

최종보고서 제출양식

겉표지 양식 : (4×6배판(가로19cm×세로26.5cm))

(뒷 면)

(옆면)

(앞 면)

| | | | |
|------|--|---|------|
| | 제1차 기후변화 대응 기술 개발 기본 계획 수립 연구 과학기술정보통신부 | <table border="1"><tr><td data-bbox="801 770 954 815">과제번호</td></tr></table> <p>제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획 수립 연구 (A Study on the Establishment Direction of Basic R&D Plan for Coping with Climate Change)</p> <p>연구기관 : 한국에너지기술연구원 연구책임자 : 박 민 희</p> <p>2023. 3. 00</p> <p>과 학 기 술 정 보 통 신 부</p> | 과제번호 |
| 과제번호 | | | |

안 내 문

본 연구보고서에 기재된 내용들은 연구책임자의
개인적 견해이며 과학기술정보통신부의 공식견
해가 아님을 알려드립니다.

과학기술정보통신부 장관 이 종 호

제 출 문

과 학 기 술 정 보 통 신 부 장 관 귀 하

본 보고서를 “ 제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획 수립 연구 ”의 최종보고서로 제출합니다.

2023 . 3 . 00.

연구기관명 : 한국에너지기술연구원

연구책임자 : 박민희

연 구 원 : 배치혜

연 구 원 : 서정운

연 구 원 : 강주현

연 구 원 : 김혜진

연 구 원 : 홍종철

※ 연구기관 및 연구책임자, 연구원은 실제 연구에 참여한 기관 및 자의 명의임.

요 약 문

| | | | | | |
|--|---|------------|--------------------------------|-----|-----------|
| 과제번호 | 2022R2A1A108084411 | 연구기간 | 2022년 6월 13일 ~ 2023년 2월 12일 | | |
| 과제명 | (한글) 제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획 수립 연구 (영문) A Study on the Establishment Direction of Basic R&D Plan for Coping with Climate Change | | | | |
| 연구책임자 (주관연구기관) | 박민희 (한국에너지 기술연구원) | 참여 연구원수 | 총 6명 | 연구비 | 150,000천원 |
| 요약 | | | | | |
| <p>1. 연구 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 「기후변화대응 기술개발 촉진법(기후기술법)」 시행에 따라 온실가스 감축 및 기후변화 적응 기술의 체계적 육성·발전을 위한 「제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획(안)」 수립 <p>2. 연구 내용</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 현황분석 및 시사점 도출 <ul style="list-style-type: none"> - 세계는 新 기후체제로서 파리협정을 채택하고 전세계 136개국은 탄소 중립 선언 및 NDC 목표 상향 등을 추진하고 있으며, 미국·EU 등 선진국은 탄소중립 실현을 위한 기술혁신을 추진하는 가운데 지속가능한 경제 및 경제회복에 방점 <p style="text-align: center;">< 시사점 ></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <ul style="list-style-type: none"> ☞ (감축) 에너지믹스, 산업구조 혁신 등 이슈해결 중심의 핵심기술 확보 필요 ☞ (적응) 기후변화 적응 R&D의 범위 및 내용 설정 등을 통한 선제적 지원 필요 ☞ (생태계) 기후기술을 국민이 체감하고, 지속가능한 기술·산업 생태계 구축 필요 </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ 「제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획(안)」 수립 <ul style="list-style-type: none"> - (온실가스 감축) 그간 각 부처에서 온실가스 감축관련 선정·고시된 기술과 OECD, EU 등 선진국의 기술 동향을 기반으로 6대 세부전략별 핵심기술 제시 <ul style="list-style-type: none"> ☞ ①무탄소 에너지, ②전기화, ③연·원료 대체, ④에너지소비 효율, ⑤온실가스 저장·흡수·활용, ⑥에너지 유연성 - (기후변화 적응) 기후재난 피해 저감과 기후 회복력 강화를 위해 기후위기 적응 전과정 및 적응 대상별 과학기술기반 적응기술체계 및 개발방향 제시 <ul style="list-style-type: none"> ☞ ① 자연·생태계 회복력 강화, ②선제적인 감염병 및 식량안보 대응, ③기후 적응형 도시·인프라 구현, ④과학 기술기반 기후변화 감시·예측 및 영향평가, ⑤과학기술 기반 재난재해 관리 - (혁신생태계 조성) 산업활성 및 국민체감을 위한 기후기술 생태계 마련, 연구/산업현장 맞춤형 우수인재 양성/활용, 국제사회와의 공동협력/기술이전·확산, 기후기술 거버넌스 활성화를 통한 정책역량 강화 추진 ○ 「제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획(안)('23~ '32)」 수립 및 국가과학기술자문회의 심의회의 상정·발표('22.12.14) | | | | | |
| 비공개 사유 | | 비공개 기간 | | | |

목차

| | |
|---------------------------------|----|
| 1. 연구의 개요 | 1 |
| 1.1. 연구의 배경 | 1 |
| 1.2. 연구의 목표 | 7 |
| 2. 글로벌 규약과 각 정부의 대응 | 8 |
| 2.1. 국제사회 공동 규범 | 8 |
| 2.2. 주요국 대응 정책 | 9 |
| 2.3. 우리나라의 대응 | 12 |
| 3. 기후변화대응 기술개발 현황 | 14 |
| 3.1. 주요국 기술개발 현황 | 14 |
| 3.2. 우리나라 기술개발 현황 | 18 |
| 3.3. 시사점 | 25 |
| 4. 기후변화대응 기술개발 기본계획 수립 경과 | 27 |
| 4.1. 위원회 구성 및 운영 | 27 |
| 4.2. 기본계획 수립을 위한 전문가 의견수렴 | 32 |
| 4.3. 산학연 간담회 및 대국민 공청회 | 43 |
| 4.3. 기후변화대응 국민인식조사 | 46 |
| 5. 기후변화대응 기술개발 기본계획 수립(안) | 57 |
| 5.1. 수립 개요 | 57 |
| 5.2. 비전 및 추진방향 | 59 |
| 5.3. 온실가스 감축 | 61 |
| 5.4. 기후변화 적응 | 79 |
| 5.5. 혁신 생태계 조성 | 89 |
| 6. 결론 및 기대효과 | 99 |

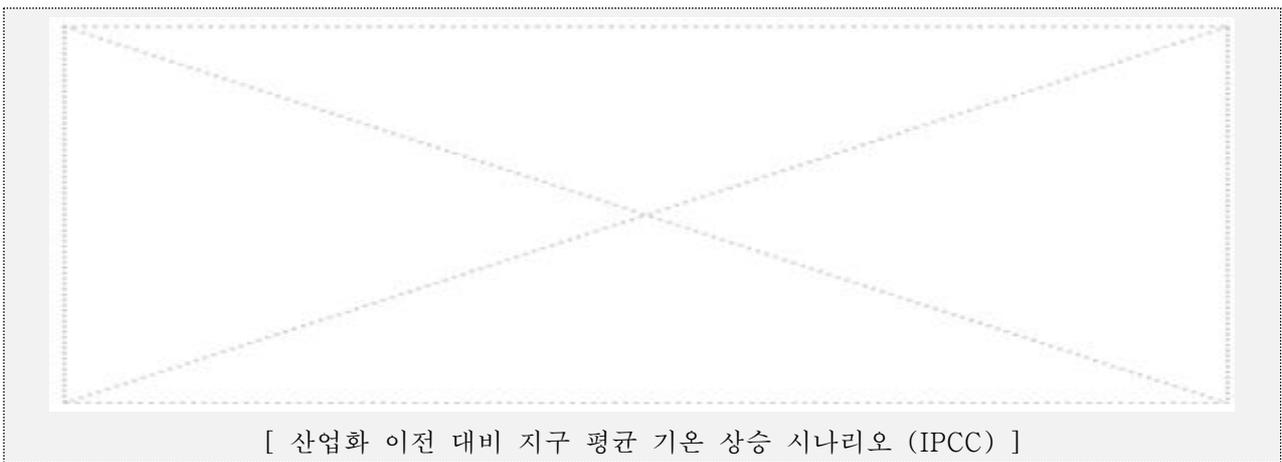
1. 연구 개요

1.1. 연구 배경

1.1. 연구의 배경

□ 기상이변과 피해

- 2022년 세계 각국은 최악의 폭염을 기록하는 등 기후위기는 더 이상 거스를 수 없는 범지구적 흐름이자 뉴노멀(New Normal)로 자리매김
 - (지구온도 상승) 지구 평균기온 상승이 가속화되며 1.5°C 도달 예상시점은 2021~2040년으로, '18년 예측 대비 10년 단축
 - ※ 5년 이내 연평균 기온이 산업화 이전 대비 1.5°C 초과 확률이 50%에 육박(WMO, '22)
 - (이상현상 증가) 기후변화로 인한 극한기상기후(폭염/한파/폭우/가뭄 등)현상이 전 지구적으로 증가하고 있으며, 이러한 현상의 증가는 인간의 활동에서 기인(IPCC AR6 보고서, '22)
 - (기후위험 노출) 2050년까지 온난화가 산업화 이전 수준보다 1.5°C로 제한되거나 2.0°C에 도달하는지 여부에 관계없이 심각한 위험 발생 증가 가능성이 있으며, 오늘날보다 훨씬 더 많은 세계 인구가 기후 위험에 노출될 수 있을 것으로 분석(Mckinsey, '21)
 - (기후재난 중첩) 한 지역에 폭염과 폭우가 동시·연쇄적으로 발생하는 등 이상기후에 의한 자연재해의 중첩 현상이 증가하는 양상



- 기후변화에 의한 자연재해가 증가하며 이로 인한 사회경제적 피해도 증가
 - (기후재난 피해) 전 세계적으로 20년간 약 39억 명이 기후재해로 인해 매년 영향*을 받았으며, 51만 명이 넘는 사망자가 발생

* 현재 1억 명이 낮은 소득 수준(\$10/일)으로 인해 인도주의적 지원(3.5-12조원)이 필요하며, 이는 2050년까지 2배로 증가할 수 있음

- (경제적 손실) 지난 20년('00~'19)동안 재해 건수는 앞선 20년('80~'99)보다 약 2배 증가하고, 경제적 피해는 1.8배* 증가(1,874조원→3,415조원)

* 전체 자연재해 중 35%만 피해규모가 보고되어 실제 피해는 더 클 것으로 예상

- (재난 대형화) 기후재난의 빈도와 강도가 증가하며, 이로 인해 발생하는 2, 3차 복합피해(화재 등)의 규모 또한 함께 증가

- (해수면 상승) 전 지구 해수면 상승속도는 20세기 대비 2.8배 증가하였으며, 우리나라는 2030년까지 최대 11cm 상승 예상

※ 지구 평균 해수면 상승속도가 2mm인 것에 비해 우리나라 해수면은 매년 약 3mm씩 상승해오며, 특히 제주도는 4mm를 넘는 수치를 나타냄

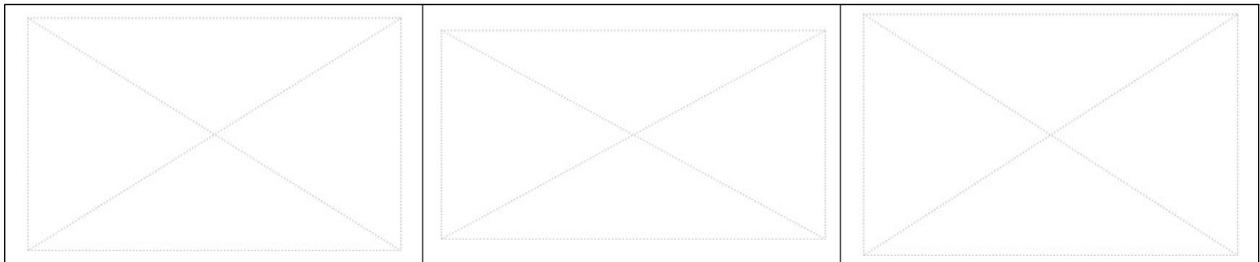
< 2022년 세계 기후변화 주요 피해 사례 >

- (폭염) 인도·파키스탄의 봄철 폭염('22.3~4), 미국·유럽 전역의 혹독한 폭염('22.7)은 건강, 농·축·수산, 에너지 등 사회 전 부문에 걸쳐 직·간접적 피해 유발
- (폭우) 파키스탄의 이례적 폭우('22.7, 최소 549명 사망), 호주 겨울철 홍수('22.7, 이재민 85,000명 발생), 서울 115년만의 기록적 폭우 등 집중폭우의 강도와 빈도 증가추세로 수많은 인명·재산 피해 속출
- (산불) 미국 서부 대형 산불('22.7), 프랑스·스페인의 잇단 산불('22.7~8), 등 세계 대형 산불은 인적·경제적 피해뿐만 아니라 대량 탄소 배출 및 탄소 흡수원 감소로 이어져 기후변화대응에 악영향

<인도 폭염 피해 현장>

<한국 폭우 피해 현장>

<미국 캘리포니아 산불 현장>



□ 탄소중립과 경제성장

○ 탄소중립과 경제성장의 양립을 위해 지속가능한 발전을 위한 녹색 경제 체제로의 전환 필요

- 유럽연합, 미국 등 주요국은 탄소국경조정제도(CBAM)로 대표되는 탄소 무역장벽을 강화하는 추세

* (美, CCA) 석유화학제품 등 12개 수입품에 55달러/tCO₂의 관세를 일괄 부과('22.6 미 상원 발의)

(EU, CBAM) CO₂ 多배출 국가에서 생산·수입되는 제품에 추가관세 부과('23 시범도입, '25 본격 실행)

※ CCA: Clean Competition Act / CBAM: Carbon Border Adjustment Mechanism

- 탄소국경세 도입 시 탄소 집약도가 높은 국내 수출 기업들에게 부담으로 작용
 - ※ EU와 미국에서 탄소국경세를 도입할 경우, 국내 산업계에서는 연간 3,185억원의 탄소국경세 부담 예측(국회예산정책처, '21.10)
- 무역의존도*가 높은 우리나라의 지속가능한 경제성장을 위해서는 온실가스 감축을 위해 다양한 변화 모색 필요
 - * 주요국 무역의존도(GDP대비 수출입 비율, '19년, KOSIS): (韓)63.33%, (美)19.32%, (日)28.17%, (獨)70.54%
- 미국, 독일, 영국 등 주요국은 에너지전환, 기술혁신 등을 통해 온실가스 배출량과 GDP의 탈동조화(de-coupling) 단계에 도달
 - 2000년대 이후 OECD 전체와 영국, 독일, 일본, 미국은 강한 탈동조화 국면에 진입

< 주요국의 탈동조화 지수(1990~2017) >

| 구분 | OECD | 독일 | 영국 | 미국 | 일본 | 한국 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| (1990~2017) | 0.00 | -0.25 | -0.29 | 0.01 | 0.04 | 0.36 |
| 1990~1999 | 0.13 | -0.72 | -0.20 | 0.22 | 0.11 | 0.85 |
| 2000~2009 | -0.08 | -0.16 | -0.37 | -0.17 | -1.16 | 0.36 |
| 2010~2017 | -0.43 | -0.49 | -3.00 | -0.28 | 0.00 | 0.27 |

※ 탈동조화 지수(DI(Decoupling Index))가 0보다 작으면, 국내 총생산은 증가했지만 온실가스 배출량은 줄어들었다는 의미로 강한 탈동조화 단계(OECD, 영국, 독일, 일본, 미국)로 정의하며, 탈동조화 지수(DI)가 0과 1 사이이면 온실가스 배출량이 증가하지만 국내 총생산 증가보다는 작은 경우로 약한 탈동조화(한국) 단계로 정의 (* 출처: 국회예산정책처, '주요국의 온실가스배출량과 GDP의 탈동조화 경향과 시사점', 2020. 9. 29.)

- 전 세계적인 온실가스 감축 흐름에 맞춰 기업들은 탄소중립 달성 및 RE100* 가입을 잇달아 선언하는 등 온실가스 배출 규제 부담 완화를 위해 노력 중
 - * 필요전력을 '50년까지 전량 재생에너지 구매 또는 자가생산으로 조달하겠다는 자발적 캠페인

[탄소중립 선언 글로벌 제조사]

| 구분 | 기업(국가) | 연도 | 주요 내용 |
|----------|-------------------|-----|--|
| 석유 화학 | BASF(獨) | '50 | • 2030년까지 CO ₂ 배출량을 2018년 대비 25% 감축하고, 최대 40억유로를 투자할 계획 |
| | BP(英) | '50 | • 2050년까지 탄소배출량 50% 감축 • 2023년까지 주요 원유처리장에 CH ₄ 측정장치 설치 |
| 철강 | 포스코(韓) | '50 | • 2030년 20%, 2040년 50% 감축 목표 제시 • 저탄소연료 대체, FINEX 기반 수소환원제철 기술개발 등 추진 |
| | ThyssenKrupp(獨) | '50 | • '30년까지 CO ₂ 배출량 30% 감축을 목표로 '25년 친환경 직접 환원철(DRI) 공장을 완공할 계획 |
| 시멘트 | LafargeHolcim(瑞士) | '50 | • '30년까지 최초의 Net Zero 시멘트 생산시설 계획 |
| IT | 네이버(韓) | '40 | • IDC·사옥 등에 탄소배출 저감 기술 도입 및 에너지효율 개선 등 |

| | | | |
|-----|-----------|-----|---|
| | Paypal(美) | '40 | <ul style="list-style-type: none"> • 2023년까지 데이터센터 공급 전력을 재생에너지로 전환 • 2025년까지 2019년에 배출한 온실가스 25% 감축 |
| 자동차 | 현대자동차(韓) | '45 | <ul style="list-style-type: none"> • 자동차 생산·운행·폐기 전 단계에 걸쳐 탄소중립을 추진 • '25년까지 전기차 23개 모델 출시, 수소차 모델도 다양화 계획 |
| | Toyota(日) | '50 | <ul style="list-style-type: none"> • 신차 중 전기차 비중이 '25년까지 40%, '30년까지 70% 증가 예상, 2050 탄소중립 달성 위해 新충전시스템 'Clean Assist' 공개 |

- RE100은 기업이 사용하는 전력량의 100%를 2050년까지 재생에너지로 충당하겠다는 국제 캠페인으로, RE100 가입 기업에서는 관련 협력업체의 동참 요구

※ 글로벌 가입기업 중 61개사는 이미 100% 재생에너지로의 전환 완료, Apple, Alphabet 등 주요 참여기업은 RE100 참여기업에게만 협력관계 유지를 선언

- SK그룹 6개사가 RE100에 국내 최초로 가입('20.12)한 이후 '22.12월 현재 기준 25개 기업*이 가입

* SK하이닉스, SK텔레콤, (주)SK, SK머티리얼즈, SK실트론, SKC, 아모레퍼시픽, LG에너지솔루션, 한국수자원공사, KB금융그룹, 고려아연, 미래에셋증권, SK아이이테크놀로지, 롯데칠성음료, 인천국제공항공사, 현대자동차, 현대모비스, 현대위아, 기아, KT, LG이노텍, 네이버, 삼성전자, 삼성SDI

[RE100 가입 주요 기업]

| 국가 | 기업 | 연도 | 주요 내용 |
|----|-----------|-----|---|
| 미국 | Alphabet | 달성 | • 2030년까지 모든 데이터센터를 24시간 무탄소 에너지로 가동 |
| | Apple | 달성 | • 2030년까지 사업 활동 전반의 탄소중립을 선언 |
| | Microsoft | 달성 | • 2050년까지 회사 설립 이래로 배출한 탄소 전량 제거 |
| | GM | '40 | • 전 세계 모든 시설의 전기수요를 재생에너지로 공급 |
| 독일 | BMW | '50 | • 배터리 셀을 제조하는 공급사에 재생에너지 100% 활용 요구 |
| 일본 | Sony | '40 | • 2030년 30% 달성을 중간목표로 제시 |
| | Rakuten | '25 | • 소비전력 100%를 재생에너지 전력으로 공급 |
| 대만 | TSMC | '50 | • 반도체 기업 중 최초로 RE100에 가입 |
| 한국 | SK | '50 | • SK그룹 6개사가 국내 최초로 RE100 가입, 현재 7개 그룹사 가입 중 |
| | 삼성전자 | '50 | • 전세계 IT제조기업 중 최대 전력량(25.8TWh)을 사용하는 기업, 미국 내 사업장 뿐 아니라 타 지역 재생에너지 발굴 통해 RE100 달성 |
| | 현대자동차 | '50 | • 4개사(현대자동차, 현대모비스, 현대위아, 기아) 협업체계 구축 및 직접재생에너지생산PPA·녹색프리미엄 전력 구매 등 추진 |
| | LG에너지솔루션 | '30 | <ul style="list-style-type: none"> • EV100도 가입, 회사 차량의 대부분을 전기차로 전환 • 폴란드, 미국 공장을 100% 신재생에너지로 가동 중 |
| | 아모레퍼시픽 | '30 | • 국내 뷰티업계 최초 가입, 사업 활동 전반에 걸쳐 RE100 달성 추진 |
| | 한국수자원공사 | '50 | • 국내 공공기관 최초로 RE100 가입 |

- 기후리스크 확대에 생태계, 식량문제 등 자연에 직접적으로 부정적 영향을 미침과 동시에 인간의 생활영역 변화까지 파생적인 악영향 초래
 - 기후변화는 생태계 뿐 아니라 인간, 식량, 도시·인프라 등 사회·경제 시스템 전 분야에 부정적 영향 초래
 - (생태계피해) 생물다양성의 감소로 생태계의 안정성과 회복력의 급격한 저하가 예상되며 이에 따라 식량생산 등에도 부정적 영향 초래
 - ※ 온실가스 감축없이 현재 상태로 배출될 경우, 극한기상 발생으로 국내 야생동식물 종의 약 6%, 내륙습지 지역의 경우 약 26%까지 소멸 위험에 노출
 - (식량위기) 폭염/가뭄/폭우 등 기상이변에 따른 작황부진으로 식량공급과 가격에 타격이 예상되며, 국가 차원의 식량안보 중요성이 대두
 - 한반도 기온 상승으로 국내 농작물의 재배지가 북상*하고 있으며, 재배면적 감소, 병충해 증가 등으로 주요작물의 생산량 감소 발생 가능
 - * (감귤): 제주→강원, (사과): 경북→강원, (복숭아): 경북→충북/강원 등
 - (감염병) 기후변화에 의한 동물의 생태계의 변화 및 인간과의 접촉빈도 증가에 의한 인수공통감염병* 증가
 - * 철새 생태계 변화로 인해 가금류 및 인체감염을 야기하는 고병원성조류인플루엔자 (Highly Pathogenic Avian Influenza; HPAI) 지속적 발생(ex. H5N1, H7N9 등 인체 감염 시 사망률 30~50% 상회)
 - (도시재해) 인구의 90% 이상이 도시에 거주하는 우리나라의 경우 높은 인구밀도로 다양한 종류의 재난이 복합적으로 발생할 경우 자연 재해에 취약
 - ※ 한국의 도시지역 인구비율은 '20년 기준 91.8%(국토교통부, '21)
 - 자연재해가 침수 또는 산사태와 같은 직접적인 피해뿐만 아니라 정전, 통신마비, 통행중단 등 도시기반체계 마비 등으로 파급되는 복합재난 발생
 - ※ '20년 기준 국내 자연재해로 인해 1.3조 원의 재산피해가 발생하였으며, 이중 호우에 의한 피해가 83.1%(1.1조 원)으로 가장 높음(행정안전부, '21)
 - 기후변화는 생태계, 사회·경제 시스템에 취약성을 증가시킬 뿐 아니라 국민 안전 및 생활과 관련된 전 분야에 걸쳐 직간접적인 영향 초래
 - (감축) 개인 및 집단의 소비행동 변화는 기후변화 완화를 위한 효과적인 방법으로 간주되므로, 국민이 이해하기 쉬운 정보 제공 및 대응방안 발굴 노력 필요
 - ※ 기술적인 노력과 더불어 에너지 소비행동 변화(behavior change) 역시 탄소중립 목표를 달성하기 위한 핵심요소로 주목(IEA, '21)

- (적응) 기후변화의 영향 및 피해는 지역 및 사회·경제적 계층별로 상이하게 나타나므로, 기후변화 적응을 위한 지역사회와 국민의 공동 참여 요구

※ 기상재해로 인한 사망률의 경우 대도시보다 중소도시 및 농어촌, 해안지역, 사회경제적 상태가 낮은 인구집단의 생활방식이 날씨에 더 취약(한국 기후변화 평가보고서 2020, 환경부)

□ 기후위기 극복을 위해 온실가스 감축과 기후변화 적응의 패러다임 변화 필요

○ (감축) 탄소중립을 넘어 ‘탄소 네거티브’ 달성 필요, 이를 위해 신재생에너지 확대, 무탄소 연·원료 대체, 에너지효율, 탄소 흡수·제거 등에 집중

※ 미국 DOE는 이산화탄소 제거(Carbon Dioxide Removal, CDR) 기술 발전을 촉진하고자 탄소 네거티브 어스샷(Carbon Negative Earthshots)을 발표('21.11)

※ 유엔 에너지(UN Energy)와 유엔 산하 지속가능에너지기구(SE4ALL)는 실질적 탄소중립 달성을 위해 실사용 전력을 100% 무탄소 에너지원에서 공급받는 CF100(Carbon Free) 캠페인을 추진 중이며, 구글, 마이크로소프트 등이 동참

○ (적응) 기후변화 완화를 위한 노력과 함께 추가적인 기후변화로 인한 위험 증가를 관리하기 위해서는 기후변화 적응에 대한 지원이 중요

※ IPCC AR6 제2실무그룹 보고서에 따르면 지표면 온도가 1.5℃ 상승할 시 9.5억만명이 가뭄으로 시달리며, 육지생물종의 14%가 심각한 멸종위험에 처함

- ‘온실가스 감축’은 기후변화에 따른 위험 최소화를 위해 중요한 요소이나, 순 제로 배출량에 도달한 후에도 일정 수준의 온도상승이 발생할 가능성 존재

※ 향후 10년 간 발생 가능성이 높은 지구온난화 현상은 과거 시스템의 온실가스 배출 및 지구 시스템의 열 관성을 감안할 때 이미 “고정(locked in)”되어 있음(Mckinsey, '20)

⇒ (감축) 단기적으로는 저탄소 시스템을 통해 온실가스 배출을 최대한 완화, 궁극적으로는 ‘무탄소 발전’+‘이산화탄소 제거’로 ‘탄소 네거티브’ 사회 실현

⇒ (적응) 현실로 다가온 1.5℃ 지표면 온도 상승에 대응한 적응 기술 개발 및 기후 영향에 대한 복원력·회복력 확보를 위한 노력 필요

1.2. 연구의 목표

- 기후기술법 제5조에 따라 온실가스 감축 및 기후변화 적응 기술의 체계적 육성·발전을 위한 「제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획(안)」 수립
 - 법령상 명시된 기본계획 필수사항(기후기술법 제5조 2항)을 포함한 기후변화대응 기술 육성·발전 방안 도출
 - 기술 및 시장 관점에서의 대정부 요구사항과 국가적 이슈를 맵핑하고, 국내 기술수준, 시장 전망 등에 대한 분석결과에 대한 기후변화대응 기술개발 전문가 의견을 반영하여 기본계획(안)의 비전·방향·목표 등 제시
 - 국내외 정책·시장·산업·기술 동향정보 등에 대한 종합적 분석을 통해 현황 진단 및 핵심이슈 도출
 - 비전·방향·목표 수립 시 목표의 적절성, 이행실적의 질적 우수성 등을 나타내는 핵심 성과지표를 함께 제시
 - 국내외 현황 분석, 성과분석, 전문가 의견 수렴 등을 통해 기본계획(안)의 비전·방향·목표 달성을 위한 추진전략과 추진과제를 제시
 - 기후변화대응 기술 및 정책분야 전문가(기후변화대응 기술 전문가, 관계 부처 및 기관 관계자 등) 중심의 위원회·실무작업반 운영을 통한 기본계획(안) 수립 전문성 확보
 - ※ KEI 국가기후위기적응센터(기후변화적응), 녹색기술센터 기후기술협력정책지원센터(국제협력, 인력양성), 일자리진흥원(성과확산) 협업 및 자문
 - 기후변화대응 관련 수요기업협의체, 학-연 연구자 협의체, 실무기관 협의체 등의 구축·운영 및 전문가 설문 등을 통해 기본계획(안) 수립을 위한 분야별 의견 수렴
 - 다양한 이해관계자 의견수렴을 위해 전문가 설문조사(온라인) 등 개최

2. 글로벌 규약과 각 정부의 대응

2.1. 국제사회 공동 규범

□ 파리협정 이후, 전 세계적인 新기후체제 본격화

○ **(파리협정)** '15년 제21차 UNFCCC 당사국총회(COP21)에서 보편적·포괄적인 新기후체제인 파리협정을 채택하고, '21년 전세계 136개국 탄소중립 선언

- 산업화 이전 대비 지구평균 온도를 2°C보다 현저히 낮은 수준으로 유지 및 1.5°C로 제한하기 위한 노력으로 협약 당사국은 자발적 온실가스 감축목표(NDC)를 제출하고 매 5년마다 점검·갱신

- 온실가스 감축과 함께 적응을 기후변화 대응을 위한 핵심요소로 규정하고, 글로벌 적응목표* 수립

* 기후변화 적응역량 강화, 기후회복 탄력성 제고, 기후변화 취약성 완화

○ **(NDC 목표 상향)** 주요국은 지구 온도 상승 1.5°C 제한 목표 달성을 위해 탄소중립 선언 및 NDC 목표 상향* 등을 연이어 발표

* (韓) 26%→40% (EU) 40%→55% (英) 55%→68% (美) 26~28%→50~52% (日) 26%→46%

○ **(감축·적응 의무 이행)** '21년 제26차 UNFCCC 당사국총회(COP26)는 '글래스고 기후합의' 채택을 통해 강화된 온실가스 감축 및 기후변화 적응 의무 이행 결의

- 개도국의 기후변화 적응에 대한 지원 강화, 온난화 억제 목표 달성을 위한 감축목표의 추가 상향, 석탄 및 화석연료 의존도 축소, 기후재원 확대 등의 기조 반영

□ 글래스고 기후합의 채택 등을 통한 이행 노력

○ **(의무 이행)** '21년 제26차 UNFCCC 당사국총회(COP26)는 '글래스고 기후합의' 채택을 통해 강화된 온실가스 감축 및 기후변화 적응 의무 이행 결의

※ 개도국의 기후변화 적응에 대한 지원 강화, 온난화 억제 목표 달성을 위한 감축목표의 추가 상향, 석탄 및 화석연료 의존도 축소, 기후재원 확대 등의 기조 반영

○ **(추가 이행논의)** 비이산화탄소 온실가스 감축*, 석탄발전의 점진적 폐지와 신규 석탄발전 투자 중단, 지속가능한 산림 및 토지 이용** 등에 관한 선언 발표

* '30년까지 메탄 배출량을 30% 감축('20년 대비)하기 위한 '글로벌 메탄 선언(Global Methane Pledge)'에 100여개 이상의 국가 참여

** '30년까지 산림 파괴를 중단하기 위한 국제사회 공동의 노력을 지향하는 '산림 및 토지 이용에 관한 글래스고 정상선언'에 140여개 국가 참여

2.2. 주요국 대응 정책

□ 글로벌 기후변화에 대응하여 주요국은 탄소중립 선언 및 법제화 추진 중

- 기후변화 위기대응을 위해 2019년 9월 기후정상회의에서 65개국이 탄소중립을 선언했으며, 유럽·중국·일본의 탄소중립 동참 및 미국 바이든 대통령의 취임으로 인해 전 세계적으로 탄소중립 체제 본격화

※ (EU)'50년 탄소중립('19.12), (中)'60년 탄소중립('20.9), (日)'50년 탄소중립('20.10) (韓)'50년 탄소중립('20.10)

- 2021년 6월 기준 세계 137 개국이 탄소중립을 선언했으며, 일부 국가의 경우 법제화 완료

[주요국 탄소중립 관련 법제 동향]

| 구분 | 주요 내용 |
|-----|--|
| EU | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 2050년 기후중립을 달성하겠다는 EU의 목표를 법제화한 '유럽 기후법(European Climate Law) 공식 승인('21.6.28) · EU의 온실가스 순 배출량을 2030년까지 1990년 대비 최소 55% 감축하고 2050년까지 탄소중립을 달성한다는 목표 포함 |
| 영국 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 2008년 기후변화법(Climate Change Act 2008)을 개정('19.6)하여 2050년 탄소중립을 달성하는 것으로 탄소감축 목표를 상향 · 5년 단위의 배출상한인 탄소예산(Carbon Budget)* 이행에 필요한 계획 수립하도록 제시 * 온실가스 감축목표 달성을 위한 탄소배출총량을 예산 개념으로 관리하는 것을 의미하며, 5년 단위로 산정하고, 정부와 기업 등에 충분히 대응할 시간을 주고자 계획실행 12년 전에 미리 결정 |
| 독일 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 2045년에 탄소중립을 달성하겠다는 내용을 포함한 기후변화대응법 개정안 발표('21.5.5) · 2030년 온실가스 감축 목표를 1990년 대비 65% 감축하는 것으로 설정하고, 2040년 목표도 88% 감축으로 설정, 2050년 이후는 마이너스 배출을 달성해야 한다고 제시 |
| 프랑스 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 2050년까지 탄소중립을 달성하겠다는 목표를 제시한 '에너지 기후법(Loi Energie-Climat)' 통과('19.9) · 2022년 석탄발전 퇴출, 원전 발전량 비중 50% 하향('19년 기준 70%) 달성기한을 2025년에서 2035년으로 연장 공식화(2035년까지 58개 원자로 중 14개 폐로) ※ 2030년 온실가스 배출량을 1990년 대비 40% 감축하겠다는 내용을 포함한 '기후와 복원법안(A new climate change law)' 프랑스 하원 통과('21.5) |
| 일본 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 개정된 지구온난화대책추진법(온대법) 국회 통과('21.5.26) · 2050년까지 온실가스의 배출량과 삼림 등의 흡수량 간의 균형을 맞추는 '실질적 제로'를 실현한다는 일본 정부의 목표를 명기하였으며, 2022년 4월 시행을 목표 |
| 한국 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ '기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법' 제정('21.9.24) · 전 세계 14번째로 2050 탄소중립 비전과 이행체계를 법제화한 것으로 2050년 탄소중립을 국가비전으로 명시하고, 이를 달성하기 위한 △국가전략 △중장기 온실가스 감축 목표 △기본계획 수립 및 이행점검 등 법정절차를 체계화 |

출처 : 국가기후환경회의(2021), 한국에너지기술연구원(2021), 국회입법조사처(2021) 등의 자료를 토대로 재구성

□ 적극적인 기후변화 대응을 위해 탄소중립 선언 및 이를 이행하기 위한 법적 기반을 마련하고, 기후변화 영향 최소화를 위한 국가 적응체계 강화

○ (감축) 기후변화대응을 위한 대규모 금융지원, 인프라 투자 등을 통해 경제회복 및 글로벌 경쟁력 제고와 탄소중립 목표 동시 달성 목표

○ (적응) 적응체계 강화를 온실가스 감축과 동등*하게 병행하기 위한 전략 수립

* 2015년 파리협정에서 감축 기술과 적응 기술의 균형적 추진이 주요 의제로 논의

□ (미국) 탄소중립 실현 위해 청정에너지로의 전환을 위한 기술혁신 및 인프라 구축에 투자, 자국의 경제회복을 동시에 촉진

○ (감축) 2030년 NDC* 및 2050년 탄소중립 달성을 위해 청정에너지 전환 기술혁신을 위한 「에너지 어스샷 이니셔티브」 출범

* 미국의 온실가스 배출량 2005년 대비 50~52% 감축 목표

- 2035년까지 전력의 100%를 청정에너지로 공급하여 2050년 탄소중립을 실현하고, 양질의 일자리 창출과 청정 경제체제로의 전환을 지원

○ (적응) 기후변화의 당면·미래 이슈와 영향에 선제적으로 대비하기 위한 「기후적응 및 회복력 계획」 발표('21년) 및 ARPA-E 예산 증액

- '인프라 투자 및 일자리법('21년)'에 따라 이미 오염된 환경복원에 투자(210억달러)하고, 더 나아가 '더 나은 재건법('21년)'에 따라 회복력 및 자연기반 솔루션 강화를 위한 지원 확대

□ (EU) 유럽 그린딜*을 통한 기후중립 및 지속가능한 경제로의 전환 및 러시아 에너지 의존 중단과 친환경 전환 가속화를 위한 REPowerEU** 추진

* 탄소중립과 경제성장을 달성하고자 EU 회생기금(Next Generation EU)의 1/3을 활용(7년간 약 0.6조유로)하여 탈탄소화·청정에너지 전환 등을 위한 인프라 구축, 연구개발 투자 활성화 등

** 에너지 공급망 다변화, 신재생에너지 보급 확대 등에 '27년까지 총 2,100억유로 투자

○ (감축) EU의 새 기후목표 달성('30년 온실가스 순 배출량을 '90년 대비 55% 감축)을 위해 필요한 법률의 제·개정안을 담은 「Fit for 55 Package('21년)」 발표

- EU의 기후목표를 달성하고 궁극적으로 '유럽 그린딜'에 기여하고자 기존 온실가스 배출 규제 법률을 강화하고, 탄소국경조정메커니즘 등 제정이 필요한 법률을 신규 제안

○ (적응) 「기후변화 적응 전략('21)」 수립, EU를 기후변화 영향에서 완전하게 적응한 「기후 회복사회(climate-resilient society)」로 만들고자 노력

- EU 내 생물다양성 감소원인 해결을 위해 '생물다양성 전략' 및 '신유럽산림전략' 수립

- **(독일)** 기후중립 달성을 위한 법적기반 강화와 동시에 이를 뒷받침하기 위한 정책 패키지 수립, 기후변화 대응 적극 추진
 - (감축) 2045년 기후중립 달성과 2030년 온실가스 감축 목표('90년 대비 65% 감축)를 공격적으로 제시하고, 이행을 위한 「연방기후보호법 개정(안)」 을 발표('21년)
 - 독일정부는 '30년까지 석탄발전을 조기 중단하고, 줄어든 석탄발전을 재생에너지 보급과 천연가스 발전으로 대체하겠다는 내용의 정책안에 합의('21.11월)
 - (적응) 기후보호 프로그램의 마련과 이에 따른 독일 기후변화 적응전략에 기반하여 국가 차원의 기후변화 적응 정책 추진
 - 기후변화 영향을 받는 건강·농업 등 15개 분야를 평가·모니터링, 이를 기반으로 분야별 기후목표 달성을 위한 대응책 마련

- **(영국)** 탄소중립 실현을 위한 녹색기술 개발과 함께 녹색금융 분야의 선두 확보와 일자리 창출을 중심으로 하는 경제성장 정책 추진
 - (감축) 2050 탄소중립(넷제로) 실현을 주요 골자로 하는 「기후변화법」 개정('19.6), 선진국 중 최초로 탄소중립 달성을 법제화하여 기후변화대응을 위한 법적 기반을 충실히 마련
 - (적응) '녹색산업혁명에 대한 10대 중점계획('20)' 중 '자연환경의 보호'를 중점계획으로 포함, 생물다양성의 손실을 방지, 자연경관 보호 및 야생동물 서식지 복원 등을 적극 추진

- **(일본)** 온실가스 감축과 경제성장에 동시 기여 가능한 핵심 산업부문을 선정, 탄소중립 실현을 위한 정책적 지원 확대
 - (감축) 2050 탄소중립 실현 가능성을 향상시키고자 「2050 탄소중립을 위한 녹색성장전략」 ('20년) 발표 및 동 전략을 구체화 추진('21년)
 - (적응) 기후변화 적응에 특화된 「기후변동적응법」 제정('18년)을 통해 기후변화 적응계획 수립과 기후변화 영향평가(5년 주기) 수행 근거 마련

- **(중국)** 저탄소 순환발전 경제체계 구축을 위해 녹색산업·인프라 수준 향상 및 녹색기술 혁신 추진
 - (감축) 2060 탄소중립 실현을 위한 '중국의 저탄소 경제 로드맵('20)' 및 의견('21) 발표, 전방위적인 녹색 발전 및 탄소중립 목표 실현을 추진
 - (적응) '14차 5개년 계획('20)' 하에 녹색성장 전환을 위한 과제 중 하나로 선정, 생태계 보호 및 관리 시스템 개선, 전국적인 녹지 복원사업 등 추진

2.3. 우리나라의 대응

- 정부는 新기후체제의 적극적인 이행과 탄소중립을 위해 적극 노력
 - 2050 탄소중립 선언('20.10월) 이후, 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC)를 상향* 하고, 2050 탄소중립 시나리오를 발표('21.10월), 주요 부문별 정책방향**을 제시
 - * 2030년까지 2018년 온실가스 총배출량 대비 40% 감축(기존 26.3%)
 - ** 탄소중립 등을 위한 에너지믹스 정책 및 부문별 저감목표 설정 등 추진
 - 기존 녹색성장위원회와 탄소중립위원회를 통합하여 정부의 탄소중립사회로 원활히 이행하기 위한 탄소중립·녹색성장위원회 발족('22.3월)
 - 기존의 '적응적(adaptive) 감축'에서 '능동적(Proactive) 대응'으로 탄소중립·경제성장·삶의 질 향상을 동시에 달성하는 「2050 탄소중립」 추진전략 발표('20.12.10.)

- 국가 기후위기대응과 2050 탄소중립 달성 위한 법적기반 마련
 - 우리나라의 탄소중립 사회로의 이행과 녹색성장을 추진하기 위한 탄소중립·녹색성장 기본법('22.3월 시행)을 제정
 - * 2050년까지 탄소중립을 목표로 한다는 내용을 법률에 명시하여 탄소중립을 법적 의무화
 - 기후위기를 효과적으로 대응하고, 기후변화 대응 기술개발(온실가스 저감 및 기후변화 적응 기술)을 촉진시키기 위해 기후기술법 제정('21.10월 시행)

- 에너지·환경분야의 기후변화 대응 관련 기본 정책 및 기후변화 대응 기술혁신 지원을 위한 각종 R&D 전략 등 지속 수립·추진
 - 에너지·환경 관련 주요 법의 목적과 내용에 따라 소관 분야 종합 기본계획* 및 기후변화 적응대책 등 지속적으로 마련 중
 - * 녹색성장 5개년계획, 에너지기본계획, 기후변화대응 기본계획, 국가 기후변화 적응대책 등
 - 탄소중립 및 기후변화 대응 기술혁신을 지원하기 위해 과기정통부를 중심으로 기술개발 전략* 및 기술혁신 로드맵 수립 등 추진
 - * 주로 온실가스 감축관련 기술을 중심으로 '탄소중립 기술혁신 추진전략('21.3월)', '탄소중립 연구개발 투자전략('21.3월)', '탄소중립 기술혁신 전략('22.10월)' 등 마련
 - 새정부는 탄소중립 목표와 경제·에너지안보 강화*를 동시 달성 추진
 - * 원전과 재생에너지의 조화를 고려한 에너지믹스 재정립, 전주기적 에너지 공급망 강화, 에너지 산업생태계 경쟁력 강화 등

— < 기후변화대응 R&D 정책 수립 현황> —

□ 기후변화대응 정책수립 현황

- 기존 에너지·환경분야 최상위 법인 ‘저탄소녹색성장기본법’에 근거하여 기후변화대응 관련 기본 정책(녹색성장 5개년계획, 에너지기본계획, 기후변화대응 기본계획)수립
- ‘저탄소 녹색성장 기본법’을 대체하는 ‘기후위기대응을 위한 탄소중립·녹색성장기본법’ 시행(’22.3)으로 「탄소중립 녹색성장 기본계획」 수립 예정

— < 기후변화대응 관련 법정계획 수립 현황 (~’21)> —

- 「녹색성장 5개년 계획」 (국조실, 3차 계획 ‘19.5)
 - (주요내용) 「녹색성장 국가전략」의 효율적·체계적 이행을 위해 매 5년마다 수립하는 중기계획으로, ‘포용적 녹색국가 구현’의 비전을 위해 5대 정책방향별 20개 중점과제 추진
- 「에너지 기본계획」 (산업부, 3차 계획 ‘19.6)
 - (주요내용) 에너지 분야 종합계획(3차: ‘19~’40년)으로 원별/부문별 에너지 계획의 방향 제시 및 거시적 관점에서 조정
- 「기후변화 대응 기본계획」 (국조실, 2차 계획 ‘19.10)
 - (주요내용) 신기후체제 출범과 관련, 우리나라의 2030 감축목표 달성을 위해 감축, 적응, 국제협력 등을 종합적으로 담은 계획
- 「국가 기후변화 적응대책」 (환경부, 3차계획, ‘20.12)
 - (주요내용) 기후위험으로부터 안전한 국가를 구현하기 위해 기후변화 적응을 이행하기 위한 5년간의 방향, 목표, 이행과제를 제시하는 적응분야 최상위대책

- ‘08년 「기후변화대응 국가연구개발 중장기 마스터플랜」 수립 이후 온실가스 감축을 중심으로 한 중점투자 기술 분야 설정 등 R&D 전략 지속 수립

— < 기후변화대응 R&D 정책 수립 현황> —

- 기후변화 대응 국가연구개발 중장기 마스터플랜(’08.12)
- 기후변화대응 핵심기술개발 전략(’14.7)
- 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR)(’16.6)
- 탄소중립 기술혁신 추진전략(’21.3)
- 탄소중립 연구개발 투자전략(’21.3)

3. 기후변화대응 기술개발 현황

3.1. 주요국 기술개발 현황

□ 전 세계는 기후변화 대응을 경제성장과 에너지안보*를 강화할 수 있는 기회로 보고 첨단기술 및 신산업 영역을 중심으로 한 기술패권 경쟁 확대

* (美) 인플레이션 감축법('22.8) 제정 및 에너지안보/기후변화 대응에 3,690억 달러 투자

(獨) 러시아산 에너지 의존도를 줄이기 위해 2035년까지 재생에너지 100% 달성 목표

(中) '35년까지 기후변화 모니터링·예방 능력 국제 선진수준 달성을 위한 기술·표준 확보 추진

○ 주요국에서는 탄소중립 달성을 위해 에너지효율향상, 전기화, 재생에너지, 수소, CCUS 등의 기술을 중심으로 기술개발 전략 수립 중

* Fit for Net-Zero(EU, '20), 2050녹색성장전략(日, '21), Towards a Climate-Neutral Germany by 2040(獨, '21) 등

□ 주요국은 기후변화에 대응할 수 있는 혁신적 성과 창출을 위해 국가 차원의 임무 지향적·도전적 R&D 프로그램 추진 중

○ (미국) 청정에너지 기술혁신을 위한 에너지 어스샷 이니셔티브 출범 및 ARPA-E 예산 증액

- 에너지부(DOE)는 2050년 넷제로 달성을 목표로 향후 10년 동안 청정에너지 분야 차세대 솔루션 개발 촉진을 위해 '에너지 어스샷 이니셔티브'출범

* 2022년까지 총 6~8개의 에너지 어스샷을 발표할 예정이며 수소샷을 시작으로 현재 3개의 어스샷 출범 [미국 에너지 어스샷 출범 현황¹⁾]

| 구분 | 주요내용 | 출시일 |
|--|--|-----------|
| 수소샷 (Hydrogen Shot TM) | ▶(목표) 10년 이내 청정 수소(Clean Hydrogen) 가격 \$1/kg 달성 (현재 \$5/kg 수준 대비 80% 절감) | '21.06.07 |
| 장주기 에너지 저장샷 (Long Duration Storage Shot TM) | ▶(목표) 10년 이내 10시간 이상 지속되는 그리드 규모 장주기 에너지 저장 시스템 비용 90% 절감 | '21.07.14 |
| 탄소 네거티브샷 (Carbon Negative Shot TM) | ▶(목표) 10년 이내 \$100/tonCO ₂ eq 미만의 비용으로 기가톤(Gt) 규모로 설치가 가능하며 지속 저장할 수 있는 이산화탄소 제거(CDR) 혁신 기술 개발 * CDR: Carbon Dioxide Removal | '21.11.05 |

1) <https://www.energy.gov/policy/energy-earthshots-initiative>

- ARPA-E를 통한 적응(Adaptation), 감축(Mitigation), 탄력성(Resilience) 등 기후변화 관련 혁신기술 개발에 2023년 7억 달러('22년 대비 56% 증액) 배정

[ARPA-E 프로그램 현황]

| 구분 | 주요내용 | 출시일 | 프로젝트수 |
|------------------|--|-----------|-------|
| Special Projects | ▶Special Projects - 에너지 응용 전 범위 분야에서 잠재적이고 파괴적인 혁신기술 개발로 이어지는 고위험 R&D 지원 | '20.01.09 | 120 |
| PERFORM | ▶Performance-based Energy Resource Feedback, Optimization, and Risk Management-그리드에 대한 혁신적 관리기술 개발 | '20.02.07 | 12 |
| REPAIR | ▶Rapid Encapsulation of Pipelines Avoiding Intensive Replacement - 기존 천연가스 파이프라인 내부에 새로운 파이프를 자동 건설하는 등의 파이프라인 개조 기술 개발 | '20.02.18 | 11 |
| BETHE | ▶Breakthroughs Enabling THERmonuclear-fusion Energy - 상업적으로 실행가능한 핵융합에너지 기술 개발 | '20.04.07 | 18 |
| FLECCS | ▶FLExible Carbon Capture and Storage - 가변적인 재생에너지 보급률이 높은 상태의 전력망에 대응하기 위한 CCS 기술 개발 | '20.07.13 | 12 |
| SMARTFARM | ▶Systems for Monitoring and Analytics for Renewable Transportation Fuels from Agricultural Resources and Management - 바이오연료 공급망의 전주기 온실가스 배출량 정량화 등의 데이터격차 해소기술 개발 | '20.09.01 | 6 |
| GAMOW | ▶Galvanizing Advances in Market-Aligned Fusion for an Overabundance of Watts - 핵융합 플라즈마, 재료, BOP 등 핵융합 에너지 비용 저가화를 위한 혁신 기술 개발 | '20.09.02 | 14 |
| ULTIMATE | ▶Ultrahigh Temperature Impervious Materials Advancing Turbine Efficiency - 발전 및 항공산업 분야의 가스 터빈용 초고온 재료 개발 | '20.11.18 | 16 |
| SHARKS | ▶Submarine Hydrokinetic And Riverine Kilo-megawatt Systems - 조류 및 강 유역용 유체동력학적 터빈 설계 기술 개발 | '20.11.24 | 11 |
| OPEN 2021 | ▶Open Funding Solicitation- 건물 효율성, 분산에너지자원, 전기 효율성, 발전, 그리드, 제조 효율성 등의 분야에서 혁신에너지 기술개발 촉진 | '21.02.11 | 20 |
| REMEDY | ▶Reducing Emissions of Methane Every Day of the Year - 석유/가스/석탄 밸류체인의 메탄 배출 감소 기술 개발 * 99.5% 메탄 전환률 목표 | '21.04.08 | 5 |
| ECOSynBio | ▶Energy and Carbon Optimized Synthesis for the Bioeconom - 첨단 합성 생물학 기술을 활용한 새로운 바이오매스 전환 플랫폼 개발 | '21.05.14 | 17 |
| ONWARDS | ▶Optimizing Nuclear Waste and Advanced Reactor Disposal Systems - 차세대 첨단 원자로의 처분 시스템 및 연료주기 기술 개발 | '21.05.19 | 3 |
| MINER | ▶Mining Innovations for Negative Emissions Resource Recovery - 희토류 등의 에너지 관련 광물 채굴/추출 기술 개발 | '22.02.24 | 0 |
| CURIE | ▶Converting UNF Radioisotopes Into Energy - 사용후핵연료 재처리 및 통합 모니터링 기술 개발 | '22.03.15 | 0 |
| EVs4ALL | ▶Electric Vehicles for American Low-carbon Living - EV 시장 점유율 향상을 위한 차세대 배터리 기술개발 * 5-15분 충전시간 내 셀 용량의 80% 충전, 저온 배터리성능 손실 최소화(최소 50%), <\$75/kWh 비용 달성, 주행거리 200,000miles 후 최소 90% 용량 유지 등 | '22.05.03 | 0 |

※ ARPA-E 홈페이지에서 2020년 이후 출시되어 현재 ACTIVE 상태인 프로그램 중심으로 정리

○ (EU) Horizon Europe('21~'27)에서는 사회적 도전과제에 대응하는 임무지향적* 연구개발 프로그램에 기반하여 사업 추진²⁾

* Horizon Europe은 2020년 종료된 Horizon 2020의 중간평가를 통해 연구혁신을 위해서는 임무(Mission)중심의 접근이 필요하다는 결과 도출

- 5개 임무 영역(암, 기후변화, 해양/물, 스마트시티, 토양/식품)을 설정하고, 수요중심 접근방식을 통해 연구과제 추진

※ 임무영역의 과제는 Horizon Europe 프로그램(참고1)의 "(Pillar 2)Global Challenges and European Industrial Competitiveness" 내에서 수행

[Horizon Europe 선정 연구혁신 임무(Mission)]

| 임무 영역 | 주요내용 | 예산 ('21~'23) |
|--------------------|---|--------------|
| 기후변화 대응 - 기후 적응 | <ul style="list-style-type: none"> 2030년까지 최소 150개 유럽 지역 사회의 기후회복력 확보 ※ ①기후 회복력을 위한 준비 및 계획, ② 기후 회복으로의 전환 가속화, ③기후 회복에 대한 체계적 실증 | €368백만 |
| 해양과 물 복원 | <ul style="list-style-type: none"> 2030년까지 EU의 해양과 물의 건강성 회복 ※ ①해양/수중 생태계 재생, ②해양/수중생태계 오염 제로, ③블루 이코노미 섹터 탈탄소화 | €344백만 |
| 기후 중립적 스마트도시 | <ul style="list-style-type: none"> 100개의 유럽 도시의 기후 중립을 향한 체계적 전환을 지원하고, 이 도시를 모든 유럽 도시의 혁신 허브로 전환하여 유럽의 삶의 질과 지속가능성 제고 | €359백만 |
| 토양 건강과 식량 임무 | <ul style="list-style-type: none"> 토양 복원 지원을 위해 Living lab 100개와 우수 선도 시설(Lighthouse) 설립 | €320백만 |
| 암 정복 | <ul style="list-style-type: none"> 예방, 치료를 통해 2030년까지 300만 명 이상의 삶을 개선하고, 가족을 포함한 암 환자의 생존 기간 연장 및 삶의 질 제고 지원 | €378백만 |

○ (일본) 2050년까지 탄소 네거티브 달성을 목표로 제시('20.1)하고, 다양한 난제 해결을 위한 기술혁신을 촉진하고자 문샷 R&D 프로그램 추진

※ 사회, 환경, 경제 부분에서 2050년까지 달성해야 할 6대 문샷 목표를 설정, 문샷 R&D 프로그램에 5년간 총 약 1조원을 투자 방침 발표('20.1)

- 일본 정부는 「환경혁신전략(Environment Innovation Strategy)」을 발표, 2050년까지 탄소중립을 넘어 탄소 네거티브 달성을 목표로 제시('20.1)

·(주요내용) ①관련 39개 기술 선정 및 기술혁신 이행계획 제시, ②혁신기술 비용 절감 및 조기 구현을 위한 촉진계획 수립, ③전 세계 산학연 전문가들과의 교류를 위한 탄소중립 이니셔티브 구축

·(관련 프로그램) 문샷(Moonshot) R&D 프로그램과 청정에너지 분야 혁신기술 국제공동연구 개발사업을 일본의 기후변화대응 기술혁신을 위한 주요 프로그램으로 소개³⁾

2) Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on European Missions, European Commission, 2021

- 문샷에서는 환경분야에서 ‘(목표 4) 지구환경 회복을 위한 지속가능한 자원순환 실현**’을 제시하고, NEDO 관리 하에 13개 프로젝트** 선정

* (목표) 지구환경 회복을 위하여 지속 가능한 자원순환의 실현을 통한 지구온난화 문제 해결(Cool Earth) 및 환경오염 문제 해결(Clean Earth)

** (주요분야) 온실가스 회수 및 소재로의 전환 기술, 질소화합물 회수 및 무해·유용 물질로의 전환 기술, 분해 시기 및 속도 조절 가능 해양생분해성 플라스틱

[4번째 문샷 목표(지구환경 회복을 위한 지속가능한 자원순환 실현) 관련 프로젝트 세부내용]

| 구분 | 분야 | 프로젝트명 | PM명(소속) |
|----|------------------------------|---|--------------------|
| 1 | 온실가스 회수 및 소재로의 전환 기술 | 대기 중 CO ₂ 고정을 위한 전기소비형 바이오 프로세스 개발 | 카토 스이치로 (AIST) |
| 2 | | 고효율 DAC 및 탄소 재활용 기술 개발 | 코다마 아키오 (가나자와대학교) |
| 3 | | CO ₂ 활용 화학공급원료 전환을 위한 통합형 전기화학 시스템 | 스기야마 마사카즈 (도쿄대학교) |
| 4 | | C ⁴ S 연구 개발 프로젝트 *C ⁴ S: 건축을 위한 탄산칼슘 순환 체계 | 노구치 타카후미 (도쿄대학교) |
| 5 | | 냉에너지(cold energy) 활용 기반 DAC 에너지 절약 연구 | 노리나가 코요 (나고야대학교) |
| 6 | | 대기 중 CO ₂ 활용을 위한 복합 탄소 포집 및 변환(quad-C) 시스템 | 후쿠시마 야스히로 (도호쿠대학교) |
| 7 | | “Beyond-Zero” 배출 위한 글로벌 CO ₂ 재활용 기술 개발 | 후자키와 시게노리 (규슈대학교) |
| 8 | | 질소-탄소 순환 최적화를 통한 농경지 온실가스 배출 완화 | 미나미사와 키외무 (도호쿠대학교) |
| 9 | 질소화합물 회수 및 무해·유용 물질로의 전환 기술 | 유해 질소 화합물 혁신적 순환 기술 | 카와모토 토호루 (AIST) |
| 10 | | 질소 순환사회 구현을 위한 희박반응성 질소 회수 및 제거기술 개발 | 와키하라 토루 (도쿄대학교) |
| 11 | 분해 시기 및 속도 조절 가능 해양생분해성 플라스틱 | 비식품 바이오매스 유래 해양 분해 가능한 Multi-lock 바이오폴리머 개발 | 이토 코조 (도쿄대학교) |
| 12 | | 분해 개시 스위치 기능이 있는 해양생분해성 플라스틱 연구개발 | 카스야 켄이치 (군마대학교) |
| 13 | | 식용 가능한 광전환 해양 분해성 플라스틱 개발 | 가네코 타츠오 (JAIST) |

- (국제협력) 2030년 이후 실용화 가능한 청정에너지 분야 혁신기술 개발을 위해 대학·연구소 간 국제공동연구(연간 최대 약 5억원, 최대 3년 지원) 추진

[청정에너지 분야 혁신기술 국제공동연구 개발사업 추진 프로젝트 목록(2021년 기준)]

| 구분 | 프로젝트명 | 상대국 |
|----|---|----------------------------|
| 1 | 탄소 재활용을 위한 CO ₂ 직접 활용 제트 연료 합성 | 태국 |
| 2 | 신규 제올라이트 흡착제 활용 저비용 CO ₂ 회수 기술 | 미국 |
| 3 | 탄소 순환을 위한 제강용 CCU | 스페인 |
| 4 | 고압·고순도 수소 공급을 위한 개미산 기반 화학적 가압 기술 | 네덜란드, 영국, 프랑스, 한국, 사우디아라비아 |
| 5 | 차세대 에너지 소자용 첨단 저온 소결 공정 개발 | 미국 |
| 6 | 혁신적 고온 열에너지 저장 기술 | 스웨덴, 인도 |
| 7 | CIS 기반 탠덤태양전지 | 독일 |
| 8 | 무연 주석 합금 페로브스카이트 탠덤태양전지 | 이탈리아 |
| 9 | 자동화 접착의 장기 안정성 확보를 위한 계면 디자인 | 독일 |

3.2. 우리나라 기술개발 현황

3.2.1. 기후변화대응 R&D 투자 현황

□ (총괄) 국가 기후변화대응 R&D 투자 규모는 '21년 기준 3.4조원 규모(국가 전체 R&D 대비 12.5%)이며, 최근 6년간('16~'21년) 연평균 6.3% 증가

※ 2.4조('16) → 2.4조('18) → 3.3조('21) (연평균 6.3% 증가)

○ (감축) '21년 온실가스 감축분야 투자액은 2조 3,578억원

※ 에너지수요(5,836억), 비재생에너지(4,460억), 에너지저장(4,001억) 순으로 비중이 높음

○ (적응) '21년 기후변화 적응분야 투자액은 9,548억원

※ 농업축산(2,182억), 기후변화예측(1,807억), 물(1,729억) 순으로 비중이 높음

□ (부처별) 21년 기준 주요 부처의 기후변화대응 R&D 투자 집행액은 산업부, 과기부, 해수부, 중기부 순이며, 부처에 따라 투자 집중분야*에 차이

※ 온실가스 감축의 R&D 투자액은 산업부가 1.1조로 가장 높았으며, 기후변화 적응은 과기부가 1,800억원으로 가장 높음

○ (부처별-온실가스 감축) 산업부 1.1조원(47.1%), 과기부 5,865억원(25.1%), 중기부가 1,788억원(7.6%) 순으로 집행

- * (산업부) 전력저장(1,514억원, 13.3%), 수송효율화(1,307억원, 11.5%), 태양광(1,050억원, 9.2%), 연료전지(1,039억원, 9.1%)
- * (과기부) 원자력(1,081억원, 13.3%), 핵융합(572.2억원, 7.0%), 전력저장(863.2억원, 10.6%), 태양광(560.8억원, 6.0%), 수소제조(416.1억원, 5.1%)
- * (중기부) 산업효율화(677.9억원, 32.1%), 전력저장(344.5억원, 16.3%), 연료전지(119.9억원, 5.7%), 수소저장(119.7억원, 5.7%)
- (부처별-기후변화 적응) 과기부 1,800억원(18.9%), 해수부 1,538억원(16.1%), 농진청 1,495억원(15.7%), 환경부 1,161억원(12.2%)
- * (과기부) 감염질병관리(594.4억원, 7.3%), 기후예측 및 모델링(334.1억원, 4.1%), 수처리(143.9억원, 1.9%), 수계·수생태계(127.3억원, 1.6%)
- * (해수부) 수산자원(548.3억원, 26.7%), 해양생태계(442억원, 21.5%), 기후예측 및 모델링(341.3억원, 16.6%), 연안재해(150.8억원, 7.3%)
- * (농진청) 작물재배생산(841.7억원, 54.2%), 유전자원·유전개량(415.1억원, 26.8%), 가축질병관리(119.9억원, 7.7%)
- * (환경부) 수처리(375.4억원, 25.1%), 수계·수생태계(202.4억원, 13.5%), 수자원확보및공급(180,0억원, 12.1%), 기후예측모델링(100.5억원, 6.7%)

3.2.2. 기후변화대응 기술 수준

□ 기후변화대응 기술은 선도국들을 추격(80%)하는 수준에 머무르고 있으며, 연구역량은 응용기술 수준이 기초 대비 우위

– 감축 기술은 응용(71.8점)이 기초(68.5점)에 비해 높게 나타남

- * 상위 3개: 전지저능화기기(수준 89%, 격차 1.5년), 태양광(88%, 1.5년), 연료전지(85%, 2.0년)
- * 하위 3개: 지열(수준 75%, 격차 5.0년), 수소저장(76.5%, 3.0년), CCUS(79.5%, 2.0년)

– 적응 기술은 응용(75.6점)이 기초(70.9점)에 비해 높게 나타남

- * 상위 3개: 감염질병관리(수준 90.5%, 격차 1.0년), 가축질병관리(90%, 2.0년), 수자원·수처리(85%, 4.0년)
- * 하위 2개: 산림생산증진(수준 80%, 격차 7.0년), 생태모니터링·복원(80.0%, 6.8년)

[국가별 ‘온실가스 감축’, ‘기후변화 적응’ 및 ‘감축/적응’ 분야 기술수준(%) 및 기술격차(년)]

| 구분 | | 한국 | 중국 | 일본 | 미국 | EU |
|---------|---------|------|------|------|-----|------|
| 전체 | 기술수준(%) | 80.0 | 78.0 | 90.0 | 100 | 96.0 |
| | 기술격차(년) | 3.0 | 4.0 | 2.0 | 0.0 | 0.5 |
| 온실가스 감축 | 기술수준(%) | 80.0 | 80.0 | 90.0 | 100 | 100 |
| | 기술격차(년) | 3.0 | 3.5 | 1.5 | 0.0 | 0.0 |
| 기후변화 적응 | 기술수준(%) | 80.0 | 75.0 | 90.0 | 100 | 95.0 |
| | 기술격차(년) | 4.0 | 5.0 | 2.0 | 0.0 | 1.0 |

3.2.3. 기후변화대응 R&D 성과

□ 양적 성과는 지속적으로 증가추세이나, 질적 성장 필요

○ (논문) 기후기술 관련 논문건수는 '20년 기준 7,219편(국가 전체 논문의 16.2%)으로, 최근 지속적으로 증가(5,390건('18년) → 7,219건('20년)) 추세*

* 10억원당 논문 성과는 2.37건으로 국가 전체 성과(1.85건)보다 높음

○ (특허) 기후기술 관련 특허건수는 '20년 기준 4,307편(국내 4,023건, 해외 284건)으로, 국가연구개발사업 전체 성과 대비 29.7%를 차지

* 10억원 당 특허 성과는 1.41건으로 국가 전체 성과(1.00건)보다 높음

○ (사업화율) 국가의 기후변화대응 R&D 투자는 지속 증가하고 있으나, 규제, 시장 불확실성 등으로 타 기술분야 대비 사업화율은 낮은 상황*

* 사업화율 : ('16년) 27.4% → ('18년) 30.8% (vs. 산업기술 45.4%)

< 기후 R&D 대표 우수성과 사례(기후기술 10선, '21) >

| | |
|--|---|
| | <p>배기가스 내 이산화탄소 포집 및 탄소자원화 하이브리드 동시처리 공정 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ (내용) 발전소 배기가스 내 CO₂를 포집 공정으로 분리한 후, 광물화미세조류 공정을 통해 탄소자원화 ▪ (성과) 세계 최초로 도심발전소 배기가스 내 CO₂ 포집 후 탄소자원화를 통한 고가물질 생산 실증 |
| | <p>기후변화 감시 융합정보 산출 및 기후변화진단 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ (내용) 지상·위성·선박·항공 장기 관측 기후변화 감시 자료 수집 및 통합 기후시스템 인자정보 융합 ▪ (성과) 기후시스템 인자들의 융합정보 고도화 기반 국가 기후변화 감시 통합 자료 서비스체계 구축 |
| | <p>디지털 해상풍력 입지정보도 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ (내용) 환경성 및 수용성을 고려한 해상풍력단지 최적입지 선정을 위한 과학적 자료 제시 ▪ (성과) 해상풍력 입지타당성 평가 가이드라인 제시 및 최적입지정보도 시스템 구축 |

3.2.4. 기후변화대응 기술개발 정책·전략 분석을 통한 중점전략 도출

- (온실가스 감축) 유엔기후변화협약(UNFCCC)에 따라 모든 당사국은 온실가스 감축 노력을 객관적으로 평가받고, 정책 현황 및 향후 계획을 국제사회에 제출 필요
- (객관적 평가) 우리나라는 IPCC 지침에 따라 국가 온실가스 인벤토리를 산정하며, 에너지, 산업공정, 폐기물, 농업 및 LULUCF 분야의 배출·흡수량을 매년 공표
- (정책·계획) 파리협정 권고사항*에 대응하여 탄소중립 선언('20.10), 「지속가능한 녹색사회 실현을 위한 대한민국 2050 탄소중립 전략」 수립('20.12) 및 「2050 탄소중립 시나리오안」 발표('21)
 - * 기후변화 대응 정책의 장기적 비전 관점에서 당사국에게 장기저탄소발전전략(LEDS)을 '20년까지 수립 권고
- (주요 분야) 온실가스 감축을 위한 각 정책별 주요 분야(부문)는 국가 온실가스 인벤토리의 분야를 기반으로 설정 및 세분화 진행

[정책별 주요 분야 비교]

| 정책명 | 주요 분야 | |
|-------------------|---------------------------------------|----------------|
| | 배출 | 흡수 및 제거 |
| 국가 온실가스 인벤토리 | 에너지, 산업공정, 폐기물, 농업 | LULUCF |
| 2050 탄소중립 전략('20) | 에너지, 건물, 수송, 산업, 폐기물, 농축수산 | 탄소 흡수원 |
| 탄소중립 시나리오안('21) | 전환(발전), 수소, 건물, 수송, 산업, 탈루, 폐기물, 농축수산 | 흡수원, CCUS, DAC |

- (주요 전략) 「2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안('21)」은 40% 감축을 위해 연구 수행에 적극 노력할 것을 명시 및 부문별 주요 감축방안 제시
 - : 특히, 신재생에너지 확대, 무탄소 연·원료 대체, 전력화, 에너지효율 등에 집중

[부문별 주요 감축방안]

| 부문 | 주요 감축방안 | | | |
|----------|---------|----------------|-------------------|----------|
| 배출 | ① 전환 | 신재생에너지 발전 | 무탄소 연료(암모니아 등) 혼소 | |
| | ② 산업 | 연·원료 전력화 | 친환경 연·원료 전환 | 에너지효율 |
| | ③ 건물 | 기기 전력화 | ICT 기반 에너지 관리 | 에너지효율 |
| | ④ 수송 | 친환경차(전기·수소) | 바이오디젤 혼합률 상향 | 에너지효율 |
| | ⑤ 농축수산 | 친환경 사료·비료 | 저탄소 연료 | 에너지효율 |
| | ⑥ 폐기물 | 친환경 연·원료 | 폐기물 감량 및 재활용률 확대 | |
| | ⑦ 수소 | 수전해 기술개발 및 상용화 | | 해외 수소 도입 |
| 흡수 제거 | ⑧ 흡수원 | 산림·임업 | | |
| | ⑨ CCUS | 대용량 저장소 확보 | CCUS 상용화 R&D | |

⇒ 국가 온실가스 인벤토리의 주요 분야를 기반으로 「기후변화대응 기술개발 기본계획」 온실가스 감축 주요 전략 도출 수행

1 온실가스 감축

♣: 산업부, ◎: 과기정통부, ▣: 국토부, ▲: 환경부, ◇: 해수부, ☆: 중기부

| 전략 | 분야 | 전환 | 산업 | 건물 | 수송 | 농축수산(NDC) | LULUCF |
|------------------------------|----|--|---|--|--|---|---|
| 1-1. 무탄소 에너지 생산 | | <ul style="list-style-type: none"> - 태양광 ♣◎▣▲ - 태양열 ◎ - 풍력 ♣◎ - 수소·암모니아 발전 ♣◎▣▲ - 해양에너지 ♣◎ - 수열 ♣▲ - 수력 ♣ - 지열 ♣ - 바이오에너지(고형·중유가스 분뇨 활용) ♣▲ - 원자력 ♣◎ - 핵융합 ♣◎ | | | | | |
| 1-2. 에너지 시스템 전기화 | | | <ul style="list-style-type: none"> - (철강) 고로→전기로 ♣◎ - (시멘트) LNG→전기 ♣◎ - (석유화학) 전기로 ♣◎ - (산업기기) 에너지 다소비 기기 전기화 ♣◎ - (산업 공통설비) 증기생산 보일러 대체용 고온 히트펌프 ♣ | <ul style="list-style-type: none"> - 건물 부문 기기·설비 전기화(히트펌프 등)(NDC) - 건물 에너지 자립도 향상 (신재생에너지 활용) ◎ | <ul style="list-style-type: none"> - 전기모빌리티 및 관련 인프라 ♣◎▣◇ | <ul style="list-style-type: none"> - 농기계 전기 전환 | |
| 1-3. 연·원료 대체 (수소·바이오·폐자원) | | <ul style="list-style-type: none"> - 수소기반연료 생산·저장·운송 ♣◎▣▲◇ | <ul style="list-style-type: none"> - (철강) 수소환원제철, 하이브리드 연원료(수소+석탄), 저탄소무탄소 그린제철기술(폐자원·폐열부산물) ♣◎ - (시멘트) 수소 연료 활용 신열원, 폐플라스틱, 석회석 원료 비탄산염·슬래그 대체 ♣◎ - (정유) 무탄소 열원 기술, 폐플라스틱 활용 합성연료 제조 ♣◎ - (석유화학) 바이오납사, 폐플라스틱 ♣◎ - (섬유) 폐자원 재활용 섬유 및 복합재 제조 ♣ - (산업단지 열병합 발전) 바이오매스 사용 - (비철금속) 탄소 환원제 대체 수소환원 신융용 공정 ♣◎ - 자원회수 및 자원순환 ♣◎▲ - 바이오매스 기반 원료·제품 생산 ♣◎ | <ul style="list-style-type: none"> - 건물용 연료전지 시스템 ▣ | <ul style="list-style-type: none"> - 수소기반연료 모빌리티 (차·선박·철도·항공) 및 관련 인프라 ♣◎▣◇ - 바이오수송연료 (CNG/LBM·휘발유·경유·선박유·항공유) ◎▣◇ | <ul style="list-style-type: none"> - 농기계 수소 전환 - 저메탄·저단백질 사료 공급 | |
| 1-4. 에너지 효율 향상 | | | <ul style="list-style-type: none"> - (산업공정) 저탄소 공정기술 개발 ♣◎▣☆ - (산업 공통설비) 탄소 다배출 설비의 저탄소화 ♣◎ - (디지털전환) 스마트공장, FEMS ♣◎▣☆ | <ul style="list-style-type: none"> - ZEB·그린리모델링 ♣◎▣ - 고성능·다기능 외피 ◎▣ - 고효율 에너지 기기·설비 ♣◎▣ - 건물 최적운영·융합 기술 ♣◎▣ - 성능 진단 ♣◎▣ | <ul style="list-style-type: none"> - 지능형 모빌리티 ♣◎▣◇ - 친환경(LNG, 하이브리드) 모빌리티 ♣◎▣◇ | <ul style="list-style-type: none"> - 고효율 에너지설비 보급 - 어선 노후기관 대체 | |
| 1-5. 에너지 인프라 통합 | | <ul style="list-style-type: none"> - 분산전원 시스템 ♣◎ - 계통 선진화·차세대 전력망 ♣◎ - 전력망 유연성 확보 및 디지털 수요관리 ♣◎ - 에너지저장·ESS ♣◎ | <ul style="list-style-type: none"> - (열네트워크) 카르노배터리, 열저장 등 ♣ - (P2X) 섹터커플링 ♣ | | | | |
| 1-6. 온실가스 처리·흡수 | | | <ul style="list-style-type: none"> - (포집) 배출원별 포집기술 확보, track record 확보, 실증기반 구축 및 상용화, 미래기술(DAC, BECCS 등) 확보 ♣◎ - (저장) 대규모 저장소 탐사 및 주입기술 개발, 저장 모니터링·운영, 해외 저장소 수송 기술 ♣◎ - (활용) CCU 제품 조기상용화 위한 R&D 및 실증 ♣◎ | <ul style="list-style-type: none"> - (반도체·디스플레이) F-gas 저감, 低GWP 냉매·공정가스 개발 ♣◎ - (시멘트) 고농도 CO₂ 활용기능 반응경화 시멘트 제조 ♣ | | | <ul style="list-style-type: none"> - 흡수원 강화 (산림·임업·해양 등) ◎▲ - 자연기반 흡수 증진 ◎▲ |

- (기후변화 적응) 배출량 감축을 위한 경로 가속화를 포함하여 기후 영향에 대한 복원력·회복력 확보를 위한 노력 필요
- ‘기후변화 완화’는 기후변화에 따른 위험 최소화를 위해 중요한 요소이나, 순 제로 배출량에 도달한 후에도 일정 수준의 온도상승이 발생할 가능성 존재
 - 기후변화 완화를 위한 노력과 별개로 추가적인 기후변화로 인한 위험 증가를 관리하기 위해서는 기후변화 적응에 대한 지원이 중요
- (기후변화에 따른 대상별 영향) 기후변화는 인간, 식량, 자산, 기반시설, 생태계 등 사회·경제 전 분야에 부정적 영향 초래

< 기후변화에 따른 대상별 영향 상세 >

- (인간) 폭염으로 인한 열스트레스 증가는 야외작업의 효율에 영향을 미치거나 목숨에 위협이 될 수 있으며, 지표면 온도상승 및 홍수 등에 따른 질병발생으로 인간의 건강에 영향을 미칠 수 있음
- (식량) 기후 변동성 증가로 인한 폭염, 가뭄, 홍수 등의 이상기후가 빈번해지며, 토지와 작물에 미치는 기후 충격으로 안정적인 식량생산에 위협
- (자산) 홍수, 폭우, 산불 및 기타 위험에 의해 건물과 같은 물리적 자산 피해 발생
- (인프라·서비스) 극한기상현상(홍수, 가뭄, 폭염 등)은 운송, 에너지, 통신, 물, 폐기물 관리 등과 같은 주요 기반시설에 직접적인 피해를 줌으로써, 인프라·서비스 시스템에 위협 초래
- (생태계) 기후변화는 생태계를 변화시키고, 산림, 해양, 생태계 등과 같은 자연자본의 형태를 파괴시킴으로써 인간의 거주와 경제활동에 부정적인 영향 초래

- (정책·계획) 국가 기후변화 적응력 제고를 위해 「제3차 국가 기후변화 적응대책」 및 「제2차 기후변화대응 기본계획」 등의 수립을 통해 부문별 목표 제시
- 또한 기상, 물, 생태계, 농수산, 건강 등 각 부문별 계획* 수립 중
 - * 기상업무발전 기본계획, 산림기본계획, 국가물관리 기본계획, 농림식품과학기술육성 종합계획, 국토종합계획, 해양수산과학기술육성 기본계획, 환경보건종합계획, 등

<정책 별 부문 비교>

| 정책명 | 부문 | | | | | |
|------------------|----|---|-----|-----|----|--------|
| 제3차 국가 기후변화 적응대책 | 국토 | 물 | 생태계 | 농수산 | 건강 | 산업·에너지 |
| 제2차 기후변화대응 기본계획 | 국토 | 물 | 생태계 | 농수산 | 건강 | - |

- (적응기술범위) 기후변화 현상의 관측 및 예측 신뢰성을 강화하고, 기후변화로 인한 환경 변화에 능동적이고 선제적인 대처를 통해 인간을 포함한 생태계 및 사회·경제 시스템의 기후리스크 저감 및 회복탄력성을 증진시키는 기반기술

| 부문 | | 건강 | 물 | 국토·연안 | 농수산 | 산림·생태계 | 산업·에너지 |
|--|--------------------------|--|------------------------------|--|--|--|--|
| 기후변화 감시·예측 기술개발 | 관측·예측· 모니터링 | | | • 기후변화 시나리오 생산 및 예측 기술 고도화 | • 과학적 기반의 농수산 기후변화 영향 정보 제공 | • 기후변화 취약생물종 및 훼손된 생태계에 대한 집중 모니터링 • 산림탄소 관리체계 구축 | |
| | 감시/전망 | • 기후변화에 따른 국민건강피해 감시체계 구축 및 안정화 | | • 지진·지진해일·화산 감시 및 대응 강화 • 해양 예·경보시스템 정확도 제고 | | | |
| 기후변화 영향·위험 평가 기술개발 | 영향평가·분석 | • 환경오염 취약우려지역 건강영향평가 기반 구축 | | • 재난안전 위험요소 예측·영향평가 기술개발 | • 농림업부문 기후변화 영향 평가 및 예측 기술 | • 임업산림의 기후변화 영향 및 취약성 평가 강화 | |
| 자연생태계/ 사회·경제 시스템의 기후피해 저감 및 회복력 증진 기술 | 사전예방 (취약성 평가, 대응력 강화) | • 기후변화 건강 적응을 위한 보건의료체계 정비 및 협업체계 마련 | • 도시·유역 물 순환 건전성 확보 | • 기후변화를 고려한 토지·건물·시설 관리 | • 농수산 환경 변화 대응력 제고 기반 정비 • 식량안보 확보를 위한 농축수산 안정 생산 기후변화 대응력 강화 | • 선제적인 생태계 복원·보전 및 생물종 보호 | • 산업별 기후변화 적응 역량 강화/발전·전력 설비 기후 취약성 강화 |
| | 사후대응 (피해저감, 회복력 강화) | • 환경성 건강피해 신속 위기관리 대응체계 마련 • 건강피해 사후관리 추적·감시 시스템 구축 | • 하천유역의 자연성 회복 및 수생태계 건강성 확보 | • 국토·연안재해 통합 대응 체계 및 관리기반 구축 | | • 훼손산림의 생태복원으로 산림생태계 연속성·건강성 회복 및 증진 | • 재난피해로부터 회복력 강화 기술개발 |
| 기후변화적응 기술·정책지원과 통합 기반기술 개발·평가 (정책, 환류) | 대응기반 (통합평가, 정책지원) | • 취약계층 보호 기반 마련, 취약계층 보호 프로그램 및 매뉴얼 개발 | | • 지역사회의 기후변화대응 책임 강화 | | • 국가 및 지역단위 SDGs 이행수준의 객관적인 평가 체계 구축 | |
| | 정보생산·관리· 활용 | • 기후변화·건강영향 정보 생산 및 확산 | • 통합 정보공유로 물 관리 계획의 연계성 강화 | • 시민참여 활성화로 재해정보 사각지대 해소 | • 기후변화 적응 농수산 생산 체계 구축 | • 산림 빅데이터 체계 확립 및 지능정보 기반의 행정 혁신 | • 기상기후자료 활용 증진 및 융합서비스 확산 |

3.3. 시사점

- (감축) 재생에너지 중심의 에너지믹스 구성이 필수적이나, 경제성·안정성·경쟁력 등 이 슈해결 위한 핵심기술 확보에 지지부진
 - (경제성) 국내 태양광 발전단가(LCOE)*는 주요국 대비 여전히 높으며, 발전·산업부문 탄소중립에 필수적인 CCS** 등 역시 비용이 높음
 - * 태양광 LCOE 국가별 비교('21 기준): (평균) 0.048, (中) 0.034, (스페인) 0.048, (韓) 0.056 (단위: \$/kWh, 출처: IRENA,('22))
 - ** 화력발전+습식포집 비용: (석탄화력) 193원/kWh, (LNG) 184원/kWh으로 태양광·풍력 대비 비쌈
 - (안정성) 재생에너지 보급 증가에 따른 설비 이용률 저하* 및 전력 품질 하락 등을 대비하기 위한 에너지 시스템 통합 기술 개발 및 실증이 미흡
 - * 제주지역 발전시설 가동중단 횟수: ('16) 6회 → ('18) 15회 → ('20) 77회 → ('22 상반기) 60회
 - (경쟁력) 좁은 면적 대비 많은 전력 공급이 가능한 초대형 해상 풍력발전 기술 등은 선도국을 추격*하는 수준에 그침
 - * 우리나라는 10MW급 풍력발전기를 '23년까지 개발, 해외는 14MW급 실증 中

- (적응) 순 탄소 배출량 제로를 달성한 후에도 일정 수준의 온도상승이 발생할 가능성이 존재하며, 추가적인 기후변화로 인한 위험 관리 필요
 - 꺾어보지 못한 극한기후의 영향과 이로 인해 발생하는 기후재난은 대형화·복합화 추세로, 예측이 어렵고 피해규모*가 확대되는 추세
 - * '20년 기준 태풍·호우로 인한 재산피해는 1조 2,585억 원으로, 최근 10년 연평균 피해액의 약 3배 (2020년 이상기후 보고서, 기상청('21))
 - 사후 재난대응 기술만으로는 기후위기 및 기후체제 대응에 한계가 있으므로, 과학기술 기반 통합적, 융합적 新적응기술 개발 필요

- (성과확산) 기후기술의 국가 R&D 투자가 지속적으로 확대*됨에 따라, 논문, IP창출, 기술이전 등의 양적인 성장은 이루었으나,
 - * 탄소중립 정부 R&D 투자 : ('17) 0.92조원 → ('21) 1.60조원 (탄소중립 기술혁신 추진전략, '21)- R&D 투자 효율성*은 전반적으로 감소하는 추세로 질적인 성장은 미흡
 - * 기후기술 정부 R&D 기술이전 효율성: ('16) 1.40% → ('20) 1.17% (GTC, '22)
- 기후기술 분야는 정책 변동, 산업 규제, 시장 불확실성 등으로 他 분야 대비 민간 투자 유인* 및 사업화 추진에 한계**
 - * 벤처투자시장의 분야별 투자비중 : 에너지 11% (vs. 바이오 76%, ICT서비스 57%) (KVIC, '21)
 - ** 사업화율 : ('16) 27.4% → ('18) 30.8% (vs. 산업기술 45.4%)

□ (기반조성) 국내·외 국제협력 정책/제도/투자 등 인프라 확대와 함께 유관 전문인력에 대한 수요 증가 심화

○ (국제협력) 국제사회의 기후위기 대응 강화에 부응하여, 신속한 기술확보, 新시장 선점, 국외 감축* 활용 등을 위한 전략적 국제협력 활동 확대 필요

* 2030 NDC 상향안의 국외감축 목표: '30년 -33.5 백만톤 CO₂eq

○ (인력양성) 기술패권 경쟁이 심화되고 녹색 일자리 수요*가 확대될 전망으로, 범부처 차원의 전문인력 양성 정책 및 사업을 통한 기술역량 축적 시급

* 2030년까지 청정에너지 분야 고용인원이 1,400만명 증가 전망(IEA, 2021)

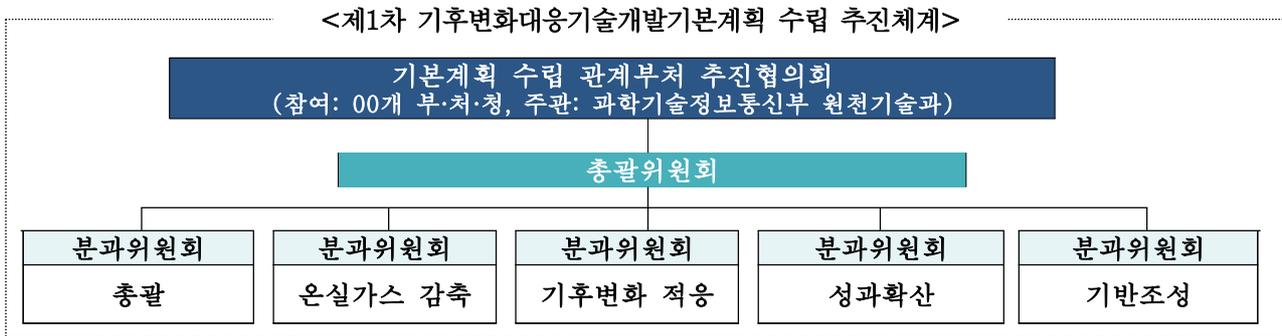
☞ 기후위기 대응을 위한 근본적 방법은 혁신적 기술개발이므로, 기후변화대응 기술개발을 중심으로 거버넌스 강화, 국제협력, 성과확산 생태계 구축 등 종합적 범부처 육성체계 마련 필요

4. 기후변화대응 기술개발 기본계획 수립 경과

4.1. 위원회 구성 및 운영

- 과기정통부 주관으로 관계부처의 협력을 통해 5년 주기로 기후변화대응 기술개발 기본 계획 수립
 - 수립위원회에서 마련한 ‘기후변화대응 기술개발 기본계획(안)’ 관계부처 협의를 통하여 수정·보완하고, 기후변화대응 기술개발 촉진법에 따라 국가과학기술자문회의 심의·확정
- (위원회 구성) 과학기술정보통신부를 주관부처로 하여 관계부처 추진협의회를 조직, 산·학·연 전문가 75명으로 구성된 ‘「제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획」 수립 추진위원회’를 구성·운영

※ 총괄위원회(민간위원장 한국에너지기술연구원 김종남 원장), 5개 분과위원회 구성·운영



| | |
|---------|---|
| 추진협의회 | <ul style="list-style-type: none"> • 수립위원회 위원장을 중심으로 관계부처 및 기관 실무자로 구성 - 기본계획 수립방향을 결정하고, 국과심 최종심의(안) 검토 및 확정 |
| 총괄위원회 | <ul style="list-style-type: none"> • 민간전문가 위원장을 중심으로 각 분과 위원장 및 자문위원으로 구성 - 기본계획 구성 및 주요목표를 설정하고 분과별 수립 계획 조정 및 자문·검토 |
| 분과위원회 | <ul style="list-style-type: none"> • 총괄, 온실가스 감축, 기후변화 적응, 성과확산, 기반조성 분과를 구성하고 각 분과별 산학연 전문가 75명으로 구성 |
| 총괄분과 | <ul style="list-style-type: none"> • 기본계획(안) 총괄 실무검토, 업무 및 기술간 체계 조정 등 |
| 온실가스 감축 | <ul style="list-style-type: none"> • 시행규칙 제2조(온실가스 감축 기술)에서 정하는 기술 중 기후변화 대응을 위한 핵심기술에 대한 기술개발 계획 도출 |
| 기후변화 적응 | <ul style="list-style-type: none"> • 시행규칙 제3조(기후변화 적응기술)에서 정하는 기술 중 기후변화 대응을 위한 핵심기술에 대한 기술개발 계획 도출 |
| 성과확산 | <ul style="list-style-type: none"> • 기후기술 상용화 관련 지원 확대 및 경쟁력 강화방안 구체화 |
| 기반조성 | <ul style="list-style-type: none"> • (국제협력) 기후변화대응 글로벌 협력 기본계획 마련 • (인력양성) 기후기술 전문인력 양성을 위한 기본계획 마련 |

- (일시/장소) '22년 7월 5일(화) 14시~17시30분 / 대전 롯데시티호텔
- (참석대상) 과기정통부 기초원천연구정책관, 관계부처 과장, 제1차 기후변화대응기술개발 수립 추진위원회 위원 등
- (주요내용) 제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획 수립 방향 논의

□ 총괄위원회 제언

- 국내 실정에 맞는 **탄소중립 및 기후변화적응 기술 개발을 위해 핵심기술들을 포괄할 수** 있도록 노력
 - 열생산, 수소활용, 신재생에너지 발전 간헐성 문제해결, 순환경제 등 주요한 기술을 잘 챙겨서 계획을 세워 갈 것
 - 탄소중립 기여도 산정을 통해 기여도가 높은 기술을 선별해서 투자
 - 임무지향적 R&D를 추진하고자 한다면 제품중심(예) 2030년까지 1\$/kg 달성 등) 목표 제시를 통해 명확하고 간결한 기술개발계획 수립 필요
- 기후변화와 관련한 전략 및 계획이 부처별로 다양하게 수립되고 있는 상황이므로 **기존 계획과 어떻게 차별성을 가질 것인지에 대한 고려 필요**
 - **에너지 패러다임* 변화에 따른 에너지시스템의 급격한 변화 반영**
 - * 전력화 문제 해결, 서플라이 체인을 어떻게 구성해서 경제성을 높이는지에 대한 고려, 지속가능성 확보, 섹터커플링 -> 단위기술이 아닌 시스템 단위에서 기술 융복합이 필요하며, 신산업 비즈니스모델 발굴이 중요.
 - 기존에는 기술의 한계돌파에 대해서만 고려했다면, 최근에는 시장돌파 부분이 중요하게 다루어지고 있으므로, 관련 업계가 활성화될 수 있는 “시장돌파” 부분에 대한 고려 필요
 - **R&D 생산성과 효율성을 어떻게 향상시킬 것인가?**
 - R&D 생산성은 투자의 효용성에 관한 부분이므로 시장 니즈를 반영해야 하며, 업체의 참여가 중요한 요소
 - 플랫폼 형태를 통해 에너지 데이터를 디지털화 시키고 신서비스 창출을 통해 신산업 창출 필요
 - 국가단위의 지자체와 연계하는 통합 실증 강조
 - 정부주도에서 시장주도로 변화되고 있기 때문에 민간에 시그널을 줄 수 있는 기술정책 로드맵을 수립하여 기업의 선행투자 촉진 방안 마련
 - 한국형 ETP 시나리오 수립을 통해 정부주도, 공기업 주도, 기업주도로 나누어 체계적인 기본계획을 세울 수 있도록 노력 필요

- 계획을 효과적으로 작동시킬 수 있는 인프라 및 환경조성분야 반영
 - R&D 거버넌스 부분에 대한 심도있는 논의 필요
 - 다양한 사업들의 상호 호환성, 연계성 및 중복성 관련 문제가 있으므로, 투자포트폴리오적인 고려 필요
 - 기술통계 구축을 통해 개발기술이 온실가스 감축에 얼마나 기여하는지 도출할 수 있는 기반 조성 필요
- 탄소중립 정책에 기여할 수 있는 수단이 될 수 있는 기본계획을 만들도록 노력해야 할 것이며, 기술의 온실가스 기여 목표*를 명확하게 정해놓고 기본계획 수립 작업이 이루어져야 할 것
 - * 국가 NDC 중 얼마나 기여할 것인지에 대한 목표 수립 후 어느 수준 까지 기여 목표를 공개할 것인지에 대한 고려 필요(정성적/정량적 목표 수립 필요)
- (추진방향) 기술개발이라고 했을 때 기업의 입장에서는 원천/실증/스케일업 기술인지에 대한 모호함이 있으므로, 기본계획 수립 시 각각의 기술개발에 대한 명료한 구분 필요
- (협동연구) 민간에서도 기술개발(원천기술 등)에 많은 투자를 하고 있으나, 기술 경쟁력을 검증*할 수 있는 방법이 없으므로 이에 대한 고려 필요
 - * 개발기술의 경쟁력을 검증해야 향후 투자계획에 대한 결정이 가능
- (국제협력) 해외(EU, 일본 등)에서 기술협력에 대한 제안이 많으므로 그 제안들에 대응해서 국제협력 추진하는 것이 효율적일 것
- (기술투자) 기업의 입장에서는 기술투자할 때 가장 중요할때는 수요전망이 가장 중요하므로, 이러한 부분에 시그널을 줄 수 있는 방안 고민
- 글로벌 탄소중립에 우리나라 기술이 기여할 수 있도록 R&D 부터 성과확산까지 전과정이 본 기본계획에 담겨야 할 것
 - 기술의 경우 프로토타입이나 데모단계의 기술이 많으므로, 이런 기술들을 잘 다듬어 활용하면 탄소중립이나 기후변화에 상당부분 기여 가능
 - 기본계획 수립 시 너무 기초/원천기술에만 집중하지 말고, 현재 출연연이나 대학, 기업에서 보유하고 있는 기술을 활용할 수 있는 부분에 대해서도 고려 필요
 - R&D 관점에서는 단위기술개발로 보통 기술개발이 수립되므로 현재 시장에서 벌어지는 복잡한 문제를 해결하기에는 그 차이가 큰 경향이 있음
 - 다양한 시나리오 하에서 우리가 가져가야 할 핵심기술이 무엇인지에 대해 정의하고, 핵심 기술을 뒷받침하는 하위기술개발 계획도 종합적으로 담겨야 할 것
 - 지금은 초기단계의 혁신기술(ex) BECCS, DAC 등)부분에 대한 관심도 필요하며, 탄소 이외에 기타온실가스 부분에 대해서도 함께 고려해야 할 것
 - 에너지절약과 효율향상도 세계적으로 중요하게 다루고 있는 분야이므로 모니터링, 분석, 관리를 위한 데이터(AI, 빅데이터 등) 분야도 함께 고려 필요

- 고시안에 열, 전기, 섹터커플링 분야가 전반적으로 다루고 있으므로, 감축분과에서 전체적인 기술분야에 대해 토론하며 기본계획을 수립해 나갈 것
- 성과확산의 범위 및 정의에 대한 논의(수요기업의 니즈, 정책 반영, 제도개선, 실증 등 다루어야 할 내용)가 이루어 졌으며, 실질적으로 작용할 수 있는 기본계획 수립을 위해 노력할 것
- 기술개발에서 어떤 기술을 어떻게 개발할지에 대한 계획이 나오면 인력양성과 국제협력을 어떻게 할지에 대해 후속논의 필요
- 특정 기술군이 뿔치지 않은 상황에서 국제협력과 인력양성 기본계획을 수립해야 하는 상황이나, 기술개발을 중심으로 한 수요 및 활용/성과확산 전주기를 보았을 때 논의 가능한 영역이 있을 것으로 생각됨
 - 선진집단과의 보조를 맞추어 나갈 수 있는 형태의 수요발굴, 연구개발로 이어질 수 있는 연계 구도 마련 등 마련 및 효과적인 성과확산 방안 등 전체적인 구도를 보며 기본계획을 수립할 것

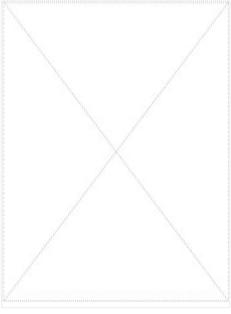
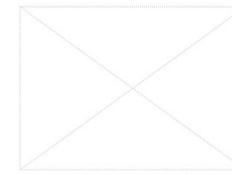
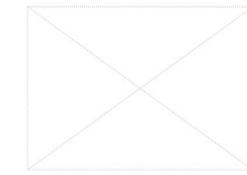
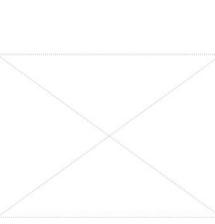
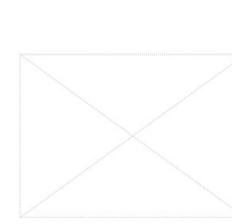
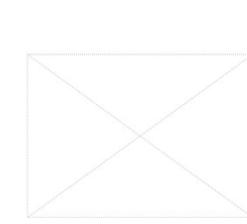
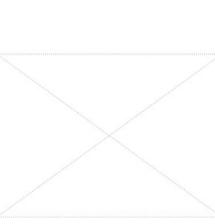
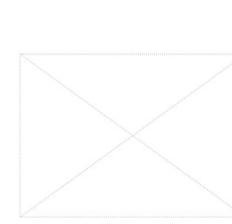
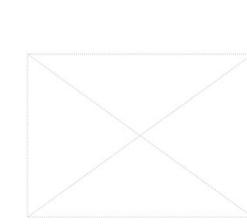
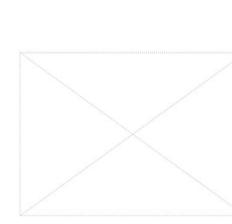
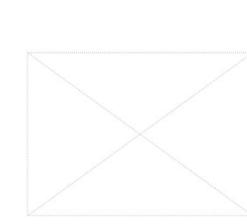
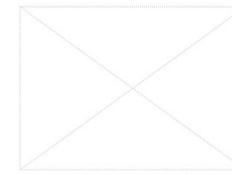
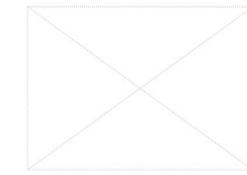
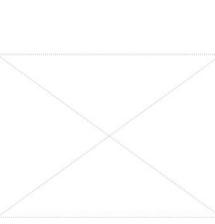
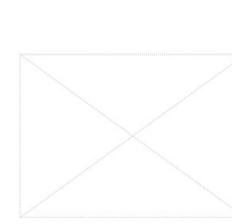
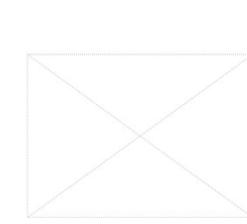
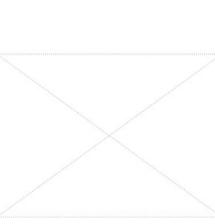
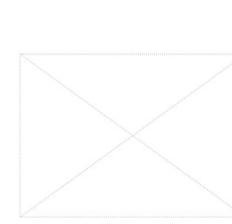
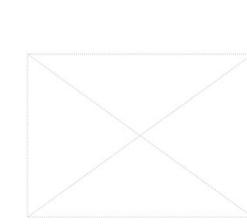
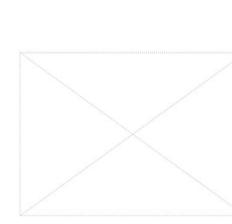
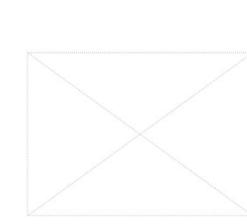
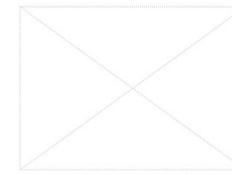
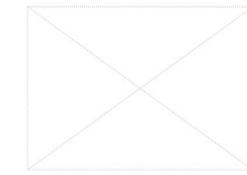
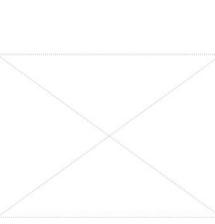
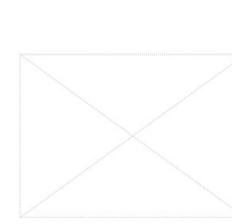
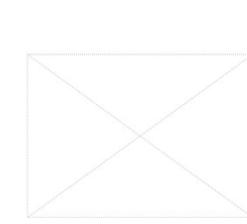
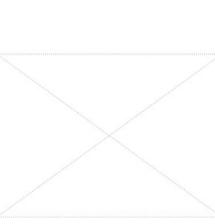
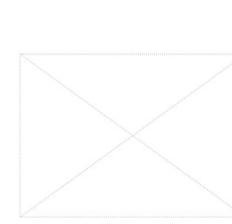
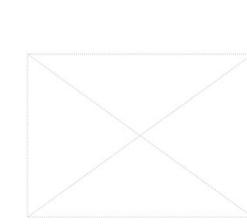
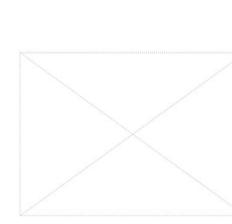
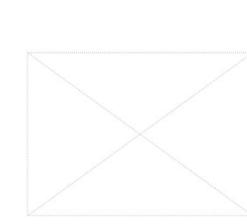
□ 관계부처 질의

- 농업쪽에서 비에너지 분야(Non-CO₂)가 들어갈 수 있는 부분이 많지 않은 것 같음
 - 고시안의 온실가스 처리 및 흡수 부분에 메탄/기타 온실가스 처리 부분 다루고 있음
- 탄소중립 기술개발 추진전략 이후 기본계획을 세우고 있는데 과기부 내 R&D 예산과 연계가 되어야 기본계획이 의미가 있음. 부처별 R&D 심사와 연계를 어떻게 할 것인지에 대한 고려 필요
- 과기부 혁신본부에서 R&D 예산 배분 및 조정 역할 수행 중이며, 본 기본계획 수립 후 '24년 탄소중립 예산 배분 시 본 기본계획이 활용될 예정
 - 본 계획은 범부처 기본계획이므로, 기초원천기술 뿐 아니라 응용, 개발 등 포트폴리오는 다양화되어야 하지만 우선순위와 용도는 명확하게 해야 함
 - 정부의 투자규모 산정 및 기업에 레퍼런스를 제공하기 위해 우선순위 설정 및 기술개발 범위/용도(기초/원천, 실증, 스케일업 등)에 대한 명확한 정의 필요
 - 기반조성은 기술개발을 위한 기반조성이 아니라 기술 활용을 위한 기반 조성의 관점에서 계획 수립 필요
 - (국제협력) 탄소중립 기술을 활용해서 국제사회에 기여하는 것에 초점
 - (인력양성) 기술, 국제협력, 경영, 정책 등 다양한 분야를 아우를 수 있는 융합형 인재 양성 등 다양한 분야 포함

○ 분과위원회를 중심으로 기본계획 초안 도출 및 방향성 검토

- 추진위원회 개최* 및 산업계 의견 수렴**등을 통한 기본계획 도출

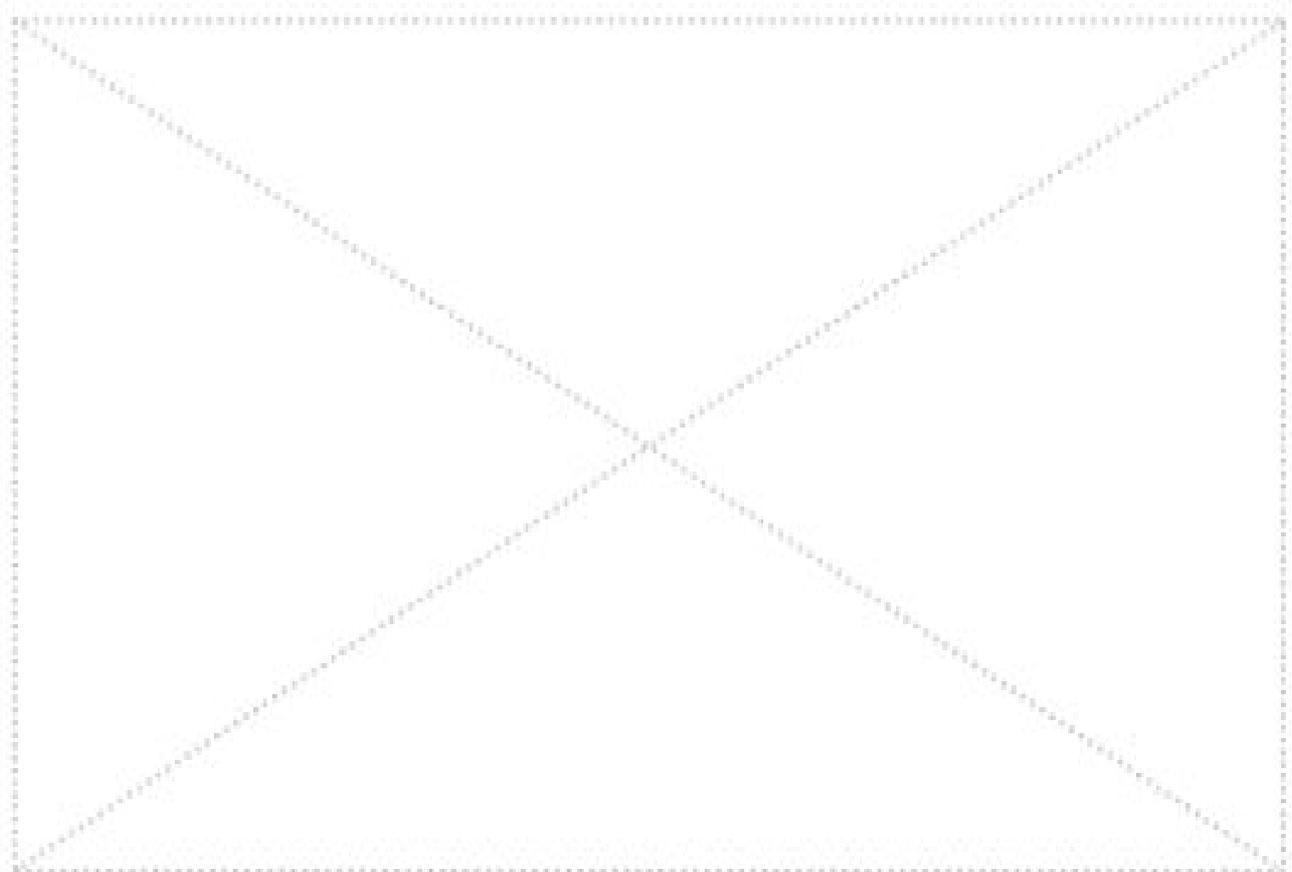
* 킷오프 회의(1회), 총괄위원회(2회), 분과위원회(감축 4회, 적응 4회, 성과확산 4회, 기반조성 5회), 총괄분과위원회(1회) 개최

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--|--|---|--|---|--|----------------|---|--|---|-------------|---|--|---|-------------|---|--|---|
| <p>착수회의</p> | <p>· (주요내용) 제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획의 원활한 수립을 위한 킷오프 전체회의 개최로 기본계획 수립 계획 공유 및 전문분과 위원회 운영방안 논의 등</p> |  | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>분과위원회</p> | <p>· (주요내용) 기후변화대응 기술개발 기본계획 분과별 내용 작성 협의, 기후변화대응 기술개발 기본계획 분과별 작성본 검토 및 조정</p> | <table border="1"> <tr> <td data-bbox="408 963 678 1160"> <p>온실가스 감축</p> </td> <td data-bbox="678 963 909 1160">  </td> <td data-bbox="909 963 1157 1160">  </td> <td data-bbox="1157 963 1434 1160">  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="408 1160 678 1451"> <p>기후변화 적응</p> </td> <td data-bbox="678 1160 909 1451">  </td> <td data-bbox="909 1160 1157 1451">  </td> <td data-bbox="1157 1160 1434 1451">  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="408 1451 678 1742"> <p>성과확산</p> </td> <td data-bbox="678 1451 909 1742">  </td> <td data-bbox="909 1451 1157 1742">  </td> <td data-bbox="1157 1451 1434 1742">  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="408 1742 678 2024"> <p>기반조성</p> </td> <td data-bbox="678 1742 909 2024">  </td> <td data-bbox="909 1742 1157 2024">  </td> <td data-bbox="1157 1742 1434 2024">  </td> </tr> </table> | <p>온실가스 감축</p> |  |  |  | <p>기후변화 적응</p> |  |  |  | <p>성과확산</p> |  |  |  | <p>기반조성</p> |  |  |  |
| <p>온실가스 감축</p> |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>기후변화 적응</p> |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>성과확산</p> |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>기반조성</p> |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | |

4.2. 기본계획 수립을 위한 전문가 의견수렴

□ (목적) 기후변화대응 기술개발 기본계획 수립을 위한 기본 방향성 도출을 위한 산학연 전문가 의견수렴 실시

- 기술개발(R&D), 기술 상용화 및 제도/규제 개선, 국제협력, 인력양성에 대해 관련 현황 및 문제점, 수립 방향성에 대한 전문가 의견 수렴('22.7.1~12)
- 산학연 전문가 20명을 대상으로 기후변화대응 기술개발 기본계획 수립 기본방향에 대한 의견 및 기술개발(R&D), 기술 상용화, 제도·규제 개선, 국제협력, 인력양성의 현황과 문제점에 대한 의견 취합·분석 실시



[의견수렴 조사서]

| 조사 분야 | 조사 내용 |
|----------------------------|---|
| 기본계획 수립을 위한 기본적 고려사항 | <p style="text-align: center;">기후변화대응 기술개발 기본계획 수립 기본방향 관련 의견</p> |
| | <p>[가. 국내 에너지정책 변화에 대응]</p> <p>○ 에너지믹스에 대한 충분한 이해를 기반으로 기후기술 개발 방향성 제시 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 에너지믹스 관점에서는 현존하는 모든 발전원의 조화 속에 점진적 변화 필요 <ul style="list-style-type: none"> * 발전연료비 부담이 없는 원전과 재생에너지는 경쟁상대가 아니라 치솟는 연료비에 대응하는 해결책으로 동반성장이 필요 * 석탄, 가스는 원전 및 재생에너지로 부족한 부분을 메우면서 점진적 축소 - 에너지 효율향상기술, 재생에너지 간헐성 보완 기술을 최대한 확대 필요 <ul style="list-style-type: none"> * 그린수소, ESS, 각종 에너지 저장 신기술개발 확대 * HVDC, 초전도 송전기술 개발 확대 <p>○ 에너지정책 변화(탈원전 → 脫탈원전등)에 대응한 기후기술 개발 방향 제시 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기후변화대응 핵심 에너지원으로 원자력 이용을 확대하기로 한 신정부의 에너지 정책을 적극적으로 반영하는 것이 필요 - 이를 위한 ‘차세대 원전기술* 및 신재생에너지-원자력 연계**’를 위한 원천기술 개발 필요 <ul style="list-style-type: none"> * 초고온가스로(VHTR), 용융염원자로(MSR), 소형모듈원자로(SMR) 등 ** 탄력운전, 대용량 축열 기술, 원자력 수소 등 <p>[나. 기본계획 수립의 방향성 확립 필요]</p> <p>○ 탄소중립 실현을 위한 다양한 정부정책 등과 연계하여 기본계획 수립 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - (정책) 2030 NDC 상향안, 2050 탄소중립시나리오, 전력수급기본계획 등 - (기술) CCU 기술혁신로드맵, 탄소중립 기술혁신 추진전략, 수소·암모니아 발전로드맵(추진중), 탄소중립 산업·에너지 R&D 전략, 에너지 탄소중립 혁신전략, 각 부처별 전략 등 <p>※ 기본계획 수립 중 기술별 온실가스 감축 예상량을 산정 및 검토하는 것은 현실적으로 불가능, 기존 정부의 온실가스 감축과 관련된 자료를 활용 및 연계하는 것이 효율적이라 판단</p> <p>○ 목적과 수단에 대한 명확한 데벨 및 정의 정립 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기본계획 수립 시 탄소중립 실현을 목적으로 하는 기술개발 및 상용화 지원계획 수립 등의 수단과 목적 명확화 필요 ※ 기술부족이면 개발에 중점 / 인프라 부족이면 인력양성에 목표가 되어야 함 - 탄소중립을 넘어 폭넓은 기후변화에 대해 각 산업계의 대응책 수립 <p>○ 사회 취약 계층 포용이 가능한 기술개발 정책 미흡</p> <ul style="list-style-type: none"> - 정적기술개발 유도를 통한 사회적 기업 등의 사회적 가치창출 목표의 지표 또는 정량적 산출 방법 개발 및 반영 필요 <p>○ 국산화 개발이 목표로 국내 기술개발 및 인력양성의 장기적인 목표인지 아니면 목표를 달성하기 위해 수단과 방법을 가리지 않고 개발해야 하는지에 대한 방향에 대해서 명확화 하였으면 함</p> <ul style="list-style-type: none"> - (기술 구분) 기술을 원천/응용/개발로 구분, 관련영역별 및 영역 간 계획 수립 필요 - (기술개발 대상영역 구분) 현재 감축/적응으로 구분된 기술개발의 기본계획에 수요 발굴-연구개발-성과활용-순순환까지의 전주기를 고려한 내용이 포함되어야 함 - (기술개발 목표) 위의 기술 및 기술개발의 영역을 대상으로 기후변화대응 감축/적응 목표 달성을 위한 시나리오 마련 및 이에 따른 기술개발 영역의 목표 설정이 필요 |

- 계획 수립도 중요하지만 정책 변화에 맞는 산업체별 법제도화 및 규제 필요
 - 정책과 실제 실행에는 괴리감이 존재
 - 온실가스 감축관련 산업체별 진행 상황 검토
 - 규제와 지원이 동시에 적용이 되어 함
- 온실가스 발생산업에 따른 맞춤형 온실가스 저감을 위한 기술계획 수립 필요
 - 철강산업, 발전산업, 석유화학산업 등 특성에 맞는 기술개발 및 방향 필요
 - 단, 산업간 연계형 융합 기술개발이 유효한 경우 적극 발굴하고, 산업별 기여도에 따른 탄소저감 효과를 각 산업 목표치에 반영 필요
- 기후변화대응 기술개발 및 상용화에 따른 경제성 및 시장변화 기술 필요
 - 다양한 기술들이 개발되어 있으나, 많은 기술들이 경제성 미확보로 상용화에 어려움이 있어 현재와 미래 경제성 전망 언급 필요
 - 개발된 기술의 상용화를 위해 정부지원(투자) 계획 등 경제성 확보 방안 필요
 - 기술개발로 생산되는 제품이 있는 경우 활용되는 산업과 현재와 미래 시장규모 언급 필요
- 가속화되는 기후변화 변동성에 탄력적 대응이 가능한 기후적응 기술개발 기본계획 필요
 - 다양한 시나리오* 및 맞춤형 대응 방안 구축을 위한 통합기술개발** 필요
 - * 인공지능, 빅데이터, 위성 자료 등을 활용한 기후변화 예측 정확도 향상
 - ** 기상조절, 대체수자원 다원화, 인공 물저장 기술 등

[다. 기후변화대응 기술개발과 관련된 신규 패러다임 개념 도입]

- 기후변화 재해 대응 취약성 분석 고도화 및 공간계획 관련 기술개발
 - 2015년부터 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 개정으로 도시기본계획 및 관리계획 수립 시 재해취약성 분석을 수행
 - 국토부에서 운영 중인 재해취약성 분석제도는 폭우, 폭염, 폭설, 가뭄, 강풍, 해수면상승 등 6개 재해를 대상으로 집계구 단위 분석을 수행, '21년 기준 일차적으로 모든 지자체에서 재해취약성 분석을 완료
 - 결과의 신뢰성 제고를 위해서는 고해상도, 시계열적 분석 등을 포함하는 고도화 기술 필요
 - 또한, 최근 한준호 국회의원실에서 재해예방형 도시계획 수립을 기초조사에 포함하고자 의원발의한 사항이기 때문에 기후변화 재해 대응 관련 공간계획 수립 관련 추가 연구도 필요
- 농림축산업과 일반 산업의 연계를 통한 순환생물경제(circular bioeconomy) 개념 도입 필요
 - 2030년까지 순환생물경제는 7.7 조 USD의 기회
 - 식량 시스템은 EU 생물경제의 가치 중 약 71%를 차지하며, 생물생산품(bio-product)은 28%, 나머지는 바이오에너지(bio-energy)가 차지함
 - FAO는 지속가능하며 순환적 생물경제(sustainable and circular bioeconomy) 제시
- 기존 배관 네트워크 기반 열저장-이송의 한계를 극복하기 위한 새로운 기술 패러다임 필요
 - 최종에너지 소비에서 열에너지의 비중이 해외는 약 51%, 국내는 약 26% 정도이며 그중 90% 이상이 화석연료에 기반하고 있어 탈탄소화가 필수적인 부분
 - 산업부문 에너지 소비에서 열에너지의 비중은 약 68%로, 이 열에너지 공급원으로서 화석연료 사용을 줄이는 저탄소화로부터 장기적으로 완전히 배제하는 탈탄소화 노력 필요
 - 에너지의 양적 절약에서 에너지의 질적 수요관리의 중요성이 급증
 - 효과적인 에너지 질적 수요관리를 위해서는 저온 에너지 사용 비중이 높은 주거영역 및 상업영역에 공급 가능한 산업부분의 폐열을 효과적 활용 중요

| | |
|---------------|---|
| 기술개발 (R&D) | 1. 현재 기후변화대응 기술개발 R&D의 현황 및 문제점 |
| | <p>[가. 다양한 가치 창출을 위한 R&D 투자 필요]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화 관련 산업군의 ‘value-chain’ 기반의 R&D 또는 제품 로드맵 부재 <ul style="list-style-type: none"> - 정부 로드맵에 따른 사회의 임팩트 투자*를 유도할 수 있는 기술개발 로드맵 부재 * 사회·환경적 영향을 만들어내는 기업들을 대상으로 투자를 진행해 재무적 수익까지 창출해내는 투자 ○ 산업/경제적 가치 외의 사회적 가치 창출을 위한 사회문제해결형 기술개발 지원 미흡 <ul style="list-style-type: none"> - 사회의 지속발전 가능한 사회적 가치가 제공 가능한 분야의 투자계획 구축 필요 - 환경보호를 위한 기술뿐만 아니라 취약계층을 포용하는 기술* 개발 지원 정책 부재 * 예시: 식량해결을 위한 이상기후 품종개발 또는 이의 육종 기술 등 <p>[나. 기후변화대응 R&D 컨트롤타워 부재]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 부처별로 기후변화대응 기술개발이 산재되어 진행됨에 따라 국가 차원의 효율적인 기술개발 투자를 위한 종합관리체계 부재 <ul style="list-style-type: none"> - 본 기후변화대응 기술개발 기본계획이 향후 각 부처들의 기술개발 투자에 대한 기본적 지침으로 활용될 수 있었으면 함 ○ 실효성이 높은 장기적인 범부처 R&D 계획수립 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 현재 기후변화대응 관련 기술개발 과제명은 다수 존재하나 직접적인 관련성은 낮고 기술수준 역시 기존의 기술과 큰 차이가 없음 ○ 목표 달성을 위한 Top-down 방식의 연구 과제 설정 필요 <ul style="list-style-type: none"> - Bottom-up 방식으로 R&D를 추진할 시 Top-down 방식과 연계하여 누락 분야 보완 필요 ○ 장/단기별 추진 전략의 차별화 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 국가 정책에 따라 제시된 중점기술에 짧은 기간(5년 내외) 동안 집중 지원하는 행태가 반복됨에 따라 오히려 장기목표 달성(국가감축목표, 탄소중립 등)을 위한 전반적인 기술 발전이 저해 - 단기: 기 확보된 원천기술 수준을 분석한 후, 이에 따라 기술 지정형 실증화 R&D 추진 필요 - 장기: 이슈, 아젠다 및 기술개발 솔루션만 제시, 이를 위한 다양한 기술 지원을 위해 gate-review형 R&D 추진 필요 <p>[다. R&D 성과 활용에 난항]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 온실가스 감축을 위해 다양한 기술개발을 했거나 또는 추진 중이나, 경제성 미확보, 제도 개선 필요 등으로 상용화 어려움 <ul style="list-style-type: none"> - 기술개발 시 수요처에서의 활용성 및 실증을 고려하여 지원 필요 - 해외 대비 상대적으로 낮은 경제성을 지닌 신재생에너지원(예: 열에너지) 설비 보급을 위한 정책적 지원과 기술/산업 확대 필요 ○ 제도 및 지자체에서 활용이 적음 <ul style="list-style-type: none"> - R&D 성과물 중 기후변화 대응 제도의 필요맞춤형으로 도출 및 활용되는 경우가 적음 - 특히, 지자체에서 기술이전을 받아도 활용되는 경우가 많지 않음 - R&D 연구 성과는 논문이 주를 이루며, 활용도 제고를 위해 제도 및 지자체에서 활용할 수 있는 방안 모색 강화 필요 |

2. 기후변화대응 기술개발 중 중점투자가 필요한 기술분야에 대한 의견

[가. 전반적 투자 vs. 집중 투자]

- (전반적 투자) 중점투자 분야 도출보다는 전반적인 분야를 대상으로 한 투자를 강조하고, 지나친 세부분야 제시는 부적절함
 - 기술개발 영역에서 기후변화대응 감축·적응 목표 달성을 제시하는 것은 시나리오 수준의 계획인 바, 세부분야의 집중투자와 같은 기본계획은 오도의 위험성이 큼
- (집중 투자) 기후변화 대응이 가능한 임팩트 투자 활성화 분야의 기술개발 집중 필요
 - 고시 기반의 기술에 대해 투자 확보가 가능한 분야 별 분류 및 우선순위 지정
⇒ 그에 따른 R&D 투자 우선순위 지정
 - 산업계 활성화를 위한 도입/개발 기술에 대한 분류 및 우선순위 지정 필요
⇒ 이를 근거로 국책과제 국산화 비율 산정에 대한 핵심기술 및 요소기술 분야 분류 체계 지정 필요

[나. 기술분야별 맞춤형 지원 필요]

- 이산화탄소 포집·저장 분야 맞춤형 지원 등을 통한 기술수준 및 경제성 확보 필요
 - 이산화탄소 포집설비 투자 및 운용 비용 정부지원 등을 통한 투자 효율성 제고
 - 이산화탄소 저장(Storage) 인프라구축을 통한 저장기술 확보 및 경제적 운영방안
- 무탄소발전 및 저장 분야 정부지원을 통한 기술수준 확보 필요
 - 암모니아·수소 발전 맞춤형 지원(석탄, LNG 발전 연계 등)을 통한 기술수준 확보
 - 암모니아·수소 저장 인프라 구축 지원을 통한 투자 효율성 제고
- 수소의 활용분야 확대를 위한 다양한 산업의 수소이용기반 기술 확보
 - 장기적인 시간이 소요될 수도 있을 것으로 판단되나 장기적 관점에서의 기반 구축을 위한 철강 및 화학 산업 부분의 수소 활용 기술
- 열에너지 네트워크 확산 및 최적화 위해 지역난방 신규사업 개발, 이중 열그리드 연계, 분산형 집단에너지 확대를 위한 기술 개발
 - 지역난방 사업자의 전통적 모델의 한계를 극복하고 기후변화의 시대에 대비한 지속가능한 미래 지역난방 사업모델로 4세대 지역난방 등 이중 열그리드 연계 등을 위한 기술개발
 - △도심/비도심 재생에너지, 공업단지외 산업클러스터 폐열 등 미활용열을 활용하는 열그리드 연계 △열중계 및 열거래 기반의 분산형 집단에너지 확대로 고온열(산업열), 중온열(열병합발전 배열), 저온열(재생열) 영역을 아우를 수 있는 캐스캐이드 방식의 단계적 에너지 활용 기술
- 기존 도시가스 및 지역난방 인프라를 활용할 수 있는 기술 개발 필요
 - 도시가스 대체 합성메탄 또는 수소 전환 기술 등
 - 저온 지역난방 확대를 위한 열매체 전환(이산화탄소 등) 기술 등
- 차세대 원전의 조기 상용화를 위한 민·관 협력 체계 구축
 - 기존의 공기업 중심에서 탈피, 민간 기업의 원자력 분야 시장진입과 경쟁을 유도, R&D 효과를 강화하고, 新산업과 일자리 창출을 촉진
 - ※ 미국의 경우 민간 기업이 차세대 원전 기술개발을 주도, 정부는 매칭펀드 조성 및 출연(연)의 역량 활용으로 차세대 원전의 기술적 위험요소 제거에 나섬
- 물 부문 세부기술 다양성 확보 및 효과에 대한 정량·정성 평가를 통한 기술수준 확보 필요
 - 기존기술의 일부 변형을 통한 적용연구는 지양하고 전주기 평가에 기반한 맞춤형 기술개발을 통한 적용성 및 효율성 제고

[다. 기술·산업 분야 간 융·복합 기술개발 지원]

- 에너지 섹터커플링 및 전력-비전력 부분 간 결합 등 융·복합 기술 확대
 - ※ 온실가스 감축을 위한 재생에너지 관련 기술의 경우 이미 중점적으로 투자가 진행되고 있음에 따라 이를 제외하고 제안
- 산업간 연계형 산업 효율화 기술개발을 위한 중점 투자 필요
 - 개별 산업 부문별 에너지 효율화는 지속적인 공정 개발을 통해 일정 수준에 도달함.
 - 그러나 산업간 (원자력, 철강, 석유화학) 연계 관점에서는 유효한 저탄소 에너지 효율화 신공정 개발 및 적용 가능성이 있음
- (원자력) 청정 전력생산과 타 분야의 기후변화대응을 지원할 수 있는 기술개발에 투자를 집중할 필요가 있음
 - 청정 전력생산 분야: 가동 원전 안전운영 기술, 계속운전 관련 기술, 노후원전 및 화석연료 대체를 위한 차세대 원전과 소형모듈원자로 개발, 사용후핵연료 처리·처분을 포함한 안전 관리 기술, 선진핵연료 개발을 포함한 핵연료 주기 기술 등
 - 타 분야 기후변화대응 지원 분야: 원전 열이용 수소생산 및 공정열 공급 기술, 원자력 추진 선박 및 해양/극지 탐사 기술, 신재생에너지와의 연계 기술 등

3. 기타 건의사항

- 9개 기술분과에서 고시안에 제시된 기술군의 세부적인 내용 재검토를 통한 원천/정적 기술 또는 도입/자체 개발 분류 체계 기획 필요
 - (예시) 온실가스 감축 기술 - 연료/원료 또는 제품을 생산하는 기술 - 수소기술 분야의 액화수소를 위한 '단열기술' 등에 하위 카테고리 분류에 대한 고민 필요
- 사업화 및 시범사업 추진 시 반영되는 기술의 국산화율 표기 필요
 - 국산화율 산정 시 전체 공정이 아닌 해당 요소 기술에 대한 국산화율 표기
- 온실가스 저감기술은 경제성 확보가 어려워 상용화가 곤란하므로 산업 맞춤형으로 정부주도 추진 필요
- 탄소중립을 위한 열에너지 분야는 실증 위주의 연구를 진행하여야 함
 - 실증단지 선정에 있어, 다수의 후보를 선정하고 필요한 인허가 등을 취했을 경우 다음 단계의 연구를 지원해주는 연구 진행 필요
 - 실증계획 수립 후 중장기적 연구 추진을 통해 성과를 도출해야 함
- 성과목표를 정확하며 뚜렷하고 단순하게 선정한 후 지속적으로 이행되고 있는지 확인하는 작업 필요
- 장단기 기술개발 필요성을 객관적으로 평가, 분석하여 기술개발 로드맵을 작성하고 달성 목표치의 구체화 필요

| | |
|--------------------------------------|--|
| 기술 상용화 및 제도·규제 개선 | 1. 현재 기술개발 상용화 및 제도·규제 관련 현황 및 문제점 |
| | <p>[가. 기술 상용화 지원 미흡]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기술상용화 관련 지원 프로그램 미흡 <ul style="list-style-type: none"> - R&D 성과물과 기업수요 간의 간극 극복을 위한 실증사례 확보 지원체계 미흡 - 관련분야의 R&BD* 분야의 정책적 지원 미흡 <ul style="list-style-type: none"> * 기초/원천 R&D 성과물의 상용화를 위한 기업협동의 후속 개발 프로그램 ○ 공공연구성과 미활용특허(장롱특허) 확산 및 R&D 파라독스 이슈화 <ul style="list-style-type: none"> - 기후변화대응 기술분야 미활용 특허의 중소기업 무상이전 등 확대(미활용 휴면 특허에 대한 선급기술료 면제 및 Running Royalty 방식 채택) ○ 대형규모의 상용화, 시범사업의 경우 연구자들은 “성공” 판단의 부담으로 해외기술 도입을 “국산화” 명목으로 적용하는 경우가 있음 <ul style="list-style-type: none"> - 이를 방지하기 위해 대규모 상용화 및 시범사업의 경우 사업 및 요소 기술의 국산화율을 분리하여 적용할 필요가 있음 ○ 기초원천 연구성과에 대한 도전적 상용화 지원체계 부족 <ul style="list-style-type: none"> - 기후환경분야 R&D 예산에서 기술상용화를 위한 일정 부분 예산 의무 할당제 도입 <ul style="list-style-type: none"> * (미국 SBIR) 연간 1억 달러 이상인 경우 해당 예산의 3.2% 이상을 의무적으로 SBIR 프로그램에 할당 <p>[나. 제도 개선 요망]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기후변화대응/적응 관점에서 실효성 있는 구체적 제도·규제 미흡 <ul style="list-style-type: none"> - 현재 기술수준 및 기술 완성도에 근거한 과학적 제도·규제 필요 <ul style="list-style-type: none"> * 현실성 있는 기준 마련(대한민국 2050 탄소중립 현실성은 무엇에 근거?) ○ 국내 원전 관련 법·제도는 현재까지 건설·운영 중인 대형원전 중심으로 마련 <ul style="list-style-type: none"> - 법·제도 개선 없이는 SMR 및 차세대 원전 인허가 과정에서 많은 현안* 발생 예상 <ul style="list-style-type: none"> * (예시) 비상계획구역, 주제어실 운영인력, 안전등급 전력 계통, 사고 시 대응시설, 원자로 건물 내 설비 기준 등 ○ (폐자원) 폐플라스틱, 바이오매스, CO₂, 부생가스 등을 기반 원료의 사용 허용에 대해 부처 간(산업부 vs 환경부) 의견 상이 <ul style="list-style-type: none"> - CO₂를 폐기물이 아닌 자원 순환을 위한 원료로 인정 필요(폐기물인 경우 다양한 법적 제한 가능성) ○ (CCUS) 경제성 확보 및 폐기물 이슈로 사업추진 어려움 <ul style="list-style-type: none"> - 이산화탄소를 제품(석회석 등)과 결합할 경우 경제성 미확보 - 포집된 이산화탄소를 폐기물(슬래그 등)과 결합하여 제조한 ‘이산화탄소 전환 탄산화물’의 경우 폐기물로 분류 ○ 탄소 폐기물 활용 가능성 확대를 위하여 폐기물처리업 허용범위 확대 <p>[다. 용어 및 지원체계 재정비 필요]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 원천기술, 사업화, 상용화, 시범사업 등의 기술개발과 관련한 용어의 정의 필요 ○ 탄소중립과 관련한 부처별·기관별 사업에 대한 통합정보제공 데이터에 대한 통합 및 지속적 관리체계와 총괄하여 지원해주는 지원체계 수립 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 탄소중립 등 지원사업별 정보 접근경로, 필요 서류 및 과정, 사업 관리주체 등이 다양하므로, 이를 통합 서비스할 수 있는 지원체계 필요 |

2. 관련분야 기본계획 수립 방향성

[가. 상용화 관점에서의 R&D 지원 체계 구축]

○ R&D 성과물에 대한 평가체계 개선

- 정책 입안자의 R&D는 연구자의 'curiosity 기반'의 성과물이고 상용화는 'goal 지향'의 산물임에 대한 인지부족에서 오는 공백영역 발생
- 즉, Science ≠ Technology라는 기본개념에서 새로운 readiness level 개발 필요
- 기존 TRL 일변도의 기술수준 평가 지양 필요 ⇒ 상용화 관점의 평가체계 수립 필요

○ 정책 적합성을 위해 기존 온실가스, 탄소저감 등 정책발표내용 분석을 통해 성과 활용 지원방안 재정리 및 고도화 추진

- 국정과제 내 기후변화 대응 관련 중점 추진사항에 대하여 매칭 후 추가 발굴*
- * 에너지혁신창업기업 설립, 육성지원 등

○ 산업체에서 신규 개발을 적용한다는 것은 현실상 어려움

- 이득이 없다면 기술사용화에 대한 적용을 꺼려하기에, 제도화·법제화·투자 지원 등 다각적인 제도 개선이 필요해 보임

○ 온실가스 감축기술(CCUS 등)로 생산된 제품의 경우 정부·공공기관 등에서 우선구매 추진 및 제도(신기술 인증제품 등) 마련

○ 기후변화 대응 기술분야 연구성과는 공공재적 성격이 다수이며, 최종 수요자가 정부·지자체·공공기관인 경우 많음

- 과학기술 지역분권화에 따라 지자체 수요기반 지역연계 상용화 추진 고려 및 관련 제도개선사항 도출 필요
- 만·관 간 문제해결을 위한 협의를 통해 공공분야의 관여영역, 지원방법, 접근법 등 구체화 필요

○ 기술개발 및 실증 후 실증설비 운영을 위해 운영비 지원 필요

- * 연구과제 종료 후 실증설비는 경제성이 없어 대부분 미운영 상태(5년 준치 후 폐지)

○ (CCUS) 경제성 확보 등을 위해 발전소 주변에 허브 및 클러스트 형태로 추진

- 대량의 이산화탄소를 발전소에서 포집하고, 기업은 포집된 이산화탄소를 활용한 제품을 생산하며 잉여 이산화탄소는 바로 저장할 수 있는 하나의 산업단지 형성

[나. 기술분야별 맞춤형 제도 도입]

○ 기후변화대응/적응 관점에서 관련 제도·규제의 선진화가 필요함

- 기술개발부터 상용화까지 포괄하는 관련 제도·규제 필요
- * 제도·규제를 뒷받침할 수 있는 기술개발 전략을 기반으로 관련 시장의 활성화 등 선순환 구조 확립

○ (원자력) SMR 및 차세대 원전 개발 촉진 및 인허가 제도 수립을 위한 법 제정과 대형 원전에만 적용 가능한 현재의 관련 법·제도의 개정 동시 추진 필요

- * 미국은 차세대 원전 개발, 규제 현대화, 예산 등을 지원하는 3개*의 초당적 원자력 지원법 제정
- * 원자력 혁신역량강화법, 원자력 혁신현대화법, 에너지법 2020

○ (폐기물) 경제적 탄소중립 및 자원 선순환 실현을 위해 이산화탄소 전환 물질의 경우 제품으로써 활용할 수 있는 법적근거 마련(품질기준 제정 등)

| 1. 기후변화대응기술 관련 국제협력 및 국제공동연구 현황 및 문제점 | |
|---------------------------------------|---|
| 국제협력 | <p style="text-align: center;">선진국</p> <p>[가. 정부 주도 Top-down 국제협력]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 국제협력을 위한 전략 부실 및 이에 따른 예산 부족 <ul style="list-style-type: none"> - 대상 분야 및 국가에 대한 전략 및 방향 수립 필요 * 국제공동연구는 전략과 막대한 예산 소요 분야 ○ (원자력) 지난 정부 탈원전 정책으로 차세대원자로 분야 등 첨단 원자력 기술개발을 위한 국제공동연구가 지지부진 <ul style="list-style-type: none"> - 올해 5월 한미 정상회담을 통해 맺은 한-미 원자력 동맹을 기반으로 전략적 파트너십 강화 필요 - 탄소중립, 차세대 원전 개발, 사용후핵연료 처리·처분기술 실증 등 한·미간 기술협력을 추진해야함 <p>[나. 연구 중심의 Bottom-up 국제협력]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 국가주도형 접근 및 개입으로 실제 효과는 낮고, 과학외교형 진행이 매우 많음 ○ (기후변화 예측) 미국 LLNL, 스웨덴 스톡홀름 대학교 등 선진연구기관과의 협력을 통한 전 지구적 및 한반도 기후변화 예측 기술의 고도화 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 위성자료 및 빅데이터 공동 활용, 인공지능 등 분야에서의 국제협력 및 공동연구가 절실히 필요함 ○ (열에너지) 유럽 등에서의 정책방향을 모니터링하고 각국에서 진행되고 있는 프로젝트 실증 결과를 공유할 필요가 있음 |
| 국제협력 | <p style="text-align: center;">개도국</p> <p>[가. 기술상용화, 인프라 구축 등 R&D 후속 연계 미흡]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (원자력) IAEA 협력사업 등을 통해 국내 원자력기술 자립 경험 등을 전수하고 해당 국가의 원자력 이용기반 구축을 지원하는 수준에서 국제협력 <ul style="list-style-type: none"> - IAEA 협력사업 등을 통해 개도국의 원자력 인력 양성 등 원자력 이용기반을 확충하는 협력을 강화해나갈 필요가 있음 ○ ODA 사업 등을 통해 장기적인 에너지 전환 컨설팅을 확대하고 향후 사업으로 이어지도록 기반 구축 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 공공-중견이상 기업 간의 국제협력 활동은 적었으며, 기술 현지 상용화를 위한 공공·중소기업의 시도는 있지만 성과는 미흡 ○ 우리나라와 유사한 환경을 가진 개도국에 개발기술의 보급 및 탄소배출권 거래 등과 관련된 협력 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 아프리카, 동남아 등 개도국과의 ODA 협력 기반을 활용하여 기후변화 대응 및 적응기술 분야에서의 네트워크 강화 필요 <p>[나. 개도국 R&D 국제협력 전략 및 예산 부족]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 다양한 분야에서 다양한 부처가 추진 중이나 기술 단계 및 분야 간 통합 전략 및 예산 추진 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 실증, 타당성 조사 등 큰 규모 예산의 확충 필요 |
| 국제협력 | <p style="text-align: center;">기타</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 부처 간 난립하는 국제협력 추진으로 인한 비효율성 제고를 위해 통합적 협력 전략 마련을 위한 논의·협의를 장이 필요 ○ 다자형 협력활동은 국제수준으로 제고 필요 ○ 원자력의 평화적 이용 증진, 핵비확산·핵안보 강화, 차세대 원전 개발을 위한 양·다자간 협력 지속 참여 |

| | |
|--------------------|--|
| | <p>2. 관련분야 기본계획 수립 방향성</p> <p>[명확한 협력대상별 목표 설정((선진국)기술 확보, (개도국) 해외원조) 및 맞춤형 전략 필요]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 과기정통부 기후기술협력창구(NDE) 중심의 전략과 기후변화대응 기술 개발에 관련된 국제공동연구 및 협력을 위한 기반조성에 중점을 두는 것 간의 명확한 목표 설정 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 먼저 방향 설정 후, 국제공동연구나 국제협력에서의 문제점에 대한 진단 필요 * 목표 달성을 위한 구체적이고 실재적인 방안을 마련하고 소요예산을 충실히 반영하는 것이 중요함 ○ 선진국과의 협력은 자율성을 제고하고, 개도국과의 협력은 민·관 협력을 강화하며, 다자협력은 국내역량 국제화 제고가 필요 ○ (선진국) 혁신기술 확보를 위한 선제적·전략적 협력 강화 <ul style="list-style-type: none"> - 세계적 수준의 국내 ICT 기술을 활용하여 원자력 기술의 파괴적 혁신을 촉진하는 글로벌 협력 사업 제안 및 선도 - 분야별 성숙도에 따라 기술교류 및 직접 투자유치 및 공동개발 지원 정책 개발 필요 - 혁신챌린지 분야 선정 및 이의 공동 연구프로그램 제안 ※ 예) 차세대 원전 자율운전, 설계·제작·건설·운영 디지털 플랫폼, 3D 프린팅 제작 등 ○ (개도국) ODA 사업 추진을 통한 국내 기술 신뢰도 및 국가신뢰도 향상 제고 정책 반영 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 기술의 해외 원조를 통한 실증 reference 방안 도출 및 추진 |
| <p>인력양성</p> | <p>1. 기후변화대응 관련 인력양성 관련 현황 및 문제점</p> <p>[가. 분야별 세분화된 인력현황 파악에 어려움]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 연구개발 및 실용화 주주기의 각 단계별 인력현황 파악 미흡 <ul style="list-style-type: none"> - 기후기술의 융합적 성격에 따른 각 기술분야, 정책 또는 발전방향 기획, 상용화 분야의 인력현황 파악 및 그에 따른 지원 우선순위 등의 방향성 상실 - 부처별 유사·중복 사업들이 존재하며, 부처 간 통합 인력양성 지원책 미흡 ○ 기후변화대응 분야의 인력양성과 관련된 현황분석 자료가 미흡 <p>[나. 분야별 인력 편차 심화]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 에너지전환 정책으로 인해 원자력 전공자 및 신입생이 크게 감소 <ul style="list-style-type: none"> - 한국원자력산업협회의 “2020 원자력산업실태조사”에 따르면, 2021년 국내 원자력 관련 학과 입학생(학석·박사)은 총608명으로, 2017년도의 817명 대비 25% 감소 - 재학생의 경우, 2021년 2,165명으로 2017년 2,777명 대비 22% 감소 ○ 이차전지, 수소에너지 등 일부 인기 분야에 편중되는 현상 발생 <ul style="list-style-type: none"> - 기후 위기의 해법은 일부 특정 분야에서만 찾을 수 없으나, 현재 인력양성 계획은 극히 일부 기술 분야에 치우쳐져 있음 ○ 기후변화 대응을 위한 기반구축 분야(인벤토리 등)는 온실가스 저감, 기후변화 취약성 및 적응 분야에 비해 인력 및 연구기반 부족 ○ 기술개발 초기 단계의 기술(CCUS 등)은 전문교육기관 부재 |

2. 관련분야 기본계획 수립 방향성

[가. 기술수요에 기반한 인력양성 추진]

- 공급자 중심이 아닌 수요자 측면에서 국가적 차원에서 기후기술 인력이 유입될 수 있는 제도적 방안 모색이 필요
- 다양한 기후변화대응 기술분야를 대상으로 하는 맞춤형 인력양성 전략 필요
 - 이차전지, 수소에너지 등 일부 분야에 편중되지 않는 다양한 인력양성 필요
- 기술분야별 기후변화 관련 전문 대학/대학원 지원사업 필요
 - 기후변화대응 관련 전문 인력 수급 부족
- CCUS 등 탄소감축기술 관련 전문교육기관 선정 및 인력양성 추진 필요
 - 기업별 탄소감축기술 전문가 양성 인원 할당 등 언급
 - 구체적인 교과과정 등 이슈 및 수료 시스템 구축 필요

[나. 인력 풀 확충을 위한 다양한 인력양성 프로그램 수립]

- 석·박사 학생뿐만 아니라 학부생 지원 프로그램* 강화 필요
 - 젊은 세대들을 대상으로 정부 차원의 원자력의 긍정적인 역할 홍보 강화 필요
 - * 학부생 논문연구 지원사업, 국내 원자력 유관기관의 인턴십 기회 확대 등
- 청소년, 대학생, 직장초년생, 중견직장인, 그리고 국내외 인력을 대상으로 하는 전반적인 교육영역에 대한 범부처 방향설정 및 추진내용 업무분장 필요

[다. 기술·정책 통합형 인재 확충]

- 탄소중립 기술은 다양한 분야가 접목되어 있고, 정책과 밀접하기 때문에 통합적인 방향과 정보를 취득할 수 있는 인력양성 필요
- 국제기준에 대한 지속적인 모니터링을 통해 제도 개선을 제안할 수 있는 인력 필요
- 탄소중립 기술수요(EU 탄소국경세, 2050 탄소중립 선언 등)를 이해하여 기후난제를 해결할 과학기술적 대안을 제시하는 전략가형 과학인재 양성
 - 연구개발 및 실용화 전주기*에 대한 압축적 교육 과정 제공이 가능한 계획수립 필요
 - * 정책이해→R&D기획→R&D수행→기술사업화(이전 또는 창업→기업의 기술내재화 지원

4.3. 산학연 간담회

- 「제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획」 산학연 간담회 개최
 - (목적) 「제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획」 수립 방향에 대한 산학연 전문가 의견 수렴
 - (일시/장소) 2022.10.12.(수) 13:00~15:30 / 한국에너지기술연구원 행정동 대회의실(3F)
 - (참석자) 과학기술정보통신부 기초원천연구정책관, 원천기술과, 한국연구재단 에너지·환경단장, 한국에너지기술연구원 원장(기본계획 수립 추진위원회 총괄위원장), 기본계획 감축/적용/성과확산/기반조성 분과장, 기후기술 관련 산학연 전문가 등 약 25여명

| 주요사진 | | | 보도자료 |
|------|---|---|------|
| X | X | X | X |

[산학연 간담회 주요 사진 및 보도자료]

[『제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획』 산학연 간담회 회의록]

□ 기본계획 수립 방향성

○ (POSCO 이정엽 그룹장)

- 기술개발 계획은 기술/제품의 요소기술 개발 뿐만 아니라, 스케일업 계획, 국가 정책, 법/제도 등과 서로 맞물려 돌아가야 함. 그래서 단순히 기술의 효율, 수준만 향상시키는 계획보다는 스케일업, 응용분야까지 범부처적으로 고려한 계획을 세우는 것이 적합하다 사료됨

☞ 전략 3 혁신 생태계 조성의 기후기술 확산을 위한 제도적 지원 강화 부분에서 기후기술의 보급을 제도 개선 부분을 심층적으로 다룰 수 있도록 할 계획

○ (KAIST 배중면 교수)

- 국민들에게 기술개발 성과로 일자리가 창출되고 매출이 창출되는 메시지를 줄 수 있으면 정책 입안 및 추진에 효과적일 것이라 생각됨. 기본계획 기대효과로 기술개발의 선순환적인 효과를 전달 할 수 있었으면 좋겠음.

☞ 기후변화대응 인식도, 정책 효과 등에 대한 대국민 설문조사 진행 중으로 설문 조사 결과와 함께 복합적으로 고려해 보겠음

○ (STEPI 박환일 본부장)

- 감축과 적응에서 어느 기술이 우리나라를 위해 꼭 필요한 전략 기술인지, 우리가 개발할 수 있는 역량은 있는지, 없다면 기술확보를 위해서 어떻게 글로벌 네트워크를 구축해나갈 것인지 등에 대한 종합적인 검토를 통해 전략적인 계획 수립이 필요함

○ (KISTEP 심정민 센터장)

- 기본계획의 이행력 제고를 위해 이후 수립될 시행계획에 대한 추진체계를 같이 고민하면서 수립하면 좋을 것이며, 민간의 R&D 참여, 임무 중심형 등 新정부의 핵심키워드를 반영할 필요 有

□ 기술개발 중점 분야

○ (POSCO 이정엽 그룹장)

- 한국의 에너지믹스 상황을 고려하여 기술개발 중점분야를 선정할 필요가 있음

○ (KEI 조한나 연구위원)

- 기본계획 기술개발 영역에 사각지대가 없는지 확인 필요(ex. 문화재 보존 분야에서는 기후위기로 인한 문화재 훼손 문제가 주요 이슈로 부상 中)

□ 목표 및 지표 관련

○ (한화큐셀 유재열 전무)

- 태양광 모듈 목표의 경우, 현재 기업에서 수행중인 연구과제의 목표수치로 잡을지, 세계에서 보다 경쟁력있는 도전적 수치로 잡을지에 대한 의견 제시
☞ 산업 발전을 견인하기 위해 기업 목표보다도 국가 목표를 도전적으로 잡는 것이 이상적이나, 정책의 이행실적 등도 고려하여 '32년 우리 기업에서 상용화할 것으로 예측하는 모듈 효율로 제시하는 것이 적합함

○ (KISTEP 심정민 센터장)

- 과학기술 기본계획 수립에 있어서는 이행점검을 위한 목표 및 지표 설정이 매우 중요함. 예를 들어 전략별 목표치가 전체적인 세부과제를 아우를 수 있는지, 타 상위계획 및 연관계획의 목표와는 부합하는지 등에 대한 검토와 고민이 필요

○ (씨이텍 이광순 대표이사)

- CO₂ 포집비용 목표의 경우, 포집 비용이 포집 공정, 포집 규모 등에 따라 상당히 달라지는데, 산출 기준은 어떻게 되는지, 산출 근거는 기본계획에 포함되는지 질의 有

□ 용어 관련

○ (KEI 조한나 연구위원)

- 탄소중립 기본법에 따라 기후변화 적응을 기후위기 적응으로 변경 제안

☞ 동 계획은 「기후변화대응 기술개발 촉진법」 제2조 제6호 및 동법 시행규칙 제2조 및 제3조에 따라, 기후변화대응 기술을 온실가스 감축 기술 및 기후변화 적응에 기여하는 기술로 정의

○ (STEPI 박환일 본부장)

- 기술 패권이란 단어는 에너지 및 국가 안보 측면에서는 중요하지만, 기후변화 대응을 위해 글로벌 연대와 협력이 중요한 측면에서 부적절하다고 사료됨

○ (KISTEP 심정민 센터장)

- 인재양성 부분에서 R&D 인력인지, 산업인력인지, 글로벌 인력인지 등에 대한 명확한 구분 필요

□ 기타 의견

○ (RISTI 이우일 대표)

- IPCC, CTCN, UNFCCC 등 국제사회의 기후기술에 대한 최신 논의, GCF, 세계은행의 기후변화대응 시장전망 등의 내용이 기본계획의 환경분석 부분에 포함되면 좋을 것으로 사료됨

4.4. 기후변화대응 국민인식조사

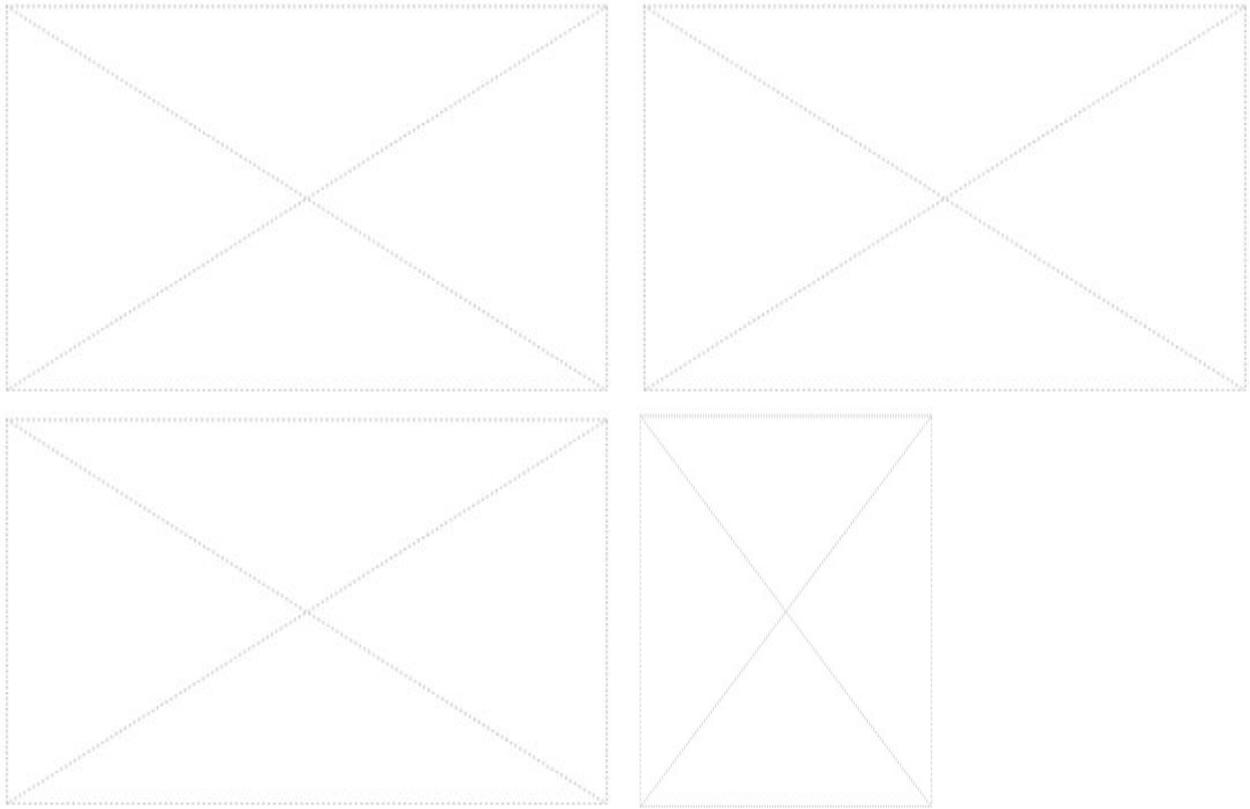
□ 개요

- 기후변화 대응 및 기후변화대응 기술개발 정책에 대한 국민의 인식 및 행동의지에 대한 분석을 위한 대국민 설문 실시
 - (설문대상) 총 1,000명(남성 511명(51.1%), 여성 489명(48.9%))을 대상으로 연령, 지역 분포 등을 고려하여 설문 실시
 - (설문내용) 기후변화대응 기술개발 관련 국민인식조사(기후변화에 대한 인식, 기후변화에 대응하기 위한 기술개발 정책의 영향, 국민 행동 변화에 미치는 영향 등)
 - (설문 기간) 2022.10.1.~10.15

[응답자 특성]

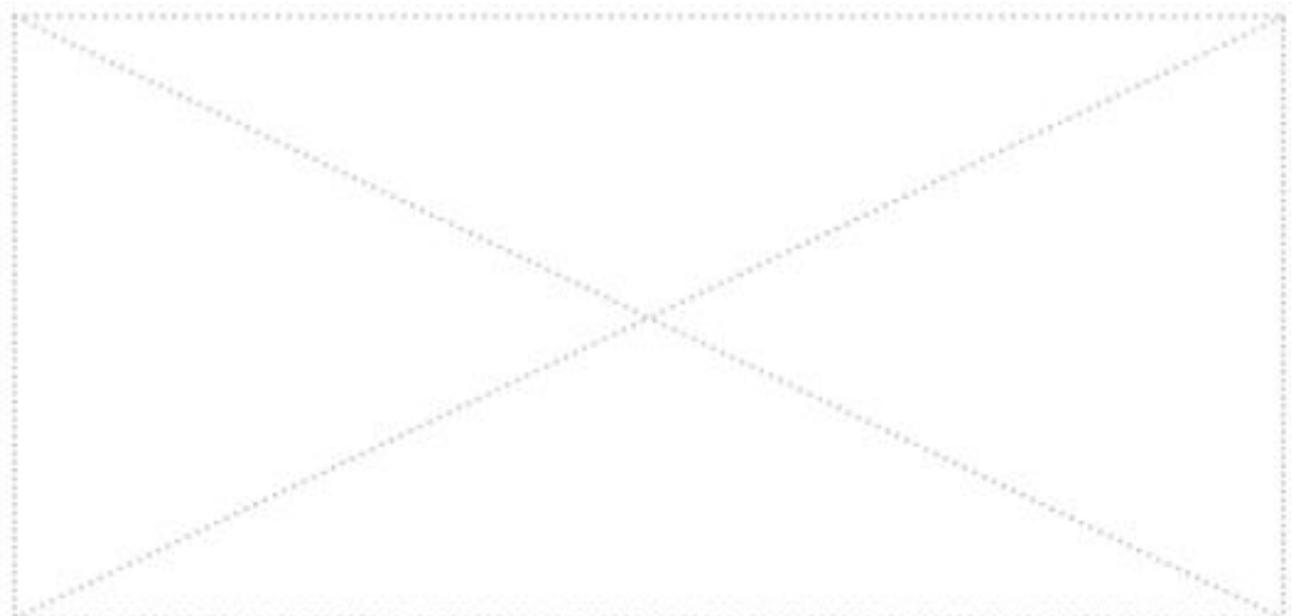
| 구분 | | 응답수 | 비율 | 구분 | | 응답수 | 비율 |
|------|----------|-------|-------|----|----------|-------|-------|
| 성 | 남성 | 511 명 | 51.1% | 연령 | 20~29세 | 188 명 | 18.8% |
| | 여성 | 489 명 | 48.9% | | 30~39세 | 192 명 | 19.2% |
| 직업 | 농/임/어업 | 13 명 | 1.3% | | 40~49세 | 232 명 | 23.2% |
| | 자영업 | 71 명 | 7.1% | | 50~59세 | 246 명 | 24.6% |
| | 기능노무/서비스 | 118 명 | 11.8% | | 60~65세 | 142 명 | 14.2% |
| | 사무/관리 | 532 명 | 53.2% | 지역 | 서울 | 190 명 | 19.0% |
| | 전업주부 | 113 명 | 11.3% | | 인천/경기 | 328 명 | 32.8% |
| | 학생 | 64 명 | 6.4% | | 대전/세종/충청 | 104 명 | 10.4% |
| | 무직/은퇴/기타 | 89 명 | 8.9% | | 광주/전라 | 93 명 | 9.3% |
| 가구원수 | 1인 | 127 명 | 12.7% | | 대구/경북 | 92 명 | 9.2% |
| | 2인 | 155 명 | 15.5% | | 부산/울산/경남 | 150 명 | 15.0% |
| | 3인이상 | 718 명 | 71.8% | | 강원 | 29 명 | 2.9% |
| | | | | 제주 | 14 명 | 1.4% | |

[설문지 구성]



□ 기후변화에 대한 인식

- 국민들의 88.1%(심각하다 50.6%, 매우 심각하다 37.5%)가 기후변화가 심각하다고 인식
 - 남성(84.9%)보다는 여성(91.4%)이 기후변화가 심각하다고 응답한 비율이 높으며, 직업군의 경우 농·림·어업 종사자의 기후변화 심각성 인식 정도가 높은 것으로 나타남



| 구분 | 전혀 심각하지 않다 | 심각 하지 않다 | 보통 이다 | 심각 하다 | 매우 심각 하다 | ☉ 심각하지 않다 | ☉ 보통 | ☉ 심각 하다 | 응답 평균 | |
|------------------|------------------|----------------|----------|----------|----------------|-----------------|---------|---------------|----------|------|
| 전 체 | 0.2 | 1.6 | 10.1 | 50.6 | 37.5 | 1.8 | 10.1 | 88.1 | 4.24 | |
| 성 별 | 남성 | 0.4 | 1.8 | 12.9 | 52.3 | 32.7 | 2.2 | 12.9 | 84.9 | 4.15 |
| | 여성 | 0.0 | 1.4 | 7.2 | 48.9 | 42.5 | 1.4 | 7.2 | 91.4 | 4.33 |
| 연 령 | 20~29세 | 0.0 | 1.6 | 9.0 | 57.4 | 31.9 | 1.6 | 9.0 | 89.4 | 4.20 |
| | 30~39세 | 1.0 | 0.5 | 13.5 | 48.4 | 36.5 | 1.6 | 13.5 | 84.9 | 4.19 |
| | 40~49세 | 0.0 | 1.3 | 9.5 | 53.9 | 35.3 | 1.3 | 9.5 | 89.2 | 4.23 |
| | 50~59세 | 0.0 | 2.4 | 7.7 | 46.7 | 43.1 | 2.4 | 7.7 | 89.8 | 4.30 |
| | 60~65세 | 0.0 | 2.1 | 12.0 | 45.8 | 40.1 | 2.1 | 12.0 | 85.9 | 4.24 |
| 지 역 | 서울 | 0.5 | 3.2 | 8.4 | 44.7 | 43.2 | 3.7 | 8.4 | 87.9 | 4.27 |
| | 인천/경기 | 0.0 | 1.2 | 9.1 | 55.2 | 34.5 | 1.2 | 9.1 | 89.6 | 4.23 |
| | 대전/세종 /충청 | 0.0 | 3.8 | 12.5 | 49.0 | 34.6 | 3.8 | 12.5 | 83.7 | 4.14 |
| | 광주/전라 | 0.0 | 1.1 | 7.5 | 47.3 | 44.1 | 1.1 | 7.5 | 91.4 | 4.34 |
| | 대구/경북 | 0.0 | 0.0 | 12.0 | 53.3 | 34.8 | 0.0 | 12.0 | 88.0 | 4.23 |
| | 부산/울산 /경남 | 0.7 | 0.7 | 12.0 | 49.3 | 37.3 | 1.3 | 12.0 | 86.7 | 4.22 |
| | 강원 | 0.0 | 0.0 | 13.8 | 48.3 | 37.9 | 0.0 | 13.8 | 86.2 | 4.24 |
| | 제주 | 0.0 | 0.0 | 14.3 | 57.1 | 28.6 | 0.0 | 14.3 | 85.7 | 4.14 |
| 직 업 | 농/임/ 어업 | 0.0 | 0.0 | 7.7 | 30.8 | 61.5 | 0.0 | 7.7 | 92.3 | 4.54 |
| | 자영업 | 0.0 | 4.2 | 8.5 | 45.1 | 42.3 | 4.2 | 8.5 | 87.3 | 4.25 |
| | 기능노무/ 서비스 | 0.0 | 1.7 | 15.3 | 42.4 | 40.7 | 1.7 | 15.3 | 83.1 | 4.22 |
| | 사무/관리 | 0.2 | 0.9 | 9.0 | 53.8 | 36.1 | 1.1 | 9.0 | 89.8 | 4.25 |
| | 전업주부 | 0.0 | 2.7 | 5.3 | 54.9 | 37.2 | 2.7 | 5.3 | 92.0 | 4.27 |
| | 학생 | 0.0 | 1.6 | 10.9 | 56.3 | 31.3 | 1.6 | 10.9 | 87.5 | 4.17 |
| | 무직/은퇴 /기타 | 1.1 | 2.2 | 16.9 | 40.4 | 39.3 | 3.4 | 16.9 | 79.8 | 4.15 |
| 가 구 원 수 | 1인 | 1.6 | 2.4 | 12.6 | 45.7 | 37.8 | 3.9 | 12.6 | 83.5 | 4.16 |
| | 2인 | 0.0 | 1.9 | 10.3 | 47.7 | 40.0 | 1.9 | 10.3 | 87.7 | 4.26 |
| | 3인이상 | 0.0 | 1.4 | 9.6 | 52.1 | 36.9 | 1.4 | 9.6 | 89.0 | 4.25 |

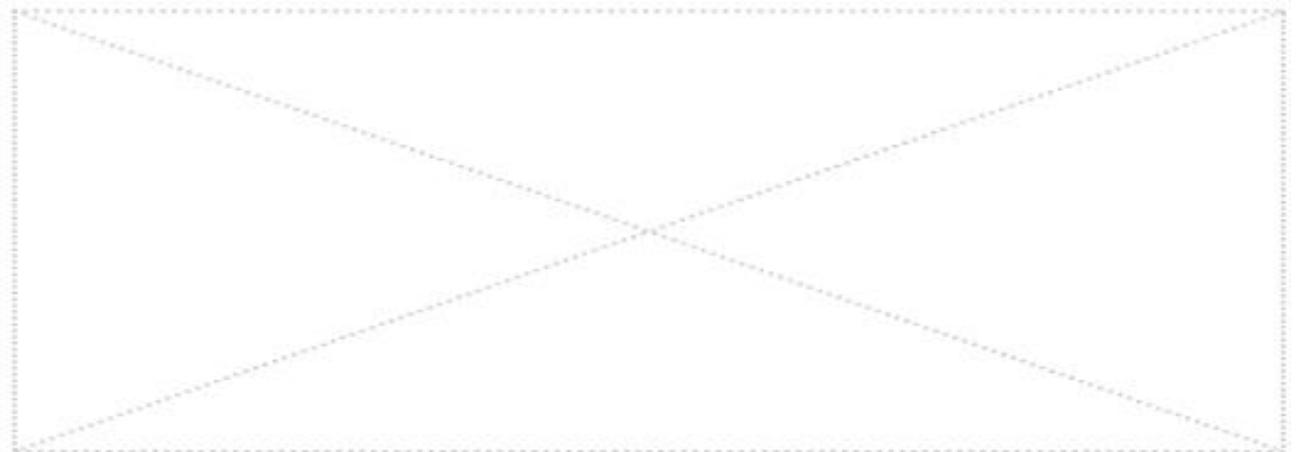
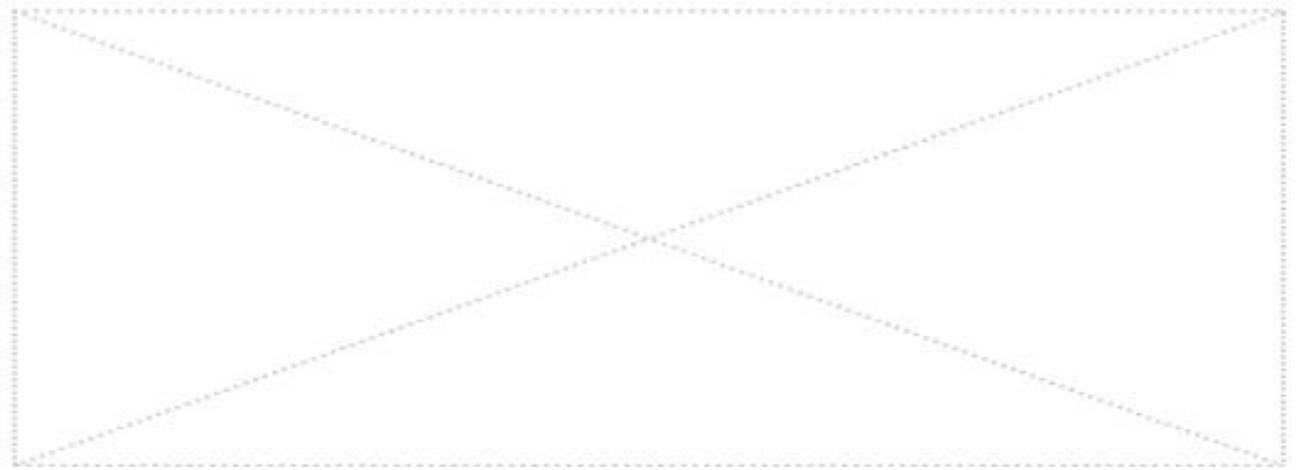
○ 기후변화로 인한 세부적인 현상의 심각성 정도에 관한 설문 실시

- 새로운 질병(COVID-19)발생, 이상기후(폭염, 폭우, 가뭄), 기후변화로 인한 식료품 가격 등 물가 상승 현상이 심각해졌다고 응답한 비율이 높음

| 기후변화로 인한 현상의 심각성 정도 | 전혀 심각해지지 않았다 | 심각해지지 않았다 | 보통이다 | 심각해졌다 | 매우 심각해졌다 | 모름 | 평균 |
|---|--------------|-----------|------|-------|----------|-----|------|
| 이상기후(폭염, 폭우, 가뭄) | 0.6 | 0.8 | 7.5 | 50.7 | 40.4 | 0.0 | 4.30 |
| 계절변화(빨라진 개화기시 등) | 0.6 | 1.7 | 16.7 | 55.4 | 25.5 | 0.1 | 4.04 |
| 새로운 질병 (COVID-19 등) | 0.4 | 1.6 | 10.5 | 37.7 | 49.8 | 0.0 | 4.35 |
| 어종 변화 (난류성어종(고등어, 멸치 등) 증가, 한류성어종(명태, 꽁치 등) 감소) | 0.2 | 1.9 | 18.7 | 53.5 | 24.8 | 0.9 | 4.02 |
| 농작물 재배지 변화 (과일 주산지의 북상 등) | 0.5 | 1.4 | 19.7 | 55.6 | 22.5 | 0.3 | 3.98 |
| 해수면 상승 | 0.2 | 1.8 | 17.8 | 49.6 | 29.6 | 1.0 | 4.08 |
| 폭염, 한파, 대기오염 등으로 인한 건강 악화 | 0.7 | 3.4 | 15.8 | 54.6 | 25.5 | - | 4.01 |
| 폭염, 한파, 대기오염 등으로 인한 냉난방비 증가 | 0.4 | 2.3 | 13.5 | 46.6 | 37.2 | - | 4.18 |
| 기후변화로 인한 식료품 가격 등 물가 상승 | 0.2 | 1.7 | 9.5 | 44.3 | 44.0 | 0.3 | 4.31 |
| 기후변화로 인한 초대형 산불, 해일 증가 등 재해 증가 | 0.4 | 1.8 | 12.9 | 44.8 | 40.1 | - | 4.22 |
| 온난화로 인한 지역의 주요 어종 및 농산물 변화 또는 생산량 감소 | 0.4 | 2.3 | 14.4 | 51.2 | 31.6 | 0.1 | 4.11 |
| 사회적 불안 및 동요 | 0.4 | 3.7 | 27.2 | 49.5 | 19.2 | | 3.83 |
| 무역규모의 감소 | 0.8 | 5.2 | 35.1 | 45.6 | 12.5 | 0.8 | 3.64 |

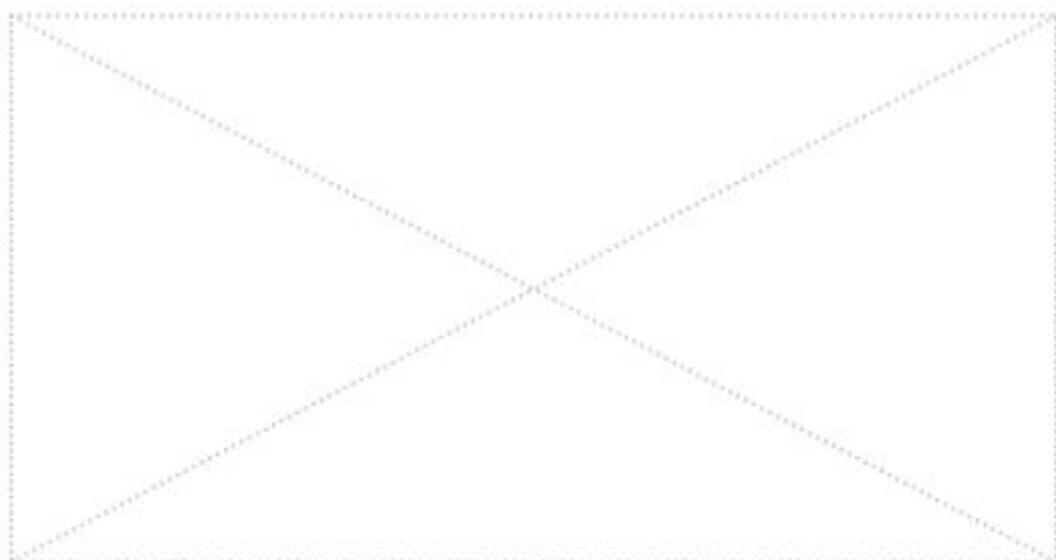
○ 2050 탄소중립 추진전략에 대해서는 54.7%, 기후변화 적응의 경우 41.9%의 응답자가 들어본 적이 있으며 어느 정도 알고 있다고 응답

- 들어본 적은 있지만 내용은 잘 알지 못한다는 응답의 경우 적응(36.9%)이 탄소중립 추진전략(29.6%)보다 높은 응답률을 나타냄

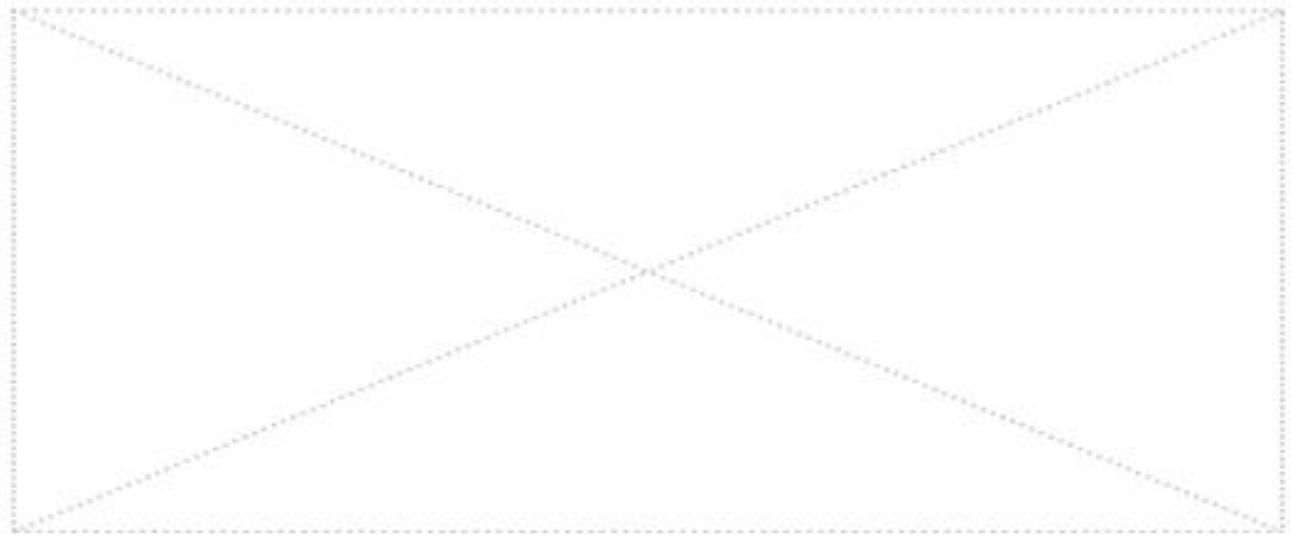


○ 온실가스 감축과 기후변화 적응의 시급성을 묻는 설문지 경우 온실가스 감축 (88.8%)가 적응(84.1%)보다 응답율이 높은 것으로 나타남.

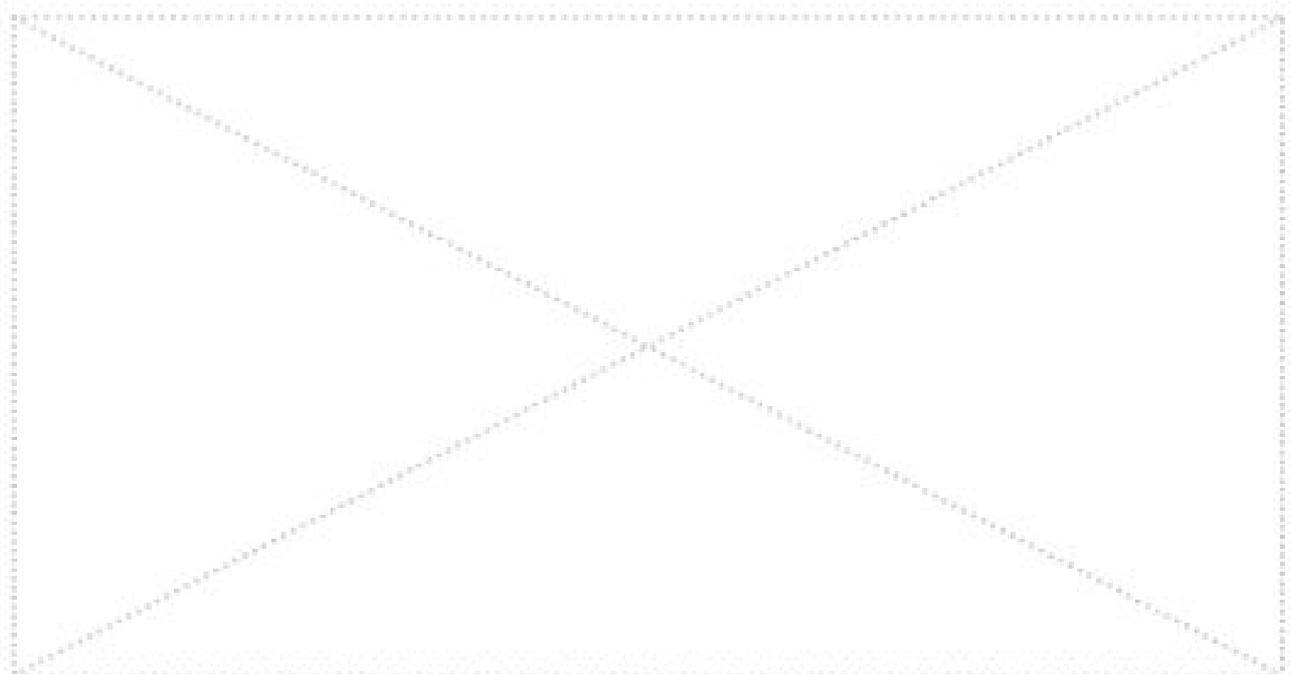
- 이는 온실가스 감축과 기후변화 적응의 인지도 차이에서 비롯된 것으로 분석됨



- 기후변화 대응에 대한 책임 주체는 기업(91.1%), 정부/지자체(89.7%), 국민(78.8%) 순으로 책임이 있는 것으로 응답

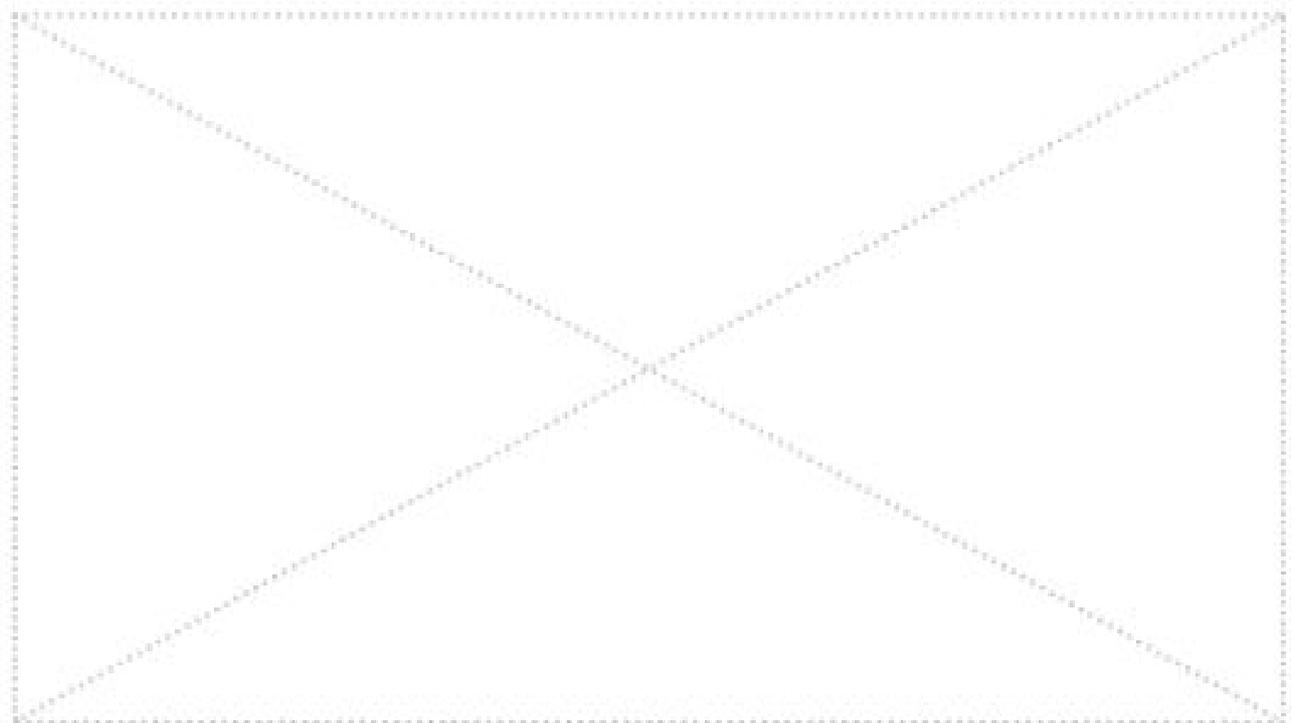


- 기후변화 대응을 위해 노력해야 하는 이유의 경우 '기후변화에 직접적인 노출 위험 감소(34.8%)'와 '미래세대에 대한 우려(32.8%)'가 높은 응답률을 나타냄

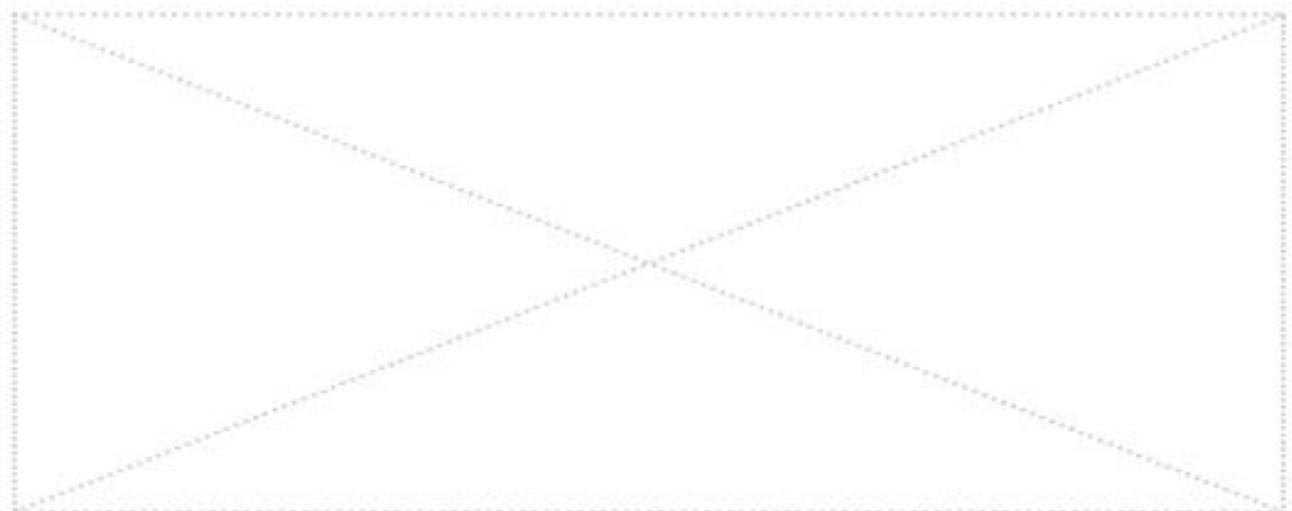


□ 기후변화에 대응하기 위한 기술개발 정책의 영향

- 기후변화대응 기술개발 정책의 영향에 대해 알아보기 위해 국가 기후변화대응 기술개발 정책에 대한 국민의 인지도 우선 조사
 - 47%의 응답자가 들어본 적은 있으나 내용은 알지 못하는 것으로 응답하였으며, 처음 듣는다고 응답한 비율도 15.8%로 나타남



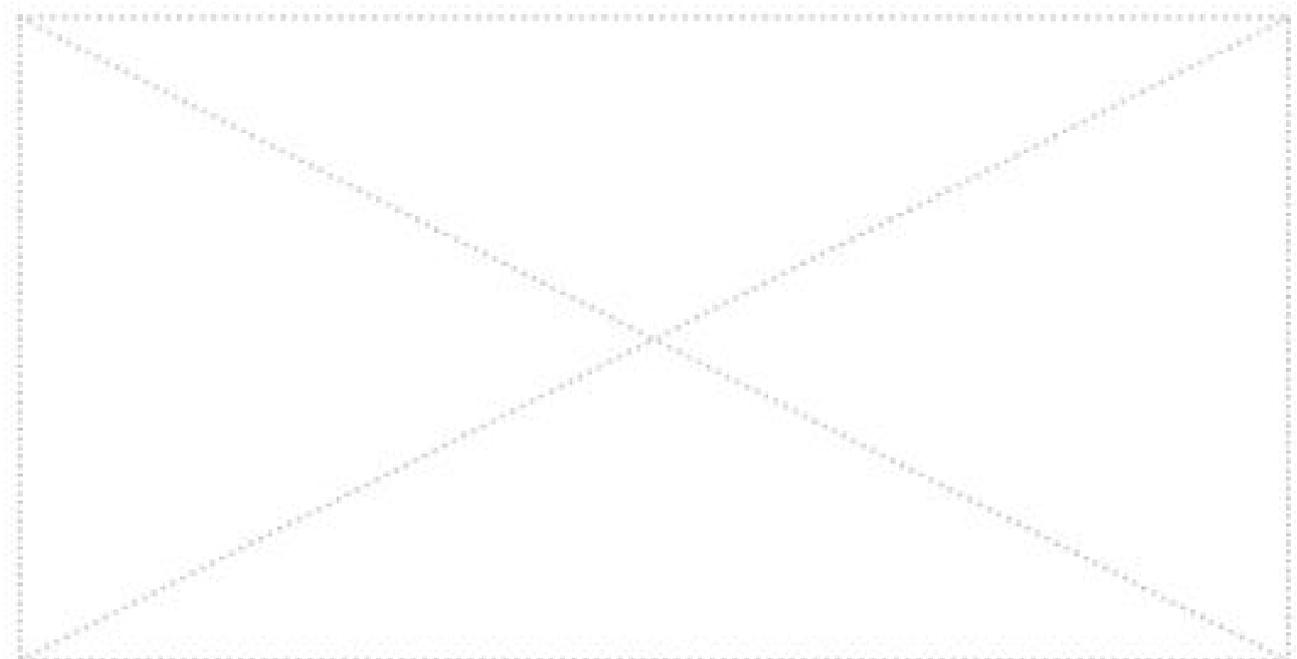
- 기후기술개발 정책의 효과성은 보통이라는 응답(39.8%)이 가장 큰 비중을 차지
 - 또한, 정부의 정책은 개인의 행동 또는 국가 R&D 예산보다 기후변화 대응을 위한 기업의 노력에 상대적으로 영향을 많이 미치는 것으로 인식



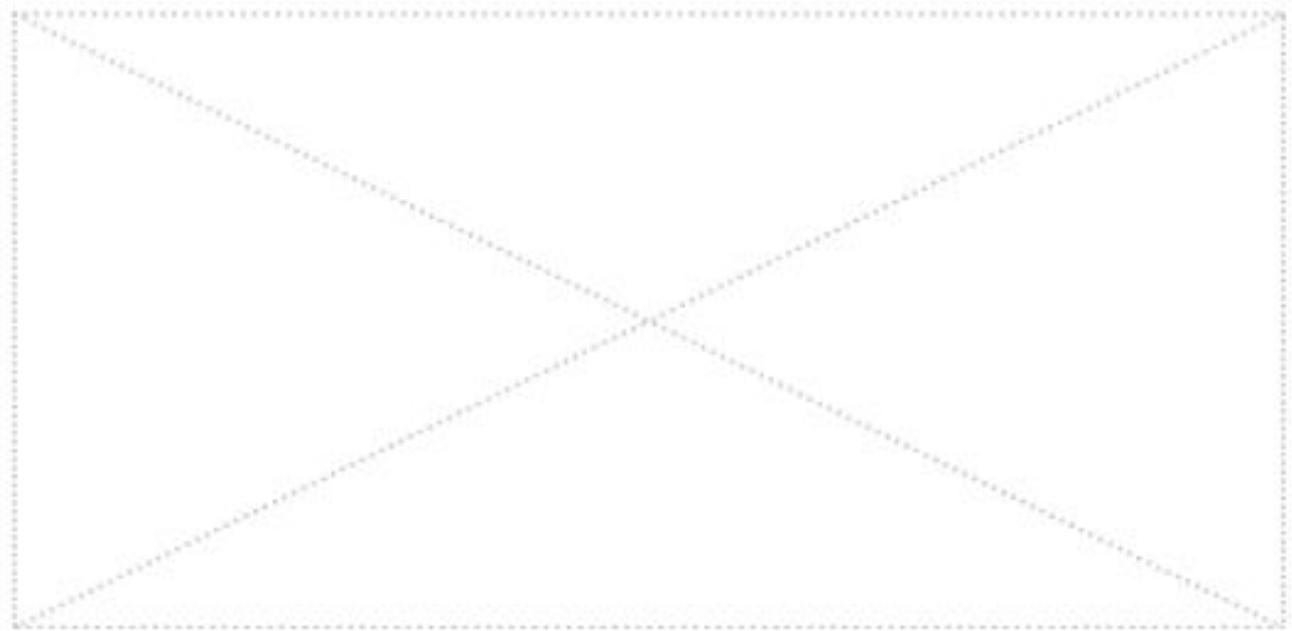
| 정부정책의 영향 | 전혀 영향을 주지 않았다 | 거의 영향을 주지 않았다 | 보통이다 | 어느정도 영향을 주었다 | 매우 크게 영향을 주었다 | 평균 |
|---|---------------|---------------|------|--------------|---------------|------|
| 정부 정책이 귀하의 저탄소/친환경 행동 변화에 얼마나 영향을 준다고 생각하십니까? | 4.5 | 15.7 | 34.7 | 37.0 | 8.1 | 3.29 |
| 정부의 정책이 기후변화 대응을 위한 기업의 노력에 얼마나 영향을 준다고 생각하십니까? | 4.6 | 13.3 | 31.9 | 39.9 | 10.3 | 3.38 |
| 정부의 정책이 국가 기후변화 대응 RnD 예산의 투자 및 수행에 얼마나 영향을 준다고 생각하십니까? | 4.6 | 14.5 | 32.8 | 37.5 | 10.6 | 3.35 |

□ 기후변화에 대응을 위한 추진과제

- 응답자들은 기후변화 대응에 방해가 되는 요소로 ‘효과적인 정부 정책의 부재 및 정책적 의지 미약’(25.1%)을 가장 큰 장애물로 인식하고 있었으며, 비용증가(17.2%), 저탄소 기술솔루션 부재(12.6%) 역시 기후변화 대응에 방해가 되는 요소 중 하나로 인식

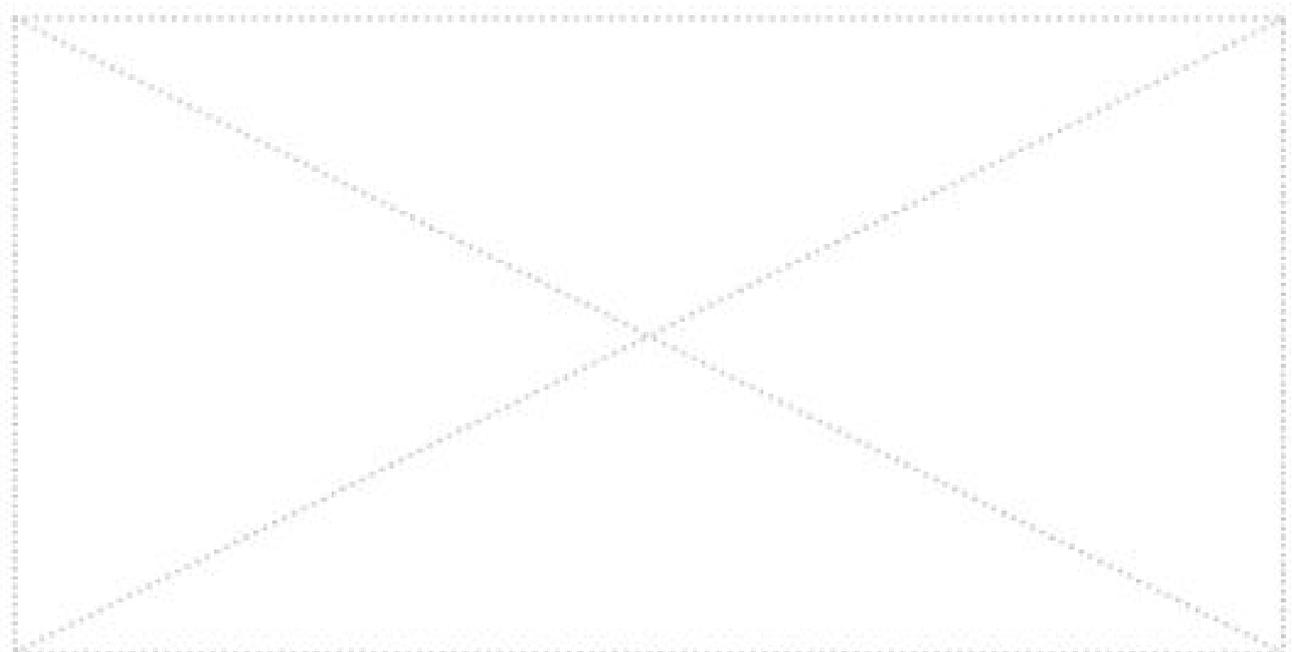


- 기후변화 대응을 위해서는 국가의 정책/법/제도 정비(27.4%), 국제사회의 노력(17.6%), 기업의 친환경 경영 노력(12.6%), 기후기술개발/R&D 수행(10.9%) 순으로 시급하게 추진해야 한다고 응답

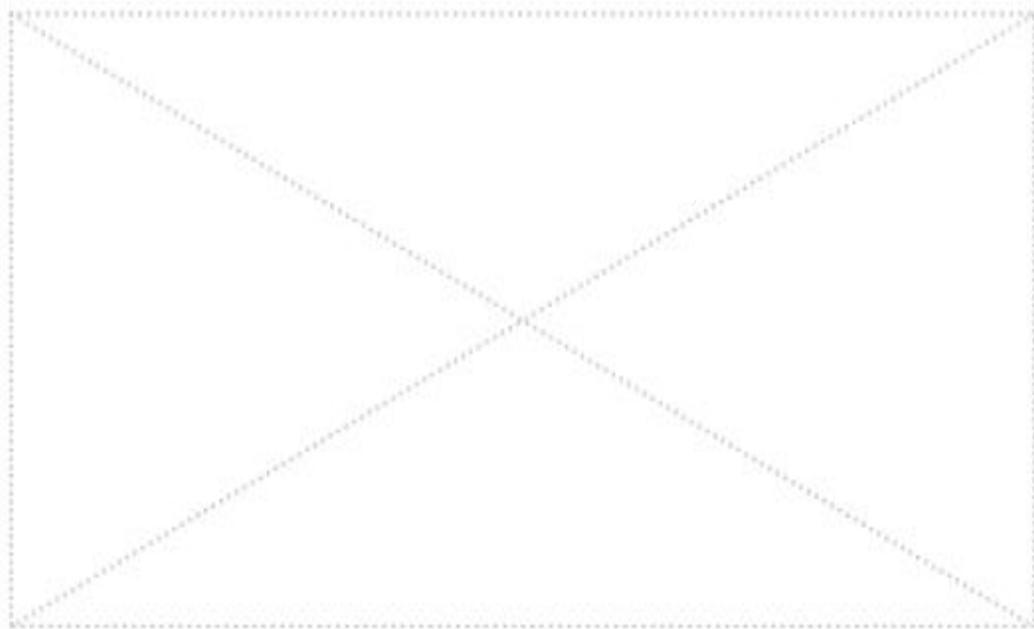


□ 기후변화에 대응 행동 의지

- 국민들의 온실가스 감축을 위해 실천 가능한 행동의 경우, ‘재활용 물품 및 친환경 물품 활용/구입’(39.3%)의 응답 비중이 가장 높았으며, 건물효율 향상(단열강화, 고효율 가전제품 교체 등)(19.1%), 친환경 자동차(수소차, 전기차 등) 교체(13.9%) 순으로 응답비중이 높은 것으로 나타남

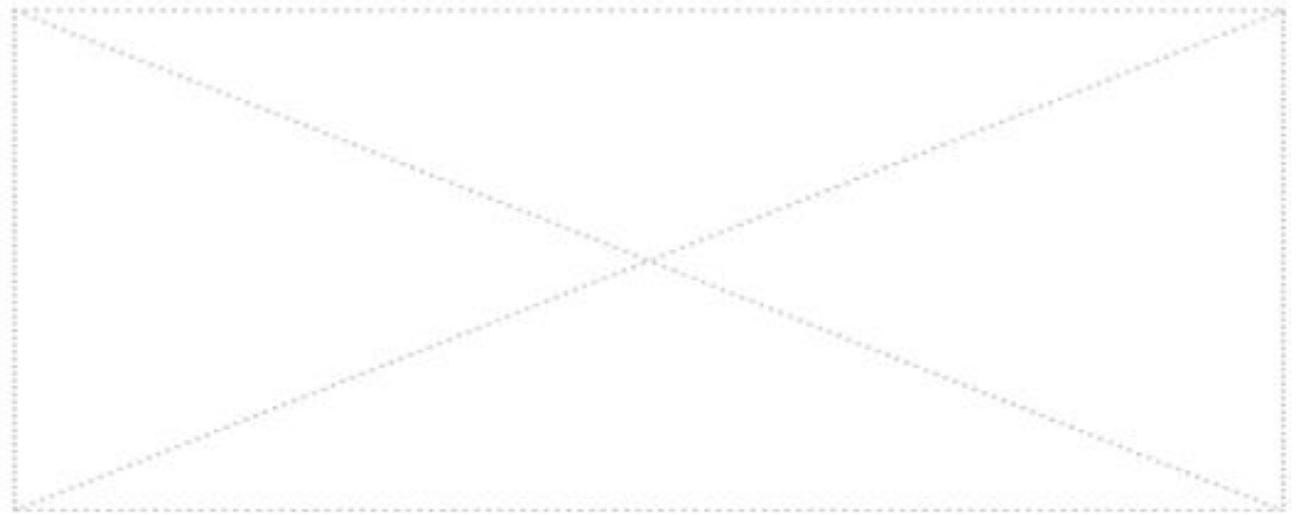


- 국민들은 기후변화 대응을 위해 ‘현재 삶의 질이 낮아지지 않는 수준 또는 혜택을 받는 만큼 불편을 감수할 의향이 있다’고 응답한 비율(65.5%)이 가장 높으며, ‘기후변화 대응에 책임을 느끼고 비용과 불편을 최대한 감수할 의향이 있다고 응답한 비율도 25.3%로 나타남

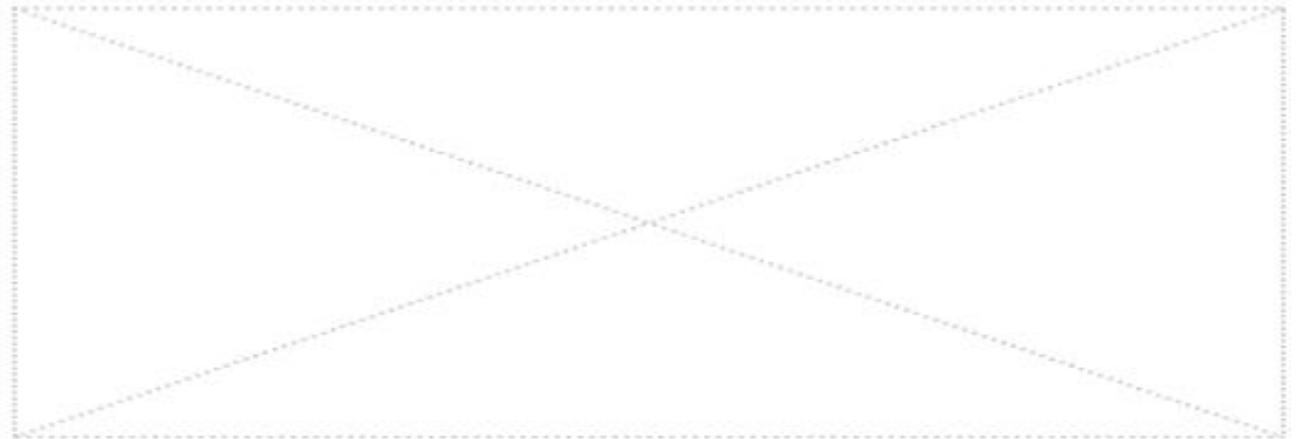


- 전기요금 인상 시 응답자들의 추가 지불가능 금액에 대한 의사를 알아보기 위한 설문 실시
 - 현재 응답가구의 1년 간(‘21.1~21.12) 월평균 전기요금은 3만원~4만원 지출하는 비율이 가장 높은 것으로 나타남
 - 전기요금 인상 시 현재 대비 5%이상~10% 미만 추가 지불이 가능하다고 응답한 비율(33.6%)이 가장 높았으며, 현재 대비 5%미만(25.9%), 현재 대비 10%이상~20% 미만(19.5%)으로 응답한 비율이 그 다음으로 높은 것으로 나타남





- 국민들이 기후변화대응에 관한 정부를 어떤 경로를 통해 얻고 있는지에 대한 설문 실시
 - 대부분의 응답자들은 기후변화와 관련된 정보를 온라인(46.5%)과 TV(41.1%)를 통해 습득하는 것으로 응답



5. 기후변화대응 기술개발 기본계획 수립(안)

5.1. 수립 개요

- 제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획 수립의 의의
 - 향후 10년간 각 부처의 온실가스 감축 및 기후변화 적응 연구개발 정책 방향을 설정하고 체계적으로 추진하기 위한 기본계획
 - 관계 부처·기관의 관련 시책과 사업 등을 종합·체계화하여 국가 기후위기 대응 역량을 극대화하는 국가 차원의 비전과 방향 제시
- 법적 근거 : 「기후변화대응 기술개발 촉진법」 제5조(기본계획의 수립·시행) 및 동법 시행령 제2조~제5조
 - 온실가스 감축 및 기후변화 적응에 관한 기술을 체계적으로 육성·발전
 - 기후변화 기술개발에 관한 중장기 목표 및 추진방향 등 기후변화대응 기술개발 기본계획을 5년마다 수립·시행
 - ※ 기술개발 촉진에 관한 사항, 중장기 목표 및 추진방향, 협동연구 및 학제적 공동연구 촉진, 국제협력과 해외진출 지원, 투자, 정보체계 구축·운영, 전문인력 양성 등 포함

제5조(기본계획의 수립·시행) ① 과학기술정보통신부장관은 온실가스 감축과 기후변화 적응에 관한 기술을 체계적으로 육성·발전시키기 위하여 기후변화대응 기술개발 기본계획(이하 “기본계획”이라 한다)을 5년마다 수립·시행하여야 한다.

② 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 기후변화대응 기술개발 촉진에 관한 기본사항
2. 기후변화대응 기술개발에 관한 중·장기 목표 및 추진방향
3. 기후변화대응 기술개발에 관한 산업계·학계·연구계 간의 협동연구 및 학제적 공동연구의 촉진
4. 기후변화대응 기술개발 및 이전·확산에 관한 국제협력과 해외진출 지원
5. 기후변화대응 기술개발의 투자
6. 기후변화대응 기술 관련 정보체계의 구축·운영
7. 기후변화대응 기술개발을 위한 전문인력의 양성
8. 기후변화대응 기술 시범사업
9. 그 밖에 기후변화대응 기술개발 촉진을 위하여 필요한 사항

③ 과학기술정보통신부장관은 기본계획을 수립하려는 경우에는 관계 중앙행정기관의 장 및 지방자치단체의 장과 협의한 후 「국가과학기술자문회의법」에 따른 국가과학기술자문회의의 심의를 거쳐 이를 확정한다.

④ 과학기술정보통신부장관은 기본계획의 수립에 필요한 경우에는 민간 전문가의 참여 및 의견수렴을 위한 협력체계를 구축할 수 있다.

⑤ 과학기술정보통신부장관은 기본계획의 수립에 필요한 기초자료를 수집하기 위하여 관계 중앙행정기관의 장, 지방자치단체의 장, 공공기관(「공공기관의 운영에 관한 법률」 제4조에 따른 공공기관을 말한다. 이하 같다) 및 과학기술정보통신부령으로 정하는 저탄소 기술 관련 전문기관의 장에게 관련 자료의 제출을 요청할 수 있다. 이 경우 자료 제출을 요청받은 기관의 장은 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.

⑥ 그 밖에 기본계획의 수립·시행 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

- 기후변화대응 기술* 분야에서의 최상위 법정계획으로, 탄소중립, 에너지, 환경, 기후 변화 적응 등 다수의 관련 기본계획과 연계성 확보

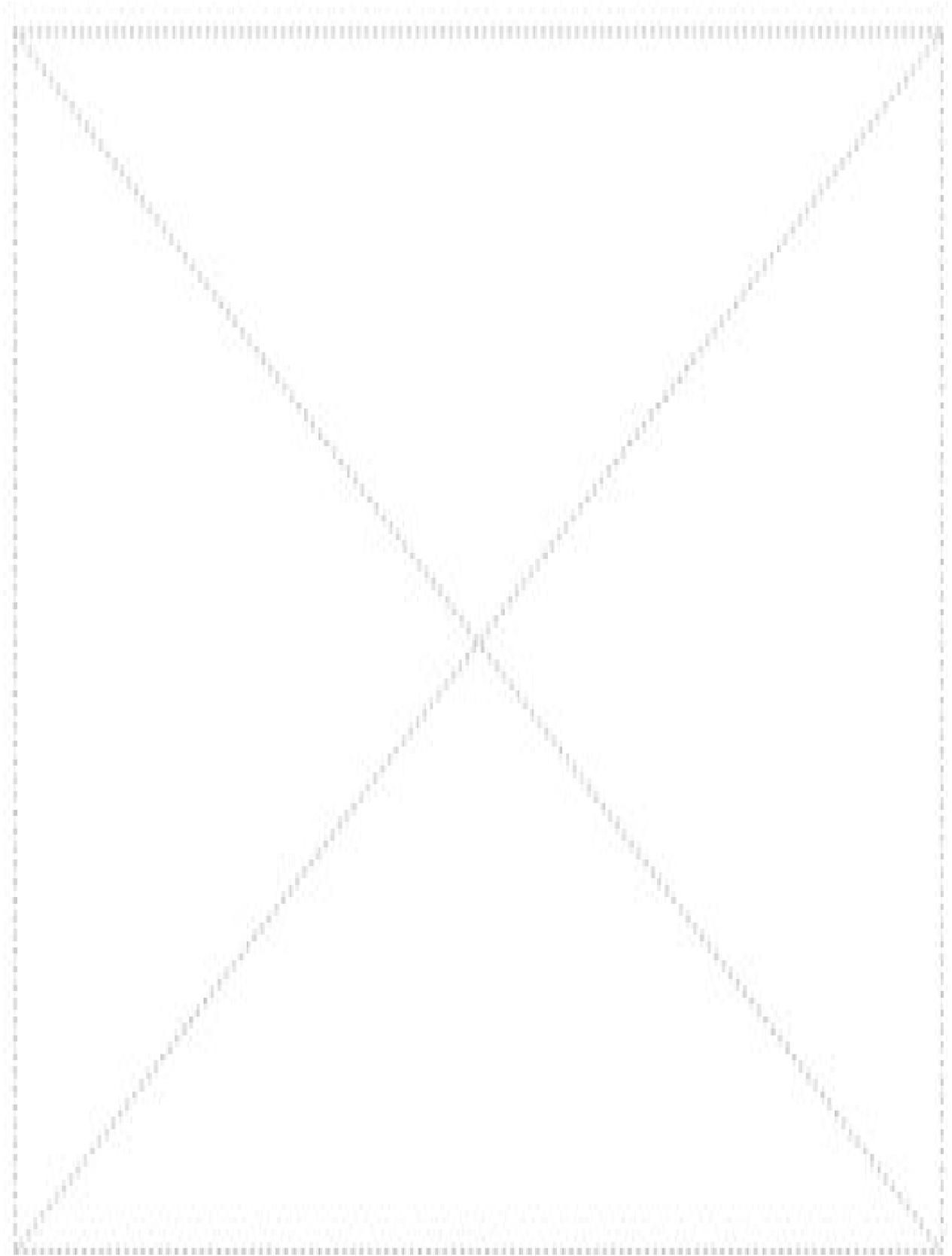
* 온실가스 감축에 관한 기술과 기후변화 적응에 기여하는 기술(기후기술법 제2조 6)

기후변화대응 기술개발 기본계획과 타 기본계획과의 관계

- 「기후변화대응 기술개발 기본계획」은 법적 근거를 기반으로 국가 기후변화대응 기술 역량을 강화하기 위한 체계적이고 장기적인 기술개발 기본계획
 - 그간 기후변화대응 관련 기본 정책*은 '저탄소 녹색성장 기본법'에 근거하여 수립되어 왔으나, 기후위기 대응을 위한 혁신적 기술개발을 추진하기 위한 법적 근거 미약
 - * 녹색성장 5개년 계획, 에너지기본계획, 기후변화대응 기본계획
 - '기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법' 시행('22.3)에 따라 매 5년마다 수립하는 「탄소중립·녹색성장 기본계획」과 연계성을 확보하여 2050 탄소중립 달성과 중장기 감축 목표 달성에 기여

| | '08 | '09 | '10 | '11 | '12 | '13 | '14 | '15 | '16 | '17 | '18 | '19 | '20 | '21 | '22 | '23 | |
|-------|---------------------------------------|----------------------------------|-----|---------------------------------------|--|-----|---------------------------------------|------------------------------------|--|--|-----|--|-----|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 법령 제정 | 저탄소 녹색성장 기본법('2010.4 제정, 2022.9 폐지) | | | | | | | | | | | | | 탄소중립·녹색성장 기본법('21.9 제정) | | | |
| | 기후변화대응 기술개발촉진법('21.4 제정) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 법정 계획 | 제1차 녹색성장 5개년 계획 '09.7월 수립('09~'13) | | | 제2차 녹색성장 5개년 계획 '14.6월 수립('14~'18) | | | 제3차 녹색성장 5개년 계획 '19.5월 수립('19~'23) | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 제1차 기후변화대응 기본계획 '16.12월 수립('17~'36) | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 제2차 기후변화대응 기본계획 '19.10월 수립('20~'40) | | | | | |
| | 제1차 에너지 기본계획 '08.8월 수립('08~'30) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 제2차 에너지 기본계획 '14.1월 수립('14~'35) | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 제3차 에너지 기본계획 '19.6월 수립('19~'40) | | | | | |
| | | | | | 제1차 국가 기후변화 적응대책 '08.8월 수립('08~'30) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | 제2차 국가 기후변화 적응대책 '08.8월 수립('08~'30) | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 제3차 국가 기후변화 적응대책 '08.8월 수립('08~'30) | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 탄소중립 녹색성장 기본계획 수립(예정) | |
| | 기후변화대응 기술개발 기본계획 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | R&D 정책 | 기후변화 대응 국가연구개발 중장기 마스터플랜('08.12) | | | | | | 기후변화대응 핵심기술개발 전략('14.7) | | 기후변화대응 기술 확보 로드맵(CTR)('16.6) | | | | | | | 탄소중립 기술혁신 추진전략('21.3) |
| | | | | | | | | | | | | | | | 탄소중립 연구개발 투자전략('21.3) | | |

5.2. 비전 및 추진방향



□ 추진방향

○ (감축) 에너지믹스, 산업구조 혁신 등 이슈해결 중심의 핵심기술 확보 필요

- 그간 각 부처에서 온실가스 감축 관련 선정·고시*된 기술과 OECD, EU 등 선진국의 기술 동향을 기반으로, 6대 세부전략별 핵심기술 제시

* 기후변화대응 53대 기술 세부내용 고시(과기정통부, '22. 9월), 탄소중립 녹색성장 기술혁신전략('22. 10월) 내 한국형 탄소중립 100대 핵심기술 등

- 우리나라 2030 NDC 및 분야별 감축비율 목표를 달성할 수 있도록 감축 필수 기술을 중심으로 핵심 목표치 제시 및 기술내용 도출

○ (적응) 기후변화 적응 R&D의 범위·내용 설정을 통한 선제적·체계적 지원 필요

- 기후변화에 따른 우리나라 기후위기 발생* 및 재난 확대에 체계적으로 대응하기 위해 기후변화 적응 관련 기술의 선제적 확보 필요

* 겨울 가뭄에 따른 산불('22.3월), 한강 이남 수도권 폭우('22.8월), 태풍으로 인한 포항 피해('22.9월) 등

- 기후재난 피해 저감과 회복력 강화를 위해 기후위기 적응 전과정*·대상별** 과학 기술 기반 적응기술 체계 및 개발방향 제시

* (과정) 기후변화 감시·예측 → 영향위험도 평가 → 기후피해 저감, 회복력 증진 → 적응효과 진단

** (대상) △산림·생태계(자연 회복), △인간(질병·건강, 식량), △자산·인프라(도시 등)

5.3. 온실가스 감축

5.3.1. 무탄소 에너지 생산

(가) 재생에너지

◇ **(주요이슈)** 재생에너지 발전량 비중을 '30년까지 21.5% 이상으로 확대(제10차 전력수급기본계획(실무(안)), 산업부, '22년말 예정)하기 위해 경제성, 주민 수용성, 국내 산업생태계 조성 등을 고려한 R&D 지원 필요

▶ **(개선방향)** 재생에너지 보급 확대 및 가격경쟁력 제고를 위한 핵심기술 개발과 설치지역 확대를 위한 맞춤형 실증을 추진하고, 기타 재생에너지원의 지속 운영 및 기술적 잠재량 확충을 위한 기술개발 추진

□ 재생에너지 보급 확대를 위한 경제성 제고 R&D 추진

○ 재생에너지 시장 확대에 선제적 대응을 위해 기술 선도국의 재생에너지 핵심기술에 대한 기술 추격 R&D지원 및 실증 강화

– 에너지 효율 및 가격경쟁력 제고를 위한 핵심기술*확보 목적의 원천기술개발 및 임무지향형 융합 R&D추진, 조기 상용화 지원

* 고효율 탠덤태양전지(효율: 30-35% 이상), 초대형 풍력발전기(출력: 8~15MW급 이상) 등

– 태양광·풍력 등 재생에너지 핵심기술 관련 소재·부품·장비 기술 실증을 위한 테스트 베드 인프라* 구축 지원

* 태양광 소재·장비 성능 검증 및 양산 시제품 개발, 대형 풍력발전기 실증 및 시험평가 등

□ 태양광·풍력 등의 설치지역 확대를 위한 맞춤형 실증사업 추진

○ 제한적인 설치지역을 벗어나 설치지역 확대 가능한 다양한 설치 환경(건물·수상·해상 등)별 최적의 발전 시스템 개발 및 실증 추진

– (태양광) 투명·플렉서블 패널 등 기술확보를 통한 건물외벽·차량 선루프 등에 설치 가능한 다기능·일체형 태양전지 개발 및 실증

– (풍력) 국내 연안 설치가 가능한 생태계 피해 최소기술 기반 풍력발전 및 원해 상에 설치 가능한 부유식 풍력발전 기술 확보 및 실증

□ 수력·해양·수열 등 기타 재생에너지원 운영 및 확충 지원

○ 수력 등 노후화된 재생에너지원 시설의 운영을 위한 발전설비 성능(출력·효율 등) 개선기술 개발 및 ICT기술을 적용한 모니터링·운영 고도화 추진

- 국내 재생에너지원의 기술적 잠재량* 확충을 위한 다양한 에너지원(해양(조류·조력, 파력, 염분차 등), 수열 등)별 핵심기술 개발 및 실증 지원

* 기술적 잠재량(단위: GW, 규제·경제성 미고려 시): 조류·조력 120, 파력 18 등(출처: 제5차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획, 산업부, '20.12)

(나) 비재생에너지

◇ **(주요이슈)** 유럽의회는 원자력을 녹색분류체계(EU 택소노미)에 포함하는 등 원자력의 필요성을 인정, 우리나라 역시 실현가능한 탄소중립 달성을 위해 원자력 발전량 비중을 '30년까지 30% 이상으로 확대할 방침

▶ **(개선방향)** 지속가능 원자력 활용을 위한 연구개발(안전·사용후핵연료 등)을 지원하고, 차세대 원자력(SMR, SFR, MSR 등) 및 핵융합 기술개발을 통해 신산업 창출 추진

□ 원자력 에너지의 안전성 및 지속성 제고

- (안전) 가동원전의 안전 대응역량(이상 징후 조기진단, 예방·지연 등) 강화를 위해 ICT 기술(빅데이터, AI 등)을 활용한 피해평가 및 대응 기술 개발
 - 사이버공격, 핵/EMP 및 무인항공기 공격 등 인위적인 외부위협에 대응하는 첨단 방호체계 기술 확보 및 고도화 추진
- (사용후핵연료) 미래세대의 고준위 방폐물 관리부담 완화를 위해 방폐물 관리에 필요한 전주기 기술*(운반-저장-부지-처분) 확보 추진
 - * 총 104개 요소기술과 343개 세부기술이 도출됐으며, 현재 미확보 기술에 대해서는 국내R&D, 국제협력 및 해외도입을 추진('고준위 방사성폐기물 R&D 로드맵', 산업부, '22.7)

□ 글로벌 원전 수출시장 선점을 위한 차세대 원자력 기술 확보

- 원전수출 포트폴리오 다각화*로 수출 경쟁력을 강화하기 위해 안전성·경제성이 대폭 강화된 '혁신형 소형모듈원자로(i-SMR)'개발 추진
 - * (대형원전) APR1000·APR1400, (소형모듈원자로(SMR)) SMART100('20) → i-SMR('30년대)
 - SMR 혁신개념 및 기술 등을 고려한 안전규제 체계·전략을 수립*하고, 중소·중견기업 개발 참여 등을 통해 산업기반 마련 및 저변 확대
 - * 기존 대형 상용 경수로에는 적용되지 않은 기술(무봉산 노심, 공장제작이 가능한 원자로 모듈 등)에 대한 안전규제 체계 등을 선제적으로 마련

- 소듐냉각고속로(SFR), 용융염원자로(MSR) 등 미래 원자력 시스템 및 차세대 핵연료 기술* 개발 등을 통해 안전성 확보 및 효율 증대

* 고순도 저농축우라늄(HALEU) 및 토륨 핵연료 제조기술, 해수 우라늄 추출 기술 등

□ 핵융합 발전 관련 핵심기술 확보 및 기반 구축

- 국제핵융합실험로(ITER) 참여 등을 통해 핵융합 발전에 필수적인 기술 확보를 추진하고, ITER 운영·개발 참여를 통한 글로벌 리더 연구그룹 확보 및 주요국과의 전략적 기술협력 강화 추진

- 우리나라 ITER 조달 품목* 제작 및 조달 이행을 통한 핵융합 발전 기술 확보

* 진공용기 포트(~'22), 블랑켓 차폐블록(~'25), 진단장치(~'27), 삼중수소 시스템(~'28)

- 非조달 핵심기술(블랑켓, 노심플라즈마, 삼중수소시설 등) 확보를 위한 주요 기술 선도국과의 공동연구 프로그램* 발굴 등 추진

* 한-EU ITER 테스트 블랑켓모듈 공동개발을 통해 블랑켓 핵심기술 확보 추진 등

- KSTAR 운영 등을 통해 핵융합 발전 핵심기술* 개발을 추진하고, 국내대학·연구기관의 KSTAR 실험 참여 확대 및 국제공동연구 과제 지속 확충을 통해 기술혁신 생태계를 구축

* 제4차 핵융합에너지 개발 진흥 기본계획(과기정통부, '21.12) 내 8대 핵심기술:

- ①노심플라즈마, ②플라즈마 가열 및 전류구동 장치, ③초전도 자석, ④중식블랑켓, ⑤高열부하·高중성자속용 소재, ⑥연료주기, ⑦디버터, ⑧안전·인허가

(다) 신에너지

◇ (주요이슈) 청정수소발전제도(CHPS, 산업부)가 내년 도입될 예정, NDC목표 달성을 위해 무탄소 연료(수소·암모니아) 발전을 확대('30년 까지 발전량의 3.6%)할 방침

▶ (개선방향) 무탄소 연료를 활용하여 전기 생산 및 난방 등에 활용 가능한 연료전지·가스터빈의 핵심 소재·부품·시스템 개발 및 실증 지원

□ 연료전지 시스템 효율성 제고 및 안정성 확보를 위한 실증 추진

- 수소 사용 연료전지로의 본격 전환에 앞서 도시 가스망을 활용하여 혼합연료(천연가스+수소)를 사용하는 연료전지 시스템 개발

- 청정수소 활용 연료전지 발전 시스템의 효율성 및 내구성 향상을 위한 요소기술(스택, BOP 등) 및 시스템 제어기술 확보

- 고효율화를 위한 핵심 소재·부품 기술개발하고, 청정수소 공급망 연계형 대규모 실증사업 통한 연료전지의 장기 가동 안정성 검증 추진
- 에너지 이용효율 90% 이상 달성을 위해, 분산발전용 다목적(고온스팀 생산 등) 열병합(발전+열) 시스템 및 연계 기술 개발

- 무탄소 발전을 위한 수소터빈·암모니아 발전 기술 개발
- (수소터빈) 기존 가스발전소의 연소기 개조 등을 통한 과도기적 기술 확보 및 수소 전소 가능한 수소발전 기술개발 추진
 - 기존 가스발전소의 연소기를 개조하여 수소연료 공급 시스템 및 수소 혼소 Retrofit* 기술을 확보하여 대형가스터빈에 단계적 적용
 - * 기존 가스터빈 설비에 새로운 부품(수소혼소 연소기)을 장착하여 친환경 설비로 전환
 - 수소 전소를 위한 연소기 및 연료 공급 모니터링·제어 시스템을 개발하고, 가스터빈 운전조건에서 연소 성능을 검증할 수 있는 인프라 구축
- (암모니아) 무탄소 연료 중 현재 전 세계적으로 생산 및 교역이 활발한 암모니아를 활용하는 혼소(단기) 및 전소(중장기) 발전기술 개발

5.3.2. 에너지 시스템 전기화

(가) 산업·건물 전기화

◇ (주요이슈) 국내 산업 및 건물부문의 온실가스 배출량은 각각 약 260.5, 52.1백만톤CO_{2eq}이며, 이를 '30년까지 각각 222.6(△14.5%), 35.0(△32.8%)백만톤CO_{2eq}으로 감축 필요('18년 기준, 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안 '21.10)

▶ (개선방향) 산업과 건물에 필요한 열에너지 공급을 위해 화석연료 대신 전기를 사용하는 열에너지 설비(히트펌프, 전기로, 보일러 등)의 고도화 및 사용처별 다양한 조건에 맞춘 실증 수행

□ 열에너지 공급 무탄소화를 위한 히트펌프 시스템 개발 및 실증

○ (산업) 다양한 산업분야에의 열 공급을 위해 기존 대비 고온(~300℃) 공급이 가능한 히트펌프 기술 개발 및 현장 맞춤형 실증 추진

- 고온 히트펌프용 친환경 냉매*(GWP≤150) 및 윤활유 증발문제 해결을 위한 무급유 압축기술 등을 확보하고, 이를 적용한 히트펌프 시스템 개발

* 수소불화올레핀(HFO)계, 탄화수소계(이소부탄(isobutane) 등) 냉매, 자연냉매(NH₃, CO₂) 등

- 산업에의 적용 촉진을 위해 에너지 다소비 사업장(≥2,000TOE/년)을 중심으로 열 수요·폐열분석 기반 히트펌프 시스템 구축 및 실증 추진

○ (건물) 공동주택 무탄소화에 필요한 사항(미활용·재생열 이용, 친환경 냉난방 등)을 만족하는 히트펌프 시스템 구축 및 통합제어 기술 개발

- 냉난방과 급탕을 동시에 운용 가능한 히트펌프 시스템을 개발, 미활용·재생열의 효율적 활용 위한 분산·중앙형 히트펌프 통합제어 기술 확보

□ 열에너지 설비(전기로·보일러 등) 고도화 및 산업공정별 최적화 추진

○ 산업공정별 다양한 조건에 맞춤형 열에너지 설비 구축을 지원하기 위해 고효율·고내구성 열에너지 설비 설계 및 구현 기술 개발

- 설비별 적용조건과 특징에 적합한 가열기술*을 선정하고, 열원 소재·로체(爐體)·반응기·흡/단열재 및 고효율 열회수 기술 등을 개발

* 저항/유도/유전/아크/적외선/microwave/plasma/hybrid 가열 등

○ 온실가스 다배출 산업(철강, 석유화학) 전기화를 위해 산업공정 맞춤형 열에너지 설비(공업로, 보일러, 건조기, 공정가열 등) 기술 개발 및 실증 추진

- (철강) 직접환원철·철스크랩 기반 전기로 등 그린제철 기술 개발

- (석유화학) 나프타 전기가열 분해 공정 등 전환 등

(나) 수송부문 전기화

◇ (주요이슈) 국내 수송부문의 온실가스 배출량은 약 98.1백만톤CO_{2eq}으로 이를 '30년까지 61.0(△32.8%)백만톤 CO_{2eq}으로 감축 필요('18년 기준, 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안 '21.10)

▶ (개선방향) 수송부문의 화석연료 사용을 전기로 대체하기 위해 전기차 사용성을 극대화하기 위한 기술개발을 지원하고, 타 모빌리티(해상·항공 등)의 탈탄소화를 위한 전기추진 시스템 실증 추진

□ 전기차 사용성 극대화 위한 혁신기술 개발 추진

- 차세대 전지(전고체, 리튬황, 리튬금속 등) 혁신소재 개발을 통한 에너지밀도·충전 속도·안정성 향상이 진일보된 전기차 시스템 구현 추진
- 충전 편의성 향상 기술(초고속 및 무선 충전, 배터리 교체 등)을 확보하고, 전력 소모 감축 기술(V2X 등) 및 충전 시 화재 등에 대응하는 안전기술 개발
- 전비 개선 및 주행거리 확충을 위해 전기차 관련 핵심 요소기술(구동기·공조 설비 등)의 고도화를 위한 연구개발을 추진
 - 구동기(모터)의 고출력·고내구성 확보를 위한 기술개발을 지속 추진, 인-휠(In-Wheel) 모터 등과 같은 차세대 구동기 개발 R&D에 지원
 - 냉·난방 시 전비 향상을 위해 다양한 열전달 모드(전도·복사·대류) 활용 공조기, 차량용 히트펌프 등의 고도화된 공조 시스템 개발

□ 전기추진 모빌리티 상용화 기반기술 개발 및 실증

- 글로벌 규제 대응 및 신산업 창출이 가능한 부문(해상·항공 등)의 전기추진 시스템 개발 및 실증 추진
 - (해상) 국제해사기구(IMO) 규제 등에 대응 및 미래 친환경 선박 분야의 선도기술 확보를 위해 선박용 배터리 및 구동 시스템 개발 및 실증 지원
 - (항공) UAM·드론 등 항공용 전기추진 시스템의 경량화·고성능화를 위한 고출력 배터리 패키지 및 BMS 기술 등 개발 지원

5.3.3. 탄소배출 연·원료의 대체

(가) 수소

◇ (주요이슈) 탈탄소 규제 충족 및 수소 수요 확대에 대비한 청정수소 생산기술 및 '50년 2,290만톤(2050 탄소중립 시나리오, '21년)의 해외수소를 운송·저장하기 위한 기술 확보가 시급

▶ (개선방향) 수소경제 사회로의 진입을 위해 조기적용 가능 기술의 역량 강화 및 관련 신산업 육성을 위한 실증과 미래기술 선제적 확보를 위한 R&D 지원

□ (생산) 청정수소 대량생산 기술 개발 및 실증

○ 수전해 시스템을 구성하는 핵심 소재·부품의 국산화하고, 시스템 성능·내구성을 향상 및 대용량화하여 수소 생산단가 저감하는 기술 개발

※ 수전해 시스템 효율 '30년 52kWh/kg, '50년 45kWh/kg 달성

○ 수소 생산 신뢰성과 안전성 확보를 위해 재생에너지·원자력 등 대규모 전력·열 생산 단지를 중심으로 청정수소 생산체제 구축 및 실증

○ 미래시장 선도 가능한 도전적·혁신적 차세대 수소 생산 기술* 확보

* 차세대 수전해(AEMEC·PCEC), 광분해, 청록수소, 생물학적 발효 등

□ (저장·운송) 국내·외 생산 수소 안정적 보급 기술 확보

○ (수소 저장) 기체수소 대비 부피 당 에너지 저장밀도가 높은 액체수소, 액상수소화합물(암모니아, LOHC 등) 고밀도 수소 변환 기술 개발 추진

- (액체수소) 수소액화 공정기술, 수소액화를 위한 핵심 기자재(압축기, 열교환기, 팽창기, 밸브 등)를 조기 확보를 위한 R&D 지원

- (액상수소화물) LOHC, 액체 암모니아 등에 수소를 효율적으로 저장·운송·추출 하기 위한 소재(촉매, 분리막 등) 및 플랜트 기술 확보

○ (수소 운송) 국가 간 해상 운송 및 국내 육상 이송량을 극대화할 수 있는 운송 용기와 수소 운송의 안전성 확보를 위한 기술 개발

- (해상운송) 액체수소 운송선 탑재용 화물창 구조를 설계 및 제작하고, 증발가스(BOG) 처리 시스템을 확보하여 수소 운반선 상용화

※ '30년 40,000m³급 액체수소 화물창 개발

- (국내이송) 기체 및 액체수소의 육상 운송을 위한 탱크로리를 개발, 기존·신규 배관망을 통한 혼입 및 전용 수소 공급 시스템 개발

※ 기존 천연가스 배관망에 수소 혼입('26년 20%)을 위한 안정성 검증/실증 및 수소전용 배관망 소재·시스템 개발 등

□ (활용) 탄소규제 강화 대응 모빌리티 및 산업 공정 기술 개발

- (모빌리티) 글로벌 규제 대응을 위해 고성장이 예상되는 수소 모빌리티용 연료 전지 시스템과 엔진의 성능 및 가격경쟁력 확보
 - (육상) 내연기관차 판매 금지 등에 맞춰 내연기관 수준의 가격·성능 경쟁력을 갖춘 수소전기자동차 기술개발 추진
 - (해상) 국제해사기구(IMO)* 등 탄소배출 규제 대응 가능한 선박용 수소·암모니아 엔진과 연료전지 시스템 대응량화를 위한 시스템 통합 기술
 - * '08년 대비 탄소집약도를 '30년까지 40%, '50년까지 70% 감축
 - (항공·우주) UAM·드론 등 항공용 연료전지 경량화·고신뢰성·고성능화 및 우주 발사체 상단 탑재 가능한 액체수소 엔진 개발
- (산업) 철강·시멘트·석유화학 등 온실가스 다배출 산업에 투입되는 화석기반 연·원료의 대체기술 확보를 통한 무탄소화 추진
 - (제조 공정) 제철(코크스 등)·석유화학(납사 등) 산업의 탄소발생 원료를 수소로 대체하는 공정 기술 및 설비(수소환원로 등)전환 추진
 - ※ (제철) ('30)100만톤급 수소 유동로 및 전기로 개발 → ('50) 그린철강 산업 전환 (석유화학) ('30)청정수소 활용 간접 및 직접 고부가 화학제품 전환 기술 개발 및 실증
 - (열 공정) 가열로 등 열 공급 과정에서 활용되는 화석연료를 수소 기반 연료 (H_2 · NH_3 등)로 대체하는 기술개발

(나) 바이오매스

- ◇ (주요이슈) 단·중기적으로 전기화 및 수소기반연료 활용이 어려운 항공·선박 및 석유화학 분야의 온실가스 감축 및 경쟁력 유지를 위해 감축 효과가 뛰어나면서 경제적인 연·원료의 생산이 필요
- ▶ (개선방향) 경제적이며 대량생산이 가능한 바이오매스 기반의 바이오연료 및 석유화학 원료 생산을 위한 R&D 지속 지원

□ 선박·항공기·중장비 등에 활용 가능한 바이오연료 제조 및 가격경쟁력 확보

- 경제적·대량생산이 가능하며 기존 화석연료 인프라를 통해 유통 가능한 바이오연료 생산을 위한 기술 확보 및 실증 추진
 - 에너지 및 수소를 적게 소모하는 전환기술을 개발하고, 혼합사용을 향상을 위해 바이오연료 물성 향상을 위한 R&D를 지원

- 바이오연료와 화학원료의 동시 생산을 통해 경제성 확보와 부산물 배출을 최소화할 수 있는 공정기술(통합형 바이오리파이너리 등) 개발

□ 기존 화학산업 공정에 적용가능한 바이오매스 기반 원료물질(C1~) 개발

- 온실가스 감축 효과 및 경제성이 우수한 석유화학 원료물질*을 바이오매스를 통해 확보하기 위해 바이오-화학 융복합 등을 활용한 효과적 바이오매스 전환 경로 신규 설계 및 상용화 R&D 지원

* (예시) 포름산(C1), 에틸렌글리콜(C2), 젓산(C3), 올레핀 등

- 추가 탄소배출을 억제할 수 있는 전환공정 기술, 저등급 분산 배출 바이오매스의 효과적 전환 기술 개발
- AI 등 신기술을 활용한 신규 전환경로 설계기술 개발을 지원하고, 바이오·화학 융복합 연구를 통해 경제적·대량생산이 가능한 원료물질 제조 공정 확보

(다) 폐자원

◇ (주요이슈) EU는 탄소중립·순환형 제품의 시장창출을 위한 순환경제·행동계획 등을 발표, 해외 주요 기업*들도 자원순환 제고에 선제적 대응 중

* BASF(獨) : 폐플라스틱 원료를 포장재로 재자원화, 코카콜라(美) : 포장재 재생자원으로 대체

▶ (개선방향) 원료·제품의 생산 단계부터 폐기 및 자원화 단계까지 자원순환의全过程 관리를 위한 기술 확보를 통해 탄소중립을 위한 자원의 순환체계 구축

□ 자원 순환성 강화를 위한 생산단계 기술 개발 추진

- 안정적 공급이 가능한 폐자원(폐바이오매스, 폐플라스틱, 유리컬릿 등)을 기반으로 재활용이 용이한 제품(바이오플라스틱, 포장재, 유리 등) 생산을 위한 소재 및 공정기술 개발
 - 폐바이오매스·폐플라스틱을 활용한 안정적 원료 확보 기술 개발 및 이를 활용한 석유기반 원료 대체 및 재생가능한 바이오플라스틱 생산공정 확보
 - 물성개선을 위한 제조공정 개발(단일재질 구조 포장재 등) 및 석유화학 산업에의 진입을 위한 공정 고도화(폐플라스틱 대용량 처리 등) 기술 개발 추진

□ 에너지 폐자원의 가치 재창출을 위한 재사용·재활용 기술 개발 지원

- 에너지폐자원(배터리, 태양광 패널 등) 특성을 고려한 재사용·재활용 체계 구축을 위한 핵심기술 개발 지원

- (폐배터리) 배터리 셀, 부품 등의 잔존수명 진단 기술을 고도화하고, 수명에 따라 재사용 혹은 핵심광물 추출 등에 재활용하는 기술 개발
 - ※ (수명 \leq 70%) 가정·상업용 ESS 구축, (\leq 50%) 분해 및 처리를 거쳐 핵심광물 추출
- (폐태양광) 폐패널이 재사용 및 재활용될 수 있도록 분리·회수하는 기술 및 회수 물질의 물성변화를 최소화하는 기술 등의 개발 지원

5.3.4. 에너지 소비 효율 향상

(가) 산업부문 효율화

◇ (주요이슈) 산업부문 온실가스 저감('18)260.5→('50)51.1백만톤)을 위해 공정·기기 효율향상으로 에너지 소비 절감이 필요, 정부는 30대 에너지 다소비 기업과 '한국형 에너지 효율 혁신 파트너십'을 체결(산업부, '22.10)하는 등 노력 중

▶ (개선방향) 에너지 다소비 산업에서 활용되는 공정과 기기 효율 향상 및 대체기술의 확보 등을 통해 산업부문 전반의 소비 효율 향상을 지원

□ 에너지 다소비 산업의 에너지 소비 절감을 위한 공정기술 개발

○ 온실가스 다배출 산업(철강, 석유화학, 정유, 시멘트 등)별 맞춤형 공정효율 향상 및 대체공정 기술을 개발하고 현장 적용을 촉진하기 위한 R&D 지원

－ (철강) 탄소저감형 고로 기술(순산로 연소 버너 및 단열재 배열 등) 등 개발

－ (석유화학) 나프타 열분해 공정 대체 고효율 촉매 반응 공정 등 개발

－ (정유) 가열로 열원 회수, 단열, 열교환 기술 등 고도화로 공정효율 향상 추진

－ (시멘트) 비탄산염 원료 기반 공정 등 R&D를 지원하고, 신규 혼합재 확보 등을 추진

○ 생산 공정의 에너지·자원 효율을 극대화를 위한 데이터 기반 기술* 개발 및 적용 사례 확대를 위한 현장실증 기반 R&D 지원

* FEMS(Factory Energy Management System), 에너지트윈, 불량률 예측 기술 등

□ 에너지 다소비 공통산업기기 효율 향상 추진

○ (전력기기) 구동손실 저감 설계 및 구현을 위한 소재·생산 기술을 개발, 최적운영 기반 구동기기 에너지 절감 및 제어 향상기술 등 확보

－ 고효율·고밀도 전력변환 장치 구현을 위한 WBG(Wide Band-Gap) 기반 차세대 전력반도체 소자 및 패키징 기술 등 개발

○ (열공급) 산업공정 내 발생 폐열의 온도 대역 변화와 변동성에 대응 가능한 고효율 폐열 활용 시스템 및 요소(저장·변환) 기술* 확보

* 열교환기 적용 열 회수, 열전 소자를 활용한 전력공급 등

(나) 건물부문 효율화

◇ (주요이슈) 제로에너지 의무화 정책 확대*(국토부, '19년~)에 따라 건축물의 에너지 소비량 기준 강화 및 건물에너지 시스템 효율화 필요

* ('23년) 500m²이상 공공건축물이나 30세대 이상 공공 공동주택, ('24년)30세대 이상 민간 공동주택, ('25년) 1,000m²이상 민간건축물, ('30년) 500m²이상 민간건축물

▶ (개선방향) 건물의 에너지성능 최적화를 위한 건물효율 단위기술 개발 및 통합·연계 기술 실증·효과평가 까지 전주기에 걸친 기술개발 추진

□ 건물 외피 고성능화 및 부하저감 기술 개발

○ 온·습도 등 외부 환경 영향을 줄이기 위한 건물 외피 단열 기술* 고도화 및 외피 통합설계기술(냉난방 에너지 요구량 10kWh/(m²·년) 수준) 확보

* 고성능 외단열 벽체(0.10W/(m²·K)이하), 고효율 창호(0.6 W/(m²·K)이하)

□ 냉난방/조명/환기 등 건물설비 효율향상 기술 확보

○ 제로에너지 건물 구현과 무탄소 전기 사용 건물 전기화에 대비하여 건물 설비/기기* 고성능화 및 저에너지 냉난방기술** 개발

* 실내환경 조절시스템(냉난방/조명/환기 등) 최적 설계 및 제어 고도화

** 환수된 냉난방열원을 활용하는 저에너지 냉난방 기술, 냉난방 부하밸런싱 기술 연계 등

○ F-gas 냉매에 대한 환경규제* 강화에 대비하여 제로 GWP(Global Warming Potential, 지구온난화지수) 기반 차세대 냉방기술 확보

* HFC 소비량 '45년까지 '24년 대비 80% 감축의무 (몬트리올 의정서- 키갈리 개정, '16년)

○ 외부유입 공기 내 초미세먼지·유기화합물·부유미생물을 동시·상시·신속 저감하는 低차압형(Filter-free) 공기질 관리기술 개발

□ ICT기반 건물에너지 효율관리 기술 개발

○ 온·습도/재실여부 등 다양한 건물 환경을 감지하고, 에너지를 효율적으로 사용 가능하도록 데이터 수집·관리·분석 통한 제어시스템 구축

○ AI·가상센서 등을 동시활용하는 하이브리드 플랫폼 구축 및 설비상태(전력소모 등), 실내환경 변화를 감지·조기대응하는 기술 개발

(다) 수송부문 효율화

◇ **(주요이슈)** 각국은 자동차 제작사에 적극적인 온실가스 감축 및 연비개선 의무를 부과*, IMO는 '23년부터 대형선박을 대상으로 에너지효율에 따라 A~E 등급**으로 나뉘고, D등급을 3년 연속 또는 E등급을 1회 받은 선박에는 출력제한(속도제한)을 부과할 방침

* ('21) 97g/km → ('25) 89g/km → ('30) 70g/km ('제4차 친환경자동차 기본계획', 산업부, '21.2)

** '20년 기준 국적선 684척 중 D등급 128척(18.7%), E등급 106척(15.5%)('선박 온실가스 규제대응 위해 에너지효율 등급 미리 확인한다', 해수부, '21.8)

▶ **(개선방향)** 기존 모빌리티 요소기술(내연기관, 전력기기(전동·인버터·공조))의 고도화 및 지능형 모빌리티 구현으로 효율성 개선 기반 마련을 위한 R&D 지원

□ 기존 모빌리티 기술 혁신으로 친환경·고효율 모빌리티 실현

○ (자동차) 탄소배출 연료 소비의 효율화를 위해 하이브리드 동력 시스템 고도화 및 청정연료 활용 내연기관 기술 등을 개발

– 하이브리드 전용 고효율 엔진을 위한 연소·과급기술, 신배기규제(WTW, 미규제 물질 등) 대응 후처리 장치 및 시스템 통합 제어 기술 개발

– 최고 연비점 운전 제어기술, 초희박 연소 및 폐열 활용을 통한 고효율·저배기 (near zero) 차량 기술 개발

○ (선박) 중·대형 외항선박 대상의 온실가스 규제에 대응하고자 연료전자·전기추진 등을 적용한 하이브리드 추진 시스템 기술 확보를 지원

□ 지능형 모빌리티 확산을 위한 인프라 구축 및 실증 지원

○ 인공지능 소프트웨어, 반도체, 센서 등을 개발하여 완전자율주행 자동차 및 선박을 상용화하고, 차세대 지능형교통체계 구축을 위한 R&D 지원

– 자율운항 선박, 한국형 e-Nav., 스마트항만을 연계 및 최적 운용하는 기술을 확보하고, 선박·선원의 안전성 확보 기술 개발을 지원

5.3.5. 온실가스 저장·흡수·활용

(가) CCUS

- ◇ (주요이슈) 시멘트 산업 등은 감축 노력에도 불구하고 배출량 제로화가 불가능하며 '50년에 최소 80.4백만톤CO_{2eq}가 발생할 것으로 예상('2050 탄소중립 시나리오, '21), 배출되는 CO₂를 지층에 저장 혹은 전환하여 활용하는 방안 마련 필요
- ▶ (개선방향) 저비용·대규모 포집기술 확보를 위한 실증 기반을 구축하고, 대규모 CO₂ 처리를 위해 대규모 저장소 탐사 후 주입 혹은 전환·활용하는 기술 개발

- 배출원별 맞춤형 저비용 포집기술 개발 및 대규모 실증 추진
 - 다양한 배출원에 적용 가능한 혁신적인 저비용·대규모 포집 기술* 및 설계 시스템을 개발하고, 국내 탄소배출업종별 실증연구 추진
 - * 연소 후 포집(습식·건식), 매체 순환 연소, 순산소 연소 기술 등
 - 중·대규모 실증시설 설계·구축을 통해 탄소포집 데이터 축적, 비용절감 방안 검증, 장기내구성 확보 및 운영·유지기술 확보 등 지원
- 저장용량 증진에 핵심적인 대규모 저장소 확보 및 CO₂ 저장효율 향상
 - 국내 유망 저장량은 약 7.3억톤 규모로 추산되며, CO₂ 저장 플랜트 설계 기술, CCS 저장·주입 핵심기술 등 개발 시 최대 11.6억톤을 저장 가능할 것으로 전망 (산업부·해수부, '21.11)
 - 국내 CO₂ 저장량의 확충을 위해 가스 주입 기간, 유량 및 주입 위치별 유체 특성에 기반한 최적의 주입·저장 시스템 설계 기술 개발
 - 저장소 안전성 확보를 위해 지구물리 및 관측공 지중 모니터링 원천기술 개발과 소규모 실증을 통해 지중 모니터링 기초기술력 확보
 - 기존 석유·가스 생산시설을 CO₂ 수송·저장 용도로 전환하거나 CO₂를 액화하여 수송하는 대형 고압 압축시스템, 플랜트 설계 등 개발
- CCU 제품 상용사례 창출 및 실효성 있는 CO₂ 전환기술 개발 지원
 - 화학·생물전환·광물탄산화 기술 등을 활용한 다양한 제품(연료, 화학·바이오제품, 건설소재 등) 생산기술 실증 및 차세대 전환기술 R&D 지원
 - (실증) CO₂ 전환 제품군*의 산업 적용성 강화를 위한 기술 실증 추진
 - * 플랫폼화합물, 유기산, 유기카보네이트, 고분자, 건설소재, 무기탄산계화합물 등
 - (차세대 기술) 경제성 확보 및 실질적 온실가스 감축을 위한 원천기술* R&D 지원
 - * 재생에너지 저장, CO₂ 기반 연료 생산, 화학산업 원료·제품 대체기술 등

(나) Non-CO₂

◇ **(주요이슈)** 2019년 기준 국내 '이산화탄소 외 온실가스(Non-CO₂*)' 배출량은 57.6백만톤CO_{2eq}에 달하며(전체 배출량의 8.2%), 세계 각국은 COP26을 통해 '글로벌 메탄 서약'을 발표('21.11)하는 등 Non-CO₂ 감축에 나섬

▶ **(개선방향)** 배출원에 따라 발생하는 온실가스별 맞춤형 처리 기술을 개발, 실제 현장과 유사한 환경에서의 실증을 위한 테스트베드 구축 지원

* Non-CO₂: 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF₆)

□ 산업공정(반도체·디스플레이 등) 배출 온실가스 감축 기술 개발

○ 반도체 식각, OLED용 증착, 세척 등에 사용되는 공정가스(PFCs, NF₃, SF₆ 등) 처리기술 개발을 위한 테스트베드 구축 및 성능 검증 추진

– 산업계 참여 하에 기존 온실가스처리장비(POU)의 통상 처리량(~300lpm)을 고려한 기술 개발 및 실제 산업현장과 유사 환경에서의 실증을 추진하고, 저GWP 공정 가스 발굴 및 분해 시 발생가스 처리 기술 개발 등을 지원

□ 환경기초시설 배출 온실가스 저감 및 처리 기술 개발

○ 환경기초시설 내 유기성 폐기물의 혐기성 소화로 발생하는 온실가스(N₂O, CH₄ 등)의 배출현황(저농도, 대풍량 배출 등)에 따라 적정기술을 매칭 및 실증 추진

– 하수처리장의 N₂O처리용 바이오필터, 사용 후 매립장의 CH₄ 처리용 호기성 기술 등 현장별 맞춤 기술을 개발·확보하고, 시설 내 재생에너지원과 연계된 청정관리 시스템 도입 및 실증을 위한 R&D 지원

(다) 자연계 흡수원

◇ **(주요이슈)** 각국은 탄소중립 실현 위해 산림·임업 부문의 기여를 높이고자 노력 중(EU 新산림전략('21), 일본 산림임업기본계획('21) 등), 우리나라는 해양 흡수원(블루카본)의 중요성을 인지 및 증진기술 확보 추진('제4차 기후변화대응 해양수산부문 종합계획', 해수부, '22.9)

▶ **(개선방향)** 고도화된 MRV**(측정·보고·검증)기술로 산림·임업·블루카본 분야의 온실가스 통계 신뢰성을 제고, 각 부문의 탄소 흡수·저장기능을 증진

*블루카본: 갯벌, 잘피, 염생식물 등 연안에 서식하는 식물과 퇴적물을 포함한 해양생태계가 흡수하는 탄소

**MRV: 온실가스 배출량의 측정(Measurement), 보고(Reporting), 검·인증(Verification) 관련 일련의 체계

□ 국제수준에 부합하는 온실가스 흡수·배출량 산정을 위한 기술 확보

○ 흡수원의 온실가스 흡수·배출량의 완전성 확보를 위해 모든 탄소저장고에 대한 활동자료를 확보 및 이를 기반으로 흡수·배출계수를 개발

– 위성, 지상·항공 라이다(LiDAR) 및 인공지능 융복합 기술 개발을 통해 탄소저

장고 모니터링을 수행, 이를 기반으로 고도화된 MRV체계 구축 추진

- 블루카본 종류별(염습지, 해초숲, 해조숲, 비식생갯벌) 분포와 흡수·저장 능력을 평가하고, 이를 기반으로 분류맵을 작성하기 위한 R&D 지원

□ 탄소흡수·저장 능력 극대화 위한 최적 흡수원 관리방안 마련 지원

- 지속가능한 산림·해양생태계 구축을 위한 산림순환경영 모델 개발 및 해양생태계 복원 기술 개발 지원

- 고성능 목재수확 시스템 및 이에 따른 다양한 산림생태계 영향(탄소흡수, 생물 다양성, 토양유실 등) 모니터링·분석 기술을 개발하고, 생태계 파괴 원인에 기초한 자연친화적 블루카본 생태계 및 식생복원기술 개발 지원

□ 신규 흡수원 확보를 위한 기술 개발 추진

- 입지 환경 스트레스 내성(적응성)이 높으며 생장 및 이산화탄소 흡수력이 우수한 수종 및 해조류 개발을 통해 신규 흡수원 보급 촉진

5.3.6. 에너지 공급/수요 유연성 향상

(가) 에너지 유연화 시스템

◇ (주요이슈) 각국은 에너지 전환에 따른 비효율 발생 가능성에 대응하고자 에너지원별 통합(섹터커플링 등) 기반의 에너지 공급/수요 체계 구축을 지원 중이며*, 무탄소 전력 기반의 섹터커플링을 도입할 시 유럽 내 배출량이 '90년 대비 63% 감축 전망('Sector Coupling in Europe - Executive Summary', BNEF, '20.2.11)
* 美 NREL 산하 에너지시스템통합 국제연구소 창립('14), EU '에너지시스템통합전략' 수립('20) 등

▶ (개선방향) 에너지 공급/수요 예측 및 실시간 데이터 기반의 관제 시스템을 구축하고, 이를 기반으로 지역·국가 단위 에너지 시스템 유연성 확보를 위한 마이크로그리드 설계, 전환·저장기술 고도화 및 연계운영 기술 개발 지원

- 에너지 통합 관제시스템 구축 및 데이터 기반 그리드 설계 기술 확보
 - 전기·열·수소 등 에너지별 공급/수요 예측을 바탕으로 효율적인 에너지의 저장·전환·활용이 가능한 에너지 통합 관제 시스템 개발
 - ※ 태양광, 풍력 발전은 일조량·풍속에 변동성이 매우 높아 에너지의 생산 간헐성 문제가 빈번
 - ※ 기상·기후 기반 에너지 발생량 예측 및 실시간 관제를 기반으로 에너지원(전기, 열, 수소)의 공급/수요 전환을 용이하게 하는 차세대 관제시스템 개발
 - 축적된 관제 데이터를 기반으로, 지역별 특화된 요소기술(복합에너지원, 저장, 섹터커플링 등)이 연계된 마이크로그리드 설계 시스템 개발 추진
- (전환) 에너지원 간 전환기술(섹터커플링) 고도화 및 실증
 - 에너지 유연화를 위해 필수적인 섹터커플링 기술(H₂P, P2G* 등)의 경제성 제고 및 성능 고도화를 위한 R&D 및 실증 추진
 - * H2P: Heat to Power, P2G: Power to Gas(H₂)
 - (H2P) 최종에너지 소비 내 비중이 가장 높은 열에너지와 전력 간의 상호 연결성 및 통합성 강화 위한 핵심기술(ORC, 열광전, 열전, PVT 등) 고도화
 - (P2G) 수전해 시스템의 시장 경쟁력 향상을 위한 전극, 막 등 핵심 구성품의 저가화 및 성능 향상을 위한 R&D 및 실증 지원
- (저장) 대용량·저비용·장주기 에너지 저장기술 확보
 - 기존 전력저장 시스템의 한계를 극복, 新서비스 시장 창출이 가능한 저비용 에너지 저장기술 개발 지원
 - * 수 일 이상의 백업 전력 제공, 대용량 무탄소 에너지원 통합 등
 - 카르노 배터리(Carnot Battery), 공기액화 기반 저장 등 현재까지 상용화 사례가 없는 저장기술을 중심으로 원천기술 확보 R&D 추진

- 지역기반 그리드 간 통합·연계 기반 구축을 위한 기술 개발
 - 그리드 설계의 구현·운영 기술을 개발하고, 그리드 간 연계성 강화 촉진을 위해 통합발전소 구성을 위한 기술개발 지원
 - 데이터·알고리즘 등을 기반으로 그리드 운영 상태를 지속적으로 최적화하고, 문제점을 예지 및 선제적 관리하는 기술 개발

(나) 차세대 전력망·열에너지망

- ◇ **(주요이슈)** 무탄소 에너지원이 점차 확대됨에 따라 간헐성 문제* 해결이 필요하며, 버려지는 열에너지**의 재활용 등을 통해 에너지 시스템 전체의 효율 향상 필요
 - * 제주도는 재생에너지 보급에 따라 출력제한이 크게 증가('18년 15회 → '21년 64회 → '22년 상반기 60회)
 - ** 열에너지의 50% 이상은 버려지는 폐열(출처: 한국남부발전 트렌드 리포트('18.6.9))
- ▶ **(개선방향)** 재생에너지 변동성 대응 및 열에너지 공급·수요 효율성 향상을 위해 전력망·열에너지망 고도화 관련 요소기술 및 망 운영·관리기술 R&D 지원

- 무탄소 전력원 확충에 대응하기 위한 전력망 유연성 향상 기술 확보
 - 전력 수요·공급 변화에 능동적 대응을 위한 에너지저장시스템(ESS) 보급 확충을 위한 기반기술 확보 R&D 지원
 - 차세대전지(전고체, 레독스흐름전지 등) 조기상용화를 위한 기술개발을 추진, 대용량 ESS 확대에 따른 화재 등 안전 확보를 위한 실증사업 지원
 - 무탄소 전력원과 ESS 외의 전력망 유연성 확보를 위해 다양한 분산자원(전기차 충전소, 플러스DR 등) 고도화 및 통합발전소(VPP) 구성 기술 개발
 - 출력제한 발생 시 단시간 흡수를 위한 요소기술(고출력 대용량 충전기술 등) 융합 통합발전소 기술을 개발하고, 송·배전 계통 보조서비스 모델 및 운영기술 개발
- 재생열·미활용열·폐열 활용 극대화 위한 열에너지망 고도화 기술 개발
 - 잉여 열에너지를 저장 및 재활용하여 열에너지 수요 변동성에 대응하기 위한 열에너지 저장 시스템 기술 개발 추진
 - 상변환물질의 열전도성 향상 및 열화학적 열저장의 안전성·경제성 확보 R&D를 추진, 빙축열, 계절간 축열 기술 등의 실증 지원
 - 히트펌프 등과 결합하여 재생 열에너지(태양열 등) 활용을 극대화할 수 있는 고온열 및 냉열 생산 시스템의 대용량 및 공급온도 광역화 기술 개발
 - 재생에너지(열·전기)의 변동성 제어와 중온수 지역난방과의 연계를 위한 전극 보일러 국산화 기술 개발 등 지원

5.4. 기후변화 적응

5.4.1. 과학기술기반 기후변화 감시·예측 및 영향평가

(가) 기후변화 감시 및 진단기술 고도화

◇ (주요이슈) 기후변화를 비롯한 환경 문제에 대처하기 위해 세계기상기구(WMO)에서는 지구대기감시(GAW, Global Atmosphere Watch) 프로그램을 통해 기후변화원인물질의 장기관측 및 분석 추진 중

▶ (개선방향) 기후변화 예측성을 향상하고 효과적인 부문별 적응·대응을 위한 과학적 기후변화 감시자료의 안정적 생산 및 진단·활용 시스템의 고도화

□ 기후변화 원인물질·핵심기후변수 입체감시 및 분석 기술 고도화

- 온실가스, 에어로졸 등 기후변화 원인물질과 기존 기상인자의 관측을 위한 지상 관측망 확대, 위성 감시기술 고도화 등을 통한 입체적 감시망 구축
- 수요에 부합하는 지구시스템(대기, 해양, 지면, 빙권 등) 특성별 고품질 기후변화 입체 입체감시·관측·진단자료의 안정적 생산기술 고도화

□ 수요 맞춤형 기후변화 감시 정보 종합분석·활용 시스템 구축

- 기후 감시·관측 자료의 일원화된 수집·관리·활용체계 구축 및 관측자료의 품질 고도화*를 통한 감시·관측 정보 활용성 강화

* 세계 기상기구(WMO) 등 국제 네트워크와의 공동연구를 통한 관측자료의 정확도 및 신뢰도 확보

- 온실가스를 포함한 기후변화 원인물질에 대한 입체 관측 자료와 기상예측 모델을 결합한 기후변화 원인물질 배출원 추적·활용 기술 개발

(나) 차세대 기후변화 예측기술

◇ (주요이슈) 주요국에서는 고해상도 기상 예측 모형 개발(Google Deepmind-영국 기상청, Google-NOAA 등) 등 기후변화 예측 성능 향상을 위한 기술개발 추진 중

▶ (개선방향) 차세대 데이터과학 기술을 적용한 기후예측시스템 개발을 통해 기후예측 정보의 정확도 및 기후변화 전망의 신뢰도 향상

□ 차세대 기후예측시스템 핵심기술 개발

- 정확도 높은 고해상도 미래 기후예측 정보 확보를 위해 인공지능 등을 접목한 데이터 과학 기술* 기반 차세대 기후예측 시스템 개발

* 대기-지면, 해양-해빙 모델 별 계산 성능 최적화, Exascale 슈퍼컴퓨팅 활용 초고성능 기후 예측시스템 개발

- 기간별(계절 내(2주~2개월)부터 근미래(수년~20년 이내)·규모별(지역~전지구) 예측모델 세분화를 통해 기후변화 예측기술의 정확도 및 신뢰성 향상

○ 고도의 연산이 필요한 기후 예측모델의 효과적 운영 및 정확한 기후예측정보 생산을 위해 다양한 계산 플랫폼 간 연계·활용 기술 개발

* 컴파일러 별 표준화, 수행환경 사이의 이식성 극대화 등

□ 미래 기후예측 정보 및 장기 시나리오 생산

○ 신기후체제 및 지자체 기후위기 대응 등 국가 기후변화 적응대책 수립을 위한 기후 변화 시나리오 기반 과학적인 기후 예측 정보 제공

- 경제·사회구조 변화에 따른 온실가스 배출 시나리오별 기온, 강수량 등 기후요소의 미래 변화에 대한 시공간 상세 정보제공

○ IPCC 7차 평가보고서(AR7) 대응 및 2100년 이후 먼 미래에 대한 기후변화 예측모델 개선 및 기후변화 시나리오 산출 기반기술 개발

(다) 사회경제-기후적응 리스크 평가모델링

◇ (주요이슈) 기후변화가 자연생태계 및 사회경제에 미치는 영향을 통합하여 평가하기 위해 과학기술 기반의 기후리스크 통합평가 모델 기술개발에 대한 지원(EU 코페르니쿠스기후변화서비스(C3S) 등) 확대

▶ (개선방향) 기후변화 적응 및 완화 정책이 지구의 온도변화 및 사회경제에 미치는 영향을 통합하여 평가하는 과학기술 기반의 영향 및 위험 평가 체계 구축

□ 기후재난의 영향 및 위험 평가 모델링 기술 개발

○ 확률적 의사결정을 지원하기 위한 부문별 기후·영향정보* 생산 및 기후서비스 고도화

* 기후(기온, 습도, 풍속 등) 자료에서 사회경제적 피해 산정에 필요한 가치가 반영된 재난 및 리스크 개념이 포함된 정보

○ 태풍, 홍수 등의 자연재해 발생 시 지역 및 지자체단위의 사회·경제적 피해 산정 모델링 기술 개발

□ 기후변화 영향 통합평가 모델

○ 사회경제 에너지, 생태계, 기후변화 등 평가모델링을 종합하여 기후변화 관련 영향을 정량화 하고 확률적 지표로 평가

- ※ (미국) MIT에서 에너지경제모델과 기후모델을 결합한 통합 글로벌 시스템모델(IGSM)을 통해 인간과 기후 간의 상호 작용을 분석하고 기후변화의 사회적·환경적 영향 원인을 연구
- 인간의 경제활동과 지구환경모델링을 결합한 지구적, 대륙적 평가모델을 기반으로 국가·지역 규모의 기후영향 평가모델링 개발
 - ※ 국내 지역 규모 세부 정보 제공을 통해 에너지, 농업, 관광, 문화, 보험, 물류 등에 미치는 영향 평가 가능

5.4.2. (자연)자연·생태계 회복력 강화

(가) 생태계·산림 건강성 증진

- ◇ **(주요이슈)** 기후변화로 인한 생태계·산림의 피해*가 점차 크게 늘어나는 추세이며, 과도한 인위적 개입과 개별 생물만을 대상으로 한 생태계 관리 기술은 생태계의 회복력을 높이는데 한계
 - * 한국이 환경 위기에 대비하지 않을 경우, '50년까지 최소 100억 달러(약 11.9조원)의 국내총생산(GDP) 손실 예상(세계자연기구, '20)
- ▶ **(개선방향)** 생태계·산림의 피해 저감과 생물다양성을 동시에 증진시키기 위해 회복력 증진 및 생태계를 고려한 접근방식 도입 필요

□ 기후 회복력이 강화된 건전한 생태계·산림 조성

- 병해충, 산불, 산사태 등 극한 기상에 의한 피해를 저감하고, 생태계 기반 접근(Ecosystem-based approach)*을 통한 생태계·산림 보전·복원 추진
 - * 환경보전과 지속가능 개발을 동시에 실현할 수 있도록 토지, 물, 생명자원 등을 통합적으로 관리하는 접근방법
 - 토착 고유 식물을 이용한 생태계·산림 조성 및 관리 기법을 적용하여 병해충, 산불, 산사태 등에 저항력이 높은 생태계와 산림 조성
- 생태계서비스* 평가를 위한 지표** 개발 및 유형별 산림·생태계 관리·모니터링 기술 최적화
 - * 인간이 생태계로부터 얻는 경제·문화·환경 등 인간 복지에 대한 혜택
 - ** 생태계 보전 및 복원을 위한 원칙, 가이드라인, 실행 지침 개발 등

□ 생물다양성 증진 및 자연·유산 보존 관리

- 개별 종 단위의 생물다양성 적용 기준을 유전자, 종, 생태계 단위로 확대하고 각 단위별로 생물다양성 증진을 위한 관리 기술 개발
 - 종자의 다양성 확보를 위해 신규 종 발굴을 확대하고, 안정적인 보존·저장 지원* 기술 고도화
 - * 생물종 및 생물 유전자원 DB 및 자원지도 구축 등
 - 철새 등 야생생물종 행동 패턴 변화 파악을 통한 보호·관리를 위한 현황조사 및 장기 생태모니터링 기술

- 기후변화가 자연·문화유산에 미치는 영향과 취약성에 대해 체계적으로 조사·모니터링 하고 보존 관리하기 위한 기술 개발

(가) 해양연안 취약성 선제대응

- ◇ **(주요이슈)** 세계 기후변화 시나리오에 따르면, 해수면·해수온 상승* 해양 산성화 등에 따른 해양생태계의 변동성 증가 전망
 - * 우리나라 해역 표층수온은 최근 49년간 연평균 약 1.23℃ 상승하여 세계 평균 대비 약 2.6배 높은 것으로 분석(환경부, '20)
- ▶ **(개선방향)** 기후변화에 따른 해양생태계 및 연안공간의 취약성 및 변동성을 과학적으로 예측·평가 및 관리하고, 해양·연안의 기후변화 적응력 강화

□ 해양·연안 기후영향 및 취약성 예측·평가 체계 구축

- 지표생물종* 선정 및 기후변화에 따른 해양생물 생태·서식분포 변화 조사·모니터링을 통한 한반도 주변 해양생태계 정보 수집·확보
 - * 기후변화에 따른 해양생물의 서식 분포 변화 등을 보여주는 해양 지표생물종 선정 기준 마련
 - AI 기반 지능형 해양생태계 모델 구축을 통해 기후변화가 한반도 해양생태계에 미치는 영향 및 변동성 예측 기술 확보
- 해수면 상승, 태풍, 해일, 너울, 월파 등에 의한 연안공간의 취약성을 정량적으로 예측·평가할 수 있는 통합분석 모델 개발

□ 해양기후변화 대응 생물다양성 증진

- 기후변화에 따른 해양생물 종, 개체 수 및 서식·산란·도래지의 변동성 관리 등 생태계 변화에 선제 대응하여 해양생물 다양성을 증진·유지 시킬 수 있는 과학적 관리기술 확보
 - 기후변화에 따라 우리 바다에 신규 출현·정착, 또는 이동·이주하는 해양생물에 대한 변화를 감시하고, 피해 관리 및 회복방안 마련
- 유해·교란 해양생물종의 국내 정착단계, 위해성 등을 진단·평가하고 모니터링 및 연차별 저감·제거로 해양생태계 교란·생물재난 예방

□ 연안공간의 회복탄력성 강화 기술

- 지역의 취약특성과 연안지역의 공간계획을 연계한 방어-순응-후퇴* 전략 기반 단·중·장기 설계기술 개발을 통한 연안 관리체계 정비
 - * (방어) 구조물을 활용한 해수면 상승 및 폭풍, 해일 등에 대한 피해 저감 (순응) 피해 최소화를 위한 공간 설계 계획 (후퇴) 피해가 빈번하게 발생하는 지역의 토지이용 사용 금지 및 이전
- 항만, 어항시설 등 연안공간의 유형별 재해 예방을 위해 환경 친화적 공법*을 확대 적용하고, 시설물 배치 및 공간계획 기법 도출
 - * 양빈(모래공급), 완충 모래언덕 조성 등

5.4.3. (인간)안전하고 건강한 생활

(가) 감염병 위기 대응 체계 마련

- ◇ **(주요이슈)** 이상기후(폭우, 홍수 등)에 따른 매개체 및 동물 생태계 변화로 인한 신변종 감염병의 유입 및 인수공통감염병* 발생 가능성 증가
 - * '19년 발생된 COVID-19의 경우 중국 우한 동물접촉으로 시작되어 2년 내 전 세계로 확산되어 1000만명 이상의 사상자 발생
- ▶ **(개선방향)** 기후변화 요인에 의한 감염성 질환 발생 모니터링 시스템 구축과 회복력 증진에 필요한 기반기술 확보

□ 건강위해 감시 및 대응체계 구축

- 기후변화 관련 건강위해요소 모니터링과 데이터 공유·활용 인프라 고도화*를 통한 건강 영향 및 감염병 발생 대응 예측·경보시스템 구축
 - * 기 구축된 질병청 중심 인프라(예. 식품매개감염병 병원체 감시 Enter-Net 시스템) 공유 및 확장
 - 글로벌 대유행 감염병 등 신규 건강유해인자의 조기 규명 및 사전 감시·예측·관리 시스템을 구축하고, 위험분석 체계 마련

□ 신·변종 감염병 진단·치료·백신 기술개발

- 기후변화에 따른 신·변종 감염병의 글로벌 확산 피해 감시·대응을 위한 진단기기·시약 개발 및 신속백신 생산기반 확보

[기후변화 및 생태계 변화에 따른 신변종 바이러스]

- **(인수공통감염병)**
 - 동물유래 메르스(MERS), 사스(SARS), COVID-19의 확산
 - 철새 생태계 변화로 인한 고병원성 조류 인플루엔자(H5, H7형 등) 및 가금류/돼지 인플루엔자 조합 신종바이러스에 의한 인체감염 확산우려 (예. pH1N1 신종플루)
- **(매개형 바이러스 질병)**
 - 뎅기열, 지카, 말라리아, 일본뇌염, 중증열성혈소판 감소증후군(SFTS) 등

- 유전자재조합형 백신 등 다양한 백신을 개발하고, 국내생산 기반 및 국제기관을 연계한 백신 인프라 구축
- 향후 발생이 예측되는 기후변화 유래 신종 감염병 대응을 위한 치료기술 및 미래 대응형 백신후보 발굴을 위한 기술개발 지속 추진

(나) 기후적응형 식량생산 기술 확보

◇ (주요이슈) 기후변화는 식량의 생산성에 직접적인 영향*을 미치며, 연쇄적으로 지역경제 악화까지 초래하므로 식량확보를 위한 재해대응체계 구축 시급

* 평균기온 1℃ 상승 시, 세계 곡물 생산량은 밀 6%, 쌀 3.2%, 옥수수 7.4%, 콩 3.1% 감소 전망(미국과학원회보, '17)

▶ (개선방향) 지속가능한 식량 공급체계 구축을 위한 기후변화 적응형 식량생산 시스템 구축으로 위기 대응체계 마련

□ 식량안보 대응 생산환경 변동 예측 및 평가

○ 농림·축산·수산 환경과 생물 다양성, 생육 및 생산성 변동*에 영향을 미치는 기후변화 영향 예측·모니터링 기반기술 확보

* 기록적 폭우와 일조량 감소 등의 여파로 무·배추 생육상태 악화에 따라 '22년 9월 기준 가격 전년 동기 대비 50% 이상 상승

－ 위성정보를 활용한 식량작물·축산·수산자원의 생육·작황변동 및 시·공간적 생물변화 종합 모니터링

□ 기후변화적응형 식량 생산성 제고

○ 토양, 기상환경 및 작물 생육 정보 등 관측 데이터 기반 ICT 기술을 적용하여 농축수산업 생산·관리 스마트화 추진

※ 재배조건별 식량작물 작황 추정 및 생육진단을 위한 영상분석 활용 기술 개발 등

○ 가뭄, 고온 등 스트레스 요인별 저항성이 높은 기후 적응형 품종 육종기술을 개발하고, 농림·축·수산 부문 병해충·질병 및 기상피해(고온, 가뭄, 폭설, 폭우 등) 종합 관리·선제대응*

* 병해충 조기탐지 및 피해 진단 모델, 병원체 동정 및 변이 기술개발, 농축수산 병해충·질병정보 DB 및 정보 플랫폼 구축, 기상재해·병해충 조기경보 체계 고도화 등

○ 기상재해 피해 경감을 위한 기후변화 적응형 농·축·수산 생산시설* 및 가뭄 대응 최적 관개기술 개발

* 재배시설 내재해성 설계 규격 정비 및 신규개발, 재해 대응 농축수산 기반시설 관리기술 등

5.4.4. (도시)기후 적응형 도시·인프라 구현

(가) 안전한 국토·도시 구축기반 확보

◇ (주요이슈) 우리나라 국토 면적 중 16.7%인 도시에 총인구의 91.8%가 거주하고 있으며, 토지 이용의 고밀·복합화로 인해 재해발생의 피해 범위 확대

▶ (개선방향) 기후변화에 의한 환경 변화에 적응하고 영향을 최소화하기 위한 도시 계획 및 시스템 혁신을 통해 도시의 기후변화 적응력 제고

□ 기후 적응형 도시계획 수립

○ 도심 주변 그린인프라(산림, 녹지)와 블루인프라(물)의 연결성을 강화한 자연기반* 솔루션 설계기술 확보

* 개발로 인해 변화하는 상태를 자연친화적인 기법을 활용해 최대한 개발 이전에 가깝게 유지하도록 하는 토지이용 계획 및 도시 개발 기법

- 기후변화 영향과 지역·사회경제적 특성에 대한 정량적 분석*을 바탕으로 도시 환경을 개선하기 위한 모니터링·시뮬레이션 기술 확보

* (예) 도시폭염영향 산정을 위해서는 도시특성, 미기후 변화, 유동인구 및 주거지 취약성 및 취약계층 분포 등에 대한 종합적인 분석 필요

○ 지속가능한 도시 구현을 위해 혁신적인 소재 및 설계 솔루션 개발·적용

* 도시 내 물/열 피해 완충을 위한 신소재, 저탄소 재료·공정 기반 건축자재 개발, 리노베이션 기술 확보 등을 통해 건물의 패시브 수준 강화 등

□ 차세대 도시기후영향 예측·검증 기술개발

○ 도시 수준의 기후변화 영향 및 적응정보 모니터링·관리 기술 확보 및 지역기반 사용자 참여* 데이터와의 연계를 통한 정책적 의사결정 지원

* 지능형 센서, 시민참여 플랫폼 등의 확대를 통한 기후변화 적응정보 DB 구축

- 디지털 트윈 기반 도시 기후영향 감시·예측 및 피해 감지 기술 개발 및 도시의 기후 적응 개발 기술에 대한 정확한 성능 실측 기반 마련

- 다양한 부처·공공기관의 정보·데이터 공동활용을 위한 기후변화 적응정보 표준화 및 DB 플랫폼 공유 등 관계기관 협업 체계 구축

(나) 건전한 물순환 체계 마련

◇ **(주요이슈)** 기후변화로 인한 강수의 양극화* 현상 심화로 물 수요공급의 불균형이 발생되고, 이상기후 및 녹조발생 등으로 이용가능한 수자원 감소

* 일강수량 80mm 이상의 강한 강수의 빈도와 양이 증가(국립기상과학원, '18년) 하는 반면, 2000년대 대비 가뭄 발생일수 약 15% 증가(54.9일('00년대)→63.1일('10년대)) (기상청, '20년)

▶ **(개선방향)** 지속가능한 물순환 구축을 통한 자연생태계 변동 최소화 및 자립형 물관리 선진화

□ 물순환 예측 모델 정확도 향상 및 적응력 평가기법 개발

○ 위성 관측자료 및 데이터 기반 인공지능을 활용하여 규모별* 물순환 예측모델을 고도화 및 기후 영향 분석 체계 구축

* 지구 전체에서부터 유역권, 대류권의 강수, 표층수, 지하수까지 다양한 규모를 포함

○ 수질-수량-수재해-수생태 측면의 기후 회복 및 적응력 평가를 위한 물순환 건전도 지표 및 전과정 평가 기술 개발

□ 수질·수량·수생태계 균형 관리 물순환 기술개발

○ 안정적 수량과 수질 확보를 위한 대체 수자원 다원화* 및 저장·이용** 기술개발을 통해 지속가능한 물순환 체계 확보

* 하수재이용, 해수담수화, 폐수 무배출 기술개발

** 물 수급 불균형에 의한 부족분의 일부 해소를 위한 지하수인공함양 기술 및 대수층함양 기술개발

- ICT(AI, IoT 등) 기술 기반 실시간 물 생산, 배분, 관리 및 정보 공유를 위한 물순환 전 과정 통합 관리 시스템 구축

- 조류(녹조) 등 수생태계 유해요인에 대한 선제적 감시·관리기술 개발

○ 제품의 절수 요건 강화, 물 절약 장려 및 토양의 물 보유 역량 증대 등 물 사용량 저감 기술 개발 및 사용자 행태 개선 지원

(다) 산업분야 적응역량 강화

◇ **(주요이슈)** 기후 변화 및 빈번한 자연재난 발생으로 인하여 송전망을 비롯한 산업 시설에 대한 리스크 대응 및 기후조건에 따른 재생에너지 발전량과 전력수요 예측 필요성 증가

▶ **(개선방향)** 산업·에너지-기후 상호작용에 기반 한 정보 생산 및 기후취약성 대응기술 개발

□ 산업·에너지분야 기후변화 영향·위험 평가

○ 에너지 및 사회기반시설에 대한 기후영향 및 리스크* 대응 기술 개발

* 지구온난화에 따른 발전설비의 냉방 효율 저하, 극한 폭염 및 풍속에 의한 송수신망 파괴로 인한 전력 송신 중단 사태, 폭염과 한파에 의한 레일 변형 및 파손으로 철도사고 발생 등

- 자연재해 영향 등을 고려한 에너지 생산·공급 및 사회기반시설의 설비 안전기준을 강화하고, 지역별 산업단지의 기후취약성 예방·관리 시스템 구축
- 기후변화에 따른 원자재 수급 등 글로벌 공급망 변화를 예측 하고, 국내 산업에 미치는 직·간접적 리스크 평가 방법론 개발

□ 기후변화 관련 산업 대응역량 강화

- 기후변화에 따른 유형별, 업종별, 규모별 산업 재해 대응기술 개발
 - 빅데이터, AI 기술 등을 적용한 기후변화에 따른 미래 산업재해 예측 및 예방기술 개발
 - 기후탄력적인 발전 및 송배전, 수송인프라 등 사회기반시설 구축을 위한 기술개발 확대
- ※ (발전 및 송배전) 폭염과 같은 이상기후 발생 시 발전분야 냉각수 온도 상승에 따른 발전효율저하 대응 및 전력 피크 발생 대응 등 송배전 인프라 안정성 향상을 위한 기술 고도화 (수송) 극한기후 및 재난 발생 시에도 활용 가능한 기후탄력적인 수송 시스템 구축
- 폭염, 한파, 태풍 등 극한기상에 직접적으로 노출되는 야외근로자(건설, 농촌, 배달 근로자 등)의 건강보호를 위한 보건 및 안전관리 방안 마련

5.4.5. (재난재해) 재난재해 대응 기반 구축

(가) 과학기술기반 재난재해 관리

- ◇ **(주요이슈)** 기존에 겪어보지 못한 극한기후의 영향과 이로 인해 발생하는 기후재난의 대형화·복합화로, 예측이 어렵고 피해규모 확대* 추세
 - * (자연재해 피해액) 8,488억원('00) → 1조 3182억원('20)
- ▶ **(개선방향)** 기후변화로 인한 재난·재해 발생 시 신속하게 현장에 적용 가능한 과학기술 기반 대응체계 구축

□ 예·경보 시스템 고도화

- ICT 기술 적용 등을 통한 과학기술 기반 재난재해 발생 징후 사전 감지로, 재해 조기 방제 혹은 방지작업을 통해 피해 최소화
 - 센서 네트워크 기반 계측 데이터를 통한 실시간 기후영향 피해 조기감지 및 재해 종합 예·경보체계 마련
- 기후변화에 따른 피해(자연재해·재난, 블랙아웃, 열섬현상 등)의 감시, 예측, 대응을 위한 다중 데이터 통합관리 플랫폼 및 데이터 연계 디지털 트윈 구축 등

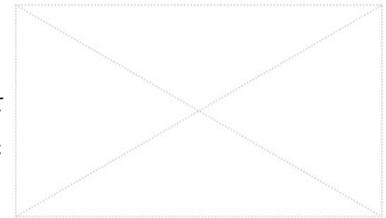
□ 대형·복합재난 피해저감 기술개발

- 재난·재해발생 시 교통, 기반시설 등을 즉각적으로 관리하고 중앙에서 적시에 통제하는 등 복구활동 지원을 위한 기술개발 추진

- 재해발생시 산림·생태계 및 교통, 라인인프라(전기, 가스, 수도 등) 등의 훼손 정도를 원격으로 진단하고 통제·관리하는 기술 개발
- 신속한 피해 대응 지원을 위해 피해지역 주변 IoT 센서, 위성 및 시민참여 네트워크 등을 활용한 현장정보 탐지·수집 및 분석 기술 개발
- 재난재해 유형에 따른 피해영향을 고려한 구조적 방재대책(배수시설 및 하천정비, 시설물 구조 강화 등)을 포함하여 토지이용, 건물 배치, 시민참여 등 다양한 피해예방 및 저감 요소의 유기적 적용 확대
- 기후변화에 의한 대형 복합재난에 대한 영향 분석 및 대응체계 마련
 - 복합재난의 위험요소 식별 및 분석을 통해 취약요소를 파악하고, 요소 간 상호작용 및 인과관계 분석
 - 시공간단위로 복합재난 위험평가 및 지역 위험지도 구축 등을 통한 대응 시나리오 및 복합재난 관리체계 개발

< 복합재난* 주요 피해 사례 >

- '11년 7월 집중호우로 인한 우면산 산사태 발생
- 다량의 토석류 유입으로 배수로 등의 기능이 상실됨에 따라 우면산 일대의 아파트, 주택, 공공건물, 도로 등이 매몰·침수되어 인명 및 재산피해 발생



* (복합재난) 자연재해로부터 시작되어 동시다발적·연쇄적 사회재난으로 범위가 확산되는 재난으로, 대규모의 사회적 피해를 유발시키며 장기간의 복구 필요

5.5. 혁신생태계 조성

5.5.1. 국민과 함께 누리는 기후기술 생태계 마련

(가) 기후기술 산업 활성화 지원

◇ **(주요이슈)** 기후위기 대응을 위한 에너지패러다임 전환으로 기후산업의 폭발적 성장*이 전망됨에 따라, 혁신적 기후기술 확보 및 신속한 시장진출 지원을 통한 세계시장 선도 기반 마련 시급

* 세계 주요 청정에너지 기술 시장: ('20) \$1,240억 → ('30) \$8,710억 → ('50) \$1.2조(IEA WEO, 2021)

▶ **(개선방향)** 혁신적 기후기술의 시장진출 촉진을 위해 기술 스케일업 지원 및 딥테크 창업 육성을 확대하고, 실증·시험 인프라의 전략적 구축, 개방형 혁신 생태계 조성 등을 통해 경쟁력 있는 산업생태계 조성 추진

□ 혁신적 기후기술의 프로토타입(기술검증) 지원체계 확대

- 시장 수요를 기반으로 기후기술 분야 사업화 유망 씨드기술을 조기에 발굴하고, 단절 없는 기술상용화 패스트트랙 지원체계 구축
 - 기초·원천연구성과를 기반으로 ①IP R&D 및 후속 R&D 지원 → ②기술 고도화 → ③기술 성숙도 향상으로 기술상용화의 효율성 제고
 - 제작기업의 전문역량 및 공공연구시설을 활용하여 시제품 제작, 성능검증, 시험평가 등을 통한 기술 스케일업 지원사업 확대

□ 혁신적 기후기술 기반 창업 활성화

- 에너지, 모빌리티, CCUS 등 기후기술 분야의 기술기반 창업 활성화를 위해 VC 펀딩 매칭 및 딥테크 창업 쉐주기 지원시스템 구축·운영
 - 기후변화대응 딥테크 창업기술(연구자)을 발굴·선정*하여 성장단계에 따라 맞춤형 지원사업 추진

* 민간 액셀러레이터 중심 창업발굴단*을 구성하여 창업기술을 오디션 방식으로 선정

[창업 성장전략운영 연계 대상사업(안)]

| 성장단계 | 지원 내용 | 대상 사업 |
|------------|---------------|---------------------|
| ① 예비창업단계 | 사업아이템 검증지원 등 | 실험실창업지원(혁신창업대학육성 등) |
| ② 창업초기지원단계 | 기술숙성 R&D/R&BD | 특구 기술사업화 역량강화 등 |
| ③ 성장지원단계 | 투자 연계 | 공공기술사업화 펀드 등 |

□ 기후기술 실증·시험 인프라 구축 지원

- 혁신기술의 성능 검증, 트랙레코드 축적, 안전·표준·시험인증을 위한 RD&D* 인프라 전략적 구축 확대

* RD&D(Research, development and demonstration) : 연구개발 및 실증

- 태양광 등 기후산업의 소재·부품·장비 실증 및 성능평가를 위한 테스트베드 인프라 구축 및 집적화
- ESS 화재 안전성 등 新 기후기술의 안전성 검증, 표준·인증 지원을 위한 시험인증센터 구축 사업 확대

- 지역대학·출연연·공기업 등 지역 인프라 연계를 통한 지역별 특화* 기후기술 육성 클러스터 조성

* (예시) 울산 수소시범도시(국토부)·수소그린모빌리티 규제자유특구(중기부) 旣 선정, 지역내 UNIST, 생기연/화학연/에기연 지역조직 등 보유

□ 오픈 이노베이션 연구환경 조성

- 기후기술 수요기업 중심의 「산학연관 R&D 협의체」 구성을 통한 기술상용화 혁신 주체(연구자, 기업, 공공/민간 TLO 등) 네트워크 구축·운영
- 분야별·부처별로 운영 중인 공공기술(특허), 수요기술 등의 DB*를 연계하여 현장 활용을 촉진하기 위한 온라인 정보 서비스 고도화

* 미래기술마당(COMPA), NTB(KIAT), 테크브릿지(KIBO), 기업공감원스톱서비스(KOITA) 등

(나) 기후기술의 국민 문화 확산을 통한 일상화

◇ (주요이슈) 전 세계적으로 기후변화대응 캠페인에 자발적으로 참여하는 기업과 국민이 확대되고 있는 추세로, 기후행동에 대한 국민적 관심의 중요성 부각

* 'RE100', '24/7 CFE(Carbon-free Energy) Compact', '과학기반 감축목표 이니셔티브(SBTi)', 'Business Ambition for 1.5°C' 등

▶ (개선방향) 기후기술에 대한 대국민 인식제고로 저탄소 기후기술의 시장보급, 산업 성장, 일자리 창출 등 생활·산업에서의 가치 증폭을 유발하는 선순환 생태계 조성

□ 기후변화관련 국민 참여 활성화

- 국민 대상 기후기술 문화 콘텐츠 개발, 소통 채널* 다양화 등 기후기술 정책 및 R&D 성과를 체감할 수 있는 국민 참여 기반 구축

* SNS, 언론매체, 대국민 참여 포럼, 전시회, 공청회, 캠페인, 챌린지 등

- 기후기술 관련 정책 이슈, 지역사회 현안(실증설비 지역 주민 수용성 등) 등에 대해 정보를 공유하고, 의견을 수렴할 수 있는 소통창구 마련

- 지역·사회 문제 해결을 위해 국민과 지자체가 R&D에 직접 참여·협업할 수 있는 기반 조성
 - ※ 기후변화대응 R&D 대국민 수요조사 실시 등

□ 기후변화 대응 대국민 인식제고를 위한 소통강화

- 생활밀착형·연령별 맞춤형 기후변화대응 교육 프로그램 개발 및 제공, 기후기술 백일장 등 국민 참여형 프로그램 신설
 - ※ (예) 기후행동 1.5℃ 실천 앱 운영, 스쿨 챌린지, 탄소중립 챌린지 지속 확대(환경부)
 - ※ (예) 초중고 학생을 대상으로 기후기술 관련 백일장 등을 실시하여 기후기술 관심도 제고 및 교육 효과 달성(과기부)
- 기후변화대응 R&D 우수성과 및 성공사례를 홍보·공유할 수 있는 전시회, 발표회, R&D 현장 로드쇼 개최 지원 등 소통 채널 다양화
 - ※ 기후변화 주요이슈와 연계하여 과기부 대한민국 과학기술대전, 산업부 대한민국 에너지대전, C-Tech 국제박람회, 환경부 탄소중립 대한민국 친환경 대전 등 개최

(다) 기후기술 확산을 위한 투자/제도 지원

- ◇ (주요이슈) 유럽 'Fit for 55 Package' 수립, 'InvestEU Fund(10년 €2,790억)' 조성, 미국 IRA 법안 제정(기후변화대응 부문 \$3,690억 할당) 등 주요국은 탄소배출 관련 규제 정비·민간투자 촉진을 위한 정책을 마련하여 기후기술 산업 활성화 뒷받침
- ▶ (개선방향) 기후기술 R&D·사업화 전 과정에서의 적기 규제 발굴 및 개선, 펀드 조성, 인센티브 보장 등 민간의 자발적 참여를 유도할 수 있는 제도적 기반 조성

□ 저탄소·탈탄소화 기술 확산을 위한 선제적 규제 개선

- R&D → 제품화·사업화 → 시장진입 → 보급확산의 전 과정에서 혁신기후기술의 확산을 촉진하기 위한 규제 개선
 - 탄소중립 규제자유특구 및 연구개발특구와 연계하여 규제 샌드박스(실증특례, 임시허가) 확대 추진 및 표준·인증체계 구축 가속화

[기후기술 확산을 위한 규제혁신 수요 및 개선방향 (예시)]

| | 규제혁신 수요 | | 개선방향 |
|------|------------------------------------|---|---|
| 수소 | · 액체 수소 관련 안전규정 미비 | → | · 안전규정 제정 |
| CCUS | · 감축량 산정 기준 체계 미비 | → | · 인정방법론 마련 및 국제기준 제정 |
| 시멘트 | · 산업부산물 사용기준 엄격 · 시멘트 혼합재 비율 제한 | → | · 글로벌 수준의 규제 합리화 · KS개정을 통한 제한 비율 완화 |

□ 기후기술 R&D 투자 활성화 기반 조성

- 탄소중립 기술의 세액공제* 확대, 기업 매칭비율 조정 등 기후기술 R&D 투자에 대한 민간의 부담 완화 방안 마련
- ‘탄소중립 기술혁신펀드’등 기후변화대응 전용 투자펀드 결성 확대
 - 기업의 성장단계, 기술의 파급효과를 고려하여 벤처투자모태조합 출자, 특별 용자 사업 마련 등 민간투자를 유도하는 정책금융 공급 확대

5.5.2. 연구/산업 현장 맞춤형 우수 인재 양성 및 활용

(가) 선진 교육·연구기관 협력을 통한 글로벌 R&D 인력 양성

◇ (주요이슈) 국내 기후기술 R&D 연구인력 수요대비 공급 부족 전망

* '30년까지 에너지·자원 분야 석·박·학사급 기술인력이 약2만명 부족 예상(산업부, 2021)

▶ (개선방향) 국내외 우수한 연구기관 간 연계를 통한 인력양성 프로그램의 시너지를 창출하고, 적극적인 연구수행을 통한 역량 향상

□ 국내·외 기후기술 기관 간 연계 기반의 프로그램 개설

- 정부 간 협력을 기반으로 기후기술 관련 주요 국내외 연구기관·대학 간 자율적인 공동 인력양성 프로그램(학위 등)을 개설·운영
 - 선진국의 연구기관의 연구 참여를 통한 인력의 연구역량 증대 및 개도국의 우수한 연구인력의 유치 등을 통한 국내 연구수행능력 확보 병행추진
- * (예시) 한·독 과학산업기술협력위원회 의제 내, UST-KIST Europe-독일 잘란트대학(UdS) 공동 학위제(환경조건 및 안정성 분야) 제안 등

□ 혁신적 연구활동 및 공동연구 등을 통한 우수 연구인력 양성

- 출연(연), 대학 등 혁신적 기후기술 관련 연구 수행을 통한 석·박사 및 박사후 연구자의 연구역량 강화 지원
 - 박사 후 연수 지원 및 국내 대학 간 공동 연구 등 프로그램 연계를 통한 산업·연구계에서 요구하는 전문지식 함양 프로그램 병행 지원
- 출연(연)-대학원 등 국내외 다양한 선진 연구기관과의 협동 연구*를 통한 최신 기후 기술 습득 및 실무역량** 개발

* (예시) JILA(Joint Institute for Laboratory Astrophysics) : 미국 콜로라도대학 Boulder 캠퍼스와 NIST Boulder 연구소 간 공동으로 대학 캠퍼스 내 설립

** 기후기술분야 대학(원)생의 진로탐색 기회 제공과 경력개발을 위해 연계된 연구기관의 실습참여 등을 통한 실무요구 역량 개발

(나) 기후기술 산업현장 수요밀착형 전주기 R&D 인력양성

◇ (주요이슈) 신기후체제 출범('21) 이후, 기후기술·산업인력수요 증가 예상

* 청정에너지 분야의 전세계 고용인원이 1,400만명 증가할 것으로 전망(IEA, 2021)

▶ (개선방향) 산업계 수요기반 기후기술 분야 실무형 산업 인력 양성

* 산업현장 실무 인턴십 및 기후기술 사업화 전문 고급인력양성

□ 기후기술 인력 산업현장 실무 인턴십

- 기업의 인재수요를 반영하여, 교육생-기업 간 니즈를 매칭하여 프로그램을 운영하고, 인턴십 제공을 통한 기후기술 분야 취업 연계
 - 기후정책 및 에너지·환경기술 등 직무 수행에 필수적으로 요구되는 기초지식 및 직무 프로그램 등을 통해 산업계 활용도 제고
 - ※ (예시) 환경·에너지 기술, 온실가스 관리, 글로벌 정책 분야 산학협력 프로그램 등

□ 정책·산업 경험 등이 풍부한 다양한 기후산업 인재양성·활용

- 기후산업 현장에서 필수적인 기후기술 정책·규제 관련 전문지식 함양 프로그램을 제공하고, 산업 실무 인력 및 기술경영인 양성
 - 국제협력체와 연계한 파견* 프로그램 등을 통해 글로벌 기후협력체제 경험 등 축적하고, 이를 산업에 활용 가능한 실무인력 양성
 - * (예시) UNFCCC下 GCF(녹색기후기금), CTCN(기후기술센터네트워크), GTC(국가기후기술협력센터) 등
 - 기후기술 혁신을 통한 글로벌 진출을 선도할 수 있도록 글로벌 네트워크 구축이 가능한 기관을 중심으로 기술경영 전문가를 양성
- 산학연 재직자를 대상으로 하는 기후기술 협력 기본 및 심화과정 등 단계별 맞춤형 프로젝트 전문가 양성과정
 - * 기본과정을 통해 기후협약에 대한 이해, 탄소과정 전망 등 이수 후, 심화과정으로 기후기술사업화, 국제협력 프로젝트 기획·운영 등 추진

5.5.3. 국제사회와의 공동협력 및 기술이전·확산

(가) 기후기술 R&D 공동연구 및 현지화

- ◇ (주요이슈) 기후변화대응 및 탄소중립 책무 이행에 따른 글로벌 기후기술에 대한 신시장 창출이 가시화되고, 미국, EU 등 주요국들이 신시장 선점·기술역량 확보 및 강화를 위한 투자를 추진함에 따라 산업선점 기술확보 필요
- ▶ (개선방향) 기후기술 관련 글로벌 신산업·시장에서의 선도적 입지 확보를 위해 공동연구를 위한 협력 체계 구축 및 개도국 특화전략 수립을 위한 체계적 접근 방안 마련

□ 선진국·국제기구와의 협력강화를 통한 기후기술 R&D 역량강화

- 선진 연구기관 및 국제기구*의 주요 프로젝트 참여 등을 통한 우리나라 연구기관·기업의 기술 발전 및 해외진출 확대 추진
 - * 기후기술센터·네트워크(CTCN), 녹색기후기금(GCF), 유엔환경계획-코펜하겐 기후센터(UNEP-CCC), 글로벌 녹색성장기구(GGGI) 등
 - 우리의 기후기술 기여도 제고를 위한 CTCN, UNEP-CCC 등과의 전략적 “대한민국-다자기구-개도국 협력 도출”을 위한 공동연구 추진

□ 개도국 수요-기술 매칭 및 실증 지원을 통한 현지화 지

- 우리 기후기술의 효과적 해외진출·기술이전을 위한 개도국 수요의 전략적* 발굴 및 유망기술 매칭 체계** 마련
 - * 우리나라 전략적 협력국, 유망 기후기술 R&D 분야, 국내 기후기술 산업 발전정도 등을 고려한 개도국 수요 우선순위 도출
 - ** 매치메이킹(matchmaking) 행사 개최 정례화 등
- 수요발굴, 이해관계자 분석, 사업기획, 후속연계 등 기반 마련 및 현지 소규모 실증 지원을 통한 우리 기후기술의 개도국 현지화 지원
 - 국내외 유관기관*과의 협력네트워크 구축 및 협업을 통해 개도국 수요발굴, 현지 실증** 및 후속연계 준비*** 지원
 - * 예) GGGI 현지 사무소, 국제기구·다자개발은행(세계은행, 아시아개발은행), GCF, GEF 등
 - ** G2G 협력형, 부처 연계형, 민간 자유공모 등 지원 형태 다양화
 - *** 사업 확산, 시설 운영관리, 스케일업을 위한 기금 제안서 작성 지원 등

(나) 해외 기술이전 및 시장진출 지원

◇ (주요이슈) 국제사회에서 글로벌 기후기술산업 및 시장이 가시화되고 탄소중립의 책무를 이행해야 할 필요가 강조됨에 따라, 주요국들은 기후기술이 미래 新성장동력으로 인식되어 기후기술 위상·영향력 제고를 위해 적극적인 투자 및 국제협력 활동을 확대 중

▶ (개선방향) 국제사회 및 글로벌 기후기술 시장에서 선도적 입지를 확보하기 위해서 기후기술 R&D에서 나아가 기후기술 국제협력 등을 통한 글로벌 기후기술 시장진출 등 종합적 지원 추진

□ 기술지원체제 下 기후기술 국제협력 활성화 기반 조성

○ CTCN의 활동* 참여 등을 통해 우리의 우수 기후기술 홍보, 관계자** 역량강화 및 개도국 수요 기술지원(TA) 사업 확대 추진

* ①개도국 국가지정기구(NDE) 역량강화를 위한 행사 개최 및 네트워킹, ②기후기술 관련 지식·정보 공유 및 ③수요기반 기술지원

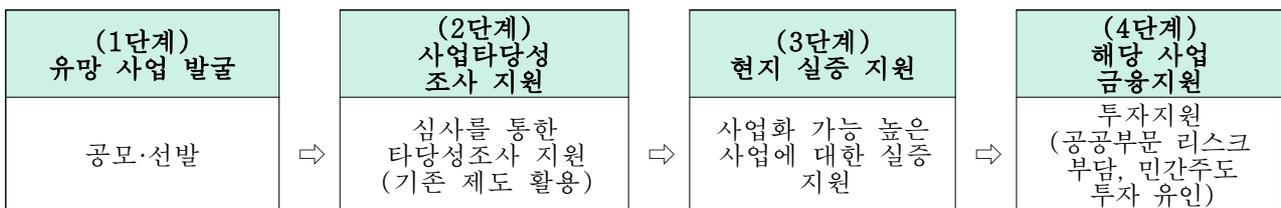
** 개도국 국가지정기구(NDE) 및 (국내)CTCN 회원기관

- 지속적으로 증가하는 개도국의 기후기술 협력수요에 따라, 기술지원 사업의 다변화 및 점진적 확대 추진

□ 기후기술 협력 추진 단계별 통합적 관리·지원 단계별 연계 강화를 통한 기후기술 국제협력에 대한 종합적 지원

○ 기후기술을 기반으로 해외 기술이전 및 시장진출을 위한 사업지원 프로세스를 종합적으로 모니터링·지원체제 구축

- 개도국 대상 현지 사업화 등 유망 기후기술의 국제협력 전 단계의 종합적 지원



□ 해외 탄소배출권 확보를 위한 기후기술 R&D 및 개도국 협력

○ 해외 탄소배출권 확보를 위해 수요발굴·우선순위화, 실증지원 등 향후 추진체제 및 선점전략 수립

5.5.4. 기후기술 거버넌스 활성화 및 정책역량 강화

(가) 기후변화대응 기술관련 범정부 거버넌스 강화

◇ **(주요이슈)** 기후기술 분야의 당면 이슈는 과학기술, 규제, 산업, 인프라, 금융 등 다양한 부처 및 지자체와 연관되어 있어, 단일 부처만의 노력으로는 해결이 어려운 상황, 이에 범정부 차원의 대응이 필수적

* 미국 바이든 정부, 백악관 내 기후컨트롤 타워 ‘국내기후정책실(Office of Domestic Climate Policy)’ 및 ‘국가기후태스크포스(National Climate Task Force)’를 설립

▶ **(개선방향)** 범정부적 탄소중립 정책과 기후기술 R&D 간 목표 정합성 확보 및 연계성 강화를 위한 부처 간, 중앙-지방 간 협력적 거버넌스 체계 구축

□ 탄소중립사회-기후기술 간 연계성 강화 통한 거버넌스 체계 확립

○ 탄소중립을 위한 과학기술 기반의 기후변화대응 기술의 역할을 강화하기 위한 『탄소중립 녹색성장(위)』 중심의 범부처 협업 거버넌스 운영

- 기후기술 중장기 비전 및 정책방향 설정, 기후기술의 범위, 부처의 역할 분담·수행 및 연계·협력을 위한 기후기술 거버넌스 활성화

※ 기후기술 관련 규제를 선제적으로 발굴하고 범부처 규제개선 거버넌스(탄소중립 녹색성장 위원회 산하 ‘범부처 탄소중립 기술규제 협의회’)로 연계

※ 기후기술 규제 합리화를 위한 범부처 협의·조정 체계와의 연계하여 규제 발굴·개선

- 지역특성을 반영한 기후변화대응 관련 기술정책 및 R&D사업을 추진 중인 지자체와 중앙부처 간의 협력 강화를 위한 체계마련

○ 기후기술의 현장활용·확산 촉진을 통해 국가적 목표달성에 기여하기 위한 정책 아젠다 발굴 및 지원방안 모색

- 산학연 전문가, 관계기관*, 일반 국민 등의 참여를 통해 기후기술 주요 이슈를 공유하고 부문별 대응 방안을 모색하는 포럼 활성화

* 국제협력(GTC, KOICA 등), 금융(GCF, 한국산업은행, 한국수출입은행 등), 기술(KIER, KIST, KRICT 등), 법/제도(에공단, 법무법인 등)

(나) 기후기술 육성 정책역량 강화 지원

◇ (주요이슈) UNEP, WMO, IPCC, IPBES 등* 국제기구·기관은 과학적 전문성을 가진 실무그룹 운영 등을 통해 조직적인 정보 관리, 모니터링 및 평가를 실시하며 실효성 있는 정책 지원기능을 강화

* UNEP(유엔환경계획), WMO(세계기상기구), IPCC(기후변화에 관한 정부 간 협의체), IPBES(생물다양성과학기구) 등

▶ (개선방향) 국내외 기후변화대응 역량을 강화하기 위한 정책 활동을 체계적으로 지원하기 위해 과학적이고 전문적인 조사-모니터링-평가 환류 체계 마련

□ 국내·외 기술개발 활동조사 체계 구축

○ 기후기술 연구개발 투자 및 성과분석 고도화 체계 구축

- 통계정보 수집·분석 기반 확대를 통한 공공 및 민간의 기후기술 개발 활동조사 항목 개선 및 성과정보 지표 고도화*

* 기후기술 R&D 투자·성과분석, 기후기술 산업통계 공표 정례화 등의 체계 마련

○ 글로벌 기후기술 개발 활동 모니터링 인프라 조성

- 기후기술 개발 활동 국제비교 정보 확대를 통해 기술수준, 주요국별 기후기술 산업 내 주요기업, 기관 현황 분석*

* 기후기술 수준·메가트렌드 조사, 주요국간 기후기술 산업 비교 등

□ 기후기술 활성화 위한 인프라 조성

○ 기후기술협력 전주기 정보관리 플랫폼 구축

- 효율적·효과적 글로벌 기후기술협력 사업의 추진·체계화를 위한 협력사업 관련 포괄적 정보의 수집·분석·제공을 위한 플랫폼 *구축

* 국가기후기술정보시스템(CTis) 등 기존 플랫폼 고도화

- 대내외 환경, 개도국 수요, 유망 기후기술, 협력사업 정보 등에 대한 수집·분석 및 유관 관계자(사업수행자·관리자 등) 맞춤형 정보제공

○ 기후기술 맞춤형 핵심 인재관리 정보 인프라 구축

- 응용 분야로서의 기후기술 분야 전문인력 관련 직무·직업 정의 및 관련 통계·조사 체계 마련

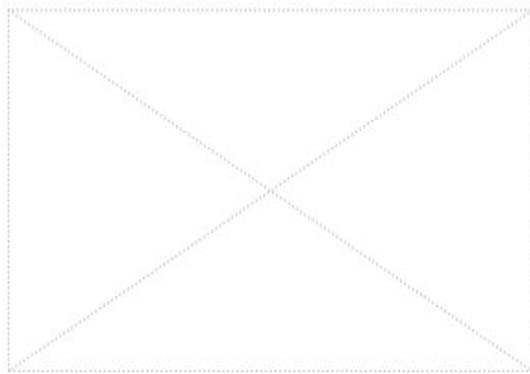
- 정부 R&D 투자에 기반한 기후기술 전문인력양성 성과 모니터링 체계 구축 및 예비 연구자 현황 파악

□ 기후변화대응 R&D 온실가스 감축효과 분석 기반 구축

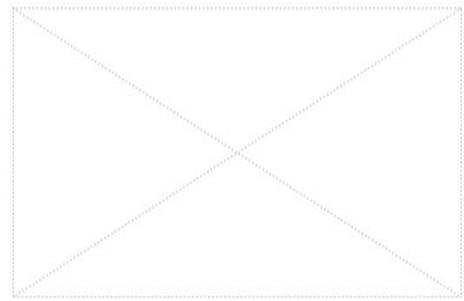
○ 기후기술의 개발·적용에 따른 온실가스 감축 잠재량 분석 방법론 개발

- 기후기술의 온실가스 감축 기여도에 대한 일관되고 통합적인 평가·피드백 체계 마련을 위해 기후기술 R&D에 대한 효과성·효율성 검토
- 새로운 기후기술의 개발 및 보급에 따른 온실가스 감축량, 에너지 소비 저감량 등 기술개발의 실질적 효과를 정량적으로 도출할 수 있는 분석 방법론 개발

※ R&D를 통해 개발된 단위기술, 융합기술 (㉠ 첨단기술 적용 신축건물, 리모델링 기축건물)을 실증단지/보급모델에 적용하여 감축효과 분석 가능



< 신축건물에 적용 가능한 기술 예시 >



< 기축건물에 적용 가능한 기술 예시 >

□ 기후변화 적응 정책 효과 평가 체계 마련

○ 기후변화 적응정책의 효과 평가·검증 및 모니터링 기반 구축

- 미래 전망의 불확실성 대응을 위해 다양한 시간·공간·지역 시나리오 기반 적응 정책·기술 영향평가 도구 및 모니터링 시스템 개발

※ 적응 기술의 탄소인증 혹은 공편익(co-benefit, 기후변화 적응과 생물다양성 증진 등 탄소흡수 이외의 추가적인 편익)을 제도 내에 반영하기 위한 기반 마련

- 고해상도 기후변화 적응정보 모니터링 및 수집·모니터링·분석·관리 기술* 확보 및 리빙랩 데이터와의 연계성을 통한 과학기술 기반 의사결정 지원

* 지능형 센서, 시민참여 플랫폼 등의 확대를 통한 기후변화 적응정보 DB 구축 및 3차원 공간정보와 IoT 센서의 실시간 연동을 통한 디지털 트윈 구축

- 데이터 공동활용을 위한 적응정보 표준화 및 플랫폼 공유 등 관계기관 협업 체계 구축

6. 결론 및 기대효과

□ 본 연구의 결과를 바탕으로 ‘제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획(안)’을 도출

○ (목적) 향후 10년간 각 부처의 온실가스 감축 및 기후변화 적응관련 연구개발의 정책 방향을 설정하고 R&D를 체계적으로 육성하고자 ‘제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획(’23~’32) 수립 지원

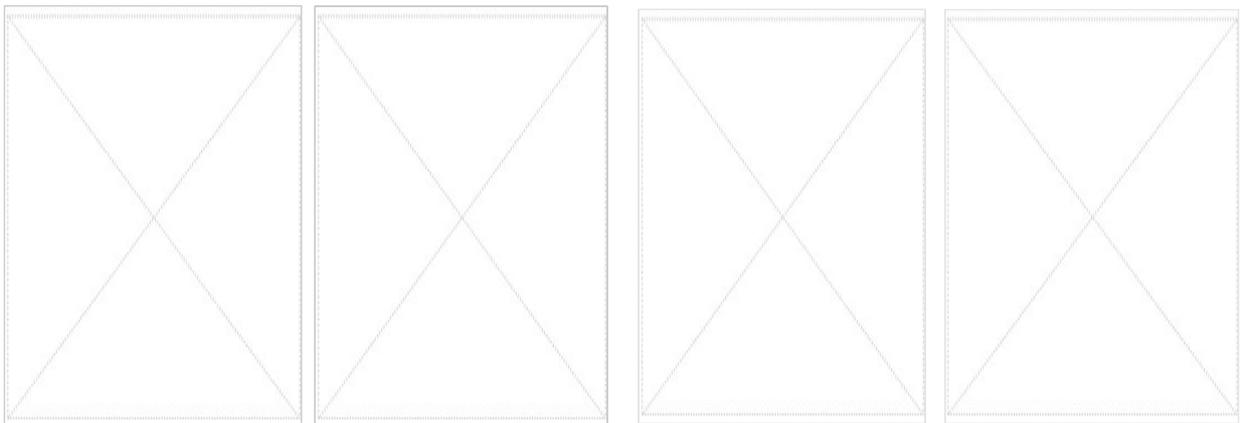
– 기후변화대응기술 분야에서의 최상위 계획으로, 탄소중립, 에너지, 환경, 기후변화 적응 등 다수의 연관된 법정 기본계획과 연계성 확보

○ (추진결과) ‘제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획(’23~’32)’ 수립 및 국가과학기술자문회의 심의회의 안전상정(’22.12.14)

– 13개 관계부처* 협의회 및 75명의 산·학·연 전문가로 구성된 추진위원회를 구성·운영하였고, 전문가 의견조사, 산학연 전문가 간담회, 국민 의견수렴을 위한 공청회(11.23) 등을 거쳐 기본계획(안)을 마련

* 과학기술정보통신부, 행정안전부, 농림축산식품부, 산업통상자원부, 보건복지부, 환경부, 국토교통부, 해양수산부, 중소벤처기업부, 농촌진흥청, 질병관리청, 기상청, 문화재청 등

– 국가과학기술자문회의 탄소중립 특별위원회 심의(12.5), 탄소중립·녹색성장위원회 협의(12.6)를 거쳐 제1차 기후기술 기본계획을 12.14일 발표

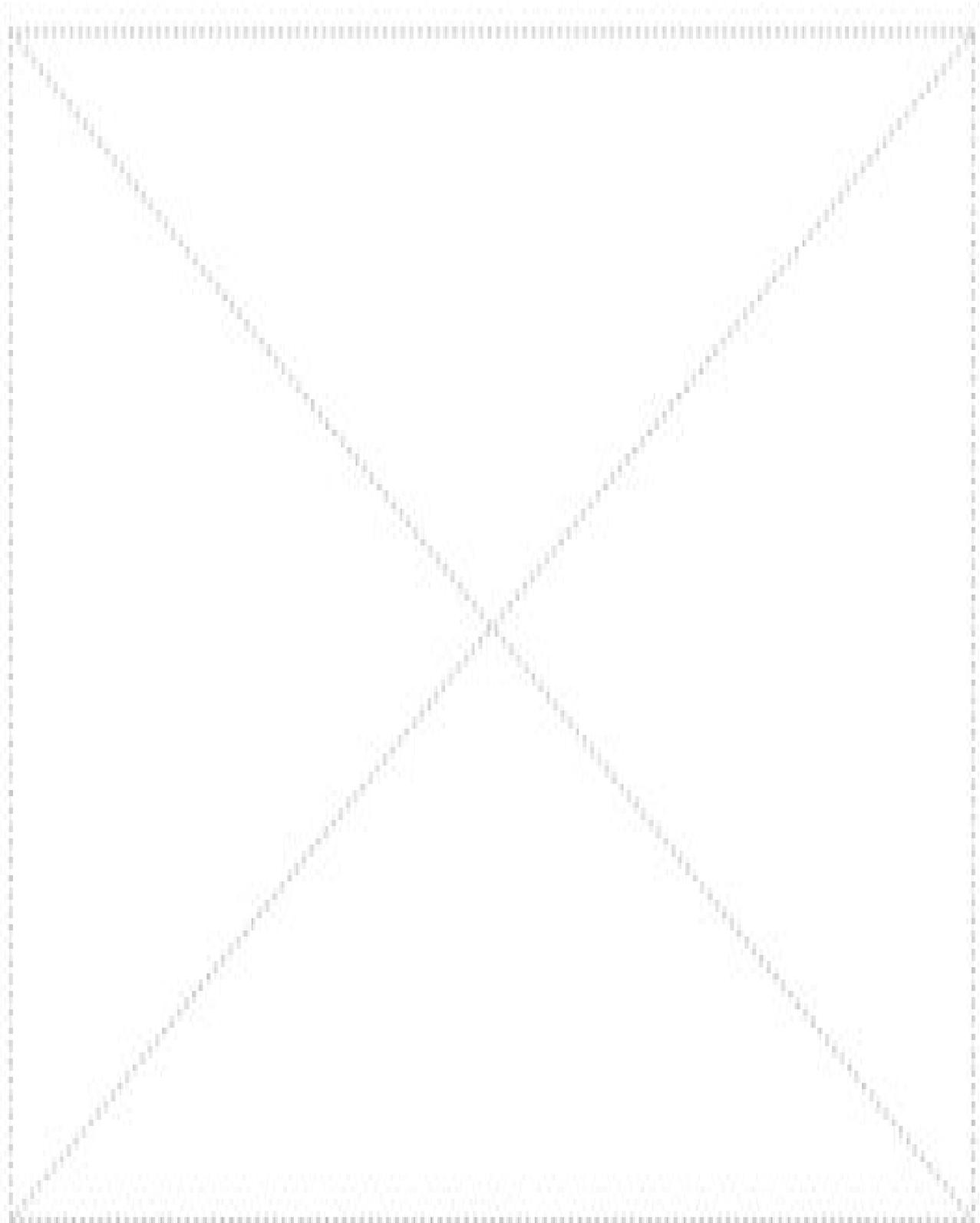


[제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획(23~32) 안건]

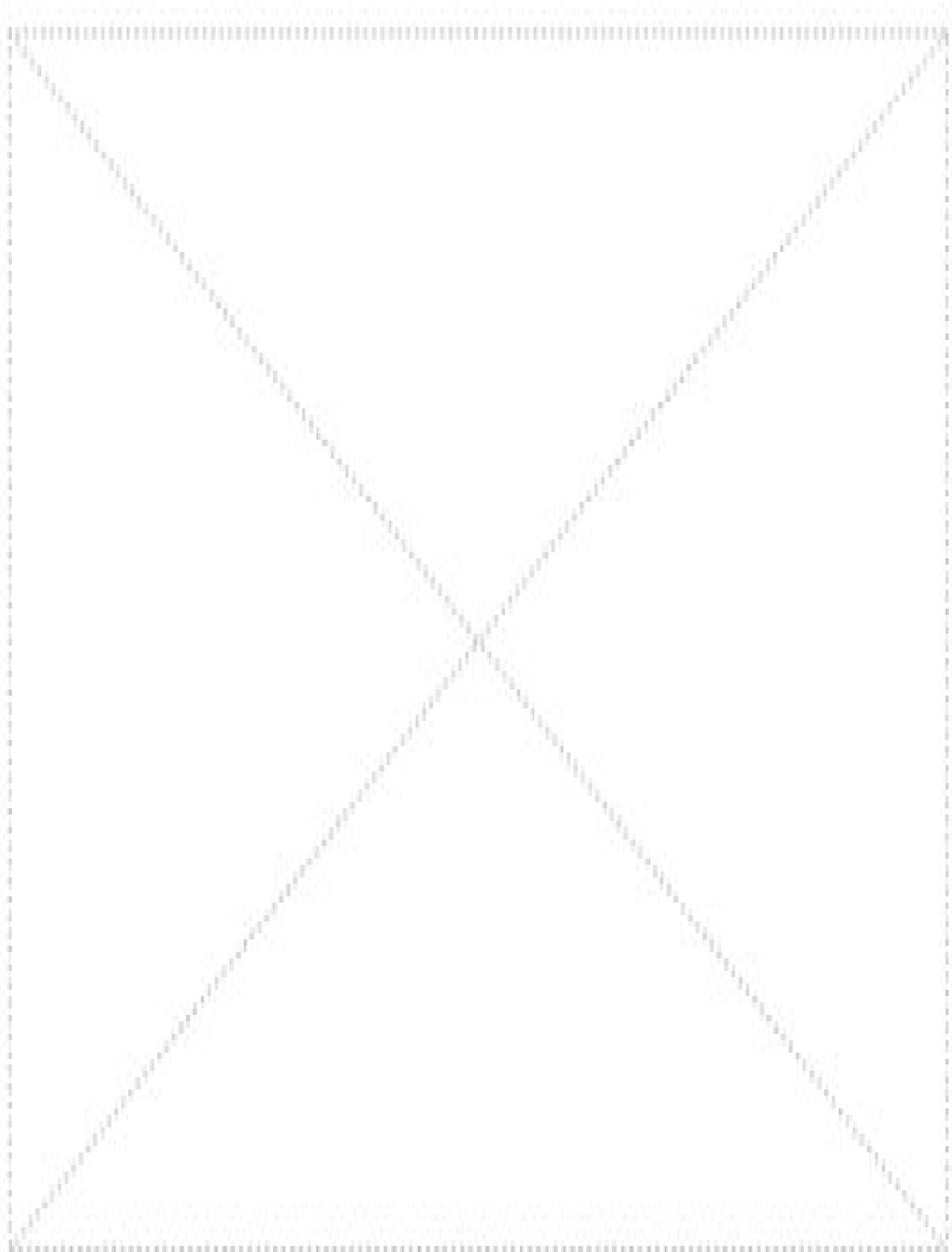
[보도자료(’22.12.14)]

○ (의의) 기존 온실가스 감축에 치우쳐졌던 R&D에 대한 지원을 기후변화 적응기술 까지 확대시키고, 기술개발의 목적과 실제 성과를 연계하여 활용할 수 있는 기반 마련

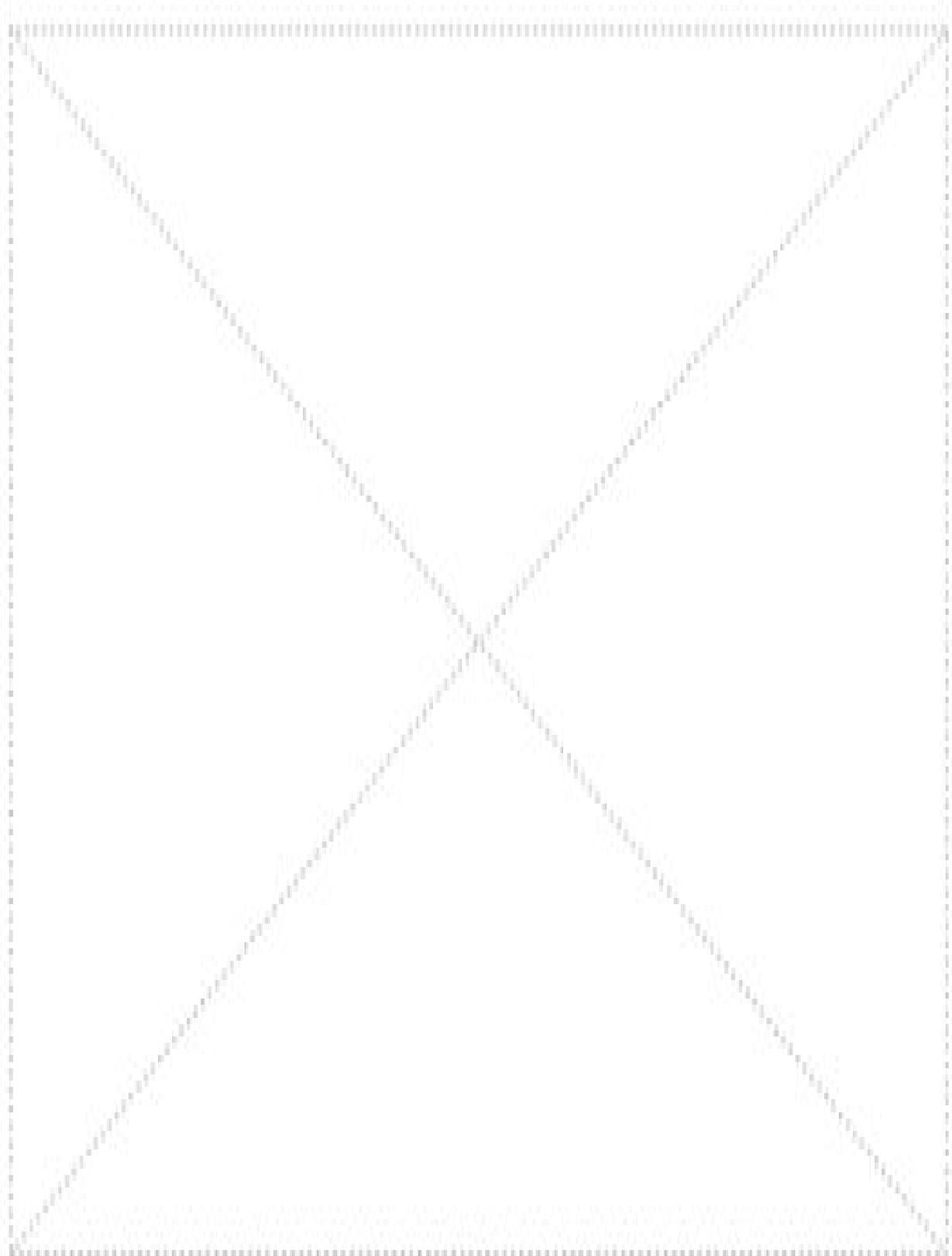
- (온실가스 감축) 우리나라 NDC목표 및 분야별 감축 비율 목표를 달성 할 수 있도록 그간 각 부처에서 수립되어온 온실가스 감축관련 정책을 거시적이고 종합적으로 반영하여 과학기술기반 온실가스 감축 필수기술 제시



- (기후변화 적응) 기술체계가 정립되지 않은 기후변화 적응기술의 정의 및 범위에 대한 체계를 마련하고, 기후변화 적응 전 과정과 기후변화가 영향을 미치는 대상별로 기후적응을 위한 효과적인 기술개발 방향 제시

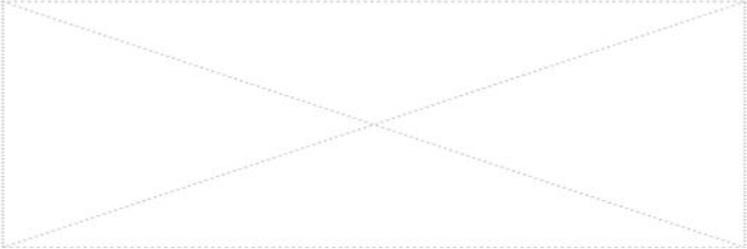
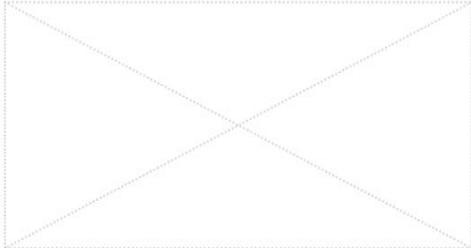
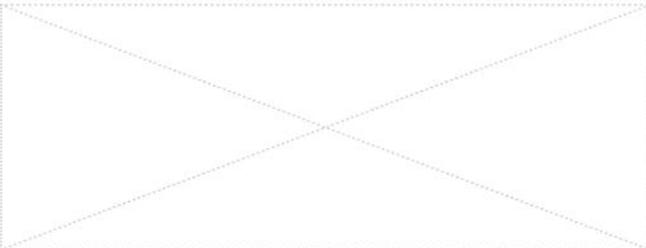
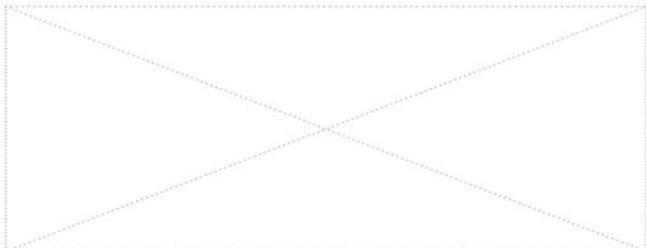
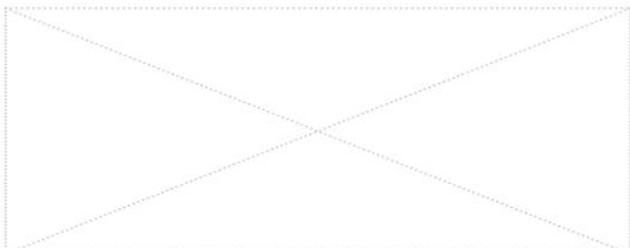
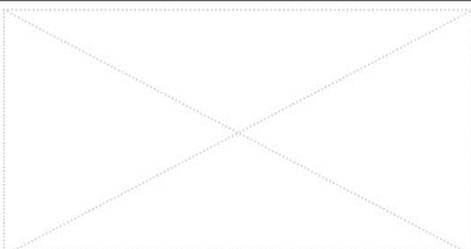


- (혁신생태계 조성) 기후기술 산업 활성화, 국민체감형 기후기술 활용 기반 마련 및 국제사회와의 기후변화 공동대응을 강화하기 위한 전략적 국제협력과 기술과 인력의 선순환을 위한 기후기술기반 산업인력양성 적극 추진

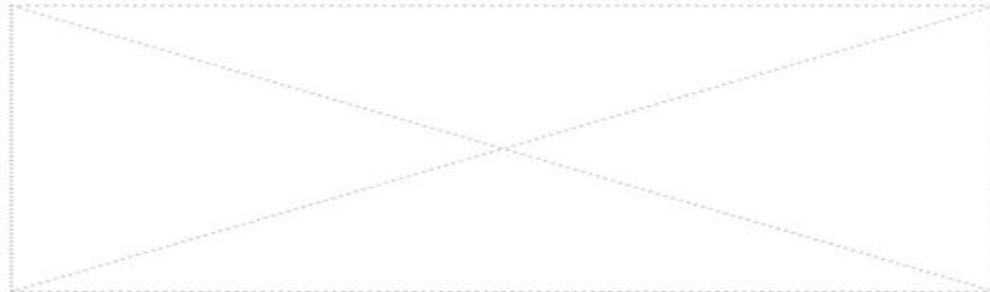
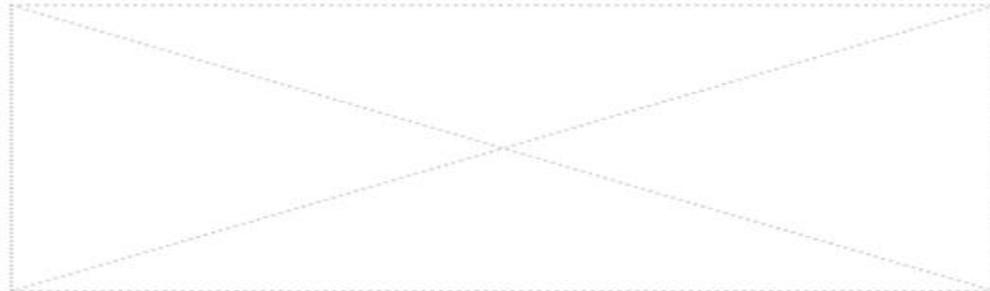
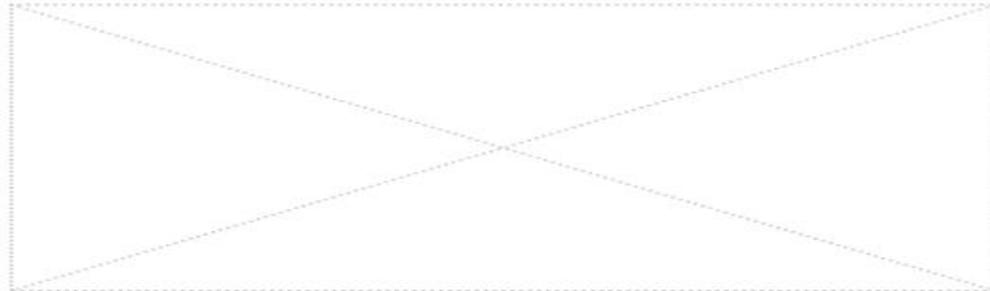


- (기대효과) 국가적으로 탄소중립과 NDC 목표를 달성하고, 기후변화로 인한 리스크를 대비하는데 도움이 될 수 있는 효과적인 기후변화대응 기술개발 기본계획 수립

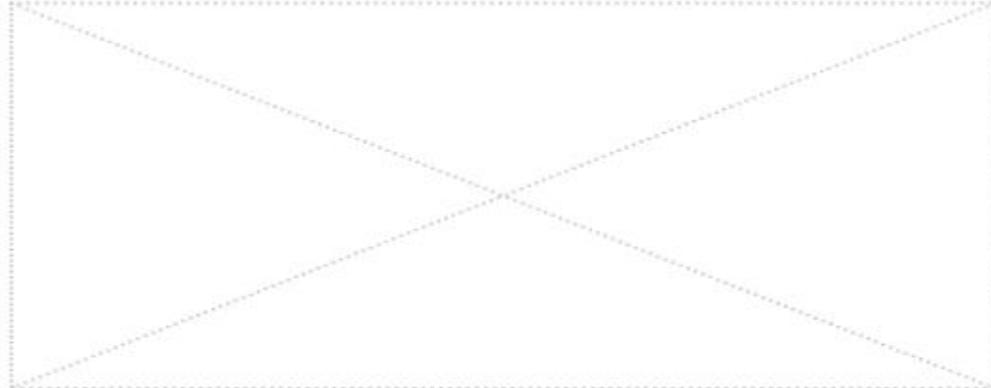
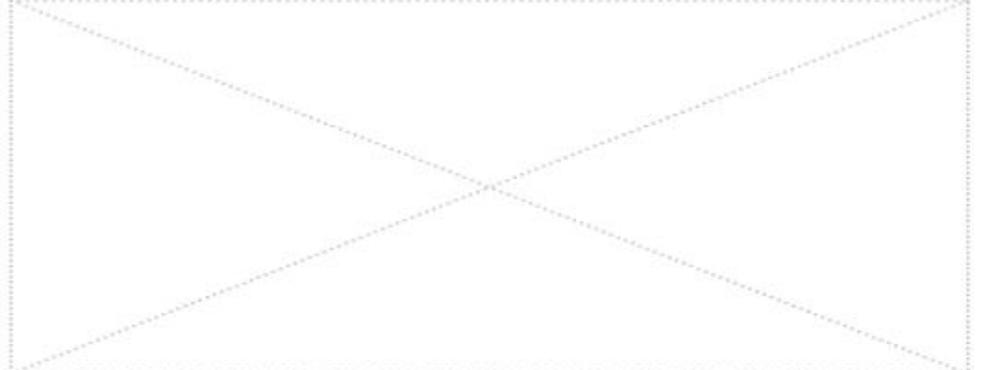
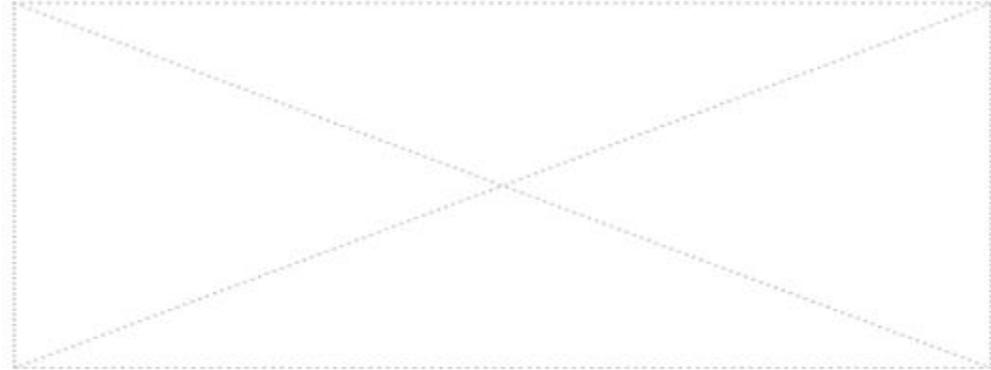
전략 1. 온실가스 감축

| 세부 전략 | 기대효과 |
|-----------------------|--|
| 1-1. 무탄소 에너지 생산 |  |
| 1-2. 에너지 시스템 전기화 |  |
| 1-3. 탄소배출 연·원료의 대체 |  |
| 1-4. 에너지 소비효율 향상 |  |
| 1-5. 온실가스 저장·흡수·사용 |  |
| 1-6. 에너지 공급/수요 유연성 향상 |  |

전략 2. 기후변화 적응

| 세부 전략 | 기대효과 |
|---|--|
| 2-1. 자연·생태계 회복력 강화 |  |
| 2-2. 선제적인 감염병 및 식량안보 대응 |  |
| 2-3. 기후 적응형 도시·인프라 구현 |  |
| 2-4. 과학기술기반 기후변화 감시·예측 및 영향평가 |  |
| 2-5. 과학기술 기반 재난재해 관리 |  |

전략 3. 기후변화대응 혁신 생태계 조성

| 세부 전략 | 기대효과 |
|---|--|
| <p>3-1. 기후기술 산업 활성화 및 국민체감 향상</p> |  |
| <p>3-2. 연구/산업 현장 맞춤형 우수인재양성 및 활용</p> |  |
| <p>3-3. 국제사회와의 공동협력 및 기술이전·확산</p> |  |
| <p>3-4. 기후변화대응 거버넌스 활성화 및 정책역량 강화</p> |  |