

신기후체제 협력 확대 전략 연구  
기후기술 활용·확산을 위한  
정책 아젠다 발굴 및 신규사업 기획 연구  
A Study on the Development of Policy Agenda and Project  
for the Utilization and Diffusion of Climate Technology

2022. 12.



보안과제( ), 일반과제( O )

신기후체제 협력 확대 전략 연구  
기후기술 활용·확산을 위한  
정책 아젠다 발굴 및 신규사업 기획 연구  
A Study on the Development of Policy Agenda and Project  
for the Utilization and Diffusion of Climate Technology

2022. 12.



# 제 출 문

국가녹색기술연구소 소장 귀하

본 보고서를 “기후기술 활용·확산을 위한 정책 아젠다 발굴 및 신규사업 기획 연구”의  
보고서로 제출합니다.

2022. 12.

주관연구기관명	: 국가녹색기술연구소
부 서 명	: 정책연구부
연구책임자	: 박 철 호
연구 원	: 김 태 건
	: 김 형 주
	: 강 문 정
	: 손 지 희
	: 신 종 석
	: 염 성 찬
	: 오 상 진
	: 이 천 환
	: 정 용 운
	: 김 태 윤
	: 문 주 연
	: 여 준 호
	: 이 원 아
	: 이 종 석
	: 최 가 영
	: 최 고 봉
	: 김 소 은
	: 장 은 경
	: 조 해 인
	: 한 송 희



# 요 약 문

## I. 서 론

### □ 제1절 연구의 배경 및 목적

- 기후기술은 탄소중립 이행을 위한 수단임과 동시에 국가경쟁력 확보를 위한 수단으로 인식되고 있는바, 기후기술과 관련된 각 분야의 정책적 노력이 요구됨
- 본 연구는 기술, 경제/산업, 법/제도, 국제협력 분야에서 기후기술과 관련된 정책 아젠다와 기후기술 활용·확산을 위한 과제를 발굴하여 2050 탄소중립 실현을 위한 국가정책 수립에 기여하는 것을 목적으로 함

### □ 제2절 연구내용 및 추진체계

- 기후기술과 관련된 기술, 경제/산업, 법/제도, 국제협력 분야에 대해서 정책마련이 요구되는 세부분야를 선정하여 연구를 진행하였음
  - (기술) 기상/기후 분야 R&D 전략 및 정책동향과 국내 R&D 투자 동향 및 기술수준 현황에 대하여 조사·분석하고 18개 R&D 개요서를 기반으로 기술분과위원회 운영을 통해 신규사업 기획(안) 도출함
  - (경제/산업) 국내외 스타트업 지원정책을 조사·분석하고 전문가 자문단 운영과 자체연구를 통해 기후기술 스타트업 활성화 장애요인과 이를 해결할 수 있는 정책 및 사업 아이টে을 발굴함
  - (법/제도) 문헌연구를 통해 국내외 탄소중립 정책의 추진과 국제 탄소시장 동향을 정리하고, 국제 탄소시장 기조 변화에 따른 주요 이슈와 정책 아젠다를 발굴함
  - (국제협력) 국내 기후기술협력의 해외진출·기술이전 및 선도국가들과의 협력 등 기후기술 국제협력에 대한 기반조성을 위해, 국내외 주요 정책·프로그램에 대한 동향을 조사·분석하고 유관 전문가 자문단(기금 운용, 정책 개발 및 국제협력 이행) 운영 및 의견 수렴을 통해 주요 장애요인을 도출함

## II. 국가 기상/기후 분야 유망기술 발굴을 위한 기술수요 조사·분석

### □ 제1절 기상/기후 분야 연구개발 환경 분석

- 기상/기후 분야에 관한 주요국 R&D 전략 검토 결과 “보다 정확하고 세밀한 예보”와 기술발전에 따른 “데이터 처리 기술, 플랫폼 개선”에 중점을 두고 있음
  - 특히, 기상/기후 관측과 데이터 수집 및 처리에 있어 빅데이터, 인공지능 등 ICT 분야의 신기술을 접목한 고성능 컴퓨팅 활용이 핵심 이슈로 등장

- 정부 R&D 지출 규모도 꾸준히 증가하고 있으나 국내 기술수준은 해외 선진국에 비해 다소 뒤쳐진 수준으로 나타남
  - 특히, 기후변화 원인규명 기술 분야에서는 80.0%(기술격차 5.0년), 기후변화 관측 및 감시 기술에서는 75.0%(기술격차 5.0년), 기후변화 예측 기술은 78.0%(5.0년), 기후변화 모델링 및 영향평가 기술의 경우 80.0%(기술격차 5.0년)으로 나타남
  - 이에 국내 기상/기후 분야에서의 미래 R&D 테마를 “ICT 기반구축”, “이상기후 이해 및 예측”, “이상기후위기 대응”으로 설정

□ 제2절 기상/기후 분야 미래유망 R&D 수요 발굴

- 기상/기후 ICT 기반구축, 이상기후 이해 및 예측, 이상기후위기 대응 분야의 18개 R&D 후보군의 개요서를 바탕으로 총 3회 기술분과 위원회 운영을 통하여 기술분과위원의 합의된 신규사업 기획(안)을 도출
  - (사업명) 관측-가상 데이터 융합플랫폼을 활용한 이상기후위기 대응
  - (목적) 기후 빅데이터를 활용하여 이상기후 발생을 이해·예측하고 미래 도래할 기후위기에 선제 대응
  - (주요내용) ① 관측 데이터와 가상 데이터를 융합한 기후 데이터 플랫폼 구축, ② 데이터 융합플랫폼 활용한 이상기후 메커니즘 이해와 발생 예측, ③ 탄소 배출 변화 등 기후 영향평가를 통한 기후위기 사전 대응
  - (기대효과) 이상기후 위기에 선제 대응하고, 데이터 융합플랫폼을 활용하여 온실가스 감축 및 기후변화 적응 등 기후위기 대응 관련 新산업 창출에 활용

III. 기후기술 스타트업 생태계 활성화를 위한 정책 및 사업 아이템 발굴

□ 제1절 기후기술 스타트업 관련 국내외 정책 및 추진현황

- 문헌연구를 통해 주요국의 창업관련 정책과 창업 생태계 현황을 조사함
  - (한국) 중앙부처의 창업지원 사업을 통해 스타트업을 지원해오고 있으나 기술기반 창업의 비중이 적으며, 2021년 중소벤처기업부의 계획을 통해 기후기술 스타트업을 지원하기 위한 정책을 수립하였음
  - (중국) 2015년 선언된 대중창업 만중혁신 비전을 중심으로 연속적인 창업정책을 추진해오고 있으며, 중창공간 등 창업지원 플랫폼이 활성화되어 있음
  - (일본) 내각부를 중심으로 지역별 스타트업 에코시스템을 형성하기 위한 정책을 추진해왔으며, 각 에코시스템 컨소시엄은 가시적인 성과를 내고 있음
  - (미국) 스타트업 지원을 위한 대표적인 기금으로 미국 중소기업청의 미국 종자기금이 있으며, 스타트업이 활성화된 대표적인 국가임
  - (영국) 스타트업 육성 전문기관인 테크 네이션과 영국기업은행을 중심으로 스타트업을 지원해오고 있음



- (독일·EU) 유럽 그린딜과 호라이즌 유럽을 기반으로 스타트업 육성을 지원하고 있으며, 기후기술 스타트업 중 약 26%는 에너지 부문의 스타트업임

□ 제2절 국내 기후기술 스타트업 활성화 장애요인

- 전문가 자문단 운영과 문헌조사를 통해 하기와 같이 국내 기후기술 스타트업 활성화를 저해하는 6개 장애요인을 도출함
  - (장애요인 1) 액셀러레이터 및 벤처캐피털 등 기후기술에 특화된 전문투자자가 부족하며, 이에 따라 자금조달이 어려움
  - (장애요인 2) 기후기술 스타트업의 성공사례 부족 등으로 인하여 기후기술을 기반으로 창업하고자 하는 창업희망자 자체가 부족함
  - (장애요인 3) 창업지원 사업이 창업 초기 및 R&D 자금지원에 편중되어 있으며, 다양한 지원제도가 마련되어 있지 않음
  - (장애요인 4) 국내 여건상 기후기술은 수익성을 담보하기 어려우며, 재화 및 서비스를 판매할 수 있는 판로를 확보하는 것이 어려움
  - (장애요인 5) 중장기적으로 기후기술 스타트업에서 종사할 인력이 부족함
  - (장애요인 6) 현재의 교육 및 직무 시스템상 기후기술 인력이 사업을 영위하는데 필요한 역량이 부족할 가능성이 큼

□ 제3절 국내 기후기술 스타트업 활성화 정책·사업 아이템

- 전문가 자문단 운영을 통해 장애요인을 해결하기 위한 27개의 세부과제를 발굴했으며, 이를 바탕으로 기후기술 스타트업 활성화를 위한 4대 추진전략 및 18대 추진과제로 구조화함

〈참고〉 기후기술 스타트업 활성화 추진전략 및 과제(안)

<b>1. (창업) 기후기술 창업 촉진</b>	<b>2. (성장) 기후기술 스타트업 자금지원/자생력 강화</b>	<b>3. (협력) 기후기술 스타트업 생태계 참여자의 협력 강화</b>
① 연구원 창업 활성화 ② 교수 및 대학원생 창업 활성화 ③ 기후기술 창업붐 조성	① 기후기술 사업화·창업 지원 ② 기후기술 수익성 확보 ③ 기후기술 해외판로 개척 ④ 기후기술 전주기 지원	① 글로벌 연계·협력 ② 스타트업-대기업 간 협력 ③ 학·연 전문인력 활용 지원 ④ 협력 거버넌스 및 인프라 구축
<b>4. (기반) 기후기술 스타트업 생태계 기반조성</b>		
① 기후기술 DB 구축      ② 기후기술 스타트업 인증      ③ 기후기술 창업 촉진 연구개발 확대 ④ 기후기술 스타트업 인재양성    ⑤ 기후기술 창업지원 인프라 구축    ⑥ 법적근거 마련 및 강화 ⑦ 전문 액셀러레이터 및 전문 VC 육성		

#### IV. 국내외 탄소중립/탄소시장 정책동향 조사 및 법/제도적 측면의 정책 아젠다 발굴

##### □ 제1절 국내외 탄소중립 정책 동향

###### ○ 국내 탄소중립 정책동향

- 우리나라는 2015년 6월 유엔기후변화협약에 국가온실가스감축목표(NDC)를 제출하였으며, 이어 '2030 국가 온실가스 감축 목표 달성을 위한 기본 로드맵'과 '2030 국가 온실가스 감축 수정 로드맵'을 마련
- 국제 기준에 부합하기 위해 2030 목표를 절대량 방식으로 변경하고, 2050년까지 탄소중립 달성을 목표로 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」을 제정
- 2020년에는 2050 탄소중립 추진전략을 마련하였으며, 적응, 기회, 공정을 3대 정책 방향으로 구성하여 경제구조의 저탄소화, 에너지 전환 가속화, 미래모빌리티로 전환 등을 포함하여, 탄소중립의 제도적 기반을 강화하기 위해 재정 및 금융, 연구개발, 국제협력 등을 강조
- 2050 탄소중립 추진을 위한 장기 저탄소 발전전략(LEDs)의 기본방향은 크게 다섯 가지로 제시되며, 깨끗한 전기·수소의 활용 확대, 재생에너지 발전 확대 및 CCUS 기술 적용, 스마트 에너지 관리 시스템 보급 등을 통한 에너지 공급 용량 감소, 순환경제 확대를 통한 산업의 지속가능성 제고 등을 포함
- 이어 2021년 정부는 탄소중립 기술혁신 추진전략을 발표하여 탄소중립에 큰 기여가 가능한 10대 핵심기술 선정하고 전략을 제시함

###### ○ 국외 탄소중립 정책동향

- 신기후체제 출범에 따라 국제사회의 온실가스 감축 의무가 강화됨
  - (미국) 2030년까지 2005년 대비 50~52% 감축하는 것으로 설정함에 따라, 기반시설투자 및 일자리법」을 제정하고 「청정대기법」 및 「2005 에너지정책법」 등 관계 법률을 개정함
  - (유럽연합) '유럽 그린딜(European Green Deal)'을 발표하여 2050년까지 탄소중립 및 청정에너지, 순환경제, 에너지 효율적 건축, 지속가능한 수송 등의 분야에 대한 정책 패키지와 실행 로드맵을 제안하였으며, '2030 기후목표 계획'(2020년 9월)을 통해 탄소중립 달성을 위한 실행계획을 발표
  - (일본) 「지구온난화대책의 추진에 관한 법률」에 파리기후변화협정·2050년 탄소중립선언 등에 따른 기본이념과 관련된 조항을 신설하고, 이 법에 따라 지구온난화대책계획 및 탄소중립 경영 촉진을 위한 기업의 배출량 정보 디지털화·오픈데이터화 등을 추진
  - (중국) 2018년 「대기오염 예방·퇴치법」 개정, 2021년 '2030년 이전 탄소배출정점

행동방안' 및 '기후변화 대응정책 및 행동백서' 발표하여 2030년을 기점으로 2005년 대비 온실가스배출량을 65%까지 감축하고, 2060년 탄소중립 달성을 선언(2020년 9월), 국가 온실가스감축목표를 설정 및 2020년 12월 '탄소배출권 거래시장 관리방법'을 발표

- (베트남) 2030년까지 배출전망치 대비 온실가스 배출량을 자체 능력으로 9%, 국제적 지원으로 27% 감축하는 것을 목표로 제시
- (인도네시아) 2030년까지 자체 능력으로 29%, 국제적 지원을 활용하여 41% 감축할 것을 목표로 제시, 2060년까지 넷 제로(Net Zero Emission) 추진을 목표

## □ 제2절 국내외 탄소시장 정책 동향

### ○ 국외 탄소시장 정책동향

- 파리협정 제6조에서는 국제 탄소시장 메커니즘을 협력적 접근법, 지속가능발전 메커니즘, 비시장 접근법의 세 가지로 제시함
- 제27차 유엔기후변화협약 당사국총회의 핵심 결과 중 하나로 탄소 크레딧 거래를 위한 국제 탄소 시장의 실질적인 이행을 위한 기술지침 일부 합의가 있음
- CDM의 온실가스 감축 사업기간은 최대 2025년 말까지로 한정하고 협력적 접근법 감축실적 등록 시스템 개발에 합의하였으며, 지속가능개발 메커니즘 방법론 및 청정개발체제 전환 지침에 대한 논의는 COP28에서 이루어질 예정
- 탄소시장은 크게 규제적 탄소시장과 자발적 시장으로 구분되며, 규제시장은 의무감축시장에 해당
- 자발적 탄소시장의 성장수요는 민간 기업의 탄소중립 선언 확대에 따라 지속적으로 증가할 것으로 전망되며, 국제 자발적 탄소시장의 경우 해외 금융회사 중심으로 탄소 프로그램 및 기술 기업 투자, 탄소크레딧 거래 플랫폼 개발 등을 통해 자발적 탄소시장에 진입하는 추세
- 자발적 탄소시장은 탄소크레딧에 대한 품질 리스크 해결을 위한 방법론 및 법률적 성격에 대한 합의가 필요한 상황

## □ 제3절 탄소시장 대응 범·제도적 측면의 정책아젠다 발굴

### ○ 탄소시장 활용 확대에 따른 주요이슈

- 최근 글로벌 무역·투자환경은 기후대응 및 온실가스 감축역량을 중심으로 빠르게 재편되고 있음에 따라 공급망 직·간접 참여기업 전반의 배출량 관리의 중요성이 부각
- UN기후변화협약의 파리협정 세부이행지침에서 탄소시장 관련지침이 마련됨에 따라 규제시장과 더불어 민간이 주도하는 자발적 탄소시장은 더욱 활성화 될 것으로

전망되고 있으며, 이에 대응하여 정부 및 민간에서 다각적 검토가 이루어지고 있음

○ 주요 정책아젠다

- 자발적 탄소시장에서 기업이 ITMO가 되는 상응조정 크레딧을 구매·이전하는 행위에 대해서도 정부차원에서 상응조정이 이루어져야 하므로, 이에 대한 절차와 지침 필요
- 또한, 자발적 탄소시장을 포함해서, 다른 국제감축목적 하에서의 감축결과물 중에서 ITMO가 되는 경우, 이 ITMO를 NDC 목표 달성에 활용 가능한 지 여부에 대해서 아직 해석의 여지가 있음에 따라 이에 대한 정책적 고려 필요

V. 국내 기후기술 국제협력 활성화를 위한 아젠다 발굴

□ 제1절 기후기술 국제협력 주요 정책·프로그램 동향

○ 국제 동향 및 국내 현황 소개

- 파리협정( '15) 을 기점으로 한 NDC 중심의 선진국·개도국의 기후기술협력 활성화 노력 전개

○ 국외(미국, EU, 일본) 및 국내의 정책·프로그램 동향

- 구체적인 탄소중립 목표 이행을 위한 정책·프로그램 운영

□ 제2절 기후기술의 국제협력과 기술-재정 연계 측면의 장애요인

- 정책지원, 협력사업 기획·개발 측면의 문제점을 수요발굴, 사업이행, 후속연계 단계별로 조사함

- (정책지원) 기후기술협력 추진 관련 거버넌스 및 정부 전략과 역량 제고를 위한 정책지원의 부족으로 사업의 수요 발굴과 이행이 어려우며, 후속연계를 위한 체계적 전략이 부재함

- (협력사업 기획·개발) 기후기술협력사업의 수요발굴을 위한 마스터플랜의 부재, 협력사업 이행을 위한 역량 부족 및 정부 간 통합적 협의 체계의 부재로 전 주기 측면에서 사업의 기획, 개발 및 관리가 어려움

□ 제3절 국내 기후기술 국제협력 촉진·활성화를 위한 제언

- (정책지원) 기후기술 협력 추진을 위한 범정부적 전략 수립과 부처 간 협력사업 정보를 공유할 수 있는 통합적 시스템이 구축이 필요하며, 공적 재원과 민간투자를 연계하는 재정 지원 메커니즘의 확립으로 재원의 지속성과 사업의 연속성을 확보해야 함

- (협력사업 기획·개발) 협력대상국 내 사전 조사 사업을 활성화하여 적정 수요 발굴 및 사업기획을 촉진하고, 다양한 교육 훈련 사업으로 협력사업 이행에 특화된 전문역량을 강화하며, 국제협력사업 관련 데이터베이스를 구축하여 협력사업 기획을 위한 지식기반을 개선해야 함

## VI. 요약 및 결론

- (기술) 개발한 신규사업 기획(안)을 통하여 향후 다부처 사업을 진행한다면 이상기후 위기에 선제 대응하고, 데이터 융합플랫폼을 활용하여 온실가스 감축 및 기후변화 적응 등 기후위기 대응 관련 新산업 창출에 활용될 수 있음
- (경제/산업) 발굴한 기후기술 스타트업 생태계 활성화 과제는 향후 관계부처에서 기후기술 스타트업 육성을 위한 정책을 수립하고 사업을 기획하는 데에 주요한 기초자료로 활용될 수 있음
  - 단, 본 연구결과와 함께 기후기술 스타트업 육성 정책을 가능하게 하는 유관 정책과 제도의 개선과 지원받는 기후기술의 형평성을 고려할 필요가 있음
- (법/제도) 글로벌 무역환경의 변화와 자발적 탄소시장의 확대에 따라 국내의 정책적 대응이 필요하며, 본 연구의 결과는 국제적인 기후변화 정책 및 탄소시장 변화에 대한 한국의 정책적 대응방안을 마련하는 데에 기초자료로 활용될 수 있음
- (국제협력) 본 연구에서 제안하는 극복방안들의 현실 가능성에 대해서는 세부적인 논의와 기획이 필요할 것으로 생각되나, 이상적인 모습을 달성하기 위한 체계적이고 단계적 추진전략의 수립을 통해 해당 제안들이 달성된다면 우리나라의 기후기술 국제협력이 직면하고 있는 장애요인들을 극복하고 국제협력 추진에 대한 효율성과 효과성을 제고할 수 있을 것으로 기대



# S U M M A R Y

## I . Introduction

### Section 1. Research Background and Objectives

- As climate technology is recognized as a means to achieve carbon neutrality and as an opportunity to secure national competitiveness, institutional efforts in each field related to climate technology are required.
  
- This study aims to contribute to the establishment of national policies for 2050 carbon neutrality by discovering policy agendas and programs related to climate technology in terms of technology, economy/industry, law/institution, and international cooperation.

### Section 2. Research Methods

- The investigations were conducted by selecting detailed items requiring policy preparation for climate technology in the fields of technology, economy/industry, law/institution, and international cooperation.
  - (Technology) Conducted research on trends in R&D strategy and policy in the weather and climate sector as well as the current conditions for domestic R&D investment and technological level, and derived the new business proposal through coordination of technical committees based on 18 brief deliverables on research and development
  - (Economy/Industry) By investigating and analyzing domestic and foreign start-up support policies and operating an expert consultation team, this study discovers obstacles to vitalizing climate-technology start-ups and policies and programs that can solve them.
  - (Law/Institution) This study organizes the domestic and foreign policies for carbon neutral and trends in the international carbon market through literature research, and discovers key issues and policy agendas according to changes in the international carbon market.
  - (International Cooperation) To accelerate global cooperation of climate technologies such as technology transfer and cooperation with leading countries, this study investigates the current situation and trend of policies and programs related to climate technology transfer. Furthermore, this study identifies the

critical obstacles that hinder accelerating global climate technology cooperation and suggest ideal solutions to overcome these obstacles.

## II. Research and Analysis on Domestic Demand for Technology in Discovering Promising Technologies in the Weather and Climate Sector

### □ Section 1. An Analysis of the R&D Conditions of the Weather and Climate Sector

- The findings of the review of R&D strategy in the weather and climate sector of the major countries show that “high accuracy and detailed forecasts,” “data processing,” and “platform improvement” based on technological advancement are given much emphasis.

- To be specific, the use of high-performance computing that combines new ICT technologies such as big data and artificial intelligence has emerged as a key enabler in weather and climate observation, data collection, and processing.

- The government’s R&D expenditure is also steadily increasing, but the technological level of Korea is slightly lower than that of other advanced countries.

- In particular, the research findings revealed that Korea’s technological level is lower by 80.0% (5.0 technology gap years) in climate change attribution technology, by 75.0% (5.0 technology gap years) in climate change observation and monitoring technology, by 78.0% (5.0 technology gap years) in climate change prediction technology, and by 80.0% (5.0 technology gap years) in climate change modeling and impact assessment technology

- Therefore, Korea’s future the weather and climate R&D has been crystallized around three themes: “construction of an ICT foundation,” “understanding and prediction of abnormal climate,” and “response to an abnormal climate crisis.”

### □ Section 2. Discovering Demand for Promising R&D in the Weather and Climate Sector

- Grounded on the 18 R&D deliverables in the field of establishing the weather and climate ICT foundation, understanding and predicting abnormal weather conditions, and responding to an abnormal climate crisis, the research derived new business plans (proposed) through coordination and consensus from three rounds of technical committee meetings.

- (Project Title) Response to an Abnormal Climate Crisis using an Observational and Virtual Data Convergence Platform

- (Objective) To use big data on climate to understand and predict climate



abnormality and preemptively respond to the future climate crisis

- (Essense) ① Construction of a climate data platform that converges observational and virtual data, ② understanding and prediction of the mechanism of climate abnormality using the data convergence platform, and ③ Pre-response to the climate crisis through climate impact assessment, such as changes in carbon emission
- (Expectation effect) Apply the platform to generate new business opportunities that focus on responding to the climate crisis, such as reduction in greenhouse gas or climate adaptation, by leveraging the data convergence platform to preemptively respond to the abnormal climate crisis

### III. Research on National Policy and Program to Vitalize Climate-technology Start-up Ecosystem in Korea

#### □ Section 1. Current Status of Domestic and International Policies and Markets Related to Climate-Technology Startups

- The statuses of start-up related policies and start-up ecosystem in major countries is as follows.
  - (Korea) Start-ups have been supported through the start-up support project of the central government, but technology-based start-ups account for a small proportion of all start-ups; a policy to support climate-technology start-ups has been established by the Ministry of SMEs.

#### □ Section 2. The major obstacles for activating domestic climate technology start-up

- Six major obstacles which disrupt the activation of domestic climate technology start-up are identified based on expert consultation and literature review
  - Hard to finance due to the lack of professional investors specialized to climate technology such as accelerator and venture capital
  - Lack of climate technology start-up candidates due to the lack of successful case
  - Lack of support system as start-up support business is mostly focused on the early stage of foundation and R&D financing
  - Low economic feasibility of climate technology based on domestic conditions (Hard to secure the market for item and service sales)
  - Lack of labor in climate technology start-up market in mid- and long-term
  - Lack of human capacity for climate technology business considering current education and duty system

- Section 3. Political · business item to activate domestic climate technology start-up
  - 27 detailed items to activate domestic climate technology start-up are identified based on expert consultation, and structured into 4 strategies and 18 projects

<Reference> 4 strategies and 18 projects to activate climate technology Start-up

<b>1. (Foundation) Stimulate foundation in climate technology sector</b>	<b>2. (Development) Financing and strengthening the capacity of climate technology start-up</b>	<b>3. (Cooperation) Strengthening the cooperation among the participants in ecosystem</b>
① Activate the foundation activity of researchers ② Activate the foundation activity of Professors and (graduate) university students ③ Establish the foundation boom of climate technology	① Support foundation and commercialization of climate technology ② Secure the economic feasibility of climate technology ③ Advance into the global climate technology market ④ Provide a business life-cycle support to climate technology start-ups	① Global cooperation ② Start-up-Conglomerate cooperation ③ Support the application of experts in academia and research institutes ④ Establish cooperation governance and infrastructure
<b>4. (Infrastructure) Establish the infrastructure of climate technology start-up ecosystem</b>		
① Establish climate technology DB      ② Certification      ③ Expand relevant R&D ④ Human resource development   ⑤ Establish the infrastructure of foundation support ⑥ Preparing and strengthening legal evidence   ⑦ fostering professional accelerator and VC		

- IV. Investigation of domestic and international trends of carbon neutrality/carbon market policy and identification of political agendas in terms of law and institution
- Section 1. The domestic and international trends of carbon neutrality policy
    - By developing various different policies and national plans to reduce carbon emission, such as 2030NDC, 2050LEDS, and Promotion strategy for carbon neutrality technology innovation, Korea has settled solid targets and designed following required processes to achieve Net-Zero target.
    - As the responsibility to reduce carbon emission in global society has been reinforced after Paris Agreement, many countries including US, EU, Japan, China, Vietnam, and Indonesia have been announced the national plan and

following required political framework to achieve their own Net-Zero target

- Section 2. The domestic and international trends of carbon market policy
  - As described in Article 6 of the Paris Agreement, which are Article 6.2 (Cooperative Approaches), Article 6.4 (Sustainable Development Mechanism), and Article 6.8 (Non-market Approaches), the trends on carbon market after COP27 and following policy agendas has been changed according to the trends of global cooperation and agreements.

V. Deriving significant agendas to promote global climate technology cooperation for domestic climate technologies

- Section 1. Global and domestic trends of climate technology cooperation and technology transfer

- Global trend and domestic situation
  - Starting from the Paris Agreement('15), the developed and developing countries accelerate global climate technology cooperation focusing on their National Designated Contribution (NDC)
- Trend of related policies and programs for major foreign countries (US, EU, Japan) and Korea
  - Operating various policies and programs to contribute and achieve their Carbon Neutral goals

- Section 2. Identifying major obstacles for global climate technology cooperation

- Categorizing the problems and major obstacles in terms of policy support, cooperation project planning and considering the steps of demand identification, implementation, and further project linkage
- (Policy support) Due to the lack of governance and government strategies related to climate technology cooperation and policy support to enhance capacity, it is difficult to find and implement the project' s demand, and there is no systematic strategy for follow-up linkage.
- (Project planning and development) Due to the lack of a masterplan to find demand for climate technology cooperation projects, lack of capacity to

implement cooperation projects, and lack of an integrated government consultation system, it is difficult to plan, develop and manage projects in terms of the entire cycle.

- Section 3. Suggestions for promoting and revitalizing global climate technology cooperation
  - (Policy support) It is necessary to establish a inter-ministry strategy for promoting climate technology cooperation and to establish an integrated system that can share information on cooperation projects between ministries. The continuity of financial resources and business continuity should be secured by establishing a financial support mechanism linking public resources with private investment.
  - (Project planning and development) Need to promote appropriate demand and project planning by activating preliminary research projects in cooperative countries, strengthen our expertise in implementing cooperative project through various educational and training projects, and improve our knowledge base for cooperative projects by establishing a database.

## VI. Summary and conclusion

- (Technology) Given the implementation of multi-ministerial projects based on this new business proposal, it is expected to generate new business opportunities that focus on responding to climate crises, such as reduction in greenhouse gas emissions or climate adaptation, by leveraging the data convergence platform to preemptively respond to an abnormal climate crisis.
- (Economy/Industry) Identified projects to activate the ecosystem of climate technology start-up can be utilized as a basic material for relevant ministries to establish the policies and design the projects to foster climate technology start-up
- (Law/institution) Domestic political response is required according to the change of global trade environment and the expansion of voluntary carbon market, and the result of this research can be utilized as a basic material to prepare the political response plan of Korea for global climate change policies

and carbon market change

- (Global cooperation) Although detailed discussion and planning are required on the feasibility of solutions that are proposed in this study, it is expected that the proposals will overcome the obstacles facing in global climate technology cooperation and improve the efficiency and effectiveness of international cooperation.



# 목 차

제 1 장 서 론 .....	1
제 1 절 연구의 배경 및 목표 .....	1
1. 연구배경 및 필요성 .....	1
2. 연구의 목적 .....	2
제 2 절 연구내용 및 추진체계 .....	3
1. 연구의 내용 및 방법 .....	3
2. 연구의 추진체계 .....	5
제 2 장 국가 기상기후 분야 유망기술 발굴을 위한 기술수요 조사·분석 .....	7
제 1 절 기상/기후 분야 연구개발 환경 분석 .....	7
1. 배경 .....	7
2. 국내외 기상/기후 분야 R&D 전략 및 정책 동향 .....	8
3. 국내 R&D 투자 동향 및 기술 수준 .....	11
3. 소결 .....	13
제 2 절 기상/기후 분야 미래유망 R&D 수요 발굴 .....	15
1. 기상/기후 ICT 기반구축 후보군 조사 및 개요서 작성 .....	15
2. 이상기후 이해 및 예측 분야 후보군 조사 및 개요서 작성 .....	25
3. 이상기후위기 대응 분야 후보군 조사 및 개요서 작성 .....	32
4. 신규사업 기획(안) 도출 .....	41
제 3 장 기후기술 스타트업 생태계 활성화를 위한 정책 및 사업 아이템 발굴 ...	45
제 1 절 기후기술 스타트업 관련 국내외 정책 및 추진현황 .....	46
1. 한국 .....	46
2. 중국 .....	50

3. 일본 .....	52
4. 미국 .....	59
5. 영국 .....	61
6. 독일 및 유럽연합 .....	63
<b>제 2 절 국내 기후기술 스타트업 활성화 장애요인 도출 .....</b>	<b>64</b>
1. 기후기술 특화 전문투자자 부족 .....	64
2. 기후기술 분야 창업희망자 부족 .....	65
3. 다양한 지원제도의 부족 .....	65
4. 낮은 수익성과 판로확보의 어려움 .....	65
5. 스타트업 인력 부족 .....	66
7. 기술기반 스타트업의 사업역량 부족 .....	67
<b>제 3 절 국내 기후기술 스타트업 활성화 정책·사업 아이템 발굴 .....</b>	<b>68</b>
1. 추진전략 1 - 기후기술 창업 촉진 .....	69
2. 추진전략 2 - 기후기술 스타트업 자금지원/자생력 강화 .....	71
3. 추진전략 3 - 기후기술 스타트업 생태계 참여자의 협력 강화 .....	72
4. 추진전략 4 - 기후기술 스타트업 생태계 기반조성 .....	74
<b>제 4 장 국내외 탄소중립/탄소시장 정책동향 조사 및 법/제도적 측면의 정책아젠다 발굴 .....</b>	<b>79</b>
<b>제 1 절 국내외 탄소중립 정책 동향 .....</b>	<b>79</b>
1. 국내 탄소중립 정책동향 .....	79
2. 국외 탄소중립 정책동향 .....	84
<b>제 2 절 국내외 탄소시장 정책 동향 .....</b>	<b>89</b>
1. 국외 탄소중립 정책동향 .....	89
2. 탄소시장 유형별 동향 분석 .....	93
<b>제 3 절 탄소시장 대응 법·제도적 측면의 정책아젠다 발굴 .....</b>	<b>103</b>
1. 탄소시장 활용 확대에 따른 주요이슈 .....	103
2. 주요 정책아젠다 .....	104



<b>제 5 장</b>	<b>국내 기후기술 국제협력 활성화를 위한 아젠다 발굴</b>	<b>107</b>
제 1 절	기후기술 국제협력 주요 정책·프로그램 동향	107
1.	기후변화대응·탄소중립 실현을 위한 국내외 정책 동향	107
2.	기후기술 연구개발(R&D) 관련 국내외 사업·프로그램 동향	108
3.	기후변화대응 국제협력·기술이전 관련 국내외 동향	112
4.	주요 시사점	114
제 2 절	기후기술의 국제협력과 기술-재정 연계 측면의 장애요인	115
1.	종합적인 장애요인의 파악	115
2.	정책지원 측면의 장애요인	116
3.	협력사업 기획·개발 측면의 장애요인	117
제 3 절	국내 기후기술 국제협력 촉진·활성화를 위한 제언	119
1.	정책지원 측면	119
2.	정책지원 측면	120
3.	소결	120
<b>제 6 장</b>	<b>요약 및 결론</b>	<b>123</b>
참고문헌		127
[별첨 1]	분야별 전문가 자문단	132
[별첨 1]	분야별 전문가 자문단	146



# 표 목 차

<표 2-1> NOAA 「Research and Development Plan 2020-2026」 3대 비전 및 15가지 핵심주제 .....	8
<표 2-2> Met Office 「Research and Innovation(R&I) Strategy」 3대 핵심활동 및 9가지 R&I 주제 .....	9
<표 2-3> ECWMF 「Strategy 2016-2025」 5대 분야 및 10대 전략 .....	9
<표 2-4> 호주 BoM 「Research and Development Plan 2020-2030」 4가지 목표 ....	10
<표 2-5> 기상/기후 ICT 기반구축 분야 기술 후보군 도출 결과 .....	15
<표 2-6> 이상기후 이해 및 예측 분야 기술 후보군 도출 결과 .....	25
<표 2-7> 이상기후위기 대응 분야 기술 후보군 도출 결과 .....	32
<표 2-8> 기상/기후 신규사업 기획(안) 도출을 위한 기술분과 위원회 운영내역 ....	41
<표 2-9> 내역 사업안과 내역 별 주요기술 및 연구개발 결과 .....	43
<표 3-1> 중소기업 창업지원계획(2021~2023)의 6대 추진전략 및 주요과제 .....	47
<표 3-2> 중소벤처기업 탄소중립 대응 지원방안(2021)의 그린 스타트업 육성 과제	48
<표 3-3> 연도별 중앙부처 창업지원 예산 및 사업 현황 .....	49
<표 3-4> 2021년 창업지원 통합공고 예산 .....	49
<표 3-5> 업종별 창업 수 및 비중 .....	50
<표 3-6> 중국 대중창업 만중혁신 강력 추진을 위한 정책 조치 의견의 주요 정책 지침 ....	51
<표 3-7> 일본 스타트업 에코시스템 거점형성 전략의 거점도시 형성 전략 .....	53
<표 3-8> 일본 제6기 과학기술혁신기본계획 내 스타트업 관련 정량 목표 .....	54
<표 3-9> 일본 제6기 과학기술혁신기본계획 내 스타트업 관련 주요 조치 .....	54
<표 3-10> 일본 스타트업 에코시스템 방향성 검토의 주요 내용(제61회 종합과학기술혁신회의) .....	55
<표 3-11> 일본 스타트업 에코시스템 거점도시 선정 현황 .....	56
<표 3-12> 일본 스타트업 에코시스템 거점도시의 주요 실적 현황 .....	57
<표 3-13> 스타트업 아메리카 이니셔티브의 세부 내용 .....	60
<표 3-14> 영국 테크 네이션의 주요 프로그램 .....	61
<표 3-15> 영국기업은행의 투자 대상별 투자 방식 .....	62
<표 3-16> 기후기술 스타트업 활성화 추진전략 1 및 과제(안) .....	70

<표 3-17> 기후기술 스타트업 활성화 추진전략 2 및 과제(안) .....	71
<표 3-18> 기후기술 스타트업 활성화 추진전략 3 및 과제(안) .....	73
<표 3-19> 기후기술 스타트업 활성화 추진전략 4 및 과제(안) .....	75
<표 4-1> 분야별 거래량 및 가격 .....	96
<표 4-2> 자발적 탄소시장 핵심탄소원칙(IC-VCМ, 2022) .....	98
<표 5-1> ARPA-E 주요 연구개발 분야 .....	109
<표 5-2> 미국의 기후정상회의 주요 주제 및 내용 .....	109
<표 5-3> Horizon Europe 전략계획 전략방향 및 영향분야 .....	110
<표 5-4> 우리기업 해외진출 관련 부처별 주요 지원제도 .....	113
<표 5-5> 전문가 의견수렴에 따른 (개도국)기후기술협력 사업 추진의 주요 장애요인 .....	115
<표 5-6> 기후기술 국제협력 촉진·활성화를 위한 장애요인 및 이를 극복하기 위한 정책 제언 ...	121

# 그림 목 차

[그림 1-1] 연구 프로세스 및 주요 내용 .....	3
[그림 1-2] 연구 추진 체계 .....	6
[그림 2-1] 2022년도 극단적 기상/기후 현상 예시 .....	7
[그림 2-2] 기상청 「기상 R&D 중장기 추진전략(2018~2027)」 비전체계도 .....	11
[그림 2-3] 국내 기상/기후 분야 연도별 연구개발비 추이 .....	12
[그림 2-4] 국내 기상/기후 분야 세부기술별 연구개발비(2021년도) 비중 .....	12
[그림 2-5] 기상/기후 R&D 분야 기술수준 및 기술격차 비교 .....	13
[그림 2-6] 기상/기후 R&D 분야 기술수준그룹 비교 .....	13
[그림 2-7] 관측-가상 데이터 융합플랫폼을 활용한 이상기후위기 대응 사업 개념도 .....	42
[그림 3-1] 일본 스타트업의 자금조달 현황 .....	58
[그림 3-2] 일본 스타트업의 분야별 자금조달 현황 .....	58
[그림 3-3] 기후기술 스타트업 활성화 추진전략 및 과제(안) .....	68
[그림 3-4] 기후기술 스타트업 활성화 장애요인 및 추진전략 및 과제 간 연계 .....	69
[그림 4-1] 탄소 시장 동향 .....	96
[그림 5-1] 국내 기후기술 R&D 관련 예산 및 과제 현황 .....	111

# 영문약어

용어	국문	영문
ACR	아메리칸카본레지스트리	American Carbon Registry
AR6	제 6차 평가보고서	Sixth Assessment Report
ARPA-E	미국 에너지혁신 프로그램	Advanced Research Projects Agency - Energy
BAU	배출전망치	Business As Usual
BBB	영국기업은행	British Business Bank
BEIS	영국 기업·에너지·산업 전략부	Department for Business, Energy and Industrial Strategy
BoM	오스트레일리아 기상청	Bureau of Meteorology
CAR	클라이밋액션리저브	Climate Action Reserve
CCUS	이산화탄소 포집·저장·활용	Carbon Capture, Utilization and Storage
CESM	복합지구시스템모델	Community Earth System Model
CLEAN	미국 기후 리더십과 환경 활동 정책	Climate Leadership and Environment Action for our Nation
CMIP6	결합모델 상호비교 프로젝트 6단계	Coupled Model Intercomparison Project Phase 6
COP	당사국총회	Conference of Parties
CTCN	기후기술 센터·네트워크	Climate Technology Centre and Network
DFC	국제금융개발공사	Development Finance Corporation
ECWMF	유럽중기예보센터	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
EIC	유럽연합혁신위원회	European Innovation Council
EIT	유럽연합혁신기술연구소	The European Institute of Innovation and Technology
ETS	배출권거래제	Emissions Trading Scheme
GCF	녹색기후기금	Green Climate Fund
GEF	지구환경기금	Global Environment Fund

용어	국문	영문
GeoMIP6	지구공학 모델 상호비교 프로젝트 6단계	Geoengineering Model Intercomparison Project Phase 6
GFDL	지구물리유체역학연구소	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory
GloFAS	글로벌 홍수 인식 시스템	Global Flood Awareness System
GloSea6	전지구 기후예측시스템 6단계	Global Seasonal forecasting system version 6
GS	골드스탠다드	Gold Standard
HadGEM	해들리센터 전지구 모델	Hadley Centre Global Environmental Model
HPC	고성능 컴퓨팅	High-Performance Computing
ICAO	국제민간항공기구	International Civil Aviation Organization
IMO	국제해사기구	International Maritime Organization
IRA	인플레이션 감축법	Inflation Reduction Act
ITMO	국제적으로 이전되는 감축결과	Internationally Transferred Mitigation Outcome
JAMSTEC	일본 해양연구개발기구	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology
KIM	한국형수치예보모델	Korean Integrated Model
LEDS	장기저탄소발전전략	Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategies
LP	유한책임투자자	Limited Partner
Met Office	영국 기상청	Meteorological Office
NCAR	국립대기연구센터	National Center for Atmospheric Research
NDC	국가온실가스감축목표	Nationally Determined Contribution
NEDO	신에너지산업기술 종합개발기구	New Energy and Industrial Technology Development Organization
NMA	비시장 접근법	Non-market Approaches
NOAA	국립해양대기국	National Oceanic and Atmospheric Administration
Noah-MP	노아 다중 매개변수	Noah Multi Physics
NUIST	난징정보통신공과대학교	Nanjing University of Information Science & Technology

용어	국문	영문
OMGE	전지구적 전반적 감축	Overall Mitigation in Global Emissions
PMP	고기후모델링간 상호비교연구	Paleoclimate Modeling Intercomparison Project
PPF	사업준비기금	Project Preparation Fund
RELAC 이니셔티브	중남미 재생에너지 이니셔티브	Renewable Energy for Latin America and Caribbean Initiative
SaaS	서비스로서의 소프트웨어	Software-as-a-Service
SBIR	중소기업기술혁신	Small Business Innovation Research
SBTT	중소기업기술이전	Small Business Technology Transfer
SCoPEX	성층권 통제 섭동실험	Stratospheric Controlled Perturbation Experiment
SDM	지속가능발전 메커니즘	Sustainable Development Mechanism
SRMGI	태양복사관리 거버넌스 이니셔티브	Solar Radiation Management Governance Initiative
TA	기술지원사업	Technical Assistance
TEC	기술집행위원회	Technical Executive Committee
TIPS	민간주도형 기술창업지원 프로그램	Tech Incubator Program for Startup
TSVCM	자발적 탄소시장을 위한 태스크포스	Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Market
VC	벤처캐피털, 중소기업창업투자회사	Venture Capital
VCS	자발적탄소기준	Verified Carbon Standard
WCRP	세계기후연구프로그램	World Climate Research Programme
WMO	세계기상기구	World Meteorological Organization



# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구의 배경 및 목적

### 1. 연구배경 및 필요성

세계 각국은 탄소중립 실현을 위한 사회 전체의 전환을 추진 중이며, 이를 위한 핵심수단으로 혁신적인 기후기술의 중요성이 대두되고 있다. 기후기술은 탄소중립 이행을 위한 수단임과 동시에, 유럽연합의 REPowerEU, 미국의 인플레이션감축법(Inflation Reduction Act, IRA), 한국의 탄소중립 녹색성장 추진전략에서 드러나듯이 국가경쟁력의 확보를 위한 수단으로 인식되고 있다. 이에 기후위기 해결 및 국가경쟁력 제고 측면에서 기술의 확보와 산업으로의 연계를 위한 기반마련과 정부와 민간의 참여 및 투자 유도를 위하여, 기후기술과 관련된 각 분야의 제도적 노력이 요구된다.

상기와 같은 배경하에서, 과학기술정보통신부는 신기후체제에서 기후기술을 중심으로 각 분야의 통합적인 정책논의의 필요성을 제기하였으며, 각 분야의 전문가 논의를 통해 기후기술 정책의 현장활용도를 제고 하고자 한 바 있다. 과학기술정보통신부는 정책논의가 필요한 분야로써 기술, 경제·산업, 법·제도, 국제협력을 제시하였으며, 각 분야별로 정책논의가 필요한 세부주제로 기후변화적용 R&D(기술), 기후기술 스타트업(경제·산업), 탄소시장(법·제도), 국내 기후기술 중심의 국제협력(국제협력)을 강조했다<sup>1)</sup>.

먼저 기술 측면에서, 세계 주요국은 기후변화와 관련된 급격한 환경변화에 대비하여 보다 근본적인 기술 해결책 마련을 위하여 기후변화적용 R&D 개발을 추진하고 있다. 이와 같은 국제적 동향에서, 한국 또한 「기후변화대응 기술개발 촉진법」 등 국가 탄소중립 실현을 위한 법·제도에 근거하여 기후변화적용 분야의 기술개발 전략을 마련할 필요가 있다.

경제 및 산업 측면에서, 미국, EU 등 주요국은 기후기술 관련 스타트업에 대한 투자를 늘리고 기후기술을 기반으로 하는 지속가능한 경제로의 전환을 가속화하고 있음에 따라, 한국 또한 또한 역동성 있는 기후기술 스타트업 생태계 조성을 위한 심화된 논의가 필요하다.

법 및 제도 측면에서는 탄소시장에 대한 검토가 필요하다. 탄소중립이 새로운 글로벌 경제·사회 질서로 대두되는 가운데 국가 내부적인 온실가스 감축활동 만으로는 목표달성에 한계가 존재한다. 또한 정부/기업의 국제탄소시장 활용은 더욱 활성화될 것으로 전망됨에 따라

1) 본 연구는 당초 과학기술정보통신부의 기후미래포럼 행사의 의제를 정책연구 측면에서 지원하고자 기획된 연구이며, 기후기술과 관련된 분야 및 세부주제는 부처의 수요에 의해 결정된 사항임을 미리 밝힌다. 기후미래포럼에 대한 설명은 [별첨 1]에 제시하였다.

이를 뒷받침하기 위한 법/제도적 지원이 필요하다. 한국도 탄소중립을 법제화하는 등 적극적으로 대응해 나가고 있으나, 실질적인 감축주체인 기업의 부담이 증가하는 상황으로 이를 고려한 전략의 마련이 시급하다.

한편, 기후기술을 기반으로 한 글로벌 경쟁이 심화됨에 따라 상기 기술, 경제·산업, 법·제도 측면의 제도적 노력뿐만 아니라 국제협력 측면에서의 노력도 요구된다. 정부는 국내외 재원연계를 기반으로 한 국내 기후기술의 글로벌 확산 및 기후시장 선점을 위해 노력 중이며, 이를 증진하기 위한 국내외 재원연계 촉진·활성화 프로그램/프로젝트 개발이 필요하다.

## 2. 연구의 목적

본 연구는 기술, 경제/산업, 법/제도, 국제협력 분야에서 기후기술과 관련된 정책 아젠다와 기후기술 활용·확산을 위한 과제를 발굴하여 2050 탄소중립 실현을 위한 국가정책 수립에 기여하는 것을 목적으로 한다. 즉, 본 연구는 기후기술을 기술, 경제/산업, 법/제도, 국제협력의 4가지 측면에서 다각도로 접근하고, 현재 각 분야에서 마련되어야 할 정책 아젠다를 발굴하여 기후기술에 대한 총체적인 정책 수립에 기여 하고자 한다.

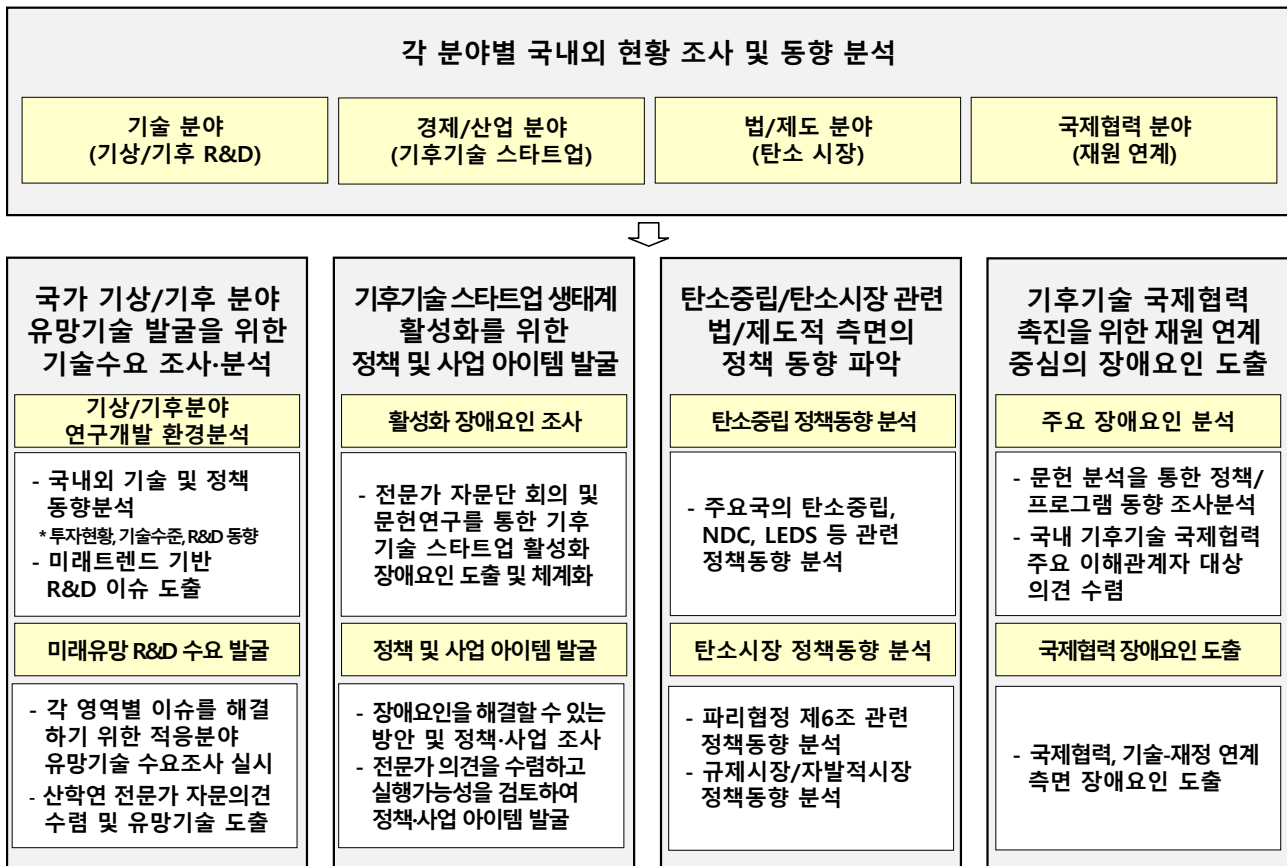
구체적으로 각 분야에서 달성하고자 하는 연구의 목표는 다음과 같다. 첫 번째, 기술 분야에서는 기후변화 적응 분야에서 미래 혁신기술에 대한 수요를 발굴하고, 이를 통해 기후위기의 기술적 해법을 제시하는 것을 목표로 한다. 두 번째, 경제/산업 분야에서는 기후변화 적응 및 대응의 핵심주체인 기후기술 스타트업을 통해 미래형 산업구조를 확립하기 위하여 기후기술 스타트업 활성화를 위한 정책·사업 아이템을 발굴하는 것을 목표로 한다. 세 번째, 법/제도 분야에서는 국제적인 탄소정책 및 탄소시장 기조에 대응하기 위해, 국내외 탄소중립 정책 및 탄소시장(파리협약 제6.2조, 제6.4조, 제5조) 동향을 조사하여 법/제도적 측면에서의 정책 아젠다를 발굴하는 것을 목표로 한다. 네 번째, 국제협력 분야에서는 국내 기후기술의 개도국 진출·기술이전 및 선진국과의 협력 등 기후기술의 국제협력 기반 조성을 위한 주요 정책 아젠다 발굴하는 것을 목표로 한다.

## 제 2 절 연구내용 및 추진체계

### 1. 연구의 내용 및 방법

본 연구는 [그림 1-1]과 같이 기후기술과 직접적으로 관련된 기술 분야와 기후기술 제반의 경제/산업, 법/제도, 국제협력 분야에 대해서 각각 정책 마련이 요구되는 세부주제(아이템)를 선택하여 연구를 진행하였다. 기술 분야는 기후변화 적응기술 중 기상/기후 부문의 기술을 세부 분야로 선정하였으며, 경제/산업 분야는 기후기술과 경제 간의 연결고리라고 할 수 있는 기후 기술 스타트업을 세부분야로 선정했다. 법/제도 분야는 세부분야로 기후변화 대응을 위한 국내외 탄소중립 정책과 탄소시장을 선정했으며, 국제협력 분야는 국내 기후기술의 국제협력과 기술-재정 간 연계를 선정했다. [그림 1-1]과 같이 각 분야는 세부주제에 대해서 국내외 현황 및 동향을 조사·분석하고, 전문가 자문단을 운영하여 각 분야의 이슈, 장애요인, 정책아젠다 등을 논의하여 구체화하는 과정을 거쳤다. 각 분야의 구체적인 연구내용과 방법은 하기와 같다.

[그림 1-1] 연구 프로세스 및 주요 내용



자료: 저자 작성

가. (기술) 국가 기상/기후 분야 R&D 기획을 위한 조사·분석

기술분야에서는 신규 R&D 기획을 위한 세부주제로 기후 예측기술을 선정하였다. 선진국을 중심으로 극한기상에 대한 ‘적응’ 관점을 넘어 지구시스템에 직접 개입하여 문제해결을 위한 ‘조절’ 기술을 시도하거나 인공지능(AI)과 빅데이터 기술을 접목하여 기상/기후 예측기술을 고도화하는 연구가 진행중에 있다. 그러나 우리나라의 경우 기후변화 감지·예측을 위한 핵심기술은 선진국에 의존중인 상황이므로 기상/기후 예측을 위한 원천기술이 필요한 분야이다.

기상 및 기후분야의 R&D 전략 및 정책동향과 국내 R&D 투자 동향 및 기술수준 현황에 대하여 조사하였다. R&D 전략 및 정책동향은 미국, 유럽, 호주 및 우리나라를 중심으로 검토하였으며, R&D 투자 동향 및 기술수준 현황은 국가녹색기술연구소에서 발간한 기후기술 국가연구개발 조사분석 보고서 및 기후기술 수준조사 보고서 결과를 활용하여 분석하였다. 이를 바탕으로 미래유망 R&D 분야를 발굴하였다.

발굴한 미래유망 R&D 분야에 대하여 분야별 R&D 후보군 pool을 구축하기 위하여 전문가 설문조사를 수행하고, 18개 R&D 후보군에 대한 개요서를 작성하였다. 마지막으로 도출된 기술 Pool(18건)에 대하여 총 3회 기술분과위원회 운영을 통하여 기술분과위원의 합의된 기상 및 기후분야의 신규사업 기획(안)을 도출하였다.

나. (경제/산업) 기후기술 스타트업 생태계 활성화를 위한 정책 및 사업 아이템 발굴

경제/산업 분야에서는 유관부처의 정책 및 사업이 요구되는 세부주제로 기후기술 스타트업을 선정하였다. 기후기술 스타트업은 기후기술의 성과와 국가 경제 및 산업 간의 연결고리 중 하나로, 기후기술 기반의 창업 활성화를 통해 다양한 기후기술의 성과가 단순히 학술적·기술적 성과에 그치는 것이 아니라 경제적 가치를 창출하는 사업으로 구체화 될 수 있다. 그러나 기후기술 기반 창업은 아직 국내에서 활성화되지 못한 상황이며, 국가 차원에서 일종의 마중물으로써 정책지원이 요구되는 분야이다.

스타트업, 창업 등 주요 키워드를 중심으로 한국 및 중국, 일본 등 주요국이 추진하고 있는 스타트업 지원정책 동향과 스타트업 생태계 현황을 조사하였다. 스타트업 지원정책은 기후기술과 에너지·환경 등 기후기술 유관분야의 스타트업 육성을 위한 특화된 정책을 포함하여 범 분야의 스타트업을 육성하기 위한 지원정책을 포괄적으로 검토하였으며, 이를 바탕으로 국내 기후기술 스타트업 생태계 활성화를 위한 정책적 시사점을 도출하였다.

스타트업 관련 정책 조사·분석에 이어, 전문가 자문단을 운영하여 국내 기후기술 스타트업 활성화 장애요인을 조사하였다. 이를 위해 대학, 대기업, 투자사, 스타트업 등에 소속된 전

문가로 구성된 기후기술 스타트업 전문가 자문단을 구축하였으며, 주요국의 스타트업 지원정책 조사·분석 결과를 바탕으로 전문가 자문회의 및 서면자문을 추진하였다. 전문가 자문단 운영 결과와 장애요인에 관한 연구진의 문헌연구를 종합하여, 기후기술 분야에서의 창업과 스타트업의 성장, 관련 생태계의 활성화를 저해하는 장애요인을 도출했다.

마지막으로 기후기술 스타트업 활성화 장애요인을 극복할 수 있는 정책과 사업 아이템을 발굴했다. 이는 상기 장애요인 조사와 유사하게 전문가 자문회의 및 서면자문을 활용한 기후기술 스타트업 전문가 자문단의 운영과 연구진의 국내외 주요 스타트업 정책 검토 결과를 종합하여 발굴했다.

#### 다. (법/제도) 국내외 탄소중립/탄소시장 정책동향 조사 및 법/제도적 측면의 정책아젠다 발굴

법/제도 측면에서는 문헌연구를 통해 국내외 탄소중립 정책 동향을 조사하였다. 국내는 국가 온실가스 감축목표, 2050 탄소중립 추진전략, 장기 저탄소 발전전략 등 2010년대 후반부터 수립되어 온 주요 탄소중립 관련 정책의 동향을 정리했으며, 해외의 경우 미국, 유럽연합, 일본, 중국, 베트남, 인도네시아에서 발표한 최근 탄소중립 정책을 중심으로 조사하였다.

탄소중립 정책 동향 조사에 이어 탄소시장 정책 동향을 제27차 유엔기후변화협약 당사국 총회 결과를 중심으로 검토하고, 탄소시장의 유형을 규제시장과 자발적 탄소시장으로 구분하여 세부적인 동향을 분석했다. 탄소시장 동향 분석을 바탕으로, 국제적인 탄소시장 활용 확대에 따른 이슈를 도출하고 한국이 글로벌 동향에 정책적으로 대응하기 위한 법·제도적 측면의 정책아젠다를 발굴했다.

#### 라. (국제협력) 국내 기후기술 국제협력의 촉진·활성화를 위한 동향 조사 및 장애요인 도출

본 연구는 우리나라의 기후기술 국제협력을 추진함에 있어 그 현황과 문제점을 파악하고, 현장에서 느끼는 주요 장애요인을 도출하여 극복방안에 대한 제언을 하고자 하였다. 이를 위해 우선적으로 우리나라를 비롯한 주요국들의 기후기술 국제협력 동향과 추진 사업·프로그램에 대한 조사·분석을 수행하였으며, (2) 현장에서의 장애요인을 확인하기 위해 기후기술 국제협력 관련 정책 수립하는 정책입안자, 국제협력사업을 발주·관리하는 실무자 및 실제 이행하는 산·학·연 관계자들을 대상으로 토론회와 의견수렴을 통해 장애요인을 파악하였다. 마지막으로, (3) 도출된 장애요인 중 시급성 및 중요성이 높은 것을 우선으로 이를 극복할 수 있는 방안에 대한 제언을 도출하였다.

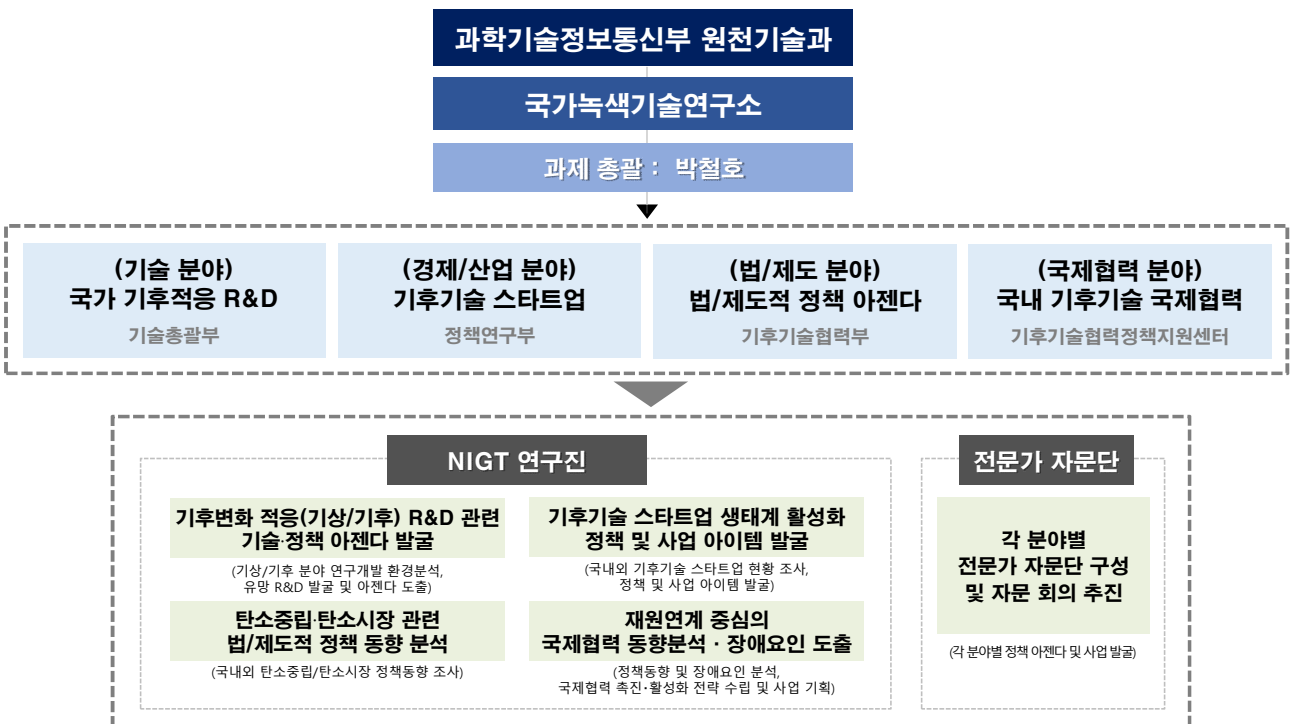
세부적으로, 기후기술협력에 있어 전주기적 관점으로 접근하고자 하였으며, 전주기상 활발하게 추진되고 있는 영역에 대한 파악 및 상대적으로 활동·지원이 적은 영역, 그리고 각 영역

간 원활한 연계에 주안점을 두고 전문가들의 의견을 수렴하였다. 다수의 회의와 서면 자문을 통해, 우선 (1) 자유로운 브레인스토밍을 통해 현장의 전문가들이 느끼는 어려움에 대해 의견을 수렴하였고, (2) 전문가들의 의견을 바탕으로 기후기술협력 추진에 대한 장애요인을 체계화하였다. 나아가 (3) 전문가들의 의견과 체계를 활용하여 장애요인 중 우선적으로 극복할 수 있는 방안에 대해 논의하였으며, 이들에 대해 (1) 정책지원 측면과 (2) 협력사업 기획·개발 측면에서 제언하고자 하였다.

## 2. 연구의 추진 체계

아래의 [그림 1-2]와 같이, 본 연구는 기술, 경제/산업, 법/제도, 국제협력의 네 분야의 연구를 병렬적·독립적으로 진행하되, 각 분야의 연구는 연구진의 자체적인 조사·분석과 함께 전문가 자문단을 운영하는 동일한 연구 추진체계 하에서 수행되었다. 전문가 자문단은 각 분야별 산·학·연 전문가 10명 내외로 구성하였으며, 전문가 자문단 명단은 별첨 2에 제시하였다.

[그림 1-2] 연구 추진 체계



자료: 저자 작성

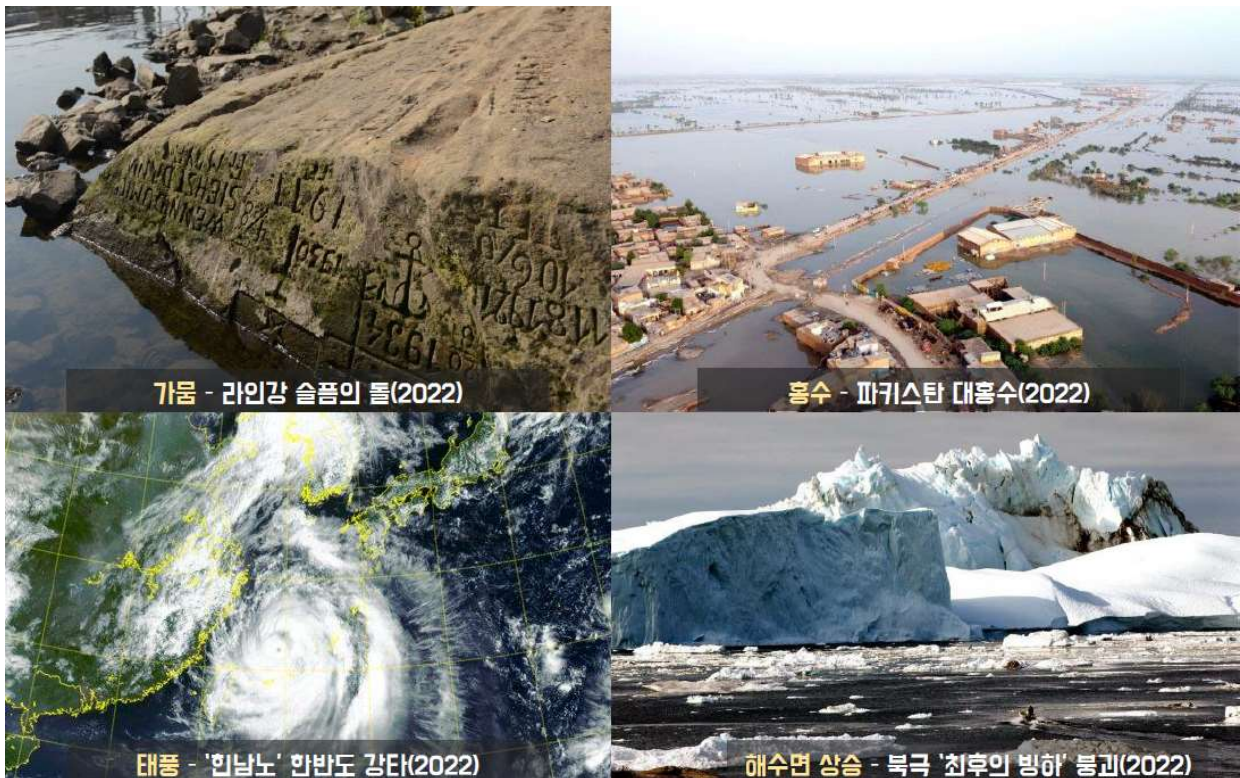
## 제 2 장 국가 기상/기후 분야 유망기술 발굴을 위한 기술수요 조사·분석

### 제 1 절 기상/기후 분야 연구개발 환경 분석

#### 1. 배경

기후변화로 인한 기상 및 대기변화의 양상이 복잡해짐에 따라 그에 따른 사회경제적 파급 효과도 막대하게 커지고 있다. 최근 기후변화에 관한 정부 간 협의체(이하 IPCC)에서 발간한 IPCC 제 6차 평가보고서(AR6)에서는 전지구적으로 기후변화에 따라 기후시스템이 평형에서 벗어나는 극단적 기상/기후 현상 발생이 더욱 빈번해지고 있다는 점을 지적하고 있다. 또한 세계 기상기구(WMO)는 기후변화에 따른 이상 현상이 새로운 표준(new normal)이 되었음을 경고하고 있다. 최근에 일어나고 있는 극단적 기상현상은 경제, 사회, 생태 시스템과 결합한 복합극한 기상으로 악화되는 양상이며, 2022년에 일어난 유럽의 극한 폭염 현상, 파키스탄의 유례없는 대폭우 및 홍수 그리고 12월 말 북극의 한기 유입으로 인한 북미 한파가 이러한 예에 속한다.

[그림 2-1] 2022년도 극단적 기상/기후 현상 예시



이러한 이상 기후현상에 대한 원인을 규명하고 첨단 과학기술에 기반하여 문제를 해결하기 위한 움직임이 부상하고 있다. 극한기상에 대한 피해예방 및 사후대처 등의 ‘적응’ 관점을 넘어 지구시스템에 직접 개입하여 문제해결을 위한 ‘조절’ 기술을 시도하거나 인공지능(AI)과 빅데이터 기술을 접목하여 기상/기후 예측기술을 고도화하는 연구가 진행중에 있다. 이상기후를 관측하고 예측하는 것은 한 국가가 담당할 수 있는 영역이 아닌 범국가적으로 해결해야 할 이슈이기도 하다. 하지만 우리나라 경우 기후변화 감지·예측을 위한 핵심기술은 선진국에 의존중인 상황이다. 특히 탄소중립의 핵심인 온실가스 모니터링/진단·산정/예측의 원천기술이 부재한 상황이며 미국 국립대기연구소, 독일 막스플랑크 연구소, 영국 해들리 센터 등에서는 기후예측모델을 기후지구시스템 모델로 진화시키는 R&D 추진 중이나 우리나라의 경우 지구기후시스템 모델링의 고도화에 난항을 겪고 있다. 이러한 배경을 토대로 앞으로 우리나라에서 독자적으로 기후 예측을 위한 연구개발 사업의 방향성을 제시하고자 R&D 현황 및 기술수준 현황을 진단하고 미래 유망기술을 발굴하기 위한 기술수요를 조사하였다.

## 2. 국내외 기상/기후 분야 R&D 전략 및 정책 동향

미국의 상무부 산하 국립해양대기국(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)에서는 「Research and Development Plan 2020-2026」을 통해 7개년도의 기상 R&D 전략 및 중장기 정책 방향을 제시하였으며, 총 3가지의 비전과 15가지의 핵심 주제로 구성되어 있다.

<표 2-1> NOAA 「Research and Development Plan 2020-2026」 3대 비전 및 15가지 핵심주제

비전	핵심주제
극한 기상 및 환경현상에 따른 사회적 영향력 완화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 극한 기상에 대한 예·경보 개선</li> <li>- 전 지구·지역 기후의 영향</li> <li>- 우주기상장비·서비스의 효용성 제고</li> <li>- 통신·장비·서비스 개선을 통한 정보기반 의사결정 지원 방안</li> </ul>
해양과 연안자원의 지속가능한 이용과 관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 생태계 이해·보호·복구 방안</li> <li>- 어업 공동체의 수요 충족-생태계 지속 방안</li> <li>- 지속가능한 양식업의 성장</li> <li>- 해안·해양자원의 보전-관광시설의 발전 등 균형잡힌 성장</li> <li>- 해상교통량 증가와 선박규모 확대 속 효율 극대화·안전개선 방안</li> <li>- 해양분야 미개척지 연구</li> <li>- 사회경제적 정보 활용을 통한 생태계서비스의 지속가능성, 공공참여, 경제적 편익 향상 방안</li> </ul>
효과적인 연구, 개발 및 투자	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 모델링 통합·개선 방안</li> <li>- 관측 발전 및 관련 플랫폼 최적화 방안</li> <li>- 빅데이터와 정보기술의 활용 개선을 통한 성과 확대 및 경제성장</li> <li>- 신뢰할 수 있는 사회과학 연구를 통한 투자정보 제공 방안</li> </ul>

자료: NOAA, 「Research and Development Plan 2020-2026」(2020)을 토대로 저자가 정리



영국의 경우 기업·에너지·산업 전략부(Department for Business, Energy and Industrial Strategy, BEIS) 산하의 국가 기상청인 Met Office에서 「Research and Innovation(R&I) Strategy」을 통해 총 3가지 핵심활동과 9가지의 R&I 주제를 제시하고 있다.

〈표 2-2〉 Met Office 「Research and Innovation(R&I) Strategy」 3대 핵심활동 및 9가지 R&I 주제

핵심활동	R&I 주제
서비스형 과학	- 의사결정지원 - 고객 니즈를 반영한 예측서비스 연구 성과 창출 - 데이터 생산, 처리 및 전달
선도적 연구	- 고해상도화 - 앙상블 프로듀싱 및 활용 - 환경 복잡성
국가역량	- 정확한 환경 예측 - 차세대 모델링 시스템 - 데이터과학과 시뮬레이션의 융합

자료: Met Office, 「Research and Innovation(R&I) Strategy」(2022)을 토대로 저자가 정리

유럽의 독립적인 정부간 기상 기구이자 34개 회원국 및 협력국에 기상서비스를 제공하고 있는 ECWMF(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)에서는 중기 기상예측 역량 향상 및 예보 제공을 위한 R&D 전략으로 「Strategy 2016-2025」을 수립하였으며, 5대 분야 10대 전략을 제시하고 있다.

〈표 2-3〉 ECWMF 「Strategy 2016-2025」 5대 분야 및 10대 전략

분야	전략
기상과학 발전	- 지구시스템 모델링 - 예측 기술 향상
글로벌 예측정보 공유	- 통합 앙상블 시스템 구축 - 예보 품질 평가
고성능 컴퓨팅(HPC, High-Performance Computing) 역량 유지	- 컴퓨터 확장성 강화 - HPC 장비 개선
업무환경 개선	- 예산·인력 증대 - 적정 업무환경 제공
회원국 서비스 강화	- 전문가 교류 - 신뢰도 높은 정보 제공

자료: ECMWF 「Strategy 2016-2025」(2016)을 토대로 저자가 정리

호주의 경우 호주 기상청(Bureau of Meteorology, BoM)을 중심으로 「Research and Development Plan 2020-2030」을 수립하였으며, 동 전략에서는 신뢰성 맞춤형 예보 서비스를 위한 4가지 목표를 제시하고 있다.

〈표 2-4〉 호주 BoM 「Research and Development Plan 2020-2030」 4가지 목표

목표
① 맞춤형 고해상도 시공간 특보·영향예보: 재해정보, 영향기반 확률 분석, 예·경보 정보 통합과 지속적 업데이트 실현 ② 신뢰할 수 있는 예보: 자료동화 관측데이터(종류, 크기)의 대폭 개선 ③ 지구시스템 모델 역량 고도화: 대기, 해양, 빙권, 수문 통합시스템 개발 ④ 기상·기후 이해 향상: 모든 시간 단위(분~수십 년)에서 기상·기후·사회과학을 적용한 이음새 없는 서비스 지향

자료: BoM 「Research and Development Plan 2020-2030」(2020)을 토대로 저자가 정리

우리나라에서는 기상청이 2018년에 기상 R&D에 대한 효율적인 성과관리 및 투자전략 수립을 지원하고 대내외 환경변화 및 기상분야 미래이슈를 반영한 「기상 R&D 중장기 추진전략(2018~2027)」을 수립한 바 있다. 해당 전략에서는 향후 10년 간 국내 기상 R&D를 육성하기 위한 4가지 중점 방향으로 ‘신속하고 정확한 관측 예보 지원’, ‘장기 기후예측 및 영향평가를 통한 기후변화대응역량 강화’, ‘지진화산위기대응체계 구축을 위한 핵심기술 확보’, ‘미래사회 및 산업수요에 대비한 융합기상 R&D 추진’을 제시하고 있다. 또한 선진국 대비 기술수준을 2027년까지 96.2% 수준으로 향상시키겠다는 정량목표도 설정하고 있다.

[그림 2-2] 기상청 「기상 R&D 중장기 추진전략(2018~2027)」 비전체계도

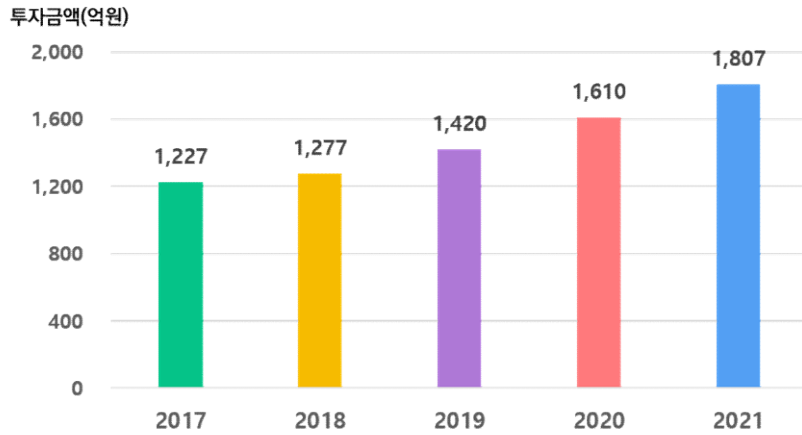


자료: 기상청 「기상 R&D 중장기 추진전략(2018~2027)」 (2018) 발췌

### 3. 국내 R&D 투자 동향 및 기술수준

「2021년 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」에 따르면 국내 기상/기후 분야의 R&D는 2021년 기준 1,807억원이며, 2020년 대비 196억원이 증가한 것으로 나타났다. 기술별로 살펴보자면 2021년 기준 ‘기후 예측 및 모델링 분야’에는 1,308억원, ‘기후 정보 경보시스템 분야’에는 499억원이 투자되었으며, 두 분야의 경우 2020년 대비 R&D 투자액이 상승한 것으로 나타났다. 5년간의 시계열 비교분석을 하였을 때 ‘기후 예측 및 모델링 분야’에서 41%, ‘기후 정보 경보시스템 분야’에서 66%가 상승하고 있어 정부 연구개발비 지출액이 지속적으로 증가한 것으로 분석되었다.

[그림 2-3] 국내 기상/기후 분야 연도별 연구개발비 추이



자료: 국가녹색기술연구소 「2021년 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」(2022)

세부기술별로 살펴봤을 때 ‘기후 예측 및 모델링 분야’에서는 주로 관측 및 감시 기술에 투자한 것으로 나타났으며, 기후변화 메커니즘 분석 및 원인규명, 예측 및 모델링, 기후변화 정보 DB 구축, 지구시스템모델링, 미래전망 산출 및 분석 기술 등이 그 뒤를 따르고 있다. 한편 ‘기후 정보 경보시스템 분야’에서는 예·경보기술과 극한기후 진단 및 예측에 주로 투자되며, 재난·재해 예측(지진,화산), 취약성 예측 및 평가 기술 등이 그 뒤를 따르는 것으로 조사되었다.

[그림 2-4] 국내 기상/기후 분야 세부기술별 연구개발비(2021년도) 비중



자료: 국가녹색기술연구소 「2021년 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」(2022)

2020년에 시행한 「2020 기후기술 수준조사」에 따르면 우리나라의 기상/기후 R&D 수준은 최고기술보유국(미국 및 EU) 대비 80.0%이며, 기술격차는 5.0년으로 평가되었다. 세부기술별로 살펴보면, 기후변화 원인규명 기술 분야에서는 80.0%(기술격차 5.0년), 기후변화 관측 및 감시 기술에서는 75.0%(기술격차 5.0년), 기후변화 예측 기술은 78.0%(5.0년), 기후변화 모델링 및 영향평가 기술의 경우 80.0%(기술격차 5.0년)으로 나타났다.

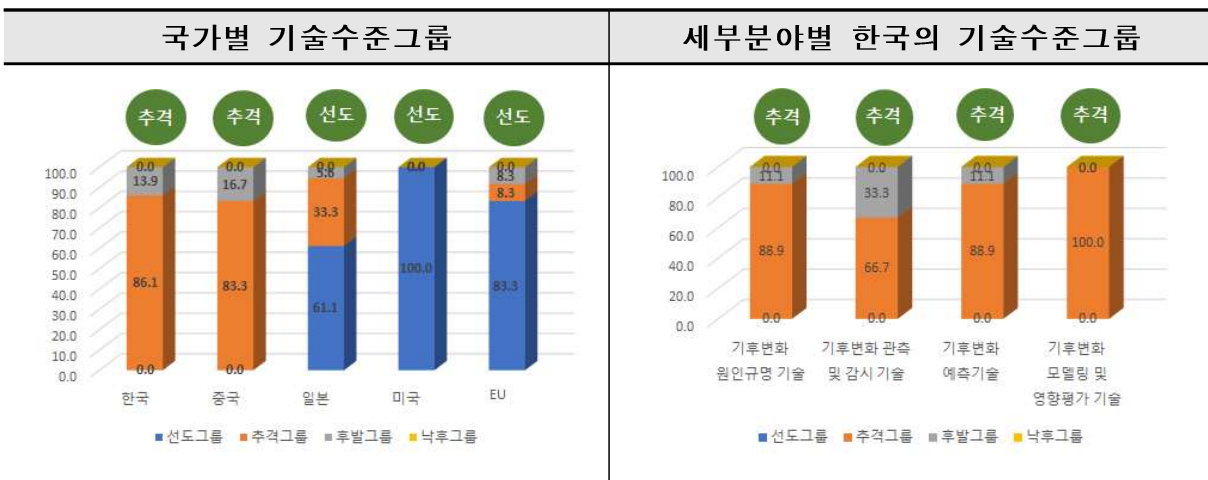
[그림 2-5] 기상/기후 R&D 분야 기술수준 및 기술격차 비교



자료: 국가녹색기술연구소 「2020 기후기술 수준조사」(2020)

한편, 기상/기후 분야에서 한국의 기술수준 그룹은 ‘추격’으로 조사되었으며, ‘선도’ 그룹은 일본, 미국, EU로 평가되었다. 세부분야별 한국의 기술수준 그룹 역시 ‘추격’ 단계에 해당하는 것으로 나타났다.

[그림 2-6] 기상/기후 R&D 분야 기술수준그룹 비교



자료: 국가녹색기술연구소 「2020 기후기술 수준조사」(2020)

#### 4. 소결

기상/기후 분야에 관한 주요국 R&D 전략을 살펴본 결과 공통적으로 “보다 정확하고 세밀한 예보”와 기술발전예에 따른 “데이터 처리 기술, 플랫폼 개선”에 중점을 두고 있는 것으로 나타났다. 특히 기상/기후 관측과 데이터 수집 및 처리에 있어 빅 데이터, 인공지능 등 ICT 분야의 신기술을 접목한 고성능 컴퓨팅 활용이 핵심 이슈로 등장하고 있으며, 단순히 과학적 측면에서 기상현상을 정확히 예측하고 분석하는 차원을 넘어 실제 국가 산업이나 국민 실생활

에 미치는 영향에 대한 이해를 위한 기상연구로 논의가 확장되고 있음을 알 수 있다. 국내의 경우 기상청을 중심으로 기상/기후 R&D 육성을 위한 추진전략을 수립하였으며, 정부 R&D 지출 규모도 꾸준히 증가하고 있으나 국내 기술수준은 해외 선진국에 비해 다소 뒤쳐진 수준으로 나타났다. 이는 투자 측면에서 규모의 확장도 중요하나 선진국과의 기술경쟁에서 향후 R&D 방향성 정립이 중요하다는 것을 시사한다. 본 소절에서는 주요국의 기상 R&D 중장기 전략 내용들을 바탕으로 국내 기상/기후 분야에서의 미래 R&D 테마를 “ICT 기반구축”, “이상 기후 이해 및 예측”, “이상기후위기 대응” 으로 설정하였다.

## 제 2 절 기상/기후 분야 미래유망 R&D 수요 발굴

제1절에서 기상/기후 분야 연구개발 환경 분석 결과 ICT 기반구축, 이상기후 이해 및 예측, 이상기후위기 대응 분야가 이슈로 도출되었다. 분야별 R&D 후보군 pool을 구축하기 위하여 전문가 설문조사를 수행하고, 18개 R&D 후보군에 대한 개요서를 작성하였다. 또한 도출된 기술 Pool(18건)을 기술분과 위원들과 검토하여 신규사업 기획(안)을 도출하였다.

### 1. 기상/기후 ICT 기반구축 후보군 조사 및 개요서 작성

전 세계적으로 AI·빅데이터 기술혁신에 따라 기상/기후과학 연구의 패러다임 전환이 가속화되고 있다. 이에 전문가 설문조사 결과 ICT 기반구축 분야에서는 이상기후 가상정보 연계를 통한 기후 빅데이터 확보 및 융합 플랫폼 구축을 위하여 총 7건의 기술 후보군을 도출하였다.

〈표 2-5〉 기상/기후 ICT 기반구축 분야 기술 후보군 도출 결과

번호	기술명	개발 목표
1	전지구기후시스템 모델 원천기술 개발	대기, 해양, 지면, 해빙 등 결합모델 모듈별 국내 기술 확보 및 극한 기후위기 예측 및 분석
2	지구시스템 앙상블 실험과 디러닝	복합극한기상의 최대확률시점을 특징하는 예진단 시스템 구축
3	미래 기후 시나리오의 지구 메타버스 구현	기상 및 수문 재해 모의, 기후변화 영향 탐지, 원인 규명 등
4	고해상도 대규모 앙상블 시뮬레이션	폭염 지속시간, 단기간 폭우 강도 등 극단적 이상기후 예측기술 개발
5	통계 데이터 학습과 상호작용 분석	기후변화에 따른 도시 지역 취약성을 3차원 예측 평가하는 정보관리 플랫폼 개발
6	시/공간 위성 활용 데이터 융합	산불 취약성 분석, 조기 탐지 및 위험성 분석 평가 기술 개발
7	지상, 위성 관측자료 수집 분석 체계화	기후-식생-산불 복합 예측 모델 개발을 통해 산불 예측 및 위험도 평가 및 예측

자료: 저자 작성

도출된 ICT 기반구축 분야 기술 후보군에 대하여 기술별 목표, 개발내용, 필요성, 국내외 현황, 기대효과, 기타(개발기간, 예산 등)로 구성된 개요서를 작성하였다.

가. 전지구기후시스템 모델 원천기술 개발

<b>제안기술 (사업)명</b>	극한 기후위기 예측 및 분석을 위한 전지구기후시스템모델 원천기술 개발
<b>개발목표</b>	○ 전지구기후시스템 예측 및 분석을 위한 결합모델 모듈별 국내 독자기술 확보 - 대기, 해양, 지면, 해빙, 화학 등 개별 모듈별 국산 코드 및 결합 기술 개발
<b>개발내용</b>	○ 전지구기후시스템모델 분야별 구성모듈 국산화 - 중장기 기후예측 및 전망분석을 위한 독자 해양-지면 생지화학 모델 개발  ○ 분야별 구성모듈 결합기술 개발 - 독자개발 및 해외 범용 모듈들을 필요에 따라 선택 가능한 프레임워크 개발  ○ 독자 전지구기후시스템모델 공동 활용 플랫폼 기술개발 - 학계 및 공공의 예측 및 분석 수요(시공간 해상도 등)에 따른 모델 운영기반 구축
<b>필요성</b>	○ 전지구기후시스템 모델링 분야 국내 기술은 해외 모델 도입 기반으로 다양한 분야에서의 운영 및 분석 연구는 활발하고 그 수준도 세계 최상급에 도달  ○ 다만, 원천기술의 해외의존 상황은 증가하는 극한 기후위기 예측 및 분석 수요에 부응하기 위한 고해상도화 및 분야별 신규 관측자료의 동화 등에 따른 결합기술 개선 등의 분야에서 국제적인 기술선도에 걸림돌  ○ 또한, 국내적 규모 기후위기 대응의 각종 정책지원을 위한 기후예측정보의 다운스케일 측면에서 원천기술의 해외의존 상황은 한계로 작용
<b>관련 국내외 현황</b>	○ 기상청은 영국 GloSea6를 도입하여 계절예측 현업 사용, IPCC 보고서 등을 위한 장기 시나리오 생산은 Hadgem 계열 도입 사용 - 기존에 국산화된 대기모델 중심의 기후시스템모델 개발계획 추진  ○ 미국 NCAR의 CESM은 국내 포함 많은 연구자/기관들이 사용하는 커뮤니티 전지구기후시스템모델  ○ 모델운동을 위한 HPC 기반과 관련해서, 과기정통부의 국가지정 초고성능컴퓨터 전문센터 제도 활용 가능 전망
<b>기대효과</b>	○ 기후모델링 분야의 원천기술 확보를 통해 수요에 선도적으로 대응하는 독자 모델의 개선 및 성능향상 연구의 지속성 기반 확보  ○ IPCC 등에 제시하는 국가자료의 신뢰도 제고 및 국내 기술기반의 WCRP 등 국제적인 공동연구 참여 활성화 기여
<b>기타 (개발기간, 예산 등)</b>	○ (개발기간) 10년  ○ (요구예산) 1,000억 (해양, 지면 모듈 및 결합기술, 플랫폼 개발)



## 나. 지구시스템 앙상블 실험과 딥러닝

제안기술 (사업)명	지구시스템 앙상블 실험과 딥러닝
개발목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 향후 10년 이내에 발생 가능성이 높은 복합극한기상의 진단 기술 개발</li> <li>○ 지구시스템모형 앙상블 실험과 딥러닝 기법을 결합한 하이브리드 방식에 기반하여 복합극한기상의 최대확률시점을 특정하는 예진단 시스템 구축</li> </ul>
개발내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 동반되는 복합극한기상 범주 구체화 및 진단 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대기/식생/지면/해양 상호작용에 의한 미래 복합극한기상 현상 범주 구체화</li> <li>- 복합극한기상 발달 기작 이해 및 장기 예측/진단 가능성 검증</li> </ul> </li> <li>○ 복합극한기상 예진단을 위한 기후모형 데이터 앙상블 구성 최적화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지구시스템모형에서의 복합극한기상 모의성능 검증 및 오차 요인 개선</li> <li>- 적정 앙상블 실험 규모, 적분 기간 등 딥러닝 학습을 위한 인풋 자료로서의 앙상블 실험 구성 최적화</li> </ul> </li> <li>○ 관측 및 앙상블 실험 데이터 기반 복합극한기상 하이브리드 예진단 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 물리과정 이해 기반 주요예측 변수 학습 및 기후모형 앙상블실험 조건 개선</li> <li>- 복합극한기상 진단 능력 개선을 위한 하이퍼파라미터 최적화</li> <li>- 복합극한기상에 따른 사회경제적 피해 및 기후취약계층 추정</li> </ul> </li> </ul>
필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지구온난화가 가속화됨에 따라, 기존의 극한기상이 다른 기후요소와의 상호작용을 통해 복합화/대형화하는 추세 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최근 전세계 각지에서 빈발하고 있는 “가뭄-열파-초대형 산불”이 그 대표적 사례로서, 전례없는 극한기상의 발생은 에너지 수급 등 경제 문제와 결합함으로써, 또 다른 차원의 복합극한기상을 초래하기도 함</li> <li>- 그 한 예로서 2021년 겨울 북미 지역 이례적 한파 사례에 의해 촉발된 “텍사스 대정전” 사례가 있음. 미래에 어떠한 양상의 복합극한기상이 발생할 수 있을 것인지 가능성을 미리 가늠하고 진단/예측하는 일은 기후변화에 의해 수반되는 사회경제적 비용을 감축하기 위하여 필수적임.</li> </ul> </li> <li>○ 최근, 기후변화 대응을 위하여, 기후변화 시나리오 시뮬레이션을 지역 규모로 상세화하는 데에서 한 걸음 더 나아가, 십 년 규모의 장기 예측을 통해 기후변화에 적극적으로 대응하고자 하는 움직임이 국제적으로 진행되고 있음 (Sandgathe et al. 2020).</li> <li>○ 복합극한기상의 사회경제적 파급효과를 고려할 때, 10년 이내에 발생할 가능성이 높은 복합극한기상의 진단/예측 가능성을 적극적으로 검토하고, 관련 기술을 개발함으로써, 기후변화 적응을 위한 선제적인 대응을 준비해야할 시점임.</li> </ul>

<p><b>관련 국내외 현황</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후예측 분야의 최신 이슈로서 경년~10년 시간 규모 (I2D, interannual to decadal) 예측의 필요성에 대한 공감대가 국제적으로 확대됨에 따라, 유럽중기예보센터(ECMWF)에서는 I2D 현업 예측 서비스를 장기적인 목표로 하여 2019년부터 농업, 에너지, 사회기반시설 분야 정책 수립을 위한 과학적 근거로 활용할 수 있는 프로토타입 산출물을 제공하기 시작하였음.</li> <li>○ WCRP (World Climate Research Programme)에서는 10년 규모 기후예측성 검토를 위한 기후모형 실험 프로토콜을 CMIP6에 포함하였고, GFDL, JANSTEC, MetOffice, NUIST 등 주요 기후모델링 그룹에서 이 프로젝트에 참여하고 있음. 10년 규모 예측은 국제적으로도 아직까지는 그 가능성을 검토하고 관련 기술을 개발해나가는 초기 단계임.</li> <li>○ 최근 활발히 진행되고 있는 딥러닝 기반 예측기술은 주로 초단기 예측 분야에 집중되어 있음             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후 규모 예측에서는 국내 연구진에 의해 엘니뇨 예측 부문에서 수치모형보다 우수한 예측 성능이 확인된 바 있으며 (Ham et al., 2019, Nature), 중기 예측에 적용하기 위한 연구과제가 올해 시작되었음.</li> <li>- 기후모형 빅데이터에 기반한 10년 규모 예측을 시도할 수 있는 충분한 국내외적 조건이 형성되고 있음.</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>기대효과</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구 개발의 결과로서 우수한 논문을 작성하는 데에 그치는 것이 아니라, 우리나라 기후위기 적응에 실제적으로 기여할 수 있는 결과물 산출.</li> <li>○ 지구시스템 모델링과 머신러닝 기법의 하이브리드 시스템 개발을 통한 최첨단 기후 예측/진단 기술 축적.</li> <li>○ 농/산업/경제 분야를 위한 기후변화 적응 정책 수립 및 안정적인 사회기반시설 구축, 기후취약계층을 위한 정책 방향을 위한 과학적 참고자료 제시.</li> </ul>
<p><b>기타 (개발기간, 예산 등)</b></p>	<p>※ 복합극한기상 예진단 연구는 아직까지 매우 실험적인 분야로서, 물리 역학 과정의 심도깊은 이해와 더불어, 국제적으로 개발이 시작되고 있는 I2D 연구 트렌트 및 딥러닝 접목을 통한 시너지를 얻기까지의 집중적인 연구가 필요한 분야임. 미션해결형(R&amp;SD) 과제로서의 사업 취지를 고려하여, 충분한 파급효과를 가질만한 성능에 도달하기까지 장기적인 사업으로 추진할 필요가 있음.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (개발기간) 5+3 년 (1단계: 복합극한기상 하이브리드 예진단 시스템 구축 / 2단계: 성능 개선 및 정교화)</li> <li>○ (요구예산) 10억/년</li> </ul>

## 다. 미래 기후 시나리오의 지구 메타버스 구현

<b>제안기술 (사업)명</b>	기후변화 탐지 및 원인 규명을 위한 지구메타버스 기술
<b>개발목표</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다양한 미래 기후 시나리오의 지구를 가상공간에서 구현하고 이를 통해 기상 및 수문 재해 등을 모의하고 기후변화의 영향을 탐지하고 그 원인을 규명</li> <li>- 인간 활동의 직간접적인 영향을 고려하기 위해 지구메타버스 (MetaEarth - Hydro Digital Twin) 시스템 개발</li> </ul>
<b>개발내용</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ MetaEarth - Hydro Digital Twin 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다중 규모의 기후-수문 모델링 프레임워크</li> <li>- 인간 활동을 고려한 초고해상도 (~1km) 수문 역학 모델</li> </ul> </li> <li>○ Digital Twin Large Ensemble <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개발된 시스템을 활용 기후변화 영향의 객관적 탐지 및 원인규명을 위한 대규모 앙상블 모의</li> <li>- 다중 모델 및 미래 기후 시나리오 조합에 따른 대규모 앙상블 모의</li> </ul> </li> <li>○ 다양한 전·후 자료 처리 기술 개발과 응용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실시간 지구메타버스 시스템 진단 및 활용 (online diagnostics)</li> <li>- 진보된 시뮬레이션 편차 보정 기술 (Bias-correction) 개발</li> <li>- 객체 탐지 및 추적 기술 (Object Detection &amp; Tracer Scheme) 개발</li> </ul> </li> </ul>
<b>필요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후 변화의 적응 전략은 신뢰도가 높은 지역 정보 산출을 요구 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 특히 우리나라처럼 인구 및 경제 집중이 심한 지역의 경우 일반적인 기후 모델로부터 산출되는 정보가 정책 결정에 직접적으로 이용되기 위해서는 정보의 상세함과 다양성이 크게 부족</li> <li>- 이를 극복하기 위해 초고해상도 수문 역학 모델링 프레임워크를 개발하고 영향 평가의 불확실성을 추정할 수 있는 수문 기후 빅데이터를 생성 필요</li> </ul> </li> </ul>
<b>관련 국내외 현황</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유럽의 GloFAS, 일본의 Today's Earth/Japan 등 고해상도 수문 모니터링 및 중단기 예측 시스템이 개발되고 있으나 우리나라에는 아직 존재하지 않음</li> <li>○ 많은 선진국에서 인간활동을 고려한 다양한 지면/수문 모델이 개발되어 왔으나 우리나라는 고유의 지면/수문 모델이 존재하지 않음.</li> <li>○ ISpedia 등 미래 기후의 국가/지역별 위험 평가 데이터 베이스가 존재하지만 Digital Twin급으로 상세화된 기후변화 영향 평가는 존재하지 않음</li> </ul>
<b>기대효과</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다양한 기후변화 시나리오 및 대응 대책에 대한 영향 및 효과를 초고해상도에서 평가함으로써 도시 및 지자체 규모의 정책 결정에 직접적으로 기여하고 평가의 불확실성 정보를 함께 제공함으로써 적응 전략의 효율성을 극대화 함.</li> </ul>
<b>기타 (개발기간, 예산 등)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (개발기간) 7년</li> <li>○ (요구예산) 년 30억</li> </ul>

라. 고해상도 대규모 앙상블 시뮬레이션

<p><b>제안기술 (사업)명</b></p>	<p>고해상도 대규모 앙상블 시뮬레이션을 활용한 극단적 이상기후 예측기술 개발</p>
<p><b>개발목표</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고해상도 대규모 앙상블 시뮬레이션을 활용한 “극단적 이상기후” 현상의 예측 기술을 개발하고 근미래 및 탄소중립 이후의 변화를 전망</li> </ul>
<p><b>개발내용</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 동아시아 지역을 중심으로 2-3km 해상도의 고해상도 기후모델을 활용한 대규모(수백-수천 개 멤버) 앙상블 시뮬레이션 체계 구축</li> <li>○ 구축된 모델시스템의 현재기후 모의성능 평가: 피해 중심의 물리 메커니즘 metric 개발 (예, 온난화 대비 폭염의 지속시간과 단기간 폭우 강도 변화)</li> <li>○ 근미래(2050년 이내) 기간별 다양한 기후시나리오 실험을 통하여 온실가스 및 에어로졸 배출경로에 따른 극단적 이상기후 현상의 발생가능성을 전망</li> <li>○ 먼미래 탄소중립 시나리오(2050년 이후) 적용 유무에 따른 극단적 이상기후 현상의 변화를 진단</li> </ul>
<p><b>필요성</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 최근 21세기 중반에나 나타날 것으로 예상했던 극단적인 이상고온과 폭우가 동아시아를 포함해 전지구적으로 빈번히 발생하고 있음.</li> <li>○ 이러한 수백-수천년 재현기간을 갖는 극단적 이상기후 현상에 대한 예측과 미래전망 연구는 모델실험 자료의 부족으로 거의 수행되지 못한 실정임.</li> <li>○ 이상기후는 그 발생가능성이 작기 때문에 대규모 샘플을 이용한 확률적인 접근이 필수적임.</li> </ul>
<p><b>관련 국내외 현황</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 특히 큰 피해를 일으키는 시간당 집중호우 강화의 예측 및 전망 연구는 2-3km 이상의 고해상도 convection-permitting model이 필수적이며 이를 활용한 대규모(수백-수천년) 앙상블 연구는 세계적으로도 전무한 실정임.</li> </ul>
<p><b>기대효과</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 발생가능성은 적지만 피해가 광범위하고 결정적인 low-likelihood high-impact 이상기후 현상에 대한 고해상도 예측정보는 보건, 농업, 에너지, 산업 등 분야별 미래 기후위기를 대응하고 극복하는데 필수적인 정보로 그 활용성이 매우 높을 것임.</li> </ul>
<p><b>기타 (개발기간, 예산 등)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 5년</li> <li>○ 50억(10억/1년)</li> </ul>

## 마. 통계 데이터 학습과 상호작용 분석

제안기술 (사업)명	통계 데이터 학습과 상호작용 분석
개발목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 따른 도시 지역의 취약성을 3차원의 시공간에서 예측하고 평가하는 정보 관리 플랫폼을 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후변화에 의해 자연재난과 사회재난의 빈도와 강도가 증가함에 따라 가까운 미래에 취약성이 높아지는 시간적·공간적 범위를 예측하는 기술</li> <li>- 기후변화 적응 기술을 도입하는 시나리오에서 도시 미기후변화 취약성의 개선 여부를 평가하는 기술</li> </ul> </li> </ul>
개발내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과거 통계 데이터를 학습하여 도시 미기후 인자와 기후변화 취약성 간 관계 도출               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 특정 도시와 개별 기후변화 관련 재난을 타겟으로 하는 취약성 예측 기술 개발</li> <li>- 일반화된 기후변화 취약성 지수를 개발하고 이를 취약성 예측에 활용하는 고도화 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 인간 활동과 상호작용하는 도시 미기후변화 취약성 예측               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인간 활동과 도시 미기후 인자 간 상호작용 과정(양 또는 음의 되먹임 과정)을 분석하여 취약성 예측에 적용하는 기술 개발</li> <li>- 도시 과밀화 및 연담 도시화에 따른 입체적인 미기후변화 취약성 예측 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 기후변화 적응 기술의 도시 미기후변화 취약성 개선 효과 분석·평가               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실현 가능성이 높은 기후변화 적응 기술의 적용 시나리오 개발</li> <li>- 기후변화 적응 기술의 적용 시나리오에 따른 취약성 개선 여부 평가 기술 개발</li> </ul> </li> </ul>
필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화 적응 기술의 최대 목표는 인구가 밀집한 관심 지역의 기후변화 취약성을 신속하고 확실하게 낮추는 것임               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이를 위해서는 어느 시간 범위에 어느 지역에서 취약성이 높아질 것인지를 미리 예측하는 기술과 함께 기후변화 적응 기술을 도입하는 시나리오에서 취약성을 크게 낮출 수 있는지 과학적으로 평가하는 기술이 요구</li> <li>- 기후변화 취약성은 또한 인간활동의 변화 양상에 의존하므로 인간활동과 도시 지역의 미기후 인자 간 상호작용이 예측 기술에 반영되어야 함</li> <li>- 점차 과밀화 및 연담 도시화하는 추세에 따라 인간활동의 범위는 지상 2차원에서 벗어나 고층 건물을 포함하는 3차원으로 확장할 필요가 있음</li> </ul> </li> </ul>
관련 국내외 현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 도시계획 및 관리의 관점에서 폭염·홍수·한파 등 개별 기상재난에 대한 2차원적인 기후학적 취약성 평가를 광범위하게 수행하고 있음               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후변화 취약성 평가는 정적 요소인 건물 및 토지이용에 관한 의사결정에는 도움을 주나, 동적 요소인 인간활동을 반영하지 못한다는 한계가 있음</li> <li>- 또한, 3차원 도시 공간을 대상으로 하는 예측 기술로의 확장은 아직 초기 연구 단계에 머물러 있음</li> </ul> </li> </ul>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 향후 도시 지역 내 기후변화 취약성이 높아지는 시공간 범위를 미리 예측하여 대응할 수 있으며, 기후변화 적응 기술의 유효성을 사전에 평가하고 발굴할 수 있음</li> </ul>
기타 (개발기간, 예산 등)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (개발기간) 5년</li> <li>○ (요구예산) 15억/년                      *세부 개발내용 당 5억/년</li> </ul>

바. 시/공간 위성 활용 데이터 융합

<p><b>제안기술 (사업)명</b></p>	<p>다양한 시/공간 위성을 활용한 산불 취약성 및 피해 분석</p>
<p><b>개발목표</b></p>	<p>○ 기후변화 영향으로 인한 산불 취약성(노출, 민감도, 적응능력 등) 및 위험성(위해성, 노출성, 취약성 등 고려)을 과학적으로 분석·평가하는 기술을 개발하고, 다양한 시공간 해상도를 갖고있는 위성들을 융합하여 산불 조기탐지를 통해 피해를 예방하고, 산불 모니터링을 통해 피해를 줄이는 기술을 개발하는 것이 목표</p>
<p><b>개발내용</b></p>	<p>○ 산불 취약성 분석                      - 산불에 취약한 지역 및 계층에 대한 사회과학적 데이터 기반의 분석 진행                      - 다양한 위성/관측 자료를 기반으로 기후변화 (가뭄 등)에 따른 영향 및 산불발생과의 관계 분석                      - 위의 자료를 기반으로 지역별 고해상도 산불 취약성 분석 및 발생 메커니즘 평가</p> <p>○ 산불 조기 탐지                      - 2분마다 한반도, 10분마다 동아시아 데이터를 제공하는 정지궤도 위성(GK2A)를 기반으로 산불을 상시 모니터링하여 조기탐지 할 수 있는 기술 개발</p> <p>○ 산불 피해 분석                      - 초소형위성, 고해상도위성(KOMPSAT 시리즈), Sentinel-2A/B 등 다양한 파장대와 시간해상도를 갖고 있는 위성들을 기반으로 실제 산불 피해면적, 산불강도 분석 기술 개발</p>
<p><b>필요성</b></p>	<p>○ 우리나라에서는 봄철마다 산불이 빈번하게 발생하고 있으며, 특히 2022년 3월에 발생한 울진 산불의 경우 심각한 피해를 주었음</p> <p>○ 산불의 경우 피해를 적시에 파악하고 대응하는 것이 매우 중요함                      - 특히, 위성영상을 이용하는 경우 보다 효과적으로 산불을 모니터링 할 수 있음</p> <p>○ 우리나라에서는 현재 다양한 시공간 해상도의 위성들이 발사 및 예정 중에 있으며 다양한 위성들의 융합활용을 통해 다양한 각도에서 산불 위험성 분석 및 취약성 분석이 가능함</p>
<p><b>관련 국내외 현황</b></p>	<p>○ 정지궤도 위성을 활용한 산불 조기탐지 연구가 시작단계에 있음</p> <p>○ 국내 초소형위성, 고해상도 위성, 정지궤도 위성 등 다양한 위성들이 발사되어 우리나라 위성들을 이용한 다양한 측면에서의 산불 모니터링이 가능함</p> <p>○ 기존에는 전통적인 임계치/변화탐지 등을 이용한 산불 모니터링이 주를 이루었지만 머신러닝을 활용한 산불탐지에서 높은 정확도를 나타내고 있음</p>
<p><b>기대효과</b></p>	<p>○ 산불의 취약성 평가와 실제 산불 발생 및 피해 산정 등 위험성 평가를 기반으로 기후변화로 인한 산불 피해에 대한 보다 정밀하고 다양한 측면에서의 분석 가능함</p> <p>○ 단순 산출물 생성, 연구결과 생산이 아닌 실제 정책 마련을 위한 실질적인 정보와 근거 마련이 가능할 것으로 기대됨</p> <p>○ 개발된 기법을 통해 급격한 국지적 호우 발달등 다른 현상 탐지에 활용 가능</p>
<p><b>기타 (개발기간, 예산 등)</b></p>	<p>○ (개발기간) 3년</p> <p>○ (요구예산) 1.5억/년</p>

## 사. 지상, 위성 관측자료 수집 분석 체계화

제안기술 (사업)명	지상, 위성 관측자료 수집 분석 체계화
개발목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 급격한 지구온난화에 따른 초대형 산불 발생 증가에 따른 자연·사회 재난 피해 저감을 위한 빈틈없는 산불 모니터링 기술 고도화 및 기후-식생-산불 복합 예측 모델 개발</li> </ul>
개발내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 산불 감시 및 진단 기술 고도화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지상 및 위성 원격 관측자료 수집·분석 체계화를 통한 전지구 및 동아시아·한반도 대형 산불 감시·진단 기술 개발</li> <li>- 식생가뭄 등 산불 발생 관련 지표특성 변화 모니터링 및 상세 진단 기술 개발</li> <li>- 기상학적·기후학적 대형 산불 유발 요인(원인) 및 기작 분석</li> </ul> </li> <li>○ 미래 산불 예측을 위한 ‘기후-식생-산불’ 복합 모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 급격한 기후 및 식생 변화를 고려한 다중 공간/시간 규모의 ‘기후-식생-산불’ 복합 예측 모델 개발</li> <li>- 기상·기후조건 변화에 기초한 산불위험도 다중 확률 계절 예측 모형 개발</li> </ul> </li> <li>○ 미래 기후·환경 변화에 따른 산불 예측 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전지구/동아시아/한반도의 계절-근미래까지의 산불 위험도 상세 예측</li> <li>- 미래 기후 시나리오에 따른 대형산불 위험도의 상세 변화 전망</li> </ul> </li> <li>○ 산불 위험도 영향 평가 및 예측 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대형 산불에 따른 기후변화원인물질(온실가스, 에어로졸 등) 배출 특성 및 기후 되먹임(피드백) 효과 분석</li> <li>- 미래 기후변화에 따른 계절별·지역별 산불 취약성 분석</li> <li>- 산불 발생에 따른 대기질 및 보건 취약성 분석</li> </ul> </li> </ul>
필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전 지구적인 온난화 추세에 따른 극한 기상·기후 현상(혹한, 폭설, 폭염, 장마 등)과 더불어 최근 대형 산불의 발생 빈도가 급증하고 있음.</li> <li>○ 급격한 온난화에 따른 대형 산불 발생빈도의 증가할 것으로 전망되고 있어, 대형 산불 발생에 따른 국민안전 확보 및 사회·경제적 피해 저감을 위해 대형 산불 모니터링 기술 고도화를 통해 산불 발생 원인과 기작 이해 그리고 미래 산불 발생에 대한 예측 기술 향상이 요구됨.</li> <li>○ 기후 및 환경 변화와의 유기적 되먹임 과정을 포함하는 복합 산불 예측 모델 개발을 통한 산불의 계절 예측뿐만 아니라 미래 산불의 발생 빈도와 강도 등의 예측 정확도 향상이 필요함.</li> </ul>

<p><b>관련 국내외 현황</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대학 및 연구소 등 다양한 연구기관에서 산불 관련 연구를 진행 중이나, 국내에서의 산불 예측 원천 기술 및 관련 모델 개발은 미진한 실정임.</li> <li>○ 독일 막스플랑크 연구소: 기후모델 내부에 새로운 산불 발생 모델 개발 중.</li> <li>- 미국 대기해양청: 산불의 단기/중기 예측 개발을 추진 중.</li> </ul>
<p><b>기대효과</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 미래 기후·환경의 급격한 변화에 따른 대형 산불 예측 정확도 향상</li> <li>○ 산불 발생에 따른 사회·경제 재난 피해 저감</li> </ul>
<p><b>기타 (개발기간, 예산 등)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (개발기간) 2024년 ~ 2028년</li> <li>○ (요구예산) 년 20억, 총 5년 100억</li> </ul>



## 2. 이상기후 이해 및 예측 분야 후보군 조사 및 개요서 작성

독자적인 기후 예측을 위한 핵심 원천기술이 부족하여, 기후변화 감지·예측 핵심기술을 선진국에 의존 중인 상황이다. 이에 전문가 설문조사 결과 이상기후 이해 및 예측 분야에서는 이상기후 발생 인자와 인자간 상호작용 분석을 통해 이상기후 메커니즘을 이해하고 발생을 예측하기 위하여 총 5건의 기술 후보군을 도출하였다.

〈표 2-6〉 이상기후 이해 및 예측 분야 기술 후보군 도출 결과

번호	기술명	개발 목표
1	관측자료 기반 상관성 분석 및 경향 비교	동아시아 대기환경 영향인자 파악 및 대기환경 변화 예측
2	탄소-생태계간 상호작용 연구	전지구 탄소-생태계간 상호작용 정량화 등 상호작용 예측 시스템 개발
3	대기-지면 상호작용모델 개선	대기-지면 상호작용의 이해와 기후예측 시스템 최적화
4	고기후 모형 개발 및 고기후 재현	급격한 기후변화 메커니즘 규명과 기후시스템 간 상호작용 이해
5	CO2농도 증가에 따른 기후반응 진단	탄소순환 특성과 기후 반응 상관성 등 지구시스템 기후 반응 다양성 진단

자료: 저자 작성

도출된 이상기후 이해 및 예측 분야 기술 후보군에 대하여 기술별 목표, 개발내용, 필요성, 국내외 현황, 기대효과, 기타(개발기간, 예산 등)로 구성된 개요서를 작성하였다.

가. 관측자료 기반 상관성 분석 및 경향 비교

제안기술 (사업)명	관측자료 기반 상관성 분석 및 경향 비교
개발목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 동아시아 대기환경 변화에 결정적 영향을 주는 기상/기후 인자를 파악하고 이를 전망함으로써 대기환경 변화에 따른 기후위기 불확실성 감소</li> </ul>
개발내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 동아시아 대기환경에 영향을 주는 주요 기상/기후 인자 파악                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 관측자료 기반 동아시아 대기환경과 외부 기상 영향인자(기온, 강수, 대기 순환 및 대기 정체도)간의 상관성 분석</li> <li>- 동아시아 대기환경에 직접적 영향을 미치는 주요 기상 영향인자 선정</li> </ul> </li> <li>○ 1.5도/2도/3도 증가에 따른 동아시아 대기환경 영향인자 변화 및 민감도 진단                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1.5도-&gt;2도, 2도-&gt;3도 증가 시 대기환경 영향인자들의 변화 경향성 및 민감도 비교</li> <li>- 가장 민감한 변화 경향성을 보이는 대기환경 영향인자 파악 및 그 원인 진단</li> </ul> </li> <li>○ 동아시아 대기환경 영향인자 변화의 불확실성 산정 및 요인 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동아시아 대기환경 영향인자에 불확실성을 가중하는 지구 시스템 모델 (모델 바이어스와 내부변동성 등) 특성 파악 및 연관 메커니즘 분석</li> <li>- 기후변화 시나리오 다양성이 대기환경 영향인자 불확실성에 미치는 영향 분석</li> </ul> </li> <li>○ 동아시아 대기환경 영향인자의 근 미래(Near future) 변화 진단                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지구 시스템 모델 결과를 비교하여 대기환경 영향인자의 근 미래 변화에 대한 외부 강제력(온실가스와 에어로졸)과 자연 변동성의 기여도를 평가</li> <li>- 1.5도/2도/3도 도달 시점이 다른 지구 시스템 모델들의 근 미래 변화 차이 및 그 원인 진단</li> </ul> </li> </ul>
필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 따라 동아시아 지역의 기후 변동성의 증가와 함께 폭염, 한파, 집중호우, 가뭄 등 이상기상 현상이 잦아지고 있음                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이와 함께 오존, 미세먼지를 포함한 “대기환경”의 시스템적 변화가 예상됨.</li> </ul> </li> <li>○ 대기환경의 급격한 변화에 대한 과학적 이해가 필요하며, 특히 신 기후체제에 대응하기 위해 2015년 체결된 파리협정 목표온도인 산업혁명 대비 1.5C/2C와 현실적 목표인 3C 전 지구온난화 억제 조건에 따른 동아시아 지역의 대기환경 전망 연구가 시급함.</li> <li>○ 대기환경 미래 전망의 신뢰성 확보를 위해서는 동아시아 지역의 대기환경을 좌우하는 외부 영향인자들(기온, 강수, 대기 순환, 대기 정체도 등)의 특성을 체계적으로 파악할 필요가 있음.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 최신 기후모델 기반의 다양한 기후변화 대응 시나리오를 활용하여 신 기후체제에서 따른 동아시아 대기환경 변화의 불확실성 요인에 대한 정량적인 평가가 요구됨.</li> <li>○ 또한 신 기후체제에 따른 효율적인 기후변화 적응/완화 계획의 수립을 위해서는 동아시아 대기환경 영향인자들의 근 미래 (~2030년까지) 예측 정보와 불확실성 요인 평가가 필수적임.</li> </ul>
<b>관련 국내외 현황</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국제 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후위기의 불확실성에 대한 연구가 다양한 방법론을 통해 시도되고 있음.</li> <li>- 최신 기후변화 시나리오 나아가 탄소중립 시나리오가 고려된 기후변화 시나리오 아래에서 대기환경 변화에 대한 연구가 수행중임</li> <li>- 대기 환경-기후 변화간 상호작용에 대한 연구는 지속적으로 수행중에 있음</li> </ul> </li> <li>○ 국내 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신기후 체제 아래에서 다양한 기후변화 시나리오에 따른 기후 반응 연구가 수행중에 있음</li> <li>- 기후 시스템의 비가역성 연구, 기후 변화-대기 환경의 상호 작용 연구가 개별 연구자들에 의해 수행되었음</li> <li>- 신기후체제 동아시아 극한 기상 반응 특성 연구가 수행되었음</li> </ul> </li> </ul>
<b>기대효과</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 탄소 중립 사회 구현을 위한 온실가스 배출 전략 구축의 근거 자료로 활용</li> <li>○ 대기환경 영향 인자의 불확실성 파악을 통한 미래 대기환경 전망의 신뢰도 향상 기여</li> <li>○ 신 기후체제에서 동아시아 대기환경 변화를 결정하는 기상 영향인자들을 파악하고 다양한 기후변화 대응 시나리오에 따른 특성을 파악함으로써 기후 위기의 불확실성 감소.</li> </ul>
<b>기타 (개발기간, 예산 등)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (개발기간) 5년</li> <li>○ (요구예산) 10억/년</li> </ul>

나. 탄소-생태계간 상호작용 연구

<p><b>제안기술 (사업)명</b></p>	<p>탄소-생태계간 상호작용 연구</p>
<p><b>개발목표</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 딥러닝 기법을 활용하여 전지구 탄소-생태계간 상호 작용을 정량화하고, 지구 온난화가 진행되면서 나타나는 탄소-생태계 상호 작용 강도 변화를 예측</li> </ul>
<p><b>개발내용</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 딥러닝 기반 현재 기후 탄소-생태계 상호 작용 모의 시스템 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 탄소-육상 생태계 상호 작용 모의 시스템 개발</li> <li>- 탄소-해양 생태계 상호 작용 모의 시스템 개발</li> </ul> </li> <li>○ 딥러닝 기반 미래 기후 탄소-생태계 상호 작용 변화 예측 시스템 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 육상 및 해양 생태계-탄소 상호 작용 강도 변화 5년별 예측 시스템 개발</li> </ul> </li> <li>○ 탄소-생태계 상호 작용 결과로 모의되는 2050년 국가별 자연 탄소 배출/흡수량 예측 시스템 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한반도 예측 결과 검증 시스템 개발</li> <li>- 2050년 국가별 탄소 배출/흡수량 예측 시스템 개발</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>필요성</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2050년 탄소 중립 실현을 위해서는 각 국가별 탄소 흡수량과 발생량을 정확히 예측할 필요가 있음.</li> <li>○ 이를 위해서 인위적인 탄소 배출량에 더해 육상 및 해양 생태계에서 일어나는 자연적인 탄소 배출과 흡수량과 지구 온난화로 인한 이의 변화 정도를 정확히 예측할 수 있어야 함</li> </ul>
<p><b>관련 국내외 현황</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국제적으로 지점 탄소 플럭스 관측에 기반한 전지구 지표 탄소 플럭스 모니터링 시스템은 구축된 바 있으나 이를 예측하는 시스템 개발은 국제적으로도 전무함</li> </ul> <p>(<a href="https://www.pmel.noaa.gov/co2/story/Surface+CO2+Flux+maps">https://www.pmel.noaa.gov/co2/story/Surface+CO2+Flux+maps</a>)</p>
<p><b>기대효과</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2050년 탄소 중립 실현을 위한 정책 가이드라인 제시</li> <li>○ 기후 변화로 인한 전지구 탄소 순환 변화 연구를 통한 관련 인력 양성</li> </ul>
<p><b>기타 (개발기간, 예산 등)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 10년</li> <li>○ 50억/년</li> </ul>

## 다. 대기-지면 상호작용모델 개선

<b>제안기술 (사업)명</b>	대기-지면 상호작용모델 개선
<b>개발목표</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지면모델과 초기화 기법 개선을 통한 예측시스템 성능 개선</li> <li>- 지면모델의 물리과정과 지면초기화 기법 개선이 모델 예측성능에 미치는 영향을 대기-지면 상호작용 측면에서 이해</li> </ul>
<b>개발내용</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지면모델 개선에 따른 지면 물리과정 이해와 결합모델에서의 예측성능 진단 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 식생지역과 일반육상의 구분을 위해 “Semi-tile” 형태의 식생 canopy layer를 새롭게 정의</li> <li>- 현실적인 적설 모의를 위해 multi-layer 눈 물리과정을 적용함</li> </ul> </li> <li>○ 지면초기화 기법 고도화에 따른 예측성능 향상 <ul style="list-style-type: none"> <li>- microwave파장의 위성정보를 이용하여 토양수분 자료동화 시스템을 기반으로 고해상도 지면자료를 생산</li> </ul> </li> <li>○ 지면과정 개선에 딥러닝 기법을 활용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지면모델의 모수화 및 관측 불확실성을 딥러닝 기법을 활용해 개선</li> </ul> </li> </ul>
<b>필요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현실적인 대기-지면 상호작용을 위하여 수치모델에서 지면과정을 모의하는 지면모델과 예보에 사용되는 지면초기화 품질이 예측모델의 성능을 좌우함.</li> </ul>
<b>관련 국내외 현황</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 현업에서 사용하는 수치예보시스템 KIM모델은 Noah 지면모델을 사용하고 있음</li> <li>○ Noah 지면모델의 대표적인 한계점: 식생지역과 일반육상의 구분 없는 상태에서 지표면 에너지를 계산, 단층의 눈 층으로 구성, 최하층에서 중력파에 의한 자유 배수로 하층유출이 정의</li> <li>○ 최근 미국 NOAA에서 개발중인 차세대 예측시스템에서는 기존에 사용하는 Noah의 문제점을 해결하기위해 Noah-MP모델을 사용함.</li> <li>○ 국내 예측시스템에서 위성기반의 토양수분 자료동화 산출물을 지면초기화 과정에 알맞게 사용하지 못하고 있음</li> </ul>
<b>기대효과</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 딥러닝 및 역학모델을 통해 지면모델에서 물리과정에 대한 이해도 향상 및 기후예측모델에서 대기-지면 피드백 모의성능 개선</li> <li>○ 지면자료동화 시스템을 통해 생산된 고품질의 재분석 자료 제공과 이를 기반으로 한 결합모델에 적용</li> <li>○ 최근 지구온난화로 인해 전 지구에서 산발적인 폭염/가뭄/한파와 같은 극한현상 발생이 증가하는 상황에서 지면과정 개선을 통한 향상된 예측정보 제공</li> </ul>
<b>기타 (개발기간, 예산 등)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (개발기간) 3-5년</li> <li>○ (요구예산) 2억/년</li> </ul>

라. 고기후 모형 개발 및 고기후 재현

제안기술 (사업)명	고기후 모형 개발 및 고기후 재현
개발목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고기후 모의를 위한 모형 개발 및 고기후 재현을 통한 급격한 기후변화 연구                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고기후 재현을 위한 모형 구축 및 동아시아 고기후 재현</li> <li>- 급격한 기후변화 메커니즘의 규명과 기후시스템 간 상호작용의 이해</li> </ul> </li> </ul>
개발내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고기후 재현을 위한 기후모형 구축 및 고기후 재현                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한반도를 포함한 동아시아 고기후 proxy 자료 DB 구축, 분석</li> <li>- 국제 기후실험 프로젝트의 고기후 실험체계(PMIP)를 따르는 기후실험 수행</li> </ul> </li> <li>○ 고기후 재현 자료를 활용한 급격한 기후변화 연구                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 과거 급격한 기후변화 이벤트 재현 및 메커니즘의 분석</li> <li>- 급격한 기후변화에 대한 예측성 가능성 평가</li> </ul> </li> </ul>
필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 많은 기후변화 연구가 주로 미래 전망 연구에 할애                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 미래 예측을 위한 톨(지구시스템모델)의 개발·구축, 전지구-지역-국지 단위 미래 시나리오 생산, 최근 수십년 이내 과거 자료 및 미래 100년 자료를 활용한 메커니즘 분석 및 응용정보 생산·활용 등에 초점.</li> </ul> </li> <li>○ 고기후 모의 자료 분석 비교를 통한 현재 기후변화 수준에 대한 이해와 함께, 과거 급격한 기후변화 이벤트의 이해를 통해 미래 급격한 기후변화 발생 가능성 정보를 개발·활용하는 것이 필요</li> </ul>
관련 국내외 현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 고기후 연구는 주로 proxy data, 고문헌 등을 통한 기후변화 평가 등에 국한                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개별 proxy data 분석에 의존한 국지적 기후변화 평가로 전반적 기후시스템의 이해를 통한 고기후 재현과 급격한 기후의 변화 상황에 대한 심도깊은 파악에 제약</li> </ul> </li> </ul>
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고기후 재현을 통한 급격한 기후변화 발생 가능성 정보 등 다양한 정보 개발로 정책 지원에 도움</li> <li>○ PMIP과 같은 국제 기후실험 참여 가능성 확대로 기후변화 연구 역량 강화와 국제 사회 기여</li> </ul>
기타 (개발기간, 예산 등)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (개발기간) 10년</li> <li>○ (요구예산) 70억</li> </ul>

## 마. CO2농도 증가에 따른 기후반응 진단

제안기술 (사업)명	CO2농도 증가에 따른 기후반응 진단
개발목표	○ 탄소 중립 시나리오에 따른 대기 중 이산화탄소 농도 증가 속도 차이에 따른 기후 반응 다양성을 진단
개발내용	○ 지구 시스템 모형의 탄소 순환 특성 분석 ○ 지구 시스템 모형의 탄소 순환과 기후 반응 상관성 진단 ○ 대기 중 이산화탄소 농도 증가 속도에 따른 기후 반응 특성 진단 ○ 대기 중 이산화탄소 농도 증가 속도 차이에 따른 기후변화 특성 진단 및 이상 기상/기후 반응 진단
필요성	○ 최근 전 세계 주요 국가들의 탄소중립 사회 구현 선언에 따른 미래 기후변화 시나리오의 불확실성이 증가하고 있음. ○ 탄소 중립 시나리오에 따른 기후 시스템의 탄소 순환 특성에 대한 이해가 필요 ○ 탄소 중립 pathway의 특성에 따른 기후 반응에 대한 특성에 대한 이해가 필요 ○ 대기 중 이산화탄소 농도 증가의 속도 차이에 따른 기후변화 특성에 대한 진단과 이에 기인한 극한 기상/기후 변화 특성에 대한 진단이 필요함
관련 국내외 현황	○ 국제 - 탄소 중립 시나리오가 고려되었을 때 전지구 평균기온 변화에 대한 연구가 수행되었음 - 이산화탄소 농도 증가 차이에 기인한 기후 반응에 대한 연구는 전무함 - 지구 시스템 모형 내 탄소순환 특성 이해 및 진단에 대한 다양한 연구가 수행중에 있음 ○ 국내 - 탄소 순환에 대한 연구가 개별 연구자들에 의해 수행되고 있음 - 이산화탄소 농도에 대한 지구 기후 시스템 모형의 반응 차이에 대한 연구가 수행 중임
기대효과	○ 탄소 중립 사회 구현을 위한 온실가스 배출 전략 구축의 근거 자료로 활용 ○ 2050 탄소 중립 시나리오에 따른 기후 반응 및 이상기상/기후 반응 특성 진단 및 예측
기타 (개발기간, 예산 등)	○ (개발기간) 5년 ○ (요구예산) 10억/년

3. 이상기후위기 대응 분야 후보군 조사 및 개요서 작성

이상기후 대응전략을 국가 기후변화 적응대책, 기후변화대응 기술개발 기본계획 등과 연계함으로써 국가 차원의 선제 대응이 필요한 상황이다. 이에 전문가 설문조사 결과 이상기후위기 대응 분야에서는 이상기후로 야기되는 탄소 배출량 변화와 이로 인해 발생하는 복합재난 대응을 통해 기후위기 사전 대응하기 위하여 총 6건의 기술 후보군을 도출하였다.

<표 2-7> 이상기후위기 대응 분야 기술 후보군 도출 결과

번호	기술명	개발 목표
1	위성영상 컴퓨터비전 기반 인공지능 분석	광범위 지역별 상세 기후변화 영향 탐지
2	기후변화와 이상기후 사이 관계 규명	이상기후 특성 변화 예측 및 다중 미래 기후 시나리오에 따른 손실평가
3	온실가스 한계 budget, 재해가능성 예측 등	기후재난 tipping points 전망과 기후변화에 따른 사회 및 생태계 변화 전망
4	지구시스템 모델링과 모의실험	한반도 온난화 저감 효과 및 비대칭성 효과 진단
5	포괄적 기후변화 영향평가 기술 개발	물, 식량, 에너지 등 포괄적 기후변화 영향평가와 적응전략 수립
6	모니터링, 진단 및 평가기술 개발	생태-사회 시스템의 생태변화 측정을 통한 지속가능한 의사결정 지원

자료: 저자 작성

도출된 이상기후위기 대응 분야 기술 후보군에 대하여 기술별 목표, 개발내용, 필요성, 국내외 현황, 기대효과, 기타(개발기간, 예산 등)로 구성된 개요서를 작성하였다.



## 가. 위성영상 컴퓨터비전 기반 인공지능 분석

<b>제안기술 (사업)명</b>	위성영상 컴퓨터비전 기반 인공지능 분석
<b>개발목표</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화의 지역 별 영향을 상세하게 트래킹하기 위해 위성영상의 컴퓨터비전 기반 분석을 통한 비침습적 방법 개발 및 이를 통한 광범위 지역별 상세모니터링 진행</li> <li>- 센서기반 데이터에 비해 더욱 광범위한 영역을 다루며 기존 데이터 활용 가능</li> </ul>
<b>개발내용</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화 관련 개발된 기술의 효과를 검증하고 및 현황파악을 위한 파악기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도시화 밀집도, 오염 지수를 줌-레벨 15이상 고해상도에서 세밀히 모니터링</li> <li>- 녹지의 증감 정도와 토지피복의 타입 변화를 인공지능 방법으로 탐지</li> </ul> </li> <li>○ 기후변화 위협성을 파악하는 지수들의 영상기반 특징 파악 및 자동계산 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지역별 노출(exposure), 민감(sensitivity), 적응능력(adaptive capacity)와 관련된 위성영상 기반 특성을 파악 및 시간에 따른 전후 차이를 계산하는 방법 제시</li> </ul> </li> </ul>
<b>필요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화로 인한 지역사회 영향을 파악하기 위한 모니터링 기술의 개발 필요 (2050년 1.5℃ 내 온도상승을 약속한 파리기후변화협정후 모니터링의 국제적 수요발생)</li> <li>○ 근미래 초소형 군집위성과 차세대중형위성 원격탐사 자료가 천문학적으로 축적될 예정으로 항공우주 빅데이터를 기후변화 영향 탐지라는 초거대 문제에 적용하는 의의</li> </ul>
<b>관련 국내외 현황</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기업별 탄소배출에 대한 책임과 의무를 위해 Climate credit 개념이 세계적으로 도입 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Climate Credit, S&amp;P Global를 비롯 ESG 관련 지수를 기업 별 측정</li> </ul> </li> <li>○ 위성영상 기반 기술개발은 학교(카이스트, MIT, 스탠포드, 홍콩대)와 스타트업(미국 Atlas AI, Pachama 존재, 국내는 컨택, 한컴인스페이스 등이 존재) 중심으로 진행중</li> </ul>
<b>기대효과</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과학적 성과: 위성영상 분석 기반 기후변화 영향 평가 기술의 선점</li> <li>○ 경제사회적 성과: 미래사회를 위한 임팩트 기술에 해당, 국제 표준 지정 가능</li> <li>○ 시장가능성: 해외스타트업의 경우 기업당 500억원 이상 투자 받는 경향</li> </ul>
<b>기타 (개발기간, 예산 등)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (개발기간) 총10년 (기술개발 5년 및 현장 도입과 고도화 5년)</li> <li>○ (요구예산) 총100억 (연간10억 규모, 산학연 협업)</li> </ul>

나. 기후변화와 이상기후 사이 관계 규명

제안기술 (사업)명	기후변화와 이상기후 사이 관계 규명
개발목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화와 이상기후 사이 연계성 규명 및 미래 이상기후 특성 변화를 고려한 사회적 손실 전망               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후모델 및 인공지능 기법을 상호보완적으로 활용하여 기후변화와 이상기후 사이 비선형적 관계성 도출</li> <li>- 멀티모달(다중) 빅데이터 분석을 통한 미래 사회적 피해 예측과 주요 원인(메커니즘, 인자 등) 규명</li> </ul> </li> </ul>
개발내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수치모델 및 인공지능 기반 기후변화와 이상기후 사이 관계성 규명               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지구온난화를 비롯한 기후변화와 폭염, 장마, 한파 등 이상기후 사이 관련성 분석</li> <li>- 수치모델 실험과 인공지능 기법을 활용하여 이상기후 현상 발생에 장기 기후변화의 비선형적 영향력 규명</li> </ul> </li> <li>○ 다중 미래기후 시나리오에 따른 이상기후 특성 변화 전망               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후변화 시나리오에 따른 이상기후 특성(빈도, 강도, 지속기간 등) 변화 예측</li> <li>- 이상기후 특성 변화를 유발하는 직/간접적 주요 인자 규명</li> </ul> </li> <li>○ 기후변화와 이상기후 특성 변화를 고려한 미래 사회적 손실 예측               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 멀티모달(다중) 사회요소 빅데이터 분석을 통해 기후변화와 이상기후 특성 변화로부터 유발될 수 있는 다양한 사회적 손실의 종류 구체화</li> <li>- 지역 맞춤형 사회적 손실 예측과 불확실성의 정량화</li> </ul> </li> <li>○ 미래 사회적 피해를 유발하는 주요 원인 규명               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이상기후 특성 변화 중 미래 사회적 피해의 책임 유발 인자 규명</li> </ul> </li> </ul>
필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고도로 발달된 최신 인프라에도 불구하고 기후변화와 그에 따른 이상기후 발생으로 여전히 많은 사회적 피해가 발생하고 있음</li> <li>○ 현재의 미래기후 전망은 주로 여러 시나리오에 기반한 기후모델 결과를 활용하고 있으나, 해상도나 모수화의 한계 등으로 작은 지역규모와 짧은 시간에 발생하는 이상기후의 양상을 현실적으로 모의하는 것이 어려움</li> <li>○ 이상기후 변화로 인한 직/간접적으로 유발되는 사회적 피해 종류가 매우 다양함에도 불구하고 구체화 및 정량화 분석이 부족함</li> </ul>

<b>관련 국내외 현황</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화 경제학적 분석: 분야별 경제적 피해 추정</li> <li>○ 한국 기후변화 평가 보고서, 3차 국가 기후변화 적응대책, 자연재해 관련 보험 산업</li> </ul>
<b>기대효과</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 따른 주요 이상기후 변화 양상에 대한 이해도 증가</li> <li>○ 기존 기후모델과 인공지능 기법을 융합하여 이상기후 전망의 정확도/신뢰도 향상</li> <li>○ 기후변화 및 이상기후에 의한 사회적 피해의 구체화 및 발굴</li> <li>○ 기후변화 및 이상기후로 인한 사회적 피해의 정량적 평가 및 대책 마련 방향 제시</li> </ul>
<b>기타 (개발기간, 예산 등)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (개발기간) 5년</li> <li>○ (요구예산) 10억</li> </ul>

다. 온실가스 한계 budget, 재해가능성 예측 등

<b>제안기술 (사업)명</b>	온실가스 한계 budget, 재해가능성 예측 등
<b>개발목표</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 따른 사회 및 생태계 변화 전망을 위한 과학기술 원천연구기반 확보</li> <li>- Tipping points 발생가능성 예측 및 시나리오별 사회·생태 변화전망 정보 생산</li> </ul>
<b>개발내용</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tipping points 요소별 가능성 예측 및 지역 및 전지구 재해 위험도 전망 연구</li> <li>- 현상별 및 지역별 재해발생 가능성 예측</li> <li>○ 온실가스 시나리오별 기후회복 시공간 상세전망 연구</li> <li>- 공통사회경제 경로 및 극한 기후재해 발생가능성 등을 고려한 예측기술 개발</li> <li>○ 지역 및 전지구 넷제로 정책 평가 및 온실가스 한계 budget 관련 정보 생산</li> </ul>
<b>필요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 악화되는 기후위기에 대한 전망에 대해, 과학자 사회 및 국제기구 일각에서는 tipping points로 표명되는 ‘돌이킬 수 없는 기후변화의 수준/현상’에 대한 담론이 활성화 되고 있음(22년 9월, United in Science)</li> <li>○ IPCC 보고서의 기본이 되는 SSP 등 각종 온실가스 배출/농도 전망에 따라, 지구기후가 온난화 정점 이후 현재 또는 산업화 이전 수준에 비해 어떠한 변화 경로를 따를 것인지 과학적 및 사회적 관심이 확대되고 있음</li> <li>○ 이 같은 기후변화와 같은 근본적인 질문에 대한 국내 기초연구 기반의 강화 필요</li> </ul>
<b>관련 국내외 현황</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과기정통부의 “한국연구재단 선도연구센터사업” 등으로 연세대 연구팀의 선도적인 연구결과가 최근에 발표된 바 있음</li> <li>○ WMO 등 8개 국제기구가 매년 발간하는 United in Science 보고는 22년에 Tipping points에 대한 대응 필요 문제를 공개적으로 제기했고, 이와 관련된 IPCC 특별보고서를 준비하자는 일부 논의가 진행 중</li> <li>○ 관련연구는 다양한 사회적, 과학적 수요 충족을 위한 관련연구기반의 확대를 위해 필요며, 해외도입 전지구기후시스템모델 기술의 활용 수준에서도 확대될 여지는 있음</li> </ul>
<b>기대효과</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후위기에 대한 국내외 정책논의 지원정보 생산 및 산업계 대응을 위한 다양한 전망정보 생산을 위한 기술기반 확보</li> <li>○ WCRP ‘Tipping Elements Discussion Series’ 참여 등 기후연구 분야에서 리더십 확보</li> </ul>
<b>기타 (개발기간, 예산 등)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (개발기간) 5년</li> <li>○ (요구예산) 100억</li> </ul>

## 라. 지구시스템 모델링과 모의실험

제안기술 (사업)명	지구시스템 모델링과 모의실험
개발목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 온난화 저감을 위한 다양한 기후공학 방안들이 전지구 기후시스템 및 한반도에 끼치는 효과를 전망하여 기후공학의 이익과 불이익을 진단               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최신의 지구시스템 모형을 이용하여 에어로졸 및 식생 기반의 다양한 기후공학 방안들이 기후와 생태계, 탄소순환을 포함한 전지구 기후시스템 및 한반도에 끼치는 효과를 모의하고 이를 진단</li> <li>- 기후공학 실험을 위한 안전성 높은 후보물질 개발 및 환경 구축</li> </ul> </li> </ul>
개발내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후공학 적용 및 효과 모의를 위한 지구시스템 모델링 시스템 구축</li> <li>○ 다양한 기후공학 방안 적용 시 전지구 및 한반도 주변 기후시스템 및 극한기상 변화 전망               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최신의 지구시스템 모델을 이용한 다양한 기후공학 실험을 수행하고 각 기후공학 방안에 따른 기후시스템의 반응 진단 및 극한기상 변화 예측</li> <li>- GeoMIP6, GLENS 표준실험 대비 큰 동아시아 및 한반도 주변의 온난화 저감 효과 및 작은 비대칭성 효과를 지닌 기후공학 모의 시나리오 산출 절감</li> </ul> </li> <li>○ 안전성 높은 기후공학 방안 마련 및 효과 파악을 위한 물질 개발 및 모의실험 수행               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후공학 실험에 최적화된 효과적이고 안전성 높은 에어로졸 물질 개발 및 선정</li> <li>- 다양한 인자를 고려한 소규모 기후공학 실험 적격지 선정 및 실험 결과 진단</li> </ul> </li> </ul>
필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후공학 기술은 기후변화 및 그에 따른 피해 완화를 위한 공학적 접근으로서 현행 탄소감축 방안을 보완할 수 있는 기술로 활발하게 연구되고 있음</li> <li>○ 최근 빈번해지는 기후재난 및 기후변화 완화를 위한 포트폴리오 구성 요소로서의 중요성이 점차 부상하고 있음.</li> <li>○ 지금까지의 기후공학 연구는 주로 기후모델에 의존하여 불확실성이 큰 단점이 있으나, 기후연구 강국들에서는 지속적으로 과학적/기술적/법률적 타당성 검토를 진행하였음.</li> <li>○ 향후 실제 기후공학 기술이 적용될 경우를 대비하여 한반도 기후에 미칠 영향에 대한 사전 정보를 구축할 필요성이 있음.</li> <li>○ 그러나, 지금까지는 국내에서 기후공학이 한반도 기후시스템에 끼치는 영향 및 효용성에 대한 연구가 전무함.</li> <li>○ 기후공학의 기후변화 완화 효과 및 비대칭성 효과를 포함하여 한반도 주변 기후에 더욱 효과적인 방안을 파악하기 위해, 지금까지 제시된 다양한 기후공학 방안의 효과를 검증하고 대응하기 위한 기술 개발이 시급함.</li> </ul>

<p><b>관련 국내외 현황</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 화산 폭발에 따른 지구 냉각효과에 의거, 노벨화학상 수상자인 폴 크루첸 박사가 2006년 기후공학의 필요성을 주장</li> <li>○ 미국 정부의 요구로 미 국립과학아카데미에서는 과학기술/산업/의학/법률 분야 전문가가 대거 참여한 기후공학 컨센서스 보고서를 2012, 2015, 2021년에 걸쳐 지속적으로 업데이트하여 발간하고 있음</li> <li>○ 다양한 기후공학 방안을 적용된 실험 시나리오 작성하고 이에 따른 효과를 검증하기 위한 국제 협력 프로젝트들이 이루어지고 있으며 the 6th phase of Geoengineering Model Intercomparison Project (GeoMIP6) 및 Solar Radiation Management Governance Initiative (SRMGI) 등을 예시로 들 수 있음</li> <li>○ 미국이나 호주, 인도와 같은 국외에서 현실에서의 기후공학 실험 수행을 위한 연구 개발이 진행 중이며, 실험 장소 탐색이 활발함             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 그 예시로서 하버드 대학에서 주도하는 SCoPEX (Stratospheric Controlled Perturbation Experiment) 성층권 에어로솔 분사 실험을 수행할 실험 장소를 지속적으로 탐색 중임.</li> </ul> </li> <li>○ 최근 기후공학 연구에 소극적인 동아시아 및 태평양 연안 지방에도 관련 연구 및 논의에 참여할 것이 요구되고 있음.</li> </ul>
<p><b>기대 효과</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 세계적으로 논의 중인 기후공학 실험 시나리오에 따른 한반도 기후 안정성 판단의 근거 축적</li> <li>○ 최근 기후공학 연구에서 강조되고 있는 “임무주도형(mission-driven)” 연구로서, 안전성 높은 기후공학 방안을 위한 시나리오 산출 및 관련 원천 기술과 특허 확보</li> <li>○ 기후공학에 대한 논의가 국제사회 안건으로 부상될 시, 이에 대한 우리나라의 대응 가이드라인 제시</li> </ul>
<p><b>기타 (개발기간, 예산 등)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 5년 내외</li> <li>○ 20억/년 가량</li> </ul>

마. 포괄적 기후변화 영향평가 기술 개발

<b>제안기술 (사업)명</b>	포괄적 기후변화 영향평가 기술 개발
<b>개발목표</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다양한 기후미래경로에 대해 최적화된 기후 변화 적응 전략을 수립</li> <li>- 물, 식량, 에너지, 건강, 경제, 거버넌스 등 다양한 부문들 사이의 상호 관계를 고려한 포괄적 기후변화의 영향 평가</li> </ul>
<b>개발내용</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다중 부문 영향 평가 모델 및 포괄적 평가 방법론 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인간 활동을 고려한 수자원 및 물재해 모듈</li> <li>- 토지 이용 변화 및 식량 생산 모듈</li> <li>- 신재생에너지 생산 및 에너지 시스템 모듈</li> <li>- 열사병, 말라리아, 감염병 등 건강 모듈</li> <li>- 다중 영향 모델 접합 기술 (coupler) 개발</li> <li>- 각 영향 부문별 영향의 경제적 평가 및 적응 전략 최적화</li> <li>- 기후 변화와 대응 노력의 지역적 불균형 평가</li> <li>- 법, 거버넌스 등 국내 및 국제 사회의 제도적 장치 고려 방안</li> </ul> </li> <li>○ 국제적 리더십 신장 및 국제 협약 대응을 위한 근거 마련 <ul style="list-style-type: none"> <li>- ISIMIP 등 국제 기후변화 영향 평가 프로젝트 참여</li> <li>- IPCC 7차 기후변화 보고서 (AR7)에 기여</li> </ul> </li> </ul>
<b>필요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후 변화 대응에 따른 다양한 기후미래 경로가 존재하고 각각의 미래 경로에 따른 기후 변화 적응 전략은 크게 달라야 하며 다양한 부문의 상호 관계를 고려한 포괄적 영향 평가는 효과적인 미래 전략의 수립에 있어서 필수 불가결이라 할 수 있음.</li> </ul>
<b>관련 국내외 현황</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다양한 수준의 기후변화 대응 노력에 따른 다양한 미래경로에서 적응 비용 또한 지역 및 시기에 따라 크게 다르나 아직 적절하게 고려되고 있지 않음</li> <li>○ 유럽 주도로 전 지구 규모에서 다중 영향 분야 평가 프로젝트들이 진행중이나 (예, ISIMIP) 아시아의 지역 및 국가 규모에서 기후변화 적응을 위한 정책에 이용하기에는 자료의 품질 및 공간 해상도가 크게 부족함</li> <li>○ 미국, 유럽, 일본 등의 선진국에서는 자국 고유의 다중 분야 영향 평가 모델을 개발하고 국제 공동 프로젝트들에 참가함으로써 적극적으로 선제적 준비를 하고 있으나 우리나라에는 아직 이와 같은 모델을 보유하고 있지 않음</li> </ul>
<b>기대효과</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다양한 수준의 기후변화 대응 노력에 따른 다양한 미래경로에서 적응 비용 또한 지역 및 시기에 따라 크게 다르나 아직 적절하게 고려되고 있지 않은 현실에 본 과제의 성공적 수행에 따라 다양한 기후미래 경로에 있어서 국가 기후변화 적응 전략을 최적화를 꾀할 수 있을 뿐만 아니라 향후 국제 협약에 있어서 유리한 과학적 근거를 마련할 수 있음.</li> </ul>
<b>기타 (개발기간, 예산 등)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (개발기간) 7년</li> <li>○ (요구예산) 30억/년</li> </ul>

바. 모니터링, 진단 및 평가기술 개발

<b>제안기술 (사업)명</b>	모니터링, 진단 및 평가기술 개발
<b>개발목표</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 생태-사회시스템의 기후변화 대응 역량 모니터링, 진단 및 평가 기술 개발</li> <li>- 생태-사회시스템의 상태 변화를 '생태학적 상한'과 '사회기반의 하한'의 관점에서 정량적으로 측정하고 원인을 분석하여 지속가능한 의사 결정을 지원함</li> </ul>
<b>개발내용</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화, 생물다양성, 생지화학순환, 대기오염 등의 주요 '행성 경계(planetary boundaries)'의 변화를 총체적으로 측정할 수 있는 정량적 모니터링 기술 개발</li> <li>○ 식량, 보건, 교육, 에너지 등을 포함하는 주요 '사회기반 요소'의 변화를 총체적으로 측정하여 시계열 기반의 데이터텔링을 가능하게 할 모니터링 기술 개발</li> <li>○ 정보이론, 비평형열역학 및 복잡계 이론을 기반으로 생태학적 상한 및 사회기반 하한의 역학을 진단하는데 필요한 시스템의 적응성(adaptability), 회복성(resilience) 및 반취약성(anti-fragility, 충격을 가하면 더 좋아지는 역량) 측정 도구 개발</li> <li>○ 적응성, 회복성, 반취약성을 기반으로 한 지속가능한 의사결정 지원 기술 개발</li> </ul>
<b>필요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화는 생태학적 상한인 행성경계의 다른 영역과 연동될 뿐 아니라 다양한 사회적 기초 영역과 밀접하게 연결되어 있어서 다양한 이해관계자가 전 과정에 참여하는 초학문(transdisciplinarity) 기반의 대응기술 개발이 요구됨</li> </ul>
<b>관련 국내외 현황</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 생태-사회시스템은 생태시스템과 사회시스템이 역동적으로 공진화하는 복잡계로서 경제가 내재된 사회시스템과 이를 둘러싼 생태시스템 간 에너지, 물질 및 정보 교환의 지속적인 모니터링이 필요함.</li> <li>○ 이를 통해 구축된 데이터 분석과 진단을 통한 피드백을 기반으로 지속가능한 옵션을 제시할 수 있는 인문·사회·자연과학을 아우르는 초학문 기반의 지속가능성과학 이론과 측정 기술 개발이 국내외적으로 매우 미흡함</li> </ul>
<b>기대효과</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 복잡한 생태-사회시스템의 이해 및 기후변화 적응 역량 증진</li> <li>○ 다양한 규모와 관점의 시스템 차원의 지속가능한 의사결정 지원</li> <li>○ 총체적 진단과 평가를 통해 회복성을 넘어 반취약성 강화 촉진</li> </ul>
<b>기타 (개발기간, 예산 등)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ (개발기간) 5년</li> <li>○ (요구예산) 7억/년 x 5년 = 35억</li> </ul>



4. 신규사업 기획(안) 도출

도출한 ICT 기반구축, 이상기후 이해 및 예측, 이상기후위기 대응 분야에 대한 18개 R&D 후보군의 개요서를 바탕으로 총 3회 기술분과 위원회 운영을 통하여 기술분과위원회의 합의된 신규사업 기획(안)을 도출하였다.

<표 2-8> 기상/기후 신규사업 기획(안) 도출을 위한 기술분과 위원회 운영내역

일정	과제개발팀	기후미래포럼(준비위)
8·9월	문헌조사 - ①과학기술 핵심의제 및 ②혁신 기술 도출을 위한 조사분석	1차 회의(08.30) 기후미래포럼 방향성 설정 및 ①, ② 위한 자문 의견 수집
	1차 포럼결과 정리 및 보완 - 1차 포럼 자문의견 반영 및 기술수요조사 진행 - 2차 포럼 준비	
10월	2차 포럼 결과 정리 및 보완 - ①, ② 근거한 과기정통부 R&D 추진전략(안) 준비 - 신규 R&D 사업계획 초안 준비 - 3차 포럼 준비	2차 회의(10.25) 기후위기 대응을 위한 과학기술 핵심의제 선정
	3차 포럼 결과 정리 및 보완 - 과기정통부 R&D 추진전략 최종안 도출 - 신규 R&D 사업 기획	
11월		3차 회의(11.28) R&D 추진전략(안) 및 신규 R&D 사업계획 검토 및 논의
12월		

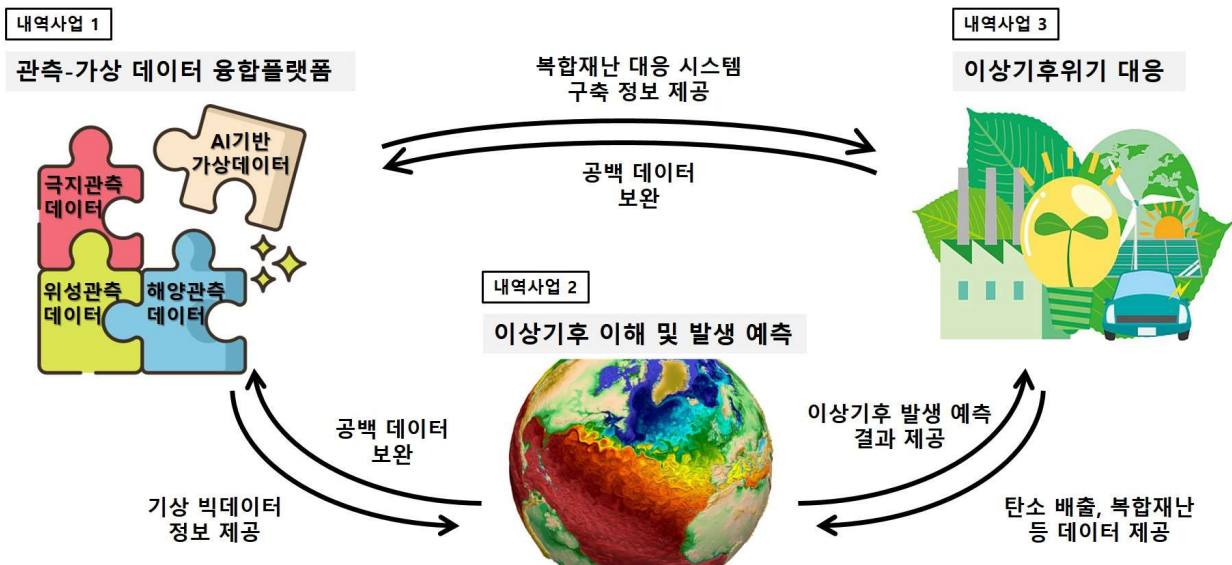
자료: 저자 작성

가. 기상/기후 분야 미래유망 신규 R&D 기획(안)

□ 사업 개요

- (사업명) 관측-가상 데이터 융합플랫폼을 활용한 이상기후위기 대응
- (사업목적) 기후 빅데이터를 활용하여 이상기후 발생을 이해·예측하고 미래 도래할 기후위기에 선제 대응
- (주요내용)
  - 1) 관측 데이터와 가상 데이터를 융합한 기후 데이터 플랫폼 구축
  - 2) 데이터 융합플랫폼 활용한 이상기후 메커니즘 이해와 발생 예측
  - 3) 탄소 배출 변화 등 기후 영향평가를 통한 기후위기 사전 대응
- (결과활용) 이상기후 위기에 선제 대응하고, 데이터 융합플랫폼을 활용하여 온실가스 감축 및 기후변화 적응 등 기후위기 대응 관련 新산업 창출에 활용

[그림 2-7] 관측-가상 데이터 융합플랫폼을 활용한 이상기후위기 대응 사업 개념도



□ 내역 상업 상세 내용

<표 2-9> 내역 사업안과 내역 별 주요기술 및 연구개발 결과

내역	관측-가상 데이터 융합플랫폼	이상기후 이해 및 발생 예측	탄소중립 등 국가적 이상기후위기 대응
주요 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>위성, 극지, 해양 등 데이터 구축</li> <li>AI 기반 기후 가상 데이터 생산</li> <li>관측-가상 데이터 통합 시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>이상기후 이해와 주요 인자 규명</li> <li>극한 현상 발생 인과관계 분석</li> <li>융합플랫폼 기반 이상기후 다중예측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>이상기후에 따른 탄소 배출량 평가 기술 개발</li> <li>물, 에너지 등 사회·경제적 영향 복합재난 대응</li> </ul>
개발 결과	관측-가상 데이터 융합플랫폼 구축	이상기후 발생 이해와 예측 기술 개발	이상기후 영향과 기후 위기 대응 전략 발굴

- (ICT 기반 구축) 위성, 극지, 해양 등의 관측 데이터와 이상기후 가상정보 연계를 통한 기후 빅데이터 확보 및 융합 플랫폼 구축
  - (빅데이터 확보) 위성 등 관측 데이터, 탄소수지 데이터 협력, AI 등 첨단기술 활용한 이상기후 정보 생산 등 기후 빅데이터 확보
  - (융합플랫폼 구축) 다중 규모의 관측 데이터와 가상의 데이터가 융합된 이상기후 디지털 플랫폼 구축
- (이상기후 이해 및 예측) 이상기후 발생 인자와 인자간 상호작용 분석을 통해 이상기후 메커니즘을 이해하고 발생을 예측
  - (메커니즘 이해) 통계, AI 기법 등을 활용하여 이상기후의 주요 인자를 이해하고 상호작용 분석을 통한 이상기후 발생 이해
  - (이상기후 예측) 이상기후에 대한 과학적 이해를 바탕으로 가뭄, 폭염, 폭우, 폭한, 미세먼지 등 이상기후 발생을 예측
- (이상기후위기 대응) 이상기후로 야기되는 탄소 배출량 변화와 이로 인해 발생하는 복합재난 대응을 통해 기후위기 사전 대응
  - (탄소 배출 영향) 폭염, 폭한 등 이상기후로 인한 인위·자연적 탄소 배출 변화와 평균 기온, 탄소중립 시나리오 등 영향 분석
  - (복합재난 대응) 이상기후와 탄소 배출로 인한 물, 식량, 에너지 등 사회·경제적 영향을 미치는 복합재난 대응 기술 개발



## 제 3 장 기후기술 스타트업 생태계 활성화를 위한 정책 및 사업 아이템 발굴

세계 주요국은 기후위기 대응을 위해 탄소중립을 선언하고 경제 전체의 탈탄소 수단으로써 기후기술 개발을 추진하고 있는 한편, 이와 동시에 기후기술을 경제성장을 위한 신산업 창출의 수단이자 새로운 사회로의 전환이 가져올 경제 질서에서 경쟁력을 강화하는 수단으로도 활용하고자 하고 있다. 한국 또한 「탄소중립 녹색성장 추진전략」을 발표하여, 탄소중립 기술을 통해 국제 기후위기 개선에 기여함과 동시에 현재의 신기후체제를 새로운 성장의 기회로 활용(관계부처 합동, 2022)<sup>2)</sup>하고자 밝힌 바 있다.

상기와 같은 기후기술에 대한 관점하에서, 기후기술과 경제/산업을 연결시킬 수 있는 ‘기후기술 스타트업(Start-up)’의 역할이 중요하다. 기후기술 스타트업이란 기후기술을 기반으로 창업을 한 기업으로 정의할 수 있으며, 기존의 기후기술 또는 새로운 기후기술 개발의 성과를 사업화하여 창업한다는 점에서 혁신적인 기후기술로부터 신산업을 창출할 수 있는 주체 중 하나라고 할 수 있다. 특히, 스타트업의 특성상 창업희망자가 각자의 아이디어로 자유롭게 창업할 수 있으므로, 기후기술 기반 창업이 활성화될 경우 기후기술과 신산업 간의 다양한 연결고리가 생성될 수 있다는 이점이 있다. 기후기술 기반 창업을 활성화하기 위해서, 창업 아이템인 기후기술이 다양하게 창출될 수 있도록 관련 연구개발을 촉진하는 것이 필요하며, 이와 동시에 기후기술을 바탕으로 창업을 할 수 있는 환경과 창업 생태계가 마련되어 있어야 한다. 그러나 한국의 창업은 기술기반이 아닌 생계형 창업이 주를 이루고 기술기반창업이 전체 창업에서 차지하는 비중이 적어, 한국의 창업 환경은 기술기반창업 중심의 생태계가 활성화되지 않은 것으로 판단되며(정도범, 2020)<sup>3)</sup>, 이와 같은 국내 환경하에서 다양한 기후기술을 기반으로 한 창업 활성화를 기대하기 어렵다.

따라서 본 연구는 기후기술에 대하여 경제 및 산업 측면에서 정책 마련이 요구되는 주제로 ‘기후기술 스타트업’을 선정하고, 기후기술 스타트업 생태계를 활성화하기 위한 정책과 사업 아이템을 발굴하는 것을 목표로 설정했다. 목표를 달성하기 위하여 본 연구는 우선 한국과 세계 주요국에 대하여 일반적인 창업 정책과 기후기술에 특화된 창업정책을 조사·분석하였다. 또한, 전문가 자문단의 운영과 문헌조사를 통해 국내 기후기술 스타트업 활성화를 저해하는 장애요인을 도출하고, 이를 극복하기 위한 정책과 사업 아이템을 발굴했다.

2) 관계부처 합동(2022), 탄소중립 녹색성장 추진전략, 2022.10.26.

3) 정도범(2020), 기술기반창업과 정부의 창업 지원, 그리고 향후 연구방향, 과학기술정책, 제3권 제2호, pp. 97-126.

## 제 1 절 기후기술 스타트업 관련 국내외 정책 및 추진현황

### 1. 한국

#### 가. 주요 스타트업 정책 동향

한국은 2021년 디지털 경제를 선도할 혁신 스타트업 육성을 위해 향후 3년간 창업정책 방향과 전략을 담은 「중소기업 창업지원계획(2021~2023)」을 수립하였다(중소벤처기업부, 2021b)<sup>4)</sup>. 동 계획은 「중소기업창업 지원법」 제4조 제1항<sup>5)</sup>에 따른 법정계획이며, 한국이 수립한 최초의 창업지원계획이라는 의미를 가지며, 디지털 대전환을 선도하는 세계 최고 혁신 창업국가라는 비전하에 <표 3-1>과 같이 향후 추진하고자 하는 창업정책에 대하여 6대 추진전략을 제시했다.

중소기업 창업지원계획(2021~2023)의 추진전략 중, 기후기술과 관련된 분야에 대한 지원은 첫 번째 전략인 ‘혁신산업분야 창업 활성화’에 포함되어 있다. 해당 전략에 따르면, 한국은 창업정책을 통해 BIG3(시스템반도체, 바이오, 미래차), DNA, 탄소중립 등 3대 유망분야에 대해서 혁신 스타트업을 육성할 계획이며, 3대 유망분야 중, BIG3의 미래차 분야에 포함된 ‘친환경차<sup>6)</sup>’와 ‘탄소중립’ 분야가 기후기술과 연관되어 있어 동 전략 및 구체화된 정책을 통해 기후기술 기반의 창업이 촉진될 수 있을 것으로 기대된다. 예컨대, 한국은 친환경차 분야에 대해서 2022년부터 중견기업과 스타트업 간의 협력과 기술개발·실증·사업화 지원을 위한 기반을 구축(중소벤처기업부, 2021b)할 계획이라고 밝히고 있다.

중소기업 창업지원계획(2021~2023)은 탄소중립 분야에 대해서 크게 두 가지의 세부과제를 계획하고 있다. 첫 번째는 ‘그린스타트업 2000’ 프로그램을 신설하는 것으로, 중소벤처기업부와 환경부의 협업 하에 2021년부터 2025년까지 연간 400개의 기업<sup>7)</sup>을 선정하여 창업·교육·멘토링 및 사업화 등을 패키지 형태로 지원할 계획이다(중소벤처기업부, 2021b). 두 번째는 친환경 및 바이오 분야의 벤처·스타트업을 전문적으로 육성하기 위한 ‘그린바이오 벤처캠퍼스’를 조성하는 것이며, 이는 농림축산식품부에서 주관하는 과제이다. 동 과제는 총 231억 원을 투자하여 2024년에 그린바이오 벤처캠퍼스의 완공을 목표로 하는 세부과제로, 그린 및 바이오에 특화된 연구와 제작 장비, 공간, 창업보육 프로그램 등을 제공하는 스타트업 육성 전문시설을 구축하고자 기획된 과제이다(중소벤처기업부, 2021b).

4) 중소벤처기업부(2021b), 중소기업 창업지원계획(2021~2023), 2021.8.

5) 2021년 1월 12일 타법개정에 의해 개정된 「중소기업창업 지원법」(법률 제17893호)까지는 제4조 제1항에 근거하여 “창업 지원계획”을 수립하도록 명시되어 있으나, 2021년 12월 28일 전면개정된 동법(법률 제18661호)부터는 제7조 제1항에서 “창업지원종합계획”을 수립하도록 개정되었으며, 제7조 제2항의 각 호에 따른 사항을 포함하도록 개정되었다.

6) 중소벤처기업부(2021b)는 미래차 분야를 세부적으로 ‘자율주행’과 ‘친환경차’ 분야로 구분했다.

7) 중소벤처기업부는 예비·초기창업패키지에 그린분야 전용트랙을 신설하여 매년 200개사를 선정할 계획이며, 환경부는 환경분야 전용 창업 프로그램 에코스타트업을 통해 매년 200개사를 선정할 계획이다(중소벤처기업부, 2021b).

〈표 3-1〉 중소기업 창업지원계획(2021~2023)의 6대 추진전략 및 주요과제

추진 전략	과제
1. 혁신산업분야 창업 활성화	- 혁신신산업 스타트업 집중육성을 위한 체계 개편 - 3대 유망분야 혁신 스타트업 육성 (BIG3, DNA, 탄소중립) - 핵심 정책수단 연계 (자금, R&D, 인력, 투자)
2. 협력과 상생 기반 혁신창업 육성	- 민간과 정부가 함께 유망 스타트업 발굴 (팁스, 사내벤처 등) - 스타트업 주도의 상생기반 성장 및 글로벌화(글로벌대기업 협업 등) - 부처간 협업을 통한 특화 지원
3. 지역기반 건강한 창업생태계 조성	- 창경센터를 지역창업의 중심거점으로 개편, 지역특화 창업 육성 - 대학의 지역 창업 환경개선 및 역할 강화 - 지역 및 청년 등 정책대상별 맞춤형 창업지원 강화
4. 교류 및 기술창업 저변 확대	- 스타트업 교류협력 강화를 통한 창업 붐 확산(컴업 등) - 기업가정신 확산 및 미래 창업인재 양성 (창업교육, 실전창업검증 등)
5. 창업정책 총괄·효율화	- ‘K-스타트업’ 을 통한 창업정책 통합공고 및 통합신청서비스 제공 - ‘질 좋은 혁신창업’ 을 위한 창업정책 통합관리 및 거버넌스 확립 (통합관리규정 등)
6. 창업 친화적 제도 기반 마련	- 스타트업 성장을 가로막는 현장규제 해결 - 혁신 창업국가 기반 마련을 위한 창업지원법 전면 개정 - 창업친화적 제도 및 환경 조성

자료: 중소벤처기업부(2021b)를 바탕으로 저자 정리

중소벤처기업부는 중소기업 창업지원계획(2021~2023)에 이어, 2021년 12월 「중소벤처기업 탄소중립 대응 지원방안」을 수립했다. 중소벤처기업 탄소중립 대응 지원방안은 2050 탄소중립을 위한 중소기업 저탄소화 및 그린분야 신성장동력 창출(중소벤처기업부, 2021c)을 비전으로 설정하고, 4대 전략과 16개 세부과제를 설정했다. 동 지원방안에서 설정한 비전에서 알 수 있듯이, 동 지원방안은 탄소중립을 이끌어 갈 스타트업을 육성하기 위한 정책을 포함한 계획이며, 중앙부처에서 마련한 기후기술 스타트업 육성에 특화된 실행계획이라고 할 수 있다.

중소벤처기업 탄소중립 대응 지원방안에서 탄소중립 대응을 위한 스타트업 육성과 관련된 계획은 두 번째 전략인 ‘그린분야 혁신 벤처·스타트업 육성’에 마련하였다. <표 3-2>와 같이 그린분야의 스타트업을 육성하기 위해서 기업 육성, 생태계 육성, R&D 지원, 기술의 상용화, 인프라 조성 측면의 다섯 개의 세부과제를 수립하였다. 중소벤처기업부(2021c)<sup>8)</sup>에 따르면, 한국은 그린분야의 기업을 육성하기 위해서 유망기업을 발굴하고 자금을 지원하며, 생태계 육성을 위하여 그린뉴딜펀드를 조성할 계획이다. R&D 지원에 대해서 동 지원방안은 중소기업과 스타트업을 구분하여 실행계획을 마련했으며, 향후 한국은 중소기업을 대상으로 탄소중립 R&D를 추진하고 스타트업을 대상으로는 그린뉴딜 분야 혁신기술을 개발하는 기업에게 R&D와 사업화를 지원할 계획이다(중소벤처기업부, 2021c). 또한, 중소벤처기업부(2021c)는 기술 상용화

8) 중소벤처기업부(2021c), 중소벤처기업 탄소중립 대응 지원방안, 2021.12.

를 지원하기 위해 규제자유특구를 활용하여 신기술의 실증과 사업화를 촉진하며, 창업거점을 구축하여 인프라를 구축할 계획임을 밝혔다.

〈표 3-2〉 중소벤처기업 탄소중립 대응 지원방안(2021)의 그린 스타트업 육성 과제

세부 과제	주요 내용
1. 그린경제를 선도하는 유망기업 발굴·육성	- 그린뉴딜 유망기업 100개사 발굴 - 아기유니콘 200 <sup>1)</sup> 기업 선정 시 그린뉴딜 분야 유망기업 적극 발굴·지원
2. 탄소중립 친화적 벤처투자 등 혁신 생태계 조성	- 그린뉴딜펀드를 지속 조성하여 그린벤처기업 집중 육성
3. 중소기업 특화 그린기술 R&D 지원	- 중소기업 특화 탄소중립 기술 확보 및 저탄소 신유망 중소기업 육성을 위한 R&D 본격 추진 - 그린뉴딜 분야 혁신기술을 개발하는 창업기업에 대한 전략적 R&D·사업화 지원 - 투자형 R&D를 중기부 전체 R&D의 10% 수준까지 확대
4. 규제자유특구를 통한 그린 혁신기술 상용화	- 신기술 실증·사업화 촉진을 위한 탄소중립 관련 규제자유특구를 20개 지정(~'25년)
5. 그린 스타트업 타운 등 친환경 창업거점 조성	- 그린 스타트업 타운을 조성하고 지역주력산업과 연계한 그린 벤처·스타트업을 지역혁신 선도기업으로 육성

주 1) 중소벤처기업부에서 주관하고 창업진흥원이 수행하는 사업으로, 혁신적 사업모델과 성장성을 검증받은 아기유니콘 기업을 발굴하고 글로벌 경쟁력을 갖춘 예비유니콘 기업(기업가치 1천억 원 이상)으로 육성하기 위한 사업임(중소벤처기업부, 2022b)<sup>9)</sup>  
 자료: 중소벤처기업부(2021c)를 바탕으로 저자 정리

#### 나. 스타트업 관련 현황

창업 활성화를 위한 한국 정부의 창업지원 예산과 사업은 지속적으로 확대되는 추세를 보인다. 중소벤처기업부(2021a)<sup>10)</sup>에 따르면 2016년 기준 중앙부처의 창업지원 예산과 사업은 각각 5,764억 원 및 65개였으나, 2021년에는 창업지원 예산 규모가 1조 4,368억 원으로 확대되고 사업도 90개로 증가했다(〈표 3-3〉 참고). 창업지원에 참여하는 중앙부처 역시 2016년에는 6개 부처만 참여했으나, 2021년 15개 부처로 확대되어 다양한 부처에서 창업을 지원하고 있는 것으로 나타났다(중소벤처기업부, 2021a). 〈표 3-4〉에 정리되어 있듯이, 「2021년 창업지원 통합 공고」 기준, 중앙부처 중 중소벤처기업부의 예산이 1조 2,330억 원으로 중앙부처 예산 중 85.8%를 차지하고 있었으며, 과학기술정보통신부의 예산은 약 458억 원으로 중앙부처 예산 중 3.4%

9) 중소벤처기업부(2022b), 아기유니콘200 참여기업 모집 및 지원계획 공고, 중소벤처기업부 공고 제2022-440호, 2022.7.18.

10) 중소벤처기업부(2021a), 2021년 창업지원 통합 공고, 중소벤처기업부 공고 제2021-2호, 2021.1.5.



를 차지하고 있었다(중소벤처기업부, 2021a).

<표 3-3> 연도별 중앙부처 창업지원 예산 및 사업 현황

구분	2016	2017	2018	2019	2020	2021
참여부처(개)	6	7	7	14	16	15
지원예산(억 원)	5,764	6,158	7,796	11,181	14,517	14,368
지원사업(개)	65	62	60	69	90	90

자료: 중소기업부(2021a)를 바탕으로 저자 정리

<표 3-4> 2021년 창업지원 통합공고 예산

부처	예산(억 원)	비율(%)
중소벤처기업부	12,330.1	85.8
문화체육관광부	491.6	3.4
과학기술정보통신부	457.7	3.2
고용노동부	298.5	2.1
농림축산식품부	161.9	1.1
특허청	153.2	1.1
농촌진흥청	122.0	0.8
환경부	120.0	0.8
보건복지부	78.0	0.5
해양수산부	70.6	0.5
교육부	58.1	0.4
기획재정부	16.3	0.1
법무부	8.4	0.1
기상청	1.6	0.0
국토교통부	0.7	0.0
소계	14,368.7	100.0

자료: 중소기업부(2021a)를 바탕으로 저자 계산 및 정리

한편, 한국의 창업 수는 창업기업 동향(국가통계 승인번호 제142009호)을 통해 조사되고 있다. 창업기업 동향에서는 전체 창업 중 ‘기술창업 수’ 항목을 제공하며, 창업기업 동향에서 정의하는 기술(기반)창업은 기술기반업종을 영위하는 기업의 창업으로, OECD 및 EU 기준에 따라 제조업과 지식기반서비스업(정보통신, 전문·과학·기술, 사업시설관리, 교육, 보건·사회복지, 예술·스포츠·여가)의 창업을 의미한다(중소벤처기업부, 2022a)<sup>11)</sup>. 중소기업부(2022a)에 따르면, 한국의 기술창업 수는 2021년 기준 239,620개로 전체 창업 수 1,417,973개의

11) 중소기업부(2022a), 실질 창업 증가 속, 기술창업 역대 최대 23만개 달성: 2021년 연간 창업기업 동향 발표, 중소기업부 보도자료, 2022.2.24.

약 16.9%를 차지하는 것으로 나타났다. 이는 2020년 기준 228,949개에 비해 4.7% 증가한 수치로, 전체 창업에서 차지하는 비중도 15.4%에서 1.5%p 증가했다. 2021년 기준 기술창업 중 가장 큰 비중을 차지하는 업종은 전문·과학·기술서비스 업종으로 약 27.2%를 차지하며, 전문·과학·기술서비스 업종 다음으로 제조업(20.0%), 정보통신업(19.0%) 순서로 다수의 창업을 기록했다. 제조업 부문의 창업이 기술창업 중 높은 비중을 차지하고 있으나, 제조업 부문의 창업 수는 2020년에 비해 약 3.9% 감소한 것으로 나타났다(<표 3-5> 참고).

<표 3-5> 업종별 창업 수 및 비중 (단위: 개)

연도	창업	기술창업							
		제조업	정보통신	전문·과학·기술	사업지원	교육	보건·사회복지	창작·예술·여가	
'20	1,484,667	228,949 (15.4%)	49,928 (21.8%)	36,760 (16.1%)	54,411 (23.8%)	36,906 (16.1%)	39,056 (17.1%)	4,939 (2.2%)	6,949 (3.0%)
'21	1,417,973	239,620 (16.9%)	47,989 (20.0%)	45,578 (19.0%)	65,134 (27.2%)	27,992 (11.7%)	40,793 (17.0%)	5,094 (2.1%)	7,040 (2.9%)

※ 괄호 안은 상위계층에 대한 비중을 의미함  
 자료: 중소벤처기업부(2022a)를 바탕으로 저자 계산 및 정리

## 2. 중국

### 가. 주요 스타트업 정책 동향

중국의 리커창 총리는 2014년 하계 다포스포럼과 2015년 3월 중국 양회(两会)에서 창업과 관련하여 ‘대중창업 만중혁신(大众创业 万众创新)’이라는 비전을 발표했다. 쌍창(双创)이라고도 불리는 대중창업 만중혁신은 중국이 창업을 경제발전의 엔진 중 하나로 삼고 경제성장을 도모하겠다는 의지가 반영된 비전으로 이후 중국의 창업 정책에 지속적으로 등장하는 핵심 비전이라고 할 수 있다. 대중창업 만중혁신 발표 이후, 중국은 창업 관련 정책을 지속적으로 발표하여 창업을 촉진하기 위한 제도적 기반과 실제 창업을 위한 인프라를 마련해 오고 있다.

2015년 6월, 중국 국무원은 창업 촉진을 전면적으로 지원하기 위한 정책인 「대중창업 만중혁신 강력 추진을 위한 정책 조치 의견(国务院关于大力推进大众创业万众创新若干政策措施的意见)」을 발표했다(현상백 외, 2019)<sup>12)</sup>. 동 정책의 4대 핵심전략은 ① 개혁을 통한 창업 환경 조성, ② 창업 지원정책 강화, ③ 시범기지를 통한 창업문화 확산, ④ 공유를 통한 혁신 추진이며, 4대 핵심전략에 따라 30개의 정책 지침을 제시하고 있으며(현상백 외, 2019), 주요 정책 지

12) 현상백·이효진·조고운·오윤미(2019), 중국의 창업생태계 발전전략과 정책 시사점, 연구보고서 19-20, 대외경제정책연구원.

침은 <표 3-6>과 같다. 현상백 외(2019)에 따르면, 향후 중국의 창업 정책의 추진과 구체화는 동 정책에서 제시하는 네 가지 핵심전략을 바탕으로 하므로, 본 정책은 중국 창업 정책의 기반이라는 의의를 가진다고 할 수 있다.

<표 3-6> 중국 대중창업 만중혁신 강력 추진을 위한 정책 조치 의견의 주요 정책 지침

주요 정책 지침	세부 내용
창업 자금 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 창업기업을 위한 신삼판 증권시장 설립 추진</li> <li>- 원스톱 금융 서비스 지원 장려</li> <li>- 클라우드펀딩 시범 실시</li> <li>- 마이크로 기업에 대한 세수 우대 정책 시행</li> </ul>
창업 투자 확대	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 신흥 산업에 대한 벤처투자펀드 참여 확대</li> <li>- 국유자본의 창업투자 장려</li> <li>- 국가 창업투자펀드 설립</li> <li>- 외자 창업투자 관련 규제 완화를 통한 투자 장려</li> </ul>
창업 환경 조성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 선등록 후 서류 제출 개혁, 전자등록 등 행정 간소화</li> <li>- 인큐베이터 기관 확산을 통한 대중 창업 촉진</li> <li>- 온·오프라인 결합으로 창업 진입 환경 조성 및 비용 절감</li> <li>- 창업을 위한 공공 혁신 플랫폼 조성</li> <li>- 지식재산권 강화</li> </ul>
창업 문화 확산	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 과학기술 인재, 대졸자, 귀국 인재의 창업 지원</li> <li>- 창업지원 정책의 도농 격차 해소</li> </ul>

자료: 중국정부망(2015: 현상백 외, 2019에서 재인용)<sup>13)</sup>

현상백 외(2019)에 따르면, 2015년에 실시한 창업 정책으로 창업문화가 확산되고, 이어서 4차 산업혁명의 대두와 새로운 업종의 등장에 따라, 중국은 2017년부터 신기술 기반의 창업을 촉진하는 정책을 발표해 왔다. 대표적으로 2017년 7월 중국 국무원이 발표한 「혁신 드라이브 발전전략 강화를 통한 대중창업 만중혁신 심화 발전 의견(国务院关于强化实施创新驱动发展战略进一步推进大众创业万众创新深入发展的意见)」은 혁신을 강조했으며, 과학기술이 스타트업을 통해 경제·산업으로 연결될 수 있도록 ‘과학기술의 경제적 성과 창출’을 핵심방안 중 하나로 제시했다(현상백 외, 2019). 동 정책에서는 과학기술의 경제적 성과를 창출하기 위해서, 성과의 근간이 될 수 있는 지식재산권을 보호하고 무형자산의 시장가치를 평가할 수 있는 시스템을 마련하는 한편, 전략적 신흥 산업에 기여할 수 있는 과학기술에 대한 제도 완화와 연구원에 대한 지원 또한 국가적 목표로 설정했다(현상백 외, 2019).

상기 2017년 정책에 이어 이듬해인 2018년에 중국 국무원은 「혁신창업 고품질 발전 촉진 쌍창 업그레이드 버전 구축에 관한 의견(国务院关于推动创新创业高质量发展打造“双创”升级版

13) 중국정부망(2015), 국무원 대중창업 만중혁신 강력 추진을 위한 정책 조치 의견, [http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-06/16/content\\_9855.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-06/16/content_9855.htm) (검색일: 2019.8.12.): 현상백·이효진·조고운·오윤미(2019), 중국의 창업생태계 발전전략과 정책 시사점, 연구보고서 19-20, 대외경제정책연구원에서 재인용

的意见)」을 발표했다. 해당 정책의 6대 목표에는 ‘과학기술 성과의 전환·응용 능력 강화’이 포함되어 있어(중국 정부망, 2018)<sup>14)</sup>, 신기술 기반의 창업 촉진에 대한 정책적 연결성을 이어나갔다. 또한, 2019년 6월 국무원 상무회의에서 리커창 총리가 창업의 중요성을 재차 강조하면서 쌍창 추진을 위한 5대 조치를 언급했으며(현상백 외, 2019), 5대 조치 중 하나로 ‘기술혁신 촉진’을 제시하여 쌍창 시범기지에서 연구개발 비용 중 75%에 대하여 세액 공제를 추진하는 등(루명준, 2019)<sup>15)</sup> 과학기술 성과와 사업 간 연결을 지원하는 구체적인 내용을 밝혔다.

#### 나. 스타트업 관련 현황

중국의 대표적인 창업 인큐베이터 및 창업지원 플랫폼으로 중창공간(众创空间)이 있으며, 현상백 외(2019)에 따르면 2018년 기준 중국에 6,959개의 중창공간이 설립되었다. 6,959개의 중창공간 중 약 10.3%인 716개가 광둥성에 위치하여 광둥성은 중창공간이 가장 많이 설립되어 있는 중국의 성(省)이며, 광둥성 다음으로 장쑤성과 저장성에 많은 중창공간이 설립되었다(중국 과학기술부 훗블하이테크산업발전센터·수도과학기술발전전략연구원, 2019: 현상백 외, 2019에서 재인용)<sup>16)</sup>. 2018년 기준 중창공간을 활용하여 신규 등록한 업체는 약 8만 7,900개사이며, 9,849개사가 334억 위안<sup>17)</sup>의 금융투자를 받았다(중국 과학기술부 훗블하이테크산업발전센터·수도과학기술발전전략연구원, 2019: 현상백 외, 2019에서 재인용). 대표적인 중창공간으로는 베이징에 위치한 중관춘(中关村)이 있다. 중국의 실리콘밸리라고 불리는 중관춘에는 중국 전체 벤처 투자금의 3분의 1이 집중되며, 베이징대 및 칭화대 등 중국 내 유수의 대학과 국가과학연구소 등과 유기적으로 연계되어 있다는 강점이 있다(장상윤, 2016)<sup>18)</sup>.

### 3. 일본

#### 가. 주요 스타트업 정책 동향

일본의 내각부, 문부과학성, 경제산업성은 2019년 6월 일본 내 지역을 중심으로 창업 생태계를 조성하기 위한 전략인 「Beyond Limits Unlock Our Potential ~세계와 대등한 스타트업 에코시스템 거점형성 전략~」<sup>19)</sup>(이하 스타트업 에코시스템 거점형성 전략)을 발표하였다. 동 전략은 도시와 대학을 끌어들이 창업가 교육과 액셀러레이터 기능이 근본적으로 강화된 스타

14) 중국정부망(2018), 국무원 혁신창업 고품질 발전 촉진 쌍창 업그레이드 버전 구축에 관한 의견, [http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-09/26/content\\_5325472.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-09/26/content_5325472.htm) (검색일: 2022.8.1.)

15) 루명준(2019), 해석-전국상임위원회는 대중창업 만중혁신을 보다 심도있게 이끌어가겠다는 여러 의향을 갖고 있음, 더페이퍼(澎湃新闻), 2019.6.5., [https://www.thepaper.cn/newsDetail\\_forward\\_3612138](https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_3612138) (검색일: 2022.8.1.)

16) 중국 과학기술부 훗블하이테크산업발전센터·수도과학기술발전전략연구원(2019), 중국 창업인큐베이터 발전 보고서 2019, 베이징: 과학기술문헌출판사: 현상백·이효진·조고운·오윤미(2019), 중국의 창업생태계 발전전략과 정책 시사점, 연구보고서 19-20, 대외경제정책연구원에서 재인용

17) 한화 약 6조 1,700억 원에 해당하는 규모임(184.66원/위안 기준)

18) 장상윤(2016), 중국의 창업 열풍과 지원 환경, The HRD Review, 2016.1.

19) 내각부·문부과학성·경제산업성(2019), Beyond Limits Unlock Our Potential ~세계와 대등한 스타트업 에코시스템 거점형성 전략, 2019.6.

트업 생태계의 거점을 일본 내 다수의 지역에 형성시키기 위한 전략이다. 에코시스템 거점형성 전략은 도시, 대학, 액셀러레이터, Gap Fund, 공공조달, 연결형성, 인재유동화에 대해서 7개의 전략을 제시하고 있는데, 제시하는 전략 중 핵심적인 전략은 물리적인 거점(스타트업 에코시스템 거점도시)을 지정하기 위한 첫 번째 전략이라고 할 수 있다. 첫 번째 전략은 일본 내 스타트업 생태계의 물리적 거점에 대하여 정부와 민간 서포터가 집중적인 지원을 실시하기 위한 전략이며, <표 3-7>에서 설명하는 것과 같이 컨소시엄 공모를 통해 일본 내 거점도시를 선정하겠다는 계획을 포함하고 있다<sup>20)</sup>.

<표 3-7> 일본 스타트업 에코시스템 거점형성 전략의 거점도시 형성 전략

전략 1: 도시 - 세계와 대등한 스타트업 에코시스템 거점도시의 형성

- 일정: 연내에 사전 조사를 개시하며, 내년 1월에 계획을 공모하고 3월에 선정하여 내년부터 지원 개시
- 공모: 지방자치단체와 대학, 민간조직(벤처 지원기관, 금융기관 등)으로 구성된 컨소시엄에 대해서 스타트업 에코시스템 거점도시 형성 계획 공모
- 심사: 전문가와 내각부, 경제산업성, 문부과학성에 의한 선정위원회에서 제안된 계획과 도시의 현황 및 잠재력을 심사하고 거점도시를 선정
- 구분: 글로벌 거점도시 - 관계부성의 시책에 의한 집중 지원 (2~3개소)  
추진 거점도시 - 지방 창생 관련 사업과의 제휴 검토 (여러 곳)

자료: 내각부·문부과학성·경제산업성(2019)를 바탕으로 저자 정리

한편, 일본은 「제6기 과학기술혁신기본계획(2021~2025)」에 상기 스타트업 에코시스템 거점도시 관련 내용을 비롯한 스타트업 정책을 포함시켜 국가 기본계획상에서 창업 활성화를 추진하고자 했다. 동 계획은 일본의 「과학기술혁신기본법」<sup>21)</sup>에 따른 5개년 국가 계획이며, 차세대 사회의 개념인 Society 5.0<sup>22)</sup>의 실현을 위해 추진하고자 하는 정책으로 구성되어 있다. 제6기 과학기술혁신기본계획에 포함된 정책 중 스타트업과 관련된 정책은 ‘가치공동창출형 신산업을 창출하는 기반이 되는 이노베이션 및 에코시스템의 형성’에서 확인할 수 있다. 해당 정책의 목표는 대학과 연구개발법인, 사업회사, 지방공공단체 등이 밀접하게 연계하여 사회과제의 해결과 사회변혁에 도전하는 스타트업이 차례로 생겨날 수 있는 에코시스템을 형성하고 새로운 가치를 연속적으로 창출하는 데에 있으며(내각부, 2021)<sup>23)</sup>, <표 3-8> 및 <표 3-9>와 같이 주요 정량목표와 6개의 주요 대처도 함께 제시하였다. 특히, 상기 설명한 스타트업 에코시스템 거점도시와 관련한 내용은 <표 3-9>의 네 번째 주요 대처에서 확인할 수 있다.

20) 거점도시는 스타트업 에코시스템 거점형성 전략 발표 이듬해인 2020년 7월에 선정되었으며, 선정된 거점도시는 나. 스타트업 관련 현황에 서술하였다.

21) 일본은 2020년 기존의 「과학기술기본법」을 개정하여 「과학기술혁신기본법」으로 제명 변경하였다.

22) 일본의 제5기 과학기술기본계획(2016~2020)에 반영된 개념으로, 원시의 수렵사회, 농경사회, 공업사회, 정보사회에 이어 4차 산업혁명을 통해 일본이 지향하는 초스마트 사회를 의미한다.

23) 내각부(2021), 제6기 과학기술혁신기본계획, 2021.3.26.

〈표 3-8〉 일본 제6기 과학기술혁신기본계획 내 스타트업 관련 정량 목표

연번	내용	현재	목표
1	SBIR 제도 <sup>1)</sup> 에 근거하여 스타트업 등으로의 지출	463억 엔 (‘20년 목표)	570억 엔
2	관공수(官公需)법 <sup>2)</sup> 에 근거하여 창업 10년 미만의 신규사업자를 위한 계약목표	1.06% (‘19년 실적)	3%
3	실천적인 창업가정신 교육 프로그램의 수강자수	약 600명 (‘20년 예상)	1,200명
4	대학 등과 국립 연구개발법인에 대한 민간기업으로부터의 공동연구 수입액	약 882억 엔 (‘18년)	‘18년대비 70% 증가
5	분야간 데이터를 제휴 및 접속하는 사례를 가지는 스타트업 에코시스템 거점도시 수의 비율	-	100%
6	기업가치 또는 시가총액이 10억 달러 이상이 되는 비상장 벤처기업 또는 상장벤처기업 창출수	16개사 (‘19년 말 기준)	‘18~‘25년동안 50개사

주 1) 중소기업기술혁신(Small Business Innovation Research) 제도를 의미하며, 중소기업 등에 대하여 연구개발 보조금 등의 지출 기회의 증대를 도모하고, 그 성과의 사업화를 지원하는 범부처 성격의 제도임(내각부, 2019)

주 2) 「관공수에 대한 중소기업자의 수주 확보에 관한 법률」로 국가나 지방자치단체 등이 물품을 구입하거나 공사를 맡주할 때 중소기업의 참여 기회를 확대하기 위한 법률임

자료: 내각부(2019)를 바탕으로 저자 정리

〈표 3-9〉 일본 제6기 과학기술혁신기본계획 내 스타트업 관련 주요 조치

연번	내용
1	사회의 필요에 근거한 스타트업 창출 및 성장 지원
2	기업의 혁신활동 촉진
3	산학관 제휴에 의한 새로운 가치공동창출의 추진
4	세계에 비견하는 스타트업 에코시스템 거점의 형성
5	도전하는 인재 배출
6	보유 필요성이 높은 중요기술에 관한 연구개발의 계속 및 기술의 승계

자료: 내각부(2019)를 바탕으로 저자 정리

2022년 6월, 일본은 과학기술혁신 정책과 관련된 최상위 위원회인 종합과학기술혁신회의(제61회)에서 상기 제6기 과학기술혁신기본계획에 따른 스타트업 에코시스템 형성에 관한 구체적인 방법을 검토했다. 동 회의에서는 성장자금, 벤처캐피털(Venture Capital, VC)의 수준 및 양, 창업가, 도시와 대학의 기능, 연구개발 및 정부조달 측면에서 현재의 한계점과 향후 방향성

이 논의되었으며, 주요 내용은 <표 3-10>와 같다. 동 회의는 전문조사회에 의한 일본의 스타트업 생태계에 대한 상세한 조사결과가 제시되었으며, 이와 함께 국가 최상위 위원회에서 그 방향성이 논의되었다는 점에서 의의가 있다.

<표 3-10> 일본 스타트업 에코시스템 방향성 검토의 주요 내용(제61회 종합과학기술혁신회의)

1. 성장자금의 강화	
한계점	외국에 비해 일본의 GDP 대비 VC 투자액은 매우 낮은 수준; 모든 단계에서 투자가 부족함 외국은 기관투자자가 장기적 자금의 공급원이나 일본 유한책임투자자(Limited Partner, LP)의 출자액은 매우 낮음.
방향성	기관 투자자의 VC 투자가 촉진될 수 있도록 환경정비 추진; 마중물로써 공적자금에 의한 리스크 머니의 발본 강화(pre-시드 및 시드단계에 더해 특히 레이터 단계의 발본 강화가 필수); 개인의 VC 투자 촉진을 위한 메커니즘 검토, 엔젤 세제의 편리성 향상 및 절차의 간소화 검토
2. 벤처캐피털의 기능 강화	
한계점	글로벌 시장에서 활약하는 스타트업 배출 경험과 분야의 전문성 부족; 1건 당 투자액 및 레이터(Later) 단계 투자액이 소규모.
방향성	공적기관으로부터 해외 VC로의 LP 출자를 실시하는 틀을 추진(일본의 스타트업에게 해외 VC의 노하우 및 네트워크를 도입); 공적기관 및 민관 펀드로부터 LP 출자를 통해 민간 VC가 육성될 수 있는 인센티브를 설계함.
3. 창업가에 대한 철저한 지원	
한계점	외국과 비교해서 창업가에 대한 인센티브가 불충분; 미국 등에서 확대되는 비상장주식시장(세컨더리 마켓)이 없고 상장 및 비상장의 선택이 불가능; 창업가 교육은 극히 일부 존재.
방향성	다음의 창업가 또는 엔젤이 되는 선순환 형성 등에 필요한 구조를 검토; 국내외의 뛰어난 인재 획득의 관점에서 스톡옵션 제도의 재검토; 세컨더리 마켓의 창설을 위해 환경을 정비; 초·중·고 및 중등 교육 단계부터 창업가 교육 및 STEAM(Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) 교육을 강화.
4. 도시 및 대학 등의 기능 강화	
한계점	세계에서는 도시가 정책적으로 에코시스템 형성을 리드하는 한편 일본 도시의 글로벌 경쟁력은 불충분; 대학에서의 스타트업 창업 기반은 불충분; 국제적인 스타트업 캠퍼스는 미정비.
방향성	거점도시를 중심으로 스타트업의 글로벌 전개 등을 강화; 대학 펀드를 활용하여 해외 톱 연구자를 유치하고 세계적 거점형성을 촉진; 해외대학과 제휴한 세계에 비견하는 스타트업 캠퍼스를 창설.
5. 스타트업을 위한 연구개발의 강화 및 정부조달을 통한 시장창출 촉진	
한계점	관공수 충실적 총액에서 차지하는 신규 중소기업자용 계약실적이 극도로 저조함(1% 미만); 조달을 전제로한 스타트업의 연구개발을 지원하는 일본판 SBIR의 규모는 상당히 제한적.
방향성	일본판 SBIR의 발본 확충; 각 성청 및 지방자치단체에서 스타트업으로부터의 조달을 촉진; 정부조달의 참가자격을 재검토하고 절차의 간소화를 검토

자료: 종합과학기술혁신회의 이노베이션에코시스템전문조사회(2022a<sup>24</sup>; 2022b<sup>25</sup>)를 바탕으로 저자 정리

나. 스타트업 관련 현황

2019년 6월 발표된 스타트업 에코시스템 거점형성 전략을 근거로, 2020년 7월에 일본의 스타트업 에코시스템 거점도시로 ‘글로벌 거점도시’ 네 곳과 ‘추진 거점도시’ 세 곳을 선정하였다. 글로벌 거점도시는 관계부성의 시책에 의한 집중 지원을 위한 거점도시이며, 추진 거점도시는 지방 창생 관련 사업과의 제휴 검토를 위한 거점도시이다(내각부·문부과학성·경제산업성, 2019). 글로벌 거점도시로는 도쿄, 나고야 등 주부(中部)지방, 오사카 등 간사이(關西)지방, 후쿠오카 등 일본의 주요 지역을 중심으로 구성된 컨소시엄이 선정되었으며, 추진 거점도시로는 삿포로, 센다이, 히로시마, 기타큐슈의 컨소시엄이 선정되었다(〈표 3-11〉 참고). 각 거점도시의 스타트업 생태계 관련 주요 실적은 〈표 3-12〉와 같다.

〈표 3-11〉 일본 스타트업 에코시스템 거점도시 선정 현황

구분	컨소시엄	지역
글로벌 거점도시	도쿄 컨소시엄	도쿄도, 시부야구, 가와사키시, 요코하마시 등
	센트럴 재팬 에코시스템 컨소시엄	아이치현, 나고야시, 하마마쓰시 등
	오사카 교토 고베 컨소시엄	오사카시, 교토시, 고베시 등
	후쿠오카 스타트업 컨소시엄	후쿠오카시 등
추진 거점도시	삿포로 홋카이도 스타트업 에코시스템 추진협의회	삿포로시 등
	센다이 스타트업 에코시스템 추진협의회	센다이시 등
	히로시마 지역 이노베이션 전략추진회의	히로시마현 등
	기타큐슈시 SDGs 스타트업 에코시스템 컨소시엄	기타큐슈시 등

자료: 내각부 과학기술혁신추진사무국(2022)<sup>26)</sup>을 바탕으로 저자 정리

24) 종합과학기술혁신회의 이노베이션에코시스템전문조사회(2022a), 세계와 대등한 스타트업 에코시스템 형성에 관하여(안) 개요, 제61회 종합과학기술혁신회의 자료 2-1, 2022.6.2.

25) 종합과학기술혁신회의 이노베이션에코시스템전문조사회(2022b), 세계와 대등한 스타트업 에코시스템 형성에 관하여(안), 제 61회 종합과학기술혁신회의 자료 2-2, 2022.6.2.

26) 내각부 과학기술혁신추진사무국(2021), 스타트업 에코시스템 거점도시에 관하여, 2022.9.



〈표 3-12〉 일본 스타트업 에코시스템 거점도시의 주요 실적 현황

권소시업	주요 KPI	개시시점	실적('22.3 말)	목표('24)
도쿄 권소시업	유니콘 수	3개사	8개사	20개사
	스타트업 에코시스템 랭킹	랭킹 대상 외	세계 12위	세계 10위
	대학벤처 수(권소시업 가맹대학 총계)	533개사	1,128개사	배증
	행정과제해결 프로젝트 창출수	-	48건	50건
센트럴 재팬 에코시스템 권소시업	유니콘 수	0개사	0개사	5개사
	매상 100억 엔 이상 스타트업 수	0개사	1개사	10개사
	자금조달액	87억 엔	240억 엔	1,000억 엔
	비즈니스 매칭 공동가치창출 건수	-	205건	400건
오사카 교토 고베 권소시업	유니콘 수	0개사	0개사	5개사
	스타트업 창출수	271개사 (과거 5년)	287개사 증가	542개사 증가
	대학벤처 수	82개사 (과거 4년)	115개사 증가	214개사 증가
후쿠오카 스타트업 권소시업	유니콘 수	0개사	1개사	5개사
	시가총액 10억 엔 초과 스타트업 수	32개사	41개사	100개사
	스타트업 비자 인정수	57건	88건	114건
삿포르	당해연도 자금조달 스타트업 수	23개사	13개사	50개사
	당해연도 자금조달액	34억 엔	69억 엔	100억 엔
센다이	유니콘 수	0개사	1개사	1개사
	스타트업 창출(총계)	29개사	215개사	300개사
	자금조달액	25억 엔	32억 엔	50억 엔
히로시마	혁신활동 실행기업 비중	-	60%	50%
	혁신 실현기업 비중	-	31%	45%
기타큐슈	유니콘 수	0개사	0개사	1개사
	시내 스타트업 수	22개사	50개사	100개사

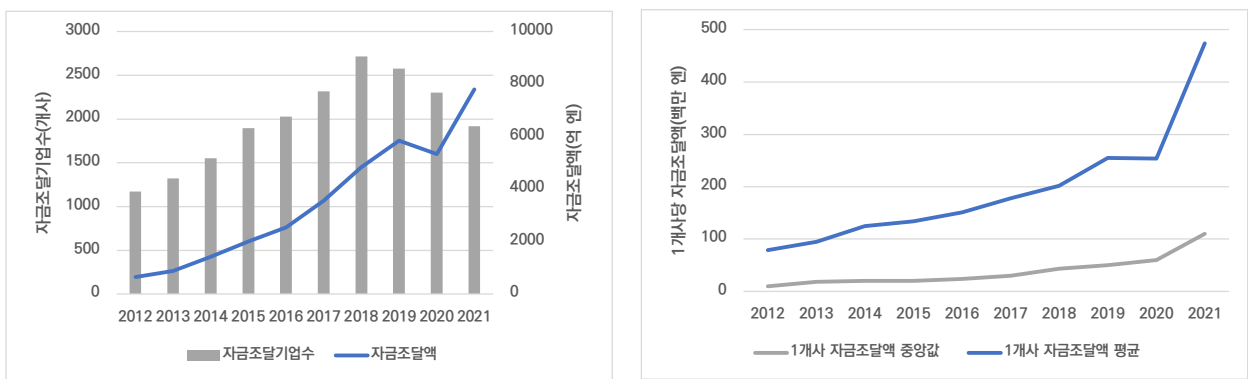
자료: 내각부 과학기술혁신추진사무국(2022)을 바탕으로 저자 정리

일본 내 스타트업의 자금조달 규모는 지속적으로 확대되고 있으며 1개사당 자금조달액 역시 증가하는 추세를 보이고 있다([그림 3-1] 참고). INITIAL(2022)<sup>27)</sup>에 따르면 자금조달 기업 수는 2018년 약 2,700개사를 기록한 뒤 하락하고 있으나, 총 자금조달액은 2020년을 제외하고 지속적으로 상승하여 2021년에는 7,800억 엔을 기록했다. 2021년 기준 스타트업 1개사당 평균적으로 4억 7,360만 엔을 조달했으며, 1개사당 자금조달액의 중앙값은 1억 1,000만 엔으로 조사되었다(INITIAL, 2022).

27) INITIAL(2022), Japan Startup Finance 2021, 2022.2.

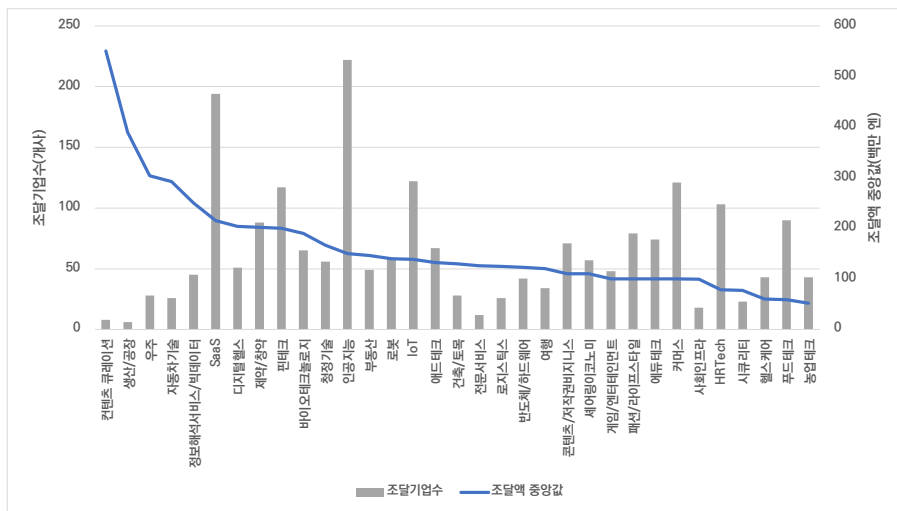
2021년 스타트업의 자금조달액 중앙값을 기준으로, 일본의 스타트업 분야 중 가장 큰 규모의 금액을 조달한 분야는 콘텐츠 큐레이션으로 약 5억 5,060만 엔을 달성하였다(INITIAL, 2022)(그림 3-2) 참고). 콘텐츠 큐레이션 분야에 이어서 생산·공장, 우주, 자동차기술, 정보해석서비스·빅데이터, SaaS(Software-as-a-Service, 서비스로서의 소프트웨어), 디지털헬스, 제약·창약, 핀테크, 바이오테크 분야가 2021년 조달액 중앙값 규모를 기준으로 2~10위를 차지하였다(INITIAL, 2022), 1개사당 자금조달액 규모가 상위권에 속한 분야로 조사되었다. 기후기술과 관련이 있는 청정기술 분야의 스타트업은 동 순위에서 11위를 차지했으며, 2021년 기준 조달 기업 56개사의 조달액 중앙값이 1억 6,640만 엔을 기록했다(INITIAL, 2022).

[그림 3-1] 일본 스타트업의 자금조달 현황



자료: INITIAL(2022)을 바탕으로 저자 작성

[그림 3-2] 일본 스타트업의 분야별 자금조달 현황



자료: INITIAL(2022)을 바탕으로 저자 작성

#### 4. 미국

##### 가. 주요 스타트업 정책 동향

미국 스타트업 지원을 위한 대표적인 기금으로 미국 중소기업청(U.S. Small Business Administration)의 종자기금(America's Seed Fund)이 있다. 미국 종자기금은 중소기업의 혁신과 연구를 통해 연방 전체를 혁신하고, 과학적 성취와 기업가 정신의 고취를 목적으로 중소기업에 자금 지원을 하기 위한 기금이다. 동 기금의 지원대상은 미국인이 소유·운영하고 있는 500명 미만 규모의 기업으로, R&D 수행에 중점을 두고 있는 영리 목적 기업에게 ‘중소기업기술혁신(Small Business Innovation Research, SBIR)’ 과 ‘중소기업기술이전(Small Business Technology Transfer)’ 프로그램을 통해 기술을 개발하고 상업화 경로를 계획할 수 있도록 지원된다. 미국 종자기금은 기업의 입장에서 사업 초기에 자금을 마련하기에 가장 매력적인 방안으로 인식된다. 이는 과제비 상환의 의무가 없고 지적 재산권도 100% 중소기업 소유가 된다는 이점이 있기 때문이며, 일반적인 투자유치에서 발생하는 지분 희석(equity dilution)이 발생하지 않으므로 창업자들이 자신의 지분을 유지하면서 사업을 키워나갈 수 있다.<sup>28)</sup>

한편, 오바마 행정부는 총 3차례(2009, 2011, 2015년)에 걸쳐 지속가능한 성장과 혁신을 위하여 혁신과 창업을 지원하는 구체적인 전략인 미국혁신전략(A Strategy for Innovation)을 발표했다. 동 전략에는 각 정부부처와 민간기업, 대학 등 주요 주체 간의 협력을 촉진하는 정책이 포함되어 있으며, 대표적으로 스타트업 아메리카 이니셔티브(Startup America Initiative)가 2011년부터 추진되었다. 스타트업 아메리카 이니셔티브는 공공과 민간이 가장 혁신적인 기업가, 기업, 대학, 재단과 지도자를 모아 미국 기업가의 성공을 지원하고자 추진된 정책이다. 이 정책의 핵심 목표는 고성장 기업 창업의 숫자와 규모를 늘리는 것이며, 이를 통해 경제성장과 혁신을 달성하고 일자리의 질을 향상시키며 기업가 정신이라는 미국의 핵심 가치를 높이는 것에 있다.<sup>29)</sup> (<표 3-13> 참고)

28) 본 문단은 미국 종자기금 SBIR 및 STIR 프로그램 홈페이지(<https://www.sbir.gov/about>)를 참고하여 작성되었다(검색일: 2022.8.10.).

29) 본 문단은 김현준(2017), 미국의 창업교육 지원 정책, 메일진 해외교육동향, 306호를 바탕으로 작성되었다.

<표 3-13> 스타트업 아메리카 이니셔티브의 세부 내용

구 분	내 용
자본접근성 확대	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Impact Investment Fund(10억달러) 조성</li> <li>· Early-Stage Innovation Fund(10억달러) 조성</li> <li>· 스타트업 자본 확대를 위한 크라우드 펀딩 허용 등</li> </ul>
멘토링	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 중소기업청, 에너지부 등은 공동으로 멘토링 프로그램을 신설하여 청정에너지 스타트업에 경험있는 멘토 연결</li> <li>· 재향군인들의 고성장 사업을 위한 인큐베이터 신설</li> <li>· 대학교에 엔지니어링에 관한 혁신과 기업가정신 교육을 위한 센터 건립</li> </ul>
규제 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 특허심사 단축을 위한 패스트트랙 특허처리 제도 신설</li> <li>· 국내에 스타트업을 시작하려는 외국인에게 비자 제공</li> </ul>
혁신 가속화	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구기관의 연구결과를 시장으로 이전하도록 지원</li> <li>· 과학자들이 스타트업을 시작할 수 있도록 도움을 주는 Innovation corps 프로그램 신설</li> </ul>

자료: 백악관: 서대훈(2019)<sup>30)</sup>에서 재인용

#### 나. 스타트업 관련 현황

2021년 기준, 미국에는 총 63,703여 개의 스타트업이 존재하며, 이는 미국 다음으로 스타트업이 많은 9개국의 스타트업을 모두 합친 것보다 많은 숫자이다(백상한, 2021)<sup>31)</sup>. 같은 해 기준 기업가치가 10억 달러를 초과하는 유니콘 기업은 총 242개로, 그중 약 23%가 기술통신 기반 기업으로 가장 많으며, 핀테크 및 보험(15%), 헬스케어 및 제약(10%) 기업도 다수 존재했다. CB Insights에 따르면 2020년 기준 전 세계적으로 76개의 스타트업이 유니콘 기업으로 성장했는데, 이중 미국에 소재한 기업이 약 62%로 가장 높았다. 신규 유니콘 기업의 사업 분야 중 가장 높은 비중을 차지하는 것은 핀테크로, 약 17% 기업이 핀테크 기반 스타트업이며, 전자상거래(14%)와 인터넷 소프트웨어 및 서비스(12%)도 높은 비중을 보였다. 한편 신규 유니콘 기업의 분야 중 가장 높은 가치는 생명공학 분야인 것으로 나타났다.<sup>32)</sup>

30) 서대훈(2019), 주요국의 스타트업(Startup) 지원방식과 시사점, 산은조사일보, 제761호, pp. 3-21.

31) 백상한(2021), 美 2020-2021 스타트업 동향 분석 및 시사점, 뉴욕 시장정보, 2022.5.7.

32) 본 문단은 백상한(2021)를 참고하여 작성되었다.

## 5. 영국

## 가. 주요 스타트업 정책 동향

영국은 2010년 캐머런 총리가 테크 시티(Tech City) 조성안을 발표하여 런던 동부 구도심 지역을 중심으로 스타트업 클러스터를 활성화하기 시작했다(유지혜, 2019)<sup>33)</sup>. 런던에 이어 스타트업 클러스터를 전국적으로 확대하기 위하여, 스케일업 전문기관 테크 네이션(Tech Nation)을 2017년에 설립하여 운영 중에 있으며, 영국은 테크 네이션을 통해 <표 3-14>와 같이 각 단계별 스타트업 지원을 위한 다양한 프로그램을 운영·제공 중이다.

<표 3-14> 영국 테크 네이션의 주요 프로그램

프로그램	단계	세부 내용
Founder's Network	초기	- 창업자들간의 무료 네트워크 커뮤니티 서비스 및 웨비나 제공
Libra	초기	- 최소 한 명 이상의 경험이 부족한 소수민족 출신 창업자가 존재할 경우 멘토링 서비스, 투자자·P2P 네트워킹 이벤트 제공
Rising Stars	초기	- 초기 단계의 테크 회사들을 대상으로 한 쇼케이스 대회 개최
Upscale	중기	- 스타트업 기업 성장을 위해 스케일업 멘토링, 온·오프라인 강의 세션 및 자료 제공
Net Zero X	중기	- 기후기술 기업들을 대상으로 한 전문 지식, 멘토링 프로그램, 투자자 및 기업과의 네트워크 제공 (PwC 파트너십)
Future Fifty	후기	- 다양한 전문가들을 활용한 워크샵 및 P2P 네트워크, 정부 관계자와의 세션 제공
Fintech	특정 부문	- 영국 소재의 핀테크 및 인슈어테크 회사를 대상으로 한 네트워킹 및 학습 세션 제공
Applied AI	특정 부문	- AI 분야 회사들을 대상으로 한 P2P 네트워킹 서비스 및 멘토링 서비스, 인사이트 세션 제공
Net Zero	특정 부문	- 워크샵, 네트워킹 세션 운영 등을 통해 초기 단계에 있는 기후기술 스타트업에 대한 스케일업 지원

자료: Tech Nation 홈페이지, <https://technation.io> (검색일:2022.08.09.)

영국의 중소기업 금융지원의 핵심 기관은 영국기업은행(British Business Bank, BBB)이라고 할 수 있으며, 2008년 글로벌 금융위기 이후 2012년에 설립되었으며 2014년에 공식적으로 출범하였다. 영국기업은행은 지주회사 체제를 바탕으로 3개 주요 자회사로 나누어져 운영된다. British Business Finance Ltd는 스타트업 금융 및 관련 자문을 제공하고, BBB Patient Capital

33) 유지혜(2019), 영국 스타트업 생태계와 BBB의 역할, 산은조사월보, 765호, pp. 54-69.

Holdings Limited는 상업적 목적의 투자회사에 해당하며, British Business Financial Services Ltd는 정책금융 지원 등 정부위탁 목적의 자회사이다. 영국기업은행의 금융지원 방법은 다양한 민간 금융파트너(은행, 리스, 벤처캐피탈 등)를 통해 중소기업을 단계별로 간접적으로 지원한다.<sup>34)</sup> (<표 3-15> 참고)

<표 3-15> 영국기업은행의 투자 대상별 투자 방식

투자 대상	투자 방식	주요 프로그램
스타트업	대출	- Start Up Loans: 스타트업 기업을 대상으로 한 무담보 저비용 대출 및 멘토링 프로그램 제공
성장기업	지분 투자	- Regional Angels Programme: 지방 중소기업을 대상으로 한 엔젤투자를 통해 지역 균형발전 도모 - Angel CoFund: 3인 이상의 엔젤투자자로 구성된 공동펀드 - Enterprise Capital Funds: 벤처캐피탈 후원 - British Patient Capital: 장기적인 지분투자를 통해 기업 지원 - Managed Funds: 자산운용사 등 기관투자자를 대상으로 한 장기 투자펀드
중견기업	대출 및 보증	- Enterprise Finance Guarantee: 담보가 부족한 중소기업을 대상으로 한 정부보증 대출 - ENABLE Guarantees: 중소기업을 대상으로 한 대출 보증 - ENABLE Funding: 소규모 대출기관 저비용 자금조달 지원 - Investment Programme: 구조화금융 등 대체금융 지원

자료: 금융감독원 런던사무소(2021)

#### 나. 스타트업 관련 현황

런던은 2022년 기준 글로벌 도시별 스타트업 생태계 평가에서 실리콘밸리에 이어 뉴욕과 함께 세계 2위 기록했다. 2021년 기준 영국은 약 560만 개의 기업을 보유하고 있으며, 코로나 19 팬데믹으로 인해 2020년 대비 6.5% 하락한 수치이며, 이중 스타트업 및 중소기업은 전체 기업 대비 99.9%를 차지하고 있다. 2021년 기준 대기업은 총 매출의 약 48%를 차지하고 있으며, 중소기업은 약 45%, 무고용 1인회사는 약 7%를 차지하고 있다. 영국은 2020년 기준 기술 기업에 대해 약 150억 달러의 벤처캐피탈 투자를 유치하였고, 그중 런던에 있는 기업이 약 106억 달러의 투자를 유치하였다. 영국의 현 스타트업 및 스케일업 생태계 가치는 약 5,860억 달러로 평가된다.<sup>35)</sup>

34) 본 문단은 금융감독원 런던사무소(2021), 영국 중소기업(SME)의 외부자금 조달 현황 및 시사점, 조사연구자료(2021.9)를 바탕으로 작성되었다.

35) 본 문단은 StartUp Genome(2022), Global Startup Ecosystem Report 2022 및 Tech Nation(2021), Tech Nation Report 2021을 바탕으로 작성되었다.

## 6. 독일 및 유럽연합

### 가. 주요 스타트업 정책 동향

유럽연합의 기후기술 스타트업의 정책기반은 유럽 그린딜(European Green Deal)이며, 유럽연합이 지난 2021년 1월 기준으로 기후변화 대응을 법제화함에 따라 관련 스타트업 육성을 위한 자금 지원프로그램이 시작되었다. 유럽연합의 R&D 투자지원프로그램인 호라이즌 유럽(Horizon Europe)하에서 지난 2021년 유럽연합혁신위원회(European Innovation Council, EIC)가 공식 출범하였으며, 2022년에는 새로운 시장창출을 위해 17억 유로 이상의 자금을 지원하겠다고 밝혔다.<sup>36)</sup>

한편, 「유럽연합 혁신기술연구소 설립규칙(Regulation 294/2008)」에 따라 2008년도에 혁신기술연구소(The European Institute of Innovation and Technology, EIT)가 설립되었으며, 해당 연구소는 비즈니스, 교육 및 연구조직의 협력 및 혁신을 위한 파트너십을 지원하면서 최근(2021~2027)에는 기후변화 및 지속가능한 에너지와 식품에 이르기까지 전 세계적 문제에 대한 솔루션을 도출하는데 주력하고 있다. 특히 EIT Climate-KIC(Knowledge and Innovation Community)에서는 탄소중립 및 기후회복사회를 위해 전문가 네트워크 및 인력양성, 혁신촉진에 집중하고 있으며, 스타트업육성에 앞서 스타트업을 시작할 수 있는 인력 및 연구혁신 등에도 많은 노력을 기울이고 있다.

### 나. 스타트업 관련 현황

기후위기대응이라는 전 세계적 과제 속에서 기후기술의 성장세는 향후 20년간 지속적으로 증가할 것으로 예상되고 있으며(PwC·삼일회계법인, 2021)<sup>37)</sup>, 상위 자본력과 투자자금을 보유하고 있는 국가는 ①북미(\$29B), ②중국(\$20B), ③유럽(\$7B) 순으로 나타나고 있다. 상위 투자허브는 수송(Mobility)을 포함할 경우 △샌프란시스코 만, △상하이, △베이징 순으로, 수송을 제외할 경우 △샌프란시스코 만, △보스턴, △베를린 순으로 나타나고 있다.

한편 유럽연합의 기후기술 스타트업은 1,100개 이상이 존재하는 것으로 조사되고 있으며, 분야별 분류에 따르면, 약 26% 가량이 에너지부문에 속해 있는 것으로 조사되고 그 뒤를 스마트모빌리티(18%), 식품분야(16%)가 뒤따르고 있다. 스타트업의 세부분야를 살펴보면, PV전지와 배터리 개발 등 재생에너지 발전분야, 승차공유앱과 같은 모빌리티 공유 비즈니스 모델과 같은 모빌리티와 운송분야를 포함하여 온실가스를 저감할 수 있는 합성단백질 개발과 같은 식량 및 농업분야에서도 스타트업이 활성화 되어 있다.<sup>38)</sup>

36) 본 문단은 유럽위원회 홈페이지

<https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/horizon-magazine/eu-startups-starting-break-through-bit-help>를 바탕으로 작성되었다. (검색일: 2022.7.11.)

37) PwC·삼일회계법인(2021), PwC 기후기술 보고서 -기후테크, 벤처캐피탈의 다음 목적지-

## 제 2 절 국내 기후기술 스타트업 활성화 장애요인 도출

경제/산업 분야에서는 국내 기후기술 스타트업의 활성화를 저해하는 장애요인을 도출하기 위하여 전문가 자문단을 운영하고 문헌조사를 실시했다(전문가자문단 명단은 별첨 1 참고). 전문가 자문단 운영의 경우, 1차 전문가 회의(2022년 8월 17일)와 서면 자문을 통해 진행되었다. 1차 전문가 회의에서는 제3장 제1절의 국내외 스타트업 관련 정책을 바탕으로 한 국내 정책의 한계점과 스타트업 생태계 종사자가 인식하는 생태계 활성화 저해 요인에 대해 논의했으며, 서면 자문을 통해 1차 전문가 회의에서 논의되지 못하였던 장애 요인에 대한 전문가 의견을 수렴했다. 전문가 자문단 운영결과를 종합하고, 추가적으로 문헌조사를 실시하여 생략된 장애요인을 검토·추가하여 국내 기후기술 스타트업의 활성화를 저해하는 장애요인을 도출했다.

### 1. 기후기술 특화 전문투자자 부족

첫 번째 장애요인은 기후기술에 특화된 전문투자자가 부족하며, 이에 따라 자금조달이 어렵다는 점이다. 국내 창업시장의 성장에 따라 액셀러레이터(Accelerator 또는 창업기획자)<sup>39)</sup> 및 벤처캐피털(Venture Capital)<sup>40)</sup>로 대표되는 창업기업 전문투자자 역시 국내에도 다수 존재하나, 기후기술 분야에 특화된 액셀러레이터나 벤처캐피털은 찾기 어렵다. 2022년 5월 31일 기준 국내 액셀러레이터는 총 375개사가 존재하며(창업진흥원, 2022)<sup>41)</sup>, 기술기반 전분야 및 ICT 분야에 대한 전문 액셀러레이터가 주를 이루고 있다. 또한, 벤처캐피털의 신규투자는 2022년 9월 기준 ICT 서비스 부문에 약 36.4%가 집중되어 있고, 유통 및 서비스 부문(18.5%)과 바이오 및 의료 부문(16.3%)에 대한 신규투자도 상대적으로 많은 비중을 차지하고 있다(한국벤처캐피탈협회, 2022)<sup>42)</sup>. 기후기술을 기반으로 한 창업 아이템이 존재한다고 하더라도 기후기술 특화 전문투자자가 부족할 경우, 기후기술 분야 창업(희망)자는 창업 초기의 안정화와 성장을 위한 자금을 조달하기 어렵다. 특히, 상대적으로 창업이 활성화되어 있고 전문 액셀러레이터가 많은 ICT 분야임에도 불구하고 투자자로부터 자금조달이 힘들다는 점을 스타트업 성장 및 활성화 저해요인의 1순위로 가장 많이 선택한 바 있으며(본투글로벌, 2021)<sup>43)44)</sup>, 따라서 기후기술 분야의 경우 자금조달이 더 열악할 것으로 판단된다.

38) 본 문단은 Trending Topics

홈페이지(<https://www.trendingtopics.eu/europaeischer-vergleich-die-meisten-climate-tech-startups-kommen-aus-deutschland/>)를 바탕으로 작성되었다. (검색일: 2022.7.11.)

39) 액셀러레이터(창업기획자)란 「벤처투자 촉진에 관한 법률」 제2조제9호에서 초기창업기업에 대한 전문보육 및 투자를 주된 업무로 하는 법인 또는 비영리법인으로 정의된다.

40) 벤처캐피털의 법적 용어는 ‘중소기업창업투자회사’이며, 「벤처투자 촉진에 관한 법률」 제2조제10호에서 벤처투자를 주된 업무로 하는 회사로 정의된다. 이때 벤처투자는 동법 제2조제2호에 따라 창업기업, 중소기업, 벤처기업 또는 그 밖의 자에게 투자하는 것을 말한다.

41) 창업진흥원(2022), 액셀러레이터 등록현황(2022년 5월 기준)

42) 한국벤처캐피탈협회(2022), 2022년 3분기 Venture Capital Market Brief.

43) 본투글로벌(2021), 2020 대한민국 글로벌 창업백서, 성남시: 본투글로벌센터.

44) 단, 본투글로벌(2021)에 따르면 이는 서울 및 경기도에 소재하고 있는 ICT 관련 스타트업 200개사의 응답 결과이며, 전국의 ICT 관련 스타트업의 응답 결과에 해당하지 않는다.



## 2. 기후기술 분야 창업희망자 부족

두 번째 장애요인은 기후기술을 기반으로 하여 창업을 하고자 하는 창업희망자 자체가 부족하다는 점이다. 현재 국내에 일부 기후팀(Team)이 존재하나 사회운동 또는 캠페인 성격의 기후팀이 많으며, 해당 기후팀은 장기적 및 간접적으로 기후기술로부터 신산업이 창출될 수 있도록 기여하는 바가 있을 것으로 예상되나, 직접적으로 기후기술과 경제 및 산업을 연결할 수 있는 기후기술 기반의 스타트업이라고 보기 어렵다. 기후기술을 기반으로 하는 창업희망자 또는 팀의 수가 일정 규모 이상이어야 전문투자자가 투자를 하거나 관계부처의 육성정책으로 지원을 할 수 있으나, 현재 기후기술 분야의 창업희망자의 절대적인 수 자체가 부족하다.

기후기술 분야의 창업희망자가 부족한 것은 다양한 원인이 복합적으로 작용할 것으로 판단되나, 국내 기후기술 스타트업의 성공사례가 부족한 것에서 일부 기인한다고 지적되었다. 생계형 창업을 제외하고, 창업을 희망하게 되는 동인은 국내 및 글로벌 대기업의 성공적인 사업 성과나 신규사업 추진 등으로부터 발생하기보다, 성공적인 창업 및 스타트업의 성과로부터 발생할 가능성이 높다. 그러나, 현재 기후기술 분야에서 뚜렷한 스타트업 성공사례를 확인하기가 어려운 실정이며, 이에 따라 창업 아이템을 모색하는 창업희망자가 기후기술을 기반으로 창업을 하거나 기후기술 분야의 종사자가 자신의 경험을 바탕으로 창업을 할 적절한 동인이 존재한다고 보기 어렵다.

## 3. 다양한 지원제도의 부족

세 번째 장애요인은 기후기술 분야의 창업을 지원하기 위한 지원제도가 다양하지 않다는 점이다. 한국의 경우 다른 나라에 비해 창업지원 정책이 잘 마련되어 있는 수준으로 평가되나, 국내 창업지원 사업은 주로 창업 초기 및 R&D 자금지원에 편중되어 있다는 지적이 있었다. 상기 ‘기후기술 특화 전문투자자 부족’에서 언급하였듯이, 스타트업 종사자들이 자금조달의 어려움을 지적한 바 있으며, 자금지원 정책 역시 필수적으로 마련되어야 한다. 그러나, 창업 초기 및 R&D 자금지원만으로는 스타트업이 지속적으로 사업을 영위하기에 한계가 있으며, 단순한 자금지원 정책의 확대 또한 국가 예산상 한계가 존재한다. 따라서 창업 초기 및 R&D 자금지원 외에 스타트업 법인을 비롯한 생태계 전반이 자생적으로 활성화되고 성장할 수 있도록 다양한 지원제도가 마련되어야 한다.

## 4. 낮은 수익성과 판로확보의 어려움

네 번째 장애요인은 현재 국내 여건상 기후기술의 경우 수익성을 담보하기 어려울 뿐만 아니라 재화 및 서비스를 판매할 수 있는 판로를 확보하는 것이 어렵다는 점이다. 현행 「기후변화대응 기술개발 촉진법」에 따라 기후기술을 정의하면, 동법 제2조 제6호에서 설명하고 있는 ‘기후변화대응 기술’이라고 할 수 있으며, ‘온실가스 감축에 관한 기술’과 ‘기후변화 적응에 기여 하는 기술’로 구성되어 있다. 즉, 기후기술 스타트업이 수익성을 확보하기 위해

서는 온실가스 감축 또는 기후변화 적응에 기여함으로써 또는 그러한 재화 및 서비스를 판매함으로써 수익을 창출할 수 있어야 한다. 기후변화 적응 부문을 차지하고 온실가스 감축 부문에 한정할 경우, 탄소배출권 거래시장을 통해 기후기술에 시장가치가 계상될 수 있으나, 각 스타트업이 보유하고 있는 기술이 정량적으로 온실가스 배출량을 얼마만큼 저감시킬 수 있는지 방법론이 부재하는 한 그 가치가 온전히 반영되어 거래되기 어렵다. 또한, 감축량을 인정받는다고 하더라도 현재 낮은 배출권 가격 등 국내의 탄소시장 여건상 기후기술 (예비)수요자가 온실가스 감축 기술을 활용할 유인이 크지 않으며, 이에 따라 기후기술 스타트업이 수익을 창출하기 어려운 실정이다. 기후기술의 특성상 기후기술 스타트업이 생산하는 재화 및 서비스에 대한 수요는 주로 가계가 아닌 기업과 정부에게서 발생하는데, 감축량 계산 방법론과 탄소시장 여건을 제외하더라도 현재 기업과 정부가 기후기술을 도입할 기타 유인이 부족한 점 역시 한계점으로 작용한다.

### 5. 스타트업 인력 부족

다섯 번째 장애요인은 기후기술 스타트업에서 종사할 인력이 부족하다는 것으로, 본 장애요인은 문헌조사를 통해 발굴한 장애요인이다. 다수의 기후기술 스타트업 및 기후기술팀이 존재하지 않는 현재 상황에서 인력 부족 문제를 지적하는 것은 어려우나, 비교적 스타트업이 활성화된 분야에서도 인력 부족 문제가 지적되었으며, 이에 따라 선제적으로 기후기술 스타트업 활성화 정책 및 사업 아이템 발굴에 반영할 필요가 있어 장애요인으로 선정했다.

본투글로벌(2021)의 조사에 따르면 서울 및 경기도 소재의 ICT 관련 스타트업 200개사는 스타트업 성장 및 활성화 저해요인의 1순위로 ‘투자자로부터 자금조달이 힘들다’는 점에 이어 ‘스타트업 인력을 구하기 힘들다’는 점을 가장 많이 선택했으며, 중복응답을 종합적으로 반영한 결과 인력 부족이 가장 큰 저해요인으로 도출되었다. ICT 분야 스타트업의 인력부족은 디지털 전환 기조에 따라 ICT 전문인력에 대한 수요의 미스매치로부터 일부 기인했을 것으로 판단된다. 예컨대, 산업통상자원부·한국산업기술진흥원(2021)<sup>45)</sup>에 따르면, 2020년 기준 소프트웨어 업종의 산업기술인력<sup>46)</sup> 부족률은 4.0%로, 12대 주력산업 전체의 부족률 2.5%보다 1.5%p 높으며 산업 전체의 부족률 2.2%보다 1.8%p 높다.

디지털 전환이 가속화됨에 따라 ICT 분야의 인력수급 미스매치가 지적되었듯이, 기후기술 분야도 탄소중립 사회로의 전환이 가속화됨에 따라 동일한 문제가 지적될 가능성이 있으며, 그에 따라 기후기술 스타트업 또한 인력부족이 장애요인으로 대두될 수 있다. 특히, 관계부처 합동(2021)<sup>47)</sup>에 따르면 에너지산업에서 향후 10년간(2021년~2030년) 연평균 756명의 석·박사급

45) 산업통상자원부·한국산업기술진흥원(2021), 2021년도 「산업기술인력 수급 실태조사」 결과, 공표자료(통계청 일반통계 제 115016호)

46) 산업기술인력 수급 실태조사에 따르면 조사 대상인 산업기술인력은 고졸 이상 학력자로서 사업체에서 연구개발, 기술직 또는 생산 및 정보통신 업무관련 관리자, 기업임원으로 근무하고 있는 인원으로 정의된다(산업통상자원부·한국산업기술진흥원, 2021)

47) 관계부처 합동(2021), 탄소중립을 위한 에너지 기술인력 양성 방안, 제22차 일자리위원회 의결 안건

기술인력과 1,279명의 학사급 기술인력이 부족하다고 발표한 바 있으며, 관련 인력양성 계획과 정책의 목표가 달성되지 못할 경우, 기후기술 분야의 인력수급 미스매치가 가시화될 것으로 예상된다. 인력(노동)의 부족은 기업이 생산할 수 있는 재화와 서비스의 생산량 감소와 직결되는 바, 기후기술 스타트업의 인력 부족은 스타트업의 성장을 저해할 가능성이 높다.

#### 6. 기술기반 스타트업의 사업역량 부족

여섯 번째 장애요인은 현재의 여건상 기술기반 스타트업이 사업을 영위하는 데 필요한 역량이 부족할 가능성이 높다는 점이다. 본 연구의 전문가 자문단에서 연구자 및 기술자 중심의 기술기반 창업의 경우, 기술적인 역량과 별개로 창업자의 재무, 회계, 인적자원 관리와 관계된 사업역량이 부족할 수도 있다는 지적이 있었다. 이는 기술인력에 대해 사업역량 등 기술 외적인 분야에 대한 사전적 교육이 부족한 시스템에서 기인하는 것으로, 현재의 교육 및 직무 시스템상 기술인력의 사업역량을 제고할 수 있는 여건이 충분하지 않다는 것을 의미한다.

정병욱·서영호(2017)<sup>48</sup>에 따르면 기술기반 스타트업의 기술적 역량은 경쟁기업보다 비교우위를 가질 수 있는 재화 및 서비스를 생산할 수 있게 하는 핵심적인 역량으로, 기후기술을 기반으로 창업된 기후기술 스타트업 역시 성공적인 성장을 위해 기술적 역량이 중요하다고 할 수 있다. 단, 정도범(2020)이 지적하였듯이, 기술기반 창업은 연구개발의 영역에 국한된 것이 아니라 ‘창업’이 포함된 개념이므로 기술적 역량뿐만 아니라 기업을 경영할 수 있는 사업역량도 중요하며, 정병욱·서영호(2017)의 연구에서 드러났듯이 경영관리역량은 수익성에 중요한 영향을 미친다. 따라서, 스타트업의 사업역량 부족은 스타트업의 성장과 생존에 있어 장애요인으로 작용한다고 할 수 있다.

48) 정병욱·서영호(2017), IT 창업기업의 기술사업화 역량이 기업성장에 미치는 영향, 한국창업학회지, Vol. 12, No. 5, pp. 239-262.

### 제 3절 국내 기후기술 스타트업 활성화 정책·사업 아이템 발굴

본 절에서는 제3장 제2절에서 정리한 국내 기후기술 스타트업 활성화의 6대 장애요인을 바탕으로, 향후 기후기술 스타트업을 육성하고 제반 생태계의 활성화를 위한 정책 및 사업 아이템을 발굴했다. 정책 및 사업 아이템을 발굴하기 위하여 본 연구는 2회의 전문가 회의(2022년 11월 7일, 12월 7일)를 개최하였으며, 정리된 장애요인을 바탕으로 이를 해결할 수 있는 방안을 모색하였다. 또한, 2회의 전문가 서면자문을 실시하여 회의에서 논의되지 못한 해결방안의 의견을 수렴하고, 기존에 논의되었던 해결방안을 명확화·구체화 하는 과정을 거쳤다. 전문가 자문단 회의 및 서면자문에서 제시된 의견을 수렴하고 종합한 결과, 국내 기후기술 스타트업 활성화를 위한 정책 또는 사업 아이템으로 총 27개의 세부과제<sup>49)</sup>를 발굴했다.

본 연구는 발굴된 기후기술 스타트업 활성화를 위한 27개의 세부과제를 요약하여, 다음과 같이 4대 추진전략과 18대 추진과제로 그룹화했다. 먼저, 발굴된 27개의 세부과제에 대하여 공통된 목적을 가지는 과제를 결합하여 18대 추진과제로 그룹화했다. 또한, 그룹화한 19대 추진과제를 기반으로 하여, 각 과제의 목적, 성격 및 대상의 유사성을 근거로 일련의 과제를 추진할 수 있는 전략을 구성했다. 본 연구에서 구성한 추진전략은 기후기술 기반의 창업을 촉진하고, 창업된 스타트업에 대한 지원을 강화하여 육성·성장시킴과 동시에, 스타트업 생태계 내 협력을 강화하는 “창업→성장+협력”의 방향성을 기본으로 하고 있다. 창업, 성장, 협력의 추진전략 기본 구조와 함께 동 전략을 추진하기 위한 기반조성 차원의 과제로 구성되어 있는 전략을 추가하여, 최종적으로 [그림 3-3]와 같이 기후기술 스타트업 활성화를 위한 4대 추진전략으로 구조화했다. 본 연구에서 제안하는 4대 추진전략 및 18대 추진과제가 해결하고자 하는 6대 장애요인을 연계하여 도시화할 경우 [그림 3-4]와 같다.

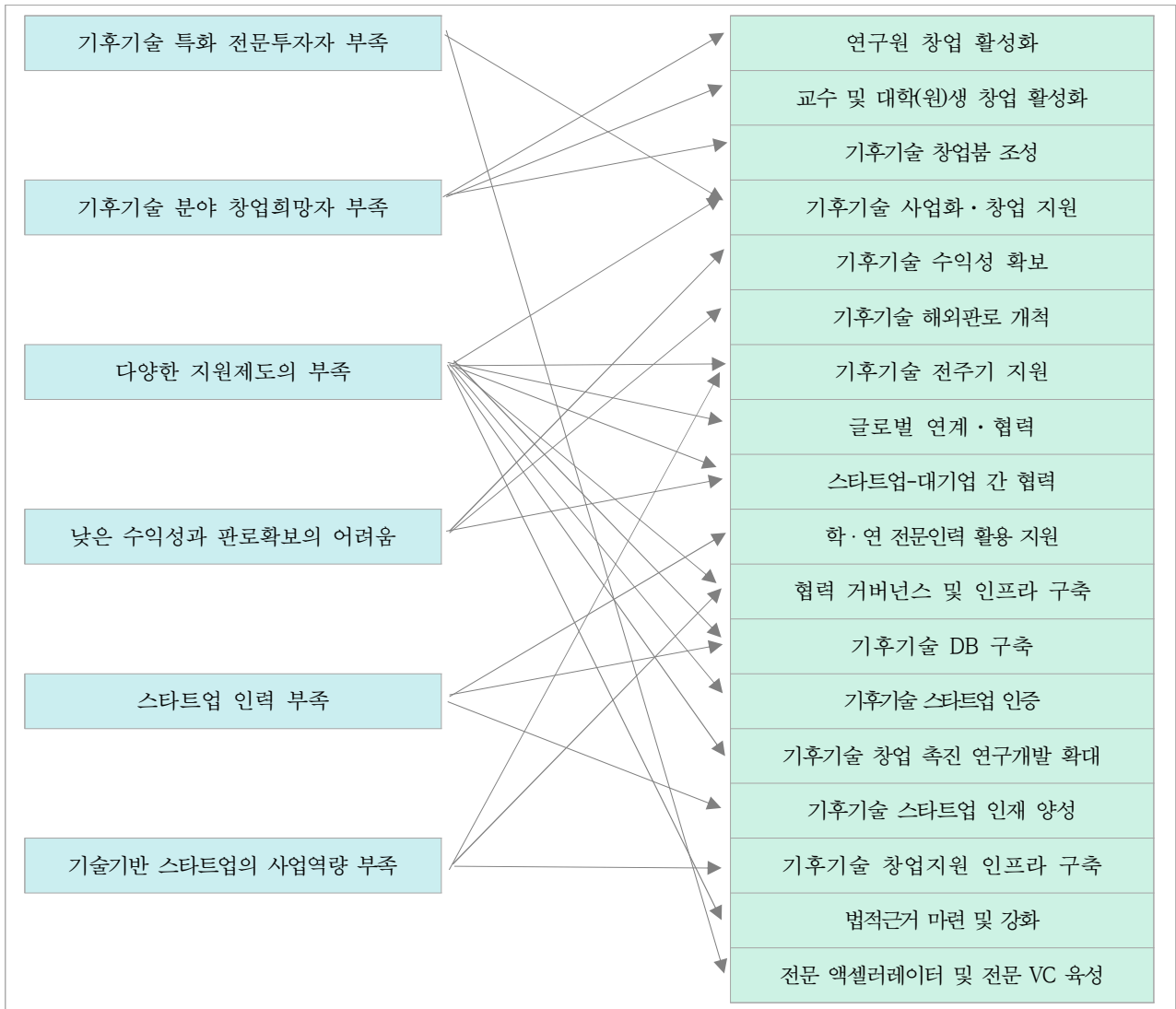
[그림 3-3] 기후기술 스타트업 활성화 추진전략 및 과제(안)

<b>1. (창업) 기후기술 창업 촉진</b>	<b>2. (성장) 기후기술 스타트업 자금지원/자생력 강화</b>	<b>3. (협력) 기후기술 스타트업 생태계 참여자의 협력 강화</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>① 연구원 창업 활성화</li> <li>② 교수 및 대학원생 창업 활성화</li> <li>③ 기후기술 창업붐 조성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 기후기술 사업화·창업 지원</li> <li>② 기후기술 수익성 확보</li> <li>③ 기후기술 해외판로 개척</li> <li>④ 기후기술 전주기 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 글로벌 연계·협력</li> <li>② 스타트업-대기업 간 협력</li> <li>③ 학·연 전문인력 활용 지원</li> <li>④ 협력 거버넌스 및 인프라 구축</li> </ul>
<b>4. (기반) 기후기술 스타트업 생태계 기반조성</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>① 기후기술 DB 구축      ② 기후기술 스타트업 인증      ③ 기후기술 창업 촉진 연구개발 확대</li> <li>④ 기후기술 스타트업 인재양성    ⑤ 기후기술 창업지원 인프라 구축    ⑥ 법적근거 마련 및 강화</li> <li>⑦ 전문 액셀러레이터 및 전문 VC 육성</li> </ul>		

자료: 저자 작성

49) 27개의 세부과제는 <표 3-16>~<표 3-19>에 제시하였다.

[그림 3-4] 기후기술 스타트업 활성화 장애요인 및 추진전략 및 과제 간 연계



자료: 저자 작성

기후기술 스타트업 활성화를 위한 정책 및 사업 발굴 결과를 본 연구에서 제안한 4대 추진전략별로 설명하면 다음과 같다.

### 1. 추진전략 1 - 기후기술 창업 촉진

첫 번째 추진전략은 ‘기후기술 창업 촉진’으로 기후기술 스타트업 생태계의 근간이 되는 기후기술 기반의 창업을 촉진하기 위한 전략이며, 본 전략은 ① 기후기술 분야 연구원 창업 활성화, ② 교수 및 대학(원)생 창업 활성화, ③ 기후기술 창업붐 조성의 추진과제로 구성되어 있다. (<표 3-16> 참고)

<표 3-16> 기후기술 스타트업 활성화 추진전략 1 및 과제(안)

추진전략	추진과제	세부과제
1. (창업) 기후기술 창업 촉진	① 연구원 창업 활성화	① 연구원 대상 창업교육, 홍보 등 창업에 대한 인식개선
		② 연구원 창업자용 인센티브 및 맞춤형 혜택 제공
	② 교수 및 대학(원)생 창업 활성화	③ 교수의 창업실적에 대한 파격적 인센티브 부여
		④ 교수가 가진 특허기술을 기업에 이전하여 기술 가치를 출자하는 형태(Joint Venture)의 창업 지원 강화
	③ 기후기술 창업붐 조성	⑤ 기후기술 스타트업 페스티벌 등 창업문화 행사 정례화

자료: 저자 작성

① 기후기술 분야 연구원 창업 활성화는 국내 기후기술 분야에 종사하고 있는 연구직이 자신의 역량과 경력을 기반으로 창업을 희망할 수 있는 환경을 조성하는 과제이다. 연구원의 창업희망을 유도하기 위하여, 크게 연구원의 인식개선과 금전적 또는 비금전적 유인을 제공하는 세부과제를 고려해볼 수 있다. 연구원의 인식개선 측면에서는, 창업에 관한 홍보뿐만 아니라 기초적인 창업·사업화 교육을 제공함으로써 연구원 스스로가 창업 허들을 낮게 인식할 수 있도록 유도하는 과제를 마련할 필요가 있다. 금전적 또는 비금전적 유인 제공 측면에서는, 현실적으로 창업자가 연구직에 비해 직업적 불안정성이 높은 경향이 있으므로, 직업적 안정성의 차이를 보전할 수 있는 파격적이고 다양한 인센티브를 제공할 수 있는 세부과제가 마련되어야 연구원의 창업을 활성화 할 수 있을 것으로 판단된다.

② 교수 및 대학(원)생 창업 활성화는 기후기술 분야의 교수 또는 기후기술 관련 학문을 전공하는 학생이 창업을 할 수 있게끔 유도하는 추진과제이다. 연구원 창업 활성화와 마찬가지로 창업에 대한 적절한 유인의 마련이 필요하며, 이를 위해 교수 또는 교수의 제자(대학원생)의 창업 성과에 대해서도 학술적 성과에 버금가는 실적으로 인정해 주는 인센티브를 제공할 필요가 있다. 또한, 교수의 직접적인 창업뿐만 아니라 교수가 가지는 기술적 역량이 다양한 형태의 창업으로 연결될 수 있도록 기술이전에 의한 출자 창업 등에 대한 지원도 필요하다.

③ 기후기술 창업붐 조성은 사회 전반적으로 기후기술 분야의 창업 인식이 개선될 수 있도록 추진하는 과제이다. 기후기술 기반 창업에 대해 사회적 반향을 단기간에 유도하는 것은 현실적으로 어려우며, 장기적으로 인식이 개선될 수 있도록 관련 행사를 기획·개최하여 정례화할 필요가 있다. 예컨대, 기후기술 스타트업 페스티벌(가칭)을 개최하여 기후기술 분야에 종사하고 있는 인력에게 창업 아이템으로써 기후기술을 홍보하는 방안이 있다. 또한, 기후기술

기반 창업을 주제로 한 일반인 또는 대학(원)생 창업경진대회를 개최하여, 자발적인 대회·창업 참여를 통해 기후기술 분야의 창업문화를 확산시킬 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 추진전략 2 - 기후기술 스타트업 자금지원/자생력 강화

두 번째 추진전략은 ‘기후기술 스타트업 자금지원/자생력 강화’로, 스타트업의 창업부터 성장까지 자금조달 및 사업 영위의 어려움을 개선하기 위한 전략이며, 직접적인 지원 과제로 구성되어 있다. 본 전략은 ① 기후기술 사업화·창업 지원, ② 기후기술 수익성 확보, ③ 기후기술 해외판로 개척, ④ 기후기술 전주기 지원의 네 가지 추진과제가 포함되어 있다. (〈표 3-17〉 참고)

〈표 3-17〉 기후기술 스타트업 활성화 추진전략 2 및 과제(안)

추진전략	추진과제	세부과제
2. (성장) 기후기술 스타트업 자금지원/자생력 강화	① 기후기술 사업화·창업 지원	① 사업화 R&D 지원 및 기후기술 펀드 조성
		② 기후기술 수요처 인근 창업센터 설립 및 개발비용/사업화 지원
		③ 기후 팁스 프로그램
	② 기후기술 수익성 확보	④ 탄소배출권 방법론 지원사업
③ 기후기술 해외판로 개척	⑤ 기후기술 스타트업 해외진출 지원 사업	
④ 기후기술 전주기 지원	⑥ 기후기술 스타트업 전주기 지원을 위한 맨투맨 컨설팅	

자료: 저자 작성

① 기후기술 사업화·창업 지원은 창업 초기 단계 또는 특정 기후기술의 사업화 초기 단계에 대한 지원을 위한 추진과제이다. 창업 및 사업화 초기 단계에는 다양한 지원이 필요하나, 본 연구에서는 다음과 같이 세 개의 세부과제를 발굴했다. 첫 번째, 정부출연연구소 등에서 개발한 기후기술을 기업이 이전받아 사업화를 할 경우, 실증사업 지원 등 추가적인 R&D 지원과 함께 목적성을 가진 관련 펀드를 조성하여 연계적으로 지원하는 것으로, 기업이 확보한 기후기술로부터 용이한 사업화가 진행될 수 있도록 지원하는 과제이다. 두 번째, 기후기술 수요처 인근에 스타트업이 입주할 수 있는 창업센터를 설립하고 입주 스타트업에게 초기 개발비용과 사업화를 지원하는 과제이다. 이는 대형 기후기술 수요처 인근에 스타트업이 소재할 수 있도록 지원하여 수요처와 긴밀한 협업 및 커뮤니케이션을 할 수 있는 물리적 공간을 제공함과 동시에 그로부터 창출될 수 있는 아이템이 사업화로 연결될 수 있도록 비용을 지원하는 것을 골자로 한다. 세 번째, 현재 중소벤처기업부에서 주관하는 민간주도형 기술창업지원 프로그램인 팁스(Tech Incubator Program for Startup, TIPS) 프로그램에 기후기술 분야를 신설하는 것으로, 기후기술 아이템을 보유한 기후팀이 성공적인 창업으로 연계될 수 있도록 지원하는 과제이다.

② 기후기술 수익성 확보는 기후기술 스타트업이 직접적인 정부의 지원 없이 자생적으로 사업을 영위해나갈 수 있도록 수익 확보의 기반을 조성하는 과제이다. 수익 확보의 기반을 조성하기 위해서 본 연구는 세부과제로 탄소배출권 방법론 지원사업을 발굴했으며, 동 세부과제는 각 기후기술 스타트업이 보유하고 있는 기후기술에 대하여 관련 전문가 컨설팅 등을 통해 방법론 설계를 지원하는 사업이다. 제3장 제2절에서 설명하였듯이, 기후기술이 수익성을 가지기 위하여 해당 기후기술을 통해 저감할 수 있는 온실가스 배출량이 객관적으로 계산되고 방법론 등으로 인정받을 필요가 있다.

③ 기후기술 해외판로 개척은 기후기술 스타트업이 해외에서 수익을 창출해낼 수 있도록 고안한 추진과제로, 세부과제로 기후기술 스타트업 해외진출 지원사업을 발굴했다. 이산화탄소 저감을 위한 기후기술은 기술 완성을 위해 시설투자를 통한 실증과 수익모델 등이 필요하나, 국내 여건상 제약이 많은 실정이다. 그러나 미국의 경우 금번 인플레이션 감축법(Inflation Reduction Act, IRA)의 제정 등으로, 이산화탄소 포집·저장·활용(Carbon Capture, Utilization, and Storage, CCUS), 재생에너지 등 기후기술에 상용화를 가속화 할 수 있는 인센티브가 구체화 되어, 기후기술을 활용한 매출 및 경제성 확보가 가능하다. 상기와 같은 배경하에서, 본 연구에서 발굴한 기후기술 스타트업 해외진출 지원사업은 기후기술 분야별 미국 IRA 세금공제 혜택을 상세히 분석하고, 수혜와 혜택을 극대화할 수 있는 국내 기후기술 스타트업을 발굴하여 미국 진출을 지원하는 것을 골자로 한다. 국내 기후기술 스타트업이 미국 내 세제 혜택 등을 활용하여 실증과 사업화를 추진할 경우, 수익성이 담보되는 환경에서 사업 영위가 가능함과 동시에 기후기술 경험과 역량을 축적할 수 있을 것으로 판단되며, 향후 해당 기후기술을 국내에 도입하여 한국의 탄소중립 달성에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

④ 기후기술 전주기 지원은 상기 ① 기후기술 사업화·창업 지원, ② 기후기술 수익성 확보, ③ 기후기술 해외판로 개척 추진과제를 종합한 추진과제로, 기후기술 기반 창업준비자를 대상으로 전주기에 걸쳐 전문가 풀을 활용한 멘토맨 컨설팅을 지원하는 세부과제를 발굴했다. 이는 일회성이 아닌 사업 아이디어 단계부터 사업 실현 단계까지 전주기를 지원하는 사업이며, 일방향 및 수혜성 지원이 아닌 피드백이 가능한 전주기 지원을 통해 성공적인 기후기술 스타트업 육성에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. 추진전략 3 - 기후기술 스타트업 생태계 참여자의 협력 강화

세 번째 추진전략은 ‘기후기술 스타트업 생태계 참여자의 협력 강화’이며, 기후기술 스타트업뿐만 아니라 관련 스타트업 생태계에 참여하고 있는 각 주체 간의 협력이 활성화될 수 있는 환경을 조성하여 유기적이고 역동적인 생태계를 조성하고자 하는 전략이다. 동 추진전략은 ① 글로벌 연계 협력, ② 스타트업-대기업 간 협력, ③ 학·연 전문인력 활용 지원, ④ 협력 거버넌스 및 인프라 구축의 추진과제로 구성되어 있다. (<표 3-18> 참고)



〈표 3-18〉 기후기술 스타트업 활성화 추진전략 3 및 과제(안)

추진전략	추진과제	세부과제
3. (협력) 기후기술 스타트업 생태계 참여자의 협력 강화	① 글로벌 연계·협력	① 글로벌 기후기술 스타트업, 대기업과 연계·협력
	② 스타트업-대기업 간 협력	② 대기업과 기후테크 스타트업 매칭 사업
	③ 학·연 전문인력 활용 지원	③ 연구기관, 대학 등의 전문인력을 활용할 수 있도록 학·연 전문인력 파견 등 다양한 프로그램을 마련하여 지원
	④ 협력 거버넌스 및 인프라 구축	④ 지역별 기후기술 스타트업 생태계 구축을 위한 지자체·산업·대학 간 컨소시엄 구성·운영 ⑤ 지역별 기후기술 스타트업 컨소시엄 간 연계·협력 체계 구축

자료: 저자 작성

① 글로벌 연계 협력은 기후기술 스타트업 생태계의 범위를 국내에서 글로벌로 확장하고 기후기술 스타트업이 이미 활성화되어 있는 생태계를 활용하기 위한 추진과제이다. 본 추진과제의 세부과제로서, 세계적으로 우수한 기후기술 스타트업 및 관련 대기업과 국내 기후기술 스타트업을 연계하여 공동 기술개발과 사업화를 추진하는 방안을 고려할 수 있다. 구체적으로 세계 유수의 기후기술 스타트업과 대기업을 초청하여 국내 기후기술 스타트업의 데모데이(Demoday) 형태로 행사를 개최하여 국내 스타트업이 해외 스타트업과 공동 기술개발을 하거나 해외 대기업과 사업화를 추진하는 협약을 도모하는 방식이나, 국내 기후기술 스타트업이 해외 데모데이에 참여할 수 있도록 지원하는 방식을 고려해볼 수 있다.

② 스타트업-대기업 간 협력은 국내 기후기술 스타트업 생태계에서 혁신적인 기후기술의 제공자인 기후기술 스타트업과 기후기술의 주요 수요처인 대기업 간의 협력을 도모하기 위한 추진과제이다. 기후기술의 특성상 기후기술 스타트업의 사업은 기업 대 기업 간(Business to Business, B2B) 또는 기업 대 정부 간(Business to Government, B2G) 거래로 진행되는 경우가 대부분이다. 즉, 기후기술 스타트업 생태계 내에서 기술의 생산자와 기술의 소비자 간 협력은 스타트업 육성의 핵심이며, 그중에서도 큰 자본력을 가지는 대기업이 기후기술 스타트업에 대한 기술자문과 우선구매를 담당할 수 있는 경우, 생태계 형성 초기의 기후기술 스타트업의 안정적인 성장에 도움이 될 수 있다.

③ 학·연 전문인력 활용 지원은 기후기술 스타트업에게서 발생할 수 있는 인력부족 문제에 대비하기 위한 추진과제로, 기후기술 스타트업이 관련 학계 및 연구계의 전문가를 활용할 수 있도록 지원하는 것을 골자로 한다. 인력지원은 다양한 형태의 세부과제로 추진될 수 있으며, 대표적으로 학·연 전문인력 자문 지원, 학·연 전문인력 파견 지원 등이 있다. 단, 본 추진과제에서 지원하고자 하는 학·연 전문인력은 타 기관에 소속되어 있는 전문인력으로, 각 과

제 및 사업은 전문인력과 전문인력이 포함되어 있는 기관에 대해서 경제적 및 비경제적 유인을 제공할 수 있어야 한다.

④ 협력 거버넌스 및 인프라 구축은 상기에서 논의한 국내 기후기술 스타트업 생태계의 협력이 체계적인 거버넌스 하에서 활성화될 수 있도록 추진할 필요가 있는 과제이다. 일본의 스타트업 에코시스템 거점형성 전략에 의한 거점도시 사례에서 알 수 있듯이, 각 지역별로 형성되어 있는 스타트업 거버넌스는 지역 내 생태계의 결속력과 협력을 강화하고 일련의 성과를 창출할 수 있을 것으로 기대된다. 특히 국내 창업생태계는 기술인력과 인프라가 수도권으로 집중됨에 따라 지역에서의 기술기반 창업은 저조한 수준이다(중소벤처기업부, 2021b). 따라서 국내 각 지역별로 지방자치단체가 중심이 되어 지방의 산업과 대학이 참여할 수 있는 컨소시엄을 구축하고 컨소시엄 참가자의 협력을 통해 지역의 창업 생태계를 활성화할 필요가 있다.

#### 4. 기후기술 스타트업 생태계 기반조성

네 번째 추진전략은 ‘기후기술 스타트업 생태계 기반조성’이며, 이상에서 설명한 세 개의 추진전략을 효과적으로 이행하기 위한 기반을 조성하기 위한 추진전략에 해당한다. 네 번째 추진전략 하위에는 ① 기후기술 DB 구축, ② 기후기술 스타트업 인증, ③ 기후기술 창업 촉진 연구개발 확대, ④ 기후기술 스타트업 인재양성, ⑤ 기후기술 창업지원 인프라 구축, ⑥ 법적근거 마련 및 강화, ⑦ 전문 액셀러레이터 및 전문 VC 육성의 7대 추진과제로 구성되어 있다. (<표 3-19> 참고)

① 기후기술 DB 구축은 기후기술 스타트업 관련 정보를 데이터베이스화하여, 기후기술 스타트업을 체계적으로 지원하고, 그 성과를 추적하며, 효율적인 협력처 발굴을 위해 추진하는 과제이다. 한국은 창업을 활성화하기 위한 기반조성 차원에서 창업기업 동향(국가통계 승인번호 제142009호) 등 통계를 작성해온 바 있다. 그러나 기존의 통계 및 데이터베이스는 기후기술 스타트업 육성을 위한 특수목적 분류가 반영되어 있지 않아 기후기술 기반의 스타트업 현황을 파악하기 어렵다는 한계점이 존재한다. 따라서 기후기술 스타트업을 체계적으로 지원하기 위하여, 기후기술 스타트업을 조사하기 위한 대상의 정의·분류하고 기후기술 분류에 따른 사업영역, 매출액, 고용 등 현황을 파악할 수 있는 실태조사가 우선시 될 필요가 있다. 실태조사에서 확장하여 국내 기후기술 스타트업 및 중견·대기업이 협력할 수 있도록 기후기술 정보시스템을 구축하여 기후기술의 수요와 공급을 매칭할 수 있는 기반이 필요하다. 또한, 장기적으로 국내 기후기술 스타트업이 해외로 진출하여 사업을 영위할 수 있도록 해외 기후기술 스타트업 현황과 정책을 일람할 수 있는 데이터베이스 구축도 활용성이 높을 것으로 판단된다.

〈표 3-19〉 기후기술 스타트업 활성화 추진전략 4 및 과제(안)

추진전략	추진과제	세부과제
4. (기반) 기후기술 스타트업 생태계 기반조성	① 기후기술 DB 구축	① 기후기술 기업 실태조사
		② 기후기술 정보시스템 구축
		③ 해외 기후기술 스타트업 현황 및 지원책 조사 사업
	② 기후기술 스타트업 인증	④ 우수 기후기술 스타트업 인증제도 도입
	③ 기후기술 창업 촉진 연구개발 확대	⑤ 대학 유관학과 및 연구기관에 기후기술을 테마로한 연구개발 과제지원 확대
	④ 기후기술 스타트업 인재 양성	⑥ 현장수요를 반영한 ‘기후기술 스타트업 전용 계약 학과’ 제도를 지역 거점대학에 도입·운영
	⑤ 기후기술 창업지원 인프라 구축	⑦ 기후기술 스타트업 특화 보육기관의 설립
	⑥ 법적근거 마련 및 강화	⑧ 기후기술 스타트업 활성화를 위한 지원특례 발굴사업
		⑨ 기후기술 스타트업 활성화를 위한 규제개선 사업
		⑩ 기후기술법 개정 프로젝트
	⑦ 전문 액셀러레이터 및 전문 VC 육성	⑪ 기후기술 분야 전문 액셀러레이터 및 VC를 발굴·육성하여 펀드 출자의 우선권 등 혜택 부여

자료: 저자 작성

② 기후기술 스타트업 인증은 다양한 기후기술 스타트업 지원정책을 효율적으로 추진하기 위해 고안된 추진과제로, 특정 기준을 만족하는 대상에게 국가 또는 중앙부처 차원의 인증을 부여하는 것이 대표적이다. 본 연구에서는 인증제도에 착안하여, 혁신적이고 기후변화 대응에 기여도가 높은 기술을 보유한 스타트업에게 ‘우수 기후기술 스타트업’이라는 인증을 부여하는 제도를 세부과제로 발굴했다. 본 인증제도와 기타 스타트업 지원사업을 연계하여, 우수 기후기술 스타트업 인증을 취득한 기업에게 지원대상 선정 시 가점을 부여하는 방식으로 활용할 수 있으며, 이를 통해 대상선정 과정부터 기후기술 스타트업 지원정책을 효율적으로 추진할 수 있을 것으로 기대된다.

③ 기후기술 창업 촉진 연구개발 확대는 절대적으로 부족한 스타트업 창업기술 확보를 위하여 자연과학 및 공학을 기후기술화 하기 위한 추진과제에 해당한다. 기후기술 스타트업의 근

간이 되는 사업 아이템 창출을 목적으로, 대학의 기후기술 유관학과와 연구기관에 기후기술을 테마로 하는 연구개발 과제지원을 확대하는 것을 골자로 한다.

④ 기후기술 스타트업 인재양성은 기후기술 스타트업의 내부인력 확충을 위한 추진과제로, 추진전략 3에 포함되어 있는 학·연 전문인력 활용 지원이라는 단기적인 과제 함께 추진되어야 할 장기적인 과제에 해당한다. 인력양성의 방식은 대학 내에 기후기술 또는 창업 관련 전공학과 및 강의의 개설, 기업 내 재직자 교육 등 다양한 형태로 추진할 수 있으며, 장기적으로 기반조성을 위해 반드시 추진될 필요가 있는 사업이다. 본 연구에서는 계약학과의 개념을 차용하여 기후기술 창업인재 양성을 위한 세부과제를 발굴했다. 「산업교육진흥 및 산학협력촉진에 관한 법률」 제8조에 따르면, 계약학과는 산업교육기관이 국가, 지방자치단체 또는 산업체 등과의 계약을 통해 설치·운영하는 학과로, 계약학과의 설치에 대학이 사회에서 요구하는 인력 수요에 대응할 수 있는 운영 방식이라고 할 수 있다. 즉, 계약학과의 개념을 기후기술 스타트업에 도입할 경우, 대학 내에 기후기술 스타트업의 현장 수요를 반영한 기후기술 스타트업 전용 계약학과를 설치하는 사업을 고려할 수 있으며, 해당 계약학과에서 양성된 인재가 기후기술 스타트업으로 유입되어 스타트업 내부인력 부족 문제 해결에 일부 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

⑤ 기후기술 창업지원 인프라 구축은 범분야의 창업을 지원하는 인프라를 넘어 기후기술에 특화된 창업지원 인프라를 구축하는 것을 골자로 하는 추진과제이다. 예컨대 기후기술 스타트업 특화 보육기관 등의 인프라를 구축할 경우, 인프라의 전문성이 제고되고 기후기술 분야의 창업희망자와 스타트업이 인지하는 혜택과 만족도가 개선될 것으로 판단된다.

⑥ 법적 근거 마련 및 강화는 일련의 기후기술 스타트업 지원정책이 현행 법적 근거 하에서 장기적·안정적으로 수행되기 위해 추진되어야 하는 과제에 해당한다. 법적 근거 마련 및 강화 차원에서는 크게 세 가지의 세부과제를 발굴할 수 있었다. 첫 번째는 기후기술 스타트업 활성화를 위한 지원특례 발굴사업으로, 기후기술 스타트업은 중소벤처기업부 소관의 「중소기업창업 지원법」 또는 「벤처투자 촉진에 관한 법률」 등에 따른 규율 및 정책의 적용대상이 되는데, 기후기술 스타트업에 대하여 특화된 지원을 위한 특례사항을 발굴함으로써 원활하고 적극적인 지원체계를 수립할 수 있을 것으로 판단된다. 두 번째는 기후기술 스타트업 활성화를 위한 규제개선 사업이다. 이는 기후기술 스타트업의 활성화를 가로막는 제도적 장애요인을 확인하여 불필요한 규제라고 판단될 경우 이를 해소하거나 예외를 인정하는 등의 개선조치를 마련하는 것을 주요한 내용으로 하는 사업이다. 세 번째는 기후기술법 개정에 관한 것으로, 현행 기후기술법은 기술개발 촉진에 초점을 두고 있어 기후기술 스타트업에 대한 보다 적극적인 지원을 위한 법적 근거가 되기에는 역부족인 것으로 판단된다는 점에서 발굴한 세부과제이다. 기후기술 개발의 차원을 넘어서 기술개발의 성과를 사업화하고 관련 스타트업이 시장에서 빠르게 적응하고 발전해 나갈 수 있도록 중장기적 차원에서 기후기술법 개정을 검토할 필요성이 있다.

㉓ 전문 액셀러레이터 및 VC 육성은 창업 생태계에서 기후기술 스타트업에 특화된 액셀러레이터와 투자자를 육성하여 생태계 전반을 활성화할 수 있는 기반을 마련하기 위한 추진과제이다. 기후기술 스타트업 활성화 정책에 따라 기후기술기반 창업이 활성화되고 관련 투자기금이 확대될 경우, 기후기술 분야의 보육과 투자운용에 관한 수요가 증대될 것으로 예상되며, 이에 효과적으로 대처할 수 있는 기후기술 분야의 특화된 액셀러레이터와 VC의 선제적인 발굴과 육성이 요구된다. 전략적인 육성을 위해 기후기술 스타트업 생태계 형성의 초기 단계에 관련 업무에 유망한 액셀러레이터와 VC를 대상으로 관련 업무에 대한 우선권을 부여하여 경험을 축적하고 역량을 강화할 필요가 있다.



## 제 4 장 국내외 탄소중립/탄소시장 정책동향 조사 및 법/제도적 측면의 정책아젠다 발굴

### 제 1 절 국내·외 탄소중립 정책 동향

#### 1. 국내 탄소중립 정책동향

##### 가. 온실가스 감축목표 (NDC)

##### 1) 주요 경과 및 국가 온실가스 감축목표

우리나라는 2015년 6월 유엔기후변화협약 및 신기후체제에 선제적으로 대응하기 위하여 국가온실가스감축목표(NDC)를 제출하였다. 이는 2030년 배출전망치 대비 37%를 감축하는 것으로, 국내감축 25.7%, 국외감축 11.3%를 통해 국가 감축목표를 달성하는 계획을 마련하였다.

이를 달성하기 위하여 2016년 ‘2030 국가 온실가스 감축 목표 달성을 위한 기본 로드맵’ 마련한데 이어, 2018년 7월 ‘2030 국가 온실가스 감축 수정 로드맵’을 마련하였다. 수정 로드맵의 주요 내용은 기존 감축목표를 유지하면서, 국내 내부에서의 감축에 대한 책임을 강화하고 국외에서의 감축을 축소하는 것을 골자로 한다.

또한 국제 기준에 부합하기 위하여 2019년 12월 ‘저탄소 녹색성장 기본법 시행령’ 개정을 통해 기존 배출전망치 방식의 2030 목표를 절대량 방식으로 변경하였다. 이러한 내용으로 2030 NDC를 수정하여 UN에 제출하였다(2020년). 수정 NDC는 감축목표 표기법을 기존의 임의 변동 가능성이 있는 배출전망치(Business As Usual, BAU) 방식에서 고정불변하는 절대치 방식으로 변경한 방식이다. 이에 따라 당초 2030년 배출전망치 대비 37% 감축목표에서 2017년 대비 24.4% 감축으로 목표 기입방식을 조정하였다. 이는 2018년 대비 26.3%에 해당한다.

2021년 9월에는 한 단계 나아가, 2050년까지 탄소중립 달성을 목표로 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(약칭: 탄소중립기본법)」을 제정하였다. 한편, 탄소중립기본법의 입법취지와 세계주요 국가의 NDC 상향 결정을 고려하여 2050 탄소중립위원회는 「2030 국가 온실가스 감축목표 상향안」을 심의·의결하였다. 이에 따라 2021년 10월에는 국가 온실가스 감축 목표를 2018년 총배출량(727.6백만톤) 대비 40%(291백만톤) 감축목표로 상향하였으며, 이에 따라 2030년 배출량 436.6백만톤을 목표치로 설정하였다. 이러한 수정 목표치는 ①기존 목표를 대폭 상향한 것으로, ②전 부문의 가능한 역량을 최대한 동원하며, ③국내 감축노력에 더해 자발적협력을 보충적으로 활용하는 것을 골자로 한다. 2018년은 국내 온실가스 배출 정점

이다. 따라서 감축목표 설정을 위한 기준연도로 활용하였다.

## 2) 부문별 주요 감축 방안

국가 온실가스 감축목표 상향에 따른 부문별 주요 감축 방안은 다음과 같다. 먼저 전환 부문은 2018년 269.6백만톤에서 2030년 192.7백만톤( $\Delta 28.5\%$ )을 배출하는 것을 목표로 하였으나, 수정안을 통해 149.9백만톤( $\Delta 44.4\%$ , 상향안)을 배출하는 것으로 상향하였다. 이를 자세히 살펴보면 다음과 같다.

산업 부문의 경우 2018년 기준 260.5백만톤에서 2030년 243.8백만톤( $\Delta 6.4\%$ ) 배출 목표였으나, 222.6백만톤( $\Delta 14.5\%$ , 상향안)을 배출하는 것으로 목표치를 조정하였다. 건물 부문에서는 2018년 52.1백만톤 배출량에서 2030년 41.9백만톤( $\Delta 19.5\%$ ) 배출을 목표하였으나, 수정안을 통해 2030년 35.0백만톤( $\Delta 32.8\%$ , 상향안)을 배출하는 것으로 상향 조정하였다. 수송 부문은 2018년 98.1백만톤 대비 2030년 70.6백만톤( $\Delta 28.1\%$ )의 기존 목표에서 61.0백만톤( $\Delta 37.8\%$ , 상향안)으로 목표치를 변경하였다. 이어 농축수산 부문에서는 2018년 24.7백만톤 기준치 대비 2030년 19.4백만톤( $\Delta 21.6\%$ ) 감축목표를 18.0백만톤( $\Delta 27.1\%$ , 상향안)으로 상향하였다. 폐기물 부문의 경우 2018년 17.1백만톤에서 2030년 11.0백만톤( $\Delta 35.6\%$ )의 기존 감축 목표에서 2030년 9.1백만톤( $\Delta 46.8\%$ , 상향안)까지 감축하는 것을 목표로하였다. 또한 수소 부문을 통해 2030년까지 7.6백만톤을 감축하고, CCUS 기술을 활용하여 2030년까지 10.3백만톤의 탄소를 흡수하는 목표를 설정하였다.

한편 국내 내부에서의 추가감축을 위한 수단 발굴을 위해 최대한 노력하면서, 목표달성을 위해 보충수단으로 국외 감축을 활용하는 방안을 반영하였는데, 국외 감축은 기존 2030년 16.2백만톤에서 33.5백만톤으로 상향 조정하였다.

## 나. 2050 탄소중립 추진전략( '20)

### 1) 경과

UNFCCC는 파리협정 이후 각 당사국이 장기 저탄소 발전전략을 2020년까지 수립하도록 권고하였다. 이에 따라 우리나라는 사회비전포럼을 구성하여 장기 저탄소 발전전략을 수립하도록 하였다(2019). 사회비전포럼은 2020년 말까지 UN에 제출이 필요한 장기저탄소발전전략(Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategies, LEDS) 준비를 위한 기구로 정부, 산업계, 시민사회 등의 추천을 통해 총 69명의 기후·에너지 전문가로 구성된 포럼이다. 총괄기관은 온실가스종합정보센터이며, 유관 국책연구기관이 기술지원을 도왔다. 포럼 운영 결과, 1년여간 논의 끝에 5개 기본 시나리오 및 탄소중립 추가 시나리오 도출, 2020년 1월 7일 관계부처 합동 '2050 탄소중립 추진 전략'을 발표, 각계 의견수렴을 진행하였다. 이러한 과



정 속에서 2020년 6월 5일 ‘환경의 날’에는 225개 기초지방정부가 ‘기후위기비상선언’을 선포하였으며 7월 7일에는 17개 광역지자체 탄소중립 선언하였다. 2020년 10월 28일 문재인 대통령은 ‘탄소중립’ 비전을 선포하였다. 2050 탄소중립 추진전략의 주요 내용은 다음과 같다.

## 2) 국내 여건

우리나라는 2018년 기준 전 세계 온실가스 총 배출량의 1.51%, 전 세계 11위의 배출 국가이나, 1인당 온실가스 배출량 비중이 높고 온실가스 배출이 지속적으로 증가하는 추세로 보고되었다(윤순진, 2021).<sup>50)</sup> 국내 온실가스배출량은 2018년 727.6백만톤을 정점으로 감소할 것으로 전망되었으나, 제조업 비중 및 탄소 다배출 업종(철강, 석유화학 등) 비중이 높고 석탄발전 비중(40.4%, '19)이 높아 산업구조 변경 및 에너지 전환에 따른 기업과 국민의 부담이 우려되는 상황이다. 무역의존도가 높은 우리 경제·산업 구조상 새로운 국제질서 대응을 위한 변화는 필수불가결하므로, ‘적응적(adaptive) 감축’에서 ‘능동적(proactive) 대응’을 통해 탄소중립 및 경제성장과 삶의 질 향상을 함께 추구하는 정책을 추진하였다.

2050 탄소중립 추진전략은 크게 3대 정책 방향 및 10대 과제로 구성되었다. 3대 정책 방향은 적응, 기회, 공정으로 제시된다. 적응 부문 과제는 ▲경제구조의 저탄소화, ▲에너지 전환 가속화, ▲고탄소 산업구조 혁신, ▲미래모빌리티로 전환, ▲도시·국토 저탄소화를 포함한다. 기회 요인은 탄소중립에 대응하면서 국내 산업 생태계를 혁신하는 것으로, ▲新유망 저탄소산업 생태계조성 및 신유망 산업 육성, ▲혁신 생태계 저변 구축, ▲순환경제 활성화 등의 과제를 포함한다. 마지막 공정 요인은 탄소중립 사회로의 공정전환을 표방하며, ▲취약산업·계층 보호, ▲지역중심의 탄소중립 실현, ▲탄소중립 사회에 대한 국민인식 제고 등을 통해 탄소중립으로 인해 소외되는 계층이 없도록 정책 방향 및 주요 과제를 설정하였다.

또한 탄소중립의 제도적 기반을 강화하기 위해 재정 및 금융, 연구개발, 국제협력 등을 강조하였다. 재정제도 개선을 위해 기후대응기금 신규조성, 관련 예산·세제 지원 강화 등을 명시하였고, 녹색금융 활성화를 위해 정책금융의 선도적 지원, 민간자금 유입 유도 등을 강조하였다. 또한 R&D 확충을 위해 핵심기술 개발 집중 지원, 효과적인 지원방식·체계를 구축하고자 설정하였으며, 국제협력을 강화하여 탄소중립 실현 녹색협력 등을 촉진하는 것을 주요 추진 전략으로 설정하였다.

### 다. 장기 저탄소 발전전략(LEDS)<sup>51)</sup>

2050 탄소중립을 추진하기 위한 장기 저탄소 발전전략의 기본방향은 크게 다섯 가지로 제시된다. 첫째, ‘깨끗하게 생산된 전기·수소의 활용 확대를 통한 탄소중립의 달성’으로, 재생에너지

50) 단, CO2 배출량 기준으로는 전세계 7위, OECD 회원국 중에서는 미국, 일본, 독일에 이어 4위(IEA, 2016)

51) 본 챕터는 관계부처 합동(2020) 2050 장기저탄소발전전략(LEDS)을 재인용하였다.

발전 확대 및 CCUS 기술 적용 등을 통한 온실가스 배출 감축, 전기 및 수소 운송수단 전환 강화 등을 골자로 한다. 둘째, ‘에너지 효율의 혁신적인 향상’을 통해 탄소중립을 달성하고자 하였는데, 구체적으로 ▲자동차 연비 기준 향상, ▲건물 단열 기능 확대, ▲에너지 고효율 기기 사용, ▲스마트 에너지 관리 시스템 보급 등을 통한 에너지 공급 용량 감소 유도 등을 포함하고 있다. 셋째, ‘탄소 제거 등 미래기술의 상용화를 통한 탄소중립의 달성’으로, ▲CCUS 등의 적극적인 신기술 개발과 실용화 추진을 목표로 한다. 철강 생산 시 환원제로 사용되는 코크스 제조, 시멘트 생산과정 중 석회석 소성, 석유화학 제품 관련 공정 시 납사 열분해는 다량의 이산화탄소가 배출될 수밖에 없으므로, 해당 분야들에 대한 CCUS기술의 적용은 필수적으로 여겨진다(최현진, 2022). 넷째, ‘순환경제 확대로 산업의 지속가능성 제고’한다. 제품 전주기에 걸친 자원 순환성 강화하며 제품 지속가능성 향상하여 탄소중립에 이바지 한다. 다섯째, 탄소 흡수 수단을 강화한다. 탄소흡수원으로써 산림의 유지 및 신규 조성을 확대하고, 지속가능한 산림경영 이행, 목재 제품의 재활용 등을 촉진한다.

또한 이러한 주요 정책 방향을 이행하기 위한 부문별 비전 및 전략은 다음과 같다. 국가 온실가스 총배출량의 36%에 해당(‘17)하는 에너지 공급 부문은, 탄소중립 달성을 위해 가장 핵심적인 부문이라 할 수 있다. 탄소중립 달성을 위해 재생에너지 비중을 확대하고 재생에너지의 변동성, 간헐성 문제 해결을 위한 발전·소비량 예측 시스템 개발, 에너지저장시스템, 보조발전원 활용 분야에 기술 지원 강화하는 것을 주요 전략으로 한다. 또한 석탄발전 시설은 단계적 폐쇄 또는 LNG 발전시설로 전환하기 위해 노력하고, 이산화탄소 포집·저장·활용(CCUS) 기술을 연계, 활용하여 에너지 부문 배출량을 감축한다.

산업부문은 국가 온실가스 총배출량의 37%를 차지하는 부문으로(‘17), 철강, 시멘트, 석유화학 등 에너지 집약 업종의 ▲저탄소 전환, ▲에너지 효율 향상, ▲순환경제 강화, ▲저탄소 연료·원료의 사용을 통해 탄소 배출을 감축하고자 하였으며, 산업공정 시 불소계 가스 배출 감축 방안 마련 필요성도 제시되었다. 또한 산업공정 전환을 위한 신기술 적용(수소환원제철, CCUS 등), 기술혁신 투자 확대 및 제도적 인프라 구축, 정보통신 기술이 결합된 고부가 산업구조로의 전환 촉진, 규제 및 인센티브를 통한 에너지 효율 향상 유도, 폐자원 재사용 확대 등 추진 등의 정책적 뒷받침을 통해 산업부문의 배출량을 감축하고자 계획하였다.

수송부문은 국가 온실가스 총배출량의 14%를 차지한다. 수송 부문에서는 기존 석유연료 기반 수송 시스템을 친환경차 및 자율주행 중심으로 재편, 저탄소 운송 연료 사용을 위한 연비 규제, 대중교통 활성화 및 교통 수요 관리, 지능형 교통시스템 구축 등 자동차 운행의 최적화를 통한 에너지 소비를 감축하기 위한 정책을 명시하였다. 또한 도로중심의 물류체계를 철도·해운으로 전환하는 물류체계 전환 정책(modal shift) 추진한다.

건물부문은 국가 온실가스 총배출량의 7%를 차지하는 부문으로(‘17), 건물 에너지 이용 효율을 높이기 위해 신축건물(제로에너지건축물 단계적 의무화 등)과 기존 건물(그린리모델링 활성화 등) 구분을 통한 정책을 추진한다. 또한 에너지원의 저탄소화 및 에너지 효율 개선(건

물외벽 태양광 패널 부착, 지열, 수열 등을 활용한 냉·난방 등)을 통해 탄소 배출량을 감축한다.

폐기물 부문은 국가 온실가스 총배출량의 2.4%를 차지하는데, 자원 효율성 극대화를 통해 폐기물 발생을 근본적 감축하는 것이 필요하다.

농축수산 부문은 국가 온실가스 총배출량의 3.4% 차지한다( '17). 농축수산 부문에서는 배출량 저감을 위한 스마트 농업 확대 및 저탄소 농업기술 보급 확대, 농축수산 시설 연료를 재생에너지원으로 전환 추진 등이 주요 전략으로 제시되었다.

흡수부문은 탄소흡수원을 활용하여 대기중의 탄소를 흡수하는 것으로, 국내 토지 중 산림 등을 통해 흡수된 이산화탄소는 45.7백만톤(' 17)으로 보고되고 있다. 이에 더해 산림경영, 생활권 녹지조성, 산림복원 및 조림 등을 통한 탄소흡수원 확대 및 목제품 이용 제고를 통한 탄소저장량을 증진하는 것을 명시하였다.

장기 저탄소 발전전략의 효과적 정책목표 달성을 위한 이행기반 혁신 역시 전략안에 포함되어 있다. 온실가스 감축 정책 및 에너지 정책의 연계 강화, 기후·환경 비용 내재화를 통해 온실가스 감축을 유인하며, 홍보 및 교육 강화를 통한 인식의 제고, 공정한 전환의 추구, 녹색금융 전략 마련, 통합·융합적 기술정책 수립 및 R&D 확대 등 기술혁신을 통해 효과적 정책을 추진하고자 하였다.

#### 라. 탄소중립 기술혁신 추진전략 및 탄소중립 연구개발 투자전략( '21)

2021년 4월 정부는 탄소중립 기술혁신 추진전략을 발표, 탄소중립에 큰 기여가 가능한 10대 핵심기술 선정, 전략 제시하였다. 10대 핵심기술로는 ①태양광/풍력, ②수소, ③바이오, ④철강·시멘트, ⑤석유화학, ⑥산업공정, ⑦수송, ⑧건물, ⑨디지털화, ⑩CCUS이 포함되었다.

또한 탄소중립 연구개발 투자전략(2021년 4월)을 함께 발표하였는데, 탄소감축효과 및 산업여건을 고려하여 10대 핵심투자분야 및 30개 세부 분야와 플랫폼 선정, 이에 대한 전략적 투자추진을 명시하였다. 10대 핵심투자분야는 ①재생에너지-태양광, 풍력, 해양, 신재생 융합, ②수소경제-수소생산, 수소 저장·운송, 연료전지, 수소 활용 ③전력네트워크스마트그리드, 에너지 저장, ④친환경 자동차-전기차, 수소차, ⑤수요관리 및 고효율-디지털 수요 관리, 산업효율향상, 수송효율향상, 건물효율향상, ⑥산업공정 혁신-철강, 시멘트, 석유화학, 반도체·디스플레이, ⑦CCUS-포집, 저장, 활용, ⑧청정연료 및 자원순환-바이오에너지, 자원순환, 수소복합발전, ⑨핵융합-핵융합, ⑩적응 및 흡수-기후예측 및 모니터링, 수질환경 및 수자원관리, 흡수원 강화이다. 또한 융합실증 플랫폼을 통한 인프라 구축·실증, 에너지안전, 인성양력국제협력, 기업지원, 표준화 및 인증의 내용이 포함되었다.

탄소중립 기술혁신 추진전략 및 탄소중립 연구개발 투자전략의 효과적 추진을 위하여 ‘기후변화대응 기술개발 촉진법’을 함께 제정하였다(2021년 4월). 기후변화대응을 위한 기술개발 기본계획 수립에 따라 관계 중앙부처 장 및 지방자치단체 장 등은 연도별 시행계획을 수립, 시행해야한다. 동법은 전문인력 양성 및 전담기관 지정 등 기후변화대응 기술개발 촉진을 위한 법적 근거를 마련하였다는 의의가 있다. 한편, ‘탄소중립 기술혁신 로드맵’ 수립 및 중장기 R&D 투자전략 수립 예정에 있다.

## 2. 국외 탄소중립 정책동향

### 가. 글로벌 주요동향

2020년 이후 신기후체제 출범에 따라 국제사회의 온실가스 감축 의무도 강화되었다. 각 국은 재생에너지 대체 비율을 증가하였으며, 기후변화 위기 극복과 지속적인 경제성장 추진을 위해 청정성장(Clean Growth), 그린뉴딜(Green New Deal) 등을 제시한 바 있다. OECD는 ‘녹색성장포럼’ 아젠다를 구성하였으며, ADB는 ‘포용적 녹색성장 지수(Inclusive Green Growth Index)’ 제시하여 이에 대응하고자 하였다.

최근 코로나19 대응으로 인한 전 세계적인 인플레이션, 금리상승에 따른 유동성 축소 및 러시아의 우크라이나 침공으로 인한 에너지 수급 불안 등으로 인해 각국에서 탄소중립 정책이 후퇴하는 모습을 보이고 있다. 그러나 이는 경제상황 변화에 따른 일시적인 현상일 것으로 보이며 기후위기는 심화되고 있기 때문에 탄소중립 정책방향은 유지될 것으로 전망된다(이병윤, 2022).

### 나. 미국

미국은 트럼프 행정부가 탈퇴했던 파리협정을 바이든 행정부 출범 이후 재가입하였다(2021년 1월). 2030 국가 온실가스 감축목표 2005년 대비 50~52% 감축하는 것으로 설정, 2050년까지 탄소중립 달성을 추진하고 있다. 이를 위해 2021년 「기반시설투자 및 일자리법」 제정, 「청정대기법」 및 「2005 에너지정책법」 등 관계 법률 개정하였다.

또한 ‘청정에너지·인프라 계획’ 수립·추진하였는데, 2050년까지 탄소중립 목표 달성, 5대 투자 부문을 대상으로 임기동안 약 2조 달러 규모의 예산을 투입하여 일자리 100만 개 창출 목표를 제시하였다. 5대 투자 부문은 인프라, 자동차, 전력, 건축, 청정에너지로, ① 인프라 부문은 도로, 철도, 교량, 녹지공간, 수도, 전력망, 광대역 통신 등 청정에너지 생태계 구축을 위한 시설 투자를 추진한다. ② 자동차 부문은 정부조달을 통한 대규모 친환경 자동차 사용,

전기차 충전소 대폭 확대, 전기차 세액 공제, 신형 버스의 배출가스 제로 달성, 스쿨버스의 친환경 버스로의 전환 등을 포함한다. ③ 전력 부문은 2035년까지 전기발전 부문의 탄소배출량 제로 달성, CCS (Carbon Capture and Sequestration) 기술개발을 위한 투자 및 조세 인센티브 확대, 10년 내 그린수소를 기존 수소와 동일한 비용으로 제공 등이 포함된다. ④ 건축 부문은 대단위 건물 주택에 대한 고효율 친환경 시설로의 전환, 친환경 주거단지 신규 조성, 2030년까지 상업용 건물 배출가스 제로 달성, 2035년까지 건물에서 발생하는 탄소량을 절반으로 감축하는 것을 목표로 하였다. ⑤ 청정에너지 부문에서는 기후변화 관련 총괄 연구 프로젝트인 ARPA-C (Advanced Research Projects Agency for Climate)를 신설, 에너지 저장, 재생수소, 첨단 원자력 등의 기술 적용을 통한 비용 절감, 청정에너지 혁신 기술의 상용화 등을 지원할 계획이다(최현진, 2022).

미국 내 주요 탄소중립 기술 동향을 살펴보면, 미국은 ARPA-C를 통해 주요 10대 기후혁신 기술 개발을 모색하고 있다. ‘일자리 창출을 및 기후위기 대응을 위한 미국 혁신 계획 (American Innovation Effort to Create Jobs and Tackle the Climate Crisis)’ (2021년 2월)을 발표하여 주요 10대 기후혁신 기술 선정하였는데, 주요 기술로는 ① 탄소중립 건물, ② 1/10 비용절감 에너지 저장 시스템, ③ 최첨단 에너지시스템 관리기술, ④ 저비용/저탄소 차량 및 교통시스템, ⑤ 저탄소 항공기 및 선박 연료, ⑥ 온실가스 효과 없는 냉매, 공조, 히트펌프, ⑦ 철강, 콘크리트, 화학공정 저탄소화, ⑧ 무탄소배출 수소, ⑨ CO<sub>2</sub> 토양 저장기술, ⑩ CO<sub>2</sub> 직접 포집기술(DAC) 등이다.

‘미국 일자리 계획(The American Jobs Plan)’ (2021년 3월)에서는 기후위기 대처를 위한 연구개발에 향후 10년간 350억 달러 투자 제시하였는데, 기후변화 관련 연구, 에너지 기술실증(대규모 에너지 저장, 탄소포집 및 저장, 수소, 고등원자력기술, 희토류 원소 분리, 부유식 해상 풍력, 바이오 연료 및 제품, 양자 컴퓨팅, 전기자동차 등) 분야를 대상으로 한다(이구용, 이민아, 2021; 최현진, 2022).

#### 다. 유럽연합

유럽연합은 ‘유럽 그린딜(European Green Deal)’을 발표하여 2050년까지 탄소중립 및 청정에너지, 순환경제, 에너지 효율적 건축, 지속가능한 수송 등의 분야에 대한 정책 패키지과 실행 로드맵을 제안하였다(2019년 12월).

또한 ‘2030 기후목표 계획’ (2020년 9월)을 통해 탄소중립 달성을 위한 실행계획을 발표하였다. 이에 따르면 산업, 교통, 건축분야에서 친환경 재생에너지 비중 증대, 이산화탄소 외 온실가스 감축을 위한 폐기물 처리 및 농축산분야 기술 개선, 배출권 거래제 강화 등을 포함한다. ① 재생에너지 발전 부문에서는 2030년 목표 달성을 위해 현재 전체 발전량의 약 30%를

차지하는 재생에너지 발전 비중을 65% 이상으로 확대 추진하며, ② 교통 부문에서는 2015년 기준 6%인 교통분야 재생에너지 사용 비중을 2030년 이전 24%까지 확대 추진, 이를 위해 전기 자동차 등 공급 확대 계획을 발표하였다. ③ 건축 부문에서는 리모델링 비중을 2030년까지 연간 2% 이상 증가시켜 자원효율적 구조로의 전환을 모색하였다. ④ 농·축산업 부문에서는 친환경 비료의 사용, 보다 정밀화된 농업기반 구축, 혐기성 소화 기술 등을 사용하여 농축산분야의 이산화탄소 외 온실가스 배출량 감축 추진한다. 또한 ⑤ 배출권 거래제를 강화하여 2030년까지 전력 생산 및 항공 분야에서 산업단지 건설을 통해 2005년 대비 탄소배출을 43% 감축추진할 계획이다.

또한 유럽연합 회원국 간 노력 분담을 규제하여 탄소배출 30%의 추가 감축 모색하고 있다. CCS 기술 개발 추진, 산림 조성, 효율적 토지 이용 등을 통해 대기 중 탄소 흡수량 증진 계획에 있다(최현진, 2022).

#### 라. 일본

일본은 2020년 3월 지구온난화대책추진본부를 통해 '국내 배출삭감·흡수량 확보를 통해 2013년 대비 온실가스 배출량을 2030년까지 -26% 수준으로 감축'을 국가온실가스 감축목표(NDC)로 결정하였다. 2021년 4월에는, 2013년 대비 온실가스 배출량을 2030년도까지 46% 감축하는 것을 목표로 하여 새로운 감축 목표를 반영한 NDC를 UN에 제출하였다.

일본 정부는 「지구온난화대책의 추진에 관한 법률」에 파리협정·2050년 탄소중립 선언 등에 따른 이념과 관련조항을 신설, 이에 따라 지구온난화대책계획을 수립하고 탄소중립 경영 추진을 위한 기업의 배출량 정보 디지털화·오픈데이터화 등을 추진하고 있다.

또한 '2050년 장기 저탄소 발전전략' (2019년 6월)을 발표하여 2050년까지 온실가스 배출량의 80% 저감을 목표로하였다. 해당 전략은 4개 부문 배출량 저감 대책을 에너지, 산업, 수송, 지역·삶으로 발표하였는데, ① 에너지 부문에서는 재생에너지 발전 비중 주류화 및 원자력 및 화력 의존도 축소, 에너지 소비효율 향상을 통한 이산화탄소 배출 저감을 추진한다. ② 산업 부문에서는 산업계의 자주적 감축 노력, CCUS 기술활용을 통한 원료 전환 및 에너지 소비효율 향상을 목표로 한다. ③ 수송 부문에서는 2050년까지 일본산 자동차에 대한 세계 최고수준의 친환경적 차량 성능 달성, 자율주행 자동차의 보급 확대, 친환경 드라이브 지원 시스템의 보급을 추진한다. 마지막으로 ④ 지역·삶 부문에서는 ZEH(Zero Energy House), ZEB (Zero Energy Building)을 위한 기술개발 및 보급, 라이프 스타일의 전환 등을 목표로 제시하였다.

또한 정부차원 기술혁신, 녹색금융, 정책·제도 구축 및 국제공조 추진을 발표하였다. 신에너지산업기술 종합개발기구(NEDO, New Energy and Industrial Technology Development

Organization) 그린이노베이션 기금 2조엔 조성이 그 중 하나로, 탄소중립 목표 달성에 적극적으로 기여하는 기업에 10년간 연구개발부터 실증, 상용화에 이르기까지 지속적인 지원을 실시하며, 기금사업전체를 횡단적으로 모니터링하여 이산화탄소의 감축과 더불어 경제 파급 효과로의 연결을 모색한다(이구용, 이민아, 2021)(최현진, 2022). 또한 향후 10여년간 주요 14개 산업 분야의 기술개발 추진하고자 하는데, ①해상풍력·태양광·지열, ②수소·연료암모니아, ③차세대 열에너지, ④원자력, ⑤자동차·축전지, ⑥반도체·정보통신, ⑦선박, ⑧물류·인프라·토목 인프라, ⑨식료·농림수산업, ⑩항공기, ⑪탄소리사이클, ⑫주택·건축물산업, ⑬자원순환, ⑭라이프스타일 등을 포함하고 있다.

#### 마. 중국

중국은 2018년 「대기오염 예방·퇴치법」 개정하였으며, 2021년 ‘2030년 이전 탄소배출 정점 행동방안’ 및 ‘기후변화 대응정책 및 행동백서’ 발표하여 2005년 대비 2030년에는 온실가스배출량을 65%까지 감축하고, 2060년 탄소중립 달성을 선언하였으며(2020년 9월), 국가 온실가스감축목표를 설정하였다. 이에 따라 중장기 추진전략 및 이행계획 수립을 추진하고 있다.

중국 국무부는 2020년 12월 ‘탄소배출권 거래시장 관리방법’을 발표하였다. 또한 생태환경부는 전국 탄소배출권 등록 및 거래 기관 조직, 관련 시스템에 대한 구축계획 발표하였다. 경제성장, 산업구조 조정, 에너지 구조 최적화, 대기오염 물질 배출 규제 등을 고려하여 탄소배출량의 총량을 확정하고 이에 대한 배분 방안 마련 추진을 골자로 하고 있다. 중국의 2060 목표 달성을 위해서는 2020년 기준 중국의 온실가스 배출량의 90%가 감축되어야 한다고 보고되었다(칭화대학교 기후변화 및 지속가능발전연구소; 최현진, 2022 재인용).

#### 바. 베트남

베트남은 2030년까지 배출전망치 대비 온실가스 배출량을 자구적인 능력으로 9%, 국제지원을 통해 27% 감축하는 것을 목표로 제시하였다(베트남 자원환경부, NDC 갱신 이행지침에 관한 공문 제4869/BTNMT-BDKH호). 주로 에너지, 농업, 임업, 폐기물관리, 산업 등의 분야에 적용하고자 하고 있으며, 각 분야의 배출량 감축목표는 「온실가스 감축 및 오존층 보호에 관하여 규정하는 의정」 부록I으로 규정하였다. 기타 관련 법령의 제·개정 추진을 통해 온실가스 감축목표를 달성하고자 하고 있다.

사. 인도네시아

인도네시아는 2030년까지 자체 능력으로 29%, 국제적 지원을 활용하여 41% 감축할 것을 목표로 제시하였으며, 2060년까지 넷 제로(Net Zero Emission) 추진을 목표로 한다. 이를 위해 「국가기여목표 달성을 위한 탄소의 경제적 가치 이행 및 국가 개발 차원의 온실가스 배출 통제에 관한 대통령령 2021년 제98호」 제정하였으며, 탄소의 경제적 가치를 구현하고 온실가스감축목표를 달성하기 위하여 국가 개발에 있어 온실가스 감축을 위한 관리 지침으로 활용하고자 한다.



## 제 2 절 국내외 탄소시장 정책 동향

### 1. 국외 탄소시장 정책 동향

#### 가. UN 기후변화협약 탄소시장 관련 주요 논의 흐름

국제 탄소배출권시장은 국가간 협력을 통해 확보한 온실가스 배출권을 상호 거래하는 국제 시장으로, 신기후체제 하에서 국가 온실가스 감축 목표 달성을 위해 더욱 강조되고 있는 개념이다.

파리협정 제6조에서는 국제 탄소시장 메커니즘을 세 가지로 제시하였다. 먼저 제6.2조의 협력적 접근법(cooperative approaches)은 양자 또는 다자가 다양한 협력방식을 자발적으로 합의하여 국제적으로 이전되는 감축결과(ITMO)를 이전하고 NDC에 반영할 수 있도록 하는 방식으로 국제탄소시장이 가질 수 있는 다양한 가능성을 모두 포괄하는 개념이다. 협력적 접근법에서 핵심적 개념인 ‘국제적으로 이전되는 감축결과(Internationally Transferred Mitigation Outcome, ITMO)’는 국가온실가스감축목표(NDC) 달성을 위해 국가간 거래되는 온실가스 감축 실적을 말한다(제6.2조). ITMO의 감축실적 인정을 받기 위해서는 감축실적 판매국 및 구매국가 가 아닌 제3기관의 공인이 필요하다.

제6.4조는 지속가능발전 메커니즘(Sustainable Development Mechanism, SDM)으로 기존 교토 메커니즘의 청정개발체제와 유사한 방식이다. 당사국총회에서 지정한 중앙 거버넌스를 거쳐 감축실적을 발행한다. 제6.8조는 비시장 접근법(Non-market Approaches, NMA)으로, 선진국의 기술이전 및 재정지원을 바탕으로 온실가스 감축 및 기후변화 적응 촉진을 위한 접근법이다. 감축실적 발행보다는 적응, 재정, 기술, 역량배양과의 연계를 중요시한다. 제6.2조 협력적 접근법에 있어서는 국제적으로 이전되는 감축결과(ITMO)의 이중계산 방지(상응하는 조정)가 핵심적인 쟁점이 된다. 상응하는 조정(corresponding adjustment)이란 ITMO를 거래하는 국가들이 이중으로 자국의 감축목표에 활용하는 것을 방지하기 위한 조치로, ITMO 판매국가가 자국의 감축 목표 달성에 판매한 ITMO를 이중으로 계상하는 행위 등을 방지하고자 하는 개념이다.

제6.4조 지속가능발전 메커니즘은 CDM 감축 실적의 사용가능 여부가 주요 쟁점이었다. 교토의정서 체제 하의 CDM 체제에서 달성한 온실가스 감축 실적을 새로운 파리협약 체제 하의 감축실적으로 전환하는 데 대한 동의 및 전환 지침, 방법론에 대한 합의가 필요하여 파리협정 채택부터 오랜 논쟁의 대상이 되었다.<sup>52)</sup>

또한 전지구적 전반적 감축(Overall Mitigation in Global Emissions, OMGE)의 달성도 중요하

52) 2021년 10월 기준 우리나라 기업이 참여하는 해외 CDM 사업은 124건이며, 정부는 국외 감축사업 협력국으로 베트남, 페루, 미얀마, 스리랑카 등 4개국 대상 양자 기후변화협력 협정 체결을 추진하고 있음(대외경제정책연구원, 2021)

게 논의 되었는데, 탄소시장의 활용은 전지구적 온실가스 감축에 기여해야 한다는 개념으로 기존 CDM 체제에서는 보수적인 감축실적 산정을 통해 이를 입증하고 있다.

#### 나. 제27차 유엔기후변화협약 당사국총회(UNFCCC COP27) 개최결과 및 시사점

##### 1) 주요내용

제27차 당사국총회는 이집트 샤름 엘 셰이크에서 개최되었다(2022. 11. 6. ~ 2022. 11. 18.). 제27차 총회의 핵심 결과로는 기후변화에 따른 개도국의 손실과 피해 보상을 위한 새로운 기금 조성 합의로 볼 수 있다. 단, 손실과 보상을 위한 기금 규모와 보상 범위, 재원 조달 방안은 미정이다. 또한 기후변화 적응 프레임워크 설립 및 연간 \$1,000억 달러 지원 재확인하였다.

또한 글로벌 목표 달성과 긴밀히 연계될 수 있는 글로벌 금융 구조 개혁 필요성 제기되었다. 세계은행이나 국제통화기금 등의 다자간 개발은행이나 국제금융기관들의 권한과 역할 변화를 통해 친환경 에너지 전환 사업 등에 원활한 자금조달 필요성이 제기되었다.

탄소 크레딧 거래를 위한 국제 탄소 시장의 실질적인 이행을 위한 기술지침 일부 합의되었다. 국가 간 자발적 감축 협력 사업 관련, 국가 초기보고서 양식, 감축실적 등록시스템 개발 사항, 기술전문가 검토지침 등이 일부 확정되었다. 관련하여 제6.4조 지속가능개발 메카니즘(SDM) 방법론 및 청정개발체제(CDM) 전환 지침에 대한 논의는 COP28에서 이루어질 예정이며, SDM 운영 감독기구(supervisory body) 설립을 위한 위원회 구성 및 협의 중으로, 감독기구에서 SDM 방법론이 개발, 운영될 예정이다. 이에 따라 실제 시장 운영까지는 1~2년 이상 필요할 것으로 전망되고 있다.

미-중은 협력 관계를 재개하였으며 기후변화 대응 협력 논의를 시작하였다.

글래스고에서 타결된 메탄 감축 서약 참가국이 105개국에서 150개국으로 증가한 것과 개도국의 기후변화대응자금 지원 논의가 진전된 것이 나름의 성과라 할 수 있다. 베트남과 인도네시아의 탈석탄 지원 계획(정의로운 에너지전환 파트너십, JETP)이 발표되었으며, 남아공에 대한 85억 달러 규모의 JETP 계획이 승인되었다.

한편 국가별 감축 목표와 구체적인 이행방안 등에 대한 기후변화완화프로그램 등에 대한 논의가 본격화되었다. 찬성국들은 2030년까지 동 프로그램을 진행할 것을 주장하였으나, 반대국들은 2026년까지 타협 및 추후 연장 논의를 제안하였다.

그러나 석탄연료의 단계적 감축 방안을 화석연료 전체로 확대하는 방안이 불발되면서 1.5도 목표 달성이 불확실해졌다. 전반적으로 COP26 총회 결론을 재확인하는 수준에 그쳤다는 평

을 받는다.

## 2) 탄소시장 관련 사항

COP27 중 탄소시장 관련 사항으로 탄소 크레딧 거래를 위한 탄소 시장 운영 규정 일부가 합의되었다. 제6.2조 협력적 접근법 관련 국가 초기보고서(initial report) 양식이 합의되었는데, 국가온실가스 감축목표(NDC) 등 국가 정보, 온실가스 감축 사업의 환경건전성 및 예상 감축량 등 포함하게 되었다. 또한 ITMO 승인 이전에 UNFCCC에 제출해야 한다.

CDM의 온실가스 감축 사업기간은 최대 2025년 말까지로 한정하였으며, 2021년 이전에 발급된 감축실적(CER) 사용에 대한 서면 신청절차를 합의하였다. 내년 6월말 사업 전환에 필요한 신청양식 등 업로드 될 예정이다.

제6.2조 협력적 접근법 감축실적 등록 시스템 개발에 합의했으며, 제6.2조 활동의 사후 기술전문가 검토지침 등이 논의되었다.

제6.4조 지속가능개발 메카니즘(SDM) 방법론 및 청정개발체제(CDM) 전환 지침에 대한 논의는 COP28에서 이루어질 예정이다.

### [참고] 제6.2조 협력적 접근법 관련 초기 보고서 개요

UNFCCC/PA/CMA/2022/L.15

#### **Annex V. Outline for the initial report and updated initial report referred to in decision 2/CMA.3, annex, chapter IV.A (Initial report)**

##### I. Participation responsibilities (para. 18(a))

- A. Information on how the Party ensures that it is a Party to the Paris Agreement (para. 18(a), para. 4(a), to be updated by para. 21(a))
- B. Information on how the Party ensures that it has prepared, communicated and is maintaining an NDC in accordance with Article 4, paragraph 2 (para. 18(a), para. 4(b), to be updated by para. 21(a))
- C. Information on how the Party ensures it has arrangements in place for authorizing the use of ITMOs towards achievement of NDCs pursuant to Article 6, paragraph 3 (para. 18(a), para. 4(c), to be updated by para. 21(a))
- D. Information on how the Party ensures it has arrangements in place that are consistent with the Article 6, paragraph 2, guidance and relevant decisions of the CMA for tracking ITMOs (para. 18(a), para. 4(d), to be updated by para. 21(a))
- E. Information on whether the most recent national inventory report required in accordance with decision 18/CMA.1 has been provided (para. 18(a), para. 4(e), to be updated by para. 21(a))
- F. Information on how the Party ensures participation contributes to the implementation of its NDC and

long-term low-emission development strategy, if it has submitted one, and the long-term goals of the Paris Agreement (para. 18(a), para. 4(f), to be updated by para. 21(a))

II. Description of the Party's nationally determined contribution, as referred to in decision 18/CMA.1, annex, paragraph 64, where a participating Party has not yet submitted a biennial transparency report (para. 18(b), to be updated by para. 21(b))

A. Target(s) and description, including target type(s) (decision 18/CMA.1, annex, para.64(a))

B. Target year(s) or period(s), and whether they are single-year or multi-year target(s) (decision 18/CMA.1, annex, para. 64(b))

C. Reference point(s), level(s), baseline(s), base year(s) or starting point(s), and their respective value(s) (decision 18/CMA.1, annex, para. 64(c))

D. Time frame(s) and/or periods for implementation (decision 18/CMA.1, annex, para. 64(d))

E. Scope and coverage, including, as relevant, sectors, categories, activities, sources and sinks, pools and gases (decision 18/CMA.1, annex, para. 64(e))

F. Intention to use cooperative approaches that involve the use of internationally transferred mitigation outcomes under Article 6 towards NDCs under Article 4 of the Paris Agreement (decision 18/CMA.1, annex, para. 64(f))

G. Any updates or clarifications of previously reported information (e.g. recalculation of previously reported inventory data, or greater detail on methodologies or use of cooperative approaches) (decision 18/CMA.1, annex, para. 64(g))

III. Information on ITMO metrics, method for applying corresponding adjustments and method for quantification of the NDC (para. 18(c - f))

A. ITMO metrics (para. 18(c))

B. Method for applying corresponding adjustments as per chapter III.B (Application of corresponding adjustments) (para. 18(c))

1. Description of the method for applying corresponding adjustment for multi- or single year NDCs that will be applied consistently throughout the period of NDC implementation, if applicable (para. 18(c))

2. Description of the method for applying corresponding adjustments where the method is a multi-year emissions trajectory, trajectories or budget, if applicable (para. 18(c))

C. Quantification of the Party's mitigation information in its NDC in t CO<sub>2</sub> eq, including the sectors, sources, GHGs and time periods covered by the NDC, the reference level of emissions and removals for the relevant year or period, and the target level for its NDC or, where this is not possible, the methodology for the quantification of the NDC in t CO<sub>2</sub> eq (para. 18(d))

D. Quantification of the Party's NDC, or the portion in the relevant non-GHG indicator, in a non-GHG metric determined by each participating Party, if applicable (para. 18(e))

E. For a first or first updated NDC consisting of policies and measures that is not quantified, information on quantification of the Party's emission level resulting from the policies and measures that are relevant to the implementation of the cooperative approach and its mitigation activities for the categories of anthropogenic emissions by sources and removals by sinks, as identified by the first transferring Party pursuant to paragraph 10, and the time periods covered by the NDC (para. 18(f))

IV. Information on each cooperative approach (para. 18(g - i), para. 19)

A. Copy of the authorization by the participating Party (para. 18(g))

- B. Description of the cooperative approach (para. 18(g))
- C. Duration of the cooperative approach (para. 18(g))
- D. Expected mitigation for each year of the duration of the cooperative approach(para. 18(g))
- E. Participating Parties involved in the cooperative approach (para. 18(g))
- F. Authorized entities (para. 18(g))
- G. Description of how the cooperative approach ensures environmental integrity (para.18(h), to be updated by para. 22(b))
  - 1. Description of how the cooperative approach ensures that there is no net increase in global emissions within and between NDC implementation periods (para. 18(h)(i), to be updated by para. 22(b)(i))
  - 2. Description of how the cooperative approach ensures environmental integrity through robust, transparent governance and the quality of mitigation outcomes, including through conservative reference levels and baselines set in a conservative way and below 'business as usual' emission projections (including by taking into account all existing policies and addressing uncertainties in quantification and potential leakage) (para. 18(h)(ii), to be updated by para. 22(b)(ii))
  - 3. Description of how the cooperative approach is minimizing the risk of nonpermanence of mitigation across several NDC periods and how, when reversals of emission reductions or removals occur, the cooperative approach will ensure that these are addressed in full (para. 18(h)(iii), to be updated by para. 22(b)(iii))
- H. Additional description of the cooperative approach (para. 18(i))
  - 1. Description of how the cooperative approach minimizes and, where possible, avoids negative environmental, economic and social impacts (para. 18(i)(i), to be updated by para. 22(f))
  - 2. Description of how the cooperative approach reflects the eleventh preambular paragraph of the Paris Agreement, acknowledging that climate change is a common concern of humankind, Parties should, when taking action to address climate change, respect, promote and consider their respective obligations on human rights, the right to health, the rights of indigenous peoples, local communities, migrants, children, persons with disabilities and people in vulnerable situations and the right to development, as well as gender equality, empowerment of women and intergenerational equity (para. 18(i)(ii), to be updated by para. 22(g))
  - 3. Description of how the cooperative approach is consistent with the sustainable development objectives of the Party, noting national prerogatives (para. 18(i)(iii), to be updated by para. 22(h))
  - 4. Description of how the cooperative approach applies any safeguards and limits set out in further guidance from the CMA pursuant to chapter III.D (para. 18(i)(iv), to be updated by para. 22(i))
  - 5. Description of how the cooperative approach contributes resources for adaptation pursuant to chapter VII (Ambition in mitigation and adaptation actions), if applicable (para. 18(i)(v), to be updated by para. 22(j))
  - 6. Description of how the cooperative approach delivers overall mitigation in global emissions pursuant to chapter VII (Ambition in mitigation and adaptation actions), if applicable (para. 18(i)(vi), to be updated by para. 22(k))

## 2. 탄소시장 유형별 동향 분석

### 가. 규제시장

탄소시장은 크게 규제적 탄소시장과 자발적 시장으로 구분되며, 규제시장은 의무감축시장

에 해당된다. 규제시장은 국제협약 또는 제도적 규제에 의해 온실가스감축 의무가 발생한 국가 또는 기업 등이 감축 의무를 달성하기 위해 탄소배출권(또는 상쇄크레딧)을 거래하는 시장이다. 배출량 상한선이 있는 총량 제한 배출권 거래제 방식(Cap and Trade)으로, 감축대상에게 주어진 배출권(allowance (할당배출권))과 실제 배출량이 차이나는 만큼을 다른 감축대상과 거래할 수 있다. 단, 상한선 이상의 할당량을 창출할 수는 없다. 규제시장에서는 공동이행 및 청정개발체제를 통해 상쇄크레딧 거래 방식(Offset credit trade)을 취할 수도 있다.

교토 메커니즘 하에서 규제시장은 세 가지 유형으로 구분된다. 첫째, 배출권 거래제도(ETS)는 유럽연합 배출권거래제(EU-ETS ; European Union Emissions Trading Scheme), 뉴사우스웨일즈 온실가스감축 제도(NSW GGAS; New South Wales Greenhouse Gas Reduction Scheme), 시카고기후거래소(CCX; Chicago Climate Exchange), 미국 북동부 지역온실가스창안 (RGGI; Regional Greenhouse Gas Initiative) 등을 포함한다(이동호, 2019). 공동이행(JI) 제도는 선진국간 감축사업에 의해 탄소배출권을 발행한다. 청정개발체제(CDM)는 선진국과 개발도상국간 감축사업에 의해 탄소배출권 발행한다.

규제시장은 감축비용이 적은 국가 또는 사업에서 생산된 탄소배출권을 통해 자국의 감축의무를 달성하는 제도로 구매국 입장에서는 비용 효과적인 온실가스 감축이 가능하다. 따라서 감축의무가 있는 구매자들은 감축 효과가 검증 가능 하고, 논란 없는 품질을 가지며, 가격이 저렴한 탄소배출권을 선호하는 특성을 가진다. 또한 의무감축 대상, 즉, 배출량을 할당 받은 대상만 탄소 감축이 가능하다는 한계점이 있다.

## 나. 자발적 탄소시장

### 1) 주요내용

자발적 탄소시장은 감축의무가 없는 주체들이 자발적으로 탄소감축사업을 통해 탄소배출권 생산하고 거래하는 시장으로 상쇄크레딧 거래(Offset credit trade) 방식의 시장으로, 오늘날에는 개인, 기업, 정부, 비영리 단체 등 다양한 조직이 자발적으로 탄소 감축 프로젝트에 참여하여 탄소 크레딧을 창출하고 거래할 수 있는 민간 탄소시장으로 받아들여진다(하은누리, 2022). 온실가스 할당량 내에서 거래하는 규제시장과는 달리, 자발적 거래시장의 사업 형태는 온실가스 감축 사업이 없었을 시의 배출량을 기준선(baseline)으로 하여, 감축사업을 통해 감축한만큼의 온실가스를 상쇄크레딧으로 획득, 거래하는 방식이다.

교토 체제 하에서 자발적 시장은 규제시장보다 유연한 제도로써 장기적 관점에서 탄소감축사업의 개발을 촉진시키는 효과가 있으며, 자발적 탄소사업이 규제시장으로 연계되도록 하는 역할을 해왔다(Kollmus et al., 2008). 자발적 탄소시장은 국가 및 기업 등 다양한 부문의 자발적 참여가 가능하고, 다양한 온실가스 배출감축 활동에 시장가격을 부여하여 탄소감축을 유도

하는 기능을 한다(Bayon et al., 2012). 자발적 탄소시장은 규제시장의 제도적 한계점을 보완하는 시장으로, 정부나 규제기관이 직접적인 감독을 하지 않는 자율적인 시장 구조를 가진다.

최근 자발적 탄소시장은 개인, 기업, 비영리단체 등 다양한 참여자가 탄소 크레딧을 사고 팔 수 있는 민간 탄소시장으로 최근 가파르게 성장하고 있다(하온누리, 2022). 최근 금융회사들은 탄소거래와 관련하여 규제 시장뿐만 아니라 자발적 시장에도 적극 진출하고 있으며 산업부는 민간 탄소시장 활성화를 위해 다양한 지원방안을 모색 중이다.

## 2) 자발적 탄소시장 동향

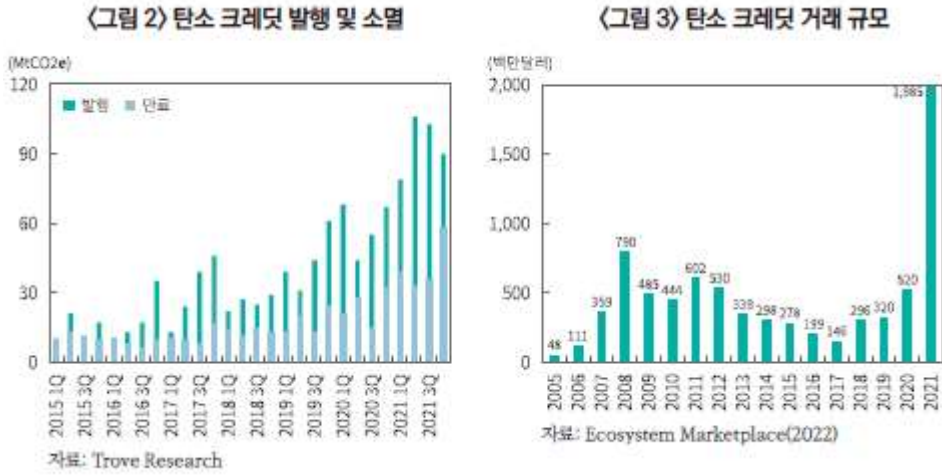
자발적 탄소시장의 규모는 급격히 성장하고 있는데, 발행된 탄소 크레딧 규모는 2020년 2억 3,400만GtCO<sub>2</sub>e에서 2021년 3억 7,800만GtCO<sub>2</sub>e으로 60% 이상 증가하였다(하온누리, 2022). 만료된 크레딧 규모도 2020년 9,600만GtCO<sub>2</sub>e에서 2021년 1억 6,500만GtCO<sub>2</sub>e으로 70% 이상 증가하였으며, 거래량도 2021년 기준 약 20억달러로 전년대비 3배 이상 성장하였다(Ibid.).

배출권 가격은 2020년 \$2.5/t에서 2021년 \$3.5/t으로 상승하였으며, 2050년 \$47/t 이상을 기록할 것으로 전망된다(Refinitiv, 2022; Bloomberg, 2022).

자발적 탄소시장의 수요는 지속적으로 증가할 것으로 전망된다. 2050년에는 51.1GtCO<sub>2</sub>e 이상의 수요가 예상되며 이는 오늘날 전 세계 배출량의 10% 수준에 해당한다(Bloomberg, 2022). 자발적 탄소시장은 민간 기업의 탄소중립 선언 확대에 따라 꾸준히 그 규모가 성장하고 있다. McKinsey(2021)는 자발적 탄소시장 규모가 2030년까지 약 15배 성장하여 규제시장 규모와 비슷해질 것으로 전망하였으며, 2050년에는 100배까지 빠르게 성장할 것으로 전망하였다.

탄소크레딧 발행 분야별로는 가격은 서로 다르나, 대부분의 분야에서 거래량 및 가격 모두 2020년 대비 2021년 상승 추세를 나타내고 있다. 2021년 기준 대부분의 거래량은 임업 및 기타 토지이용(46.2%), 재생에너지 분야(42.8%)에서 발생하였다. 발행량 기준 2022년 9월까지 발행된 약 크레딧 중 약 43%는 산림보전 사업 등 자연기반 방식, 32%는 재생에너지 프로젝트가 차지하고 있다(Trove Research, 2022). 특히 자연기반 해법(Nature Based Solution) 활동에 대한 크레딧 수요가 빠르게 증가하면서 거래량이 큰 폭으로 상승하였다(Climate Focus, 2022).

[그림 4-1] 탄소 시장 동향



자료: 하온누리(2022) 재인용

〈표 4-1〉 분야별 거래량 및 가격 (단위: MtCO<sub>2e</sub>, \$/t)

구분	거래량 ('20)	비중(%)	가격 ('20)	거래량 ('21)	비중(%)	가격 ('21)
임업 및 기타 토지이용 (forestry and land use)	57.3	28%	5.4	222.7	46%	5.8
재생에너지(renewable energy)	93.8	46%	1.08	211.4	43%	2.26
화학 공정/제조업(chemical processes/industrial manufacturing)	1.8	1%	2.15	17.3	4%	3.12
폐기물 처리(waste disposal)	8.5	4%	2.69	11.4	2%	3.62
에너지 효율/연료 전환(energy efficiency/fuel switching)	30.9	15%	0.98	10.9	2%	1.99
가정/지역사회 디바이스 (household/community device)	8.3	4%	4.34	8.8	2%	5.36
운송(transportation)	1.1	1%	0.64	5.4	1%	1.16
농업(agriculture)	0.5	0%	10.38	1	0%	8.81

자료: Ecosystem Marketplace 재구성

국제 자발적 탄소시장의 경우, 해외 금융회사 중심으로 탄소 프로그램 및 기술 기업 투자, 탄소크레딧 거래 플랫폼 개발 등을 통해 적극적으로 자발적 탄소시장에 진입하는 추세로, 최근 다수의 기업들이 2050년 탄소중립(net-zero) 선언에 참여하고 있으며 배출량을 상쇄하기 위해 VCM 등의 탄소 크레딧을 활용하고 있다. 특히 ESG경영 등의 문화가 확산되며 자발적으로 탄소중립을 선언하는 등 온실가스 감축에 동참하고 배출권 거래에 참여하는 기업이 증가하고 있



다. 실질적으로 HSBC Global Asset Management는 기후변화 컨설팅 회사인 Pollination과 협력, 친환경 프로젝트에 투자하고 있고, BlackRock, Temasek는 탄소 배출 감축 기술을 사용하는 초기성장기업투자를 위해 Decarbonization Partners를 설립하는 등 기업의 참여가 활발해지고 있다.

또한 관련 플랫폼도 성장 중이다. Climate Impact X는 발급된 탄소크레딧을 거래하는 플랫폼으로 싱가포르 증권거래소(SGX), DBS Group, Temasek, Standard Chartered 등이 관여하고 있다. Carbonplace은 탄소크레딧을 저장 및 거래할 수 있는 플랫폼으로 CIBC, Itau, NAB, NatWest, UBS, Standard Chartered, BNP Paribas, SMBC, BBVA 등 9개 은행이 참여하고 있다. Net Zero Asset Owner Alliance(NZAOA) 연합은 금융업계 중심으로 49개의 기관 투자자가 구성한 연합으로, 투자 포트폴리오에 대해 2025년(22~32%)과 2030년(49~65%)의 이산화탄소 감축 목표치를 발표하였다(UNEP Finance Initiative).

탄소감축사업은 많은 수가 개발도상국에 이루어지고 있으며, 전통적·전형적인 방식의 공적개발원조(ODA)나 다른 수단보다 효율적으로 지속 가능한 개발을 지원하는 것으로 여겨지고 있다(Verra, 2021). 기업들은 온실가스 감축 목표 달성뿐만 아니라 새로운 상품에 대한 투자로써 자발적 탄소시장을 활용하고 있다. 자발적인 온실가스 감축 노력을 통해 공급망 내 탄소중립 이슈에 대응하고, 친환경 활동을 통해 새로운 투자 연계 기회를 획득하며, 고객유지 및 확대를 통한 경쟁력 확보 등을 기대하는 것으로 나타났다(중소벤처기업연구원, 2022).

국내의 경우 증권사 중심으로 자발적 탄소시장에 주로 참여하고 있다. 2021년 기준 금융감독원에 자발적 탄소배출권에 대한 자기매매, 장외거래 중개 업무 등을 보고한 증권사는 총 8곳으로 알려져있다(산업통상자원부, 2022). 하나증권은 업계 최초로 자발적 탄소시장 진출하였으며, 방글라데시에 태양광을 이용한 정수시설을 보급, 약 94만톤의 탄소 크레딧 획득을 기대하고 있다. 한국 정부 역시 공공주도의 탄소배출권 거래를 넘어 민간 주도의 탄소시장을 활성화하겠다고 선포한 바 있다(산업통상자원부, 2022. 6. 10.). 산업통상자원부는 민간의 탄소시장이 2030년에는 63조원 규모에 이를 것이라 예측하였으며, 이를 위해 제도설계 및 지원방안을 마련하기 위해 노력하고 있다.

### 3) 주요 이슈

자발적 탄소시장은 탄소크레딧에 대한 품질 리스크 해결을 위한 방법론 및 법률적 성격에 대한 합의가 필요한 상황이다. 시장규모가 확대되고 복잡성이 증가하며 개별 프로젝트의 표준화와 평가가 어려우며, 이는 품질에 대한 리스크로 이어진다. ISDA는 탄소 크레딧을 유형자산으로 인식할 것을 권고하고 있으나, 참여 국가는 각 국가의 법률을 바탕으로 탄소크레딧을 정의하고 있어 자발적 탄소시장 크레딧에 대한 법적 성격이 상이하다는 문제점 발생하고 있다(ISDA, 2021). 또한 장외거래의 비중이 높고, 가격이 공개되지 않아 거래 비용이 증가하는 부작용

용 발생한다(하온누리, 2022).

이 외에도 자발적 탄소시장은 적절한 방법론 미비, 느슨한 검·인증 절차(validation·validation)로 인한 탄소크레딧에 대한 낮은 신뢰도, 회계기법의 불투명성, 규제 장치의 부족, 상대적으로 높은 사업 위험성 등의 문제점이 지적되고 있다(이동호, 2019).

특히 탄소크레딧 검인증 및 발행과 관련하여, 주요 검증 및 발행 기관별로 각자의 기준과 절차를 적용하고 있으며, 통합된 기준이 없어 탄소 크레딧의 신뢰성이 문제시 되고 있다. 이에 신뢰 문제 해결, 품질 향상 등을 위한 국제적으로 통일된 지침을 마련하고자 하는 노력이 진행 중에 있다(하온누리, 2022).

대표적으로 자발적 탄소시장을 위한 태스크포스(Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Market, TSVCM)가 출범하였는데(2020. 9.), 탄소 크레딧 품질과 신뢰 향상을 위한 글로벌 벤치마크 수립을 위해 국제기구, 금융 부문, 시민 사회, 학계 등을 대표하는 250여개 기관이 참여하고 있는 민간의 이니셔티브이다. TSVCM은 자발적 탄소시장 청렴위원회(Integrity Council for the Voluntary Carbon Market, IC-VCM)를 구성, IC-VCM은 2022년 자발적 탄소시장에 통합적으로 적용할 주요탄소원칙(Core Carbon Principles: CCPs) 10가지 항목 및 평가틀(Assessment Framework, AF)을 아래 표와 같이 제시하였다.

<표 4-2> 자발적 탄소시장 핵심탄소원칙(IC-VCM, 2022)

항목	내용
추가성(additionality)	프로젝트를 수행하지 않았을 때의 기준 배출량에 비해 더 추가적인 감축 효과가 발생해야 함 The greenhouse gas (GHG) emission reductions or removals from the mitigation activity shall be additional, i.e., they would not have occurred in the absence of the incentive created by carbon credit revenues.
감축활동 정보 (Mitigation activity information)	탄소사업에 대한 전자 형식의 포괄적이고 투명한 정보 제공 필요 The carbon-crediting program shall provide comprehensive and transparent information on all credited mitigation activities. The information shall be publicly available in electronic format, and scrutiny of mitigation activities shall be accessible to non-specialised audiences.
이중 계산 방지 (No double counting)	배출권으로 판매된 감축량은 다른 감축목표에 사용되어서는 안되며, 이중 계산에는 이중발급, 이중청구, 이중사용 등을 모두 포함 The GHG emission reductions or removals from the mitigation activity shall not be double-counted, i.e., they shall only be counted once towards achieving mitigation targets or goals. Double counting covers double issuance, double claiming, and double use.

항목	내용
영속성 (Permanence)	탄소사업에서 감축 및 제거는 영구적이어야 하며, 다시 대기 중으로 배출되어서는 안됨 The GHG emission reductions or removals from the mitigation activity shall be permanent, or if they have a risk of reversal, any reversals shall be fully compensated.
프로그램 거버넌스 (Program governance)	투명성, 책임성, 전반적 품질 보증을 위한 효과적인 프로그램 거버넌스를 가져야 함 The carbon-crediting program shall have effective program governance to ensure transparency, accountability and the overall quality of carbon credits.
등록부 (Registry)	탄소크레딧의 식별, 기록, 추적을 위하여 등록부를 사용해야 함 The carbon-crediting program shall operate or make use of a registry to uniquely identify, record and track mitigation activities and carbon credits issued to ensure credits can be identified securely and unambiguously.
엄격한 제3자 검인증 (Robust independent third-party validation and verification)	독립적이고 인증된 기관에 의한 검인증 필요 The carbon-crediting program shall have program-level requirements for robust independent third-party validation and verification of mitigation activities.
정량화 (Robust quantification of emission reductions and removals)	감축 및 제거된 배출량은 보수적, 완전성, 과학적인 방식으로 엄격하게 정량화 되어야 함 The GHG emission reductions or removals from the mitigation activity shall be robustly quantified, based on conservative approaches, completeness and sound scientific methods.
지속가능한 개발 영향 및 안전조치(Sustainable development impacts and safeguards)	탄소 사업은 사회와 환경에 모범적인 사례를 준수하도록 보장하기 위한 분명한 지침, 도구, 절차를 지녀야 함 The carbon-crediting program shall have clear guidance, tools and compliance procedures to ensure mitigation activities conform with or go beyond widely established best industry best practices on social and environmental safeguards while delivering on net positivesustainable development impacts.
넷제로 배출로의 전환(Transition towards net-zero emissions)	감축활동은 2050 넷제로 성취와 양립가능해야함 The mitigation activity shall avoid locking in levels of emissions, technologies or carbonintensive practices that are incompatible with achieving net zero emissions by mid-century.

자료: IC-VCM(2022)

자발적 탄소시장 무결성 이니셔티브(Voluntary Carbon Markets Integrity Initiative, VCMI)는 영국 정부와 UNDP 주도로 결성되었다. 2022년 6월에는 기업 탄소중립 목표와 탄소 크레딧 인증 방법, 세부 조건 규정에 대한 초안을 발표한 바 있다. 또한 기업별 탄소중립 목표 달성 정도, 탄소 배출량 감축 수준에 기반한 크레딧을 단계별(골드, 실버, 브론즈)로 평가하며 SBTi를 벤치마크 사용, 무결성 지침 CoP(Claims Code of Practice)은 2023년 초 공개를 예정하고 있다.

런던 증권 거래소는 탄소 감축 사업에 자금을 조달하고자 하는 펀드 및 기업을 대상으로 하는 자발적 탄소시장 프레임워크 발표하였다. 참여를 원하는 펀드 또는 기업은 탄소 감축 사업의 유형, 예상 탄소 크레딧, UN SDG 충족 여부 등 개별 탄소 사업에 대한 세부내용을 제공해야 하고, 금융당국으로부터 전망서를 발행받아야 한다. 최종 승인이 된 프로젝트는 거래소에 상장되고, 투자자들은 탄소배출권 또는 현금배당권 등으로 수익 창출을 도모할 수 있다..

이 외에도 캐나다의 CIBC, 호주 넷웨스트, 브라질의 이타우 유니방코 등이 설립한 탄소시장결제 플랫폼 개발 이니셔티브인 ‘카본 플레이스’에는 바클레이즈, BNP 파리바, UBS 등 유럽의 대형은행들 동참하고 있다.

이와 같이 민간의 자발적 탄소시장 거래 플랫폼 구축이 활발하게 추진 중이며, 특히 정부가 주도하는 규제시장에 참여하는 금융사들을 주축으로 자발적 시장 거래플랫폼 구축도 활발히 이루어지고 있다.

#### 4) 자발적 탄소시장 표준

자발적 탄소시장에서 탄소 프로젝트 기준 및 방법론을 제공하는 표준 기구로는 Verified Carbon Standard (VCS), Gold Standard (GS), Climate Action Reserve (CAR), American Carbon Registry (ACR) 등이 있으며, 각 탄소표준마다 개발 목적에 따른 차별화된 특징을 가진다.

##### ○ Verified Carbon Standard (VCS)

탄소기준의 표준화를 통해 자발적 탄소시장에서 거래되는 배출권의 품질을 보장하고, 호환성을 높이면서 자발적 탄소시장에 대한 신뢰를 구축하기 위해 2007년에 개발된 자발적 탄소시장 표준으로(이동호, 2019), 발행되는 크레딧의 단위는 VCUs를 사용한다.

VCS 협회(Association)에서는 VCS 프로그램 관리, 사무국과 위원회를 운영하고 있다. 사무국(Secretariat)은 이해관계자 질의응답 업무 이외에도, 계약 담당, 웹사이트 관리, 프로젝트 DB 관리 등을 비롯하여 레지스트리 운영자 및 인정기관과의 연락을 담당하고 있다.

VCS는 자체적으로 개발한 고유 사업 방법론들을 사용한 탄소사업과 함께, CDM 방법론 또는 CAR 등 타 표준에서 개발된 방법론 적용 사업도 인정하고 있다. CDM사업과 유사하나 보다 간소화된 방법을 통해 탄소 프로젝트에 대한 등록, 검증을 진행하고 VCUs를 발행하여 거래하고 있다. 또한 개도국뿐만 아니라 독일, 러시아, 미국 등 선진국에서도 활발하게 사업을 개발, 운영하고 있다는 특징을 가진다. 소규모 사업자들을 중심으로 그룹형 사업(grouped project)이 허용되며, 사업규모에 따른 검증요구 조건을 달리하여 필요할 경우 검인증절차를 간소화하여 다양한 행위자들의 탄소시장 접근성을 높였다고 있다.

탄소배출권은 사후회계(ex-post accounting) 방식을 적용, 프로젝트에 대한 검·인증 후 발급한다. 등록부(registry)는 과거 Markit과 APX에 위탁 운영하였으나 현재는 Verra 자체 등록부를 운영하고 있다. 또한 지역사회를 위한 사회경제적, 환경적인 추가적 편익이 있는 프로젝트에 대해서는 CCBS 등의 인증을 함께 하고 있다.

#### ○ The Climate, Community and Biodiversity Standard (CCBS)

CCBS는 국제 비정부기구 간 파트너십인 Climate, Community, and Biodiversity Alliance의 주도로 토지 기반 탄소 프로젝트의 기후변화 완화·적응, 지역사회 및 생물다양성에 대한 편익 증진을 평가하고 인증하기 위해 2005년에 개발되었음. 현재는 Verra에 통합되어 운영되고 있다. 탄소감축 목적 자체보다는 지역사회 및 생물다양성 증진의 공편익 효과에 대한 추가적인 검·인증을 받을 때 사용되며, 기후 변화 적응, 지역사회 편익, 생물다양성 편익을 중점적으로 평가하는 부가적 표준으로 볼 수 있다.

#### ○ Gold Standard (GS)

교토메커니즘의 청정개발체제(CDM)는 온실가스 감축에만 초점이 맞추어져 있어, 탄소 프로젝트의 지속가능한 개발에 대한 기여와 공편익(사회적·경제적·환경적 편익) 증진에 대한 평가가 어렵다는 취약성을 보완하기 위해 개발된 탄소 표준이다(Ibid.).

GS는 환경NGO단체들(WWF, SouthNorth, Helio International 등)이 주체가 되어 2003년에 스위스 제네바에 설립한 재단에 의해 운영되고 있으며, 지속가능한 개발을 위한 재생에너지 및 에너지효율향상 사업이 주로 등록되었다. 때문에 GS 등록 사업은 높은 품질을 인정 받아 탄소 크레딧이 높은 가격에 거래되고 있다(한국에너지공단).

GS는 높은 퀄리티와 가격을 갖춘 탄소배출권 생산과 탄소시장 거래를 위해서 CDM 수준의 엄격한 기준 및 방법론을 적용하는 동시에, 탄소 프로젝트를 통한 공편익(사회적·환경적) 창출과 지속가능한 개발에의 기여도 같이 고려하고 있다.

사업범위는 재생에너지와 에너지 효율향상 사업으로, 화석연료 중심의 생활패턴을 대체연료 중심의 에너지 경제 변화를 만들어 내는 것이 기후변화 대응에의 실질적인 해결책이라는 자체적 기준을 바탕으로 이의 요건을 갖춘 사업에 대하여 탄소 크레딧을 직접 발행하고 있다. 청정개발체제 및 배출권 거래제 하에서 발행된 탄소크레딧(CER, ERU)에 대해서는 라벨을 부여한다.

탄소배출권은 다른 감축사업과 마찬가지로 사후회계 방식을 사용, 사업에 대한 검·인증 후에 발급하며, 등록부는 자체적으로 Impact Registry를 운영하고 있다.

프로젝트 규모에 따라 평가절차나 비용 등에 차별성을 두며, 소규모 사업들을 위한 타당성 평가 절차 간소화 및 검증비용 지원, 소규모 사업자들의 탄소 프로젝트 참여를 위한 다양한 지원 및 교육 프로그램을 운영한다(Kollmus et al., 2008).

○ Climate Action Reserve (CAR)

CAR은 미국의 캘리포니아 법령을 기반으로 설립된 비영리 자발적 탄소배출권등기소(registry)이다. CAR은 탄소 프로젝트를 위한 기준 및 프로토콜을 개발해온 California Climate Action Registry (CCAR)가 2008년에 APX와 공동으로 자발적 탄소사업의 검증·등록을 목적으로 개발되었다.

CAR은 북미 지역을 중심으로 적합한 탄소 프로젝트들에 대한 기준 및 방법론을 개발·제공해왔으며, 캘리포니아 배출권거래제에서 승인된 방법론을 적용한 사업도 인정한다. 사후회계 방식을 통해 탄소배출권을 발행하고 있으며, APX와 공동개 발한 자체적인 탄소등록부를 운영하고 있다.

○ American Carbon Registry (ACR)

비영리기구인 Winrock International에 의해 기후변화 대응 및 시장을 통한 온실가스 감축 활동 유도를 목적으로 설립된 탄소시장 표준이다. 규제 시장과 자발적 탄소 시장 모두에서 ACR은 승인된 탄소 회계 방법론 및 프로토콜에 따라 탄소 프로젝트의 등록 및 검증을 감독하고 투명한 등록 시스템에 따라 탄소크레딧을 발행하며, 이는 캘리포니아 규제 시장 및 ICAO 등 자발적 탄소시장에서 활용되고 있다.

2012년 캘리포니아 Cap-and-Trade 프로그램의 OPR(Offset Project Registry)로 승인된 ACR은 ARB (Air Resources Board)의 컴플라이언스 오프셋 및 조기 조치 오프셋 프로토콜을 사용하여 개발된 탄소 프로젝트의 감독을 위해 주 규제 기관인 ARB와 협력하고 있다. 캘리포니아 프로토콜 또는 Early action 정량화 방법론에 따라 등록되고 인가된 검증 기관에 의해 검증된 프로젝트의 경우, ACR은 ROC(레지스트리 오프셋 크레딧)를 발행하며, 이는 캘리포니아 내 기관이 해당 지역의 배출 감소 의무를 충족하는 데 활용할 수 있다.

### 제 3 절 탄소시장 대응 법·제도적 측면의 정책아젠다 발굴

#### 1. 탄소시장 활용 확대에 따른 주요이슈

최근 글로벌 경제사회환경은 기후위기 대응 및 온실가스 배출 감축 역량을 중심으로 빠르게 재편되는 등의 양상을 보이고 있다. 특히, 미국 증권거래위원회(SEC), 국제지속가능성기준위원회(ISSB) 등은 기업 가치사슬 전반(Scope 3)<sup>53)</sup>에 대한 배출량 정보 공개를 요구하고 있으며, 이에 따라 공급망 직·간접 참여기업 전반의 배출량 관리의 중요성이 부각되고 있다. 실제 기업 현장에서는 수출 시 납품의 조건으로서 협력업체에게 온실가스 감축기준 준수를 요구하는 등, 공급망 차원에서의 배출량 감축의 필요성은 더욱 증대될 전망이다.

이러한 관점에서, 효율적인 탄소중립을 위해서는 확대된 국내감축(24.1%→35.4%) 목표와 국외감축 목표(2.2%→4.6%) 달성을 고려하여, 대내적으로는 혁신기술에 대한 R&D 투자를 확대하여 장기적 관점에서 배출량을 줄여나가는 것이 필요하며, 대외적으로는 탄소시장을 활용하여 배출권 확보를 통한 국외감축 목표를 달성하는 것이 필요하다. 특히 국내감축 목표의 달성은, 장기적인 기술개발 투자를 통해 이뤄질 수 있는 바, 단기적으로는 탄소시장에서 활용될 수 있는 유망 기술분야를 선정하여 탄소시장에 대응해 나가야 할 필요가 있다.

기업들은 직접감축에 한계를 지닌 기업의 감축실적을 탄소시장을 통해 확보할 수 있을 것이라 기대하고 있다. 특히 UN기후변화협약의 파리협정 세부이행지침에서 탄소시장 관련지침이 마련됨에 따라 규제시장과 더불어 민간이 주도하는 자발적 탄소시장은 더욱 활성화 될 것으로 전망되고 있으며, 이에 대응하여 정부 및 민간에서 다각적 검토가 이루어지고 있다.

대표적으로 정부는 기업의 탄소중립 전환 유도를 촉진하기 위한 ‘시장 기반 인센티브 체계’를 고심하고 있다. ‘22년 관계부처 합동으로 발표한 「새정부 에너지정책 방향」에는 자발적 감축시장에 대한 내용이 포함되었으며, 이를 통해 기후대응 제도 선진화 및 민간 투자 촉진 계획을 밝힌 바 있다(관계부처 합동, 2022). 중소벤처기업부는 선제적으로 탄소감축을 위해 노력하는 중소기업에 대한 평가와 인센티브 제공 방안을 중요한 정책 아젠다로 고려하고 있으며(황경인 외, 2021), 산업통상자원부는 민간 주도의 자발적 탄소시장 형성 방안을 검토중으로, 중소기업에 대한 탄소중립 전환 관련 직접적인 자금, 설비 지원 외에 시장 기반의 새로운 인센티브 체계에 대한 도입을 고려하고 있다. 이의 연장선 상에서 최근에는(2022년 6월), 증권사(SK증권, NH투자증권, 미래에셋증권, 한국투자증권, 하나금융투자) 및 플랫폼업체 네이버, 카카오 및 업종별 협회와 관심기업을 대상으로 ‘민간 탄소시장 활성화를 위한 제도설계 연구용역(수행기관:한국표준협회)’의 중간발표회로서, 제도설계(안) 공유, 업계의견 수렴 및 전문가 논의를 진행한 바 있다.

53) scope 1·2는 제품 생산단계 및 외부전력 사용에서 직·간접 온실가스 배출을 의미하고, scope 3는 여기서 나아가 소비자·협력사·물류 등 사실상 모든 기업 활동과 공급망에서 온실가스 배출량을 의미함

한편, 민간분야에서는 기업이 자체적으로 인증위원회를 운영하거나 자발적으로 생성된 탄소 크레딧을 거래하기 위한 플랫폼들이 새롭게 등장하고 있다. 대표적으로 SK는 자체적으로 탄소감축 인증위원회를 구성하고 탄소감축인증센터의 운영을 통해 확인된 탄소감축량을 배출권으로 발행하고 있다. 이는 민간기업 차원의 온실가스 감축 활동을 촉진하고 탄소중립에 대응하기 위한 자체적인 노력으로, SK탄소감축인증센터는 국가 감축 기준과 해외 유엔기후변화협약 등 기준을 바탕으로 scope 3까지 포괄하는 인증표준 등을 마련한 바 있으며, 이에 따라 기업의 감축활동을 인증하여 크레딧을 발행할 계획을 밝힌 바 있다. 특히 그간 자발적 탄소시장에 대한 관심이 부족으로 독자적인 인증기준이 없었으나, SK그룹이 CDM과 미국의 VCS를 참고하여 자체적인 SK 탄소감축인증표준(SK Carbon Standard)을 만들고 이를 바탕으로 탄소 감축 인증센터를 설립한 이후, 대한상공회의소로 해당 센터가 이전됨으로써 SK 그룹사뿐만 아니라 다양한 기업이 참여할 수 있는 장이 마련될 것으로 기대되고 있다.

이와 같은 개별기업의 노력 뿐만 아니라, 자발적 탄소시장에 대한 거래를 촉진하기 위한 민간 플랫폼도 등장하고 있다. 민간기업이 주도하는 POPLE(Promise for planet)은 자발적 탄소 감축 크레딧 발행부터 거래까지 전주기적 서비스를 제공하는 플랫폼으로서 기업과 개인들이 탄소감축 크레딧을 자유롭게 거래 가능하도록 하고 있다. 자발적 온실가스 감축 프로젝트에 대해 등록부터 인증을 거쳐 자체 레지스트리에 등록할 수 있도록 하였으며, 이렇게 등록된 크레딧은 플랫폼 내 참여자 간 거래할 수 있도록 체계가 구성되어 있다. 또한 (재)기후변화센터는 2022년 4월29일 (주)아티에코와 자발적 탄소시장 플랫폼 ‘아오라(AORA)’ 를 개설하였다. 플랫폼 ‘아오라(AORA)’ 는 향후 금융 및 법·제도, 시장 등 관련 분야의 전문가를 중심으로 운영위원회를 구성, 관련 실무경험을 지닌 금융 전문가를 운영위원장으로 위촉하여 플랫폼의 전문성을 도모할 계획을 밝힌 바 있다.

또한 금융권에서는 하나금융투자, 한국투자증권, SK증권, 신한금융투자, NH투자증권과 KB증권이 ‘자발적 탄소배출권에 대한 자기매매 및 장외거래 중개 업무’ 를 부수업무 인가를 받았으며, 추후 타 증권사들 역시 이러한 대열에 동참할 것으로 예상된다.

## 2. 주요 정책아젠다

앞서 살펴본 바와 같이, 신기후체제 하 국제 탄소시장 대응을 위해서는 다각적인 고려가 필요하다. 특히 새로운 규제시장(지속가능한개발메커니즘) 체제가 완성되기까지 일정시간이 걸릴 것으로 예상되는 바, 민간기업 등은 자발적 탄소시장을 통한 탄소거래에 대해 더욱 관심을 가질 것으로 보인다. 최근 자발적 탄소거래에서 파리협정 세부이행지침에서 강조하고 있는 환경건전성이 반영된 탄소배출권이 고품질 탄소로 평가되어 더욱 높은 가격을 형성하고 있는 바, 자발적 탄소시장은 기업의 ESG 달성 측면에서도 더욱 각광받을 것으로 예상된다.



따라서, 향후 우리 기업이 자발적 탄소시장으로부터 탄소배출권을 구매한다고 할 때, 어떠한 목적에 따라 크레딧을 구매하느냐에 따라 구매해야 할 크레딧의 유형을 결정하는 것이 필요하다. 목적이 NDC 사용에 있다면, 이는 참여하는 당사국들의 ‘승인’이 반드시 필요하고, 이어 주최국과 우리나라의 상응조정이 진행되어야 하기 때문이다. 이러한 상응조정 규칙의 해석과 자발적 탄소 시장 제도의 변화 흐름을 고려했을 때, 다음과 같은 두가지의 정책적 이슈를 고려할 수 있다.

첫째, 자발적 탄소시장에서 기업이 ITMO가 되는 상응조정 크레딧을 구매·이전하는 행위에 대해서도 정부차원에서 상응조정이 이루어져야 하므로, 이에 대한 절차와 지침이 필요하다. 그간 국제감축목적과 다른 목적(자발적 탄소시장)에서 감축 크레딧 구매 행위는 당사국들의 감축의무 이행과 별개였으나, 파리협정 하에서는 자발적 탄소시장의 감축결과물에 대해서 ‘처음으로 이전하는 참여국’이 ‘결정’하고, 협력적 접근의 ‘참여국’이 ‘승인’하면, 감축결과물은 ITMO가 되며 결국 상응조정의 대상이 됨을 제시하고 있다. 여기서의 대전제는 참여국의 승인이다. 이에 ‘22년 1월, 환경부 산하 국립환경과학원은 국제인정협력기구(IAF)와 다자간 상호인정협정(MLA)을 체결, 유럽연합을 비롯한 국제사회로부터 온실가스 배출량 검증에 대한 역량을 인정받은 바 있다. 이는 앞으로 유럽연합의 배출권거래제(ETS) 및 곧 도입을 시사한 탄소국경조정제도(CBAM) 등 국제 탄소시장과의 직접적인 연계를 위한 제도적 기반을 마련한 것으로 볼 수 있다. 이처럼 정부차원에서의 상응조정이 이루어질 수 있는 절차와 지침을 마련하는 것이 필요하다.

둘째, 자발적 탄소시장을 포함해서, 다른 국제감축목적 하에서의 감축결과물 중에서 ITMO가 되는 경우, 이 ITMO를 NDC 목표 달성에 활용 가능한 지 여부에 대해서 아직 해석의 여지가 있음에 따라 이에 대한 정책적 고려가 필요하다. 기업은 자발적 탄소시장에서 구매한 상응조정 크레딧을 국내 할당목표 달성에 활용하고, 정부는 국외감축분 목표 달성을 위해 상응조정 크레딧을 구매할 수 있는 시장이 확대되는 것이기 때문에 동 사안에 대해서 협상을 통해 확인할 필요가 있다. 만약 동 규칙의 허용범주가 넓게 해석된다면, 이에 따라 자발적 탄소시장에서 ITMO를 확보할 수 있는 절차 및 제도를 수립할 필요가 있다. 즉, 기업 및 정부가 자발적 시장에서 NDC 목표달성을 위한 ITMO 구매를 하고자 할 때의 의향서·요청서 및 요청 프로세스, 사업주최국(개도국)과 우리나라 간에 양자협력, 관련 승인 절차와 요건 등에 대한 사항들을 준비할 필요가 있을 것으로 보인다.

특히 자발적 탄소시장의 확대는 국내의 많은 중소기업들이 참여할 수 있기 때문에, 앞으로는 중소기업이 탄소중립을 달성할 수 있는 새로운 인센티브 체계를 마련한다는 관점에서 ‘중소기업이 참여할 수 있는 자발적 시장체계’ 기반이 필요하다. 이를 위해 중소기업의 참여를 늘리고, 자발적 시장 형성과 안정화까지 정부 지원이 뒷받침 되어야 한다. 중소기업의 자발적 온실가스 감축 활동에 대한 인증 부여, 인센티브 제공, 중기지원사업으로 연계하는 것이 필요하며, 장기적으로는 중소기업 참여형 자발적 시장에 대한 범위를 확립하는 것이 필요하다(중소벤처기업연구원, 2022).

플랫폼 운영자들은 현재 자발적 시장은 전체 배출권 시장에서 규제시장보다 차지하는 비중이 더 많으며, 지구 어디에서든 감축사업이 발생하면 기후 대응에 도움이 되므로 전 세계적으로 자발적 시장이 발전해야 기후위기에 대응할 수 있다고 강조하고 있다. 규제시장과 자발적 시장은 각자의 방향으로 성숙하고 발전할 시간이 필요한데, 필요한 발전 단계를 건너뛰고 연계하는 것은 오히려 두 시장의 성장을 방해할 수 있다는 지적도 대두되고 있다. 따라서 앞으로는 파리협약에 따른 규제 시장과 자발적 시장의 연계 방안에 대한 다양한 이해관계자의 관점에서 의 정책적 연구도 필요할 것으로 예상된다.

## 제 5 장 국내 기후기술 국제협력 활성화를 위한 아젠다 발굴

### 제 1 절 기후기술 국제협력 주요 정책·프로그램 동향

#### 1. 기후변화대응·탄소중립 실현을 위한 국내외 정책 동향

(미국) 미국 바이든 행정부는 기후 관련 조직<sup>54)</sup>을 신설하였으며, 이를 기반으로 CLEAN 등 자국내 강력한 저탄소·탄소중립 정책을 수립하여 추진하고자 하며, 국제사회에서 기후 리더십을 확보하기 위해 노력하고 있다. 미국은 기후정상회의(‘21.4월) 개최를 통해 온실가스 감축목표의 상향, 개도국 대상 기후금융 확대 및 국제기후금융계획 신규 설립, COP26 내 이산화탄소 제거 국제파트너십 개시 등 국제사회 기후대응을 선도하고, 청정에너지 기술 확산 및 혁신 증진을 위해 미 환경부(DOE)는 산·학·연 연구 지원 및 수소·탄소포집·에너지 저장 등 핵심 기술의 수출을 확장하고자 한다.

※ CLEAN(Climate Leadership and Environment Action for our Nation)

미국에서 ‘Future Act(‘21.3월)’를 발의하여 산업·전력·교통·건물 등의 분야에서 온실가스 감축 및 인센티브 부여 등의 내용을 제시하고 있으며, 이와 연계되어 약 2.3조 USD 규모의 ‘미국 일자리 계획(American Jobs Plan(‘21.3월))’을 발표하여 일자리 창출 및 청정에너지 관련 인프라 투자에 대한 계획을 수립하고 있다.

(유럽연합) EU는 ‘유럽그린딜(‘19)’ 추진을 통해 탄소중립을 달성하기 위한 비전을 제시한 바 있으며, ‘유럽 기후법(‘21)’의 승인 및 ‘Fit for 55 Package(‘21)’ 등을 통해 유럽연합 내 기후변화대응 및 탄소중립의 달성을 추진 중이다. ‘유럽그린딜’은 온실가스의 감축 및 에너지 탈탄소화를 제시하며 친환경 에너지 패러다임에 대한 주도권을 확보하고자 노력하며, ‘新 산업전략(‘20.3월)’을 통해 탄소중립에 대한 지원 및 적극적 순환경제로의 전환 등 7대 중점과제를 통해 기후변화에 적극적으로 대응하고자 한다. ‘Fit for 55 Package’는 2030년까지 1990년 기준 탄소배출량의 55% 감축을 달성하기 위한 정책 및 입법패키지로써, 탄소가격의 강화 등 규제 및 표준 강화의 3대 핵심전략을 통해 기후변화대응과 국제 탄소시장·환경표준을 선도하여 EU 내 산업계의 경쟁력을 강화하고자 한다. 이러한 활동들을 뒷받침하기 위해 ‘유럽기후법(European Climate Law)’을 제정하여 기후변화대응 및 탄소중립 달성을 위한 법적 구속력을 확보하고 있다.

(일본) 일본은 ‘탄소 재활용 로드맵(‘19)’, ‘2050 탄소중립 실현을 위한 녹색성장 전략

54) 미국은 대통령실 내 ‘기후정책실(EOP: Executive Office of the President)’ 조직을 신설하여 기후변화대응 관련 정책을 수립하는 역할을 부과하였다. 또한 21개 부처 장관 및 차관보로 구성된 ‘국가 기후 TF’를 신설하여 연방정부의 정책 및 관련 예산의 배정·이행 시 기후요소를 반영할 수 있도록 협력하는 역할을 수행하도록 한다.

(‘20’), ‘제6차 에너지 기본계획(‘21)’ 등의 정책들을 통해 기후변화·탄소중립 달성에 대응하고 있다. 일본의 경제산업성 내에는 ‘카본 리사이클링실’이 신설되어 탄소 재활용을 위한 전략으로 ‘탄소 재활용 로드맵’을 수립하였으며, 이를 통해 이산화탄소 포집 및 (재)활용의 활성화를 위한 단기 및 장기 기술개발 및 현장 보급 목표를 설정한 바 있다. 또한 ‘2050 탄소중립 실현을 위한 녹색성장 전략’을 통해 2050 탄소중립 선언에 대한 구체적인 이행방안을 마련하고자 하여 국제사회의 현안인 기후변화대응을 경제성장의 기회로 활용하고자 하며, 중장기적으로 ‘경제와 환경의 선순환’을 목표로 설정하고 있다. 정부차원에서는 국제사회와 국내의 여건의 변화를 반영하여, 일본 정부는 재생에너지원의 확보 목표를 상향하였으며(22~24% → 36~38%), 그에 따라 석탄 비중을 감소(26% → 19%)시키는 등의 내용을 포함하여 기본계획을 발표하였다.

**(한국)** 우리나라의 경우 ‘녹색성장 5개년계획(‘09)’, ‘기후변화대응 기본계획(‘16)’ 등을 통해 기후변화 정책을 지속적으로 마련하고 있으며, 최근 ‘2050 탄소중립 추진전략(‘20)’, ‘탄소중립 기본법(‘21)’, ‘기후변화대응 기술개발 촉진법(‘21.10월)’ 및 ‘제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획(‘22.12월)’을 통해 기후변화대응·탄소중립 달성을 위해 적극적으로 대응하고 있다. ‘녹색성장 5개년 계획’은 2009년 시작되어 5년마다 계획을 수립하고 있으며, 현재 3차 계획이 운영되고 있다(‘19~‘23). 이와 연계하여 ‘기후변화대응 기본계획’은 2016년 1차 계획이 수립되었으며, 현재 2차 기본계획이 운영 중이다. ‘2050 탄소중립 추진전략’은 파리협정에 따른 장기저탄소발전전략(LEDs) 제출과 기후변화에 대한 능동적 대응을 위해 수립되었으며, 세부적으로 ‘경제구조의 저탄소화’, ‘신유망 저탄소산업에 대한 생태계 조성’, ‘탄소중립 사회로의 (공정)전환’의 3대 정책방향에 대해 10대 세부 추진과제를 제시하고 있으며, 이후 ‘탄소중립 기술혁신 추진전략’으로 연계 및 확대된다.

## 2. 기후기술 연구개발(R&D) 관련 국내외 사업·프로그램 동향

**(미국)** 미국은 ‘청정에너지 및 인프라 계획’을 통해 2050년까지 ‘넷제로(Net-Zero)’ 달성을 계획하고 있으며, 그 외 ‘에너지혁신 프로그램(ARPA-E)’를 기반으로 기후기술에 대한 연구개발을 추진하고 기후정상회의 이후 기후변화대응을 위한 기후기술 국제협력 활동을 가속화하고 있다. ‘청정에너지 및 인프라 계획’은 4년간 2조 USD의 예산을 투입하여 인프라, 자동차, 전력, 건축, 청정에너지 등의 ‘혁신’ 부문에 대한 기후기술 연구개발을 지원하고자 한다. ARPA-E(Advanced Research Projects Agency - Energy)는 스케일업 프로그램을 통해 배터리, 첨단 원자로, 건물, 수소, 탄소 포집, 건축 소재 등의 8대 분야를 대상으로 연구개발을 추진하고 있다. 또한 국제협력을 통한 선도적 리더십 확보를 위해, ‘기후정상회의(‘21)’를 통해 기후 리더십 관련 국제협력 방안 및 사업·프로그램을 다음과 같이 제시하고 있다.

〈표 5-1〉 ARPA-E 주요 연구개발 분야

분야	주요내용
배터리	기존 리튬이온대비 1/10 비용의 그리드 규모 배터리 저장기술
첨단원자로	기존대비 1/2비용의 안전하고 효율적 소형모듈형 원자로 기술
수소	경제성 높은 재생에너지 기반 그린수소 관련 기술
탄소포집	이산화탄소의 포획 및 지층 영구격리 관련 기술

〈표 5-2〉 미국의 기후정상회의 주요 주제 및 내용

주제	핵심 주제	내용
2050년 탄소중립 달성을 위한 변화 주도	국제금융 개발공사(DFC)의 기후투자	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2040년까지 넷제로 투자 포트폴리오 달성</li> <li>- 2023 회계연도부터 신규 투자의 1/3에 기후 넥서스를 포함</li> <li>- 개도국 지속가능한 경제 성장 전폭 지원</li> <li>- 록펠러재단과 함께 재생에너지와 기후 혁신 투자를 지원</li> <li>- 기후책임자(Chief Climate Officer) 영입, 기술지원 시설(5천만 달러 규모) 설립</li> </ul>
탄소중립·기후적응 재원 마련	기후금융 확대·제1차 국제기후 금융계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2024년까지 오바마 행정부(회계연도 2013-2016 하반기)</li> <li>- 시절 대비 개도국 대상 공공 기후금융 두 배로 확대</li> </ul>
에너지 전환을 위한 노력	Net-Zero Producers Forum 구성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 캐나다, 노르웨이, 카타르, 사우디아라비아(세계 석유·가스 생산량 40% 차지) 등의 에너지 부처와 넷제로 전략 수립</li> <li>- 순환탄소경제 접근법, 청정에너지, 탄소포획·저장기술 개발 및 배치, 탄화수소 수익 의존 탈피 전략 모색</li> </ul>
	청정에너지 생산 위한 광물 공급망 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전 세계 10개 이상 국가에 ERGI 원칙을 적용한 양자간 기술협력에 1,050만 달러 제공 약속</li> <li>- 주요 기술로 광물·금속의 재사용·재활용, 녹화 채굴 사업 포함</li> </ul>
	인도·라틴아메리카 협력	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 美-인 2030 기후·청정에너지 아젠다 수립</li> <li>- RELAC 이니셔티브(콜롬비아·칠레·코스타리카)에 참여하여 2030년까지 해당 국가 신재생에너지 용량 70% 확대 지원</li> </ul>
국제수송 부문 감축	국내외 제로 배출 교통 혁명	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 저배출 버스에 대한 자금 지원, 전기차 충전소 확대, 공공 통행권 사용, 배출제로 운송 전환</li> <li>- IMO(해운·조선)와 ICAO(항공)의 탄소중립 전략을 적극 지원</li> </ul>
청정에너지 수출 기반 일자리 창출·국가경쟁력 강화	기후-스마트 인프라를 위한 글로벌 파트너십	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 美 무역개발청(USTDA) 미국 산업과 신흥시장의 주요 에너지, 교통 인프라 투자를 연결하기 위한 글로벌 파트너십 구축</li> <li>- 美 제조상품·서비스 수출 기반 중산층 재건 추진, 전 세계 파트너, 동맹국 대상 스마트 인프라 개발 기반 경제 회복 강화</li> </ul>

주제	핵심 주제	내용
청정에너지 기술 확산을 위한 혁신 증진	미션 이노베이션 (MI) 기반 리더십 활성화 및 혁신 참여	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 향후 4년간 MI 기금을 4배 확대</li> <li>- COP26에서 이산화탄소 제거에 관한 국제 파트너십 개시</li> <li>- 덴마크와 국제 선박의 온실가스 감축을 위한 수소 미션 동참</li> <li>- 아랍에미리트(UAE) 등과 식량안보 관련 R&amp;D 협력 확대, COP26에서 해당 이니셔티브 개시</li> <li>- 스웨덴, 인도와 LeadIT(Leadership Group for Industry Transition)에 가입, 에너지 집약 부문 탄소중립 가속화에 기여</li> <li>- 2035년 전력 무배출 달성을 위해 글로벌 전력시스템 전환(Global Power System Transformation, G-PST) 컨서시움 구축, 영국과 협력 추진 예정</li> <li>- 국무부는 FIRST(Foundational Infrastructure for the Responsible Use of Small Modular Reactor Technology) 발족, 소형모듈원전에 대한 협력국가의 역량, 혜택 증진에 기여(첫 투자액 530만 달러)</li> </ul>

자료: The White House(2021)을 바탕으로 저자 재구성

(유럽연합) EU는 국제공동연구를 위한 혁신 지원 프로그램인 ‘Horizon 2020’ 과 ‘Horizon Europe( ‘21~ ‘27)’ 을 통해 기후변화 분야에 대한 투자를 강화하고 연구개발을 촉진하고자 하고 있다. Horizon 2020은 5년간( ‘16~ ‘20) 약 68개 과제가 추진되며 총 사업비 천만 유로 이상을 지원하고 있다. Horizon Europe은 ‘그린·디지털 동시전환의 가속화’ 를 강조하며 기후변화 대응과 탄소중립 달성을 위한 전략방향 및 영향 분야를 제시하고 있으며, 유관 과제를 추진·지원하고 있다.

<표 5-3> Horizon Europe 전략계획 전략방향 및 영향분야

전략방향	영향분야
디지털·미래 유망기술 개발을 통한 개방형 전략적 자율성 제고	경쟁력 있고 안전한 데이터 경제, 미래 유망기술분야 산업 주도권, 보안·사이버보안 강화 디지털 기술 등
유럽 생태계·생물다양성 회복 및 지속가능한 천연자원 관리	생태계 및 생물다양성 개선, 깨끗하고 건강한 공기/물/토양, 지속가능한 식량 시스템
디지털, 기후중립, 지속가능 순환 경제 달성	기후변화 완화 및 적응, 합리적 가격의 청정 에너지, 스마트 지속가능 교통, 청정·순환경제
회복탄력성을 갖춘 포용적이며 민주적인 유럽 사회	새로운 위협에 대한 대응 강화, 포용적 성장 및 고용창출 등

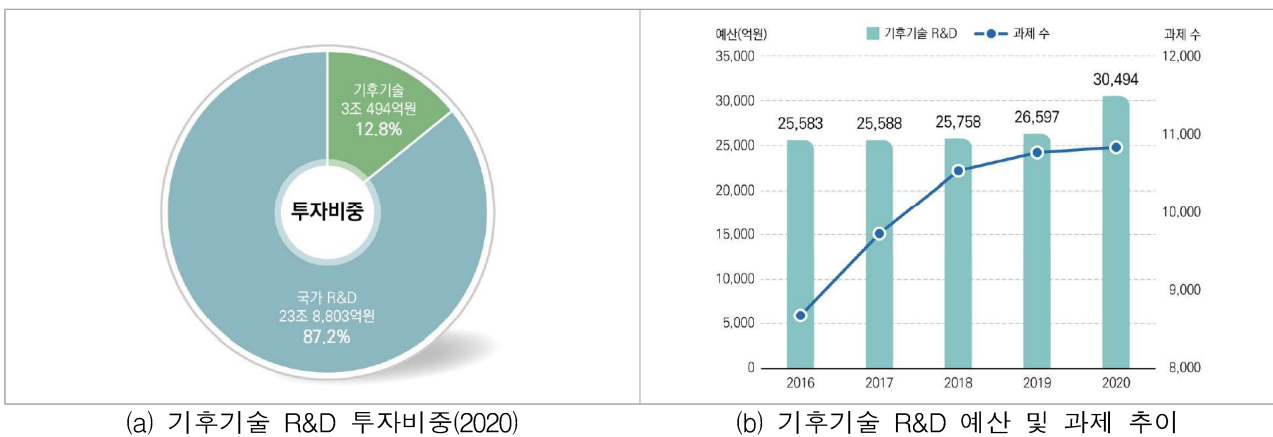
자료: Horizon Europe(2021)을 바탕으로 저자 재구성

(일본) 경제산업성 및 환경성 등을 중심으로, 일본은 탈탄소사회 실현을 위한 투자 및 연구개발 지원을 추진하고 있으며, ‘과학기술진흥기구(JST)’ 및 신에너지·산업기술종합개발기구(NEDO) ‘

등을 중심으로 기후기술에 대한 연구개발 및 국제협력 프로그램을 추진 중에 있다. 경제산업성은 에너지효율 개선, 재생에너지 확대 등을 위해 예산을 편성하여 추진·지원하고 있으며, 환경성은 자립·분산형 에너지 시스템의 도입, 탈탄소 혁신기술 촉진을 위한 예산을 마련하여 지원하고 있다. 일본 과학기술진흥기구는 수소, 탄소 포집·이용, 재생에너지 도입 등 혁신 에너지기술의 개발을 위해 대학 및 정부연구기관에 과제를 지원하고 있으며, 국제공동연구를 지원하기 위해 ‘전략적 국제공동연구 프로그램’ 및 ‘글로벌 과제대응 국제과학기술협력 프로그램’ 등 국제협력 관련 사업을 추진하고 있다. NEDO는 ‘민간주도 저탄소기술의 보급 촉진 사업’, ‘에너지 소비 효율화 국제실증사업’ 과 같이 양자 간 국제협력 실증사업을 추진하며, 또한 ‘청정에너지 분야 혁신기술 공동연구개발 사업’ 과 같이 국제공동연구를 지원하고 해외로의 전개를 추진하여 미국, 스웨덴, 독일, 네덜란드 등 선진국들과의 협력을 모색하고 있다.

(한국) 우리나라의 경우 기후기술 R&D 투자 규모 및 사업 수는 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 에너지 부문에 대한 투자가 집중되고 있다. 관련으로 과기정통부와 환경부를 중심으로 관련 국제협력 사업이 추진되고 있다. 기후기술 관련 R&D 투자는 산업부(33.2%), 과기정통부(24.5%)를 중심으로 전체 R&D 예산 중 12.8%(30.5 천억원)을 차지하고 있다. 해당 비중은 전년대비 14.7% 증가한 수치이며, 기후기술 관련 과제 수 또한 2020년 기준 10,834건으로 지속적으로 증가하고 있으나, 2018년 이후 그 상승세는 둔화되고 있다. 과기정통부는 또한 기후기술센터·네트워크(CTCN)의 국가 기후기술협력창구(NDE)로 지정되며 아·태 지역 내 기후기술협력 사업을 추진하고 있으며, 환경부는 UNFCCC 당사국총회(COP) 참여 및 국제환경협력센터(‘20) 설립 등을 통해 주요국들과의 기후·환경 관련 협력을 강화하고자 다양한 노력을 기울이고 있다.

[그림 5-1] 국내 기후기술 R&D 관련 예산 및 과제 현황



자료: 2020 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서

3. 기후변화대응 국제협력·기술이전 관련 국내외 동향

(UNFCCC 기술 메커니즘) 기술 메커니즘은 기술집행위원회(TEC)와 기후기술센터·네트워크(CTCN)로 구성되며, 개도국 대상 기후기술의 개발·이전을 활성화하기 위해 기술지원(TA, Technical Assistance)사업을 중심으로 국제협력을 추진하고 있다. TA 사업은 기후기술협력 전주기 중 초기 단계에 해당하는 영역을 중점적으로 지원하며, 수요 분석·발굴, 정책·제도의 마련, 관계자 역량강화 등의 활동을 지원하고(손지희 외, 2021) 추후 녹색기후기금(GCF), 적응기금(AF) 등의 재정 메커니즘과의 연계 및 다자개발은행 연계를 위한 기반 마련의 역할을 수행한다.

※ CTCN TA 지원 현황(자료원 : CTIS(국가기후기술정보시스템))  
 • 2013년 CTCN의 출범 이후 2021년까지 총 258건의 TA 사업 진행.

중동& 북아프리카	27	10.5%	감축	120	46.5%
유럽& 중앙아시아	21	8.1%	적응	58	22.5%
사하라이남 아프리카	110	42.6%	감축&적응	80	31.0%
라틴아메리카& 카리브해	42	16.3%	계	258	100.0%
동아시아& 태평양	41	15.9%			
남아시아	14	5.4%			
기타	3	1.2%			
계	258	100.0%			

(UNFCCC 재정 메커니즘) 녹색기후기금(GCF)은 개도국의 온실가스 감축 및 기후변화 적응을 지원하기 위해 2013년 설립되었으며, GCF의 재원은 우리나라를 포함한 선진국들이 출연하고 GCF 인증기구(AE)를 통해서만 추진 가능하다. GCF의 지원사업들은 통상 금융지원(대출, 투자 등)과 기술지원으로 구성되며, 이외 수원국의 능력배양 프로그램(Readiness Programme) 및 사업준비자금(Project Preparation Facility, PPF) 등의 사업이 운영되고 있다. GCF와 함께 재정 메커니즘을 구성하는 지구환경기금(GEF)은 개도국의 환경 전 분야에 대한 투자 및 관리 기후기술 개발을 지원하기 위해 1991년 설립되었으며, 2008년부터 ‘기술이전을 위한 포츠난 전략 프로그램’을 추진 중에 있다.

(기술-재정 메커니즘의 연계) 기술 메커니즘과 재정 메커니즘간 연계는 2015년 당사국총회(COP)의 공식의제로 채택되어 논의가 시작되었으며, 기술과 재정 메커니즘의 연계를 통해 글로벌 기후변화대응에 대한 효과성과 효율성을 증진하는 것을 목표로 설정하였다. 최근 GCF는 기술 메커니즘과의 협력강화 차원에서 CTCN과 연계되는 기후기술이전 사업모델 혹은 프로그램 발굴을 적극적으로 장려하고 있으며, 기술 메커니즘을 통해 개도국의 기후기술 관련 수요를 파악하고, 재정 메커니즘을 통해 관련 기술 이전에 대한 투자·대출을 집행하여 개도국에서의 기후기술 사업화를 지원하고자 한다.



우리나라에서는 과기정통부 주도 하 기후기술 국제협력을 선도하기 위한 체계적 추진방안이 설립된 바 있다. 「기후변화대응을 위한 글로벌 기술협력 전략( '15)」을 시작으로, 「기후변화 대응기술 확보 로드맵(CTR)( '16)」 내 글로벌 협력 전략을 한 세션으로 포함한 바 있으며, 「기후기술협력 중장기 계획( '18)」을 통해 기후기술 국제협력에 대한 체계화를 추진하고 있다. 이를 통해, CTCN TA 사업기회의 확대, GCF PPF 사업 수주, CTCN 대한민국 협력연락사무소 유치 등의 성과를 이루어냈어 기후기술 국제협력을 위한 초석을 다지고 있는 상황이다. 다만, 아직까지 현지에서의 사업화는 미흡한 실정이며, 이를 위한 추가적인 노력이 요구되고 있다. 한편, 과기정통부, 산업부, 환경부, 국토부, 외교부 및 기획재정부 등 다양한 정부 부처별로 우리나라 기업들의 해외 진출에 대한 지원제도가 운영 중에 있으나, 기후기술에 특화된 지원제도는 아직까지 미흡한 실정이다.

<표 5-4> 우리기업 해외진출 관련 부처별 주요 지원제도

부처	사업명	지원규모 및 주요 내용
과기정통부	UNFCCC 기후기술센터·네트워크 기술지원 사업 : CTCN 재원 사업	- USD 5만~25만(사업건별) - 개도국 정부가 CTCN에 제출한 기술지원 요청서를 바탕으로 기후기술 관련 기술평가, 정책수립 기술지원, 교육/연수, 툴/방법론 지원, 실행계획 지원 등의 기술지원 이행
환경부	【한국환경산업기술원(KEITI)】 개도국 환경개선 마스터플랜 수립	- 3개 과제 총 27억원(각 과제당 약 7~8억원 지원) - 대상 지역·분야 기본계획 수립 제시 - 협력사업 발굴 및 추진방안 제시 등
	해외 환경사업 타당성 조사 지원	- 예비 타당성 : 2억원 내외, 본 타당성 7억원 내외 - 수주가능성이 현저히 높은 해외 환경사업
	환경기술 국제공동 현지 사업화 지원(실증화 사업)	- 약 20억 원 내외 - 국가별 환경 현안 해결을 위한 8개 분야의 실용화 기술 * 맑고 안전한 공기, 만족도 높은 물, 하·폐수처리고도화, 환경 친화적 폐기물 자원순환, 측정분석 장비·장치, 토양·지하수 오염복원, 온실가스 감축, 유해물질 대체
	환경산업 해외진출 전문컨설팅 지원	- 전문가 컨설팅 제공 - 환경기업앞 수출 컨설팅
	녹색기후기금(GCF) 활용 개도국 지원 사업 발굴	- 2억원이내(사업건별) - 제안서 및 부속서류 작성 지원
산업부	신재생에너지산업 해외진출 지원	- 신재생설비 해외인증 획득 지원 : 기업당 2건, 1억원 이내 - 해외시장 개척 지원 : 기업당 15백만원 이내 - 신재생에너지 해외 프로젝트 타당성 조사 지원 : 프로젝트당 2억원 이내

자료: “해외사업 육성을 위한 국내 지원 사업 현황”, 2021.04

#### 4. 주요 시사점

**(주도권 경쟁의 심화)** 국제사회 내에서 기후변화·탄소중립에 대한 논의가 점차적으로 확산되고 있으며, 이는 앞으로도 지속될 것으로 예상되고 있다. 또한 기후변화·탄소중립은 각국의 신성장동력으로써 활용될 가능성이 높음에 따라, ‘기후시장’에서의 주도권 경쟁이 심화될 것으로 예상할 수 있다. 특히 미국, EU 등 주요국들은 선제적인 정책을 수립하고 투자를 확대하여 기후변화·탄소중립에 대한 핵심기술 역량을 확보하고자 노력하고 있다. 일례로, 미국의 경우 4년간 2조 달러를, EU의 경우 그린딜을 기반으로 10년간 1조 유로를 투자하기로 계획하고 있으며, 이오에도 중국은 2030년 감축 목표를 강화하겠다고 제시하였으며, 일본은 2050년 LEDS 수립 및 탄소중립 선언에 따른 실행계획을 발표하는 등 친환경 기후기술 시장에서의 우위를 선점하기 위해 노력하고 있다.

**(협력활동의 증대)** 기후기술이 미래 신성장동력으로 간주되고 있어 주요국들은 국제사회 내에서 기후기술에 대한 위상과 영향력을 높이고자 국제협력에 대한 활동을 확대하고 있는 실정이다. 특히 기후변화·탄소중립 관련 기술의 연구개발(R&D)을 확대하고 관련 규제를 강화하여 신시장 창출을 촉진시키고 있으며, 이를 통해 경제 질서가 개편될 것으로 전망하고 있다. 대표적으로 EU는 탄소배출권 거래제 및 탄소세의 운영, 자동찰 배출규제 강화, 탄소국경세에 대한 실질적인 추진 등을 통해 정부 및 민간 영역에 대한 경제구조에 직접적인 영향을 끼칠 것으로 예상된다.

**(국내 기후기술협력사업의 한계)** 이러한 국제사회에 반해, 우리나라의 기후기술 관련 국제협력은 아직까지 많은 한계점들이 있다고 볼 수 있다. 우선, 기후기술의 해외진출·이전에 대해 아직까지 특화된 제도가 부족한 상황이며, 현재 운영 중인 기후기술 국제협력 사업들 또한 대부분 마스터플랜 수립 혹은 사업 타당성조사에 편중되고 있으며 그 이후 재원 연계에 대한 지원 방안이 부족한 상황이다. 기술의 실질적인 이전을 위해서는 사업타당성 확보 이후 파일럿 프로젝트 혹은 스케일업 프로젝트가 요구되어 이에 대한 지원제도가 필요한 상황이나, 현재는 일부 재정지원제도만 있을 뿐, 이에 대한 지원 규모가 너무 적은 상황이다. 또한 민간부문의 유치에 어려움이 많아 상용화 초기 단계에서 정부 차원의 금융지원제도(투자, 대출 등)가 미흡한 실정이다. 대표적인 예시로, 국내 소재하는 녹색기후기금(GCF)의 활용에 대해서도 우리나라는 협업 사례가 부진한 상황이기에, 이러한 가까운 기금을 비롯한 정부 차원에서의 금융지원이 필요한 상황이다.

## 제 2 절 기후기술의 국제협력과 기술-재정 연계 측면의 장애요인

### 1. 종합적인 장애요인의 파악

추진체계에서 서술한 바와 같이, 우선적으로 참여 전문가들의 기후기술 국제협력을 촉진·활성화함에 있어 현장에서 인식되는 장애요인을 자유롭게 브레인스토밍의 형식으로 의견을 수렴하였다. 다양한 의견들에 대해 공통사항들에 대해 정리하면 아래와 같다.

〈표 5-5〉 전문가 의견수렴에 따른 (개도국)기후기술협력 사업 추진의 주요 장애요인

공통사항	세부 장애요인
개도국의 기후기술 수요 파악 어려움	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개도국이 기후기술수요에 대해 모르는 점</li> <li>- 개도국의 고위 공무원 중심의 수요파악이 이루어지는 점</li> <li>- 수요파악을 위한 절차 및 전략이 체계화되어 있지 않음</li> <li>- 수혜국과 공여국 간 정부 차원의 협의가 이루어지지 않은 점</li> </ul>
개도국의 기후기술에 대한 정의 불명확	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 개도국의 정부 부처 혹은 기관 차원의 수요과 개인 수요가 불분명</li> <li>- 사업화가 가능한 기술에 대한 선별 필요</li> </ul>
나라별 협력전략 수립과정의 미흡	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후기술 분야 국제협력 대상 국가, 분야, 비즈니스 모델, 협력수단, 협력 모델 등에 대한 전략 부재</li> <li>- 협력 프로그램을 통해 국가별 기후기술분야별 국가개발계획, 분야 상세계획, 기관별 중장기 운영계획 등에 대한 일치성을 위한 수립 지원 필요</li> </ul>
기후기술 국제개발 협력사업의 구체화 필요	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 협력사업별 활동방향의 구체화 필요</li> <li>- 사업분야별 파트너 특성별 전략적 파트너십 구축 필요</li> </ul>

자료: 저자 작성

본 연구에서는 상기와 같은 다양한 전문가들의 의견을 바탕으로, 기후기술 국제협력에 대한 장애요인을 체계화하기 위해, 그리고 기후기술협력 전주기 관점에서 접근하기 위한 프레임워크를 전문가들에게 제시하였다. 프레임워크는 전문가들의 논의를 거쳐 구현되었으며, 영역은 (1) 국제사회에서의 거버넌스 측면, (2) 국내 정책지원 측면, (3) (국내 거버넌스) 정부 부처 혹은 부처간 전략 측면, (4) 기후기술 국제협력사업의 기획·개발 측면과 (5) 기후기술 국제협력사업의 이행·관리 및 후속연계(스케일업) 측면으로 구분된다. 프레임워크는 또한 기후기술협력 전주기 관점을 고려하고자, ① 수요발굴 단계, ② 사업이행 단계 및 ③ 사업 후속연계 단계로 구분하였다. 이러한 체계화를 바탕으로, 전문가들과 논의를 통해 보다 심도 있게 장애요인을 분석하고 토의하였다.

전문가 논의 및 검토 결과, 프레임워크 내 영역별 중요도는 ‘정책지원 측면’ 과 ‘협력사업의

기획·개발 측면’에서 장애요인이 가장 많으며 그 영향력이 크다는 의견이 지배적이었기에, 우선적으로 해당 부분에 집중하여 검토 및 논의를 진행하였다.

## 2. 정책지원 측면의 장애요인

① **수요발굴 단계** : 최우선적으로는 기후기술 협력추진에 있어 관련 정부의 전략이 미비한 점이 강조되었다. 기존 범 정부차원의 유·무상 통합 국가협력전략(CPS) 및 그린뉴딜 ODA 추진전략 등은 기후기술 협력사업 수요발굴 및 추진에 특화된 전략을 보기 힘들며, 이외에는 각 부처 혹은 기관별로 파편화되어 자체적인 전략 혹은 계획을 수립하고 있는 상황이다. 또한 사업화가 가능한 국내 우수 기후기술에 대한 선별, 분야·주제별 중점협력대상국의 선정, 기후기술 협력사업화에 대한 정부의 추진 방향, 대표 사업 모델의 제시, 중장기적 측면에서의 협력 추진 방향 제시 및 유관 지원제도 등에 대해 통합적인 정책 방향성 수립 혹은 가이드라인이 부재한 실정이다.

아울러 기후기술 협력 추진에 있어서 재정 지원제도 또한 미흡하다고 볼 수 있다. 국내 다양한 기관별로 소규모 기후기술협력 사업을 추진하기 위한 가용 재원이 운영되고 있으나, 이들은 각기 파편화되어 추진되고 있으며, 국내 공적자금은 주로 연구개발, 마스터플랜 수립, 타당성조사 등에 대한 재정 지원이며, 그 이후 단계인 스케일업, 상업화 초기 단계 혹은 사업화를 위한 투자·대출 등에 대한 지원제도는 가용 재원이 부재하여 단계별 연계가 제대로 이루어지지 못하고 있다.

이외에도 지금까지의 기후기술 국제협력 사업들이 온실가스 감축에 집중되어 있고 기후변화 적응 부문의 다양한 분야들(예 홍수관리, 가뭄극복, 먹는물 공급, 하수 재이용 등)에 대해 체계적인 수요발굴이 부족하여 이에 대한 개선이 요구된다.

② **협력사업 이행 단계** : 기후기술 국제협력 관련 전문가가 부족하며 이를 양성하기 위한 제도도 미흡한 실정이다. 분야별 기술 전문성 이외, 국제협력사업의 기획 및 추진에 필요한 다양한 분야에 전문역량을 균형있게 지닌 전문가 혹은 기관이 부족하여 기후기술 협력사업의 이행을 위한 역량에 대해 제약이 있으며, 또한 부족한 분야에 대한 전문 역량강화를 위한 지원체계 및 중장기적 전문가 양성제도 등이 미비한 실정이다. 또한 이러한 전문가 혹은 기관에 대한 정보를 확인할 수 있는 방법이 제한적인 점 또한 애로사항을 작용하고 있다. 이외에도 수원국 측면에서 국제협력사업을 추진함에 전문적 역량이 부족하여 이를 강화할 수 있는 정책지원이 요구된다.

나아가 기후기술 국제협력을 추진함에 있어, 제도적 기반 또한 미흡하다고 볼 수 있다. 기후기술 국제협력 관련 국내 규정(예, 국가계약법, 용역경비 산정기준 등)을 바탕으로 국제협력 사업을 이행하는 경우, 사업대상국의 조달법·규정의 준수, 대상기술의 특수성 반영, 개도국 환경에 따른 사업 리스크의 반영, 유관 전문가·기관의 사업 참여 등에 있어 어려움이 발생하여

국내 규정에 대한 개정이 요구되는 상황이다.

③ **협력사업 후속연계 단계** : 기후기술협력사업에 대한 정보 공유 및 협의 체계 또한 미비한 상황이다. 국내외 기관의 기후기술 협력사업 추진에 대한 정보 및 협력사업의 후속연계 사례 등을 확인함에 어려움이 많은 상황이다. 또한 후속연계의 가능성을 확인하기 위한 국내외 참고 정보가 부족하거나 체계화되어 있지 못하다. 아울러 후속연계를 활성화 시키기 위한 재정 지원제도도 부족하다. 한정적인 재원으로 파편적으로 협력사업에 대한 후속연계를 추진함으로써 인해 재정적 지원을 받을 수 있는 기회가 너무 적다는 문제 또한 장애요인으로 작용한다.

또한 기후기술협력사업의 후속연계에 있어서 국가 차원의 지속적인 지원 정책 혹은 전략의 부재는 국제기구로의 연계에 있어 장애요인을 작용하여 결과적으로 후속연계를 추진함에 어려움으로 작용한다.

### 3. 협력사업 기획·개발 측면의 장애요인

① **수요발굴** : 기후기술 국제협력사업을 기획·개발하는 단계에서는 적정 (개도국)수요의 발굴 및 사업기획을 위한 현지 정보조사 및 투자가 부족한 상황이다. 대부분의 국제협력사업을 기획·개발하는 기관·기업에서는 협력대상국에 대한 정보 혹은 현지 네트워크를 확보하고 있지 않는 상황이며, 이러한 상황에서는 충실한 수요 확인 및 이에 기반한 사업의 기획·개발을 위한 연구 혹은 조사에 대한 투자가 부족한 상황이다. 또한 협력사업의 기획·개발을 수행하는 기관·기업들은 많은 경우 기후기술 실증 및 협력사업의 추진 경험이 부족한 경우가 많으며, 핵심 기술영역 외 사업 추진을 위해 요구되는 다양한 영역을 보완하여 사업화할 수 있는 복합적 역량과 경험이 부족한 실정이다. 이러한 요구사항들은 새롭게 국제협력사업에 진출하고자 하는 기관·기업들에게도 진입에 대한 장애요인을 작용하고 있어, 이를 위한 제도적 지원 방안이 요구된다.

② **협력사업 이행 단계** : 앞서 수요발굴 단계에서와 유사하게, 기후기술 국제협력사업을 이행함에 요구되는 다양한 요소들에 대한 경험과 역량이 부족한 경우가 많다. 예를 들어, 자원 제공 기관별 필요기준 및 절차에 대한 이해 부족, 원활한 사업추진과 성과 달성에 요구되는 품질관리, 성과관리, 데이터관리 및 리스크 관리 등에 대한 경험과 역량이 부족한 경우가 많은 상황이다. 결과적으로 협력사업 이행 시 협력대상국과의 분담사항에 대한 이행이 미흡하거나 역량부족 등으로 인해 사업이행에 차질이 발생할 가능성이 높아진다. 세부적으로, 협력대상국 파트너의 리더십 변경, 정책 변경, 예산 분담 미이행, 인허가의 지연, 기술·연구인력의 역량 부족 등으로 국제협력사업의 이행에 차질이 발생하거나 사업의 지속가능성이 약화되는 등의 문제가 발생할 가능성이 높아진다.

③ **협력사업 후속연계 단계** : 후속연계에 있어서 가장 큰 장애요인으로 인식되는 것은 후속연계를 위해 가용가능한 재원에 대한 정보를 확보함에 있어 어려움이 많은 상황이다. 다시말

해, 기후기술 협력사업에 대한 성과가 입증되었음에도 불구하고, 후속연계를 위해 어떠한 재원이 활용가능한지에 대한 정보를 확인할 수 있는 방법이 한정적인 관계로 후속연계에 대한 기획 혹은 전략 수립을 진행하지 못하는 경우가 많다. 이외에도, 정부간 긴밀한 협력이 이루어지지 않은 상황에서는 후속연계를 진행함에 있어 협력대상국 정부의 관심이 달라 동일한 대상지에 대한 후속연계를 일관되게 추진하지 못하는 한계 또한 존재한다. 또한 후속연계만을 고려하는 경우, 기존 기후기술 국제협력사업에 대한 정보를 확인할 수 있는 방법이 제한적이고 이행기관 또는 발주기관들이 배타적이어서 재원을 확보한 상황에서도 제대로된 후속사업을 기획하지 못하고 중복되는 내용의 사업을 기획하여 국제협력사업 추진에 효율을 저하시키는 문제가 발생한다.

### 제 3 절 국내 기후기술 국제협력 촉진·활성화를 위한 제언

유관 산·학·연 전문가들과의 브레인스토밍 심도 있는 논의를 통해, 앞에서 명시한 장애요인들에 대한 현장의 전문가들이 생각하는 개선방안을 다음과 같이 제언한다.

#### 1. 정책지원 측면

기후기술 국제협력의 목적, 방향, 방법론, 추진체계, 사업모델, 자원 등을 망라한 범 부처적 전략의 수립이 필요하다. 글로벌 협력사업을 담당하는 주요 부처 혹은 부처 간 방향성의 일치가 필요하며, 상호보완적이고 정합성을 갖춘 정책이 수립되어 유관 기관·기업들에게 공표되어야 할 것이다. 이를 통해 기후기술협력 전주기 차원에서 정부 부처간 일관성 있게 사업을 기획·개발하고 추진하며 후속연계 시 중간 단계에서 사업이 단절되는 것을 방지할 수 있을 것이다.

협력대상국 정부와 우리나라 정부 간 협력체계(G2G)를 구축할 수 있는 정책적 기반의 마련 또한 중요한 요소이다. 이는 사업 기획·개발 단계에서부터 협력할 수 있는 기반을 만드는 데 있어 기반을 조성하며, 해당 국가의 기업·기관들의 참여를 활성화 시킬 수 있으며, 나아가 국제기구와의 협력 혹은 연계를 촉진할 수 있는 요인으로 생각된다.

또한 기후기술 국제협력 관련 국내 전문가 혹은 기관의 양성을 위한 제도의 마련 또한 중장기적인 관점에서 기후기술 국제협력을 촉진·활성화할 수 있는 요인으로 생각된다. 해당 전문가·기관의 양성을 시간 소요가 있기에, 단기적인 측면에서는 유관 기관·기업들의 국제협력에 대한 역량강화를 위한 제도(교육 프로그램 등) 마련을 통해 당장 부족한 국제협력에 대한 전문성과 경험을 충족시킬 수 있을 것으로 생각된다. 기후기술 국제협력 사업의 기획 및 이행 단계에서 다양한 경험과 역량을 갖춘 전문가 혹은 기관을 육성함으로써 이들을 활용하여 우리나라 기후기술 국제협력 사업에 대한 로드맵을 도출하고 단계적인 추진을 하여 국제협력에 있어 효율성을 제고해야 할 것이다.

사업의 후속연계와 관련하여, 재정적 지원을 위한 한국만의 재정 메커니즘의 구축이 요구된다. 또한 기후기술 국제협력사업과 활용가능 자원에 대한 정보를 공유할 수 있는 체계를 마련하고 통합적으로 기후기술 국제협력사업에 대한 논의 혹은 협의를 진행할 수 있는 체계의 마련이 요구된다. 특히 공정 자원과 민간 투자를 결합하여 연계하는 재정 메커니즘의 마련을 통해 자원 확보에 대한 지속가능성을 높이고, 국제협력사업의 연속성을 확보해야 후속연계를 촉진시킬 수 있을 것으로 생각된다. 또한 사업의 이행 과정 및 성과를 모니터링할 수 있는 체계의 구축과 증거에 기반한 일관성 있는 정책 결정 시스템을 확립해야 할 것이다.

## 2. 기후기술협력사업 기획·개발 측면

협력사업의 수요를 발굴하고 유망한 기후기술협력사업을 기획하기 위해, 중점협력대상국 내 사전 조사 또는 개념설계를 위한 지원 사업을 집중적으로 이행해야 할 필요가 있다. 또한, 수요발굴 등을 포함하는 사전 조사를 위한 재정 지원을 증액하여 협력대상국에 대한 지원가능 사업을 확장하여 다양한 사업의 종류를 모색할 수 있도록 함으로써 기후기술협력사업에 대한 풀(pool)을 확보해야 할 필요가 있다. 나아가 성과 창출 위주의 운영에서 벗어나 현지 시장 창출형 기술 도입을 촉진함으로써 지속적이고 연속성 있는 사업 운영을 위한 제도적 기반이 함께 마련되어야 할 필요가 있다.

협력사업의 기획·개발을 위해서는 활용가능한 전문 인력·기관의 역량강화 혹은 양성을 위한 기반 조성이 필요하다. 사업에 대한 재정지원 이외에도, 국제협력 사업의 이행에 대한 전문 인력양성을 위한 역량강화 프로그램을 제공하여 현장에서 사업을 이행하는 전문가들과의 교류를 통한 노하우 전수 및 실무 차원에서의 정보 접근성을 높여야 할 것이다.

마지막으로, 정부 부처 또는 유관 기관들에 산재되어 있는 기후기술 국제협력사업과 관련된 정보를 체계화하고 공유할 수 있는 플랫폼이 마련되어, 신뢰할 수 있는 국제협력 관련 데이터베이스를 구축하여 일관되고 통합적으로 정보를 공유할 수 있어야 할 것이다. 해당 플랫폼 및 데이터베이스를 통해 기후기술과 기후기술 국제협력사업에 대한 일관된 정의와 분류를 제시하고, 이에 따라 사업의 기획·이행·후속연계를 위한 정보를 수집하여 확보하고 공유할 수 있어야 할 필요가 있다. 이를 통해 우리나라 내 기후기술 국제협력사업의 방향성이 일관되고, 축적된 지식과 정보 기반으로 국제협력 사업을 기획·개발함으로써 더욱 유망한 기후기술협력사업을 추진할 수 있을 것으로 기대한다. 나아가 협력대상국에게도 사업에 대한 보증 혹은 신뢰를 향상시킬 수 있을 것이며, 후속연계 단계에서도 사업 리스크를 줄이며 투자 효율성을 제고할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

## 3. 소결

상기 제언들은 아래 표와 같이, 실무 전문가들의 기후기술 국제협력에 대한 다양한 장애요인을 체계화하고, 이 중 주요하다고 공통적으로 인식되는 장애요인을 우선으로 하여 그에 따른 개선 방안을 도출하고자 하였다. 이러한 접근을 통해 현장에서 기후기술 국제협력에 대한 사업 기획·개발 및 이행자의 입장에서 직접적으로 체감하고 있는 애로사항들을 확인할 수 있었으며, 그에 대응하는 이상적인 개선방안을 제언함으로써 이들이 실현될 경우 국내 국제협력에 대한 실질적이고 직접적인 도움을 제공할 수 있을 것으로 기대한다.



<표 5-6> 기후기술 국제협력 촉진·활성화를 위한 장애요인 및 이를 극복하기 위한 정책 제언

정책지원 측면		
협력주기	장애요인	개선방안
수요발굴 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부의 전략 미비</li> <li>- 정부 차원 기후기술협력사업의 수요 발굴 및 추진전략 부재</li> <li>- 부처·기관별 파편화</li> <li>- 정부차원에서의 일관된 방향성·추진 전략·대표 사업모델 등 통합적 정책 방향성 부재</li> <li>- 재정지원제도 미흡</li> <li>- 소규모 기후기술협력사업이 추진되나, 파편화되어 있음</li> <li>- 국내 재원은 주로 연구개발, 마스터플랜 수립, 타당성조사 등에 대한 재정지원에 그침(스케일업, 상용화·사업화 지원 부재)</li> <li>- 적응부문에 대한 수요발굴 부족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 범부처적 기후기술 국제협력 전략 수립 필요                             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 상호보완적이고 정합성을 갖춘, 범부처적 정책 수립 및 공표</li> </ul> </li> <li>- 정부간 협력체계(G2G) 구축할 수 있는 정책적 기반 마련</li> <li>- 기후기술 국제협력 관련 전문가/기관 양성을 위한 제도의 마련                             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 전문가 양성을 통해 국제협력 사업에 대한 로드맵을 도출하고 단계적 추진을 통해 효율 제고</li> </ul> </li> </ul>
협력사업 이행 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 관련 전문가 부족, 인력양성 제도 필요</li> <li>- 중장기 관점에서 기후기술 국제협력 관련 전문가 양성을 위한 정책 및 지원체계 필요</li> <li>- 수원국 차원에서 기술을 전수받을 수 있는 전문 역량 부족</li> <li>- 국제협력을 위한 제도적 기반 미흡 (국가간 계약, 용역경비의 사용·산정 기준 등)</li> <li>- 수원국에서의 제도적 장벽을 극복할 수 있는 방안 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국형 재정 메커니즘의 구축 요구</li> <li>- 기후기술 국제협력사업 및 활용가능 재원에 대한 정보 공유 체계 구축 필요</li> <li>- 통합적으로 국제협력사업에 대한 협의를 진행할 수 있는 체계/협약체 마련 필요</li> </ul>
사업 후속연계 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 후속연계를 위한 기존 사업의 정보 공유 및 협의체계 미비</li> <li>- 후속연계 사업에 대한 재정적 지원제도 미비</li> <li>- 국제협력에 대한 정부차원의 지속적인 지원 정책·전략 부재</li> <li>- 국가차원에서의 국제기구와의 협력을 위한 창구 마련 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업 이행과정 및 성과 모니터링 체계 구축</li> </ul>

사업기획·개발 측면		
협력주기	장애요인	개선방안
수요발굴 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현지 정보 조사 및 투자 부족</li> <li>- 체계적 현지 네트워크 필요</li> <li>- 실증 및 협력사업에 요구되는 다양한 영역을 보완할 수 있는 사업 역량과 경험 부족</li> <li>- 협력사업 추진에 있어 기관·기업을 지원할 수 있는 제도적 지원방안 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 중점협력대상국 내 사전조사·개념설계를 위한 지원 사업 이행</li> <li>- 수요발굴 및 사전조사를 위한 재정 지원 증액</li> </ul>
협력사업 이행 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 협력사업의 원활한 이행을 위한 경험과 역량 부족</li> <li>- 자원제공기관별 필요기준 및 절차 등에 대한 정보 부족</li> <li>- 협력대상국의 상황변경(리더십, 정책, 예산분담 등)에 대한 대처 역량 부족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현지 시장창출형 기술도입 촉진을 위한 제도적 기반 마련</li> <li>- 협력사업 기획·개발에 대한 전문역량강화 및 인력양성</li> </ul>
사업 후속연계 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 후속연계를 위해 가용가능한 재원에 대한 정보 확보 필요</li> <li>- 정부가 긴밀한 협력 부재</li> <li>- 국제협력사업에 대한 정보 확인 방법 제한적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후기술 국제협력사업에 대한 정보 체계화 및 공유 플랫폼 개발</li> </ul>

자료: 저자 작성

## 제 6 장 요약 및 결론

본 연구는 기후·에너지 분야의 기술, 경제/산업, 법/제도, 국제협력 관련 정책 아젠다와 기후기술 활용·확산을 위한 사업을 발굴하여 2050 탄소중립 실현을 위한 국가정책 수립에 기여하는 것을 목적으로 하고 있다.

### ○ 기술 분야

기술 분야는 기후변화 적응기술 중 기상/기후 부문의 기술을 세부분야로 선정하고 미래 유망기술에 대한 신규 R&D를 기획하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위하여 ① 기상/기후 분야 연구개발 환경분석을 기상/기후 분야 R&D 전략 및 정책 동향과 국내 R&D 투자 동향 및 기술 수준에 초점을 두고 분석하였고 이를 바탕으로 미래유망 R&D 분야 이슈를 “ICT 기반구축”, “이상기후 이해 및 예측”, “이상기후위기 대응” 으로 도출하였다. 도출된 이슈를 바탕으로 ② 3가지 분야별 R&D 후보군 pool을 구축하기 위하여 전문가 설문조사를 수행하고, 18개 R&D 후보군에 대한 개요서를 작성하였다. ③ 마지막으로 18개 R&D 후보군의 개요서를 바탕으로 총 3회 기술분과 위원회 운영을 통하여 기술분과위원의 합의된 「관측-가상 데이터 융합플랫폼을 활용한 이상기후위기 대응」 신규사업 기획(안)을 도출하였다. 본 기획(안)은 기후 빅데이터를 활용하여 이상기후 발생을 이해·예측하고 미래 도래할 기후위기에 선제 대응하는 것을 목적으로 하고 있으므로 향후 사업 결과를 통해 이상기후 위기에 선제 대응하고, 데이터 융합 플랫폼을 활용하여 온실가스 감축 및 기후변화 적응 등 기후위기 대응 관련 新산업 창출에 활용될 수 있을 것이다.

### ○ 경제/산업 분야

경제/산업 분야에서는 기후기술과 국가의 경제 및 산업 간의 연결고리인 기후기술 스타트업에 정책,사업 아이템 발굴이 필요한 연구 주제로 선정했다. 본 연구는 주요국의 관련 정책분석과 전문가 자문단의 운영, 문헌조사를 통해, 현재 국내 기후기술 스타트업 생태계의 6대 장애요인을 도출하고, 이를 해결하여 기후기술 스타트업 생태계를 활성화할 수 있는 4대 추진전략, 18대 추진과제, 27개 세부과제를 발굴했다. 본 연구의 결과는 향후 과학기술정보통신부 및 관계부처에서 기후기술 스타트업 육성을 위한 정책을 수립하고 사업을 기획할 때 주요한 기초자료로 활용할 수 있다.

본 연구에서 도출한 전략과 과제에서 알 수 있듯이, 기후기술 스타트업 활성화 정책은 해당 정책 단독으로 실질적인 성과를 창출하기에 한계가 있으며, 해당 정책을 가능하게 하는 유관 정책 및 제도의 개선·보완 또한 필요하다. 예컨대 기후기술의 수익성 확보라는 궁극적인 목표를 달성하기 위해서는 단순히 감축 방법론의 개발뿐만 아니라 국내 탄소배출권 시장이 성

속되고 배출권 확보가 일정의 수익성을 담보할 수 있어야 하므로 배출권거래제에 대한 검토가 요구된다. 배출권거래제에 대한 검토 및 조정과 함께, 국내 대기업 및 공공기관을 중심으로 기후기술에 대한 충분한 수요가 발생할 수 있는 환경 또한 요구된다.

한편, 장기적인 정책 수립과 사업 기획 시, 기후기술의 형평성을 고려할 필요가 있다. 초기 단계의 생태계를 활성화 하는 정책의 특성상, 기후기술 스타트업 활성화 정책은 인센티브를 제공하여 긍정적 외부효과를 극대화하는 지원정책을 중심으로 구성될 것으로 예상되며, 본 연구의 결과도 이를 뒷받침한다. 이때, 보편적 지원이 아닌 선정을 통한 지원정책인 경우, 기후기술 분야 중 일부 기술분야에 대하여 쏠림이 발생할 수 있다. 이는 이미 ICT 분야에서도 지적된 사항이며, 기술성, 시장성 등에서 넓은 분포를 보이는 기후기술에 대해서도 동일한 문제가 발생할 가능성이 높다. 기후기술의 광범위함과 국가 예산상의 제약으로인해 정책시행 초기에 소위 선택과 집중 전략이 필요할 것으로 판단된다. 그러나 각 기후기술의 총체적인 발전과 상호보완을 통해 기후위기에 대응할 수 있다는 사실을 견지할 때, 다양한 기후기술 분야에서 스타트업이 활성화될 수 있는 장기전략이 필요하다.

#### ○ 법/제도 분야

법/제도 분야에서는 문헌연구를 통해 국내외 탄소중립 정책 동향과 국제 탄소시장 정책 동향을 조사하고, 탄소시장 확대에 따른 주요이슈와 우리나라가 정책적으로 대응하기 위한 법·제도적 측면의 정책 아젠다를 발굴했다. 탄소시장 확대에 따른 주요이슈로는 글로벌 무역투자 환경에서 기후변화 대응 및 온실가스 감축역량을 중심으로 빠르게 재편되고 있다는 점과, 자발적 탄소시장이 더욱 활성화 될 가능성이 높다는 점을 도출할 수 있었다. 정책 아젠다로는 ▲ 자발적 탄소시장에서 기업이 ITMO가 되는 상응조정 크레딧을 구매·이전하는 행위에 대한 정부차원에서 상응조정이 이루어져야 하므로, 이에 대한 절차와 지침이 필요하다는 것과, ▲ 다른 국제감축목적 하에서의 감축결과물이 ITMO가 되는 경우, 이 ITMO를 NDC 목표 달성에 활용 가능한지 여부에 대해서 아직 해석의 여지가 있으며, 이에 따라 이에 대한 정책적 고려가 필요하다는 점을 발굴할 수 있었다. 본 연구의 결과는 국제적인 기후변화 정책 및 탄소시장 변화에 대한 한국의 정책적 대응방안을 마련하는 데에 기초자료로 활용될 수 있다.

#### ○ 국제협력 분야

국제협력과 관련하여, 기후기술 국제협력을 추진함에 있어 현장에서 느끼는 주요 장애요인을 도출하고자 하였다. 유관 산·학·연 전문가들을 중심으로 우리나라의 기후기술 국제협력 추진에 있어 현황과 장애요인을 도출하였으며, 이 중 가장 시급하고 중요하다고 판단되는 요인들을 중심으로 심층 분석을 수행하여 극복할 수 있는 방안을 제언하였다. 중점적으로 살펴본 영역은 (1) 정책지원 측면과 (2) 협력사업의 기획·개발 측면이었으며, 각 영역별로 수요발굴 - 협력사업의 이행 - 후속연계의 단계별로 장애요인을 도출하였다. 도출된 장애요인들에 대해, 극복할 수 있는 방안에 대한 논의를 진행하였으며, 그 결과, (1) 정책지원 측면에서는 법 부처

차원의 일관된 전략·정책, 협력대상국과의 정부간 협력(G2G), 국제협력 전문 인력의 양성을 위한 제도 마련, 한국 고유 재정 지원 메커니즘의 개발 등이 제시되었으며, (2) 협력사업의 기획·개발 측면에서는 수요발굴을 위한 재정지원 및 제도의 마련, 협력사업 기획·개발에 대한 전문 인력의 양성, 유관 정보의 체계화 및 공유 등이 주요 극복방안으로 제시되었다. 상기 요소들에 대한 현실화의 가능성에 대해서는 보다 세부적인 논의가 필요한 상황이나, 이상적인 모습을 달성하기 위한 체계적이고 단계적인 추진전략의 수립을 통해 해당 제안들이 달성된다면 현재 우리나라의 기후기술 국제협력이 직면하고 있는 장애요인들을 극복하고 국제협력사업 추진에 대한 효율성과 효과성을 제고할 수 있을 것으로 기대된다.



# 참 고 문 헌

## < 2 장 >

### [국내 문헌]

- [1] 기상청 (2018), 기상 R&D 중장기 추진전략(2018~2027)
- [2] 국가녹색기술연구소 (2022), 2021년 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서
- [3] 국가녹색기술연구소 (2020), 2020 기후기술 수준조사

### [국외 문헌]

- [1] NOAA Research Council (2020), Research and Development Plan 2020-2026
- [2] Met Office (2022), Research and Innovation(R&I) Strategy
- [3] ECMWF (2016), Strategy 2016-2025
- [4] Bureau of Meteorology (2020), Research and Development Plan 2020-2030

## < 3 장 >

### [국내 문헌]

- [1] PwC · 삼일회계법인(2021), PwC 기후기술 보고서 -기후테크, 벤처캐피탈의 다음 목적지-
- [2] 관계부처 합동(2021), 탄소중립을 위한 에너지 기술인력 양성 방안, 제22차 일자리위원회 의결 안건
- [3] 금융감독원 런던사무소(2021), 영국 중소기업(SME)의 외부자금 조달 현황 및 시사점, 조사연구자료(2021.9)
- [4] 김현준(2017), 미국의 창업교육 지원 정책, 메일진 해외교육동향, 306호
- [5] 백상한(2021), 美 2020-2021 스타트업 동향 분석 및 시사점, 뉴욕 시장정보, 2021.5.7.
- [6] 본투글로벌(2021), 2020 대한민국 글로벌 창업백서, 성남시: 본투글로벌센터.
- [7] 산업통상자원부 · 한국산업기술진흥원(2021), 2021년도 「산업기술인력 수급 실태조사」 결과, 공표자료(통계청 일반통계 제115016호)
- [8] 서대훈(2019), 주요국의 스타트업(Startup) 지원방식과 시사점, 산은조사월보, 제761호, pp. 3-21.
- [9] 유지혜(2019), 영국 스타트업 생태계와 BBB의 역할, 산은조사월보, 765호, pp. 54-69.
- [10] 장상윤(2016), 중국의 창업 열풍과 지원 환경, The HRD Review, 2016.1.

- [11] 정병옥 · 서영호(2017), IT 창업기업의 기술사업화 역량이 기업성과에 미치는 영향, 한국창업학회지, Vol. 12, No. 5, pp. 239-262.
- [12] 중소벤처기업부(2021a), 2021년 창업지원 통합 공고, 중소벤처기업부 공고 제2021-2호, 2021.1.5.
- [13] 중소벤처기업부(2021b), 중소기업 창업지원계획(2021~2023), 2021.8.
- [14] 중소벤처기업부(2021c), 중소벤처기업 탄소중립 대응 지원방안, 2021.12.
- [15] 중소벤처기업부(2022a), 실질 창업 증가 속, 기술창업 역대 최대 23만개 달성: 2021년 연간 창업기업 동향 발표, 중소벤처기업부 보도자료, 2022.2.24.
- [16] 중소벤처기업부(2022b), 아기유니콘200 참여기업 모집 및 지원계획 공고, 중소벤처기업부 공고 제2022-440호, 2022.7.18.
- [17] 창업진흥원(2022), 액셀러레이터 등록현황(2022년 5월 기준)
- [18] 한국벤처캐피탈협회(2022), 2022년 3분기 Venture Capital Market Brief.
- [19] 현상백 · 이효진 · 조고운 · 오윤미(2019), 중국의 창업생태계 발전전략과 정책 시사점, 연구 보고서 19-20, 대외경제정책연구원.

#### [국외 문헌]

- [1] INITIAL(2022), Japan Startup Finance 2021, 2022.2.
- [2] StartUp Genome(2022), Global Startup Ecosystem Report 2022 및 Tech Nation(2021), Tech Nation Report 2021
- [3] Tech Nation 홈페이지, <https://technation.io> (검색일:2022.08.09.)
- [4] Trending Topics 홈페이지,  
<https://www.trendingtopics.eu/europaeischer-vergleich-die-meisten-climate-tech-startups-kommen-aus-deutschland/> (검색일: 2022.7.11.)
- [5] 내각부(2021), 제6기 과학기술혁신기본계획, 2021.3.26.
- [6] 내각부 과학기술혁신추진사무국(2021), 스타트업 에코시스템 거점도시에 관하여, 2022.9.
- [7] 내각부 · 문부과학성 · 경제산업성(2019), Beyond Limits Unlock Our Potential ~세계와 대등한 스타트업 에코시스템 거점 형성 전략, 2019.6.
- [8] 루명준(2019), 해석-전국상임위원회는 대중창업 만중혁신을 보다 심도있게 이끌어가겠다는 여러 의향을 갖고 있음, 더페이퍼(澎湃新闻), 2019.6.5.,  
[https://www.thepaper.cn/newsDetail\\_forward\\_3612138](https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_3612138) (검색일: 2022.8.1.)
- [9] 미국 종자기금 SBIR 및 STIR 프로그램 홈페이지, <https://www.sbir.gov/about> (검색일: 2022.8.10.).



- [10] 유럽위원회 홈페이지,  
<https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/horizon-magazine/eu-startups-starting-break-through-bit-help> (검색일: 2022.7.11.)
- [11] 종합과학기술혁신회의 이노베이션에코시스템전문조사회(2022a), 세계와 대등한 스타트업 에코시스템 형성에 관하여(안) 개요, 제61회 종합과학기술혁신회의 자료 2-1, 2022.6.2.
- [12] 종합과학기술혁신회의 이노베이션에코시스템전문조사회(2022b), 세계와 대등한 스타트업 에코시스템 형성에 관하여(안), 제61회 종합과학기술혁신회의 자료 2-2, 2022.6.2.
- [13] 중국 과학기술부 핏볼하이테크산업발전센터·수도과학기술발전전략연구원(2019), 중국 창업인큐베이터 발전 보고서 2019, 베이징: 과학기술문헌출판사: 현상백·이효진·조고운·오윤미(2019), 중국의 창업생태계 발전전략과 정책 시사점, 연구보고서 19-20, 대외경제정책연구원에서 재인용
- [14] 중국정부망(2015), 국무원 대중창업 만중혁신 강력 추진을 위한 정책 조치 의견, [http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-06/16/content\\_9855.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-06/16/content_9855.htm) (검색일: 2019.8.12.): 현상백·이효진·조고운·오윤미(2019), 중국의 창업생태계 발전전략과 정책 시사점, 연구보고서 19-20, 대외경제정책연구원에서 재인용
- [15] 중국정부망(2018), 국무원 혁신창업 고품질 발전 촉진 쌍창 업그레이드 버전 구축에 관한 의견, [http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-09/26/content\\_5325472.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-09/26/content_5325472.htm) (검색일: 2022.8.1.)

## < 4 장 >

### [국내 문헌]

- [1] 관계부처 합동 (2019), 제3차 녹색성장 5개년 계획, 2019. 5. 21.
- [2] 관계부처 합동 (2020), 2050 장기저탄소발전전략(지속가능항 녹색사회 실현을 위한 대한민국 2050 탄소중립 전략), 2020. 12. 30.
- [3] 관계부처 합동 (2021), 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안, 2021. 10. 18.
- [4] 대외경제정책연구원 (2021), 2021년 유엔기후변화협약 당사국총회 논의 및 시사점.
- [5] 산업통상자원부 (2022), 산업부, 민간주도 탄소시장 활성화 방향 논의, 2022. 6. 10.
- [6] 문진영·이성희 (2021), 2021년 유엔기후변화협약 당사국총회(COP26) 논의 및 시사점. 대외경제정책연구원 21(21).
- [7] 윤순진 (2021), 에너지포커스 18(4): 18-32.
- [8] 이동호 (2019), 산림탄소배출권 시장 특성에 관한 연구 - 국제 자발적 탄소시장을 중심으로. 서울대학교 박사학위 논문.
- [9] 이병윤 (2022), 최근 세계적인 탄소중립 정책 후퇴 움직임과 향후 전망. 한국금융연구원

ESG Inside 31(17): 18-20.

- [10] 중소벤처기업연구원 (2022), 자발적 탄소시장의 부상, 중소기업 정책 방향.
- [11] 최현진 (2022), 탄소중립 정책과 기술 국내외 탄소중립 관련 정책 및 기술 동향. KIC News, 25(2), 1-7. <https://www.cheric.org/PDF/PIC/PC25/PC25-2-0001.pdf>
- [12] 하온누리 (2022), 자발적 탄소시장(VCM)의 동향과 시사점. 자본시장포커스, 24, 1-6.

#### [국외 문헌]

- [1] BloombergNEF (2022), Carbon offset prices could increase fifty-fold by 2050. 2022.1.10.
- [2] Climate Focus (2022), The Voluntary Carbon Market Explained : Chapter 12.
- [3] Ecosystem Marketplace (2022), State of the Voluntary Carbon Markets 2022 Q3.
- [4] IEA (2016), CO2 Emission From Fuel Combustion.
- [5] IC-VCM (2022), Core Carbon Principles, Assessment Framework and Assessment Procedure. <https://icvcm.org/public-consultation/#key-resources> (검색일: 2022.12.15.)
- [6] ISDA (2021), Legal Implications of Voluntary Carbon Credits.
- [7] Kollmuss A, Zink H, Polycarp C. (2008), Making sense of the voluntary carbon market: A comparison of carbon offset standards.
- [8] McKinsey (2021), A blueprint for scaling voluntary carbon markets to meet the climate challenge.
- [9] Trove Research (2022), Trove' s Updated Carbon Industry Classification.
- [10] Refinitiv (2022), Review of carbon markets in 2021.
- [11] United Nations Climate Change Secretariat (2021), MESSAGE TO PARTIES AND OBSERVERS, Nationally determined contribution synthesis.
- [12] Verra (2021), the future of the voluntary carbon market, 2021.4.21.

#### < 5 장 >

##### [국내 문헌]

- [1] 국가녹색기술연구소 (2021), 2020년 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서
- [2] 국가녹색기술연구소 국가기후기술정보시스템(CTis), [citis.re.kr](http://citis.re.kr)
- [3] 국가법령정보센터 (2023), 기후변화대응 기술개발 촉진법(약칭: 기후기술법), <https://www.law.go.kr/법령/기후변화대응기술개발촉진법> (검색일: 2023.1.12.)
- [4] 손지희 외 (2021), CTCN 기술지원(TA) 사업의 이해, 국가녹색기술연구소

[5] 이계영 외 (2021), 해외사업 육성을 위한 국내지원사업 현황, 국가녹색기술연구소

#### [국외 문헌]

- [1] ARPA-E 웹사이트 (2023), ARPA-E Technologies, <https://arpa-e.energy.gov/technologies> (검색일: 2023.1.12.)
- [2] European Commission (2021) Horizon Europe Strategic Plan (2021-2024), [https://www.eeas.europa.eu/sites/default/files/horizon\\_europe\\_strategic\\_plan\\_2021-2024.pdf](https://www.eeas.europa.eu/sites/default/files/horizon_europe_strategic_plan_2021-2024.pdf), (검색일: 2023.1.10.)
- [3] White House (2021), FACT SHEET: President Biden's Leaders Summit on Climate, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/04/23/fact-sheet-president-bidens-leaders-summit-on-climate/>, (검색일: 2022.8.25.)

# 기후미래포럼 추진(안)

녹색기술센터, '22.08.01.

## □ 기후미래포럼 개요

- **(필요성)** 新기후체제하에서 기후위기 대응과 국가경쟁력 제고를 위해 기후기술을 중심으로 한 정책논의의 장 필요
- **(추진방안)** 4대 분과(기술, 경제/산업, 법/제도, 국제협력)별로 산·학·연·관 전문가로 구성된 준비위원회를 운영하여 각 분과의 정책 의제\*를 논의
  - \* ('22년 논의 주제) <sup>1</sup>기술: 기상·기후 R&D, <sup>2</sup>경제/산업: 기후기술 스타트업, <sup>3</sup>법/제도: 탄소시장, <sup>4</sup>국제협력: 국제협력 자원 연계
- **(포럼 개최)** 매년 말 4대 분과의 포럼준비위원회 운영결과를 발표하여 기후기술 제반의 정책 및 사업기획안 제언 및 논의

## □ 기후미래포럼 준비위원회 운영(안)

- **(위원회 구성)** 총괄위원회 및 4개 분과에 대해서 과학기술을 포괄한 경제·사회 전반의 산·학·연·관 전문가로 구성
- **(목표)** '기술의 현장 활용·확산을 촉진해 국가적 목표 달성에 기여'함을 포럼의 지향점으로 두고 준비위에서 신규 정책·사업 기획안 도출
- **(운영방안)** 매년 분과별 정책 과제를 선정해 해당 과제 전문성을 가진 위원을 분과별 10인 이내로 위촉하여 목표 지향적으로 유연성 있게 운영

### <위원회 구성 및 역할(안)>

총괄위원회			
(역할) 분과별 운영결과에 기반하여 통합적 성과 마련			
기술분과	경제/산업 분과	법/제도 분과	국제협력 분과
(역할) AI 및 기후분야 빅데이터 확보·가공·활용을 통해 국가 기후 위기 대응 전략 수립을 위한 과학기술 핵심의제 및 혁신기술 도출	(역할) 기후기술 스타트업 발굴·육성 등 경제/산업 관점의 기술 활용 촉진을 위한 정책 기획	(역할) 탄소시장, 탄소세, 배출권거래제 등 국내외 법·제도의 동향분석 및 기술 확산·사회적 수용도 제고를 위한 제언	(역할) 기후기술 국제협력 및 개도국 진출, 현지 합작 벤처 설립 및 자원 마련 등 해외 감축분 목표에 기여 가능한 방안 도출
KIST 기후환경연구소 GTC 기술총괄부	GTC 정책연구부	GTC 기후기술협력부	GTC 전담센터
(전담) 사업개발팀	(전담) 인력양성팀	(전담) 국제협상팀	(전담) 정책전략팀

□ **추진배경 및 필요성**

- 전지구적 온난화 가속화와 기후변화 예측의 불확실성 증가에 따라 전통적 수치모델링 방식을 넘어, 기후 빅데이터·AI에 기반한 예측·대응력 강화로 패러다임이 전환하는 추세
- 위성관측 기반 고해상도·준실시간 데이터 생산 가능화, 계산자원 (GPU) 성능 향상, AI 기술 혁신에 따라 첨단 기술 분야간 융합을 통한 기후변화 대응력 강화 필요성 증대

□ **운영목표 및 전략**

- (목표) AI 및 기후분야 빅데이터 확보·가공·활용을 통해 국가 기후위기 대응 전략 수립을 위한 과학기술 핵심의제 및 혁신기술 도출
- (전략) 부처-한국과학기술연구원(KIST)을 주축으로 하는 <sup>1</sup>기후미래포럼 준비위와 <sup>2</sup>과제개발팀의 두 트랙을 연계하여 운영
  - (<sup>1</sup>준비위) 기후융합 연구 전문성을 가진 위원을 위촉하여 기후데이터 생산·활용·확보 및 활용 고도화 방안 도출
  - (<sup>2</sup>과제개발팀) 준비위의 논의 내용을 신규사업 및 부처 추진전략, 정책 아젠다 등으로 연계·구체화

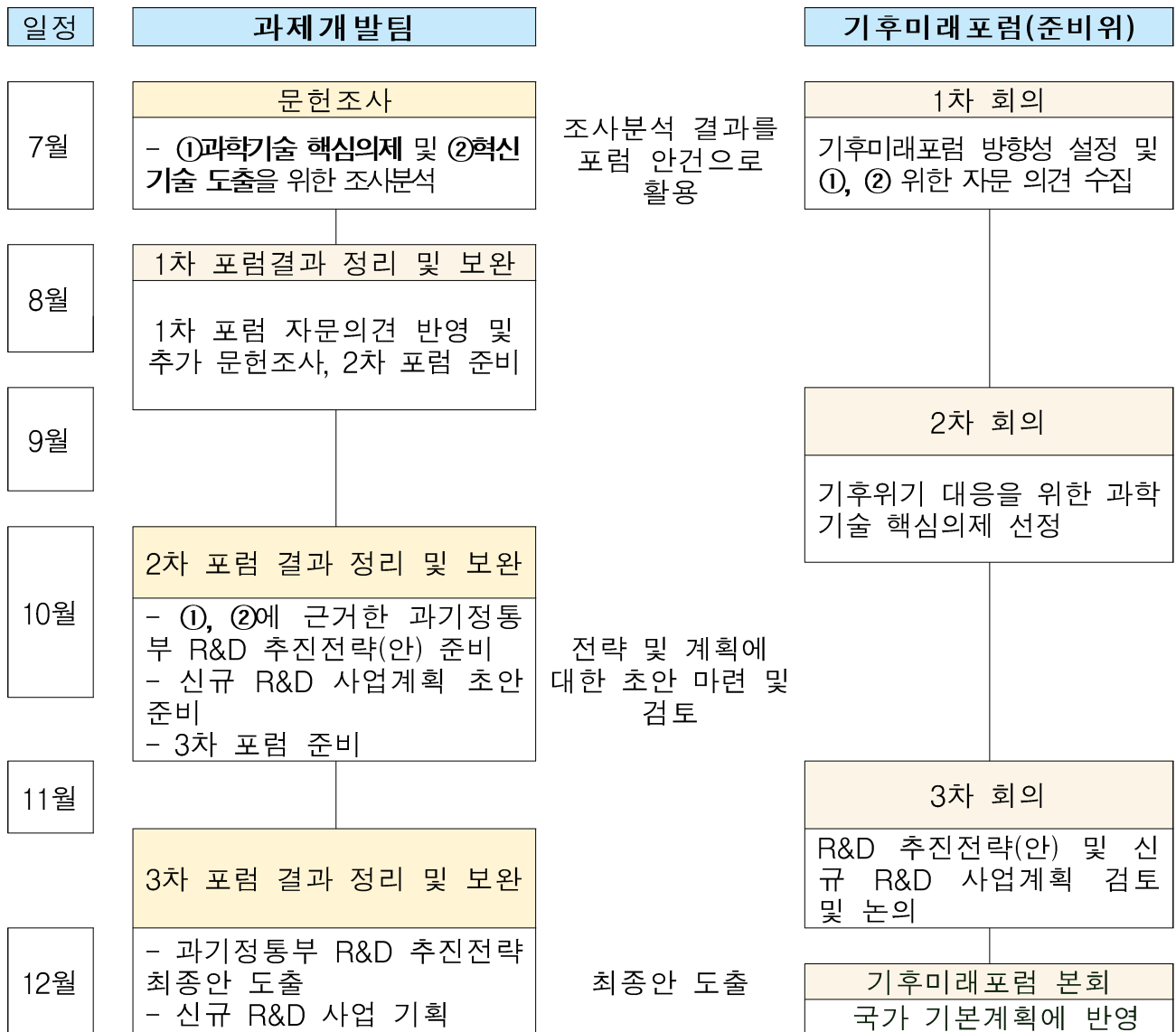
< 기후미래포럼 준비위 기술 분과구성(안) >

순번	이름	소속 및 직위	비고
1	김진영	(연) 한국과학기술연구원 기후·환경연구소장	위원장
2	예상욱	(학) 한양대학교 해양융합공학과 교수	위원
3	정수종	(학) 서울대학교 환경대학원 교수	위원
4	조민수	(연) 한국과학기술정보연구원 (KISTI) 부원장	위원
5	박영규	(연) 한국해양과학기술원	위원
6	김형준	(학) 한국과학기술원 문술미래전략대학원 교수	위원
7	함유근	(학) 전남대학교 지구환경과학부 교수	위원
8	차미영	(학) 한국과학기술원 수리및계산과학연구단	위원
9	곽경환	(학) 강원대학교 환경융합학부 교수	위원
10	오채운	(연) 녹색기술센터 IPCC 담당	위원
11	김지원	(관) 기상청 기후과학국 기후정책과	위원
12	박민희	(연) 한국에너지기술연구원 국가기후기술정책센터장	위원
13	오상진	(연) 녹색기술센터 기술총괄부장	위원

## □ 추진 계획

- 기후미래포럼 준비위 및 본회 일정과 연계한 R&D 과제개발 및 정책 연구 수행

< 기후미래포럼 기술 분과 운영 추진 프로세스(안) >



## □ 최종 산출물 및 기대효과

- (산출물) 과기정통부 기후변화 R&D 추진전략(안) 마련 및 이와 연계한 신규 R&D 사업 기획
- (기대효과) 첨단 기후과학에 기반한 기후변화 예측·대응력 강화로 글로벌 기술 경쟁력 선점 및 국가 기후위기 대응을 위한 디지털 플랫폼 활성화

□ **추진배경 및 필요성**

- 신기후체제 및 에너지 대전환 시기 도래에 따라 ‘기술 → 경제·산업 → 국가적 목표 달성’의 연결 고리를 마련할 수 있는 방안의 필요성 대두
- 기술과 경제·산업간 연결 고리의 핵심은 ‘기후기술 스타트업’이며, 기후기술이 국가 경제로 자리매김할 수 있도록 활성화 방안 논의 필요

□ **운영목표 및 전략**

- (목표) 기후기술 스타트업 육성을 위한 정책 아젠다를 발굴하고, 신규 사업을 기획하여 기술을 산업으로 연계하기 위한 정책적·제도적 기반 마련
- (전략) 부처-기후기술협력정책지원센터(GTC)를 주축으로 하는 ①기후미래포럼 준비위와 ②기관 수시과제의 두 개의 트랙을 연계하여 운영
  - (①준비위) 기후기술 스타트업에 전문성을 가진 위원을 위촉하여 스타트업 활성화의 장애요인 발굴·정책 방향성 설정 등 논의 진행
  - (②수시과제) 부처와 준비위를 지원하는 기반연구 수행 및 정책 아젠다·신규사업 기획안 작성 등 논의결과의 체계화

< 기후미래포럼 준비위 경제·산업 분과구성(안) >

순번	이름	소속 및 직위	비고
1	박종준	(학) 강원대학교 법학전문대학원 교수	위원장
2	이명종	(공) 창업진흥원 창업정책연구실 실장	위원
3	안영민	(산) SJ투자파트너스 이사	위원
4	유정희	(산) 벤처기업협회 혁신벤처정책연구소 부소장	위원
5	한만재	(산) (주) SK머티리얼즈 팀장	위원
6	양승찬	(산) 스타스테크 대표이사	위원
7	권달정	(산) 한국남부발전 기후환경품처/기후환경대책실 실장	위원
8	한상엽	(산) 소풍벤처스 대표	위원
9	정규창	(산) 한화솔루션 큐셀 부문 정책팀 팀장	위원
10	박철호	(연) GTC 정책연구부장	위원

## □ 추진 계획

○ 기후미래포럼 준비위 및 본회 일정과 연계한 기관 수시과제 연구수행

< 기후미래포럼 경제·산업 분과 운영 추진 프로세스(안) >



## □ 최종산출물 및 기대효과

- (최종산출물) 기후기술 스타트업 육성 방안을 마련하여 「기후기술 기본 계획」에 반영하고 차년도 추진을 위한 사업기획(안) 및 국과심 안건 마련
- (기대효과) 역동적인 기후기술 스타트업 생태계 구축을 통해 미래 성장 동력원을 확보하고 신기후체제의 국가 경쟁력 제고에 이바지



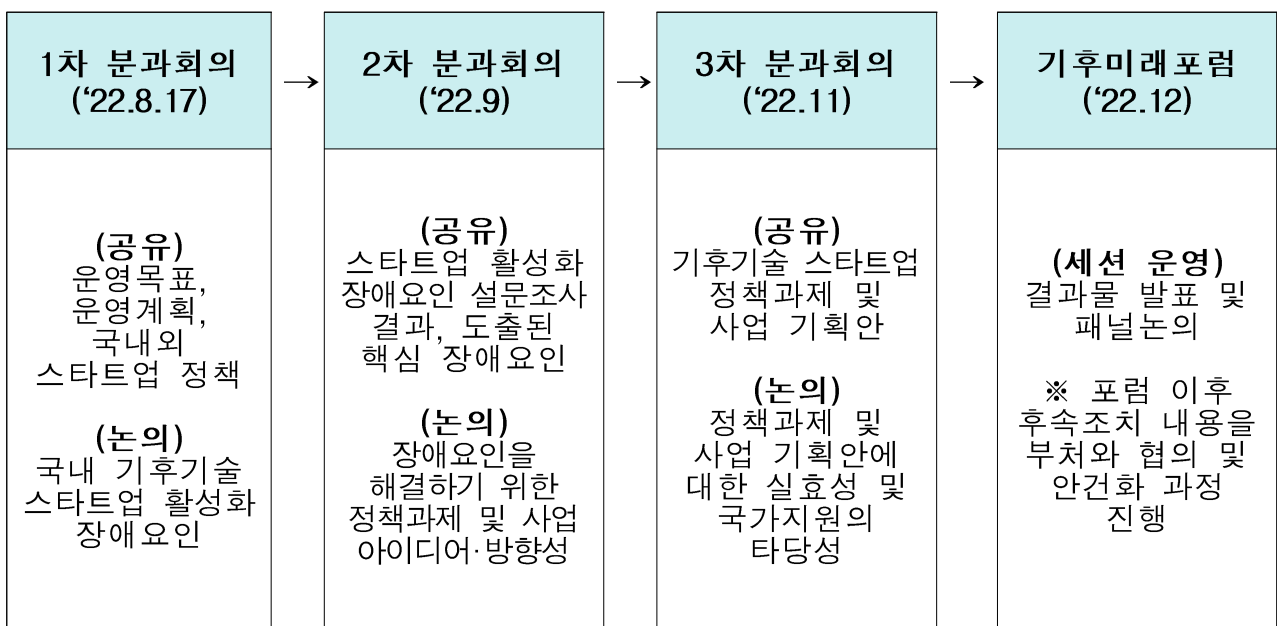
## □ 주요 논의안건(안)

- (스타트업 정책) 국내외 주요 스타트업 생태계 지원 정책의 비교 및 논의
  - 국내 스타트업 생태계 지원 정책의 실효성 및 한계점 논의
  - 미국, 유럽 등 주요국의 스타트업 정책 검토 및 벤치마킹 가능성 논의
- (스타트업 생태계 장애요인) 국내 기후기술 스타트업의 활성화를 저해하는 장애요인 논의 및 핵심 장애요인 후보군 도출
  - 국내 스타트업과 주요 이해관계자가 직면하고 있는 현재 국내 스타트업 생태계의 문제점과 활성화를 저해하는 요인 공유 및 논의
  - 창업 분야 중 기후기술 분야에서 집중적으로 발생할 수 있는 장애요인 논의
  - 논의를 바탕으로 설문조사 수행을 위한 핵심 장애요인 후보군 도출
- (스타트업 정책과제·사업 기획) 장애요인을 극복할 수 있는 기후기술 분야 특화 정책과제 및 사업 기획 논의
  - 설문조사로 도출된 기후기술 스타트업 생태계의 핵심 장애요인에 대하여 정책과제 및 사업을 통해 해결할 수 있는 방안, 방향성에 대한 논의
  - 작성된 정책과제 및 사업 기획안에 대하여 장애요인 극복에 대한 실효성과 국가지원의 타당성 검토

## □ 1차 분과회의 운영계획(안)

- (참석자) 경제/산업분과 위원 10인, 과기정통부 황윤지 사무관, GTC 운영지원 2인
- (일시/장소) 8.17(수) 15:30-17:30, 과학기술회관 국제회의장 미팅룸 2
- (안건) 분과운영 목표, 운영계획, 기후기술 스타트업 기초 논의
  - ① 1차 분과위 운영일정 소개
  - ② 경제/산업 분과의 달성목표\* 확인
    - \* 기후기술 스타트업 지원 정책과제 및 사업기획, 국과심 안건 마련
  - ③ 국내외 스타트업 생태계 지원 정책 공유 및 논의
  - ④ 스타트업 생태계 주요 이슈와 대응 정책(위원 발제)
    - \* 발제 1: (이명종실장) 글로벌 스타트업 생태계 주요 이슈 및 대응방향
    - \* 발제 2: (양승찬대표) 기후스타트업 육성에 필요한 대응정책 논의
  - ⑤ 국내 스타트업 생태계의 핵심 장애요인 검토 및 후보군 도출
  - ⑥ 2차 포럼 운영(안) 및 일정 협의

### < 전체 일정(안) >



□ **추진배경 및 필요성**

- 국가 내부적인 온실가스 감축활동 만으로는 탄소중립 및 국가NDC 목표달성에 한계가 존재, 국제탄소시장 활용이 더욱 활성화될 것으로 전망됨에 따라 이를 뒷받침하기 위한 법/제도적 지원 필요
- UNFCCC 제26차 당사국총회에서 파리협정 세부이행지침이 마련됨에 따라 관련 동향 파악 및 이에 대응할 수 있는 전략마련 필요

□ **운영목표 및 전략**

- (목표) 국내·외 탄소중립/탄소시장 정책동향 조사 및 법/제도적 측면의 정책아젠다 발굴
- (전략) 부처-기후기술협력정책지원센터(GTC)를 주축으로 하는 <sup>1</sup>기후미래포럼 준비위와 <sup>2</sup>기관 수시과제의 두 개의 트랙을 연계하여 운영
  - (<sup>1</sup>준비위) 국외 온실가스 감축사업에 참여하고 있는 다양한 이해관계자(정부기관, 금융기관, 국제기구, 민간기업 등)를 대상으로 인터뷰/설문조사(※붙임1 참고)를 통해 장애/기회요인 발굴 및 법/제도적 측면에서의 정책아젠다 도출
  - (<sup>2</sup>수시과제) 부처와 준비위를 지원하는 기반연구 수행 및 정책 아젠다 작성, 정책브리프 발간 등 논의결과의 체계화

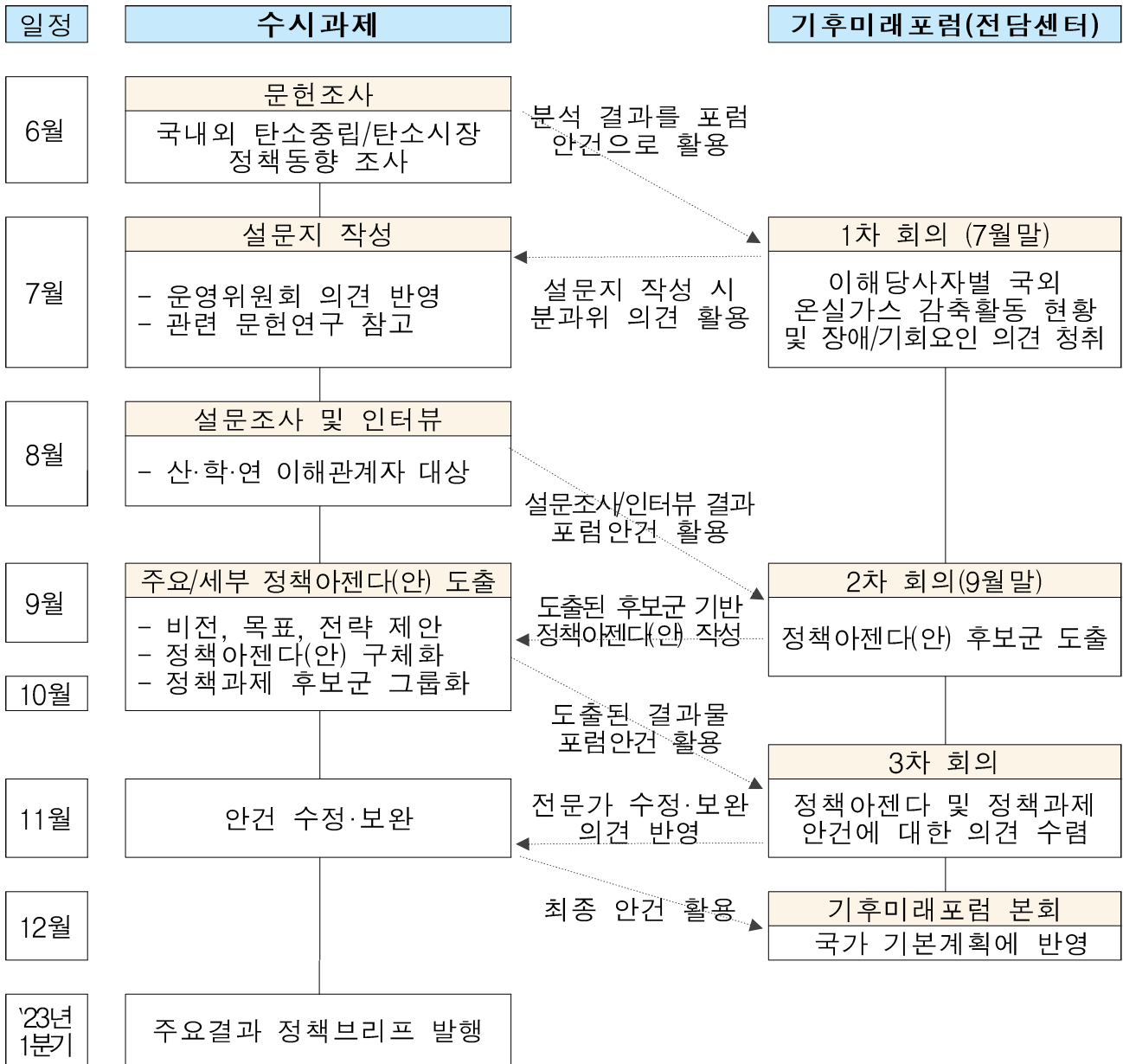
< 기후미래포럼 준비위 법·제도 분과구성(안) >

순번	이름	소속 및 직위	비고
1	오대균	前 (공/학) 한국에너지공단 이사 / 서울대학교	위원장
2	진선필	(국제/공) AFoCO 사무차장(산림청 국장)	위원
3	류재욱	(사) 법무법인 세종 변호사	위원
4	류정령	(사) 에코네트워크 대표	위원
5	정유심	(사) 한국품질재단 지속가능경영원장	위원
6	유인식	(공) IBK 기업은행 ESG경영팀장	위원
7	양진모	(산) 서부발전 기후변화탄소중립전략부장	위원
8	김형주	(연) GTC 선임부장	위원

## □ 추진 계획

○ 기후미래포럼 준비위 및 본회 일정과 연계한 기관 수시과제 연구수행

< 기후미래포럼 법·제도 분과 운영 추진 프로세스(안) >



## □ 최종산출물 및 기대효과

- (최종산출물) 기후기술을 중심으로 탄소시장 활용을 위한 법·제도적 측면의 정책 아젠다를 도출하여 ▲ 「기후기술 기본계획」에 반영하고 ▲ 정책브리프 발간을 통한 정책고객대상 국제탄소시장 관련 이해도 제고
- (기대효과) 탄소시장 활용 국외 온실가스 감축목표 달성전략 마련에 기여

## □ 주요 논의안건(안)

- (배출권 공급측면) 개도국 온실가스 감축사업 확대를 위한 법·제도적 지원방안 논의
  - 개도국의 사업 대상지 정보 제공/타당성 평가/선정
  - 민관협력 모델 개발을 위한 법·제도적 지원
  - CTCN 등 사업-기술-재원 연계를 위한 제도 기반마련
  - 고품질 탄소를 확보하는 사업 이행 지원 기술 보급 지원(eg. MRV ICT 기술) 및 개도국-우리나라 간 법제도적 보완 부분 (DB연동/투명화 등)
- (배출권 이전측면) 해외에서 확보한 ITMOs, CER 이전 거래 기반 구축
  - 국가별 ITMOs 확보 상응조정 시점 논의
  - 국가별 해외 감축사업을 통한 ITMOs, CERs 이전에 대한 지분을 논의
  - CER의 KOC 전환 등에 있어서의 절차적/제도적 보완 필요
  - 자발적 시장에서 생성된 배출권의 국내 NDC 활용/인정 등에 대한 제도적 보완
  - 국외 온실가스 감축분 확보를 위한 제도적 대응책 마련 - 국제탄소시장(SDM, CORSIA, Voluntary market 등) 과 K-ETS 간 연계
  - 탄소배출권 거래 장외시장과 관련된 제도 마련 필요\*
    - \* 탄소배출권을 거래하는 탄소시장 중 장내시장(한국거래소) 이외 장외시장 관련 제도 규정 부재
- (배출권 수요측면) 투자 촉진을 위한 새로운 정책메커니즘 도입, 기 제도보완 등
  - 신기술 투자 촉진을 위한 CCfD(탄소차액결제거래), 공공조달 등의 정책 도입
  - 규제 간 충돌/호환\* 등을 보완하기 위한 제도적 보완
    - \* ETS/탄소국경조정제도, 할당/탄소세 등의 이중규제
- 기타
  - 파리협약 세부이행지침 마련(6.2조, 6.4조)에 따른 국내 정책대응 방향
  - 국내 법/제도의 중복/상충 문제 (녹색성장법/배출권법 등 상충법안 조정)
  - 민간 탄소거래 플랫폼 허가/규제 등의 제도적 기반 마련 등

□ **추진배경 및 필요성**

- 전 세계적으로 기후변화대응의 중요성이 확산됨에 따라 국제협력(양자·다자) 및 민관협력을 통한 기후재원의 확보·연계에 대한 수요 증가
- 정부는 기후변화대응 목표 달성을 위한 이행 전략을 발표하며, 기후 기술 분야의 전략적 국제협력의 중요성이 강조됨
- 특히 국가차원에서의 기후기술협력 수요의 조기발굴·확보 체계를 마련하여 국내 기후기술의 해외이전 활성화를 위한 환경 조성 필요

□ **운영목표 및 전략**

- (목표) 국내 기후기술의 개도국 진출·기술이전 및 선진국과의 협력 등 기후기술의 국제협력 기반조성을 위한 주요정책 아젠다 발굴 및 사업기획
- (전략) 부처-국가기후기술협력센터(GTC)를 주축으로 ①기술-재정 연계 전략 도출 및 사업기획, ②국가 기후기술 촉진 기본계획 수립을 위한 정책 안전 마련
  - (①기술-재정 연계) CTCN 협력연락사무소(‘22년 개소)를 중심으로 국내 기후기술의 국제협력 촉진·활성화를 위한 ‘기술-재정’ 연계 전략 수립 및 세부사업 사전 기획
  - (②기본계획 수립 지원) 국가 기후기술의 해외이전·기술 이전 활성화를 위한 정책 안전 도출 및 촉진법 기본계획 수립에 반영될 정책제언

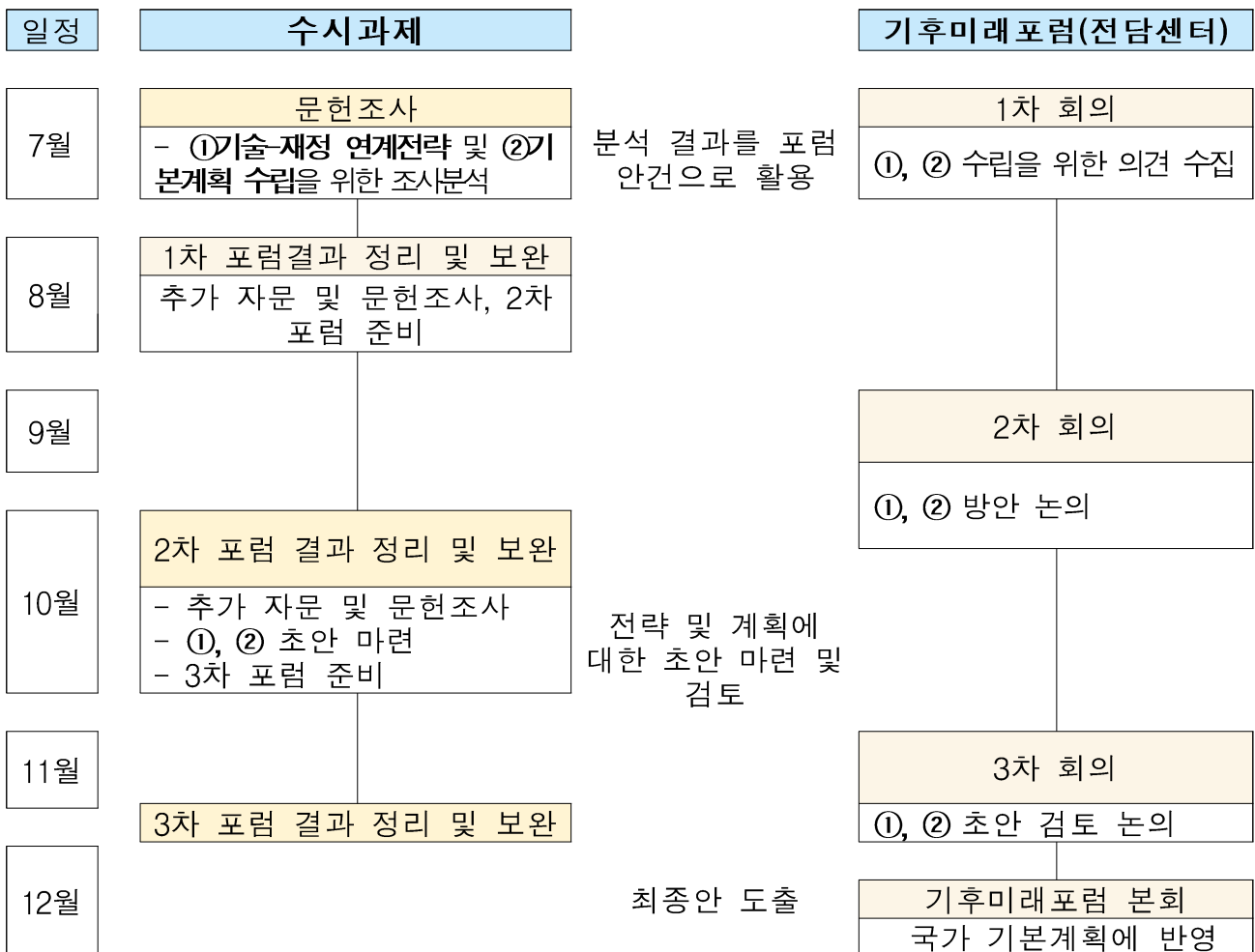
< 기후미래포럼 준비위 국제협력 분과구성(안) >

순번	이름	소속 및 직위	비고
1	곽재성	(학) 경희대 국제대학원 교수 / 외교부 정책자문위원	위원장
2	이연수	(공) KOICA 기후·감염병위기대응실장	위원
3	이지언	(공) 한국수출입은행 경험평가부장	위원
4	안옥상	(공) 한국산업은행 ESG·뉴딜기획부장	위원
5	정지원	(공) 대외경제정책연구원 정책분석팀장	위원
6	강수일	(학) GIST 국제환경연구소 국장	위원
7	김자겸	(산) (주)경동엔지니어링 부사장	위원
8	김성우	(산) (주)베리워즈 대표	위원
9	김태건	(연) GTC 기후기술협력정책센터장	위원

## □ 추진 계획

- 국제협력 및 개발 재원 관련 산·학·연·관 전문가를 위원으로 위촉하고 2~3차 회의를 통해 심층 논의
  - 회차별 주요 논의 아젠다 작성·사전공유, 심층논의 결과 정리 및 사후 공유
  - 효과적인 회의 운영 및 의견 수렴을 위해 회의 전후 필요 시 서면 검토 요청

### < 기후미래포럼 경제·산업 분과 운영 추진 프로세스(안) >



## □ 최종 산출물 및 기대효과

- (산출물) 국가 차원의 기후기술 국제협력 촉진을 위한 전략 수립 및 「기후변화대응 기술개발 촉진법안」 기본계획 국제협력 부문에 대한 정책 제언
- (기대효과) 정책 기반 기후기술 국제협력 촉진 기반 조성에 기여하여 국내 기후기술 보유기관들의 해외진출·기술이전 활성화에 기여

## □ 주요 논의안건(안)

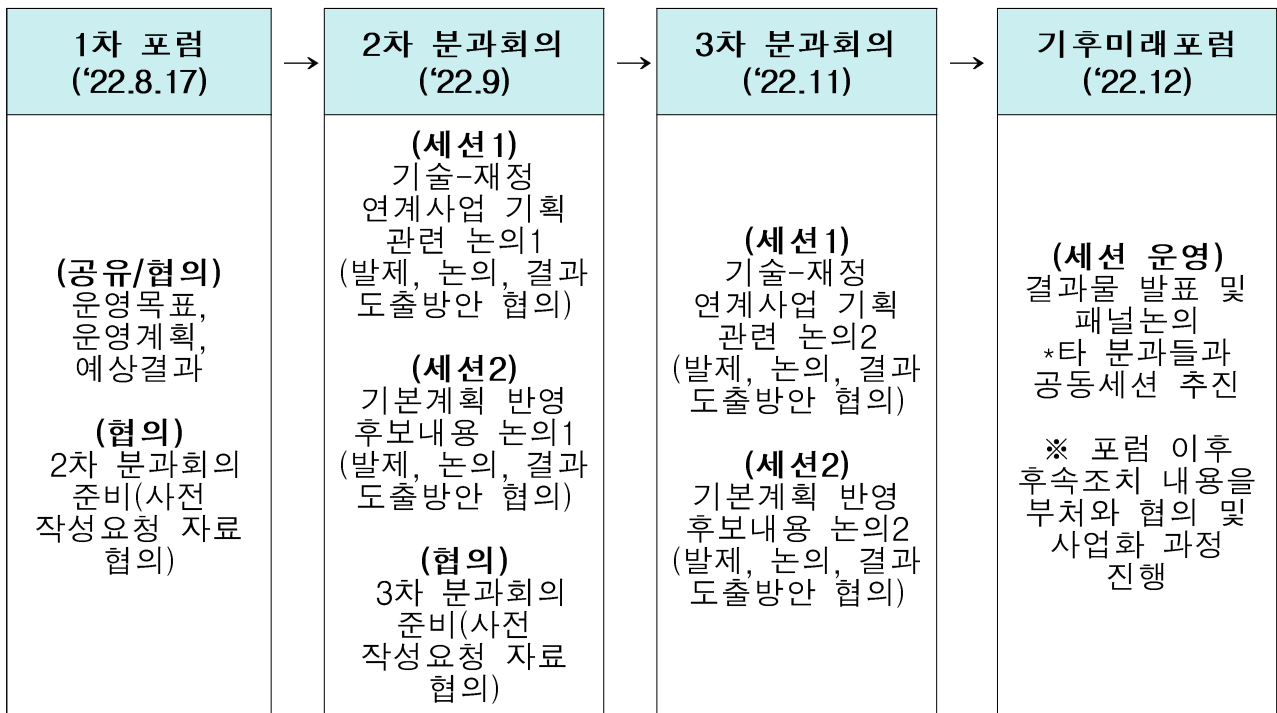
- (국가 기술협력사업의 문제요인) 현재 국내 기술협력사업의 다각적인 문제요인 분석 및 논의
  - (거버넌스) 부처/기관 통합·연계형 거버넌스의 필요성 관점에서 현 문제점
  - (추진체계) 협력사업의 추진체계 상의 문제요인 및 환경 분석
  - (역할자) 국내외 기획/이행/관리/평가 등의 역할분장 문제
  - (기타) 이외의 문제요인 및 환경 분석
- (기술협력사업의 스케일업) 기후기술 협력사업의 스케일업 활성화를 위한 논의
  - (연계형 사업) 스케일업을 위한 연계형 사업 마련을 위해 기존 및 신규 사업 활용방안 논의
  - (연계형 사업\_기존) 스케일업으로서의 사업내용, 자원 규모, 참여자 등에 대한 사례 공유 및 논의,
  - (연계형 사업\_신규) 신규사업으로 스케일업을 위한 사업내용, 자원 규모, 참여자 등의 마련을 위한 에 대한 사례 공유 및 논의
- (기술-재정 연계) 기후기술사업의 기술-재정 연계 관련 동향 공유 및 이슈 논의
  - 유엔기후변화협약의 CTCN TA-GCF 연계 등 국내외 연계대상 이슈들 공유
  - 대외적인 동향(First Mover Coalition 등) 공유 및 이슈 논의



□ 1차 분과회의 운영계획(안)

- (참석자) 국제협력분과 위원 9인, 과기정통부 황윤지 사무관, GTC 운영지원 2인
- (일시/장소) 8.17(수) 15:30-17:30, 과학기술회관 국제회의장 미팅룸4
- (안건) 분과운영 목표, 운영계획, 예상결과 활용방안 등 논의
  - ① 1차 분과위 운영일정 소개
  - ② 국제협력 분과의 달성목표\* 확인 및 의견 수렴
    - \* 기술-재정 연계 사업기획, 국제협력 관련 기본계획내용 도출
  - ③ 2-3차 포럼 준비위 운영계획(안)\* 검토 및 수정보완
    - \* GTC 운영지원인력이 작성, 회차별 안건 및 담당역할 제시
  - ④ 기후미래포럼(12월) 시 성과공유·홍보 방안 논의
  - ⑤ 분과운영 결과물\*의 활용방안 논의
    - \* 기본계획 내용, 연계 사업기획안
  - ⑥ 2차 포럼 운영(안) 및 일정 협의

< 전체 일정(안) >



[별첨 2]

## 분야별 전문가 자문단

이름	소속	직위/직책
<b>(기술) 국가 기상/기후 분야 유망기술 발굴을 위한 기술수요 조사·분석</b>		
김진영	소장	KIST 기후·환경연구소
예상욱	교수	한양대학교 해양융합공학과
정수중	교수	서울대학교 환경대학원
조민수	부원장	한국과학기술정보연구원(KISTI)
박영규	책임연구원	한국해양과학기술원
김형준	교수	KAIST 문술미래전략대학원
함유근	교수	전남대학교 지구환경과학부
차미영	교수	KAIST 수리및계산과학연구원
곽경환	교수	강원대학교 환경융합학부
변영화	부장	국립기상과학원 기후변화예측연구팀
원재광	과장	기상청 기후과학국 기후정책과
박민희	센터장	한국에너지기술연구원 국가기후기술정책센터
<b>(경제/산업) 기후기술 스타트업 생태계 활성화를 위한 정책 및 사업 아이템 발굴</b>		
박종준	교수	강원대 법학전문대학원
이명중	실장	창업진흥원 창업정책연구실
안영민	이사	SJ투자파트너스
유정희	본부장	벤처기업협회 혁신정책본부
한만재	팀장	SK머티리얼즈
양승찬	대표이사	스타스테크
권달정	실장	한국남부발전 기후환경대책실
한상엽	대표	소풍벤처스
정규창	팀장	한화솔루션 큐셀부문 정책팀
<b>(법/제도) 국내외 탄소중립/탄소시장 정책동향 조사 및 법/제도적 측면의 정책아젠다 발굴</b>		
오대균	교수	서울대학교
진선필	사무차장	AFoCO
류재욱	변호사	법무법인(유) 세종
류정령	대표	에코네트워크 (주)
정유심	원장	(사) 한국품질재단 에너지&기후변화평가원
유인식	팀장	IBK 기업은행 전략기획부 ESG 경영팀
양진모	부장	서부발전 기후변화탄소중립전략부

이름	소속	직위/직책
<b>(국제협력) 국내 기후기술 국제협력의 촉진·활성화를 위한 동향 조사 및 장애요인 도출</b>		
곽재성	교수	경희대 국제대학원
이연수	실장	KOICA 기후·감염병위기대응실
이지언	부장	한국수출입은행 경험평가부
안옥상	부장	한국산업은행 ESG·뉴딜기획부
정지원	팀장	대외경제정책연구원 정책분석팀
강수일	국장	GIST 국제환경연구소
김자겸	부사장	(주)경동엔지니어링
김성우	대표	(주)베리워즈



---

기후기술 활용·확산을 위한  
정책 아젠다 발굴 및 신규사업 기획 연구

---

인 쇄 | 2022년 12월

발 행 | 2022년 12월

발행인 | 이상협

발행처 | 국가녹색기술연구소

인쇄처 | 000인쇄소

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

국가녹색기술연구소(NIGT) 정책연구부

- 주소 서울특별시 중구 퇴계로 173  
남산스퀘어 17층(우 04554)
- 전화 02-3393-3928
- 이메일 park5085@nigt.re.kr



## 주 의

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