사용후 배터리 재사용 실증사업
	타지키스탄	타지키스탄 전력망 안정화 및 재생에너지 수용 확대를 위한 전기차 사용후 배터리 재사용 ESS 실증사업

※ 출처: 저자 작성

## 5 글로벌 RD&D 유망과제 발굴

앞 절에서 도출된 총 15개의 유망 과제 후보를 대상으로, 관련 전문가들로 구성된 선별 위원회(Selection Committee)를 구성하여 최종 글로벌 RD&D 유망과제를 선별하는 절차를 수행하였다.

### 가. 선별위원회 구성 및 평가 방법

선별위원회는 과제의 기술적 타당성, 정책적 연계성, 사업화 가능성 등 다차원적 관점을 반영하기 위하여 기술전문가 1인, 정책전문가 1인, 사업기획 전문가 1인으로 구성하였다.

위원회는 5개 유망 요소기술별로 각각 운영되었으며, 총 15개 후보 과제에 대해 Analytic Hierarchy Process (AHP) 기법을 활용하여 쌍대비교(pairwise comparison)를 통한 상대적 우선순위를 산정하였다.

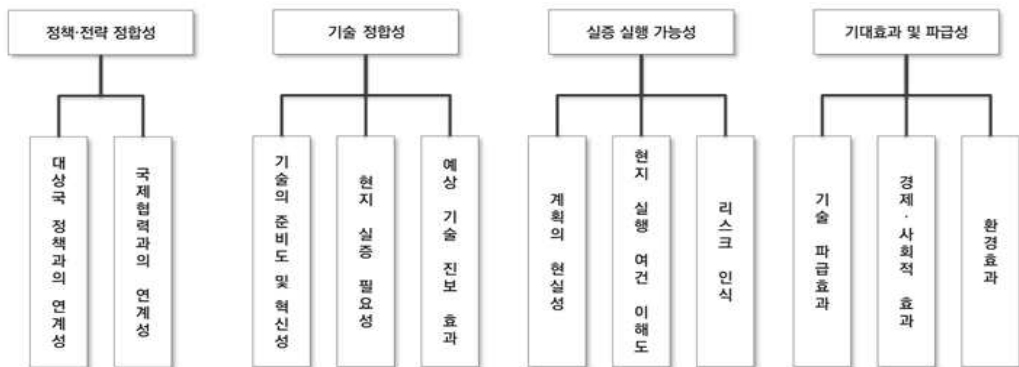
AHP는 다기준 의사결정(Multi-Criteria Decision Making, MCDM) 기법 중 하나로, 정성적 판단을 수치화하여 복수 대안 간의 우선순위를 도출하는 방법이다 (Saaty, 1980). 평가항목은 본 연구의 목적과 기후기술 협력사업의 특성을 반영하여 다음과 같이 설정하였다.

#### 1) AHP 기반 평가체계의 설계 및 적용

##### 가) 과제 선정 지표별 가중치 산정

AHP의 1단계에서는 본 연구의 목적과 기후기술 협력사업의 특성을 반영하여, 정책적 정합성·기술적 타당성·실증 실행 가능성·기대효과 및 파급성 등 4개 대분류 평가항목(1계층)과 그 하위의 세부 지표(2계층)를 설정하였다. 세부 항목별 평가지표는 다음과 같다.

그림 2-3 AHP 지표별 가중치 산정을 위한 평가지표



##### 나) 기술 분야별 유망과제 선정

AHP의 2단계에서는 1단계에서 도출된 가중치를 적용하여, 각 요소기술별로 도출된 3개의 후보과제를 상호 비교하여 최종 유망과제를 선정하였다. 평가위원은 ‘정책·전략 정합성’, ‘기술 정합성’, ‘실증 실행 가능성’, ‘기대효과 및 파급성’의 4개 대분류 지표를 기준으로 쌍대비교를 수행하였으며, 각 과제의 상대적 중요도를 산출하였다.

각 평가위원은 항목별로 후보 과제 간의 상대적 중요도를 쌍대비교를 통해 평가하였으며, 산출된 평가결과의 일관성 비율(Consistency Ratio, CR)이 0.15 이하인 경우에 한하여 유효한 결과로 인정하였다. 일관성 검증 기준과 관련하여 Saaty (1980)는 CR 값이 0.10 이하일 경우 쌍대비교 행렬이 논리적으로 일관성이 있다고 규정하였으며, 0.20 미만일 경우에는 허용 가능한 수준의 일관성으로 판단하였다. 본 연구에서도 이러한 기준을 준용하여, CR 값이 0.20 이상으로 나타난 응답에 대해서는 평가의 신뢰성을 확보하기 위하여 재평가 절차를 수행하였다. 이와 같은 체계적 평가를 통해 각 요소기술별로 최종 1개 과제를 선정하였으며, 그 결과 총 5개의 글로벌 RD&D 유망과제가 최종 도출되었다([표 2-5] 참조).

**표 2-5** 최종 선정된 5개 유망과제

유망 요소기술	적용 국가	후보과제명
건물형 태양광 기술	말레이시아	말레이시아 고층 상업·공공건물 대상 건물일체형 태양광발전시스템(BIPV) 실증사업
입지 다변형 태양광 기술	방글라데시	방글라데시 농촌 소규모 맞춤형 영농형 태양광 실증 및 전국 확산 모델 개발
고출력 리튬 이온전지 기술	짐바브웨	짐바브웨 에너지 저장 시스템 강화
재생에너지 변동성 수용 전력망 운영 및 엔지니어링 기술	카자흐스탄	카자흐스탄 재생에너지 확대 대응을 위한 전력망 유연성 확보 및 노후 송배전 효율화 실증
사용후 이차전지 재사용·재활용 기술	스리랑카	스리랑카 재생에너지 통합 및 전기차 충전 인프라 안정화를 위한 사용후 배터리 재사용 실증사업

※ 출처: 저자 작성

### 나. 최종 선정된 유망과제의 구체화

선정된 5개 유망과제는 이후 사업기획 전문가 그룹과의 협의를 거쳐 실제 사업제안서 수준의 상세 과제서로 발전시켰다. 상세 과제서는 다음의 핵심 항목을 포함하도록 표준화하였다.

- 과제 배경 및 추진 필요성
- 기술 개요 및 적용 범위
- 수요국 정책 및 제도적 연계성
- 예상 사업 구조(참여기관, 역할 분담, 협력 형태 등)
- 예산 규모 및 자원 조달 방향
- 기대성과 및 파급효과

본 연구에서 도출된 기술들은 모두 개도국 실증사업 기획을 위해 수립한 총괄 논리모형에 근거하여 선정된 것으로, 사업의 전반적인 추진 논리와 일관성을 유지하고 있다. 또한, 상세 과제서를 작성할 때에는 기획단계의 논리모형 구성요소 중 ‘문제/이슈-목표-수혜자’에 더해, ‘투입-활동-산출-성과/영향-가정’ 등 나머지 항목들을 모두 포괄하였다. 이를 통해 각 상세개요서가 단순한 기술 요약이 아니라, 사업 추진의 전 과정과 성과 구조를 체계적으로 반영한 형태로 구성되도록 하였다.

상세 과제서는 각 기술 분야별로 개발도상국에서의 사업 경험을 보유한 사업기획 전문가 및 현지 협력 전문가의 자문을 통해 도출되었으며, 세부 사업의 특성에 따라 활용 가능한 재원을 함께 고려하여 작성되었다.

다만, 본 장(제2장)에서 제시된 자원 매칭은 기획 단계에서의 잠정적 검토 수준으로, 실제 이행 가능성이나 해당 자원의 활용 가능성을 충분히 보장하는 것은 아니다. 이에 제3장에서는 각 자원의 세부 요건과 지원 성격을 보다 구체적으로 분석하여, 해당 자원이 개도국 실증(RD&D) 사업에 실제로 적합한지를 확인하는 절차를 수행하였다. 이러한 과정을 통해 제2장에서 도출된 자원 매칭의 현실성을 점검하고, 사업기획의 구체성과 실효성을 한층 높였다. 상세 과제서는 본 보고서의 부록에 수록되어 있다.

본 AHP 분석은 각 세부 요소기술에 대한 전문지식을 보유한 기술 전문가와, 기술 분야 전반 및 개발도상국 협력사업에 대한 이해를 갖춘 정책·사업화 전문가를 대상으로 요소기술별 3인으로 구성된 분과위원회를 통해 수행하였다. 구성된 위원단은 각 분야의 전문성과 적합성이 높은 것으로 평가되나, 분석 결과의 통계적 신뢰성과 안정성을 더욱 제고하기 위해서는 향후 위원 수를 확대하여 보다 폭넓은 전문가 집단을 대상으로 AHP 평가를 수행할 필요가 있다. 또한, 본 연구에서는 공급자인 우리나라 이해관계자를 대상으로 AHP를 하였는데, 향후에 국제 기구, 국제 자원 관계자들을 대상으로도 과제 우선순위를 도출해본다면 추가적인 함의를 도출할 수 있을 것으로 보인다.

또한 선정된 5개 과제의 대표성과 실제 이행 가능성은 3장에서 수행한 자원 분석 결과와 연계하여 검토되었으며, 자원 전문가의 심층 자문과 내부 연구진의 사업 기획 로드맵 구축 과정을 통해 그 실현 가능성을 한층 강화하였다.

## 6 소결

글로벌 RD&D 협력의 핵심 동력은 기술공급자의 ‘푸시(push)’와 수요국의 ‘풀(pull)’ 구조를 효과적으로 결합하는 데 있다. 특히 기존 개도국 협력 사업이 지녔던 일회성 성과 및 공급자 참여 저조의 한계를 극복하기 위해, 본 연구는 공급자의 ‘지속 가능한 참여 의향’ 확보를 전략적 출발점으로 설정한다. 이는 국내 연구기관 및 기업이 실증을 통해 실질적인 리턴(데이터 확보, 글로벌 트랙레코드 구축 등)을 얻을 수 있는 ‘공급 포트폴리오’를 우선적으로 식별함으로써, 사업의 연속성을 담보할 수 있는 참여 동기를 부여하기 위함이다.

이러한 공급자 니즈를 바탕으로 제안된 ‘Targeted Pull’ 결합 메커니즘은 국내 기술군 중 실증이 시급하고 경쟁력이 높은 분야를 선별한 뒤, 해당 기술을 가장 필요로 하는 개도국의 인프라 수요 및 정책 목표(NDC 등)와 전략적으로 매칭하는 과정이다. 이는 공급자에게 국내 환경의 제약으로 확보하기 어려웠던 극한 기후 데이터나 실제 계통 운영 실적 확보 등 기술 고도화의 기회를 제공하는 동시에, 수요국에는 현지 여건에 최적화된 기후기술 솔루션을 제공하는 상호호혜적(Win-Win) RD&D 구조를 형성한다.

본 연구에서 제시한 논리모형 기반의 협력 프레임워크와 단계별 기술 선정 지표는 국내 연구개발자들이 제도적 제약, 시장 불확실성, 재원 부족 등으로 인해 국내 실증 추진에 한계를 경험할 때, 개도국을 글로벌 테스트베드로 활용하기 위한 구체적인 전략 지침이다. 특히 탄소중립 100대 기술 분류체계와 연계하여 과제의 필요성과 타당성을 체계적으로 입증함으로써, 향후 사업 기획 단계뿐만 아니라 지원 및 평가 과정에서도 전략적 적합성과 실행 가능성을 제고하는 핵심적인 정책 참고체계로 활용될 것으로 전망된다.

또한, 본 프레임워크는 기술적 특성과 수요국의 정책 여건을 종합적으로 고려한 실증사업 설계를 가능하게 하여, 국내 탄소중립 기술의 글로벌 시장 진출을 가속화하는 실질적인 추진 동력이 될 것이다.

## 제3장

## 재원 맞춤형 글로벌 RD&amp;D 사업기획

## 제1절 글로벌 RD&amp;D 관점에서 활용가능한 재원 분석

기술사업화 과정에서 실증단계는 이른바 ‘Death Valley’로 지칭되는 자금조달의 공백 구간으로 알려져 있다. 기술성숙도(TRL)관점에서 보면, 기술실증(TRL 5~7)에서 사업실증(TRL 8~9)으로 이행하는 과정에서 재원 부족 문제가 두드러지게 나타난다. 본 연구는 탄소중립 기술의 개도국향 글로벌 RD&D 사업을 대상으로, 국내외 주요 재원의 실증단계별 적합성을 각 재원의 지원 목적, 지원 우선 분야, 지원 방식, 재원 규모, 지원 TRL 단계, 참여조건(컨소시엄 등), 지원 대상 등을 통해 분석하고, 기술실증 단계에 적합한 재원을 분석하고자 한다.

## 1 국외 재원

가. 호라이즌 유럽(Horizon Europe)<sup>52)</sup>

호라이즌 유럽은 유럽연합(EU)의 범유럽 연구혁신 프레임워크 프로그램으로, 과학기술 혁신을 통해 사회문제 해결과 산업 경쟁력 강화를 추구하는 프로그램이다. 현행 제9차 프레임워크 프로그램(FP9)으로서 2021년부터 2027년까지 7년간 시행되며, 이전 프로그램인 Horizon 2020(FP8, 2014-2020)의 후속으로 출범하였다. 2021~2027년 약 955억 유로(약 140조원)를 투자하는 역대 최대 규모의 R&D 프로그램으로, 기후변화 대응, 청정에너지, 스마트시티, 디지털 전환, 보건 등 EU 우선순위 분야 전반을 포괄한다. 이 프로그램은 3개의 Pillar로 구성되어 기초연구부터 글로벌 도전과제 해결까지 폭넓은 주제를 다루며, 특히 Pillar 2는 글로벌 문제 해결을 위한 분야별 기술개발에 중점을 두고 클러스터별 환경·에너지·교통 등의 실증 연구를 포함한다.

52) 한국연구재단(2024). EU 호라이즌 유럽 프로그램 길잡이; 과학기술정보통신부, 한국연구재단. (2025). 국내 연구자 및 연구기관용 호라이즌 유럽 가이드북. Ver2; 한국연구재단(2025). 호라이즌유럽 활성화 방안 자문의견서 (호라이즌유럽다자협력팀장 자문)을 바탕으로 정리

EU는 공모(Call)를 통해 다국적 컨소시엄을 모집하여 그랜트 형태로 연구비를 지원하며, 연구혁신행동(RIA)은 100%, 혁신행동(IA)은 70%(비영리기관 100%)의 EU 보조금으로 운영된다. 한국은 2025년 호라이즌 유럽 준회원국으로 가입하여 EU와 동등한 지위로 과제 주관 및 참여가 가능해졌으며, 과제별 규모는 수백만 유로 수준이다. 일반적으로 IA 과제는 EU로부터 5~15백만 유로 규모의 지원을 받을 수 있으며, 예산은 컨소시엄 내 참여 기관에 배분되는 구조이다.

호라이즌 유럽은 TRL 1~9 전주기를 포괄하되, 기술실증에 해당하는 중·후반 TRL도 집중 지원하는 프로그램이다. RIA는 주로 TRL 3~5 수준의 기술개발을, IA는 TRL 5~7 수준에서 시작해 과제 완료 시 TRL 7~8 수준의 데모 또는 파일럿 달성을 목표로 하며, 고도 기술실증이 필요한 경우 TRL 8~9 단계의 First-of-a-kind 실증사업도 일부 지원된다. 원칙적으로 다자간 국제 컨소시엄 구성이 필수이며, EU 회원국 또는 준회원국 최소 3개국의 3개 독립기관이 참여해야 하는 구조이다. 통상 3국 이상(대부분 5~10개국)의 기업, 대학, 연구소, 공공기관 등이 역할을 분담하는 형태이며, 한국 기관은 준회원국 지위로 주관기관 또는 파트너로 참여 가능하다. 컨소시엄 구성 시 유럽 측 파트너와의 사전 협력이 중요하며, EU 회원국 및 준회원국 연구자에게 동등한 참여 기회가 주어진다. 일부 공고는 최빈개도국(LDC) 및 군소도서국(SIDS) 기관 참여를 필수 조건으로 명시하여 개도국 협력의 중요성을 강조한다. 호라이즌 유럽을 통해 전 세계 150여 개국과 연구 네트워크를 구축할 수 있어 글로벌 협력 플랫폼으로 기능한다.

### 나. 기후기술센터&네트워크(CTCN)<sup>53)</sup>

CTCN은 유엔기후변화협약(UNFCCC) 산하 기술 메커니즘으로서 개도국의 기후기술 개발·이전을 지원하는 것을 주목적으로 한다. 개도국의 기술 수요를 해결하기 위해 선진 기술정보 제공, 역량 강화, 기술 매칭을 수행하며, 기술협력의 중매자이자 기술지원 이행기구 역할을 담당한다. 온실가스 감축 및 기후적응과 관련된 환경친화 기술 전 분야를 대상으로 하며, 에너지, 수자원, 농업, 도시, 대기오염, 기후적응 등 개도국이 제기하는 다양한 기술수요에 수요 맞춤형으로 대응한다.

CTCN은 국가별 요청에 대응해 기술지원(TA)을 제공하며, 개도국 정부가 자국 NDE를 통해 요청서를 제출하면 CTCN이 네트워크 파트너 중 수행기관을 선정해 전문가 파견, 기술 자문, 파일럿 사업 등을 수행한다. 자금은 수혜국에 직접 교부되지 않고 CTCN이 서비스 제공자에게 비용을 지불하며, 지원은 무상으로 이루어지고 건당 최대 25만 달러 규모로

53) CTCN PALO(2025), Collaborative RD&D Strategic Framework for CTCN(2025-2030)NDC Partnership: CTCN(2025), Technical Assistance, <https://ndcpartnership.org/knowledge-portal/climate-toolbox/ctcn-technical-assistance>; UNFCCC(n.d.), CTCN's Role and Support in Technology Transfer; CTCN, Technical Assistance, <https://www.ctc-n.org/technical-assistance> 을 바탕으로 정리

집행된다. 예비 타당성조사 등 소규모 지원은 5~10만 달러 이하로 운영되는 경우도 있다.

CTCN은 다자기금 및 선진국 출연으로 운영되며, 2013년 출범 이후 2025년 현재까지 115개국에서 374건 이상의 기술지원이 수행되었다. 평균 10~20만 달러 수준의 지원이 이루어졌으며, 일부 프로젝트는 후속으로 GCF나 기타 투자를 연계해 수백만 달러 규모로 확대되기도 한다. 파일럿 설치 및 기술 실증이 핵심 서비스 중 하나로, 보통 TRL 6~8 수준의 이미 검증된 기술을 현지에 적용하거나 현지 운영환경에 맞게 데모 프로젝트를 수행한다. 기술 자체의 근본 혁신보다는 현지화와 확산 가능성 검증에 초점을 두며, 이후 복제(replication)와 확산을 전제로 한 PoC 성격이 강하다. 개도국 정부가 공식 채널(NDE)을 통해 요청하는 수요자 주도(demand-driven) 원칙을 따르며, 수행기관은 CTCN 네트워크에 등록된 국제기구, 연구소, 기업, NGO 등이 경쟁 절차를 통해 선정된다.

전 세계 약 900여 개의 CTCN 네트워크 멤버가 등록되어 있으며, 한국은 단일 국가 기준 가장 많은 멤버를 보유하고 있는 국가다. 이는 한국 기관의 높은 참여 접근성과 수행 역량을 보여주는 중요한 신호이다. 수행기관과 현지 수요기관의 긴밀한 협력이 필수이며, CTCN은 UNFCCC 비부속서 I 국가 등 개발도상국 전역을 지원 대상으로 한다. 아시아, 아프리카, 중남미, 태평양도서국 등 NDC 이행과 기술수요가 큰 국가들이 주요 수혜 대상이며, 이러한 지역에서의 기술 실증과 역량 강화는 글로벌 기후기술 협력의 중요한 기반이 된다.

#### 다. 다자개발은행(Multilateral Development Bank, MDBs)<sup>54)</sup>

다자개발은행(MDBs)은 개발도상국의 경제발전과 지속가능한 성장을 촉진하기 위해 설립된 국제금융기구로, 인프라 건설과 기술 확산을 위한 장기 융자, 보증, 정책금융을 제공하는 것을 주요 목적으로 한다. 대표 기관으로 세계은행(World Bank), 아시아개발은행(ADB), 아프리카개발은행(AfDB) 등이 있으며, 최근에는 탄소중립과 녹색전환을 지원하기 위한 기술실증 및 시장확산 투자를 확대하고 있다. 각 기관은 기후변화 대응 및 지속가능 인프라 구축을 핵심 목표로 설정하고 있으며, 세계은행은 2023년 'Climate Change Action Plan 2025'를 통해 에너지전환, 저탄소 교통, 수자원·농업 기후적응, 도시복원력 등을 중점 분야로 제시하고, ADB는 「Energy Transition Mechanism」 과 「ASEAN Green Recovery Platform」 을 통해 석탄발전 감축, 재생에너지 확대, 에너지효율 향상을 주요 지원축으로 삼고 있다.

54) ADB(2024), Climate Finance by Multilateral Development Banks Hits Record in 2023; ADB(2020), Establishment of the ADB Ventures Financing Partnership Facility; Climate Investment Funds (CIF)(n.d.), CIF Funding; WB(2021), Climate Change Action Plan 2021-2025: Supporting Green, Resilient, and Inclusive Development을 바탕으로 정리

재원지원은 주로 융자, 보증, 혼합금융(Blended Finance) 형태로 이루어지며 사업 규모는 수천만에서 수억 달러에 이른다. 세계은행은 International Development Association(IDA) 및 International Bank for Reconstruction and Development(IBRD)를 통해 공공 프로젝트를 지원하고 기술컨설팅·정책자문을 병행하며, ADB는 2020년에 ADB Ventures를 설립하여 신흥시장 혁신기술기업에 투자하고 기술 실증을 촉진하고 있다. ADB Ventures SEED 프로그램은 신흥국 기술 파일럿 프로젝트에 최대 20만 달러 규모의 환급형 보조금(repayable grant)을 제공하고, 실증 성과가 입증되면 본사업(Mainstream Project)으로 확대하는 구조이다. 세계은행은 Climate Investment Funds(CIF) 산하 Clean Technology Fund(CTF)를 운영하며 약 52억 달러 규모로 재생에너지, 에너지효율, 스마트그리드 등 상용화된 청정기술의 개도국 최초 도입 프로젝트를 지원하고, 보조금과 양허성 대출(concessional loan)을 혼합하여 초기 시장진입 리스크를 완화하는 전략을 사용한다.

기술성숙도 관점에서 MDB 재원은 전통적으로 TRL 8~9 수준의 사업실증·상용화 단계 기술을 지원하는 성격이 강하다. 다만 CTF 및 ADB Ventures SEED와 같은 기술확산 촉진 프로그램은 TRL 6~8의 파일럿·데모 기술을 대상으로 실증과 초기시장 검증을 병행하므로, '사업실증 중심의 대규모 금융'과 '기술실증 중심의 촉진 펀드'가 병행되는 이중 구조를 가진다. 사업 추진은 주로 수원국 정부와 MDB 간 차관협약을 통해 진행되며, 기술 제공자는 국제 입찰(International Competitive Bidding, ICB)로 선정된다. 기업, 공공기관, 국제기구, 개발 컨설팅사가 참여할 수 있고, 지원 대상은 전 세계 개도국으로 특히 사하라 이남 아프리카, 남아시아, 동남아시아, 중남미 지역이 중심이다. 세계은행 CTF는 2022년 기준 18개국에서 96건의 기술도입 프로젝트를 지원했고 ADB Ventures는 인도, 베트남, 인도네시아, 필리핀 등 아시아 신흥시장에 집중하고 있다. 이러한 특성상 MDB 재원은 대규모 인프라 투자와 기술이전 촉진 프로그램이 결합된 사업실증형 재원으로서, 개도국의 기술도입과 시장확산을 동시에 견인하는 역할을 수행한다.

#### 라. 녹색기후기금(Green Climate Fund, GCF)<sup>55)</sup>

녹색기후기금(GCF)은 UNFCCC와 파리협정 하에서 설립된 핵심 기후금융 메커니즘으로, 개도국의 온실가스 감축(Mitigation)과 기후적응(Adaptation)을 위한 대규모 프로젝트를 지원하기 위해 운영되는 유엔기금이다. 기술·정책·금융을 통합하여 저탄소·기후복원력 사회로의 전환을 촉진하는 것을 목표로 하며, 사업 특성에 따라 보조금(Grant), 양허성 대출(Concessional Loan), 지분투자(Equity), 보증(Guarantee), 성과기반지급(Result-Based Payment, RBP)

55) Rahul Vaswani(2025), Scalling Climate Technology Deployment 자문의견서; Green Climate Fund(2023). About GCF, Green Climate Fund; Green Climate Fund(2025), Investment Framework, Green Climate Fund; Green Climate Fund(2025), Simplified Approval Process, Green Climate Fund; GIZ(2020), Addressing the GCF Investment Criteria, Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)을 바탕으로 작성

등을 조합한 블렌디드 파이낸스 구조를 설계하는 특징을 가진다. 제안은 반드시 공인된 인증이행기구(Accredited Entity, AE)를 통해 제출되어야 하며, 수원국의 국가지정기구(NDA)의 사전 동의(No-Objection Letter)가 필수적이다. AE는 재무 건전성, 환경·사회 안전체계(ESS), 성평등 체계(Gender Policy) 등 엄격한 요건을 충족해야 하고, 사업은 국가전략 및 NDC와의 정합성을 명확히 제시해야 한다.

GCF는 에너지 접근성 및 전환, 도시 저탄소화, 산림·토지 관리, 물·농업 적응, 기후위험 금융, 산업 탈탄소화 등 폭넓은 분야를 지원하며, 개도국의 기후변화 대응 능력을 제도·기술·재정 측면에서 강화하는 데 중점을 둔다. 투자심사는 ‘영향 잠재성(Impact Potential)’, ‘패러다임 전환 가능성(Paradigm Shift)’, ‘지속가능발전 편익(Sustainable Development Potential)’, ‘수원국 필요성’, ‘국가 주인의식’, ‘효율·효과성’ 등 여섯 가지 기준에 따라 평가되며, 특히 패러다임 전환성과 국가 주인의식 입증에 핵심 요소로 작용한다.

사업 유형에 따라 규모와 복잡도가 다양한데, 통상 수십만~수억 달러 단위의 보조금·대출·지분투자가 혼합된 금융구조를 적용한다. 본사업으로의 전이를 돕기 위해 타당성조사, 환경·성평등 분석, 재무구조화 등을 지원하는 Project Preparation Facility(PPF), 소규모·저복잡도 사업을 위한 Simplified Approval Process(SAP), 민간 직접 접근 파일럿 제도(PSAA) 등을 운영한다. 이는 초기의 ‘준·실증(Pre-Demonstration)’ 비용을 보전하고 사업 리스크를 완화하여 대형 본사업으로의 전환을 유도하는 목적을 가진다.

GCF는 공식적으로 TRL 개념을 사용하지 않지만, 포트폴리오 성격상 ‘배치·확산(상용화) 단계’ 중심의 기술 실증 재원이다. 대규모 사업 내 파일럿·리스크 완화 컴포넌트를 포함하여 ‘현장 실증 → 확대 적용’으로 이어지는 경로를 설계하며, 기술 자체의 혁신성보다 검증된 솔루션의 체계적 확산과 금융·정책 결합에 중점을 둔다. 개도국 현장 실증을 통해 은행성(bankability), 정책적 정합성, 정부 및 주민 수용성을 데이터로 입증하고, 이를 기반으로 공동재원(blended finance) 구성 및 확산 전략을 제시하는 것이 핵심이다.

지원 대상은 아시아·아프리카·중남미 등 개도국 전역으로, 현재 120여 개국이 수혜국으로 참여하고 있다. 한국은 KDB와 KOICA를 공인기구(AE)로, 동남아 지역을 중심으로 재생에너지·스마트도시·기후적응 분야 프로젝트를 활발히 추진하고 있다. 이러한 특성상 GCF는 단순한 보조금이 아니라 정책·기술·금융을 결합한 사업실증형 글로벌 기후재원으로 기능하고 있다.

## 마. P4G(Partnering for Green Growth and Global Goals 2030)<sup>56)</sup>

P4G는 공공·민간·시민사회 파트너십을 통해 녹색성장과 지속가능발전목표(SDGs)를 동시에 달성하고, 개도국의 혁신적 녹색 비즈니스 모델을 발굴·확산하는 것을 목적으로 하는 글로벌 협력 이니셔티브이다. 주로 식량·농업, 물, 에너지, 도시, 순환경제 등 5대 핵심 분야를 중심으로, 스타트업 단계의 창의적 솔루션과 스케일업 단계 사업을 대상으로 보조금을 지원한다. P4G 파트너십은 개념 구상(Incubation) 단계에서 최대 30만 달러, 사업 확장(Acceleration) 단계에서 최대 100만 달러까지 지원하며, 재원은 촉진적 시드(seed) 자금 성격을 갖는다. 평가 항목은 혁신성, 사회·환경적 영향력, 파트너 역량, 자원조달 계획, 위험요인 및 P4G 지원의 추가성(Additionality) 등이며, 민간투자 유치 가능성과 상업적 지속가능성이 핵심 평가 기준으로 작용한다.

기술성숙도 기준으로는 TRL 6 이상의 이미 검증된 기술 또는 솔루션을 보유한 파트너십을 대상으로 하며, 파일럿 실행 및 시장 확장을 지원하는 구조이다. 완전히 개념 구상 단계의 아이디어는 지원 대상에서 제외되며, TRL 7~9 수준의 시장검증·확산 단계 과제를 중점적으로 다룬다. 지원을 받기 위해서는 정부·기업·NGO·연구기관 등 3자 이상이 참여한 민관 파트너십 컨소시엄을 구성해야 하며, 일반적으로 비영리기관이 주도기관(리드)으로 참여하고 기업·정부기관 등이 파트너로 협력한다.

제안 절차는 개념노트(Concept Note) 제출 후 P4G 사무국의 다단계 평가(적격성 심사→서류평가→프레젠테이션)를 거쳐 선정된다. 평가 과정에서 사업모델의 정책·시장 적합성, 현지 수요 반영, 장기적 임팩트 비전 제시가 중요하며, 선정률은 전 세계 수백 건 중 약 5~10건 수준으로 경쟁이 매우 높다. 과제 수행기간은 1~2년에 불과하지만, 개도국 실증사업의 종자돈(seed fund) 역할을 수행하며, 후속 민간투자 및 정부 재원 연계를 위한 교두보로 활용된다.

대표적인 사례로, P4G를 통해 베트남에서 스마트농업 플랫폼을 시범운영한 파트너십은 현지 정부의 농업 디지털화 정책과 연계하여 성과를 인정받은 뒤 추가 민간투자를 유치하였다. 한국은 2021년 서울 P4G 정상회의를 계기로 참여도가 확대되었으며, 한국 기관들은 KOICA 등 ODA 조직, 현지 공공·민간 파트너와의 협력을 통해 파트너십 경쟁력을 강화하고 있다. 이러한 구조를 통해 P4G는 혁신 솔루션의 실증과 시장확산을 촉진하는 TRL 7~9 단계 중심의 민관 파트너십형 실증재원으로 자리매김하고 있다.

56) P4G(2023), P4G Partnership Fund: Guidelines for Applicants, 2023-2025, <https://p4gpartnerships.org/>; P4G(2025), P4G Call for Partnership Applications, P4G Partnerships; P4G(2025), P4G Partnership Guidelines, P4G Partnerships; World Resources Institute(2024), Partnering for Green Growth and the Global Goals 2030 (P4G), World Resources Institute를 바탕으로 정리

## 2 국내 자원

### 가. 도시혁신 파트너십 (Driving Urban Transitions, DUT) – KAIA<sup>57)</sup>

도시혁신 파트너십(DUT)은 유럽 그린딜 등 글로벌 어젠다에 부응하여 도시의 지속가능한 전환을 가속화하기 위한 다자 공동연구 프로그램이다. 도시의 복잡한 문제(기후변화, 자원순환 등)에 대한 임무지향 혁신을 목표로 2022년부터 2028년까지 운영되는 프로그램이다. DUT는 JPI Urban Europe의 ERA-NET 계열(ENSCC, ENSUF, EN-SUGI, EN-UTC 등)을 전신으로 하여 2022년에 호라이즌 유럽 유럽 파트너십으로 출범한 프로그램이며, 첫 7년은 2022-2028로 운영된다.

도시 맥락의 세 핵심 주제인 15분 도시, 에너지 플러스 구역, 순환형 도시경제를 중심으로 연구 공모가 이루어지며, 한국이 참여하는 2025년 공모에서는 15분 도시 분야를 지원한다. 호라이즌 유럽 산하 파트너십인 DUT는 유럽위원회와 참여국이 공동으로 공고를 내고, 각 국가별 편당기관이 자국 연구자에게 자금을 지원하는 구조이다. 국제 컨소시엄이 제안서를 제출하고 2단계 평가를 거쳐 과제가 선정되며, 한국은 국토교통과학기술진흥원(KAIA)이 국내 주관으로 매칭펀드를 지원한다. 2025년 공모에서 KAIA는 국내 연구팀에 과제당 최대 5억 원을 지원하며, DUT 전체적으로는 29개국 68개 기관이 연간 약 1,000억 원 규모의 연구기금을 조성·운영하고 있다. KAIA는 2024~2027년 DUT 참여를 위해 총 28억 원을 분담예산으로 책정하였으며, 2025년에는 총 25억 원 한도로 5개 내외 국내 연구팀을 지원할 계획이다.

DUT는 도시 솔루션 적용을 위한 TRL 5~7 수준의 실증 연구를 주로 다루며, 기반 연구보다 시스템 통합 및 현장 실증에 중점을 두고 기술과 정책 구현을 병행한다. 국제 컨소시엄 구성이 필수이며 최소 3개국의 3개 기관이 참여해야 하고, 그중 2개국 이상은 EU 회원국이어야 한다. 한국 등 제3국 파트너도 인정되며, 컨소시엄에는 지방정부, 기업, 연구기관 등이 포함될 수 있으나 한국 측은 지자체 및 시민단체의 참여는 불가하다. 한국 연구자는 DUT 포털에 사전제안서를 제출하고 본 선정 시 KAIA에 국내 신청서를 별도로 제출하는 이중 절차를 거친다. 유럽 및 파트너십 참여국이 대상이며, 과제는 주로 유럽 도시를 테스트베드로 삼되 한국 등 참가국 도시도 사례로 포함될 수 있다. DUT 참여를 통해 유럽 선도 도시와 협업하고 국내 기술의 글로벌 도시 적용 실적을 확보할 수 있다.

57) 국토교통부/KAIA(2024), 협력거점형 국토교통 국제협력 R&D 사업 기획(최종보고서); DUT Partnership(2025), DUT Call 2025; 국토교통과학기술진흥원(KAIA)(2025); KAIA(2025), 글로벌 RD&D 사업기획 재원조사 자문의견서(KAIA 국제협력팀 선임연구원 자문)를 바탕으로 정리

## 나. 청정에너지전환 파트너십 (Clean Energy Transition Partnership, CETP) – KAIA<sup>58)</sup>

청정에너지전환 파트너십(CETP)은 2050년 기후중립 사회 실현과 에너지 안보 확보를 위해 청정에너지 기술의 개발 및 보급을 가속화하는 호라이즌 유럽 다자 파트너십 프로그램이다. 신재생에너지, 에너지효율, 저장 등 에너지 전환 전 분야에서 혁신 솔루션을 도출하고 에너지 밸류체인 강화를 도모한다. CETP는 H2020 시대의 ERA-NET Smart Energy Systems(Joint Programming Platform Smart Energy Systems, JPP SES) 전통을 승계하여 2022년에 호라이즌 유럽 유럽 파트너십으로 통합된 프로그램이며, 2022-2027 연례 공동공모를 통해 2022-2028 기간에 걸친 사업을 추진한다.

청정에너지 기술을 7개의 전환 이니셔티브(Transition Initiatives, TRI)로 구분해 공모하며, 재생에너지 통합, 산업공정 탈탄소화, 친환경 수소, 에너지 시스템 디지털화 등이 포함된다. 한국은 2025년 공모에서 건물 부문 에너지 통합(TRI7) 분야(Call Module 9)를 지원하고, 건물의 에너지 생산·저장·관리 통합, 라이프사이클 디지털화, 기존 건축물 에너지성능 향상 기술 등을 세부 도전과제로 제시한다. CETP는 DUT와 유사한 공동공모-국가별 매칭펀드 방식으로, 국제 컨소시엄이 제안서를 제출하고 선정 시 각국 펀딩기관이 자국 연구자에게 연구비를 지급한다. KAIA가 한국 측 펀딩기관으로 참여하여 국내 연구팀에 과제당 최대 4억 원을 지원하며, 사전제안서와 전체제안서의 2단계 평가 및 국내 예산교부 절차가 병행된다. CETP에는 36개국 77개 기관이 참여하며 연간 약 2,000억 원 규모의 기금을 조성하고 있다. KAIA는 2025년에 총 13억 원을 투입하여 3개 내외 과제를 지원할 계획이다.

에너지 기술의 실증 및 응용연구 단계(TRL 5~7)를 중점 지원하며, 검증된 기술의 통합·적용이나 프로토타입 확대를 다루고 프로젝트 종료 시 TRL 7~8 수준으로 끌어올리는 것을 목표로 한다. 일부 과제는 시스템 또는 파일럿 플랜트 구축을 통해 TRL 8에 근접할 수 있다. 3개국 이상의 국제 컨소시엄 구성이 요구되며, 최소 3개 기관(3국) 이상이 참여하고 그중 2개는 EU 회원/준회원국이어야 한다. 한국 기관(산·학·연)은 지자체와 NGO를 제외하고 참여 가능하며, 제안서 제출 후 KAIA에 이메일로 참여 사실을 통보해야 한다. 컨소시엄 내에서 기술 개발자, 수요자, 실증 사이트 제공자가 역할을 분담하며, 유럽·북미·아시아 일부 국가가 참여한다. 한국은 유럽·북미 선진 기관과의 에너지 기술 실증 협력을 추진할 수 있는 장점이 있다.

58) 국토교통부/KAIA(2024), 협력거점형 국토교통 국제협력 R&D 사업 기획(최종보고서); CET Partnership(2025), CET Partnership Joint Call 2025; KAIA(2025), 글로벌 RD&D 사업기획 재원조사 자문의견서(KAIA 국제협력팀 선임연구원 자문)를 바탕으로 정리

## 다. K-City Network 해외실증형 - KAIA<sup>59)</sup>

KAIA 도시 테스트베드는 한국형 스마트시티 솔루션의 해외 현장 실증과 글로벌 진출을 촉진하기 위해 추진되는 대표적 실증형 사업이다. 스마트교통, 도시 인프라, 데이터 기반 도시운영, 에너지·수자원 관리, 안전·방재 등 다양한 분야를 대상으로 하며, 해외 도시에서의 기술·정책 패키지 실증을 통해 한국형 스마트시티 모델의 확산을 도모하고 있다. 사업은 타당성조사-해외 실증-후속사업화의 3단계 구조로 운영되며, 실증 단계에서 과제당 약 10억 원 내외의 정부지원금과 민간부담금을 결합하여 추진된다.

프로젝트는 실제 설치·운용을 전제로 하기 때문에 TRL 8~9 단계의 사업실증 중심 기술이 대상이다. 지자체, 공기업, 기업, 연구기관이 참여하는 컨소시엄 형태로 수행되며, 수원국 공공기관과의 협약 체결과 인허가 확보가 필수 요건이다. 지금까지 베트남, 인도네시아, 콜롬비아, 사우디아라비아 등 신흥국 도시에서 실증이 진행되어 왔으며, 기술 실증과 함께 후속 투자유치 및 정책협력을 연계함으로써 한국 스마트시티 기술의 글로벌 확산을 촉진하고 있다.

## 라. EUREKA - KIAT<sup>60)</sup>

EUREKA는 45개국 이상이 참여하는 국제 공동 R&D 네트워크로, 시장지향형(Near-to-Market) 기술개발과 실증을 촉진하는 범유럽 협력 플랫폼이다. 한국은 2022년 아시아 최초로 정회원국으로 승격되었으며, KIAT가 국가 편당기관으로 참여하고 있다. 주요 지원 분야는 스마트제조, 친환경에너지, 모빌리티, 소재·부품·장비, 디지털 헬스, ICT 등이며, Network Projects, GlobalStars, Eurostars, Clusters 등 다양한 프로그램으로 운영된다.

EUREKA는 분권형 매칭 펀딩 구조로, 각국이 자국 참여기관을 지원한다. 한국 측은 과제당 연 5억 원 내외의 정부출연금을 지원하며, 유럽 파트너는 자국 편당기관으로부터 대응 자금을 받는다. 사업기간은 2~3년이며, 대부분 TRL 5~8 단계의 시제품 제작, 파일럿 실증, 시장검증이 중점이다. 컨소시엄은 최소 2개국 이상의 기관이 참여해야 하고, 국내에서는 기업 주관이 필수이다.

평가기준은 기술혁신성뿐 아니라 시장성, 국제협력의 부가가치, 파트너 시너지, 역할분담이 핵심이다. 표준·인증 연계, 공동 IP·사업화 계획, 현지 인허가·규제 로드맵 제시는 가점 요소로 작용한다. 한국 기업의 경우 KIAT을 통해 K-PASS 내부 절차를 병행하며,

59) KAIA(2024), K-City Network 해외실증형 사업, 국토교통과학기술진흥원; 스마트시티 종합포털(2024), 해외 실증: K-City Network 해외실증형 사업, 스마트시티 종합포털; KAIA(2024), K-City Network 해외실증형 사업, 국토교통과학기술진흥원을 바탕으로 정리

60) KIAT(2025), 글로벌 RD&D 상업기획 재원조사 자문의견서(KIAT 국제협력사업실 책임연구원 자문); KIAT(2025), 2025년 유레카 네트워크 전략공고(순환기차창출) 국제공동R&D 공고를 바탕으로 정리

중앙(EUREKA 사무국) 및 국내 평가를 모두 통과해야 한다. 최근에는 France-Korea, Singapore-Korea 등 양자 공동공고가 확대되고 있으며, 아시아·태평양 지역까지 협력이 확장되고 있다.

#### 마. 산업·에너지 ODA - KIAT<sup>61)</sup>

KIAT 산업·에너지 ODA는 개도국 산업기술 협력과 에너지 인프라 구축을 통해 기술이전·확산과 역량강화를 촉진하는 것을 목적으로 하는 공적개발원조(ODA) 프로그램이다. 신재생에너지, 전력망, 산업현대화, 역량강화 등을 중점 분야로 하며, 무상원조와 시범사업 형태로 수십억 원 규모의 재정을 지원한다. 사업은 타당성조사-시범사업-본사업의 단계로 구성되어 있으며, 실증을 통해 현지 정책·제도와 연계된 지속가능한 산업기반 조성을 목표로 한다.

사업은 TRL 7~9의 시범·도입 중심 기술이 주요 대상이며, 한·수원국 간 1:1 협력 컨소시엄 구조로 추진된다. 한국 기관이 기술을 제공하고 수원국 정부 또는 공공기관이 실증 인프라와 수요를 제공하는 형태이다. 현재 베트남, 인도, 인도네시아 등 신흥국을 중심으로 다수의 시범사업이 수행되고 있으며, 산업발전과 에너지전환을 동시에 촉진하는 실증형 ODA 모델로 평가받고 있다.

#### 바. 글로벌시장개척형 국제공동 R&D - KETEP<sup>62)</sup>

KETEP의 글로벌시장개척형 국제공동 R&D는 국내 에너지기술의 해외시장 진출과 현지 맞춤형 실증 R&D를 촉진하기 위한 사업이다. 재생에너지, 수소·CCUS, 저장·전력망, 산업공정 효율화, 청정냉난방 등 다양한 분야를 지원한다. 사업기간은 3년 내외이며, 과제당 총 15억~40억 원 규모의 정부출연금을 지원하고, 해외 시범사업을 예산 내 포함할 수 있다.

지원대상은 TRL 6~8의 실증 R&D 중심 기술이며, 일부 과제는 사업기간 내 TRL 9 수준의 상용화 단계까지 도달하도록 설계된다. 국내 연구기관·기업이 주관하여 해외 정부·기업·대학과 공동연구 형태로 수행하며, 한·수원국 간 협력 네트워크를 통해 기술이전과 시장진입을 병행한다. 동남아, 중동, 중남미 등 에너지 수요가 높은 신흥국을 중심으로 추진되고 있으며, 실증 R&D-사업화-재원 연계를 통합한 대표적인 사업실증형 재원으로 기능하고 있다.

61) KIAT(2025), 글로벌 RD&D 사업기획 자원조사 자문의견서(KIAT 산업기술ODA실장 자문); KIAT(2025), 2025년도 산업·에너지 ODA 수요조사 설명회 자료; KIAT(2025), 산업기술 ODA 개요 자료; KIAT(2025), 2025년도 산업 및 에너지 협력개발지원(ODA) 수요조사 공고문을 바탕으로 정리

62) KETEP(2025), 2025년 2차 에너지국제공동R&D 신규지원 대상과제 공고, KETEP를 참고하여 정리

## 사. KOICA 혁신기술(CTS) 및 본사업<sup>63)</sup>

KOICA는 개발도상국의 지속가능발전을 지원하는 대한민국의 대표적 ODA 전담기관으로, 과학기술 혁신을 통해 개발협력의 효과를 높이고 민간의 혁신적 역량을 국제개발에 접목하기 위해 기술실증 기반의 프로그램을 운영하고 있다. 그중 CTS(Creative Technology Solution) 프로그램은 2015년부터 시행된 대표적 혁신기술 지원사업으로, 민간의 창의적 기술을 활용하여 개도국의 사회문제를 해결하는 동시에 혁신기업의 신시장 진출을 지원하는 것을 목표로 한다. KOICA는 이를 통해 아이디어의 현지 실험부터 파일럿 적용, 사업화 확산까지 단계적으로 지원하고 있으며, 보건, 농업, 물, 에너지, ICT 등 생활기반 분야 전반을 포괄한다. 이러한 접근은 단순한 기술이전이 아닌, 개도국의 실질적 문제해결과 기술기반 경제활동의 촉진을 동시에 달성하려는 전략이다.

CTS 프로그램은 SEED1(1억 원)과 SEED2(5~10억 원) 단계로 구성되어 있으며, SEED1은 TRL 4~6 수준의 기술개발·시험 단계로서 실험실 또는 소규모 파일럿 환경에서 핵심 기능을 검증하는 초기 연구에 해당한다. SEED2는 TRL 7 수준의 현지 PoC(Proof of Concept) 단계로, 개발된 기술을 실제 환경에 적용하여 성능과 현지 적합성을 검증하며, 성공 시 TRL 8~9 단계의 본사업으로 확장된다. 스타트업, NGO, 연구기관, 기업 등 다양한 주체가 컨소시엄을 구성하고, 현지 정부나 기관과의 협력을 필수적으로 수반한다. 평가에서는 제안기술의 혁신성, 사회·경제적 효과, 현지 파트너의 역량, 환경·사회 안전성(ESMP), 그리고 현지 정부의 정책합성이 중점적으로 검토된다. 현재 KOICA는 아시아·아프리카 19개 중점협력국을 중심으로 사업을 수행하고 있으며, 기술의 실증과 확산을 통해 포용적 개발협력의 새로운 모델을 제시하고 있다.

## 아. KEITI 해외현지 실증사업<sup>64)</sup>

한국환경산업기술원(KEITI)은 환경부 산하 전문기관으로, 국내 환경기술의 해외시장 진출과 상용화를 촉진하기 위해 녹색기술 해외현지실증사업을 운영하고 있다. 이 사업은 국내 중소환경기업이 보유한 우수 기술을 해외 현지에 설치·운전하여 성능을 검증함으로써, 해외 인증과 조달시장 진입을 지원하고 동시에 개도국의 환경문제 해결에도 기여하는 것을 목표로 한다. 지원 분야는 수처리, 폐기물 자원화, 대기오염 저감, 재생에너지, 기후변화 대응 등 환경 전 분야를 포괄하며, 매년 공고 시 해외 수요가 높은 상하수도, 폐기물 처리, 에너지 분야에 중점을 두고 있다. 이러한 실증사업은 단기적 수출지원이 아니라 장기적으로 국내 환경기업의

63) KOICA(2025), 글로벌 RD&D 사업기획 재원조사 자문의건서(KOICA 기후환경경제개발팀과장 자문); KOICA(2025), 2025-2026 KOICA CTS 공모안내문을 참고하여 정리

64) KEITI(2025), 글로벌 RD&D 사업기획 재원조사 자문의건서(KEITI 환경산업처해외사업실 선임연구원 자문); KEITI(2025), 2025 녹색기술 해외 현지실증 지원사업 소개자료, KEITI를 참고하여 정리

글로벌 시장 신뢰도와 지속가능한 조달 경쟁력 확보를 지향한다.

사업은 공모를 통해 기업이 제안서를 제출하고, 평가를 거쳐 과제를 선정된 후 정부보조금과 민간부담금을 매칭하여 수행하는 구조이다. 과제당 최대 5억 원의 지원이 가능하며, 1~2년의 사업기간 동안 현지 설치·운전, 성능 모니터링, 인증·인허가 취득, 홍보활동 등을 수행한다. 지원 대상 기술은 TRL 7~9 수준의 준상용화 기술로, 현장에 즉시 적용 가능한 수준이어야 한다. 평가에서는 사업의 적절성, 수행역량, 효과성, 지속가능성 등이 종합적으로 검토되며, 현지 파트너의 구매의향서(LOI)나 인허가 확보가 필수 요건이다. 정부보조금은 총사업비의 최대 70% 한도로 지원되며, 기업의 자부담은 최소 30%(현금 20% 이상) 이상이어야 한다. 베트남, 인도, 우즈베키스탄 등에서 다수의 실증 사례가 축적되어 있으며, 실증 완료 후에는 인허가·조달 연계를 통해 상용화로의 전환이 이루어진다. KEITI는 이러한 실증 지원을 통해 국내 환경기술의 글로벌 공급망 진입과 녹색산업의 국제적 확산 기반을 강화하고 있다.

## 제2절 우선순위 자원 매칭 및 우선순위 설정

### 1 기술성숙도 단계별 자원 분석

기술실증(TRL 5~7)과 사업실증(TRL 8~9) 단계에서 활용 가능한 재원을 세부 비교하여 표로 나타냈다. TRL을 명시하지 않고 있는 재원에는 평가지표(파일럿/데모 요구, 설치·운전 전제, 조달·도입 계획, 민간투자 연계, 확산·BM 등)에서 드러나는 TRL 신호를 근거로 각 재원의 지원 단계를 평가했다. <표 3-1>에서 나타나듯이 호라이즌 유럽은 RIA(Research & Innovation Action)-IA(Innovation Action) 구조를 통해 TRL 3~8를 포괄하되 IA가 TRL 5~7의 실증을 강하게 뒷받침한다. DUT 및 CETP는 국가 매칭 펀딩을 통해 도시·에너지 분야의 현장 실증을 집중 지원하며, KAIA 도시 테스트베드와 KEITI, KIAT ODA는 설치·운전·조달 연계를 전제로 하는 사업실증 중심 재원이다. KOICA CTS는 SEED 1-SEED 2-본사업의 단계적 구조로 TRL 4~9를 연결한다.

표 3-1 TRL 단계별 자원 분석

재원명	관리기관	TRL 범위	주요 평가항목	지원 유형
Horizon Europe	EC	RIA: TRL 3~5 / IA: TRL 5~8	파일럿·데모 수행 가능성, 임팩트 및 확산 전략, SSH·정책 정합성	Grant (RIA 100%, IA 70%/100%)
DUT (Driving Urban Transitions)	Partnership (EU+참여국)	TRL 5~7 (도시 적용 실증)	파일럿 및 현장 적용, 도시문제-해결 솔루션 매칭, 시범구역 운영계획, 확산·스케일업 전략	공동공모+국가 매칭 Grant
CETP (Clean Energy Transition)	Partnership (EU+참여국)	TRL 5~7(→8)	통합·시스템 실증, 산업·건물·수소 등 TRI별 파일럿, 도입·확산 계획	공동공모+국가 매칭 Grant
도시테스트베드	KAIA (국토교통부)	TRL 8~9	설치·시운전 및 성능지표 달성, 조달·도입 계획, 민간투자 연계	Grant(+민간부담)
EUREKA (국제공동 R&D)	KIAT (舊산업부)	TRL 7~8	혁신성·시장성·실행력, 시제품·파일럿·현장검증, 표준·인증·조달 로드맵	국가별 매칭 Grant
산업·에너지 ODA	KIAT (舊산업부)	TRL 7~9	도입·확산, 현지 정부 수요·LOI, ESS·지속가능성, PPP·은행성	무상원조(Grant)+민간 매칭 권고

재원명	관리기관	TRL 범위	주요 평가항목	지원 유형
KEITI 해외현지 실증	KEITI (舊환경부)	TRL 7~9	설치·운전·성능지표, 인허가·인증, 구매의향·조달 연계	Grant(정부 70% 이내)+자부담(≥30%, 현금≥20%)
KOICA 혁신기술(CTS)	KOICA (외교부)	SEED 1: TRL 4~6 / SEED 2: TRL 7(→8~9 본사업)	혁신성, 사회·환경 임팩트, ToC·ESMP, 현지 파트너십	Grant(SEED1 : ~4억 / SEED2 : 5~10억)
CTCN 기술지원(TA)	UNEP CTCN	(수요맞춤 파일럿)	수요기반(NDE), 파일럿·현장적용, 역량강화·정책자문	≥25만불
MDBs (ADB/WB 등)	ADB·WB 등	TRL 8~9(일부 6~8 파일럿 포함)	은행성·정책통합성, 조달·민간투자, 리스크완화	대출·보증·Blended Finance(+ADB Ventures/CTF)
GCF	GCF 사무국	TLR 7~9 (배치·확산 중심)	Impact·Paradigm Shift·Sustainability·Owners	Grant·Concessional Loan·Equity·Guarantee
P4G	P4G 사무국	TRL 7~9	시장성·투자유치 가능성, 파트너 역량·추가성	Grant(Incubation ≤\$300k / Acceleration ≤\$1M)

※ 출처: 저자 작성

KOICA CTS Seed 1은 혁신 기술을 보유한 기업이 개발도상국 현지 환경에서 기술적 타당성과 적용 가능성을 검증하기에 적합한 ‘기술 실증형’ 프로그램으로 평가할 수 있다. Seed 1의 지원 규모는 통상 최대 4억 원 수준으로 대규모 인프라 구축에는 한계가 있으나, 개도국 현장에서 시제품을 설치하고 데이터를 수집하며 솔루션의 성능과 현지 적합성을 검증하는 데에는 충분한 규모로 설계되어 있다.<sup>65)</sup>

대표적인 사례로는 위플랫과 캐스트와 같이 Seed 1과 Seed 2를 연속 수행한 기업들을 들 수 있다. 위플랫은 CTS를 통해 인도네시아 상수도망에 모바일·센서·AI 기반 지능형 누수 관리 플랫폼을 적용해 실제 관망에서 누수 지점을 탐지·복구하고, 이후 Seed 2·IBS 사업으로 확장하며 인도네시아 물 관리 사업을 본격화하였다. 캐스트는 CTS 포트폴리오에서 농산물 저장·살균 등 친환경 기술을 개도국 현장에 적용하는 기업 사례로 소개되며, Seed 단계에서 기술 효과와 사업 가능성을 검증한 뒤 상위 단계로 도약한 기업으로 언급된다. 두 사례는 Seed 1 예산을 현지 파트너 발굴, 파일럿 설치, 운영 데이터 수집에 집중할 때 기술 실증과 후속 확장(Seed 2, 기타 사업) 사이의 연결고리로 기능할 수 있음을 보여준다.<sup>66)</sup>

65) KOICA(2025), 2025-2026 KOICA CTS 공모안내; KOICA(2025), 한국국제협력단\_혁신기술프로그램(CTS) 사업 목록

66) 중앙선데이(2025), 코이카, CTS 프로그램 참여기업 모집...개도국 진출 스타트업에 최대 11억원 지원; WI.Plat(2025), 위플랫, KOICA IBS 사업 선정 “인도네시아 물 관리 사업 본격화”

## 2 유망과제 후속사업 개발을 위한 국가적절성 및 단·중·장기 로드맵 도출

제2절에서 살펴본 바와 같이 본 연구는 유망과제 도출 프로세스를 적용하여 총 5개의 우선협력 대상 과제를 선정하였다. 대상 과제는 △농업·에너지 통합형 분산전원 모델, △건물에너지 효율화 기반 도시형 신재생 실증, △배터리 재사용 기반 에너지저장·모빌리티 통합 솔루션, △핵심광물 기반 그린소재 공급망 협력, △전력망 유연성·디지털 계통관리 협력 등의 영역에서 도출되었다.

이번 절에서는 분야별 사업전문가의 검토 결과를 기반으로 각 과제별 대상국가의 적절성, 대안국가, 그리고 주요 리스크를 간략히 살펴보고자 한다. 이를 통해 과제별 협력 타당성, 위험요인, 확산 가능성을 종합적으로 파악함으로써, 후속 사업기획 단계에서 고려해야 할 정책·기술적 시사점을 도출하고자 한다.

### 가. 방글라데시 영농형 태양광 기반 농업·에너지 통합 모델 구축

본 과제는 농업 의존도가 높고 농촌 전력 접근성이 낮은 방글라데시의 구조적 한계를 해결하기 위해 영농형 태양광(Agri-PV)을 활용한 농업·에너지 통합 모델을 구축하는 데 목적이 있다. 방글라데시가 기후변화 기본협정이 체결된 국가로서, 농업·에너지 통합 모델이 장기적으로는 국제감축사업으로까지 연계가 가능하다. Agri-PV는 농업생산과 전력공급을 동시에 실현할 수 있어 농촌경제의 회복력 강화와 농가 소득 증대에 크게 기여할 수 있다. 대안국으로 라오스, 베트남, 필리핀 등이 검토되었으나, 농지 활용도·정책 수요 측면에서 방글라데시의 우선성이 높다는 평가가 도출되었다. 다만 토지 규제, 농가 수용성, 부처 간 조정, 중국산 모듈 가격경쟁 등 제도·사회적 리스크가 존재한다.

### 나. 말레이시아 건물일체형 태양광(BIPV) 실증 및 건물 에너지효율화 사업

본 과제는 BIPV(Building-integrated PV)를 중심으로 말레이시아의 도시형 건물에너지 효율화를 실증하고, 동남아 고층건물 시장에서의 기술 적용 가능성을 검증하는 데 목적이 있다. 그린빌딩 시장의 성숙도, 태양광 기반 건물정책 수요, 안정적 제도환경을 고려할 때 말레이시아는 적합성이 높은 국가로 평가된다. 인도네시아, 태국, 베트남 등도 대안국으로 검토되었으나, 기술적·정책적 연계성과 확산 가능성 측면에서 말레이시아가 상대적으로 우수한 것으로 나타났다. 다만 실증 건물 확보, 안전·방염 기준 충족, 중국산 BIPV 제품과의 경쟁이 주요 리스크로 지적된다.

### 다. 스리랑카 사용후 배터리 재사용 기반 ESS·e-Mobility 통합 실증사업

본 과제는 스리랑카의 심각한 전력난과 초기 단계의 전기모빌리티 확산 수요를 고려할 때, 사용후 배터리를 재활용한 ESS 및 e-Mobility 실증이 국가적 수요에 부합한다는 판단에서 도출되었다. 배터리 재사용 제도 공백이 크고 정책·실증 패키지 요구가 높아 한국의 기술·정책 역량이 효과적으로 기여할 수 있는 분야이다. 대안국으로 인도, 태국, 인도네시아 등이 검토되었으나, 제도 기반 구축과 실증이 동시에 필요한 점에서 스리랑카의 적절성이 높게 평가되었다. 배터리 수급 불확실성, 안전·품질 기준 부재, 경제위기 리스크 등이 주요 위험요인이다.

### 라. 짐바브웨 리튬 전처리·고순도 배터리 소재 기술협력 사업

본 과제는 리튬 매장량이 풍부한 짐바브웨에서 리튬 전처리 및 고순도 소재화 기술을 협력하는 것으로, 글로벌 공급망 안정성과 전략광물 확보 측면에서 높은 중요성을 갖는다. 정부 차원의 광물 산업 육성 의지와 자원 잠재력이 크다는 점에서 사업 적합성이 인정된다. 잠비아, 모잠비크, 남아공, 몽골 등이 대안국으로 검토되었으나, 리튬 자원 집중성과 기술협력 여건에서 짐바브웨가 상대적으로 우수한 것으로 나타났다. 반면 정치·치안·외환 리스크, 중국·러시아의 시장 선점, 환경·사회 인허가 부담이 주요 리스크로 지적된다.

### 마. 카자흐스탄 전력망 유연성 강화 및 디지털 계통관리 협력

본 과제는 카자흐스탄에서 증가하는 신재생에너지 발전량과 데이터센터 수요 증가에 대응하기 위해, 디지털 기반의 계통운영 효율화와 전력망 유연성 강화를 추진하기 위한 협력사업이다. 장거리 송전 중심의 계통 구조, 지역 간 부하 불균형 문제를 고려할 때 디지털 그리드 전환의 필요성이 높다. 우즈베키스탄, 키르기스스탄 등도 대안국이나, 정책 연속성과 확산 가능성을 종합적으로 고려할 때 카자흐스탄이 우선 협력국으로 도출되었다. 사업 규모 증가에 따른 투자 부담, 데이터 접근 및 보안 이슈, 지정학적 영향 등이 주요 리스크로 확인된다.

**표 3-2** 유망과제 후속사업 개발을 위한 국가적절성 및 주요리스크 검토

과제명	국가 적절성	대안 국가	주요 리스크
① 방글라데시 영농형 태양광 기반 농업-에너지 통합 모델 구축	농업 의존도가 높고 농촌 전력 접근성이 낮아 Agro-PV에 적합. 곡물처리, 목축업 관련 보관시설 필요, 대규모 전력망 부재한 상황. 대안 국가로 필리핀(차기 ASEAN 의장국) 라오스, 베트남 등 아시아 국가 고려 가능	라오스, 베트남, 필리핀	농지 규제·토지 분쟁 가능성.농가 부담·수용성.중국산 모듈 가격경쟁.부처 간 조정 난이도.

과제명	국가 적절성	대안 국가	주요 리스크
② 말레이시아 건물일체형 태양광 시스템 실증 및 건물에너지 효율화 시범사업	그린빌딩 시장 성숙도가 높고 현지 BIPV를 포함한 건물 태양광 수요가 많음. BIPV는 건축신축 뿐 아니라 기존 건물에도 적용가능하며, 자원 부국형 중진국 모델로서 적합. 인도네시아, 태국, 필리핀 등 인근국가 확산 가능성 높음	인도네시아, 태국, 베트남	실증 건물 확보 필요.안전·방염·성능 기준 충족.중국 BIPV 경쟁 심화.행정 절차 길어질 가능성.
③ 스리랑카 사용후 배터리 재사용 기반 ESS·e-Mobility 통합 실증사업	전력난·모빌리티 문제 심각. ESS·배터리 재사용 제도 공백 커 정책·실증 패키지에 적합. 다만, 전기차 관련 수요나 인프라가 부족(예상). 폐배터리 재사용은 배터리 생산국이 유리한 측면이 있음	인도, 태국, 인도네시아	배터리 수급 불확실.안전·품질 기준 부재.환율·경제 위기 리스크.수요처·수익모델 불안정.
④ 짐바브웨 리튬 전처리·고순도 배터리 소재 기술협력 사업	리튬이온 광물자원이 풍부하고, 핵심광물 확보 차원과 공급망 측면에서 중요한 사업 컨셉으로 보임. 짐바비, 모잠비크, 남아공 등 아프리카 국가 뿐 아니라, 베트남, 라오스 등 아시아 국가도 고려 가능. NIGT 입장에서 제도, 환경, 사회, 인허가 체계 분석 역량 축적되면 유용	잠비아, 모잠비크, 남아공, 몽골, 베트남	정치·치안·외환 리스크.중국·러시아 선점.CAPEX 과대.환경·사회 인허가 복잡.
⑤ 카자흐스탄 전력망 유연성 강화 및 디지털 계통관리 협력	계통 현대화, 신재생 통합수요가 높은 것으로 보이고, 최근 AI 데이터센터에 대한 수요가 거의 모든 개도국에서 확인되고 있는 상황에서, 전력망, ESS는 중요한 아이템 중 하나로 여겨지나, 추진은 도전적임. ESS 보급률 매우 낮음. 대안 국가로, 우즈베키스탄, 키르기스스탄 고려 가능	우즈베키스탄, 키르기스스탄	인프라 사업 규모 과대.데이터 접근·보안 이슈.지정학 리스크(러시아-중국 계통 영향).실증→투자 연결 난이도.

※ 출처: 저자 작성

다음으로 본 절에서는 관련 자원 및 사업 전문가들의 검토 결과를 바탕으로, 각 유망과제에 대해 단기-중기-장기 단계에서 활용 가능한 자원, 그리고 산학연 주체별 역할 분담 방안을 체계적으로 살펴보고자 한다. 각 단계에서는 국제기구·양자 ODA·민간투자 등 다양한 자원 조달 옵션과 기술검증·실증·확산에 이르는 사업화 경로가 상호 연계되어야 하며, 이를 위해 학계·연구기관·기업·현지 정부 등 협력 주체 간의 명확한 역할 설정이 요구된다.

이에 따라 본 절에서는 먼저 각 과제별로 단기에는 기술·정책 기반을 구축하고, 중기에는 실증 및 확산 모델을 고도화하며, 장기에는 제도화 및 지속가능한 사업생태계를 확립하는 방향으로 로드맵을 제시하고자 한다.

### 가. 방글라데시 영농형 태양광 기반 농업-에너지 통합 모델

본 과제의 단기 로드맵은 농지·토지 규제 검토와 Agri-PV 초기 실증 기반 조성을 중심으로

하며, KOICA, CTCN TA 등 정책·실증 혼합형 재원을 활용하여 사업 타당성을 검증한다. 이 단계에서 국내 산학연은 기술 설계, 농가 협력 프로그램 개발, 정책 사전 검토 등을 분담하며, 현지 정부는 입지 협의 및 제도 검토를 담당한다. 영농형 태양광 발전의 기본 모델 도출 시, 현지 현지 기후 환경(온도, 습도 등)과 부가가치 작물에 대한 생육환경 등에 대한 전반적인 조건을 종합적으로 고려하고, 작물별 태양광 패널의 투명도에 대한 최적값을 도출하고 해당 맞춤형 패널을 대상으로 실증사업을 진행한다. 특히, ) 방글라데시가 기후변화 기본협정이 체결된 국가임에 감안할 때, 농업-에너지 통합 모델이 국제감축사업으로 연결될 수 있도록 KOICA의 ODA 레디니스 프로그램 등에 대한 검토도 포함한다.

중기 로드맵에서는 농가 참여형 비즈니스 모델(건조·저장·목축 연계)을 고도화하고, 파일럿 규모를 확대하여 경제적·재무적 타당성 및 농작물 생산성 향상에 대한 사례 분석을 포함한 농가 수익구조를 검증한다. 실증 확대 단계에서는 한국 기업 중심의 EPC·운영기술 적용과 태양광 발전효율 검토, 학계·연구기관의 데이터 기반 생산성 분석이 병행된다. 재원으로서 KOICA IBS, 국별협력사업 등을 고려한다.

장기 로드맵은 국가 농업·에너지 정책과 연계하여 Agro-PV 확산체계를 제도화하는 단계로, 기후금융(GCF, MDB), 민간투자(PPP) 연계가 추진된다. 감축량 산정 및 MRV 확보시 VCM 연계도 고려한다. 이 과정에서 산학연은 기술 표준화, 확산형 모델 개발, 현지 역량 강화 프로그램을 운영하고, 정부는 제도화 및 보조정책 마련을 담당한다.

#### 나. 말레이시아 BIPV 실증 및 건물 에너지효율화 사업

단기 로드맵은 실증 건물 선정, BIPV 설치 기준 검증, 안전·방염 등 규제 충족을 위한 설계 단계로 구성되며, CTCN, 말레이시아 현지 그린빌딩 기금 등의 자원 연계 가능성이 존재한다. 이 단계에서 산학연은 설계기술 검증, 실증모듈 개발, 건물 에너지진단 등을 역할별로 수행한다.

중기에는 실증 건물에서의 BIPV 운영 데이터를 기반으로 에너지절감 효과, LCOE, 유지관리 모델 등을 고도화한다. 국내 기업은 운영·계측관리, 연구기관은 성능 분석 및 정책연계 연구, 현지 정부는 도시 단위 확산정책 검토를 담당한다.

장기 로드맵에서는 BIPV 기반 도시형 그린빌딩 모델을 국가정책과 연계해 확산하고, 민간부문 투자모델(PPP·ESCO)을 결합하여 사업 지속성을 확보한다. 건물 부문 감축량 누적시 VCM 기반 민간 확산 경로도 고려한다. 이를 통해 한국-동남아 간 BIPV 산업협력 생태계를 구축하는 것이 목표이다.

## 다. 스리랑카 사용후 배터리 기반 ESS·e-Mobility 실증사업

본 과제의 단기 로드맵은 사용후 배터리 안전성·성능평가 체계를 수립하고, 초기 파일럿 ESS 및 충전 인프라 소규모 실증을 추진하는 단계이다. 스리랑카는 CPS 중점지원분야로 교통이 포함되어 있어, KOICA 재원도 고려가능하며, CTCN, 유엔기구(UNDP, UNEP) 등의 정책·기술지원 재원이 활용될 수 있다. 한국 연구기관·기업은 배터리 분류·평가기술 제공, 현지 정부는 제도 검토 및 시범부지 제공 역할을 수행한다.

중기 로드맵에서는 ESS·e-Mobility 통합 운영모델을 구축하고, 도시 또는 산업단지 단위의 실증 규모를 확대한다. 이 단계에서는 민간 파트너십 기반의 운영모델 확보, 재사용 배터리 인증체계 초안 및 온실가스 감축 방법론 마련 등이 추진된다.

장기 로드맵은 국가 차원의 재사용 배터리 제도화, 인증·유통체계 확립, 지속가능한 비즈니스 모델(PPP·현지 조립생산)의 정착을 목표로 한다. 참고로, 현재 스리랑카는 전기차 보급 태동기로 ESS수명주기를 고려했을 때 10년 전후로 폐 배터리가 다량 배출될 것으로 판단된다. 이를 통해 스리랑카의 전력난 완화와 e-Mobility 확산에 기여하는 지속형 사업생태계가 구축된다.

## 라. 짐바브웨 리튬 전처리 및 고순도 배터리 소재 협력

단기 로드맵은 리튬 광물 기초조사, 전처리 기술 타당성 검증, 환경·사회(ESG) 리스크 평가 등을 수행하는 단계로, 초기에는 CTCN TA 사업 등 재원이 적합하고, 중장기적으로는 World Bank, AfDB 등의 조사·기술협력형 재원 활용이 적합하다. 한국 산학연은 전처리 공정 설계, 기초분석, 교육훈련 등을 담당하며, 현지 정부는 광물 정책·허가 검토를 담당한다. 궁극적으로 리튬광물 공급망을 확보하기 위한 기술협력에 의해 초기단계 공동탐사 및 시료분석 과업도 포함한다.

중기 로드맵에서는 소규모 전처리 파일럿 플랜트를 구축하고, 고순도 소재 전환 기술을 검증하며, 역내 공급망 연계 가능성을 시험한다. 이 과정에서는 민간투자(PPP), 개발은행(DFI) 용자, 지분참여 등 복합재원 활용 가능성이 커진다.

장기 로드맵은 상업규모의 고순도 배터리 소재 생산체계를 구축하고, 역내·글로벌 공급망과 연계하는 단계이다. 이 단계에서 한국·현지 기업의 CAPEX 투자와 연구기관의 품질·공정 표준화, 정부 간 파트너십에 기반한 제도 정착이 병행된다.

## 마. 카자흐스탄 전력망 유연성 강화 및 디지털 계통관리 협력

단기 로드맵은 계통 취약구간 진단, 디지털 모니터링 기술 적용, ESS·DR·EMS 등 유연성 자원 검토를 수행하는 단계이다. KOICA와 KazAID이 공여기관으로서 파트너십을 강화하고

있어서 KOICA 자금을 투입하기 쉽지 않아 단기적으로는 CTCN TA 등 에너지전환 자금이 활용 가능하며, 한국 연구기관은 계통 분석·모델링, 기업은 디지털 솔루션 제안, 현지 정부는 계통자료 제공 및 제도 검토 역할을 담당한다. 궁극적으로 전력망 안정화, 효율화를 위한 것으로 국가 전력망으로까지 사업범위가 확대되기 위해서는 실질적 기대효과에 대한 사전 경제성 분석도 포함한다.

중기 로드맵에서는 유연성 자원을 통합 운영하는 실증(Pilot)을 추진하고, 디지털 계통운영 시스템의 성능을 검증한다. 이 단계에서는 민간투자 결합형 실증, 운영비 절감 모델, 데이터 기반 계통 최적화 등 실증 고도화가 핵심이다.

장기 로드맵은 국가 단위 디지털 그리드 전환을 목표로 하며, 국제 연계망 협력(EU·중양아시아), 데이터센터 부하 대응, 민간 에너지서비스 모델 활성화 등이 추진된다. 이를 통해 카자흐스탄의 계통안정성과 신재생 수용력이 지속적으로 향상되는 구조를 확립한다.

**표 3-3** 유망과제 후속사업 개발을 위한 단기-중기-장기 로드맵(안)

구분	단기(0~2년)	중기(2~5년)	장기(5~10년)	
① 방글라데시 영농형 태양광 기반 농업-에너지 통합 모델 구축	주요 자원	CTCN TA, KEITI 해외실증지원, KOICA CTS, KSP.	WB/ADB 초기 농촌에너지 지원, KOICA IBS 또는 공공협력사업	GCF(PSF), WB/ADB 대규모 농업·전력 복합 프로젝트
	주체별 역할	NIGT: 타당성 조사·제도·정책 로드맵 기업: Agri-PV패키지 기획·시범모델	NIGT: MRV·성능분석·정책 개선 지원. 기업: 소규모 Agri-PV 단지 실증 운영	NIGT: GCF Concept Note-FP 개발. 기업: EPC·O&M 운영 기반사업확대.
	사업화 경로	농촌형 Agri-PV 기본모델 도출 및 정부 수용성 확보.	농가 단위 Agri-PV 실증 확대 및 생산성 향상 모델 확보.	국가 농촌에너지 프로그램으로 스케일업 후, 민간 EPC 시장 진입. VCM 연계(기업 투자시)
② 말레이시아 건물일체형 태양광 시스템 실증 및 건물에너지 효율화 시범사업	주요 자원	CTCN TA, KEITI 해외실증지원.	KIAT ODA, WB/ADB, Horizon Europe 건물효율화 프로그램	GCF(PSF), ADB Smart Building Initiative.
	주체별 역할	대학: BIPV 성능·설계검증. 기업: 모듈·시공·BIPV 솔루션제공. NIGT: 인증·기준·안전성분석.	대학: 성능평가·지역 인력양성. 기업: ESCO 기반실증 확대. NIGT: MRV구축·제도 개선로드맵.	대학: 장기 성능모니터링. 기업: BIPV-에너지관 리솔루션확산. NIGT: GCF 프로그램 공동개발.

구분	단기(0~2년)	중기(2~5년)	장기(5~10년)	
③ 스리랑카 사용후 배터리 재사용 기반 ESS·e-Mobility 통합 실증사업	사업화 경로	실증 건물 확보 및 BIPV 성능·인증 요구 분석.	ESCO 기반 그린빌딩 실증 운영·시장 진입.	국가 단위 스마트빌딩 사업화 및 VCM 연계 민간 시장 확장.
	주요 자원	CTCN TA. KEITI 해외실증지원. KOICA CTS. KSP.	KIAT ODA. KOICA IBS. WB/ADB, Horizon Europe 교통·전력 프로그램.	GCF 도시교통·ESS·재생 에너지 연계. WB 녹색교통 플래그십.
	주체별 역할	기업: 2nd-life 모듈제작·ESS 패키지 NIGT:안전·품질기준 ·정책자문.	기업: 운수·산업 현장 실증 운영. NIGT:국가인증·표준 체계개발지원.	기업: 현지 합작법인(EPC) 구축. NIGT:GCF프로그램 공동개발.
	사업화 경로	배터리 수급·안전 기준 형성 및 초도 ESS 충전 시범 구축.	도시형 e-Mobility 통합모델 구축·운영 확대.	국가 e-Mobility 전환 프로그램 확산 및 상용 전력망 연계 사업화. ITMO 또는 VCM 연계(감축효과검증시)
④ 짐바브웨 리튬 전처리·고순도 배터리 소재 기술협력 사업	주요 자원	KSP. CTCN TA.	KOICA IBS. AfDB/WB, Horizon Europe Value Chain	GCF(저탄소 광물가공). WB/AfDB 대규모 투자 + 민간투자
	주체별 역할	출연연: 전처리·정제 기술 분석·설계.NIGT: 제도·환경·사회 인허가 체계 분석.	출연연: 파일럿 플랜트 구축·기술 교육.NIGT: ESG 인허가 프레임워크 구축.	출연연: 고순도 소재 공정 기술이전.NIGT: 대형사업 FP 공동개발.
	사업화 경로	광물전략·산업정책 로드맵 도출·기반 형성.	파일럿 운영 및 기술전수. 가치사슬 초기 정착.	고순도 소재 플랜트 건설·민간투자 기반 상용화.
⑤ 카자흐스탄 전력망 유연성 강화 및 디지털 계통관리 협력	주요 자원	KSP. CTCN TA.	WB/ADB Grid Modernization 소규모.	GCF Grid decarbonization. WB/ADB 대규모 계통현대화.
	주체별 역할	기업: EMS·DERM·디지 털 기술 제공. NIGT:계통·시장제도 분석.	기업: 시범지역 EMS·DER 실증 운영. NIGT:MRV구축·정 책로드맵작성.	기업: EPC+운영 사업 참여. NIGT:GCFPP공동 개발파트너.
	사업화 경로	계통운영·시장제도 기반 정립. 디지털 계통관리 초기 검증.	도시 단위 스마트그리드 실증. 운영데이터 기반 사업모델 확립.	국가 전력망 현대화 및 민간 EPC 시장 진입.

※ 출처: 저자 작성

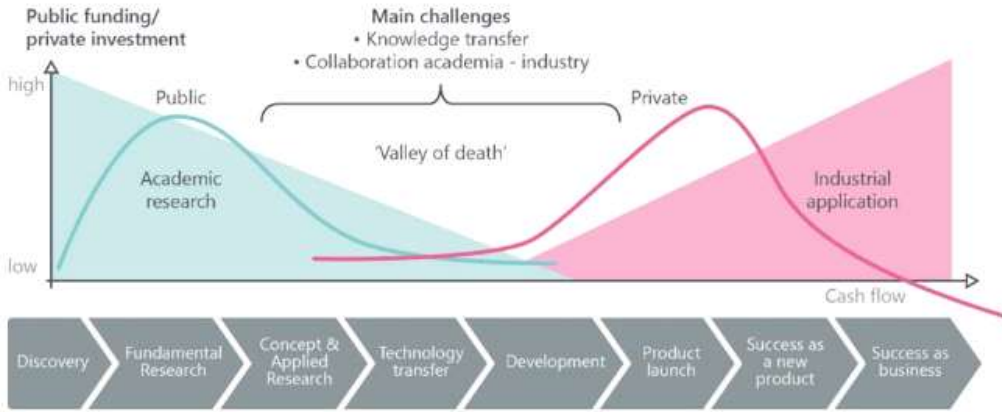
참고로, 호라이즌 유럽 2025/26년 Cluster 5 공고문 86건을 분석한 결과, 짐바브웨 리튬 원광 전처리(선광-정제) 기술 실증 과제가 호라이즌 유럽 재원 활용에 가장 적합한 것으로 나타났다. 해당 공고(HORIZON-CL5-2025-02-D2-03)는 배터리 등급 리튬 이온 배터리 재료 생산을 위한 지속 가능한 처리 및 정제 기술 실증을 목표로 하며, EU 회원국뿐 아니라 아프리카연합(AU) 회원국의 법인 참여를 명시적으로 허용하고 있어 짐바브웨 현지 실증 및 파트너 참여가 가능하다. 스리랑카와 말레이시아 과제 또한 호라이즌 유럽으로 기획 가능한 것으로 조사되었다. 이들 공고는 개발도상국에서의 협력을 명확히 명시하고 있지는 않으나, 해당 기술이 EU 역내에서 실증 완료된 이후 복제(replicate) 대상국으로 제안할 수 있어 잠재적 활용 가능성을 포함하였다.

한편, 2025/26년 CL5 공고문에는 인도 및 아프리카 지역에서의 실증 연구를 필수로 하는 과제가 포함되어 있다. 현재 공개된 2026/27년 공고문 초안(draft)에 따르면 SIDS, LAC, 글로벌 사우스, 인도, 아프리카 지역으로 실증 대상이 확대될 예정이므로, 향후 정식 공고가 발표되면 본 연구에서 제안한 5개 과제의 호라이즌 유럽 재원 부합성이 더욱 높아질 것으로 기대된다.

### 3 기술실증 적합성 분석 및 호라이즌 유럽 선정 근거

2050년 탄소중립 달성을 위한 글로벌 담론은 선진국 중심의 기술 개발에서 개발도상국으로의 기술 이전 및 확산으로 그 무게중심이 이동하고 있다. 그러나 현행 국제 기후기술 협력 체계에는 구조적 공백이 존재한다. 기초연구 단계(TRL 1~4)는 각국의 국책 연구비로, 상용화 및 대규모 인프라 구축 단계(TRL 9)는 세계은행(WB)이나 녹색기후기금(GCF) 등 다자개발은행(MDB)의 차관으로 재원이 조달된다. 반면, 그 중간에 위치한 기술실증 단계, 이른바 ‘죽음의 계곡(Valley of Death)’으로 지칭되는 TRL 5~8 구간은 심각한 재원 부족 상태에 놓여 있다. 동 구간은 연구실에서 검증된 기술을 실제 운영 환경, 인프라가 열악하고 규제 환경이 상이한 현지 등에서 파일럿 규모로 시험하고(TRL 5~7), 시스템을 완성하여 인증을 획득하는(TRL 8) 단계에 해당한다. 이 단계는 기술적 불확실성과 시장 위험이 공존하는 특성상 수익성을 담보해야 하는 MDB 차관이나 단순 물자 공여 중심의 전통적 공적개발원조(ODA)의 지원이 어렵다.

**그림 3-1** 기술성숙도(TRL) 단계별 공공-민간 자원 격차 구조



※ 출처: Chiraziet al., 2019

2025년 한국은 호라이즌 유럽(Horizon Europe)의 준회원국(Associated Country)으로 공식 가입함에 따라 상기 자원 공백을 보완할 수 있는 새로운 경로가 확보되었다. 이로써 국내 연구기관 및 기업은 단순한 제3국 참여자 지위를 벗어나 EU 회원국과 동등한 자격으로 컨소시엄을 주도하고 예산을 직접 배정받을 수 있는 권한을 획득하였다. 이는 국내 녹색 기술을 유럽의 선진 연구 네트워크와 결합하여 글로벌 사우스(Global South) 시장에서도 기술을 실증할 수 있는 전략적 기반을 마련한 것으로 평가된다.

**표 3-4** 호라이즌 유럽 펀딩 유형

유형	명칭	목표 TRL	지원 성격
RIA	연구혁신행동 (Research & Innovation Actions)	TRL 3~5	신규 지식 창출, 타당성 검토, 시범운영 제반 검토
IA	혁신행동 (Innovation Actions)	TRL 5~8	프로토타이핑, 시범운영, 기술실증
CSA	조정지원행동 (Coordination & Support Actions)	해당없음	네트워킹, 정책대화, 표준화

※ 출처: 저자 작성

상기 유형 중 혁신행동(Innovation Actions, IA)은 TRL 5~8 구간의 기술 실증을 직접 지원하는 사업으로서, 인프라 건설 중심의 EDCF나 기술 자문 중심의 기후기술센터·네트워크(CTCN)이 포괄하지 못하는 ‘기술 상용화 직전 단계’를 보완하는 기능을 수행한다.<sup>67)</sup> 호라이즌 유럽 IA가 개도국 대상 기술실증 재원으로서 갖는 비교우위는 다음과

같이 분석된다.<sup>68)</sup>

첫째, 개도국에 대한 직접적 재정 지원 체계를 갖추고 있다. 호라이즌 유럽은 저소득 및 중소득 국가(LMICs)를 ‘자동 펀딩 대상(Automatically Eligible for Funding)’으로 분류하고 있다.<sup>69)</sup> 네팔, 르완다, 방글라데시, 베트남, 탄자니아, 파키스탄, 필리핀, 인도네시아, 나이지리아 등 우리나라의 주요 ODA 중점협력국 대다수가 이에 포함된다. 한국-유럽 기관이 컨소시엄을 구성하는 과정에서 개도국 파트너(대학, NGO, 지자체 등)를 포함할 경우, 해당 기관 역시 EU 예산으로부터 인건비 및 장비비를 직접 지원받을 수 있다는 것이다. 이는 수원국 정부의 부채 부담을 유발하지 않으면서 첨단 기술 실증에 참여할 수 있게 한다는 점에서 대출 기반의 MDB 자금과 본질적으로 구별된다. MDB 자금은 상환 확실성이 담보되는 TRL 8~9 단계의 성숙 기술에 한정하여 투자하는 경향이 있어, 실패 가능성이 내재된 TRL 5~7 단계의 혁신 기술에 적용하기에는 수원국의 재정적 위험 부담이 과중하기 때문이다.

둘째, 실패를 허용하는 비상환 그랜트 구조를 채택하고 있다. 호라이즌 유럽은 100% 비상환 그랜트(Grant) 형태로 지원되며, 연구혁신 프로그램의 특성상 ‘실패를 통한 학습’을 제도적으로 용인한다. 개도국 현장에서 발생하는 불확실성 요인 - 전력망 불안정, 유지보수 인력 부족 등 - 을 기술적 검증 과정의 일부로 간주하며, 이를 극복하는 솔루션의 도출 자체를 성과로 인정한다. 이러한 구조는 개도국 파트너에게 재정적 위험 부담 없이 최적의 솔루션을 탐색할 수 있는 시험 환경을 제공한다.

셋째, 수평적 파트너십에 기반한 협력 구조를 지향한다. ODA나 EDCF는 공여국과 수원국 간의 위계적 관계를 바탕으로 하며, 수원국 정부의 요청에 기반하여 추진되므로 의사결정 속도가 느리고 정치적 변수의 영향을 크게 받는 한계가 있다. 이에 비해 호라이즌 유럽은 컨소시엄 모델을 채택하여 개도국의 연구기관 및 기업이 ‘수혜자(Recipient)’가 아닌 ‘공동 연구자(Beneficiary)’로서 프로젝트의 지분을 보유하고 의사결정에 참여하도록 설계되어 있다. 이러한 구조는 개도국 파트너에게 기술적 주권과 프로젝트 오너십을 부여함으로써 실증 사업의 지속가능성을 담보하는 핵심 기제로 작용하며, 궁극적으로 개도국 연구기관의 독립적 연구혁신 역량 강화에 기여한다.

넷째, 글로벌 표준 준수를 통한 시장 확장성을 확보할 수 있다. 호라이즌 유럽 프로젝트는 ‘유럽 그린딜(European Green Deal)’ 및 ‘Fit for 55’ 등 EU의 고수준 환경 규제 및 표준을 준수하도록 설계된다. 따라서 개도국에서 호라이즌 유럽 프로젝트를 통해 실증된 기술은 글로벌 표준(데이터 프라이버시, ESG, 배터리 여권 등)을 자연스럽게 충족하게 된다. 국내 기업 입장에서 이는 개도국 시장 진출에 그치지 않고, 해당 실증 레퍼런스를 활용하여 향후 유럽 본토 시장으로 역진출할 수 있는 규제적 교두보를 확보하는 효과를 갖는다.

67) 한국 NCP 서면 자문 (자문 기간: 2025.11.27.~30.)

68) 2025년 11월 27일~30일, 호라이즌 유럽 전문가 10명의 자문을 통해 정리

69) European Commission (2025), EU Grants: List of Participating Countries in Horizon Europe

다섯째, 기술-사회-비즈니스 모델의 융합적 접근을 의무화하고 있다. 단순 하드웨어 설치에 그치는 경우가 빈번한 인프라 ODA와 달리, 호라이즌 유럽 IA는 기술(Technology), 사회과학(Social Science), 비즈니스 모델(Business Model)의 융합을 요구한다. 개도국에서의 기술 실패 원인은 기계적 결함보다 요금 징수 체계의 부재, 주민 수용성 부족, 유지보수 모델 미비 등 비기술적 요인에 기인하는 경우가 다수이다.<sup>70)</sup> 호라이즌 유럽은 이러한 요소를 연구 과제(Work Package)로 의무화함으로써 기술의 현지 정착 가능성을 제고한다.

상술한 호라이즌 유럽 IA의 특성은 기존 수행 사례를 통해서도 확인된다.<sup>71)</sup> SOLUTIONSplus 프로젝트는 아시아, 아프리카, 중남미 도시에서 통합 전기 모빌리티 솔루션을 실증하면서 유럽 기술의 일방적 이식이 아닌 현지 스타트업의 직접 참여를 통한 역량 강화에 주력하였다. 르완다 키갈리에서는 현지 스타트업 ‘Ampersand’가 전기 오토바이 배터리 교환 시스템을 실증하여 벤처 투자 유치에 성공하였으며, 네팔 카트만두에서는 현지 엔지니어들이 노후 내연기관 삼륜차(Safa Tempo)의 전기화 개조를 주도하였다. 이 과정에서 개도국 파트너들은 단순 차량 지원을 넘어 데이터 관리 역량, 배터리 수명 관리 기술, 도시 차원의 모빌리티 정책 수립 역량을 확보하는 성과를 거두었다.

SESA(Smart Energy Solutions for Africa) 프로젝트는 아프리카 9개국에서 에너지 접근성 기술을 실증하면서 유럽 기술의 현지화(Localization)와 비즈니스 모델의 유효성 검증에 주력하였다. 남아공의 반농반촌(Semi-rural) 지역에서 전기 모빌리티 도입 결과 보조금 없이는 손익분기점 도달이 곤란하다는 분석이 도출되자, 컨소시엄은 공공-민간 파트너십(PPP) 기반의 대안적 자금 조달 모델을 설계하여 현지 지자체에 제안하였다. 말라위에서는 당초 계획된 고가형 쿽스토브가 현지 구매력에 부합하지 않아 바이오매스 브리켓 기반의 저가형 모델로 기술을 전환하는 유연성을 발휘하였다. 이는 그랜트 구조가 제공하는 유연성이 차관 사업에서는 구현하기 어려운 적응적 접근을 가능케 함을 보여준다.

GIANTS 프로젝트는 신흥 시장의 경제적 여건을 고려한 저비용·고효율 경량 전기차(L5-L7 등급) 플랫폼 개발에 주력하면서 현지 조립 및 생산 역량 배양에 초점을 맞추었다. 필리핀의 ‘Tojo Motors’ 및 케냐의 ‘WeTu’ 등 현지 기업들이 르노(Renault), 도요타(Toyota) 등 글로벌 기업과 컨소시엄을 구성하여 차량의 모듈형 설계를 공동 수행하였다. 이를 통해 현지 기업들은 글로벌 표준에 부합하는 설계 및 품질 관리 역량을 습득하고, 태양광 패널을 차량에

70) Ikejamba et al.(2017), The empirical reality & sustainable management failures of renewable energy projects in Sub-Saharan Africa, Renewable Energy; IRENA(2023), Renewable Energy for Remote Communities: A Guidebook for Off-grid Projects, International Renewable Energy Agency; Eleksiani et al.(2025). Renewable Energy Systems in Supporting Climate Resilience of Off-grid Communities: A Review of the Literature and Practice, Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems

71) 아래 4개의 사례는 본 주요사업에서 수행한 국제공동연구(Lah et al. (2025), Korea-Europe Collaboration for Climate Innovation: Funding and Partnership Strategies under Horizon Europe)를 통해 수집

부착하여 충전 인프라 부족 문제를 해결하는 등 현지 상황에 특화된 독자적 솔루션을 개발하였다. 이는 완제품 수입에 의존하던 개도국 모빌리티 시장 구조를 자체 생산 및 유지보수가 가능한 구조로 전환하는 계기가 되었다.

SWARM-E 프로젝트는 사하라 이남 아프리카의 전력 소외 지역을 대상으로 중앙 집중형 전력망 대신 이웃 간 전력 거래(P2P)가 가능한 ‘스웜 그리드(Swarm Grid)’ 기술을 실증하였다. 르완다와 탄자니아의 마을 단위에서 수행된 동 프로젝트는 단순 전력 공급을 넘어 ‘에너지를 통한 경제 활동(Productive Use of Energy)’을 가능케 하는 시스템을 구현하였다. 현지 주민들은 잉여 전력을 이웃에게 판매하여 수익을 창출하는 정산 시스템을 경험하고, 전력을 활용한 정수, 제분, 용접 등 소규모 비즈니스를 시작할 수 있었다. 개도국 파트너인 현지 대학 및 NGO는 이 과정에서 마이크로그리드 제어 기술과 블록체인 기반 거래 시스템의 운영 경험을 축적하였다. 이는 단순 원조 방식으로는 실현하기 어려운 최첨단 에너지-IT 융합 기술의 현지 이식 사례로 평가된다.

이상의 분석을 종합하면, TRL 5~8 구간의 기술실증을 지원하는 재원은 호라이즌 유럽 IA와 KOICA CTS(기후기술협력) 사업으로 좁혀진다. 그러나 양 사업은 평가지표에서 뚜렷한 차별성을 보인다. 호라이즌 유럽 IA는 비즈니스 모델 창출을 요구하면서도 “고품질 지식 및 혁신의 창출과 확산”, “EU 정책 목표(탄소중립 등) 달성에의 기여”를 핵심 임팩트로 설정한다. 반면, KOICA CTS 사업은 “개발협력문제 해결에 기여하는 혁신기술”, “소규모 검증(test-bed)”, “시장 진입”, “보급·판매” 등 사업화 및 시장성 관련 지표가 중시된다. 이는 SEED 1 및 SEED 2 과제가 기업(영리법인)을 주된 지원 대상으로 설계되어 사업성, 투자 연계, 창업 역량이 핵심 평가요소로 작용하기 때문이다. 즉, KOICA CTS는 개도국에서 기술검증과 동시에 초기 시장 및 비즈니스 검증을 목표로 하는 사업화형 실증에 적합한 재원으로 판단된다. 본 연구과제는 기술진보형 실증을 목표로 하는바, 호라이즌 유럽 IA를 최적의 재원으로 선정하여 사업기획을 구상하였다.

### 제3절 우선순위 기반 글로벌 RD&D 사업기획(호라이즌 유럽 등)

#### 1 서론

##### 가. 배경 및 목적

본 절은 제2장에서 도출된 글로벌 RD&D 재원 분석 결과를 토대로, 탄소중립 분야에서 국제공동 연구개발 및 실증(RD&D)을 활성화하기 위한 기획 재원의 특성과 활용 방향을 심층적으로 고찰하는 것을 목적으로 한다. 특히 단순한 연구개발(R&D) 단계를 넘어, 기술의 성능과 안정성을 실제 환경에서 검증하고 정책적·제도적 수준으로 확산시키는 기술실증(technology demonstration) 중심의 국제 협력형 연구를 핵심 분석 대상으로 삼고 있다.

이와 같은 관점에서 호라이즌 유럽(Horizon Europe) 프로그램은 한국형 RD&D 사업기획의 시범적 분석 대상으로 적합하다. 호라이즌 유럽은 2021년부터 2027년까지 총 955억 유로 규모로 운영되는 유럽연합의 최대 연구혁신 프로그램으로, 기후중립과 녹색전환을 주요 목표로 하고 있다.<sup>72)</sup> 특히 Cluster 5(기후·에너지·모빌리티)와 Cluster 6(식량·자원·환경)은 탄소중립 및 지속가능전환의 핵심 분야로, NIGT는 이들 클러스터 내 IA 및 CSA 과제 중심의 참여 전략을 수립하였다. 이 프로그램은 기술혁신을 기반으로 한 공동 연구개발과 실증을 지원할 뿐 아니라, 유럽연합(EU) 내의 정책·제도적 연계성을 갖춘 대표적인 글로벌 기술실증형 재원이다. 이에 본 연구는 단기적으로 호라이즌 유럽을 중심으로 한 기술실증 기반의 RD&D 사업기획 구조를 분석하고, 이를 통해 한국의 공공연구기관이 국제협력 네트워크를 확장하고 국가 탄소중립 정책 목표에 기여할 수 있는 실증적 근거를 제시하고자 한다.

한편, 기술 실증 중심의 재원만으로는 기술의 시장 확산과 사업화 단계를 완결적으로 달성하기 어렵다는 점에서, 본 연구는 중·장기적 관점에서 사업실증(business demonstration) 및 정책 확산 단계로의 전환 가능성 또한 함께 검토한다. 특히, 공공과 민간의 파트너십을 기반으로 개도국을 중심으로 녹색기술 사업화를 추진하는 P4G(Partnership for Green Growth and the Global Goals 2030) 프로그램은 기술실증 이후의 사업화·확산 단계에서 한국형 RD&D의 후속 연계 모델로서 중요한 의미를 가진다.

따라서 본 절에서는 기술실증형 재원인 호라이즌 유럽사업 참여를 위한 기반 구축과 추진체계를 중심으로 국제공동 RD&D 사업기획의 구체적 구조를 분석하고, 이를 보완하는 형태로 P4G를 비롯한 사업실증 및 확산형 재원의 연계 가능성을 함께 검토한다. 이러한

72) European Commission, 2025.10.15. 접속. [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls_en)

비교·분석을 통해 기술실증과 사업실증의 상호보완적 관계를 규명하고, 향후 한국형 글로벌 RD&D 기획모델의 체계화를 위한 정책적 함의를 도출하고자 한다.

제2장에서 도출된 5대 중점 유망과제는 국내 출연(연) 중심의 기술사업화 촉진을 위한 분석 결과로, 본 장에서 다루는 호라이즌 유럽 및 P4G 사업기획은 이러한 분석 결과를 국제 공동연구 기획 단계로 확장 적용한 사례에 해당한다. 본 연구는 제2장에서 구축된 자원 연계성 분석의 개념적 틀을 실제 글로벌 RD&D 사업기획 과정에 적용함으로써, 국내외 자원 간 연계 가능성과 정책적 타당성을 검증하고자 하였다. 특히 배터리 재사용·재활용 기술 분야는 호라이즌 유럽 사업 및 P4G 사업 구조와도 개념적으로 맞닿아 있어, 국내 기술성과 유럽 프로그램 구조 간의 연계 가능성을 시범적으로 제시하는 의미를 갖는다.

## 나. 연구의 접근 및 구성

본 연구는 글로벌 RD&D 자원 중 한국의 녹색기술 분야와 연계 가능한 주요 자원을 중심으로, 기술실증(technology demonstration)과 사업실증(business demonstration) 단계별 기획 구조를 비교·분석함으로써 한국형 국제공동사업 모델의 기획·운영체계를 제시하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 연구의 접근은 ① 자원 분석 → ② 기획 기반 구축 → ③ 사업기획 → ④ 제도적 시사점 도출의 네 단계로 구성하였다.

제2장에서 확립된 자원 연계성 분석의 단계적 접근(분석→기획→시사점)은 본 장에서 다루는 국제공동 RD&D 사업기획 사례(호라이즌 유럽, P4G)에 확장·적용되어, 국내 분석 틀의 국제적 적용성을 검증하고, 향후 한국형 글로벌 RD&D 기획모델의 실증 기반을 마련하였다. 이와 같은 확장적 접근은 2장에서 제시된 자원별 특성과 우선순위 도출 결과를 실제 사업기획 프로세스에 적용함으로써, 분석에서 기획으로 이어지는 일관된 논리 구조를 구축한다는 점에서 의미를 가진다.

### 1) 글로벌 RD&D의 개념적 기반

OECD의 Frascati Manual(2015)은 연구개발(R&D)을 “지식의 창출 및 활용을 통한 혁신활동”으로 정의하며, 그 하위 단계로 ‘기술 실증(demonstration)’을 “개발된 기술의 타당성과 적용 가능성을 실제 환경에서 검증하는 과정”으로 구분한다<sup>73)</sup>. 즉, RD&D (Research, Development and Demonstration)는 전통적 연구개발을 넘어 기술이 실제 사회·산업 환경에서 작동 가능한지 평가하는 실험적 활동까지를 포함한다.

본 연구는 이러한 OECD 정의를 확장하여, 국제공동 RD&D를 “기술실증을 매개로 한

73) OECD(2015), Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development

글로벌 혁신 네트워크 형성 과정”으로 규정한다. 특히 기술혁신시스템(TIS) 이론과 임무중심형 혁신정책(Mission-oriented Innovation Policy)의 관점에서, 국제 RD&D는 단일 연구과제가 아니라 정책·산업·사회혁신이 결합된 복합 구조로 이해된다. 이러한 관점은 호라이즌 유럽과 P4G와 같은 다자협력 재원 분석의 이론적 기반이 된다.

## 2) 연구 접근의 틀

본 연구의 분석틀은 RD&D 사업의 전주기적 흐름(lifecycle)을 기반으로 설정하였다. ① 재원 분석 단계에서는 국제적 RD&D 플랫폼의 구조와 지원 메커니즘을 비교하였다. ② 기반 구축 단계에서는 한국형 국제공동사업 추진체계를 정립하기 위해 연구기관-지자체-기업 간 협력 구조를 설계하였다. ③ 사업기획 단계에서는 실제 제안서 작성 및 제출 사례를 중심으로 국제 RD&D 기획 역량을 검증하였다. ④ 제도적 시사점 단계에서는 한국형 RD&D 체계에 필요한 정책적 보완 방향을 도출하였다.

이 과정에서 호라이즌 유럽(Horizon Europe)은 기술실증 중심의 단기형 국제공동 연구모델, P4G(Partnership for Green Growth and the Global Goals 2030)는 사업실증 중심의 중·장기형 개발협력 모델로 구분하여 분석하였다. 즉, 호라이즌 유럽은 기술검증·시스템 통합·현장 실증을 중심으로 하는 “기술실증형 재원”이며, P4G는 민간투자·시장확산·정책확산을 목표로 하는 “사업실증형 재원”이다.

이러한 구분은 3장 2절에서의 재원 우선순위 도출 과정과도 일치한다. 기술실증형 재원이 단기적으로 RD&D 활성화의 실질적 기반을 제공하며, 사업실증형 재원은 기술이 시장화 단계로 이행하는 장기적 플랫폼을 의미한다. 따라서 본 장에서는 호라이즌 유럽과 P4G를 중심으로 두 재원의 상호보완적 관계를 비교·분석함으로써 한국형 RD&D 기획모델의 단계별 진화 경로를 제시하고자 한다.

## 3) 연구 구성 및 단계별 내용

첫째, 재원 분석 단계에서는 국제적 RD&D 재원의 구조를 검토하여 한국이 참여 가능한 기획형 프로그램의 범위를 도출하였다. 특히 EU의 호라이즌 유럽 Cluster 5(기후·에너지·이동성)와 Cluster 6(식품·자원·자연자원)은 기술실증 중심의 공동사업으로, 한국이 보유한 기후·에너지 기술역량과 높은 연계성을 가진다.

둘째, 기반 구축 단계에서는 국가녹색기술연구소(NIGT)를 중심으로 국내외 협력 네트워크와 제도적 기반을 조성하였다. 이를 위해 부퍼탈연구소(Wuppertal Institute), VITO, BAM 등 유럽 주요 연구기관과의 MOU 체결 및 공동연구 협력체계를 마련하였으며, 국내 지자체와 민간 기업과의 연계 구조를 확립하였다.

셋째, 사업기획 단계에서는 국제공동 제안서 기획·작성·제출의 전 과정을 수행함으로써 기획모델의 적용 가능성을 검증하였다. 2025년에는 호라이즌 유럽 과제로 총 3건을 제출하였으며, 각 과제에서 한국은 워크 패키지(Work Package) 수준의 리드 및 기술실증 파트너 역할을 수행하였다.

넷째, 제도적 시사점 도출 단계에서는 국내 RD&D 정책체계 내에서 국제공동사업의 지속가능성을 확보하기 위한 제도적 개선 방향을 도출하였다. 이 단계에서는 연구기관-지자체-기업-국제기구 간의 거버넌스 구조 강화, 기획지원 플랫폼 구축, 예산 연계 시스템 정비 등의 필요성이 제기되었다<sup>74)</sup>.

결국 본 연구의 접근은 기술실증형(호라이즌 유럽) 과 사업실증형(P4G)의 상호보완적 구조를 분석함으로써, 한국형 글로벌 RD&D 기획모델을 실증적으로 구축하는 데 중점을 두고 있다. 이 절에서 제시한 개념적·이론적 틀은 다음 절인 「3.3.2 호라이즌 유럽 기반 구축」의 분석 구조를 설명하는 근거로 활용된다.

74) 한국연구재단. (2025). 호라이즌유럽 활성화 방안 자문의견서 (호라이즌유럽다자협력팀장 자문)

## 2 호라이즌 유럽 활용 글로벌 RD&D 사업기획

### 가. 호라이즌 유럽 기반 구축

#### 1) 추진 배경

호라이즌 유럽은 유럽연합(EU)의 대표적 연구·개발·혁신(R&I) 프로그램으로, 2021년부터 2027년까지 총 955억 유로 규모로 운영되고 있(European Commission, 2026). 이 프로그램은 ‘기후중립 사회로의 전환’과 ‘지속가능한 산업 생태계 구축’을 핵심 목표로 하며, 국제협력을 통한 기술 실증(Technology Demonstration)과 확산(Deployment)에 중점을 두고 있다.

한국은 2021년 12월 EU와의 협정을 통해 호라이즌 유럽 준회원(Associated Country)으로 가입하였으며, 이후 국내 연구기관과 기업이 EU 회원국과 동등한 조건으로 공모에 참여할 수 있는 제도적 기반을 확보하였다. 그러나 한국 내에서는 여전히 실제 사업기획 및 제안 참여 경험이 제한적이며, 특히 글로벌 실증과 연계 가능한 중대형 프로젝트 참여는 극히 미비한 수준이다.

본 연구는 이러한 제약 요인을 극복하고, 한국형 국제공동 RD&D 사업의 모델을 구축하기 위해 호라이즌 유럽을 우선적으로 활용하고자 하였다. 이는 3장 2절에서 제시된 바와 같이, 각 국제 재원별 적합성 분석 결과 호라이즌 유럽이 기술실증 중심(TRL 5~8)의 단기형 사업으로 높은 적합성을 보였기 때문이다. 이에 본 연구는 호라이즌 유럽을 1차 대상 재원으로 설정하고, 이를 중심으로 국제공동 사업기획의 기반을 단계적으로 구축하였다.

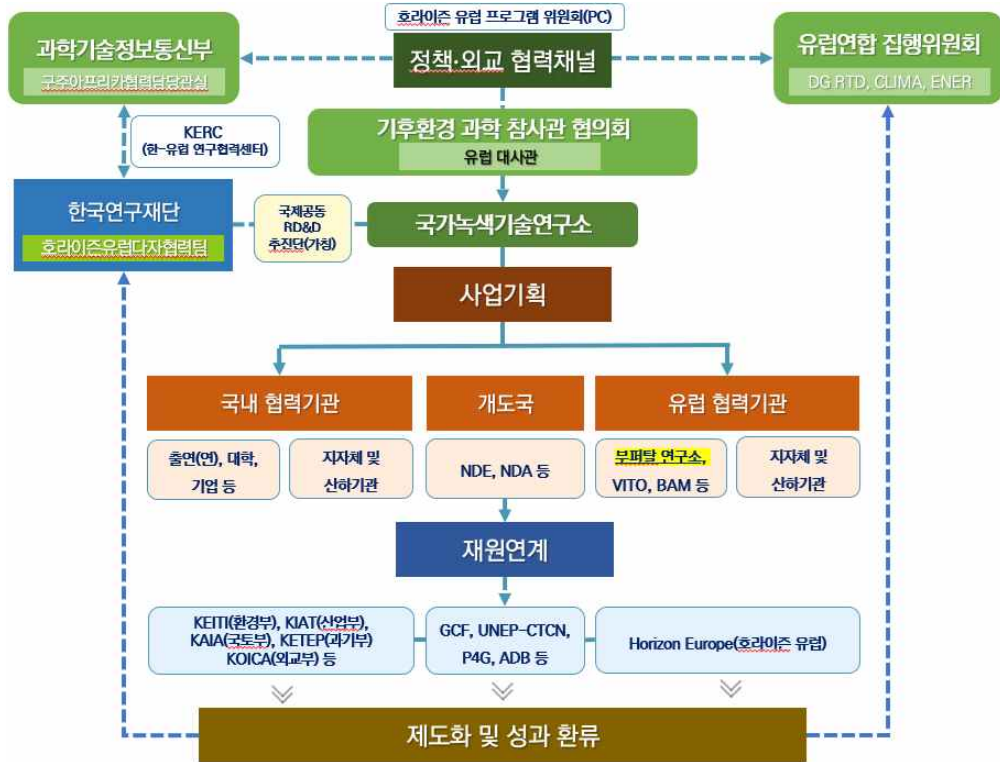
특히, 본 연구의 기반 구축은 단순한 공모 준비 차원을 넘어, 유럽 내 주요 연구기관 및 현지 네트워크를 대상으로 제도적 진입 기반(Administrative Entry Point)을 마련하는 것을 목표로 하였다. 이 과정에서 기후환경과학 참사관 협의체, 브뤼셀 소재의 한-유럽 연구협력센터(Korea-EU Research Centre, KEREC), 그리고 유럽 현지 협력기관인 부퍼탈연구소(Wuppertal Institute, WI), VITO, BAM 등이 주요 협력 파트너로 참여하였다.

이러한 추진 배경은 한국이 국제공동 연구개발 생태계에서 단순한 기술공급자에서 정책적 협력자로 전환하는 거시적 방향성과도 일치한다. 따라서 본 절에서는 호라이즌 유럽 기반 구축의 추진 배경을 ① 제도적 기반 마련, ② 국제협력 네트워크 확대, ③ 사업기획 역량 내재화의 측면에서 구체적으로 분석하였다.

## 2) 추진 체계(안)

앞서 제시한 추진 배경에 따라, 본 연구는 호라이즌 유럽을 중심으로 한 국제공동 RD&D 사업기획 체계(안)를 구체화하였다. 특히 3장 2절에서 도출된 재원별 특성과 TRL 단계 분석 결과를 반영하여, 기술실증 중심의 단기형 프로젝트 추진을 위한 네트워크 중심 체계를 마련하였다. 국제공동사업 기획의 효율적 추진을 위해 NIGT는 국내외 기관 간 역할과 기능을 구분하고, 정책-사업-기술이 유기적으로 연계되는 다층형 거버넌스 체계를 설계하였다. 본 추진체계는 호라이즌 유럽 사업 진입을 목표로 구성된 2025년 기반구축 단계에서 확립되었으며, 국내외 네트워크 및 협력기관 구조가 다음과 같이 정립되었다.

그림 3-2 호라이즌 유럽 기반 구축 추진체계(안)



가) 총괄·조정 기관 : 국가녹색기술연구소 (NIGT)

NIGT는 본 연구의 총괄 기관으로서 국제공동사업 기획의 방향 설정, 국내외 기관 간 역할 조정, 제안서 작성 및 공동연구 운영의 중심 역할을 담당하였다. 또한 국내 정책기관 및 산업계, 유럽 연구기관 연계를 통해 국제 RD&D 플랫폼의 허브로서 기능하였다.

## 나) 국내 협력기관 네트워크

국내 주요 협력기관들은 정책 및 재원 연계를 지원하는 역할을 담당하였다. 한국연구재단(호라이즌유럽다자협력팀), KETEP, KIAT, KEITI 등은 각 자체 사업의 해외연계 기반을 활용해 국제 RD&D 사업기획에 필요한 기초 자료와 재원 정보를 제공하였다. 또한, 이들 기관은 향후 국제공동사업의 국내 대응체계 수립을 위한 협력 파트너 후보군으로 정의되었다<sup>75)</sup>.

## 다) 해외 협력기관 네트워크

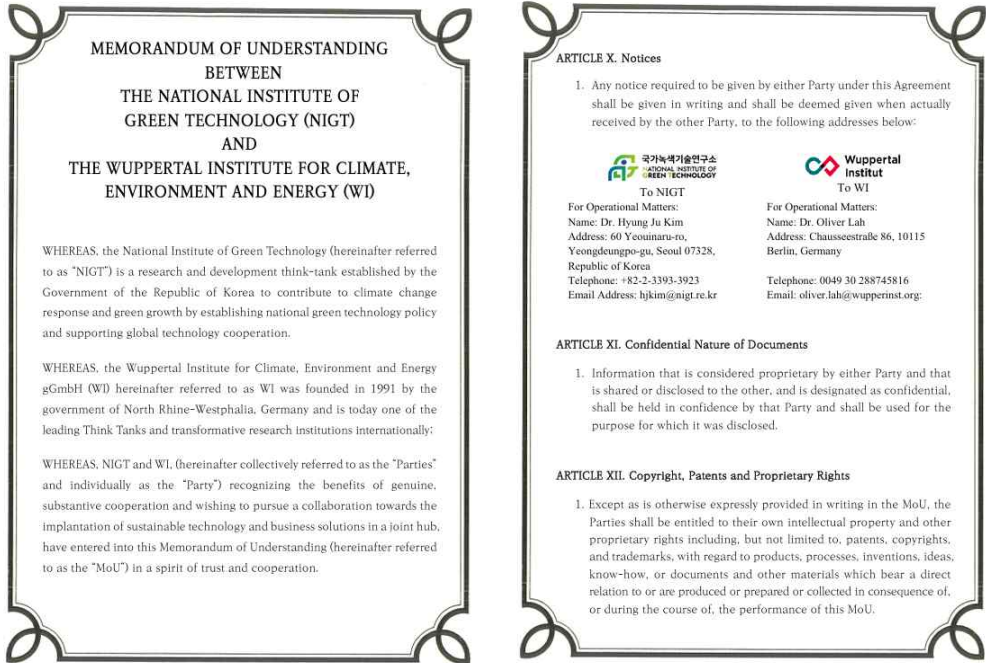
본 연구의 해외협력 측은 호라이즌 유럽 진입을 위한 전략적 파트너십 형성에 중점을 두었다. 핵심적 협력 기관으로서 독일의 부퍼탈 연구소(Wuppertal Institute, WI)를 선정하고, 2025년도 상반기부터 협력체계 구축방안을 논의한 결과 지난 9월 기관관 업무협약(MOU)을 체결했고, 국제공동연구를 진행했다. 부퍼탈 연구소는 호라이즌 유럽 사업기획의 정책·기술 자문을 수행하였으며, 단기적으로는 공동사업기획, 중기적으로는 공동연구 및 정책모델화 전략을 수립하였다. 그 외에도 다수의 온 오프라인 회의를 통해서 잠재적 협력기관인 벨기에의 VITO와 에너지·순환경제 분야 사업기획 논의 및 네트워크링 협의를 수행했고, 실질 제안 참여에는 이르지 않았으나 초기 방향 설정에 기여할 수 있었다. 독일의 BAM의 경우, 배터리 재사용·인증 및 기술검증 체계 관련 협력 방안을 검토했다. 네덜란드의 TU Delft와도 호라이즌 유럽 참여 및 컨소시엄 연계 방안을 논의하는 등 협력기반을 마련했다. 이들 기관은 향후 NIGT의 국제공동사업 기획 체계를 실질적으로 구축하였다.

## 라) 정책·외교 협력채널

기후환경과학 참사관 협의회는 유럽 주요국의 정부 연구기관과의 협력논의를 공식화하는 외교적 플랫폼으로 기능하였다. 이 협의체는 정책적 합의와 정부 간 협력 채널을 제도화함으로써, 국제공동사업 기획의 상위 조정 메커니즘으로 작동하였다. 또한, 브뤼셀 소재의 한-EU 연구협력센터(KERC)는 NIGT의 호라이즌 유럽 사업 진입을 위한 현지 네트워킹 지원 및 컨소시엄 정보 제공을 수행하여, 외교-사업 연계의 현장 지원창구 역할을 하였다.

75) 한국연구재단. (2025). 호라이즌유럽 활성화 방안 자문의견서 (호라이즌유럽다자협력팀장 자문)

**그림 3-3** 유럽 핵심기관 협력기반 구축 (부퍼탈 연구소)



NIGT-WI 기관 간 업무협약 체결(2025.9)

**그림 3-4** 정책·외교 협력채널 구축



한-EU 협력연구센터(KERC) 초청회의(2025.2)



2025 기후·환경 과학 참서관협의회(2025.9)

마) 추진체계 의미 및 특징

본 추진체계는 ① 정책-사업-기술의 연계 구조를 갖추고, ② 핵심협력기관과 잠재적 협력기관을 명확히 구분한 거버넌스형 국제공동기획 모델로 평가된다. 또한, 국내 정책기관과

유럽 연구기관 간 기능 분담을 체계화하여 호라이즌 유럽 등 다자 프로그램 진입의 실질적 기반을 마련하였다.

### 3) 추진 절차 및 단계별 성과

호라이즌 유럽 기반 구축은 단일한 사업준비 절차가 아니라, ‘제도적 진입 기반의 확보 → 유관기관 협력 확대 → 공동 사업기획 및 제안서 도출’로 이어지는 절차로 추진되었다.

#### 가) 제도 및 네트워크 구축 단계 (Phase 1)

본 연구는 2025년 상반기부터 한국의 호라이즌 유럽 진입 장벽을 완화하기 위한 제도적 기반 조성을 우선 추진하였다. 이를 위해 한국연구재단과 주한 EU대표부에서 주관하는 ‘한-EU 연구혁신의 날’(’25.3)에 참석하여 사업기획 컨소시움 구성을 위한 네트워킹을 실시했다. 동 행사에서 유럽 각국 대사관, 독일의 BAM, 네덜란드 TNO 및 TU Delft 등 연구기관 관계자들과 네트워킹 및 사전 협의를 진행했다. 또한, 한국-EU 협력연구센터 (KERC, Brussels) 관계자를 초청하여 사업 정보 교환 및 파트너 매칭 지원 체계를 마련하였다. 이어서, 유럽 주요 현지 기관과의 접점을 확보하기 위해 부퍼탈연구소(WI), VITO, BAM 등 주요 유럽 연구기관과의 협력채널을 구축하였다. 이들은 각각 정책연구, 실증기술, 산업적 확산 측면에서 상호보완적 역할을 수행하였다. 이 단계의 핵심 성과는 호라이즌 유럽 참여를 위한 제도·조직적 진입 기반의 확보였다.

#### 나) 협력 파트너십 구축 단계 (Phase 2)

두 번째 단계에서는 실제 사업기획을 위한 핵심 파트너 그룹을 구성하였다. 본 연구는 유럽 내 현지 기관뿐 아니라, 국내에서는 국가녹색기술연구소(NIGT), 지자체, 민간기업 등과 협력 네트워크를 구축하였다. 이를 통해 국내-EU 간 공동사업기획 플랫폼의 초기 형태를 확립하였다.

특히, 호라이즌 유럽 Cluster 5 및 6 분야를 중심으로 기후기술, 자원순환, 건물에너지, 지속가능 교통 등 3개 분야의 실증 아이디어를 도출하였으며, 각 분야별로 TRL 5~8 단계의 기술 실증이 가능한 과제를 우선적으로 선정하였다. 이러한 파트너십 구축 단계에서 한국 측은 기술 실증도시, 유럽 측은 정책·시스템 검토를 담당하는 구조가 확립되었다.

#### 다) 사업기획 및 제안서 도출 단계 (Phase 3)

마지막 단계에서는 실제 호라이즌 유럽 제안서를 도출하는 사업기획이 이루어졌다. 2025년 하반기까지 총 3건의 공동제안이 마련되었으며, 각 과제는 한국의 기술실증역량과 유럽의

정책·제도적 강점을 결합하는 형태로 기획되었다. 대표적으로 총 3건 즉, ① 자원순환·배터리(CL6), ② 지속가능 교통·항공 모빌리티(CL5), ③ 디지털 건축·탄소감축(CL5, CETP) 과제가 포함된다.

각 과제는 호라이즌 유럽의 Cluster 5 및 Cluster 6(CETP) 프로그램을 대상으로 하며, 한국의 지방정부와 중소기업이 실증파트너로 참여하였다. 이 단계의 성과는 단순한 제안서 제출을 넘어, 국제공동사업 기획 프로세스의 국내 내재화 및 역량 축적에 있었다.

**표 3-5 호라이즌 유럽 기반 구축 단계별 성과**

구분	주요내용	성과유형
① 제도 및 네트워크 구축	참사관 협의회, KERC, WI·VITO·BAM 등 협력 기반 구축	제도적 성과
② 협력 파트너십 형성	국내외 기관 네트워크 구성 및 공동 주제 발굴	조직적 성과
③ 사업기획·제안서 도출	사업제안 3건 제출완료(CL5 2건, CL61건)	기술적 성과

※ 출처: 저자 작성

#### 4) 공동연구 기반 중장기 협력전략 도출

부퍼탈연구소(Wuppertal Institute, WI)는 유럽 내 대표적인 지속가능전환 연구기관으로, 지난 10여 년간 다수의 Horizon 2020 및 호라이즌 유럽 프로젝트를 주도적으로 수행해왔다. 대표적으로 SOLUTIONSplus(H2020, €18M, 47기관) 은 아시아·아프리카 도시에서 전기모빌리티 리빙랩을 구축하여 TRL 6~9 단계의 실증을 수행하였고, SESA(H2020, €8M, 9개국) 는 아프리카 지역의 에너지접근성 개선을 위한 2nd-life 배터리 재사용 및 마이크로그리드 실증을 수행하였다. 또한 GIANTS(호라이즌 유럽, €12M, 22기관) 프로젝트를 통해 모듈형 전기차 플랫폼과 배터리 재사용 기술을 통합한 순환형 모빌리티 시스템을 실증 중이다. 이러한 경험을 통해 WI는 EU 내 정책·실증 통합형 프로젝트 기획, 리빙랩 운영, 해외 현지화 모델 구축 등에서 높은 전문성을 보유하고 있으며, 이는 한국의 공공연구기관(NIGT)이 호라이즌 유럽 등 국제공동 RD&D 사업에 전략적으로 참여하기 위한 협력 기반으로 작용하였다.

본 연구는 호라이즌 유럽 기반 구축 과정에서 부퍼탈연구소(Wuppertal Institute, WI) 를 핵심 협력 파트너로 설정하고, 2025년 9월 양 기관 간 양해각서(MOU) 를 공식 체결하였으며, 국제공동연구를 수행하였다. 이 협력은 단순한 연구협력을 넘어, 한국의 탄소중립 정책연구 및 국제공동 RD&D 사업기획 기능을 유럽의 연구·실증 생태계와 직접 연계하기 위한 제도적 전환점이 되었다.

양 기관은 협력을 ‘정책·전략 중심의 연구협력’과 ‘사업기획 중심의 RD&D 협력’의 이중 구조로 추진하였다. 특히 WI는 유럽 내 지속가능전환(Sustainability Transition) 분야의 대표 연구기관으로서, 호라이즌 유럽 Cluster 5(기후·에너지·모빌리티)와 Cluster 6(식량·자원·환경) 프로그램에서의 풍부한 경험을 바탕으로, NIGT의 국제공동기획 역량 제고에 실질적 자문을 제공하였다.

**그림 3-5 유럽 핵심기관과의 국제공동연구 추진**

Interim Report / September 2025

**Korea-Europe Collaboration for Climate Innovation: Funding and Partnership Strategies under Horizon Europe**

Cooperation project between Wuppertal Institut and National Institute of Green Technology

Authors: Oliver Lab, Shriti Shrestha, Kanya Pranawengskapi (Wuppertal Institute)

Reviewers: Hyung Ju Kim, Yong Woon Chung, Eun Ju Lee (NIGT)



a country that has a bilateral funding agreement with the EU, or be an organisation that evaluators consider essential for the implementation of the project.

On the other hand, third parties are legal entities that take part in the project without signing the grant agreements and do not have full responsibility for project implementation. These include associated partners and third parties providing in-kind contributions. Associated partners are organisations that participate in the project without receiving funding for their activities, and their roles must be clearly described in the application. Third parties may offer in-kind contributions, which are eligible for support. These contributions can include personnel (working within their own organisation or seconded to the beneficiary), equipment or other services.

**2.2.1 Participation of non-EU Countries**

Horizon Europe is open to the world, welcoming participants from the EU and non-EU countries. However, the rules and funding eligibility differ according to country category. In general, non-EU participants can include both Horizon Europe Associated Countries and non-associated third country with several limitation. Figure 5 shows 15 non-EU countries with largest involvement with Horizon Europe.

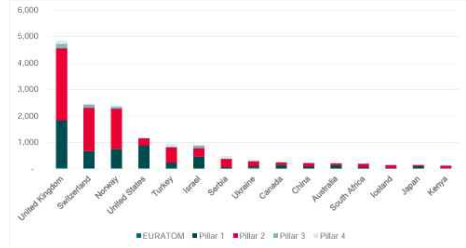


Figure 4 Non-EU Organisation Involvement on EU Horizon Projects per Country - Top 15  
Data source: European Commission<sup>11)</sup>

Associated countries benefit from a status similar to that of EU member states within the Horizon Europe programme. These are countries that have signed association agreements with the EU and contribute to the programme budget in return for full access to funding calls. As of 2025, there are over 20 associated countries, including the UK, Norway, Israel, Canada, New Zealand, and notably, the Republic of Korea. Korea became the first Asian country to associate with Horizon Europe, and a transitional arrangement will allow Korean entities to participate in Pillar II calls from the 2025 Work Programme onwards<sup>12)</sup>. Korea's status as an associated country marks a major change in how Korean partners engage with Horizon projects. No longer reliant on self-funding or bilateral arrangements, Korea can now participate as full beneficiaries, greatly simplifying consortium building. For ULLC and NIGT, the development is crucial. Korean universities, research institutes, companies and municipalities can join consortia on equal terms, count towards minimum partner requirements, and

NIGT-WI 국제공동연구 중간보고서(2025.10)

가) 단기 협력전략 (2025~2026년)

단기 협력의 초점은 호라이즌 유럽 제안서 공동기획(Co-design)을 통해 실질적 사업기획 역량을 내재화하는 데 있다. WI는 2025년 상반기부터 3개 프로젝트의 기획 및 구조 설계(Work Package Design) 과정에서 NIGT에 자문을 제공하였다. 또한 양 기관은 공동연구를 통해 ① EU 프로그램 구조 및 평가체계 분석, ② 제안서 논리모형(Impact-Outcome-Workplan) 정합성 검토, ③ 유럽 내 파트너 네트워크 매칭 구조 구축 등을 수행하였다.

이 과정을 통해 NIGT는 EU 제안서 작성 규범과 절차를 숙지하고, 단기간 내에 EU 수준의 제안서 기획 및 파트너 매칭 역량을 확보하였다. 이 단계의 협력은 주로 WI의 기획자문 및 역량전수 성격으로 진행되었다.

#### 나) 중기 협력전략 (2026~2027년)

중기 협력의 목표는 양 기관 간 협력의 제도화와 지속가능한 공동연구체계 확립에 있다. 이를 위해 정기적 Joint Working Group 운영 및 상호 연구자 교류 프로그램을 도입할 예정이다. 특히 WI는 유럽위원회(DG RTD, DG MOVE 등)와 연계된 정책자문 기능을 보유하고 있어, NIGT의 국제정책연구 및 글로벌 협력 프로젝트 기획에 구조적 자문을 제공하게 된다. 또한, WI의 Sustainability & Innovation Division 과 연계하여 기후기술 실증 및 평가를 위한 공동 데이터 플랫폼 구축이 추진될 예정이다.

이 플랫폼은 향후 호라이즌 유럽 및 해외 실증사업에서 활용 가능한 성과지표(Impact Indicators) 및 평가기준(Performance Metrics) 개발의 기초 자료로 활용될 것이다. 이를 통해 양 기관은 호라이즌 유럽 내 한국 기관의 참여 기반을 확장하고, 장기적으로는 ‘한-EU 공동연구 클러스터(Research Cluster)’ 형성의 토대를 마련한다.

#### 다) 장기 협력전략 (2028년 이후)

장기적으로는 NIGT와 WI가 공동으로 주도하는 「Global Green Innovation Hub」(가칭) 설립을 추진한다. 이 플랫폼은 한국과 유럽의 공공·민간 연구기관, 지방정부, 국제기구 등이 함께 참여하여 탄소중립 기술의 공동기획-실증-확산을 통합 지원하는 글로벌 RD&D 허브로 기능할 것이다.

운영 구조는 WI가 정책·제도 설계 및 프로그램 관리를, NIGT가 기술 실증 및 현지화 전략을 담당하는 투트랙(Co-Host) 체계로 설계된다. 또한 KOICA, GCF, ADB 등 다자·양자 재원과의 연계를 통해 “EU-Korea-Global South 3자 협력모델”을 구현함으로써, 한국형 국제공동 RD&D의 실질적 운영 거점으로 발전시키는 것을 목표로 한다.

#### 라) 협력의 의의 및 시사점

본 연구를 통해 구축된 NIGT-WI 협력체계는 호라이즌 유럽 사업기획의 실행기반을 강화하고, 한국의 국제공동연구가 정책-기술-사업화를 통합하는 전주기형 RD&D 모델로 진화할 수 있음을 보여준다. 또한 WI를 중심으로 구축된 유럽 내 네트워크(VITO, BAM 등)는 단일 프로젝트 수준을 넘어, 한국 연구기관이 EU의 정책·프로그램·기금 구조에 제도적으로 진입할 수 있는 거버넌스형 협력 기반을 형성하는 기반이 되었다.

## 나. 호라이즌 유럽 사업 기획 주요 내용

본 절에서 다루는 3건의 사업기획은 제2장에서 도출된 유망과제와 모두 동일한 후속사업으로 추진된 것은 아니나, 자원 연계성 분석 결과를 국제공동기획에 적용하여 그 타당성을 검증한 시범적 사례로서 의미를 가진다. 특히 자원순환·배터리 관련 사업은 제2장에서 도출된 배터리 재사용·재활용 기술 분야와 맞닿아 있어, 국내 기술성과 EU 프로그램 구조 간의 연계 가능성을 실증적으로 제시한다.

### 1) (사업기획1) 자원순환형 e-모빌리티 시스템 사업기획

#### 가) 과제 개요

동 프로젝트는 자원순환형 e-모빌리티 생태계 구축을 목표로 한 호라이즌 유럽 Cluster 6 분야의 제안 과제이다. 본 과제는 폐전기차 배터리를 e-바이크 등 소형 전동 이동수단의 2차 수명 배터리로 재활용하여, 기술 실증을 중심으로 순환경제 기반의 도시형 모빌리티 모델을 개발하는 데 목적을 두고 있다.

이 프로젝트는 도시 단위의 자원순환 체계와 모빌리티 전환을 결합한 혁신형 기획으로, 기술 실증과 정책 모델을 동시에 검증하는 형태로 설계되었다. 한국 측은 국가녹색기술연구소(NIGT)가 사업기획을 총괄하였고, 지자체와 중소기업이 각각 실증 현장 구축과 배터리 리패키징 기술을 담당하였다. 유럽 측에서는 부퍼탈연구소가 정책·제도 분석 및 협력 구조 설계를 담당하였다.

#### 나) 주요 추진 목표

동 프로젝트의 추진 목표는 다음 세 가지로 정리된다. ①(자원순환형 e-모빌리티 모델 구축) 폐 EV 배터리를 e-바이크용 모듈로 재활용하여 자원 순환성과 에너지 효율성을 높인다. ② 도시 단위 실증 및 정책 모델 정립: 국내 지자체를 중심으로 e-바이크 충전·운용 인프라, 배터리 회수·재제조·재사용 체계를 통합 구축한다. ③ 한-EU 공동기획 모델 구축: 한국의 기술 실증과 유럽의 제도 연구를 결합하여 국제공동 RD&D 사업기획의 새로운 협력모델을 정립한다.

#### 다) 기술 실증 내용 및 추진 체계

동 프로젝트는 기술 실증(Technical Demonstration)과 제도 실증(Institutional Demonstration)을 병행하는 구조로 설계되었다.

기술 실증(TRL5-7)은 국내 기업이 보유한 배터리 잔존수명 진단 및 리패키징 기술을 활용하여 폐 EV 배터리를 e-바이크용 배터리 모듈로 전환하는 공정을 검증하였다. 이를 통해 성능 저하율, 충·방전 효율, 열안정성 등 주요 지표를 확보하였다. 제도 실증의 경우, WI는

EU 및 한국의 폐배터리 관리·재활용 규제체계를 비교 분석하고, 이를 바탕으로 도시 실증에 적용 가능한 순환경제형 배터리 관리모델을 제시하였다.

이러한 추진체계는 한국 측이 기술 실증 및 지역 실증 주도, 유럽 측이 정책·제도 분석 및 사업기획 자문을 담당하는 공동분담 구조로 운영되었다.

#### 라) 주요 추진 전략 및 사업기획 절차

사업기획 단계에서는 다음 세 가지 전략이 중점적으로 추진되었다. ① (지역-국가-EU 연계형 구조) 지자체, 기업, NIGT(연구기관)으로 구성된 협력 구조를 기반으로 사업을 기획하였다. ② (한-EU 공동 제안 구조) NIGT와 WI가 각각 한국과 유럽의 제안서를 병행 작성하면서, 기술·제도·재원 구성을 상호 검토하고 조율하였다. ③ (도시 확산(Replication) 전략) 1단계로 국내 지자체 실증을 수행하고, 타 지역 도시 확산 가능성을 검토하였다.

동 사업은 지자체 기반의 도시형 순환모빌리티 리빙랩(Living Lab) 구조로 설계되었다. 폐전기차 배터리의 재사용·재제조 기술을 소형 e-모빌리티 플랫폼에 적용하여 현장 실증을 수행하였으며, 이용자 행태와 운영 데이터를 기반으로 순환경제형 배터리 관리체계(BMS-LCA 기반)를 검증한다. 이를 통해 기술실증 결과의 정책 연계 가능성과 산업 확산 가능성을 동시 확인하였다.

#### 마) 기대 효과 및 시사점

동 프로젝트는 기술실증 중심의 한-EU 공동 사업기획 모델로서, 폐배터리 재활용 기술의 상용화 기반을 구축하고 순환경제 전환을 촉진하였다. 정책적으로는 한-EU 간 순환자원 표준 정합성 검토를 가능하게 하였으며, 기술적으로는 국내 기업의 배터리 리패키징 기술 검증을 통해 국내 중소기업의 유럽시장 진출 가능성을 확보하였다. 또한, NIGT-WI 간의 공동기획 모델은 향후 국제공동 RD&D 사업기획의 표준적 협력 프레임워크로 발전할 수 있는 가능성을 보여주었다.

## 2) (사업기획2) 지속가능 항공 및 도시 모빌리티 사업기획

### 가) 과제 개요

동 프로젝트는 지속가능 항공 및 도시 모빌리티 통합 체계를 구축하기 위해 기획된 호라이즌유럽 Cluster 5 (Mobility for People and Goods) 분야 과제이다. 동 프로젝트의 핵심은 친환경 도심형 항공이동수단(UAM, Urban Air Mobility)과 지상 모빌리티(공항 연계 수단 등)를 통합하는 저탄소 교통 서비스 플랫폼을 실증하는 데 있다.

동 프로젝트는 대도시권 중심의 지속가능 항공 교통 시스템(Advanced Air Mobility, AAM)과 도심 공항-도심 간 접속 체계 개발을 목표로 한다. 한국 측에서는 국기녹색기술연구소(NIGT)가

사업기획과 기술 검토를 담당하였고, 지자체와 국내 관련 산업체들이 도심 항공 교통 실증 후보지를 제안하였다. 유럽 측에서는 한 전문기관이 컨소시엄 코디네이터로 참여하였으며, 여러 유럽 산업체와 연구기관이 도심형 항공 모빌리티 통합 서비스 구축을 담당한다.

동 사업은 국내 공공건물을 대상으로 디지털 트윈 기반 에너지모델을 실증하고, 동일 모델을 타 지자체로 확산(Replication)하여 전주기 건물 탄소저감 체계로 확산하는 구조를 갖는다. 확산형 리빙랩 운영을 통해 디지털 건물 데이터 표준과 탄소저감 평가 기준을 동시 검증한다.

#### 나) 주요 추진 목표

동 프로젝트의 핵심 추진 목표는 다음과 같다. ① (도심형 지속가능 항공 모빌리티 서비스 모델 정립) 전기동력 기반의 수직이착륙 모빌리티(e-VTOL)와 도심 공항 연계 교통망을 통합하여 저탄소 운송체계를 구현한다. ② (지속가능 항공 교통을 지원하는 도시 인프라 기획) 공항-도심 간 접속 수단의 탄소저감, 배터리 충전 및 운항 관리 체계 구축을 통합적으로 설계한다. ③ (한-EU 공동 AAM 실증 플랫폼 수립) 유럽 도시와 국내 도시를 연계한 실증 모델을 설계하여 국제 협력형 사업기획 모델을 확립한다. 본 사업은 대도시권(해외 포함)을 중심으로 지속가능 항공모빌리티(AAM)의 기술-정책 통합형 실증을 추진한다. 교통관리, 운항규제, 안전인증 등 AAM 정책 프레임워크를 실증 데이터로 검증하는 정책연계형(Policy Sandbox) 실증모델로 설계하였으며, 실증 결과는 향후 국제 표준 및 운항 지침 마련에 기여하도록 기획하였다.

#### 다) 기술 실증 내용 및 추진 체계

동 프로젝트는 ‘공항 허브-도심 연결형 지속가능 항공 모빌리티’를 실증하는 단계적 모델로 설계되었다. 즉, 기술 실증(TRL5-7)은 유럽 측은 도심 공항 네트워크 모델과 디지털 운항관리 시스템을 개발하였으며, 한국 측은 전기동력 기반 UAM 기체의 운항 시뮬레이션 및 기후·대기 데이터 연동 모델을 검토한다. 운영 모델 및 제도 실증의 경우, EU 교통정책 프레임워크(Trans-European Transport Network, TEN-T) 및 ICAO 기준을 참조하여 운항 안전성 및 환경성 평가체계를 수립한다. 한국 측 NIGT는 국내 항공안전법·환경영향평가 기준 간의 정합성을 검토한다. 이러한 추진체계는 유럽이 시스템 개발과 운항 기준을 주도하고, 한국이 도시 적용성 및 기후·환경 검증을 담당하는 상호보완형 구조로 운영되었다.

#### 라) 사업기획 전략 및 절차

동 프로젝트는 기획 단계에서 다음 세 가지 전략을 기반으로 추진되었다. ① (AAM-지상 모빌리티 연계 모델) UAM 서비스와 기존 지상 교통수단(버스, 철도, 택시)을 연계하여 전체

교통망의 탄소배출을 저감한다. ② (한-EU 공동 도시 실증 기획) 국내 지자체를 한국 측 실증 거점으로, 유럽 주요 도시를 거점으로 설정하여 공동 운항 시나리오를 개발하였다. ③ (단계별 확산 전략) 1단계로 항공 교통 시스템 의사결정 모델을 개발하고, 2단계로 실증 도시에서 의사결정 도구를 적용·평가한다.

#### 마) 기대 효과 및 시사점

동 프로젝트는 도심형 항공 교통 시장의 기술 및 정책적 통합 모델을 제시하였다. 이를 통해 국내에서는 UAM 관련 정책 로드맵과 국제 공동 실증 경험을 축적하였으며, 유럽에서는 탄소중립 교통체계 전환의 실증적 모델로 활용될 수 있음을 확인하였다. 본 사업기획을 통해 NIGT는 기후·교통 통합 분야에서의 EU 협력 역량을 확대하였으며, 한-EU 지속가능 교통 플랫폼 구축의 정책적 발판을 확보하였다.

### 3) (사업기획3) 디지털 건물 전주기 탄소저감 통합 사업기획

#### 가) 과제 개요

동 프로젝트는 건물 전주기 단계에서 발생하는 탄소배출을 정량적으로 분석하고 저감하기 위해 기획된 CETPartnership 2025년 제안 과제이다. 본 과제의 목표는 설계-시공-운영-해체 단계에서 발생하는 직·간접 탄소를 디지털 트윈 (Digital Twin) 및 BIM-IoT-LCA 통합 플랫폼을 활용하여 모니터링하고 관리하는 체계를 구축하는 것이다.

유럽 측에서는 독일 기관이 컨소시엄 주관기관(Coordinator)으로서 사업기획과 기술 통합을 총괄하였으며, 부퍼탈연구소는 정책·제도 분석과 탄소중립 기술모델의 통합 전략을 담당하였다. 한국 측에서는 국가녹색기술연구소(NIGT)가 한국형 건물 데이터 표준 및 공공건물 실증 기획을 수행한다.

#### 나) 주요 추진 목표

동 프로젝트의 추진 목표는 다음과 같다. ① 디지털 기반 건물 전주기 탄소저감 플랫폼 구축: BIM, IoT, LCA 데이터를 연계하여 탄소배출을 실시간으로 추적하고 저감 전략을 도출한다. ② 한-EU 공동 실증 모델 개발: 한국 공공건물과 유럽 건물을 연계하여 디지털 탄소 모니터링 모델을 개발한다. ③ 정책-기술 통합 프레임워크 수립: EU의 건물 에너지효율지침(EPBD)과 한국의 건물 에너지정책을 비교 분석하여 정책적 정합성을 확보한다.

#### 다) 기술 실증 및 추진 체계

동 프로젝트는 도시-건물 이중 실증 체계로 구성되었다. 기술 실증(TRL6-7)의 경우, 한국의 시범건물에서는 IoT 센서를 활용하여 에너지소비·온도·습도·탄소배출 데이터를 수집하고, 이를 디지털 트윈과 연동하여 운영 시나리오별 탄소 절감효과를 분석하였다. 독일 측 주관기관은 데이터 구조 표준화 및 플랫폼 연계 아키텍처를 총괄한다. 제도 실증 및 정책 연계의 경우, WI는 EU 건물 정책의 탄소회계 체계를 분석하고, NIGT는 국내 공공건물 에너지관리 체계에의 적용 가능성을 검토한다.

#### 라) 사업기획 전략 및 절차

사업기획은 다음 세 단계로 진행되었다. ①(기술 구조 정의) BIM-IoT-LCA 연계 구조와 데이터 표준화 프로토콜을 확립하였다. ②(공동 실증 모델 설계) 국내 건물과 유럽 시범 건물을 대상으로 탄소 데이터 교차 검증을 수행한다. ③(정책 확산 및 권고) WI와 NIGT가 공동 정책 제언서를 작성하여 한국형 건물 탄소저감 로드맵과 EU의 전략 간 연계 방안을 제시하였다.

#### 마) 기대 효과 및 시사점

동 프로젝트는 한-EU 공동의 디지털 건물 탄소저감 통합 플랫폼 구축 모델을 정립하였다. 이를 통해 NIGT는 건물 에너지관리 데이터 기반의 국제공동 연구 역량을 강화하였고, TU Berlin과 WI는 한국의 공공건물 데이터를 활용하여 유럽 건물정책 연계 모델을 검증한다. 이 과정에서 축적된 성과는 향후 글로벌 공공건물 실증(RD&D) 사업으로의 확장 가능성을 확보한다.

**표 3-6** 호라이즌 유럽 사업기획 성과 요약

구분	국제공동 사업기획1	국제공동 사업기획2	국제공동 사업기획3
주관기관	부퍼탈연구소(독일)	전문기관(벨기에)	전문기관(독일)
한국 참여기관	NIGT(한국주관), 전문기업, 지자체 등	전문기관(한국주관), 대학, 지자체, NIGT(참여) 등	NIGT(한국주관), 전문기업, 건물주 등
참여 권역	유럽·아시아·아프리카 등	유럽·아시아 등	유럽·아시아 등
기술분야(TRL)	EV 배터리 재사용 e-Mobility (TRL 6~8)	지속가능 AAM (TRL 5~7)	디지털 빌딩 탄소감축 (TRL 5~8)
핵심내용·성과요약	도시 순환형 e-Bike 실증, 폐배터리 활용 모델 구축	지속가능 도심항공 이동성 정책 기획 및 시스템 모델 설계	빌딩 전주기 탄소관리 디지털 트윈 모델 기획 및 실증
한국 주요 역할	국내 실증 확산	국내 실증·정책기획·분석	국내 실증·확산

#### 4) NIGT의 기획 참여 분석 및 시사점

##### 가) 개요 및 참여의 의미

NIGT는 2025년 한-EU 공동 RD&D 사업기획의 시범 사례로서 앞서 소개한 3개의 국제공동 프로젝트에 참여하였다. 이들 사업은 각각 순환경제, 지속가능 모빌리티, 디지털 건축물 분야를 다루고 있으며, 모두 호라이즌 유럽 프로그램의 구조와 절차를 기반으로 추진되었다. NIGT의 참여는 단순한 기술협력에 그치지 않고, 국내 연구기관이 EU 프로그램의 공동 기획 단계에 직접 진입했다는 점에서 제도적·전략적 의미를 가진다.

##### 나) 주요 추진 성과

NIGT는 세 과제를 통해 다음과 같은 실질적 성과를 거두었다. 첫째, 기술실증 중심의 국제공동기획 구조를 정립하였다. 1번 사업을 통해 폐배터리 재활용 기술을 중심으로 한-EU 공동 실증 프레임워크를 수립하고, 2번 사업에서는 예서는 지속가능 항공 교통(AAM) 분야에서 유럽의 운항정책 및 한국의 실증역량을 연계하기 위한 기반을 마련했다. 사업기획 3번의 경우 디지털 건물 탄소저감 플랫폼을 공동 설계함으로써 기술-정책-데이터의 통합형 기획모델의 기반을 마련했다. 둘째, 국내외 기관 간 다층적인 협력 네트워크를 확립하였다. NIGT는 부퍼탈연구소(WI) 등 유럽의 핵심기관과 협력구조를 형성하였으며, 국내에서는 지자체와 중소기업의 참여를 이끌어내었다. 이로써 연구기관-지자체-기업 간 연계체계를 기반으로 하는 국제공동기획의 거버넌스 모델을 실증하였다. 셋째, 기술 실증과 제도 연구의 병행 모델을 제시하였다. NIGT와 WI가 협력하여 구축한 공동기획 체계는 기술개발 단계에서 정책적·제도적 연계성을 확보하는 정책 내재형 기술실증 사업기획 모델의 가능성을 보여주었다.

##### 다) 한계와 개선 방향

사업기획 과정에서 다음과 같은 한계도 확인되었다. 첫째, 국내 행정·재정 절차의 제약으로 인해 국제공동 제안서 작성과 예산 대응이 신속히 이행되기 어려웠다. EU 제안서 마감 일정과 국내 행정 절차 간의 불일치가 지속적인 제약 요인으로 작용하였다. 둘째, 국내 협력 생태계의 경험 부족이 문제로 지적되었다. 특히 유럽의 동시 기획-공동 제안 방식에 익숙하지 않은 기관들이 많아, NIGT가 사실상 조정자 역할을 단독 수행해야 했다. 셋째, 기획 단계의 의사결정 참여 한계도 있었다. 한국 기관이 EU 프로그램의 준회원국 자격으로 참여함에 따라, 예산배분 및 제안서 등록 단계에서 제한적인 영향력만을 행사할 수 있었다.

## 라) 시사점 및 향후 방향

NIGT의 경험은 향후 한국형 국제공동기획 체계 구축에 다음과 같은 시사점을 제공한다. 첫째, 기술실증 중심의 국제사업기획 역량 강화 필요성이다. 부퍼탈 연구소와 진행된 첫 번째 사업 기획의 과정에서 검증된 기술실증 중심 모델은 글로벌 실증형 RD&D 사업에도 적용 가능하다. 둘째, 정책·제도 연구와 기술기획의 동시 추진체계 구축이 요구된다. WI와의 협력 사례는 기술개발과 정책적 제약조건을 병행 고려하는 모델의 중요성을 보여주었다. 셋째, 국내 대응체계의 제도적 정비가 필요하다. 호라이즌 유럽 참여 시 국내 연구기관의 행정절차 간소화, 국제공동사업 매칭펀드 제도화, 연구자 지원 플랫폼 확충 등이 제도적 과제로 도출되었다. 넷째, 기술실증과 사업실증의 단계적인 연계의 필요성이다. 단기적으로는 호라이즌 유럽 등 기술실증 중심 프로그램 참여를 확대하고, 장기적으로는 P4G·KOICA 등 사업실증형 재원으로의 전환 전략을 마련해야 한다.

## 3 P4G 활용 글로벌 RD&D 사업기획

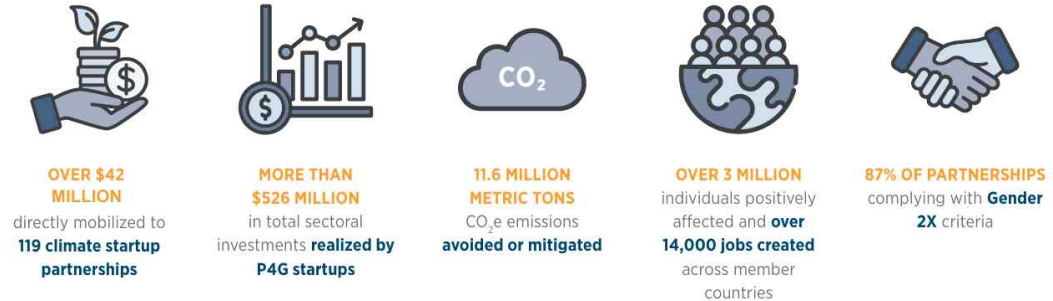
### 가. P4G 사업기획을 위한 기반 구축

#### 1) 국제 정책적 기반

P4G(Partnering for Green Growth and the Global Goals 2030)는 2018년 출범하여 기후변화 대응과 지속가능발전목표(SDGs) 달성을 위한 국제적 파트너십 플랫폼으로 발전하였다(P4G, 2025a). 특히 정부, 기업, 연구기관, 시민사회가 참여하는 다자 이해관계자 협력 구조를 통해, 초기 단계의 기후기술 기업과 개도국 중심의 시장을 연결하고, 국제 금융기관 및 정책 당국과 연계하여 지속가능한 비즈니스 모델을 구축한다는 점에서 독창적인 의미를 가진다. 이러한 P4G의 정책적 기반은 한국의 탄소중립 기술이 국제무대에서 새로운 수요와 결합하고, 개도국 진출을 가속화하는 중요한 교두보로 작용한다.

P4G는 투자 준비성(investment readiness)을 갖춘 기후기술·비즈니스 파트너십을 발굴·지원한다는 특징을 가진다. 지원 분야는 ▲기후스마트 농업 ▲식량 손실 및 폐기 저감 ▲물 회복력 ▲재생에너지 ▲무배출 모빌리티 등 5대 핵심 영역이며, 이는 개도국의 기후 적응·완화 수요와 직접적으로 맞닿아 있다. 또한 P4G는 단순 보조금 제공을 넘어, 민간 자본 유입과 정책 개선을 병행함으로써 지속 가능한 시장 창출을 유도한다(Li, et al., 2020). 즉, 기술만이 아니라 금융·제도·시민 참여를 모두 포괄하는 통합적 접근을 취한다는 점이 국제 정책적 기반의 핵심이다.

그림 3-6 P4G의 임팩트



※ 출처: P4G (2025b). P4G Startup Portfolio Latest Release.

한국 정부는 P4G 설립부터 참여한 국가로서 일찍부터 이 플랫폼에 전략적으로 참여해왔다(외교부, 2021). 외교부는 2024년 초 한국 내 NIGT를 포함하여 공공기관 및 기업에 공문을 배포하며 P4G 프로젝트 지원을 독려했다. 이는 단순한 해외 협력 권고를 넘어, 한국의 탄소중립 기술과 개도국 기후정책을 접목시켜 국제협력 사업화의 기회를 제도적으로 마련하려는 의지의 표현이라 하겠다. 실제로 이 공문은 P4G 가이드라인과 함께 배포되었으며, 한국 기관이 과제 공모 시 반드시 고려해야 할 사업 구조, 파트너십 요건, 예산 매칭 구조(약 70% P4G 지원, 30% 자체 부담) 등이 명시되었다. 이를 통해 한국 내 연구기관과 기업들은 국제 공모사업 참여 절차와 기준을 사전에 숙지할 수 있었고, 이는 과제 기획 단계에서 중요한 정책적 기반으로 작용하였다.

제3차 P4G 공모 결과는 그림 3-5과 같이 한국이 앞으로 어떤 방향으로 참여해야 할지를 잘 보여준다. 2024년 라운드에서 승인된 사업들을 보면, 베트남, 인도네시아, 케냐, 남아공, 콜롬비아 등 아시아, 아프리카, 남미 개도국에서 다수의 프로젝트가 채택되었다. 특별히 MYCL-ASEIC(인도네시아, 식품 손실 및 폐기 분야), ReFeed(베트남, 재생에너지 분야) 등은 한국 기관의 참여와 연계되어 있다는 점에서 주목할 만하다. 이는 한국이 단순히 기술 공급자가 아니라, 파트너십 코디네이터로서도 기능할 수 있음을 보여준다. 즉, 한국은 개도국 현지 기업, 기관과 공동으로 제안서를 작성하고, 이를 국제무대에서 제안·실행하는 과정에서 기술적, 재정적, 정책적 역량을 종합적으로 발휘하고 있다.

표 3-7 P4G 제3차 공모 선정 사업 목록

All approvals are subject to final negotiations with the Hub, which may include adjustments to budget and scope.

No	Partnership title	Country	Sub-sector	Climate focus	IGC Decision	Funder country
1	Urban Farmers Pro - Conexión	Colombia	Climate smart agriculture	Mitigation	Approved/conditions	
2	SaBio - Comfama	Colombia	Climate smart agriculture	Adaptation	Approved/milestones	
3	BATx - Fundación Socya	Colombia	Renewable energy	Adaptation	Approved	
4	Estifanos, Bethlehem and friends Plastic Waste Recycling Share Company - NABU Ethiopia	Ethiopia	Climate smart agriculture	Mitigation	Approved/conditions	
5	Waterlife-Max Foundation	Ethiopia	Water resilience	Adaptation	Approved/conditions	Netherlands
6	MYCL-ASEIC	Indonesia	Food loss and waste	Mitigation	Approved	South Korea
7	Crustea - Yayasan Su-Re Tangguh (SU-RE.CO)	Indonesia	Renewable energy	Mitigation	Approved	
8	PT Venambak Kail Dipantara-West Java Conservation Trust Fund (WJCTF)	Indonesia	Water resilience	Adaptation	Not ready for IGC	
9	Megagas Alternative Energy - Kenya Climate Innovation Center	Kenya	Renewable energy	Mitigation	Approved/conditions	
10	Shamba Pride OPES-LCEF	Kenya	Climate smart agriculture	Adaptation	Approved	
11	AgriBORA_International Center for Tropical Agriculture (CIAT)	Kenya	Climate smart agriculture	Adaptation	Approved	
12	Safi Organics - International Fertilizer Development Center	Kenya	Climate smart agriculture	Adaptation	Approved	
13	Mobius Energy - Savant Technology Incubator NPC   Marketdoor	South Africa	Zero emissions mobility	Adaptation	Approved/milestones	
14	MALTENTO - WWF SOUTH AFRICA	South Africa	Food loss and waste	Mitigation	Approved	
15	AgriLogiq - Savant Technology Incubator NPC	South Africa	Climate smart agriculture	Adaptation	Approved/milestones	
16	Enfarm-CARE	Vietnam	Climate smart agriculture	Adaptation	Approved	Denmark
17	Vitacharge Technology Development-Asia Injury Prevention Foundation	Vietnam	Zero emissions mobility	Mitigation	Not ready for IGC	
18	BUYO -ASSIST	Vietnam	Food loss and waste	Mitigation	Approved/milestones	
19	ReFeed - Action on Poverty	Vietnam	Renewable energy	Mitigation	Approved/conditions	South Korea

(1) Line number is for reference only and does not indicate rank. (2) Based on the P4G Hub analysis of the full proposal and pitch, partnerships not ready for IGC were found to be either earlier or later stage than the maturity level for consideration by P4G and the IGC. (3) Applicants that were not accepted or which were found to be not ready for the IGC will receive detailed feedback and invited to apply again on a fast track basis if they are able to address Hub or IGC concerns.

※ 출처: 외교부(2025)에서 공문 및 붙임 문서 형태로 제공

P4G가 강조하는 ‘파트너십 모델’ 또한 국제 정책적 기반의 중요한 특징을 가진다. P4G 과제는 1개 이상의 초기 단계 기후 관련 기업과 1개의 비영리 파트너가 포함되어야 하며(P4G, 2025), 정부, 국제기구, 민간투자자 등이 추가적으로 결합할 경우 선정 가능성이 높아진다. 이는 단일 기술이나 기업 중심의 협력이 아니라, 다층적 거버넌스를 구축하는 방식이다. 한국의 경우, 울산TP와 같은 지역 기반 혁신클러스터, AI·에너지 전문기업, 연구기관(NIGT 등), 그리고 국제 협력 네트워크를 함께 묶어내는 형태가 가장 적합하다. 실제로 외교부의 공문에서도 한국 기관이 이러한 다층적 파트너십을 선제적으로 구축할 것을 강조하였다.

또한 P4G는 개도국 정부의 정책과 제도 개선을 함께 다룬다는 점에서, 단순한 기술 이전 프로그램과 차별화된다(김호석 & 공현숙, 2019). 예컨대, 베트남에서는 최근 탄소시장 제도 도입을 추진하고 있으며, 이러한 국가적 제도 변화와 맞물린 프로젝트가 우선적으로 고려된다. 따라서 한국이 참여하는 P4G 과제는 단순히 기술 실증에 머물지 않고, 현지 정부의 정책 개선을 지원하고, 국제 규범(EU CBAM, 글로벌 PCF, UNFCCC 협약 등)과의 정합성을 강화해야 한다. 이는 한국이 보유한 정책 기획 역량과 국제 표준 대응 경험을 적극 활용할 수 있는 영역이다.

정리하면, P4G의 국제 정책적 기반은 크게 세 가지 축으로 설명할 수 있다. 첫째, 기후위기 대응을 위한 다자 협력 플랫폼으로서의 제도·재정적 구조를 가지며, 둘째로 개도국 수요에 대응하는 5대 중점 분야와 파트너십 요건을 충족하고 있고, 셋째로 한국 정부와 외교부의 정책적 지원과 참여 독려를 통한 제도적 토대 마련이다. 특히 한국은 이미 3차 공모에서 일부 참여 성과를 거두었으며, 이를 바탕으로 울산TP, AI·에너지 기업, 베트남 호치민 연구소·산단 등과 연계해 보다 체계적인 글로벌 RD&D 과제를 기획하고 있다.

결국 P4G 사업기획을 위한 국제 정책적 기반은 “국제 규범·정책과 한국의 기술 역량을 결합해 개도국 수요에 부응하는 사업을 설계하는 구조”라고 요약할 수 있다. 이는 한국의 탄소중립 기술이 국제무대에서 단순 공급자가 아니라, 글로벌 공공재 생산자이자 국제 협력 허브로 자리매김하는 데 중요한 밑거름이 된다. 앞으로도 한국은 P4G 플랫폼을 적극적으로 활용해, 개도국과의 공동 연구개발·실증(RD&D)을 통해 기술, 정책, 금융을 통합한 국제적 기후솔루션을 제시한다.

## 2) 국내 협력 네트워크 구축

P4G 사업기획에서 국제 정책적 기반이 제도와 규범 차원의 ‘틀’을 제공한다면, 국내 협력 네트워크 구축은 실질적인 사업 발굴과 실행을 가능하게 하는 ‘내용’의 핵심 요소라 할 수 있다. 한국 내 기관·기업·연구자가 긴밀하게 협력하지 않는다면, 글로벌 공모에 참여하는 제안서 작성 단계부터 어려움을 겪을 수밖에 없다. 따라서 국내 협력 네트워크를 어떻게 조직하고 운영하는가가 P4G 사업 성공의 중요한 변수가 된다.

무엇보다, 한국 내 지역 기반 혁신 클러스터와의 협력이 중요하다. 울산TP는 에너지·수소 산업을 중심으로 한 국가 산업단지와 연계된 대표적 기관으로, 한국형 저탄소·친환경 기술을 개도국 시장에 연결하는 거점 역할을 수행할 수 있다. 울산TP는 이미 수소 모빌리티, 재생에너지 연계 시스템, 스마트그리드 등에서 다수의 실증 경험을 보유하고 있으며(울산테크노파크, 2025), 이는 P4G 과제에서 요구하는 “시장성과 확산 가능성” 요건을 충족하는 기반이 된다. 특히 울산TP는 지역 중소기업의 기술을 패키징하여 국제무대에 소개할 수 있는 역량을 갖추고 있어, P4G 과제의 파트너십 모델을 구현하는 데 있어 필수적이다.

다음으로, AI·에너지 전문기업과의 연계가 필수적이다. P4G 과제는 단순히 하드웨어 기술 제공에 머무르지 않고, 디지털 전환을 통한 모니터링, 검증, 시장 연계를 요구한다. 이 과정에서 AI 기반 탄소감축 평가기술, IoT 센서를 통한 대기질 모니터링, 블록체인 기반의 배출권 거래시스템이 결합될 필요가 있다. 실제로 2025년 4월 UNESCAP 총회에서 공개된 한국형 AI 기반 탄소감축 잠재량 평가 시스템은 교보증권과 민관 협력으로 확장되어 탄소시장과 연계될 수 있음을 보여주었다. 이는 한국 내 연구기관과 민간기업이 협력할 경우,

단순 기술 검증을 넘어 국제 금융·정책과 직결되는 혁신 모델을 만들어낼 수 있다는 사실을 입증한 사례다.

또한, 국내 연구기관의 참여는 과제 기획의 신뢰성을 보장한다. 한국건설기술연구원과 과학기술정책연구원은 각각 기술개발, 정책분석, 거버넌스 기획에서 차별적 강점을 가진다. 이들 기관은 단순 협력자에 머무르지 않고, 국제회의에서 정책 메시지를 제시하고, 기술·재원 매칭 구조를 분석하며, 글로벌 규범 대응 방안을 제안함으로써 파트너십 전체의 설계도를 제공한다. 결국, 이들 연구기관의 참여는 한국형 P4G 과제가 국제사회에서 “정책적 적합성”을 확보하고, 현지 정부의 신뢰를 얻는 데 핵심적 역할을 수행한다.

이러한 국내 네트워크는 단지 한국 내부에서만 협력하는 구조로 끝나지 않는다. 실제로 과제 기획 과정에서 베트남 호치민 연구소, 산단, 기업과의 협력이 동시에 진행되었다. 이는 국제적 협력 준비 과정이 단순한 해외 진출 전략이 아니라, 국내 네트워크가 곧바로 개도국 수요와 접속할 수 있는 ‘브리지 역할’을 수행했음을 보여준다. 온라인과 오프라인을 병행한 2~3차례의 사전 기획회의를 통해 한국 측 파트너와 베트남 측 수요기관은 e-mobility, 재생에너지 전환, 대기질 모니터링 등 구체적인 사업 아이템을 논의하였다. 이는 단순히 기술 공급이 아니라, 개도국 도시 인프라 및 정책 변화와 직접 연계되는 사업기획이 가능하다는 점을 확인한 계기였다.

국내 협력 네트워크 구축의 성과는 UNESCAP 총회를 기점으로 더욱 가시화되었다. 지난 4월 태국 방콕에서 열린 UNESCAP 제81차 총회 특별 세션에서는 한국이 공동 개발한 AI 기반 기후기술이 공식적으로 공개되었고, 이를 매개로 한국·베트남·유럽·국제기구가 함께 논의하는 장이 마련되었다. 이 자리에서 국내 협력 네트워크는 단순한 국내적 연합체가 아니라, 국제사회의 기후기술-금융 통합모델을 제시하는 플랫폼 제공자로 평가받았다.

정책적 관점에서 볼 때, 국내 협력 네트워크 구축은 세 가지 효과를 가진다. 첫째, 한국의 기술·정책·금융 역량을 통합적으로 보여줄 수 있는 패키지형 모델을 만든다. 둘째, 개도국 협력 파트너와 사전 협의를 통해 국제 공모사업의 성공 가능성을 높인다. 셋째, 국제기구 회의와 연계함으로써 과제 기획이 단순한 프로젝트 제안에 머무르지 않고, 국제정책 담론 형성과 직결된다.

그림 3-7 UNESCAP 제81차 총회, NIGT 특별 세션 안내문



Harmonizing Innovation Growth and Climate Resilience: Climate Technology Cooperation in the Asia-Pacific Region

Leverage AI-driven assessment of climate technologies to advance nature-based innovation!



23 April 2025 | 15:45 – 17:00 Bangkok Time

Conference Room 4 (level 1), UN Conference Centre, Bangkok and Online



※ 출처: UNESCAP APCTT 등 주관기관 공동제작

결론적으로, P4G 사업기획을 위한 국내 협력 네트워크 구축은 한국형 기후기술이 국제사회에서 “공급자”가 아닌 “코디네이터”로 자리매김하는 토대가 될 수 있다. 울산TP와 같은 지역 혁신거점, AI·에너지 기업의 디지털 역량, 연구기관의 정책·기술 분석력이 결합하여, 한국은 국제 파트너십에서 주도적 역할을 수행할 수 있다. 이러한 국내 네트워크는 곧 개도국과의 공동 성장 플랫폼을 실현하는 핵심 자산이 될 것이며, 향후 P4G 과제뿐 아니라 Horizon Europe, GCF, MDB 등 타 국제채원과의 연계에도 기초자료로 활용될 것이다.

3) 국제 공동기획 활동

P4G 과제의 성공은 국내 기반 마련과 더불어, 이를 실제로 국제 협력 네트워크와 연결하여 구체적 사업기획으로 발전시키는 과정에서 완성된다. 이른바 국제 공동기획 활동은 단순히 해외 파트너를 초청하거나 형식적 협약을 체결하는 수준을 넘어, 구체적인 기술·정책·시장 수요를 반영한 협력 구조를 설계하는 것을 의미한다. 한국은 2024~2025년 동안 울산TP, AI·에너지 기업, 연구기관이 결합한 국내 협력체계를 베트남, 유럽, 국제기구와 연계하며 실질적 공동기획 활동을 전개하였다.

첫째, 국제 공동기획 활동은 베트남과의 협력 심화를 통해 구체화되었다. 베트남은 급속한 도시화와 산업화 과정에서 에너지 수요 증가, 대기오염, 교통 혼잡, 탄소배출 확대라는 복합적 문제를 겪고 있다. 이에 따라 e-mobility, 재생에너지 확대, 대기질 모니터링 시스템 구축

등 다양한 기후기술 수요가 존재한다. 한국 측 협력단은 호치민을 중심으로 한 연구소, 산업단지, 기업들과 연속적인 회의를 진행하며, 베트남의 실제 정책 추진 상황과 산업 수요를 반영한 공동 과제 구조를 논의했다. 특히, 사전 온라인 협의와 오프라인 실무회의를 포함해 2~3차례의 기획 논의가 이루어졌으며, 이를 통해 P4G 과제의 개념안(Concept Note)이 마련되었다. 이는 단순한 기술 수출 모델이 아니라, 현지 정책·제도 변화와 연계된 협력형 과제라는 점에서 의미가 크다.

그림 3-8 UNESCAP 총회에서 특별 세션 현장 사진



둘째, 국제 공동기획 활동은 국제회의와 연계된 사업 구체화로 이어졌다. 2025년 4월 23일 태국 방콕에서 열린 제81차 UNESCAP 총회 특별 세션은 국제 공동기획의 전환점이었다. 이 자리에서 한국은 AI 기반 탄소감축 잠재량 평가기술을 공식적으로 공개하였고, 베트남·유럽·국제기구와 함께 기술의 적용 가능성과 협력 방향성을 논의했다. 이 과정에서 베트남 도시연구소는 자국에 새롭게 도입되는 탄소시장 제도와 한국의 평가기술을 접목하는 공동사업화를 제안했으며, 이는 한국-베트남 공동기획 활동이 실질적 성과로 연결될 수 있음을 보여주었다. 또한 UNESCAP 산하 아시아태평양기술이전센터(APCTT) 유럽환경에너지협회(EEEA), 등 국제기구와의 협의는 한국형 기후기술을 단순히 한-베트남 양자 협력 차원을 넘어, 아시아태평양 지역 다자 플랫폼으로 확산할 수 있는 토대를 마련했다.

셋째, 국제 공동기획 활동은 민관 파트너십의 확장을 통해 더욱 구체성을 띠게 되었다. 교보증권 등 국내 금융기관은 연구기관과 함께 탄소감축 평가기술을 기반으로 한 탄소배출권

거래 플랫폼을 구상하였다. 이는 P4G 과제에서 강조하는 ‘투자 준비성’의 핵심 요소로, 단순한 기술 실증을 넘어 금융·시장 모델을 포함한 패키지형 사업기획을 가능하게 했다. 이러한 민간 금융기관의 참여는 한국형 P4G 과제가 국제 무대에서 경쟁력을 갖출 수 있도록 하는 실질적 요건이었다. 나아가 미국, 유럽 투자자들도 “정량적 감축 성과가 투자 위험을 줄이는 핵심”이라고 평가함으로써, 국제 공동기획 활동의 파급력을 확인할 수 있었다.

넷째, 국제 공동기획 활동은 P4G 제안서 제출 준비 과정에서 제도화되었다. 앞선 국내의 협의와 UNESCAP 총회 논의를 바탕으로, 한국·베트남 협력단은 전기이동수단 기반 탄소감축 모델을 중심으로 한 제안서를 작성하였다. 이 제안서는 AI·IoT 기반 실시간 대기질 모니터링, 블록체인 기반 배출권 거래 시스템, 베트남 산업단지 시범적용, 아세안 지역 확산 전략 등을 포함하고 있으며, 이는 P4G가 요구하는 5대 중점 분야(무배출 모빌리티, 재생에너지, 기후스마트 인프라 등)와도 정합성을 가진다. 제안서는 단순히 기술적 타당성을 넘어, 국제금융 연계, 개도국 정책 수요 반영, 다자 파트너십 구조를 포괄하는 형태로 구성되어 있다.

마지막으로, 국제 공동기획 활동은 지속 가능한 확산 전략을 수립하는 단계까지 진전되었다. 한국과 베트남은 P4G 과제 수행 이후, 그 성과를 아세안 전체로 확산하고, 나아가 글로벌 탄소시장(EU ETS, UNFCCC CDM 등)과 연계할 수 있는 장기 전략을 논의했다. 이는 P4G 과제가 단발적 협력이 아니라, 중장기적 국제 공동연구·실증사업으로 발전할 수 있는 비전을 제시한 것이다.

정책적으로 볼 때, 국제 공동기획 활동은 세 가지 의미를 가진다. 첫째, 개도국 수요와 국제 정책 흐름을 동시에 반영한 수요기반형 과제 기획을 가능하게 했다. 둘째, 국제기구 회의와 연계하여 과제 기획이 국제 담론과 맞물리도록 만들었다. 셋째, 기술·정책·금융을 아우르는 통합적 사업모델을 통해 한국형 과제가 국제 경쟁력을 확보할 수 있도록 했다.

결론적으로, P4G 사업기획을 위한 국제 공동기획 활동은 단순한 해외 협력이 아닌, 실질적 과제화·제안서화 과정을 의미한다. 한국은 베트남과의 협력, UNESCAP 총회에서의 공식 발표, 민관 파트너십 확장 등을 통해 국제 공동기획 활동을 구체적으로 수행하였다. 이는 앞으로 P4G 과제뿐 아니라 Horizon Europe, GCF, MDB 등 다양한 국제재원 활용의 기반이 될 것이며, 한국의 탄소중립 기술이 국제 협력의 플랫폼 제공자로 자리매김하는 데 핵심적 기여를 할 것이다.

#### 4) UNESCAP 연계 활동

P4G 사업기획 과정에서 UNESCAP과의 연계는 한국형 기후기술의 국제 확산과 제도화 가능성을 검증하는 중요한 계기가 되었다. 이는 한국의 기후기술이 국제 거버넌스와 직접 연결될 수 있음을 보여주었다.

첫째, 총회에서 한국 연구기관은 AI 기반 탄소감축 잠재량 평가기술을 최초로 공개하였다.

이는 특정 기술의 직·간접적 감축 효과를 정량화할 수 있는 시스템으로, 개도국의 기후정책 수립과 국제 탄소시장 활용을 가능하게 하는 핵심 인프라로 평가받았다. 둘째, 이번 특별 세션은 과학기술정보통신부, 유럽환경에너지협회, 교보증권, APCTT 등도 함께 참여한 민관·국제기구 연합 플랫폼이었다. 이를 통해 한국의 기후기술이 국내 성과에 머무르지 않고, 국제기구 정책 아젠다와 결합할 수 있음을 확인하였다.

셋째, 베트남 파트너와의 협력이 구체화되었다. 베트남 도시지역연구소(IRUS)는 자국의 탄소시장 제도 도입과 연계해 한국의 평가기술을 적용하는 공동 사업화를 제안했다. 이는 사전 기획회의에서 논의된 e-mobility 모델과 결합되어, 현지 정책과 기술적 수단을 동시에 충족하는 협력 모델로 발전하였다. 넷째, 국제 금융기관과 투자자 관점에서도 주목을 받았다. 미국 Zeitgeist Capital 등은 “정량적 감축 평가가 투자 위험을 줄이는 핵심 요소”라며 한국 기술의 시장성을 높게 평가했다. 이는 한국형 P4G 과제가 연구개발 단계를 넘어 투자자에게도 매력적인 모델이 될 수 있음을 입증했다.

결론적으로, UNESCAP 연계 활동은 기술 공개와 국제적 신뢰성 확보, 민관·국제기구 협력 플랫폼 구축, 베트남 등 개도국과의 공동 사업화, 투자자 관점에서의 매력도 제고라는 성과를 거두었다. 이를 통해 한국은 P4G 제안서의 정합성과 확산 가능성을 강화했으며, 향후 Horizon Europe, GCF, P4G, CTCN, MDB 등 국제재원 활용에도 긍정적 기반을 마련하였다.

## 나. P4G 사업기획 주요 내용

### 1) 제안서 개요

본 사업은 2026년 프로젝트 Call 공모 신청을 위해 준비 중이며, 명칭은 잠정적으로 “Establishment of a GHG Reduction and Trading AI System for Electric Mobility in Connection with the Korea-Vietnam Cluster Commercialization”으로 하였다. 이는 단순한 시범사업을 넘어, 아세안 지역 최초로 e-mobility를 기반으로 한 온실가스(GHG) 감축 및 AI 기반 거래 시스템을 구축하고 이를 상용화하는 국제 공동 프로젝트다.

#### 가) 사업기간 및 예산

사업 기간은 잠정적으로 2026년 7월부터 2027년 12월까지 총 18개월이며, P4G 지원금을 포함한 총 예산은 약 30만 불이다. 예산 구조는 크게 두 가지 축으로 구분된다. 첫째, P4G 국제사무국의 보조금(Grant)으로 전체 사업비의 70%가 충당되며, 둘째, 나머지 30%는 한-베 양국 참여기관의 현금 및 현물 매칭으로 조달된다. 특히 한국의 연구기관은 인건비·장비

활용을, 베트남 측은 실증 인프라·산업단지 테스트베드를 제공함으로써 자부담 효과를 창출한다. 이러한 구조는 P4G의 투자준비형(Investment Readiness) 사업모델에 부합하며, 향후 민간투자 유치의 발판을 마련할 예정이다.

#### 나) 참여기관 및 역할 분담

본 사업은 다층적이고 다자적인 파트너십 구조로 설계되었다. 참여기관은 한국과 베트남의 연구·산업·정책·플랫폼 영역을 포괄하며, 각 기관의 역할은 다음과 같이 잠정적으로 명시하였다.

##### [한국]

- 국가녹색기술연구소(NIGT): 사업 총괄 기관으로, 제안서 기획·조정 및 국제 협력 조율을 담당한다. 또한 AI 기반 탄소감축 평가기술을 적용하여 감축량을 정량화하고, 이를 국제 표준과 연계할 수 있는 평가체계를 개발한다.
- 울산테크노파크(UlsanTP): 산업단지 단위 실증을 위한 한국 내 거점 역할을 수행하며, 배터리·수소·에너지 분야 중소기업을 프로젝트에 연계한다. 울산의 강점을 바탕으로 e-mobility 및 에너지 전환 기술을 현지화하는 데 주력한다.
- InfoShare: ICT 전문기업으로서 데이터 관리 플랫폼과 블록체인 기반 거래시스템을 개발한다. 한국-베트남 간 데이터 연동, 거래 투명성 확보, 실시간 모니터링 체계 구축이 주요 임무다.
- OO대학교: 정책적·사회적 수용성 연구를 담당한다. 시민 참여형 리빙랩 모델, 제도 분석, ESG 프레임워크와의 정합성을 검토하여 사업의 사회적 확산 가능성을 높인다.

##### [베트남]

- 호치민 도시지역연구소(IRUS): 현지 정책·제도 분석과 수요 조사, 정부 기관과의 정책 연계를 주도한다. 또한 호치민을 중심으로 한 산업단지 네트워크를 활용하여 사업을 제도화할 수 있는 기반을 마련한다.
- Selex Motors: 베트남 대표 전기이동수단 스타트업으로, 실제 전기 오토바이·배터리 교환 스테이션 실증을 맡는다. 이를 통해 감축 데이터를 생산하고 사업의 기술적 타당성을 입증한다.
- Saigon Hi-Tech Park: 산업단지 및 혁신 클러스터의 테스트베드 제공을 담당한다. 현장 실증, 기업 입주사 연계, 아세안 내 확산 거점 역할을 수행한다.

#### 다) 사업 구조의 정책적 의의

이 제안서의 골격은 세 가지 측면에서 전략적 의미를 가진다.

첫째, 한-베트남 공동 RD&D 모델을 통해 기술·정책·산업을 연결한다. 이는 P4G가 강조하는 공공-민간 파트너십(3P: Public-Private Partnership)을 실질적으로 구현하는 사례다. 둘째, 투자 연계형 사업 구조를 통해 향후 국제 자금 조달 가능성을 높인다. 예산의 30%를 매칭펀드로 구성한 것은 국제개발은행(MDB), 글로벌 클라이밋펀드(GCF)와 연계할 수 있는 신뢰성을 부여한다. 셋째, 산업 클러스터 기반 접근법을 통해 확산성을 담보한다. 단일 도시 사업이 아니라, 울산과 호치민이라는 두 혁신 클러스터를 연결함으로써 향후 아세안 전역 확산을 위한 거점을 마련한다.

#### 라) 향후 추진 구상

본 사업은 2026년 하반기에 시범사업으로 출발하여, 2027년에는 산업단지 단위 확산과 국제 협력 네트워크 강화로 이어진다. 향후 구체적인 참여기관의 역할 분담을 통해 실증-평가-제도화-확산의 선순환 구조를 마련하고, 이후 P4G 후속과제 및 국제적인 기후 금융 활용으로 연결된다.

제안 개요에서는 단순히 사업명과 기간을 제시하는 것이 아니라, 참여기관의 구조와 역할, 자원 조달 방식, 정책적 정합성을 종합적으로 담아낸 틀이다. 이는 한국과 베트남이 공동으로 글로벌 기후 거버넌스에서 실질적 역할을 수행할 수 있음을 보여주며, P4G가 요구하는 혁신성·확산성·투자준비성을 충족하는 전략적 설계라 할 수 있다.

## 2) 핵심 사업 내용

본 사업의 핵심은 E-mobility를 중심으로 한 탄소감축 및 AI 기반 거래 시스템을 개발하고, 구체적으로 AI·IoT 모니터링과 블록체인 거래 플랫폼으로 연결하며, 최종적으로 베트남을 넘어 아세안과 글로벌 시장으로 확산하는 데 있다. 이는 단순한 기술 실증을 넘어 정책·시장·금융을 통합하는 P4G형 혁신 모델이다.

#### 가) 전기이동수단 기반 탄소감축 모델 개발

본 사업은 e-mobility을 활용한 온실가스 감축 모델을 개발한다. 베트남은 오토바이 중심의 교통 체계로 인해 도시 대기오염과 교통 혼잡 문제가 심각하며, 이는 온실가스 배출의 주요 원인으로 작용한다. 따라서 전기 오토바이와 배터리 교환식 충전 인프라를 확산하는 것은 탄소 감축뿐 아니라 지역 환경 개선에도 기여할 수 있다.

- 기술적 접근: Selex Motors의 전기 오토바이 플랫폼을 활용하고, 배터리 교환소 네트워크를 산업단지과 연계한다.
- 정책적 연계: 베트남 정부가 추진 중인 ‘2050 탄소중립 로드맵’의 교통부문 목표와 결합한다.
- 경제적 효과: 연료비 절감, 유지보수 비용 절감, 전력 수요 관리 측면에서 장기적 비용 효율성을 확보한다.

이러한 감축 모델은 단순히 전기차 도입이 아니라, 배터리 관리·재활용·충전 인프라 운영까지 포함하는 종합적 시스템으로 설계된다. 이는 P4G가 요구하는 “시장성과 확산성” 요건을 충족하는 토대가 된다.

#### 나) AI·IoT 기반 실시간 대기질 모니터링 및 GIS 매핑

AI·IoT 기반의 대기질 모니터링 및 GIS(지리정보시스템) 매핑 기술을 도입한다. 단순히 전기 오토바이 보급 효과를 정성적으로 설명하는 것이 아니라, 정량적 데이터 기반으로 감축 효과를 입증해야 국제사회와 투자자 신뢰를 얻을 수 있다.

- AI 알고리즘: 차량 주행 데이터, 전력 사용량, 배터리 교환 빈도 등을 분석해 온실가스 감축 효과를 자동 산출한다.
- IoT 센서: 호치민 산업단지 및 도심 주요 지점에 센서를 설치하여 실시간 대기질 데이터(PM2.5, NOx, CO<sub>2</sub> 등)를 수집한다.
- GIS 매핑: 수집된 데이터는 GIS 기반 시각화로 통합되어, 특정 지역별 감축 효과, 오염원 분포, 정책 개입 효과 등을 한눈에 파악할 수 있다.

이 과정에서 한국 NIGT와 InfoShare가 개발한 AI 기반 탄소감축 잠재량 평가 기술이 적용된다. 이를 통해 사업은 국제 표준에 부합하는 데이터 검증 체계를 갖추게 되며, 향후 EU ETS나 UNFCCC 기반 메커니즘과 연계 가능한 투명성 확보 장치가 된다.

#### 다) 블록체인 기반 탄소배출권 거래 시스템 구축

블록체인 기반 탄소배출권 거래 플랫폼을 구축한다. 이는 기술 실증을 금융·시장 영역으로 확장하는 핵심 단계다.

- 투명성 강화: 배출권 거래는 국제적으로 부정·중복 산정 위험이 크기 때문에 블록체인 기반 원장(ledger)을 통해 거래의 신뢰성을 확보한다.
- 시장 연계: 베트남 내 탄소시장 제도 도입과 맞물려, 전기이동수단을 통한 감축량을 인증·거래하는 최초의 시범모델을 만든다

- 확산 가능성: 향후 한국 교보증권과 같은 금융기관, Zeitgeist Capital 등 해외 투자자를 참여시켜 국제적 금융 메커니즘으로 확대한다.

이 시스템은 단순히 베트남 내에서 머무르지 않고, 아세안 역내 탄소배출권 거래소와 연계될 수 있는 구조를 가진다. 나아가 국제 탄소시장(EU ETS, UNFCCC Article 6 메커니즘)과의 호환성을 확보함으로써, 글로벌 확산 가능성을 실질적으로 준비한다.

#### 라) 베트남 → 아세안 → 글로벌 확산 전략

본 사업은 단계적 확산 전략을 마련한다.

- 1단계(2026~2027): 호치민 산업단지 및 주요 도심 지역을 중심으로 전기 오토바이 실증, 대기질 모니터링, 블록체인 거래 시스템 시범 적용
- 2단계(2027~2028): 베트남 주요 도시 및 산업단지로 확산. 정부 정책·제도 개선과 연계해 국가 차원의 제도화 추진
- 3단계(2028 이후): 아세안 역내 확산. 특히 인도네시아, 태국, 필리핀 등 교통·에너지 문제를 겪는 도시를 대상으로 공동 확산 전략 추진
- 4단계(글로벌 연계): 국제 탄소시장(EU ETS, 해외 국가 배출권 시장, UNFCCC Article 6)과 연동하여 한국형 e-mobility 감축·거래 모델을 글로벌 공공재로 확산

이러한 확산 전략은 기술 공급자-수요자-투자자가 함께 참여하는 삼각 파트너십 구조를 기반으로 하며, 국제사회에서 한국형 모델의 브랜드 가치를 높인다.

결론적으로, 본 사업의 핵심 내용은 “기술 실증 → 데이터 검증 → 금융·거래 → 제도화 → 글로벌 확산”의 선순환 경로를 설계하고 있으며, 이는 P4G 플랫폼이 지향하는 지속 가능한 국제 파트너십 모델의 모범적 사례가 될 것으로 예상된다.

### 3) 기대 효과 및 차별성

본 사업은 국제적 수준의 P4G 협력 모델로서, 베트남을 시작으로 아세안 및 글로벌 차원에서 선도적 의미를 갖는다. 특히 베트남의 2050 탄소중립 로드맵 달성 지원, 아세안 최초 e-mobility 기반 탄소배출권 거래 시범모델 구축, 국제 탄소시장과의 연계 가능성, 그리고 한국-베트남 산업 수요 매칭 성공사례 창출이라는 네 가지 측면에서 차별적 성과를 도출할 것으로 기대된다.

### 가) 베트남 2050 탄소중립 달성 기여

베트남 정부는 2021년 COP26에서 2050년 탄소중립(Net Zero)을 선언하였으며, 에너지·교통·산업 부문의 구조적 전환을 핵심 과제로 설정했다. 그러나 현재 베트남의 교통 부문은 내연기관 오토바이에 과도하게 의존하고 있어, 온실가스 배출과 대기오염 문제를 동시에 겪고 있다. 그럼에도 불구하고 베트남 정부는 2025년 하반기부터 탄소배출권 거래제를 법적 제도화 하였다는 점이 긍정적으로 작용할 것으로 예상된다.

본 사업은 전기 오토바이 보급과 배터리 교환 인프라 구축을 통한 감축 모델을 실증하고, 이를 AI 기반 평가기술로 정량화함으로써 베트남 정부가 탄소중립 목표 달성 경로를 구체화하는 데 실질적 기여를 할 수 있다. 특히 산업단지와 도시 인프라를 연계한 시범사업은 향후 국가 차원의 감축정책 및 제도 설계의 모범사례가 될 수 있다.

### 나) 아세안 최초 e-mobility 기반 탄소배출권 거래 시범모델

본 사업의 또 다른 핵심 차별성은 아세안 최초의 e-mobility 기반 배출권 거래 모델이라는 점이다. 기존 탄소시장 프로젝트는 주로 재생에너지 발전, 산림 흡수원, 에너지 효율화 중심이었으며, 교통 부문에서의 거래 기반 모델은 드물었다.

본 사업은 블록체인 기반 거래 시스템을 도입해 e-mobility 감축 성과를 배출권으로 인증·거래하는 구조를 설계한다. 이는 단순한 감축 성과 측정을 넘어, 민간 투자자와 국제 금융기관이 신뢰할 수 있는 시장 지향형 구조를 갖춘다. 결과적으로 베트남은 아세안 국가 중 가장 앞서 교통 부문 탄소시장 제도를 도입하게 되며, 이는 역내 리더십 강화로 이어진다.

### 다) 글로벌 시장(EU ETS, 중국, UNFCCC CDM) 연계 가능성

국제 탄소시장과의 호환성 확보는 본 사업의 중요한 성과로 예상된다. EU ETS, 중국 배출권 시장, UNFCCC CDM(청정개발체제) 등은 모두 투명하고 검증 가능한 데이터를 요구한다. 본 사업은 AI-IoT를 통한 실시간 감축량 측정과 블록체인 기반 거래 기록을 통해 국제 기준에 부합하는 MRV 체계(Measurement, Reporting, Verification)를 제공한다. 이는 향후 베트남 감축 실적이 EU, 중국 등 해외 탄소시장에서 인정받을 가능성을 높이며, 국제 탄소금융 유입을 촉진하는 기반이 된다. 한국 입장에서도 이는 전략적 의미를 갖는다. 한국이 보유한 AI-IoT, 배터리, 전기차 기술이 국제적으로 검증되고, 이를 통해 국제 탄소시장 진출의 교두보를 마련할 수 있다.

### 라) 한국 기술과 베트남 산업수요 매칭의 성공적 케이스

본 사업은 단순한 기술 이전이 아니라, 한국의 기후기술과 베트남 산업 수요의 실질적 매칭 사례라는 점에서 의의가 크다.

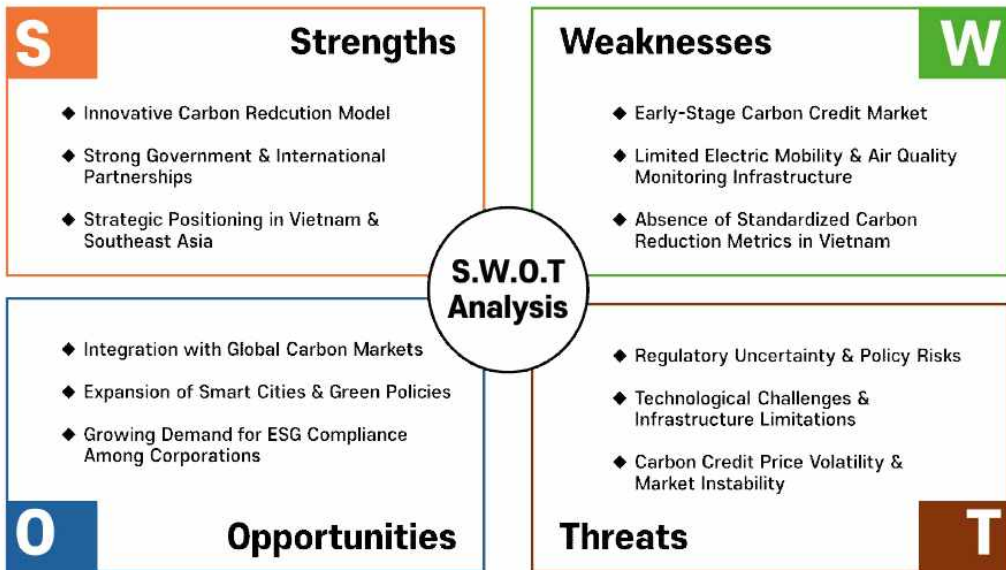
- 한국 기술 역량: 전기차·배터리 분야의 제조 경쟁력, AI 기반 감축 평가 시스템, IoT 센서 및 데이터 처리 기술
- 베트남 수요: 교통부문 탈탄소화, 산업단지 에너지 전환, 대기질 개선, 탄소시장 제도 도입

이 두 요소가 결합함으로써, 한국은 단순한 공급자가 아닌 협력적 코디네이터로 자리매김하고, 베트남은 자체 수요 충족과 동시에 국제적 기술·금융 네트워크에 진입할 수 있다. 이는 P4G가 지향하는 공생적 파트너십 모델의 대표 사례로 확산될 수 있다.

그림 3-8처럼, 본 사업의 강점과 기회 요인을 시각화하는 동시에, 약점과 위협 요인을 균형 있게 제시하여 정책적 대응 방향을 도출하는 기초 자료로 활용될 수 있다. 정책적 시사점으로 강점과 기회를 활용해 글로벌 탄소시장 연계 및 아세안 확산 전략을 가속화해야 하며, 약점과 위협은 제도 정합성 확보, 기술 인프라 보완, 금융 안정화 전략으로 대응할 필요가 있다.

본 사업은 베트남 탄소중립 달성 지원, 아세안 최초 교통부문 배출권 거래 모델 구축, 국제 탄소시장 연계 기반 마련, 한국-베트남 협력 성공 사례 창출이라는 네 가지 차별적 성과를 통해 P4G 플랫폼이 지향하는 지속가능한 파트너십의 선도모델로 자리매김할 것이다. 이는 즉자적인 실증 사업을 넘어 정책-기술-금융이 통합된 글로벌 확산 전략으로 발전할 것이며, 한국의 기후기술이 국제사회에서 공공재적 역할을 수행하는 중요한 발판이 될 것이다.

그림 3-9 P4G 사업기획의 SWOT 분석



※ 출처: 저자 작성.

#### 4) 향후 추진 전략

본 사업은 단순히 베트남에서의 단기 실증에 머무르지 않고, 아세안 지역 및 국제 탄소시장과 연계된 중장기 확산 전략을 지향한다. 과제 선정이 된다면, 향후 추진 전략은 잠정적으로 크게 세 단계로 구성된다. 첫째, 2026년 하반기 호치민을 중심으로 한 시범사업 착수, 둘째, 2027년 지역 확산과 국제 탄소시장과의 연계, 셋째, 2028년 이후 P4G 후속과제 및 국제적인 기후 금융 활용 계획으로 이어진다. 이 과정에서 한국과 베트남의 공동 파트너십은 기술·정책·금융을 통합한 지속 가능한 국제협력 모델로 발전할 것이다.

##### 가) 2026년 하반기 시범사업 착수 (호치민 중심)

2026년 P4G로부터 과제 선정이 된다면, 하반기부터 본 사업은 베트남 호치민시를 중심으로 시범적으로 착수될 예정이다. 호치민시는 빠른 도시화와 교통·산업 배출이 집중된 지역으로, 전기 오토바이 보급, 배터리 교환 스테이션 구축, 산업단지 내 친환경 교통수단 도입 등 다양한 시범 적용이 가능한 최적의 환경을 갖추고 있다. 이러한 도시적 특성은 한국이 보유한 e-mobility 관련 기술과 제도를 현지에 효과적으로 접목할 수 있는 기회를 제공한다.

시범사업의 주요 내용은 세 가지 축으로 정리된다. 첫째, 전기 오토바이 보급 및 배터리 교환 인프라를 구축하여 도시 내 친환경 교통수단의 실질적 보급을 가속화한다. 둘째, AI와 IoT 기술을 접목한 실시간 대기질 모니터링 및 GIS 기반 데이터 수집 체계를 마련하여 교통 부문에서 발생하는 온실가스 감축 효과를 정량적으로 분석할 수 있는 기반을 구축한다. 셋째, 블록체인 기술을 적용한 배출권 거래 플랫폼의 초기 버전을 개발·적용함으로써 전기이동수단을 통한 탄소감축 효과를 경제적 가치로 전환할 수 있는 제도적 가능성을 실증한다.

참여 기관들은 각자의 전문성을 바탕으로 역할을 분담하여 시범사업을 추진한다. 국가녹색기술연구소는 기술 검증과 탄소감축 효과 분석을 주도하며, 울산TP는 산업단지형 e-mobility 모델을 설계하고 현지 적용을 지원한다. 인포웨어는 데이터 관리와 디지털 플랫폼 운영을 담당하며, 국내 대학에서는 정책 분석과 시민참여 프로그램 개발을 통해 사회적 수용성을 제고한다. 또한 호치민 도시지역연구소와 베트남 사이공 하이테크파크는 현지 제도, 산업 연계 및 실증 현장을 제공함으로써 제도의 정합성을 보장한다. 마지막으로, Selex Motors는 전기 오토바이 및 배터리 교환 시스템을 공급하여 기술적 실행력을 뒷받침한다.

시범사업 단계의 핵심 목표는 단순한 기술 도입을 넘어, 기술 검증과 현지 제도 정합성 확보에 있다. 특히 베트남 정부가 추진 중인 국가 탄소시장 제도와 연계하여, 감축 성과를 인증을 받는 MRV 체계를 정립하는 것이 중요하다. 이를 통해 본 사업은 베트남 내에서 기술적 타당성뿐 아니라 제도적 수용성을 확보하게 되며, 나아가 베트남 정부가 해당 모델을 공식

정책 로드맵에 반영할 수 있도록 기여할 것이다.

결국, 호치민시를 중심으로 한 2026년 하반기 시범사업은 한국형 기후기술이 개도국 현지에서 실질적인 제도·산업·시장 연계 모델로 발전할 수 있는 첫 단추이자, 향후 아세안 지역 및 글로벌 확산의 교두보로 기능할 것으로 기대된다.

#### 나) 2027년 지역 확산 및 국제 탄소시장 연계

2026년 하반기 호치민시에서 진행된 시범사업의 성과를 토대로, 2027년에는 베트남 내 주요 산업단지와 대도시를 대상으로 사업 확산이 추진된다. 특히 하노이와 다낭 등 대도시, 그리고 남부 산업 벨트는 교통 혼잡과 에너지 소비가 집중되는 지역으로, e-mobility 기반 탄소감축 모델을 확대 적용하기에 적합하다. 이 단계에서는 산업단지 단위의 e-mobility 적용을 확대하고, 도시교통체계와 연계한 전기이동수단 대규모 보급을 본격화한다. 또한, 시범사업에서 축적된 데이터 기반 탄소감축 효과를 국가 보고 체계에 반영하여, 베트남 정부의 탄소중립 로드맵과 정합성을 강화한다.

국제 탄소시장 연계 역시 핵심 과제이다. 블록체인 기반 배출권 거래 플랫폼은 국제적으로 통용되는 MRV 체계와 호환될 수 있도록 고도화된다. 이를 통해 EU ETS, 중국 배출권 시장, UNFCCC 협력 프로그램 등 글로벌 탄소시장과의 연계 가능성을 구체적으로 검토한다. 아울러 녹색기후기금(GCF), 아시아개발은행(ADB), 세계은행(WB) 등 국제 금융기관과 협력하여, 감축 성과 기반의 투자 유치와 금융 구조 마련을 병행한다. 이 과정에서 중요한 것은 단순한 감축 모델의 제시를 넘어, 실제 거래 가능한 배출권을 창출하여 민간 투자자와 국제 금융기관이 참여할 수 있는 구조를 만드는 것이다. 이를 통해 한국 기업에게는 아세안 지역에서 새로운 탄소금융 시장에 진출할 기회가 열리고, 베트남은 국가 탄소중립 목표 달성을 위한 제도적·산업적 기반을 확립할 수 있게 된다.

#### 다) 2028년 이후 P4G 후속과제 및 국제 금융 활용 계획

2028년 이후에는 본 사업이 단발적 프로젝트에 그치지 않고, P4G 후속과제 및 국제 기금과 연계하여 글로벌 확산 전략으로 발전한다. 우선 P4G 5차 공모와 신규 파트너십 제안에 이번 사업의 성과를 반영하고, 베트남에서 검증된 모델을 아세안 역내 다른 국가들, 즉 인도네시아, 태국, 필리핀 등으로 확산시킨다. 이는 아세안 공동체 차원에서의 탄소중립 달성에 기여할 뿐만 아니라, 한국이 아세안과의 협력에서 중추적 역할을 수행하는 기회를 제공한다.

또한 국제 녹색·기후금융의 활용 전략이 본격화된다. 녹색기후기금(GCF), 세계은행(WB), 아시아개발은행(ADB) 등 주요 국제 재원과 연계하여, 온실가스 감축 성과 기반 프로젝트 파이낸싱(PF)과 블렌디드 파이낸스 모델을 개발한다. 이를 통해 민간 자본과 공적 재원을

결합하는 지속가능한 자금 조달 구조를 마련하고, 글로벌 탄소시장, 특히 EU ETS와 UNFCCC 메커니즘에 본 사업을 연계함으로써 국제 규범 대응력을 강화한다.

결과적으로 본 사업은 단순한 베트남-한국 양자 협력이 아니라, 국제사회에서 인정받는 지속가능한 기후 솔루션 모델로 자리매김할 수 있게 된다. 한국은 기술 제공자에 그치지 않고, 국제 파트너십의 코디네이터이자 정책·금융·산업을 아우르는 글로벌 공공재 생산자로서 위상을 제고하게 된다.

본 사업의 향후 추진 전략은 단기 실증, 중기 확산, 장기 국제 연계라는 3단계 구조를 통해 베트남의 탄소중립 목표 달성에 기여하고, 아세안 최초의 e-mobility 기반 탄소거래 모델을 확립하며, 국제 탄소시장과 연결되는 글로벌 레퍼런스 모델을 구축하는 데 있다. 이를 통해 P4G 플랫폼은 한국과 베트남을 중심으로 한 국제 협력의 성공사례로 자리잡을 것이며, 한국은 국제사회에서 기후기술-금융 통합 모델을 선도하는 국가로 도약하게 될 것이다.

## 4 소결

본 절은 제2장에서 구축된 자원 연계성 분석의 틀을 기반으로, 호라이즌 유럽과 P4G를 중심으로 한 국제공동 RD&D 사업기획 사례를 통합적으로 검토한 결과를 정리한 것이다. 특히, 앞선 장에서 제시된 분석-기획-시사점의 단계적 접근 체계를 실제 사례에 적용함으로써, 국내 분석 모델의 국제적 적용 가능성과 제도적 연계 구조를 탐색하였다. 이러한 접근은 단일 자원 간 직접 통합이 아닌, 기술실증-사업실증-정책확산으로 이어지는 단계적 연계 모델을 검증하는 탐색적 시범 연구의 성격을 지닌다.

### 가. 통합적 접근의 필요성

본 연구에서 추진한 한-EU 공동사업기획은 기술실증 중심의 호라이즌 유럽 과 사업실증 중심의 P4G (Partnering for Green Growth and the Global Goals) 를 비교·분석함으로써, 국제공동 RD&D 사업의 단계적 확장 가능성을 탐색하였다.

호라이즌 유럽은 TRL 5~8 수준의 기술개발과 제도적 검증을 병행하는 연구개발 중심 프로그램이며, P4G는 민간투자 및 사업확산을 촉진하는 사업실증형 협력 플랫폼이다. 두 재원은 목적과 구조는 다르지만, 기술성과의 사업화 전환이라는 측면에서 상호보완적 관계에 있다.

이에 따라 본 연구는 기술실증 결과가 사업실증과 정책확산으로 이어지는 단계적 연계모델을 제시하고, 이 구조를 시범적으로 검증하기 위해 호라이즌 유럽과 P4G를 중심으로 사례를 분석하였다.

## 나. 호라이즌 유럽 기반의 기술실증과 정책모델

호라이즌 유럽 프로그램은 기술개발과 정책·제도 연구의 통합을 중시하며, 국가 간 공동기획 구조를 통해 협력모델을 제도화한다.

본 연구에서 수행된 3건의 호라이즌 유럽과제는 기술실증과 제도 분석을 병행한 대표적 사례이다. 특히 부퍼탈연구소(Wuppertal Institute)와의 협력은 기술성과와 정책모델을 동시에 기획 및 검증하는 정책 내재형 사업기획 모델(Policy-Embedded Design Model)의 효과성을 보여주었다.

이러한 구조는 향후 글로벌 실증형 RD&D 사업에도 적용 가능한 한-EU 공동기획의 표준적 접근방식으로 평가된다.

## 다. P4G 기반의 사업실증 및 민관 확산 구조

P4G는 민간·공공 파트너십 기반의 국제협력 플랫폼으로, 탄소중립 기술의 사업화와 금융조달, 현지 파트너십 구축 등을 중점적으로 지원한다.

NIGT는 본 연구에서 P4G 사업의 구조를 분석하고, 기술실증 결과의 사업화·확산 가능성을 검토하였다. 그 결과, 호라이즌 유럽 과제에서 도출된 기술적 결과물(예: 폐배터리 재활용 등)을 P4G 모델을 통해 현지 적용 형태로 확장할 수 있음을 확인하였다. 이는 기술실증형 사업과 사업실증형 프로그램 간의 연계 가능성을 보여주는 탐색적 사례로 평가된다.

## 라. 기술실증-사업실증 연계 메커니즘

양 자원 간의 연계 구조는 다음 세 단계로 정리된다.

**표 3-8** 기술실증-사업실증 단계별 연계구조

단계	구분	주요 내용	자원
1단계	기술실증	TRL 5~7 수준 기술검증 및 정책모델화	호라이즌 유럽 등
2단계	사업실증	민간 파트너십 기반 시장확산 기획	P4G 등
3단계	확산 및 제도화	개도국 대상 기술확산·정책제도화	ODA, MDB 등

이 구조는 특정 자원의 통합이 아닌, 다양한 국제자원 간 상호보완적 역할을 탐색하는 모델로 정의된다.

## 마. 제도적 연계 가능성과 향후 추진 방향

향후 국제공동 RD&D 사업의 지속성과 확장성을 확보하기 위해서는 호라이즌 유럽 및 P4G와 같은 국제협력 자원 간의 제도적 연계 가능성을 폭넓게 검토할 필요가 있다. 본 연구는 이들 중 일부를 시범적 사례로 적용하여, 다층적 제도 연계 플랫폼 구축의 방향성을 탐색하였다.

이러한 접근은 단일 프로그램 간의 직접 통합이 아니라, 자원의 성격·운영체계를 고려하여 단계적·상호보완적 협력 관계를 구축하는 데 목적이 있다. 특히 NIGT-부퍼탈연구소 등 유럽 네트워크를 기반으로 기술실증형 사업의 국제공동기획과 글로벌 실증 확산을 연계하는 ‘탐색적 제도 연계모델’을 제시하였다.

이상의 결과를 종합하면, 본 장에서 구축한 기술실증-사업실증-확산의 단계적 연계모델은 한국형 글로벌 RD&D의 구조적 기획체계를 실질적으로 정립한 것으로 평가된다. 이 기획결과는 제4장에서 한국형 글로벌 RD&D의 정책·제도적 기반 강화 및 활성화 방안으로 구체화된다. 이를 통해 Part I (기획)에서 도출된 성과가 Part II (활성화)로 환류하며, “기획-자원-제도화-확산”의 전주기 협력 구조가 완성된다.

## 제4장

## 탄소중립 분야 글로벌RD&amp;D 활성화 방안

## 제1절 탄소중립기술의 글로벌RD&amp;D 사업 추진 현황 및 현안

## 1 국내 탄소중립 분야 글로벌RD&amp;D 사업 추진현황, 정책·제도 등 조사·분석

## 가. 정책적 배경과 추진 기반

## 1) 정책적 배경: 탄소중립 기술의 전략적 전환점

대한민국의 탄소중립 기술 정책은 이제 환경 문제를 관리하는 수준을 넘어 국가 산업 전략과 외교 전략을 동시에 반영하는 핵심 의제로 전환되었다. 2050 탄소중립 비전과 강화된 국가 온실가스감축목표(NDC)는 수소, CCUS, 재생에너지, 디지털 전력망 등 연구개발의 우선순위를 새롭게 설정하는 기준점이 되고 있으며, 기후기술은 단순한 감축 수단이 아니라 미래 신산업 창출과 글로벌 시장 선점을 위한 전략 자산으로 부상하고 있다(박준영, 2024). 산업 전반의 탈탄소화가 본격화되는 상황에서 이러한 기술을 사업과 연계하고 해외에 확산시키는 체계적 기획은 선택이 아닌 필수로 인식된다.

이를 구조적으로 보여주는 것이 국정기획위원회의 정책 방향이다. 그림 2-1은 기후환경, 에너지·탄소중립, 과학기술, 외교 등 국가 차원의 핵심 전략 목표 속에서 탄소중립 기술이 어떻게 산업·외교·R&D의 교차점으로 자리 잡고 있는지를 잘 보여준다. 즉, 탄소중립 기술은 환경정책의 일부를 넘어 경제성장, 산업구조 개편, 국제 협력 전략과 긴밀히 연결된 종합 의제로 부상하고 있음을 확인할 수 있다(이재용, 2015).

정책적 배경에서 특히 중요한 점은 탄소중립 기술이 과학기술정보통신부나 환경부의 단일 과제가 아니라는 사실이다. 산업통상자원부, 기획재정부, 기상청 등 주요 부처가 모두 기후기술을 산업정책과 경제 전략의 핵심 요소로 받아들이고 있으며, 출연(연), 대학, 기업 등 다양한 주체의 역할 역시 제도적으로 강화되고 있다. 국가 차원의 ‘탄소중립 산업 강국 전략’은 이를 더욱 분명히 보여준다. 탄소중립이 단순한 온실가스 감축 목표를 넘어 새로운 성장 동력임을 천명하면서, 수소, 재생에너지, 탄소포집, 디지털 전력망 등 신형 산업 분야에서 기술 주도권을 확보하겠다는 방향을 제시하고 있다(국정기획위원회, 2025).

그림 4-1 이재명정부 국정기획위원회의 정책 방향



주) 국정기획위원회는 기후환경 부문에서 '기후위기에 강한 사회, 건강한 환경', 에너지·탄소중립 부문에서 '에너지고속도로로 경제성장대 동맥 구축', 과학기술(R&D) 부문에서 '지속적인 미래성장동력 창출', 외교 부문에서 '세계로 향하는 실용외교'를 제시

※ 출처: 국정기획위원회 (2025). 국정운영 5개년 계획 및 청사진 자료집.

이와 더불어 기후기술은 외교적 자산으로도 활용되고 있다. 국제사회에서 기후위기는 협력을 필요로 하는 글로벌 의제이며, 기술협력은 외교적 신뢰와 영향력 확장의 수단으로 작동한다. 본 연구팀은 UNESCAP 총회에서 AI 기반 NBI 평가시스템을 공식 의제로 제안하고, 세계은행과는 AI 기반 탄소감축 평가 공동사업 논의를 진행하는 등 국제 협력 플랫폼에서 구체적 성과를 쌓아왔다. 이를 통해 개도국의 수요에 대응하는 한편 국제사회에서의 위상을 확대하였다. 이러한 맥락에서 글로벌 RD&D는 국내 기술혁신과 국제 협력을 연결하는 교량으로 자리매김할 수 있게끔 계기를 마련하였다. 한국 기술이 개도국 현장에서 실증되고 사업화될 경우, 이는 온실가스 감축에 기여할 뿐 아니라 현지의 지속가능발전을 촉진하며 한국의 국제적 신뢰와 리더십을 높이는 효과를 동시에 창출할 수 있다(Song, 2025).

## 2) 추진 기반: 국내 제도와 글로벌 연계의 과제

정책적 기반 측면에서 한국은 이미 일정 수준의 제도적 장치를 갖추고 있다. 기술이전과 사업화를 지원하는 제도, 예컨대 공동 기술이전조직(TLO) 운영을 통한 성과 이전이나 국내 금융사와의 협업을 통한 자원 연계 구조 설계는 국내 연구개발의 결과물을 산업화와 시장 진입으로 연결하는 데 지침을 줄 수 있다. 그러나 이러한 제도가 글로벌 RD&D에서

최적화되려면 더 심도깊은 정책의 기획과 설계가 필요하다. 이를테면 공동 TLO 모델이나 마일스톤 기반의 기술사업화 계약은 국내 기업과 연구소의 역량 강화에는 도움이 되었으나, 개도국 진출이나 국제기구 협력 차원에서는 활용 사례가 제한적일 수밖에 없다. 따라서 기존의 제도적 장치를 국제 협력으로 확장할 수 있는 보완이 필요하다.

또한 국제적 흐름을 보면, UN 및 세계은행 그룹 등은 탄소중립 프로젝트 실행에 있어 기술, 정책, 금융을 결합한 패키지로 설계하도록 강조하고 있다(Song & Baek, 2023). 이에 비해 한국은 현재 과제를 공모 형식으로 응모하거나 개별 기관 단위로 참여하는 방식이 주를 이루고 있으며, 이는 글로벌 조달시장 혹은 국제 연구기금 확보를 위한 패키지형 접근을 강화하는 국제적 흐름과 비교할 때 개선 여지를 보여준다. 이러한 차이를 극복하기 위해 본 연구는 정책-금융-기술을 아우르는 통합적 기획 역량 강화의 필요성을 강조한다. 글로벌 RD&D에서 효과적인 성과를 거두기 위해서는 현지 정부와의 정책 조율, 민간 투자자와의 리스크 분담, 국제 표준화 과정 참여 등을 포괄하는 통합적 사업기획 능력이 요구된다. 이는 단순히 연구개발 역량의 문제가 아니라, 기술과 제도, 금융과 외교가 함께 움직이는 종합적 접근을 필요로 한다(박웅신, 2022).

결국 국내 탄소중립 기술의 글로벌 RD&D 추진 기반은 세 가지 측면에서 정리될 수 있다. 첫째, 국가 차원의 탄소중립 전략이 기술혁신과 국제 협력을 동시 요구하고 있다. 둘째, 기후기술 공공외교의 확대 속에서 글로벌 RD&D는 외교적 영향력 확장의 도구로 자리 잡고 있다. 셋째, 기존 기술사업화 제도와 투자 연계 장치를 국제 협력 차원으로 확장해 글로벌 진입 역량을 강화해야 한다. 이러한 기반이 구축될 때, 한국의 탄소중립 기술은 단순한 연구 성과를 넘어 국제 규범·시장에서 활용 가능한 공공재 성격의 기술 자산으로 전환할 수 있을 것이다.

### 3) 조사방법

본 연구는 정성적·정량적 분석을 병행할 수 있는 기반을 마련하기 위해 총 16회의 전문가 대상 포커스 그룹 인터뷰(FGI), 정책 세미나, 자문회의 등을 개최하였고, 국내외 포럼 및 세미나 등 집담회에 참여하여 연구결과를 도출하였다. 이 조사 과정은 단순한 현황 진단을 넘어, ‘정성 조사(제도, 수요, 금융, 지자체, 국제 협력 등)’에서 도출된 성과를 ‘정량 연구 설계(TAM/TOE 기반 설문)<sup>76)</sup>’로 연결하는 다층적 접근을 통해 정책 고객의 수요를 반영하였다. 따라서 글로벌·지역적 시각을 결합하기 위해 표 4-1과 같이 목적, 형태, 결과물, 횟수를 기준으로 체계화하였다.

76) TAM(Technology Acceptance Model, 기술수용모형)은 사용자가 정보기술을 받아들이는 과정을 지각된 유용성과 지각된 사용 용이성을 중심으로 설명하는 모형이며(Davis, 1989), TOE(Technology-Organization-Environment Framework, 기술-조직-환경 모형)는 조직의 기술 수용을 기술적 요인, 조직적 요인, 환경적 요인으로 분석하는 프레임워크다(Tornatzky & Fleischer, 1990).

**표 4-1** 탄소중립 글로벌 RD&D 사업화를 위한 조사 방법 개요

목적	형태	결과물	횟수
국내 제도·정책 동향 조사	심층인터뷰(FGI), 공동 TLO, NST 자문 수행	기술사업화 병목·제도 개선 필요성 도출	3회 (2025.07)
국제·개도국 수요 조사	국제기구·대사관 전문가 서면 질의·심층인터뷰 수행	개도국 수요 반영 10대 유망기술 과제 도출	2회 (2025.07)
금융·투자 연계 방안 조사	RD&D-금융 연계, 투자 구조 검토 및 자문 수행	기후테크 경제성 확보 방안, 금융사 연계 사업화 방안 설계	2회 (2025.03, 06)
지자체 연계 수요 조사	지역 기반 기후기술 실증·사업화 집담회 참여	충남·울산, 전남: 지역 맞춤형 실증 전략 도출 및 정책 제안	3회 (2025.09)
국제 협력 및 외교 기반 수요-공급 조사·매칭	국제기구·다자포럼 참여, 해외 전문가 협력 자문 수행	UNESCAP 세션, WB 공동사업 논의, 한-EU 탄소중립 정책포럼 등	4회 (2025.03-04, 08)
정량 연구 기획 및 설계	정량연구 관련 검토 자문 수행	TAM/TOE 기반 설문 설계	2회 (2025.07)

※ 출처: 저자 작성.

먼저, 국내 제도·정책 동향 조사는 공동 TLO 및 국가과학기술연구회(NST) 자문회의, 그리고 FGI를 통해 이루어졌다. 이를 통해 기술사업화 지원 체계와 제도 개선 필요성이 도출되었으며, 연구자-기업-기술이전조직 간의 협력 구조를 구체화하는 계기가 마련되었다.

둘째, 국제 및 개도국 수요 조사는 주한 개도국 대사관과 국제기구 전문가를 대상으로 서면 질의와 심층 인터뷰를 실시하는 방식으로 진행되었다. 그 결과 국내 17대 기술군 가운데 개도국의 현실적 수요를 직접 반영할 수 있는 10대 유망기술 과제가 도출되었다. 이는 이후 TAM/TOE 기반 설문 문항 설계 시, ‘공급자 중심 과제’와 ‘수요자 중심 과제’의 인식 차이를 계량적으로 검증할 수 있는 기초가 되었다. 공급자 중심의 연구 기획에서 수요자 중심으로 전환되는 과정은 쉽지 않지만, 이번 조사를 통해 그 가능성이 확인되었다는 점에서 의미가 크다.

셋째, 금융·투자 연계 방안 조사는 교보증권, 글로벌 투자기관, 벤처캐피털 등과의 심층 논의를 통해 진행되었다. 기후기술 분야에서 경제성과 금융성을 동시에 확보하기 위한 다양한 모델이 제시되었으며, 특히 RD&D-실증-투자를 연결하는 프로젝트 파이낸싱 구조와 국제 공동펀드 조성 방향이 도출되었다. 이는 기후기술 분야의 투자 연계 방안을 제도적으로 설계할 수 있는 중요한 출발점이 되었다.

넷째, 지자체 연계·수요 조사는 충남, 울산, 전남에서 열린 집담회(포럼)에 참여하여 결과를 도출하였다. 이를 통해 지자체가 단순한 기술 적용의 장을 넘어 글로벌 협력의 허브로 기능할 수 있음을 확인하였으며, 지역 맞춤형 실증 전략과 정책적 지원 방안도 함께 도출되었다. 이러한 경험은 중앙정부와 지자체, 그리고 국제기구 간의 연계를 강화할 수 있는 기반으로 작용하였다.

다섯째, 국제 협력 및 외교 기반 조사는 UNESCAP 총회, 세계은행(World Bank) 자문회의, 한-EU 탄소중립 정책포럼 등에서의 논의를 통해 이루어졌다. 한국의 기후기술이 국제 정책·재원 구조와 연결 가능성을 적극적으로 검토하였으며, AI 기반 탄소감축 평가시스템을 국제 정책 도구로 제안하는 성과가 있었다. 또한 호라이즌 유럽 연계, P4G 활용 방안 등 구체적인 협력 방향도 도출되어, 향후 국제 과학외교와 기술외교를 동시에 추진할 수 있는 토대가 마련되었다.

마지막으로, 정량연구 기획 및 설계는 정성 조사 성과를 토대로 TAM과 TOE 프레임워크를 적용하여 수행하였다. 이를 통해 연구자, 기업, 지자체, TLO 등 다양한 주체별 인식 차이를 계량적으로 식별할 수 있는 설문 도구가 마련되었으며, 후속 정량 분석으로 이어질 수 있는 체계적 연구 기반을 조성하였다.

이번 조사 방법론은 크게 세 가지 측면에서 의의가 있다. 첫째, 국내 제도, 국제 수요, 금융, 지자체, 국제 협력 등 다층적 영역을 동시에 포괄하여 연구 범위를 확장하였다. 둘째, 정성적 조사 성과가 곧바로 정책적 시사점으로 연결하였고, 나아가 정량 연구 설계의 토대를 마련하였다. 셋째, 총 16회의 조사 과정을 통해 단순한 동향 분석을 넘어 정책 기획-실증-국제 협력-투자 연계를 아우르는 통합적 전략을 제시할 수 있었다. 이는 쉽지 않은 영역을 연결하는 과정이었기에 본 연구가 갖는 실질적 함의는 더욱 크다고 할 수 있다.

## 나. 주요 참여 주체 및 국내 현황

### 1) 주요 행위자의 역할

대한민국의 탄소중립 글로벌 RD&D 사업은 단일 기관이 독점적으로 추진하는 구조가 아니라, 출연(연)·대학·기업·지자체 등 다양한 행위자의 상호 보완적 참여 속에서 전개되어야 한다. 따라서 본 연구과제는 이러한 다층적 참여가 어떻게 정책 고객의 수요와 연결되었는지를 검토하는 데 중점을 두었다.

우선, 출연(연)은 국가 차원의 기후기술 연구개발 역량을 대표하는 기관으로서, 글로벌 RD&D의 전략적 기초를 제공한다. 한국에너지기술연구원, 한국화학연구원, 한국생산기술연구원 등은 수소, CCUS, 재생에너지, 에너지 효율화 등 탄소중립의 핵심 기술군을 중점 연구 대상으로 삼고 있다. 이들은 논문과 특허 등 연구 성과에 머물지 않고, 해외 실증과 국제기구 협력으로의 확장을 시도하고 있으며, 최근에는 공동 TLO 운영을 통해 기술이전·사업화를 위한 제도적 기반을 확대하고 있다. 본 연구과제에서 진행된 NST-공동 TLO 자문회의의 역시 이러한 흐름을 반영하며, 출연(연)의 성과를 국제 협력 사업과 어떻게 접목할 것인가를 논의하는 장이었다. 이는 출연(연)이 단순 연구 수행기관을 넘어 정책 기획과 글로벌 사업화 구도의 중요한 축으로 진화하고 있음을 나타낸다.

대학은 연구개발 초기 단계에서의 기초연구 및 인재양성을 담당하는 동시에, 국제 공동 연구와 교육 협력에 관한 허브 역할을 한다. 본 연구과제에서는 대학 연구진이 기후기술 인식조사 설계와 검토 과정에 참여하여, 정책 고객의 수요가 조사 도구에 반영되도록 하였다. 예컨대, ‘기후기술’과 ‘RD&D’라는 용어가 생소하거나 모호하게 이해될 수 있다는 것은 대학 연구자들의 참여를 통해 도출되었으며, 실제 설문 설계 과정에서 용어 정의 및 응답 안내 항목으로 반영되었다. 이러한 대학의 기여는 연구 설계의 과학성을 높이는 동시에, 현장 이해도를 높여 정책 활용 가능성을 확장하게 하였다.

기업은 기술사업화와 투자 연계 측면에서 핵심적 역할을 맡고 있다. 대기업은 글로벌 공급망과 네트워크를 활용해 해외 실증 및 공동 프로젝트에 참여하고, 중소기업과 스타트업은 특화된 혁신기술을 신속히 개발해 사업화 가능성을 모색한다(권보람 & 김주성, 2015). 그러나 이러한 과정이 지속적으로 성과로 이어지기 위해서는 안정적인 금융·투자 연계가 필수적이다. 본 연구의 조사·분석에서도 “기후기술은 회수 기간이 장기적이고 리스크가 크다”는 점에서 민간투자만으로는 한계가 있다는 데 의견이 모아졌다. 이에 따라 공공-민간 공동펀드 조성, 국제금융과의 리스크 분담, 글로벌 프로젝트 파인낸싱 체계 진입이 필요한 과제로 제시되었다. 즉, 기업의 역할은 단순히 기술을 상용화하는 데 그치지 않고, 제도적·금융적 기반 강화와 연계될 때 비로소 글로벌 RD&D 확산의 실질적 동력이 될 수 있다는 것이다.

지자체는 RD&D의 실증 무대를 제공하고, 지역 차원의 사회적 수용성을 확보하는 역할을 한다. 충청남도, 울산, 전라남도 등과 공동 및 참여한 집담회가 대표적인 사례라 하겠다. 특히 “정의로운 전환과 기후행동 가속”이라는 주제 아래 충청도청과 공동으로 개최한 국제 포럼은 기후기술의 해외 협력뿐 아니라, 지역 단위에서의 정의로운 전환에서 기후기술 사업화 모델에 관해 산학연관 간 심도 있게 논의된 장이었다. 이는 글로벌 담론이 지역 실천과 결합할 수 있음을 보여주었으며, 지자체가 국제 네트워크와 연계해 국내외 협력 모델을 선도할 수 있음을 각인시켜 주었다.

마지막으로, 국제기구와 해외 네트워크는 국내 행위자의 성과를 글로벌 RD&D 체계 속으로 연결하는 데 기여했다. 세계은행과의 공동 논의에서는 AI 기반 탄소감축 평가시스템의 적용 가능성이 검토되었고, UNESCAP 세션에서는 한국의 기술이 국제정책 도구로 공식 제안되었다. 이러한 국제적 교류는 단순한 기술 홍보가 아니라, 정책 고객(국제기구, 개도국 정부)의 실제 수요와 국내 기술 간의 접점을 찾는 과정이었다. 개도국 대사관과 국제기구 전문가들을 대상으로 한 수요 조사는, 한국이 보유한 17대 기술 중 어떤 분야가 국제적 파급력을 가질 수 있는지를 검증하는 계기가 되었다.

요약하면, 출연(연)·대학·기업·지자체·국제기구는 각각의 고유 기능을 통해 기여했으며, 본 연구과제는 이들의 역할이 단순 병렬적 참여가 아니라 정책 고객의 Needs를 반영하는 통합적

RD&D 생태계로 작동하도록 기획되었다. 이는 곧 글로벌 RD&D 전략이 기술 공급자 논리를 넘어 수요 기반 기획으로 진화해야 한다는 교훈을 제공해 주었다.

## 2) 기술사업화(RD&D) 지원 체계

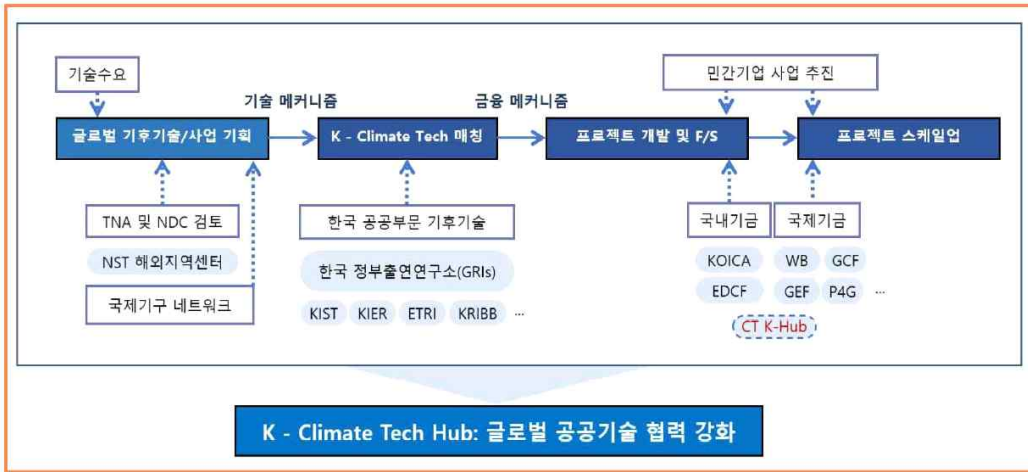
주요 행위자들의 기여가 효과적으로 결실을 맺기 위해서는 이를 뒷받침하는 기술사업화 지원 체계가 필요하다. 한국은 이미 공동 TLO, 투자 연계 장치, 정부·지자체의 사업화 프로그램 등 일정한 제도적 기반을 보유하고 있으나, 본 연구과제의 자문회의와 인식조사에서 드러난 바와 같이 글로벌 RD&D 확산에는 추가적인 보완이 요구된다.

공동 TLO는 연구 성과의 산업계 이전을 촉진하는 중요한 수단으로 기능해 왔으며, 최근에는 정책적 지원을 통해 확대되고 있다. 다만 글로벌 시장 진입 지원은 아직 초기 단계에 머물고 있어, 향후 국제기구·다자개발은행(MDB)과의 협업 및 해외 거점화를 통해 보완할 필요가 있다. 해외 파트너와의 계약, 국제 규격에 맞춘 기술이전, 글로벌 실증 프로젝트 연계 등이 부족하다는 점이 공통적으로 지적되었다. 따라서 공동 TLO의 국제화, 해외 거점화, 국제기구·다자개발은행(MDB)과의 협업이 향후 과제가 된다.

이러한 방향성을 구조적으로 정리한 것이 아래 그림 4-2의 K-Climate Tech Hub 구상이다(송재령, 2025). 이 구상은 기술 메커니즘(공공부문 기술 공급)과 금융 메커니즘(국내·국제 자원)을 연결하여, 개도국 수요 기반의 프로젝트 발굴에서부터 민간 기업의 스케일업까지 이어지는 체계를 제시한다.

투자 연계 체계는 RD&D 사업화의 성패를 좌우한다. 국내에서는 정책금융, 녹색 펀드, 모태펀드 등을 통해 초기 연구 성과에 자금을 공급하고 있으나, 해외 실증이나 국제 파트너십 단계로 나아가기 위해서는 보다 큰 규모와 장기적 구조의 투자가 필요하다. 본 연구과제의 금융·투자 자문회의에서는, 국제 공동펀드 조성, 프로젝트 파이낸싱 모델 도입, 개도국 리스크 분담 장치 마련이 필수적이라는 데 의견이 모였다. 이는 국내 제도만으로는 한계가 있으며, 글로벌 금융 구조와의 연계가 필연적임을 보여준다.

**그림 4-2 K-Climate Tech Hub: 글로벌 공공기술협력 이니셔티브 구상**



주) 이 구조는 기후기술 메커니즘(공공 기술 공급)과 금융 메커니즘(국내·국제 자원)을 원스톱으로 연결, 수요 기반(좌측)과 한국형 공급(가운데), 자금조달(우측)을 CT K-Hub가 연결·설계·가속해 민간이 확장 가능한 은행적합 프로젝트로 전환하는 체계임

※ 출처: 송재영(2025). 기후기술 공공외교: 국가이익 확장 전략.

기술사업화 지원 프로그램은 창업지원, 실증 바우처, 국제 공동연구개발 지원 등이 포함되지만, 대체로 내수 중심에 머물러 있다는 점이 한계로 지적된다. 현장 전문가들은 해외 인증·규제, 국제 표준화, 현지 맞춤형 실증을 지원하는 체계가 부족하다고 지적했으며, 이는 국내 기업과 연구자가 국제시장 진출 과정에서 큰 장벽으로 작용한다. 따라서 기술사업화 지원은 국내 기반 강화에서 나아가, 국제적 확산과 현지 적응을 동시에 고려하는 방향으로 확대 설계될 필요가 있다.

이상의 논의를 종합하면, 국내 기술사업화 지원 체계는 일정 수준의 기반을 갖추었으나, 글로벌 RD&D 환경에서는 아직 초기 단계에 머무르고 있다. 본 연구과제가 제시하는 방향성은, 국내 제도의 강점을 국제 협력 구조와 결합하여 “수요 기반 글로벌 사업화”로 전환하는 것이다. 이를 통해 한국의 기후기술은 개도국의 정책 수요와 맞물려 실질적 효과를 창출할 수 있으며, 동시에 국제적 신뢰와 리더십을 강화할 수 있을 것이다.

이처럼 연구자·기업·지자체 등 주체들의 역할과 수요가 드러난 만큼, 이를 뒷받침할 제도·정책 환경에 대한 분석이 필수적이다. 이에 본 절에서는 국내 제도의 현황과 한계, 그리고 국제 자원·제도와의 연계 구조를 살펴본다.

## 다. 제도·정책 환경 분석

### 1) 국내 제도: 기술이전·사업화, 금융·투자 연계, 인허가·표준 제도

대한민국은 탄소중립 RD&D를 뒷받침하기 위해 다양한 제도적 장치를 구축해왔다(이상영 & 최영현, 2024). 이러한 제도는 국내 시장에서 일정한 성과를 거두고 있으나, 글로벌 확산을 위한 제도적 정비라는 새로운 과제가 부상하고 있다. 본 연구과제는 이러한 국내 제도적 기반을 면밀히 검토하고, 정성연구 방법인 인터뷰, 전문가 집담회, 세미나 등을 통해 정책 고객(정부 부처, 지자체, 국제기구)의 수요를 반영하여 제도의 한계와 개선 방향을 분석하였다.

첫째, 기술이전·사업화 제도에 관한 것이다. 국내 출연(연)과 대학은 산학협력단, TLO를 통해 연구 성과의 사업화를 지원하고 있다. 최근에는 공동 TLO 운영을 통해 기관 간 기술집적과 기업 연계가 강화되었으며, 일부는 글로벌 기업과의 계약을 시도하고 있다. 그러나 본 연구의 NST 집담회에서 드러난 바와 같이, 현 제도는 국내 기업 중심으로 설계되어 있어 안정적 운영 기반을 제공하고 있으나, 국제 파트너십이나 해외 실증 연계 요소는 아직 초기 단계에 머물러 있다는 것이다. 이는 향후 제도 발전의 중요한 기회 영역으로 지적된다. 예컨대 계약 조건에서 국제 표준 인증이나 해외 규제 대응 조항이 빠져 있어, 기업이 해외 진출을 시도할 경우 별도의 비용과 시간이 소요된다. 따라서 향후 제도는 국내 사업화 성과를 해외 확산으로 자연스럽게 연결할 수 있도록 구조적 개선이 필요하다.

둘째, 금융·투자 연계 제도다. 기후기술은 초기 투자 규모가 크고 회수 기간이 장기적이므로, 공공과 민간이 공동으로 위험을 분담하는 구조가 필수적이다. 정부는 녹색 펀드, 모태펀드, 정책금융을 통해 연구 성과의 사업화를 지원하고 있으며, 최근에는 탄소중립 펀드와 같은 목적형 자금도 등장했다. 그러나 글로벌 RD&D로 확장하려면, 국제금융과 연계되는 프로젝트 파이낸싱 구조가 필요하다. 본 연구과제에서 진행된 금융·투자 세미나에서는, 교보증권, 벤처캐피털, 글로벌 투자기관 등이 국내 펀드만으로는 개도국 실증 사업을 온전히 뒷받침하기에는 한계가 있으므로, 국제금융과 연계되는 플랫폼의 필요성이 강조되었다. 특히 개도국에서 발생할 수 있는 정치·법률적 리스크를 분담할 장치가 부족하다는 것이 큰 장애로 꼽혔다. 따라서 국내 금융 제도는 MDB, 국제기구, 해외 민간투자와 연계될 수 있는 플랫폼으로 진화해야 하며, 이를 위해 정부 차원의 보증, 국제 협력 펀드 조성, 공동 리스크 관리 제도화가 요구된다.

셋째, 인허가·표준 제도다. 기후기술이 시장에 안착하기 위해서는 단순한 연구개발 성과를 넘어, 법적·제도적 절차를 충족해야 한다. 국내에서는 신재생에너지 설비, 수소충전소, CCUS 실증 플랜트 등에 대해 인허가 제도가 마련되어 있으나, 실제 현장에서는 규제 절차에서 일정한 불확실성이 존재해 현장 적용이 쉽지 않다는 점이 확인되었으며, 이는 제도 개선을

통해 충분히 해소 가능한 영역으로 평가된다. 특히 국제 협력 프로젝트에서 필요한 국제 인증·표준화와의 연계는 거의 이뤄지지 않고 있다. 이는 국내에서 성공한 기술이 해외 시장에 진출하는 데 큰 장벽으로 작용한다. 따라서 인허가 제도는 “국내 기준 충족 → 국제 인증 전환”으로 이어질 수 있는 연계 체계를 갖춰야 하며, 이를 위해 국제 표준화 기구(ISO, IEC) 활동에 적극 참여하고, 국내 규제 샌드박스를 해외와 공동 운영하는 방안도 고려할 수 있다.

결과적으로, 국내 제도는 일정 수준의 사업화·투자·규제 지원 체계를 갖추었으나, 글로벌 RD&D 진입에는 구조적 한계가 존재한다. 본 연구과제는 이를 극복하기 위해, 정책 고객의 수요를 반영한 개선 방향을 제시하였다. 즉, 기술이전 제도의 국제화, 금융 제도의 글로벌 연계, 인허가·표준 제도의 국제 기준화가 병행되어야 한다. 이러한 제도적 정비가 뒷받침될 때만이, 한국형 RD&D 모델은 개도국 수요와 국제기구 프로젝트 속에서 실질적 효과를 창출할 수 있다.

## 2) 국제 자원·제도: Horizon Europe, P4G, WB, MDB 등과의 연계 구조

국내 제도적 기반이 정비되더라도, 글로벌 RD&D의 실질적 성과는 국제 자원과 제도적 협력 구조와의 연계 속에서 완성될 수 있다. 앞서 서술한 바와 같이, 동 연구는 Horizon Europe, P4G, 세계은행(WB), 다자개발은행(MDB) 등 주요 국제 플랫폼과의 연계 가능성을 분석하였으며, 이를 통해 한국이 글로벌 협력 구조 속에서 어떤 전략적 포지셔닝을 할 수 있을지 검토하였다.

먼저, Horizon Europe은 유럽연합(EU)의 대표적 연구혁신 프로그램으로, 탄소중립 기술을 포함한 다양한 분야에서 국제 협력을 촉진하고 있다(송재령 외, 2024). 한국은 2025년을 기점으로 준회원국으로 개별 과제 참여와 공동 연구를 통해 협력 기회를 넓혀오고 있다. 따라서 본 연구는 Horizon Europe 참여 경험을 검토하며, 단순 연구 참여를 넘어 “공동 사업화 및 실증”으로 연계되는 구조가 필요함을 강조하고자 한다. 이제는 기술개발 단계에서만 협력하는 것이 아니라, EU 내 실증 프로젝트와 연계해 한국 기술을 현지에서 검증하고, 이를 다시 개도국 협력으로 확산시키는 구조가 바람직하다(이준희, 2025).

P4G는 공공·민간 파트너십을 기반으로 한 국제 협력 플랫폼으로, 개도국의 녹색성장 프로젝트 지원에 초점을 맞추고 있다. 한국은 창립국으로서 P4G에 적극 참여해 왔으나, 국내 기술과 프로젝트가 P4G 지원사업을 넘어 대형 MDB 사업으로 발전한 사례는 아직 제한적이다. 그럼에도 불구하고 P4G의 민간 매칭 기능을 적극 활용하면 향후 확장 가능성이 크다. 따라서 P4G가 제공하는 다자기구 연계·민간투자 매칭 기능을 활용해, 한국형 RD&D 프로젝트가 국제 자원과 직접 맞물릴 수 있는 구조를 설계해야 함을 강조한다. 이는 단순한 행사 참여를 넘어, 정책 고객(산업부, 환경부 등)이 실제로 활용할 수 있는 국제 파이낸싱 채널을 확보하는 과정이다.

세계은행(WB)과 다자개발은행(MDB)은 기후기술 실증·확산에 있어 결정적 역할을 한다. 이들 기관은 프로젝트 파이낸싱, 기술 실증, 정책 자문을 통합 지원하며, 글로벌 탄소중립 이행을 위한 최대 재원 공급자이기도 하다. 본 연구과제의 세계은행 자문회의에서는, AI 기반 탄소감축 평가시스템을 WB 사업화 구조에 접목할 수 있는 가능성이 논의되었으며, 이는 국내 기술이 국제 재원 구조와 맞물릴 수 있음을 보여주었다. 그러나 동시에, MDB 프로젝트 참여는 기술적 우수성뿐 아니라 법적·금융적 안정성 확보가 병행되어야 한다는 점이 확인되었으며, 이는 국내 제도 개선과 국제 협력 역량 강화가 맞물려야 할 과제를 보여준다. 이는 곧 국내 제도 개선과 국제 협력 역량 강화가 병행되어야 함을 의미한다.

종합하면, Horizon Europe은 연구 협력 중심, P4G는 민관 파트너십 기반, WB와 MDB는 재원·정책 통합 지원이라는 차별적 성격을 가진다. 한국은 이들 각각의 플랫폼과 맞춤형 전략을 구사해야 하며, 본 연구과제는 이를 “다층적 연계 전략”으로 제시한다. 즉, EU 프로그램에서는 기술 경쟁력 검증과 국제 표준화를, P4G에서는 민관 협력형 사업화 모델을, MDB에서는 대규모 재원 진입과 리스크 분담 구조를 각각 확보해야 한다는 것이다.

이러한 국제 연계 구조는 단순히 재원을 확보하는 차원을 넘어, 한국의 기후기술을 글로벌 공공재로 전환하는 과정이다. 정책 고객의 수요는 결국 “국내 기술을 어떻게 국제 제도·재원과 연결해 실질적 과급력을 만들 것인가”에 있다. 따라서 한국의 전략은 제도적 기반 강화와 더불어, 국제 플랫폼별 특성에 맞춘 맞춤형 접근을 동시에 수행하는 것이다.

## 라. 주요 사례와 프로그램 동향

앞서 확인한 국내 제도와 국제 재원 구조는 글로벌 RD&D 확산의 토대를 제공한다. 그러나 제도적 기반만으로는 충분치 않으며, 실제 현장에서 추진된 실증 사례와 국제 협력 프로그램을 통해 그 효과가 검증된다. 따라서 국내 실증 및 사업화 사례, 국제 협력 기반 프로그램을 분석하여 정책 설계에 참고할 시사점을 도출하고자 한다.

### 1) 국내 실증 및 사업화 사례

국내에서 추진된 탄소중립 기술 실증은 주로 에너지, 수소, CCUS, 스마트그리드, 재생에너지 융합 분야에서 활발히 진행되었다(월간수소경제, 2023). 이는 국가 차원의 2050 탄소중립 전략과 연계되면서 기술개발뿐 아니라 실증을 통한 사업화 가능성 검증에 무게를 둔 결과다.

국내 사례는 수소 혼소 발전 실증(발전사·출연(연) 공동 실증플랜트, 화력발전 탈탄소화), 재생에너지 연계 ESS(발전 효율 향상, 전력망 안정성 검증), 스마트그리드 실증(지자체 주도 분산전원 관리, 제주·세종 등), 공동 TLO와 매칭 투자(연구 성과 스타트업 이전, 해외 투자

유치) 등으로 구분된다. 이러한 사례는 기술이 논문이나 특허에 머물지 않고 실제 사업화 모델로 진화할 수 있음을 보여주었다. 다만 대부분 국내 시장에서 검증 단계에 머물고 있어, 국제 협력과 개도국 확산으로 연결되는 제도적 사다리가 필요하다.

또한 제주·세종 지자체 주도, 분산전원 관리·디지털 전력망 실증은 국내 지자체 단위에서 활발히 추진되었다. 제주, 세종 등 일부 지역에서는 에너지자립도시를 표방하며 재생에너지 기반 분산전원 관리와 디지털 전력망 운영을 실증하였다. 이러한 프로젝트는 지자체가 단순 행정 주체를 넘어 기술혁신의 실험장이자 테스트베드로 기능할 수 있음을 보여주었다. 다만 본 연구과제가 확인한 바에 따르면, 이러한 지자체 실증은 여전히 지역 차원에서 끝나는 경우가 많고, 해외 도시와의 연계나 국제기구 협력으로 확장되는 사례는 제한적이다.

기술사업화 관점에서 의미 있는 진전도 있었다. 공동 TLO를 통한 기술이전, 민간 펀드와의 매칭 투자, 기업-연구소 간 컨소시엄 모델은 기후기술의 상용화를 촉진하는 역할을 하였다. 예컨대 일부 출연(연)은 연구 성과를 국내 스타트업에 이전하고, 해당 스타트업은 이를 활용해 국제 전시회에 참여하거나 해외 투자자를 유치하는 성과를 냈다. 그러나 이러한 성공은 여전히 개별 사례에 그치는 경향이 강하며, 제도화된 확산 메커니즘으로 발전해야 한다는 과제를 안고 있다.

종합하면, 이러한 사례들은 기술 성과가 논문이나 특허에 머물지 않고 실제 사업화 모델로 진화할 수 있음을 보여준다. 다만 아직까지 국제적 확산까지 이어진 구조는 미흡해, 향후 정책적 지원을 통해 ‘국내 실증-국제 확산’의 연계 사다리를 마련해야 한다.

## 2) 국제 협력 기반 프로그램 및 지자체·국제기구 연계 활동

본 연구팀은 앞서 서술한 바와 같이 국제 협력 차원에서 다양한 플랫폼에 참여하며 글로벌 RD&D 활동을 추진하였다. 아직은 초기 단계에 머물러 있으나, 일부 프로그램은 향후 확산 전략의 기반이 될 수 있다. 예컨대 △UNESCAP: AI 기반 탄소감축 평가시스템을 국제 정책 도구로 제안(기술외교 성과) △세계은행·MDB: MDB 프로젝트 접목 논의, 법제·금융 안정성 요건 확인(재원 연계 가능성) △P4G: 민관 매칭 기능 활용 시 개도국 프로젝트 확산 잠재력 큼 △지자체 국제포럼(보령·충남): 정의로운 전환 모델을 지역-국제 연계로 확장 시도 등이다. 이러한 프로그램은 한국 기술이 글로벌 공공재로 자리매김할 수 있는 가능성을 보여주었다.

첫째, UNESCAP 및 국제기구 연계 활동이다. 2025년 방콕에서 열린 UNESCAP 총회 세션에서, 한국은 AI 기반 탄소감축 평가시스템을 정책 도구로 제안하며 국제 무대에서 기술외교를 강화했다. 이는 국내 특허 기반 기술을 국제 협력 의제로 격상시킨 대표적 사례로, 기술이 국제 거버넌스의 일부로 편입될 수 있음을 보여주었다. 다만 해당 제안이 실제 프로젝트 자금 배분으로 연결되기 위해서는 추가적인 후속 협력과 제도적 연계가 필요하다.

둘째, 세계은행 및 MDB 연계 활동이다. 세계은행과의 자문회의에서 논의된 AI 기반

탄소감축 시스템은 국내 기술이 MDB 프로젝트와 접점을 형성할 수 있는 가능성을 보여주었다. 그러나 실제 참여를 위해서는 기술적 우수성뿐 아니라 법적·재무적 안정성이 동시에 요구된다. 이는 국제 협력의 진입장벽이 높다는 현실을 보여주며, 국내 제도의 보완 없이는 성과 확산이 어렵다는 점을 시사한다.

셋째, P4G 및 글로벌 민관 협력 플랫폼이다. 한국은 창립국으로서 P4G에 참여해왔지만, 국내 기술을 직접 P4G 지원사업과 연결한 경험은 부족하다. 본 연구과제는 P4G의 민관 매칭 기능을 적극 활용해 국내 기업과 연구기관이 개도국 수요 기반 프로젝트를 추진할 수 있도록 지원하는 전략을 제안한다. 이는 단순한 행사 참여가 아니라, 실제 자금과 연결되는 구조를 확보하는 과정이다.

넷째, 지자체와 국제 네트워크 연계다. 보령시, 충남도 등은 ‘정의로운 전환’을 주제로 국제 포럼을 개최하며, 지자체 차원의 기후기술 실증과 시민 참여를 강조했다. 이는 기후기술이 중앙정부 차원뿐 아니라 지역정부 차원에서도 국제 협력 어젠다로 확장될 수 있음을 보여준다. 그러나 아직까지 지자체 간 국제 연대는 선언적 수준에 머물러 있으며, 구체적 기술사업화 프로젝트로 이어진 사례는 드물다.

종합하면, 국제 협력 기반 프로그램과 지자체 연계 활동은 한국이 글로벌 RD&D에서 어떤 역할을 수행할 수 있는지를 보여주는 중요한 지표다. 하지만 현재의 활동은 초기 단계에 머무르고 있으며, 국제 재원 확보와 제도적 연계가 미흡하다는 공통된 한계를 가진다. 따라서 향후 정책은 국내 실증 성과를 국제 협력 플랫폼과 직접 연결하고, 지자체 활동을 글로벌 프로젝트로 확산시키는 구조적 설계를 필요로 한다.

국내 실증과 사업화 사례는 기술의 시장성과 실행 가능성을 입증했고, 국제 협력 프로그램은 글로벌 거버넌스와의 접점을 확대했다. 이제 필요한 것은 이 두 흐름을 하나로 연결하는 구조적 설계다. 즉, 국내 실증-국제 협력-재원 연계를 삼각 구조로 제도화하여, 정책 고객이 필요로 하는 ‘국내 성과의 국제 확산’이 실질적으로 작동하도록 해야 한다. 이는 단순한 기술 성공을 넘어, 한국이 글로벌 탄소중립 질서에서 선도적 위치를 확보하기 위한 전략적 선택이다.

#### 마. 정량조사를 위한 유망 기술사업 도출

앞서 살펴본 사례와 프로그램은 한국이 기후기술 RD&D 실증과 사업화에서 일정한 성과를 축적해왔음을 보여준다. 그러나 정책 설계의 실제 출발점은 ‘공급 가능한 기술’이 아니라 ‘수요자가 필요로 하는 기술’이어야 한다. 특히 개도국과 국제기구는 기술협력의 핵심 파트너이자 잠재적 시장이므로, 이들의 요구를 면밀히 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 이에 본 연구는 2025년 7월, 국제기구 및 개도국 전문가를 대상으로 한 설문조사와 심층 인터뷰를 수행하여, 국내 17대 탄소중립 기술군 가운데 국제 협력과 직결될 수 있는 유망

과제를 발굴하였다. 이는 단순한 기술 목록을 넘어, 향후 RD&D 정책을 수요 기반으로 전환하기 위한 전략적 기초 작업이라는 점에서 의의가 크다.

### 1) 조사 개요 및 방법

본 조사는 주한 개도국 대사관, 국제기구 실무진, 현장 전문가 등 7인을 대상으로 실시되었다. 응답자 구성은 국제기구 소속 전문가 6인과 개도국 대사관 관계자 1인으로, 참여 기관은 GGGI, WFP, UNDP, CTCN, GCF 등 주요 국제기구와 주한 베트남 대사관을 포함하였다. 활동 지역 또한 베트남, 피지, 에티오피아, 기니, 파푸아뉴기니 등 다양한 권역을 포괄하였다.

조사는 2025년 7월 14일부터 21일까지 8일간 온라인 서면 자문과 심층 인터뷰를 병행하는 방식으로 진행되었다. 설문지는 △기후기술 분야별 수요도 △기술 실증 및 사업화 제약 요인 △국제 협력 시 우선 고려사항 △향후 협력 희망 분야 등 네 가지 영역으로 구성되었으며, 모든 응답자가 최소 2개 이상 항목에 응답하였다. 일부 전문가는 전문항(Q1~Q4)에 응답하여 보다 심층적인 의견을 제시하였다.

서면 자문 종료 후, 심층 인터뷰를 통해 설문 결과의 가중치 반영 여부와 추가 유망 과제 제안이 수렴되었다. 인터뷰 과정에서는 응답자의 요청에 따라 개인 정보는 비식별화하고, 소속과 활동 지역만 반영하여 정책적 맥락을 분석하였다.

### 2) 조사 결과의 평가 체계

조사 결과의 객관성과 체계성을 높이기 위해 가중치 기반의 정량적 평가 지표를 도입하였다. 표 2-2는 항목별 설명과 가중치를 요약한 것이다.

**표 4-2** 기후기술 수요·실증 과제 평가를 위한 방법론 요약

항목	설명	기호	가중치
정책 적합성 및 수요 실증성	개도국의 전력·인프라·생활 기반 수요에 대한 실증 적합성	Sp	30%
디지털·AI 융합도	AI, 센서, 자동화, 빅데이터 등 디지털 전환 기술과의 연계성	Sd	25%
제안 빈도 및 국제기관 관심도	GGGI, UNDP, WFP 등 국제기구 실증 수요 또는 과제 제안 수	Sf	25%
기술 간 융합성과 확장성	타 기술과의 통합 가능성 및 PoC 확장성	Sx	20%

※ 출처: 저자 작성.

각 점수는 설문 데이터(Q1~Q3), 실증 제안 내용, 기술 융합성 판단 기준을 토대로 산출되었으며, 정량화가 어려운 영역(Sd, Sx)은 전문가 키워드 분석과 교차 검토(심층 인터뷰 병행)를 통해 10점 척도로 환산하였다. 최종 종합 점수는 다음과 같은 식으로 계산되었다.

$$S_{total} = 0.30 \cdot S_p + 0.25 \cdot S_d + 0.25 \cdot S_f + 0.20 \cdot S_x$$

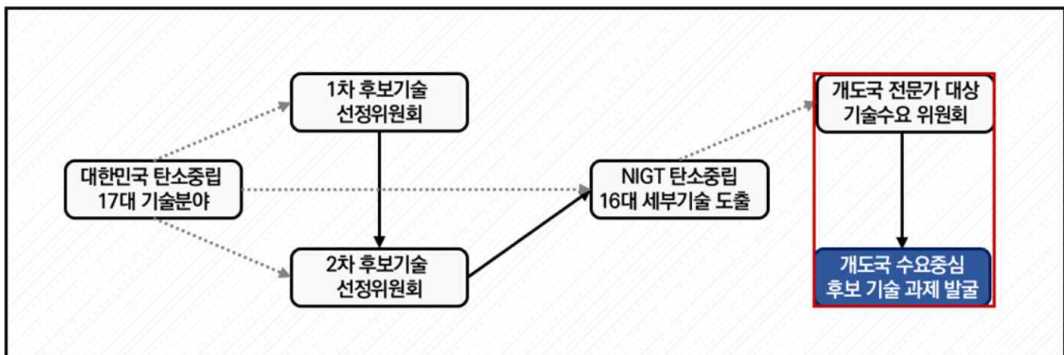
이 체계는 개도국 수요와 국제 협력 연계성을 동시에 반영하면서, 실제 사업화 가능성을 평가하는 기준으로 기능하였다.

### 3) 후보 기술 사업의 발굴 과정

그림 2-3은 본 연구에서 적용한 후보기술 발굴 및 선정 과정을 도식화한 것이다. 먼저 대한민국 탄소중립 17대 기술 분야를 기반으로 1·2차 후보기술 선정위원회 심의를 거쳐 NIGT의 탄소중립 16대 세부기술을 도출하였다. 이후 개도국 전문가를 대상으로 한 기술수요 위원회를 운영하여, 현지 수요를 반영한 후보기술 과제를 발굴하였다. 이 과정은 단순히 국내 기술 우위에 기초한 선정이 아니라, 개도국의 정책·산업적 수요를 구조적으로 반영했다는 점에서 의의가 있다.

이번 조사는 공급자 중심 기술 선정에서 벗어나, 국제기구 및 개도국 전문가들의 요구를 반영한 수요 기반 글로벌 RD&D 후보 과제 발굴이라는 점에서 중요한 기초 자료로 기능하였다. 이를 통해 향후 RD&D 정책은 기술 공급 중심에서 수요 맞춤형 협력 모델로 전환될 수 있는 전략적 근거를 마련하게 되었다.

**그림 4-3** 개도국 수요 중심 후보기술 발굴·선정 과정



※ 출처: 저자 작성.

#### 4) 조사 결과: 유망 과제 도출

본 연구팀은 개도국 RD&D 전략 수립 및 국제 공동실증사업 개발을 위해, 실효성 있는 유망 과제를 도출하는 데 목적을 두었으며, 단순 기술 우선순위가 아닌, 사업화 실현 가능성, 개도국 수요, AI/디지털 전환성과 융합성, 그리고 국제 확장 가능성을 중심으로 실증과제를 표 2-3과 같이 도출하였다.

조사 결과, 국제기구 및 주한 외교관 등 전문가들은 17대 기술군 중에서 총 10개 분야를 우선적으로 지목하였다. 특히 ▲태양광 및 재생에너지 통합 솔루션, ▲단주기 에너지저장장치(ESS), ▲스마트 송·배전망, ▲수소·암모니아 혼소 발전, ▲CCUS(탄소 포집·활용·저장), ▲스마트농업 및 기후적응형 농업기술, ▲청정 수자원 관리, ▲순환경제·폐기물 재활용, ▲고효율 연료전지, ▲기후 데이터 기반 AI 플랫폼이다.

**표 4-3** 국제기구 전문가 대상 TOP 10 RD&D 과제 리스트 결과

순위	RD&D 사업명	핵심 키워드
1	Smart Mobility RD&D Demonstration Using Second-Life Batteries and E-Bike Platforms	배터리 재사용, e-mobility
2	Urban Air Mobility RD&D Pilot for Smart and Inclusive City Services	드론, 스마트도시, 공중 모빌리티
3	Digital Building Energy Transition RD&D: AI-Driven Control, Monitoring and Performance Optimization	디지털 빌딩, AI 제어
4	AI-Based Demonstration Platform for GHG Optimization in Building and Energy Integration	AI, GHG 감축 플랫폼, 빌딩, 에너지융합
5	(Pacific) Green Transformation Project: Integrated Demonstration of Solar, Grid, and Storage Systems	태양광, 송배전, ESS, 데이터 기반 운영
6	AI-Driven Microgrid RD&D for Rural Electrification and Resource Optimization	분산전원 통합, 마이크로그리드, AI
7	Digital Cold Chain Storage RD&D Using Short-Cycle Energy Systems	단주기 저장, 냉장 물류, 에너지 절감
8	Smart Transmission RD&D for Food-Energy Security in Emerging Cities	지능형 송배전, 식량안보, 도시전력망
9	Circular Solar Waste Management RD&D for Urban Sustainability	폐태양광 재활용, 순환경제
10	AI-Based Energy Management RD&D for Climate-Resilient Agricultural Facilities	건물 제어, 농업전력, AI 기반 EMS

※ 출처: 저자 작성.

이러한 결과는 한국이 이미 강점을 보유한 분야와 상당 부분 겹친다. 예컨대 태양광·ESS·스마트그리드는 한국 기업과 연구기관이 국제 경쟁력을 확보하고 있는 영역이며, 수소 혼소 발전과 연료전지 분야 역시 국가 에너지전환 전략과 직결된다. 동시에, 개도국이 자체적으로 해결하기 어려운 분야로 CCUS, AI 기반 데이터 관리가 우선순위에 올랐다는 점은 한국의 기술외교와 정책 협력이 개도국의 수요 충족에 기여할 수 있음을 시사한다.

### 3) 결과 해석 및 정책적 의의

조사 결과는 몇 가지 중요한 정책적 함의를 제공한다. 첫째, 수요 기반 접근의 필요성이다. 지금까지의 연구개발은 공급자 중심으로 추진되는 경우가 많았다. 그러나 이번 조사를 통해 개도국은 단순한 신기술 도입보다는, 자국의 사회·경제·환경 여건에 맞는 솔루션을 원하고 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 한국의 RD&D 정책도 기술적 선도성만을 강조하기보다, 현지 수요와 맥락에 맞춘 맞춤형 포트폴리오를 구성해야 한다.

둘째, 제도·재원 연계의 중요성이다. 많은 응답자들은 기술 그 자체보다 이를 도입·운영할 수 있는 금융 구조, 제도적 지원, 현지 역량 강화를 더욱 중시하였다. 이는 앞서 분석한 국내 제도·정책 환경과도 연결된다. 즉, 기술이전·사업화, 금융·투자, 인허가·표준 체계를 국제화하지 않고서는 개도국 협력이 실질적 성과로 이어지기 어렵다. 이번 조사 결과는 이러한 제도적 연계의 필요성을 다시 한번 확인시켜 주었다.

셋째, 정량 연구의 확장 필요성이다. 정성적 조사에서 도출된 유망 과제와 인식 차이는 분명한 방향성을 제시하지만, 이를 계량화하지 않으면 정책적 설득력이 제한된다. 따라서 후속 연구에서는 TAM과 TOE 프레임워크를 적용한 설문조사와 통계분석을 수행할 예정이다. 이를 통해 연구자-기업-지자체-국제기구 등 주체별 인식 차이를 수치화하고, 수요 기반 정책의 타당성을 실증할 수 있을 것이다.

### 4) 소결

정리하면, 본 조사를 통해 발굴된 10대 유망 과제는 한국의 기술역량과 개도국의 수요가 맞닿는 교차점에 위치하고 있다. 이는 단순히 “무엇이 필요한가”를 넘어 “어떻게 연결할 것인가”라는 정책적 과제를 제기한다. 따라서 정책 고객에게 제시할 전략적 권고는 다음과 같이 요약할 수 있다. ① 기술이전·사업화 제도의 국제화와 유연화, ② 글로벌 재원 플랫폼(Horizon Europe, WB, P4G 등) 진입을 위한 협상·기획 역량 강화, ③ RD&D-실증-투자의 선순환 구조 제도화. 이러한 보완을 통해 국내 성과는 국제 파급력으로 확산될 수 있으며, 한국은 글로벌 탄소중립 질서 속에서 선도적 위치를 확보할 수 있을 것이다.

## 바. 성과와 한계

지금까지 논의한 바와 같이, 국내 실증 사례와 국제 협력 프로그램은 한국형 RD&D 모델이 글로벌 무대로 확산될 가능성을 보여주었다. 그러나 동시에 제도-재원-수요 측면의 한계도 역시 분명히 드러났다. 이에 이번 부분에서는 정성적 조사와 전문가 자문을 토대로 성과와 한계를 종합 정리하고, 후속 정량연구로의 확장 필요성과 정책적 시사점을 제시하고자 한다.

### 1) 성과

무엇보다 수요 기반 과제 포트폴리오 구축이 중요한 진전이다. 국제·개도국 수요 조사(FGI, 심층 인터뷰)에서 도출된 10대 유망기술 과제는 공급자 중심에서 수요자 중심으로 기획 전환을 이끌어냈다. 이는 국제기구·개도국의 현장 수요를 직접 반영한 최초의 포트폴리오로, 해외 실증 및 재원 연계의 진입 전략으로 작동할 수 있다.

둘째, 국제 네트워크 확대라는 측면에서 의미 있는 성과가 있었다. UNESCAP 총회, WB 자문회의, 한-EU 탄소중립 포럼 등 국제무대 참여는 한국 기술을 정책·재원 플랫폼에 공식적으로 제안할 수 있는 통로를 열었다. 이는 단순 교류가 아니라, 국제 정책·금융 생태계와 연동된 협력 파이프라인을 형성한 성과다.

셋째, 금융 연계 진전도 주목할 만하다. 교보증권, VC, 글로벌 투자기관과의 세미나에서 도출된 RD&D-실증-투자 연계 구조는 국내 제도만으로는 확보하기 어려운 국제 공동펀드·프로젝트 파이낸싱 논의를 구체화했다. 이는 기후테크 경제성을 제도적·금융적으로 설계할 수 있는 기초를 마련했다.

### 2) 한계

그러나 이러한 성과에도 불구하고, 여러 한계점이 뚜렷하게 확인되었다. 첫째, 개도국 수요와 국내 기술 간 간극이다. 내 기술은 고도화된 산업 구조를 전제로 하는 경우가 많아, 개도국의 저비용·기초 인프라 수요와 간극이 확인되었다. 이는 단순한 기술 격차라기보다 초기 과제 기획 단계에서부터 수요 반영이 체계화될 필요성을 보여준다.

둘째, 제도적 개선의 필요성이다. NST 및 공동 TLO 자문회의에서 기술이전 절차의 경직성과 해외 표준·인증 반영 부족이 지적되었다. 이는 글로벌 RD&D 확산을 위해 반드시 해결해야 할 제도 개선 과제로 제시되었다.

셋째, 현장 적용에 있어서의 제약이다. 국내 실증은 대체로 TRL 3 이후 본격화되지만, 국제 협력 프로젝트는 TRL 0~1 단계부터 초기 매칭이 이뤄진다. 큐레이터·전문 중개자 부재는 협력 초기 단계 진입을 어렵게 했으며, 이는 향후 플랫폼형 협력 모델 구축으로 개선 가능하다.

### 3) 정량연구로의 확장 필요성

정성적 분석은 글로벌 RD&D 추진의 성과와 발전 방향을 보여주었지만, 정책 수요자의 기대와 다양한 행위자 간 인식 차이를 계량적으로 규명하기에는 한계가 있었다. 이번 연구에서 확인된 연구자·기업·지자체·국제기구의 상이한 시각은 정책 설계의 중요한 참고자료가 되지만, 이를 보다 명확하게 정책으로 반영하기 위해서는 수치화된 근거가 필요하다.

이에 따라 후속 단계에서는 TAM(기술수용모형)과 TOE(기술-조직-환경) 프레임워크를 적용한 설문조사와 통계분석을 수행한다. TAM은 기술 수용성과 유용성을 검증해 정책과제의 실행력을 강화하고, TOE는 조직적·환경적 요인을 포함해 주체별 특성을 구체적으로 설명할 수 있다. 본 연구는 이러한 정량적 접근을 통해 주체별 인식 차이를 계량적으로 식별하고, 수요 기반 정책의 타당성을 실증적으로 강화한다. 즉, 정성조사가 방향성을 제시했다면 정량연구는 이를 뒷받침하는 과학적 근거를 제공함으로써 정책의 설득력을 한층 높이는 역할을 하게 된다.

### 4) 시사점

종합해보면, 한국의 탄소중립 글로벌 RD&D는 수요 기반 포트폴리오 구축, 국제 네트워킹 확대, 금융 연계 강화라는 성과를 이루었고, 동시에 앞으로 보완해야 할 영역도 확인되었다. 이러한 분석은 단순한 진단을 넘어, 정책 수요자가 활용할 수 있는 전략적 권고로 이어질 수 있다.

첫째, 기술이전·사업화 제도의 국제화와 유연화가 필요하다. 현재 국내 제도는 안정적으로 성과를 뒷받침하고 있으며, 이를 더욱 발전시켜 해외 실증과 국제기구 협력으로 확장할 수 있다. 계약 조건에 국제 인증·규제 대응을 포함하고, 공동 TLO를 해외 거점과 연결한다면 국내 성과가 자연스럽게 글로벌 시장 진출로 이어질 수 있다.

둘째, 글로벌 재원 플랫폼 진입 역량 강화가 요구된다. 기술-금융의 연계를 위해서는 각기 다른 재원 구조(Horizon Europe, 세계은행, P4G, MDB 등)의 각기 다른 강점을 가진 플랫폼을 제대로 파악하고, 맞춤형 전략으로 접근할 경우 한국의 기후기술은 연구 협력에서 실증·사업화, 나아가 국제 확산으로까지 이어질 수 있다. 이를 위해 국제 공동펀드 기획, 리스크 분담 협상, 정책-금융 연계형 제안서 작성 역량을 강화하는 것이 중요하다.

셋째, RD&D-실증-투자의 선순환 구조 제도화가 필요하다. 지금까지 성과는 개별 과제 단위에서 확인되었으나, 앞으로는 이를 체계적으로 연결하여 연구개발 단계부터 실증과 투자 연계까지 이어지는 패키지형 구조로 발전시킬 수 있다. 이를 통해 국내 성과가 국제 재원과 연계되고, 지자체·국제기구 협력까지 확장되는 종합적 구조가 마련될 것이다.

결국 이러한 보완과 발전을 통해 한국은 기술공급자의 위치를 넘어, 국제 규범과 시장을 주도하는 글로벌 기후기술 허브로 자리매김할 수 있다. 국내 성과는 국제적 파급력으로 확산되며, 이는 한국이 글로벌 탄소중립 질서 속에서 전략적 리더십을 확보하는 중요한 기반이 될 것이다.

## 2 기후기술 개도국 실증·사업화에 관한 인식과 글로벌 RD&D 장애요인 분석

### 가. 글로벌 RD&D와 개도국 실증·사업화의 정책·제도적 맥락

#### 1) 글로벌 RD&D 추진 동향

국제사회의 탄소중립 기술 연구개발 및 실증(RD&D)은 단순한 과학기술 진보를 넘어, 온실가스 감축과 기후적응이라는 인류 공동의 과제를 달성하기 위한 거버넌스·재원·외교가 결합된 복합 과정이다. 기술이 연구실 단계를 넘어 현장에서 실증되고, 이를 기반으로 제도화·확산으로 이어지기 위해서는 각기 다른 성격을 가진 글로벌 플랫폼들의 역할 분담과 연계가 필수적이다.

UN 체제는 국제적 합의를 기반으로 기후변화 대응을 제도화한 가장 포괄적 거버넌스 구조다. 그중 CTCN(Climate Technology Centre & Network)은 개도국의 요청에 따라 수요 맞춤형 기술협력을 제공하며, 현장 기반 실증 지원의 전초기지로 기능한다. 여기에 P4G(Partnering for Green Growth and the Global Goals 2030)가 민간 파트너십을 통해 중소기업·스타트업의 참여를 촉진하며, 초기 시범사업을 지원하는 역할을 더한다. 두 플랫폼은 규모는 작지만, 소규모·현장 중심·수요 대응형이라는 특성을 공유하며, RD&D의 첫 단계를 뒷받침한다.

이후 단계에서는 녹색기후기금(GCF)이 중요한 연결 고리를 담당한다. GCF는 UN 체제 안에서 설립된 독립적 재원 기구로, 다자개발은행(MDB)과 유사한 금융 구조를 가지면서도 차별성을 갖는다. 무엇보다 기후변화 대응을 전담하며, 무상지원(Grant)뿐 아니라 융자·지분투자 등 다양한 수단을 병행한다. 이를 통해 RD&D 성과가 개도국 현장에 확산되는 과정에서 발생하는 재무·정책 리스크를 완화한다. 대규모 인프라뿐 아니라 중규모·소지역 단위 프로젝트까지 지원함으로써, 실증 이후의 스케일업과 제도 정착을 가능케 한다.

반면 MDBs(세계은행, ADB, AfDB 등)은 본래 경제개발을 위한 인프라 투자가 주된 임무이며, 기후변화는 최근 비중이 확대된 투자 의제 중 하나다. 대규모 대출·투자를 중심으로 검증된 기술을 국가 단위 경제개발 사업에 접목하는 성격이 강하다. 따라서 GCF가 실증 성과를 확산·제도화하는 단계라면, MDB는 이를 대규모 인프라와 국가 개발 전략에 결합하는 후속 단계라고 할 수 있다. 다만 MDB는 대출 중심이라 개도국의 부채 부담이 수반되며, 이는 무상지원 구조도 갖춘 GCF와의 가장 큰 차별점이다.

한편, Horizon Europe은 EU가 운영하는 연구·혁신 프로그램으로, 한국을 포함한 주요국들이 준회원국 형태로 참여한다. 연구·실증·정책·시장 진입의 순환 구조를 설계해, 국제 RD&D 협력의 선도적 모델로 평가된다. 유럽 내 실증 프로젝트와 국제 표준화를 연계해,

한국과 같은 기술 보유국의 성과를 EU에서 검증하고 이를 다시 개도국 확산으로 연결하는 삼각 협력 구조를 구현한다.

종합하면, 국제 RD&D 플랫폼은 다음과 같이 계단형 발전 경로를 형성한다.

- CTCN·P4G는 소규모, 수요 기반, 초기 실증 중심
- GCF는 기후변화 특화, 무상지원 포함, 중·대규모 확산과 제도 정착
- MDBs는 대규모 인프라 중심, 기후변화는 신흥 투자 의제
- Horizon Europe은 연구·혁신 중심, 국제 표준화 및 기술 정책 연계 가능

즉, 전초 단계(CTCN·P4G) → 확산·제도 정착(GCF) → 대규모 인프라 확산(MDBs)으로 이어지는 구조 속에서, Horizon Europe은 개별 혁신 과제화를 통해 전체 과정의 기반을 마련하는 연구 수행을 가능하게 할 것으로 예상된다. 한국이 글로벌 RD&D 전략을 설계할 때는 이 차별성과 연계성을 동시에 고려해야 한다.

## 2) 설문조사의 필요성

이와 같은 플랫폼 분석은 국제 RD&D의 구조를 이해하는 데 필수적이지만, 정책 논의만으로는 한계가 있다. 실제 협력 과정에서는 정부, 연구기관, 기업, 국제기구, 금융기관 등 다양한 주체가 얽혀 있으며, 개도국의 수요와 선진국의 공급 논리가 충돌하는 경우가 빈번하다. 따라서 제도 분석만으로는 현장의 인식과 수요 불일치를 충분히 설명하기 어렵다.

이를 보완하기 위해 본 연구는 국내외 전문가와 이해관계자를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문조사의 목적은 세 가지다.

첫째, 인식 격차를 계량적으로 확인하는 것이다. 국내 연구자·기업·정책 담당자가 인지하는 장애요인과 개도국 현장의 실제 수요 간 차이를 수치로 파악해, 정성적 분석에서 드러난 불일치를 검증한다.

둘째, 우선순위 도출의 근거 마련이다. 글로벌 RD&D는 제한된 자원 속에서 기술·재원·지역을 선택적으로 집중해야 한다. 설문 결과는 유망 과제 선정과 자원 매칭의 객관적 기준으로 활용될 수 있다.

셋째, 정책 대응의 정합성 제고이다. 설문은 단순 의견 수렴이 아니라, 정책 당국이 제도 개선, 국제 협력 전략, 민간 참여 유도 방안을 설계하는 데 필요한 실증적 근거를 제공한다.

결국, 설문조사는 앞서 살펴본 국제·국내 맥락을 실제 정책 연구로 연결하는 “교량적 역할”을 수행한다. 인식과 수용성에 대한 정량적 분석 없이는 이번 연구가 문헌과 제도 검토에 머무를 수밖에 없다. 반대로 설문조사를 통해 확보한 실증적 데이터와 정책적 시사점을 결합하면, 보다 현장성 있고 실행가능한 전략을 설계하는 데 필요한 기초를 마련할 수 있다.

## 나. 조사 설계와 방법론

### 1) 조사 목적과 범위

본 조사는 기후기술의 개도국 실증 및 사업화 과정에서 이해관계자들이 인식하는 필요성, 장애요인, 정책적 요구를 실증적으로 규명하기 위해 수행되었다. 기존의 국제 협력 사례와 제도적 분석만으로는 현장의 인식 차이와 실제 수요를 충분히 설명하기 어렵다는 한계가 있었기 때문이다. 이에 따라 이번 조사는 다음 세 가지 목적을 가진다.

첫째, 인식 파악이다. 기후기술의 글로벌 RD&D와 개도국 실증·사업화의 필요성과 효과에 대해 정부 및 NST, 그리고 범출연(연) 기술사업화를 담당하는 전문가들이 어떻게 인식하는지를 확인하고, 집단 간 차이를 규명한다.

둘째, 장애요인 규명이다. 기술 실증과 사업화 과정에서 발생하는 위험·비용 부담, 제도적 미비, 현지 수용성 부족, 자원 연계 한계 등 구체적 장애 요인을 계량적으로 분석한다. 특히 개도국 수요와 국내 기술공급 주체의 인식 차이를 확인함으로써 정책적 불일치를 드러내는데 중점을 두었다.

셋째, 정책 반영이다. 응답 결과를 토대로 기술 분야별 우선순위를 설정하고, 국제 자원 연계 방안을 모색한다. 이를 통해 보고서 후속 장에서 제시할 글로벌 RD&D 활성화 방안의 근거 자료로 활용한다.

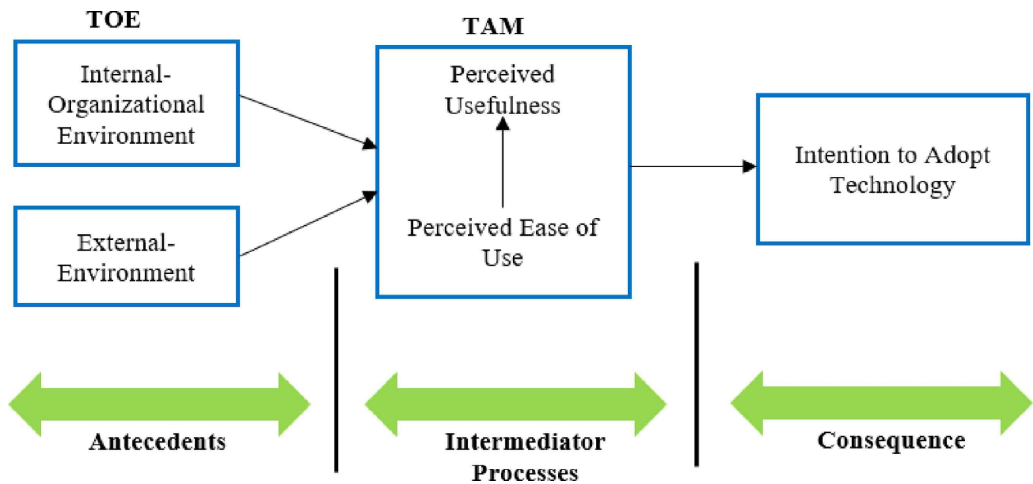
조사의 범위는 국내 탄소중립 기술 연구자와 사업화 담당자, 정책 및 제도 담당자 등으로 한정하였다. 대상에는 과학기술정보통신부, 국가과학기술연구회(NST), 출연(연) 및 패밀리 기업, 공동 TLO 등 실제 글로벌 RD&D 사업화 과정에 직·간접적으로 관여하는 행위자들이 포함되었다.

### 2) 설문 및 인터뷰 설계

#### 가) 설계 프레임워크

본 연구의 분석모델은 그림 2-4와 같이 기술수용모델(TAM: Technology Acceptance Model)과 기술-조직-환경(TOE: Technology-Organization-Environment) 프레임워크를 통합한 구조를 이론적 모형으로 제시한다. 기술 채택 과정은 크게 선행 요인(Antecedents) - 매개 과정(Intermediator Processes) - 결과(Consequence)의 세 단계로 구분된다.

그림 4-4 TOE &amp; TAM 프레임워크



※ 출처: Chatterjee, S. et al. (2021). Understanding AI adoption in manufacturing and production firms using an integrated TAM-TOE model.

먼저 TOE 요인(선행요인)은 조직 내부와 외부의 맥락적 조건을 포괄한다. 내부 조직 환경(Internal-Organizational Environment)은 최고경영진의 지원, 조직의 역량, 제도적 준비도 등과 같은 요소가 포함된다(Tornatzky & Fleischer, 1990; Alshamaila et al., 2013). 그리고 외부 환경(External Environment)은 정부 규제, 국제시장 불확실성, 경쟁 압력 등 외부 제도와 정책 환경이 포함된다(Hossain & Quaddus, 2011; Yang et al., 2015).

이러한 요인들은 곧 TAM 요인(매개 과정)으로 연결된다. TAM은 기술 채택 의도에 영향을 미치는 핵심 인지적 요인으로 지각된 유용성(Perceived Usefulness, PU)과 지각된 사용 용이성(Perceived Ease of Use, PEOU)을 제시한다(Davis, 1989). 조직 구성원이 기술을 얼마나 유용하다고 인식하는지, 그리고 사용이 얼마나 용이하다고 느끼는지가 기술 수용의 핵심 경로로 작용한다.

또한 TAM의 확장모델인 UTAUT(Venkatesh et al., 2003)는 PU·PEOU와 더불어 성과기대, 노력기대, 사회적 영향력, 촉진조건을 중요한 채택 결정 요인으로 규명했다. 이는 기술 채택이 단순히 개인의 인지적 판단을 넘어서, 조직적 지원과 사회적 환경과 밀접하게 연관되어 있음을 시사한다.

마지막으로, 이러한 매개 과정을 통해 도출되는 결과는 기술 채택의도(Intention to Adopt Technology)로 나타난다. 즉, 내부·외부 환경에서 비롯된 조직적·제도적 요인이 개인·조직의 인지적 평가를 거쳐 기술 도입 의사결정으로 연결되는 것이다.

따라서 본 연구는 Chatterjee et al.(2021)의 연구를 참고하여, TOE가 제시하는 조직·환경적 맥락과 TAM이 제시하는 인지적 요인을 통합적으로 분석하고, 기후기술의

개도국 실증 및 사업화 과정에서 나타나는 수용성 문제와 정책적 함의를 체계적으로 규명하고자 한다.

#### 나) 주요 문항 영역

설문 문항은 인구통계 항목을 제외하고 약 30개로 구성되었으며, 글로벌 RD&D와 개도국 실증·사업화의 필요성과 파급효과, 위험과 비용, 기술 복잡성, 제도·정책 지원 수준, 환경적 불확실성, 협력 희망 분야, 정책 수요 등을 포함했다.

- ① 인식 항목: 글로벌 RD&D와 개도국 실증·사업화의 필요성과 파급효과에 대한 평가 (Q11~Q13, Q21)
- ② 장애요인 항목: 위험과 비용 (Q19), 기술 복잡성 (Q20), 제도·정책적 지원 수준 (Q22~Q26), 환경적 불확실성 (Q27~Q31)
- ③ 협력 희망 분야: UN CTCN 15대 분야, 국내 17대 탄소중립 기술을 대상으로 개도국 적용 필요성과 국내 기여 가능성 평가 (Q12, Q32, Q33)
- ④ 정책 수요 항목: 정부, NST, 출연(연), 기업별로 필요한 정책 지원 방향(재원, 제도, 국제 협력 강화 등)

대부분의 문항은 5점 내지 7점 리커트 척도로 측정되었으며, 일부 문항은 우선순위 선택과 개방형 응답 형식을 통해 정성적 정보를 함께 수집했다.

### 3) 분석 절차

#### 가) 표본 구성

최종 응답자는 총 126명으로, 과학기술정보통신부 5명, 국가과학기술연구회(NST) 13명, 출연(연) 연구자 68명, 출연(연) 패밀리기업 17명, 기타(협력기관 등) 23명 순이다. 응답자의 연령은 30대(38.1%)와 40대(29.4%)가 주류를 이루었고, 학력은 박사(36.5%), 학사(36.5%), 석사(27.0%)로 고학력 전문가 비중이 높았다. 직무는 연구개발(41.3%)과 기술 실증·사업화(45.2%)가 절반 이상을 차지해, 이번 조사가 실제 사업화와 밀접하게 연결된 집단의 인식을 반영했음을 보여준다.

표 4-4 조사 설계

연구방법	온라인 설문조사
모집단	탄소중립기술 RD&D 및 사업화 관련 종사자
표집틀	자체 구축한 설문 패널
표본추출법	설문 패널 중 자원하는 자의 응답을 수집(편의 표집, 지원자 표집)
표본크기	126명 (과기부 5명, NST 13명, 출연(연) 68명, 패밀리기업 17명, 기타 23명)
조사기간	2025년 9월 10일 - 23일

#### 나) 정성 조사와 정량 설계의 연계

조사 설계 과정에서는 정량적 설문조사와 더불어 일부 정성적 의견 수집을 병행하였다. 개방형 질문을 통해 자유 기술된 응답은 정량 데이터가 포착하지 못하는 맥락적 요인을 확인하는 데 활용되었다. 예를 들어, 일부 응답자는 국제 협력에서 문화적 장벽, 현지 제도 미비, 파트너십 구축의 어려움을 지적했으며, 이는 후속 분석에서 중요한 질적 보완자료로 반영되었다.

#### 다) 분석 기법

데이터 분석은 크게 세 단계로 수행되었다.

- ① 기초 통계 분석: 빈도, 평균, 표준편차를 활용해 응답자의 일반적 인식 수준 확인
- ② 요인분석 및 신뢰도 검증: TAM·TOE 기반 항목들의 내적 일관성을 검증하고, 주요 장애요인을 구조화
- ③ 집단 간 비교 분석: 정부, 연구기관, 기업, NST 등 응답자 그룹별로 인식 차이를 비교해 정책적 시사점 도출

이를 통해 글로벌 RD&D 추진 과정에서 공통적으로 인식되는 장애요인과 집단별 상이한 관점을 도출하고, 정책적 개입 지점을 구체화할 수 있었다.

#### 다. 인식과 행동의향

##### 1) 글로벌 RD&D 및 실증·사업화 필요성 인식과 행동의향

이번 조사에서 확인된 가장 중요한 결과는 응답자 전반이 기후기술의 글로벌 연구개발(RD&D)과 개도국 실증·사업화 필요성에 대해 분명히 긍정적인 인식을 보였다는

점이다. 이는 기후위기 대응을 위한 국제 협력이 단순한 선택이 아니라 필수적 과제라는 공통된 인식에서 비롯된 것이다. 특히 행동 의향 항목에서 “국제 협력 기회가 주어진다면 실제 참여하겠다”는 질문에 대해 정부 집단은 평균 5.1점(±1.3), 출연(연)은 5.0점(±1.3)으로 응답해 적극적인 참여 의지를 드러냈다. 이러한 결과는 정부와 연구기관이 국제 협력을 정책적·학문적 가치뿐 아니라 국가 경쟁력 강화의 기회로 인식하고 있음을 보여준다.

반면, 국가과학기술연구회(NST)와 기업 집단은 각각 4.7점(±1.3, ±1.6)으로 상대적으로 낮게 나타났다. 그러나 이 역시 국제 협력의 필요성 자체를 부정한다기보다는 각 기관의 역할과 조건이 반영된 결과로 이해할 수 있다. NST는 연구 수행보다는 조정과 지원 기능에 중점을 두기 때문에 실제 사업 참여 의향에서는 제한적으로 보일 수 있다. 기업은 무엇보다도 수익성과 시장성 확보를 전제 조건으로 고려한다는 점에서, 사업적 타당성이 확보되지 않을 경우 신중한 태도를 취하는 것으로도 해석할 수 있다.

**표 4-5** 개도국 기술 실증 및 사업화 의향 인식

	전체 응답자 (N = 126)		NST 응답자 (n = 13)		출연(연) 응답자 (n = 68)		기업 응답자 (n = 17)	
	평균	SD	평균	SD	평균	SD	평균	SD
정부 의향 인식	5.1	1.3	4.7	1	5	1.2	5.7	1.2
NST 의향 인식	4.7	1.3	4	1.5	4.7	1.2	5.2	1.1
출연 의향 인식	5	1.3	4.4	1.3	5.1	1.3	5.3	1.4
기업 의향 인식	4.7	1.6	4.4	2	4.6	1.6	4.7	1.1

이러한 집단별 차이는 상호 보완적으로 해석할 필요가 있다. 정부와 출연(연)이 국제 협력의 필요성과 공공적 가치를 선도적으로 제시한다면, 기업은 이를 실제 시장성과 수익성 측면에서 검증하는 역할을 담당할 수 있다. 즉, 두 집단이 서로 다른 기준을 기반으로 참여함으로써 국제 협력 프로젝트는 공공성과 시장성을 동시에 충족할 수 있다.

정책적으로 중요한 과제는 기업과 NST의 참여를 보다 적극적으로 유도할 수 있는 실질적인 제도적 장치를 마련하는 것이다. 특히 NST는 법령상 출연(연)의 지원과 육성에 관한 책무성을 지니고 있기에 NST의 국제 기술사업화에 대한 지원은 필수적이다. 이를 위해서는 국제 재원 연계, 위험 분담 메커니즘, 그리고 성과 기반 인센티브 설계가 필요하다. 예를 들어, 정부와 국제기구가 공동으로 기금을 조성하여 초기 리스크를 분담하고, 프로젝트 성과에 따라 민간 기업이 안정적으로 수익을 확보할 수 있는 구조를 마련한다면 기업의 참여도는 크게 높아질 수 있다. 또한 NST의 경우 국제 협력 프로젝트에서 조정자 역할을 더욱 강화할 수 있도록 제도적 권한과 인적 자원을 보강하는 방향이 효과적일 것이다. 이러한 보완을 통해 각 집단이

가진 고유한 강점이 극대화되고, 국제 협력 생태계가 한층 견고해질 수 있다.

결국, 응답 결과는 집단별로 차이는 있으나 전반적으로 국제 협력의 필요성에는 공감대가 형성되어 있음을 보여준다. 이를 바탕으로 정부와 출연(연)이 제도적·정책적 기반을 마련하고, 기업과 NST가 시장성과 조정 기능을 강화하는 방식으로 역할을 분담한다면 기후기술 글로벌 RD&D와 실증·사업화는 보다 안정적이고 지속 가능한 방향으로 추진될 수 있을 것이다.

## 2) 위험과 비용 부담 인식

행동 의향과 달리, 위험과 비용 부담은 모든 집단에서 공통적으로 높은 수준을 보였다. 설문 Q19 결과에 따르면, 위험과 비용 인식 모두 평균 5.7점(±1.1)으로 나타났다. 이는 개도국 현장에서 기후기술을 실증하거나 사업화하는 과정에서 발생할 수 있는 불확실성과 재정적 부담을 응답자들이 상당히 크게 인식하고 있음을 의미한다.

세부적으로 살펴보면, 정부 집단은 위험과 비용 모두 5.7점으로 응답하여 정책 추진 과정에서 자원 확보와 제도적 기반 마련이 필요함을 시사하였다. NST는 위험 5.6점, 비용 5.2점으로 나타났는데, 이는 직접적인 사업 수행보다는 조정 역할에 중점을 두는 기관적 특성이 반영된 것이다. 출연(연)은 위험 5.8점, 비용 5.7점으로 상대적으로 높은 수준을 보였는데, 이는 해외 현장에서의 기술 적용 가능성에 대한 불확실성을 크게 우려한 것으로 해석할 수 있다. 기업 집단은 위험 5.7점, 비용 6.0점으로 특히 비용 부담을 주요 제약 요인으로 꼽았다. 이는 기업이 국제 협력 참여에서 수익성과 리스크 관리가 필수적이라는 점을 강조하는 결과이다.

표 4-6 개도국 기술 실증 및 사업화의 위험 인식과 비용 인식

	전체 응답자 (N = 126)		NST 응답자 (n = 13)		출연(연) 응답자 (n = 68)		기업 응답자 (n = 17)	
	평균	SD	평균	SD	평균	SD	평균	SD
위험 인식	5.7	1.1	5.6	1	5.8	1	5.7	1.1
비용 인식	5.7	1.1	5.2	1.1	5.7	1	6	1.1

이러한 결과는 기후기술 국제 협력의 필요성과 참여 의향에 대한 공감대가 존재함에도 불구하고, 실행 단계에서는 위험과 비용이라는 현실적 제약이 모든 집단에 공통적으로 존재함을 보여준다. 그러나 이는 국제 협력이 불가능하다는 의미가 아니라, 오히려 정책적 개선을 통해 충분히 극복 가능한 과제임을 드러낸 것이다.

정책적 보완 방향은 크게 세 가지로 제시할 수 있다. 첫째, 자원 확보와 위험 부담 메커니즘 강화이다. 국제 기후기금(GCF), 다자개발은행(MDB) 등과의 공동 펀딩 구조를 적극 활용하여 초기 비용을 분담한다면 기업이 인식하는 재정적 부담은 상당 부분 완화될 수 있다. 둘째,

프로젝트 리스크 관리 체계 고도화가 필요하다. 개도국 현장에서 발생할 수 있는 정치·제도적 불확실성이나 인프라 제약은 실증 사업의 안정성을 위협한다. 이를 해결하기 위해 정부와 출연(연)은 사전 타당성 조사와 위험 평가를 제도화하고, 현지 파트너십을 통해 관리 역량을 강화할 필요가 있다. 셋째, 성과 기반 보상 구조 설계가 요구된다. 기업의 참여 확대는 단순한 보조금 제공보다, 투자 대비 성과가 명확히 보장되는 구조를 마련할 때 가능하다. 이는 기업이 비용 부담을 제약 요인으로 인식하는 상황을 개선할 수 있는 중요한 방안이다.

따라서 위험과 비용 인식은 단순한 장애 요인이 아니라, 제도적 보완을 통해 발전적 기회로 전환될 수 있는 영역이다. 정부와 연구기관, 기업이 각각의 우려를 해결할 수 있는 장치를 마련한다면, 응답자들이 제시한 높은 위험·비용 인식은 오히려 국제 협력 프로젝트의 안정성과 지속 가능성을 강화하는 동력이 될 수 있다.

### 3) 소결

이번 분석은 두 가지 중요한 시사점을 제시한다. 첫째, 국제 협력의 필요성과 참여 의향에 대한 긍정적 인식이 집단별로 존재한다는 점이다. 정부와 출연(연)은 정책적·학문적 필요성을 강조하며 적극적 참여 태도를 보였고, NST와 기업은 각각 조정 기능과 사업성 확보라는 조건을 전제로 참여 의지를 나타냈다. 둘째, 위험과 비용 부담은 모든 집단에서 공통적으로 인식되지만, 이는 보완을 통해 충분히 극복 가능한 과제라는 점이다. 자원 분담, 제도 강화, 리스크 관리, 성과 기반 구조 설계를 통해 응답자들이 인식한 부담은 오히려 협력을 안정적으로 추진할 수 있는 제도적 장치로 전환될 수 있다.

따라서 정책적 방향은 명확하다. 기업 참여 확대를 위한 인센티브 설계, 국제 자원 연계 강화, NST의 조정 기능 보강, 출연(연)의 현장 실증 지원 체계 확립 등을 통해 국제 협력의 기반을 강화한다면, 기후기술 글로벌 RD&D와 개도국 실증·사업화는 더욱 발전적으로 추진될 수 있다. 이번 조사 결과는 단순한 진단이 아니라, 개선을 통해 더 나은 정책과 제도를 만들어갈 수 있다는 가능성을 분명히 보여준다.

## 라. 기술·조직·환경 요인 분석

이번 파트에서는 기술수용모형(TAM)과 기술-조직-환경(TOE) 프레임워크에 근거하여 응답자들의 인식을 다각도로 분석하였다. 분석 결과는 크게 기술 요인, 조직 요인, 환경 요인 세 영역으로 구분되었다. 기술 요인에서는 기술 복잡성과 기술 이점을 중심으로, 조직 요인에서는 결정권자 지지 및 기관별 준비도를 중심으로, 환경 요인에서는 법·규제 및 지원 체계, 시장 불확실성 등을 중심으로 검토하였다. 이러한 분석을 통해 단순한 수치 제시에 그치지 않고, 해당 결과가 정책적으로 어떤 의미를 지니며, 향후 보완과 개선을 통해 어떻게 더 발전적인 국제 협력 기반을 구축할 수 있는지를 제시하고자 한다.

## 1) 기술 요인 (TAM 기반 분석)

기술 요인은 응답자들이 기후기술을 해외 현장에서 적용할 때 인식하는 난이도와 기대 효과를 보여준다. 먼저 기술 복잡성은 전체 평균 4.9점( $\pm 1.3$ )으로 나타났다. 이는 절대적으로 높은 수치는 아니지만, 기술 도입 과정에서 일정 수준의 난이도와 장벽이 있다고 응답자들이 인식하고 있음을 보여준다. 복잡성 점수가 중간 이상이라는 것은 기술이 개도국 맥락에 적용될 때 단순한 이전이 아니라, 현지 제도·문화·인프라 조건에 맞는 추가적 조정이 필요하다는 점을 시사한다. 따라서 기술 복잡성 인식은 부정적 장애 요인이기보다, 현지 적합성을 높이기 위한 맞춤형 조정 노력의 필요성을 드러내는 긍정적 신호로 해석할 수 있다.

반면 기술 이점은 평균 5.8점( $\pm 0.9$ )으로 매우 높은 수준을 기록하였다. 특히 기업 응답자는 6.0점으로 가장 높은 기대치를 나타냈다. 이는 기후기술의 개도국 적용이 단순히 온실가스 감축이라는 환경적 효과를 넘어, 신시장 개척, 글로벌 파트너십 강화, 해외 진출 확대 등 다차원적 이익을 가져올 수 있다는 점에 대한 공감대가 폭넓게 형성되어 있음을 의미한다. 다시 말해, 복잡성에 대한 인식에도 불구하고, 응답자들은 기후기술협력이 제공할 잠재적 성과를 매우 긍정적으로 평가하고 있는 것이다.

**표 4-7** 개도국 기술 실증 및 사업화의 기술복잡성 인식과 기술이점 인식

	전체 응답자 (N = 126)		NST 응답자 (n = 13)		출연(연) 응답자 (n = 68)		기업 응답자 (n = 17)	
	평균	SD	평균	SD	평균	SD	평균	SD
기술복잡성 인식	4.9	1.3	4.9	1.3	4.9	1.3	4.8	1.6
기술이점 인식	5.8	0.9	5.8	1	5.8	0.9	6	0.7

정책적 관점에서 보면, 기술 복잡성과 이점 사이의 간극은 국제 협력 프로젝트 설계 시 중점적으로 고려해야 할 부분이다. 즉, 높은 기대 효과를 실현하기 위해서는 복잡성에 대한 체계적 대응이 반드시 병행되어야 한다. 복잡성을 줄이는 방법은 단순화된 기술 이전보다는 현지 맞춤형 교육·훈련, 단계적 기술 이전, 현지 기업·기관과의 공동개발과 같은 협력 방식을 강화하는 것이다. 이를 통해 응답자들이 긍정적으로 인식한 이점을 실질적 성과로 전환할 수 있다.

## 2) 조직 요인 (TOE 기반 분석)

조직 요인 분석에서는 결정권자 지지와 각 기관의 준비도에 대한 응답이 포함된다. 전체적으로 보면, 결정권자 지지는 평균 4.3점( $\pm 1.7$ )으로 나타나 중간 수준에 해당한다. 이는 기후기술 국제 협력의 필요성에 대해서는 공감하지만, 조직 내에서 실질적인 정책 지원이나

전략적 의사결정의 일관성이 다소 부족할 수 있음을 의미한다. 그러나 이 수치는 동시에 조직 내에서 기후기술을 전략적 우선순위로 격상시킬 여지가 충분함을 보여주는 지표로도 해석할 수 있다.

기관별 준비도에서는 정부 4.4점, NST 3.9점, 출연(연) 4.5점, 기업 4.2점으로 집계되었다. 이 가운데 NST가 가장 낮은 평가를 받았다는 점이 주목된다. 이는 NST가 직접적인 기술 사업화보다는 조정과 관리 기능에 집중하고 있기 때문으로 이해할 수 있다. 출연(연)은 4.5점으로 가장 높은 수준을 보였으며, 이는 연구기관이 국제 협력 추진 과정에서 기술적 기반과 네트워크 경험을 상대적으로 많이 축적하고 있음을 시사한다. 기업은 4.2점으로 나타났는데, 이는 기업이 기후기술 사업화를 통해 시장 진출을 모색하고 있음에도 불구하고, 국제 협력 경험이나 현지 파트너십 구축 측면에서는 아직 보완할 부분이 있다는 것을 보여준다.

**표 4-8** 개도국 기술 실증 및 사업화에 관한 결정권자 지지와 조직 준비도 인식

	전체 응답자 (N = 126)		NST 응답자 (n = 13)		출연(연) 응답자 (n = 68)		기업 응답자 (n = 17)	
	평균	SD	평균	SD	평균	SD	평균	SD
결정권자 지지 인식	4.3	1.7	3.5	1.4	4.1	1.5	4.7	2.3
정부 준비도 인식	4.4	1.3	3.7	1.7	4.4	1.2	5	1.6
NST 준비도 인식	3.9	1.4	3.1	1.5	3.9	1.4	4.7	1.7
출연연 준비도 인식	4.5	1.3	4.4	1.6	4.4	1.3	4.6	1.6
기업 준비도 인식	4.2	1.4	4.1	1.7	4.3	1.4	4.2	1.5

이러한 결과는 각 집단의 특성에 따른 차이를 드러내는 동시에, 향후 정책적 지원의 방향성을 제시한다. 즉, 연구기관은 이미 축적된 기술적 역량을 국제 협력으로 확장할 수 있도록 지원하고, 기업은 글로벌 파트너십과 프로젝트 관리 역량을 강화할 수 있는 제도적 기반이 필요하다. NST의 낮은 준비도는 부정적 신호라기보다, 정책적 지원과 조정 기능 강화를 통해 빠르게 개선할 수 있는 영역으로 해석할 수 있다. 따라서 조직 요인 분석은 단순히 현 수준을 진단하는 것이 아니라, 어떤 집단에 어떤 형태의 지원을 제공해야 하는지를 보여주는 실질적 지침 역할을 한다.

### 3) 환경 요인 (TOE 기반 분석)

환경 요인에서는 법·규제 인식, 정부 및 기관의 지원, 시장 불확실성이 포함되었다. 국내 법·규제는 평균 3.5점(±1.3), 국제 법·규제는 3.6점(±1.3)으로 비교적 낮게 나타났다. 이는 응답자들이 제도적 기반을 충분히 갖추지 못했다고 인식하고 있음을 의미하지만, 동시에 이를

보강하면 국제 협력의 신뢰성과 실행력이 크게 제고될 수 있음을 시사한다. 즉, 현 단계에서 제도적 기반은 한계로 지적되지만, 이를 강화하는 것이 가장 빠른 개선 효과를 가져올 수 있는 영역이다.

지원 수준을 보면 정부 4.4점, NST 4.0점, 출연(연) 4.4점, 기업 4.3점으로 중간 이상의 평가를 받았다. 이는 응답자들이 정부와 기관 차원에서 일정 수준의 지원이 제공되고 있음을 긍정적으로 평가하고 있음을 보여준다. 다만 NST 지원은 상대적으로 낮게 나타나, 기관 간의 역할 분담과 지원 체계에서 보완이 필요함을 알 수 있다. 시장 불확실성은 평균 4.4점( $\pm 1.3$ )으로, 응답자들이 해외 진출 과정에서 경제적·제도적 변동성을 크게 인식하고 있음을 보여준다.

**표 4-9** 개도국 기술 실증 및 사업화를 둘러싼 법률/규제, 파트너 서포트, 시장 불확실성에 대한 인식

	전체 응답자 (N = 126)		NST 응답자 (n = 13)		출연(연) 응답자 (n = 68)		기업 응답자 (n = 17)	
	평균	SD	평균	SD	평균	SD	평균	SD
국내 법규제 인식	3.5	1.3	3.2	1.5	3.5	1.4	3.1	1.3
국제 법규제 인식	3.6	1.3	3.6	1.5	3.5	1.3	3.2	1.6
정부 서포트 인식	4.4	1.2	4	1.5	4.4	1.1	4.4	1.5
NST 서포트 인식	4	1.3	3.7	1.5	4	1.4	4.2	1.6
출연연 서포트 인식	4.4	1.3	4	1.5	4.5	1.3	4.4	1.6
기업 서포트 인식	4.3	1.3	3.8	1.8	4.4	1.3	4.2	1.6
시장 불확실성 인식	4.4	1.3	4.4	1	4.6	1.2	4.5	1.6

이러한 결과를 종합하면, 환경 요인에서 가장 중요한 과제는 규제와 제도의 불확실성을 줄이고 지원 체계를 명확하게 하는 것이다. 응답자들은 국내외 규제에 대해 낮은 점수를 주었지만, 이는 곧 제도적 기반을 마련할 경우 참여 의향과 실행 가능성이 높아질 수 있음을 의미한다. 따라서 향후 정책적 노력은 규제 개선과 제도 표준화에 집중하는 것이 바람직하다. 동시에 시장 불확실성을 줄이기 위해서는 국제 협력 프로젝트의 위험을 공유할 수 있는 다자간 파트너십 체계와 금융 지원 장치가 필요하다.

#### 4) 소결

기술, 조직, 환경 요인에 대한 분석은 개별적인 현황 진단을 넘어, 상호 연계된 발전 방향을 제시한다. 기술 요인에서는 복잡성 인식이 존재하지만 이점에 대한 기대가 훨씬 크다는 점이 확인되었다. 이는 맞춤형 조정과 단계적 협력을 통해 복잡성을 줄이면 이점을 실질적 성과로

전환할 수 있음을 보여준다. 조직 요인에서는 출연(연)과 정부의 준비도가 상대적으로 높아 국제 협력의 선도 주체로 활용할 수 있음을 시사하며, 기업과 NST는 역량 강화 지원을 통해 빠르게 개선할 수 있는 영역임이 드러났다. 환경 요인에서는 규제와 제도적 기반이 상대적으로 취약하지만, 이를 강화하면 국제 협력의 신뢰성과 효율성이 크게 향상될 수 있음을 확인할 수 있었다.

정책 보고서의 관점에서 본다면, 본 장의 분석은 기후기술 국제 협력 정책이 앞으로 나아가야 할 세 가지 축을 제시한다. 첫째, 기술 복잡성을 줄이는 현지 맞춤형 협력 모델 구축이다. 이는 단순한 기술 이전을 넘어, 개도국 현지의 제도·인프라와 결합된 공동개발 방식으로 추진해야 한다. 둘째, 조직 역량 강화를 통한 참여 주체 다변화다. 연구기관과 정부는 이미 높은 수준의 참여 의지를 보이고 있으므로, 이를 기업과 NST까지 확장하기 위해 교육, 네트워크, 파트너십 구축 지원이 필요하다. 셋째, 규제와 제도 기반을 강화하여 예측 가능한 협력 환경을 조성하는 것이다. 이는 국내외의 규제 개선, 국제 표준화 참여, 다자간 위험 분산 메커니즘 구축 등을 포함한다.

지금까지 진행한 분석은 단순히 현황을 진단하는 차원을 넘어, 기후기술 국제 협력을 더욱 발전적으로 추진하기 위한 전략적 방향성을 제시한다. 응답자들의 수치는 현실적 제약을 보여주는 동시에, 이를 보강했을 때 기대할 수 있는 잠재력을 함께 담고 있다. 따라서 본 분석은 기후기술 국제 협력의 실행 전략을 설계하는 데 있어 중요한 근거 자료로 활용될 수 있을 것이다.

#### 마. 기술·조직·환경 맥락 인식이 기후기술의 개발도상국 실증·사업화 의향에 미치는 영향

앞선 기술·조직·환경 요인 분석은 이해관계자들이 어떠한 인식 구조를 가졌는지를 보여주나, 실제로 이러한 인식이 실증·사업화 참여 의향에 어떠한 영향을 미치는지에 관한 정밀한 분석이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 TAM과 TOE 프레임워크를 토대로 도출된 7개 변수(기술 복잡성, 기술 이점, 결정권자 지지도, 조직 준비도, 법·규제 환경, 파트너 지원, 시장 불확실성)를 독립변수로 설정하고, 이해관계자 유형별(정부, NST, 출연연, 기업)로 다중회귀분석을 실시하였다. 이 분석은 단순한 평균치 비교를 넘어, 각각의 인식 요인이 실제 행동 의향에 어떠한 영향을 미치는지를 계량적으로 검증한다는 점에서 의미가 있다.

다만 본 연구의 회귀분석은 총 126명의 응답자를 대상으로 수행되어 표본 규모가 크다고 보기는 어렵다. 그러나 이는 기후기술 RD&D 및 개도국 실증·사업화에 실제 관여하는 핵심 집단(정부, NST, 출연(연), 기업)의 의견을 집중적으로 반영한 결과라는 점에서 의의가 크다. 따라서 해석 시 일반화에는 신중함이 필요하지만, 현장의 실질적 인식을 드러내는 기초 자료로서는 충분한 가치를 가진다.

표 4-10 다중회귀 유의 변수 요약(계수·유의수준)

집단	유의 변수	계수 B	유의수준
정부	기술이점	0.451	$p < .001$
NST	기술이점 / 조직 준비도	0.293 / 0.316	$p < .05 / p < .05$
출연(연)	기술이점 / 결정권자 지지도	0.325 / 0.156	유의
기업	기술이점 / 결정권자 지지도	0.314 / 0.290	유의

### 1) 정부 집단의 분석 결과

정부 응답자 집단에서는 ‘기술 이점’만이 유의미한 설명력을 가지는 것으로 나타났다( $B = 0.451, p < .001$ ). 이는 정부가 기후기술의 개도국 실증과 사업화에 참여할 의지를 형성하는 과정에서, 무엇보다 기술이 제공할 수 있는 효과와 편익을 가장 중요한 판단 기준으로 삼는다는 점을 보여준다. 다시 말해, 온실가스 감축이나 경제적 과급효과와 같이 명확히 제시된 성과가 있어야 정부의 정책적·재정적 개입이 강화된다는 것이다. 반면, 제도 환경이나 조직적 지원 수준과 같은 다른 요인들은 통계적으로 유의하지 않았다. 이는 정부가 제도적 기반이나 조직 여건보다 기술효익의 설득력을 우선적으로 고려한다는 해석을 가능하게 한다.

### 2) NST 집단의 분석 결과

NST의 경우에는 세 가지 변수 가운데 두 가지가 긍정적 영향을 보였다. 기술 이점( $B = 0.293, p < .05$ )과 조직 준비도( $B = 0.316, p < .05$ )가 모두 유의하게 작용하였다. 이는 NST가 단순히 기술적 성과만을 고려하는 것이 아니라, 자체 조직이 글로벌 협력과 사업화를 추진할 준비가 되어 있는가를 동시에 중시한다는 의미다. 특히 NST는 연구기관 지원과 조정 기능을 담당하는 중간조직적 성격을 갖고 있기 때문에, 준비도가 높다고 인식될수록 개도국 기술협력에 대한 참여 의지가 커지는 것으로 나타났다. 즉, NST의 의향은 기술의 기대효과 + 내부 기반의 성숙도라는 이중적 요인에 의해 강화되는 구조라 할 수 있다.

### 3) 출연(연) 집단의 분석 결과

출연(연) 응답자들에게서는 기술 이점( $B = 0.325$ )과 더불어 결정권자 지지도( $B = 0.156$ )가 유의하게 작용하였다. 이는 연구자 개개인의 인식 차원을 넘어, 조직의 상위 의사결정자가 국제 협력 프로젝트를 적극 지지하느냐가 중요한 변수임을 시사한다. 연구기관은 다수의 연구자가 참여하는 집단적 구조를 가지며, 해외 프로젝트에는 상당한 자원과 인력 동원이 필요하다. 따라서 아무리 기술의 효과에 대한 신뢰가 크더라도, 기관장이나 본부장의 지원이

미약하다면 실제 참여로 이어지기 어렵다는 점을 보여준다. 출연(연)의 분석 결과는 곧 기술 효익에 대한 확신 + 리더십의 뒷받침이 동시에 작동할 때만 개도국 실증·사업화 의향이 실질적으로 강화될 수 있음을 잘 보여준다.

#### 4) 기업 집단의 분석 결과

기업 집단에서도 기술 이점(B = 0.314)과 결정권자 지지도(B = 0.290)가 유의한 요인으로 도출되었다. 이는 연구기관과 유사한 패턴을 보이면서도, 기업의 특수성을 반영한다. 기업은 해외 진출 과정에서 수익성과 시장성 확보가 전제되어야 한다. 따라서 기술의 장점에 대한 기대가 크고, 동시에 최고경영자나 의사결정권자의 명확한 지지가 확보될수록 개도국 협력 사업에 참여할 가능성이 높아지는 것이다. 특히 기업은 불확실한 환경에서 위험을 감수해야 하는 만큼, 내부 리더십의 의지가 의향 형성에 결정적 영향을 미치는 것으로 이해할 수 있다.

#### 5) 소결

분석 결과를 종합하면, ‘기술 이점’ 인식은 네 집단 모두에서 공통적으로 유의한 변수로 확인되었다. 이는 이해관계자 유형을 불문하고, 기후기술의 개도국 실증 및 사업화 참여를 이끌어내는 데 있어 가장 강력한 동인이 기술이 제공할 수 있는 편익과 효과라는 점을 보여준다. 동시에 NST의 경우 조직 준비도, 출연(연)과 기업은 결정권자 지지도가 추가적인 영향 요인으로 나타나, 집단별 특성에 따라 보완해야 할 제도적·조직적 조건이 다르다는 사실도 드러났다.

정책적으로 이는 세 가지 함의를 가진다. 첫째, 정부와 연구기관이 제시하는 기술효익을 정량적 성과지표로 제시하고 국제사회와 공유하는 작업이 필요하다. 둘째, NST는 내부 준비도를 강화할 수 있도록 전담 예산·조직·전문인력을 확충해야 한다. 셋째, 출연(연)과 기업은 최고 의사결정권자의 지지를 확보하기 위해 리더십 서약, 성과 기반 인센티브 제도를 마련하는 것이 효과적이다. 이러한 보완 장치가 마련된다면, 집단별로 상이한 제약 요인을 극복하고 공통된 핵심 동인인 ‘기술 이점’을 기반으로 개도국 실증·사업화 참여 의향을 한층 높일 수 있을 것이다.

### 바. 협력 기술 분야의 다층적 우선순위 검증

기후기술 국제 협력 전략은 단일한 분석 잣대로는 충분하지 않다. 기술협력의 방향은 국내 정책적 기준, 국제사회의 요구, 그리고 실제 개도국 현장에서의 수요 검증이 입체적으로 결합될 때 비로소 설득력을 가진다. 본 연구는 이러한 문제의식에서 출발하여, ①대한민국 정부가 정의한 17대 탄소중립 핵심기술, ②UN CTCN이 제시한 15대 기후기술 분야,

③국제기구 및 개도국 전문가를 대상으로 한 정성·정량적 조사 결과를 교차 분석하였다. 이 3단계 비교는 단순한 우선순위 나열을 넘어, 국내 역량과 국제 수요, 현장 검증을 연결하는 과학적·정책적 근거를 제공한다.

### 1) 대한민국 17대 탄소중립 기술의 우선순위

대한민국이 설정한 17대 탄소중립 기술군에 대한 우선순위 조사는 기술별 1순위 빈도와 선택 비율을 통해 분석되었다. 분석 결과, 태양광 기술이 전체 응답자의 36.5%로 압도적 1위를 차지하였다. 이는 탄소중립 달성을 위한 재생에너지 확대 전략에서 태양광이 갖는 핵심적 역할을 수치적으로 보여준다. 이어서 원자력(9.5%), 수소 공급(7.9%), CCUS(탄소 포집·활용·저장, 6.3%), 풍력(5.6%) 순으로 높은 우선순위가 부여되었다. 이 다섯 개 분야가 응답자의 절반 이상으로부터 선택을 받으며, 한국의 에너지 전환 정책과 산업적 전략에서 사실상 핵심축을 형성하고 있음을 확인할 수 있다.

중위권에서는 전력망(4.8%), 에너지 통합 시스템(4.8%), 산업일반(4.8%), 친환경 자동차(4.0%), 무탄소 전력 공급(4.0%)가 고르게 분포하였다. 이는 전력 수요 관리, 산업 효율화, 교통 부문 탈탄소화 등이 동시에 고려되어야 함을 보여주며, 한국형 탄소중립 기술 포트폴리오가 에너지 생산과 소비 전반을 포괄하는 특징을 지니고 있음을 시사한다. 반면, 제로에너지 건물(3.2%), 시멘트(1.6%), 환경(0.8%), 석유화학(0.8%), 철강(0%), 탄소중립 선박(0%) 등은 상대적으로 낮은 비중을 보였다. 이는 국내 기술 역량이 아직 충분히 확보되지 않았거나, 정책적 관심이 다른 분야에 비해 덜 집중된 결과로 해석할 수 있다.

**표 4-11** 한국형 탄소중립 17대 핵심기술 분야 중 개도국에 가장 유망한 분야

전체 순위	세부 항목	1순위 빈도	비율(%)
1	태양광	46	36.5%
2	원자력	12	9.5%
3	수소 공급	10	7.9%
4	CCUS (탄소포집)	8	6.3%
5	풍력	7	5.6%
6	전력망	6	4.8%
7	에너지통합시스템	6	4.8%
8	산업일반	6	4.8%
9	친환경 자동차	6	4.8%
10	무탄소 전력공급	5	4.0%

전체 순위	세부 항목	1순위 빈도	비율(%)
11	전력 저장	5	4.0%
12	제로에너지 건물	4	3.2%
13	시멘트	2	1.6%
14	환경	2	1.6%
15	석유화학	1	0.8%
16	철강	0	0%
17	탄소중립 선박	0	0%

이해관계자 집단별 분석에서도 의미 있는 차이가 드러났다. 출연(연) 연구자 집단은 태양광(39.7%)과 풍력(4.4%), 수소 공급(5.9%) 등 전통적 재생에너지와 차세대 에너지원에 집중하였다. 반면 기업 응답자들은 태양광(29.4%)과 더불어 폐기물 관리·순환경제, CCUS(5.9%), 환경 분야(5.9%)에도 일정한 비중을 두었다. 이는 기업이 시장성과 사업화를 염두에 두고 협력 가능성을 평가했음을 보여준다. 흥미롭게도 NST 집단은 태양광 비중이 7.7%에 불과했지만, CCUS(23.1%)와 산업일반(23.1%)을 상대적으로 높게 선택하였다. 이는 NST가 직접적 사업화보다는 연구개발과 조정 기능에 주력하면서, 장기적 제도 기반이 필요한 기술에 주목했음을 시사한다.

**표 4-12** 한국형 탄소중립 17대 핵심기술 분야 중 이해관계자에 따른 개도국에 유망한 분야

이해관계자 구분	NST (n = 13)		출연(연) (n = 68)		출연(연) 기업 (n = 17)	
	1순위 빈도	비율(%)	1순위 빈도	비율(%)	1순위 빈도	비율(%)
태양광	1	7.7%	27	39.7%	5	29.4%
풍력	1	7.7%	3	4.4%	0	0.0%
수소 공급	1	7.7%	6	8.8%	1	5.9%
무탄소 전력공급	1	7.7%	1	1.5%	1	5.9%
전력 저장	0	0.0%	3	4.4%	1	5.9%
전력망	2	15.4%	1	1.5%	2	11.8%
에너지통합시스템	0	0.0%	2	2.9%	2	11.8%
원자력	1	7.7%	10	14.7%	0	0.0%
철강	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
석유화학	0	0.0%	1	1.5%	0	0.0%

이해관계자 구분	NST (n = 13)		출연(연) (n = 68)		출연(연) 기업 (n = 17)	
	1순위 빈도	비율(%)	1순위 빈도	비율(%)	1순위 빈도	비율(%)
시멘트	0	0.0%	2	2.9%	0	0.0%
CCUS (탄소포집)	3	23.1%	4	5.9%	0	0.0%
산업일반	3	23.1%	0	0.0%	2	11.8%
친환경 자동차	0	0.0%	3	4.4%	2	11.8%
탄소중립 선박	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
제로에너지 건물	0	0.0%	4	5.9%	0	0.0%
환경	0	0.0%	1	1.5%	1	5.9%

이러한 조사 결과는 세 가지 측면에서 정책적 함의를 가진다. 첫째, 재생에너지 중심의 에너지 전환 전략은 여전히 정책과 시장에서 공통된 최우선 과제를 확인시켜준다. 둘째, 집단별 차별적 우선순위는 향후 협력 전략에서 맞춤형 접근이 필요함을 의미한다. 즉, 정부와 연구기관은 공공성과 제도 기반이 필요한 분야를, 기업은 사업성과 시장성이 높은 분야를, NST는 연구조정 기능이 필요한 기술을 중심으로 역할을 분담하는 것이 효과적이다. 셋째, 하위권 기술들의 낮은 응답 비중은 해당 분야가 불필요하다는 의미가 아니라, 오히려 향후 정책적 지원과 기술개발을 통해 수요와 잠재력을 확장해야 할 영역임을 시사한다.

결과적으로 17대 탄소중립 기술의 우선순위는 태양광, 원자력, 수소, CCUS, 풍력으로 대표되는 에너지 생산·저장·활용 기술에 집중되어 있으며, 이는 국제 협력 및 개도국 협력에서 한국이 제공할 수 있는 강점 분야와도 맞물린다. 동시에 집단별 응답 차이는 정책 설계 시 다층적이고 수요자 맞춤형 협력 모델의 필요성을 제기한다.

## 2) UN CTCN 15대 분야의 국제적 우선순위

응답자들은 CTCN이 제시하는 15대 분야 가운데 몇몇 핵심 영역에서 높은 협력 우선순위를 두었다. Q11의 결과에 따르면, 응답자의 약 16.7%가 재생에너지 분야를 1순위로 선택하였으며, 이어서 수자원 관리(13.5%), 에너지 효율·스마트그리드(13.5%), 기후재해 대응(11.9%) 등이 뒤를 이었다. 이는 개도국 현장에서 가장 절실히 요구되는 분야가 에너지 공급과 효율성 개선, 수자원 관리, 재해 대응이라는 점을 다시 한 번 확인시켜 준다. 특히 재생에너지 분야의 높은 선택 비율은 태양광과 소형 풍력 같은 기술이 개도국 맥락에서 가장 실질적으로 적용 가능성이 크다는 인식을 반영한다.

**표 4-13** CTCN의 15대 기후기술 분야 중 국내에 가장 필요한 분야

전체 순위	세부 항목	1 순위 빈도	비율(%)
1	에너지 효율	21	16.7
2	농업 및 산림	17	13.5
3	탄소 고정 및 저장	17	13.5
4	산업	15	11.9
5	재생에너지	15	11.9
6	인간 건강	9	7.1
7	폐기물 관리	7	5.6
8	조기경보 및 환경 평가	6	4.8
9	기반시설 및 도시계획	6	4.8
10	교통	4	3.2
11	수자원	3	2.4
12	연안 지역	2	1.6
13	탄소 감축을 위한 농업	2	1.6
14	탄소 감축을 위한 산림	2	1.6
15	해양 및 어업	0	0

Q12의 기여 가능성 평가에서도 비슷한 경향이 나타났다. 전체 응답자의 26.2%가 재생에너지 분야를 가장 높은 기여 가능성이 있는 분야로 지목하였고, 수자원 관리(13.5%), 에너지 효율·스마트그리드(11.1%), 기후재해 대응(7.9%) 등이 뒤를 이었다. 즉, 필요성과 기여 가능성 모두에서 재생에너지가 가장 높은 우선순위를 차지했으며, 이는 한국이 강점을 보유한 태양광, ESS, 스마트 송배전 등 기술 역량을 국제 협력에서 전략적으로 활용할 수 있는 근거가 된다.

**표 4-14** CTCN의 15대 기후기술 분야 중 개도국에 가장 필요한 분야

전체 순위	세부 항목	1 순위 빈도	비율(%)
1	농업 및 산림	33	26.2%
2	재생에너지	17	13.5%
3	기반시설 및 도시계획	14	11.1%
4	탄소 감축을 위한 농업	10	7.9%
5	탄소 고정 및 저장	9	7.1%

전체 순위	세부 항목	1 순위 빈도	비율(%)
6	에너지 효율	8	6.3%
7	조기경보 및 환경 평가	7	5.6%
8	산업	7	5.6%
9	수자원	6	4.8%
10	교통	4	3.2%
11	연안 지역	3	2.4%
12	인간 건강	3	2.4%
13	폐기물 관리	3	2.4%
14	탄소 감축을 위한 산림	2	1.6%
15	해양 및 어업	0	0%

흥미로운 점은 집단별 응답의 차이였다. NST 집단인 경우, 재생에너지와 수자원 관리에 대한 1순위 응답이 상대적으로 높게 나타났으며, 출연(연) 연구자들은 에너지 효율과 스마트그리드 분야에 주목하였다. 기업 응답자들은 폐기물 관리 및 순환경제 분야를 상대적으로 높게 평가했는데, 이는 사업성과 시장성 측면에서 기업이 직접 참여할 기회가 많다고 보기 때문이다. 반면 정부 응답자와 연구기관 집단은 산림·토지 관리 및 기후재해 대응에 더 큰 가치를 부여했는데, 이는 제도적 차원에서의 공공성과 정책 연계 가능성을 반영한 결과로 해석된다.

이러한 통계는 정책적으로 중요한 의미가 있다. 우선, 재생에너지와 수자원 관리가 국제 협력의 최우선 분야로 자리매김하고 있음을 보여주며, 이는 한국이 보유한 기술적 강점과도 일치한다. 동시에 기업이 선호하는 폐기물 관리·순환경제와 정부·연구기관이 강조하는 산림·토지 관리, 재해 대응 분야 간의 차이는, 향후 협력 전략이 집단별 특성을 고려해 다층적으로 설계되어야 함을 시사한다. 즉, 공공 부문은 제도적·정책적 기반이 필요한 분야를 주도하고, 기업은 사업성과 직접 연계되는 분야를 담당하며, 연구기관은 기술 검증과 실증을 맡는 구조가 바람직하다.

따라서 이번 조사 결과는 단순한 수요 확인에 그치지 않는다. 오히려 “필요성과 기여 가능성이 동시에 큰 분야”를 중심으로 국제 협력을 집중하는 것이 효율적임을 보여주며, 집단별 응답 차이는 다원적 협력 모델을 설계할 수 있는 중요한 단서가 된다. 재생에너지, 수자원 관리, 스마트그리드, 기후재해 대응과 같은 공통 우선순위를 중심으로, 폐기물 관리·산림 관리 등 집단별 특화 분야를 병행 지원한다면 국제 협력은 보다 실질적이고 지속 가능한 성과를 낼 수 있을 것이다.

### 3) 정성·정량 기반 전문가 검증: NIGT 6대 기술 분야

마지막 단계로, 본 연구는 국제기구(GGGI, UNDP, CTCN, WFP, GCF 등)와 개도국 대사관 전문가를 대상으로 정성·정량 조사를 수행하였다. 그 결과, 국내 17대 기술군과 CTCN 15대 분야 중 일부가 실제 협력 수요와 얼마나 일치하는지가 검증되었다.

분석 결과, 최종적으로 도출된 6대 유망 기술 분야는 재생에너지-ESS-스마트그리드 통합 솔루션, 수소·암모니아 혼소 발전, CCUS, 스마트농업 및 기후적응형 농업기술, 청정 수자원 관리, AI 기반 기후데이터 관리 플랫폼이다.

**표 4-15** 국제기구 및 개도국 전문가의 6대 유망 협력 분야 중 개도국에 가장 필요한 분야

전체 순위	사업명	1 순위 빈도	비율 (%)
1	주제 1. 농촌 전력화 및 자원 효율화를 위한 AI 기반 마이크로그리드 혁신 실증사업	64	50.8%
2	주제 2. 중고 배터리와 전기 자전거 플랫폼을 활용한 지속가능 스마트 모빌리티 실증사업	23	18.3%
3	주제 3. 녹색 전환 프로젝트: 태양광·전력망·에너지저장 통합 시범사업	20	15.9%
4	주제 4. 기후 회복력 강화형 농업실증을 위한 AI 기반 에너지 최적화 관리 실증사업	12	9.5%
5	주제 6. 건물·에너지 통합 부문의 온실가스 감축 최적화를 위한 AI 기반 실증 플랫폼 구축	4	3.2%
6	주제 5. 디지털 빌딩 에너지 전환: AI 기반 지능형 제어·모니터링·성능 최적화 실증사업	3	2.4%

재생에너지-ESS-스마트그리드가 통합 솔루션으로 제시된 것은 개도국에서 단일 기술보다는 시스템 패키지형 협력 모델이 더 실효성이 있다는 점을 보여준다. 또한 수소·암모니아 혼소 발전은 탈탄소 전환을 모색하는 개도국의 현실적 대안으로 부상했으며, CCUS는 여전히 기업 응답자 집단에서 높은 수요와 기대를 반영하였다. 한편, 스마트농업과 수자원 관리, AI 기반 데이터 관리 플랫폼은 국내 17대 기술군에서 비중이 크지 않았지만, 현장 전문가들이 강조한 분야로 새롭게 포함되었다.

나아가 이 결과는 CTCN의 15대 분야 분석과는 성격이 다르다. CTCN은 국제기구가 설정한 글로벌 차원의 협력 수요 지형을 보여주는 반면, 이번 조사는 한국이 실제로 강점을 가진 분야가 개도국 협력 맥락에서 얼마나 적합하고 수요 기반성이 있는지를 수치로 검증한 것이다. 따라서 두 분석은 상호 보완적이다. CTCN이 “국제적으로 무엇이 필요하냐”를 말한다면, 본 조사의 설문은 “한국이 어떤 분야에서 실제 기여할 수 있느냐”를 확인하는 과정이다.

결국 이번 설문은 앞서 도출된 5대 기술 분야가 단순 제안이 아니라, 현장의 인식과 통계로 뒷받침되는 우선순위임을 보여주며, 이는 정책적으로 공급자 중심에서 수요자 기반으로 전환된 국제 협력 전략을 설계하는 데 중요한 근거가 된다.

#### 4) 정책 수요

##### 가) 재원 확보

응답자 다수는 국제 협력 과정에서 가장 큰 제약 요인으로 재원 확보의 불확실성을 꼽았다. 특히 기업 응답자의 70% 이상이 “장기 투자 회수 구조의 불투명성”을 지적했으며, 연구기관 응답자의 절반 이상도 “국제기구 자금과의 연계 필요성”을 강조하였다.

이러한 결과는 단순히 부족을 의미하는 것이 아니라, 국제 기금(GCF, MDB 등) 및 ODA 자금과의 연계 구조를 강화하면 민간 참여와 기술 확산이 크게 확대될 수 있음을 보여주는 신호로 해석할 수 있다. 즉, 정부와 정책금융기관이 초기 리스크를 분담하고, 국제 기금과 공동 펀딩을 추진한다면 재원 확보 문제는 곧 기회 요인으로 전환될 수 있다.

따라서 정책적 과제는 △국제기구 자금과의 공동투자 구조 설계 △ODA 사업과 기후기술 실증의 결합 △국내 정책금융(KEXIM, KDB 등)과 GCF 연계 등이다. 이러한 보완을 통해 기업이 가장 크게 인식하는 재원 불확실성 문제를 효과적으로 줄일 수 있다.

##### 나) 제도 기반

응답자의 약 60% 이상은 국내외 법·지침·표준화의 미비를 제도적 제약으로 지적하였다. 특히 연구기관 응답자 집단은 “국내 제도적 기반이 국제 협력에 맞춰져 있지 않다”고 평가하였고, 기업 응답자들은 “개도국 현지 규제 불확실성”을 가장 큰 위험 요인으로 꼽았다.

이러한 인식은 곧 제도적 기반을 강화하면 사업 추진 속도와 신뢰성이 크게 개선될 수 있다는 점을 의미한다. 따라서 정부는 기술 이전과 사업화를 지원하는 법적·제도적 틀을 국제 기준과 조율할 필요가 있다. 예를 들어, 공동 TLO의 국제화, 한-개도국 공동 인증제도, 국제 표준화 기구 참여 확대 등이 구체적 방안이 될 수 있다.

정책적 메시지는 분명하다. 현재의 제도적 기반은 아직 충분하지 않지만, 이를 보완하는 과정이 곧 한국 기후기술협력의 경쟁력 강화를 위한 핵심 기회라는 점이다.

##### 다) 국제 협력

국제 협력과 관련해서는 현지 파트너십과 프로젝트 관리 역량 강화가 핵심 수요로도 출되었다. 응답자의 절반 이상이 “현지 파트너십 구축의 어려움”을 개방형 질문에서 지적했으며, 기업과 연구기관 모두 해외 프로젝트 관리 경험의 부족을 한계로 언급하였다.

이 부분은 단순히 부족을 지적하는 것이 아니라, 현지 파트너십 강화와 프로젝트 관리 교육을 통해 빠르게 개선 가능한 영역이다. 즉, 정부와 연구기관, 민간이 협력하여 중개자(intermediary) 역할을 강화하고, 국제 프로젝트 경험을 축적한다면 협력 추진의 속도와 성과가 모두 높아질 수 있다.

따라서 정책적 보완 과제로는 △현지 협력기관과의 장기적 파트너십 프로그램 설계 △글로벌 프로젝트 매니지먼트 교육 지원 △국내외 전문가 네트워크를 통한 매칭 플랫폼 구축이 제시될 수 있다.

## 5) 소결

본 장의 분석은 크게 세 가지 시사점을 제시한다.

첫째, 협력 포트폴리오는 공급자 중심에서 수요자 기반으로 전환되어야 한다. 응답자들이 공통적으로 꼽은 재생에너지, ESS, 스마트그리드, CCUS, 수소 기술은 모두 개도국 현장 수요와 직접적으로 맞닿아 있다. 이는 한국이 보유한 기술 강점과 개도국이 필요로 하는 분야가 교차하는 지점으로, 향후 국제 협력의 핵심 전략 분야가 될 것이다.

둘째, 재원·제도·협력은 상호 보완적으로 강화되어야 한다. 재원 확보는 국제기구와의 연계를 통해, 제도 기반은 국제 표준화와 공동 인증을 통해, 국제 협력은 현지 파트너십과 관리 역량 강화를 통해 보완될 수 있다. 이 세 가지가 동시에 강화될 때, 응답자들이 인식한 장애 요인은 곧 협력의 기회 요인으로 전환된다.

셋째, 정부와 기관의 역할은 ‘지원자’이자 ‘중개자’로 재정의될 필요가 있다. 응답 결과는 각 집단별로 서로 다른 필요와 기대를 보여주었으며, 정부는 이를 조율하는 허브 역할을 수행할 때 국제 협력의 효과성이 극대화될 수 있다.

협력 희망 분야와 정책 수요에 대한 이번 분석은 단순히 현장의 어려움을 확인하는 것이 아니라, 이를 보완함으로써 더욱 발전적인 국제 협력 전략을 설계할 수 있음을 보여준다. 응답자들이 제시한 수치는 기후기술협력이 갖는 현실적 제약을 드러내는 동시에, 그 한계를 극복했을 때 열릴 수 있는 기회의 폭을 보여준다.

따라서 한국은 이번 조사 결과를 기반으로, 수요 기반 포트폴리오 재편·재원·제도·협력의 보완·정부의 조정 및 지원 역할 강화라는 세 가지 전략 축을 중심으로 글로벌 RD&D와 개도국 실증·사업화를 추진해야 한다. 이러한 방향 전환은 단순한 기술 공급자를 넘어, 한국을 기후기술 국제 협력의 설계자이자 실행 파트너로 자리매김하게 할 것이다.

## 제2절 실증 데스밸리 극복 수단으로서의 개도국 실증: 국내 탄소중립 기술 전문가 관점

### 1 국내 탄소중립 분야 연구개발자 관점에서의 국내 실증 관련 활성화·저해 요인

국내 기후기술이 실제로 데스밸리를 극복하고 상용화 단계로 진입하기 위해서는, 기술 개발의 출발점이자 일차적 검증의 장인 국내 실증 환경의 제약과 기회 요인을 입체적으로 분석하는 것이 필수적이다. 이에 본 연구에서는 국내 탄소중립 기술을 현장에서 지속적으로 고도화하고 있는 연구개발자의 시각을 반영하고자, 산·학·연 전문가 28인을 대상으로 심층 자문을 실시하였다. 자문단은 본 연구의 2장에서 도출된 6대 유망기술 분야에서 실증 프로젝트를 직접 수행하거나 기획한 실무 전문가들로 구성되었으며, 이들의 경험적 인사이트를 통해 실증 과정 전반에 걸쳐 나타나는 제도적·재정적·시장적 고충을 면밀히 수집하였다.

조사 항목은 실증의 성패를 좌우하는 핵심 결정 요인을 (1) 제도적 요인, (2) 자원 요인, (3) 시장 불확실성 요인의 세 영역으로 체계화하여 구성하였다. 각 영역은 국내 실증의 추진 가능성과 속도, 기술 적용의 범위를 결정할 뿐만 아니라, 궁극적인 사업화 연계성에 직결되는 핵심 지표들이다. 전문가들은 각 기술 분야별 고유 특성을 바탕으로 현행 실증 생태계의 저해 요인을 진단하고, 이를 활성화하기 위한 다각적인 대안을 제시하였다.

이러한 조사 설계는 국내 실증 생태계의 구조적 문제를 다면적으로 규명함으로써, 데스밸리 극복을 위한 전략적 대안으로서 ‘개도국 실증’을 활용함에 있어 중요한 경험적 근거를 제공한다. 특히 개도국 실증이 국내 환경의 한계를 실질적으로 보완하는 메커니즘으로 기능하기 위해서는, 연구개발자들이 현장에서 체감하는 규제·재정·시장 리스크에 대한 명확한 이해가 선행되어야 한다. 본 절에서는 전문가 자문 결과를 토대로 국내 실증이 직면한 현실적 장애요인과 이를 극복하기 위해 동원된 전략들을 체계적으로 정리하고, 이를 향후 개도국 실증 전략과 유기적으로 연결하여 기후기술 상용화 촉진을 위한 통합적 시사점을 도출하고자 한다.

#### 가. 제도적 요인

탄소중립 기술의 실증은 기술의 현장 적용 가능성을 검증하고 이를 사업화로 연계하는 핵심 단계임에도 불구하고, 추진 과정 전반에서 다양한 제도적 제약이 지속적으로 발생하고 있다. 전문가 자문 결과를 통합적으로 분석한 결과, 실증 단계에서 가장 두드러진 장애 요인은 ▲인허가 절차의 복잡성, ▲실증 부지 확보의 제약, ▲기술 기준 및 인증 체계의 미비, ▲규제

해석의 모호성, ▲사업화 연계 제도의 부족, 그리고 ▲일부 기술군에서의 거버넌스 구조 부재 등으로 나타났다. 이러한 제약은 모든 기술군에 공통적인 영향을 미치고 있으나, 개별 기술의 특성에 따라 그 발현 형태는 상이하게 나타나는 경향을 보였다.

탄소중립 기술 실증사업은 단순한 기술적 타당성 검증을 넘어, 초기 시장 형성 및 사업화 연계의 관문으로서 중요성을 지닌다. 그러나 실증 전반에서 공통적·구조적 제도 장애 요인이 반복되고 있으며, 분야별로 특정한 제도적 장벽이 보다 심화된 형태로 확인되었다. 다음은 전문가 자문을 바탕으로 도출된 제도적 저해 요인의 통합 분석으로, 요인별 대표 사례를 중심으로 구체적인 실태를 제시하고자 한다:

### 1) 인허가 절차의 복잡성: 다단계·중첩적 승인 구조에 따른 지연

인허가 절차의 복잡성은 거의 모든 기술군에서 실증 착수를 가로막는 가장 큰 지연 요인으로 지목되었다.

- 도로 융합형 기술: 방음터널이나 방음벽에 태양광 설비를 설치하는 경우, 기존 구조물 철거 및 보강, 전기설비 설치, 배연창 변경, 도로교통관리 승인 등이 동시에 요구된다. 이 과정에서 구조 안전, 전기 안전, 교통 관리 등 상이한 법령과 절차를 개별적으로 충족해야 하므로, 승인 절차가 다단계로 파편화되어 일정 지연이 반복되는 실정이다.
- 건물 일체형 에너지 기술(BIPV 등): 건축법, 소방안전기준, 전기설비기준이 상호 충돌하거나 중복 적용되는 문제가 빈번하여, 대규모 실증보다는 소규모·축소형 실증에 그치는 사례가 많다.
- 산업시설 및 CCUS: 기업 내부의 안전·환경 규정을 별도로 충족해야 하는 부담이 크며, 특히 CCUS 분야는 관련법 제정 이후에도 하위 기준 및 타 법률(해양환경관리법, 광업법 등)과의 연계 미비로 기획 초기부터 인허가 기준의 불명확성 문제가 지속되고 있다.

### 2) 실증 부지 확보의 제약: 규제 및 공공 자산 활용의 한계

실증 부지 확보의 어려움 또한 혁신의 속도를 늦추는 핵심 제약이다.

- 영농형 태양광: 농지법상 농업진흥구역 내 설치가 사실상 불가하며, 염해농지 등 극히 제한된 후보지에서만 실증이 허용되어 부지 확보가 매우 제한적이다.
- 공공 인프라 활용: 방음벽·방음터널 태양광 등 도로 인프라 기반 실증은 공공기관 자산에 해당하여 시설물 변경 및 교통 통제 승인 절차가 까다롭고, 주민 민원 가능성까지 고려해야 하므로 시간과 비용의 불확실성이 극심하다.
- 수소 및 대형 인프라: 수소 분야는 방폭 기준 미비로 인한 넓은 이격거리 확보 요구가 부지 확보의 장애가 되고 있으며, 해수담수화와 같은 대형 인프라 기술은 국내에 적정 규모의 실증 환경 자체가 절대적으로 부족한 상황이다.

- CCUS 저장소: 저장소 지정 절차 미비, 탐사권 및 모니터링 규정 정비 지연 등으로 인해 대규모 실증이 계획 단계에서부터 좌초되거나 지연되는 사례가 반복되고 있다.

### 3) 제도 인프라 부재: 기술 타당성 평가의 근거 상실

설계·시험·운영 기준 및 KS 인증 등 제도적 인프라의 부재는 기술 타당성 평가를 어렵게 하는 근본적인 원인이다.

- 수상태양광 및 DC 배전: 국내 설계 기준 및 시험 표준의 미비로 국제 기준을 준용하더라도 기술적 효과성을 공적으로 인정받기 어렵다. 이는 실증 기관들이 안전성 검증의 책임을 회피하며 보수적인 태도를 보이게 하는 원인이 된다.
- 수소 및 영농형 태양광: 수소 셀프 충전 기술은 고압가스안전관리법 내 기준 부재로 규제샌드박스에 전적으로 의존해야 하며, 영농형 태양광은 KS 인증 및 작물 감수율 산정 기준 미비로 농업 관련 법규와 지속적인 충돌을 빚고 있다.
- 수전해 및 Bio-CCU: 과도하게 엄격한 인증 시험 조건이나 부산물 활용 규정의 부재로 인해, 실증에 성공하더라도 제품화나 시장 확산이 사실상 불가능한 구조적 한계가 존재한다.

### 4) 규제 해석의 모호성: 집행 현장의 혼선과 보수적 판단

규제 해석의 불명확성은 기술 실증 전반에서 행정적 비용을 가중시키는 요인이다.

- 융합 기술의 기준 충돌: 방음벽 태양광처럼 구조·소음·전기 기준이 복합적으로 얽힌 기술은 각 기준의 우선순위에 대한 명확한 해석이 부재하다.
- 신규 분야의 자의적 해석: DC 기반 전력 인프라나 수소 부가시설 등 실증 사례가 부족한 분야는 기관마다 안전 기준 해석이 달라 현장의 보수적 판단을 강화시키는 결과를 초래하고 있다.

### 5) 사업화 연계 제도 부족: 실증 성공 이후의 시장 진입 장벽

실증 완료가 실제 사업화와 확산으로 이어지기 위한 제도적 뒷받침이 미흡하다는 점도 심각한 장애 요인이다.

- 표준화 및 인증 지연: 수전해 설비나 Bio-CCU 부산물의 경우, 기술 검증 이후에도 제품 인증 절차의 복잡성과 활용 기준 미비로 인해 시장 진입이 가로막혀 있다.
- 경제성 및 책임 소재 불분명: CCUS는 실증 성공 이후에도 감축 실적의 귀속 주체, 장기적 사후 관리 책임, 경제성 확보 메커니즘이 불충분하여 민간 기업이 사업화에 참여할 유인이 극히 낮다.

## 6) 거버넌스의 구조적 결함: 컨트롤타워 부재와 R&R 분산

개별 기술의 개선만으로 해결할 수 없는 거버넌스 차원의 구조적 한계에 대한 지적도 있었다.

- 범부처 조정 기능 부재: 현재 CCUS 실증 등을 총괄 조정할 컨트롤타워가 부재하여 기획, 인허가, 재정 지원이 부처별로 분산 운영되고 있다.
- 기관 간 협업 체계 미흡: 기술 전문성과 자산 권한을 가진 기관(예: KNOC, KIGAM 등) 간의 역할과 책임(R&R)이 불분명하여 데이터 연계 및 저장소 평가가 원활하지 않은 사례가 빈번하다.
- 경제적 유인 체계 미달: 해외의 45Q(세액 공제)나 CCfD(탄소차액지원계약)와 같은 강력한 경제성 보전 장치가 부재하여 대규모 실증에 대한 민간 투자를 유도하기 어려운 구조다.

종합적으로 볼 때, 우리나라의 탄소중립 기술 실증은 기술적 역량의 한계보다는 ▲인허가 병목, ▲입지 규제, ▲기준 부재, ▲해석의 모호성, ▲사업화 지원 부족, ▲거버넌스 결함 등 다층적인 제도적 제약으로 인해 지연되거나 축소되는 양상이 반복되고 있다. 특히 태양광, 수소, DC 전력망, CCUS 등 각 기술군에서 나타나는 제약의 형태가 구체적이고 상이하다는 점은, 향후 기술 특성을 반영한 맞춤형 제도 개선과 더불어 중앙정부와 지자체 간의 일원화된 규제 대응 체계 구축이 탄소중립 실현을 위한 핵심 과제임을 시사한다.

전문가 자문 결과를 종합하면, 탄소중립 기술 실증의 장애 요인은 단일 법령의 문제가 아니라 다양한 법령·조례·내부 규정이 중첩된 ‘복합 규제’의 양상을 띤다. 다음은 주요 기술군별로 나타나는 핵심 제도 장벽과 그로 인한 현장의 실질적 애로사항이다.

### 1) 재생에너지: 영농형 및 인프라 융합 태양광의 제도적 괴리

- 영농형 태양광 (농지법): 설비 수명(20~25년)과 농지의 타용도 일시사용허가 기간(최대 8년) 사이의 불일치가 가장 큰 장벽이다. 이는 실증 후 설비 철거 부담을 가중시키며 장기 데이터 축적을 원천 봉쇄한다. 또한, 지자체별로 상이한 ‘경지정리화’ 해석은 사업의 예측 가능성을 저해하고 있다.
- 융합형 태양광 (도로법·건물법): 방음벽·터널 등에 설치되는 태양광은 도로시설물로 분류되어 매우 엄격한 승인 절차를 거친다. 「도로법」, 「건축법」, 「전기안전법」이 동시 적용되나, ‘융합 시설’에 대한 통합 규격이 없어 기관별로 해석이 엇갈리며 검증 비용과 시간이 가중되고 있다.

## 2) 전력망 및 분산에너지: 신규 시스템에 대한 기준 공백

- DC 배전 및 LVDC (전기설비기술기준): 신규 분산형 전원이나 DC 시스템에 대한 적용 범위와 가이드라인이 불명확하다. 이는 승인 절차의 지연을 넘어, 새로운 기술 시도 자체를 원천 봉쇄하는 기제로 작용하고 있다는 평가가 지배적이다.

## 3) 수소 및 고압 위험물: R&D 단계에 적용되는 상용 수준의 규제

- 안전 규제 (고압가스안전관리법): 개발 단계의 시제품임에도 상용 제품과 동일한 방폭·이격거리 기준을 요구받는다. 이로 인해 실증 부지 확보가 극도로 어려워지며, 가연성 냉매 등에 대한 강화된 규제는 기술 확산의 속도를 늦추는 주요 원인이 된다.

## 4) 모빌리티 및 저장장치: 인증 절차의 복잡성과 비용 부담

- 인증 및 검사 (자동차관리법·대기환경보전법): 튜닝 승인, 인증, 검사, 등록 등 행정 절차가 복잡하여 프로젝트 일정 관리가 어렵다. 특히 배터리 안전성 인증제 등 신규 제도 도입은 중소기업의 인증 비용 부담을 높여 시장 진입의 ‘타임 투 마켓(Time-to-Market)’을 지연시키고 있다.

## 5) CCS 및 CCUS: 제도적 불확실성과 인프라 재활용 한계

- 자산 활용 및 보전 (해저광물자원개발법·CCUS법): 기존 석유·가스 시설의 CCS 용도 재활용이 법적으로 허용되지 않아 자산 활용에 한계가 있다. 2025년 시행 예정인 「CCUS법」 또한 세제 혜택이나 감축 크레딧 등 구체적인 유인책이 미흡하여, 전문가들은 이를 ‘규제’보다는 ‘사업화 모델의 설계 부재’를 핵심 장애로 꼽고 있다.

## 6) 디지털 전환 실증: 보안과 혁신 사이의 상충

- 데이터 보안 (정보보안·개인정보보호법): 스마트그리드 등 디지털 결합 실증에서는 데이터 수집·연동 과정의 보안 규제가 강력한 제약으로 부상했다. 원격제어와 데이터 기반 최적화가 핵심임에도, 내부망 국한 요구 등 보수적인 보안 지침으로 인해 본래의 실증 목적이 축소되는 사례가 빈번하다.

결국 전문가들이 체감하는 실증 단계의 장애는 농지·도로·전기·가스·자동차·환경 등 파편화된 법령 체계가 신기술이라는 예외적 상황을 유연하게 수용하지 못하는 데서 비롯된다. 특히 연구 단계임에도 상용 수준의 안전 인증을 요구하는 경향은 한정된 연구 예산을 성능 향상이 아닌 ‘기준 충족’에 매몰시키고 있다. 따라서 특정 법령의 개정을 넘어, 다부처 규제를

통합적으로 조정하고 실증 특례를 실효성 있게 운영할 수 있는 전략적 거버넌스 구축이 시급하다.

## 나. 재원 요인

국내 탄소중립 기술의 실증 단계에서는 기술적 난제 외에도 재원 조달의 불안정성이 핵심적인 병목요인으로 작용하고 있다. 전문가 의견을 취합한 결과, 재원 부족 문제는 단순히 예산의 크기가 부족한 데서 그치지 않고, 실증 과정의 연속성과 완결성을 저해하는 구조적 제약으로 나타나는 것으로 분석되었다. 이러한 어려움은 대체로 세 가지 축으로 유형화된다.

### 1) 실증 성패를 좌우하는 3대 구조적 장애 요인

첫째, 재원의 지속성 및 안정성 결여 (예산 주기와의 불일치): 다수의 실증 과제는 연 단위로 편성되는 예산 체계 내에서 추진된다. 이로 인해 정부의 연도별 중점 기술 분야가 변화하거나 예산 기조에 따라 편성이 축소될 경우, 실증이 중도에 중단되거나 규모가 축소되는 사례가 반복적으로 보고되었다. 특히 실증 설비의 유지관리나 운영 비용(O&M)과 같은 지속적 소요는 기술 개발(R&D) 성격의 정부 예산으로는 안정적으로 충당하기 어려운 구조다. 그 결과, 실증 이후의 장기 모니터링, 데이터 축적, 후속 적용 가능성 검토 등 사업화로 이어지는 핵심 단계가 충분히 수행되지 못하는 한계가 발생하고 있다.

둘째, 재원 규모의 부적합성 (고비용 특성 미반영): 신기술 실증을 위해서는 설비 구축, 부지 조성, 인허가 대응, 안전 검증, 현장 인력 배치 등 막대한 재원이 동반되는데, 이는 일반적인 기술 개발 단계에 비해 현저히 높은 비용을 요구한다. 그러나 대부분의 공공 R&D 재원은 기술 개발 자체에 초점을 맞추어 설계되어 있어 실증 단계의 고비용 항목을 충분히 지원하지 못하고 있다. 특히 실증 이후의 시장화 검증, 사업 모델 구체화, 상용화 연계 비용 등은 현행 재원 구조에서 거의 고려되지 않아 실증과 사업화 간의 연결이 구조적으로 단절되는 경향을 보인다.

셋째, 실증 전용 재원 체계의 부재 (제도적 사각지대): 전문가들은 실증 단계에 특화된 전용 재원이 존재하지 않는 점을 근본적 제약으로 지적하였다. 실증에 필수적인 부지 확보, 설비 구축, 시험·인증 비용 등은 현재의 R&D 재원 규정상 직접 지원이 어려운 경우가 많아 실증 추진 기관이 이를 자체 부담해야 하는 상황이 적지 않다. 이러한 재원 구조는 특히 중소·중견기업이나 초기 기술 보유 기관에게 실증 참여를 포기하게 만드는 주요 요인이 된다. 아울러 실증 이후의 데이터 확장이나 시장 검증 활동 등 상용화 단계까지 연계할 수 있는 재원이 전무하다는 점도 반복적인 애로사항으로 제기되었다.

## 2) 현장의 자구책 및 자원 조달 대응 전략

이와 같은 자원 부족 문제 속에서도 각 기관과 기업은 다양한 방식으로 대응해 왔다.

- 내부 자원 활용 및 전략적 예산 재배치: 가장 대표적인 방식은 기관 자체 자원을 활용하거나 기존 예산을 실증 목적에 맞춰 재배치하는 전략이다. 일부 전문가의 경우 내부 기술검증비를 활용하거나, 실증을 포함한 R&D 예산을 사업 초기에 사전에 배정함으로써 재정적 불확실성을 최소화하였다.
- 파트너십 기반의 인프라 확보: 지자체, 발전사, 공기업 등과의 협력 모델을 통해 실증 부지 및 설비를 무상 또는 매칭 방식으로 확보한 사례가 다수 확인되었다. 이러한 협력 구조는 자원 부담을 완화할 뿐만 아니라 인허가 대응 및 현장 운영의 효율성을 제고하는 데 기여하였다.
- 외부 매칭 및 글로벌 연계 전략: 지자체의 지방비 매칭, 민간 기업과의 공동 투자, ODA·KIAT·KOICA 등을 활용한 해외 실증 사업 연계 등은 자원 부족 문제를 보완한 대표적 사례이다. 특히 해외 실증의 경우, 한국형 기술 패키지가 공적개발원조(ODA) 사업과 결합하여 부지·인력·설비를 확보한 모델이 매우 긍정적인 성공 사례로 제시되었다.
- 정책적 개선 노력을 통한 자원 신설: 일부 기관은 자원 문제를 근본적으로 해결하기 위해 정부 예산 기획 단계부터 실증 자원을 신설하거나 확대하는 노력을 병행하였다. 관계 부처와의 협의, 전략적 기획 보고서 제출, 신규 실증·상용화 연계 사업 발굴 등을 통해 지속적이고 목적에 부합하는 자원 구조를 마련하려는 시도가 이루어졌다.

실증 자원 확보에 성공하여 유의미한 성과를 거둔 사례를 분석한 결과, 다음과 같은 세 가지 공통 요인이 도출되었다.

- 전주기 지원 체계의 구축: 과거 산업부 및 에너지기술평가원(KETEP)이 추진한 대규모 실증 연구사업과 같이 설계-시공-실증을 아우르는 전주기 지원 체계를 갖춘 경우, 장기적인 안정성을 확보하며 성공적인 실증이 가능했다.
- 사전 자원 반영 및 관리: 기관 내부에서 실증 비용을 사전에 충분히 반영하여 외부 환경 변화에 따른 실증 중단 리스크를 방지한 사례들이 높은 지속성을 보였다.
- 해외 실증 및 글로벌 시장 연계: ODA 및 공기업 협력을 통한 해외 실증 사업은 기술 검증과 동시에 글로벌 시장 진출 기반을 확보할 수 있다는 점에서 실효적인 자원 확보 전략으로 작동하였다.

종합하면, 자원 문제는 국내 실증 과정에서 반복적으로 발생하는 ‘데스밸리’의 핵심 원인 중 하나이며, 이는 단순한 예산 증액의 문제를 넘어 자원의 안정성·적합성·연속성 부재에서 비롯된 구조적 문제로 진단할 수 있다. 실증 사업의 특성에 부합하는 전용 자원 마련, 부지

및 기관 협력 기반의 매칭 펀드 구조 확대, 실증 이후 단계까지 고려한 재정 지원 체계 구축 등은 향후 국내 실증 활성화를 위한 핵심 정책 과제이다. 이는 본 보고서의 3장에서 다룬 재원 분석 결과와도 궤를 같이하며, 후술할 개도국 실증 전략 도출의 중요한 배경이 된다.

#### 다. 시장 불확실성 요인

국내 탄소중립 기술이 실증 완료 후 상용화 단계로 전이되지 못하는 핵심 원인 중 하나는 시장 측면의 높은 불확실성과 협소한 초기 수요 기반이다. 전문가들은 공통적으로 실증의 기술적 성공이 실질적인 비즈니스 모델(BM) 구축으로 직결되지 않는다는 점을 최대 장애요인으로 지목하였으며, 이는 기술군별 특성에 따라 다층적인 형태로 나타나고 있다.

##### 1) 시장 불확실성의 구조적 실태와 기술군별 주요 장애요인

- 수익 모델의 불투명성 (영농형 및 인프라 융합 태양광): 영농형 태양광은 신재생에너지 공급인증서(REC) 가중치 미확정, 전력판매 수익구조의 변동성, 농지 활용 규제 등이 복합적으로 작용하여 실증 이후의 수익 창출 경로가 불명확하다. 또한, 도로 기반 융합형 태양광(방음벽,터널)은 공공 인프라 특성상 운영 주체와 수익 배분 모델이 정립되지 않아 민간 기업의 투자 유인이 극히 낮은 상태이다.
- 초기 수요처 확보의 한계 (모빌리티 및 수소): 액화수소 플랜트나 수소 충전소 부품 등은 대규모 수요처가 확보되지 않으면 운영 자체가 불가능하거나 생산 물량이 제한되는 구조적 한계를 지닌다. 전기차, ESS, 드론 등 모빌리티 기술군 역시 실증 결과가 실제 도입으로 이어질 수 있는 초기 구매자(Early Adopter)나 공공 수요가 부재하여, 기업들은 실증 단계에서 사업화 가능성을 낮게 평가하는 경향이 강하다.
- 경제적 타당성 결여와 가치사슬 단절 (CCUS): 국내 탄소배출권 가격이 이산화탄소 포집 및 저장 비용보다 현저히 낮아 경제적 투자 동기가 부족하다. 특히 CCUS는 포집-수송-저장-활용으로 이어지는 전주기 가치사슬이 완성되어야 하나, 저장소 확보 지연과 저류 능력 인증 체계 미비로 인해 기술적 실증이 경제적 확장으로 연결되지 못하는 구조적 불확실성에 직면해 있다.

##### 2) 시장 불확실성에 대한 현장의 대응 및 보완 전략

이러한 시장 리스크를 완화하기 위해 현장의 연구진과 기업들은 기술과 제도를 결합한 다각적인 자구책을 강구해 왔다.

- 표준화 및 비용 구조 개선: 영농형 태양광 분야에서는 보급형 접이식 모듈 개발, 100kW급 표준 모델 및 시공 가이드라인 확립 등을 통해 초기 투자 비용과 운영비(O&M)를 절감함으로써 시장 진입 장벽을 낮추는 전략을 취하고 있다.

- 공공 협력을 통한 규제 리스크 완화: 도로 기반 융합 기술의 경우, 도로공사 및 지자체와 협력하여 실증 데이터를 정량화하고 설계·안전관리 표준화를 선제적으로 진행함으로써 향후 공공 확산 기반을 마련하고 있다.
- 이해관계자 참여형 실증 구조 설계: 전력 인프라 분야에서는 한전, 전력거래소 등 규제 권한 보유 기관을 실증 단계부터 참여시켜 전력 정산 및 계통 안정성 검증 자료를 확보하고, 이를 바탕으로 시장 설계 방향을 정부에 역제안하는 ‘실증-정책 연계’ 전략을 추진 중이다.
- 글로벌 시장으로의 확장 경로 다변화: 국내 수요의 한계를 극복하기 위해 해외 충전소 운영사와의 협력이나 펀딩 기반의 해외 실증 확대를 통해 내수 시장의 협소함을 보완하고 있다. 특히 개도국 실증은 국내에서 확보하기 어려운 운영 데이터와 수요처 반응을 제공하며, 국제 표준 선점 및 기술 외교의 통로로 기능하고 있다.

### 3) 실증 단계에서의 시장성 인식에 대한 이견과 시사점

조사 결과, 실증 단계에서의 시장 불확실성이 실증 추진 자체를 저해하는지에 대해서는 전문가들 사이에서도 두 가지 관점이 공존하고 있다.

- 장애요인으로 간주하는 관점: 시장 성숙도 부족과 초기 수요 부재가 민간의 참여 동기를 약화시키므로, 실증 기획 단계부터 ‘시장 연계 구조(Market-linked Structure)’를 설계해야 한다는 입장이다. 정책적 인센티브와 공공-민간 협력 기반의 초기 시장 조성이 실증 활성화를 위한 선결 조건임을 강조한다.
- 필수 과정으로 간주하는 관점: 기술성숙도가 낮은 단계의 실증은 본질적으로 기술 보완의 과정이며, 실증 자체가 시장 진입을 위한 전제 조건이므로 시장성 우려를 실증의 저해 요인으로 보는 것은 부적절하다는 시각이다. 특히 정부 주도 실증은 공공이 시장 리스크를 일부 흡수하므로 기업의 부담이 상대적으로 적으며, 향후 글로벌 시장(Cross-border CCS 등)의 잠재력을 고려할 때 실증은 선제적 전략으로서 의미가 크다고 평가한다.

시장 불확실성은 기술군과 기술 성숙도에 따라 실증의 장애 요인이 되기도 하며, 때로는 실증을 통해 극복해야 할 과제가 되기도 한다. 종합적으로 볼 때, 국내 실증 활성화를 위해서는 단순히 기술적 검증에 치중하기보다 실증 결과가 실제 사업화와 투자 유치로 이어질 수 있는 통합적 전략이 병행되어야 한다. 이는 후술할 개도국 실증 전략에서 국내 시장의 한계를 글로벌 테스트베드로 보완해야 하는 강력한 논거가 된다.

## 2 국내 연구개발자 관점에서의 개도국 실증을 통한 국내 실증 데스밸리 극복 가능성

앞서 국내 탄소중립 기술이 실증 단계에서 직면하는 데스밸리 요인을 제도·재원·시장 측면에서 진단한 데 이어, 동일한 전문가 집단을 대상으로 개도국 실증이 이러한 구조적 한계를 해소하는 기제로서 지니는 실효성을 추가로 자문하였다. 산·학·연 전문가 28인의 의견을 종합한 결과, 다수의 응답자가 개도국 실증이 국내 실증 환경의 충격지점을 완화하고 상용화로의 전이를 가속화하는 실질적인 대안이 될 수 있다고 평가하였다.

### 가. 다양한 환경에서의 기술 적합성 검증을 통한 실증 신뢰도 제고

전문가들은 가장 먼저, 개도국 실증이 국내에서 확보하기 어려운 다양한 기후·지질·전력망·작물·인프라 환경에서 기술을 검증할 수 있다는 점을 핵심적 장점으로 꼽았다. 국내는 법·제도·부지·기후 조건이 상대적으로 제한적이어서, 기술의 범용성과 적합성을 폭넓게 입증하기 어렵다는 한계가 존재한다. 반면 개도국은 고온다습 기후, 불안정 전력망, 다양한 토양 및 작물 조건, 상이한 안전·설계 기준 등 폭넓은 환경적 변수를 제공한다. 이러한 환경은 오히려 기술의 성능과 안정성을 실증적으로 입증할 수 있는 기회로 작용하며, 실증 결과의 신뢰도는 국내에서보다 높게 인정되는 경향이 있다.

예를 들어 태양광 및 영농형 태양광 기술은 다양한 작물·일사량 조건을 가진 국가에서 보다 폭넓은 실증 데이터를 확보할 수 있으며, 전력망 기술은 변동성이 큰 개도국 전력체계를 활용해 시스템의 안정성과 최적화 조건을 검증할 수 있다. CCUS 기술 역시 국내와 지질구조가 다른 국가에서 적용성을 시험함으로써 국제시장 진출에 필요한 기술 신뢰도를 확보할 수 있다. 이와 같이 개도국 실증을 통해 확보한 실증결과는 향후 국내외 사업화의 핵심 레퍼런스로 기능하여 데스밸리 극복에 실질적 기여를 할 수 있다.

### 나. 해외 시장성·경제성 검증을 통한 사업화 경로 확장

두 번째로, 개도국 실증은 기술의 사업화 가능성을 실제 시장에서 검증할 수 있는 기회를 제공한다. 국내는 시장 규모가 상대적으로 작고 적용 가능한 부지·수요가 제한적이며, 이는 실증 이후 상용화 단계로의 진입을 어렵게 만드는 구조적 제약으로 작용해왔다. 반대로 개도국은 전력 인프라 확충 수요, 재생에너지 확대 정책, 산업 경쟁력 제고 필요 등이 복합적으로 존재하기 때문에 기술 수요 기반이 상대적으로 크다.

따라서 개도국 실증은 실증 그 자체가 곧 시장 진입의 첫 단계로 기능할 수 있으며, 실증 결과를 기반으로 초기 상용 모델(Initial Business Model)을 도출하는 것이 국내보다

수월하다. 일부 기술(예: 태양광·전력망)은 실증과 동시에 시범사업·구매 계약·부지 확장으로 연계되는 경우도 발생한다. 이러한 구조는 국내에서 부재한 ‘시장 기반 실증-사업화 연계경로’를 형성하게 되어, 데스밸리를 초래하던 사업화 불확실성을 실질적으로 완화하는 효과가 있다.

#### 다. 국제기후재원(ODA·GCF·MDB)을 활용한 실증 자원 확보

다수 전문가가 반복적으로 지적한 요소는 개도국 실증을 활용할 경우 국내에서 확보하기 어려운 실증 재원을 국제적으로 조달할 수 있다는 점이었다. 국내 실증은 예산 규모가 작고 일몰형 사업이 많아 장기 실증이 어렵다는 문제가 제기되어 왔다. 반면 개도국 실증은 ODA, GCF, KOICA, KIAT, 세계은행(WB), 아시아개발은행(ADB) 등 다양한 국제공공재원을 활용할 수 있다.

특히 CCUS·전력망·대규모 인프라 기술처럼 초기 설비투자(CAPEX)가 큰 기술은 국제재원이 실증 추진의 필수 조건으로 인식되고 있다. 국제 기금은 사전 타당성조사(PFS), 파일럿 규모 실증, 인프라 구축 준비 등에 사용할 수 있으며, 이는 국내 데스밸리를 초래하던 ‘자원 불확실성 문제’를 구조적으로 완화하는 효과를 가진다. 전문가들은 국제재원 연계가 “실증-사업화-확산”으로 이어지는 패키지형 구조를 형성할 수 있다는 점을 특히 강조하였다.

#### 라. 글로벌 규범·표준·정책연계를 통한 제도적 장벽 완화

개도국 실증은 한국 기술의 국제표준화 및 규범제정 과정에서 중요한 역할을 할 수 있다는 점에서도 긍정적으로 평가되었다. 국내 기술은 제도·규제 미비로 인해 실증결과의 제도 반영과 확산이 어려운 경우가 많다. 반면 개도국은 새로운 기술 도입에 따른 기준·규격 마련 과정에서 한국의 기술 기준이나 실증 경험을 직접 참고하는 경우가 많아, 실증이 곧 표준화·제도화로 연결되는 경향이 있다.

전력·ESS·효율 기술의 경우 실증 과정에서 현지 안전기준·운영 기준을 공동 개발할 수 있으며, CCUS 분야는 국경 간 CO<sub>2</sub> 이동 규정, 장기책임 구조, 저장 허가 체계 등 제도적 기반을 양자·다자 협력을 통해 마련해야 한다는 의견이 지배적이었다. 이러한 제도 기반 구축은 실증 종료 이후의 사업 확산 및 해외 시장 진출을 가능하게 하여 국내에서 발생하는 제도기반 데스밸리를 완화할 수 있다.

#### 마. 해외 레퍼런스 확보를 통한 글로벌 시장 접근성 제고

마지막으로, 개도국 실증은 기술의 트랙레코드를 확보하는 데 큰 이점을 제공한다. 국내는 실증 부지 부족, 규제 복잡성, 지역 커뮤니티 수용성 문제 등으로 인해 실적 축적이 쉽지 않으나,

개도국에서는 실증 경험이 곧바로 해외 시장 진입의 증거자료로 활용될 수 있다. 전문가들은 해외 실증이 한국 기술의 신뢰성 제고와 글로벌 경쟁력 확보에 결정적 역할을 한다는 점을 여러 기술 분야에서 일관되게 강조하였다.

예를 들어 생물학적 CCU 기술은 개도국의 풍부한 일사량 조건을 활용해 고효율 실증이 가능하며, 태양광·전력망 기술은 해외 공기업·정부와의 협력을 통해 빠르게 시장 레퍼런스를 확보할 수 있다. CCUS 분야 또한 해외 실증이 국제 시장 참여의 필수 요건으로 인식되고 있으며, 기술의 적용범위와 안전성을 국제사회에 입증하는 효과가 있다.

### 3 국내 탄소중립 실증의 데스밸리 극복을 위한 개도국 실증 시 애로요인

앞선 1~3장을 통해 본 연구는 국내 탄소중립 분야에서 실증 단계가 직면하는 데스밸리 문제를 극복하기 위한 실효적 수단으로서 개도국 실증의 중요성을 제기하였으며, 기술 전문가들 또한 개도국 실증이 국내 실증의 구조적 한계를 보완할 수 있다는 점에 대체로 동의하는 것으로 나타났다. 다만, 이러한 잠재적 가능성과는 별개로 개도국 실증이 실제 추진되는 과정에서는 국내와 상이한 제도적·운영적 환경으로 인해 다각적인 리스크가 수반될 수 있다는 점이 핵심적인 제약으로 지적되었다. 본 연구에서 의견을 수렴한 28인의 전문가들은 개도국 실증 과정의 잠재적 장애요인을 분석한 결과, 크게 네 가지 범주에서 공통적인 우려를 표명하였다.

첫째, 현지 정부 및 공공기관의 협력 부족과 규제·인허가 절차의 불확실성이다. 다수의 전문가들은 개도국 행정체계가 우리나라와 달리 표준화되어 있지 않고, 인허가 절차가 장기간 지연되거나 예측 불가능하게 변경되는 경우가 많다고 지적하였다. 특히 토지 소유권 구조가 불명확하거나, 법령·기준이 수시로 변경되는 국가에서는 실증 일정 자체가 장기 표류될 가능성이 높다는 점을 가장 큰 위협으로 인식하였다. CCS와 같이 제도 의존도가 큰 기술 분야에서는 이러한 규제 불확실성이 실증 착수 여부를 결정짓는 핵심 리스크로 작용할 수 있다는 우려도 제기되었다.

둘째, 적합한 현지 파트너와 실증 인프라(전력망·부지·장비 등)를 확보하는 데 어려움이 크다는 의견이 공통적으로 등장하였다. 개도국의 경우 파트너 기관의 기술 이해도나 사업 수행 역량이 충분하지 않은 경우가 있으며, 신뢰성이 낮은 파트너를 선택할 경우 초기 투자비가 매몰될 위험이 존재한다는 점이 반복적으로 강조되었다. 또한 전력망 연계형 기술의 경우 실증 가능한 부지를 보유한 공기업·유틸리티가 제한적이어서, 협상 과정에서 역할 분담과 재원 매칭 조건을 조율하는 데 상당한 시간이 소요될 수 있다는 점 또한 중요한 제약으로 언급되었다.

셋째, 실증 수행 과정에서 운영·효율·비용 등 핵심 데이터를 안정적으로 확보하기 어렵다는 문제가 지적되었다. 개도국 현지 인력은 전문성이 부족한 경우가 많고, 연구자가 장기간 상주하여 실증을 감독하기도 현실적으로 어려워 데이터 누락, 장비 유지관리(O&M) 실패, 운영비용 추정 불확실성 등이 발생할 가능성이 높다. 일부 응답자들은 출연연 연구자가 해외 장기 체류를 통해 실증을 관리하기 어려운 인사·평가·재원 구조를 이유로 들며, 국내에서 기대하는 수준의 실증 품질을 확보하기 쉽지 않다는 점을 우려하였다.

넷째, 많은 전문가들이 공통적으로 언급한 요소는 실증 이후 사업화·상용화 단계로 이어지는 경로의 불확실성이다. 개도국에서는 실증이 일회성으로 종료되고 후속 사업이 이어지지 않는 경우가 많아, 기술·기관 모두 투자 대비 효과를 회수하기 어려울 가능성이 높다. 특히 전력 판매처 확보, 저장 서비스·허브 운영 등 사업모델이 뚜렷하게 정립되지 않은 상황에서는 실증 자체가 데스밸리를 벗어나는 출구가 되기 어렵다는 우려가 제기되었다. 일부 전문가는 개도국의 국가신용등급, 전력요금 구조, 수요처의 지불 능력 등을 고려할 때 실증 이후 확산·수익화가 제한되는 것이 가장 큰 리스크라고 판단하였다.

결론적으로 개도국 실증은 국내 실증 환경에서는 조우하지 않았던 제도적·운영적·사업적 위험이 복합적으로 중첩되어 있으며, 이는 사업 기획 단계에서부터 고도의 전략적 검토와 사전 대비책 마련이 필수적임을 시사한다. 다만, 이러한 애로요인들은 개도국 실증이 제공하는 시장성 검증, 국제 기후 재원 연계, 환경 변수 확보 등의 전략적 가치를 전제로 한 ‘관리 가능한 리스크(Manageable Risk)’로 해석될 수 있다. 따라서 정교한 실증 구조 설계와 체계적인 글로벌 파트너십 구축을 통해 이러한 리스크를 완화한다면, 국내 탄소중립 기술의 글로벌 상용화를 앞당기는 결정적 계기가 될 것으로 사료된다.

### 제3절 국내 탄소중립 실증의 데스밸리 극복을 위한 개도국 실증 전략 도출

앞선 분석을 통해 확인된 바와 같이, 국내 탄소중립 기술의 실증 단계에서 발생하는 데스밸리(Death Valley) 현상은 제도적 불확실성, 자원 부족, 시장 미성숙 등 복합적이고 구조적인 병목 요인에서 기인한다. 이에 본 절에서는 개도국 실증이 이러한 한계를 보완하는 실효적 대안으로 기능하기 위해 갖추어야 할 사업 구조와 추진 체계를 제안하고자 한다. 특히 전문가 자문에서 확인된 개도국 현지의 특수한 리스크를 선제적으로 완화할 수 있도록 ▲단계적 사업개발 모델, ▲기술-표준-인허가 통합형 협력 모델, ▲공공 주도의 개도국 실증 플랫폼 구축의 세 가지 핵심 전략을 도출하였다.

#### 가. 단계적 사업개발 모델: 先“법·제도 리스크 완화 사업”, 後 기술실증으로의 연계

첫 번째 전략은 기술 실증 본사업 착수 이전에 법·제도적 불확실성을 선제적으로 해소하는 ‘단계적 사업 개발 구조’를 정착시키는 것이다. 전문가 조사 결과, 개도국 실증의 가장 치명적인 저해 요인은 현지 인허가 체계의 불명확성과 토지 소유권 및 사후 책임 구조의 불투명성 등 제도적 리스크로 나타났다. 이러한 요소들은 실증의 착수를 지연시킬 뿐만 아니라 상용화로 이어지는 전 과정을 불안정하게 만드는 근본 원인이 된다. 따라서 기술 실증을 즉각 추진하기에 앞서, 우선협력국을 대상으로 분야별 인허가 체계와 적용 법령을 정밀하게 분석하고, 정부 간 프레임워크 협정이나 실증 전용 양해각서(MOU) 체결을 통해 제도적 안전장치를 마련하는 선행 사업이 필수적이다. 또한 실증 부지의 법적 지위 확인과 환경영향평가 및 안전관리 책임 구조를 사전에 확립함으로써, 실증 과정에서의 행정적 지연이 사업 실패로 이어지는 악순환을 원천적으로 차단해야 한다. 이러한 철저한 준비 과정을 거친 후 본 실증 사업을 추진할 때, 비로소 다양한 기후 및 인프라 조건에서 기술의 성능과 운영성을 안정적으로 검증하고, 이를 바탕으로 민간 투자를 유인할 수 있는 객관적인 경제성 평가 데이터를 확보할 수 있다.

#### 나. 실증-표준-인허가를 통합한 패키지형 국제협력 모델 구축

두 번째 전략은 실증 과정을 표준화 및 인허가 기준 수립과 연계하여 하나의 패키지로 통합하는 국제협력 모델을 구축하는 것이다. 국내 실증 현장의 고질적인 병목 중 하나는 우수한 기술이 개발되더라도 이를 수용할 수 있는 표준이나 인허가 체계가 부재하여 사업화가 좌초되는 구조적 단절에 있다. 특히 영농형 태양광, 수전해, ESS, CCUS 등 신규 기후기술 분야에서 이러한 제도적 공백은 더욱 심각하다. 이를 해결하기 위해 국내 실증 과정에서 도출된 설계 기준과 운영 가이드라인을 바탕으로 최소한의 기술·안전 기준을 선제적으로

마련하고, 이를 개도국과의 공동 실증에 적용하여 다양한 극한 환경에서의 실효성을 교차 검증해야 한다. 개도국의 특수한 기후와 열악한 인프라 조건은 기술의 신뢰성을 입증할 뿐만 아니라, 국내에서 마련한 기준의 국제적 범용성을 평가할 수 있는 전략적 기회가 된다. 이렇게 축적된 실증 데이터는 현지의 인허가 제도 정비와 상호인증 체계 구축으로 이어져야 하며, 나아가 ISO 및 IEC 등 국제 표준화 논의의 근거 자료로 활용되어야 한다. 이러한 패키지형 접근은 기술 검증-표준 개발-제도 정비-시장 확산이 단절 없이 연결되는 선순환 구조를 형성함으로써, 표준 부재에 따른 사업화 지연이라는 데스밸리의 핵심 원인을 구조적으로 해소하는 동력이 된다.

#### 다. 개도국 실증 플랫폼 기반 구축

세 번째 전략은 기업과 연구기관이 개도국 실증 과정에서 직면하는 비기술적·제도적 리스크를 공공 차원에서 체계적으로 관리하고 지원하는 ‘개도국 실증 플랫폼’을 구축하는 것이다. 현장의 실패 사례를 분석해 보면 기술력의 한계보다는 현지 정부와의 소통 부재, 부적절한 파트너 선정, 계약 및 책임 구조 설계 미비 등 민간 차원에서 해결하기 어려운 비기술적 요인이 사업 실패의 결정적 원인으로 작용하는 경우가 많다. 따라서 정부, 공공 연구기관, 국제기구가 공동으로 참여하는 전문 플랫폼을 설립하여 ▲우선협력국 내 유망 실증 후보지 발굴, ▲현지 정부 및 공기업과의 고위급 협력 네트워크 구축, ▲인허가 및 법제 지원 패키지 제공 등을 지원해야 한다. 또한 실증 사업에 필요한 ODA, GCF, 다자개발은행(MDB) 등 국제 기후 재원을 전략적으로 패키징하여 제공하고, 분야별 실증 템플릿과 표준계약서를 보급함으로써 민간의 진입 장벽과 행정적 부담을 획기적으로 경감시켜야 한다. 이러한 플랫폼은 실증이 단기적인 프로젝트로 휘발되지 않고 글로벌 시장 확산으로 이어지는 가교 역할을 수행함으로써, 개도국 실증 현장을 우리 기후기술의 글로벌 진출을 위한 전략적 거점으로 변모시킬 것이다.

결론적으로 제시된 세 가지 전략은 개별적인 기술 실증 단계를 넘어, 실증 결과가 실제 시장 진입과 사업 성과로 연결될 수 있는 구조적 토대를 마련한다는 점에서 상호 보완적인 시너지 효과를 창출한다. 법·제도적 리스크 완화를 통한 착수 기반 마련, 표준과 인허가를 포함한 패키지형 사업 구조화, 그리고 공공 플랫폼을 통한 전방위적 리스크 관리라는 세 축이 결합될 때, 개도국 실증은 국내 실증의 한계를 극복하는 ‘글로벌 우회로’를 넘어 우리 탄소중립 기술이 세계 시장의 주류로 진입하는 실질적인 관문이 될 것이다.

## 제5장

# 글로벌RD&D 자원 연계성 강화를 통한 활성화 방안: 호라이즌 유럽을 중심으로

### 제1절 탄소중립기술의 글로벌RD&D 관련 호라이즌 유럽 현황

#### 1 국내 호라이즌 유럽 참여 현황 및 시사점

##### 가. 국내 대학, 출연(연), 기업 등 호라이즌 유럽 참여현황

2025년 대한민국의 호라이즌 유럽 준회원국 가입을 계기로 국내 대학, 출연(연), 기업 등 다양한 주체가 EU와 동등한 조건으로 참여할 수 있는 제도적 기반이 마련되었다. 이에 따라 국내 기관의 참여 양상과 성과를 분석하는 것은 향후 전략적 진출 방향을 설정하는 데 중요한 기초자료가 된다. 본 절에서는 탄소중립 분야의 호라이즌 유럽의 글로벌 실증을 위한 후보 재원 중 하나로서, 주요 병목 요인은 무엇이고, 참여 활성화를 위한 제도적 개선방안은 무엇인지 살펴보고자 하며, 이를 위해 우선 국내 대학, 출연(연), 기업 등 주체가 호라이즌 유럽에 참여하고 있는 현황을 검토한다.

현재 EU 통계 플랫폼의 데이터는 준회원국 가입 이후의 실적은 반영하지 못하고 있으므로, 본 절에서는 2021~2024년 동안의 접근 가능한 데이터를 중심으로 국내 참여 현황을 검토하였다. 해당 기간 동안 국내 기관은 총 349건을 신청하여 71건이 선정되었으며, 선정률은 20.34%로 평균 약 16% 수준을 상회하는 비교적 양호한 성과를 기록하였다. 이 기간 중 총 87개 기관이 참여하였으며, 11개 기관은 수혜기관(Beneficiary)으로, 76개 기관은 제3국 지위로 참여한 것으로 나타난다.

표 5-1 최근 5년간(FP9) 국내 기관의 제출 건수, 참여 건수 등

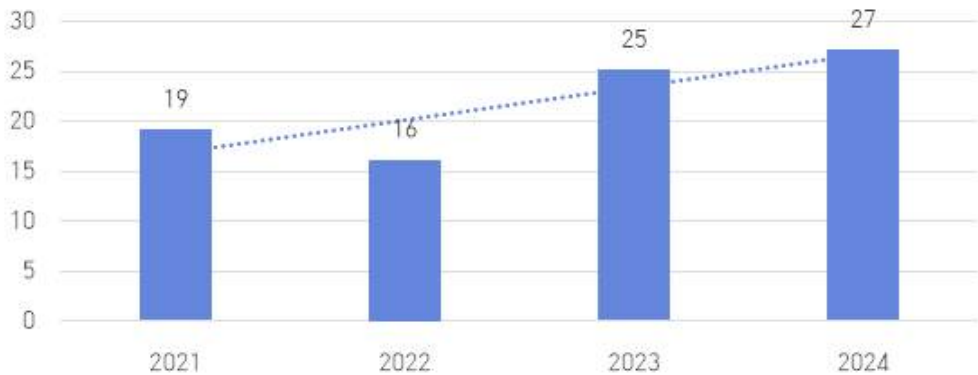
신청건수(A)	최종 선정건수(B)	선정률(B/A)	참여기관 수	EU 조달액
349	71	20.34%	87	3.3백만 유로 (약 5,481백만원)

출처: [https://dashboard.tech.ec.europa.eu/qs\\_digit\\_dashboard\\_mt/public/sense/app/1213b8cd-3ebe-4730-b0f5-fa4e326df2e2/sheet/d1435e56-cdee-4f5f-8b0d-f49d41ffbd6c/state/analysis](https://dashboard.tech.ec.europa.eu/qs_digit_dashboard_mt/public/sense/app/1213b8cd-3ebe-4730-b0f5-fa4e326df2e2/sheet/d1435e56-cdee-4f5f-8b0d-f49d41ffbd6c/state/analysis) (자료 검색일: 2025. 10. 1.)

호라이즌 유럽 공고문 기준으로 국내 기관의 연도별 참여 건수를 살펴보면, 2021년 19건에서 2022년 16건으로 소폭 감소하였으나, 2023년에는 25건으로 크게 증가하며 참여가 다시 확대되는 추세를 보이고 있다. 2024년에는 27건으로 증가세가 더욱 강화되었으며, 이는 국내 연구기관의 호라이즌 유럽 참여 경험 축적, 국제 네트워크 확대, 그리고 준회원국 가입 논의에 따른 관심 고조 등이 복합적으로 작용한 결과로 해석된다.

종합하면, 초기에는 제한적 참여 수준에 머물렀으나 최근 2년간 증가세가 확인되며, 준회원국 가입 및 제도적 기반이 강화되는 만큼 참여 규모는 더욱 확대될 가능성이 높다.

**그림 5-1 연도별 참여 건수 (공고문 기준)**



출처: [https://dashboard.tech.ec.europa.eu/qs\\_digit\\_dashboard\\_mt/public/sense/app/1213b8cd-3e8e-4730-b0f5-fa4e326df2e2/sheet/d1435e56-cdee-4f5f-8b0d-f49d41ffbd6c/state/analysis](https://dashboard.tech.ec.europa.eu/qs_digit_dashboard_mt/public/sense/app/1213b8cd-3e8e-4730-b0f5-fa4e326df2e2/sheet/d1435e56-cdee-4f5f-8b0d-f49d41ffbd6c/state/analysis) (자료 검색일: 2025.10.1.)

국내 기관의 호라이즌 유럽 참여 실적을 기관유형별로 살펴보면, 대학이 전체 87건 중 51건(59%)으로 가장 높은 비중을 차지한다. 이는 대학이 국제 공동연구 경험과 네트워크 기반이 상대적으로 잘 구축되어 있으며, 다양한 분야에서 안정적인 연구역량을 보유하고 있다는 점을 반영한다.

정부 출연(연)은 18건(21%)으로 두 번째로 높은 참여 비중을 보이며, 국가 연구기관으로서 기초·응용·실증 연구 전 단계에 걸친 연구 인프라와 전문성을 바탕으로 EU 연구과제에 적극적으로 진입하고 있는 것으로 해석된다.

기업의 참여는 13건(15%)으로 대학·정출연에 비해 비중은 낮지만, Pillar 2 중심의 산업·기술 기반 과제에서 꾸준한 참여 경향을 보이고 있어 기업의 국제 R&D 진출 의지가 점차 강화되고 있음을 시사한다.

연구기관(2건, 2%)과 국제기구(2건, 2%)는 참여 비중이 낮은 편이나, 특정 전문 분야 중심으로 선택적 참여가 이루어지는 것으로 나타난다. 기타 기관은 1건(1%)으로 참여 규모는 제한적이지만, 호라이즌 유럽의 개방적 참여구조를 고려할 때 다양한 형태의 기관이 진입

가능함을 보여준다.

종합적으로 보면, 국내 참여는 대학·정출연 중심의 전통적 연구주체가 주도하고 있으나, 기업의 참여가 점차 확대되는 추세이며, 이를 기반으로 향후 산업·기술 분야에서의 국제 공동연구 생태계 확장이 가능할 것으로 판단된다.

**그림 5-2** 참여 기관 유형

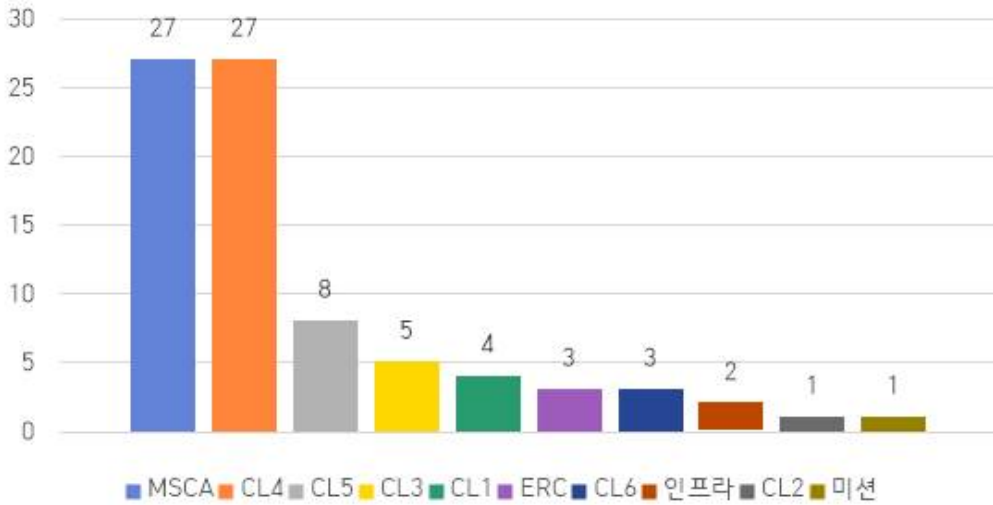


구분	대학	정출연	기업	국제기구	연구기관	기타	합계
기관 수	51	18	13	2	2	1	87
비율	58.6%	20.7%	14.9%	2.3%	2.3%	1.2%	100%

출처: [https://dashboard.tech.ec.europa.eu/qs\\_digit\\_dashboard\\_mt/public/sense/app/1213b8cd-3ebe-4730-b0f5-fa4e326df2e2/sheet/d1435e56-cdee-4f5f-8b0d-f49d41ffbd6c/state/analysis](https://dashboard.tech.ec.europa.eu/qs_digit_dashboard_mt/public/sense/app/1213b8cd-3ebe-4730-b0f5-fa4e326df2e2/sheet/d1435e56-cdee-4f5f-8b0d-f49d41ffbd6c/state/analysis) (자료 검색일: 2025.10.1.)

국내 기관의 호라이즌 유럽 Pillar 2 참여는 디지털·산업·우주 분야를 포함하는 클러스터 4(CL4)에 가장 많이 집중되어 있으며, 전체 참여 건수 기준으로 33%를 차지하는 높은 비중을 보이고 있다. 이는 국내 연구자들이 ICT·반도체·산업기술 등에서 세계적 경쟁력을 확보하고 있어 국제 공동연구에서 상대적으로 진입장벽이 낮은 분야라는 점을 반영한다. 그러나 Pillar 2는 CL4 외에도 보건(CL1), 에너지·모빌리티(CL5), 농업·식량·환경(CL6) 등 예산 규모가 크고 글로벌 난제 해결과 직접 연계된 핵심 분야들이 다수 존재하므로, 참여 편중을 완화하고 분야 다각화를 추진할 필요성이 높다. 특히 CL5와 CL6은 기후변화 대응·재생에너지·저탄소 기술·순환경제 등 탄소중립 핵심 RD&D와 밀접하게 연계되는 분야로, 국내 연구기관과 기업이 선제적으로 역량을 확보하고 전략적으로 진입해야 할 영역으로 평가된다. 이를 위해서는 국가연락담당관(National Contact Point, NCP) 활동 강화, 한·EU 연구자 네트워크 구축, 분야별 기술설명회, 매칭 프로그램 등을 통해 실제 컨소시엄 구성에 참여하는 기회를 확대하는 것이 필수적이다.

그림 5-3 참여 분야별 현황



신청건수(A)	최종 선정 건수(B)	선정률(B/A)	참여기관 수	EU 조달액
Pillar 1	32	ERC	3	9.4%
		MSCA	27	84.4%
		인프라	2	6.2%
		소계	32	100%
Pillar 2	49	CL1	4	8.2%
		CL2	1	2.0%
		CL3	5	10.2%
		CL4	27	55.1%
		CL5	8	16.4%
		CL6	3	6.1%
		미션	1	2.0%
		소계	49	100%
WIDERA	3	-		
EURATOM	3	-		
합계		87		

출처: [https://dashboard.tech.ec.europa.eu/qs\\_digit\\_dashboard\\_mt/public/sense/app/1213b8cd-3ebe-4730-b0f5-fa4e326df2e2/sheet/d1435e56-cdee-4f5f-8b0d-f49d41ffbd6c/state/analysis](https://dashboard.tech.ec.europa.eu/qs_digit_dashboard_mt/public/sense/app/1213b8cd-3ebe-4730-b0f5-fa4e326df2e2/sheet/d1435e56-cdee-4f5f-8b0d-f49d41ffbd6c/state/analysis) (자료 검색일: 2025.10.1.)

또한 Pillar 2의 성격상 산업경쟁력 확보와 시장 적용성이 중요한 만큼 기업의 역할이 특히 중요하지만, 현재 국내 기업의 참여 비중은 대학과 출연연 대비 현저히 낮다. 기업이 제안서 설계·컨소시엄 구성·법률 및 재정 절차에서 겪는 부담이 크고, 국제 실증·사업화 단계에서 요구되는 전문적 지원체계가 충분히 마련되어 있지 않다는 점이 주요 제약 요인으로 지적된다. 실제로 기술보증기금이 기업 대상 NCP로 지정되어 있으나, 제안서 작성 및 협상 지원, EU 재정규정 이해, 지식재산권(IP) 컨설팅, 사업화 전략 수립 등 기업이 필요로 하는 실질적 지원은 아직 제한적이다. 따라서 중소·중견기업의 진입장벽을 낮추기 위해서는 ‘원스톱 지원 패키지’ 구축, 전문 컨설팅 제공, 성공사례 확산, 단계별 역량교육 프로그램 운영 등 체계적인 기업 지원정책이 병행되어야 한다.

종합하면, 국내 호라이즌 유럽 참여는 CL4 중심의 편중 구조 속에서도 일정 수준의 경쟁력을 확보하고 있으나, 탄소중립·에너지·환경 등 전략 분야(CL5·CL6)에서의 참여 확대, 기업의 참여 역량 강화, 한·EU 연구자 네트워크 확충이 향후 글로벌 RD&D 협력 경쟁력을 좌우할 핵심 과제로 도출된다. 향후 준회원국 가입 효과가 본격화될 경우 이러한 구조적 제약은 완화될 여지가 있으며, 이를 기반으로 전략적 진입 분야를 다각화하고 산업·학·연이 균형 있게 참여하는 생태계를 구축하는 것이 중요하다.

다음으로 참여기관 유형과 참여 분야의 교차분석을 실시한 결과는 다음과 같다. 아래 표를 보면, 대학은 Pillar 1과 Pillar 2 전반에서 가장 활발한 참여를 보이며 전체 참여의 절반 이상을 차지하고 있다. 이는 대학이 기초·응용·실증 단계를 포괄하는 폭넓은 연구역량을 갖추고 있고, 국제 공동연구 네트워크 접근성이 높다는 점에서 기인한다.

**표 5-2** 참여기관 유형 × 참여분야 교차 분석 매트릭스

구분	Euratom	Pillar 1	Pillar 2	WIDERA	합계
기업	0	1	12	0	13
출연연	1	6	10	1	18
국제기구	0	0	2	0	2
기타	0	1	0	0	1
연구기관	0	1	1	0	2
대학	2	23	24	2	51
합계	3	32	49	3	87

출처: [https://dashboard.tech.ec.europa.eu/qs\\_digit\\_dashboard\\_mt/public/sense/app/1213b8cd-3ebe-4730-b0f5-fa4e326df2e2/sheet/d1435e56-cdee-4f5f-8b0d-f49d41ffbd6c/state/analysis](https://dashboard.tech.ec.europa.eu/qs_digit_dashboard_mt/public/sense/app/1213b8cd-3ebe-4730-b0f5-fa4e326df2e2/sheet/d1435e56-cdee-4f5f-8b0d-f49d41ffbd6c/state/analysis) (자료 검색일: 2025.10.1.)

특히 기후변화 대응이나 재생에너지 등 탄소중립 관련 핵심 연구개발과 긴밀하게 연계되는 분야를 포함하고 있는 Pillar 2의 참여가 두드러 지는 것을 확인할 수 있다.

참여기관 유형별로 살펴보면, 출연연은 Pillar 1에서 6건, Pillar 2에서 10건으로 대학 다음으로 높은 참여 수준을 보이며, Euratom과 WIDERA에도 참여하는 등 비교적 균형 있는 참여구조를 보이고 있다. 이는 정부출연연이 보유한 전문 인력·장비 인프라·기술 축적도가 EU 연구과제의 요구수준과 잘 부합한다는 점을 보여준다.

기업은 Pillar 2에서 12건으로 가장 많은 참여를 기록하며 산업·기술 중심의 과제에서 핵심 주체로 기능하고 있다. 반면 Pillar 1 참여는 1건에 그쳐 연구자 중심 프로그램에는 상대적으로 진입이 제한적이며, 시장성과 기술개발 연계성이 높은 Pillar 2 중심의 참여 패턴이 뚜렷하다. 이와 같은 구조는 Pillar 2가 산업경쟁력·기술혁신·사회난제 해결을 목표로 설계된 만큼, 대학·출연연·기업 모두가 진입 가능한 “공통 전장”으로 기능하고 있음을 시사한다.

국제기구는 Pillar 2에만 2건 참여하고 있으며, 특정 글로벌 협력이 필요한 분야에 선택적으로 진입하는 경향을 보인다. 연구기관 및 기타 기관은 1~2건 수준의 제한적인 참여를 보이지만, 특정 전문세부 분야에서 목표 지향적인 참여를 수행하고 있다.

종합적으로 보면, 국내 호라이즌 유럽 참여는 대학·출연연·기업이 핵심 참여 주체로 자리 잡고 있으며, 특히 Pillar 2는 세 기관 유형 모두의 관심과 역량이 집중되는 중심축으로 나타난다. 이는 국내 연구 생태계가 디지털·산업·에너지·기후 등 Pillar 2의 주요 분야와 높은 연계성을 가지고 있으며, 준회원국 가입 이후, Pillar 2 중심의 전략적 참여 확대 정책이 필요함을 시사한다.

## 2 국내 호라이즌 유럽 참여 병목 요인

### 가. 배경 및 목적

탄소중립 전환은 한국을 포함한 전 세계 국가들이 직면한 핵심 정책 과제이며, 국제공동 RD&D는 그 완성도와 확산성을 결정하는 중요한 수단이다. 특히 EU의 대표 연구혁신 프로그램인 호라이즌 유럽(Horizon Europe)은 기후·에너지·모빌리티를 포함한 탄소중립 분야에 가장 큰 비중의 예산을 배정하고 있으며, 선도 기술·실증·시장 확산을 연계하는 구조를 갖추고 있다.

한국이 2025년부터 호라이즌 유럽 준회원국으로 참여하게 되면서, 국내 연구 기관·기업·지자체는 탄소중립 분야에서 EU와 동등한 조건으로 국제공동 RD&D와 글로벌 실증에 참여할 수 있는 제도적 기회를 확보하였다. 그러나 실제 참여 과정에서는 제안서 작성, 컨소시엄 구성, 협약(Grant/Consortium Agreement; GA/CA), 집행 및 정산,

대응자금(Co-Funding) 연계, 글로벌 실증(녹색전환 지원) 등 탄소중립 기술의 전주기에 걸쳐 다양한 구조적·제도적 병목이 여전히 존재한다. 탄소중립 기술은 에너지 전환, 수송, 산업 탈탄소, 순환경제, 기후적응 등 복잡한 기술·정책·시장 요소가 결합되기 때문에, 국내 기관의 기존 연구관리 체계만으로는 EU 기준과의 정합성을 확보하기 어렵다는 지적도 반복되어 왔다.

이에 본 장에서는 탄소중립 분야의 호라이즌 유럽 참여에서 실제로 어떤 병목이 발생하는지, 그리고 그 해결을 위해 필요한 정책적·제도적 개선 방향을 체계적으로 제시하고자 한다. 이를 위해 본 연구는 호라이즌 유럽의 탄소중립·에너지·기후 분야 참여 경험에 있는 전문가·실무자를 대상으로 정량·정성 기반의 의견수렴을 실시하였다.

정량 분석에서는 병목요인의 상대적 중요도와 우선순위를 도출하였고, 정성 분석에서는 단계별 병목의 구체적 사례·원인·구조적 맥락을 정리하였다. 이 과정을 통해 제안 단계의 컨소시엄 진입 문제, 협약 단계의 법무·회계·문서 검토 부담, 집행 단계의 EU·국내 규정 불일치, 그리고 글로벌 실증 단계의 파트너십·정책 정합성 문제까지 다층적인 병목 구조를 도출하였다.

본 장의 결과는 한국의 탄소중립 기술이 EU-한국-제3국을 연결하는 글로벌 RD&D 체계 안에서 실질적으로 확산되기 위해 필요한 정책적 기반을 제시한다. 또한 호라이즌 유럽 참여의 제도 개선, 행정 인프라 구축, 공동 재원 체계 설계, 국제 파트너십 전략, 글로벌 실증 연계 모델 수립 등 향후 국가 차원의 탄소중립 RD&D 활성화 전략 수립을 위한 근거자료로 활용될 것이다.

## 나. 호라이즌 유럽 참여 병목요인 분석 프레임워크

본 연구에서는 호라이즌 유럽(Horizon Europe) 참여 과정에서 국내 연구기관이 경험하는 제약 요인을 전주기적으로 분석하기 위해, 제안-협약-집행-성과확산에 이르는 RD&D 과정 전체를 단계별로 구조화하여 검토하였다. 이는 각 단계가 참여기관의 의사결정 체계, 행정·법무 절차, 국제협력 역량, 회계·증빙 기준, 글로벌 실증과의 연계 구조 등 다양한 요소가 상호작용하는 복합적 과정이기 때문에, 병목요인을 단일 지점의 문제가 아닌 연쇄적·구조적 문제로 파악할 필요가 있기 때문이다.

이를 위해 본 연구는 호라이즌 유럽 사업 수행 절차를 네 개의 단계(STEP1~STEP3)로 구분하여 분석 프레임워크를 설정하였다.

STEP1은 제안서 단계로, 컨소시엄 구성, 공고문(Call) 해석, 제안서 작성 인력·시간 확보 등 초기 경쟁력을 결정하는 요소들을 포함한다.

STEP2는 협약(Grant Agreement·Consortium Agreement) 단계로, GA·CA 문안 협상, 역할·예산 조정, 기관 내부 법무 승인, EU 요구문서(Ethics, DMP 등) 준비 과정에서

발생하는 다양한 조정·승인 병목요인을 다룬다.

STEP3은 집행 단계로서, 비용정산 체계, 회계·증빙·리포팅, 내부 감사, 대응 자금(Co-Funding) 관리 등 연구 수행의 실무적 부담을 포함한다.

또한 본 연구의 분석은 호라이즌 유럽 관련 전문가 집단을 구성하여 수행한 정량·정성 자문의견(Q1~Q9)을 기반으로 하였다. 전문가 집단은 ① 호라이즌 유럽 지원 유경험 기관(한국연구재단, KAIA, KIAT), ② 호라이즌 유럽 참여 수행기관(ETRI, 한국에너지기술연구원, 한국기계연구원, 한국화학연구원 등 주요 출연연)을 중심으로 구성되어, 제도 설계·정책 지원·현장 참여 경험을 모두 갖춘 균형 있는 구조로 설계하였다. 이를 통해 제도적 관점과 실무적 관점이 함께 반영된 종합적 분석이 가능하였다.

정량 분석에서는 항목별 1·2·3순위 선택을 통해 병목요인의 상대적 중요도와 빈도를 산출하였고, 정성 분석에서는 각 항목을 선택한 이유·사례를 토대로 병목의 구조적 원인, 기관 유형별 차이, 절차적·제도적 부담 요인 등을 세부적으로 파악하였다. 이를 통해 호라이즌 유럽 참여 과정에서 나타나는 문제들이 단일 요인이 아닌, 국제 네트워크·제도 정합성·행정·회계·승인 체계·EU 정책 맥락 이해 등 다양한 요소가 얽혀 발생하는 다층적·구조적 병목이라는 점을 전주기적으로 규명할 수 있었다.

## 다. 단계별 호라이즌 유럽 참여 병목요인 분석

### 1) 전반적인 병목요인 분석

전문가 설문 분석 결과, 호라이즌 유럽 참여 과정에서 가장 구조적이고 본질적인 병목은 ‘컨소시엄 구성의 어려움’으로 도출되었다. 정량 분석에서 총점 15점으로 전체 항목 중 가장 높은 값을 기록했을 뿐 아니라, 정성 응답에서도 모든 전문가가 동일하게 지적한 바와 같이, 한국 연구기관은 유럽 중심의 기존 네트워크에 초기 기획 단계부터 참여하기 어려운 ‘후발 진입 구조’에 놓여 있다. 이로 인해 한국 측은 프로젝트 구성·역할 정의·예산 배분 등 전략적 의사결정 과정에서 주도권을 확보하기 어렵고, 결과적으로 참여 자체가 구조적으로 제한된 위치에서 이루어지는 경향이 반복적으로 확인되었다.

두 번째 핵심 병목은 ‘운영·행정 부담’이다. 정량 분석에서 2·3순위 응답이 집중되어 총 10점을 기록하였으며, 이는 실무 과정에서 연구자와 행정 인력이 체감하는 부담이 상당함을 보여준다. 정성 분석에서는 EU-한국 간 회계·증빙 기준의 상이함, 내부 결재 지연, Horizon Europe 경험을 보유한 전문 행정·법무 인력의 부족 등 제도·규정 불일치와 조직 역량 부족이 복합적으로 얽힌 행정적 과부하가 주요 원인으로 파악되었다. 이러한 문제는 제안 단계뿐 아니라 협약·집행 단계까지 연쇄적 병목으로 이어지는 것으로 나타났다.

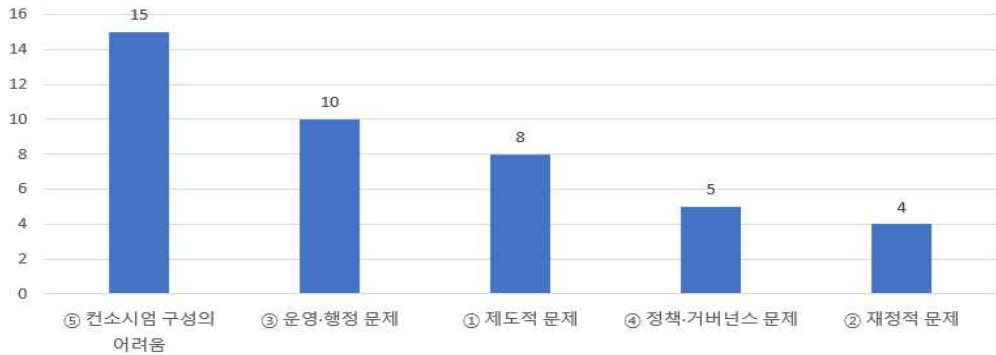
세 번째로 중요한 병목은 ‘제도적 문제’로, 총점 8점으로 상위권을 차지하였다. 정성

응답에서는 EU의 표준 보조금 협약서(Annotated Model Grant Agreement, AMGA) 기준과 국내 연구개발혁신법·회계 규정 간 불일치가 반복적으로 언급되었으며, 이는 연구자가 일종의 ‘이중 규제 환경’에 놓이는 결과를 초래한다. 특히 이러한 제도적 정합성 부족은 기관 내부 의사결정 단계에서 리스크 요인으로 인식되어, 참여 자체를 보수적으로 판단하게 만드는 진입장벽으로 기능하고 있는 것으로 분석되었다.

한편, 재정·자원 문제 및 정책·거버넌스 문제는 정량적으로는 상대적으로 낮은 우선순위를 보였으나, 이는 중요도가 낮다는 의미가 아니라 기존 구조적 병목을 더욱 강화하는 보조적 장애 요인으로 작용하는 것으로 해석된다. 전문가들은 기관 부담금 확보의 어려움, 인건비 배분 기준의 제약, 국가 차원의 컨소시엄 매칭·법무·회계 지원체계 부재 등을 언급하며, 이러한 기반 미흡이 참여 지속성·확장성을 저해하는 구조적 환경을 형성하고 있다고 평가하였다.

종합하면, 호라이즌 유럽 참여 제약이 단일 요인이 아니라 컨소시엄 구조-제도 불일치-행정 운영-재정 기반-정책 지원 미비가 상호 연쇄적으로 작용하는 다층적 병목 구조임을 명확히 보여준다. 특히 컨소시엄 구성 난점과 제도적 불일치는 구조적 수준에서, 운영·행정 부담은 실무적 수준에서 각각 강력한 제약 요인으로 작용하며, 두 축이 결합될 경우 기관의 참여 의사와 능력을 동시에 약화시키는 것으로 나타났다.

**그림 5-4** 전반적인 병목요인



전문가 의견을 바탕으로 저자 작성

## 2) (STEP1) 제안서 단계의 병목요인

제안서 단계에서의 주요 병목요인을 분석한 결과, 전문가들은 가장 큰 어려움으로 ‘국제 파트너 매칭’을 지목하였다. 정량 분석에서 해당 항목은 총점 14점으로 가장 높은 값을 기록했으며, 1순위 선택이 4건으로 집중되었다. 정성 응답에서도 동일한 패턴이 확인되었는데, 전문가들은 유럽 내 핵심 코디네이터 및 연구그룹과의 신뢰 기반 네트워크 부족이 컨소시엄 진입의 가장 큰 장벽이라고 지적하였다. 특히 한국 기관이 제안서 초기 기획

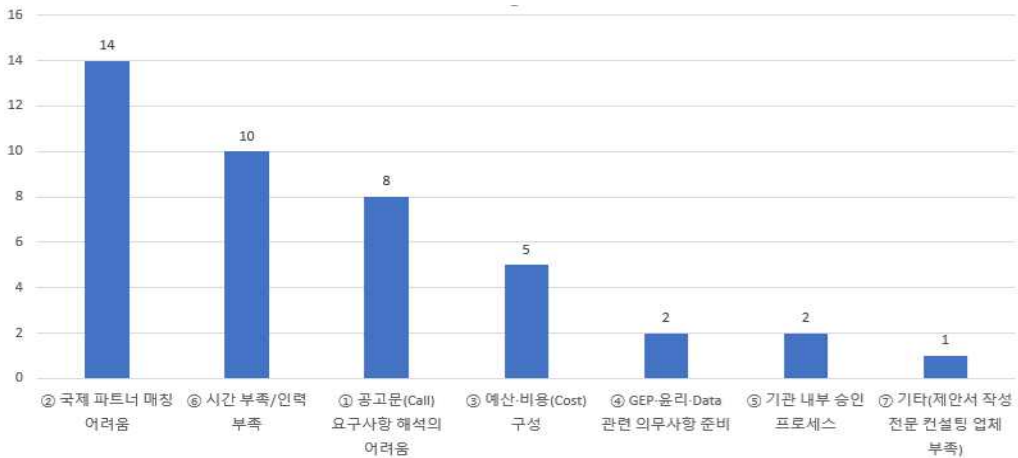
단계에 참여하기보다는 이미 구성된 컨소시엄에 후속 파트너로 초청되는 사례가 많아, 제안 구조 설계와 역할 배분 단계에서 주도권을 확보하기 어렵다는 점이 반복해서 언급되었다.

두 번째로 큰 병목은 ‘시간·인력 부족’으로, 총점 10점을 기록하며 전문가 전반이 실무적 부담을 크게 체감하고 있음을 보여주었다. 자유서술형 응답에서는 호라이즌 유럽 제안서 작성 경험이 있는 전담 인력의 부족, 일상 업무와 병행하기 어려운 과도한 문서·행정 요구, 제안서 구성요소(기술 파트, 임팩트 파트, 예산, 윤리·데이터 문서 등)를 동시에 준비해야 하는 구조적 부담이 핵심 원인으로 분석되었다. 또한 전문 컨설턴트나 국제협력 담당 인력의 부재로 인해 연구자가 본연의 연구 외적 업무까지 수행해야 하는 현실이 병목을 더욱 심화하고 있는 것으로 나타났다.

세 번째 주요 어려움으로는 ‘공고문 요구사항 해석’이 제시되었다. 정량 분석에서 총점 8점을 기록하며 뒤를 이었고, 정성 분석에서는 단순한 언어적 이해가 아니라 정의(Scope)와 기대성과(Expected Outcomes), 관련 EU 정책 프레임워크와의 정합성, 평가 기준 상의 임팩트 논리 구성 등 복합적인 해석이 필요하다는 점이 지적되었다. 이는 제안서를 기술적으로 작성하는 능력보다, EU 정책 문맥을 이해하고 이를 제안 내용으로 전략적으로 번역하는 역량의 부족이 실제 제안서 경쟁력을 약화시키는 원인으로 작용하고 있음을 보여준다.

그 외 예산·비용 구성, GEP·윤리·데이터 관련 의무사항 준비, 기관 내부 승인 절차 등도 병목요인으로 언급되었으나, 이들 요소는 경험 축적이나 내부 지원체계가 갖추어질 경우 상당 부분 해소될 수 있는 보조적 병목 성격으로 나타났다. 반면 국제 파트너 매칭, 인력·시간 부족, 공고문 해석 문제는 구조적·지속적 병목으로서 제안서 단계의 경쟁력에 직접적으로 영향을 미치는 핵심 요소로 확인되었다.

**그림 5-5 제안서 단계의 병목요인**



전문가 의견을 바탕으로 저자 작성

종합하면, 제안서 단계의 병목은 단순한 문서 작성 기술의 문제가 아니라, 국제 네트워크 기반, 내부 전담 인력 및 조직지원체계, EU 정책·프레임워크에 대한 이해 역량 등 구조적·조직적 역량 부족에서 비롯되는 다층적 문제로 귀결된다. 특히 컨소시엄 진입을 위한 네트워크 확보, 제안서 작성 전담체계 구축, 정책 맥락 기반의 제안 전략 수립이 미비할 경우 경쟁력 있는 제안서를 작성하기 어려운 구조적 제약이 지속될 가능성이 높다.

### 3) (STEP2) 협약 단계의 병목요인

호라이즌 유럽 참여 과정에서 협약 단계(Grant Agreement·Consortium Agreement, GA·CA)는 가장 복합적인 병목이 집중적으로 나타나는 구간인 것으로 확인되었다. 정량 분석에서는 전체 응답자의 1순위 선택이 “컨소시엄 협상(GA 문안, 역할·예산 조정) 지연”에 집중되었으며, 2순위는 “기관 내부 법무 검토 및 승인 지연”, 3순위는 “EU-국내 회계 기준 불일치”와 “EU 요구문서(Data·Ethics·DMP·GEP 등) 대응 부담”으로 분포하였다. 이를 정성 응답(총 21개)과 통합해보면, 협약 단계 지연의 근본 원인은 크게 다섯 가지 구조적 요인으로 도출된다.

첫째, 컨소시엄 협상(GA·CA 조정) 지연이 압도적 1순위 병목으로 나타났다. 모든 응답자가 GA 문안 조율, 역할 분담, 예산 배분, IPR·기밀유지·책임분담 등 민감 조항 협의가 반복되면서 협약 체결 일정이 대폭 지연된 경험을 제시하였다. 복수 파트너의 이해관계 조정, 언어·표현 차이에 따른 문구 해석 불일치, 수차례 문서 수정과 온라인 회의 등으로 인해 협상 자체가 과도하게 장기화되는 경향이 확인되었다.

둘째, 기관 내부 법무 검토 및 승인 지연이 구조적으로 한국 기관을 제약하는 병목으로 나타났다. 정성 응답에서는 GA·CA에 포함된 법률적·계약적 요소에 대한 이해 부족, 법무팀·산학협력단의 검토 기간 장기화, 민감 조항의 내부 보고 필요성, 국내 결제 구조와 EU 협약 일정 간 비동기성 등이 반복적으로 제기되었다. 준회원국 체제 이후 연구비 직접 수급에 따른 책임·의무 조항 해석 부담도 내부 승인 지연의 원인으로 지적되었다.

셋째, EU-국내 회계 기준 불일치는 재정·행정 실무 단계에서 발생하는 핵심 병목으로 도출되었다. 적격비용(Eligible cost) 기준(타임시트, 인건비, 간접비, 증빙 체계 등)과 국내 회계 규정 간 차이가 커 협약 단계에서 예산 재조정이 필요해지고, 내부 회계팀과의 해석 충돌이 빈번히 발생한다고 보고되었다. 이는 협약 체결 일정뿐 아니라 이후 집행 단계의 불확실성을 증가시키는 원인으로 작용한다.

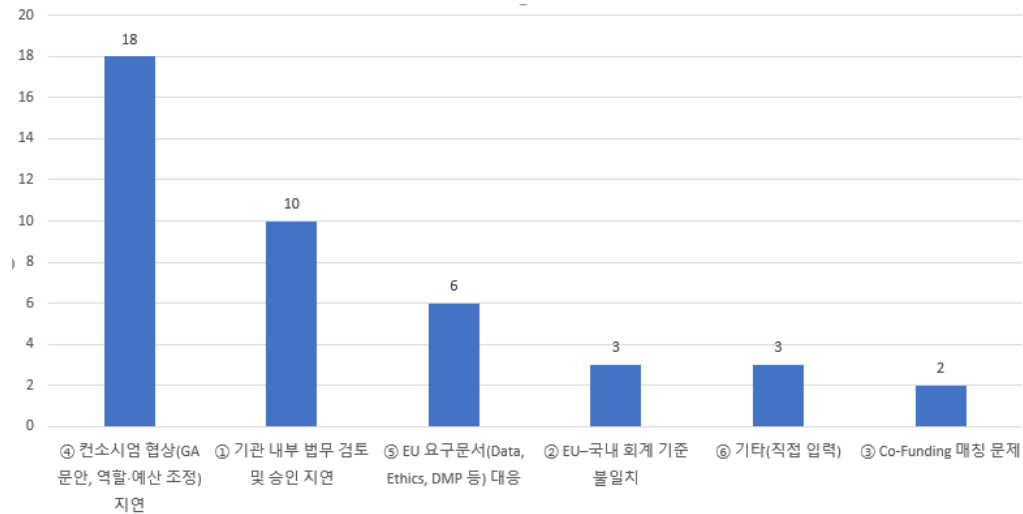
넷째, EU 요구문서(Data, Ethics, DMP, GEP 등) 대응 부담은 경험·전문성이 부족한 국내 기관에서 추가적인 지연 요인으로 확인되었다. 윤리자기평가서(ESA), 데이터관리계획(Data Management Plan, DMP), 성평등계획(Gender Equality Plan, GEP), 보안 규정 등은 작성 기준이 복잡하고, 국내 템플릿·가이드라인이 부재하여 연구자와 행정 담당자 모두에게

높은 학습·해석 부담을 유발하였다. 일부 기관은 생명윤리위원회(Institutional Review Board, IRB) 증빙이나 데이터 관련 법적 준수 문제에서 큰 어려움을 겪은 것으로 나타났다.

다섯째, 예산 재편성·대응자금(Co-Funding) 문제는 평균적 빈도는 낮지만, 기관 유형·재정 구조에 따라 중요한 병목으로 기능한다. EU 측이 인건비 반영을 요구할 경우 연구자 보상·연구수당 구조와 충돌하거나, 국내 대응자금(Co-Funding) 확보가 지연되어 연구책임자의 개인 리스크가 증가하는 상황도 보고되었다. 이는 기관 내부 승인 절차를 추가로 늦추는 요인으로 작용하였다.

종합하면, 협약 단계 병목은 (1) 컨소시엄 협상 지연 → (2) 내부 승인 지연 → (3) 회계·요구문서 부담이라는 구조적 흐름을 갖고 있으며, 이로 인해 Horizon Europe 협약 체결 일정이 체계적으로 지연되는 경향이 확인된다. 이러한 병목은 정량(Q3)과 정성 분석 모두에서 일관되게 나타나, 기관 간·부서 간 협업 체계 정비, EU 규정 대응 역량 강화, 법무·행정 지원체계 개선 등이 향후 정책적 개선의 핵심 과제로 도출되었다.

**그림 5-6** 협약 단계의 병목요인



전문가 의견을 바탕으로 저자 작성

### 3) (STEP3) 집행 단계의 병목요인

본 연구에서는 호라이즌 유럽 프로젝트 수행 과정에서 집행(STEP3) 단계에서 발생하는 병목요인을 정량·정성 데이터를 기반으로 분석하였다. 전체 응답자의 선택 순위를 점수화한 결과, 집행 단계에서 가장 큰 어려움으로는 재정·회계 집행 기준(EU vs 국내) 불일치와 EU 보고·데이터·DMP 관련 집행 부담이 두드러지게 나타났다. 이는 정성 응답에서도 동일한 문제로 반복 언급되어, 집행 단계의 구조적 리스크가 회계·보고 체계의 복잡성과 직접적으로

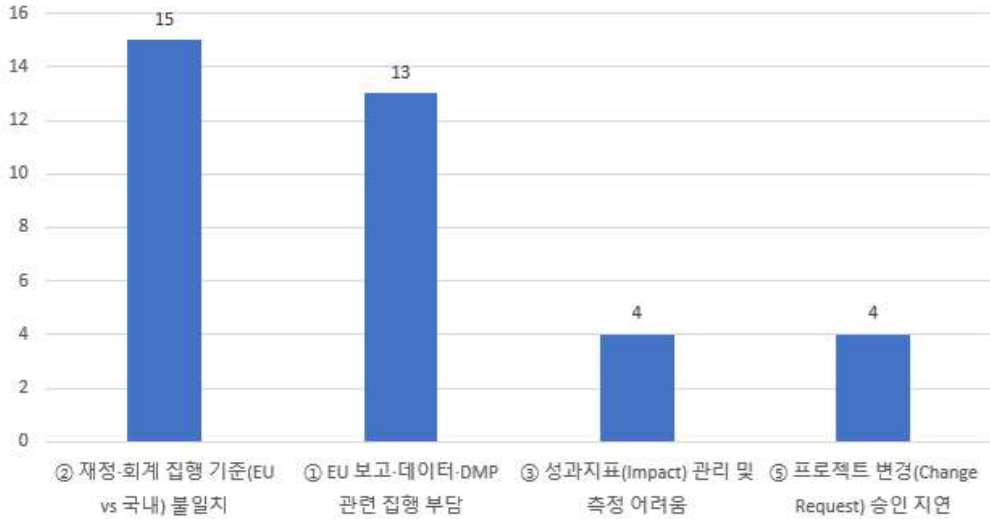
연결됨을 확인할 수 있었다.

먼저, 정량 분석 결과에서는 ‘재정·회계 기준 불일치’가 15점으로 가장 높은 점수를 기록하였으며, 다수의 전문가가 1순위로 선택하였다. EU의 실비정산 원칙, 인건비 산정 방식, 간접비 규정, 타임시트 제출 기준 등이 국내 연구비 집행 체계와 상이하기 때문에, 실제 집행 과정에서 기관 내부 회계팀 및 연구자가 모두 부담을 느끼는 것으로 나타났다. 정성 응답에서도 “적격비용(Eligible cost) 기준 해석의 어려움”, “회계·감사 리스크에 대한 우려”, “내부 승인 절차 지연”이 반복적으로 언급되어, 회계·재정 관련 작업이 단순한 기술적 이슈가 아니라 연구기관의 조직 운영과 의사결정 구조에 영향을 주는 심층 병목임이 드러났다.

두 번째로, ‘EU 보고·데이터·DMP 관련 집행 부담’이 13점으로 뒤를 이어 높은 비중을 차지하였다. 전문가들은 기술·재정 보고서 작성, DMP 수립, 프로젝트 포털을 통한 데이터 입력 등 EU 특유의 관리 체계가 국내 과제 대비 훨씬 높은 수준의 정밀성과 지속적인 모니터링을 요구한다고 응답하였다. 중소기업·중소기업의 경우 별도 행정 인력을 확보하기 어려워 연구자가 행정 업무까지 직접 수행해야 한다는 현실적 어려움도 제기되었다. 이는 협약 단계에서 제기되었던 문서·요구자료 부담이 집행 단계에서도 지속적으로 이어지고 있음을 시사한다.

이와 더불어, 성과지표(Impact) 관리 및 측정 어려움, 프로젝트 변경(Change Request) 승인 지연은 상대적으로 점수는 낮지만 지속적인 집행 리스크를 형성하는 요소로 확인되었다. 특히 Impact 중심의 성과관리 체계는 호라이즌 유럽의 정책적·사회적·시장적 임팩트 요구를 충족하기 어렵다는 인식과 함께, 중간평가 및 최종평가 시 지표 달성 경로를 반복적으로 점검해야 하는 부담을 초래하는 것으로 나타났다. 또한 인력 변경, 일정 조정, 예산 재배치 등 변경 승인 절차는 EU 측의 승인과 기관 내부의 승인 절차가 중복되면서 집행 속도를 지연시키는 요인으로 작동하였다.

그림 5-7 집행 단계의 병목요인



전문가 의견을 바탕으로 저자 작성

종합하면, 집행 단계의 핵심 병목은 ‘국내 체계와 상이한 EU의 회계·보고 체계’에서 기인하며, 이는 협약 단계에서 시작된 복잡성이 집행 단계까지 이어지는 구조적 문제라는 점에서 의미가 있다. 즉, EU 규정에 대한 명확한 이해, 기관 내부 프로세스의 개선, 전담 행정 인력 확보 등 체계적 대응 없이는 집행 과정에서 불필요한 지연과 리스크가 누적될 가능성이 크다. 따라서 향후 호라이즌 유럽 참여 활성화를 위해서는 단순한 연구 역량 강화뿐만 아니라, 회계·행정·데이터 관리 역량의 체계적 보완이 필수적임을 시사한다.

### 3 소결

본 절은 2021~2024년 통계 자료를 기반으로 국내 호라이즌 유럽(Horizon Europe) 참여 현황과 구조적 특성을 진단하고, 탄소중립 분야 관점에서 참여 전주기(제안-협약-집행)에 걸쳐 나타나는 병목요인을 전문가 정량·정성 분석을 통해 규명함으로써, 이후 공고문 분석과 활성화 방안 도출을 위한 문제 정의와 정책적 초점을 정리하고자 하였다.

통계 분석 결과, 국내 기관은 2021~2024년 동안 총 349건을 신청하여 71건이 선정되었으며, 선정률은 20.34%로 나타나 국제 공동연구 환경을 고려할 때 비교적 양호한 수준의 성과를 보였다. 참여 기관 수 또한 87개에 이르러, 호라이즌 유럽 참여 기반은 점진적으로 확대되는 추세로 확인되었다. 다만 참여 주체를 살펴보면 대학이 59%, 출연(연)이 21%로 전체의 대부분을 차지하는 반면, 기업 참여는 15% 수준에 머물러 산업계의 참여가

상대적으로 제한적인 구조가 나타났다. 참여 분야 역시 Pillar 2 내 CL4(디지털·산업·우주)에 편중되는 경향이 뚜렷하게 나타났다.

이에 비해 탄소중립 분야의 핵심 영역으로 분류할 수 있는 CL5(기후·에너지·모빌리티)와 CL6(식량·바이오경제·자원·환경)는 예산 규모와 정책적 중요도에 비해 국내 참여 비중이 상대적으로 낮은 것으로 분석되었다. 이는 준회원국 가입 이후 국내 기관의 참여가 양적으로 확대되는 단계에서 나아가, 향후에는 전략적 중요도가 높은 탄소중립 분야로의 참여 다각화와 기업·산업 주체의 실질적 참여 확대가 핵심 과제로 도출됨을 시사한다.

전문가 설문문을 통한 병목요인 분석 결과, 호라이즌 유럽 참여를 제약하는 요인은 연구자의 참여 의지나 연구역량 자체보다는 참여 전주기에 걸쳐 누적되는 구조적 장벽에 집중되어 있는 것으로 나타났다. 특히 다자 컨소시엄을 전제로 하고, 실증·확산 연계가 중요한 탄소중립 분야의 특성은 이러한 구조적 장벽을 더욱 증폭시키는 요인으로 작용하고 있는 것으로 확인되었다.

전반적인 분석 결과에서 ‘컨소시엄 구성의 어려움’은 가장 핵심적인 구조적 병목으로 도출되었다. 이는 한국 기관이 제안 초기 기획 단계부터 주도적으로 참여하기보다는, 후반부에 초청되는 후발 진입 구조에 놓이는 경우가 많다는 정성 분석 결과와 일치한다. 이로 인해 제안서 기획 단계에서의 영향력 확보가 제한되고, 역할 배분과 예산 구성에서도 상대적으로 불리한 위치에 머무는 경향이 반복적으로 확인되었다.

제안 단계(STEP1)에서는 국제 파트너 매칭의 어려움이 1순위 병목으로 나타났으며, 이를 전담할 인력과 시간의 부족, 그리고 공고문에서 요구하는 기대성과(Expected Outcomes)와 정책적 맥락에 대한 해석 부담이 결합되어 제안서 품질과 경쟁력을 제약하는 구조가 드러났다. 이는 단순한 정보 부족의 문제가 아니라, 초기 기획 단계에서 체계적인 지원과 전략적 개입이 부재한 구조적 한계로 해석된다.

협약 단계(STEP2)에서는 GA(Grant Agreement)·CA(Consortium Agreement) 문안 협상과 역할·예산 조정 지연이 병목의 중심에 위치한 것으로 분석되었다. 여기에 기관 내부 법무 검토 및 결재 지연, EU와 국내 회계 기준의 불일치, EU 요구문서(Data Management Plan, Ethics Self-Assessment 등) 대응 부담이 연쇄적으로 결합되면서 협약 체결 일정의 지연과 참여 리스크 인식이 확대되는 양상이 확인되었다.

집행 단계(STEP3)에서는 EU의 회계·증빙·리포팅 체계가 국내 연구관리 방식과 상이하여 실무 부담과 감사·정산 리스크에 대한 우려가 집중되는 경향이 나타났다. 이는 협약 단계에서 충분히 해소되지 못한 제도·행정적 불확실성이 집행 단계에서 비용 부담과 행정 리스크로 전이되는 구조로 해석할 수 있다.

한편 이러한 전주기 병목은 호라이즌 유럽의 선정 구조와 경쟁 환경과도 밀접하게 연관되어 있다. 호라이즌 유럽 공동연구 과제는 다국적 컨소시엄을 전제로 한 공개 경쟁 방식으로

선정되며, 연구의 우수성(Excellence), 파급효과(Impact), 실행의 질 및 효율성(Quality and Efficiency of Implementation)을 종합적으로 평가하는 체계를 갖고 있다. 이는 연구 내용의 과학적 수준뿐만 아니라 정책 적합성, 컨소시엄 구성의 완성도, 예산·일정·리스크 관리 역량까지 함께 요구하는 고경쟁 구조로, 초기 기획 단계에서 유럽 내 핵심 파트너와의 네트워크 확보와 제안 경험이 부족한 기관은 구조적으로 불리한 위치에 놓일 수밖에 없다. 이러한 선정 구조는 본 절에서 도출된 컨소시엄 진입 장벽, 제안·협약 단계의 행정·법무 부담, 전문인력 부족 문제가 개별 기관의 역량 한계가 아닌 구조적 제약임을 뒷받침하는 근거로 작용한다.

종합하면, 국내 호라이즌 유럽 참여는 성과 측면에서 확장 가능성이 확인되었으나, 실제 참여 확대와 탄소중립 분야(CL5·CL6)로의 전략적 이동을 위해서는 ‘컨소시엄 진입-협약 체결-집행·정산’으로 이어지는 전주기 병목을 동시에 완화하는 정책 패키지가 필요하다는 결론에 도달한다.

따라서 다음 절의 공고문 분석은 국내 참여가 편중된 분야와 탄소중립 핵심 분야 간의 구조적 차이를 규명하고, 국내 기관이 제안 단계에서 경쟁력을 확보하기 위해 우선적으로 갖추어야 할 역량과 지원체계를 구체화하는 근거로 기능해야 한다. 이어지는 활성화 방안 절에서는 (1) 본 절에서 도출된 전주기 병목요인을 정책적 개선과제로 전환하고, (2) 공고문 분석을 통해 도출된 요구역량과 전략적 진입 포인트를 결합함으로써, 탄소중립 분야 중심의 호라이즌 유럽 참여 확대와 글로벌 RD&D 재원 연계성 강화를 위한 국가·기관 차원의 실행전략을 체계적으로 제시하고자 한다.

## 제2절 글로벌 RD&D 관점에서의 호라이즌 유럽 공고문 텍스트 분석 기반 전략 시사점 도출

### 1 공고문 텍스트 분석의 배경과 목적

유럽연합(EU)의 호라이즌 유럽(Horizon Europe, HE)은 2021년부터 2027년까지 추진되는 제9차 프레임워크 프로그램으로, EU가 과학기술 혁신을 통해 사회·경제 전반의 지속가능한 성장을 견인하기 위해 마련한 핵심 연구혁신(R&I) 펀딩 프로그램이다<sup>77)</sup>. 프로그램은 EU의 정책 방향에 따라 ‘Pillar(축)’별로 구성되며, 각 Pillar에는 세부적인 목표와 실행 계획이 설정된다. 이 중 Pillar 2: 글로벌 도전과제와 유럽 산업 경쟁력(Global Challenges and European Industrial Competitiveness)은 기후변화, 에너지 전환, 디지털 전환 등 사회·산업 전반의 구조적 과제 해결을 목적으로 한다. Pillar 2는 여섯 개의 클러스터(Cluster 1~6)로 세분화되어 있으며, 각각 보건, 문화·사회, 안보, 디지털·산업·우주, 기후·에너지·모빌리티, 식량·바이오경제·환경 분야를 포괄한다. 또한 EU는 5대 미션(EU Missions)을 설정해 범유럽적 차원의 사회문제 해결을 추진하고, 공동연구센터(JRC)와 50여 개의 유럽 파트너십(European Partnerships)을 통해 회원국 간 연구 시너지와 정책 연계를 강화하고 있다.

최근 대한민국의 호라이즌 유럽 준회원국(Associated Country) 전환으로 인해, 국내 연구자와 기관이 EU 회원국과 동등한 자격으로 Pillar 2에 참여할 수 있는 길이 열렸다<sup>78)</sup>. 이는 한국이 EU 연구생태계에 본격적으로 진입하고, 다자간 공동연구 및 국제협력을 확대할 수 있는 중요한 전환점이라 할 수 있다. 현재까지 한국의 Pillar 2 참여는 Cluster 4(디지털·산업·우주) 분야에 집중되어 있다. 이는 국내 연구기관의 기술력과 산업 기반이 해당 분야에서 강점을 지니고 있기 때문으로 해석된다. 그러나 호라이즌 유럽 예산의 상당 부분이 Cluster 1(보건), Cluster 5(기후·에너지·모빌리티), Cluster 6(농업·바이오·환경) 등에 배정되어 있다는 점을 고려할 때, 한국의 연구 참여를 기후·에너지·환경 중심으로 다각화할 필요성이 커지고 있다<sup>79)</sup>.

이에 본 사업에서는 Pillar 2를 중심으로 국내 연구기관의 호라이즌 유럽 참여 확대를 지원하고, 전략적 대응 방향을 제시하기 위한 연구를 기획하였다. 특히 본 연구는 녹색전환 및 지속가능성과 직접적으로 연관된 Cluster 5와 Cluster 6을 중점 분석 대상으로 설정하였다. 이를 통해, 각 클러스터의 세부 공고문(Work Programme)을 정량·정성적으로

77) 한국연구재단. (2024). EU 호라이즌 유럽 프로그램 길잡이.

78) 과학기술정보통신부, 한국연구재단. (2025). 국내 연구자 및 연구기관용 호라이즌 유럽 가이드북. Ver.2

79) 한국연구재단. (2025). 호라이즌유럽 활성화 방안 자문의견서 [자문의견서]. 이상하.

분석하고, 한국 연구자와 정책담당자가 활용할 수 있는 실질적이고 구조적인 시사점을 도출하고자 한다.

## 2 연구의 필요성

본 연구에서는 호라이즌 유럽을 한국의 탄소중립 기술 선진화를 위한 RD&D 사업의 핵심 중점 재원으로 설정하였다. 앞서 제3장의 재원 분석에서 확인한 바와 같이, 호라이즌 유럽은 본 연구의 초점인 TRL 5~7 수준의 RD&D 단계와 높은 정합성을 갖고 있으며, 특히 본 연구에서 선정된 유망 기술 분야 중 하나인 폐배터리 순환 기술은 실제로 Work Programme Cluster 6 내 공고를 통해 지원된 사례가 존재한다(3장 3절 참고). 그러나 지원을 위해 공고문을 검토하는 과정에서, 방대한 텍스트 형태의 공고문 속에서 연구자들이 적합한 과제를 종합적으로 파악하기 어렵다는 한계가 확인되었다. 표면적으로는 Cluster 5와의 관련성이 높아 보이지만, Cluster 6의 일부 공고 역시 탄소중립 100대 기술과 밀접하게 연계되어 있음에도 불구하고 체계적 분석 없이는 이를 식별하기 어렵다. 수백 페이지에 달하는 공고문을 일일이 검토하는 방식은 비효율적이며, 적절한 분석 체계가 부재할 경우 유망한 공고를 놓칠 가능성이 크다.

이와 같은 문제는 본 연구진의 경험에만 국한되지 않는다. 제5장 1절에서 수행한 전문가 설문조사 결과에서도 국내 연구기관이 호라이즌 유럽 사업에 참여하는 과정에서 유사한 구조적 병목을 겪고 있음이 확인되었다. 정량·정성 분석 모두에서 가장 핵심적인 병목요인 중 하나는 ‘컨소시엄 구성의 어려움’으로 나타났다. 특히 전문가들은 한국 연구기관이 제안 초기 단계가 아닌 후반부에 초청되는 방식으로 참여하는 경우가 많아, 기획 단계에서 주도권을 확보하기 어렵고 역할 배분 및 예산 구성에서도 제한적인 위치에 머무른다는 점을 지적하였다. 이러한 구조적 제약은 실제 제안서 경쟁력에도 부정적 영향을 미친다.

두 번째 주요 병목요인은 ‘국제 파트너 매칭의 어려움’이었다. 전문가들은 유럽 내 핵심 코디네이터 및 주요 연구그룹과의 신뢰 기반 네트워크 부족이 가장 큰 장벽이라고 응답하였다. 네트워크 기반이 약한 경우, 한국 기관은 이미 형성된 컨소시엄에 후속 파트너로 참여하는 비중이 높으며, 이는 제안 구조 설계와 과제 내 역할을 주도적으로 설정하는 데 제약으로 작용한다.

세 번째 어려움은 ‘공고문 요구사항 해석의 난이도’인 것으로 나타났다. 이는 단순한 언어적 이해의 문제가 아니라, 공고문 내 Scope와 Expected Outcome의 논리 구조, 관련 EU 정책 프레임워크(Green Deal, 순환경제 전략 등)와의 정합성, 평가 기준 상 Impact 서술 방식 등 복합적인 정책·기술적 요소를 전략적으로 해석해야 한다는 점에서 비롯된다. 전문가

응답은 국내 연구기관이 EU 정책 문맥을 연구 기획 및 제안서 논리로 번역하는 역량에서 한계를 경험하고 있음을 시사한다.

이와 같은 참여 병목은 기술력 자체와는 별개로, 한국 연구기관이 호라이즌 유럽 사업에 전략적으로 접근하기 위해서는 공고문 구조와 기대성과에 대한 체계적 분석, 국제 협력 네트워크 기반 확대, 정책적 맥락에 대한 이해 강화가 필수적임을 보여준다. 이에 본 연구는 호라이즌 유럽 공고문 전반을 텍스트 마이닝 기법으로 분석하여, 클러스터 및 Destination 간 구조적 관계와 주제적 연계성을 식별하고, 국내 연구기관이 보다 전략적이고 조직적인 방식으로 사업에 접근할 수 있는 분석 기반을 마련하고자 하였다.

궁극적으로 본 연구는 이러한 분석틀을 활용하여 우리나라 탄소중립 분야의 국제협력형 RD&D 기회 발굴을 체계화하고, 유럽형 연구협력 생태계와의 정합성을 갖춘 중장기 참여 전략 수립의 토대를 제공하는 것을 목표로 한다. 이를 위해, 본 연구에서는 해당 방향성을 검증하기 위해, Pillar 2 Cluster 5와 6에 대해 시범적 분석을 수행하였다. 구조 분석을 적용한 단계에 해당한다. 이번 시범 적용을 통해 분석의 유효성과 활용 가능성을 확인하고, 향후에는 분석 범위 확대와 체계 고도화를 통해 중장기 전략 수립으로 단계적으로 발전시키는 것을 목표로 한다.

### 3 공고문의 구조와 분석 방향성

#### 가. 호라이즌 유럽 (Horizon Europe)의 시스템 구조

호라이즌 유럽(Horizon Europe)은 연구·혁신(R&I) 활동의 주제와 과제를 워크 프로그램(Work Programme)을 통해 제시하며, 이 워크 프로그램은 호라이즌 유럽 전략계획(Strategic Plan)에 근거하여 수립된다<sup>80)</sup>.

전략계획은 EU의 정책 우선순위에 따라 4대 핵심 전략방향(KSO, Key Strategic Orientations)을 설정하고, 각 전략방향 아래에 15개의 과급영역(Impact Areas)을 제시한다. 이들 과급영역은 다시 32개의 기대 과급효과(Expected Impacts)로 세분화되어 있으며, 이는 연구·혁신 활동을 통해 EU가 중장기적으로 달성하고자 하는 사회·경제·기술적 효과를 의미한다<sup>81)</sup>.

이러한 전략계획의 구조적 틀을 구체화한 것이 바로 워크 프로그램(Work Programme)이다<sup>82)</sup>. 워크 프로그램은 정책 목표를 달성하기 위한 도달 목표(Destinations)를 설정하고, 각

80) 과학기술정보통신부, 한국연구재단. (2025). 국내 연구자 및 연구기관용 호라이즌 유럽 가이드북. Ver2

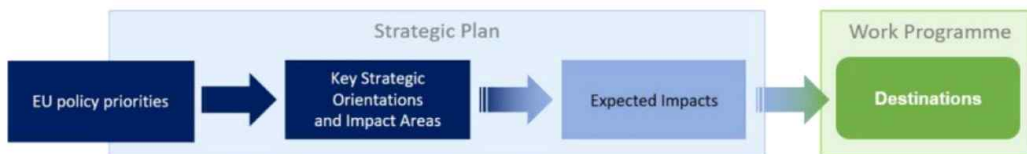
81) 과학기술정보통신부, 한국연구재단. (2025). 국내 연구자 및 연구기관용 호라이즌 유럽 가이드북. Ver2

82) European Commission. (2025). Horizon Europe Work Programme 2025: Cluster 5 – Climate, Energy and Mobility (Work Programme No. 8)

Destination별로 사회·경제적 도전과 이에 대응하는 연구개발 방향을 제시한다. 각 Destination에는 여러 개의 과제공고(Call for Proposals)가 포함되며, 세부 과제들은 Topic(주제) 단위로 구성된다. Topic은 연구·혁신 활동의 범위와 기대결과를 명시하며, ‘Expected Outcome(예상결과)’와 ‘Scope(연구·개발 범위)’를 중심으로 제안서 작성 및 평가의 기준이 된다. Expected Outcome은 프로젝트 완료 후 사회·경제·산업에 미칠 중기적 파급효과를 설명하며, Scope은 해당 효과를 달성하기 위해 수행해야 할 구체적인 R&I 활동의 범위를 규정한다.

### 그림 5-8 EU 전략계획과 워크프로그램 간의 구조

From EU priorities to Work Programme Destinations



※ 출처: 한국연구재단. (2024). EU 호라이즌 유럽 프로그램 길잡이.

Horizon Europe Work Programme 2025의 Cluster 5(Climate, Energy and Mobility)는 총 86개의 공고문(Call for Proposals)으로 구성되어 있으며, 이는 8개의 Call Group과 6개의 Destination으로 구분된다. Call Group은 동일한 시점에 발표된 공고문들을 예산 구조 및 행정 절차상 연계성을 기준으로 묶은 단위이며, Destination은 해당 분야에서 호라이즌 유럽이 달성하고자 하는 정책적·전략적 목표(Policy & Strategic Objectives)를 의미한다.

Cluster 5는 호라이즌 유럽 전략계획 2025-2027에서 제시된 여섯 가지 기대성과(Expected Impacts)의 달성을 목표로 하며, 각 기대성과가 하나의 Destination(목표 영역)으로 전환되어 구성되어 있다<sup>83)</sup>. 즉, 기후 대응, 에너지 전환, 지속가능한 모빌리티 등 EU의 주요 정책 방향을 중심으로 설정된 전략적 기대성과를 구체적 실행 단위로 세분화하여, 연구·혁신 활동이 EU의 장기 정책 목표와 직접적으로 연계되도록 설계된 구조를 갖는다<sup>84)</sup>.

83) European Commission. (2025). Horizon Europe Work Programme 2025: Cluster 5 – Climate, Energy and Mobility (Work Programme No. 8)

84) 본 장은 UNIST에서 수행한 ‘호라이즌 유럽 공고문 텍스트 분석’의 데이터 분석 결과를 기초로 집필되었습니다

**표 5-3** Cluster 5 Destination 과 Strategic Plan 2025-2027간의 관련성

Expected impact (Strategic Plan 2025-2027)	Destination
기후 중립적이고 회복력 있는 사회로의 전환을 위한 과학 발전	기후과학 및 기후중립 전환 대응
기후 중립으로의 전환을 위해 에너지와 운송 부문의 청정하고 지속가능한 전환을 가능하게 하는 교차 분야 해결책	기후 전환을 위한 교차 분야 해결책
재생에너지 기반의 스마트 에너지 시스템을 통한 보다 지속가능하고, 안정적이며, 경쟁력 있는 에너지 공급 보장	지속가능하고 안정적이며 경쟁력 있는 에너지 공급
건물 및 산업에서 에너지를 효율적이고, 경제적이며, 지속가능한 방식으로 사용	효율적이고 지속가능하며 포용적인 에너지 사용
지속가능하고 경쟁력 있는 교통수단 달성	모든 운송수단을 위한 청정하고 경쟁력 있는 해결책
기후중립적이고 스마트하며 안전한 다중모달 시스템 및 서비스	안전하고 회복력 있는 운송 및 스마트 모빌리티 서비스(여객 및 화물용)

※ 출처: Horizon Europe 2025 Work Programme (Cluster 5)

## 나. 분석의 방향성

호라이즌 유럽의 개별 과제는 행정적으로 Destination 및 Call Group 단위로 분류되지만, 실제 연구 내용은 여러 Expected Outcome에 동시에 기여하는 교차 분야적 성격을 갖는다. 이에 본 연구는 단순한 분류체계의 나열을 넘어, 공고문 간 내용적 유사성과 정책적 연계성을 분석함으로써 상호 시너지 창출 가능성을 식별하는 것을 목적으로 하였다.

특히 각 공고문이 제시하는 Expected Outcome과 Scope를 중심으로 텍스트 마이닝을 수행하였다. 두 항목은 각각 프로젝트의 정책·사회적 목표와 기술적 접근방식을 규정하는 핵심 요소로서, 호라이즌 유럽 과제의 전략적 의도를 이해하는 데 필수적인 기반 정보이다. 본 연구의 분석 절차는 다음과 같다.

- ① Expected Outcome과 Scope를 문서 단위로 임베딩하여 의미론적 벡터를 생성하고,,
- ②이를 기반으로 키워드 추출 및 클러스터링 분석을 수행하며,
- ③ 클러스터별 핵심 키워드를 태그화하여 과제 간 주제적 특성과 구조적 관계를 도출하였다.

이와 같은 절차를 통해 개별 과제 수준에서는 파악이 어려운 공고 간 연계성, Destination 간 유사성과 차별성 등을 거시적 관점에서 구조적으로 분석할 수 있었다. 본 연구 결과는 호라이즌 유럽 Cluster 5 참여를 검토하는 국내 연구자에게 공고 간 구조적 관계를 이해하는 실질적 참고자료가 될 수 있으며, 동시에 우리나라 기관의 중장기적 참여 전략 및 지원체계 구축에 필요한 정책적 시사점을 제공할 것으로 기대된다.

아울러, 본 연구의 주요 기술 범주에 해당하는 ‘한국형 탄소중립 100대 기술’과 호라이즌 유럽 공고 간의 연결성을 네트워크 분석을 통해 검토하였다. 이를 통해 양자 간 직·간접적 연계 분야를 식별하고, 탄소중립 100대 기술 분야 연구개발자가 호라이즌 유럽 프로그램을 연구개발 및 실증의 확장 기회로 활용할 수 있는 전략적 단서를 제시하고자 하였다.

## 4 분석 방법론과 절차

### 가. 데이터 수집

Call 5를 기준으로 313페이지 분량의 문서에서 86개 공고문의 Expected outcome 및 Scope 등의 정보를 수집하고 분석하기 위해서는 PDF 파일에서 원하는 텍스트 정보를 추출할 필요가 있다. 이를 위해, PDF 문서의 내용을 정밀하게 추출하고 기계가 읽을 수 있는 구조화된 형식으로 변환해주는 MinerU 도구를 사용하였다<sup>85)</sup>.

MinerU의 OCR 알고리즘에 기반하여 원본 문서의 구조를 유지하며 텍스트 정보를 Markdown 형식으로 출력하였다<sup>86)</sup>. 이렇게 Markdown 형식으로 표현된 텍스트 정보에서 원하는 내용을 추출하기 위해 검색 증강 생성(Retrieval-augmented generation, RAG) 시스템을 활용하였다. RAG 시스템은 Large Language Model(LLM)의 답변 생성과정에서 지식베이스에서 관련 정보를 검색하고 이를 활용하여 보다 정확하고 사실 기반의 답변을 생성하는 방식이다. 다양한 모델 중에서도 지시 수행과 장문 이해 능력이 뛰어난 EXAONE모델을 채택하였고, 설계한 RAG 시스템으로 예상 결과(Expected Outcome)와 Scope 정보를 추출하여 csv로 저장하였다.

### 나. 데이터 전처리

다음으로는 텍스트 임베딩 기법을 활용하여 텍스트를 컴퓨터가 이해할 수 있는 수치로 변환하여, 텍스트 임베딩으로 나타내는 과정을 거쳤다. 텍스트 임베딩이란 텍스트간 유사도나 의미 관계를 수치적으로 비교할 수 있게 하는 고차원 벡터로 변환한 것이다. 임베딩을 수행하는 AI 모델은 oogle의 embeddinggemma-300m을 사용하였는데, 이 모델은 구글에서 개발한 3억개의 매개변수를 가진 오픈 임베딩 모델로서, Gemma 3와 Gemini 모델을 개발하는 데에 적용된 기술을 기반으로 설계되었다. 웹 문서, 기술문서 등 다양한

85) MinerU가 일부 PDF 요소를 정확히 인식하지 못함에 따라 일부 정보가 누락되었으며, HORIZON-CL5-2025-06-D2-07의 Expected Outcome 누락분은 수작업으로 보완하였다.

86) Wang, Bin, et al. "Mineru: An open-source solution for precise document content extraction." arXiv preprint arXiv:2409.18839 (2024).

자료를 학습한 모델이기 때문에 공고문에 포함된 유럽의 정책·사회·환경·기술적 맥락을 포괄적으로 이해하는 데 강점을 지닌다고 할 수 있다. 이 모델을 활용함으로써 의미론적으로 유사한 공고문에 대해 유사한 수치가 부여되며, Work Programme Cluster 5와 6 모두 768차원의 임베딩 벡터가 생성되었다.

**그림 5-9** Expected outcome 및 Scope 기반 임베딩 벡터 생성



768 차원의 임베딩 벡터

## 다. 분석 방법론

### 1) 데이터 시각화

Expected Outcome과 Scope의 텍스트 정보를 컴퓨터가 처리할 수 있도록 숫자 기반 벡터로 변환하기 위해 텍스트 임베딩(Text Embedding)을 수행하였다. 텍스트 임베딩은 문서 간 의미적 유사성을 수치적으로 비교할 수 있도록 텍스트를 고차원 벡터 공간에 매핑하는 기법이다. 본 연구에서는 Google의 EmbeddingGemma 모델을 활용하여 임베딩을 수행하였다. 해당 모델은 광범위한 웹 문서 및 기술 문서를 기반으로 학습되어 있어, 유럽의 정책·사회·환경·기술 분야 전반에 대한 포괄적 의미 이해를 제공할 수 있을 것으로 판단된다. 이를 통해 Expected Outcome과 Scope 텍스트를 768차원 임베딩 벡터로 변환하였다.

그러나 768차원 임베딩 벡터는 인간이 직접 해석하기 어려우므로 차원 축소가 필요하다. 이를 위해 두 가지 알고리즘을 적용하였다.

- Principal Component Analysis(PCA): 데이터의 분산을 가장 잘 설명하는 주성분(Principal Components)을 추출하여 차원을 축소하는 통계적 기법이다.
- Uniform Manifold Approximation and Projection(UMAP): 데이터가 고차원 다양체(Manifold) 위에 존재한다고 가정하고, 국소 이웃(Local Neighborhood)의 위상적 관계를 보존하는 방식으로 비선형 차원 축소를 수행하는 알고리즘이다.

PCA 기반의 3차원 축소 결과는 원 데이터 분산의 약 23%만 설명하는 것으로 나타났다. 이는 PCA 기반 표현이 임베딩 데이터의 구조적 특성을 충분히 반영하지 못하며, 해석 과정에서 왜곡 가능성이 존재함을 의미한다. 이에 따라 본 연구는 데이터가 비선형적 구조를 가진다고 판단하고, 국소적 구조를 보다 정확하게 보존할 수 있는 UMAP 알고리즘을 주 차원 축소 도구로 활용하였다.

Expected Outcome과 Scope는 각각 독립적으로 또는 결합하여 임베딩과 차원 축소를 수행하였으며, 이를 2차원 및 3차원 공간에서 시각화하였다. 또한 각 데이터 포인트에 대해 Call for Proposals 및 Destination 정보를 색상으로 구분하여, 공고 간 주제적·구조적 분포 특성을 명확히 식별할 수 있도록 표현하였다.

## 2) 계층적 클러스터링

2차원 및 3차원 공간은 본래 768차원의 데이터를 차원 축소하여 표현한 결과이기 때문에, 이 축소된 공간에서 거리를 계산할 경우 불가피한 왜곡이 발생한다. 이에 본 연구에서는 원본 768차원의 임베딩 벡터를 기반으로 정보 손실 없이 공고문 간 의미적 유사성을 정량적으로 비교·분석하기 위해 계층적 군집화(Hierarchical Clustering) 기법을 적용하였다<sup>87)</sup>. 해당 방법론은 사전에 클러스터의 개수를 지정할 필요가 없으며, 작은 클러스터들이 점차 큰 클러스터로 통합되는 과정을 통해 데이터 간 유사성의 강도와 클러스터 간의 포함 관계를 동시에 파악할 수 있어서 분석의 설명력과 해석력을 제고할 수 있는 방법론이다.

계층적 군집화는 데이터 간 유사도(similarity) 또는 거리(distance)를 기준으로 유사한 항목들을 단계적으로 병합하거나 분할하여 트리 구조(덴드로그램, dendrogram)를 형성하는 군집화 방법이다<sup>88)</sup>. 본 연구에서는 텍스트 임베딩 간 의미적 유사도를 측정하기

87) Popat, S. K., & Patel, H. M. (2017). Hierarchical document clustering based on cosine similarity. 2017 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA), 1173-1178. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8122166>

88) Xu, R., & Wunsch, D. (2005). Survey of clustering algorithms. IEEE Transactions on Neural Networks, 16(3), 645-678. <https://doi.org/10.1109/TNN.2005.845141>

위해 코사인 유사도(Cosine Similarity)를 사용하였으며, 군집 간 거리 계산에는 평균 연결법(Average Linkage)을 적용하였다. 코사인 유사도는 각 벡터를 정규화(길이를 1로 조정)한 후 내적을 계산하는 방식으로, 벡터의 크기(길이)에 영향을 받지 않고 순수한 의미적 방향의 유사성만을 반영한다<sup>89)</sup>. 평균 연결법은 두 군집에 속한 모든 쌍의 거리(1 - 코사인 유사도)의 평균을 사용하여 군집 간 유사도를 계산하는 방법으로, 단일 연결법(single linkage)에 비해 노이즈에 덜 민감하다<sup>90)</sup>. 반면 완전 연결법(complete linkage)은 군집 내에서 가장 멀리 떨어진 점들 간의 거리를 기준으로 병합을 수행하기 때문에, 군집 내부의 분산이 과도하게 커지는 문제가 발생할 수 있다. 이에 비해 평균 연결법은 전체 거리의 평균을 기준으로 군집을 병합하므로, 지나치게 넓거나 극단적으로 퍼진 군집이 형성되는 것을 방지한다.

따라서, 코사인 유사도 기반 평균 연결법(average linkage)의 계층적 군집화 방법을 고차원 텍스트 임베딩 데이터에서 공고문 간 의미적 근접성을 안정적이고 정교하게 반영하는데 적합한 접근법으로 평가된다<sup>91)92)</sup>.

### 3) 네트워크 분석

탄소중립 100대 기술과 Horizon Europe 공고문 간의 기술적 연관성을 정밀하게 분석하기 위해, 본 연구에서는 Retrieval-Augmented Generation(RAG)의 고도화 기법 중 하나인 Reranker 알고리즘을 응용하였다. Reranker는 1차 검색(Retrieval) 결과를 입력받아 문서-쿼리 간 의미적 관련성을 정밀하게 재평가하여 순위를 재조정(Re-ranking)하는 방식으로, 주로 Cross-Encoder 구조를 활용하여 쿼리와 문서를 함께 입력한 후 관련성 점수를 산출한다.

본 연구에서는 Horizon Europe 공고문의 Scope, 탄소중립 100대 기술의 개념 정의, 그리고 분석 목적에 부합하는 Instruction을 Qwen의 Qwen3-Reranker-8B 모델에 입력하여 Pointwise Reranker를 수행하였다. 이를 통해 각 공고문-기술 쌍의 기술적 연관성 존재 확률을 Score로 산출하였으며, 산출된 Score를 기준으로 각 기술과 연관성이 높은 Horizon Europe 공고문을 내림차순 정렬하였다. 이 과정에서 각 기술과 가장 밀접하게 연관된 공고문의 우선순위를 명확히 도출할 수 있었다. 추가적으로 ChatGPT-5 모델을 활용하여 추론 기반 분석을 수행하고, 탄소중립 기술과 Horizon Europe 공고문 간의 기술적

89) Huang, A. (2008). Similarity Measures for Text Document Clustering. Proceedings of the Sixth New Zealand Computer Science Research Student Conference (NZCSRSC), 49-56.

90) Xu, R., & Wunsch, D. (2005). Survey of clustering algorithms. IEEE Transactions on Neural Networks, 16(3), 645-678. <https://doi.org/10.1109/TNN.2005.845141>

91) Popat, S. K., & Patel, H. M. (2017). Hierarchical document clustering based on cosine similarity. ICCCA 2017.

92) Triwijoyo, B. K., & Kartarina. (2019). Analysis of Document Clustering based on Cosine Similarity and K-Mean Algorithms. Journal of Information Systems and Informatics, 1(2), 164-175.

연관성 수준을 평가하였다. 각 기술-공고문 조합에 대해 Score(기술적 연관성 점수)의 높고 낮음에 따라 “Direct”, “Indirect”, “Irrelevant” 중 어느 범주에 해당하는지를 판별하도록 설정하였다. 또한 “Irrelevant”가 연속 5회 이상 출력될 경우 이후 조합은 기술적 연관성이 낮을 가능성이 높다고 판단하여 자동으로 “Irrelevant”로 분류하였다. 이는 분석 효율성 제고를 위한 실무적 조치이다.

ChatGPT-5 기반 추론은 탄소중립 100대 기술(중분류·소분류·기술 개념 및 구성 요소 설명)과 Horizon Europe 공고문(제목 및 Scope)을 입력으로 하여, Chain-of-Thought Prompting과 Generated Knowledge Prompting을 결합한 다음의 절차를 따른다.

- 탄소중립 기술과 Horizon Europe 공고문 각각에 대해 Field(기술 분야), Mechanism(작동 원리), Architecture(구성 구조)에 관한 내부 표현을 생성
- Field(Match/Mismatch), Mechanism(Match/Mismatch), Architecture(Full Match/Partial Match/Mismatch)의 대응 관계를 분석
- 분석 지표별 매칭 결과를 종합하여 각 기술-공고문 조합이 “Direct”, “Indirect”, “Irrelevant” 중 어느 범주에 해당하는지를 판정

아래 표는 각 분석 지표의 매칭 기준을 요약한 것이다.

**표 5-4** 탄소중립 100대기술-호라이즌 공고문 간 매칭 기준 (요약)

분석 지표	매칭 기준	결론
Field	- 분류 명칭이 문자 그대로 동일하거나 명백한 동의어인 경우 - 분류 명칭은 다르더라도 동일한 기술 영역 또는 기술 유형을 다루는 경우	Match
	- 다루는 수준·규모 또는 기술적 초점이 본질적으로 상이한 경우	Mismatch
Mechanism	- 핵심 공정 또는 물리·화학적 원리 등이 동일한 경우	Match
	- 메커니즘이 근본적으로 다른 경우	Mismatch
Architecture	- 모든 핵심 기능 블록(Key Functional Block, KFB)이 동일하거나 직접 대응되는 경우(100% 일치)	Full Match
	- KFB 중복률이 30~90%이고 주요 인터페이스가 유사한 경우	Partial Match
	- 공유되는 KFB가 없거나 중복률이 30% 미만인 경우	Mismatch

※ 출처: 저자 작성

이와 같은 절차를 통해 공고문과 탄소중립 기술 간의 구조적·기능적 연관성을 체계적으로 평가하고, 각 조합의 기술적 적합성을 Direct, Indirect, Irrelevant로 분류하였다.

## 5 계층적 클러스터링 및 유사도 분석 결과: Cluster 5

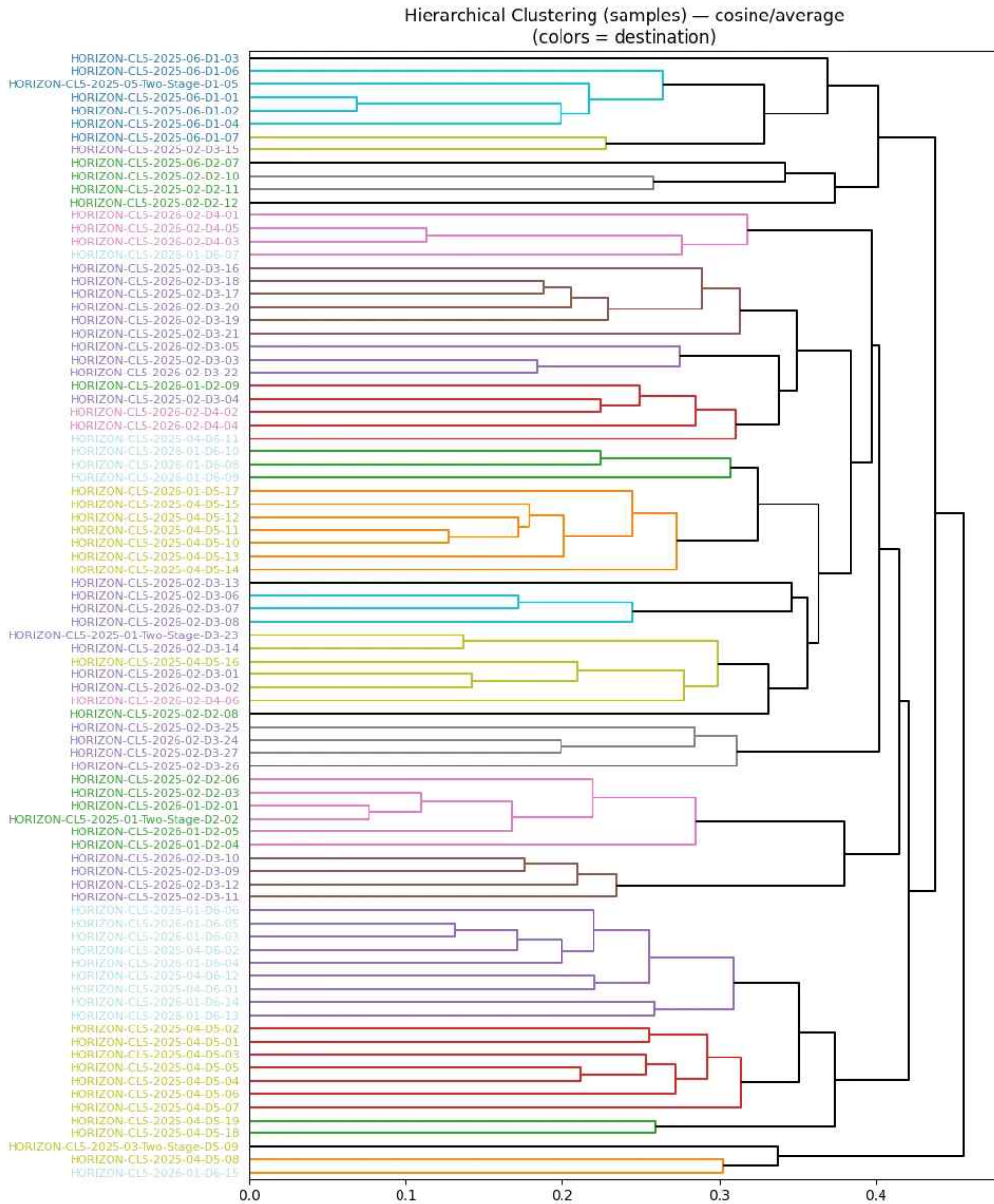
호라이즌 유럽에서는 6개의 구체적인 Expected Impact를 달성하기 위해 세부 연구 방향 단위인 Destination을 설정하고 있으며, 각 공고문(Call for Proposals)은 이러한 Destination을 기반으로 제안·수행된다. 다만, 각 공고문은 특정 하나의 Destination에만 한정되지 않고, 복수의 Destination 간 교차적 기여(Cross-Destination Contribution)가 가능하도록 설계되어 있다. 이는 연구의 다분야적 특성과 정책적 연계성을 고려한 제도적 설계로, 다양한 연구 주체들이 서로 다른 정책 목표에 동시에 기여할 수 있도록 유도하기 위함이다.

계층적 클러스터링 분석 결과에서도 이러한 구조적 특성이 반영되었다(그림 4-15). 동일한 Destination에 속한 공고문들은 구조적으로 내용적 유사성을 지닐 가능성이 높기 때문에, 공고문 전체를 대상으로 한 클러스터 분석에 비해 같은 Destination 내의 응집도와 밀집도가 상대적으로 높게 나타나는 경향이 확인되었다. 그러나 일부 클러스터에서는 하나의 Destination뿐만 아니라 서로 다른 Destination에 속한 공고문들이 함께 포함되는 사례도 관찰되었다.

이러한 결과는 호라이즌 유럽이 개별 과제를 특정 주제나 정책 영역에 고정하기보다, 복수의 정책 목표 간 연계를 촉진하도록 설계되어 있음을 보여준다. 다시 말해, 각 공고문은 기술적 연구뿐만 아니라 정책적·사회적 목표에 다층적으로 기여하도록 기획되어 있으며, 이는 연구 성과의 통합적 영향력을 극대화하기 위한 구조적 장치라 할 수 있다. 계층적 클러스터링 분석 결과에서도 이러한 구조적 특성이 확인되었다(그림 5-10). 동일한 Destination에 속한 공고문들은 내용적 유사성을 공유하는 경향이 있어, 전체 공고문을 대상으로 한 클러스터링 결과와 비교할 때 해당 Destination 내부의 응집도와 밀집도가 상대적으로 높게 나타났다. 그러나 일부 클러스터에서는 서로 다른 Destination에 속한 공고문들이 동일한 군집으로 묶이는 사례도 관찰되었다. 이는 특정 연구 주제나 기술적 접근 방식이 Destination 간에 교차적으로 배치되어 있음을 의미한다.

따라서 연구 포트폴리오를 설계할 때에는 임베딩 분석에서 유사하게 묶인 공고문들을 추가적으로 검토하여, Destination 간 잠재적 연계성과 시너지 효과를 종합적으로 고려하는 접근이 필요하다. 즉, 단일 과제 수준의 접근을 넘어, 복수 Destination 간의 교차기여와 정책 연계성을 고려한 통합적 연구전략을 모색하는 것이 호라이즌 유럽의 운영 방향과 부합하는 전략적 대응이 될 것이다.

**그림 5-10** Destination 중심의 계층적 클러스터링 결과 (Expected outcome 및 Scope 공동)

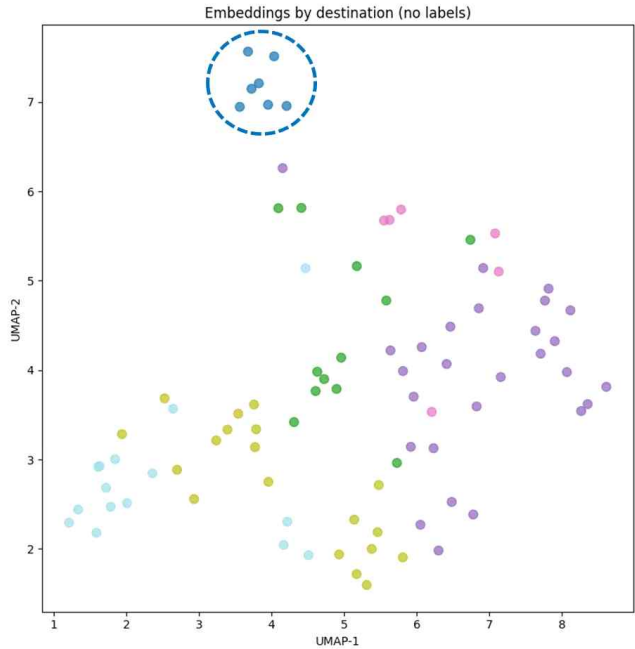


계층적 클러스터링으로 생성된 클러스터들을 각 Destination을 중심으로 세부적으로 살펴보면 다음과 같다. 본 고에서는 모든 Destination에 대한 내용을 담지 않고 주요결과 위주로 정리하였으며, 자세한 내용은 기관에서 발간된 호라이즌 유럽 분석 보고서에 담았다.

### 1) Destination 1의 특성과 Destination 3과의 연계성

Destination 1의 경우, 다른 Destination과 달리 모든 공고문이 하나의 클러스터 내에 포함되어 있는 것으로 나타났다. 이는 Destination 1에 속한 공고문들이 기후중립 달성을 위한 과학적 접근 및 대응 전략이라는 공통된 주제 아래 높은 내용적·주제적 일관성을 보이고 있음을 시사한다.

**그림 5-11** Destination 1 텍스트 임베딩 결과



코사인 유사도 검증 결과에서도 Destination 1에 속하는 공고들은 서로 간에 높은 코사인 유사도를 가지는 것을 확인할 수 있다. 세부 공고문들도 기후 시뮬레이션, 지구 시스템 모델링, 기후 변화 예측 등 기후 과학적 모델링과 분석 기반의 연구영역을 다루고 있으며, 이들은 모두 기후변화 대응의 과학적 기반을 강화하는 데 초점을 맞추고 있음에서 기인한 것으로 볼 수 있다.

그림 5-12 Destination 1 코사인 유사도 결과



한편, 클러스터링 결과에서는 Destination 2에 속한 공고문인 HORIZON-CL5-2026-01-D2-09가 포함되어 있음을 확인할 수 있다. 이 공고문은 연구 공고의 사회적 수용성(Societal Acceptance)을 평가하고, 이를 모니터링하기 위한 체계 설계 및 개발을 목표로 한다. 이 과제가 Destination 1의 HORIZON-CL5-2025-06-D1-06과 클러스터 내에서 함께 묶인 이유는, 후자가 Societal Readiness Pilot의 주요 주제 중 하나로 선정되어 사회적 수용성 평가의 직접적인 대상이 되었기 때문이다.

그림 5-13 Destination 1 클러스터링 결과



계층적 클러스터링 결과, Destination 1과 관련하여 주목할 만한 특징이 확인되었다. HORIZON-CL5-2025-02-D3-15는 HORIZON-CL5-2025-06-D1-07과 유일하게

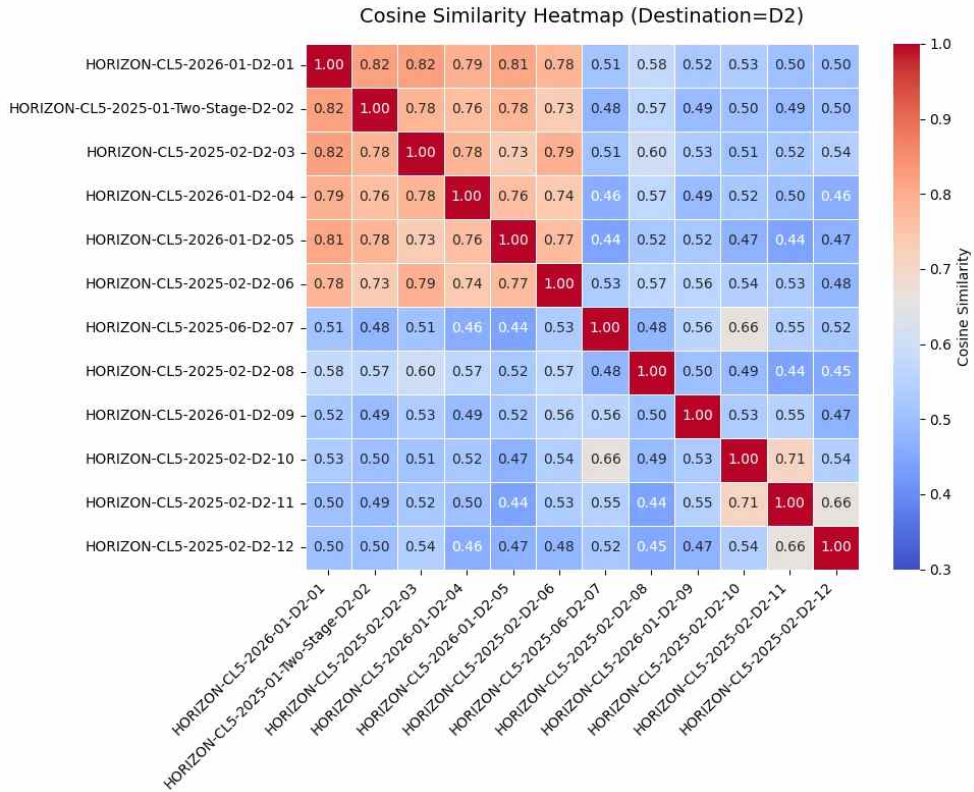
높은 코사인 유사도를 보이며 하나의 클러스터로 묶였다. 이는 두 공고문이 서로 다른 Destination에 속해 있음에도 불구하고, 내용적·기능적 연계성이 매우 높다는 점을 의미한다. 두 토픽 모두 아프리카연합(AU)-유럽연합(EU) 간 연구·혁신(R&I) 파트너십에 포함되어 있으며, D1-07은 기후행동 전반을, D3-15는 재생에너지 기술 협력을 다룬다. 비록 다루는 세부 영역은 다르지만, 두 토픽 모두 기후변화 대응과 에너지 전환이라는 상위 목표를 공유하고 있으며, 기술 개발 자체보다 AU-EU 간 지속 가능한 R&I 협력체계 구축과 조정·지원 기능에 중점을 두고 있다는 공통점을 갖는다.

따라서 두 공고문의 긴밀한 군집화는 EU가 기후 변화 대응과 청정에너지 전환을 분리된 과제가 아닌 통합적·전략적 임무로 바라보고 있음을 보여준다. Horizon Europe 참여 기관은 이러한 전략적 방향성, 특히 AU-EU R&I 파트너십의 구조적 맥락을 충분히 이해할 필요가 있다. 아울러 본 사례는 연구 기회가 특정 Destination에만 국한되지 않으며, 주력 연구 분야와 기능적·전략적 연관성을 지닌 다른 Destination에서도 유의미한 기회가 존재함을 시사한다. 따라서 과제 탐색 시에는 Destination 간 연계성 분석을 포함한 폭넓은 전략적 접근이 요구된다.

## 2) Destination 2: 같은 Destination에 속하는 공고문이라도 차별화된 전략 수립이 필요

Destination 2는 기후 전환을 위한 교차 영역적 해결책(Cross-sectoral Solutions for the Climate Transition)을 다루는 만큼, 공고문 주제가 폭넓게 분산되어 있다. 그 결과, 높은 코사인 유사도를 보이는 공고문 그룹과 그렇지 않은 그룹이 뚜렷하게 구분되는 구조적 특성이 나타난다. 이는 동일한 상위 목표를 지향하더라도, 개별 공고문이 설정한 Expected Outcome과 Scope가 상이할 수 있음을 의미한다.

그림 5-14 Destination 2 코사인 유사도 결과



Destination 2의 계층적 클러스터링 결과, D2-01~D2-06 간 코사인 유사도가 매우 높게 나타나 배터리 관련 공고들이 강한 내부 응집도를 가지는 것으로 확인되었다. 이는 동일 Destination 내에서도 기술 개발을 중심으로 한 하위 클러스터가 명확히 형성되어 있음을 의미한다. 반면, 다른 일부 공고들은 파트너십 구축, 정책 지원, 제도적 기반 마련 등 시스템·거버넌스 기능을 중심으로 한 별도의 클러스터를 형성하였다.

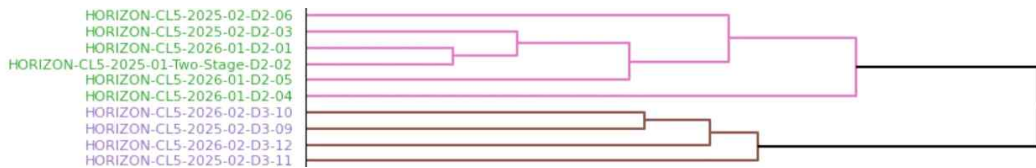
즉, Destination 2는 기술 중심 역할과 제도·거버넌스 강화 역할을 동시에 포괄하는 구조를 가지고 있으며, 이는 EU가 기술 혁신뿐 아니라 이를 뒷받침하는 제도적 기반을 병행 강화하려는 전략적 의도를 반영한다.

이러한 경우, Destination 2에 지원하고자 하는 기관은 다음의 두 가지 전략 중 하나를 택할 수 있겠다. 첫 번째로는 배터리 기술군(D2-01~D2-06)처럼 내부적으로 강하게 연결된 하위 클러스터 내에서 자신의 전문성을 명확히 부각할 필요가 있다. 혹은, 기술 혁신과 정책·거버넌스 지원이라는 측면에 중점을 두고 사업을 설계할 수 있겠다.

### 3) Destination 2와 3 간의 연계 가능성 발굴

계층적 클러스터링 결과, Destination 2의 일부 공고와 Destination 3의 일부 공고가 동일한 클러스터로 묶이는 현상이 확인되었다. 코사인 유사도 검증에서도 D3-09, D3-10, D3-11, D3-12 간 높은 상호 유사도가 관찰되었으며, D2-02, D2-03, D2-05, D2-06 또한 내부적으로 강하게 연결된 기술군을 형성하였다. 이는 두 Destination이 서로 다른 기술 영역으로 분류되지만, Horizon Europe 프로그램 내에서는 공통된 기술 발전 경로와 정책적 방향성을 공유하고 있음을 보여준다.

**그림 5-15** Destination 2 와 Destination 3 간의 연계성 (계층적 클러스터링)



Destination 2와 Destination 3은 지속가능성, Critical Raw Materials(CRM) 절감, 순환경제, 신뢰성·사회적 수용성, 경쟁력 강화 등 주요 정책 목표를 공유한다. 또한 두 Destination 모두 가치사슬(Value Chain) 관점에서 단계적 구조를 갖는다.

- Destination 2: 원료(D2-03) → 제조(D2-01) → 시험(D2-05) → 응용(D2-02) → 생태계 형성(D2-06)
- Destination 3: 소재·공정 혁신(D3-09) → 장비 개발(D3-10) → 시스템 안정성(D3-11) → 내구성 강화(D3-12)

이러한 분석 결과는 호라이즌 유럽 사업에 참여하고자 하는 연구자들에게 ‘에너지 저장 + 에너지 생산’ 결합형 통합 패키지 전략(integrated package approach)으로 접근하는 것이 효과적임을 시사한다. 또한, 개별 연구자뿐 아니라 국가 차원의 지원체계에서도 공급망 사슬 전반을 포괄하는 공고의 등장 추세를 주기적으로 모니터링하고, 동일 기술 분야 내 공급망 구축이 시간의 흐름에 따라 반복적으로 나타나는지, 혹은 정책 초점이 변화하는지를 분석할 필요가 있다.

이를 통해 한국의 분야별 공급망 기술 전략과 호라이즌 유럽의 구조적 방향성 간 정합성을 강화할 수 있을 것이다. 나아가 이러한 분석을 기반으로 정부 차원에서 중장기 컨설팅 및 지원 체계를 구축한다면, 국내 연구개발자들이 호라이즌 유럽의 정책 프레임워크와 전략적으로 부합하는 연구 제안서를 설계할 수 있을 것으로 기대된다.

이 외에도 Destination 5와 6 간의 연계를 통한 전략 수립 가능성을 비롯한 다른 세부 사항들도 있지만, 본 고에 모두 담지는 않았다.

## 6 계층적 클러스터링 및 유사도 분석 결과: Cluster 6

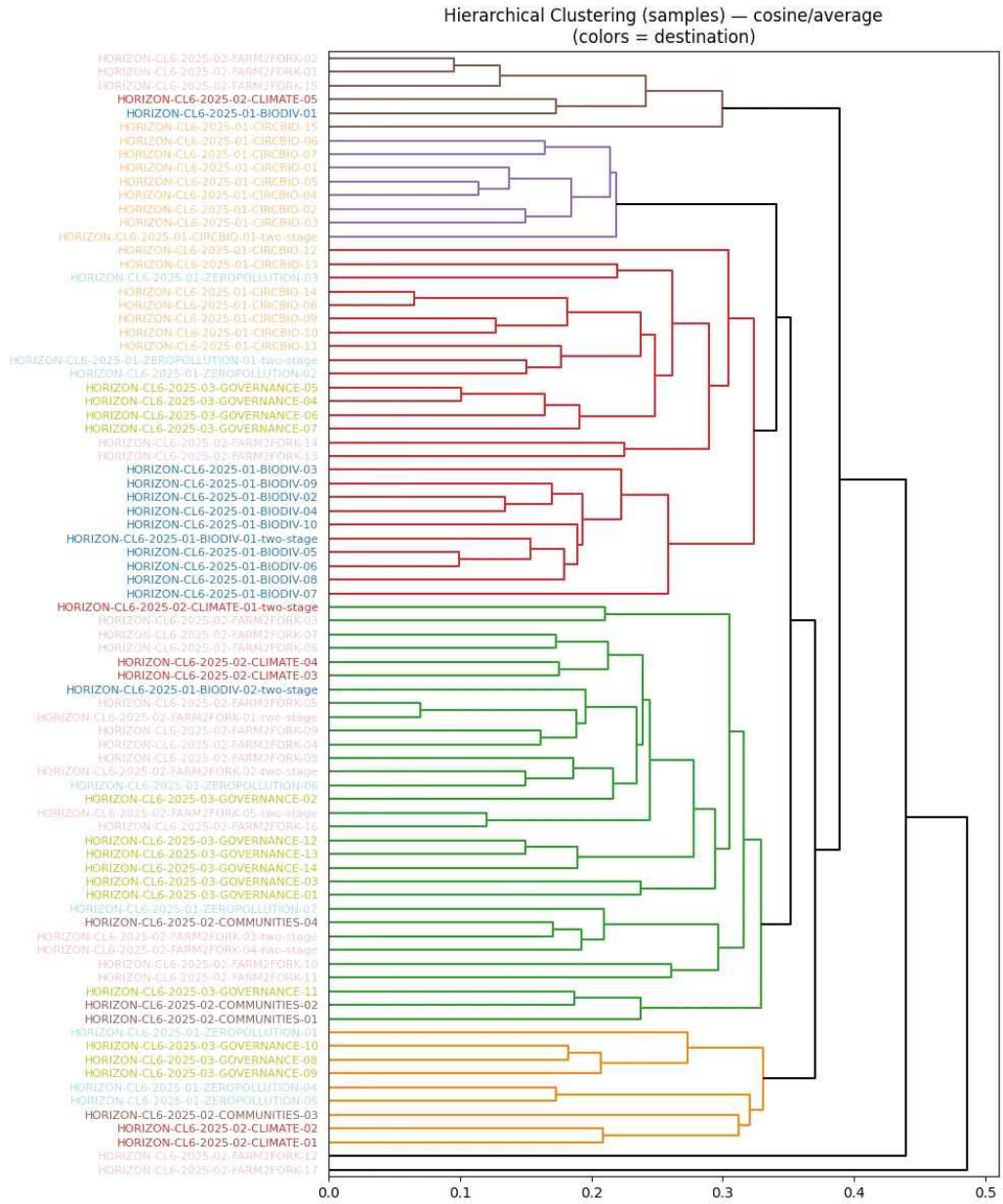
Cluster 6(Food, Bioeconomy, Natural Resources, Agriculture and Environment) 분야의 분석 결과, Expected Outcome, Scope, 그리고 Expected Outcome+Scope 각각을 임베딩하여 시각화했을 때, 클러스터의 경계가 Cluster 5(Climate, Energy and Mobility)에 비해 훨씬 뚜렷하게 형성되는 양상이 관찰되었다. 이는 Cluster 6 내 공고문들이 상대적으로 주제적 응집도가 높고, Destination별 구분이 명확하게 이루어져 있음을 시사한다.

특히 본 분석에서는 공고문이 속한 Call Group 단위가 아닌, Destination 중심의 구조적 분류에 초점을 맞추었다. 이는 호라이즌 유럽 프로그램이 동일한 Call 내에서도 서로 다른 정책 목표에 기여할 수 있도록 설계되어 있기 때문에, Destination 단위에서의 유사도 분석이 공고 간 실질적 연계성을 파악하는 데 더 유효하기 때문이다.

이러한 맥락에서, 각 Destination을 중심으로 Expected Outcome과 Scope, 두 요소를 결합한 임베딩으로 분석하고, 그 결과를 기반으로 계층적 클러스터링(Hierarchical Clustering)을 수행하였다. 이를 통해 단순한 주제 연관성을 넘어, 공고문 간의 내용적·구조적 유사성의 정량적 관계를 도출할 수 있었다.

분석 결과, 큰틀에서 Cluster 5와 6를 비교하면 다음과 같다. Cluster 5는 교차 영역이 넓고 다양한 기술 분야를 포괄함에 따라 상대적으로 클러스터 간 경계가 다소 모호하게 형성되는 경향을 보였던 것에 비해서 Cluster 6에서는 Destination별로 비교적 일관된 방향성과 목표 구조가 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 차이는 호라이즌 유럽이 분야별 클러스터에 따라 과학기술 연구의 정책적 목표 설정 방식과 연구 주제의 통합 수준을 다르게 설계하고 있음을 보여주는 결과로 해석된다. 본 고에서는 모든 Destination에 대한 내용을 담지 않고 주요결과 위주로 정리하였다. Destination 중심 계층적 클러스터링 시각화 결과는 그림 5-16과 같다.

**그림 5-16** Destination 중심의 계층적 클러스터링 시각화 (Expected outcome 및 Scope 공동)



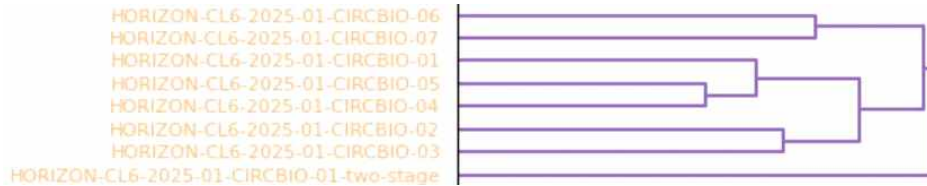
Cluster 6의 경우, 실제 NIGT 연구진이 지원한 공고문을 중심으로 주요 분석 결과를 간략히 제시하고자 한다.

### 1) Destination: CIRCBIO

순환경제 전환을 위한 시장·규제·사회적 시스템 구축 및 제도화를 중심 주제로 구성된다. 본 클러스터는 규제적 평가(PEF, 에코디자인), 경제적 책임(EPR), 시장 혁신(비즈니스 모델), 사회적 수요(소비자 인식) 등 순환경제의 네 가지 핵심 동인을 모두 포함하며, 이는 EU 그린딜 목표 달성을 위한 제도적 인프라를 전방위적으로 구축하고자 하는 정책적 방향성을 반영한다. 이러한 공고문들은 자원 소비 저감과 온실가스 배출 완화를 위한 지속 가능한 제품 및 서비스 창출이라는 공통 목표를 가지고 있다.

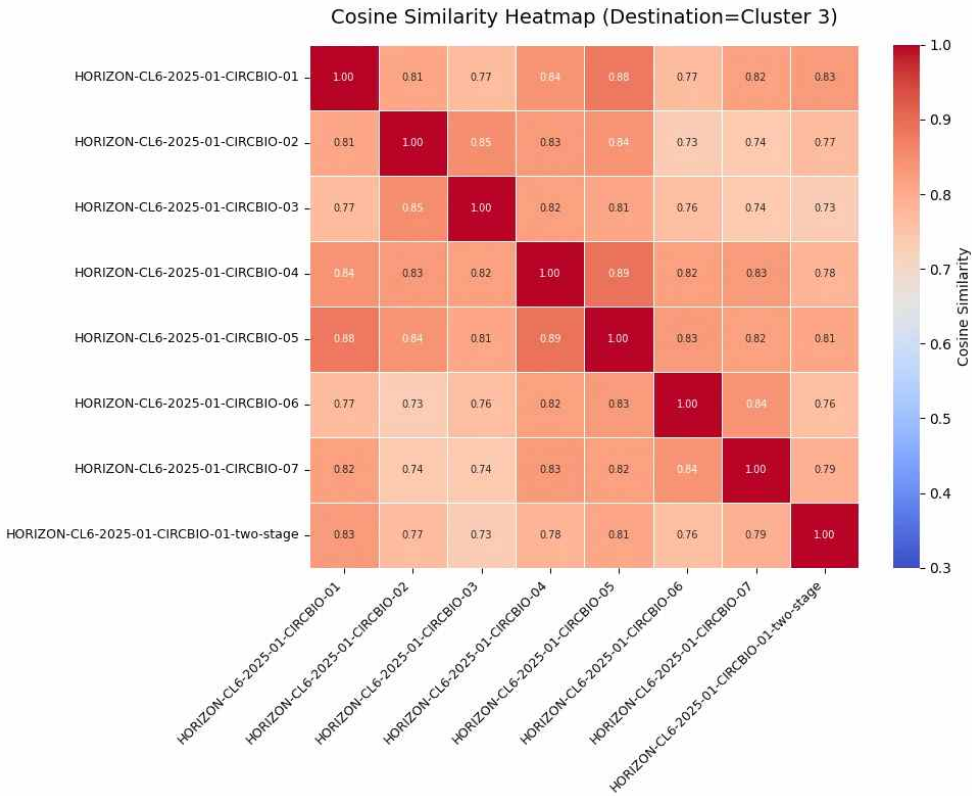
규제 기반 도구(D3-02, 03, 04)와 시장 기반 동인(D3-01, 05)은 상호 보완적으로 작용하며, IA(혁신 활동)와 RIA(연구·혁신 활동)가 균형 있게 배치되어 기술 성숙도 제고와 기반 연구가 동시에 추진되고 있음을 확인할 수 있다. 또한 SSH 통합(소비 패턴, 비즈니스 모델 연구), 라이프사이클 관점(PEF), SME 참여(01-two-stage) 등이 일관되게 강조된다. 이는 호라이즌 유럽이 지속 가능한 제품을 위한 에코디자인 규정(ESPR) 이행을 지원하기 위해 평가 도구(03, 06), 책임 시스템(04), 소비자 인식 기반(05)을 구축하여 기술·정책·사회적 장벽을 동시에 해소하고자 함을 의미한다. 전체적으로 CIRCBIO 내 공고문들은 높은 코사인 유사도를 보이며 구조적·주제적 응집도가 높은 클러스터를 형성한다.

**그림 5-17** Destination CIRCBIO 계층적 클러스터링 결과



2) Destination CIRC BIO 심층분석: HORIZON-CL6-2025-01-CIRC BIO-07 중심

**그림 5-18** Destination CIRC BIO 의 공고문 간 코사인 유사도 결과



CIRC BIO Destination에 속한 다른 공고문들이 개별 요소에 집중하는 것과 달리, CIRC BIO-07은 요소들을 실제 지역 맥락에서 통합적으로 실증하고 확산하는 역할을 수행한다. 즉, 순환경제 관련 기술·정책·시장 요소를 지역 시스템에 적용·검증하는 현장 실행축으로 기능하는 것이다.

해당 Destination에 속하는 공고문에 지원하고자 하는 기관은 CIRC BIO 클러스터가 규제(02), 책임(04), 시장(01), 사회(05)라는 순환경제의 핵심 동인을 통합하여 EU 그린딜 및 ESPR 이행을 위한 제도적 기반을 구축하는 것을 목표로 한다는 점을 인지해야 한다. 이에 따라 제안서는 단일 기술 중심 접근을 넘어 SSH 통합, 라이프사이클(PEF) 관점 등 시스템적 전환을 뒷받침할 수 있는 요소들을 반영해야 한다. 특히 CIRC BIO-07과 같이 여러 요소를 지역 단위에서 통합 실증하고 확장할 수 있는 역량을 명확하게 제시하는 것이 경쟁력 확보 측면에서 매우 중요하겠다.

## 7 네트워크 분석 기반 ‘탄소중립 100대기술’-‘호라이즌 유럽’간 매칭

끝으로, ‘한국형 탄소중립 100대 기술’과 호라이즌 유럽 공고 간의 연결성을 네트워크 분석을 통해 검토하였다.

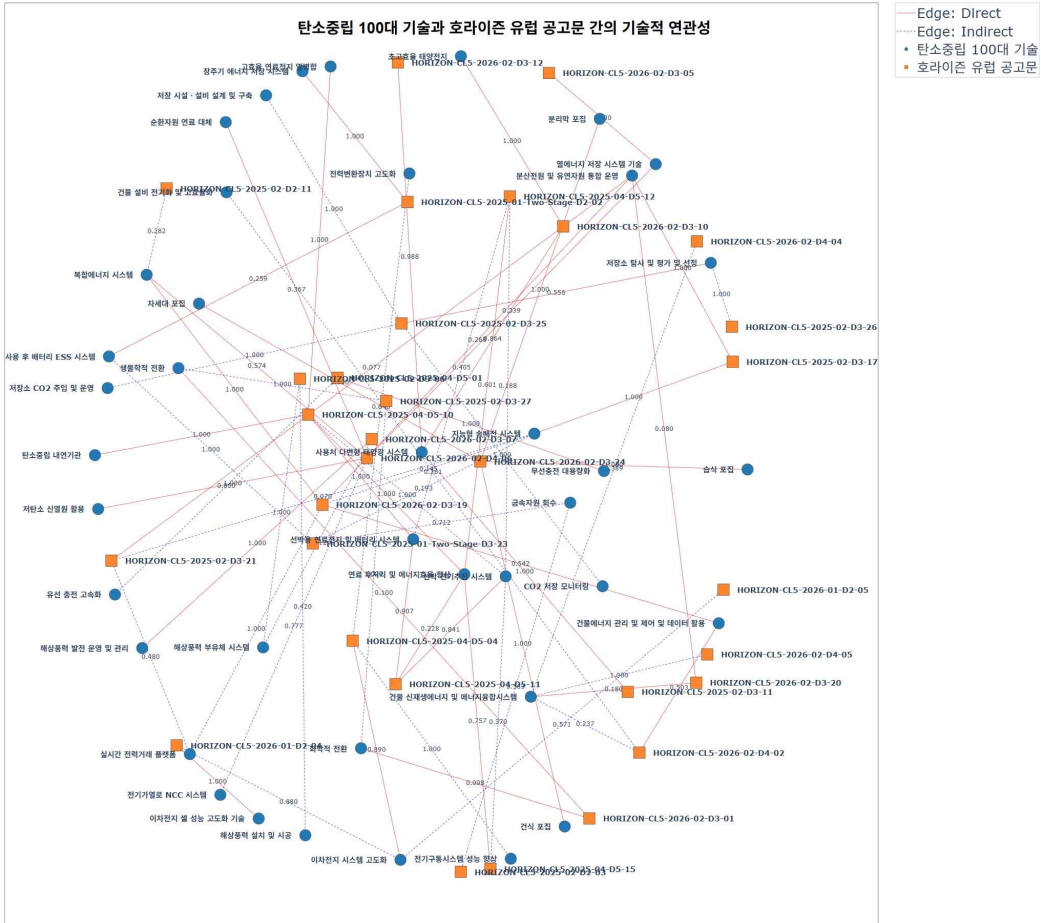
### 가. 100대기술-Cluster 5간 매칭

총 100개의 탄소중립 기술과 86개의 Horizon Europe 공고문 간 조합을 분석한 결과, 기술적 연관성이 없는 것으로 분류된(Irrelevant) 사례가 가장 높은 비중을 차지하였다. 이는 국내 탄소중립 기술 개발 목표와 Horizon Europe 공고문이 제시하는 연구·혁신 방향 간에 직접적 또는 밀접한 접점이 제한적으로 존재함을 의미한다.

반면 Direct로 분류된 사례의 경우, 기술 분야와 핵심 메커니즘이 일치하며 아키텍처의 일부 구성 요소만 상이한 것으로 나타났다. 이는 해당 기술들이 Horizon Europe이 요구하는 기술적 깊이 및 개발 범위를 충족하고 있음을 시사하며, 공동 연구 및 기술 협력 추진이 가능할 정도의 높은 기술적 정합성을 갖춘 영역으로 판단된다. 분석 결과, Cluster 5의 경우 100대 기술과 Direct 매칭이 되는 건은 총 40건으로 도출되었다.

그 외 Indirect 유형의 경우, 기술적 연관성은 모두 제한적 수준으로 평가된다. Indirect(Case 1)는 기술 분야만 일치하여 실질적 연관성이 거의 없으며, Horizon Europe에서 요구하는 기술 구조·메커니즘 전반을 새롭게 구축해야 하는 단계로, 협력 가능성이 매우 낮다. Indirect(Case 2)은 기술 분야와 메커니즘은 동일하나 아키텍처 차이가 존재하여 제한적 연계만 가능하며, 새로운 구조 설계가 필수적이다. 한편 Indirect(Case 3)는 기술 분야와 아키텍처는 동일하나 메커니즘이 상이한 경우로, 현실적으로 존재 가능성이 매우 낮아 본 연구에서는 사례가 확인되지 않았다. 이는 본 연구의 기술 연관성 분류 체계가 실제 기술 개발 구조를 합리적으로 반영하고 있음을 시사한다.

그림 5-19 탄소중립 100대기술-Cluster 5간 연관성 분석 (네트워크 방법론)

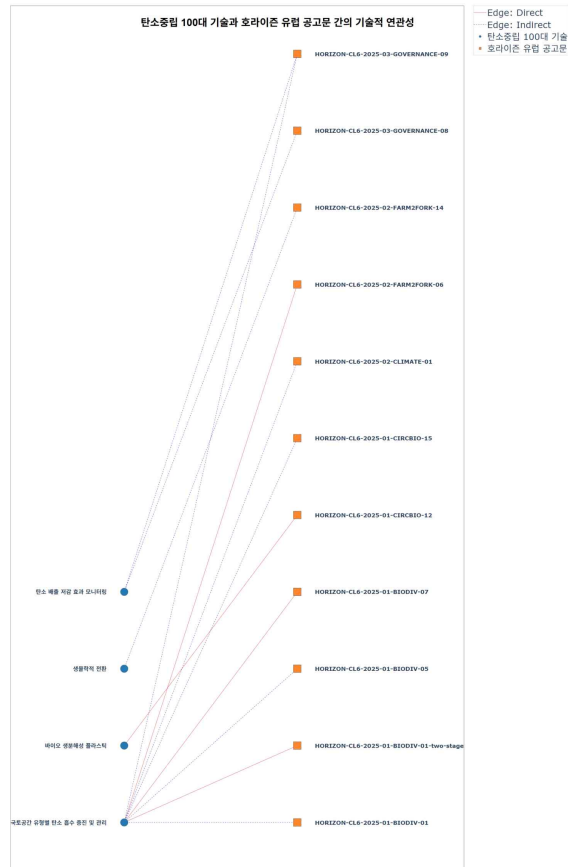


## 나. 100대기술-Cluster 6간 매칭

### 1) Cluster 6 전반적인 네트워크 분석 결과

총 100개의 탄소중립 기술과 82개의 Horizon Europe 공고문 간 조합을 분석한 결과, Direct로 분류된 사례는 총 4건에 불과했으며, 기술적 연관성이 없는 것으로 분류된(Irrelevant) 사례가 가장 높은 비중을 차지하였다. 이는 국내 탄소중립 기술 개발 목표와 Horizon Europe 공고문들 간에 직접적·밀접한 기술적 접점이 제한적으로 존재함을 의미하며, 상대적으로 매칭 정도가 높았던 Cluster 5 분석 결과와는 다른 양상을 보여준다.

그림 5-20 탄소중립 100대기술-Cluster 6간 연관성 분석 (네트워크 방법론)



## 2) CIRCBIO-07 공고문에의 적용

올해 NIGT가 직접 지원한 공고문을 대상으로 동일한 분석을 적용하였다. Reranker 분석 결과, 'HORIZON-CL6-2025-01-CIRCBIO-07'과 상위 5개 탄소중립 기술 간 기술적 연관성(Reranker Score)은 전반적으로 낮게 나타났다. 이러한 결과는 다음과 같은 두 가지 요인에 기인하는 것으로 해석된다.

첫째, 일부 탄소중립 기술의 메커니즘 및 아키텍처가 CIRCBIO-07의 목표와 직접적으로 연계되기 어렵다는 점이다. 둘째, 해당 기술들이 서로 다른 전문 분야에 속함에 따라 표면적 연관성이 낮게 평가되었을 가능성이 있다.

CIRCBIO-07의 핵심은 특정 기술 개발이 아니라 도시 및 지역 단위의 순환경제 시스템 구축에 있으며, 다양한 기술·정책·운영 요소를 통합적으로 결합하는 솔루션 구현에 목적이 있다. 따라서 단일 기술의 직접적 기여 여부보다, 다양한 기술들이 지역 순환 시스템 전환 과정에서 어떤 방식으로 기여할 수 있는지를 확인하는 것이 중요하다.

이에 따라 본 연구에서는 Reranker Score가 상대적으로 높은 상위 5개 탄소중립 기술을 중심으로 CIRCbio-07과의 잠재적 연계성을 검토하였다. 분석의 초점은 기술 분야의 차이와 무관하게, 각 기술의 메커니즘과 아키텍처가 CIRCbio-07이 지향하는 도시·지역 순환 시스템 솔루션에 어떠한 방식으로 기여할 수 있는지를 규명하는 데 있다.

**표 5-5** CIRCbio-07과 한국형 100대기술 간 Reranker 분석 결과

한국형 100대기술	Reranker score	relevant
금속자원 회수	0.22265625	Irrelevant
리뉴어블 플라스틱	0.1561279296875	Irrelevant
폐플라스틱 용매 추출	0.10662841796875	Irrelevant
폐플라스틱 자동 선별	0.08209228515625	Irrelevant
사용 후 배터리 ESS 시스템	0.07159423828125	Irrelevant

각 기술 분야와 해당 공고문 간의 연계성을 정성적으로 검토한 결과, 사용후 배터리를 활용한 ESS 시스템이 CIRCbio-07과 가장 높은 연관성을 보이는 것으로 파악되었다. 이는 연구진이 실제 사업 기획 과정에서 수립한 방향성과도 일치하며, 특히 도시 단위 순환경제 모델 구축을 위한 핵심 기술로서 높은 적용 타당성을 지닌다<sup>93)</sup>. 아울러 연구진의 정성적 리뷰 및 유럽 컨소시엄 파트너와의 협의 결과가 공고문의 텍스트 분석 데이터와 상호 일치함을 확인하였는바, 이는 향후 공고문 분석 방법론의 객관적 신뢰성과 실무적 활용 가치를 입증하는 유의미한 사례로 평가된다.

93) 실제 사업 기획 시 연구들은 대도시를 대상으로 한 순환경제 실행모델로서 지자체-운영사-재제조 업체가 참여하는 3-Layer 협력 구조를 구상하였다. 신품 배터리 구매 비용 절감과 자원 낭비 방지를 통해 경제성과 환경성을 동시에 확보할 수 있는 도시형 순환경제 사례를 구축하는 것을 목표로 하였다. (1) 운영 질서 및 안전 확보를 위한 스마트 관리 체계 구축, (2) 데이터 기반 도시 협력 및 시민 참여 확대, (3) 공공 공간 활용과 인프라 확충(정책·제도 측면)을 사업의 주요 구성으로 하며, 이러한 설계는 CIRCbio-07이 요구하는 지역 단위 순환 시스템 실증 목표와 구조적으로 부합하며, 다양한 이해관계자의 참여를 전제로 한 도시형 순환경제 모델 구축에 기여할 수 있는 핵심 기술로 평가된다.

## 8 공고문 분석의 함의점 및 향후 활용 방안

본 연구의 공고문 분석을 통해 도출된 주요 시사점과 활용방안은 다음과 같다.

### 가. 텍스트 기반 구조 분석을 통한 Destination 간 연계성 및 전략적 활용

키워드 분석, 텍스트 임베딩(Embedding), 코사인 유사도 분석 및 계층적 클러스터링 등 데이터 과학 방법론을 적용함으로써, 개별 Destination 간의 연계 구조와 공고문(Call) 간의 상호 유사성 및 차별성을 객관적으로 도출하였다. 이는 연구자가 방대한 분량의 공고문을 개별적으로 독해하고 해석하기에 앞서, Work Programme 전체의 기술적 지형(Technical Landscape)과 정책적 패턴을 조망하는 ‘탑다운(Top-down)’ 접근이 가능해졌음을 의미한다.

이러한 구조적 분석 결과는 연구자가 공고문의 핵심 기술축, 정책적 지향점, 그리고 유관 주제 간의 네트워크를 선제적으로 식별하게 함으로써, 보다 전략적이고 차별화된 제안서 작성을 가능케 한다. 즉, 지원자는 분석된 데이터를 바탕으로 컨소시엄 내에서 최적의 포지셔닝 전략을 수립할 수 있으며, 이는 글로벌 협력 과제에서 한국 측 연구진의 기술적 우위와 기여 방안을 논리적으로 설득하는 강력한 근거 자료로 기능한다.

### 나. 한국형 100대 기술과 Horizon Europe 공고 간 매칭 분석의 활용성

네트워크 분석 및 Reranker 기반의 정량적 접근을 통해 국내 탄소중립 100대 기술과 호라이즌 유럽 공고문 간의 직·간접적 연계 구조를 규명하였다. 특히, 키워드가 일치하지 않는 ‘직접 매칭(Direct Match)’의 부재 상황에서도 Reranker Score를 활용해 잠재적 부합성이 높은 후보 기술군을 효율적으로 식별해낼 수 있었다. 이는 국내 연구진이 자신의 전문 분야와 유기적으로 연결된 호라이즌 유럽의 지원 기회를 탐색 단계에서 선제적으로 포착할 수 있게 하는 중요한 동력이 된다.

다만, 분석 과정에서 호라이즌 유럽 공고문이 단순 기술 규격 위주가 아닌 정책·사회·시스템적 통합 접근을 지향하는 구조적 특성을 지니고 있음이 확인되었다. 이는 기존의 파편화된 기술 중심 키워드 매칭만으로는 공고문이 내포한 다층적인 연계성을 완전히 포착하는 데 일정한 한계가 있음을 시사한다. 따라서 향후 분석 고도화 단계에서는 이러한 문맥적 특성을 반영할 수 있는 의미론적(Semantic) 문맥 기반 매칭 기술을 강화하고, 기술과 정책 목표 간의 연관성을 입체적으로 분석할 수 있는 모델링이 병행되어야 할 것이다.

## 다. 사전기획 및 컨소시엄 매칭 과정에서의 ‘가치사슬 포지션 매핑’ 기능 강화의 필요성

호라이즌 유럽 Cluster 5(기후·에너지·모빌리티)의 Destination 2, 3, 5 공고 분석 결과, 상당수의 Topic이 단순 기술 개발을 넘어 가치사슬(Value Chain) 기반의 통합적 구조를 취하고 있음이 확인되었다. 각 공고문은 참여 파트너에게 요구하는 역할과 기여 포지션을 소재, 부품, 시스템, 실증 등 단계별로 비교적 명확히 규정하고 있다.

지원기관은 이러한 공고 구조를 활용하여 국내 연구자 및 기업이 보유한 핵심 역량을 가치사슬상의 특정 단계(예: 소재-제조-시험-시스템-재활용 등)로 매핑하고, 이를 기반으로 전략적 사전기획을 수행해야 한다. 구체적으로는 유럽 컨소시엄 내에서 발생하는 ‘전략적 공백(Strategic Gap)’을 선제적으로 파악하고, 국내 기술력과의 상호 보완성을 바탕으로 최적의 Destination 및 Topic을 추천하는 맞춤형 지원 체계가 필요하다.

그간 국내 연구진의 호라이즌 유럽 참여에 있어 최대 병목요인으로 ‘현지 컨소시엄 진입 및 매칭의 어려움’이 지적되었음을 고려할 때, 이와 같은 공고문 분석 기반의 포지션 매핑은 파트너십 구축의 불확실성을 해소하고 매칭 성공률을 제고하는 실질적인 해결책이 될 것으로 기대된다.

## 라. 한국연구재단 수준의 프로그램 설계 정합성 제고

한국연구재단은 호라이즌 유럽 Cluster 5·6의 Destination 구조와 국내 탄소중립·순환경제·디지털 전환 관련 R&D 사업 구조를 비교·정렬함으로써 호라이즌 유럽과 정합성을 띄는 형태로 사전준비형·연계형 프로그램을 설계할 수 있을 것이다. 예를 들어, 특정 Destination을 목표로 하는 사전 기획 사업을 별도로 운영하여 국내 컨소시엄을 사전에 구성하고, TRL을 향상시키고, 데이터·모델·정책 기반 마련하는 것을 지원해 줌으로써, 향후에 해당 컨소시엄이 실제 호라이즌 유럽에 참여하는 것까지 이어지는 구조를 설계할 수 있다.

## 마. 부처 차원의 전략적 프로그램 위원회(PC) 대응 및 전략적 의견 개진 근거 확보

호라이즌 유럽 프로그램 위원회(Programme Committee, 이하 PC)는 워킹 프로그램(Work Programme) 초안 검토, 기술별 우선순위 설정 및 예산 배분 등 공고의 세부 방향성을 결정하는 핵심 의사결정 기구이다. 현재 과학기술정보통신부가 해당 위원회에 참여하고 있는바, 본 연구를 통해 도출된 ‘국내 탄소중립 100대 기술과 호라이즌 유럽 공고 간 매칭 분석’ 결과는 향후 PC 내에서 한국 측 의견을 개진하는 핵심적 전략 근거가 된다. 특히 지속적인 미스매치가 발생하는 영역에 대해 한국의 강점 기술과 수요를 반영하도록 전략적 조정을 제안함으로써, 차기 워킹 프로그램에서 국내 연구진에게 유리한 공고(Call) 환경을 조성하는 기반 자료로 활용될 수 있다.

## 바. 분석 체계의 고도화 시 전망되는 파급효과

향후 본 연구의 분석 체계를 고도화하고, 새로운 공고가 발표될 때 신속한 분석이 가능해진다면 호라이즌 유럽 참여의 또 다른 주요 병목 요인인 ‘공고문 파악의 어려움, 공고문 분석의 어려움 등’을 상당 수준 해소할 수 있을 것으로 기대된다. 나아가 다년간의 데이터 축적을 기반으로 시계열 분석을 수행하여 기술 분야별 유관 유럽기관, 과거 참여기관(코디네이터 포함), 컨소시엄 구성 패턴 등을 도출할 수 있다면, 국내 연구자가 가장 어려움을 겪는 컨소시엄 매칭 문제 역시 완화될 수 있을 것으로 기대한다.

### 제3절 탄소중립 분야 RD&D 관련 호라이즌 유럽 참여 활성화 방안

#### 1 단계별 병목요인 분석 및 공고문 분석 결과의 종합적 시사점

앞선 분석에서 살펴본 바와 같이, 국내 연구기관의 호라이즌 유럽 참여는 최근 증가 추세를 보이고 있으며, 대학·출연연·기업을 중심으로 일정 수준의 성과를 축적하고 있다. 특히 Pillar 2를 중심으로 산업·기술·에너지·기후 분야에서 참여가 확대되고 있다는 점은 준회원국 가입 이후 국내 연구 생태계가 국제공동 RD&D로 점진적으로 확장되고 있음을 보여준다. 그러나 이러한 양적 확대에도 불구하고, 실제 참여 과정에서는 여전히 구조적·제도적 병목이 존재하며, 이는 참여의 질적 고도화와 지속적 확대를 제약하는 요인으로 작용하고 있다.

본 연구에서 수행한 병목요인 분석을 종합하면, 호라이즌 유럽 참여 과정에서의 제약은 특정 단계에 국한된 문제가 아니라, 제안-협약-집행에 이르는 RD&D 전주기에 걸쳐 연쇄적으로 발생하는 구조적 문제로 나타난다. 제안 단계(STEP1)에서는 국제 파트너 매칭의 어려움, 제안서 작성에 필요한 시간·전담 인력 부족, 공고문(Call) 요구사항에 대한 해석 부담이 핵심 병목으로 확인되었다. 이는 한국 연구기관이 유럽 중심의 기존 네트워크에 초기 기획 단계부터 진입하기 어려운 구조에 놓여 있음을 의미하며, 제안서의 방향 설정과 역할·예산 배분에서 주도권을 확보하기 어려운 근본 원인으로 작용한다.

협약 단계(STEP2)에서는 컨소시엄 내부 협상(GA·CA 문안, 역할·예산 조정) 지연과 기관 내부 법무·승인 절차 지연이 가장 큰 병목으로 도출되었다. 특히 EU 규정에 따른 계약·책임 구조가 국내 연구관리 체계와 충분히 정합되지 않은 상태에서, 내부 검토와 결재 과정이 반복적으로 지연되며 협약 체결 일정 전반에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 여기에 EU-국내 회계 기준 불일치와 윤리·데이터·보안 관련 요구문서 대응 부담이 더해지면서, 협약 단계는 구조적·행정적 병목이 집중되는 구간으로 확인되었다.

집행 단계(STEP3)에서도 이러한 문제는 완화되지 않고 지속된다. EU의 실비정산 중심 회계 체계, 엄격한 타임시트·증빙·보고 요구, 데이터관리계획(DMP) 및 성과지표(Impact) 관리 부담은 국내 연구자와 행정 조직에 상당한 실무적 압박으로 작용한다. 이는 협약 단계에서 충분히 해소되지 못한 제도·행정적 불일치가 집행 단계까지 연쇄적으로 이어지는 구조적 문제임을 시사한다.

이러한 병목요인 분석 결과는, 본 장 앞절에서 수행한 호라이즌 유럽 공고문 분석 결과와도 밀접하게 연결된다. 공고문 분석을 통해 확인한 바와 같이, 최근 탄소중립 분야 호라이즌 유럽 공고는 단순한 기술 개발을 넘어, EU 정책 목표와의 정합성, 사회·경제적 임팩트 창출 논리, 다자 컨소시엄 기반의 역할 분담, 실증 및 확산 가능성까지를 전제로 설계되어 있다. 즉, 공고문 자체가 연구 수행 전주기를 통합적으로 설계·관리할 수 있는 역량을 요구하고 있다.

그러나 병목요인 분석 결과, 국내 연구기관은 이러한 공고문 요구에 대응하기에 앞서, 컨소시엄 초기 기획 단계 진입 자체에서 제약을 받고 있으며, 협약·집행 단계에서는 제도·행정·회계 체계의 불일치로 인해 추가적인 부담을 겪고 있는 것으로 나타났다. 이는 호라이즌 유럽 공고문이 전제하는 RD&D 수행 방식과 국내 연구관리·지원 체계 간에 구조적 간극이 존재함을 의미한다. 다시 말해, 병목요인은 단순히 연구자 개인이나 개별 기관의 역량 부족에서 비롯된 문제가 아니라, EU가 요구하는 정책·임팩트 중심 RD&D 구조와 국내 제도·지원 체계 간의 정합성 부족에서 발생하는 구조적 문제로 해석할 수 있다.

이러한 분석을 종합하면, 향후 호라이즌 유럽 참여 활성화 방안은 개별 병목요인을 단편적으로 완화하는 접근을 넘어, 공고문이 요구하는 RD&D 구조에 국내 연구기관이 실질적으로 대응할 수 있도록 제도·행정·재정·조직 역량을 전반적으로 보완하는 방향으로 설계될 필요가 있다. 즉, 활성화 방안은 병목요인 분석을 통해 도출된 구조적 제약을 해소함과 동시에, 공고문 분석을 통해 확인된 정책·임팩트·컨소시엄 요구 수준을 국내 연구 생태계가 흡수할 수 있도록 지원하는 이중의 목표를 가져야 한다. 이러한 관점에서 다음 절에서는 병목요인 분석 결과와 공고문 분석 시사점을 종합하여, 국가 차원의 제도·행정·재원 연계 기반의 호라이즌 유럽 참여 활성화 방안을 구체적으로 제시하고자 한다.

## 2 호라이즌 유럽 참여 활성화를 위한 정책·제도적 개선 방안

### 가. 활성화 방안 도출 체계 및 정책 대응 프레임워크

본 절에서는 앞서 도출된 호라이즌 유럽 참여 병목요인 분석 결과(Q1~Q4)와 공고문(Call) 분석을 통해 확인된 정책적·구조적 요구사항을 종합하여, 탄소중립 분야 글로벌 RD&D 참여 활성화를 위한 정책·제도적 개선 방안을 도출한다. 활성화 방안은 개별 제도 개선이나 단편적 지원 확대가 아니라, 호라이즌 유럽 RD&D 전주기에서 반복적으로 확인된 구조적 병목을 단계별로 해소하기 위한 정책 패키지 관점에서 설계되었다.

이를 위해 본 연구는 호라이즌 유럽 참여 과정을 제안 단계(STEP1), 협약 단계(STEP2), 집행 단계(STEP3)로 구분하고, 각 단계에서 나타난 핵심 병목요인을 정책 개입이 가능한 제도·행정·재정·조직·네트워크 차원의 대응 수단과 연계하여 분석하였다. 특히 공고문 분석 결과에서 확인된 바와 같이, 호라이즌 유럽은 초기 기획 단계에서의 컨소시엄 구성 역량, 협약 체결 이후의 신속한 행정·법무 대응, 집행 과정에서의 회계·성과관리 체계 등을 전제로 설계되어 있어, 국내 연구환경의 제도·운영 방식과의 정합성 확보가 참여 성과를 좌우하는 핵심 요인으로 작용한다.

이에 따라 본 절의 활성화 방안은 ① 제안 단계에서의 컨소시엄 진입 및 공고문 대응 역량

강화, ② 협약 단계에서의 법무·회계·행정 병목 해소, ③ 집행 단계에서의 재정·보고·성과관리 부담 완화라는 세 개의 정책 대응 축을 중심으로 구성하였다. 이러한 단계별 대응 방안은 전문가 설문문을 통해 제시된 국가 차원의 제도·행정 지원 방향을 정책적 해법 풀로 활용하여 구체화하였다.

종합적으로, 본 절의 활성화 방안은 병목요인 분석과 공고문 요구 수준, 그리고 전문가 정책 제언을 통합한 결과로서, 탄소중립 분야에서 한국의 호라이즌 유럽 참여가 단기적 과제 수주를 넘어 글로벌 실증(RD&D)으로 확장될 수 있도록 지원하는 것을 목표로 한다.

## 나. 단계별 활성화 방안

### 1) 제안 단계(STEP1) 대응 활성화 방안

호라이즌 유럽 참여 과정에서 제안 단계(STEP1)는 향후 협약 체결과 과제 수행 성과를 좌우하는 출발점으로 기능한다. 앞선 병목요인 분석 결과에 따르면, 이 단계에서 국내 연구기관이 직면하는 가장 핵심적인 제약은 국제 컨소시엄 진입의 어려움, 제안서 작성에 필요한 전담 인력·시간 부족, 그리고 공고문(Call) 요구사항 및 EU 정책 맥락에 대한 해석 부담으로 요약된다. 공고문 분석에서도 확인되었듯이, 호라이즌 유럽은 제안 단계에서부터 컨소시엄의 구성 완성도, 정책 정합성, 임팩트 논리의 명확성을 강하게 요구하고 있어, 초기 대응 역량이 부족할 경우 사실상 경쟁에서 배제되는 구조를 갖고 있다.

첫째, 국제컨소시엄 진입 역량 강화가 필요하다. 정량·정성 분석 결과, 제안 단계에서 가장 큰 병목은 ‘국제 파트너 매칭의 어려움’으로 나타났다. 이는 단순히 파트너 정보를 찾기 어렵다는 문제라기보다, 유럽 내 핵심 연구그룹과의 신뢰 기반 네트워크에 초기 기획 단계부터 접근하기 어렵다는 구조적 제약에서 비롯된다. 이에 따라 국가 차원에서는 단발성 매칭 행사나 정보 제공을 넘어, 전략적 컨소시엄 진입을 지원하는 상시적 플랫폼을 구축할 필요가 있다.

구체적으로는 탄소중립·에너지·기후 분야를 중심으로 EU 주요 코디네이터 기관, 선도 연구그룹, 산업 파트너와 국내 기관 간의 중장기 네트워크를 구축하고, 특정 Call 개시 이전부터 공동 기획이 가능하도록 지원하는 체계가 요구된다. 이는 단기적으로는 국가 차원의 컨소시엄 매칭 플랫폼 강화로 구현될 수 있으며, 중장기적으로는 한·EU 공동 기획 트랙 또는 사전 기획 과제(Pre-project) 형태로 발전시킬 수 있다.

둘째, 제안서 작성 전담 지원체계의 구축이 필요하다. 제안 단계의 두 번째 핵심 병목은 시간·인력 부족 문제이다. 전문가들은 호라이즌 유럽 제안서가 기술 내용뿐 아니라 임팩트, 정책 연계성, 예산·윤리·데이터 문서 등을 동시에 요구함에 따라, 연구자가 본연의 연구 외에 과도한 행정·국제협력 업무를 부담하게 된다고 지적하였다. 이는 특히 출연연·기업에서 두드러지며, 결과적으로 제안서 품질 저하 또는 참여 포기로 이어지는 사례가 빈번하게 발생한다.

이에 따라 제안 단계에서는 전담 전문인력 확보 및 양성 체계 구축이 핵심적인 활성화 방안으로 제시된다. 단기적으로는 호라이즌 유럽 전담 지원조직(NCP, 전담지원팀)을 중심으로 제안서 작성, 예산 구성, 참여 조건 검토 등을 지원하는 전문 자문 풀(pool)을 구축하고, 연구자 요청 시 실질적인 문서 작성 지원이 가능하도록 해야 한다. 중장기적으로는 연구기관 내부에 국제공동연구 전담 PMO 또는 전문 인력을 양성하여, 제안 단계에서 반복적으로 발생하는 행정·기획 부담을 구조적으로 완화할 필요가 있다.

셋째, 공고문(Call) 해석 및 정책 맥락 대응 역량 강화가 필요하다. 공고문 분석과 정성 응답에서 공통적으로 확인된 문제는, 공고문 자체의 분량이나 영어 표현보다도 Scope, Expected Outcomes, EU 정책 프레임워크 간의 연계 구조를 이해하고 이를 제안서의 스토리라인으로 구성하는 데 어려움이 크다는 점이다. 이는 단순한 정보 부족 문제가 아니라, EU 정책 문맥에 대한 이해와 이를 연구 기획으로 전환하는 역량의 문제로 해석된다.

이에 따라 제안 단계 활성화를 위해서는 공고문 해석 지원을 단순 설명회 수준에서 벗어나, 정책 맥락 기반 분석 자료 제공으로 전환할 필요가 있다. 예를 들어, 탄소중립 관련 주요 Call에 대해 정책 목표-기술 범위-기대 성과-평가 포인트를 구조화한 분석 자료를 사전에 제공하고, 국내 연구자들이 이를 바탕으로 전략적 제안서 기획을 수행할 수 있도록 지원하는 방식이 효과적이다. 이는 공고문 분석 결과를 정책 지원 도구로 활용하는 대표적인 사례가 될 수 있으며, 향후 NCP 기능 고도화에도 직접적으로 연계될 수 있다.

종합하면, 제안 단계(STEP1)의 활성화 방안은 개별 연구자의 역량 강화에 국한되지 않고, 국가 차원의 네트워크 구축, 전담 지원체계 마련, 정책 맥락 기반 정보 제공이라는 세 축을 중심으로 설계되어야 한다. 이는 Q1~Q2에서 도출된 구조적 병목요인과 Q5에서 제시된 제도·행정 지원 방향이 유기적으로 연결되는 지점으로, 향후 호라이즌 유럽 참여 확대의 실질적 출발점이 될 수 있다. 특히 탄소중립 분야에서는 기술 경쟁력뿐 아니라 정책 정합성과 국제 협력 구조가 성패를 좌우하는 만큼, 제안 단계에서의 체계적 지원은 이후 협약·집행·성과확산 단계의 부담을 선제적으로 완화하는 핵심 전략으로 평가된다.

## 2) 협약 단계(STEP2) 대응 활성화 방안

협약 단계(STEP2)는 호라이즌 유럽 참여 전 과정 중 병목이 가장 집중적으로 발생하는 구간으로, 정량·정성 분석 결과 모두에서 구조적 제약이 반복적으로 확인되었다. 특히 전문가 설문 분석 결과, 컨소시엄 협상 지연, 기관 내부 법무·승인 절차 지연, EU 요구문서 대응 부담, 회계 기준 불일치 문제가 중첩되면서 협약 체결 일정이 체계적으로 지연되는 경향이 나타났다. 이에 따라 협약 단계의 활성화를 위해서는 개별 연구자의 대응 역량 강화보다는, 국가 차원의 제도적·행정적 지원체계 구축이 핵심적인 개선 방향으로 도출된다.

첫째, 컨소시엄 협상(GA·CA) 지연을 완화하기 위한 표준화 및 사전 지원 체계 구축이

필요하다. 병목요인 분석에 따르면, 협약 단계에서 가장 큰 지연 요인은 GA(Grant Agreement) 및 CA(Consortium Agreement) 문안 조율 과정에서 발생하며, 역할·예산·IP·책임 분담 등 민감 조항을 둘러싼 반복적인 협상이 주요 원인으로 작용한다. 특히 국내 기관들은 EU 협약 문안에 대한 경험 부족으로 협상 과정에서 수동적인 위치에 놓이는 경우가 많았으며, 이는 협약 지연을 더욱 심화시키는 요인으로 확인되었다. 이에 따라 국가 차원에서 GA·CA 주요 조항에 대한 표준 해설, 국내법과의 관계 정리, 협상 시 유의사항을 정리한 실무 가이드라인을 제공하고, 필요 시 협약 단계에서 법률·계약 자문을 받을 수 있는 지원체계를 마련할 필요가 있다.

둘째, 기관 내부 법무 검토 및 승인 지연 문제를 완화하기 위한 전담 지원 및 사전 검토 체계가 요구된다. 전문가 의견에 따르면, 협약 단계 지연의 상당 부분은 기관 내부 법무팀·산학협력단의 검토 기간 장기화에서 비롯되며, 이는 EU 협약 구조에 대한 이해 부족과 국내 결재 체계의 경직성에 기인한다. 특히 준회원국 체제 이후 연구비 직접 수급에 따른 책임·의무 조항 해석 부담이 증가하면서 내부 승인 절차가 더욱 보수적으로 운영되는 경향이 나타났다. 이를 해소하기 위해서는 국내 연구기관이 공통적으로 참고할 수 있는 법무 검토 기준, 주요 쟁점별 해석 사례, 리스크 관리 가이드 등을 국가 차원에서 정리·제공하고, 협약 단계에서 신속한 의사결정을 지원할 수 있는 전담 자문 창구를 운영할 필요가 있다.

셋째, EU 요구문서(Ethics, DMP, GEP 등)에 대한 체계적 대응 역량 강화가 필요하다. 병목요인 분석 결과, 윤리자기평가서(ESA), 데이터관리계획(DMP), GDPR, 보안·Dual-use 관련 문서는 협약 단계에서 필수적으로 요구되지만, 국내 기관의 경험 부족과 표준 템플릿 부재로 인해 상당한 부담으로 작용하고 있는 것으로 나타났다. 이는 단순 행정 부담을 넘어, 협약 지연 및 과제 리스크 증대로 이어질 수 있는 요인이다. 따라서 국가 차원에서 요구문서별 표준 템플릿, 작성 예시, 국내 규정과의 연계 해설을 제공하고, 협약 단계에서 해당 문서 작성을 지원할 수 있는 전문 인력 또는 자문 풀을 구축하는 방안이 필요하다.

넷째, EU-국내 회계 기준 불일치 문제를 완화하기 위한 제도적 명확화와 실무 지원이 병행되어야 한다. 전문가 설문과 정성 응답에서는 적격비용(Eligible cost) 기준, 인건비 산정 방식, 간접비 규정 등에서 발생하는 EU-국내 회계 기준 차이가 협약 단계에서 예산 조정과 내부 승인 지연을 유발하는 주요 원인으로 지적되었다. 이에 따라 협약 단계에서부터 회계·정산 관련 쟁점을 사전에 검토할 수 있도록 회계 가이드라인을 제공하고, 필요 시 국내 규정 범위 내에서 유연하게 대응할 수 있는 제도적 해석을 명확히 제시할 필요가 있다.

종합하면, 협약 단계 활성화를 위해서는 ▲컨소시엄 협상 지원 및 표준화, ▲법무·승인 절차에 대한 사전 대응 체계 구축, ▲EU 요구문서 대응 역량 강화, ▲회계 기준 불일치 해소를 위한 제도·실무 지원이 유기적으로 결합된 국가 차원의 원스톱 지원체계 구축이 핵심 과제로 도출된다. 이는 병목요인 분석에서 확인된 구조적 문제를 직접적으로 해소하는 동시에, 협약

단계의 불확실성을 줄여 호라이즌 유럽 참여의 지속성과 확장성을 제고하는 기반이 될 것으로 판단된다.

### 3) 집행 단계(STEP3) 대응 활성화 방안

집행 단계(STEP3)는 호라이즌 유럽 과제가 본격적으로 수행되는 단계로, 연구비 집행·정산, 행정·재정 리포팅, 내부 감사 대응 등 실무 부담이 집중적으로 발생하는 구간이다. 정량·정성 분석 결과, 집행 단계에서의 병목은 제안·협약 단계와 달리 특정 단일 요인보다는 회계·행정·보고 체계 전반에서 누적적으로 발생하는 구조적 부담의 형태로 나타났다.

첫째, EU-국내 회계 및 정산 기준 차이에 대한 실무적 완충 장치 마련이 필요하다. 전문가 의견에 따르면, 적격비용(Eligible cost) 기준, 인건비 산정 방식, 타임시트 작성, 간접비 처리 등에서 EU 규정과 국내 혁신법·회계 지침 간 차이가 지속적으로 문제로 제기되었다. 이로 인해 연구 수행 과정에서 집행 가능 여부에 대한 불확실성이 발생하고, 내부 회계팀과 연구자 간 해석 충돌이 빈번하게 나타나는 것으로 확인되었다. 따라서 집행 단계에서는 EU 규정과 국내 규정을 비교·정리한 실무 매뉴얼을 제공하고, 국내 규정 범위 내에서 허용 가능한 유연 해석 사례를 축적·공유하는 체계가 필요하다.

둘째, 행정·리포팅 부담 완화를 위한 전담 지원 및 표준화가 요구된다. 정성 분석 결과, 기술적 연구 수행 자체보다도 정기·수시 보고, 재정 증빙 준비, 내부 감사 대응 등 행정적 업무가 연구자의 과도한 부담으로 작용하고 있음이 반복적으로 지적되었다. 특히 호라이즌 유럽은 주기적인 재정 보고와 증빙 관리가 필수적이므로, 국내 연구 환경에 익숙하지 않은 연구자에게는 집행 단계가 참여 지속을 저해하는 요인으로 작용할 가능성이 크다. 이에 따라 연구자 개인이 모든 행정 업무를 부담하는 구조에서 벗어나, 기관 또는 국가 차원의 행정 지원 인력이 실질적으로 개입하는 지원 모델을 단계적으로 도입할 필요가 있다.

셋째, 기관 대응자금(Co-Funding) 및 기관 자체 부담 관리에 대한 명확한 가이드가 필요하다. 정성 응답에서는 집행 단계에서 발생하는 추가 비용 부담, 기관 대응자금(Co-Funding) 관리, 연구자 보상 구조와의 충돌 문제가 특정 기관 유형에서 심각한 부담으로 작용하는 사례가 보고되었다. 이는 협약 단계에서 충분히 정리되지 못한 재정 구조가 집행 단계에서 리스크로 전이되는 현상으로 해석할 수 있다. 따라서 집행 단계 이전부터 대응자금 적용 범위, 연구자 보상 체계와의 관계, 내부 규정 적용 원칙을 명확히 안내하고, 집행 과정에서 추가 부담이 발생하지 않도록 사전 관리 체계를 구축할 필요가 있다.

넷째, 내부 감사 및 사후 점검 부담을 완화하기 위한 제도적 신뢰 기반 구축이 필요하다. 전문가들은 EU 규정을 충실히 따랐음에도 불구하고, 국내 감사 기준과의 불일치로 인해 사후 감사 리스크를 우려하는 경향이 강하다고 응답하였다. 이는 집행 단계에서 연구자가 과도하게 보수적으로 대응하게 만들고, 결과적으로 연구 수행의 효율성을 저해하는 요인으로 작용한다.

이에 따라 호라이즌 유럽 과제 집행에 대해서는 EU 규정 준수를 전제로 한 국내 감사 기준의 합리적 적용 원칙을 명확히 하고, 사후 분쟁 가능성을 최소화하는 제도적 신뢰 장치가 필요하다.

종합하면, 집행 단계(STEP3)의 활성화를 위해서는 ▲EU-국내 회계·정산 기준 차이에 대한 실무적 완충, ▲행정·리포팅 부담 완화를 위한 전담 지원, ▲대응 자금 및 기관 부담 관리 체계 정비, ▲감사·사후 점검 리스크 완화를 위한 제도적 명확화가 핵심 과제로 도출된다. 이는 분석에서 확인된 실무적 병목을 직접적으로 완화함과 동시에, 연구자가 장기적으로 호라이즌 유럽 참여를 지속할 수 있는 안정적 수행 환경을 조성하는 데 기여할 것으로 판단된다.

#### 다. 국가 차원의 통합 지원 체계 구축

본 절은 앞서 수행한 호라이즌 유럽 참여 현황 분석 및 병목요인 분석, 그리고 공고문 분석 결과를 종합하여, 국내 연구기관의 참여 확대를 위해 요구되는 국가 차원의 제도·행정·재정적 지원체계 개선 방향을 도출하는 데 목적이 있다. 특히 전문가 설문 결과를 정책 설계를 위한 근거 자료로 활용하여, 기존의 분절적인 지원 구조를 전주기적·통합적 지원체제로 전환할 필요성을 검토하였다.

전문가 의견 분석 결과, 현재 국내의 호라이즌 유럽 지원체계는 부처, 전문기관, 국가연락담당관(NCP), 개별 연구기관 단위로 기능이 분산되어 운영되고 있으며, 이로 인해 연구자는 제안 단계부터 협약 체결, 연구 수행 및 정산에 이르기까지 다수의 행정·법무·회계 절차를 직접 감당해야 하는 구조에 놓여 있는 것으로 나타났다. 이는 앞선 병목요인 분석에서 확인된 협약 단계(STEP2)와 집행 단계(STEP3)의 행정·제도적 부담과도 일관되게 연결되는 결과이다.

정량 분석 결과, 전문가들은 ‘전담 전문인력 확보·양성 체계 구축’과 ‘행정·법무·회계 원스톱 지원체계 구축’을 가장 핵심적인 국가 지원 요소로 평가하였다. 해당 항목들은 전체 항목 중 가장 높은 점수를 기록하였으며, 이는 국내 연구기관이 호라이즌 유럽의 복잡한 규정과 절차를 자체적으로 대응하기에는 구조적 한계가 존재함을 시사한다. 정성 의견에서도 다수의 전문가가 EU 규정에 대한 국내 이해 부족, 기관 내부 법무·회계 인력의 경험 미흡, 승인 절차 장기화 문제를 반복적으로 지적하였다. 이러한 요인들은 연구자의 비연구 업무 부담을 증가시키고, 결과적으로 호라이즌 유럽 참여 의사결정을 소극적으로 만드는 요인으로 작용하고 있는 것으로 분석되었다.

또한 공고문 분석 결과, 최근 호라이즌 유럽 공고는 제안서 단계에서부터 윤리, 데이터 관리, 보안, 재정 적합성에 대한 요구 수준이 지속적으로 강화되는 추세를 보이고 있으며, 이는 단일 연구자나 개별 기관 차원에서 대응하기 어려운 구조로 변화하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 변화는 국가 차원의 전문적·집중적 지원 없이 연구현장의 자발적 대응만으로는 참여 확대에

한계가 있음을 시사한다.

이에 따라 전문가들은 연구자에게 과도하게 집중된 행정·법무·회계 부담을 국가 차원에서 흡수할 수 있는 전주기 원스톱 지원체계 구축이 필요하다는 데 공통된 인식을 보였다. 이는 단순한 정보 제공이나 컨설팅 확대를 넘어, 공고 해석과 참여 요건 검토, 협약 문안 검토 및 협상 지원, 회계·정산 및 리포팅 대응까지 연속적으로 지원할 수 있는 구조를 의미한다. 이러한 체계는 앞선 병목요인 분석에서 확인된 구조적 문제에 대한 직접적인 대응 방안으로 기능할 수 있다.

아울러, 전문가 의견에서는 호라이즌 유럽 전문인력 생태계의 부재가 가장 구조적인 한계로 지적되었다. 국내 다수 연구기관은 제안 기획, 예산 구조 설계, 지식재산권(IPR) 협상, 데이터 관리 및 윤리 대응 등 복합적 업무를 수행할 수 있는 전문인력이 충분히 확보되어 있지 않으며, 이로 인해 외부 컨설팅 의존 또는 연구자 개인의 부담이 확대되고 있는 것으로 나타났다. 이에 따라 국가 또는 전문기관 차원의 전담 전문인력 풀 구축, 체계적인 교육 및 경험 공유를 통한 장기적 전문성 축적, 그리고 NCP의 역할을 단순 정보 전달자에서 전략적 조력자로 재정의할 필요성이 제기되었다.

재정·매칭펀드 지원체계 역시 중요한 개선 과제로 도출되었다. 전문가들은 호라이즌 유럽 참여 과정에서 발생하는 제안 준비 비용, 협약 협상 부담, 분담금 및 매칭자금 확보의 불확실성이 기관 내부 승인 지연 또는 참여 포기로 이어지는 사례가 적지 않다고 지적하였다. 이 과정에서 「국가연구개발혁신법」에 따른 국내 연구비 집행 체계와 EU의 실제 비용 정산 방식 간의 차이는 제도적 불확실성을 더욱 증폭시키는 요인으로 작용하고 있다. 이와 관련하여 일부 전문가들은 국제공동 RD&D 과제의 특성을 고려할 때, 국내 단독 R&D 사업에 적용되는 정합성 기준을 국제공동연구에 동일하게 적용하는 것은 참여 확대에 구조적 제약으로 작용할 수 있음을 지적하였다. 특히 호라이즌 유럽과 같은 다자 공동연구 프로그램은 EU 정책 목표와 컨소시엄 전략을 중심으로 설계되는 특성이 강하므로, 국내 정책·기술 로드맵과의 직접적 일치 여부만을 기준으로 정합성을 판단할 경우 참여 가치가 있는 과제까지 제약할 우려가 있다. 이에 따라 국제공동 RD&D 과제에 대해서는 전략적 중요성, 중장기 연계 가능성, 학습·네트워크 효과 등을 종합적으로 고려하여 정합성 기준을 보다 유연하게 해석·적용할 수 있는 국가 차원의 제도적 가이드라인 마련이 필요하다는 의견이 제기되었다. 따라서 국제공동연구의 특성을 고려한 제도적 해석 가이드라인 마련과 함께, 일부 비목에 한정된 유연한 지원 방식, 장기적으로는 국제공동연구를 포괄적으로 지원할 수 있는 법적 기반 마련이 병행될 필요가 있다.

한편, 최근 글로벌 관세전쟁, 수출통제 강화, 공급망 재편 등 국제 통상 환경 변화는 호라이즌 유럽을 포함한 해외 실증(RD&D) 사업의 실행 가능성과 리스크 관리 측면에서 중요한 정책적 고려요인으로 부각되고 있다. 전문가 자문 결과, 해외 실증 추진 과정에서 기자재의 수출입

규제, 전략물자 분류 가능성, 통관·인허가 지연, 특정 국가·기업에 대한 공급망 의존도 증가는 실증 일정 지연과 비용 증가로 직결될 수 있는 구조적 위험으로 작용하는 것으로 나타났다.

특히 배터리, 전력전자, 통신장비 등 탄소중립 기술 분야의 핵심 기자재는 글로벌 규제 및 안보 이슈의 영향을 직접적으로 받는 품목이 많아, 개별 연구기관 차원에서 선제적으로 대응하기에는 한계가 있는 것으로 분석되었다. 이에 따라 해외 실증이 수반되는 호라이즌 유럽 과제에 대해서는 기획 단계부터 공급망·규제 리스크를 점검하고 관리할 수 있는 국가 차원의 지원 기능을 통합 지원체계 내에 포함할 필요가 있다. 이는 전주기 윈스톱 지원체계를 단순 행정 지원을 넘어, 실증 실행 리스크까지 포괄하는 정책 플랫폼으로 확장해야 할 필요성을 시사한다.

마지막으로, 국가 차원의 컨소시엄 매칭 및 유럽 연구 네트워크 접근성 강화 역시 중요한 정책 과제로 확인되었다. 정량 점수는 상대적으로 낮았으나, 정성 분석과 공고문 분석을 종합할 때, 한국 연구기관이 유럽 연구 네트워크에 조기 접근하지 못함으로써 다수의 과제가 초청 참여자 수준에 머무르고 있다는 구조적 문제가 반복적으로 제기되었다. 이는 기획 단계에서의 영향력 부족, 제한적인 역할 배분, 예산 축소로 이어지는 악순환 구조를 형성하고 있는 것으로 분석되었다. 이에 따라 국가 차원에서 NCP 기능 강화, 유럽 현지 네트워크 활용, 분야별 컨소시엄 매칭 지원 등 보다 적극적인 개입이 필요하다는 의견이 제시되었다.

종합하면, 전문가 설문 분석 결과는 호라이즌 유럽 참여 활성화를 위해 단편적인 제도 보완이 아닌, 전주기 통합 지원체계로의 구조적 전환이 필요함을 명확히 보여준다. 행정·법무·회계 윈스톱 지원, 전담 전문인력 양성, 재정 리스크 완화, 유럽 네트워크 접근성 강화는 각각 독립된 정책 과제가 아니라 상호 연계된 정책 패키지로 설계되어야 하며, 이는 앞선 병목요인 분석과 공고문 분석에서 도출된 구조적 문제에 대한 실증적 대응 방안으로 기능한다. 이는 국가 차원의 개입 필요성을 뒷받침하는 정책 설계의 핵심 근거로 활용될 수 있다.

## 제6장

## 결론

## 제1절 요약

본 연구는 국내 탄소중립 기술정책이 직면한 구조적 한계를 실증 단계에서 진단하고, 이를 극복하기 위한 대안적 경로로서 개도국을 매개로 한 상호호혜적 글로벌 RD&D 모델을 체계적으로 제시하였다. 지금까지 국내 탄소중립 기술정책은 연구개발(R&D) 단계에서의 기술 축적과 성과 창출에는 일정 부분 기여해왔으나, 기술이 실제 환경에서 검증되고 사업화 단계로 이행되는 과정에서는 반복적인 병목을 노출해왔다. 특히 기술성숙도(TRL) 5~7 구간에서 발생하는 실증 데스밸리는 자원 부족, 제도적 제약, 시장 불확실성이 중첩되며 구조화되어 왔고, 이는 개별 기술이나 단일 사업 차원의 보완만으로는 해결되기 어려운 정책적 난제로 확인되었다.

본 연구는 이러한 문제를 단순히 추가 자원 확보나 규제 완화의 문제로 환원하지 않고, 기술정책이 작동하는 공간과 협력 방식 자체를 재설계해야 할 구조적 과제로 인식하였다. 이에 따라 개도국 실증을 공여 중심의 개발협력이나 수혜국 지원 사업의 연장선이 아니라, 국내 탄소중립 기술을 완성하고 글로벌 경쟁력을 확보하기 위한 필수적인 RD&D 경로로 재정의하였다. 이 과정에서 개도국은 기술 이전의 대상이나 수동적 수혜자가 아니라, 기술의 성능·경제성·사회적 수용성을 공동으로 검증하는 공동 혁신 파트너로 위치 지워졌다. 이러한 상호호혜적 협력 관점은 기술공급자에게는 실증 기회와 시장 검증, 국제적 트랙레코드 확보라는 명확한 참여 유인을 제공하는 동시에, 수요국에게는 자국 여건에 부합하는 기술 적합성 검증과 정책·제도적 학습 기회를 제공함으로써 협력의 지속가능성을 구조적으로 강화한다는 점에서 정책적 의미를 갖는다.

본 연구의 핵심 성과는 이러한 문제의식에 기반하여 개도국향 글로벌 RD&D 사업기획을 하나의 일관된 정책 프레임으로 체계화하였다는 점에 있다. 논리모형을 활용한 사업기획 체계를 도입함으로써 문제 정의에서 목표 설정, 기술 선별, 자원 매칭, 실증 설계에 이르기까지의 전 과정을 구조적으로 연결하였고, 이를 한국형 탄소중립 100대 기술 체계와 결합하여 실증 적합성이 높은 기술군을 단계적으로 도출하였다. 나아가 전문가 평가와 개도국 수요조사를 결합함으로써 공급자 관점의 기술 유망성과 수요자 관점의 정책·시장 적합성이

동시에 반영된 글로벌 RD&D 유망과제를 도출하였다. 이는 단순한 기술 목록 제시나 선언적 협력 구상이 아니라, 실제 사업 기획과 국제재원 연계로 이어질 수 있는 실행 가능한 결과라는 점에서 정책연구로서의 실천적 가치를 지닌다.

재원 측면에서 본 연구는 글로벌 RD&D를 단일 재원 중심으로 접근하는 기존 방식의 한계를 지적하고, 기술성숙도 단계에 따른 재원 포트폴리오 기반 접근의 필요성을 제시하였다. 호라이즌 유럽을 TRL 5~7 수준의 기술실증 핵심 재원으로 설정하고, 국내 공공재원과 ODA, 나아가 GCF, MDBs, P4G 등 다자금융을 사업실증 및 확산 단계로 연계하는 구조는 국내 실증에서 개도국 실증, 글로벌 확산으로 이어지는 현실적인 경로를 제시한다. 이러한 단계적 재원 연계 구조는 글로벌 RD&D를 개별 과제의 국제화가 아니라, 국가 차원의 혁신과 확산을 연결하는 정책 사이클로 제도화할 수 있는 기반을 제공한다.

특히 본 연구가 호라이즌 유럽을 글로벌 RD&D의 핵심 재원으로 설정한 것은 단순한 재원 규모나 접근성 때문이 아니라, 호라이즌 유럽이 지향하는 RD&D 철학과 본 연구의 접근이 구조적으로 정합하기 때문이다. 공고문 텍스트 분석 결과, 호라이즌 유럽은 개별 기술의 성과보다 부문 간 연계와 시스템 전환, 정책 정합성, 사회적 전환을 중시하는 프로그램임이 확인되었다. 이는 글로벌 실증을 통해 기술적 요소뿐 아니라 제도적·사회적 조건까지 함께 검증하고자 한 본 연구의 상호호혜적 RD&D 접근과 직접적으로 맞닿아 있다. 한국의 준회원국 전환은 이러한 구조에 참여할 수 있는 제도적 자격을 확보한 것에 불과하며, 이를 실질적인 기회로 전환하기 위해서는 국가 차원의 전략적 기획 역량과 제도적 정합성 확보가 필수적임을 본 연구는 시사한다.

종합적으로 볼 때, 본 연구는 글로벌 RD&D를 개별 연구자나 기관의 선택적 국제협력 차원에 머무르게 해서는 안 되며, 국내 탄소중립 기술정책의 핵심 실행 수단으로 재정렬해야 함을 분명히 한다. 이를 위해서는 연구개발 중심 정책에서 실증과 확산까지를 포괄하는 전주기 정책 체계로의 전환, 부처와 기관 간 분절적 지원 구조를 넘어선 통합적 거버넌스 구축, 그리고 상호호혜적 협력을 전제로 한 국제 파트너십 전략이 병행되어야 한다.

본 연구에서 제시한 개도국향 글로벌 RD&D 기획 프레임과 유망과제, 재원 연계 전략은 향후 정부의 글로벌 RD&D 로드맵 수립과 출연연·대학·기업·지자체의 국제공동사업 기획 과정에서 실질적인 기준점으로 활용될 수 있을 것이다. 궁극적으로 상호호혜적 글로벌 RD&D는 국내 기술을 해외로 이전하는 정책이 아니라, 국내 탄소중립 기술을 세계 속에서 완성하고 확산시키는 국가 전략으로 자리매김해야 하며, 본 연구는 그 전환을 위한 정책적 출발점을 제시한다는 점에서 의의를 가진다.

## 제2절 정책적 의의 및 한계점

### 1 정책적 의의

본 연구의 정책적 의의는 국내 탄소중립 기술정책을 연구개발 중심의 성과 관리 체계에서 실증과 확산을 포함하는 전주기 글로벌 RD&D 정책 체계로 전환할 수 있는 실질적 논리 기반을 제시하였다는 데 있다. 그동안 국내 기술정책은 기술 개발 단계의 성과 축적에는 비교적 성공적이었으나, 기술이 실제 환경에서 검증되고 시장으로 연결되는 실증 단계에서는 구조적 병목을 반복적으로 노출해왔다. 본 연구는 이러한 문제를 개별 기술이나 단기 재원 부족의 문제로 보지 않고, 정책 설계 자체가 실증을 충분히 내재화하지 못한 결과로 진단함으로써 정책 전환의 필요성을 분명히 하였다.

특히 본 연구는 개도국을 매개로 한 글로벌 RD&D를 국내 기술정책의 부수적 수단이 아니라 핵심 실행 경로로 위치 지움으로써, 기술성숙도 5~7 구간에서 발생하는 실증 테스트베드를 정책적으로 관리할 수 있는 구조를 제시하였다. 이는 국내 실증 환경의 제약을 개도국 실증이라는 외부 공간을 통해 보완하는 접근으로서, 기술 실증을 국내 규제와 시장 여건에만 종속시키지 않고 보다 유연한 정책 수단으로 확장할 수 있는 가능성을 제시한다는 점에서 정책적 의미를 가진다.

또한 본 연구는 논리모형 기반의 글로벌 RD&D 사업기획 프레임을 통해, 그간 부처와 기관별로 분절적으로 추진되어 온 국제협력 사업기획을 하나의 공통된 정책 언어와 구조로 통합할 수 있는 기준을 제공하였다. 이는 향후 정부 차원에서 글로벌 RD&D 사업을 기획하고 선별하며 평가하는 과정에서 일관된 판단 기준으로 활용될 수 있으며, 국제재원 연계형 사업의 사전 검토와 정책적 정합성 확보에 있어 실무적 활용 가능성을 높인다.

아울러 본 연구는 호라이즌 유럽을 중심으로 한 국제재원 분석과 실제 사업기획 경험을 결합함으로써, 한국의 준회원국 전환 이후 국제 RD&D 참여 전략을 보다 구체적인 정책 과제로 전환하였다. 이는 호라이즌 유럽을 단순한 외부 재원 확보 수단이 아니라, 국내 기술정책과 국제 기술·제도 환경을 연결하는 RD&D 플랫폼으로 인식하도록 정책적 관점을 전환하는 데 기여한다. 이러한 관점은 향후 국내 연구기관과 기업이 국제공동사업에 참여하는 과정에서 전략적 기획 역량을 강화하는 데에도 중요한 시사점을 제공한다.

더 나아가 본 연구에서 제시한 기술성숙도 단계별 재원 포트폴리오 접근은 국내 공공재원, ODA, 다자금융을 연계한 정책 설계의 실효성을 제고할 수 있는 근거를 제공한다. 이를 통해 정부는 개별 재원의 한계를 보완하면서 기술실증에서 사업실증, 확산으로 이어지는 연속적인 정책 지원 구조를 설계할 수 있으며, 이는 글로벌 RD&D 정책의 지속가능성을 제도적으로 뒷받침하는 데 기여한다. 종합적으로 본 연구는 상호호혜적 협력을 전제로 한 글로벌 RD&D

모델을 정책적으로 정식화함으로써, 향후 출연연, 대학, 기업, 지자체가 참여하는 국제공동사업을 보다 전략적이고 안정적으로 추진할 수 있는 정책 환경 조성에 기여할 수 있다는 점에서 중요한 정책적 의의를 가진다..

## 2 연구의 한계 및 향후 과제

본 연구는 글로벌 RD&D를 통한 탄소중립 기술정책 전환을 종합적으로 분석하고자 하였으나, 연구 설계와 정책 적용 측면에서 몇 가지 한계를 내포하고 있다. 우선 개도국 수요조사는 UNFCCC 체계 내 국가지정기구를 중심으로 수행되었으며, 이에 따라 응답 국가의 수와 지역적 범위에 일정한 제약이 존재한다. 이로 인해 연구 결과는 개도국 전반의 기술 수요를 완전하게 대표하기보다는, 정책·제도적 대응 역량을 일정 수준 갖춘 국가들의 인식을 중심으로 반영한 결과로 해석될 필요가 있다.

또한 본 연구에서 글로벌 실증에 활용 가능한 재원으로 제시한 호라이즌 유럽은, 본래 유럽연합 내부의 연구혁신 역량 강화와 회원국 간 협력 촉진을 주된 목적으로 설계된 프로그램이라는 구조적 한계를 지닌다. 따라서 호라이즌 유럽은 해외 실증을 직접적·전면적으로 지원하기보다는, 유럽의 정책 우선순위와 연구 목표에 부합하는 범위 내에서 제한적으로 제3국의 참여와 실증을 허용하는 성격을 가진다. 이로 인해 해외 현지 여건이나 개발 수요가 과제 설계의 중심에 놓이기보다는, EU 정책 목표와의 정합성이 우선적으로 요구되는 제약이 존재하며, 이는 글로벌 실증을 주목적으로 하는 사업기획에 있어 구조적 한계로 작용할 수 있다.

아울러 호라이즌 유럽 공고문 텍스트 분석은 특정 연도와 특정 클러스터를 중심으로 수행된 시범적 분석이라는 한계를 가진다. 본 연구는 이를 통해 구조적 시사점을 도출하는 데에는 의미 있는 성과를 거두었으나, 장기적인 정책 변화나 프로그램의 진화 양상을 충분히 반영하기에는 분석 범위가 제한적이었다. 향후 연구에서는 다년도 공고문 데이터를 축적하고 분석 대상을 확대함으로써 보다 정교한 정량 분석과 비교 분석이 요구된다.

재원 연계 및 글로벌 RD&D 포트폴리오 모델 역시 정책적·개념적 타당성을 중심으로 제시되었으며, 다수의 실증 사례를 통해 충분히 검증되었다고 보기는 어렵다. 본 연구에서 제안한 기획 프레임과 재원 연계 구조는 향후 실제 후속 사업을 통해 적용되고 검증되는 과정을 거쳐야 하며, 이 과정에서 정책 효과와 실행상의 한계가 추가적으로 분석될 필요가 있다.

마지막으로 국내 제도와 국제재원 간 정합성 문제에 대해서는 주요 쟁점을 중심으로 검토하였으나, 회계, 계약, 성과관리 등 세부 운영 규정 전반을 포괄적으로 분석하는 데에는 한계가 있었다. 이는 본 연구의 범위를 정책연구 수준으로 설정한 데 따른 불가피한 제약이며,

향후에는 법·제도 분석을 포함한 심층 연구를 통해 제도 간 상호운용성 확보 방안을 보다 구체화할 필요가 있다.

종합적으로 볼 때, 본 연구는 개도국 실증을 포함한 글로벌 RD&D 정책 전환의 방향성과 기본 틀을 제시하는 데 중점을 두었으며, 향후 연구에서는 호라이즌 유럽을 포함한 다자재원의 구조적 한계를 보완할 수 있는 보다 목적 지향적인 글로벌 실증 자원과의 연계 전략을 함께 모색해 나가는 것이 중요한 과제로 남아 있다.

## 참고문헌

### [국내 문헌]

- 2050 탄소중립녹색성장위원회(2022), 탄소중립 기술혁신 전략로드맵 - 석유화학·철강·시멘트 분야(안), 2050 탄소중립녹색성장위원회.
- KDB 산업은행 미래전략연구소(2018), 기후기술기업 지원 선진사례 및 시사점 - Wells Fargo의 IN2 사례를 중심으로, KDB 산업은행.
- 강현규(2016), 국가연구개발사업의 기획과 사전평가를 위한 논리모형의 활용(KISTEP Issue Paper 2016-05), 한국과학기술기획평가원.
- 관계부처 합동(2022), 탄소중립 녹색성장 기술 혁신 전략, 대한민국 정부.
- 과학기술정보통신부(2021), 한국형 탄소중립 100대 핵심기술 선정(안), 과학기술정보통신부.
- 과학기술정보통신부(2022), 국가적 난제 해결을 위한 임무중심 R&D 혁신체계 구축전략(안), 과학기술정보통신부.
- 과학기술정보통신부·한국연구재단(2025), 국내 연구자 및 연구기관용 호라이즌 유럽 가이드북(Ver2), 한국연구재단.
- 국가녹색기술연구소(2023), 개도국 기후기술 실증사업 기반 조성 연구: 선정평가를 중심으로(연구보고 2023-013), 국가녹색기술연구소.
- 국정기획위원회(2025), 국정운영 5개년 계획 및 청사진 자료집(국민보고대회 발표자료), 국정기획위원회.
- 국토교통부·국토교통과학기술진흥원(2024), 협력거점형 국토교통 국제협력 R&D 사업 기획(최종보고서), 국토교통과학기술진흥원.
- 국토교통과학기술진흥원(2024), K-City Network 해외실증형 사업, 국토교통과학기술진흥원.
- 국토교통과학기술진흥원(2025), 글로벌 RD&D 상업기획 재원조사 자문의견서, 국토교통과학기술진흥원.
- 권보람·김주성(2015), ICT 분야 국내 대기업의 스타트업 투자 및 지원 사례 분석, 전자통신동향분석, 30(3), 131-142.
- 김경유·정은미·이지평·한정훈(2021), 기후위기 대응을 위한 탄소중립 신산업 육성방안, 산업연구원.
- 김선재·이선명(2019), 정부 연구개발 실증 지원 고도화 방안(KISTEP Issue Paper 2019-15), 한국과학기술기획평가원.
- 김앤장 법률사무소(2022), 탄소중립 100대 핵심기술 선정 및 기술혁신 전략로드맵 발표, 김앤장 법률사무소.

김호석·공현숙(2019), P4G 파트너십 의제 개발 및 국내 대응방안 연구(수시연구보고서), 한국환경정책·평가연구원.

녹색기술센터(2018), NDE 네트워크 기반 해외 기후기술협력 정책연구(연구보고 2018-007), 녹색기술센터.

녹색기술센터(2018), 개도국 기후기술 실증사업의 리스크 관리 방안 연구, 녹색기술센터.

녹색기술센터(2018), 국제 양자협력 체제 기반 기후기술 실증(RD&D) 지원방안 연구(연구보고 2018-006), 녹색기술센터.

대한민국(2021), 기후변화대응 기술개발 촉진법[법률 제18072호], 국가법령정보센터.

대한민국(2024), 국가연구개발혁신법[법률 제20354호], 국가법령정보센터.

박용신(2022), 기술혁신에 대한 금융기관의 대응과 그 영향에 관한 고찰, 지급결제학회지, 14(2), 105-133.

박철호 외(2016), 녹색기술 중소기업 협력과제 발굴 및 활성화 방안 연구, 녹색기술센터.

방위사업청(2024), 기술성숙도평가 및 제조성숙도평가 업무처리규정(방위사업청훈령 제869호), 방위사업청.

산업통상자원부(2023), 건물일체형 태양광 보급 활성화 정책 및 규제현황, 산업통상자원부.

손수정 외(2020), 실증 테스트베드 성과분석 및 발전방안 연구, 과학기술정책연구원.

송재령 외(2024), 호라이즌 유럽, 왜 기회인가?, Greenovation I&I, (9), 1-20, 국가녹색기술연구소.

송재령(2025), 기후기술 공공외교: 국가이익 확장 전략, 과학기술&ICT 정책기술동향 (SnT GPS), 293, 1-35, 한국과학기술기획평가원.

신현우 외(2018), 국제 양자협력 체제 기반 기후기술 실증(RD&D) 지원방안 연구, 녹색기술센터.

안소영(2018), R&D 실증사업의 유형별 특성과 중요도-성취도(IPA) 분석을 통한 개선방안 제언(KISTEP Issue Weekly 2018-26), 한국과학기술기획평가원.

이상영·최영현(2024), 디지털 준비도를 통한 기후 변화 적응 전략: 기술 사업화와 사회적 지원의 역할 고찰, 에너지기후변화학회지, 19(1), 187-207.

이재용(2015), 신산업 창출·혁신생태계 구축 위한 '제3차 에너지기술개발' 전략 확정, Electric Power, 9(1), 60-61.

이주량(2022), 탄소중립 기술 혁신을 위한 공공실증 추진전략, 과학기술정책연구원.

정은미·김경유·이지평·이상준·이혜우(2022), 한국 산업의 탄소중립 대응 실태와 정책 과제, 산업연구원.

한국과학기술기획평가원(2024), 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침, 한국과학기술기획평가원.

한국과학기술기획평가원(2025), 사업 기획단계 논리모형 검토 자문의견서, 한국과학기술기획평가원.

한국국제협력단(2025), 2025-2026 KOICA CTS 공모안내문, 한국국제협력단.

한국국제협력단(2025), 글로벌 RD&D 상업기획 재원조사 자문의견서, 한국국제협력단.

한국국제협력단(2025), 혁신적기술프로그램(CTS) 사업 목록, 한국국제협력단.

한국산업기술진흥원(2025), 2025년 유레카 네트워크 전략공고(순환가치창출) 국제공동 R&D 공고문, 한국산업기술진흥원.

한국산업기술진흥원(2025), 2025년도 산업 및 에너지 협력개발지원(ODA) 수요조사 공고문, 한국산업기술진흥원.

한국산업기술진흥원(2025), 2025년도 산업·에너지 ODA 수요조사 설명회 자료, 한국산업기술진흥원.

한국산업기술진흥원(2025), 글로벌 RD&D 상업기획 재원조사 자문의견서(국제협력사업실), 한국산업기술진흥원.

한국산업기술진흥원(2025), 글로벌 RD&D 상업기획 재원조사 자문의견서(산업기술 ODA실장), 한국산업기술진흥원.

한국산업기술진흥원(2025), 산업기술 ODA 개요 자료, 한국산업기술진흥원.

한국산업기술평가원(2007), 부품소재기술개발사업의 TRL 평가 기준, 한국산업기술평가원.

한국산업기술평가원(2008), 산업 분야별 TRL 평가지표 개발 및 적용에 관한 연구, 한국산업기술평가원.

한국에너지경제연구원(2023), 제1차 전지구적 이행점검의 주요 결과와 시사점(에너지포커스 70호), 한국에너지경제연구원.

한국에너지기술연구원(2021), 탄소중립 연료: 암모니아 정책 및 산업 동향(KIER CT Brief 42), 한국에너지기술연구원.

한국에너지기술평가원(2025), 2025년 2차 에너지국제공동R&D 신규지원 대상과제 공고, 한국에너지기술평가원.

한국연구재단(2024), EU 호라이즌 유럽 프로그램 길잡이, 한국연구재단.

한국연구재단(2024), Horizon Europe 연계사업 운영지침(안), 한국연구재단.

한국연구재단(2025), 호라이즌유럽 활성화 방안 자문의견서, 한국연구재단.

한국환경산업기술원(2025), 2025 녹색기술 해외 현지실증 지원사업 소개자료, 한국환경산업기술원.

한국환경산업기술원(2025), 글로벌 RD&D 상업기획 재원조사 자문의견서, 한국환경산업기술원.

## [국외 문헌]

- ADB(2020), Establishment of the ADB Ventures Financing Partnership Facility, Asian Development Bank.
- ADB(2024), Annual report 2023: Climate finance and innovation, Asian Development Bank.
- ADB(2024), Climate Finance by Multilateral Development Banks Hits Record in 2023, Asian Development Bank.
- Alshamaila, Y. et al.(2013), Cloud computing adoption by SMEs in the north east of England: A multi-perspective framework, *Journal of Enterprise Information Management*, 26(3), 250-275.
- Auerswald, P. & Branscomb, L. M.(2003), Valleys of death and Darwinian seas: Financing the invention to innovation transition in the United States, *Journal of Technology Transfer*, 28(3-4), 227-239.
- Avato, P. & Coony, J.(2008), Accelerating Clean Energy Technology Research, Development, and Deployment: Lessons from Non-energy Sectors, World Bank.
- Barr, S. H. et al.(2009), Bridging the Valley of Death: Lessons Learned from 14 Years of Commercialization of Technology Education, *Academy of Management Learning & Education*.
- Bauer, R. et al.(2015), Bridging the Technology Readiness "Valley of Death" Utilizing Nanosats, *IEEE*.
- CET Partnership(2025), CET Partnership Joint Call 2025, Clean Energy Transition Partnership.
- Chatterjee, S. et al.(2021), Understanding AI adoption in manufacturing and production firms using an integrated TAM-TOE model, *Technological Forecasting and Social Change*, 170, 120880.
- CIF(n.d.), CIF Funding, Climate Investment Funds.
- Climate Policy Initiative(2024), Global landscape of climate finance 2024, Climate Policy Initiative.
- Cooper, R. G.(2001), *Winning at new products: Accelerating the process from idea to launch*, Perseus Publishing.
- Crisuolo, C. & Menon, C.(2015), The Valley of Death, the Technology Pork Barrel, and Public Support for Large-Scale Capital-Intensive R&D Projects, OECD.
- CTCN PALO(2025), Collaborative RD&D Strategic Framework for CTCN(2025-2030), Climate Technology Centre and Network.

CTI(2001), A guidebook for technology transfer needs assessments, Climate Technology Initiative.

Davis, F. D.(1989), Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology, *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340.

Debois, D. et al.(2015), Bridging the Valley of Death: A Success Story on Danish Funding Schemes Paving a Path from Technology Readiness Level 1 to 9, *IEEE DUT Partnership*(2025), DUT Call 2025, Driving Urban Transitions Partnership.

Eleksiani, E. et al.(2025), Renewable Energy Systems in Supporting Climate Resilience of Off-grid Communities: A Review of the Literature and Practice, *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*.

European Commission(2014), Horizon 2020 – Work Programme 2014–2015, General Annexes, European Commission.

European Commission(2021), Horizon Europe – Strategic Plan 2021–2024, European Commission.

European Commission(2021), Horizon Europe Regulation (EU) 2021/695, Article 22, European Commission.

European Commission(2025), EU Grants: List of Participating Countries in Horizon Europe, European Commission.

European Commission(2025), Funding & Tenders Portal – Horizon Europe Guidance, European Commission.

European Commission(2025), Horizon Europe Work Programme 2025: Cluster 5 – Climate, Energy and Mobility, European Commission.

Ford, S.(2007), A Valley of Death in the Innovation Sequence, *Carnegie Mellon University*.

Ford, S., Jefferson, M. & Fowler, C.(2006), A framework for valuing public sector R&D, *Research Policy*, 35(10), 1469–1483.

Gartaula, H. N. et al.(2012), The valley of death, the technology transfer gap: A review, *Journal of the Institute of Engineering*, 8(1–2), 186–197.

GIZ(2020), Addressing the GCF Investment Criteria, *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*.

Global Solutions Initiative(2025), Collaborative Industrial Technology Innovation for Clean Energy Transition, *Global Solutions Initiative*.

Graetinger, C. P. et al.(2002), Using the technology readiness level scale to support technology management in the DoD's ATD/STO environments, *Carnegie Mellon University*.

Green Climate Fund(2023), About GCF, Green Climate Fund.

Green Climate Fund(2023), GCF annual results report 2023, Green Climate Fund.

Green Climate Fund(2025), Investment Framework, Green Climate Fund.

Green Climate Fund(2025), Simplified Approval Process, Green Climate Fund.

Hammersley, M.(2018), Smart grid pilot projects: A review, Protocol Labs Research.

Heeks, R.(2002), Information systems and developing countries: Failure, success, and improvisation, *The Information Society*, 18(2), 101–112.

Hossain, M. A. & Quaddus, M.(2011), The adoption and continued usage intention of RFID: An integrated framework, *Information Technology & People*, 24(3), 236–256.

Huang, A.(2008), Similarity Measures for Text Document Clustering, *Proceedings of the Sixth New Zealand Computer Science Research Student Conference (NZCSRSC)*, 49–56.

IEA(2021), Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector, International Energy Agency.

IEA(2023), Net zero by 2050: A roadmap for the global energy sector (2023 update), International Energy Agency.

IEA(2024), Advancing clean energy demonstration projects, International Energy Agency.

Ikejamba, E. C. X. et al.(2017), The empirical reality & sustainable management failures of renewable energy projects in Sub-Saharan Africa, *Renewable Energy*.

Innovation, Science and Economic Development Canada(2021), Technology Demonstration Program (TDP), Government of Canada.

IPCC(2022), Climate Change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability, Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report, Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC(2022), Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change, Chapter 16: Innovation, technology development and transfer, Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC(2023), Climate change 2023: Synthesis report, Intergovernmental Panel on Climate Change.

IRENA(2023), Renewable Energy for Remote Communities: A Guidebook for Off-grid Projects, International Renewable Energy Agency.

- IRENA(2023), Renewable energy outlook: Africa, International Renewable Energy Agency.
- Jolly, V. K.(1997), Commercializing new technologies: Getting from mind to market, Harvard Business Press.
- Lah, O. et al.(2025), Korea–Europe Collaboration for Climate Innovation: Funding and Partnership Strategies under Horizon Europe, (학술논문/보고서).
- Li, S. et al.(2020), A time for transformative partnerships: How multistakeholder partnerships can accelerate the UN sustainable development goals, World Resources Institute.
- Mankins, J. C.(1995), Technology readiness levels, NASA.
- Markham, S. K. et al.(2010), The valley of death as a complex adaptive system, *Journal of Product Innovation Management*, 27(5), 613–631.
- NASA(2020), Systems engineering handbook, NASA.
- NDC Partnership & CTCN(2025), Technical Assistance, NDC Partnership.
- Nor–Aini, A. S. et al.(2016), Overcoming the valley of death: A case study of a Malaysian university's technology transfer model, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 224, 564–571.
- OECD(2015), Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, OECD Publishing.
- Ofori–Kuragu, J. K. et al.(2016), Project management in developing countries: A case for context–specific research, *International Journal of Managing Projects in Business*, 9(3), 522–537.
- P4G(2023), P4G Partnership Fund: Guidelines for Applicants, 2023–2025, Partnering for Green Growth and the Global Goals 2030.
- P4G(2025), P4G Call for Partnership Applications, Partnering for Green Growth and the Global Goals 2030.
- P4G(2025), P4G Partnership Guidelines, Partnering for Green Growth and the Global Goals 2030.
- Popat, S. K. & Patel, H. M.(2017), Hierarchical document clustering based on cosine similarity, 2017 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA), IEEE, 1173–1178.
- RAND Corporation(1976), Analysis of federally funded demonstration projects: Final report, RAND Corporation.
- Saaty, T. L.(1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw–Hill.
- Sadin, S. A., Povinelli, F. P. & Rosen, R.(1989), Technology readiness level, NASA.

- Song, J.(2025), The intersection of climate technology and public diplomacy: Insights into policy and implementation, *Sustainable Futures*, 9, 100465.
- Song, J. & Baek, Y. J.(2023), Key to Success: Measures to Promote Climate Technology–Finance Linkage between South Korea and MDBs, *Asian Journal of Innovation & Policy*, 12(2).
- Tornatzky, L. G. & Fleischer, M.(1990), *The processes of technological innovation*, Lexington Books.
- Triwijoyo, B. K. & Kartarina(2019), Analysis of Document Clustering based on Cosine Similarity and K–Mean Algorithms, *Journal of Information Systems and Informatics*, 1(2), 164–175.
- U.S. Department of Defense(2011), *Technology readiness assessment (TRA) guidance*, U.S. Department of Defense.
- UN(2019), *Closing the technology gap in least developed countries*, UN Chronicle.
- UNDP(2015), *Empowering rural India the RE way: Inspiring success stories*, United Nations Development Programme.
- UNEP(2023), *Adaptation gap report 2023*, United Nations Environment Programme.
- UNEP Copenhagen Climate Centre(2022), *Annual progress report 2022*, UNEP Copenhagen Climate Centre.
- UNFCCC(2006), *Technologies for adaptation to climate change*, United Nations Framework Convention on Climate Change.
- UNFCCC(2010), *Report of the Conference of the Parties on its sixteenth session, held in Cancun from 29 November to 10 December 2010*, United Nations Framework Convention on Climate Change.
- UNFCCC(2015), *Adoption of the Paris Agreement (FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1)*, United Nations Framework Convention on Climate Change.
- UNFCCC(2017), *Report of the Technology Executive Committee*, United Nations Framework Convention on Climate Change.
- UNFCCC CTCN(2025), *Collaborative Research, Development, and Demonstration (cRD&D) Strategy 2025–2030*, Climate Technology Centre and Network.
- UNFCCC TEC(2021), *Compilation of good practices and lessons learned on international collaborative research, development and demonstration (RD&D) initiatives of climate technology*, UNFCCC Technology Executive Committee.
- UNFCCC TEC(2022), *Annual report of the Technology Executive Committee for 2022*, UNFCCC Technology Executive Committee.

- UNFCCC TEC(2023), Compilation of good practices and lessons learned on technology transfer, UNFCCC Technology Executive Committee.
- United Nations(2015), Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development (A/RES/70/1), United Nations.
- United Nations(2016), Paris Agreement, United Nations Framework Convention on Climate Change.
- Vaswani, R.(2025), Scaling Climate Technology Deployment, 자문의견서.
- Venkatesh, V. et al.(2003), User acceptance of information technology: Toward a unified view, MIS Quarterly, 425–478.
- W.K. Kellogg Foundation(2004), Logic model development guide, W.K. Kellogg Foundation.
- Wang, B. et al.(2024), Mineru: An open–source solution for precise document content extraction, arXiv preprint arXiv:2409.18839.
- Wessner, C. W.(Ed.)(2009), Understanding research, development, and innovation in the security domain, National Academies Press.
- World Bank(2021), Climate Change Action Plan 2021–2025: Supporting Green, Resilient, and Inclusive Development, World Bank.
- World Bank(2022), De–risking digital investments to support cyber resilient development, World Bank.
- World Bank(2022), Korea Green Growth Trust Fund (KGGTF) Annual Report 2022, World Bank.
- World Bank(2023), A climate year in review, World Bank.
- World Bank(2024), Scaling up to phase down: Finance and investment for a just transition, World Bank.
- World Resources Institute(2024), Partnering for Green Growth and the Global Goals 2030 (P4G), World Resources Institute.
- Xu, R. & Wunsch, D.(2005), Survey of clustering algorithms, IEEE Transactions on Neural Networks, 16(3), 645–678.
- Yang, Z. et al.(2015), Understanding SaaS adoption from the perspective of organizational users: A tripod readiness model, Computers in Human Behavior, 45, 254–264.

## [언론·보도 자료]

- 과학기술정보통신부(2021), 민관이 함께 반드시 확보해야 할 '한국형 탄소중립 100대 핵심기술' 선정(보도자료), 과학기술정보통신부.
- 과학기술정보통신부(2023), 기후기술협력 협의체 운영 계획 발표문(보도자료), 과학기술정보통신부.
- 과학기술정보통신부(2025.01.06.), 우리나라, 「호라이즌 유럽」 준회원국 참여 개시(보도자료), 과학기술정보통신부.
- 그리니엄(2023.04.24.), 얼어붙은 기후테크 투자, '아프리카'만은 다르다?...전 세계 VC, 아프리카 기후테크로 쏠려!, 그리니엄. <https://grenium.kr/news/24758/>
- 박준영(2023.12.14.), 탄소중립 미래 주도할 'K-기후테크' 실현 앞당겨야, 환경일보
- 외교부(2021.11.29.), 제8차 그린라운드테이블 개최(보도자료), 외교부. [https://overseas.mofa.go.kr/www/brd/m\\_20152/view.do?page=14&seq=367916](https://overseas.mofa.go.kr/www/brd/m_20152/view.do?page=14&seq=367916)
- 외교부(2022.04.12.), 2021년 ODA 지원실적은 28.6억불로 대폭(26.9%) 증가, OECD 개발원조위원회 회원국 중 15위(보도자료), 외교부. [https://www.mofa.go.kr/www/brd/m\\_21375/view.do?seq=14](https://www.mofa.go.kr/www/brd/m_21375/view.do?seq=14)
- 월간수소경제(2023.05.19.), 수전해, 수소발전 등 한국형 탄소중립 100대 핵심기술 확정, 월간수소경제, 7(6), 129.
- 이준희(2025.08.28.), K-기후테크 '호라이즌 유럽' 기회...EU서 R&D, 개도국에 탄소중립 성과 확대, 전자신문. <https://www.etnews.com/20250828000000>
- 중앙선데이(2025.05.21.), 코이카, CTS 프로그램 참여기업 모집...개도국 진출 스타트업에 최대 11억원 지원, 중앙일보.
- WI.Plat(2025.05.20.), 위플랫, KOICA IBS 사업 선정 "인도네시아 물 관리 사업 본격화", WI.Plat.

## [온라인 자료]

- 국가과학기술연구회(2024), 체제 및 연혁, 국가과학기술연구회. 접속일 2024.11.08. <https://www.nst.re.kr/www/contents.do?key=9>
- 국가과학기술정보센터(2014), 기술성숙도/기술준비수준(TRL), 국가과학기술정보센터(NABIS). <https://www.nabis.go.kr>
- 국가기후기술정보시스템(2024), 기후기술분류체계, 국가기후기술정보시스템(CTis). 접속일 2024.10.05. <https://www.ctis.re.kr/ko/techClass/classification.do?key=1141>
- 스마트시티 종합포털(2024), 해외 실증: K-City Network 해외실증형 사업, 국토교통부. <https://smartcity.go.kr>

울산테크노파크(n.d.), 수소에너지 실증사업, 울산테크노파크. 접속일 2025.10.07.  
<https://utp.or.kr/include/contents.php>

유럽연합 집행위원회. Digital Europe Dashboard, 접속일 2025.10.1., [https://dashboard.tech.ec.europa.eu/qs\\_digit\\_dashboard\\_mt/public/sense/app/1213b8cd-3ebc-4730-b0f5-fa4e326df2e2/sheet/d1435e56-cdee-4f5f-8b0d-f49d41ffbd6c/state/analysis](https://dashboard.tech.ec.europa.eu/qs_digit_dashboard_mt/public/sense/app/1213b8cd-3ebc-4730-b0f5-fa4e326df2e2/sheet/d1435e56-cdee-4f5f-8b0d-f49d41ffbd6c/state/analysis)

유럽연합 집행위원회(n.d.), Funding Programmes and Open Calls, 접속일 2025.10.15.  
[https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls_en)

유럽연합 집행위원회(n.d.), Horizon Europe - the EU framework programme for research and innovation. European Commission. 접속일 2025.9.19.  
[https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls_en)

유럽연합 집행위원회(2025), Digital Europe Dashboard, European Commission. 접속일 2025.10.01. <https://dashboard.tech.ec.europa.eu>

한국수소경제협회(2024), 수소분야 규제개선 현황, 한국수소경제협회. <https://h2hub.or.kr>

한국에너지공단(2024), 태양광 발전 실증사업 현황 및 규제 대응 전략, 한국에너지공단.  
<https://www.energy.or.kr>

한국전자통신연구원(n.d.), 기술성숙도(TRL: Technology Readiness Level), 한국전자통신연구원.  
<https://itec.etri.re.kr>

CTCN(n.d.-a), About CTCN, Climate Technology Centre and Network.  
<https://www.ctc-n.org/about-ctcn/who-we-are>

CTCN(n.d.-b), National Designated Entities, Climate Technology Centre and Network.  
<https://www.ctc-n.org/about-ctcn/nde>

CTCN(n.d.), Technical Assistance, Climate Technology Centre and Network.  
<https://www.ctc-n.org/technical-assistance>

Department of Scientific & Industrial Research, India(n.d.), Technology development and demonstration programme (TDDP), Department of Scientific & Industrial Research.  
<https://s3d860edd1dd83b36f02ce52bde626c653.s3waas.gov.in/technology-development-and-demonstration-program-tddp/>

ERA Portal Austria(2025), Horizon Europe Programme Committees, ERA Portal Austria. <https://era.gv.at/horizon-europe/horizon-2020-programme-committees/>

European Commission(2025), Funding & Tenders Portal, European Commission. 접속일 2025.10.15. <https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/>

funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls\_en

Fredrick, O.(2024), 5 real-world examples of failed AI projects in developing countries and their lessons, Medium. <https://medium.com/@fredricko>

MIT Communication Lab(2022), Technical demonstrations, MIT AeroAstro Communication Lab. <https://mitcommlab.mit.edu/aeroastro/commkit/technical-demonstrations/>

P4G(2025a), Partnerships and thematic focus areas, P4G. 접속일 2025.09.27. <https://p4gpartnerships.org/p4g-call-partnership-applications>

P4G(2025b), P4G Startup Portfolio Latest Release, P4G. 접속일 2025.09.28. <https://p4gpartnerships.org/sites/default/files/2025-08/P4G%20Startup%20Portfolio%20Latest%20Release%20Aug%202025.pdf>

Sinovoltaics(2023), Research, development, and demonstration, Sinovoltaics. <https://sinovoltaics.com/learning-center/technologies/research-development-and-demonstration/>

U.S. Department of Energy(n.d.), Technology readiness assessment guide, U.S. Department of Energy. <https://www.directives.doe.gov/directives-documents/400-series/0413.3-EGuide-04a>

UNFCCC(n.d.), CTCN's Role and Support in Technology Transfer, United Nations Framework Convention on Climate Change [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/SB60\\_Art.6.8\\_CTCN.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/SB60_Art.6.8_CTCN.pdf)

WHO(2021), Climate change and health, World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>

## 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 아니 됩니다.

---

탄소중립분야의 글로벌RD&D 사업기획 및 활성화 방안 연구

발 행 일 자 2025. 12.

발 행 인 이상협

발 행 처 국가녹색기술연구소

편집·디자인 ㈜디자인여백플러스

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

국가녹색기술연구소(NIGT) 글로벌전략센터

주 소 서울특별시 영등포구 여의나루로 60, 여의도포스트타워 14층  
(우 07328)

전 화 02-3393-3951

이 메 일 jshin@nigt.re.kr

---