
탄소중립 녹색성장 기술 혁신 전략

2022. 10. 26.



관계부처 합동

순 서

I . 추진 배경	1
II . 국내외 현황	2
III . 탄소중립 녹색성장 기술 혁신 전략	5
1. 민간 주도의 임무 중심 탄소중립 기술 혁신	6
2. 신속 유연한 탄소중립 R&D 투자 강화	11
3. 혁신적 기술개발을 위한 선제적 기반 조성	14
IV . 향후 추진일정	18

I. 추진 배경

① 기후변화 위기 대응을 위해 탄소중립 국제 질서가 형성


- 지구 온난화에 따른 기후변화 위기가 가속화*됨에 따라 전세계적으로 탄소배출 감축을 위해 총 136개국에서 탄소중립 선언
 - * 지구온난화로 최근 30년간 지구 기온은 1.4℃ 상승하였으며 최근 10년간 기상 재해로 10조원 이상 손실 발생 → 2℃이상시 복원이 어려운 피해 예상
- 우리나라도 2050 탄소중립을 선언('20.10)하고, 2030 온실가스 감축 목표(NDC)도 상향*하는 등 국제사회의 기후위기 대응에 적극 동참
 - * 2030년 감축 목표 : (기존) '18년 대비 26.3% 감축 → (개선) '18년 대비 40% 감축(총배출량 기준)

② 탄소중립 실현을 위한 우리나라 여건이 녹록치 않은 상황

- 철강 등 에너지 다소비 산업이 많은 ①제조업 기반 경제, ②재생 에너지 제반이 불리한 환경 등 탄소 중립은 우리에게는 도전적 과제
- 특히, 선진국과 비교하여 탄소 배출정점 시기가 늦은 우리나라 (우리나라 탄소배출 정점시기 : '18년)는 ③탄소중립 기한이 촉박

③ 성공적인 탄소중립 달성을 위한 돌파구는 과학기술의 혁신

- 새로운 기술 혁신*에 의해 △산업 구조 변경(고탄소 → 저탄소), △전원믹스 변경(무탄소 전원 중심)등 탄소중립 대전환 시대 전망
 - * 석탄화력을 대체하는 고효율 태양광 발전 기술, 탄소배출은 제로로 하는 수소환원 제철 기술, 친환경 에너지를 통한 그린수소 공급 기술 등
- 국제에너지기구(IEA)는 글로벌 에너지 부분의 2050년 탄소중립을 위한 로드맵을 제시하면서, 핵심열쇠로 '기술 혁신' 강조
 - * 2050년까지 세계 에너지 분야 CO₂ 감축 중 95%가 기술혁신에 의한 것('21, IEA)

 새정부는 탄소중립 대전환을 새로운 성장의 기회로 활용하기 위한 전제 조건으로 과학기술 중요성 강조* → 탄소중립 기술 혁신 추진

* (국정과제 86) 과학적인 탄소중립 이행 방안 마련으로 녹색경제 전환

II. 국내외 현황

1

글로벌 현황




① 전세계의 탄소중립 동참 등 새로운 글로벌 질서 형성 전망

- (탄소중립 선언) 제25차 유엔기후변화당사국총회('19.12.11)에서 121개국이 참여, '국가기후목표상향동맹-탄소중립 2050' 선언
 - * 현재까지 전세계 196개 국가 중 136개국에서 탄소중립 선언
- (글로벌 질서 변화) EU를 중심으로 탄소국경세 도입, 자동차 배출규제 상향 등 환경 규제 강화

- (탄소 국경세) EU는 탄소배출 규제가 약한 국가나 기업에 관세를 부가('23~)
- (자동차 배출규제) EU는 신차 CO2 배출기준 강화 ('20년 95 → '30년 59g/km)
미국은 '30년까지 신차 판매의 50%를 친환경차로 확대
- (EU 플라스틱세) 재활용이 불가능한 플라스틱 폐기물에 세금 부과('21~, 0.8유로/kg)

② 탄소중립 新시장 선점을 위한 핵심기술 확보 경쟁 치열

- (정부) 각국은 탄소중립 핵심기술을 선정, 대규모 R&D 투자도 실시

주요국	주요 내용
미국 	· 일자리창출 및 기후위기 대응을 위한 미국 혁신('21.2.11) → 탄소중립건물 등 12개 핵심기술 선정 / 350억불 투자 · 인플레이션 감축법을 통해 탄소중립에 3,690억불 투자(~'30)
독일 	· 기후보호프로그램('19.9), 국가 수소전략('20.6) 등 → 재생에너지 등 8대 핵심기술 선정 / 80억 유로 투자(기후행동프로그램 등)
일본 	· 2050 탄소중립에 따른 녹색성장전략('20.12.25) 등 → 해상풍력 등 14개 핵심분야 선정 / 2조엔 투자(그린이노베이션기금)

※ 출처 : 녹색기술기후센터

- (민간) 글로벌 기업은 2050 탄소중립과 관련하여 △RE100 참여*, △ESG 투자 확대** 등 탄소중립 투자 확대를 시사

* 기업 사용전력의 100%를 재생에너지로 충당하겠다는 자발적 캠페인(現 381여개)

** 전세계 ESG(환경·사회·지배구조) 투자 규모(달러, GSIA): ('16)23조 → ('18)30조 → ('20)35조

① 우리도 탄소중립을 선언, 현실적 여건은 쉽지 않은 상황

- (재생에너지 확대에 불리) 재생에너지 보급을 위한 제반환경이 주요국 대비 불리한 상황(육상풍력 및 수력 확대 한계 등)
 - * 수력 발전량 비중('19년, %) : (韓) 0.5, (日) 8.3, (獨) 4.2, (美) 7.1, (英) 2.4
- (고탄소 산업 구조) 주요국 대비 제조업 비중이 높고 제조업 중 에너지 다소비 업종의 비중도 높아* 탄소중립 비용이 높은 상황
 - * 제조업 중 에너지 다소비 비중(1차 금속, 석유화학 등) : 韓(81.8), 日(78.3), 美(70.3), OECD(72.0)
- (짧은 준비 기간) 탄소배출 정점 시기가 늦어 탄소감축 기간 촉박
 - * 탄소중립까지 소요기간 : EU 60년, 일본 37년, 한국 32년, 중국 30년

② 탄소중립 실현을 위한 국내 기술수준도 낮은 상황

- (정책 수립) 2030 NDC 및 2050 탄소중립 실현을 위해 관계부처에서 다양한 기술개발 정책을 마련·추진

< 탄소중립 R&D 주요정책 추진경과 >

탄중위	2050 탄소중립 선언 + 2030 NDC 상향 및 탄소중립 시나리오 마련
↓	
관계부처	<ul style="list-style-type: none"> ■ 탄소중립 중점기술(안) ('21.8, 과기부) ■ 탄소중립 산업·에너지 R&D 전략 ('21.11, 산업부) ■ 환경기술 개발 추진전략 ('21.12, 환경부, 탄소중립 이행기반 등 포함) ■ 중소기업 기술 로드맵 ('21.12, 중기부, CCUS, 신재생에너지 등 포함) 등

- (기술수준) 선도국 대비 기술수준도 대부분 60~80% 수준에 불과

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

※ 출처 : 2020년 기술수준평가(KISTEP, '21.3)

③ 혁신기술개발을 위한 국내 탄소중립 R&D 투자가 본격화

- (R&D 기획) 국가 대형 R&D 사업 기획 시 부처간 통합·조정 기능 및 민관간 협업 미흡
 - (부처 협업) 부처에서 대형사업 기획시 타부처와의 협업 등을 고려하지 않는 단편적·파편적 기획으로 인한 부실화 되는 경향
 - (민관 협업) 신속하고 효과적인 탄소중립 기술개발-실증-현장적용-확산을 위한 민관 역할분담 및 협업이 미흡
- (R&D 투자) 탄소중립 전체 R&D 규모('20년)는 약 8.8조원으로 정부 투자가 18%(1.6조원, '20년), 민간 투자가 82%(7.2조원, '20년) 차지
 - (정부) 최근 3년간 연평균 13.3%로 규모가 크게 증가하였으며, '23년에는 2.31조원을 투자할 계획(정부안기준)
 - ※ ('20) 1.59조원 → ('21) 1.88조원 → ('22) 2.25조원 → ('23안) 2.31조원
 - (민간) 에너지 수요 관리(2조원, 27.8%), 에너지 저장(1.9조원, 26%), 재생에너지(1.4조원, 19.5%) 등 에너지 분야에 집중적으로 투자
 - ※ 출처 : 2020년도 기후기술 산업통계(녹색기술센터, '21.12)

< 주요 시사점 >

- ◇ 국내 여건 고려, 국가 차원에서 조망한 쏠분야 기술 혁신 필수, 그간 탄소중립 R&D 규모 확대 등 탄소중립 기술 확보 노력 전개
- ☞ 새정부 기조에 맞춰 민·관이 함께 탄소중립 기술을 정확히 타겟팅하여 신속히 개발·적용하는 '포부처'·'쏠주기' 체계 마련

< 탄소중립 녹색성장 기술혁신전략 추진방향 >

기존에는 (AS-IS)		앞으로 (TO-BE)
기술의 임무 모호 / 정부 주도	→	임무 중심의 기술 선정 / 민간 주도
경직적인 R&D 운영 시스템 (부처별 예산 배분, 예타 기간 장기화 등)	→	신속 유연한 R&D 시스템 (분야별 예산 배분, 예타 Fast track, 국제협력 활용)
단일 부처 중심의 기술 개발 추진 체계	→	기술 실현(실증·사업화)까지 고려한 범부처 협업 지원 체계 강화

Ⅲ. 탄소중립 녹색성장 기술혁신 전략

목표

기술 혁신을 통한 2030NDC 및 2050탄소중립 실현

기본 방향

민간 + 임무 기획

한국형 탄소중립 100대 핵심 기술 전략 고도화

신속 유연한 투자

탄소중립 핵심기술에 대한 R&D 신속 투자

기술혁신 기반조성

탄소중립 기술 사업화 촉진 시스템 구축

세부 추진 방안



민간 주도의 임무중심 탄소중립 기술 혁신

- ① 한국형 탄소중립 100대 핵심기술 선정
- ② 임무 중심의 기술 혁신 로드맵 수립
- ③ 민간 수요 반영을 위한 산학연 협업 시스템 구축



신속 유연한 탄소중립 R&D 투자 강화

- ① 범부처 통합형 R&D 예산배분 조정 체계 도입
- ② 신속 유연한 예타 지원 및 맞춤형 프로젝트 추진
- ③ 선도국 중심의 전략적 국제협력 강화



혁신적 기술개발을 위한 선제적 기반 조성

- ① 혁신기술의 신속한 사업화 및 창업 촉진
- ② 신뢰성 있는 탄소배출 측정·검증 모델 개발
- ③ 탄소중립 R&D와 연계한 선제적 제도·규제 개선
- ④ 산학연 공동 탄소중립 전문인력 양성
- ⑤ 범부처 탄소중립 R&D컨트롤타워 강화

1

민간 주도의 임무 중심 탄소중립 기술 혁신

- ◇ **[기술 전략성 제고]** 우리나라 여건을 고려한 ①한국형 탄소중립 100大 핵심기술 선정, ②임무 기반의 기술혁신 로드맵 수립 추진

① 한국형 탄소중립 100大 핵심기술

에너지 전환	 <p>(국내여건 : 좁은 국토면적, 에너지 안보 등) 사용처 다변화 태양광, SMR 등 29개 내외</p>	산업	 <p>(국내여건 : 고탄소 제조업 중심 산업 구조) 친환경 연·원료 대체, CCUS 등 48개 내외</p>
건물 환경	 <p>(국내여건 : 고층형 건물 / 폐기물 발생량 증가) 건물 에너지 효율화, 폐기물 저감 소재 등 14개</p>	수송	 <p>(국내여건 : 내연기관 중심의 자동차 및 선박) 차세대 전지, 구동기 효율화 등 9개 내외</p>

② 임무 기반의 기술혁신로드맵

기본 방향	명확한 임무 및 목표 설정 (2030 NDC, 2050 탄소중립 고려)	기술 중립 기반의 시나리오 (단계별 기술 경쟁·획득시 → 실증 연계)
	탄소중립 가치사슬(Value Chain) 강화 (시스템+소부장 기술까지 함께 고려 → 해외 기술 종속 탈피 + 국내 산업 기초체력 강화)	
예시	<div>현재</div> <div>NDC 2030</div> <div>2040</div> <div>탄소중립 2050</div>	
	<div> <div>(예시 : 철강)</div> <div>고로-전로 저탄소 공정기술 개발</div> <div>고로/전로 연원료 대체</div> </div> <div> <div>실증</div> <div>1기 시험적용</div> <div>연 176만톤 감축 (△1.7%)</div> </div> <div> <div>단계적 설비 적용</div> <div>전 설비 적용완료</div> <div>연 2,870만 톤 감축 (△28.3%)</div> </div> <div> <div>단계적 설비 폐쇄</div> <div>(수소환원제철로 대체)</div> </div>	

- ◇ **[민관 협업 강화]** ③R&D 기획·투자에서 ④R&D 수행까지 민간이 주도할 수 있는 민관 협업 시스템 구축·운영

③ R&D 기획 및 투자

분야별 대표 협단체 및 기업이 참여하는 **민간 협의체 운영**

④ R&D 수행 기관

기술 유형에 따른 **컨소시엄 다각화**

- ※ 공통 기반기술 : 그랜드 컨소시엄 구성
- ※ 특화 기술 : 단일 기업-컨소시엄 지원

1-1. 한국형 탄소중립 100대 핵심기술 선정

◇ 우리나라 여건을 고려하여 ▲탄소감축 기여도, ▲탄소감축 비용효과, ▲실현 가능성 검토 → 한국형 탄소중립 100대 핵심기술 선정

- ① (중점기술 분야 선정) 부문별 탄소 배출량 등을 고려하여 탄소중립 관련 총 110개 분야 중에서 탄소중립 중점기술 분야 선별·배분
 ※ 수요조사(21.3) → 5개 분과위 운영(21.5~7) → 탄소중립기술특위(21.8, 39개)
 - 한국형 新녹색분류체계 등 고려, 원자력 분야 추가(기존 39개 → 40개)

부문	탄소 배출량 (백만톤, 비중)		탄소중립 중점기술 분야
총합	727	100%	총 40개
에너지 전환	269	37%	태양광, 풍력, 원자력 등 12개 분야
산업	260	36%	수소환원제철 등 12개 분야
수송·교통	98	14%	전기차용 이차전지 등 6개 분야
건물·도시	52	7%	화석연료대체 기자재 등 4개 분야
환경	41	6%	자원순환형 소재 등 3개 분야
CCUS	-85	-	포집, 저장, 활용 등 3개 분야

- ② (한국형 탄소중립 핵심기술) 국내 여건(좁은 국토면적, 제조업 중심 산업 구조 등) 고려, 중점기술 분야 구체화 → 100대 핵심기술 선정 추진

※ 탄소중립 중점기술(21.8) 및 분야별 민간 전문가 의견 수렴을 통해 100대 기술(안)을 도출하였으며, 국가과학기술자문회의를 통해 관계부처 합동으로 최종 확정 추진(22.12)

- (에너지 전환) 국토면적 및 기상여건(저풍량 등), 에너지 안보(해외자원 의존도) 등 → ▲고효율 ▲대형화 ▲분산형 등 관련 기술(29개 내외)

부문별	탄소중립 중점분야	탄소중립 100대 핵심기술(안)
1 태양광	태양광	(고효율) 초고효율 전지, 사용처 다변화 기술 등 3개
2 풍력	풍력	(대형화) 초대형 풍력터빈, 부유체 기술 등 4개
3 수소공급	수소공급	(대형화+그린수소) 수전해 수소 생산 등 3개
4 전력저장	전력저장	(고출력/대용량) 단주기 에너지저장시스템 등 3개
5 전력망	전력망	(양방향/분산형) 실시간 전력거래 플랫폼 등 3개
6 에너지 통합시스템	열생산·변환	(고효율) 히트펌프, 열에너지네트워크 등 3개
	에너지통합연계	(고효율) 전력-열-수소 하이브리드 시스템 등 1개
7 무탄소 신전원	수소암모니아 (청정화력발전)	(고효율) 미분탄 보일러 암모니아 혼소 등 2개 (고효율) 수소 혼소 방식의 가스발전 등 2개
	발전용연료전지	(분산형/고효율) 연료전지 복합발전 기술 등 2개
8 원자력	차세대 원자력	(분산형/안보) SMR, 선진원자력시스템 등 3개

- － (산업) 국내 산업 탄소배출의 핵심 원인은 공정 단계의 高탄소 연료·원료 → 친환경 연·원료 ▲고효율 등 관련 기술(48개 내외)

부문별	탄소중립 중점분야	탄소중립 100대 핵심기술(안)
9	철강	수소환원제철 (원료전환) 수소환원 제조, 新전기로 등 2개
		초고속 전기로 (고효율) 저탄소 新열원재 활용 등 총 2개
		부산물 업사이클링 (자원순환) 철강 부산물 업사이클링 등 2개
		저탄소 고로·전로 (연·원료전환) 탄소저감형 고로·전로 등 2개
10	석유화학	연료 전환 (공정 전기화) 전기가열로 시스템 2개
		원료 전환 (바이오 기반 원료) 바이오 나프타 등 5개
		자원 순환 (폐플라스틱 원료화) 혼합플라스틱 분류 전처리 등 4개
		저탄소 화학공정 (고효율) 저에너지 분리 공정 등 4개
11	시멘트	혼합재 활용 (원료전환) OPC 內 혼합재 함량 증대 등 2개
		석회석 원료 대체 (원료전환) 비탄산염원료 전처리 기술 등 5개
12	CCUS	포집 (경제성 확보) 연소 후 포집 등 4개
		저장 (대형화) 저장소 탐사·평가 등 4개
		활용 (경제성 확보) 광물탄산화 등 총 3개
13	산업일반	대체연료적용 (연료전환) 화학연료 대체 전기화 등 2개
		원료공정대체 (원료전환) 고GWP 공정가스 대체 등 3개
		공정에너지효율화 (고효율) 전동기·전력변환기 효율화 등 2개

- － (수송, 건물, 환경) 탄소중립 제품으로 신속히 전환되도록 성능·편의성 제고 → ▲고효율 ▲고품질·장수명 등 관련 기술(23개 내외)

부문별	탄소중립 중점분야	탄소중립 100대 핵심기술(안)
14	친환경 자동차	전기차용 이차전지 (고효율) 차세대 이차전지 기술 등 1개
		전기차 에너지효율화 (고효율) 구동장치(모터/인버터) 효율화 등 2개
		전기차용 전기충전 (초급속) 유선 충전 시간 단축 등 1개
		수소차용 연료전지 (장수명) 연료전지 내구성 향상 등 1개
15	제로 에너지 건물	설비자재 및 시스템 고효율화 (고효율) 건축물 에너지 설비 효율화 등 2건
		신재생에너지 융합 시스템 (고효율) 신재생에너지이용 저장·활용 등 3건
		건물에너지 관리제어 시스템 (고효율) 건물에너지 데이터통합 시스템 등 2건
		고성능 다기능 외피 (초단열) 외피자재 및 설비 고도화 등 2건
16	환경	자원순환형 혁신소재 (원료대체) 폐기물발생 저감용 대체 소재 등 1개
		자연기반 흡수증진 (경제성 확보) 육상토양 탄소저장 증진 등 3개
		유용자원 회수 (고품질화) 도시광산 재생금속 확보 등 1개
17	무탄소 선박	무탄소 선박 (연료전환) 무탄소 연료 내연기관 등 4개

☞ 한국형 탄소중립 100대 핵심기술(안)은 대내외 환경 변화(혁신 신기술 등장, 탄소중립 규제 동향 등)을 고려, 지속적으로 재설계*(Rolling Plan) 추진

* 분야별 민간 의견을 상시 수렴, 과학기술자문회의 산하 '탄소중립 기술특별위원회'에서 확정

< 참고 : 한국형 탄소중립 100대 핵심기술 리스트(안) >

분야	탄소중립 100대 핵심기술(안)	분야	탄소중립 100대 핵심기술(안)
태양광	초고효율 태양전지 기술	철강	탄소저감형 고로 및 전로 기술
	사용처 다변형 태양광 시스템 기술		순산로 고로 기술
	폐태양광 재활용 기술		초고속 전기로 공정 기술
풍력	초대형 풍력터빈 기술	석유화학	저탄소 신열원재 활용 기술
	해상풍력 부유체 기술		수소환원제철 제조 기술
	해상풍력 발전 운영 및 관리 기술		수소환원제철 기반 新 전기로 기술
수소 공급	수직축 방식의 부유식 풍력발전 기술	시멘트	철강 부산물 고부가 업사이클링 기술
	수전해 수소 생산 기술		철강 부생가스 CCUS 기술
	수소 저장 및 운송 기술		전기 가열로 시스템 기술
무탄소 신전원	해외수소 저장 및 운송 기술	산업 일반	부생가스(메탄) 고부가전환 기술
	수소 혼소 방식의 가스 발전 기술		바이오 올레핀 생산 및 응용 기술
	수소 전소 방식의 가스 발전 기술		바이오 PEF 생산 및 응용 기술
전력 저장	미분탄 보일러 암모니아 혼소 기술	환경	바이오 폴리올 생산 및 응용 기술
	유동층 보일러 암모니아 혼소 기술		목질계 원료 활용 및 응용 기술
	초고효율 연료전지 복합발전 기술		바이오 아크릴산 생산 및 응용기술
전력망	고효율 연료전지 열병합 시스템 기술	친환경 자동차	혼합 플라스틱 분류 및 전처리 기술
	단주기 에너지 저장 시스템 기술		폐플라스틱 열분해기술
	장주기 에너지 저장 시스템 기술		폐플라스틱 가스화 기술
에너지 통합 시스템	사용후 배터리 ESS 시스템 기술	원자력	폐플라스틱 해중합 기술
	지능형 송배전 시스템 기술		연료유의 기초화학연료 전환 기술
	실시간 전력거래 플랫폼 기술		저에너지 화학반응 공정 기술
제로 에너지 건물	분산전원 및 유연자원 통합 운영 기술	환경	저에너지 분리소재 공정 기술
	히트펌프 기술		석유화학 공정 스마트 플랫폼 기술
	태양열 기술		비탄산염 원료 전처리 기술
CCUS	전력-열-수소 하이브리드 시스템 기술	친환경 자동차	비탄산염 원료 소성 기술
	열에너지 네트워크 기술		비탄산염 공정 및 품질 제어 기술
	초단열 외피자재 및 설비 기술		비탄산염 원료 사용비율 극대화 기술
무탄소 선박	그린 리모델링 기술	환경	저온 소성 원료 대체 기술
	건축물 냉동공조 기기 효율화 기술		OPC 內 혼합재 함량 증대 기술
	건축물 에너지 시스템 효율화 기술		신규 혼합재 및 시멘트 기술
무탄소 선박	신재생에너지 이용 ESS 융합 기술	친환경 자동차	화석연료 대체 전기화 기술(보일러 등)
	연료전지 기반 융합 시스템 기술		수소 암모니아 바이오 매스 연료 활용 기술
	미활용 에너지 활용 기술		高GWP(온난화지수) 공정가스 대체 기술
무탄소 선박	건물에너지 데이터 통합 시스템 기술	친환경 자동차	바이오매스 유래 섬유 제조 기술
	건물에너지 스마트 연계제어 기술		유리제조 공정 내 커팅 비율 확대 기술
	연소 후 포집 기술		전동기 및 전력변환기 효율화 기술
무탄소 선박	산업공정 포집 기술	친환경 자동차	배출가스 친환경 처리 기술
	연소 중 포집 기술		차세대 이차전지 기술
	직접 공기 포집 기술		구동 모터 성능 향상 기술
무탄소 선박	육해상 저장소 탐사 및 평가 기술	친환경 자동차	전력변환장치 고도화(SiC 전력반도체) 기술
	저장소 설비 설계·구축 기술		유선 충전 시간 단축 기술
	저장소 CO ₂ 주입 및 운영 기술		연료전지 시스템 내구성 향상 기술
무탄소 선박	저장소 누출탐지 등 모니터링 기술	친환경 자동차	폐기물 발생저감 대체소재 기술
	화학적 전환 기술		토양 탄소저장 및 탄소흡수원 등 국토복원 기술
	생물학적 전환 기술		기후변화 영향분석·리스크 저감 기술
무탄소 선박	광물 탄산화 기술	친환경 자동차	폐자원에서부터 금속자원 회수 기술
	무탄소 연료 활용 내연기관 기술		블루카본(해조류, 염생습지 등) 증진 기술
	선박용 연료전지 및 배터리 시스템 기술		소형모듈형원자로(SMR) 기술
무탄소 선박	전기 모터 추진 시스템 기술	친환경 자동차	선진 원자력시스템 기술
	무탄소 연료 후처리 및 효율 향상 기술		원자력 폐기물 관리 기술

1-2. 임무 중심의 기술혁신로드맵 수립

◇ 2050 탄소중립, 2030 NDC 등 탄소감축 목표 달성 시점까지 최소 8년 이상 소요 → 명확한 임무 기반의 R&D 로드맵 체계 구축(분야별)

- ① **(명확한 임무 설정)** 2030년 NDC, 2050년 탄소중립을 고려한 탄소 감축 목표와 연계하여 기술 달성 목표를 설정
 - 단기(2030) / 중장기(2050) 측면에서 탄소감축 기여가 가능한 기술을 구분하여 각 목표 시점에 적합한 기술 목표치 설정
- ② **(탄소중립 가치사슬 강화)** 분야별 특성에 따라 시스템 기술에서 요소(소부장)기술까지 고려한 가치사슬 관점의 기술개발 기획
 - ※ (예시 : 수전해시스템) 수전해 시스템을 이루는 전극, 분리막 등의 핵심소재가 시스템 성능 및 품질 좌우 → 고효율(오막저항 저감 등) · 고내구성(고온 · 고전압 대응) 소재 개발 병행
- ③ **(기술 중립 기반의 시나리오)** 단계별로 기술 획득이 성공(목표치 달성)할 경우, 이후 단계(실증 등)를 적용하는 방식의 로드맵 수립
 - 총 17개 분야 대상*으로 기술 변화 등 고려, 주기적 재설계(rolling plan)
 - * 태양광, 풍력, 수소공급, 무탄소신전원, 전력저장, 전력망, 에너지통합시스템, 제로에너지건물, 환경, 철강, 석유화학, 시멘트, 산업일반, 친환경자동차, 무탄소선박, CCUS, 원자력

1-3. 민간 수요 반영을 위한 산학연 협업 시스템 구축

◇ 우리나라 탄소중립 R&D(8.8조원)에서 민간 투자가 대부분 차지(82%)
→ R&D 기획 · 수행단계의 민관 협업을 통한 시너지 효과 제고

- ① **(기획 단계 : 민간 협의체)** 탄소중립 R&D 정책에서 R&D 투자(과제단위) 까지 민간 기업의 의견을 수렴하는 탄소중립 분야별 협의체 운영
 - ※ 탄소중립 분야별 협의체 : △산업공정 혁신(철강, 석유화학, 시멘트), △재생에너지(태양광, 풍력, 전력계통), △수소(생산 · 저장 · 운송, 연료전지 등), △CCUS
- ② **(수행 단계 : 맞춤형 컨소시엄)** 기술 성격에 맞춰 컨소시엄 다각화
 - **공통 기반기술** : 산업 분야별 협 · 단체 및 수요기업군이 중심이 되어 공급기업과 함께 공동으로 개발하는 **그랜드 컨소시엄 구성 · 운영**
 - **특화 기술** : 공통 기반기술로 일반화되기 어려운 특정 기술분야(기술 비지정)의 경우, 기업간 경쟁을 통해 수요기업 · 공급기업으로 구성된 **단일 컨소시엄 선정 · 지원**

2

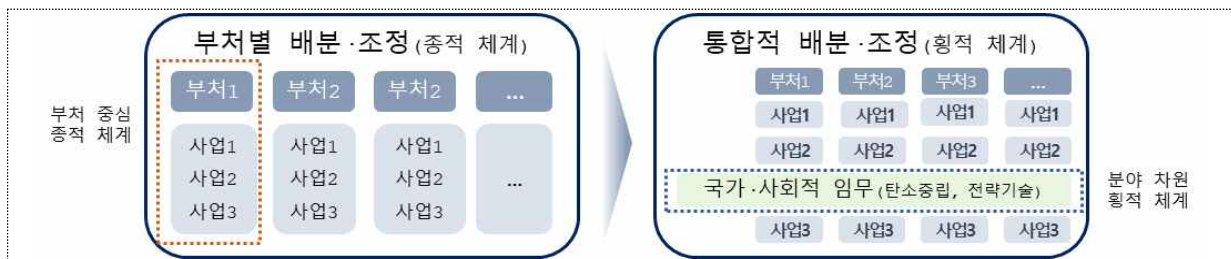
신속 유연한 탄소중립 R&D 투자 강화

2-1. 범부처 통합형 R&D 예산배분 조정 체계 도입

◇ 탄소중립 예산이 탄소중립 핵심기술로 정확히 투자되는 프로세스 정착 필요 → 범부처 차원의 R&D 조정 체계 + 혁신로드맵 연계

① (R&D 예산 조정) 범부처 차원에서 탄소중립 사업군에 대하여 전략적 지출 검토*하는 범부처 통합 예산 배분·조정 체계 적용

* 전략적 지출검토 : 사업구조 효율화를 통한 지출 삭감과 함께 임무별 특성을 고려한 우선순위 재설정을 통해 예산 배분의 효율성 제고



② (기술혁신로드맵 연계) 탄소중립 핵심기술 연관 사업*에 우선 투자

* 부처 단위가 아닌 국가적 수준의 통합적 목표 달성 및 예산 투입의 시너지 효과를 낼 수 있는 신규사업, 예타 등 사업에 집중 투자

2-2. 탄소중립 분야 신속 예타 지원 및 맞춤형 프로젝트 추진

◇ 탄소 감축목표(NDC) 달성을 위해 대형 프로젝트 기획·추진이 시급
→ 탄소중립 R&D 대상, 신속 예타 제도 적용 + 맞춤형 프로젝트 기획

① (신속·유연한 예타 지원) 탄소중립 R&D가 신속 착수되고 기술·정책 상황 변화에 탄력적으로 대응이 가능토록 예타 제도 개선

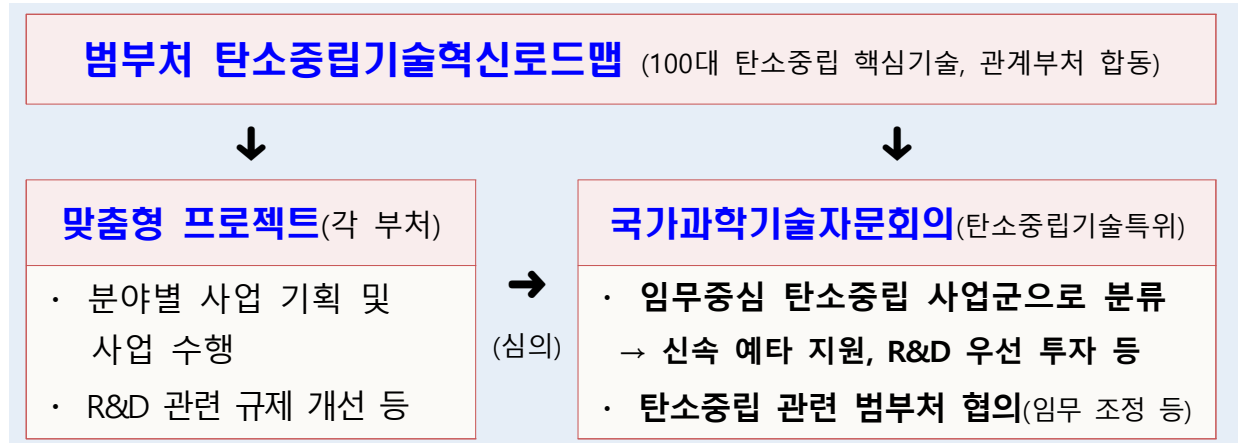
－ 간략한 평가가 가능한 사업 대상, 예타 조사 기간 단축(7개월 → 4.5개월)

※ 예타 총괄위원회 의결 등을 통해 시급한 조사 필요성이 인정된 주요 정책 관련 사업 (임무중심의 탄소중립 R&D)으로서, 총사업비 3,000억원, 사업기간 5년 이하인 사업

－ 기술환경 변화에 따라 사업계획 변경이 가능하도록 예타 통과 이후에도 특정평가를 거쳐 사업계획 변경을 허용

※ 전담 조직을 구성하여 사업 착수 후 일정 기간이 경과한 임무중심형 사업들을 중심으로 목적의 합리성, 과제 구성의 적절성 등을 재평가, 조정 실시

- ② (맞춤형 프로젝트) 향후 5~7년 내외로 공백 기술에 대하여 가시적 성과 창출(실증 등)이 가능한 민관 합동 R&D 프로젝트 기획·추진
- ※ 각 분야별 대형 사업을 기획(예타 미통과 사업의 경우는 사업기획 보완후 재추진)
- (운영) 프로젝트 전반(기획·평가·관리 등)에 강력한 재량권을 갖고, 사업을 전담하는 PM(Project Manager)제도 적용
 - (지원) 탄소중립 기술특위를 통해 R&D 예타 및 투자 우선 지원



< 참고 : 탄소중립 프로젝트 기획(혹은 진행) 현황 >		
부문	사업명	주요 내용
에너지	탄소중립 혁신기술개발 (과기부)	· 차세대 태양전지 등 원천기술 확보 · 기간 / 규모 : 미정 (준비중)
	혁신형 소형모듈원자로 기술개발 (과기부, 산업부)	· 경제성 안정성을 높인 170MW급 SMR 개발 · 기간 / 규모 : '23~'28 / 3,992억원
산업	탄소중립 산업핵심기술개발 (산업부)	· 철강, 석유화학 등 탄소저감 기술 확보 · 기간 / 규모 : 미정 (준비중)
수송	친환경 선박 전주기 혁신기술개발 (해수부, 산업부)	· 친환경선박 핵심기술 및 시험평가 실증 등 · 기간 / 규모 : '22~'31 / 2,540억원
수소	청정수소 공급 벨류체인 핵심기술개발 (과기부, 산업부, 국토부, 해수부 등)	· 수소생산, 저장·운송, 활용의 공백 기술 확보 · 기간 / 규모 : 미정 (준비중)
환경	순환경제 이행 핵심기술개발 (환경부)	· 폐기물 감량, 폐자원 에너지 효율화 등 · 기간 / 규모 : 미정 (준비중)
	신기후체제대응환경기술개발사업 (환경부)	· 기후변화 영향 통합평가 및 탄력성 제고 등 · 기간 / 규모 : '22~'28 / 1,008억원
중소기업	중소기업 저탄소 생태계 구축 기술개발 (중기부)	· 중소기업 대상 저탄소 공정 개발 지원 등 · 기간 / 규모 : 미정 (준비중)

2-3. 선도국 중심의 전략적 국제협력 강화

◇ 국내 자원(지리적 여건, 원천기술, 인적자원 등)만 가지고 탄소중립을 대응하기에는 한계 → 글로벌 선도국과 협력 확대로 기술 주도권 확보

- ① **(국제협력 전략성 강화)** 탄소중립 분야별 기술 경쟁 우위 분석을 기반으로 ‘(가칭)글로벌 탄소중립 기술협력 추진 전략(‘23.上)’ 마련
※ 탄소중립 국제협력 TF 구성 및 운영 (과기혁신본부장 주재, 민간 전문가 등 총 15명 내외)

< 글로벌 탄소중립 기술협력 추진 과제(안) >

- ▶ 탄소중립 분야별 기술경쟁 우위 분석 → 전략적 기술 협력국(혹은 기관) 발굴
- ▶ 주요국 기술개발 현황 조사 → 국제협력 플래그십 프로젝트 발굴
- ▶ 기술 협력 방식 다양화 → 국제공동연구, 글로벌 EPC컨소시엄, 개방형 M&A 등
- ▶ 글로벌 표준 동향 분석 → 차세대 기술 표준 선점을 위한 해외기관 협력 등

- ② **(기술 유형별 전략적 제휴)** 탄소중립 기술 유형별 특성을 고려한 협력 의제를 발굴·기획

- (유형 1 : 기술 도입형) 국내외 기술격차가 크고, 해외에 원천기술이 있는 경우, 공동연구 등을 통해 개발기간 단축 및 조기 상용화 추진
- (유형 2 : 세계 선도형) 선도국 수준의 우수한 기술을 보유한 기업·기관 간 공동프로젝트를 통해 혁신적인 원천기술 개발 추진
- (유형 3 : 상호 보완형) 국내 보유 자원이 빈약한 경우, 해당 자원을 소유한 국가·기관과 전략적 제휴를 통해 원천기술의 상용화 추진

< 유형별 국제협력 의제 예시 >

유형	분야	전략과제	국내 우수기술	필요한 해외기술	협력국 (예상)
기술 도입형	수소 생산	▶ 알칼리 수전해 고내구성 전극 및 분리막 기술	▶ 전극, 분리막 등 생산 기술	▶ 고내구성 분리막 및 대형전극 원천기술	독일, 이탈리아
세계 선도형	태양광	▶ 차세대 태양광 발전 원천기술	▶ 페로브스카이트 고효율 소자	▶ 탠덤 모듈 저온 공정장비 등	독일, 스위스, 미국 등
상호 보완형	CCS	▶ 해외 CCS 저장소 공동활용 프로젝트	▶ CCS 플랜트 엔지니어링 기술	▶ 대규모 가스전 보유 여부 등	동남 아시아, 중동 등

※ (참조) 에너지 국제공동연구 로드맵 내용 재편집(‘21.12월, 산업부/에기평)

- ③ **(플래그십 프로젝트)** 글로벌 선도국과의 공동협력 연구과제 중에서 실증까지 연계한 대형 프로젝트 사업도 발굴·추진
- ④ **(개도국 맞춤형 수요 발굴)** 기후기술협력네트워크(CTCN)을 통해 수요를 발굴하고, 국내외 재원(ODA, GCF)을 활용한 기술협력 지원 추진

3

혁신적 기술 개발을 위한 선제적 기반 조성

3-1. 혁신기술의 신속한 사업화 및 창업 촉진

◇ 탄소중립 기술은 개발로 그치지 않고 실제 산업 현장 적용이 목표
→ 단계별 실증 지원 + 지역별 맞춤형 지원 + 기술 사업화·창업 촉진

- ① (단계별 실증 추진) 대규모 설비 전환을 필요로 하는 탄소중립 기술 특성을 고려하여 단계별로 확대하는 방향으로 R&D 실증 지원
- 특히, 단계별 구성이 많은 중장기 단계형 사업에 대해서는 초기 단계 구성이 합리적인 경우, 사업 개시가 가능토록 예타 제도 개선
- ※ 후속단계 사업비를 현 시점 기준으로 편성하여 일정 시점에 적정성 재검토 하거나, 후속단계 사업을 분리해서 진행하도록 정책제언 제시

< 단계별 실증 사업 추진 방향 >

	원천기술 단계	실증 단계		상용화 단계
		소규모 실증	중대형 실증	
주체	출연연, 대학	기업 (혹은 출연연)	기업	기업
지원	정부 지원	정부 지원 (기업 부담률 小)	정부 지원 (기업부담률 中)	민간 주도
예시 (수소)	스케일업 가능성 검증	1~2MW급 수전해시스템	10MW~50MW급 수전해시스템	100MW급 수전해시스템

- ② (기술 사업화·창업 촉진) 탄소중립을 선도하는 기후테크 육성을 위해 재생 에너지, 자원 순환 등 전과정에 걸친 기업 창업 지원
- * 기후테크 : 에너지원, 에너지 저장, 대체식품 육성, 폐기물 재활용 순환경제 등 관련 신기술
 - 탄소중립 분야 혁신기술을 개발하는 창업기업에 대한 R&D 지원 프로그램 운영 * 최대 2년간 3억원 이내('22년 156억원)

< 참고 : 탄소중립 분야 혁신기업 국내외 우수 사례 >

구분	혁신기업	주요 내용
국내	코스모스랩	목재 폐기물을 활용한 다공성 탄소전극 개발 → 기술창업 경진 대회 최우수상('22), 국내 VC 투자 유치 등
	브이젠	인공지능 기술을 적용한 가상발전소 SW 개발 → 조달청 혁신 제품 선정('22), 국내 VC 투자 유치 등
해외	클라임웍스(스위스)	흡착제를 활용한 공기 중 이산화탄소 제거 기술 → 스위스리 재보험 등 6.5억불 투자 유치('22)
	트웰브(미국)	공기 중 이산화탄소를 플라스틱과 연료로 변환하는 기술 → DCVC 주관 자금조달라운드에서 1.3억불 투자 유치('22)

3-2. 신뢰성 있는 탄소배출 측정 · 검증 모델 개발

- ◇ 최근, EU 등 제품 단위 전과정의 탄소배출량(탄소발자국*)을 요구
→ 국내 탄소배출 측정 · 검증 역량 제고로 글로벌 표준 선점 시도

< 참고 : 탄소발자국 관련 개념 및 동향 >

- ▶ (탄소발자국 개념) 제품의 원료채취-생산-유통-사용-폐기 등 전생애주기에서의 탄소배출량 총량 지표
- ▶ (글로벌 동향) 국제표준기구(ISO)는 온실가스 검증분야로 한정되었던 국제 표준을 탄소발자국, ESG, 녹색금융 등 기타 환경 정보 분야로 확대

① (탄소발자국 표준 개발) 탄소발자국 산정 표준*을 단계적으로 개발 · 확충하고, 국제표준으로 제안

* 국내 표준 부족시 국내 기업의 제품 특성을 고려하지 않은 他국·국제표준에 따라 탄소발자국 산정·인증 불가피

** 국가별 산정표준(개): (스웨덴)128 (일본)103 (호주)29 (미국)39 (유럽)22 (한국)10

- 수출규제 제품·주력수출품*(~'23, 17개)부터 우선확충, 탄소배출 품목(~'25), 전자제품·탄소자원화 기술 등으로 확대(~'30)

* EU CBAM 대상 품목(철강, 시멘트 등) 및 수출주력품(핸드폰, 배터리 등)

② (중소기업 부담 완화) 중소기업이 비용부담 없이 간편하게 탄소배출량을 측정·검증*할 수 있도록 '간이 MRV 시스템' 개발 및 활용

* 기존 배출권거래제 검증제도는 엄격한 방법론에 기반 → 중소기업이 활용하기에는 비용(사업장별 3-5백만원)·인력 부담

- 검증결과는 신규 추진되는 재정지원 사업* 등에 우선 활용, 이후 여타 재정·금융지원 프로그램에 활용 확대 추진

* 산업계 자발적 온실가스 감축지원(산업부), 중소기업 탄소중립 전환지원(중기부)

③ (데이터 기반 탄소배출 모니터링) 탄소 배출과 관련하여 데이터 기반 모니터링을 통해 실제 저감 효과 분석 및 관련 기술 개발

- 전국 지자체 단위*로 탄소 배출량 현황을 제시하고, 최적화된 탄소중립 기술 도출 등을 포함한 '탄소중립 기술 모형' 개발

* 공간은 17개 광역지자체, 226개 시·군·구 기초지자체, 건물/마을 단위로 구분 → 기후정보, 온실가스 배출량, 에너지 정보 등 제공 → 탄소저감 기술 추천 및 경제성 분석 지원 등

- 탄소중립 R&D 실증 추진시 탄소배출 측정 센서 등 ICT 기술을 접목(혹은 개발)하여 실제 탄소 저감 효과도 모니터링

3-3. 탄소중립 R&D와 연계한 선제적 제도 · 규제 개선

- ◇ 탄소중립 기술 전환에 따라 새로운 환경에 맞는 제도 · 표준 필요
→ 탄소중립 분야 선제적 규제 발굴 · 해소 + 국제 표준 개발 추진

① **(선제적 규제 개선)** 탄소중립 R&D 단계에서 예측되는 규제이슈를 분야별로 발굴하여 선제적으로 개선

- 분야별 규제 이슈와 연계하여 탄소중립 R&D(실증) 투자 연계

< (예시) 탄소중립 기술규제 이슈 >

분야	탄소중립 관련 기술	관련 규제 이슈
수소	수소 저장 및 운송 기술	액화수소 저장 · 운송에 대한 안전기준 정비 필요
석유화학	페플라스틱 열분해 / 가스화 / 해중합	페플라스틱 화학적 재활용에 대한 표준산업 분류 미비 등으로 산단 입주 애로 발생,
CCUS	CO ₂ 활용(화학적전환 등)	현재 재활용 원료가 폐기물로 분류되어 순환 자원으로 인정되도록 개선 필요 CCU(화학적 전환)에 대한 표준산업분류 미비

② **(범부처 기술규제 협의회)** 탄소중립 기술 규제 개선을 위해 탄소중립 녹색성장위원회 산하의 ‘기술규제 협의회’ 운영

- (역할) △상용화 인센티브 방안 제시, △신기술 발전에 따른 기술 제도의 적기 신설, △기존 기술규제의 문제점 개선 추진
- (조정) 부처간 이전 사항에 대한 중재 역할을 통해 합리적 방안 제시

③ **(국가 표준 개발)** 탄소중립 글로벌 표준을 선점하기 위해 단계적으로 탄소중립 핵심기술, 탄소 국경세 대응 등 국가표준 100종 개발

- ▶ **에너지 전환** : 재생에너지(태양광, 풍력), 에너지전달(전력망, ESS), 저탄소전원(수소, 바이오) 관련 총 41종
- ▶ **산업 부문** : 제조(철강, 석유화학 · 정유, 시멘트), 수송(전기차, 무탄소선박), 건물(ZEB) 관련 총 44종
- ▶ **재활용** : 순환경제(에코디자인, 재제조, 우수재활용 제품, 유니소재화), CCUS 관련 12종
- ▶ **기타** : 탄소 배출량 산정방법, 업종별 탄소중립 선언 가이드, 녹색금융 등 3개

3-4. 산학연 공동 탄소중립 전문 기술인력 양성

◇ 탄소중립 신기술 · 신산업 등장에 따라 전문인력에 대한 高수요 전망
→ 산학연 공동 연구 프로그램 + 고급 전문인력 양성 프로그램

① **(공동 연구 프로그램)** 기업-연구소 또는 기업-대학이 함께 연구하여 우수 인력을 양성하고, 채용까지 연계 가능한 공동 연구 프로그램 확산

* 국가과학기술연구회 융합연구단 사업, 산학연 공동 R&D 사업, 테크브릿지 R&D 사업 등

< 참고 : 산학연 공동 연구프로그램 추진 사례 >

- **저탄소 화학공정 융합연구단**(‘22.5) : 화학研, 에너지研, 포항산업과학研, 롯데케미칼, 포스코 등 10개 기관이 공동으로 탄소저감형 플라스틱 원료 제조 기술 개발 추진
- **한화 솔루션 - 서울대 친환경 연구소 MOU**(‘22.7) : 이산화탄소를 유용한 물질로 전환하는 촉매기술, 차세대 플라스틱 등 친환경 소재와 관련하여 공동 기술개발 추진
- **LG 화학 - 고려대 친환경 소재 공동 연구 MOU**(‘22.2) : 친환경 소재 산학협력센터를 설립하고 R&D 교류회 및 상호 자문활동과 함께 산학 장학생 선발 등 추진
- **LG 화학 - KIST 탄소중립 관련 공동 연구 MOU**(‘21.4) : 기관간 인력교류 프로그램, 산학 장학생 선발 및 지원, 공동연구소 설립 및 후속사업화 지원 등

② **(석박사 인력양성)** 고급 인력 양성을 위해 탄소중립 관련 대학원 과정 개설을 지원하는 프로그램*(교육과정 개발, 현장실습 등) 추진

* △에너지융합대학원 : (‘21) 5개(전북대 GST, 부산대 가천대 중앙대) → ‘25년까지 매년 1천명 이상 배출
△탄소중립 특성화 대학원 선정·지원 : 고려대, 한국공학대 선정 → 매년 20명 이상 인력 양성

3-5. 범부처 탄소중립 R&D 컨트롤타워 강화

◇ 탄소중립 의사결정기구로 ▲탄소중립녹색성장위원회, ▲탄소중립기술특별위원회(과학기술자문회의 산하)가 운영 중 → 상호 기능 연계, 범부처 추진 체계 강화

① **(탄소중립 추진체계 강화)** 탄소중립녹색성장위원회와 국가과학기술자문회의 간 유기적 연계를 통해 강력한 R&D 추진체계 확보

※ 양 위원회간 원활한 협의를 위해 실무 협력채널 구축·운영(상시, 국장급)

탄소중립녹색성장위원회 (공동위원장 : 국무총리 + 민간위원)		↔	과학기술자문회의 (공동위원장 : 대통령 + 민간위원)	
역할	· 감축목표, 국가전략 수립	(기술관련 전담지원)	역할	· 핵심기술 선정
	· 탄소중립 및 녹색성장 관련 제도, R&D, 홍보, 국제협력 등			· 기술로드맵 수립 · 범부처 R&D 조정 등

IV. 향후 추진일정

정책과제	부처·기관	일정
I. 민간 주도의 임무 중심 탄소중립 기술 혁신		
① 한국형 탄소중립 100대 기술 선정	관계부처 합동	'22년~
② 임무 중심의 기술혁신로드맵 수립	관계부처 합동	~'23년上
③ 민간 수요 반영을 위한 산학연 협업시스템 구축		
- 탄소중립 분야 민간 협의체 운영	과기혁신본부	'22년~
- 그랜드 컨소시엄 구성 및 운영	산업부	'23년~
II. 신속 유연한 탄소중립 R&D 투자 강화		
① 범부처 탄소중립 R&D 예산배분조정		
- 범부처 통합 예산 배분조정 체계 도입	과기혁신본부	'22년~
- 탄소중립 핵심기술 사업 우선 투자	과기혁신본부	'23년~
② 탄소중립 분야 신속 예타 및 메가프로젝트		
- 탄소중립 분야 신속 예타 지원 제도 개선	과기혁신본부	'22년~
- 탄소중립 맞춤형 R&D 프로젝트 기획 및 추진	과기혁신본부, 과기정통부, 산업부, 환경부, 국토부, 해수부 등	~'23년上
③ 선도국 중심의 전략적 국제협력 강화		
- (가칭) 글로벌 탄소중립 기술협력 전략 수립	과기혁신본부	'23년上
- 기술 유형별 전략적 제휴 추진	과기혁신본부, 관계부처	'23년~
- 국제협력 플래그십 프로젝트 추진	과기혁신본부, 관계부처	'23년~
III. 혁신적 기술 개발을 위한 선제적 기반 조성		
① 혁신기술의 신속한 사업화 및 창업 촉진		
- 단계별 실증 지원	과기혁신본부	'22년~
- 기술 사업화 촉진	과기정통부, 중기부	'22년~
② 신뢰성 있는 탄소배출 측정·검증 인프라 구축		
- 탄소발자국 표준개발 확대	환경부, 산업부	'22년~
- 중소기업 대상 탄소배출 측정 부담 완화	산업부, 중기부	'23년~
- 데이터 기반의 탄소배출 모니터링	관계부처 합동	'23년~
③ 탄소중립 R&D와 연계한 선제적 제도·규제 혁신		
- 탄소중립 R&D에 선제적 규제 혁신 적용	과기혁신본부	'23년~
- 범부처 탄소중립 기술규제 협의회 운영	탄녹위	'22년~
④ 산학연 공동 탄소중립 전문인력 양성		
- 공동 연구프로그램 확산	과기부, 중기부	'23년~
- 탄소중립 석박사 인력 양성	환경부, 산업부, 과기정통부	'22년~
⑤ 범부처 탄소중립 R&D 컨트롤타워 강화	과기혁신본부, 탄녹위	'22년~