

탄소중립 이행을 위한 혁신기술의 효율성 연구

- 2023. 11. -

이 연구는 국회예산정책처의 연구용역사업으로 수행된 것으로서,
보고서의 내용은 연구용역사업을 수행한 연구자의 개인 의견이며,
국회예산정책처의 공식 견해가 아님을 알려드립니다.

연구책임자

(사)한국혁신학회 허은녕

제 출 문

국회예산정책처 처장 귀하

본 보고서를 ‘탄소중립 이행을 위한 혁신기술의 효율성 연구’ 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2023. 11.

(사) 한국혁신학회

연구진: 허은녕 서울대학교 교수
김연배 서울대학교 교수
이용규 서울대학교 객원교수
이지현 서울대학교 대학원
김관섭 서울대학교 대학원

<요 약>

- 본 「탄소중립 이행을 위한 혁신기술의 효율성 연구」에서는 주요 부문별 탄소중립 및 온실가스감축 이행을 위한 기술개발 현황 정리, 탄소중립 이행을 위한 혁신기술의 효율성 평가 및 이를 활용한 정부연구개발사업 지원의 성과 분석 및 AHP 방법론을 이용한 기술분야별 특성 및 정책수요 연구 등 3가지 세부 연구를 실시하였으며 연구 과정과 주요 결과는 다음과 같음
- 자료 구득이 가능한 2016년부터 2021년까지의 기후기술국가연구개발사업 현황을 정리하였음. 정부의 기술분류 변화, 연구수행주체 및 연구개발단계별 국가연구개발사업 현황, 감축분야 기후기술별 국가연구개발사업 현황, 적응 및 융복합분야 기후기술별 국가연구개발사업 규모 현황 등을 분석, 정리하였음.
 - 정부연구개발사업의 평가에 많이 적용되는 자료포락선분석(DEA)방법을 선택하여 자료 구득이 가능한 17개 사업에 대하여 효율성분석을 실시하였음. 이때 산출 변수를 달리한 분석 결과 경제적 성과만을 산출지표로 한 분석에서 효율성이 크게 하락하였으며 이는 현행 탄소중립 이행을 위한 정부연구개발사업이 대부분 논문 및 특허 등의 산출에 목표를 둔 기초기술 연구에 중점을 둔 사업임을 보여줌
 - 전문가 자문 및 설문에서는 먼저 재생에너지 및 자원순환기술 등 2개 기술을 선정하여 개별기술의 수준과 주요 고려사항을 알아보기 위한 전문가 설문을 하였으며 탄소중립 이행 목적을 가진 정부연구개발사업에 적합한 평가 기준을 도출하기 위한 전문가 자문 및 AHP설문을 실시하였음. 그 결과 평가를 위한 지표로 논문, 특허 등 학술적 성과보다 온실가스의 감축이라는 해당 정부연구개발사업들의 목표가 확연히 드러나는 성과지표를 적용하는 것이 더욱 중요하다는 점을 확인함.
 - 정책적 시사점으로는 다음의 네 가지를 제안함
 - 기후기술에 대한 정부연구개발사업 지원 시 연구단계별 내지는 부처별 차별화된 성과지표 개발 및 성과관리 필요
 - 기후기술에 대한 정부연구개발사업 지원 시 온실가스 저감과 관련된 직접 성과지표 개발 및 기후테크 정책수요를 반영한 간접 성과지표 마련 필요

- 기후기술에 대한 정부연구개발사업 재정지원 성과지표와 온실가스 감축인지예산서 성과지표의 연계 적용 필요
- 정책 수요를 반영한 정부연구개발사업 지원으로 기후기술 육성 및 기후테크 新시장 선점을 주도할 필요
- 본 연구는 그러나 자료 구득의 한계로 대상 43개 사업 중 17개 사업에 대해서만 효율성 분석을 실시할 수 있었기에 그 한계를 가지고 있음. 특히 현재 자료 구득이 가능하여 분석에 사용한 산출 변수들만으로는 해당 연구개발사업들이 실제로 탄소중립 이행에 얼마나 기여하였는지를 평가하기에는 한계가 있음.
- 이에 정책 수요를 고려한 ‘탄소중립 이행 성과의 평가지표’의 설계와 체계적인 관리가 필요하며, 이를 어떻게 구체화하고 적용할 것인지에 대한 추가적인 연구조사와 정책적 뒷받침이 필요함.

<목 차>

제출문	i
요 약	ii
목 차	iv
제1장 서 론	1
1. 연구의 개요	1
2. 연구의 배경	2
3. 연구추진일정 및 참여연구진	4
제2장 국가R&D투자 관련 기초통계 조사	5
1. 국가R&D투자 규모	5
2. 기술분야 및 부처별 국가R&D투자 규모	8
3. 국가R&D투자 집행규모	10
4. 재원, 부처, 연구수행주체별 국가R&D투자 집행규모	14
제3장 기후기술 국가R&D투자 관련 기초통계 조사	17
1. 기후기술 국가R&D 투자규모	17
2. 연구수행주체 및 연구개발단계별 기후기술 국가 R&D 투자규모	21
3. 감축분야 기후기술별 국가R&D 투자규모	25
4. 적응 및 융복합분야 기후기술별 국가R&D 투자규모	32
제4장 국가R&D 투자의 효율성 분석 방법론	41
1. 효율성 분석 이론	41
2. R&D 투자 효율성 평가	46

제5장 기후기술 국가R&D 투자 효율성 실증분석	55
1. 기후기술 개요	55
2. 실증분석 대상 사업 및 과제	58
3. 기후기술 국가R&D투자 사업단위 효율성 분석	68
4. 효율성 분석 결과 종합	75
제6장 전문가 설문조사	77
1. 전문가 자문 및 설문조사 개요	77
2. 계층화분석법 (Analytic Hierarchy Process: AHP)	78
3. 전문가 자문 및 설문조사 결과	84
제7장 결론 및 시사점	93
1. 연구결과 요약	93
2. 정책적 시사점	95
참고문헌	101
부록 1 자료포락분석법 (Data Envelopment Analysis) 해설 ...	107
부록 2 설문지 (AHP 평가요인분석)	113
부록 3 국가 R&D 및 기후기술 부문 정부 R&D 자료 정리	123

제1장 서론

1. 연구의 개요

□ 연구명 : 「탄소중립 이행을 위한 혁신기술의 효율성 연구」

□ 연구기관 : (사) 한국혁신학회

□ 연구개요 : 우리나라의 탄소중립 이행을 위한 정부연구개발사업을 대상으로 혁신성과 효율성을 분석하고 혁신 장애요인을 파악하며 경제정책 수요를 탐구

□ 주요연구내용

- 주요 부문별 탄소중립 및 온실가스감축 이행을 위한 기술개발 현황
 - 국내 주요 부문별 탄소중립 이행 기술개발 R&D의 현황
- 탄소중립 이행을 위한 혁신기술의 효율성 평가 및 이를 활용한 정부 R&D 지원의 성과 분석
 - DEA 방법론을 이용한 정부 R&D 사업의 효율성 평가를 통한 정부지원의 한계 분석
 - DEA(Data Envelope Analysis) 방법론을 적용하여 사업의 효율성 분석 사례 제시
- AHP 방법론을 이용한 기술분야별 특성 및 정책수요 연구
 - 탄소중립 이행 혁신기술의 단계(기초/응용/확산)별 기술 수준 및 장애요인에 대한 전문가 자문
 - 주요 부문별 전문가 자문을 통한 탄소중립 기술개발의 수준 및 향후 성장 가능성 자문

□ 사업 보고 및 제출 서류

○ 사업 보고

– 중간보고회 1회 이상

– 최종보고 1회

○ 제출 서류

– 최종보고서 50부 제출

– 보고서 파일

2. 연구의 배경

□ 연구 개발의 필요성

- 국제기후변화협약에 따라 우리나라는 2030년까지 온실가스 배출을 연평균 5.4%씩 줄여야 하며 또한 우리나라 정부는 2050년까지 탄소중립을 이루기로 선언하였음
- 국내 경제의 지속가능성장을 위해서는 저탄소 및 감축기술 분야 기술개발과 상용화에 기반한 온실가스 감축이 핵심적인 요소이기에 관련 국내 기술개발의 수준과 효율성 및 혁신 정도를 파악하여야 할 필요성이 높아짐
- 우리나라 정부는 경제의 지속가능한 성장을 위하여 온실가스감축 관련 다부처 기술개발 R&D 사업을 수행 중
- 탄소중립의 효과적인 이행을 위해서는 저탄소 및 이산화탄소 감축기술 분야 기술개발과 상용화에 기반한 온실가스 감축이 핵심적인 요소이므로 관련 국내 기술의 개발 수준과 혁신 정도를 파악하여야 할 필요성이 높아짐
- 저탄소 및 감축기술 관련 투자규모의 증가에도 불구하고, 우리나라의 경쟁력 있는 기술에 대한 혁신경로 파악 및 성장동력으로 이행가능한 기술경로에 대한 통합적 분석이 미흡한 실정임

□ 선행연구 및 선행연구와의 차별성

- 국내 연구개발사업의 대표적인 평가로는 예비타당성조사 표준지침이 있음. 2008년에 KDI 공공투자관리센터에서 연구개발사업을 별도로 분리하여 예

비타당성조사 표준지침을 작성하여 시행함. 현재는 KDI가 KISTEP 등 관련 기관과 함께 B-C 분석 이외의 다양한 가치평가방식을 바탕으로 하는 지침을 마련하여 각 부처의 연구개발사업을 평가하고 있음.

- 국내의 학술연구를 살펴보면, 허은녕 외 (2002)¹⁾은 에너지절약기술개발사업을 대상으로 하여 세부 기술분야별로 파급효과를 분석하였으며, 오수민, 허은녕 (2014)²⁾에서는 규모 및 파급효과 관련 학습곡선을 연구하여 기술기반 신산업의 성과를 연구하였음. 사례연구로 에너지절약기술 분야와 태양광, 풍력, 반도체, 원자력 산업 등 주요 에너지산업들을 대상으로 하여 분석하고 시사점을 도출하고 있음
- 최고봉 외 (2014)³⁾에서는 DEA(Data Envelope Analysis)를 사용하여 국내 에너지기술개발사업의 효율성을 분석하였음. 이 연구에서는 2009년부터 2011년까지의 에너지기술개발사업의 효율성을 학술적 및 기술적 두 측면으로 분석하였음. 또한 윤가혜, 허은녕 (2023)⁴⁾에서는 DEA 방법론을 사용하여 정부의 에너지분야 R&D의 효율성을 연구함
- 한편 송승국 외 (2011)⁵⁾에서는 AHP 분석 방법의 한 형태인 ANP (Analytical Network Analysis, 네트워크 분석방법)을 사용하여 가스하이드레이트 기술개발사업의 기술향상도를 평가하였다. 이는 AHP 분석기법을 정부의 대형 연구개발사업에 대하여 평가를 시도한 대표적인 사례임
- 위와 같은 연구 사례에도 불구하고 탄소중립 이행을 위한 정부의 기술개발사업 전반을 대상을 하는 연구는 크게 부족하며, 효율성 평가를 위한 지표 등 기초연구가 부족함
- 이에, 본 연구에서는 탄소중립 이행 관련 정부 주도 기술개발 연구사업의 효율성을 분석하기 위한 기초연구를 진행하고 성과평가를 위한 전문가 설문분석을 시행함으로써 기술개발 R&D를 통한 선도경제 실현 가능성을 점검하고자 함

1) 허은녕, 배위섭, 이영수(2002) '정부연구개발사업의 파급효과분석 - 에너지절약기술개발사업의 사례' 기술혁신학회지 제5권 2호 pp.152~166.

2) 오수민, 허은녕 (2014) '규모 및 파급효과 관련 학습곡선 메타연구' 한국혁신학회지 제9권 1호 pp.41~64.

3) 최고봉, 김문정, 조인경, 김은성, 허은녕 (2014) 'DEA기법을 활용한 국내 에너지기술개발사업 효율성 분석' 한국혁신학회지 제9권 2호 pp.77~98.

4) 윤가혜, 허은녕 (2023) '3-stage DEA를 활용한 자원개발 R&D의 효율성 분석' 한국자원공학회 120회 춘계 학술발표회.

5) 송승국, 허은녕, 이유아 (2011) '네트워크 분석과정을 적용한 가스하이드레이트 개발 사업의 기술향상도 평가' 기술혁신학회지 제14권 1호 pp.60~84.

3. 연구추진일정 및 참여연구진

□ 참여연구진

- 연구책임자: 허은녕 (서울대학교 교수, 한국혁신학회 전임회장)
- 공동연구자: 김연배 (서울대학교 교수, 기술경영경제학회 부회장)
이응규 (서울대학교 객원교수)
- 연구 조원: 이지현 (서울대학교 대학원생)
김관섭 (서울대학교 대학원생)

□ 연구 추진 일정

(수행기간: 2023년 6월 09일 - 2023년 11월 08일 (5개월))

세부 용역 내용	기간 용역 추진 일정 (개월)					가중치 (%)
	1	2	3	4	5	
선행연구 분석 및 부처별 자료 수집·검토						15
효율성 평가분석						30
중간보고(연구시작 2개월 이내)						5
장애요인 분석 및 전문가 자문						20
정책적 시사점 및 연구 활용						20
최종보고서 작성						10
월별누적진도율(%)	20	40	60	80	100	100

□ 사업 보고 : 총 3회 보고

- 중간보고 1차: 2023.07.13. 국회예산정책처 회의실
부문별 탄소중립 이행 기술개발 R&D의 현황
연구개발사업의 효율성 분석 1차 보고
- 중간보고 2차: 2023.10.23. 온라인 회의
연구개발사업의 효율성 분석 2차 보고
설문조사연구 1차 보고
- 최종보고회: 2023. 11.07. 국회예산정책처 회의실
연구결과 정리 및 시사점 토의

제2장 국가 R&D 투자 관련 기초통계 조사

1. 국가 R&D 투자 예산 규모

□ 국가 R&D 투자 예산 현황

- 2023년도 우리나라 국가 R&D 투자 예산은 31조 778억원으로 2022년 대비 1조 3,008억원이 증가한 규모임 (표 1 참조)
- 회계별 항목을 보면 일반회계 20조 5,286억원, 특별회계 8조 1,063억원, 기금 2조 4,429억원 순 (그림 1)
- 주요 R&D사업에 해당하는 금액(2023년 기준 24조 9,392억원)은 과학기술정보통신부가 예산을 분배·조정하며 일반 R&D사업(2023년 기준 6조 1,386억원)의 경우 기획재정부에서 직접 예산안을 편성함
- 전년 대비 증감 자료는 표 2, 3과 같음

<표 1> 연도별 국가R&D투자 예산 추이(2018~2023)

(단위: 억원, %)

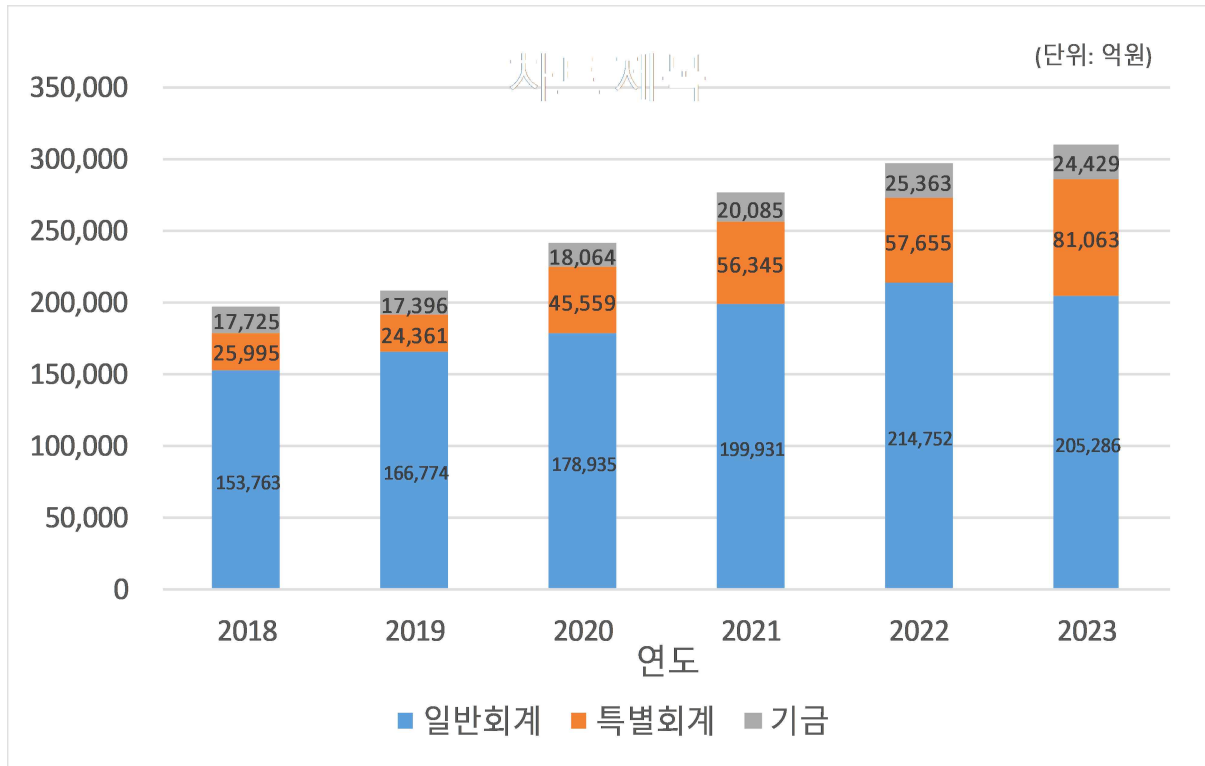
구분	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년
총계	196,681 (197,483)	205,328 (208,532)	242,195 (242,558)	274,005 (275,072)	297,770 (295,138)	310,778
주요 R&D	146,977 (74.7)	152,678 (74.4)	197,314 (81.5)	224,894 (82.1)	242,363 (81.4)	249,392 (80.2)
일반 R&D	49,704 (25.3)	52,651 (25.6)	44,881 (18.5)	49,112 (17.9)	55,407 (18.6)	61,386 (19.8)

주. 1. 총계 항목 괄호 안은 추경예산 및 수정된 기금운용계획 기준

주. 2. 주요 R&D의 범위는 ① 5년이상 중장기 대형 R&D, ② 미래성장동력 창출 R&D, ③ 기초과학 분야 R&D, ④ 유사·중복, 연구시설, 장비구축, 다부처 R&D 등(과학기술기초법 시행령 제 21조)

주. 3. 주요 R&D 및 일반 R&D의 괄호 안은 해당년도 예산 총계에서 차지하는 비율임
자료: 한국과학기술기획평가원의 「2023, 2022, 2021년도 정부연구개발예산 현황분석」(2023.06, 2022.05, 2021.07)의 자료를 바탕으로 작성

<그림 1> 회계별 국가R&D투자 예산 현황(2018~2023)



주. 2023년 이전의 자료는 추경예산 및 수정된 기금운용계획이 반영된 예산임

자료: 한국과학기술기획평가원의 「2023, 2022, 2021년도 정부연구개발예산 현황분석」
(2023.06, 2022.05, 2021.07)의 자료를 바탕으로 작성

2. 기술 분야 및 부처별 국가 R&D 투자 규모

□ 9개 기술분야별 예산 현황

- ICT·SW, 생명·보건의료, 에너지·자원 등 총 9개 분야로 기술분야를 구분하며 2023년 기준 비중을 보면 ICT·SW, 생명·보건의료 분야가 각각 13.6%, 12.3%를 차지하며 기계·제조, 에너지, 에너지·자원, 소재·나노가 각각 9.5%, 8.3%, 7.7%를 차지하며 상위 5개 기술분야가 50.5%의 비중을 차지함
- 2018~2023년 예산 합계를 기준으로 하면 ICT·SW, 생명·보건의료, 기계·제조, 우주항공·해양, 에너지·자원 순으로 각각 12.9%, 12.7%, 8.9%, 8.0%, 7.8%의 비중을 차지함

<표 2> 9대 기술분야별 예산 현황(2018~2023년)

(단위: 억원, %)

기술분야	2023년 집행예산 (비중)	2018~2023년 총 집행예산 (비중)
ICT·SW	42,166 (13.6)	191,909 (12.9)
생명·보건의료	38,177 (12.3)	189,506 (12.7)
에너지·자원	25,779 (8.3)	115,715 (7.8)
소재·나노	24,038 (7.7)	104,432 (7.0)
기계·제조	29,515 (9.5)	132,033 (8.9)
농림수산·식품	14,900 (4.8)	80,307 (5.4)
우주항공·해양	19,411 (6.2)	118,737 (8.0)
건설·교통	9,106 (2.9)	48,614 (3.3)
환경·기상	9,740 (3.1)	46,203 (3.1)
기타	98,007 (31.5)	460,547 (31.0)

주. 1. 기타는 고급인력양성, 정보시험서비스, 연구장비 구축 등 포함
 자료: 한국과학기술기획평가원의 「2018~2023년도 정부연구개발예산 현황분석」 각 년도의 자료를 바탕으로 재작성

□ 부처별 국가 R&D 투자 규모

- 2023년 국가R&D 투자 부처별 예산규모는 과학기술정보통신부(31.1%), 산업통상자원부(17.5%), 방위사업청(16.4%), 교육부(9.3%), 중소벤처기업부(5.7%) 순
- 2018~2023년 예산 집행 합계를 기준으로 하면 과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 방위사업청, 교육부, 중기부 순으로 2023년 예산안과 동일한 순서

<표 3> 부처별 국가R&D 투자 집행 예산 및 비중

(단위: 억원, %)

부처	2023년 집행예산 (비중)	2018~2023년 총 집행예산 (비중)
과기부	96,558 (31.1)	494,478 (32.4)
산업부	54,324 (17.5)	264,568 (17.3)
방사청	50,823 (16.4)	242,940 (15.9)
교육부	28,804 (9.3)	135,566 (8.9)
중기부	17,701 (5.7)	89,632 (5.9)
농진청	9,022 (2.9)	45,745 (3.0)
해수부	8,824 (2.8)	44,299 (2.9)
복지부	7,555 (2.4)	41,106 (2.7)
국토부	5,571 (1.8)	32,517 (2.1)
환경부	3,914 (1.3)	21,984 (1.4)
기타	27,683 (8.9)	115,599 (7.6)

- 주. 1. 우측은 2018년부터 2023년까지 집행예산 총합을 대상으로 함
 2. 기타는 국무조정실, 농림축산식품부, 산림청, 식품의약품안전처, 질병관리청, 기상청, 원자력안전위원회, 문화체육관광부, 행정안전부, 문화재청, 국방부, 특허청 등 포함

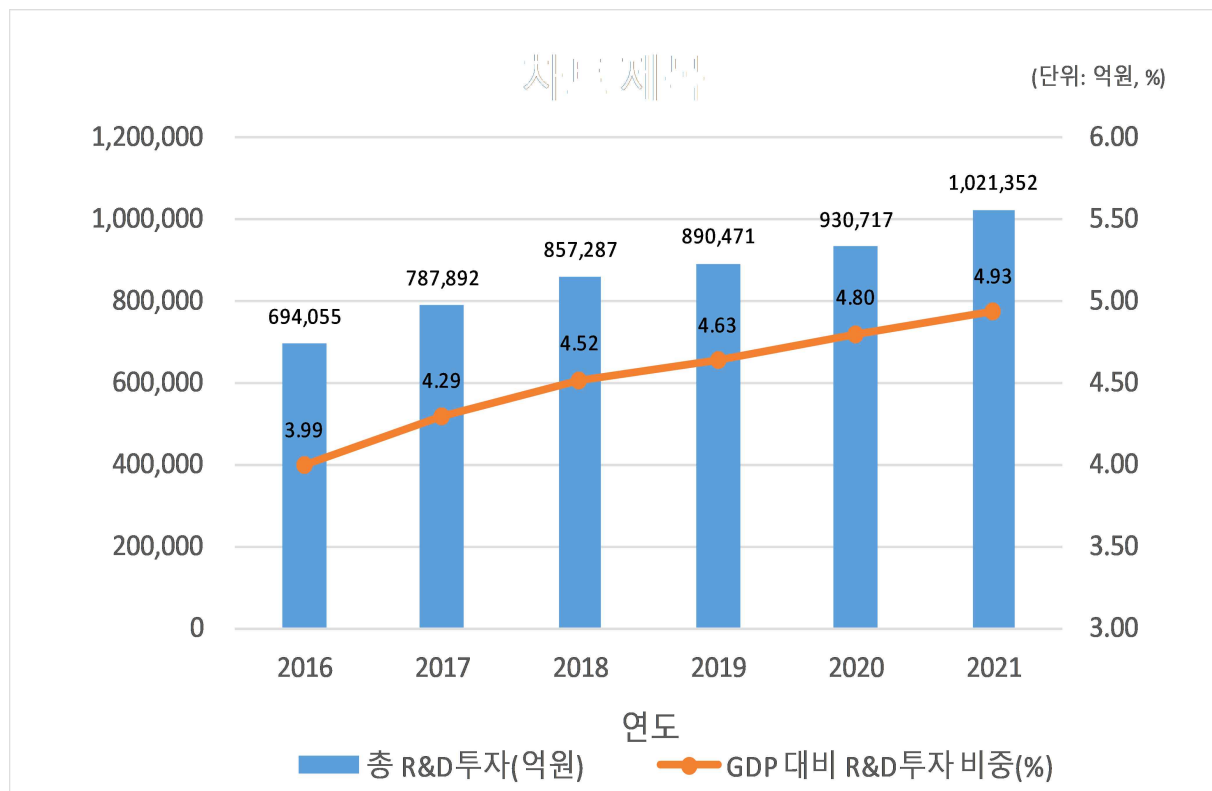
자료: 한국과학기술기획평가원 「2018~2023년도 정부연구개발예산 현황분석」 각 연도별 자료를 바탕으로 재작성

3. 국가 R&D 투자 집행규모 기초통계

□ 총 R&D 투자규모

- 우리나라의 2021년 총 R&D 투자규모는 102조 1,352억원, GDP 대비 4.93%의 비중을 차지하고 있으며 전년 대비 9.7%가 증가
- 최근 6년 간 평균 증가율(CAGR)은 8.03%이며 GDP 대비 R&D 투자 비중 또한 2016년 3.99%에서 2021년 4.93%까지 지속적으로 증가

<그림 2> 연도별 R&D투자 규모 및 GDP 대비 비중 추이

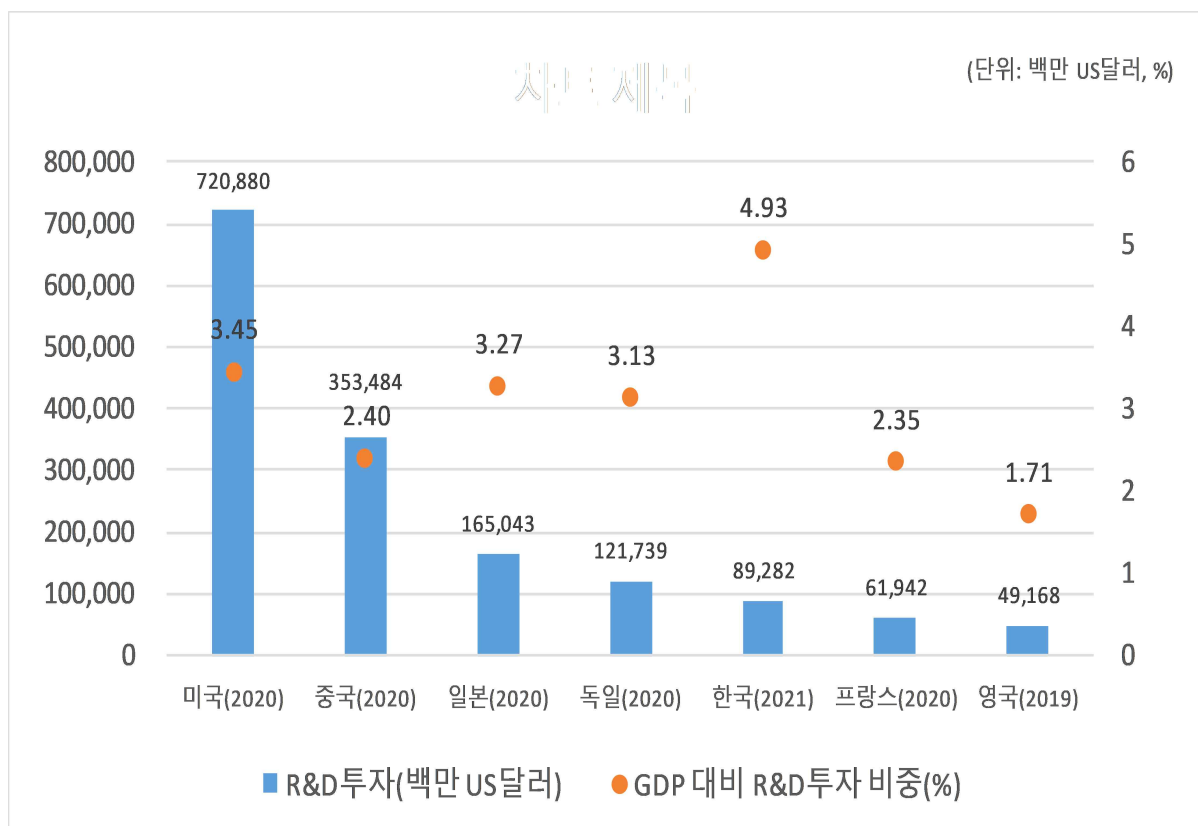


자료: 과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원의 「2021, 2020년도 연구개발활동조사보고서」 (2023.02, 2022.01)의 자료를 활용하여 재작성

□ 총 R&D투자 국제 비교

- 우리나라의 R&D투자는 89,282백만 달러로 OECD 집계 기준 세계 5위 수준으로, GDP 대비 R&D투자 비중은 4.93%로 이스라엘(5.44%)에 이은 세계 2위로 지출 상위 7개국 중 제일 큰 비중을 차지하고 있음
- GDP 대비 R&D투자 비중이 4%가 넘는 나라는 우리나라 및 이스라엘 뿐이며 대부분의 국가들의 경우 1.50~3.50%의 비중으로 지출

<그림 3> 연구개발비 상위 7개국 기준 국제비교



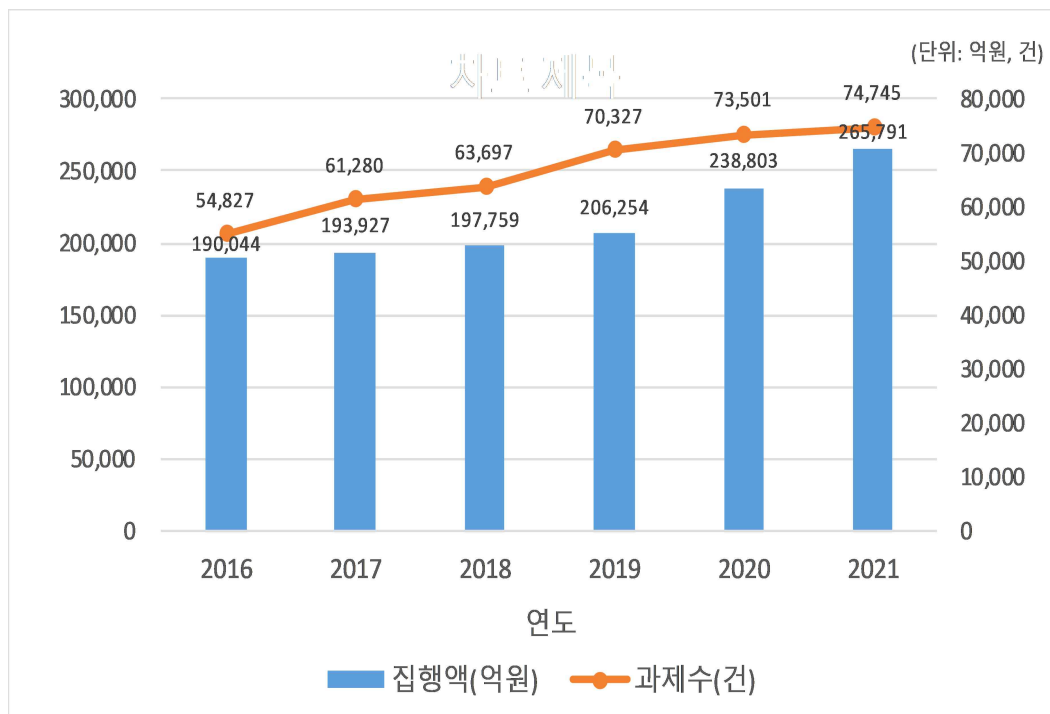
주. R&D투자 상위 7개국 자료를 바탕으로 작성했으며 환율은 1,143.96원/달러(OECD)

자료: 과학기술정보통신부 · 한국과학기술기획평가원의 「2021, 2020년도 연구개발활동조사보고서」 (2023.02, 2022.01)의 자료를 활용하여 재작성

□ 국가 R&D 투자 규모

- 2021년 국가R&D 투자는 27조 4,228억원 대비 예산변경 844억원, 미집행액(예산미배정, 불용 등) 8,437억원을 제외한 26조 5,791억원을 37개 중앙부처에서 집행하였으며 최근 6년간 평균증가율(CAGR)은 6.93%으로 2016년 대비 7조 5,747억의 증가분을 집행함
- 2021년 총 1,181개 사업 내 74,745건의 과제를 집행하였으며 최근 6년간 평균증가율(CAGR)은 6.39%로 2016년 대비 19,918건의 증가분을 집행함

<그림 4> 연도별 국가R&D 투자 집행예산 및 집행 과제수 추이



자료: 과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원의 「2021, 2020년도 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」 (2022.08, 2021.08)의 자료를 활용하여 재작성

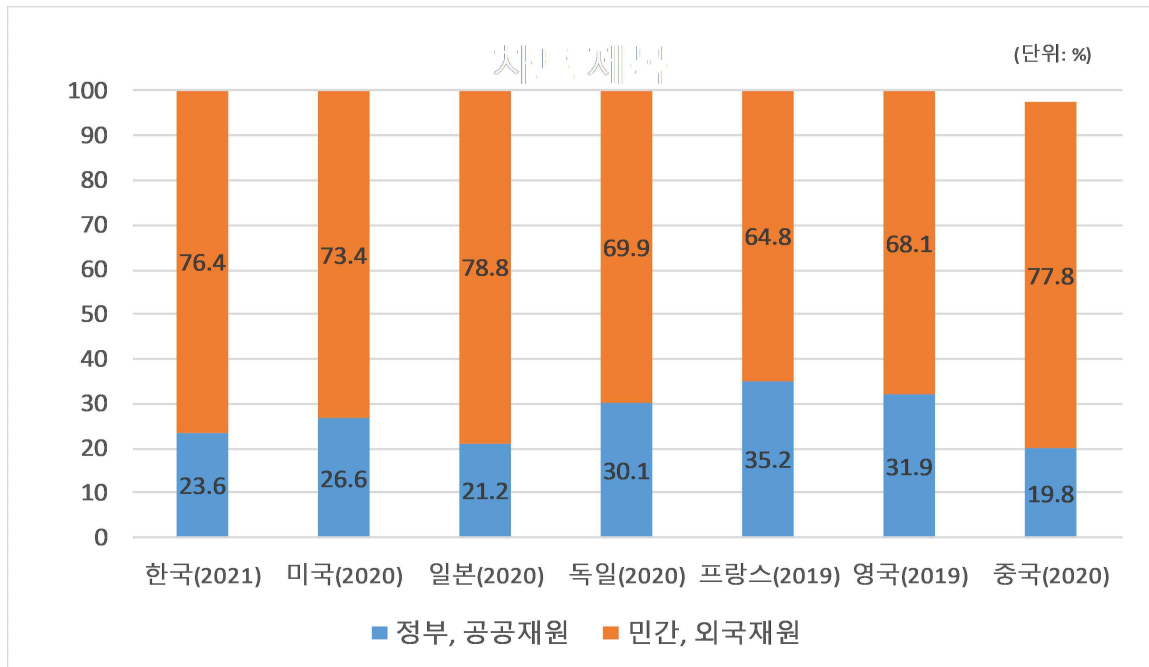
□ 재원별 R&D 투자 규모

- 우리나라의 2021년 정부·공공재원 R&D투자는 24조 950억원, 민간·외국재원은 78조 403억원으로 각각 최근 6년 간 평균증가율(CAGR)은 7.99%, 8.05%임
- 2016년 대비 2021년 정부·공공재원은 7조 6,850억원(46.8%), 민간·외국재원은 25조 448억원(47.3%) 증가
- 전년대비 재원별 비율은 정부·공공재원은 0.4%p 증가했으며, 2016년 대비 정부·공공재원은 증가 후 감소했으며 민간·외국재원의 경우 감소 후 증가하는 추세를 보임

□ 재원별 R&D 투자 규모 국제 비교

- 우리나라 정부·공공재원의 비율은 23.6%로 미국(26.6%), 독일(30.1%), 프랑스(35.2%), 영국(31.9%)에 비해 낮은 수준이며 지정학적 이웃인 일본(21.2%), 중국(19.8%)보다는 높은 수준
- 프랑스를 제외한 6개국에서 정부·공공재원의 비율이 증가하고 있으며 GDP 대비 재원별 전체 R&D투자 또한 최근 3년간 대부분의 국가에서 증가하는 추세

<그림 5> R&D투자 지출 상위 7개국 R&D투자 재원별 비율



주: R&D투자 지출 상위 7개국을 바탕으로 작성하였으며 중국의 비율 합계는 100%가 되지 않음

자료: 과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원의 「2021, 2020년도 연구개발활동조사보고서」 (2023.02, 2022.01)의 자료를 활용하여 저자 재작성

□ 부처별 국가R&D 투자 집행규모

- 2021년 국가R&D투자 부처별 집행규모는 과학기술정보통신부(31.4%), 산업통상자원부(17.5%), 방위사업청(14.5%), 교육부(8.7%) 순으로 상위 4개 부처가 전체 부처 집행액의 72.0%를 차지함
- 2016~2021년 예산 집행 합계를 기준으로 하면 과학기술정보통신부, 방위사업청, 교육부는 증가하였으며 산업통상자원부, 중소벤처기업부는 감소

<표 4> 부처별 국가R&D투자 집행 예산 및 비중

(단위: 억원, %)

부처	2021년 집행예산 (비중)	2016~2021년 총 집행예산 (비중)
과기부	83,472 (31.4)	429,827 (33.3)
산업부	46,451 (17.5)	215,021 (16.7)
방위사업청	38,497 (14.5)	189,698 (14.7)
교육부	23,058 (8.7)	115,638 (9.0)
중기부	16,650 (6.3)	71,344 (5.5)
농진청	7,705 (2.9)	40,005 (3.1)
해수부	7,524 (2.8)	38,265 (3.0)
국토부	5,979 (2.2)	29,605 (2.3)
환경부	4,011 (1.5)	20,122 (1.6)
기타	32,444 (12.2)	141,035 (10.9)

주. 1. 우측은 2016년부터 2021년까지 집행예산 총합을 대상으로 함

2. 기타는 보건복지부, 국무조정실, 농림축산식품부, 기상청, 산림청 등 포함

자료: 과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원의 「국가연구개발사업 조사·분석 보고서」 각 년도의 자료를 활용하여 재작성

□ 연구수행주체별 집행규모

- 2021년 연구수행주체별 집행규모는 출연연구소(36.1%), 대학(23.8%), 중소기업(18.7%) 순이며 2016~2021년 집행 예산 합계 기준으로는 출연연구소(39.2%), 대학(23.5%), 중소기업(16.5%) 순
- 2016년 이후 대기업, 정부부처의 집행 예산 비중은 지속적으로 줄어들었으며 중견기업, 국공립연구소, 출연연구소의 경우 증가하고 있음

<표 5> 연구수행주체별 국가R&D투자 집행 예산 및 비중

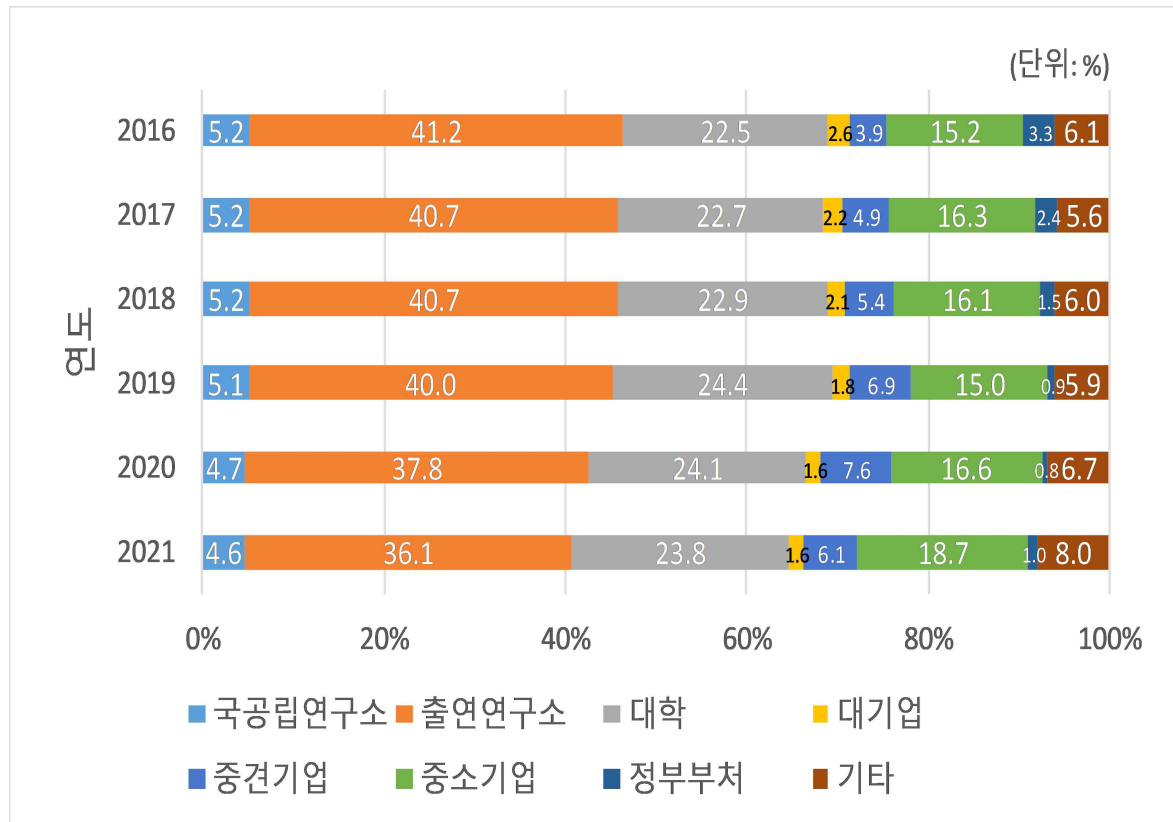
(단위: 억원, %)

부처	2021년 집행예산 (비중)	2016~2021년 총 집행예산 (비중)
국공립연구소	12,313 (4.6)	64,307 (5.0)
출연연구소	96,059 (36.1)	506,589 (39.2)
대학	63,317 (23.8)	303,247 (23.5)
대기업	4,327 (1.6)	25,107 (1.9)
중견기업	16,166 (6.1)	76,181 (5.9)
중소기업	49,721 (18.7)	212,883 (16.5)
정부부처	2,634 (1.0)	20,343 (1.6)
기타	21,254 (8.0)	83,922 (6.5)

- 주. 1. 국공립연구소는 국립연구소와 지방자치단체의 공립연구소를 포함
 2. 출연연구소는 경제인문사회연구회, 국가과학기술연구회, 연구관리 전문기관, 기타 출연(연) 등 R&D 관련 출연(연)을 포함
 3. 기타는 비영리법인, 연구조합, 협회, 학회, 정부투자기관 등을 포함

자료: 과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원의 「국가연구개발사업 조사·분석 보고서」 각 년도의 자료를 활용하여 재작성

<그림 6> 연구수행주체별 국가R&D투자 집행비중 (2016~2021년)



자료: 과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원의 「국가연구개발사업 조사·분석 보고서」 각 연도별 자료를 활용하여 재작성

제3장 기후기술 R&D투자 관련 기초통계 조사

□ 우리나라 기후기술 R&D투자 관련 기초통계 조사 개요

- 본 연구에서 사용하는 통계자료는 국가녹색기술연구소(전 녹색기술센터)에서 매년 정기적으로 발간되는 「기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」의 2019년 ~ 2021년 보고서 및 「기후기술 분류체계적용 국가연구개발사업 투자·성과분석보고서」의 2016년 ~ 2018년 보고서의 자료를 바탕으로 하여 해당 보고서에 수록된 2016년부터 2021년까지의 데이터를 연구에 사용하였음
- 상기 자료 출처로 사용한 보고서들에서는 기존 기후 기술의 분류에 따라 대분류, 중분류 기준을 각각 “감축”, “적응”으로 분류하였으며 총괄자문단과 기술별 전문가 의견을 반영하여 3대 대분류, 14대 중분류, 45대 소분류로 분류체계를 구성하고 있음
- 본 장에는 우리나라의 기후기술 R&D를 설명하기 위한 총괄 자료 및 분석과 관련된 자료를 편집하여 정리, 수록하였으며, 상기 출처의 자료를 세부적으로 정리한 자료는 부록3에 수록하였음

1. 기후기술 국가R&D투자 규모

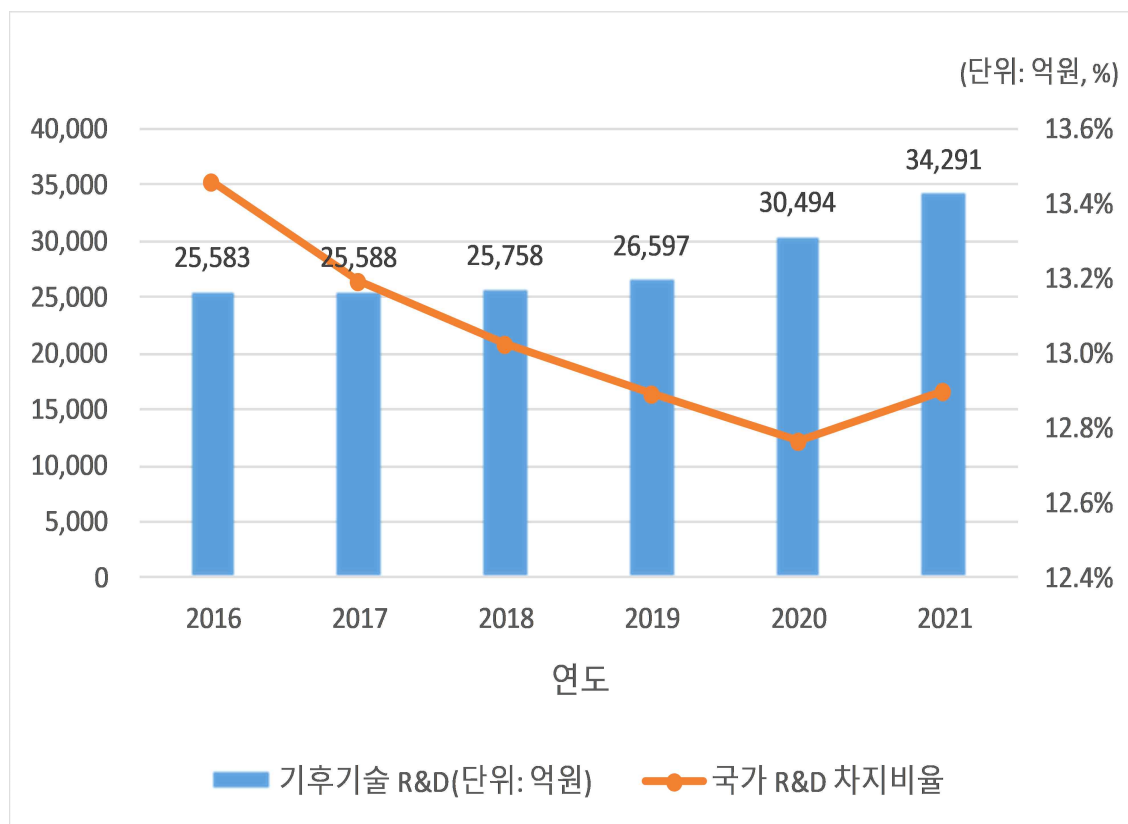
□ 총괄 규모

- 2021년 우리나라의 기후기술 국가 R&D 투자 규모는 총 국가 R&D의 12.9%인 3조 4,291억원으로 집계됨
- 기후기술 국가 R&D 투자 규모는 최근 6년간 연평균 6.2% 증가하였으며 국가 R&D 대비 비율은 2016년 13.5%에서 2020년 12.8%까지 감소한 후 2021년 12.9%로 다시 증가하였음

□ 부처별 기후기술 R&D 집행규모

- 2021년 기후기술 국가R&D 부처별 집행 현황은 산업통상자원부가 33.1%로 가장 높은 비중을 차지했으며 과학기술정보통신부(23.7%), 중소벤처기업부(6.2%), 해양수산부(6.0%)순
- 2021년 기준 상위 6개 부처(산업통상자원부, 과학기술정보통신부, 중소벤처기업부, 해양수산부, 다부처, 국토부)의 합이 전체 부처 2021년 예산의 79.6%를 차지함
- 2016~2021년 예산 집행 합계를 기준으로 하면 산업통상자원부(33.1%→32.0%), 해양수산부(6.0%→5.4%)는 비중이 감소하였으며 과학기술정보통신부(23.7%→26.1%), 환경부(4.4%→4.8%)는 상승

<그림 7> 기후기술 R&D 연도별 추이 및 투자 비중



자료: 국가녹색기술연구소의 「2021, 2020 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」(2022.08, 2021.12)의 자료를 활용하여 재작성

<표 6> 중앙정부 부처별 기후기술 집행 예산 및 비중

(단위: 억원, %)

부처	2021년 집행예산 (비중)	2016~2021년 총 집행예산 (비중)
산업부	11,367 (33.1)	54,697 (32.0)
과기부	8,139 (23.7)	44,611 (26.1)
중기부	2,119 (6.2)	10,526 (6.2)
해수부	2,056 (6.0)	9,204 (5.4)
다부처	1,933 (5.6)	8,249 (4.8)
국토부	1,719 (5.0)	8,086 (4.7)
농진청	1,552 (4.5)	8,083 (4.7)
환경부	1,494 (4.4)	5,088 (3.0)
산림청	742 (2.2)	3,840 (2.2)
기상청	735 (2.1)	3,593 (2.1)
기타	2,437 (7.1)	11,237 (8.8)

주. 1. 우측은 2016년부터 2021년까지 집행예산 총합을 대상으로 함

2. 기타는 비중 2% 미만의 부처로, 교육부, 농림수산식품부, 보건복지부, 원자력안전위원회, 행정안전부, 식품의약품 안전처 등 포함

자료: 국가녹색기술연구소의 「2021, 2020 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」 (2022.08, 2021.12)의 자료를 활용하여 재작성

<표 7> 2021년 부처별 중분류 주요 R&D 집행 현황

(단위: 억원, %)

	산업통상자원부	과학기술정보통신부	중소벤처기업부	해양수산부	환경부
1	에너지수요	비재생에너지	에너지수요	해양/수산/연안	물
	2,485 (21.9)	1,670 (20.5)	790 (37.3)	1,141 (55.5)	840 (56.2)
2	재생에너지	에너지저장	에너지저장	기후변화예측	다분야 중첩
	2,151 (18.9)	1,002 (12.3)	464 (21.9)	377 (18.4)	214 (14.3)
3	에너지저장	에너지수요	재생에너지	재생에너지	산림/육상
	2,121 (18.7)	1,000 (12.3)	191 (9.0)	235 (11.4)	144 (9.6)
4	신에너지	재생에너지	송배전/전력/IT	에너지수요	기후변화예측
	1,430 (12.6)	826 (10.2)	164 (7.8)	201 (9.8)	109 (7.3)
5	비재생에너지	신에너지	신에너지	신에너지	건강
	1,134 (10.0)	697 (8.6)	143 (6.7)	40 (1.9)	67 (4.5)

주. 부처별 상위 5개 소분류 R&D를 기술한 표임

자료: 국가녹색기술연구소의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」(2022.08)의 자료를 활용하여 재작성

<표 8> 2021년 부처별 소분류 주요 R&D 집행 현황

(단위: 억원, %)

	산업통상자원부	과학기술정보통신부	중소벤처기업부	해양수산부	환경부
1	전력저장	원자력발전	산업효율화	수산자원	기타 기후기술
	1,514 (13.3)	1,081 (13.3)	680 (32.1)	548 (26.7)	211 (18.3)
2	수송효율화	전력저장	전력저장	해양생태계	수계/수생태계
	1,307 (11.5)	863 (10.6)	345 (16.3)	442 (21.5)	202 (17.5)
3	태양광	감염질병관리	태양광	기후예측 및 모델링	수자원 확보 및 공급
	1,050 (9.2)	594 (7.3)	145 (6.8)	341 (16.6)	181 (15.7)
4	연료전지	핵융합발전	기타 기후기술	해양에너지	기후예측 및 모델링
	1,039 (9.1)	572 (7.0)	121 (5.7)	227 (11.0)	101 (8.7)
5	원자력발전	태양광	연료전지	수송효율화	생태모니터링복원
	808 (7.1)	561 (6.9)	120 (5.7)	196 (9.5)	87 (7.5)

주. 부처별 상위 5개 소분류 R&D를 기술한 표임

자료: 국가녹색기술연구소의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」(2022.08)의 자료를 활용하여 재작성

2. 연구수행주체 및 연구개발단계별 국가R&D투자 규모

□ 연구수행주체별

- 2021년 집행 예산 기준으로 중소기업, 출연연구소, 대학의 순으로 비중이 높았으며 2016~2021년 집행 예산 합계 기준으로는 출연연구소, 중소기업, 대학 순으로 비중이 높았음
- 2016년 이후 출연연구소 비중은 지속적으로 감소하고 있으며 국공립연구소 및 대학, 대기업, 중견기업의 경우 비중이 감소하는 추세이며 중소기업의 경우 증가하는 추세임

<표 9> 연구수행주체별 기후기술 집행 예산 및 비중

(단위: 억원, %) ○

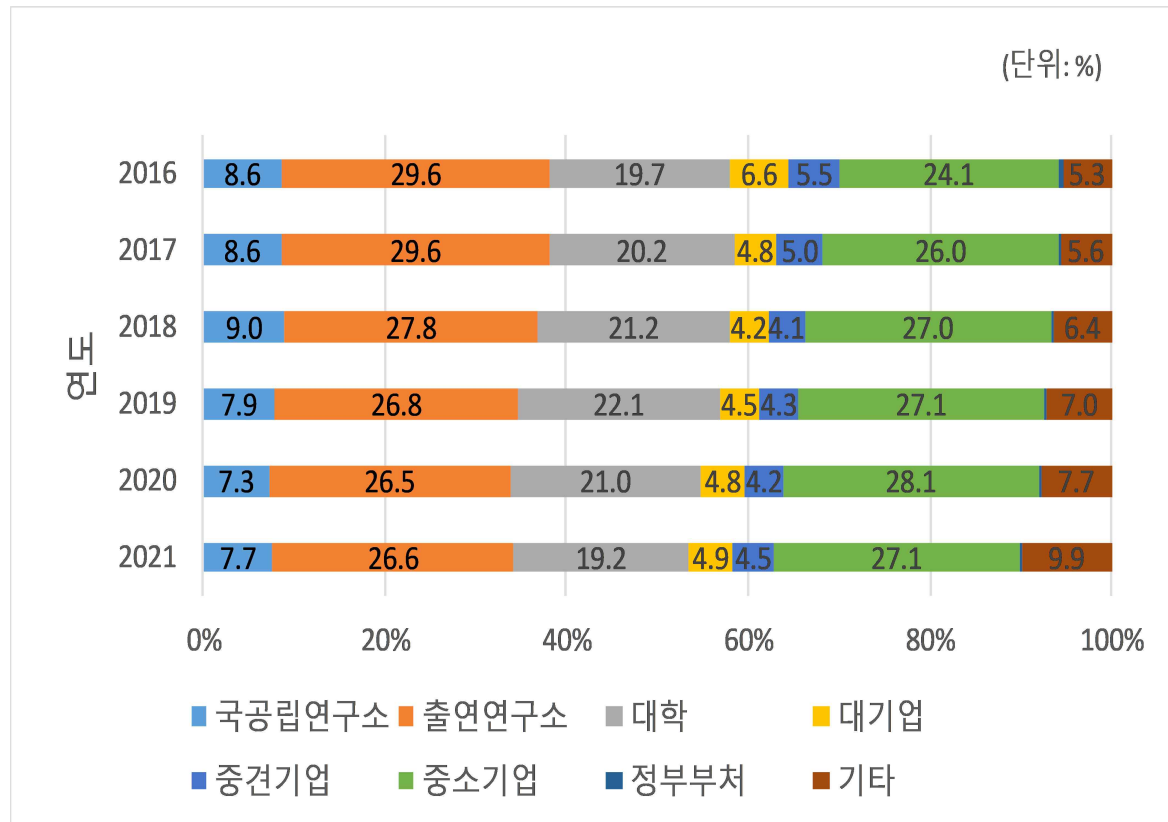
연구수행주체	2021년 집행예산 (비중)	2016~2021년 총 집행예산 (비중)
국공립연구소	2,625 (7.7)	13,643 (8.1)
출연연구소	9,105 (26.6)	46,641 (27.7)
대학	6,589 (19.2)	34,537 (20.5)
대기업	1,684 (4.9)	8,350 (5.0)
중견기업	1,540 (4.5)	7,722 (4.6)
중소기업	9,276 (27.1)	44,826 (26.6)
정부부처	93 (0.3)	531 (0.3)
기타	3,378 (9.9)	12,062 (7.2)

주. 1. 우측은 2016년부터 2021년까지 집행예산 총합을 대상으로 함

2. 출연연구소: R&D 출연(연) 포함, 국공립연구소, 국립, 지자체 공립연구소 포함, 기타: 비영리법인, 연구조합, 협회, 학회, 정부투자기관 포함

자료: 국가녹색기술연구소의 「2021, 2020 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」 (2022.08, 2021.12)의 자료를 활용하여 재작성

<그림 8> 연구수행주체별 연구개발비중(2016~2021년)



자료: 국가녹색기술연구소의 「2021, 2020 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」 (2022.08, 2021.12)의 자료를 활용하여 재작성

□ 연구개발단계별

- 연구개발단계: 기초연구, 응용연구, 개발연구 등 3단계 분류. 연구개발활동은 연구의 진도에 따라 '연구'와 '개발'의 양 단계로 나누며, 연구는 다시 '기초연구'와 '응용연구'로 나누어짐.
- 기초연구는 새로운 발견이나 신지식을 얻기 위한 목적으로 수행되는 연구이며 응용연구는 기초연구의 성과를 구체적으로 이용할 수 있는 가능성을 모색하고 이를 실증하기 위해 이루어지는 연구활동임
- 응용연구를 바탕으로 제품화나 실용화 또는 공업화를 위한 연구활동이 전개되는데, 이 단계가 개발연구단계임
- 2021년 집행 예산 기준으로 개발연구, 기초연구, 응용연구 순으로 비중이

높았으며 2016~2021년 집행 예산 합계 기준으로 마찬가지로 개발연구, 기초연구, 응용연구 순임

- 2017년 이후로 기초연구의 비중은 지속적으로 낮아지고 있으며 응용연구 및 개발연구의 비중은 지속적으로 높아지고 있음

<표 10> 연구개발단계별 기후기술 집행 예산 및 비중

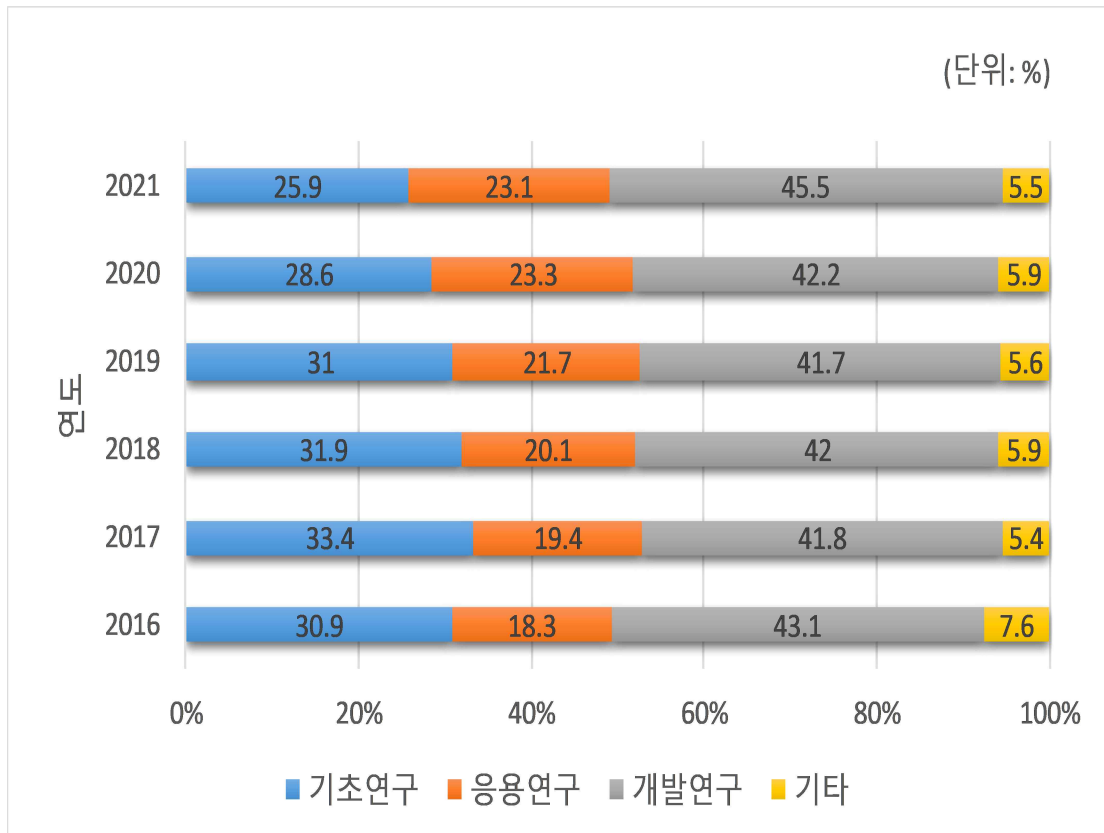
(단위: 억원, %)

연구단계	2021년 집행예산 (비중)	2016~2021년 총 집행예산 (비중)
기초연구	8,874 (25.9)	50,512 (30.0)
응용연구	7,919 (23.1)	35,638 (21.2)
개발연구	15,598 (45.5)	72,112 (42.8)
기타	1,899 (5.5)	10,047 (6.0)

주. 1. 우측은 2016년부터 2021년까지 집행예산 총합을 대상으로 함

자료: 국가녹색기술연구소의 「2021, 2020 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」 (2022.08, 2021.12)의 자료를 활용하여 저자 재작성

<그림 9> 연구개발단계별 연구개발비중(2016~2021)



자료: 국가녹색기술연구소의 「2021, 2020 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」 (2022.08, 2021.12)의 자료를 활용하여 재작성

3. 온실가스 감축분야 기후기술별 국가R&D투자 규모

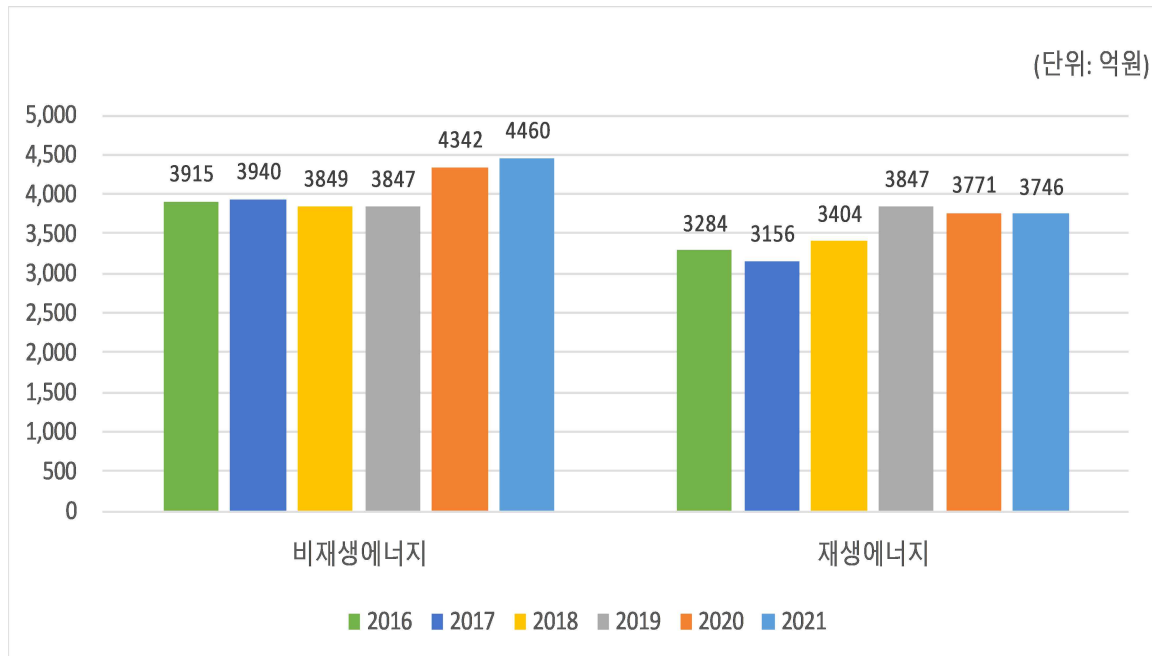
□ 정부 보고서에서 기록된 온실가스 감축분야 기후기술들은 다음과 같은 부문으로 나누어 분류된다. 본 연구에서도 이들 분류를 사용하였다. 본 절에서는 아래 온실가스 감축분야 기후기술의 분류별로 정부의 R&D 현황을 정리하여 본다.

- 재생에너지
- 비재생에너지
- 에너지수요관리
- 신에너지
- 에너지저장
- 송배전/전력 IT
- 온실가스고정

□ 재생에너지 및 비재생에너지

- 비재생에너지는 재생에너지를 제외한 에너지원들, 즉 기존에 석유, 석탄, 가스, 원자력 등으로 구분되던 에너지원과 관련된 연구개발사업을 모두 합하여 이르는 분류임 반면 기존의 신·재생에너지는 이제 신에너지와 재생에너지로 구분하여 분류하고 있음
- 2021년 기준 원자력 부문의 연구개발은 과학기술정보통신부, 핵융합 발전은 다부처사업, 청정화력발전·효율화 분야는 산업통상자원부에서 주로 수행되었음
- 비재생에너지 부문의 국가연구개발비 집행 예산은 2019년 이후에도 지속적으로 증가하고 있으며 재생에너지의 경우는 그러나 2019년까지 증가한 후 감소하고 있음
- 전체 온실가스 감축분야 기후기술 R&D 예산 대비 비재생에너지 및 재생에너지 부문에의 투자 규모는 감소하고 있으며 해당 구분 내에서 재생에너지 분야의 비중이 감소하고 있음

<그림 10> 비재생에너지 및 재생에너지 부문 R&D현황(2016~2021년)



자료: 국가녹색기술연구소의 「2021, 2020, 2019 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」 (2022.08, 2021.12, 2020.12)의 자료를 활용하여 재작성

<표 11> 비재생에너지 및 재생에너지 예산 비중

(단위: %)

중분류	해당 구분 내 비중		해당 연도 전체 예산 대비 비중	
	2021년 비중	2016~2021년 비중	2021년 비중	2016~2021년 비중
비재생에너지	54.4	53.5	13.0	14.5
재생에너지	45.6	46.5	10.9	12.6

주. 1. 해당 연도 전체 예산 대비 비중은 2021년의 경우 2021년 집행 총예산, 2016~2021년 비중은 2016년부터 2021년까지 집행 총예산 합계를 기준으로 한 비중임

자료: 국가녹색기술연구소의 「2021, 2020, 2019 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」 (2022.08, 2021.12, 2020.12)의 자료를 활용하여 재작성

□ 에너지수요관리

- 2021년 집행 예산 기준 수송 효율화, 산업 효율화, 건축 효율화 순으로 비중이 높았으며 해당 연도 집행 예산 대비 비중은 2016년에 비해 전체적으로 감소하였음
- 2021년 기준 수송 효율화, 건축 효율화 분야는 산업통상자원부, 국토교통부에서 주로 수행되었으며, 산업 효율화 분야는 산업통상자원부, 중소벤처기업부에서 주로 수행하였음

<표 12> 에너지 수요관리 예산 비중

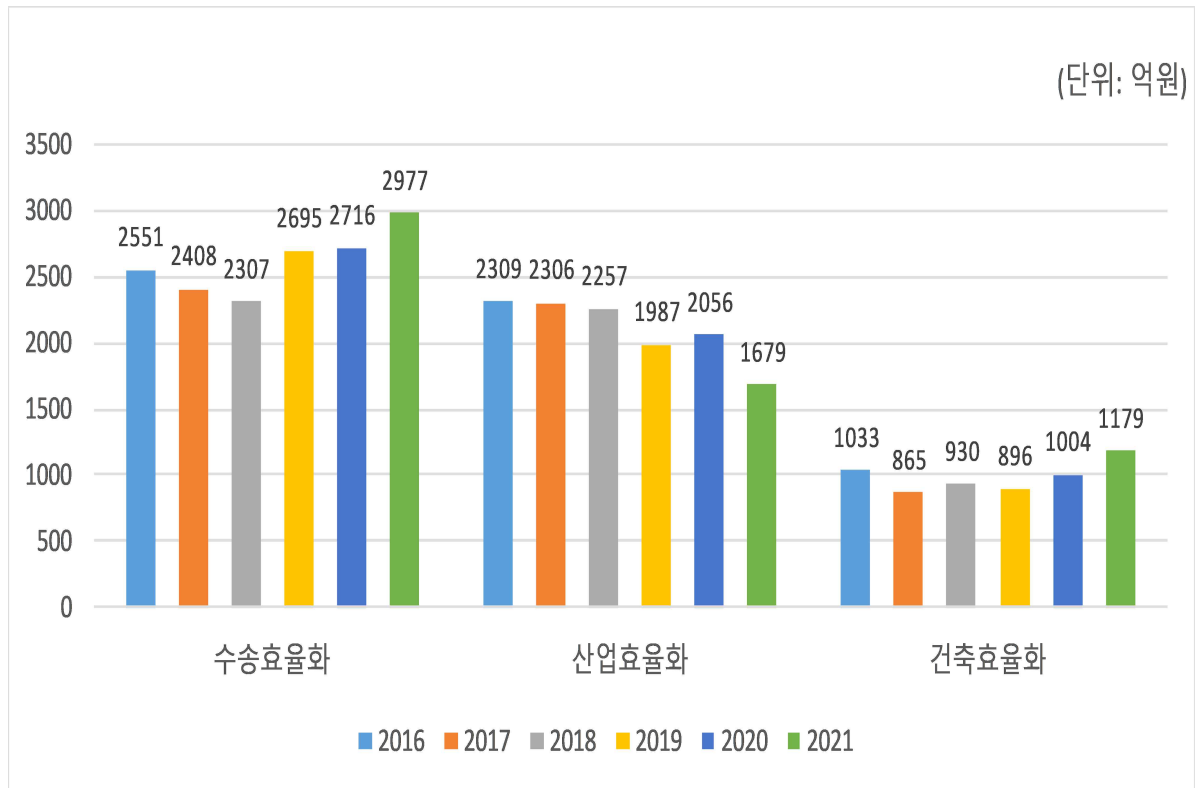
(단위: %)

소분류	해당 구분 내 비중		해당 연도 전체 예산 대비 비중	
	2021년 비중	2016~2021년 비중	2021년 비중	2016~2021년 비중
수송 효율화	51.0	45.8	8.9	9.3
산업 효율화	28.8	36.9	6.7	7.5
건축 효율화	20.2	17.3	3.4	3.5

주. 1. 해당 연도 전체 예산 대비 비중은 2021년의 경우 2021년 집행 총예산, 2016~2021년 비중은 2016년부터 2021년까지 집행 총예산 합계를 기준으로 한 비중임

자료: 국가녹색기술연구소의 「2021, 2020, 2019 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」 (2022.08, 2021.12, 2020.12)의 자료를 활용하여 재작성

<그림 11> 에너지수요관리 분야 R&D현황(2016~2021년)



자료: 국가녹색기술연구소의 「2021, 2020, 2019 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」 (2022.08, 2021.12, 2020.12)의 자료를 활용하여 재작성

□ 신에너지, 에너지저장, 송배전/전력/IT, 온실가스 고정

- 2021년 집행 예산 기준 에너지저장, 신에너지, 송배전/전력/IT, 온실가스 고정 순으로 비중이 높았으며 모두 2016년 대비 2021년 비중이 증가
- 2021년 집행 예산 기준 신에너지, 에너지저장, 송배전/전력/IT, 온실가스 고정 분야 모두 산업통상자원부에서 주로 집행되었으며 모든 2020년 대비 수소 제조, 연료전지, 수소 저장, CCUS 항목이 크게 증가

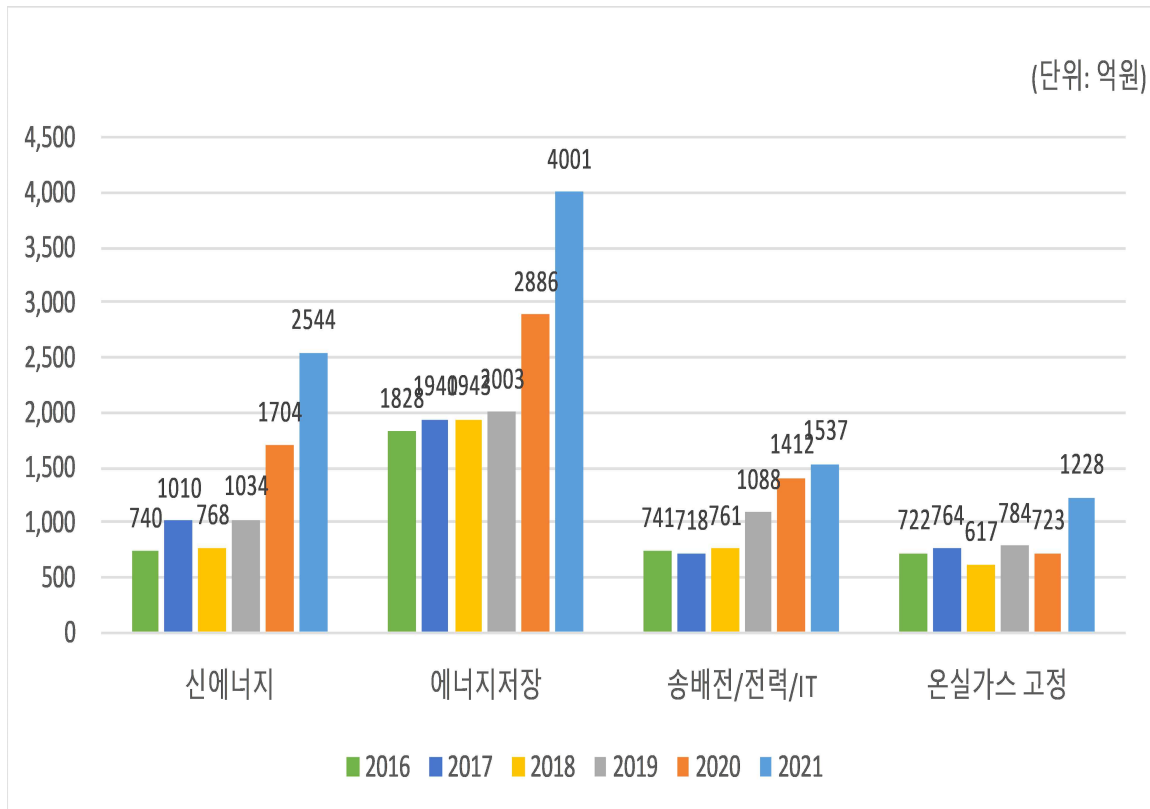
<표 13> 신에너지, 에너지저장, 송배전/전력/IT, 온실가스 고정 예산 비중
(단위: %)

중분류	해당 구분 내 비중		해당 연도 전체 예산 대비 비중	
	2021년 비중	2016~2021년 비중	2021년 비중	2016~2021년 비중
신에너지	27.3	23.3	7.4	4.6
에너지저장	43.0	43.6	11.7	8.7
송배전/전력/IT	16.5	18.7	4.5	3.7
온실가스 고정	13.2	14.4	3.6	2.9

주. 1. 해당 연도 전체 예산 대비 비중은 2021년의 경우 2021년 집행 총예산, 2016~2021년 비중은 2016년부터 2021년까지 집행 총예산 합계를 기준으로 한 비중임

자료: 국가녹색기술연구소의 「2021, 2020, 2019 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」 (2022.08, 2021.12, 2020.12)의 자료를 활용하여 저자 재작성

<그림 12> 신에너지, 에너지저장, 송배전/전력/IT, 온실가스 고정 R&D현황(2016~2021년)



자료: 국가녹색기술연구소의 「2021, 2020, 2019 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」 (2022.08, 2021.12, 2020.12)의 자료를 활용하여 재작성

□ 온실가스 감축분야 기후기술 부문 부처, 기술분류별 2021년 예산 집행

- 2021년 중분류 기준 에너지수요(5,836억원, 25.0%), 비재생에너지(4,460억원, 19.1%), 에너지저장(4,001억원, 17.1%), 재생에너지(3,746억원, 16.0%), 신에너지(2,544억원, 10.9%), 송배전/전력/IT(1,537억원, 6.6%), 온실가스 고정(1,228억원, 5.3%) 순
- 2021년 소분류 기준 수송효율화(2,977억원, 8.7%), 전력저장(2,864억원, 8.4%), 원자력발전(2,222억원, 6.5%), 핵융합발전(1,897억원, 5.5%), 태양광(1,860억원, 5.4%), 산업효율화(1,679억원, 4.9%) 순임

<표 14> 2021년 감축분야 기후기술 부문 부처별 예산 집행

(단위: 억원)

중분류	소분류	부처별 예산
비재생 에너지	원자력발전	과기부(1,081), 산업부(808)
	핵융합발전	다부처(1,315), 과기부(572)
	청정화력발전/ 효율화	산자부(319), 과기부(17)
재생 에너지	수력	국토부(57), 산업부(59)
	태양광	산업부(1,050), 과기부(561)
	태양열	산업부(3), 농림부(14)
	지열	농림부(15), 산자부(0)
	풍력	산업부(794), 과기부(23)
	해양에너지	해수부(226), 과기부(23)
	바이오에너지	산자부(172), 과기부(151)
	폐기물	과기부(49), 산업부(68)
에너지 수요	수송효율화	산업부(1,307), 국토부(647)
	산업효율화	산업부(648), 중기부(680)
	건축효율화	산업부(530), 국토부(368)
신에너지	수소제조	과기부(416), 산업부(391)
	연료전지	산업부(1,039), 과기부(281)
에너지 저장	전력저장	산업부(1,514), 과기부(863)
	수소저장	산업부(607), 교통부(204)
송배전 /전력/IT	송배전시스템	산업부(656), 과기부(177)
	전기지능화기기	산업부(469), 중기부(111)
온실가스 고정	CCUS	과기부(402), 산업부(473)
	Non-CO2저감	산업부(71), 과기부(48)

주. 1. 2021년 기후기술 소분류별 집행 예산 기준 상위 2개 부처에 대한 정보임

자료: 국가녹색기술연구소의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」(2022.08)의 자료를 활용하여 저자 재작성

4. 기후변화 적응 및 융복합분야 기후기술별 국가R&D투자 규모

□ 본 절에서는 정부 보고서에서 기록된 기후변화 적응 및 융복합 분야의 기후 기술별 국가 R&D투자 규모를 정리하여 본다.

□ 농업/축산, 물, 해양/수산/연안, 산림/육상

- 2021년 집행 예산 기준 농업/축산, 물, 해양/수산/연안, 산림/육상 순으로 비중이 높았으며 2016년 대비 2021년 전체 예산 대비 농업/축산, 물 분야는 감소하였으며 해양/수산/연안 분야는 증가
- 2021년 집행 예산 기준 농업/축산은 농촌진흥청, 물은 환경부, 해양/수산/연안은 과학기술정보통신부, 산림/육상은 산림청에서 주로 집행

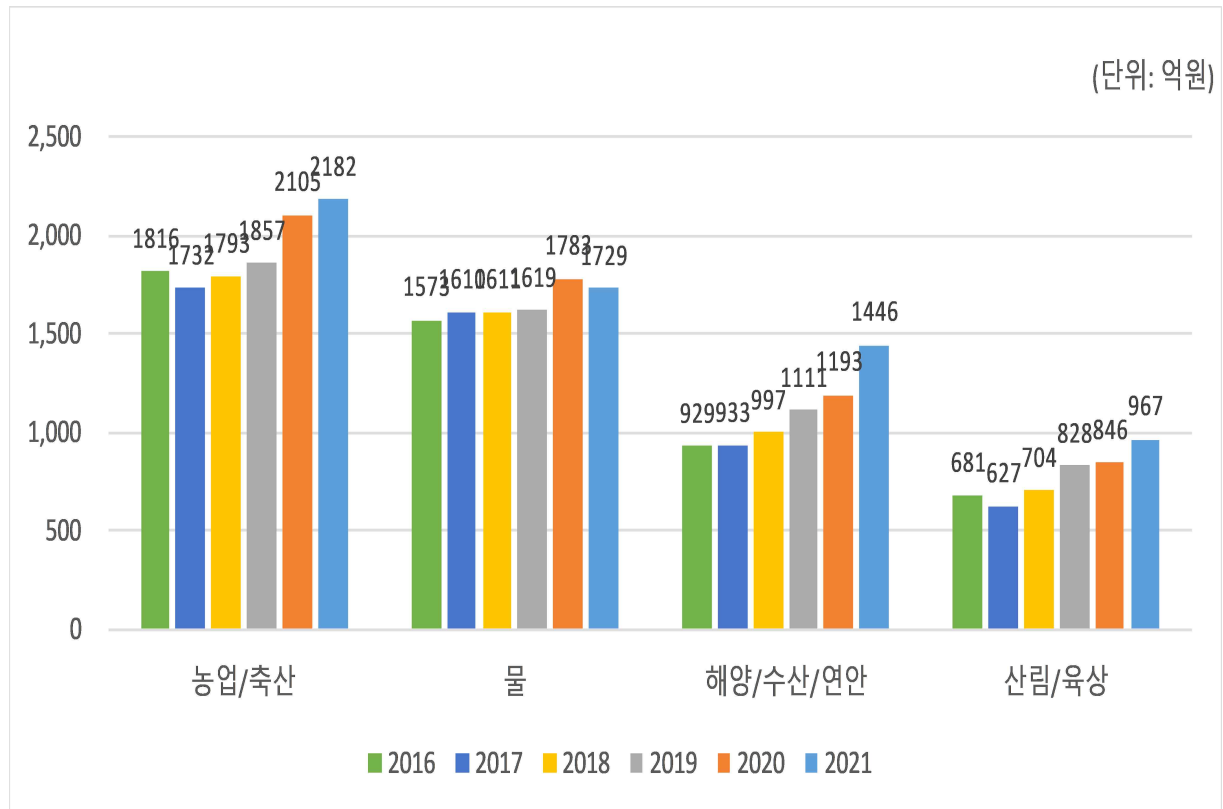
<표 15> 농업/축산, 물, 해양/수산/연안, 산림/육상 예산 비중 통계
(단위: %)

중분류	해당 구분 내 비중		해당 연도 전체 예산 대비 비중	
	2021년 비중	2016~2021년 비중	2021년 비중	2016~2021년 비중
농업/축산	34.5	35.2	6.4	6.8
물	27.3	30.4	5.0	5.9
해양/수산/연안	22.9	20.2	4.2	3.9
산림/육상	15.3	14.2	2.8	2.8

주. 1. 해당 연도 전체 예산 대비 비중은 2021년의 경우 2021년 집행 총예산, 2016~2021년 비중은 2016년부터 2021년까지 집행 총예산 합계를 기준으로 한 비중임

자료: 국가녹색기술연구소의 「2021, 2020, 2019 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」 (2022.08, 2021.12, 2020.12)의 자료를 활용하여 재작성

<그림 13> 농업/축산, 물, 해양/수산/연안, 산림/육상 R&D 현황(2016~2021년)



자료: 국가녹색기술연구소의 「2021, 2020, 2019 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」(2022.08, 2021.12, 2020.12)의 자료를 활용하여 재작성

□ 기후변화예측 및 모니터링, 건강

- 2021년 집행 예산 기준 기후변화예측 및 모니터링, 건강 순으로 비중이 높았으며 2016년 대비 2021년 전체 예산 대비 기후변화예측 및 모니터링, 건강 분야 모두 증가함
- 2021년 집행 예산 기준 기후변화예측 및 모니터링은 기상청 및 과학기술정보통신부, 건강은 식품의약품안전처 및 보건복지부에서 주로 집행되었으며 2020년 대비 모든 분야에서 증가함

<표 16> 기후변화예측 및 모니터링, 건강 예산 비중 통계

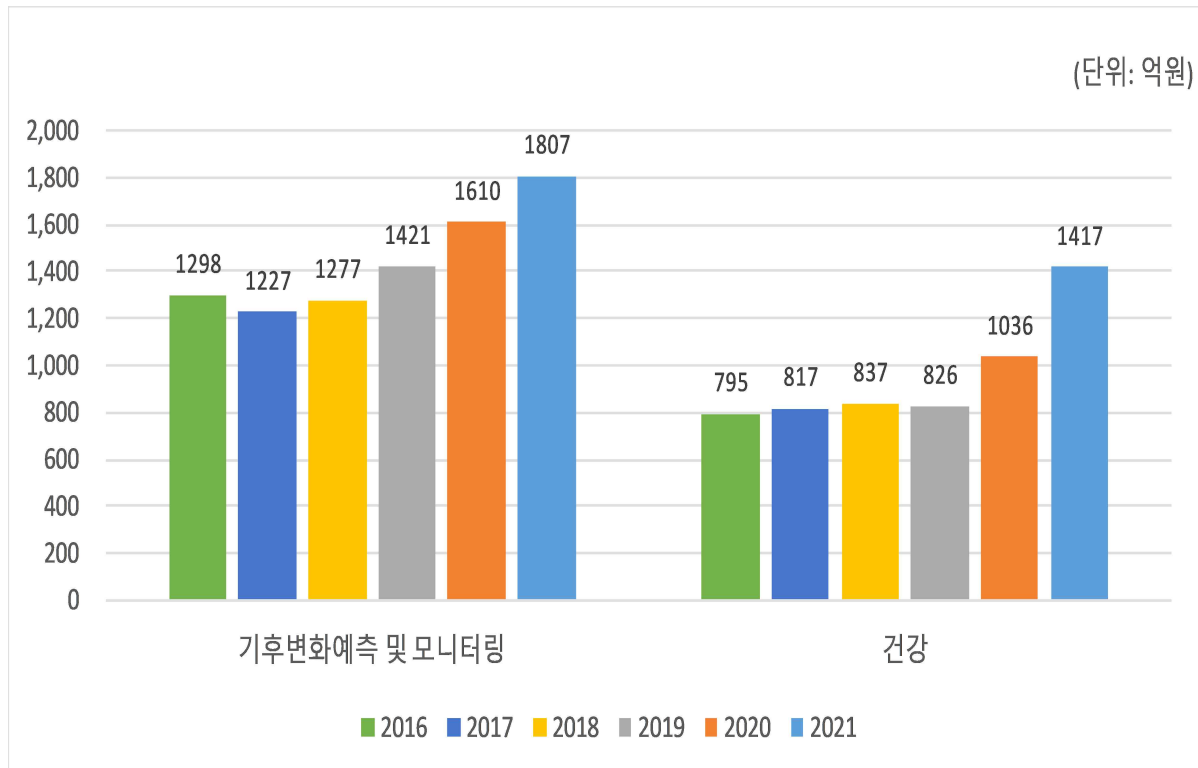
(단위: %)

중분류	해당 구분 내 비중		해당 연도 전체 예산 대비 비중	
	2021년 비중	2016~2021년 비중	2021년 비중	2016~2021년 비중
기후변화예측 및 모니터링	56.0%	60.1%	5.3%	5.1%
건강	44.0%	39.9%	4.1%	3.4%

주. 1. 해당 연도 전체 예산 대비 비중은 2021년의 경우 2021년 집행 총예산, 2016~2021년 비중은 2016년부터 2021년까지 집행 총예산 합계를 기준으로 한 비중임

자료: 국가녹색기술연구소의 「2021, 2020, 2019 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」 (2022.08, 2021.12, 2020.12)의 자료를 활용하여 재작성

<그림 14> 기후변화예측 및 모니터링, 건강 R&D현황(2016~2021년)



자료: 국가녹색기술연구소의 「2021, 2020, 2019 기후기술 국가연구개발사업
조사분석 보고서」 (2022.08, 2021.12, 2020.12)의 자료를 활용하여 재작성

□ 다분야 중첩/융합

- 다분야 중첩/융합 부문은 기존 기술 분류에 들어가지 않는 신규 기술 및 융합 기술 분야를 모아놓은 분야임
- 2021년 집행 예산 기준 기후변화예측 및 기타 기후기술 관련 기술, 에너지 하베스팅, 신재생에너지 하이브리드, 인공광합성, 저전력 소모 장비 순으로 비중이 높았으며 2016년 대비 2021년 전체 예산 대비 대부분의 항목이 감소함
- 2021년 집행 예산 기준 신재생에너지 하이브리드와 저전력 소모장비 분야는 산업통상자원부에서, 에너지 하베스팅, 인공광합성, 기타 기후변화 관련 기술 분야는 과학기술정보통신부에서 주로 집행되었으며 2020년 대비 대부분의 분야에서 증가함

<표 17> 다분야 중첩/융합 예산 비중 통계

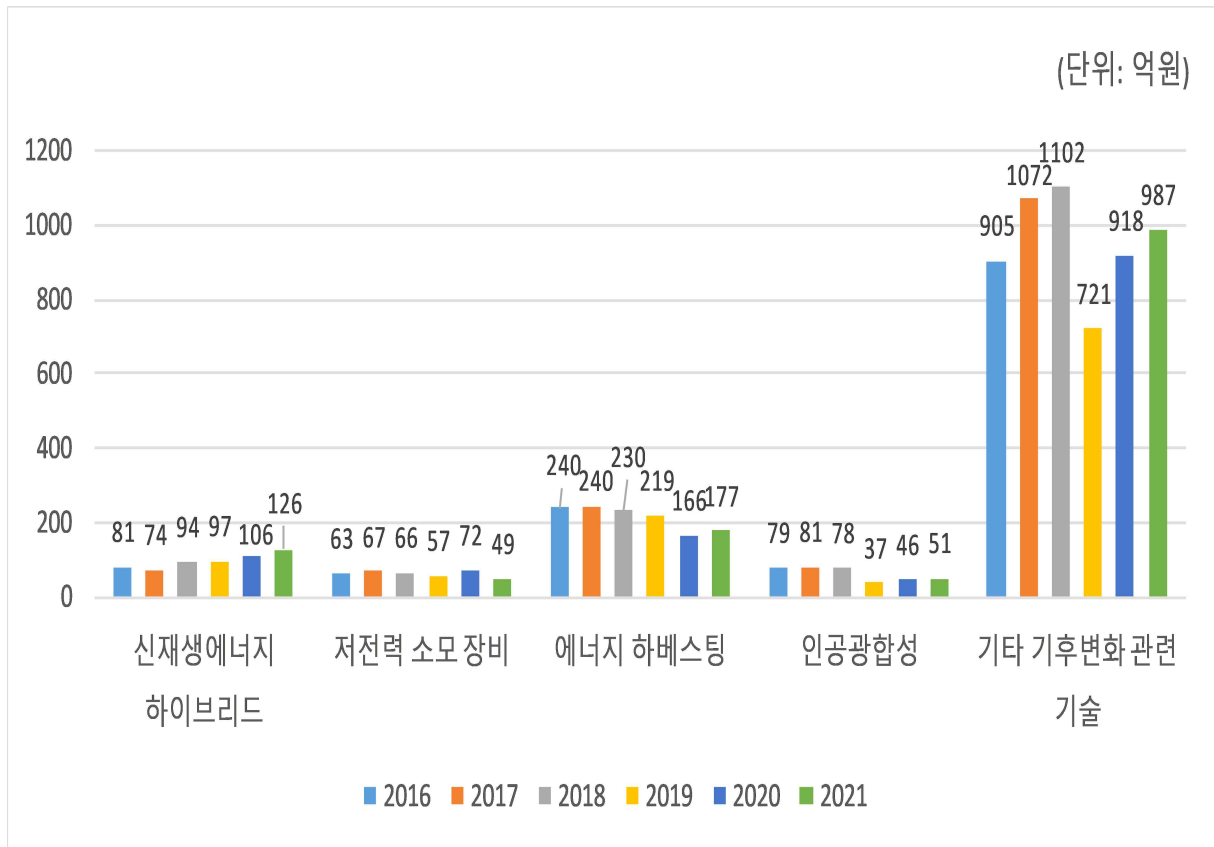
(단위: %)

소분류	해당 구분 내 비중		해당 연도 전체 예산 대비 비중	
	2021년 비중	2016~2021년 비중	2021년 비중	2016~2021년 비중
신재생에너지 하이브리드	9.1	7.0	0.4	0.3
저전력 소모 장비	3.5	4.5	0.1	0.2
에너지 하베스팅	12.7	15.3	0.5	0.8
인공광합성	3.7	4.5	0.1	0.2
기타 기후기술 관련 기술	71.0	68.7	2.9	3.4

주. 1. 해당 연도 전체 예산 대비 비중은 2021년의 경우 2021년 집행 총예산, 2016~2021년 비중은 2016년부터 2021년까지 집행 총예산 합계를 기준으로 한 비중임

자료: 국가녹색기술연구소의 「2021, 2020, 2019 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」 (2022.08, 2021.12, 2020.12)의 자료를 활용하여 재작성

<그림 15> 다분야 중첩 R&D현황(2016~2021년)



자료: 국가녹색기술연구소의 「2021, 2020, 2019 기후기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서」 (2022.08, 2021.12, 2020.12)의 자료를 활용하여 재작성

□ 적응 및 융복합분야 기후기술 정부연구개발비 부처별, 분류별 2021년 예산 집행

- 2021년 집행 예산 기준 총 1조 937억원으로 부처별로 보면 과학기술정보통신부(2,274억원, 20.8%), 해양수산부(1,542억원, 14.1%), 농촌진흥청(1,505억원, 13.8%), 환경부(1,375억원, 12.6%), 기상청(731억원, 6.7%), 산림청(710억원, 6.5%) 순임
- 중분류 기준으로는 농업/축산(2,182억원, 19.9%), 기후변화예측 및 모니터링(1,807억원, 16.5%), 물(1,729억원, 15.8%), 해양/수산/연안(1,446억원, 13.2%), 건강(1,417억원, 13.0%), 다분야 중첩(1,390억원, 12.7%), 산림/육상(967억원, 8.8%) 순임
- 소분류 기준으로는 기후예측 및 모델링(1,308억원, 12.0%), 감염질병관리(1,296억원, 11.8%), 작물재배/생산(1,136억원, 10.4%), 다분야 중첩(987억원, 9.0%), 수처리(709억원, 6.5%), 수산자원(635억원, 5.8%), 해양생태계(595억원, 5.4%), 유전자원/유전개량(560억원, 5.1%) 순임

<표 18> 2021년 적응 및 융복합분야 기후기술 부문 부처별 예산 집행

(단위: 억원)

중분류	소분류	부처별 예산
농업/축산	유전자원/개량	농촌진흥청(415), 과기부(66)
	작물재배/생산	농촌진흥청(842), 농림부(184)
	가축질병관리	농림부(181), 농촌진흥청(119)
	가공저장유통	농촌진흥청(69), 과기부(9)
물	수계/수생태계	환경부(202), 과기부(127)
	수자원확보/공급	환경부(181), 과기부(98)
	수처리	환경부(375), 과기부(144)
	수재해관리	환경부(82), 행안부(35)
해양/수산/연안	해양생태계	해수부(442), 과기부(86)
	수산자원	해수부(548), 과기부(48)
	연안재해관리	해수부(151), 해양경찰청(33)
산림/육상	산림생산증진	산림청(339), 과기부(7)
	산림피해저감	산림청(105), 환경부(57)
	생태/모니터링 /복원	산림청(264), 환경부(87)
건강	감염질병관리	과기부(594), 보건복지부(350)
	식품안전예방	식약처(66), 과기부(21)
기후변화예측 및 모니터링	기후 예측 및 모델링	기상청(436), 해수부(341)
	기후정보 경보시스템	기상청(256), 과기부(100)
다분야 중첩	신재생에너지 하이브리드	산업부(86), 농림부(19)
	저전력소모장비	산업부(30), 과기부(14)
	에너지하베스팅	과기부(102), 산업부(48)
	인공광합성	과기부(40), 교육부(11)
	기타 기후변화 관련 기술	과기부(309), 환경부(211)

주. 1. 2021년 기후기술 소분류별 집행 예산 기준 상위 2개 부처에 대한 정보임
 자료: 국가녹색기술연구의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사분석
 보고서」(2022.08)의 자료를 활용하여 저자 재작성

제4장 R&D 투자의 효율성 분석

1. 효율성 분석 이론

□ 효율성 이론 및 분석모형의 발전

- 경제학에서 비효율성은 1950년대부터 최적화 문제의 실패로 인식되어 연구되었음. Koopmans(1951)와 Farrell(1957)은 이러한 실패를 효율성의 관점에서 다루었는데, 비효율성은 생산 최대화, 비용 최소화, 이윤 최대화와 같은 목표를 달성하지 못할 때 나타나는 상태를 의미함. 이러한 개념은 후생경제학에서의 파레토 효율과 유사성을 가지며, 경제학에서는 이를 파레토-쿱프만 효율성 조건이라고 함.
- Debreu(1957)와 Shephard(1953)는 효율성 측정을 위해 자원활용계수(coefficient of resource utilization)와 방사척도(radial measure) 개념을 도입함. 이러한 개념은 효율성 연구의 핵심이 되는 개념들로, Farrell(1957)은 선형계획법을 활용하여 미국 각 주의 농업 생산에서의 비효율성을 실증적으로 분석하는데 사용함.
- Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)는 공립학교의 특수교육프로그램 평가를 위해 Farrell(1957)의 효율성 개념을 도입하였음. 이를 바탕으로 Koopmans(1951)의 활동분석과 결합하여 CCR 모형이라는 선형계획법 기반의 자료포락분석(DEA, data envelopment analysis) 모형이 개발되었음. 또한 Fare and Lovell(1978)은 경영과학 분야에서 선형계획법(linear programming, LP)을 활용하여 파레토-쿱프만 비효율성을 측정하는 기법을 제안했고, Banker, Charnes, and Cooper(1984)는 불변규모수익(CRS) 조건을 완화한 가변규모수익(VRS) 모형인 BCC 모형을 제시함.
- 자료포락분석법(DEA)은 경제학적 분석 중 효율성 측정에 사용되는 대표적인 방법 중 하나임. 초기에는 비통계적인 방법으로 개발되었으나, 이후 Aigner and Chu(1968)를 비롯한 연구자들은 확정적 모수변경추정법

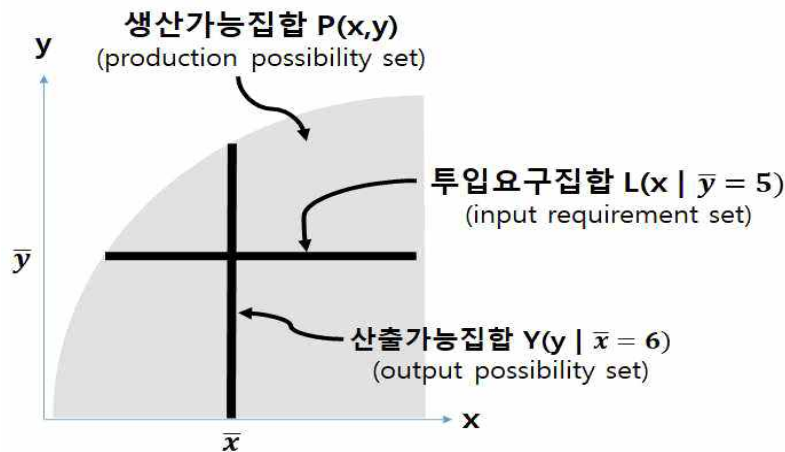
(deterministic parametric frontier analysis)을 도입하여 효율성을 측정하는 방법을 개선함. 이후 Richmond(1974), Greene(1980) 등에 의해 확률적 변형추정방법인 SFA(Stochastic Frontier Analysis)로 발전하여 경제학적 사고와 계량경제학적 사고를 통합하였음.

- 자료포락분석법(DEA)에 대한 세부 설명과 해설은 부록 3에 추가하였음.

□ 기초개념

- 생산가능집합(production possibility set)은 경제학에서 핵심적인 이론적 개념으로 사용됨. 이 집합은 자원의 제한과 생산의 효율성을 분석하는 데에 중요한 도구로 활용함. 생산가능집합은 가능한 모든 투입 및 산출 조합을 포함하는 집합으로, 주어진 자원과 기술적인 조건 하에서 생산이 가능한 범위를 나타냄
- 생산가능집합은 효율성 측정에 주로 사용되며, 최대 산출량 또는 최소 투입량의 수준을 파악하는 데에 활용됨. 이를 통해 경제의 최적 자원 할당 여부와 생산의 효율성을 평가할 수 있음. 예를 들어, 생산가능집합에서 특정한 투입량으로 얻을 수 있는 최대 산출량을 파악함으로써 생산 프로세스의 효율성을 평가하고 개선할 수 있음
- 또한, 생산가능집합은 투입요구집합(input requirement set)과 산출가능집합(output possibility set)으로도 표현됨. 투입요구집합은 특정한 수준의 산출물을 가능하게 하는 모든 투입량들의 집합을 의미하며, 산출가능집합은 특정한 수준의 투입량으로 산출 가능한 산출물들의 집합을 의미함. 이러한 관점에서 생산가능집합은 모든 산출에 대한 투입요구집합을 합친 것이나 모든 투입에 대한 산출가능집합을 합친 것으로 해석할 수 있음
- 아래 그림에서 회색으로 음영처리 된 영역은 모든 조합으로 생산이 가능한 생산가능집합이며 산출 수준을 5로 고정한 것이 투입요구집합, 투입 수준을 6으로 고정한 것이 산출가능집합임

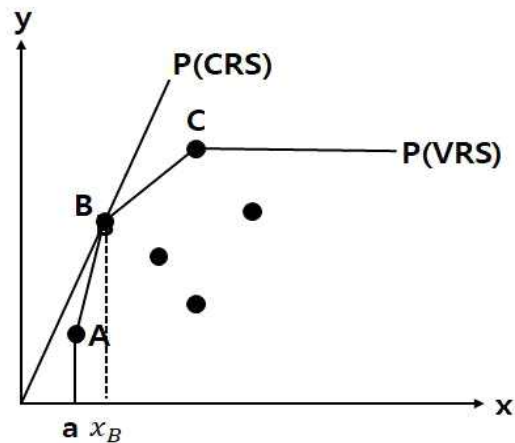
<그림 16> 생산가능집합의 의미



- 생산가능집합은 여러 가지 기본성질이나 공리(axiom)를 갖고 있음.
- 첫 번째로는 자유가처분성(free disposability)입니다. 자유가처분성은 어떤 투입과 산출이 생산 가능한 조합일 때, 더 많은 투입이나 적은 산출을 가진 투입-산출 조합도 가능하다는 것을 의미함
- 두 번째로는 볼록성(convexity)임. 어떤 유한 개의 투입-산출 조합이 생산 가능하면, 이 관측치들의 선형 조합으로 이루어진 내분점들 또한 생산 가능하다는 것을 의미하며 이는 투입과 산출의 조합이 선형적으로 조합될 수 있다는 것을 의미함
- 세 번째로는 불변규모수익(Constant Returns to Scale, CRS)의 가정임. CRS는 관측치가 생산가능집합에 존재할 때, 그 관측치를 규모를 확장하거나 축소한 점은 모두 생산 가능하다는 것을 의미함. 이 경우, 투입이 1% 증가하면 산출도 1% 증가하게 됨
- 마지막으로 가변규모수익(Variable Returns to Scale, VRS)의 가정임. 가변규모수익은 불변규모수익(CRS)이 성립하지 않는 경우를 의미하며 가변규모수익이 성립하면, 규모의 경제성 (Increasing Returns to Scale, IRS) 또는 규모의 불경제성 (Decreasing Returns to Scale, DRS)이 존재함. IRS의 경우 규모를 확대하면 추가적인 이익을 얻을 수 있고, DRS의 경우 규모를 축소하면 이익을 얻을 수 있으며 아래 그림과 같은 생산가능집합의

로 표현 가능함

<그림 17> 가변규모수익 생산가능집합

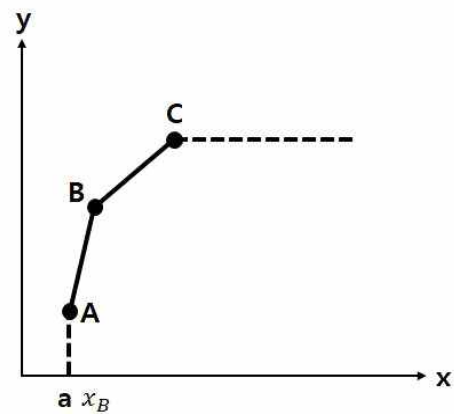


- 위 그림에서 투입물 규모이 a 보다 크고 x_B 보다 작을 경우 산출이 더 많은 비율로 증가하여 평균적으로 생산성이 증가하는데 이때 규모의 경제성(IRS)이 있다고 함. 반면, 투입물 규모이 x_B 보다 큰 경우 규모가 증가할수록 산출이 더 적게 증가하게 되며 규모의 불경제성(DRS)이 존재함
- 다섯 번째는 생산변경(production frontier)의 개념인데 생산가능집합의 가장 바깥쪽 경계를 생산변경이라고 하며, 이 경계 상에 위치한 점들은 효율적인 상태에 있다고 여겨짐. 효율적인 상태는 강효율(strongly efficient), 약효율(weakly efficient) 두 가지 유형으로 분류됨
- 첫째, 강효율적인 점들은 생산변경 상에 존재하면서 더 이상 어떠한 투입도 줄이거나 산출을 늘릴 여지가 없는 상태를 의미함. 다시 말해, 어떠한 자원 재할당이나 생산 방식의 변경 없이는 더 나은 성과를 달성할 수 없는 최적 상태를 나타냄
- 둘째, 약효율적인 점들은 생산변경 상에 존재하면서 여전히 어떤 투입이나 산출을 조금 더 효율적으로 조정할 수 있는 여지가 있는 상태임. 이는 자원 사용의 조정이나 생산 기술의 개선을 통해 더 나은 성과를 달성할 수 있는 가능성을 의미한다. 아래 왼쪽 그림에서 실선은 강효율적, 점선은 약효율적

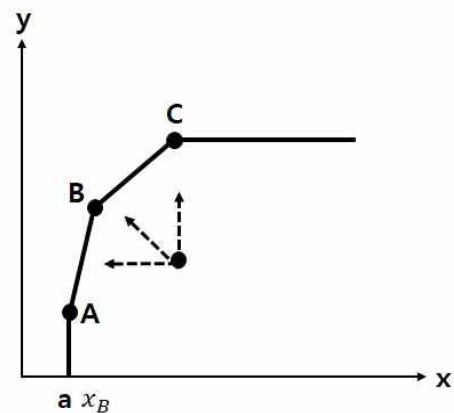
상태를 의미함

- 한편, 생산가능집합에 속하지만 생산변경 상에 위치하지 않은 점들은 비효율적인 점들로 분류됩니다. 이러한 점들은 현재 자원 사용 및 생산 방식에서 어떤 조정도 이루어지지 않는 한, 더 효율적인 성과를 달성할 수 있는 여지가 있는 상태입니다. 즉, 아래 오른쪽 그림처럼 산출물 수준을 유지하면서 투입 자원을 줄이거나, 투입 자원 수준을 유지하면서 산출물을 더 늘려 비효율성을 개선 가능

<그림 18> 약효율과 강효율



<그림 19> 비효율성의 개선



2. R&D 투자 효율성 평가

□ R&D 투자 효율성 평가 방법

○ R&D 투자 효율성의 정의

- R&D투자 효율성은 투입과 산출의 관계를 통해 측정. 효율성을 제고하기 위해 투입량을 최적화하고, 단위 투입 당 산출량을 최적화하는 두 가지 측면으로 접근할 수 있음
- 효율성은 특정 행위의 투입에 대한 기대되는 최적의 산출과 실제 산출 간의 차이를 줄이는 것을 의미합니다. 이를 위해 투입 요소로는 자본 투자뿐만 아니라 인적자본의 투입(연구원 수 등)도 고려할 수 있습니다. 산출 요소로는 논문과 특허 등의 결과물이 주로 활용됨
- 그러나 R&D투자의 목적은 단순히 논문과 특허로만 국한되지 않습니다. 국가R&D투자는 다양한 활동을 포괄하고 있으며, 프로그램이나 정책의 효율성을 논하기 위해서는 해당 프로그램/정책의 직접적인 산출에 대한 정확한 정의가 필요합니다. 즉, R&D투자 효율성을 측정하기 위해서는 투입과 산출을 명확히 정의하고, 최적의 산출과 실제 산출 간의 차이를 줄이는 방향으로 노력해야 함
- 위의 R&D투자 효율성 정의는 상당히 포괄적인 개념으로 R&D 효율성의 논의 수준을 내적 효율성, 투입 대비 산출 관점에서 효율성, 투입 대비 성과 관점에서 효과정으로 구분가능함

○ 관점에 따른 효율성(김기완 외, 2014)

- 투입을 최적화하여 효율성을 제고한다는 관점에서의 내적 효율성은 직접 목표 달성을 위한 적절한 운영 현황 점검, 즉 연구비, 연구인력 같은 효율적인 활용에 초점을 두며 비효율성의 개선을 위해 사업 및 과제 내 자원 이용의 비효율성 여부, 사업 및 과제 간 중복성에 대한 검토가 주로 이루어지게 된다. 이러한 내적 효율성의 예로는 연구비, 연구인력 관리 행위 혹은 KISTEP과 같은 과제관리기관에서의 조사분석 행위를 들 수 있다.

- 투입 대비 산출 관점에서의 효율성은 내적 효율성과 달리 실제 산출물이라고 할 수 있는 특허, 논문과 같은 성과를 위해 투입요소가 얼마나 사용되는지에 대한 효율성이다. 이 관점에서는 R&D 성과관리 가 매우 중요한 요소인데 실제로는 정부 R&D의 목적을 일반적인 성과조사의 요소인 특허, 논문으로 통일하기에는 한계가 있어 분석 대상 사업 및 과제의 목적과 개별 산출물의 설정에 대한 논의가 선행되어야 함
- 마지막으로 투입 대비 성과 관점에서 효율성은 R&D 투자의 궁극적인 성과인 매출액, 기술이전액과 같은 실제 경제로의 기여도에 염두를 둔 것으로 위의 두 가지 접근과는 상이한 접근을 하는데 이는 R&D 투자가 곧바로 궁극적인 성과로 이어지지 않으며 비선형적 경로를 통해 이루어지기 때문에 투입 대비 산출 관점에서의 효율성 분석과 연계가 필요함
- 본 연구에서는 위 세 가지 관점 중 투입 대비 산출, 투입 대비 성과 관점의 효율성을 분석하여 이를 연구단계인 기초단계와 응용단계와 배치시켜 내적 효율성에서 자원 이용의 비효율성 여부, 분석 대상 사업 및 과제의 목적별 효율성 산출 과정 차별화 논의, 매출액과 기술이전액 같은 궁극적 경제 기여에 대한 분석을 진행하고자 함

○ 효율성의 측정방법

- 효율성은 절대적 효율성과 상대적 효율성으로 구분되며 일반적인 효율성의 정의는 절대적 효율성을 의미한다. 한편 이러한 일반적인 효율성 정의는 분석에 있어 상대적 비교에 용이하지 않으며 전체요소의 측정 스케일이 변화할 때마다 효율성 점수가 바뀜(고길곤, 2017)
- 따라서 효율경계(Efficiency Frontier)에 위치한 가장 효율성이 높은 의사결정단위(DMU: Decision Making Unit)의 효율성과 해당 DMU의 효율성을 비교하는 상대적 효율성이 필요하다. 이러한 상대적 효율성은 0과 1 사이의 값을 가지며 비교가능성이 높고 이러한 상대적 효율성 값을 자료포락분석(DEA)에서는 효율성 점수라고 함

- 효율경계 아래에 위치한 비효율적 DMU의 경우 효율적 DMU의 선형결합으로 효율경계로 이동할 수 있으며 이동하는 거리에 따라 효율적 의사결정단위의 가중치가 결정됨
- DEA와 같은 비모수적 방법론은 다른 모수적 방법론에 비해 다수의 투입과 산출을 동시에 다룰 수 있고, AHP와 같이 평가 과정에서 가중치가 선행적으로 설정되지 않아도 되며 최소한의 정보를 활용해서 여러 조직이나 사업 과제에 대해 객관적으로 효율성을 분석할 수 있다는 장점이 있음
- 하지만, DEA 모형의 타당성을 검증하기 위한 통계적 방법이 존재하지 않아 투입물과 산출물, DMU의 설정에 따라 효율성이 크게 바뀌며 DMU의 수가 투입물과 산출물과 비교하여 충분한 자유도를 가질 수 있도록 커야하며 상대적 효율성을 측정하는 방법이기 때문에 비효율적이라고 판명된 DMU가 준거집단 내에서만 문제만 발생하는 것일 수도 있어 상대적 효율성을 평가하는 목적으로는 적합하지만 일반적인 평가지표를 이용한 절대적 효율성을 측정하는 목적으로는 한계가 있다.

□ 연구개발사업 효율성 평가 관련 투입-산출 변수

○ 투입 변수(Input Variables)

- R&D 프로젝트에서 투입요소는 연구 및 개발 작업을 수행하는 과정에서 사용되는 다양한 자원과 요소들을 의미함. 이러한 요소들은 프로젝트의 성과와 성공에 직접적으로 영향을 미치는 중요한 구성 요소로서, 연구자들이 프로젝트를 계획하고 진행할 때 고려해야 하는 핵심적인 요소임. 투입요소들은 주로 정량화 가능하며 측정 가능한 변수로 구성되며, 이들을 적절히 조절하고 관리함으로써 연구 프로젝트의 효율성과 성과를 극대화하고자 함
- 투입요소의 대표적인 예시로는 연구비, 연구인력, 연구장비, 연구시설, 시간, 지식스톡 등이 있음. 연구비는 연구 활동을 위해 필요한

자금을 지원하며, 실험 비용, 재료 구매, 논문 출판 비용 등을 포함함. 연구인력은 프로젝트를 수행하는데 참여하는 연구자들의 인원과 역량을 나타내며, 연구진의 전문성과 역할은 프로젝트의 성패를 좌우하는 중요한 요소임

- 연구장비와 연구시설은 연구 활동을 위해 필요한 도구와 공간을 제공하며, 이들의 효율적인 활용은 연구 작업의 진행 속도와 품질에 큰 영향을 미칩니다. 시간은 프로젝트의 기간과 일정을 나타내며, 효과적인 시간 관리는 연구 결과물의 품질과 프로젝트의 성공에 관련이 있습니다. 지식스톡은 연구자가 이미 보유하고 있는 지식과 경험을 나타내며, 이를 기반으로 문제 해결과 혁신이 가능함
- 그러나 이러한 투입요소들 중에는 측정이 어려운 변수들도 존재함 연구자의 노력, 창의성, 연구환경, 제도 등은 명확한 정량화가 어렵지만 중요한 영향을 미치는 변수들입니다. 이들을 적절히 고려하고 포함시키는 것이 실제 R&D 효율성 평가에는 필수적임

○ 산출 변수(Output Variables)

- R&D 활동의 산출요소는 연구 및 개발 작업의 결과물 및 성과를 나타내며, 이들은 연구자들의 투자한 노력과 자원의 가치를 측정하고 평가하는데 사용됨. 산출요소는 주로 지식, 기술적 결과물, 경제적 성과 등 다양한 형태로 나타냄. 연구자들은 이러한 결과물을 분석하고 해석하여 연구 프로젝트의 가치와 효과를 평가하며, 조직이나 사회에 미치는 영향을 추적함
- 산출요소의 대표적인 예시로는 특허, 학술논문, 신제품 개발 건수, 경제적 성과 등이 있음. 특허는 연구 결과물의 기술적 혁신을 보호하고 나타내며, 기술의 혁신성과 창의성을 평가하는 지표로 활용됩니다. 학술논문은 연구 결과를 학계와 전문가들과 공유하며, 지식의 확산과 학문적 기여를 나타내는 지표임. 신제품 개발 건수는 혁신과 경쟁력을 측정하는데 도움을 주며, 경제적 성과는 연구 결과물이 조직이나 사회에 어떠한 가치를 창출하거나 비용을 절감하는 데 어떠한 영향을 미치는지를 분석함

- 연구자들은 산출요소를 분석하면서 자신들의 노력과 투자한 자원이 얼마나 가치 있는 결과물을 만들어냈는지를 확인하고, 연구의 진전과 발전을 추적하며, 조직이나 사회에 미치는 영향을 평가함. 이를 통해 연구자들은 연구의 방향을 조정하고 미래 프로젝트를 계획하며, 지속적인 혁신과 발전을 이끌어낼 수 있음
- R&D 산출요소는 단기적인 결과부터 장기적인 영향까지 다양한 형태로 나타냄. 이들은 투자한 자원의 가치를 판단하고 기업이나 기관의 미래 성장에 영향을 미치는 중요한 지표들임

○ 연구개발사업 단계에 따른 투입 및 산출 변수

- 연구개발(Research and Development, R&D) 사업은 보통 기초, 응용, 개발 등으로 나누어 볼 수 있는데, 정부의 R&D 사업은 민간의 연구개발 투자와 달리 당장의 제품생산이나 경제적 성과보다는 국가 단위에서 중장기적으로 필요한 기초, 기반기술의 육성이 목적이 되기에 기초 및 응용 부문의 연구가 대부분임.
- 이들 연구의 경우, 산출 변수에 직접적인 성과지표들을 배제하고 모든 기술 분야에 고루 적용이 가능한 학술적 성과 변수인 논문과 특허 등을 사용하고 있음. 또한 응용적인 성격이 높은 연구의 경우에는 파급효과 및 경제적 성과 변수로서 기술료, 기술이전 등을 사용하고 있음.
- 또한 정부 R&D 사업의 평가에 사용되는 투입 변수는 기본적으로 연구비와 연구인력, 그리고 연구기간 등 3개 지표가 가장 널리 사용되고 있음.
- 그러나 정부의 R&D 중에서도 연구의 목적을 뚜렷이 가지고 있는 연구개발사업이 있으며, 본 연구의 대상인 탄소중립 이행 또는 온실가스 감축 등 본 연구의 대상 연구개발사업 역시 이에 해당함
- 이들은 20세기에는 목적기초 등으로 분류되었었으나 정부의 연구개발비 규모가 크게 증가한 현재에는 분야별 분류 안으로 융합되어 기초, 응용연구들과 혼재되어 있음.
- 실제로 정부의 R&D를 총괄하여 연구하는 한국과학기술기획평가원

(KISTEP)이나 산업통상자원부의 에너지 부문 정부 R&D를 총괄하는 한국에너지기술평가원(KETEP) 등은 명시적으로 목적을 가지고 있는 연구개발사업의 평가를 위하여 여러 산출 변수들을 작성하여 통계화하고 있음.

- 한국에너지기술평가원(KETEP)은 담당하는 에너지효율화 및 온실가스감축 연구개발사업에 대하여 에너지절약량, CO2 감축량 등의 통계자료를 작성하고 있으며 한국과학기술기획평가원(KISTEP)도 다양한 성과지표를 작성하고 있음.

○ 다양한 연구 목적에 따른 R&D 투입 및 산출 변수

- R&D 효율성을 다루는 기존의 논문들에 따르면 국가, 사업, 과제 단위 및 분야 대상 분야에 따라 사용하는 투입 변수 및 산출 변수가 매우 다양함
- 아래 표에 주요 R&D 효율성 평가 연구의 투입 및 산출 변수들을 정리하였음
- 이들 연구를 살펴보면 공통적으로 사용하는 투입 변수인 연구비와 연구인력, 그리고 연구기간, 그리고 공통적으로 사용하는 산출 변수인 논문, 특허 및 기술료, 기술이전은 물론 다양한 지표들을 투입 변수 및 산출 변수로 활용하여 효율성 분석에 사용하고 있음을 확인할 수 있음. 특히 수출액/매출액, 산업부가가치, 고용창출효과 등 상당히 직접적인 효과를 대변하는 산출 변수들이 자주 사용되고 있음을 확인할 수 있음

<표 19> 주요 R&D 효율성 평가 연구의 투입 및 산출 변수 정리

연구자	대상분야	투입변수	산출변수
Wang and Huang (2007)	국가 R&D	연구비, 연구인력	논문, 특허, 기술 수출액
Hsu and Hsueh (2009)	정부 R&D	연구비(정부, 민간), 연구인력, 연구개발시차	논문, 특허, 기술료
H. Lee et al. (2009)	정부 R&D	연구비, 연구인력	논문, 특허
Lu, Wen-cheng (2009)	산업 R&D	연구비, 연구인력, 특허, 물리적 자산	매출액
Sinimole, K. et al. (2021)	국가 R&D	연구비, 연구인력	논문, 기술 수출액
고민수 외 (2001)	국가 R&D	연구비, 연구인력, 인구대비 연구인력 비율	특허출원/등록, SCI 논문, SCI 논문인용횟수
김경원 (2006)	산업 R&D	연구비, 연구인력, 연구기간	특허, 논문, 매출액
김태희 외 (2009)	원자력 R&D	연구비, 연구인력	SCI 논문, 특허, 인력양성, 기술확산
변상규 · 한정희 (2009)	국가 R&D	연구비, 연구인력	논문, 특허, 기술료
백철우 · 이순배 (2010)	선도기술 R&D	정부출연금/민간부담금, 연구인력	논문, 특허, 기술료
박성민 (2011)	산업 R&D	정부출연금/민간부담금, 연구기간	특허/SCI논문, SCI 인용/기술수준, 외부공동저자 비율
권철홍 외 (2012)	에너지 R&D	연구비, 연구인력, 과제기간	논문, 특허, 기술이전

최고봉 외 (2014)	에너지 R&D	연구비	논문, 특허, 기술료
현승현 외 (2014)	녹색기술 R&D	연구비, 연구인력, 참여기관수	특허, 논문, 기술료/매출액
김홍규 외 (2015)	산업 R&D	정부출연금/민간부담금 연구인력, 연구기간	특허, 논문, 매출액
문관식 외 (2016)	산림 R&D	연구비, 연구인력	논문, 보고서, 발표, 기술이전
엄익천 외 (2016)	신약 R&D	정부출연금, 민간부담금	논문, 특허, 기술료
박정우 외 (2018)	국방 R&D	연구비, 연구인력, 연구기간	논문, 특허, 기술이전
김경수 외 (2019)	산업 R&D	정부출연금, 연구기간	특허등록, SMART 지수
우청원 (2019)	에너지 R&D	정부출연금, 민간부담금	논문, 특허, 신규고용창출
채종옥 · 정성 민 (2020)	국가 R&D	연구비, 연구인력	특허, 산업부가가치
김준현 외 (2020)	농림 R&D	연구비, 연구기간	특허, 논문
송정민 외 (2022)	신약 R&D	연구비, 연구기간, 참여기관수	SCI논문/피인용지수, 특허출원수

자료: 윤가혜. (2023) 「정부 에너지 R&D의 효율성과 적정 포트폴리오 및 영향요인 분석」, 신경철. (2021) 「DEA를 이용한 에너지 및 산업분야 정부 R&D 사업의 효율성 분석」, 최고봉, 김문정, 조인경, 김은성, & 허은녕. (2014) 「DEA기법을 활용한 국내에너지기술개발사업 효율성 분석」를 바탕으로 재구성

○ 본 연구에서 사용하는 투입 및 산출 변수

- 본 연구는 정부 R&D 사업을 대상으로 하기에 우선 기초연구에 작용되는 투입 및 산출 변수를 적용함
- 투입 변수는 기본적으로 연구비와 연구인력, 그리고 연구기간 등 3개 지표를 사용하고자 함.
- 단, 본 연구의 경우 정부 R&D 사업의 효율성이 분석대상이기에 전체 연구비 중에 정부출연금과 민간부담금을 나누어 별도의 변수로 사용하고자 함. 이를 통하여 민간 부담의 정도가 미치는 영향을 평가할 수 있을 것임
- 산출 변수로는 모든 기술 분야에 고루 적용이 가능한 학술적 성과 변수인 논문과 특허, 그리고 파급효과 및 경제적 성과 변수인 기술료, 기술이전 등을 사용하고자 함.
- 이때, 파급효과 및 경제적 성과 변수인 기술료, 기술이전 등을 별도로 단일 산출 변수로 하는 분석을 추가하고자 함. 이를 통하여 우리나라의 탄소중립 이행 또는 온실가스 감축 부문 연구개발사업들이 논문 및 특허를 목표로 하는 기초연구적인 성격이 강한지 기술이전이나 기술료 등 경제적 성과를 보다 반영한 응용연구적인 성격이 강한지 확인하여 보고자 함

제5장 기후기술 국가R&D 투자 효율성 실증분석

1. 기후기술 개요

□ 우리나라 기후기술 분류

- 2017년 12월 과학기술정보통신부와 녹색기술센터(現 녹색기술연구소)에서 수립한 녹색기술 수립체계는 IPCC의 분류 기준에서의 감축(mitigation), 적응(adaptation)을 사용한다. 이외 모호한 분야들을 모아 감축/적용 융복합(mitigation/adaptation convergence)의 대분류로 분류하며 하위로 14개 중분류, 45개 소분류로 구분
- IPCC(2021) 보고서에 따르면 감축(mitigation)은 자원의 활용을 줄이기 위한 인류의 조정 활동 또는 온실가스의 흡수원을 증대시키는 것을 의미하며 적응(adaptation)은 인간 시스템에서 피해를 완화하거나 유익한 기회를 활용하기 위해 실제 또는 예상되는 기후 및 기후 영향에 대해 조정하는 과정을 의미함
- 2021년 과학기술정보통신부의 탄소중립 기술혁신 추진 전략에서는 태양광·풍력, 수소, 바이오 에너지, 철강·시멘트, 석유화학, 산업공정 고도화, 수송효율, 건물효율, 디지털화, CCUS 등 10대 기술을 우리나라 탄소중립 10대 핵심기술로 설정하였음.
- 2022년 9월 23일 ‘기후변화대응 기술 세부내용 고시’ (“기후기술고시”)가 시행되면서 새로운 기후기술 분류체계에 따라 통계를 작성할 예정이며 2023년 5월 발표된 탄소중립 100대 기술과도 연관성이 있도록 변경됨

<표 20> 기존의 기후기술 분류체계

대분류	중분류		
감축	온실가스 저감	에너지 생산 · 공급	비재생에너지
			재생에너지
			신에너지
		에너지 저장 · 운송	전력저장 수소저장
			송배전시스템 전기지능화 기기
		에너지 수요	수송효율화 산업효율화 건축효율화
		온실가스 고정	CCUS Non-CO2 저감
적응	농업 · 축산		유전자원 · 유전개량 작물재배 · 생산 가축질병관리 가공 · 저장 · 유통
	물관리		수계 · 수생태계 수자원 확보 및 공급 수처리 수재해 관리
	기후변화예측 및 모니터링		기후예측 및 모델링 기후 정보 · 경보 시스템
	해양 · 수산 · 연안		해양생태계 수산자원 연안재해 관리
	건강		감염 질병 관리 식품 안전 예방
	산림 · 육상		산림 생산 증진 산림 피해 저감 생태 모니터링 · 복원
감축/ 적응 융복합	다분야 중첩		신재생에너지 하이브리드 저전력 소모 장비 에너지 하베스팅 인공광합성 분류체제로 다루기 어려운 기타

자료: 녹색기술연구소의 2023년 국가 기후기술 분류체계를 바탕으로 재구성

<표 21> 기후변화대응 기술 세부내용 고시에 따른 新분류

구분	기후변화 적용 기술	세부 기술
감축	온실가스를 배출하지 않거나 기존보다 적게 배출하면서 열 또는 전기를 생산하는 기술	태양광, 태양열 풍력, 해양에너지 수력, 수열, 지열 바이오에너지 수소·암모니아 발전 석탄액화·가스화 원자력, 핵융합에너지
	온실가스 배출을 줄일 수 있는 연료·원료 또는 제품을 생산·운송·활용하는 기술	수소, 바이오매스 폐자원
	에너지의 생산·저장·전달·소비 효율을 향상시키거나 에너지 사용을 최적화하는 기술	발전효율, 산업효율 수송효율, 건물효율
	온실가스를 포집·저장·활용 등의 방식으로 처리하거나 흡수 또는 대체하는 기술	CCUS, 메탄 처리 기타 온실가스 처리 및 대체 탄소흡수원
	위 4개 기술까지의 기술 중 둘 이상의 기술을 융합하여 에너지를 생산·저장·전달·소비하는 기술	전력 통합, 열 통합 전력-비전력 결합
적응	기후변화의 원인과 현상을 관측·조사하여 기후변화를 감시하고 예측하는 기술	기후변화 감시 및 진단 기후변화 예측
	기후변화가 국민건강이나 산업, 생활환경 등에 미치는 영향 및 기후변화에 대한 취약성과 위험성을 조사·분석·진단하는 기술	기후변화 영향 평가 기후변화 취약성 및 위험성 평가
	기후변화로 인한 피해를 줄이거나 사전에 예방하여 기후변화 적응 역량을 높이고 기후변화로 인한 피해로부터 회복할 수 있는 기후탄력성을 강화하는 기술	건강 / 물 부문 국토·연안 부문 농축수산 부문 산림·생태계 부문 산업·에너지 부문
	기후변화 적응 관련 정책이나 기술의 진척 및 효과를 분석·평가하는 기술	적응조치의 효과평가 기후변호 적응기반

자료: 과학기술정보통신부의 2022년 고시 제55호(기후변화대응 기술 세부내용 고시)를 바탕으로 재작성

2. 실증분석 대상 사업 및 과제

□ 분석 대상 사업

- 본 연구에서 분석하는 사업의 자료들은 해당 연구개발사업을 시행하는 정부 부처에 요청하여 전달받았음
- 본 연구 시작과 함께 관련 부처에 1차로 자료요청을 통해 총 41개 사업에 대한 정보를 얻을 수 있었으며 8월 말 부처별로 추가적인 2차 자료요청을 통해 산업통상자원부 13개, 과학기술정보통신부 9개, 농림축산식품부 2개, 해양수산부 14개, 환경부 5개 등 총 5개 부처 43개 사업에 대한 자료를 수합하였음. 사업별 요청항목에 대한 설명은 아래 표와 같음
- 위와 같은 자료요청을 통해 사업DB를 구축 후 분석을 위해 정부출연금, 민간부담금, 연구기간, SCI, 특허, 매출액 및 기술이전액 합계 등 분석에 필요한 자료가 모두 존재하는 사업을 추렸음
- 그 결과 자료를 요청한 43개 대상 사업 중 요청기간 중 분석에 필요한 자료를 모두 구축하여 제공한 사업은 17개 사업에 불과하였음. 이에 본 연구에서는 모든 자료가 있는 17개 사업들에 대해서만 DEA 분석에 사용하여 분석하였음

<표 22> 부처별 자료요청 항목 관련사항

항목		설명
사업 및 과제 선정		사업 및 과제 선정의 경우 탄소중립 이행을 위한 부처 내 R&D 사업의 전주기에 걸쳐 종료된 과제들에 대해서 자료요청
예산 (단위: 억원)	정부출연금	각 사업 및 과제의 예산을 정부출연금, 민간부담금, 기타금액으로 분리해서 요청
	민간부담금	
	기타금액	
연구기간(단위: 개월)		과제별로 연구기간을 계산 후 상위 사업과 연계하여 평균 처리
참여기관 수(단위: 개)		과제별로 참여기관 수를 계산 후 상위 사업과 연계하여 함께 처리
SCI(단위: 건)		각 과제에 대해 항목별 수합 후 상위 사업과 연계하여 함께 처리
특허(단위: 건)		
매출액 및 기술이전액 (단위: 억원)		
탄소중립 100대 핵심기술 분류		분류 1: 초격차, 신격차, 감격차 (기술격차/수준) 분류 2: 원자력, 태양광 등 (기술분류)
국가기후기술 분류		분류 1: 기후기술 관련 중분류 분류 2: 기후기술 관련 세분류

- 주. 1. 위 항목별 설명은 1/2차 자료요청 시 포함되어 보내진 요구사항으로 이후 이어지는 분석대상 사업들의 경우 위 항목에 의거한 사업임
- 주. 2. 탄소중립 100대 핵심기술 분류 및 국가기후기술 분류의 경우 사업 내 과제별로 수합했으며 이는 각 사업에서 진행하는 과제의 핵심기술 현황을 알기 위함임

<표 23> 분석대상 17개 사업

No.	사업명	부처
1	원자력핵심기술개발(R&D)	산업통상자원부
2	스마트그리드핵심기술개발(R&D)	
3	신재생에너지핵심기술개발(R&D)	
4	에너지수요관리핵심기술개발(에특)(R&D)	
5	에너지안전기술개발(R&D)	
6	에너지자원순환기술개발(R&D)	
7	청정화력핵심기술개발(R&D)	
8	ESS기술개발사업(R&D)	
9	청정생산기반산업공생기술개발사업(R&D)	
10	수소차용차세대연료전지시스템기술개발(R&D)	
11	스마트팜다부처패키지혁신기술개발(R&D)	농림수산식품부
12	글로벌담환경기술개발사업(R&D)	환경부
13	생활폐기물재활용기술개발사업(R&D)	
14	재활용저해제품순환 이용성개선기술개발사업(R&D)	
15	지중환경오염위해관리기술개발사업(R&D)	
16	폐자원에너지화기술개발(R&D)	
17	기후변화대응기술개발(R&D)	과학기술정보통신부

주. 위 목록은 본 연구의 분석 모델에서 사용하고자 하는 모든 변수의 자료가 존재하는 사업들임. 부처별로 수합하여 제출된 자료를 정리한 결과 수합된 총 43개 사업 중 17개 사업이 이 기준에 해당하여 이를 바탕으로 재작성함

□ 분석 데이터 및 방법론

○ 분석 데이터

- 본 연구는 정부 R&D 사업을 대상으로 하기에 기초연구에 작용되는 투입 및 산출 변수를 적용함
- 투입물(Input) 변수의 경우 전체 사업비 중 정부출연금(단위: 억 원), 민간부담금(단위: 억 원), 연구기간(단위: 개월)을 사용하였음
- 산출물(Output) 변수의 경우 사업기간 내 발생한 SCI급 논문(단위: 건), 국내 및 해외 특허 출원·등록(단위: 건), 사업의 경제적 활동으로 발생한 경제적 성과(단위: 억 원)을 사용하였음
- 또한 매출 및 기술이전액 등 경제적 성과 변수를 별도로 단일 산출 변수로 하는 분석을 추가함. 이를 통하여 대상 연구개발사업이 기초연구적인 성격이 강한지 응용연구적인 성격이 강한지 확인하여 보고자 함
- 아래 표를 보면 분석대상 사업별 민간부담 비율이 높을수록 전체사업비 대비 매출 및 기술이전액 합계 비율이 SCI 및 특허보다 확실히 높게 나타나는 것을 확인할 수 있음
- 이는 정부출연금의 비중 또는 민간부담금의 비중으로 해당 연구개발사업들을 기초단계 및 응용단계로 어느 정도 구분할 수 있음을 알려 줌.

<표 24> 분석대상 사업별 민간부담 비율 및 기타 통계지표

No.	사업명	민간부담 비율(%)	전체사업비 대비 비율		
			SCI	특허	매출 및 기술이전
1	원자력핵심기술개발(R&D)	38.9%	0.055	0.146	0.281
2	스마트그리드핵심기술개발(R&D)	34.8%	0.054	0.217	0.124
3	신재생에너지핵심기술개발(R&D)	58.9%	0.075	0.131	0.474
4	에너지수요관리 핵심기술개발(에특) (R&D)	27.8%	0.097	0.242	0.112
5	에너지안전기술개발(R&D)	21.2%	0.068	0.215	0.048
6	에너지자원순환기술개발(R&D)	25.3%	0.090	0.206	0.559
7	청정화력핵심기술개발(R&D)	45.4%	0.070	0.184	0.814
8	ESS기술개발사업(R&D)	27.0%	0.135	0.316	0.045
9	청정생산기반산업 공생기술개발사업(R&D)	23.2%	0.011	0.150	0.549
10	수소차용차세대연료전지 시스템기술개발(R&D)	33.2%	0.041	0.145	0.025
11	스마트팜다부처패키지혁신기술개발(R&D)	3.4%	0.641	1.381	0.145
12	글로벌탄환경기술개발사업(R&D)	11.5%	0.215	0.370	11.610
13	생활폐기물재활용기술개발사업(R&D)	31.3%	0.031	0.152	0.830
14	재활용저해제품순환 이용성개선기술개발사업(R&D)	37.3%	0.047	0.345	0.311
15	지중환경오염위해관리기술개발사업(R&D)	28.0%	0.331	0.384	1.679
16	폐자원에너지화기술개발(R&D)	15.8%	0.073	0.240	8.057
17	기후변화대응기술개발(R&D)	24.9%	0.857	0.544	0.024

자료: 부처별로 수합된 자료 중 분석대상인 17개 사업의 자료를 활용함

○ 기후기술분류를 이용한 분석대상 사업 분석

- 국가기후기술 중분류 및 세분류를 이용하여 분석 대상 사업들을 분류한 결과 원자력핵심기술개발사업, 스마트그리드핵심기술개발사업, 신재생에너지기술개발사업처럼 특정 기술에 대한 연구가 진행되는 사업도 있는 반면 에너지수요관리핵심기술개발사업, 글로벌탐환경기술개발사업 등 다양한 기술을 개발하는 사업 또한 존재함을 알 수 있음
- 특히 산업부의 에너지수요관리핵심기술개발사업, 과학기술정보통신부의 기후변화대응기술개발사업, 그리고 환경부의 글로벌탐환경기술개발사업, 지중환경오염위해관리기술개발사업의 경우 다양한 분야의 기술개발을 목적으로 사업을 진행하고 있음

<표 25> 국가기후기술 중분류에 따른 사업별 기술분류

No.	사업명	국가기후기술 중분류			
		1순위	2순위	3순위	4순위
1	원자력핵심기술개발(R&D)	비재생 에너지 (100)			
2	스마트그리드핵심기술개발(R&D)	송배전 전력IT (100)			
3	신재생에너지핵심기술개발(R&D)	재생에너지 (78.3)	신에너지 (21.7)		
4	에너지수요관리 핵심기술개발(예특) (R&D)	에너지수요 (73.0)	온실가스 고정 (14.5)	에너지저장 (7.5)	송배전 전력IT (2.5)
5	에너지안전기술개발(R&D)	에너지저장 (100)			
6	에너지자원순환기술개발(R&D)	다분야융합 (100)			
7	청정화력핵심기술개발(R&D)	비재생 에너지 (100)			
8	ESS기술개발사업(R&D)	에너지저장 (100)			
9	청정생산기반산업 공생기술개발사업(R&D)	에너지수요 (53.3)	비재생에너지 (46.7)		
10	수소차용차세대연료전지 시스템기술개발(R&D)	에너지수요 (100)			
11	스마트팜다부처패키지혁신기술개발(R&D)	재생에너지 (36.4)	신에너지 (36.4)	다분야융합 (27.3)	
12	글로벌담환경기술개발사업(R&D)	물 (51.1)	온실가스고정 (27.9)	다분야융합 (15.1)	모니터링 (5.9)
13	생활폐기물재활용기술개발사업(R&D)	다분야융합 (77.9)	재생에너지 (22.1)		
14	재활용저해제품순환 이용성개선기술개발사업(R&D)	에너지수요 (100)			
15	지중환경오염위해관리기술개발사업(R&D)	물 (42.6)	산림육상 (31.5)	다분야융합 (18.8)	건강 (7.1)
16	폐자원에너지화기술개발(R&D)	재생에너지 (68.2)	다분야융합 (31.8)		
17	기후변화대응기술개발(R&D)	재생에너지 (39.7)	다분야융합 (25.4)	신에너지 (15.9)	에너지저장 (10.3)

주. 1. 괄호안은 각 기술이 차지하는 과제 수를 해당 사업 내 전체 과제 수로 나눈 것임

주. 2. 지중환경오염위해관리기술개발사업의 경우 해당하는 분류가 없는 것으로

환경부에서 판단

자료: 부처별 수합자료를 이용 및 분석해 재작성

<표 26> 국가기후기술 세분류에 따른 사업별 기술분류

No.	사업명	국가기후기술 중분류			
		1순위	2순위	3순위	4순위
1	원자력핵심기술개발(R&D)	원자력발전 (100)			
2	스마트그리드핵심기술개발(R&D)	송배전 시스템 (100)			
3	신재생에너지핵심기술개발(R&D)	태양광 (31.4)	풍력 (18.0)	연료전지 (13.4)	바이오 에너지 (9.2)
4	에너지수요관리 핵심기술개발(예특) (R&D)	산업효율화 (42.8)	건축효율화 (22.6)	CCUS (14.5)	수송효율화 (7.5)
5	에너지안전기술개발(R&D)	수소저장 (100)			
6	에너지자원순환기술개발(R&D)	기타기술 (100)			
7	청정화력핵심기술개발(R&D)	청정화력 (100)			
8	ESS기술개발사업(R&D)	전력저장 (100)			
9	청정생산기반산업 공생기술개발사업(R&D)	산업효율화 (53.3)	청정화력 (46.7)		
10	수소차용차세대연료전지 시스템기술개발(R&D)	수송효율화 (100)			
11	스마트팜다부처패키지혁신기술개발(R&D)	연료전지 (36.4)	신재생에너지 하이브리드 (27.3)	바이오에너지 (22.7)	태양광 (13.6)
12	글로벌탄환경기술개발사업(R&D)	수처리 (37.0)	Non-CO2 저감 (27.2)	기타기술 (15.1)	수자원 (14.1)
13	생활폐기물재활용기술개발사업(R&D)	기타기술 (77.9)	바이오에너지 (22.1)		
14	재활용저해제품순환 이용성개선기술개발사업(R&D)	산업효율화 (100)			
15	지중환경오염위해관리기술개발사업(R&D)	수처리 (42.6)	생태복원 (31.5)	기타기술 (18.8)	감염질병 (7.1)
16	폐자원에너지화기술개발(R&D)	바이오 에너지 (68.2)	기타기술 (31.8)		
17	기후변화대응기술개발(R&D)	기타기술 (24.6)	태양광 (23.8)	바이오 에너지 (15.1)	연료전지 (12.7)

주. 1. 괄호안은 각 기술이 차지하는 과제 수를 해당 사업 내 전체 과제 수로 나눈 것임

주. 2. 지중환경오염위해관리기술개발사업의 경우 해당하는 분류가 없는 것으로

환경부에서 판단

자료: 부처별 수합자료를 이용 및 분석해 재작성

□ DEA 분석과정

○ 분석 방법론

- DEA 모형에는 수익불변 수익규모(CRS)를 가정하는 CCR모형(1978)과 수익가변 수익규모(VRS)를 가정하는 BCC모형(1984)가 있는데 본 연구에서는 모든 사업에서 산출물을 극대화하려고 노력한다는 가정하에 산출지향 BCC 모형을 활용하여 각 사업의 효율성을 평가함

$$\begin{aligned} & \max_{\theta, \lambda^1, \dots, \lambda^K} \theta_V \\ & s.t. \theta_V y_m^j \leq \sum_{k=1}^K \lambda^k y_m^k, m=1, \dots, M, \sum_{k=1}^K \lambda^k x_n^k \leq x_n^j, n=1, \dots, N \\ & \sum_{k=1}^K \lambda^k = 1, \lambda^k \geq 0, k=1, \dots, K \end{aligned}$$

<수식 1> . DEA 산출지향 BCC모형 계산과정

- 이 때 각 변수의 가중치로 설정된 λ^K 는 비효율적 DMU에서는 0, 효율적 DMU는 유의한 값을 가짐

○ 분석 모형

- 본 연구에서는 정부 R&D 사업의 효율성이 분석대상이기에 전체 연구비 중에 정부출연금과 민간부담금을 나누어 별도의 변수로 사용하고자 함. 이를 통하여 민간 부담의 정도가 미치는 영향을 평가할 수 있을 것임. 이에 투입 변수는 국가출연금, 민간부담금, 연구기간 등 3개가 됨
- 산출 변수로는 모든 기술 분야에 고루 적용이 가능한 학술적 성과 변수인 논문과 특허, 그리고 경제적 성과 변수인 기술료 및 기술이전 합계 등 3개를 사용하고자 함.
- 또한 산출 변수를 나누어 두 가지 분석 Model을 적용하고자 함. 세 산출 변수를 모두 사용하는 Model 1에 더하여 경제적 성과 변수인

기술료, 기술이전 등을 별도로 단일 산출 변수로 하는 Model 2를 분석에 추가하고자 함.

- 이를 통하여 우리나라의 탄소중립 이행 또는 온실가스 감축 부문 연구개발사업들이 논문 및 특허를 목표로 하는 기초연구적인 성격이 강한지 기술이전이나 기술료 등 경제적 성과를 보다 반영한 응용연구적인 성격이 강한지 확인하여 보고자 함
- Model 2의 효율성 결과와 비교하기 위함으로 Model 1과 Model 2를 이용한 효율성 분석 후 사업별 효율성 변화와 전체사업비 대비 산출물의 비율간의 관계를 측정하였음

<표 27> 분석모형 및 사용 변수

구분	투입 변수	산출 변수
Model 1	정부출연금, 민간부담금, 연구기간	SCI, 특허, 경제적 성과 (매출액 및 기술이전액 합계)
Model 2		경제적 성과 (매출액 및 기술이전액 합계)

3. 기후기술 국가R&D투자 사업단위 효율성 분석

□ Model 별 분석 결과

- Model 1의 경우 전체 17개 사업 중 4개 사업, Model 2의 경우 2개 사업이 효율적인 것으로 분석 되었으며 모델별로 최고의 효율을 보인 사업은 다음과 같음

<표 28> Model 별 효율성 최고 사업

구분	부처	사업명
Model 1	산업통상자원부	신재생에너지핵심기술개발(R&D)
	농림축산식품부	스마트팜다부처패키지혁신기술개발(R&D)
	환경부	글로벌탄환경기술개발사업(R&D)
		생활폐기물재활용기술개발사업(R&D)
Model 2	환경부	글로벌탄환경기술개발사업(R&D)
		생활폐기물재활용기술개발사업(R&D)

- 산업통상자원부의 신재생에너지핵심기술개발사업의 경우 전체사업비 대비 매출액 및 기술이전액 합계가 0.474로 분석 대상 사업들 중 7번째로 높은 편이며 SCI 및 특허 비중도 상대적으로 높아 Model 1에서 효율적 사업으로 분석되었으며 Model 2로 분석하였을 때는 매출액 및 기술이전액 합계만 산출물로 포함되어 비효율적 사업으로 바뀌었음을 알 수 있음
- 농림축산식품부의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 경우 매출액 및 기술이전액 합계 비율은 낮으나 SCI 및 특허 비율이 타 사업들에 비해 높아 Model 1에서는 효율적 사업으로 분류되었으나 매출액 및 기술이전액 합계 비율이 낮아 Model 2에서는 0.019의 효율성으로 급감하는 것을 확인할 수 있음
- 위 두 사업의 분석결과를 비교하면 신재생에너지핵심기술과 스마트팜다부처 패키지혁신기술개발의 총 사업비 규모는 각각 3조 14억원, 50억원으로 사

업의 규모가 효율성을 결정하는 것이 아니라 사업규모 대비 산출물 규모가 실제 효율성에 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있음

- 환경부의 글로벌탄환경기술개발사업의 경우 총 사업비 2,026억원 규모의 사업으로 전체사업비 대비 SCI, 특허, 매출액 및 기술이전액 합계 비율이 각각 0.215, 0.370, 11.610으로 모든 비율이 전체 분석대상 사업들 중 높은 편이며 특히 매출액 및 기술이전액 합계에 대한 비율이 제일 높아 Model 1 및 2에서 모두 효율적인 사업으로 분석되었음
- 환경부의 생활폐기물재활용기술개발사업의 경우 총 447억원 규모의 사업으로 전체사업비 대비 SCI, 특허, 매출액 및 기술이전액 합계 비율이 각각 0.031, 0.152, 0.830으로 글로벌탄환경기술개발사업보다는 낮으나 특허와 매출액 및 기술이전액 합계 비율이 전체 사업들중 높은 편에 속해 Model 1 및 2에서 모두 효율적인 사업으로 분석되었음
- 전체사업비 대비 SCI, 특허, 매출액 및 기술이전액 비율과 Model 1과 2의 효율성을 이용한 상관관계 분석에서도 Model 1에서 효율성은 SCI 및 특허 비율과 유의한 상관관계를 가지며 Model 2에서 효율성은 매출액 및 기술이전액 합계와 유의한 상관관계를 가지는 것을 확인할 수 있음

<표 29> Model 별 효율성과 전체사업비 대비 비율 간 상관관계 분석

구분		Model 1 효율성	Model 2 효율성
전체사업비 대비 비율	SCI	0.8323***	0.3166
	특허	0.6338***	0.1706
	매출액 및 기술이전액 합계	0.0752	0.7571***

주. 1. 상관관계 분석은 Pearson 상관관계 분석방법으로 진행하였음

2. *, **, ***은 각각 90%, 95%, 99% 신뢰수준 하에서 유의함을 나타냄

<표 30> Model 별 효율성 분석 결과

No.	사업명	전체사업비 대비 매출액 및 기술이전액 합계	효율성	
			Model 1	Model 2
1	원자력핵심기술개발(R&D)	0.281 (10)	0.424 (14)	0.083 (8)
2	스마트그리드핵심기술개발(R&D)	0.124 (12)	0.580 (9)	0.029 (13)
3	신재생에너지핵심기술개발(R&D)	0.474 (8)	1.000 (1)	0.610 (4)
4	에너지수요관리 핵심기술개발(예특) (R&D)	0.112 (13)	0.708 (8)	0.070 (9)
5	에너지안전기술개발(R&D)	0.048 (14)	0.428 (12)	0.006 (15)
6	에너지자원순환기술개발(R&D)	0.559 (6)	0.427 (13)	0.061 (11)
7	청정화력핵심기술개발(R&D)	0.814 (5)	0.579 (10)	0.127 (6)
8	ESS기술개발사업(R&D)	0.045 (15)	0.726 (7)	0.006 (15)
9	청정생산기반산업 공생기술개발사업(R&D)	0.549 (7)	0.258 (17)	0.069 (10)
10	수소차용차세대연료전지 시스템기술개발(R&D)	0.025 (16)	0.297 (16)	0.003 (17)
11	스마트광다부차파지핵심기술개발(R&D)	0.024 (17)	1.000 (1)	0.019 (14)
12	글로벌담환경기술개발사업(R&D)	0.145 (11)	1.000 (1)	1.000 (1)
13	생활폐기물재활용기술개발사업(R&D)	11.610 (1)	1.000 (1)	1.000 (1)
14	재활용저해제품순환 이용성개선기술개발사업(R&D)	0.830 (4)	0.345 (15)	0.116 (7)
15	자중환경오염위해관리기술개발사업(R&D)	0.311 (9)	0.568 (11)	0.035 (12)
16	폐자원에너지화기술개발(R&D)	1.679 (3)	0.737 (6)	0.298 (5)
17	기후변화대응기술개발(R&D)	8.057 (2)	0.980 (5)	0.980 (3)

주. 1. 괄호 안은 각 항목별 순위를 나타낸 것임

○ Model 별 효율성 변화

- 총 17개 사업 중 14개 사업에서 산출물에서 SCI, 특허를 제외했을 때 효율성이 감소하였으며 특히 전체사업비 대비 SCI 및 특허 비율 보다 전체 사업비 대비 경제적 성과가 낮은 사업일수록 효율성 변화가 더 크게 나타났으며 이는 전체사업비 대비 비율과 Model 별 효율성 간 상관관계 결과를 뒷받침하는 것으로 해석할 수 있음

<표 31> Model 별 효율성 변화

No.	전체사업비 대비 비율			Model 1 효율성	Model 2 효율성	효율성 변화(%)
	SCI	특허	매출 및 기술이전			
1	0.055	0.146	0.281	0.424	0.083	-80.4
2	0.054	0.217	0.124	0.580	0.029	-95.0
3	0.075	0.131	0.474	1.000	0.610	-39.0
4	0.097	0.242	0.112	0.708	0.070	-90.1
5	0.068	0.215	0.048	0.428	0.006	-98.6
6	0.090	0.206	0.559	0.427	0.061	-85.7
7	0.070	0.184	0.814	0.579	0.127	-78.1
8	0.135	0.316	0.045	0.726	0.006	-99.2
9	0.011	0.150	0.549	0.258	0.069	-73.3
10	0.041	0.145	0.025	0.297	0.003	-99.0
11	0.857	0.544	0.024	1.000	0.019	-98.1
12	0.641	1.381	0.145	1.000	1.000	0
13	0.215	0.370	11.610	1.000	1.000	0
14	0.031	0.152	0.830	0.345	0.116	-66.4
15	0.047	0.345	0.311	0.568	0.035	-93.8
16	0.331	0.384	1.679	0.737	0.298	-59.6
17	0.073	0.240	8.057	0.980	0.980	0

자료: 부처별로 수합된 자료 중 분석 가능한 17개 사업의 자료를 활용하여 분석함

○ 비효율적 사업들의 준거사업 및 가중치

- BCC 모형으로 분석된 비효율적 사업들이 효율적인 사업의 DMU로 변하기 위해 참고로 삼아야 하는 사업 및 가중치는 아래 표와 같음

<표 32> Model 별 비효율적 사업의 준거사업 및 가중치

No.	사업명	준거사업 및 가중치				
		Model 1			Model 2	
		$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 1$	$\lambda 2$
1	원자력핵심기술개발(R&D)	11 (0.434)	13 (0.178)	12 (0.387)	13 (0.928)	12 (0.072)
2	스마트그리드핵심기술개발(R&D)	11 (0.306)	13 (0.035)	12 (0.659)	13 (0.739)	12 (0.261)
3	신재생에너지핵심기술개발(R&D)				13 (0.991)	12 (0.009)
4	에너지수요관리핵심기술개발(예측)(R&D)	3 (0.140)	11 (0.860)		12 (0.072)	13 (0.928)
5	에너지안전기술개발(R&D)	11 (0.060)	13 (0.003)	12 (0.937)	13 (0.229)	12 (0.771)
6	에너지자원순환기술개발(R&D)	11 (0.045)	13 (0.035)	12 (0.920)	13 (0.247)	12 (0.753)
7	청정화력핵심기술개발(R&D)	13 (0.157)	11 (0.141)	12 (0.702)	13 (0.721)	12 (0.279)
8	ESS기술개발사업(R&D)	11 (0.129)	13 (0.003)	12 (0.868)	13 (0.514)	12 (0.486)
9	청정생산기반산업 공생기술개발사업(R&D)	13 (0.025)	11 (0.016)	12 (0.959)	13 (0.094)	12 (0.906)
10	수소차용차세대연료전지 시스템기술개발(R&D)	11 (0.025)	13 (0.001)	12 (0.974)	13 (0.159)	12 (0.841)
11	스마트팜다부처패키지혁신기술개발(R&D)				13 (0.470)	12 (0.530)
14	재활용저해제품순환 이용성개선기술개발사업(R&D)	13 (0.045)	11 (0.021)	12 (0.934)	13 (0.135)	12 (0.865)
15	지중환경오염위해관리기술개발사업(R&D)	11 (0.012)	13 (0.005)	12 (0.983)	13 (0.082)	12 (0.918)
16	폐자원에너지화기술개발(R&D)	13 (0.072)	11 (0.058)	12 (0.870)	13 (0.180)	12 (0.820)
17	기후변화대응기술개발(R&D)	13 (0.067)	12 (0.933)		13 (0.067)	12 (0.933)

주. 1. 표 상단의 정수는 사업번호를 의미함

2. 괄호 안 숫자는 사업이 효율적 포락선으로 이동하기 위해 필요한 효율적 과제
의 가중치임

자료: 부처별로 수합된 자료 중 분석 가능한 17개 사업의 자료를 활용하여 분석함

○ 산업통상자원부

- 산업통상자원부의 사업들을 Model 1, 2로 분석하였을 때 모든 사업에서 Model 1보다 Model 2에서의 효율성이 낮은 것을 확인할 수 있으며 이는 Model 1의 산출요소였던 SCI, 특허, 매출액 및 기술이전액에서 Model 2로 바뀔 때 SCI 및 특허가 배제되면서 전체 투자액 대비 비율이 낮은 매출액 및 기술이전액이 효율성을 감소시킨 것으로 추정됨
- 실제로 산업부 내 Model 2의 효율성이 높은 신재생에너지핵심기술개발사업, 청정화력핵심기술개발사업, 원자력핵심기술개발의 경우 기초단계가 아닌 응용단계의 과제의 비중이 높은 사업들로 실제 사업 및 과제의 목적에 따라 효율성 측정 시 산출물에 들어갈 변수를 상이하게 적용해야 하는 필요가

<표 33> 산업통상자원부 모델별 Model 별 효율성 변화

부처	사업명	Model 1 효율성	Model 2 효율성	효율성 변화(%)
산업부	원자력핵심기술개발(R&D)	0.424	0.083	-80.4
	스마트그리드핵심기술개발(R&D)	0.580	0.029	-95.0
	신재생에너지핵심기술개발(R&D)	1.000	0.610	-39.0
	에너지수요관리 핵심기술개발(예특) (R&D)	0.708	0.070	-90.1
	에너지안전기술개발(R&D)	0.428	0.006	-98.6
	에너지자원순환기술개발(R&D)	0.427	0.061	-85.7
	청정화력핵심기술개발(R&D)	0.579	0.127	-78.1
	ESS기술개발사업(R&D)	0.726	0.006	-99.2
	청정생산기반산업 공생기술개발사업(R&D)	0.258	0.069	-73.3
	수소차용차세대연료전지 시스템기술개발(R&D)	0.297	0.003	-99.0
평균		0.584	0.279	-

○ 환경부, 농림수산식품부, 과학기술정보통신부

- 환경부의 사업들을 Model 1, 2로 분석하였을 때 산업통상자원부와 마찬가지로 Model 1보다 Model 2에서의 효율성이 낮은 것을 확인할 수 있으며 환경부의 경우 효율성이 산업통상자원부의 사업들에 비해 상대적으로 높은 것을 확인할 수 있는데 이는 환경부의 대상 사업들이 실증단계에 있는 과제가 많아 매출액 및 기술이전액이 전체 규모 대비 높은 것이 원인으로 추정됨
- 농림수산식품부 및 과학기술정보통신부의 사업의 경우 대상 사업이 하나씩으로 농림수산식품부의 경우 실증화 단계에 있는 사업으로 두 모델에서 모두 효율적인 것을 확인할 수 있고 기후변화대응기술개발 사업의 경우 아직 실증화 단계의 사업이 아니라 효율성이 Model 2에서 급격히 감소하였음

<표 34> 산업통상자원부 외 Model 별 효율성 변화

No.	사업명	Model 1 효율성	Model 2 효율성	효율성 변화(%)
환경부	글로벌탄환경기술개발사업(R&D)	1.000	1.000	0
	생활폐기물재활용기술개발사업(R&D)	1.000	1.000	0
	재활용저해제품순환 이용성개선기술개발사업(R&D)	0.345	0.116	-66.4
	지중환경오염위해관리 기술개발사업(R&D)	0.568	0.035	-93.8
	폐자원에너지화기술개발(R&D)	0.737	0.298	-59.6
평균		0.775	0.742	-
농림부	스마트팜다부처패키지혁신기술개발	1.000	0.019	-98.1
과기부	기후변화대응기술개발(R&D)	0.980	0.980	0

4. 효율성 분석 결과 종합

□ 분석개요

- 본 연구에서는 DEA 방법론을 활용하여 정부 R&D 사업의 효율성 분석을 실시하였음
 - 투입 변수는 국가출연금, 민간부담금, 연구기간 등 3개를, 산출 변수로는 모든 기술 분야에 고루 적용이 가능한 학술적 성과 변수인 논문과 특허, 그리고 경제적 성과 변수인 기술료 및 기술이전 합계 등 3개를 사용
 - 세 산출 변수를 모두 사용하는 Model 1에 더하여 경제적 성과 변수인 기술료, 기술이전 등을 별도로 단일 산출 변수로 하는 Model 2를 분석 적용함.

□ DEA 분석결과에 따른 추가 논의

- 연구대상 17개 온실가스 감축 또는 탄소중립 이행 정부 연구개발사업의 대부분이 논문 및 특허 등의 지표에서 효율성을 달성
 - 산출지표를 달리한 두 가지 모델을 사용하여 분석한 결과, 연구대상인 온실가스 감축 또는 탄소중립 이행의 목적을 가지는 정부 연구개발사업 17개 중 4개를 제외한 13개의 사업이 논문 및 특허의 두 가지 성과지표에 의존하여 효율성을 달성함을 확인함
 - 이는 현재의 연구과제 구성이 온실가스 감축 또는 탄소중립 이행 등의 실질적인 목적을 달성하는 구성이기보다는 학술적인 기초 또는 응용 연구에 머무르고 있음을 알려줌
 - 따라서 온실가스 감축 또는 탄소중립 이행 등의 실질적인 목적을 가진 연구개발사업의 경우, 일반적인 기초 및 응용 유형의 연구개발사업과 달리 목적에 맞게 기획될 필요가 높음을 확인
- 온실가스 감축 또는 탄소중립 이행 등 분명한 목적을 가지는 정부 연구개발사업의 기획에 차별화된 성과지표의 개발이 필수적임
 - 효율성 분석에서 SCI, 특허, 매출액 및 기술이전액 등 성과지표의 변화에 따라 효율성이 유의하게 변하는 것을 확인할 수 있었음.

- 이는 현재 성과지표로 널리 사용되는 수합되고 있는 성과지표들을 체계적으로 관리하여야 하는 것으로 해석할 수 있음
- 더불어 온실가스 감축 또는 탄소중립 이행 분야의 연구개발사업은 사업에 맞는 별도의 성과지표를 찾지 못하여 본 연구에서 효율성 분석을 효과적으로 할 수 없었음
- 이에 정부의 기준에 맞고 정량적 평가가 가능한 지표산정방법 도출 등을 통하여 범 정부적인 성과평가 지표 마련 작업이 필요

제6장 전문가 설문조사

1. 전문가 자문 및 설문조사 개요

□ 3 종류의 전문가 자문 및 설문조사 실시

- 본 연구과제는 우리나라의 온실가스 저감 및 탄소중립 이행을 위한 정부연구개발사업을 대상으로 하여 주요 기술의 혁신성과 효율성을 분석하고 주요 부문별 혁신 장애요인을 파악하며, 경제정책 수요를 탐구하는 것을 목적으로 하고 있음
- 이를 위하여 먼저 전문가 자문을 통하여 온실가스 저감 및 탄소중립 이행 기술의 기술 수준 및 장애요인, 기술개발의 수준 및 향후 성장 가능성을 자문 하였음.
 - － 자원순환기술 및 재생에너지기술 등 2개 분야 자문 진행 당해 기술 분야의 국내 기술개발 수준 및 향후 성장 가능성을 정리하였음
- 본 연구의 효율성 분석에서 나타난 온실가스 저감 및 탄소중립 이행을 위한 정부연구개발사업용 성과지표 부재의 문제점 및 혁신 장애요인 해소 방안으로서의 새로운 성과지표의 효과를 확인하기 위하여 전문가 자문을 실시함
 - － 탄소중립 이행 및 온실가스 저감 목적 정부 R&D 사업에 적절한 성과 지표를 제안하고 이를 계층화 하였음
- 마지막으로, 전문가 자문에서 제안된 온실가스저감 및 탄소중립이행 분야 연구개발사업 평가를 위한 추가 기준에 대하여 AHP 설문지를 작성함 (설문지는 부록 2에 수록)
 - － 온실가스저감 및 탄소중립이행 분야 정책 전문가 10인을 대상으로 하여 AHP 설문을 실시함

2. 계층화분석법 (AHP, Analytic Hierarchy Process)

□ AHP 분석의 특징

- AHP (Analytic Hierarchy Process)는 다수의 대안에 대하여 다면적인 평가 기준과 다수의 주체에 의한 의사결정을 위해 설계된 의사결정방법으로 1960년대 말 Tomas Satty에 의해 제안되었다.
- 미 국무부의 무기통제 및 군비축소에 관한 의사결정의 비능률을 개선하기 위해 개발되었으며, 인간의 사고 체계와 유사한 접근 방법으로서 문제를 분석하고 분해해 구조화할 수 있다는 점에서 공공부문 투자사업의 의사결정 과정에 적극적으로 활용되고 있다.
- AHP는 현재 우리나라 정부에서 예비타당성조사 등에서 사업시행 타당성 등의 여부를 판별하기 위해 널리 쓰이고 있으며 사업의 타당성여부를 판별하는데 있어 B/C분석과 더불어 가장 많이 쓰이는 분석기법 중 하나이다.
- AHP는 또한 평가 기준이 다층화되어 있는 경우에 이를 구조적으로 표현하기 좋은 방법이다. 의사결정의 목표 또는 평가 기준이 다수이며 복잡한 경우, 이를 계층(Hierarchy)화해, 주요 요인과 그 주요 요인을 이루는 세부 요인들로 분해하고, 이들간의 비교를 통하여 중요도를 산출하는 분석 방법이다.
- AHP는 복잡한 평가기준을 계층화하여 단계별 요인들에 대한 쌍대비교(Pairwise comparison)를 통해 중요도를 도출하는 것이 가장 큰 특징이며, 기존의 방법론들이 가지는 문제점을 아래 표와 같이 해결하여 다양한 분야에서 의사결정을 위한 주요한 도구로 활용되고 있다.
- 즉, AHP는 의사결정요소들의 속성과 그 측정 척도가 다양한 다기준(多基準) 의사결정 문제에 효과적으로 적용 가능하여 의사결정자가 선택할 수 있는 여러 가지 대안들을 체계적으로 순위화를 시키고, 그 가중치(weight)를 비율척도 (ratio scale)로 도출하는 방법을 제시한다. 이 기법은 문제를 계층으로 구조화하여 상대적 중요도 또는 선호도를 비율 척도화 하여 정량적 형태의 결과를 얻을 수 있다는 점에서 유용성을 인정받고 있다.

<표 35> AHP와 기존 평가 방법과의 비교

	기존방법론의 문제점	AHP의 해결책
정확도 문제	절대적인 평가 점수체계는 평가에 있어서 객관성유지에 한계 존재	쌍대비교 평가 및 linear algebra를 통한 평가결과 도출
신뢰도 문제	평가결과에 대한 신뢰성을 전문가 의견에만 의존	Consistency index를 통한 신뢰도 검정
민감도 문제	scale factor 및 평가방법에 따라 왜곡 가능성 존재	비교척도 재정립 및 쌍대비교, linear algebra의 적용
독립성 문제	평가에 있어 각 요소에 대한 이해가 평가자마다 상이	Hierarchy structure를 통한 독립성 인정

□ AHP의 적용 단계

- AHP에 의한 연구는 먼저 브레인스토밍을 통해 문제를 정의하고 원하는 결과를 규정한다. 대상이 되는 문제의 요소를 계층으로 설정하는 과정을 거쳐 확정한다. 이후 인접한 상위 레벨에 있는 각 기준에 대해 인접한 하위 레벨의 각 요소들 간에 쌍대 비교를 행한다. 이러한 쌍대비교를 통해 우선순위가 부여되고, 그 결과를 종합하는 최종 단계를 거쳐 전체 우선순위가 결정된다. 마지막으로 계층에 대한 일관성 평가를 통해 요소 간 종속성 문제까지 고려하는 단계를 거친다.
- AHP 방법론의 3대 원칙은 다음과 같다. (1) 계층(hierarchy)적 구조의 설정, (2) 상대적 중요도(weight)의 설정, (3) 논리적 일관성 유지(logical consistency). 적용 단계 역시 이 세 가지 원칙에 근거한다. 아래에 AHP의 적용 단계를 수식과 곁들여 설명한다.

(1) AHP 비교 행렬

AHP의 분석은 각 계층의 항목 간 쌍대비교부터 시작된다. n개의 항목으로 이루어진 계층에서, 각 항목에 대하여 항목 i를 항목 j에 비하여 얼마나 더 선호하는지에 대하여 묻고, 그 결과를 로 하여 비교 행렬 $A = (a_{i,j})$ $i, j =$

1, 2, ..., n 을 얻을 수 있다.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

n개의 항목들 각각의 가중치를 ($i = 1, 2, \dots, n$) 라 할 때, 비교 행렬 A의 원소는 항목 i와 항목 j의 두 항목 간 가중치 비율을 의미하고, 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad (\text{for } i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

따라서, 비교행렬 A는 이를 사용하면 아래 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$A = \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

(2) AHP 가중치 산정

계층내 각 항목들의 가중치 w_i 를 구하기 위해 먼저 비교 행렬 A의 i 번째 행의 원소들을 $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ij}, \dots, a_{in}$ 라 놓으면 이들의 정확한 값(value)은 다음과 같다.

$$\frac{w_i}{w_1}, \frac{w_i}{w_2}, \dots, \frac{w_i}{w_j}, \dots, \frac{w_i}{w_n}$$

그러므로 이상적인 경우에는, i 행의 첫 번째 원소에 w_i 을 곱하고, 두 번째

원소에 을 곱하고, 이를 계속하면 다음과 같은 결과를 얻는다.

$$\frac{w_i}{w_1} \cdot w_1 = w_i, \quad \frac{w_i}{w_2} \cdot w_2 = w_i, \quad \cdots, \quad \frac{w_i}{w_n} \cdot w_n = w_i$$

결과적으로 아래와 같이 동일한 원소들을 얻을 수 있다.

$$w_i, w_i, \cdots, w_i$$

반면에, 일반적인 경우에는, 정확한 값이 아닌 근처의 값들을 얻을 수 있다. 그런 까닭에 타당한 결과를 얻기 위해서는 는 평균된 값과 일치하여야 한다. 다시 말하면, 이상적인 경우에서의 관계식 (4)를 현실적인 경우에서의 관계식 (5)으로 대신한다.

$$w_i = a_{ij} \cdot w_j \quad (\text{for } i, j = 1, 2, \cdots, n) \quad (4)$$

$$w_i = \text{the average of } (a_{i1} w_1, a_{i2} w_2, \cdots, a_{in} w_n) \quad (5)$$

좀 더 명시적으로 나타내면, 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j \quad (\text{for } i = 1, 2, \cdots, n) \quad (6)$$

식 (6) 에서의 관계가 식 (5)에서의 관계보다 좀 더 엄정한 관계이지만, 이것이 해가 존재하기 위한 충분조건이 되지는 못한다. 즉, a_{ij} 가 주어졌을 때, 유일한 가중치 w_i 를 구하는 문제를 과연 해결이 가능한 문제인지에는 상당한 의문이 있다.

w_i 를 수학적으로 구하기 위해서, 다음과 같은 가중치 벡터를 생각하자.

$$W = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix}$$

또한 식 (6)을 다음 식 (7)과 같이 변형한다.

$$n \cdot w_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j \quad (\text{for } i = 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

이를 벡터 W 를 이용하여 행렬식으로 나타내면 다음 식 (8)과 같다.

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}w_1 + a_{12}w_2 + \dots + a_{1n}w_n \\ a_{21}w_1 + a_{22}w_2 + \dots + a_{2n}w_n \\ \vdots \\ a_{n1}w_1 + a_{n2}w_2 + \dots + a_{nn}w_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$A W = n W$$

AHP를 제안한 Satty는 현실에서의 W 를 구하는데 있어서 이를 행렬 A 의 eigenvector로 해결할 수 있다고 제안하였다. 따라서 식 (8)의 유일한 해는 이며, 그에 대응하는 eigenvector W 를 구할 수 있다.

$$\hat{A} \hat{W} = \lambda_{\max} \hat{W} \quad (9)$$

(3) AHP 일관성의 측정

위와 같은 방법으로 얻는 결과에 대해서, 응답자들이 얼마나 일관된 사고를 하고 있는지를 평가하기 위하여 일관성 평가를 하게 된다. CI(consistency index: 일관성 지수)는 다음 식 (10)과 같이 정의된다.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (10)$$

CI ≤ 0.1 정도이면 비교 행렬 A의 적합도는 양호하다고 말한다. 즉 이 비교행렬은 신뢰성이 있다고 말할 수 있다. 참고로, 여기서 0.1이라는 수치는 경험적인 수치이다. CI는 응답자의 비교 행렬이 일관성이 있으면 작아지고, 일관성이 없으면 커지게 된다. 이는 이론적으로 식(5)에서 가중치 벡터(weight)를 구할 때의 해(solution)인 n과 식(5)에서 eigenvector법을 써서 구한 해(solution)와의 차이가 크다면 일관성이 없다고 할 수 있기 때문이다.

위와 같이 CI에 의하여 A가 일관성이 있는지 아닌지를 판정할 수 있지만 n이 크게 되면, CI의 값도 커지게 되기 때문에 식 (10)의 CI 그대로 일관성의 판정에 이용하기에 어려운 점이 있다. 그래서 CI를 보완한 CR(Consistency Ratio)가 널리 이용되고 있다.

CR은 CI를 Random Index(RI)로 나눈 값이다. RI는 각 요소의 값을 랜덤하게 주어서 발생하는 다수의 일대일 비교행렬 CI의 평균치이다. CR은 식 (11) 와 같이 정의된다. CR이 10% 이하 정도면 일관성이 있다고 판단하여도 좋다고 알려져 있다. AHP 방법론을 제안한 T. Satty는 본인의 저서에서 RI를 아래 표와 같이 제안하고 있다.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (11)$$

<표 36> AHP의 Random Index

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.51	1.54

출처: Thomas L. Satty(1980) 「The Analytic Hierarchy Process」

3. 전문가 자문 및 설문조사 결과

가. 주요 분야 기술 수준 및 미래 성장가능성 전문가 자문

□ 2개 분야 대상 전문가 자문 실시

- 주요 부문의 우리나라 기술 수준 및 미래 성장 가능성을 확인하기 위하여 재생에너지 및 자원순환기술 등 2개 분야를 선정하여 11월 중에 해당 분야의 전문가들을 대상으로 자문을 실시하였으며 아래에 자문 내용을 정리하여 기록함.
 - 주요 자문 항목: 해당분야 한국의 현재 기술 수준, 미래 성장가능성 및 R&D 기획을 위하여 고려하여야 할 사항 등

□ 자원순환기술 분야

- 자문 전문가: 한국자원공학회 추천 전문가 5인
- 기술수준:
 - 기초기술 수준은 선진국과 차이가 없다고 판단되나 산업화/상용화 부분에는 한계가 있음. 선진국에 비하여 scale-up/상용화 부분에 뒤지고 있음
 - 국내 재활용 부문 산업의 대부분이 국가나 지방정부가 운영하거나 영세하여 사업화 부분에 어려움이 큼. 이는 재활용 공정 관련 국내 환경 규제가 강한 점 및 재활용품의 수집/운반 과정에서의 고비용에 대부분 기인함.
- 성장가능성:
 - 에너지/자원의 재사용/재활용 등 자원순환 니즈가 급증하고 있어 미래 시장규모 확장 가능성 매우 높음.
 - 단기적으로는 재생에너지 시설 및 배터리 재활용 부문이 활기를 띠고 있으며,
 - 중장기적으로 해양 쓰레기재활용 또는 우주 쓰레기의 재활용 부분 R&D의 수요가 급증할 것으로 예상됨
- 고려 사항:
 - 이차전지/수소연료전지 등 제품의 효율개선 연구가 활발한 제품의 경우 해당 제품의 신기술 개발의 방향이 자원순환을 어렵게 하는 방

향으로 개발되는 등 자원순환 R&D 방향과 상이한 방향으로 기술 발전이 일어나 제조와 자원순환 연구간 R&D 통합/연계 기획이 필요함

□ 재생에너지 분야

- 자문 전문가: 한국신재생에너지학회 추천 전문가 6인

- 기술수준:

- 재생에너지는 국내 지정 에너지원만 8가지가 넘는 등 다양한 기술군으로 이루어져 있음. 이 중 실리콘 기반 태양광 패널의 효율성 부분 등은 세계 최고 수준의 기술을 보유하고 있음.
- 그러나 산업 기반이 약해진 풍력(중공업 경기하락) 및 지열(경주 지진) 등은 대형 수요가 존재하지만 R&D에서의 참여기업 제약 및 기술 이전 대상 산업 부재로 기술수준이 하락

- 성장가능성:

- 재생에너지 기술개발은 국산에너지의 확보라는 안보적인 이점과 수출이 가능한 기술이라는 경제적인 이점을 동시에 가지고 있어서 미래 시장규모 및 성장가능성은 매우 큼.
- 주요 국가 및 한국의 재생에너지 모두 수요(보급량)는 태양광, 풍력 등 전기를 만드는 재생에너지보다 바이오 및 폐기물 등 열을 만드는 재생에너지원이 크게 높아 열 생산 재생에너지의 기술개발에 더 높은 비중으로 R&D 투자 확대가 필요
- 독일, 이탈리아 등 유럽 국가들이 자동차/선박/항공에 적용하고자 시도 중인 청정바이오연료/탄소중립연료(E-fuel) 등에 대한 연구 역시 우리도 함께 진행할 필요가 있음

- 고려 사항:

- 태양광(PV)의 경우 2008년 2차 신재생에너지기본계획 등에서는 실리콘 패널 이후 박막형, 염료감응형 등 새로운 신기술 및 신제품으로 지속적으로 전환 및 확대될 것으로 예상하였으나 지난 20년 동안 실리콘 패널의 기술개발이 지속적으로 이루어져 지금도 시장을 선점하고 있는 반면, 미래형 기술/제품이라고 불리던 박막형 등의 경쟁력은 좋아지지 못하여 이들 신제품 분야의 기술개발 기반이 사라지고 있음.
- 재생에너지 분야는 빠른 기술개발 속도로 인하여 연구개발의 목표를 지속적으로 개선할 시스템을 만들 필요 높음

- 재생에너지는 그 목적이 에너지의 공급이기에 국제적 경쟁력을 높이기 위해서는 원천기술 또는 특정 부품/장비 제조기술도 중요하지만 에너지 공급 시스템을 구축하고 최적의 운영 효율을 만들어내는 엔지니어링 분야의 기술이 매우 중요하여 해당 부분의 R&D 확대가 필요
- 또한 대부분의 재생에너지 별 산업 기반이 공기업 또는 1~2개의 민간기업에 의존하는 경우가 많아 민간 산업을 중심으로 하는 밸류 체인의 구성 등 기반 조성에 보다 많은 투자가 필요함

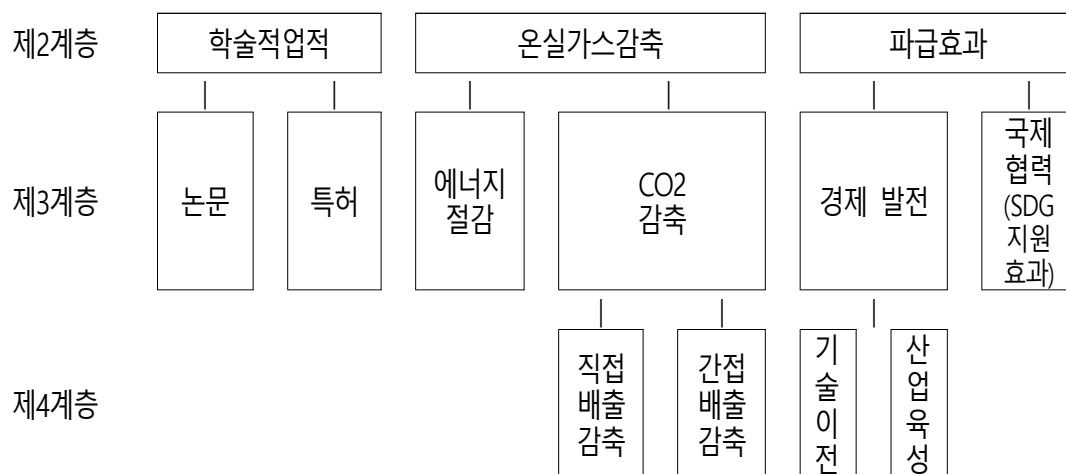
나. 탄소중립 이행 기술개발사업 성과지표 도출을 위한 전문가 자문

□ 현 정부 R&D 성과지표의 한계에 대한 전문가 자문 실시

- 탄소중립 이행 분야 연구개발사업의 성과를 평가하기 위한 적정 성과지표 기준 마련을 위하여 전문가 자문을 실시
 - 온실가스저감 및 탄소중립이행 분야 전문가 5인을 대상으로 한 자문을 통하여 다음과 같은 의견이 제시됨
- 탄소중립 이행 목적 기술개발 R&D 사업을 ‘목표를 가진 목적 지향적 기술개발 R&D’로 볼 경우, 현재 정부의 R&D 사업에 적용되는 성과지표인 논문, 특허, 기술이전 등 이외에 탄소중립 이행 목적 기술개발 R&D 사업의 목적에 적합한 성과지표 도출이 필요함
 - 본 연구에서 실시한 효율성 분석의 결과에서도 탄소중립 이행 목적 기술개발 R&D 사업 대부분이 기초 및 응용 연구적인 성격이 강하여 탄소중립 이행이라는 정부 투자의 목적을 성과로 평가하는데 문제점이 나타남
- 현재도 정부 부처별로 해당 R&D 사업에 따라 별도의 성과지표를 개발하여 각각 발표 중이나 적합성 및 효과성에서 부족한 수준임.
 - 현재 산업부는 KETEP과 함께 에너지절약 및 CO2 감축 등 2개 지표에 대하여 조사하고 자료를 구축하고 있으나, 외주를 통한 방문조사 결과로서 객관성을 확보하였다고 보기 어려움
 - 또한 STEPI/KISTEP 등이 다양한 지표를 개발하여 적용 중이나 범정부적인 동의를 가지고 있는 상황은 아님
- 이에 탄소중립 이행 분야 연구개발사업의 성과의 객관적 평가 기준을 마련하기 위하여 성과평가 항목에 대하여 전문가 자문을 2차로 실시

- 전문가 자문을 통한 탄소중립이행 목적을 가진 정부기술개발 R&D 평가기준 도출
- 온실가스저감 및 탄소중립이행 분야 전문가 5인을 대상으로 한 자문을 통하여 다음과 같은 추가적인 성과평가 기준이 제안됨
 - 기존의 R&D사업에 적용하는 대표적인 평가 기준인 논문 및 특허 이외에 2개 추가 지표 분류 추가
 - 온실가스감축: 기존 산업부제안 평가기준 (에너지절감/CO2감축)을 직접적 효과로 추가
 - 파급효과: 간접적인 효과로 기존의 경제적효과(기술이전)에 더하여 산업육성및 국제협력효과 추가
 - 해당 기준들은 다시 가중치를 평가하기 위한 AHP 설문을 위하여 계층별로 분류하여 전문가에게 자문을 실시
 - 자문 의견을 바탕으로 다음 그림 및 표와 같은 성과지표의 계층을 완성함

<그림 20> AHP 설문을 위한 온실가스감축 이행을 위한
정부연구개발사업의 성과지표 계층



<표37> AHP 설문을 위한 온실가스감축 이행을 위한 정부연구개발사업의 계층별 성과지표 항목

평가 항목			평가 내용	비고
제2계층	제3계층	제4계층		
학술적 업적	논문		• 당해 연구개발사업에서 산출된 학술논문 (국내/국제) 성과	정부 평가 기본항목
	특허		• 당해 연구개발사업에서 산출된 특허 (국내/국제) 성과	정부 평가 기본항목
온실가스 감축	에너지절감		• 당해 연구개발사업으로 인하여 절감된 에너지	산업부평가 기본항목
	CO2 감축	직접배출 감축 (SCOPE 1)	• 당해 연구개발사업으로 인하여 감축된 직접배출 (SCOPE 1) 온실가스	
		간접배출 감축 (SCOPE 2)	• 당해 연구개발사업으로 인하여 감축된 간접배출 (SCOPE 2) 온실가스	
파급효과	경제 발전	기술이전	• 당해 연구개발사업으로 인하여 발생한 기술이전 및 기술료	정부 평가 기본항목
		산업육성	• 당해 연구개발사업으로 인하여 발생한 관련산업 육성	
	국제협력 (SDG 지원효과)		• 당해 연구개발사업으로 인하여 개선 가능한 UN SDG 항목	

다. 탄소중립 이행 기술개발사업 평가를 위하여 제안된 성과지표(안)에 대한 전문가 AHP 설문조사

□ 전문가 자문을 통하여 제안된 성과지표(안)에 대하여 해당 성과지표를 평가하기 위한 AHP 설문조사를 실시

- 전문가 자문에서 제안된 온실가스저감 및 탄소중립이행 분야 연구개발사업 평가를 위한 추가 기준에 대하여 AHP 설문지를 작성함 (설문지는 부록 2에 수록)

- － 온실가스저감 및 탄소중립이행 분야 정책 전문가 10인을 대상으로 하여 AHP 설문을 실시함

□ 온실가스감축 및 파급효과 부문 성과지표를 개발하여 적극적으로 성과지표로 적용할 필요가 있음

- AHP 설문에 참여한 전문가들 전원이 평가를 위한 지표로 논문, 특허 등 학술적 성과보다 온실가스의 감축이라는 해당 연구개발사업들의 목표가 확연히 드러나는 성과지표를 적용하는 것이 더욱 중요하다는 의견을 보여줌
- 10명 중 9명의 응답자가 기존의 논문/특허 등 학술업적 대비 온실가스감축 효과 및 파급효과에 대한 가중치를 높게 평가하였음
 - 대략적으로 표시하면 가중치 기준으로 온실가스감축이 50%, 파급효과가 40%, 학술적업적이 10% 수준으로 나타남

온실가스감축 > 파급효과 >> 학술적업적

- 학술적 업적 중에는 특허가 논문보다 더 중요하다고 응답함
- 전문가들이 가장 중요하다고 평가한 온실가스감축 효과 부문에서 직접적 배출과 간접적 배출을 모두 정량적으로 사용하여 성과를 도출하여야 한다는 의견이 다수임
 - 8명의 전문가가 직접적 배출이 더욱 중요하나 현행 국제기준에 따라 직접배출(SCOPE 1) 및 간접배출 (SCOPE 2) 둘 다 보아야 한다는 의견을 보임
 - 이는 직접배출 및 간접배출을 구분하여 표시하는 것이 국제적인 기준이자 이미 국내 대부분의 사업장에 적용되고 있는 기준이기에 연구개발의 효과를 산정할 때 역시 이러한 기준을 적용하는 것이 타당하다는 의견을 보임
 - 또한 같은 수의 전문가가 사업의 목표인 CO2 감축 만으로 충분하다고 볼 수 있지만 산업부의 기준과 같이 에너지절감 효과도 같이 보아야 한다는 의견을 보임
- 파급효과 부문 역시 기술이전 등의 기존의 작은 범위에서의 경제적인 효과 못지않게 기술개발 R&D의 산업 육성 효과 등 보다 광범위한 파급효과의 산출이 병행되어야 한다는 의견이 다수임
 - 기술 이전 효과보다 산업 육성 효과가 더욱 중요한 성과지표라는 의견이 7:3으로 다수임
 - 국제협력을 제외하고 기술이전과 산업육성 등 2개 지표로 3계층으로의 상향 이동이 적절하다는 의견이 다수
 - 국제적 기준에 의한 국제협력의 중요성은 인정되나 전문가 설문 결과는 단 2명만이 경제발전과 동일한 가중치를 주었으며 나머지는 낮

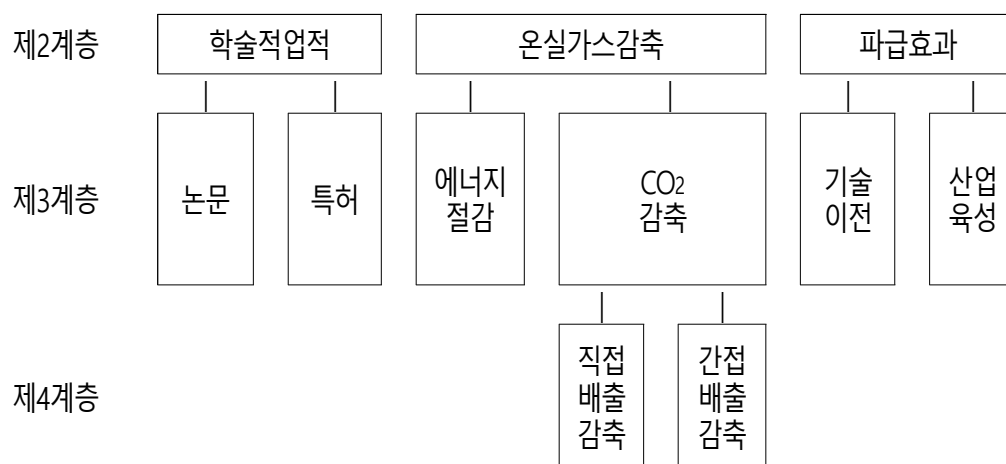
은 가중치를 부여함

- 자문 의견을 바탕으로 다음 그림과 같이 온실가스저감 및 탄소중립이행 분야 정부 연구개발사업의 계층화된 성과지표를 수정하여 제안함

<표 38> 항목별 AHP 설문 결과 정리

항목	내용
학술적업적	논문 및 특허 등 기존 지표 그대로 적용
온실가스감축	온실가스감축(CO2감축) 및 에너지절감 등 2개 지표 온실가스감축(CO2감축)은 직접배출감축(SCOPE1) 및 간접배출감축 (SCOPE2) 으로 나누어 적용
파급효과	기존 지표인 기술이전에 더하여 산업육성효과 추가 (국제협력)SDG지원) 효과는 배제
가중치	온실가스감축 및 파급효과에 대부분의 가중치 부여

<그림 21> AHP 설문 결과를 바탕으로 재구성한 온실가스감축 이행을 위한 정부연구개발사업의 성과지표 제안



- 연구단계별 내지는 부처별 차별화된 성과지표를 개발하고 이를 바탕으로 성과 관리를 강화할 필요가 있다는 의견을 공통적으로 제안
 - 전문가 설문 결과 탄소중립 이행 / 온실가스 감축 등을 위해서는 현행 기초/응용 등으로 구분되는 일반적인 정부 R&D와 구분되는 목적 지향적 기술개발 R&D로 진행이 필요함을 확인
 - 온실가스 저감 및 탄소중립 이행과 관련된 R&D 재정지원 사업 및 과제별 성과지표의 논의를 통해 실제로 국가의 R&D가 온실가스 저감 또는 탄소중립 이행에 얼마나 영향을 미치는지 평가할 수 있을 것이며 이를 수정 및 보완하며 탄소중립 이행을 위한 혁신기술개발사업의 운용 방향을 설정할 수 있을 것임.
 - 온실가스감축 성과지표로 국제기준에 따라 직접배출(SCOPE 1)과 간접배출(SCOPE 2)를 적용하여 국제적인 비교가 가능한 성과자료를 도출
 - 기술개발에 따른 파급효과이자 기후테크 정책 수요를 파악할 수 있는 간접 지표로 기술이전과 산업 육성 관련 지표를 적용하면 온실가스감축에 기여도가 높거나 산업 육성으로 이어지는 국가R&D에 대한 재정지원 확대 가능
 - 보다 효과적인 정부 R&D 투자가 되기 위해서는 중앙정부 차원에서 관련 성과지표를 개발하고 기획 단계에서부터 적용하고, 이후 성과를 관리하기 위한 정책적인 지원을 마련하여야 할 것임

제7장 결론 및 시사점

1. 연구결과 요약

- 본 연구에서는 다음의 3가지 세부 연구를 실시하였으며 아래에 그 결과를 요약함
 - 주요 부문별 탄소중립 및 온실가스감축 이행을 위한 기술개발 현황 조사
 - 탄소중립 이행을 위한 혁신기술의 효율성 평가 및 이를 활용한 정부 R&D 지원의 성과 분석
 - AHP 방법론을 이용한 기술분야별 특성 및 정책수요 연구
- 국내 주요 부문별 탄소중립 이행 기술개발 R&D의 현황 정리
 - 자료 구득이 가능한 2016년부터 2021년까지의 기후기술국가연구개발사업 현황을 정리하였으며, 정부의 기술분류 변화 등을 정리함
 - 연구수행주체 및 연구개발단계별 국가연구개발사업 현황, 감축분야 기후기술별 국가연구개발사업 현황, 적응 및 융복합분야 기후기술별 국가연구개발사업 규모 현황 등을 정리함
 - 우리나라 2021년 기후기술 국가연구개발사업 투자 규모는 국가 R&D의 12.9%인 3조 4,291억원이며 국가 R&D 대비 비율은 2016년 13.5%, 2020년 12.8%, 2021년 12.9% 수준임
 - 2016~2021 기간 중 연구개발단계별 투자 금액 순위는 개발연구, 기초연구, 응용연구 순이며 2017년 이후 기초연구의 비중은 낮아지고 있으며 개발연구 및 응용연구는 지속적으로 비중이 증가하고 있음
 - 연구수행주체는 개발연구의 증가 추세와 걸맞게 출연연구소, 중소기업, 대학 순으로 비중이 높으며, 2017년 이후 대체로 그 비중이 유지되고 있음
- 탄소중립 관련 정부 연구개발사업의 효율성 분석을 실시함
 - 연구진은 정부 R&D 평가에 많이 적용되는 자료포락선분석(DEA)방법, 특히 Output-oriented BCC 모형을 선택하여 효율성 분석에 적용하였음

- 투입 변수로 정부출연금, 민간부담금, 연구기간 등 3가지를, 산출 변수로 논문수, 특허수, 경제적성과(매출 및 기술이전 합계) 등 3가지를 선정하였음
- 정부 각 부처에 자료를 요청한 대상 43개 사업 중 상기 투입 및 산출 변수들의 자료 구득이 모두 가능한 4개 부처 17개 기후기술 국가 R&D 사업에 대하여 효율성 분석을 실시함
- 이와 함께 과제별로도 자료가 충분하여 분석이 가능한 6개 사업에 대해서는 사업 내 과제별로 효율성 분석을 실시함.
- 3개의 산출 변수를 모두 사용한 Model 1과 경제적 성과만을 사용한 Model 2를 적용하여 분석한 결과, 4개 사업을 제외한 대부분의 사업이 논문 및 특허가 포함된 Model 1의 효율성보다 경제적 성과만 있는 Model 2의 효율성이 크게 하락함을 확인함.
- 이러한 결과는 현행 탄소중립 이행을 위한 기술개발사업이 대부분 논문 및 특허 등의 산출에 목표를 둔 기초기술 연구에 중점을 둔 사업임을 보여줌

□ AHP 방법론을 이용한 R&D 특성 및 정책수요 연구

- 전문가 자문 및 설문문을 통하여 탄소중립이행 목적을 가진 정부기술개발 R&D사업에 적합한 평가 기준을 도출함
- 전문가 자문을 통하여 탄소중립 이행 목적을 가진 정부연구개발사업의 평가에 적절한 추가 평가지표를 도출하였으며, 전문가 10인을 대상으로 AHP 설문을 활용하여 추가로 제안된 지표의 중요도를 평가하였음
- AHP 설문문에 참여한 전문가들 전원이 평가를 위한 지표로 논문, 특허 등 학술적 성과보다 온실가스의 감축이라는 해당 연구개발사업들의 목표가 확연히 드러나는 성과지표를 적용하는 것이 더욱 중요하다는 의견을 보임
- 연구에 참여한 전문가들은 공통적으로 향후 탄소중립 이행 목적을 가진 정부연구개발사업의 개선점으로 연구 단계별 내지는 부처별 차별화된 성과지표를 개발하고 이를 바탕으로 성과관리를 강화할 필요가 있다는 의견을 제안함

2. 정책적 시사점

가. 기후기술에 대한 정부연구개발사업의 중요성 및 본 연구 결과의 의의

- 본 연구에서는 다음과 같이 기후기술에 대한 정부연구개발사업의 정책적 중요성을 정리함
 - 탄소중립 이행을 위한 혁신기술인 기후기술에 대한 정부연구개발사업 지원은 탄소중립과 녹색성장을 동시에 달성하기 위한 국가의 신성장동력 인프라 구축정책이라 할 것임
 - 정부는 탄소배출을 줄이기 위한 기술개발을 지원하고 이를 상업화하기 위해 기후기술 관련 정부연구개발사업에 재정을 지원하고 있음. 이는 기후기술 관련 정부연구개발사업에 탄소중립과 녹색성장을 동시에 달성하기 위한 정책 수요가 반영되어 있기 때문임.
 - 더불어 기후위기 대응을 위한 탄소중립과 녹색성장을 목표로 온실가스감축 인지요산제도를 두고 있는 바, 동 제도를 통해 국가 예산이 온실가스 감축에 미치는 영향을 분석하고 그 결과를 예산 편성과 결산 평가에 환류함(국가재정법 제27조 및 제68조의 3).
 - 정부 국가재정 운용에 있어서 감축 효과가 높은 사업의 투자를 확대하고, 사업 추진방식의 전환으로 감축효과를 높임으로써 온실가스 감축에 기여하고자 함
- 본 연구의 분석으로 도출한 연구 결과를 바탕으로 본 연구의 의의를 다음과 같이 정리함
 - 현재 행정부에서 사용 중인 기후기술 분류는 중장기적인 성과 창출에 필요한 수준의 일관성을 유지하는데 충분히 효과적이지 못하며 성과지표(투입지표 및 산출지표)의 관리 역시 그러함을 보임
 - － 기후기술 연구개발사업 43개 사업 중 투입 및 산출지표가 모두 확보되어 효율성 분석이 가능한 사업은 17개로 절반에도 미치지 못함
 - － 투입 및 산출 변수들이 보다 체계적으로 산출되고 관리된다면 정부가 많은 예산을 투자하는 기후기술의 개발 목표, 로드맵 또는 성과가 더욱 효과적이 되고 정부연구개발사업이 보다 더 효율적으로 운영될 수 있음을 확인할 수 있었음

- 최근 5년간 기후기술 분야 정부연구개발사업은 대부분 기초기술 연구에 중점을 두어왔음을 확인
 - 분석 대상 17개 중 13개 사업이 산출지표 중 논문과 특허를 제외하고 경제적 성과지표만 이용한 DEA 효율성 분석결과 사업의 효율성이 하락하는 것으로 나타남.
 - 이는 대부분 사업이 논문/특허 산출을 목표로 하는 기초연구에 중점을 두고 있었음을 의미 (단, 성과지표가 확보된 분석 대상 과제에 한정된 결론으로, 이의 일반화를 위해서는 추가적인 조사와 연구가 필요)
- 전문가 설문 결과, 목적 지향적 정부연구개발사업을 시행하는 경우라면 해당 목적에 부합하는 평가 기준이 필요하며, 정부연구개발사업의 경우도 직접적 및 간접적인 온실가스 감축성과를 측정할 수 있어야 함
 - 온실가스 감축 기여도가 높거나 산업육성으로 이어지는 R&D 사업을 목적지향적 R&D로 분류

나. 기후기술에 대한 정부연구개발사업 지원정책의 개선점 제안

- 연구진은 탄소중립 이행을 위한 주요 수단인 기후기술에 대한 정부의 연구개발 지원 정책에 대한 개선점으로 다음과 같은 네 가지 부분에 대하여 개선을 고려할 필요가 있음을 제안함
- 첫째, 기후기술에 대한 정부연구개발사업 지원 시 연구단계별 내지는 부처별 차별화된 성과지표 개발 및 성과관리가 필요
 - 제4장의 사업단위 분석에서 정부연구개발사업의 성과지표로 대표될 수 있는 SCI, 특허, 매출액 및 기술이전액 등의 비율에 따라 각 사업의 효율성이 유의하게 변하는 것을 확인할 수 있었음
 - 이는 현재 정부연구개발사업 성과지표로 수합되고 있는 SCI, 특허, 매출액, 기술이전액 등 항목들이 기초, 응용, 개발 등 연구단계 중 기초 부문을 대변하며, 향후 응용이나 개발 등을 포함하여 단계별로 세밀하게 성과지표들이 기획, 구분되어 관리되어야 하는 것으로 해석할 수 있음.
 - 즉, 기초, 응용, 개발 등 연구단계별로 각각 단계에 적합한 성과지표를

기획 단계에서부터 제기하고 그 성과에 대한 관리가 필요함. 이러한 변화의 추구는 정부연구개발사업을 기획 및 운영하는 과정에서 정부 투자의 효율성의 증진 및 성과지표 관리의 효율성을 증대시킬 수 있을 것임

- 현재 부처별로 다양한 단계의 과제가 단일 연구개발사업안에 혼재되어 있어 이의 분리 방안도 고려할 필요가 있어 보임.
- 예를 들어 과학기술정보통신부에서는 과학기술 관련 기초단계 R&D, 산업통상자원부 및 환경부에서는 동 기술 관련 응용단계 R&D를 주로 관리하는 방식임.
- 각각의 방식에 장단점이 있겠으나 성과관리의 측면에서 본다면 이러한 방향으로의 변화는 사업별, 부처별 성과지표 관리의 효율성을 향상시킬 수 있을 것이며 각 부처별 정부연구개발사업 관리기관 업무의 편의성 또한 개선될 것임
- 부처별로 별도의 성과지표를 개발하여 발표 중 (산업부: 에너지절약/CO2감축) 이나 회계 기준에 맞고 정량적 평가가 가능한 지표산정방법 도출을 위해서는 종합적인 연구 및 정부 부처간 협의가 필요

□ 둘째, 기후기술에 대한 정부연구개발사업 지원 시 온실가스 저감과 관련된 직접 성과지표의 개발은 물론 기후테크 정책 수요를 반영한 간접 성과지표의 마련이 필요

- 전문가 설문 결과 탄소중립 이행 / 온실가스 감축 등을 위해서는 현행 기초/응용 등으로 구분되는 일반적인 정부연구개발사업과 구분되는 목적 지향적 연구개발사업으로 진행이 필요함을 확인.
- 온실가스 저감과 관련된 정부연구개발사업 재정지원 사업 및 과제별 성과지표의 논의를 통해 실제로 정부연구개발사업이 온실가스 저감에 얼마나 영향을 미치는지 평가할 수 있을 것이며 이를 수정 및 보완하며 탄소중립 이행을 위한 정부연구개발사업의 운용 방향을 설정할 수 있을 것임.
- 예를 들어 본 연구에서 제안하는 주요 성과지표인 온실가스감축효과의 직접적인 측정을 위하여 직접배출(SCOPE 1)과 간접배출(SCOPE 2)량 및 에너지 절감량 지표 등을 개발하거나 기술개발에 따른 파급효과이자 기후테크 정책수요를 파악할 수 있는 간접지표로 기술이전과 산업육성 관련 지표를 개발하는 것임

- 이러한 지표를 통해 온실가스감축에 기여도가 높거나 산업육성으로 이어지는 연구개발사업에 대한 재정지원을 확대함으로써 탄소중립과 녹색성장의 달성 여부를 동시에 점진 가능할 것임.
- 관련 지표에 대한 세부 논의는 산업통상자원부의 에너지 분야 연구개발사업 관리기관은 물론 과학기술정보통신부, 환경부와 같은 부처 간 협업을 통해 ICT/SW, 생명·보건의료, 우주항공·해양 등 다양한 기술 분야에도 적용할 수 있을 것임.
- 성과지표를 통해 국가 신성장동력의 견인이라는 정책 수요를 반영한 정부연구개발사업은 적극 지원하고 그렇지 못한 것에 대한 지원은 제한할 필요가 있음.

□ 셋째, 기후기술에 대한 정부연구개발사업 재정지원 성과지표와 온실가스감축 인지에산서 성과지표의 연계 적용 필요

- 2021년 6월 개정된 「국가재정법」 및 「국가회계법」이 2022년 1월 1일 시행됨에 따라 정부는 “2023회계년도 예산안”부터 예산 및 기금에 대해 각각 온실가스감축인지 예산서 및 기금운용계획서를 작성하여 국회에 제출하였음.
- 2023년도 온실가스감축인지예산서에서는 정부연구개발사업의 경우 기술을 개발하여 적용시 발생하는 감축효과를 추정하도록 하면서, 기술개발 진행단계에 따라 정량 I·II, 정성의 3개 유형 중 선택할 수 있도록 규정하였음. 이에 온실가스감축인지사업 관련 대부분의 정부연구개발사업이 정성적으로 감축효과를 작성하였음 (국회예산정책처, 2023).
- 이는 그동안 기후기술에 대한 정부연구개발사업 관리에 있어서 온실가스저감과 직접 관련된 성과지표를 개발하여 성과평가에 적용하지 아니하였음에 기인함.

□ 넷째, 정책 수요를 반영한 정부연구개발사업 지원으로 기후기술 육성 및 기후테크 新시장 선점을 주도할 필요

- EU, 미국, 중국 등 주요국들은 대규모 투자를 통해 기후테크 분야를 새로운 성장동력으로 육성 중이며, 기후테크 신시장을 선점하기 위한 국가 간 경쟁은 치열해 지고 있는 상황임.

- 기후기술에 대한 정부연구개발사업의 성과지표 개선은 정부연구개발사업 지원에 기후테크 정책 수요를 반영하기 용이한 방편으로 작용할 것임.
- 정책 수요가 반영된 기후기술 육성은 우리나라가 글로벌 산업의 주도권을 확보하는 기회로 작용할 것임.

다. 연구의 한계 및 향후 과제

- 연구진은 본 연구에서의 자료의 구득 과정, 분석 과정 및 결론의 도출 과정에서 나타난 연구의 한계, 그리고 온실가스감축 또는 탄소중립 이행을 위하여 국회예산정책처의 정책 수요와 관련되거나 또는 향후 필요하다고 판단되는 향후 과제를 다음과 같이 정리함
- 본 연구의 분석 결과는 자료 구득의 한계로 온실가스감축 또는 탄소중립 이행을 위한 우리나라의 정부연구개발사업 전부를 대상으로 분석한 결과가 아니고 일부만을 분석 대상으로 한 결과임
 - 본 연구에서는 사업 단위 뿐만 아니라 과제 단위의 분석 역시 시도하였으나 과제 단위의 분석이 가능한 자료의 양이 크게 부족하여 객관적인 결과의 도출이 힘들다고 판단하여 제외하였음
 - 본 연구에서 적용한 DEA 방법론은 사업 단위는 물론 과제 단위의 효율성 평가에의 적용이 모두 가능하며 추가적인 모형 조건의 도입을 통하여 다양한 정책적 옵션을 분석해 볼 수 있으나 이를 위해서는 상당한 규모의 투입, 산출 변수 및 성과 관련 지표의 자료들을 사업 및 과제 단위로 데이터베이스화 한 이후에 적용이 가능할 것임
- 본 연구의 분석에서 사용한 성과 지표나 산출 변수의 한계로 본 연구의 결과를 일반화하여 탄소중립 이행을 위한 정부연구개발사업의 성과평가 결과를 해석하는데는 한계가 있음
 - 기후기술 관련 정부연구개발사업의 정책 수요를 고려한 ‘탄소중립 이행 평가지표’의 설계가 필요하며 이를 구체화하여 어디에 어떻게 적용할 것인지에 대한 추가연구가 필요함.

- 본 연구는 정부연구개발사업의 온실가스 감축 성과의 범위와 온실가스감축인지 예산서와의 연계 방안에 대한 구체적인 논의를 포함하지 않고 있음
- 본 연구의 결과는 향후 국회예산정책처 경제분석국의 경제전망 보고서 및 정책자료 작성 시에 기초자료로 활용이 기대되며, 국내 에너지 및 온실가스감축 부문 정부연구개발사업의 정책 수립 시 시사점을 제시함으로써 우리나라의 안정적이고 지속가능한 경제발전에 기여할 수 있을 것으로 기대함.

참 고 문 헌

- 고길곤. (2017). 효율성 분석 이론 : 자료포락분석과 확률변경분석, 문우사
- 고민수 (2001). DEA를 이용한 OECD 국가별 연구개발 효율성 비교 분석.
- 과학기술정보통신부 고시 제2022-55호 (2022), 「기후변화대응 기술 세부내용」
- 관계부처합동 (2019), 「제2차 기후변화대응 기본계획」
- 관계부처합동 (2019), 「제3차 녹색성장 5개년 계획」
- 관계부처합동 (2019), 「제3차 국가 기후변화 적응대책」
- 관계부처합동 (2020), 「지속가능한 녹색사회 실현을 위한 대한민국 2050 탄소중립 전략」
- 관계부처합동 (2021), 「CCU 기술혁신 로드맵」
- 관계부처합동 (2021), 「탄소중립 기술혁신 추진전략」
- 관계부처합동 (2021), 「탄소중립 기술혁신 투자전략」
- 관계부처합동 (2021), 「탄소중립 연구개발 투자전략」
- 관계부처합동 (2021), 「「2050탄소중립」 추진전략(안)」
- 관계부처합동 (2021), 「2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안」
- 관계부처합동 (2022), 「탄소중립 기술혁신 전략로드맵(안)」
- 관계부처합동 (2022), 「탄소중립 녹색성장 기술혁신 전략」
- 관계부처합동 (2022), 「제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획(’ 23~’ 32)(안)」
- 관계부처합동 (2023), 「제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획(’ 23~’ 42)(안)」
- 권철홍, 방성식. (2012). Fuzzy AHP와 DEA-AR 모형을 이용한 R&D 연구과제의 성과평가.
- 국가녹색기술연구소(전 녹색기술센터) 「기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」 2019년 ~ 2021년 보고서

- 국가녹색기술연구소(전 녹색기술센터) 「기후기술 분류체계적용 국가연구개발사업 투자·성과분석보고서」 2016년 ~ 2018년 보고서
- 국회예산정책처 (2023) 「2023 대한민국 경제」
- 국회예산정책처 (2019) 「국가연구개발사업 분석」
- 김기완, 김진, 신진교 & 홍성범. (2014). 정부 R&D 투자의 효율성 제고방안 연구. 한국개발연구원
- 김정수. (2019). 국가 R&D 기술적 성과의 연구개발 협력유형별 질적 효율성 분석.
- 김경원. (2016). 가치사슬 DEA를 이용한_송실대학위논문.
- 김원섭, 한재현. (2022). DEA를 활용한 국방 R&D 효율성 분석, 군사발전연구, 16(2), 255-280
- 김준현, 김재경. (2020). DEA를 이용한 농림 R&D 사업의 효율성 분석 . 무역학회지, 45(1), 47-64.
- 김태희, 김인호, 안성봉, &이계석(2009).자료포락분석법을 활용한 국가연구개발사업의 효율성 분석-원자력연구개발사업을 중심으로-, 기술혁신학회지, 12(1), 70-87.
- 김홍규, 배진희. (2015). DEA를 활용한 R&D 프로젝트의 효율성 비교 : 산업기술사업을 중심으로. 산업경영시스템학회지, 38(3), 29-38.
- 김홍영, 정선양. (2016).정부연구개발사업 협력유형별 효율성분석: DEA를 활용한 순수연구개발사업중심으로. 한국기술혁신학회, 2016(10), 373-382.
- 김홍희, 이덕주, 김경택, 박성준. (2014). DEA를 이용한 국내 신재생에너지 보급 및 기술개발 투자의 효율성 분석, 기술혁신학회지, 40(4), 358-365.
- 문관식, 안경섭. (2016). 산림분야 기후변화대응 R&D사업에 대한 탐색적 성과분석: 효율성 관점에서 DEA분석을 중심으로. 디지털융복합연구, 14(8), 47-56.
- 박성민. (2011a). R&D 프로젝트 성과평가를 위한 DEA모형의 타당성 실증분석. 산업공학 (IE interfaces), 24(4), 314-322.
- 박재완, 문춘걸. (2006). DEA 기법을 활용한 공공부문 성과 측정 : 에너지관리공단의 경우, 재정논집, 21(1), 69-95

- 박정우. (2018). 국방 R&D 효율성 평가를 위한 부트스트랩 DEA 적용에 관한 연구. 한국군사학논집, 74(3), 295-313.
- 배성훈, 김준현, 윤진선, 강상규, 신광민, 조수지, 이기광. (2016). DEA모형을 활용한 나노기술 분야 국가 R&D 과제의 효율성 분석, 한국산업경영시스템학회지, 39(2), 64-71
- 변상규, 한정희. (2009). 국가R&D 사업효율성연구: 신성장동력핵심기술개발사업을 중심으로. 과학기술법연구, 15(2), 179-206.
- 백철우, 이순배.(2010). “질적성과를 고려한R&D 효율성 분석연구” . <생산성논집>. 24(4),251-274.
- 산업통상자원부 (2021), 「탄소중립 산업·에너지 R&D 전략」
- 산업통상자원부·한국에너지기술평가원 (2022.11) 「2021년도 에너지R&D 성과활용현황조사 분석보고서」
- 산업통상자원부·한국에너지기술평가원 (2021.11) 「2020년도 성과활용현황조사 분석보고서」
- 송정민, 윤. (2022). 신약 R&D 민·관 협력사업 효율성 분석 연구: 국내·외 연구사업에 대해 자료포락분석(DEA) 모형을 활용하여. 기술혁신학회지, 25(5), 897-924.
- 신경철. (2021). DEA를 이용한 에너지 및 산업분야정부 R&D 사업의 효율성 분석, 서울대학교 석사학위 논문
- 엄익천,백철우, 홍세호. (2016). “영역조절모형(RAM)을 활용한 신약개발 국가연구개발사업의 효율성 분석” . <기술혁신학회지>. 19(4),711-735.
- 염성찬 외. (2017) 「기후기술분류체계 마련 연구」, 녹색기술연구소(전 녹색기술센터)
- 우청원. (2019). DEA를 이용한 청정에너지기술R&D 효율성분석: 신재생에너지기술R&D 과제를 대상으로. 기술혁신학회지, 22(4), 690-708.
- 윤가혜. (2023). 정부 에너지 R&D의 효율성과 예산 포트폴리오 및 영향요인 분석, 서울대학교 박사학위 논문
- 이형진. (2016). 국방핵심기술 연구개발사업의 효율성 분석에 관한 연구, 국방과 기술, 448, 70-83

- 전국경제인연합회(2021), 「탄소중립 정책 현황 및 과제」, Global Insight vol.44
- 전은진 외. (2021) 「탄소중립 대응 주요국 R&D 동향조사 및 분석」, 한국과학기술기획평가원 위탁 연구보고서, 녹색기술연구소(전 녹색기술센터)
- 정수관, 강상목. (2012), 정부 R&D, 민간 R&D와 생산성의 인과관계 분석, 생산성논집, 26(3), 107-137
- 채종옥, 정성민.(2020).주요 7개국의 과학기술개발 효율성 및 생산성 분석 - DEA 효율성 분석 및 Malmquist 생산성 분석을 중심으로 -.국방과 기술,(501),88-103.
- 최고봉, 조인경, 김은성, 허은녕. (2014). DEA기법을 활용한 국내 에너지기술개발사업 효율성 분석. 한국혁신학회지. 9(2). 77-98.
- 한국과학기술기획평가원 「정부연구개발예산 현황분석」 2018년~2023년 보고서
- 한국과학기술기획평가원 「연구개발활동조사보고서」 2020~2021년 보고서
- 한국과학기술기획평가원 「국가연구개발사업 조사·분석 보고서」 2016~2021년 보고서
- 한웅용 외. (2021) 「탄소중립 달성을 위한 정부 연구개발 정책 및 투자방향」, KISTEP Issue Paper 2021-19
- 현승현. (2014). 우리나라 녹색산업기술에 대한 R&D 효율성 분석.
- 환경부 (2021), 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(탄소중립 기본법)」
- 2050탄소중립녹색성장위원회 보도자료/정책자료
- Ahn, H., Afsharian, M., Emrouznejad, A., & Banker, R. (2018). Recent developments on the use of DEA in the public sector. Socio-Economic Planning Sciences, 61, 1-3.
- Asmild, M., Paradi, J. C., Reese, D. N., & Tam, F. (2007). Measuring overall efficiency and effectiveness using DEA. European Journal of Operational Research, 178(1), 305-321.
- Banker, R. D. Charnes, A. & Cooper W. W. (1984). Some Models for

Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*. 30(9). 1078–1092.

- Charnes A., Cooper W. W., & Rhodes E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*. 2(6). 429–444.
- Cho, I., E. Heo and J. Park (2021) “Water resource R&D efficiency in Korea – Toward sustainable integrated water resources management,” *Water Policy*, 23(3), p.581–598.
- Cho, Sangmin, Jinsoo Kim and Eunnyeong Heo (2015) . “Application of fuzzy analytic hierarchy process to select the optimal heating facility for Korean horticulture and stockbreeding sectors” , *Renewable and Sustainable Energy review* Volume 49, pp. 1075–1083
- Dobrzanski, P., & Bobowski, S. (2020). The Efficiency of R&D Expenditures in ASEAN Countries. *Sustainability*, 12(7), 2686
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253–290.
- George E. G., & Nickolaos G. T. (2012). Analyzing the Greek Renewable Energy Sector: A Data Envelopment Analysis Approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2884–2893
- Golany, B. and Roll, Y. (1989). An Application Procedure for DEA. *Omega*, 17(3), 237–250
- Guan, J. C., Yam, R. C., Mok, C. K. and Ma, N. (2006). A study of the Relationship between competitiveness and Technological Innovation Capability Based on DEA Models. *European Journal of Operational Research*, 170(3), 971–986
- Guo, X., Deng, C., Wang, D., Du, X., Li, J., & Wan, B. (2021). International Comparison of the Efficiency of Agricultural Science, Technology, and Innovation: A Case Study of G20 Countries. *Sustainability*, 13(5), 2769.
- Hsu, F. M., & Hsueh, C. C. (2009). Measuring relative efficiency of

government-sponsored R&D projects: A three-stage approach. *Evaluation and Program Planning*, 32(2), 178-186.

- Lee, H., Park, Y., & Choi, H. (2009). Comparative evaluation of performance of national R&D programs with heterogeneous objectives: A DEA approach. *European Journal of Operational Research*, 196(3), 847-855.
- Lu, W. C. (2009). The evolution of R&D efficiency and marketability: Evidence from Taiwan's IC-design Industry. *Asian Journal of Technology Innovation*, 17(2), 1-26.
- Park, J., E. Heo, and D. Lee (2017) "Effective R&D investment planning based on technology spillovers: the case of Korea" , *Scientometrics*, 111, pp.67-82.
- Sinimole, K. R., & Saini, K. M. (2021). Performance evaluation of R&D organisations: an Asian perspective. *International Journal of the Economics of Business*, 28(2), 179-196.
- Sueyoshi, T., & Goto, M. (2011). DEA Approach for Unified Efficiency Measurement: Assessment of Japanese Fossil Fuel Power Generation. *Energy Economics*, 33(2), 292-303
- Wang, E. C., & Huang, W. (2007). Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach. *Research Policy*, 36(2), 260-273.
- Zhong, M., Huang, G., & He, R. (2022). The technological innovation efficiency of China's lithium-ion battery listed enterprises: Evidence from a three-STAGE DEA model and micro-data. *Energy*, 246, 123331.

부 록

부록 1 자료포락분석법 (Data Envelopment Analysis) 해설

부록 2 설문지 (평가요인분석)

부록 3 국가 R&D 및 기후기술 부문 정부 R&D 자료 정리

부록 1 자료포락분석법 (Data Envelopment Analysis) 해설

□ 자료포락분석법의 대표적인 모형: CCR 및 BCC

○ CCR 모형

- CCR 모형을 Farrell(1957)의 효율성 개념을 발전시킨 모형으로 Charnes, Cooper and Rhodes(1978)의 앞 글자를 따서 명명한 모형이다. 방법론적으로는 Koopmans(1951)의 선형계획법(linear programming, LP)기반의 활동분석(activity analysis)를 결합하여 현재의 DEA 모형이 만들어지게 되었음
- CCR 모형은 각 DMU에 대해서 투입요소의 가중 합에 대한 산출물의 가중 합의 비율로 정의되는 효율을 극대화하는 문제이며 규모수익불변(CRS, Constant Return to Scale)에서 효율성을 계산하게 된다. 식 (2), (3), (4)의 제약 하에서 식 (1)의 최적화 문제를 해결하는 과정임

CCR모형 효율성 계산과정

$$Max E_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij}} \quad (1)$$

$$s.t. \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij}} \leq 1 \quad (2)$$

$$v_{ik} \geq \epsilon \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3)$$

$$u_{rk} \geq \epsilon \quad (r = 1, 2, \dots, s) \quad (4)$$

- CCR 모형은 규모수익불변(CRS)을 가정하며, 효율적인 경영 단위 (Efficient Decision Making Unit, DMU)를 평가하는데 사용됩니다. 이 모형은 분석 대상과 목적에 따라 산출방향 모형과 투입방향 모형으로 나눌 수 있음
- 산출방향 모형은 주어진 투입요소를 고정한 후 최대한 많은 산출을 얻는 효율적인 DMU를 찾는 것을 목표로 함. 투입방향 모형은 산출 수준을 고정한 뒤 최소한의 투입요소로 DMU를 운영하는 것을 목표로 함. CCR 모형은 분석 대상과 목적에 맞게 산출방향 모형 또는 투입방향 모형을 선택하여 활용할 수 있음

○ 투입방향 CCR 모형 수식

$$Min \theta - \epsilon \sum_{i=1}^m s_i^- - \epsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \quad (5)$$

$$s.t. x_{ki} \theta - \sum_{j=1}^n x_{ji} \lambda_j = s_i^- (i = 1, 2, \dots, m) \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{jr} \lambda_j - y_{kr} = s_r^+ (r = 1, 2, \dots, s) \quad (7)$$

$$\lambda_j \geq 0 (j = 1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

$$s_i^- \geq 0 (i = 1, 2, \dots, m) \quad (9)$$

$$s_r^+ \geq 0 (r = 1, 2, \dots, s) \quad (10)$$

○ 산출방향 CCR 모형 수식

$$Max \phi + \epsilon \sum_{i=1}^m s_i^- + \epsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \quad (11)$$

$$s.t. \sum_{j=1}^n x_{ji} \lambda_j + s_i^- = x_{ki} \quad (i=1,2,\dots,m) \quad (12)$$

$$y_{kr} \phi - \sum_{j=1}^n y_{jr} \lambda_j + s_r^+ = 0 \quad (r=1,2,\dots,s) \quad (13)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (14)$$

$$s_i^- \geq 0 \quad (i=1,2,\dots,m) \quad (15)$$

$$s_r^+ \geq 0 \quad (r=1,2,\dots,s) \quad (16)$$

○ BCC 모형

- BCC 모형은 Banker, Charnes and Cooper(1984)가 CCR 모형의 불변규모수익(CRS) 조건을 완화한 가변규모수익(VRS) 조건을 포함한 모형으로 아래 그림에서 보면 CCR 모형에 의해 구성된 생산가능경계는 항상 BCC 모형에 의해 구성된 생산가능경계보다 위쪽에 위치함
- CCR 모형에서 비효율적인 DMU가 효율적인 지점을 의미하는 생산가능경계까지 이동해야 하는 거리가 BCC 모형에 비해 항상 먼 것을 확인할 수 있으며 이는 CCR 모형에서 효율성 값이 BCC 모형보다 항상 작거나 같아지는 것을 의미함

투입방향 BCC 모형 수식

$$Min \theta - \epsilon \sum_{i=1}^m s_i^- - \epsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \quad (17)$$

$$s.t. x_{ki}\theta - \sum_{j=1}^n x_{ji}\lambda_j = s_i^- (i=1,2,\dots,m) \quad (18)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{jr}\lambda_j - y_{kr} = s_r^+ (r=1,2,\dots,s) \quad (19)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 (j=1,2,\dots,n) \quad (20)$$

$$\lambda_j \geq 0 (j=1,2,\dots,n) \quad (21)$$

$$s_i^- \geq 0 (i=1,2,\dots,m) \quad (22)$$

$$s_r^+ \geq 0 (r=1,2,\dots,s) \quad (23)$$

산출방향 BCC 모형 수식

$$Max \phi + \epsilon \sum_{i=1}^m s_i^- + \epsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ \quad (24)$$

$$s.t. \sum_{j=1}^n x_{ji}\lambda_j + s_i^- = x_{ki} (i=1,2,\dots,m) \quad (25)$$

$$y_{kr}\phi - \sum_{j=1}^n y_{jr}\lambda_j + s_r^+ = 0 (r=1,2,\dots,s) \quad (26)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 (j=1,2,\dots,n) \quad (27)$$

$$\lambda_j \geq 0 (j=1,2,\dots,n) \quad (28)$$

$$s_i^- \geq 0 (i=1,2,\dots,m) \quad (29)$$

$$s_r^+ \geq 0 (r=1,2,\dots,s) \quad (30)$$

○ CCR 및 BCC 모형 비교 및 비효율성 원인 분석

- $\sum_{k=1}^K \lambda^k = 1$ 은 생산가능집합의 가변규모수익(VRS) 특성을 반영하는 BCC 모형에서 나타내는 제약식이며 이 제약 조건을 포함하지 않으면 생산가능집합은 불변규모수익(CRS)의 특징을 가지고 있어 CCR 모형으로 분석된다. 추가로, $\sum_{k=1}^K \lambda^k \leq 1$ 은 생산가능집합의 비규모 경제성(Non-Increasing Returns to Scale, NIRS)을 나타내며, 이 때의 효율성 지표는 $\theta_{\sup}$ 로 표현함

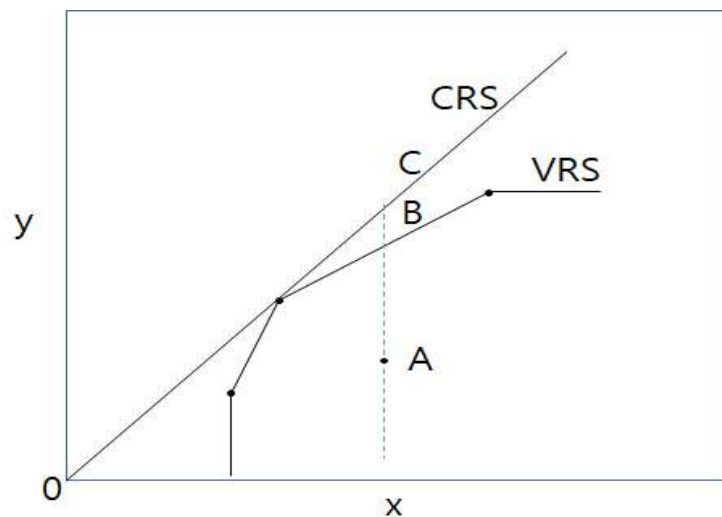
- DMU j에 대해서 산출기준 효율성 지표가 1일 경우 DMU는 생산가능경계에 놓여있다는 것을 의미하며, 1보다 작으면 DMU는 생산가능경계 아래 영역에 위치해 비효율적임을 의미함
- 산출기준 효율성 지표인 θ_V , θ_C , θ_Σ 등의 역수를 산출물거리함수라고 부르며, 산출물거리함수 값을 ‘기술효율성(technical efficiency, TE)’이라고 한다. 기술효율성을 다시 순수기술효율성과 규모 효율성(scale efficiency, SE)의 곱으로 분할해 표현할 수 있음

$$\text{VRS에서 기술적 효율성 } PTE = TE_V = \frac{1}{\theta_V}$$

$$\text{CRS에서 기술적 효율성 } TE = TE_C = \frac{1}{\theta_C}$$

$$\text{규모 효율성 } SE = \frac{TE_C}{TE_V} = \frac{TE}{PTE} = \frac{\text{기술효율성}}{\text{순수기술효율성}}$$

[순수 기술효율성과 규모효율성]



- 규모 효율성은 규모수익불변을 달성하는 생산량이 최적 생산규모라는 것을 의미한다. 가변규모수익(VRS)과 불변규모수익(CRS)의 생산가능집합은 위 그림과 같이 나타남

- BCC 모형에서 구해진 상대적 효율성은 순수기술효율성(Pure technology efficiency, PTE)라고 불리며, CCR 모형에서 구해진 상대적 효율성은 기술 효율성(Technology efficiency, TE)를 의미한다. 순수기술 효율성과 규모의 효율성과의 비교는 비효율적인 DMU의 주원인을 판단할 수 있는 증거가 될 수 있음(최고봉, 2014; 고길곤, 2017)
- 순수기술효율성(PTE)이 규모의 효율성(SE)보다 작을 경우 비효율성은 주로 기술적 측면에서 발생하며 반대의 경우 주로 규모적 측면에서 발생하는 것으로 판단할 수 있음
- 추가로 VRS, NIRS, CRS 순서로 제약조건이 많기 때문에 같은 상대적 효율성은 CRS일 때 가장 크게 나오고 NIRS, VRS 순서로 값이 효율성 값이 작게 나온다. $\theta_C = \theta_\Sigma = \theta_V$ 인 경우 해당 DMU는 규모수익불변(CRS) 특성을 가진 것이고, $\theta_C = \theta_\Sigma > \theta_V$ 인 경우 규모의 경제성(IRS), $\theta_C > \theta_\Sigma = \theta_V$ 인 경우 규모의 불경제성(DRS) 특성을 가짐

부록 2 설문지 (평가요인분석)

온실가스감축 이행을 위한 정부연구개발사업 성과평가 기준의 평가를 위한 AHP 설문

본 설문은 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법을 활용하여 온실가스감축 이행을 위한 정부연구개발사업의 성과평가 항목(안)을 종합적으로 평가하기 위한 것입니다.

AHP(Analytic Hierarchy Process: 계층화 분석법)는 평가에서 고려되는 평가 항목들을 계층화한 다음, 평가 항목 간 상대적 중요도를 측정하여 타당성을 종합적으로 판단하는 의사결정 기법입니다. 본 설문에서 제시되는 성과평가 항목은 (사)한국혁신학회가 수행 중인 연구과제에서 실시한 전문가 면담을 통하여 도출되었습니다.

응답자께서는 본 설문에 제시된 각 평가 항목 간 상대적 중요도를 전문가의 관점에서 판단하여 주시면 감사하겠습니다. 응답의 일관성이 낮은 경우 설문을 다시 하게 되오니 신중하게 응답해 주십시오. 감사합니다.

(사)한국혁신학회

연구과제책임자: 허은영 서울대학교 교수

● 설문작성 시 유의사항 ●

첫째, 본 설문지의 목적은 연구진이 선정한 평가 항목들에 대하여 상대적인 중요도를 판단하는 것입니다.

둘째, 평가 항목 간 비교는 평가 항목 A가 B에 비해 상대적으로 얼마나 중요한지(또는 적절한지)를 평가하는 것입니다.

셋째, p. 3~6에서 제시하는 평가 요령, 평가 항목의 계층구조와 평가 내용, 조사 내용 요약 등을 꼭 읽어보시고 설문에 응해 주십시오.

설 문 목 차

1. AHP 설문 응답 시 유의사항	3
2. AHP 평가구조 및 평가 내용	4
3. AHP 평가를 위한 설문 (가중치 선정)	7
4. AHP 분석 연구를 위한 설문	10

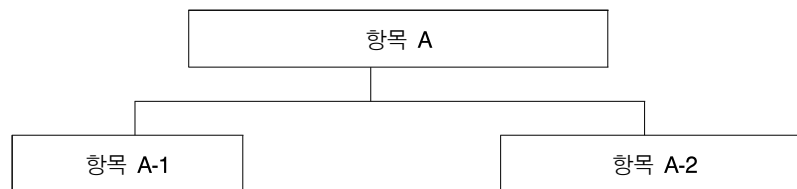
1. AHP 설문 응답 시 유의사항

가. 응답 예

예) 항목 A의 평가 기준에서 판단할 때 항목 A-1에 제시된 평가요소가 항목 A-2에 제시된 평가요소 보다 ‘매우 중요’하다고 생각하시면 아래와 같이 기입하면 됩니다.

평가 항목	절대 중요		매우 중요		중 요		약간 중요		같 다		약간 중요		중 요		매우 중요		절대 중요	평가 항목
항목 A-1	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	항목 A-2

[그림 21] 평가 예



나. 응답 일관도

- AHP 분석에서는 분석의 부산물로 비일관도 지수(Consistency Index)가 생성됩니다. 비일관도 지수가 0.15이상이 될 경우 응답결과를 신뢰할 수 없다고 판단되어 재설문하게 됩니다. 비일관도 지수가 높게 나오는 데는 크게 다음과 같이 두 가지 경우가 해당됩니다.

[원인 1] 서수적 일관성 결여 (A > B > C의 순위가 바뀌게 응답)

예) A가 B보다 중요하다고 응답하고, B가 C보다 중요하다고 응답하였을 경우
A가 C보다 중요하다고 응답해야 함에도 불구하고 반대로 응답할 경우
※ A > B, B > C → A > C라고 응답해야 함.

[원인 2] 기수적 일관성 결여

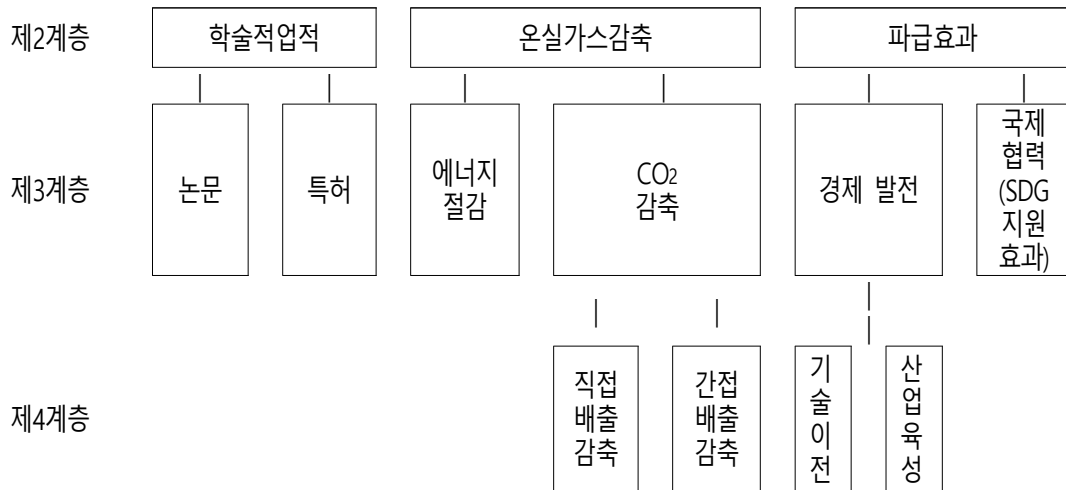
예) A가 B보다 2배 중요하다고 응답하고, A가 C보다 4배 중요하다고 응답하였을 경우, B가 C보다 2배 중요하다고 응답해야 함에도 불구하고 B가 C보다 9배 중요하다고 응답할 경우

※ 상대적 중요도 평가 설문에서 **평가항목이 3개 이상인 경우**, 특히 응답일관도에 유념하여 설문에 주시기를 바랍니다.

2. AHP 평가구조 및 평가 내용

[그림 2] 온실가스감축 이행을 위한 정부연구개발사업의 성과평가를 위한 기준의 AHP 계층 구조

온실가스감축 이행을 위한 정부연구개발사업의 성과평가



평가 항목			평가 내용	비고
제2계층	제3계층	제4계층		
학술적업적	논문		• 당해 연구개발사업에서 산출된 학술논문 (국내/국제) 성과	정부 평가 기본항목
	특허		• 당해 연구개발사업에서 산출된 특허 (국내/국제) 성과	정부 평가 기본항목
온실가스감축	에너지절감		• 당해 연구개발사업으로 인하여 절감된 에너지	산업부 평가 기본항목
	CO2 감축	직접배출 감축 (SCOPE 1)	• 당해 연구개발사업으로 인하여 감축된 직접배출 (SCOPE 1) 온실가스	
		간접배출 감축 (SCOPE 2)	• 당해 연구개발사업으로 인하여 감축된 간접배출 (SCOPE 2) 온실가스	
파급효과	경제 발전	기술이전	• 당해 연구개발사업으로 인하여 발생한 기술이전 및 기술료	정부 평가 기본항목
		산업육성	• 당해 연구개발사업으로 인하여 발생한 관련산업 육성	
	국제협력 (SDG 지원효과)		• 당해 연구개발사업으로 인하여 개선 가능한 UN SDG 항목	

평가요소의 설명

가. 학술적 업적

우리나라 정부의 연구개발사업의 평가에서는 당해 연구개발사업으로 인하여 발생한 성과로 논문 및 특허 등 학술적 업적 성과의 측정과 평가를 모든 연구개발사업에 대하여 실시하고 있습니다. 해당 지표는 기초 및 응용 등 다양한 연구개발사업에 골고루 적용이 가능하다는 장점이 있으나 온실가스감축 등 특정 목적의 성과를 측정하는데는 한계가 있습니다.

나. 온실가스감축효과

온실가스감축 등 특정 목적이 있는 정부연구개발사업의 경우 우리나라는 주무부처별로 다양한 성과지표를 개발하여 적용 중입니다. 이들 성과평가 지표들은 STEPI, KISTEP 등 주요 국책연구기관과의 협의를 거치고 있습니다.

에너지 관련 주무부처인 산업통상자원부는 매년 보고서를 내고 온실가스감축 이행을 위한 정부연구개발사업의 경우 전문기관에 의뢰하여 사업과제별로 에너지절감량 및 온실가스감축량 성과자료를 수집하여 보고하고 있습니다.

연구진은 이 중 특히 온실가스감축량 성과지표를 발전시켜 현재 온실가스감축 대상인 사업장별로 자료수집 및 보고가 의무화되어 있는 직접배출(SCOPE1) 및 간접배출(SCOPE 2) 구분을 성과평가에도 적용하는 방안을 제안합니다. 이는 정부의 온실가스감축효과 산정에 보다 효과적으로 적용이 가능할 것입니다. 또한 국제적인 협약에 의하여 향후 국내에도 공시의무 적용이 예상되는 SCOPE3 배출량 산정 등에 대한 준비로도 효과가 있다고 판단하였습니다.

추가설명: SCOPE 1 (직접배출) 및 SCOPE 2 (간접배출) 온실가스 배출량

현재 정부에서는 개별 기업에서 통제가 가능한 온실가스 배출량인 SCOPE 1 (직접배출)과 SCOPE2 (간접배출) 배출량을 관리하도록 하고 있습니다. 이에, SCOPE 1 및 SCOPE 2 관련 데이터는 충분히 획득이 가능합니다.

그리고 2023년부터 ISSB 공시의무가 통과되면서 기타 간접배출량을 포함하는 SCOPE 3 에 대한 측정과 관리도 요구받고 있어 향후에는 이를 포함할 필요도 있을 것입니다.

- * SCOPE 1 (직접 배출)은 회사(배출원) 내부에서의 에너지 연소 및 공정에서의 온실가스 배출로 정의합니다. 석유, 가스 등 화석연료에서 배출되는 온실가스가 여기에 해당됩니다. 특히 회사에서 사용하는 차량의 운행에서 소비되는 화석연료의 온실가스 배출도 여기에 포함됩니다.
- * SCOPE 2 (간접배출)은 회사(배출원)가 일상적인 활동에 필요한 전기, 스팀 등을 구매함으로써 인하여 간접적으로 회사(배출원) 외부에서 배출되는 온실가스로 정의됩니다. 외부의 발전원에서 받아 사용하는 전력 사용으로 인한 온실가스 배출이 대표적인 SCOPE 2 입니다.
- * SCOPE 3 (기타 간접배출)은 SCOPE 2 (간접배출)에 속하지 않은 간접배출로서 원재료의 생산, 제품 사용 및 폐기 과정에서 배출되는 량으로 정의합니다. 대표적으로 회사(배출원)에서 사용하는 각종 원자재를 공급하여 주는 사업장에서 배출된 온실가스 배출량 등을 포함하는 개념입니다.

다. 파급효과

우리나라 정부는 연구개발사업 평가시 당해 연구개발사업으로 인하여 발생한 기술이전 수입 및 기술료 징수 등을 경제적 성과로 보고 그 측정과 평가를 모든 연구개발사업에 대하여 실시하고 있습니다.

그러나 해당 지표는 주로 정부의 규제에 의하여 시행되는 온실가스감축사업의 효과를 측정하는데 한계가 있습니다. 이에 규제 형태의 사업에도 발생하는 고용효과를 추구하였습니다.

또한 국제적으로 시행되는 온실가스감축사업의 추가적인 파급효과를 산정하기 위하여 현재 국제사회에서의 다양한 온실가스 감축 노력(사업)의 평가시 투자기관 및 국제기구에서 당해 사업의 파급효과 측정지표로 사용 중인 개발도상국의 SDG 달성 지원 여부를 평가 항목으로 추가합니다.

추가설명: SDG (Sustainable Development Goal)

UN에서 지정한 17가지의 지속가능 개발 목표. 지속가능한 개발 목표 또는 지속가능한 발전 목표(Sustainable Development Goals)로 번역됨. UN에서는 공식적으로 “Global Goals”라는 다른 이름으로도 불리고 있다.

SDGs는 2000년부터 2015년까지 시행된 밀레니엄개발목표(MDGs)를 종료하고 2016년부터 2030년까지 새로 시행되는 유엔과 국제사회의 최대 공동목표이다. 인류의 보편적 문제 (빈곤, 질병, 교육, 성평등, 난민, 분쟁 등)와 지구 환경문제 (기후변화, 에너지, 환경오염, 물, 생물다양성 등), 경제 사회문제 (기술, 주거, 노사, 고용, 생산 소비, 사회구조, 법, 대내외 경제)를 2030년까지 17가지 주 목표와 169개 세부목표로 하여 이를 해결하고자 이행하는 국제사회 최대 공동목표임. (위키백과)

국제적으로 시행되는 다양한 온실가스 감축 사업의 투자 적합도 평가시 사업이 일어나는 국가(대부분 개발도상국)의 SDG 달성에 해당 사업이 지원하고 있는지 여부가 사업의 파급효과 평가의 요소로 활용되고 있습니다.



3. AHP 평가를 위한 설문 (가중치 선정)

가. 제2계층 요소간 평가

- 다음 설문은 4페이지에 있는 AHP 구조도 중 제2계층 요소간의 상대적 중요도를 판단하기 위한 것입니다. 온실가스감축 이행을 위한 정부연구개발사업의 성과를 평가할 때 어느 요인이 상대적으로 얼마만큼 더 중요하다고 생각하는지 신중히 판단하여 응답해 주십시오.

- I. 온실가스감축 이행을 위한 정부연구개발사업의 성과를 평가할 때 학술적 업적과 온실가스 감축효과 그리고 파급효과 중 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까?

I. 제2계층의 상대적 중요도 평가

평가항목	절대 중요		매우 중요		중 요		약 간 중요		같 다		약 간 중요		중 요		매우 중요		절대 중요	평가항목
학술적 업적	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	온실가스 감축효과
학술적 업적	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	파급효과
온실가스 감축효과	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	파급효과

나. 제3계층 요소간 평가

□ 다음 설문들은 4페이지에 있는 AHP 구조도 중 제3계층의 평가 항목 간 상대적 중요도를 평가하기 위한 것입니다. 전문가의 관점에서 신중히 응답해 주십시오.

II. 온실가스감축 이행을 위한 정부연구개발사업의 성과를 평가할 때 다음의 평가요소 간 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까?

II-1. 제3계층의 상대적 중요도 평가 (학술적 업적)

평가항목	절대 중요		매우 중요		중 요		약간 중요		같 다		약간 중요		중 요		매우 중요		절대 중요	평가항목
논문	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	특허

II-2. 제3계층의 상대적 중요도 평가 (온실가스감축)

평가항목	절대 중요		매우 중요		중 요		약간 중요		같 다		약간 중요		중 요		매우 중요		절대 중요	평가항목
에너지절감	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	CO ₂ 감축

II-3. 제3계층의 상대적 중요도 평가 (파급효과)

평가항목	절대 중요		매우 중요		중 요		약간 중요		같 다		약간 중요		중 요		매우 중요		절대 중요	평가항목
경제발전	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	국제협력

다. 제4계층 요소간 평가

□ 다음 설문들은 4페이지에 있는 AHP 구조도 중 제4계층의 평가 항목 간 상대적 중요도를 평가하기 위한 것입니다. 전문가의 관점에서 신중히 응답해 주십시오.

III. 온실가스감축 이행을 위한 정부연구개발사업의 성과를 평가할 때 다음의 평가요소 간 상대적 중요도가 어느 정도라고 생각하십니까?

III-1. 제4계층의 상대적 중요도 평가 (온실가스감축-CO2 감축)

평가항목	절대 중요		매우 중요		중 요		약간 중요		같 다		약간 중요		중 요		매우 중요		절대 중요	평가항목
직접배출감축	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	간접배출감축

III-2. 제4계층의 상대적 중요도 평가 (과급효과-경제발전)

평가항목	절대 중요		매우 중요		중 요		약간 중요		같 다		약간 중요		중 요		매우 중요		절대 중요	평가항목
기술이전	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	산업육성

4. AHP 분석을 위한 설문

☐ 설문에 의하여 주신 분들은 소정의 자문료를 지급하여 드립니다. 이에 다음의 내용을 필히 기입하여 주시기 바랍니다. 해당 연락처 정보는 자문료 지급 및 여러분이 보내주신 설문 답안의 비밀관도 지수 검토 이후 필요한 추가 연락이 필요한 경우에만 사용되며 연구과제 종료와 함께 폐기됩니다.

성 명 : _____

소 속 : _____

직 위 : _____

연락처 : 전화(HP)_____ E-mail:_____

☐ 본 설문에서 제시된 평가요소에 대하여 의견이 있으시면 아래 응답란에 자유롭게 이를 서술하여 주시기 바랍니다.

◆ 감 사 합 니 다 ◆

부록 3 국가 R&D 및 기후기술 부문 정부 R&D 자료 정리

- 표1 한국형 탄소중립 100대 핵심기술 목록 (과학기술정보통신부 보도자료, 「제7회 탄소중립기술특별위원회」, 2023.05.19.)
- 표2 2021년 기후기술 국가R&D 부처별 투자 현황(대분류)
(국가녹색기술연구원)
- 표3 2021년 기후기술 국가R&D 부처별 투자 현황(중분류)
(국가녹색기술연구원)
- 표4 연구개발 단계별 2021년 기후기술 R&D 규모 (중분류)
(국가녹색기술연구원)
- 표5 연구수행 주체별 2021년 기후기술 R&D 규모 (중분류)
(국가녹색기술연구원)
- 표6 지역별 2021년 기후기술 R&D 규모 (중분류) (국가녹색기술연구원)
- 표7 회계별 국가R&D투자 현황(2018~2023년) (한국과학기술기획평가원)
- 표8 OECD 주요국 GDP 및 국가R&D투자 추이(2016~2021년)
(한국과학기술기획평가원)
- 표9 중앙부처별 국가R&D투자 추이(2018~2023년)
(한국과학기술기획평가원)
- 표10 재원별 R&D투자 및 GDP 대비 R&D투자 비율
(한국과학기술기획평가원)
- 표11 재원별 상세 R&D투자 (한국과학기술기획평가원)

<표1 한국형 탄소중립 100대 핵심기술 목록>

	단기형 (~'30년 상용화) (37개)	중장기형 ('30년 이후 상용화) (63개)
초격차 (9)	• (수소) 기체수소 저장·운송 • (전력저장) 단주기 에너지 저장 시스템 • (원자력) 소형모듈원자로(SMR) • (친환경차) 이차전지 셀 고도화 • (친환경차) 이차전지 시스템 고도화 • (친환경차) 연료전지 시스템 고도화 6개	• (철강) 수소환원제철 • (석유화학) 연료유부산물 기초화학 원료 전환 • (산업일반) 친환경 냉매 3개
신격차 (39)	• (태양광) 초고효율 태양전지 • (태양광) 사용처 다변형 태양광시스템 • (태양광) 폐태양광 재활용 재사용 • (수소) 해외 임도·야수 대용량 저장·운송 • (무탄소전력) 고효율 연료전지 열병합 • (전력저장) 사용후 배터리 ESS 시스템 • (전력망) 분산자원 및 유연자원 통합운영 • (철강) 고로 연·원료 대체 • (철강) 전로 연·원료 대체 • (철강) 철강산업 하공정 무탄소 연료 전소 • (석유화학) 바이오 PEF • (석유화학) 바이오폴리올 • (석유화학) 폐플라스틱 자동 선별 • (친환경차) 전기구동시스템 성능 향상 • (친환경차) 전력변환장치 고도화 • (친환경차) 유선충전 고속화 • (환경) 바이오 생분해성 플라스틱 17개	• (풍력) 수직축 부유식 풍력발전 • (수소) 차세대 수전해 • (수소) 액체수소 운송선 • (전력저장) 장주기 에너지 저장 시스템 • (석유화학) 부생가스 고부가 전환 • (석유화학) 바이오나프타·올레핀 • (석유화학) 폐플라스틱 용매 추출 • (석유화학) 폐플라스틱 해중합 • (석유화학) 폐플라스틱 열분해 • (석유화학) 폐플라스틱 가스화 • (석유화학) 저에너지 반응 공정 • (석유화학) 저에너지 분리·소재 공정 • (CCUS) 습식 포집 • (CCUS) 건식 포집 • (CCUS) 차세대 포집 • (산업일반) 공정가스 대체 • (산업일반) 공정가스 처리 • (선박) 연료 후처리 및 에너지 효율향상 • (건축) 건물에너지 관리·제어·데이터 활용 • (환경) 리뉴어블 플라스틱 • (환경) 금속자원 회수 • (환경) 국토공간 유형별 탄소 흡수 증진관리 22개

감격차 (52)	• (풍력) 해상풍력 부유체 시스템 • (풍력) 해상풍력 설치·시공 • (수소) 알칼라인 수전해 • (수소) PEM 수전해 • (무탄소 전력) 수소혼소 가스터빈 • (시멘트) 혼합재 함량 증대 • (CCUS) 분리막 포집 • (CCUS) 화학적 전환 • (CCUS) 광물 탄산화 • (친환경차) 수소차용 수소저장시스템 • (친환경차) 수소충전소 • (선박) 탄소중립 내연기관 • (선박) 선박용 연료전지배터리 시스템 • (건축) 고성능·다기능 외피 14개	• (풍력) 초대형 풍력 터빈 • (풍력) 해상풍력발전 운영·관리 • (수소) 액체수소 저장·운송 • (수소) 수소 전용 배관망 • (수소) 차세대 해외수소 저장·운송 • (수소) 액체수소 인수기지 • (무탄소전력) 수소전소 가스터빈 • (무탄소전력) 석탄 보일러 암모니아 혼소 • (무탄소전력) 초고효율 연료전지 복합발전 • (전력망) 지능형 송배전 시스템 • (전력망) 실시간 전력거래 플랫폼 • (에너지통합) 산업용 고온·초저온 히트펌프 • (에너지통합) 복합에너지시스템 • (에너지통합) 열에너지 저장시스템 • (원자력) 선진 원자력 시스템 • (원자력) 원자력 폐기물 관리 • (철강) 탄소 저감형 전기로 • (철강) 철강 부산물 재자원화 • (석유화학) 전기 가열로 NCC 시스템 • (석유화학) 무탄소 연료 NCC 공정 • (석유화학) 스마트 플랜트 전환 • (시멘트) 비탄산염 원료 대체 • (시멘트) 신규 혼합재 제조 • (시멘트) 순환자원 연료 대체 • (시멘트) 저탄소 신열원 활용 • (CCUS) 저장소 탐사·평가·선정 • (CCUS) 저장 시설·설비 설계·구축 • (CCUS) 저장소 CO2 주입·운영 • (CCUS) CO2 저장 모니터링 • (CCUS) 생물학적 전환 • (산업일반) 산업공정용 수소·암모니아 활용 • (산업일반) 전동기·전력변환기 효율화 • (산업일반) 그린데이터센터 • (산업일반) 탄소배출 저감 효과 모니터링 • (친환경차) 무선충전 대용량화 • (선박) 선박 전기추진 시스템 • (건축) 건물·설비 전기화·고효율화 • (건축) 건물 신재생 에너지 및 에너지융합시스템 38개
--------------------------------------	---	--

자료: 과학기술정보통신부 보도자료, 「제7회 탄소중립기술특별위원회」, 2023.05.19.

<표2 2021년 기후기술 국가R&D 부처별 투자 현황(대분류)>

(단위: 억원, %)

구분	총계					
	2020		2021		증감	
	금액	비중	금액	비중	금액	비중
산업부	10118.9	33.2	11366.8	33.1	1247.9	-
과기부	7471.0	24.5	8138.9	23.7	667.9	-0.8
환경부	1603.9	5.3	1494.1	4.4	-109.8	-0.9
중기부	1842.9	6.0	2118.5	6.2	275.6	0.1
농진청	1487.0	4.9	1551.5	4.5	64.5	-0.4
해수부	1839.6	6.0	2055.7	6.0	216.1	-
국토부	1379.4	4.5	1719.0	5.0	339.6	0.5
교육부	605.2	2.0	614.0	1.8	8.8	-0.2
산림청	638.4	2.1	742.2	2.2	103.9	0.1
기상청	633.1	2.1	734.5	2.1	101.4	0.1
다부처	1331.9	4.4	1932.7	5.6	600.8	1.3
농식품부	531.2	1.7	507.3	1.5	-23.9	-0.3
복지부	351.8	1.2	420.1	1.2	68.3	0.1
원자력위	193.0	0.6	321.2	0.9	128.2	0.3
행안부	131.7	0.4	186.7	0.5	55.0	0.1
식품안전처	131.2	0.4	128.0	0.4	-3.3	-0.1
기타	203.5	0.7	259.3	0.8	55.8	0.1
총계	30493.7	100.0	34290.5	100.0	3796.9	-

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」(2022.08)의 자료를 표로 재편집함

<표2 2021년 기후기술 국가R&D 부처별 투자 현황(대분류)(계속)>

(단위: 억원, %)

구분	I. 감축				
	2020		2021		증감
	금액	비중	금액	비중	금액
산업부	9697.5	47.0	10991.2	47.1	1293.7
과기부	5508.5	26.7	5865.3	25.1	356.8
환경부	253.1	1.2	118.6	0.5	-134.5
중기부	1540.7	7.5	1788.5	7.7	247.8
농진청	32.3	0.2	46.7	0.2	14.4
해수부	598.9	2.9	514.3	2.2	-84.6
국토부	1174.8	5.7	1476.5	6.3	301.7
교육부	277.4	1.3	262.4	1.1	-15.0
산림청	26.9	0.1	32.0	0.1	5.1
기상청	-	-	3.1		3.1
다부처	1067.5	5.2	1645.5	7.0	578.0
농식품부	67.0	0.3	71.6	0.3	4.6
복지부	10.3		12.9	0.1	2.6
원자력위	193.0	0.9	321.2	1.4	128.2
행안부	7.0	-	8.3	-	1.3
식품안전처	-	-	-	-	-
기타	158.1	0.8	194.6	0.8	36.5
총계	20613.0	100.0	23352.7	100.0	2739.7

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」(2022.08)의 자료를 표로 재편집함

<표2 2021년 기후기술 국가R&D 부처별 투자 현황(대분류)(계속)>

(단위: 억원, %)

구분	II. 적응				
	2020		2021		증감
	금액	비중	금액	비중	금액
산업부	141.5	1.7	114.9	1.2	-26.6
과기부	1528.7	17.8	1800.2	18.9	271.5
환경부	1170.7	13.7	1161.6	12.2	-9.1
중기부	167.5	2.0	188.0	2.0	20.5
농진청	1438.9	16.8	1495.9	15.7	57.0
해수부	1237.8	14.4	1538.3	16.1	300.5
국토부	140.7	1.6	181.4	1.9	40.7
교육부	245.6	2.9	261.6	2.7	16.0
산림청	611.5	7.1	709.4	7.4	97.9
기상청	622.8	7.3	696.9	7.3	74.1
다부처	228.0	2.7	261.1	2.7	33.1
농식품부	447.8	5.2	417.2	4.4	-30.6
복지부	302.5	3.5	362.5	3.8	60.0
원자력위	-	-	-	-	-
행안부	122.5	1.4	171.7	1.8	49.2
식품안전처	129.2	1.5	126.0	1.3	-3.2
기타	37.0	0.4	61.0	0.6	24.0
총계	8572.7	100.0	9547.7	100.0	974.9

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」(2022.08)의 자료를 표로 재편집함

<표2 2021년 기후기술 국가R&D 부처별 투자 현황(대분류)(계속)>

(단위: 억원, %)

구분	Ⅲ. 융합				
	2020		2021		증감
	금액	비중	금액	비중	금액
산업부	279.9	21.4	260.7	18.7	-19.2
과기부	433.8	33.2	473.5	34.1	39.7
환경부	180.1	13.8	213.8	15.4	33.7
중기부	134.7	10.3	142.0	10.2	7.3
농진청	15.8	1.2	9.0	0.6	-6.8
해수부	3.0	0.2	3.0	0.2	0.0
국토부	63.8	4.9	61.2	4.4	-2.6
교육부	82.1	6.3	90.0	6.5	8.2
산림청	-	0.0	0.8	0.1	0.8
기상청	10.4	0.8	34.5	2.5	24.1
다부처	36.4	2.8	26.0	1.9	-10.4
농식품부	16.5	1.3	18.5	1.3	2.0
복지부	39.0	3.0	44.7	3.2	5.7
원자력위	-	-	-	-	-
행안부	2.2	0.2	6.7	0.5	4.5
식품안전처	2.0	0.2	2.0	-	-
기타	8.4	0.6	3.8	0.3	-4.6
총계	1308.0	100.0	1390.2	100.0	82.2

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」(2022.08)의 자료를 표로 재편집함

<표3 2021년 기후기술 국가R&D 부처별 투자 현황(중분류)>

(단위: 억원, %)

구분	I. 비재생에너지			II. 재생에너지			III. 신에너지		
	금액	비중	증감	금액	비중	증감	금액	비중	증감
산업부	1,133.8	25.4	-80.7	2,150.7	57.4	-57.0	1,430.7	56.2	494.7
과기부	1,670.2	37.5	-308.5	826.2	22.1	21.8	696.6	27.4	197.8
환경부	-	-	-	40.1	1.1	-21.4	20.8	0.8	20.8
중기부	14.3	0.3	-7.9	191.4	5.1	40.3	142.7	5.6	62.2
농진청	-	-	-	7.1	0.2	-10.6	18.0	0.7	18.0
해수부	-	-	-	235.2	6.3	-10.2	39.1	1.5	39.1
국토부	-	-	-	106.1	2.8	-21.4	131.8	5.2	62.9
교육부	5.0	0.1	-2.1	74.2	2.0	-7.6	38.5	1.5	9.4
산림청	-	-	-	32.0	0.9	7.2	-	-	-
기상청	-	-	-	3.1	0.1	3.1	-	-	-
다부처	1,315.0	29.5	389.0	26.0	0.7	20.3	16.2	0.6	16.2
농식품부	-	-	-	53.0	1.4	26.1	10.0	0.4	2.8
복지부	-	-	-0.4	1.0	-	-	-	-	-
원자력위	321.2	7.2	128.2	-	-	-	-	-	-
행안부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
식품안전처	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기타	-	-	-0.3	-	-	-15.0	-	-	-83.7
총계	4,459.6	100.0	117.3	3,746.1	100.0	-24.5	2,544.3	100.0	840.2

주: 증감은 2020년 투자액 대비 기준

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」(2022.08)의 자료를 표로 재편집함

<표3 2021년 기후기술 국가R&D 부처별 투자 현황(중분류)(계속)>

(단위: 억원, %)

구분	IV. 에너지저장			V. 송배전전력		
	금액	비중	증감	금액	비중	증감
산업부	2,121.3	53.0	562.8	1,125.3	73.2	110.5
과기부	1,002.2	25.0	289.7	220.2	14.3	11.7
환경부	3.4	0.1	-1.9	-	-	-
중기부	464.2	11.6	162.1	164.2	10.7	21.4
농진청	4.2	0.1	4.2	8.0	0.5	8.0
해수부	39.5	1.0	19.3	-	-	-
국토부	204.5	5.1	58.9	-	-	-23.1
교육부	62.2	1.6	12.0	6.6	0.4	-4.2
산림청	-	-	-	-	-	-
기상청	-	-	-	-	-	-
다부처	61.5	1.5	22.1	13.0	0.8	0.8
농식품부	-	-	-	-	-	-
복지부	10.7	0.3	2.7	-	-	-
원자력위	-	-	-	-	-	-
행안부	2.3	0.1	2.3	-	-	-
식품안전처	-	-	-	-	-	-
기타	25.6	0.6	-18.2	-	-	-
총계	4,001.4	100.0	1,115.8	1,537.3	100.0	125.1

주: 증감은 2020년 투자액 대비 기준

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」(2022.08)의 자료를 표로 재편집함

<표3 2021년 기후기술 국가R&D 부처별 투자 현황(중분류)(계속)>

(단위: 억원, %)

구분	VI. 에너지수요			VII. 온실가스고정		
	금액	비중	증감	금액	비중	증감
산업부	2,485.5	42.6	-30.9	544.0	44.3	294.3
과기부	999.8	17.1	59.5	449.9	36.6	84.8
환경부	34.5	0.6	-94.9	19.9	1.6	-37.1
중기부	790.3	13.5	-44.3	21.4	1.7	14.0
농진청	0.4	-	-	9.1	0.7	-5.2
해수부	200.6	3.4	-132.6	-	-	-
국토부	1,027.3	17.6	219.6	6.8	0.6	4.7
교육부	54.5	0.9	-25.7	21.5	1.8	3.2
산림청	-	-	-2.0	-	-	-
기상청	-	-	-	-	-	-
다부처	61.6	1.1	-13.8	152.2	12.4	143.4
농식품부	5.2	0.1	-27.7	3.5	0.3	3.5
복지부	1.2		0.3	-	-	-
원자력위	-	-	-	-	-	-
행안부	6.0	0.1	-0.1	-	-	-
식품안전처	-	-	-	-	-	-
기타	169.0	2.9	153.6	-	-	-
총계	5,835.7	100.0	60.0	1,228.3	100.0	505.8

주: 증감은 2020년 투자액 대비 기준

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」(2022.08)의 자료를 표로 재편집함

<표3 2021년 기후기술 국가R&D 부처별 투자 현황(중분류)(계속)>

(단위: 억원, %)

구분	VIII. 농업축산			IX. 물		
	금액	비중	증감	금액	비중	증감
산업부	1.6	0.1	-24.9	70.0	4.1	-1.7
과기부	156.3	7.2	12.0	396.1	22.9	18.2
환경부	-	-	-	840.3	48.6	-99.8
중기부	16.1	0.7	-26.3	118.1	6.8	34.6
농진청	1,444.6	66.2	63.6	8.2	0.5	-0.3
해수부	-	-	-	20.1	1.2	-23.5
국토부	-	-	-	135.8	7.9	50.7
교육부	20.5	0.9	1.3	64.3	3.7	2.6
산림청	-	-	-1.1	-	-	-
기상청	3.4	0.2	1.4	2.0	0.1	-9.3
다부처	146.5	6.7	86.2	7.0	0.4	-43.7
농식품부	379.2	17.4	-35.2	16.7	1.0	7.1
복지부	-	-	-	-	-	-
원자력위	-	-	-	-	-	-
행안부	-	-	-	48.0	2.8	11.7
식품안전처	13.7	0.6	-0.3	2.0	0.1	-0.5
기타	-	-	-	-	-	-
총계	2,181.9	100.0	76.7	1,728.7	100.0	-53.9

주: 증감은 2020년 투자액 대비 기준

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」(2022.08)의 자료를 표로 재편집함

<표3 2021년 기후기술 국가R&D 부처별 투자 현황(중분류)(계속)>

(단위: 억원, %)

구분	X. 기후변화예측			XI. 해양수산연안		
	금액	비중	증감	금액	비중	증감
산업부	0.7	-	-4.5	10.7	0.7	-0.3
과기부	433.8	24.0	29.7	140.4	9.7	22.4
환경부	108.9	6.0	17.6	2.0	0.1	0.9
중기부	10.8	0.6	-1.3	8.3	0.6	-3.5
농진청	36.8	2.0	-1.5	-	-	-
해수부	377.3	20.9	72.0	1,141.1	78.9	252.8
국토부	34.6	1.9	-5.4	-	-	-
교육부	4.3	2.4	1.9	45.3	3.1	-4.5
산림청	0.8	-	0.3	0.8	0.1	0.2
기상청	691.5	38.3	89.3	-	-	-0.3
다부처	-	-	-5.7	23.4	1.6	0.4
농식품부	5.3	0.3	-0.2	-	-	-
복지부	-	-	-	-	-	-
원자력위	-	-	-	-	-	-
행안부	63.1	3.5	4.1	9.0	0.6	-3.0
식품안전처	-	-	-	32.0	2.2	-2.3
기타	-	-	-	33.4	2.3	-2.7
총계	1,806.6	100.0	196.3	1,446.5	100.0	253.2

주: 증감은 2020년 투자액 대비 기준

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」(2022.08)의 자료를 표로 재편집함

<표3 2021년 기후기술 국가R&D 부처별 투자 현황(중분류)(계속)>

(단위: 억원, %)

구분	XII. 건강			XIII. 산림육상			XIV. 다분야 중첩		
	금액	비중	증감	금액	비중	증감	금액	비중	증감
산업부	31.9	2.2	6.2	-	-	-1.5	260.7	18.8	-19.2
과기부	615.6	43.4	179.0	57.9	6.0	10.1	473.5	34.1	39.7
환경부	66.8	4.7	58.9	143.6	14.9	13.4	213.8	15.4	33.8
중기부	33.3	2.4	16.6	1.3	0.1	0.3	142.0	10.2	7.4
농진청	4.9	0.3	-3.0	1.4	0.1	-1.7	9.0	0.6	-6.8
해수부	-	-	-0.6	-	-	-	3.0	0.2	-
국토부	-	-	-	10.9	1.1	-4.8	61.2	4.4	-2.6
교육부	59.6	4.2	8.7	28.8	3.0	6.0	90.0	6.5	7.9
산림청	-	-	-	707.8	73.2	98.6	0.8	0.1	0.8
기상청	-	-	-	-	-	-	34.5	2.5	24.2
다부처	83.6	5.9	-3.8	0.7	0.1	-0.2	26.0	1.9	-10.4
농식품부	16.0	1.1	-2.4	-	-	-	18.5	1.3	2.1
복지부	362.5	25.6	60.0	-	-	-	44.7	3.2	5.7
원자력위	-	-	-	-	-	-	-	-	-
행안부	37.0	2.6	35.0	14.6	1.5	1.4	6.7	0.5	4.5
식품안전처	78.3	5.5	-0.3	-	-	-	2.0	0.1	
기타	27.6	1.9	27.1	-	-	-0.4	3.8	0.3	-4.7
총계	1,417.1	100.0	381.4	966.9	100.0	121.3	1,390.2	100.0	82.2

주: 증감은 2020년 투자액 대비 기준

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」(2022.08)의 자료를 표로 재편집함

<표 4 2021년 기후기술 국가연구개발사업 부처별 투자 현황(대분류)>

(단위: 억원, %)

구분	총계		
	금액	비중*	비중**
산업부	11,366.8	33.1	100.0
과기부	8,138.9	23.7	100.0
환경부	1,494.1	4.4	100.0
중기부	2,118.5	6.2	100.0
농진청	1,551.5	4.5	100.0
해수부	2,055.7	6.0	100.0
국토부	1,719.0	5.0	100.0
교육부	614.0	1.8	100.0
산림청	742.2	2.2	100.0
기상청	734.5	2.1	100.0
다부처	1,932.7	5.6	100.0
농식품부	507.3	1.5	100.0
복지부	420.1	1.2	100.0
원자력위	321.2	0.9	100.0
행안부	186.7	0.5	100.0
식품안전처	128.0	0.4	100.0
기타	259.3	0.8	100.0
총계	34,290.5	100.0	100.0

주: 1. 비중*은 해당 기후기술에 대한 전부처 투자액 대비 해당 부처의 투자 비중

2. 비중**은 부처의 기후기술 투자총액 대비 해당 기술에 대한 투자 비중

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」
(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표 4 2021년 기후기술 국가연구개발사업 부처별 투자 현황(대분류) (계속)>

(단위: 억원, %)

구분	01. 원자력발전			02. 핵융합발전			03. 청정화력발전, 효율화		
	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**
산업부	807.6	36.4	7.1	7.3	0.4	0.1	318.9	93.1	2.8
과기부	1,081.0	48.7	13.3	572.2	30.2	7.0	17.1	5.0	0.2
환경부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
중기부	7.6	0.3	0.4	1.3	0.1	0.1	5.4	1.6	0.3
농진청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
해수부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
국토부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
교육부	2.6	0.1	0.4	1.5	0.1	0.2	0.9	0.3	0.2
산림청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기상청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
다부처	-	-	-	131.5	69.3	68.0	-	-	-
농식품부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
복지부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
원자력위	321.2	14.5	100.0	-	-	-	-	-	-
행안부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
식품안전처	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-	-	-	-
총계	2,222.0	100.0	6.5	1,897.1	100.0	5.5	324.2	100.0	1.0

주: 1. 비중*은 해당 기후기술에 대한 전부처 투자액 대비 해당 부처의 투자 비중

2. 비중**은 부처의 기후기술 투자총액 대비 해당 기술에 대한 투자 비중

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표 4 2021년 기후기술 국가연구개발사업 부처별 투자 현황(대분류) (계속)>

(단위: 억원, %)

구분	04. 수력			05. 태양광			06. 태양열		
	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**
산업부	59.4	47.6	0.5	1,050.0	56.4	9.2	2.9	10.4	-
과기부	4.6	3.7	0.1	560.8	30.2	6.9	9.8	34.9	0.1
환경부	-	-	-	20.6	1.1	1.4	-	-	-
중기부	3.4	2.7	0.2	145.0	7.8	6.8	0.3	1.1	-
농진청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
해수부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
국토부	57.4	46.0	3.3	9.1	0.5	0.5	-	-	-
교육부	-	-	-	48.7	2.6	7.9	0.6	2.2	0.1
산림청	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-
기상청	-	-	-	3.1	0.2	0.4	-	-	-
다부처	-	-	-	9.0	0.5	0.5	-	-	-
농식품부	-	-	-	12.6	0.7	2.5	14.4	51.5	2.8
복지부	-	-	-	1.0	0.1	0.2	-	-	-
원자력위	-	-	-	-	-	-	-	-	-
행안부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
식품안전처	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-	-	-	-
총계	124.8	100.0	0.4	1,860.1	100.0	5.4	28.0	100.0	0.1

주: 1. 비중*은 해당 기후기술에 대한 전부처 투자액 대비 해당 부처의 투자 비중

2. 비중**은 부처의 기후기술 투자총액 대비 해당 기술에 대한 투자 비중

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표 4 2021년 기후기술 국가연구개발사업 부처별 투자 현황(대분류) (계속)>

(단위: 억원, %)

구분	07. 지열			08. 풍력			09. 해양에너지		
	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**
산업부	-	-	-	794.5	92.8	7.0	3.8	1.5	-
과기부	4.9	17.8	0.1	23.4	2.7	0.3	23.1	9.0	0.3
환경부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
중기부	6.2	22.6	0.3	21.4	2.5	1.0	1.0	0.4	-
농진청	1.9	6.8	0.1	-	-	-	-	-	-
해수부	-	-	-	6.0	0.7	0.3	226.5	88.6	11.0
국토부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
교육부	-	-	-	10.6	1.2	1.7	1.4	0.5	0.2
산림청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기상청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
다부처	-	-	-	-	-	-	-	-	-
농식품부	14.5	52.8	2.9	-	-	-	-	-	-
복지부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
원자력위	-	-	-	-	-	-	-	-	-
행안부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
식품안전처	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-	-	-	-
총계	27.5	100.0	0.1	855.9	100.0	2.5	255.7	100.0	0.7

주: 1. 비중*은 해당 기후기술에 대한 전부처 투자액 대비 해당 부처의 투자 비중

2. 비중**은 부처의 기후기술 투자총액 대비 해당 기술에 대한 투자 비중

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표 4 2021년 기후기술 국가연구개발사업 부처별 투자 현황(대분류) (계속)>

(단위: 억원, %)

구분	10. 바이오에너지			11. 폐기물			12. 수소제조		
	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**
산업부	172.5	38.5	1.5	67.8	46.5	0.6	391.4	39.6	3.4
과기부	151.1	33.7	1.9	48.5	33.3	0.6	416.1	42.2	5.1
환경부	10.4	2.3	0.7	9.1	6.2	0.6	20.8	2.1	1.4
중기부	3.4	0.8	0.2	10.7	7.3	0.5	22.8	2.3	1.1
농진청	3.5	0.8	0.2	1.7	1.2	0.1	10.6	1.1	0.7
해수부	-	-	-	2.8	1.9	0.1	35.0	3.5	1.7
국토부	39.6	8.8	2.3	-	-	-	59.1	6.0	3.4
교육부	10.4	2.3	1.7	2.4	1.6	0.4	28.5	2.9	4.6
산림청	31.8	7.1	4.3	-	-	-	-	-	-
기상청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
다부처	17.0	3.8	0.9	-	-	-	3.0	0.3	0.2
농식품부	8.7	1.9	1.7	2.7	1.9	0.5	-	-	-
복지부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
원자력위	-	-	-	-	-	-	-	-	-
행안부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
식품안전처	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-	-	-	-
총계	448.4	100.0	1.3	145.6	100.0	0.4	987.2	100.0	2.9

주: 1. 비중*은 해당 기후기술에 대한 전부처 투자액 대비 해당 부처의 투자 비중

2. 비중**은 부처의 기후기술 투자총액 대비 해당 기술에 대한 투자 비중

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표 4 2021년 기후기술 국가연구개발사업 부처별 투자 현황(대분류) (계속)>

(단위: 억원, %)

구분	13. 연료전지			14. 전력저장			15. 수소저장		
	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**
산업부	1,039.3	66.7	9.1	1,514.0	52.9	13.3	607.3	53.4	5.3
과기부	280.5	18.0	3.4	863.2	30.1	10.6	139.0	12.2	1.7
환경부	-	-	-	3.4	0.1	0.2	-	-	-
중기부	119.9	7.7	5.7	344.5	12.0	16.3	119.7	10.5	5.7
농진청	7.4	0.5	0.5	-	-	-	4.2	0.4	0.3
해수부	4.1	0.3	0.2	-	-	-	39.5	3.5	1.9
국토부	72.7	4.7	4.2	-	-	-	204.5	18.0	11.9
교육부	10.0	0.6	1.6	60.5	2.1	9.9	1.6	0.1	0.3
산림청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기상청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
다부처	13.2	0.9	0.7	50.4	1.8	2.6	11.1	1.0	0.6
농식품부	10.0	0.6	2.0	-	-	-	-	-	-
복지부	-	-	-	10.7	0.4	2.5	-	-	-
원자력위	-	-	-	-	-	-	-	-	-
행안부	-	-	-	2.3	0.1	1.2	-	-	-
식품안전처	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기타	-	-	-	15.0	0.5	5.8	10.6	0.9	4.1
총계	1,557.2	100.0	4.5	2,864.0	100.0	8.4	1,137.4	100.0	3.3

주: 1. 비중*은 해당 기후기술에 대한 전부처 투자액 대비 해당 부처의 투자 비중

2. 비중**은 부처의 기후기술 투자총액 대비 해당 기술에 대한 투자 비중

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표 4 2021년 기후기술 국가연구개발사업 부처별 투자 현황(대분류) (계속)>

(단위: 억원, %)

구분	16. 송배전시스템			17. 전기지능화기기			18. 수송효율화		
	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**
산업부	655.8	72.1	5.8	469.5	74.8	4.1	1,307.0	43.9	11.5
과기부	176.7	19.4	2.2	43.6	6.9	0.5	544.6	18.3	6.7
환경부	-	-	-	-	-	-	6.6	0.2	0.4
중기부	53.0	5.8	2.5	111.2	17.7	5.2	78.4	2.6	3.7
농진청	8.0	0.9	0.5	-	-	-	0.4	-	-
해수부	-	-	-	-	-	-	196.3	6.6	9.5
국토부	-	-	-	-	-	-	647.5	21.7	37.7
교육부	3.3	0.4	0.5	3.3	0.5	0.5	20.4	0.7	3.3
산림청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기상청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
다부처	13.0	1.4	0.7	-	-	-	7.3	0.2	0.4
농식품부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
복지부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
원자력위	-	-	-	-	-	-	-	-	-
행안부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
식품안전처	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-	169.0	5.7	65.2
총계	909.7	100.0	2.7	627.5	100.0	1.8	2,977.5	100.0	8.7

주: 1. 비중*은 해당 기후기술에 대한 전부처 투자액 대비 해당 부처의 투자 비중

2. 비중**은 부처의 기후기술 투자총액 대비 해당 기술에 대한 투자 비중

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표 4 2021년 기후기술 국가연구개발사업 부처별 투자 현황(대분류) (계속)>

(단위: 억원, %)

구분	19. 산업효율화			20. 건축효율화			21. CCUS		
	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**
산업부	648.1	38.6	5.7	530.3	45.0	4.7	473.5	43.4	4.2
과기부	293.5	17.5	3.6	161.7	13.7	2.0	401.8	36.8	4.9
환경부	22.1	1.3	1.5	5.8	0.5	0.4	16.0	1.5	1.1
중기부	679.9	40.5	32.1	31.9	2.7	1.5	21.4	2.0	1.0
농진청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
해수부	4.3	0.3	0.2	-	-	-	-	-	-
국토부	11.7	0.7	0.7	368.1	31.2	21.4	6.8	0.6	0.4
교육부	5.3	0.3	0.9	28.8	2.4	4.7	19.1	1.8	3.1
산림청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기상청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
다부처	13.0	0.8	0.7	41.3	3.5	2.1	152.2	14.0	7.9
농식품부	-	-	-	5.2	0.4	1.0	-	-	-
복지부	1.2	0.1	0.3	-	-	-	-	-	-
원자력위	-	-	-	-	-	-	-	-	-
행안부	-	-	-	6.0	0.5	3.2	-	-	-
식품안전처	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-	-	-	-
총계	1,679.0	100.0	4.9	1,179.2	100.0	3.4	1,090.8	100.0	3.2

주: 1. 비중*은 해당 기후기술에 대한 전부처 투자액 대비 해당 부처의 투자 비중

2. 비중**은 부처의 기후기술 투자총액 대비 해당 기술에 대한 투자 비중

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표 4 2021년 기후기술 국가연구개발사업 부처별 투자 현황(대분류) (계속)>

(단위: 억원, %)

구분	22. Non-CO2 저감			23. 유전자원, 유전개량			24. 작물재배, 생산		
	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**
산업부	70.5	51.3	0.6	-	-	-	1.6	0.1	-
과기부	48.1	35.0	0.6	65.9	11.8	0.8	31.2	2.7	0.4
환경부	3.9	2.8	0.3	-	-	-	-	-	-
중기부	-	-	-	-	-	-	11.4	1.0	0.5
농진청	9.1	6.6	0.6	415.1	74.2	26.8	841.7	74.1	54.2
해수부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
국토부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
교육부	2.4	1.7	0.4	7.6	1.4	1.2	9.0	0.8	1.5
산림청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기상청	-	-	-	-	-	-	3.4	0.3	0.5
다부처	-	-	-	57.3	10.2	3.0	43.9	3.9	2.3
농식품부	3.5	2.5	0.7	13.7	2.5	2.7	184.3	16.2	36.3
복지부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
원자력위	-	-	-	-	-	-	-	-	-
행안부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
식품안전처	-	-	-	-	-	-	9.2	0.8	7.2
기타	-	-	-	-	-	-	-	-	-
총계	137.5	100.0	0.4	559.5	100.0	1.6	1,135.6	100.0	3.3

주: 1. 비중*은 해당 기후기술에 대한 전부처 투자액 대비 해당 부처의 투자 비중

2. 비중**은 부처의 기후기술 투자총액 대비 해당 기술에 대한 투자 비중

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표 4 2021년 기후기술 국가연구개발사업 부처별 투자 현황(대분류) (계속)>

(단위: 억원, %)

구분	25. 가축질병관리			26. 가공, 저장, 유통			27. 수제, 수생태계		
	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**
산업부	-	-	-	-	-	-	1.5	0.3	-
과기부	50.7	12.6	0.6	8.6	10.2	0.1	127.3	25.1	1.6
환경부	-	-	-	-	-	-	202.4	39.9	13.5
중기부	4.7	1.2	0.2	-	-	-	27.5	5.4	1.3
농진청	118.9	29.5	7.7	68.9	82.1	4.4	4.1	0.8	0.3
해수부	-	-	-	-	-	-	4.7	0.9	0.2
국토부	-	-	-	-	-	-	115.6	22.8	6.7
교육부	1.9	0.5	0.3	2.0	2.4	0.3	15.0	2.9	2.4
산림청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기상청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
다부처	45.4	11.3	2.3	-	-	-	3.0	0.6	0.2
농식품부	181.2	45.0	35.7	-	-	-	5.8	1.1	1.1
복지부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
원자력위	-	-	-	-	-	-	-	-	-
행안부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
식품안전처	-	-	-	4.5	5.3	3.5	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-	-	-	-
총계	402.8	100.0	1.2	84.0	100.0	0.2	506.9	100.0	0.2

주: 1. 비중*은 해당 기후기술에 대한 전부처 투자액 대비 해당 부처의 투자 비중

2. 비중**은 부처의 기후기술 투자총액 대비 해당 기술에 대한 투자 비중

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표 4 2021년 기후기술 국가연구개발사업 부처별 투자 현황(대분류) (계속)>

(단위: 억원, %)

구분	28. 수자원확보및공급			29. 수처리			30. 수재해관리		
	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**
산업부	8.8	2.6	0.1	59.2	8.3	0.5	0.5	0.3	-
과기부	97.7	29.1	1.2	143.9	20.3	1.8	27.2	15.4	0.3
환경부	180.9	53.8	12.1	35.4	52.9	25.1	81.6	46.2	5.5
중기부	13.4	4.0	0.6	76.0	10.7	3.6	1.2	0.7	0.1
농진청	-	-	-	4.1	0.6	0.3	-	-	-
해수부	-	-	-	12.4	1.7	0.6	3.0	1.7	0.1
국토부	1.6	0.5	0.1	5.6	0.8	0.3	13.0	7.4	0.8
교육부	16.1	4.8	2.6	23.9	3.4	3.9	9.4	5.3	1.5
산림청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기상청	-	-	-	-	-	-	2.0	1.2	0.3
다부처				1.5	0.2	0.1	2.5	1.4	0.1
농식품부	2.5	0.7	0.5	7.2	1.0	1.4	1.3	0.7	0.2
복지부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
원자력위	-	-	-	-	-	-	-	-	-
행안부	13.0	3.9	7.0	-	-	-	35.0	19.8	18.7
식품안전처	2.0	0.6	1.6	-	-	-	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-	-	-	-
총계	336.0	100.0	1.0	709.1	100.0	2.1	176.6	100.0	0.5

주: 1. 비중*은 해당 기후기술에 대한 전부처 투자액 대비 해당 부처의 투자 비중

2. 비중**은 부처의 기후기술 투자총액 대비 해당 기술에 대한 투자 비중

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표 4 2021년 기후기술 국가연구개발사업 부처별 투자 현황(대분류) (계속)>

(단위: 억원, %)

구분	31. 기후예측및모델링			32. 기후정보경보시스템			33. 해양생태계		
	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**
산업부	0.7	0.1	-	-	-	-	-	-	-
과기부	334.1	25.5	4.1	99.7	20.0	1.2	86.2	14.5	1.1
환경부	100.5	7.7	6.7	8.4	1.7	0.6	0.9	0.2	0.1
중기부	1.0	0.1	-	9.8	2.0	0.5	1.2	0.2	0.1
농진청	35.8	2.7	2.3	1.0	0.2	0.1	-	-	-
해수부	341.3	26.1	16.6	36.0	7.2	1.8	442.0	74.3	21.5
국토부	22.6	1.7	1.3	12.0	2.4	0.7	-	-	-
교육부	35.5	2.7	5.8	7.5	1.5	1.2	32.2	5.4	5.3
산림청	0.8	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-
기상청	435.6	33.3	59.3	255.9	51.3	34.8	-	-	-
다부처	-	-	-	-	-	-	-	-	-
농식품부	-	-	-	5.3	1.1	1.0	-	-	-
복지부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
원자력위	-	-	-	-	-	-	-	-	-
행안부	-	-	-	63.1	12.7	33.8	-	-	-
식품안전처	-	-	-	-	-	-	32.0	5.4	25.0
기타	-	-	-	-	-	-	-	-	-
총계	1,307.9	100.0	3.8	498.6	100.0	1.5	594.5	100.0	1.7

주: 1. 비중*은 해당 기후기술에 대한 전부처 투자액 대비 해당 부처의 투자 비중

2. 비중**은 부처의 기후기술 투자총액 대비 해당 기술에 대한 투자 비중

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표 4 2021년 기후기술 국가연구개발사업 부처별 투자 현황(대분류) (계속)>

(단위: 억원, %)

구분	34. 수산자원			35. 연안재해관리			36. 감염질병관리		
	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**
산업부	-	-	-	10.7	4.9	0.1	31.1	2.4	0.3
과기부	47.8	7.5	0.6	6.5	3.0	0.1	594.4	45.9	7.3
환경부	1.1	0.2	0.1	-	-	-	66.8	5.2	4.5
중기부	4.5	0.7	0.2	2.6	1.2	0.1	24.9	1.9	1.2
농진청	-	-	-	-	-	-	2.7	0.2	0.2
해수부	548.3	86.4	26.7	150.8	69.4	7.3	-	-	-
국토부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
교육부	9.7	1.5	1.6	3.4	1.6	0.6	55.7	4.3	9.1
산림청	-	-	-	0.8	0.4	0.1	-	-	-
기상청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
다부처	23.4	3.7	1.2	-	-	-	81.9	6.3	4.2
농식품부	-	-	-	-	-	-	11.7	0.9	2.3
복지부	-	-	-	-	-	-	350.1	27.0	83.3
원자력위	-	-	-	-	-	-	-	-	-
행안부	-	-	-	9.0	4.1	4.8	37.0	2.9	19.8
식품안전처	-	-	-	-	-	-	12.1	0.9	9.5
기타	-	-	-	33.4	15.4	12.9	27.6	2.1	10.6
총계	634.7	100.0	1.9	217.3	100.0	0.6	1,296.0	100.0	3.8

주: 1. 비중*은 해당 기후기술에 대한 전부처 투자액 대비 해당 부처의 투자 비중

2. 비중**은 부처의 기후기술 투자총액 대비 해당 기술에 대한 투자 비중

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표 4 2021년 기후기술 국가연구개발사업 부처별 투자 현황(대분류) (계속)>

(단위: 억원, %)

구분	37. 식품안전예방			38. 산림생산증진			39. 산림피해저감		
	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**
산업부	0.8	0.7	-	-	-	-	-	-	-
과기부	21.2	17.5	0.3	6.6	1.9	0.1	28.5	12.5	0.3
환경부	-	-	-	-	-	-	56.9	24.9	3.8
중기부	8.5	7.0	0.4	-	-	-	1.3	0.5	0.1
농진청	2.2	1.8	0.1	-	-	-	-	-	-
해수부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
국토부	-	-	-	-	-	-	10.9	4.8	0.6
교육부	3.9	3.2	0.6	0.5	0.2	0.1	11.0	4.8	1.8
산림청	-	-	-	338.6	97.8	45.6	105.2	46.1	14.2
기상청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
다부처	1.7	1.4	0.1	0.7	0.2	-	-	-	-
농식품부	4.2	3.5	0.8	-	-	-	-	-	-
복지부	12.5	10.3	3.0	-	-	-	-	-	-
원자력위	-	-	-	-	-	-	-	-	-
행안부	-	-	-	-	-	-	14.6	6.4	7.8
식품안전처	66.2	54.7	51.7	-	-	-	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-	-	-	-
총계	121.1	100.0	0.4	346.3	100.0	1.0	228.3	100.0	0.7

주: 1. 비중*은 해당 기후기술에 대한 전부처 투자액 대비 해당 부처의 투자 비중

2. 비중**은 부처의 기후기술 투자총액 대비 해당 기술에 대한 투자 비중

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표 4 2021년 기후기술 국가연구개발사업 부처별 투자 현황(대분류) (계속)>

(단위: 억원, %)

구분	40. 생태,모니터링,복원			41. 신재생에너지하이브리드			42. 저전력소모장비		
	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**
산업부	-	-	-	86.2	68.6	0.8	29.7	60.5	0.3
과기부	22.9	5.8	0.3	7.8	6.2	0.1	14.3	29.2	0.2
환경부	86.8	22.1	5.8	2.5	2.0	0.2	-	-	-
중기부	-	-	-	5.6	4.5	0.3	3.7	7.5	0.2
농진청	1.4	0.3	0.1	-	-	-	-	-	-
해수부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
국토부	-	-	-	4.9	3.9	0.3	-	-	-
교육부	17.2	4.4	2.8	0.1	0.1	-	0.3	0.7	0.1
산림청	264.0	67.3	35.6	-	-	-	-	-	-
기상청	-	-	-	-	-	-	-	-	-
다부처	-	-	-	-	-	-	1.0	2.0	0.1
농식품부	-	-	-	18.5	14.7	3.6	-	-	-
복지부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
원자력위	-	-	-	-	-	-	-	-	-
행안부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
식품안전처	-	-	-	-	-	-	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-	-	-	-
총계	392.3	100.0	1.1	125.6	100.0	0.4	49.0	100.0	0.1

주: 1. 비중*은 해당 기후기술에 대한 전부처 투자액 대비 해당 부처의 투자 비중

2. 비중**은 부처의 기후기술 투자총액 대비 해당 기술에 대한 투자 비중

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표 4 2021년 기후기술 국가연구개발사업 부처별 투자 현황(대분류) (계속)>

(단위: 억원, %)

구분	43. 에너지하베스팅			44. 인공광합성			45. 기타 기후기술		
	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**	금액	비중*	비중**
산업부	48.4	27.3	0.4	-	-	-	96.4	9.8	0.8
과기부	102.2	57.6	1.3	40.4	79.1	0.5	308.7	31.3	3.8
환경부	-	-	-	-	-	-	211.3	21.4	14.1
중기부	11.8	6.7	0.6	-	-	-	120.9	12.3	5.7
농진청	-	-	-	-	-	-	9.0	0.9	0.6
해수부	-	-	-	-	-	-	3.0	0.3	0.1
국토부	-	-	-	-	-	-	56.4	5.7	3.3
교육부	14.9	8.4	2.4	10.7	20.9	1.7	64.0	6.5	10.4
산림청	-	-	-	-	-	-	0.8	0.1	0.1
기상청	-	-	-	-	-	-	34.5	3.5	4.7
다부처	-	-	-	-	-	-	25.0	2.5	1.3
농식품부	-	-	-	-	-	-	-	-	-
복지부	-	-	-	-	-	-	44.7	4.5	10.5
원자력위	-	-	-	-	-	-	-	-	-
행안부	-	-	-	-	-	-	6.7	0.7	3.6
식품안전처	-	-	-	-	-	-	2.0	0.2	1.6
기타	-	-	-	-	-	-	3.8	0.4	1.5
총계	177.4	100.0	0.5	51.1	100.0	0.1	987.2	100.0	2.9

주: 1. 비중*은 해당 기후기술에 대한 전부처 투자액 대비 해당 부처의 투자 비중

2. 비중**은 부처의 기후기술 투자총액 대비 해당 기술에 대한 투자 비중

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표5 연구개발 단계별 2021년 기후기술 R&D 규모 (중분류)>

(단위: 억원)

중분류	소분류	2021년			
		기초	응용	개발	기타
I. 비재생에너지	1. 원자력발전	649.8	442.7	1,039.8	87.7
	2. 핵융합발전	1,646.6	10.0	8.6	231.9
	3. 청정화력발전	58.0	36.2	223.2	25.0
	소계	2,354.4	488.8	1,271.7	344.7
II. 재생에너지	4. 수력	0.5	6.1	116.7	1.5
	5. 태양광	415.8	306.4	1,070.8	67.2
	6. 태양열	7.2	3.6	16.5	0.7
	7. 지열	4.8	2.0	20.8	-
	8. 풍력	85.6	81.6	640.0	48.7
	9. 해양에너지	30.8	147.3	69.5	8.2
	10. 바이오에너지	90.2	98.2	257.9	2.0
	11. 폐기물	23.7	32.0	89.8	0.1
	소계	658.6	677.3	2,282.0	128.3
III. 신에너지	12. 수소 제조	226.4	210.9	531.3	18.6
	13. 연료전지	171.4	383.3	778.4	224.1
	소계	397.8	594.1	1,309.7	242.7
IV. 에너지저장	14. 전력 저장	586.4	769.8	1,255.9	251.8
	15. 수소 저장	182.6	232.2	636.4	86.2
	소계	769.1	1,002.0	1,892.3	338.0
V. 송배전전력	16. 송배전 시스템	101.3	178.0	569.3	61.2
	17. 전기 지능화 기기	39.1	127.3	367.6	93.5
	소계	140.4	305.4	936.9	154.6
VI. 에너지수요	18. 수송 효율화	173.2	672.1	1,855.7	276.5
	19. 산업 효율화	228.9	295.7	1,127.4	27.1
	20. 건축 효율화	163.0	256.6	749.3	10.3
	소계	565.1	1,224.4	3,732.4	313.8
VII. 온실가스고정	21. CCUS	322.8	178.3	582.6	7.1
	22. Non-CO2저감	59.6	54.0	23.9	-
	소계	382.4	232.4	606.5	7.1
합계 총계		5,267.7	4,524.4	12,031.5	1,529.1

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」
(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표5 연구개발 단계별 2021년 기후기술 R&D 규모 (중분류) (계속)>

(단위: 억원)

중분류	소분류	2021년			
		기초	응용	개발	기타
VIII. 농업축산	23. 유전자원 유전개량	136.8	265.7	153.5	3.5
	24. 작물재배생산	88.5	630.7	353.6	62.8
	25. 가축질병관리	46.0	165.8	145.0	46.1
	26. 가공저장유통	14.8	20.2	33.3	15.7
	소계	286.1	1,082.4	685.3	128.1
IX. 물	27. 수계, 수생태계	113.0	172.0	211.2	10.7
	28. 수자원 확보 및 공급	95.6	74.1	166.3	0.0
	29. 수처리	124.0	119.7	454.7	10.7
	30. 수재해 관리	44.9	35.6	86.2	10.0
	소계	377.4	401.4	918.4	31.4
X 기후변화예측	31. 기후 예측 및 모델링	479.7	512.1	99.8	16.4
	32. 기후 정보 경보 시스템	196.6	193.4	108.3	0.3
	소계	876.3	705.5	208.1	16.7
XI 해양수산연안	33. 해양생태계	374.7	105.8	111.3	2.8
	34. 수산자원	211.6	142.2	280.5	0.3
	35. 연안 재해 관리	47.8	46.3	120.3	2.9
	소계	634.1	294.3	512.1	6.0
XII. 건강	36. 감염 질병 관리	463.7	272.7	437.6	122.0
	37. 식품 안전 예방	59.3	16.9	29.6	15.4
	소계	523.0	289.6	467.2	137.4
XIII. 산림육상	38. 산림 생산 증진	145.3	95.7	105.4	0.0
	39. 산림피해저감	40.3	88.2	94.1	5.8
	40. 생태,모니터링,복원	292.7	64.2	35.3	0.2
	소계	478.2	248.0	234.7	5.9
XIV. 다분야융합	41. 신재생에너지 하이브리드	2.9	86.8	35.8	0.0
	42. 저전력 소모 장비	2.3	23.0	23.7	0.0
	43. 에너지 하베스팅	65.2	52.5	58.2	1.4
	44. 인공광합성	43.6	7.3	0.0	0.2
	45. 기타 기후변화 관련 기술	317.6	204.1	422.6	42.9
	소계	431.6	373.7	540.4	44.5
적응 및 융복합 총계		3,606.8	3,395.0	3,566.1	370.0

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」
(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표6 연구수행 주체별 2021년 기후기술 R&D 규모 (중분류)>

(단위: 억원)

중분류	소분류	공공연구기관		출연연구소		대학		대기업		중견기업		중소기업		정부부처		기타	
		금액	비중	금액	비중	금액	비중	금액	비중	금액	비중	금액	비중	금액	비중	금액	비중
I 비재생에너지	1. 원자력발전	-	-	1252	55.2	253.8	11.4	116.1	5.2	26.6	1.2	529.9	23.9	-	-	68.4	3.1
	2. 핵융합발전	-	-	1850	96.7	53.7	2.8	3.6	0.2	-	-	4.9	0.3	-	-	-	-
	3. 청정화력발전	-	-	84.1	24.6	34.2	10.0	80.2	23.4	8.0	2.3	105.4	30.8	-	-	30.4	8.9
	소계	-	-	3143	70.5	341.7	7.7	200.0	4.5	34.6	0.8	640.2	14.4	-	-	98.9	2.2
II 재생에너지	4. 수력	-	-	0.6	0.4	7.4	6.0	44.8	35.9	-	-	66.9	53.6	-	-	5.1	4.1
	5. 태양광	-	-	337.7	18.2	482.0	25.9	131.9	7.1	133.6	7.2	742.0	39.9	-	-	32.9	1.8
	6. 태양열	0.5	1.8	8.5	30.3	11.1	39.5	-	-	1.4	5.0	6.6	23.4	-	-	-	-
	7. 지열	1.3	4.5	6.9	24.9	5.9	21.5	-	-	-	-	12.3	44.7	-	-	1.2	4.4
	8. 풍력	-	-	141.8	16.6	34.7	4.1	217.4	25.4	90.6	10.6	318.4	37.2	-	-	53.0	6.2
	9. 해양에너지	-	-	201.8	78.9	17.1	6.7	-	-	-	-	36.8	14.4	-	-	-	-
	10. 바이오에너지	18.6	4.2	70.5	15.7	102.4	22.8	-	-	-	-	210.9	47.0	-	-	45.9	10.2
	11. 폐기물	2.6	1.8	46.0	31.6	16.3	11.2	-	-	7.3	5.0	73.4	50.4	-	-	-	-
	소계	23.0	0.6	813.8	21.7	677.0	18.1	394.1	10.5	232.8	6.2	1467.2	39.2	-	-	138.2	3.7
III. 신에너지	12. 수소 제조	1.0	0.1	176.1	17.8	302.9	30.7	34.8	3.5	16.5	1.7	296.2	30.0	-	-	159.6	16.2
	13. 연료전지	0.5	-	260.1	16.7	155.4	10.0	209.6	13.5	230.0	14.8	542.8	34.9	-	-	158.7	10.2
	소계	1.5	0.1	436.3	17.1	458.3	18.0	244.4	9.6	246.5	9.7	839.0	33.0	-	-	318.3	12.5
IV 에너지저장	14. 전력 저장	0.5	-	449.1	15.7	546.2	19.1	137.5	4.8	166.0	5.8	1064.3	37.2	-	-	500.4	17.5
	15. 수소 저장	0.5	-	236.2	20.8	63.4	5.6	11.9	1.0	109.2	9.6	389.1	34.2	-	-	327.1	28.8
	소계	1.0	-	685.3	17.1	609.6	15.2	149.4	3.7	275.2	6.9	1453.4	36.3	-	-	827.5	20.7
V. 송배전전력	16. 송배전 시스템	-	-	149.7	16.5	137.5	15.1	108.5	11.9	11.1	1.2	343.2	37.7	-	-	159.7	17.6
	17. 전기 지능화 기기	-	-	154.5	24.6	26.9	4.3	24.1	3.8	32.7	5.2	272.6	43.4	-	-	116.8	18.6
	소계	-	-	304.2	19.8	164.5	10.7	132.6	8.6	43.8	2.8	615.8	40.1	-	-	276.5	18.0
VI 에너지수요	18. 수송 효율화	-	-	654.7	22.0	232.6	7.8	72.2	2.4	352.9	11.9	693.3	23.3	-	-	971.7	32.6
	19. 산업 효율화	-	-	248.1	14.8	113.8	6.8	6.4	0.4	171.2	10.2	1117.6	66.6	-	-	21.9	1.3
	20. 건축 효율화	-	-	443.8	37.6	256.0	21.7	56.0	4.7	6.6	0.6	270.0	22.9	-	-	146.9	12.5
	소계	-	-	1346.6	23.1	602.4	10.3	134.6	2.3	530.6	9.1	2080.9	35.7	-	-	1140.5	19.5
VII 온실가스고정	21. CCUS	-	-	377.1	34.6	222.5	20.4	261.3	24.0	10.0	0.9	161.7	14.8	-	-	58.2	5.3
	22. Non-CO2저감	3.1	2.2	5.5	4.0	74.5	54.1	29.6	21.5	20.2	14.7	4.3	3.1	-	-	0.4	0.3
	소계	3.1	0.2	382.6	31.1	296.9	24.2	290.9	23.7	30.2	2.5	166.1	13.5	-	-	58.6	4.8
합계 총계		28.6	0.1	7113.1	30.5	3150.3	13.5	1546.9	6.6	1398.8	6.0	7262.6	31.1	-	-	2558.4	12.2

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」
(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표6 연구수행 주체별 2021년 기후기술 R&D 규모 (중분류) (계속)>

(단위: 억원)

중분류	소분류	국립연구소		출연연구소		대학		대기업		중견기업		중소기업		정부부처		기타	
		금액	비중	금액	비중	금액	비중	금액	비중	금액	비중	금액	비중	금액	비중	금액	비중
Ⅷ 농업축산	23. 유전자원 유전개량	331.0	59.2	24.8	4.4	1240	22.2	15.3	2.7	6.0	1.1	53.6	9.6	-	-	4.9	0.9
	24. 작물재배생산	471.1	41.5	21.5	1.9	359.1	31.6	1.7	0.2	7.3	0.6	214.9	18.9	5.3	0.5	54.7	4.8
	25. 가축질병관리	154.0	38.2	50.8	12.6	115.8	28.8	-	-	2.6	0.6	5.6	18.8	-	-	4.0	1.0
	26. 가공저장유통	30.3	36.1	1.8	2.1	36.2	43.1	0.6	0.7	1.0	1.2	10.1	12.0	2.9	3.4	1.2	1.4
	소계	986.5	45.2	98.8	4.5	635.1	29.1	17.6	0.8	16.9	0.8	354.2	16.2	8.2	0.4	64.7	3.0
Ⅸ 물	27. 수계, 수생태계	36.1	7.1	177.5	35.0	195.3	38.5	1.9	0.4	15.4	3.0	78.5	15.5	-	-	2.2	0.4
	28 수자원 확보 및 공급	-	-	84.9	25.3	108.7	32.3	29.3	8.7	-	-	102.6	30.5	-	-	10.6	3.2
	29. 수처리	13.3	1.9	75.7	10.7	179.2	25.3	21.5	3.0	31.4	4.4	372.6	52.5	-	-	15.5	2.2
	30. 수재해 관리	36.0	20.4	58.0	32.8	45.6	25.8	7.1	4.0	0.8	0.4	26.2	14.9	-	-	3.0	1.7
	소계	85.5	4.9	396.0	22.9	528.7	30.6	59.8	3.5	47.5	2.7	579.9	33.5	-	-	31.3	1.8
Ⅹ 기후변화대응	31. 기후 예측 및 모델링	244.7	18.9	459.2	35.1	341.5	26.1	27.5	2.1	5.0	0.4	79.7	6.1	47.9	3.7	100.0	7.6
	32. 기후 정보 경보 시스템	146.8	29.4	137.4	27.6	116.1	23.3	-	-	-	-	59.4	11.9	35.6	7.1	3.3	0.7
	소계	393.9	21.8	596.7	33.0	457.6	25.3	27.5	1.5	5.0	0.3	139.0	7.7	83.5	4.6	103.3	5.7
Ⅺ 해양수산안전	33. 해양생태계	63.1	10.6	164.3	27.6	282.5	47.5	6.7	1.1	-	-	65.4	11.0	-	-	12.5	2.1
	34. 수산자원	233.8	36.8	27.6	4.3	192.5	30.3	-	-	-	-	147.2	23.2	-	-	33.6	5.3
	35. 연안 재해 관리	9.0	4.1	83.3	38.3	58.3	26.8	-	-	5.0	2.3	54.1	24.9	-	-	7.6	3.5
	소계	305.9	21.1	275.2	19.0	533.3	36.9	6.7	0.5	5.0	0.3	266.8	18.4	-	-	53.7	3.7
Ⅻ 건강	36. 감염 질병 관리	154.0	11.9	267.7	20.7	489.4	37.8	21.5	1.7	16.0	1.2	178.9	13.8	-	-	168.7	13.0
	37. 식품 안전 예방	29.6	24.5	9.7	8.0	59.0	48.7	-	-	-	-	19.3	15.9	1.6	1.3	1.9	1.6
	소계	183.6	13.0	277.3	19.6	548.4	38.7	21.5	1.5	16.0	1.1	198.2	14.0	1.6	0.1	170.6	12.0
Ⅼ 산림육상	38. 산림 생산 증진	228.9	66.1	6.4	1.8	62.6	18.1	-	-	-	-	34.0	9.8	-	-	14.4	4.1
	39. 산림피해저감	67.1	29.4	41.2	18.0	86.3	37.8	-	-	-	-	20.3	8.9	-	-	13.4	5.9
	40. 생태모니터링·복원	234.8	59.9	1.0	0.3	108.2	27.6	-	-	-	-	26.0	6.6	-	-	22.3	5.7
	소계	530.8	54.9	48.6	5.0	257.2	26.6	-	-	-	-	80.3	8.3	-	-	50.1	5.2
Ⅽ 다분야융합	41. 신재생에너지 하이브리드	-	-	20.4	16.2	3.4	2.7	-	-	9.6	7.6	92.2	73.4	-	-	-	-
	42. 저전력 소모 장비	1.0	2.0	7.3	14.9	7.4	15.0	-	-	-	-	22.7	46.4	-	-	10.6	21.6
	43. 에너지 하베스팅	-	-	51.6	29.1	81.3	45.8	-	-	13.6	7.7	30.8	17.4	-	-	-	-
	44. 인공광합성	-	-	11.9	23.3	39.2	76.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	45. 타 기후변화 관련 기술	109.6	11.1	208.6	21.1	347.2	35.2	4.5	0.5	32.4	3.3	249.5	25.3	-	-	35.5	3.6
	소계	110.6	8.0	299.7	21.6	478.5	34.4	4.5	0.3	55.6	4.0	395.1	28.4	-	-	46.1	3.3
적응 및 융복합 총계		259.8	23.7	199.3	18.2	348.6	31.4	137.6	1.3	145.9	1.3	201.5	18.4	93.3	0.9	519.8	4.8

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」
(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표7 지역별 2021년 기후기술 R&D 규모 (중분류) >

(단위: 억원, %)

구분	I. 비재생에너지			II. 재생에너지			III. 신에너지			IV. 에너지저장		
	금액	비중	증감	금액	비중	증감	금액	비중	증감	금액	비중	증감
서울특별시	254.3	5.7	-3.9	650.2	17.4	37.6	381.1	15.0	128.2	481.1	12.0	85.9
부산광역시	99.1	2.2	-10.2	194.6	5.2	21.8	48.8	1.9	-20.5	107.9	2.7	55.2
대구광역시	6.8	0.2	1.5	43.8	1.2	-15.3	57.0	2.2	15.8	69.4	1.7	-8.6
인천광역시	19.3	0.4	-3.9	61.6	1.6	3.6	24.2	1.0	5.7	13.0	0.3	-8.7
광주광역시	21.2	0.5	-13.0	122.9	3.3	1.0	47.6	1.9	17.4	88.0	2.2	10.8
대전광역시	33015	74.0	141.0	577.3	15.4	-139.0	364.6	14.3	67.0	525.1	13.1	129.2
울산광역시	85.1	1.9	3.0	134.2	3.6	-3.8	138.5	5.4	57.1	103.8	2.6	20.8
세종시			-0.7	9.7	0.3	3.6	6.1	0.2	3.6	3.9	0.1	-0.8
강원도	15.2	0.3	2.5	58.6	1.6	33.2	23.6	0.9	17.6	51.5	1.3	44.4
경기도	203.1	4.6	-47.7	534.3	14.3	-77.1	424.5	16.7	161.4	531.5	13.3	88.9
경상남도	115.0	2.6	-7.3	458.4	12.2	35.8	111.6	4.4	-23.9	218.9	5.5	31.9
경상북도	190.2	4.3	33.3	112.1	3.0	16.7	54.4	2.1	10.0	147.6	3.7	7.3
전라남도	20.8	0.5	-4.2	123.7	3.3	3.7	48.0	1.9	3.9	40.6	1.0	-1.0
전라북도	6.1	0.1	-4.9	206.6	5.5	-57.6	52.8	2.1	23.4	147.9	3.7	59.6
충청남도	58.3	1.3	13.2	87.9	2.3	7.1	126.9	5.0	43.2	183.7	4.6	22.2
충청북도	40.1	0.9	-0.7	90.6	2.4	-37.9	114.9	4.5	50.9	156.5	3.9	57.5
제주도	4.2	0.1	0.1	61.8	1.6	-25.2	74.4	2.9	31.4	6.8	0.2	4.5
해외	11.3	0.3	11.3	55.3	1.5	35.3	19.2	0.8	19.2	-	-	-
기타	8.0	0.2	8.0	162.5	4.3	132.0	426.0	16.7	228.7	1,124.5	28.1	516.8
총계	44596	100.0	374.6	37461	100.0	-24.5	25443	100.0	840.2	40014	100.0	1,115.8

주: 증감은 2020년 R&D투자액 대비 기준

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표7 지역별 2021년 기후기술 R&D 규모 (중분류) (계속)>

(단위: 억원, %)

구분	V. 송배전전력			VI. 에너지수요			VII. 온실가스고정			총계		
	금액	비중	증감	금액	비중	증감	금액	비중	증감	금액	비중	증감
서울특별시	339.6	22.1	35.2	664.0	11.4	-251.4	177.3	14.4	61.4	2947.6	12.6	93.0
부산광역시	10.1	0.7	-0.6	169.4	2.9	-91.3	26.5	2.2	-8.0	656.5	2.8	-53.5
대구광역시	19.8	1.3	0.7	177.0	3.0	-128.5	9.7	0.8	2.9	383.6	1.6	-131.4
인천광역시	18.1	1.2	3.1	93.1	1.6	-48.9	3.2	0.3	-1.1	232.5	1.0	-50.2
광주광역시	124.7	8.1	7.3	69.1	1.2	-38.7	19.6	1.6	2.0	493.2	2.1	-3.3
대전광역시	132.0	8.6	-14.6	827.9	14.2	121.5	429.6	35.0	211.0	6157.9	26.4	516.1
울산광역시	17.2	1.1	2.0	67.0	1.1	-57.7	46.1	3.8	41.1	592.0	2.5	62.6
세종시	-	-	-	106.6	1.8	-69.3	3.2	0.3	0.5	129.5	0.6	-63.1
강원도	1.9	0.1	-6.2	36.0	0.6	-21.9	8.5	0.7	2.0	195.3	0.8	71.6
경기도	458.6	29.8	74.8	1,123.4	19.3	-79.2	189.0	15.4	48.9	3,464.1	14.8	169.9
경상남도	150.4	9.8	-4.2	136.5	2.3	-131.4	33.3	2.7	23.4	1,224.2	5.2	-75.7
경상북도	19.7	1.3	15.7	150.5	2.6	-83.7	78.6	6.4	65.6	753.1	3.2	64.8
전라남도	116.3	7.6	-33.8	93.8	1.6	-25.1	103.6	8.4	8.6	546.9	2.3	-47.9
전라북도	14.6	0.9	-6.4	87.5	1.5	-132.8	6.9	0.6	-3.4	522.4	2.2	-122.2
충청남도	4.9	0.3	3.3	266.5	4.6	58.0	58.7	4.8	40.4	786.9	3.4	187.4
충청북도	19.3	1.3	-1.7	67.2	1.2	-31.3	13.7	1.1	-10.2	502.4	2.2	26.6
제주도	32.3	2.1	8.9	23.2	0.4	13.5	0.4	-	0.4	203.2	0.9	33.7
해외	24.0	1.6	24.0	49.0	0.8	34.6	0.4	-	0.4	159.1	0.7	124.7
기타	33.7	2.2	7.6	1,627.7	27.9	1,023.6	20.0	1.6	20.0	3,402.3	14.6	1,936.6
총계	1,537.3	100.0	125.1	5,835.7	100.0	60.0	1,228.3	100.0	505.8	23,527.7	100.0	2,739.7

주: 증감은 2020년 R&D투자액 대비 기준

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표7 지역별 2021년 기후기술 R&D 규모 (중분류) (계속)>

(단위: 억원, %)

구분	VIII. 농업축산			IX. 물			X. 기후변화예측			XI. 해양수산연안		
	금액	비중	증감	금액	비중	증감	금액	비중	증감	금액	비중	증감
서울특별시	168.0	7.7	-11.4	400.1	23.1	-88.1	374.9	20.8	63.7	129.7	9.0	27.2
부산광역시	29.0	1.3	8.5	72.3	4.2	-5.9	299.3	16.6	31.0	435.2	30.1	74.1
대구광역시	78.4	3.6	15.5	33.8	2.0	2.1	13.6	0.8	2.3	10.0	0.7	-4.4
인천광역시	41.0	1.9	32.6	62.8	3.6	6.8	307.9	17.0	46.8	105.3	7.3	-9.8
광주광역시	66.8	3.1	-71.2	65.0	3.8	18.0	47.6	2.6	-8.5	75.0	5.2	13.0
대전광역시	125.8	5.8	-11.6	207.1	12.0	-18.4	155.9	8.6	8.9	125.4	8.7	34.4
울산광역시	-	-	-1.0	53.3	3.1	10.6	28.1	1.6	-3.0	10.7	0.7	-10.8
세종시	6.2	0.3	-1.6	17.1	1.0	5.6	13.2	0.7	-12.0	7.8	0.5	-1.3
강원도	136.7	6.3	7.2	34.0	2.0	5.1	9.2	0.5	-0.7	38.6	2.7	5.7
경기도	211.9	9.7	-5.8	369.4	21.4	-68.6	101.4	5.6	14.7	161.4	11.2	64.8
경상남도	208.1	9.5	63.6	82.8	4.8	-1.1	9.0	0.5	4.0	61.7	4.3	22.6
경상북도	122.7	5.6	2.6	39.5	2.3	-47.8	14.0	0.8	-1.4	20.7	1.4	-0.2
전라남도	93.2	4.3	32.1	16.9	1.0	1.6	6.1	0.3	0.7	87.6	6.1	24.1
전라북도	529.0	24.2	51.0	25.6	1.5	-13.4	30.3	1.7	-4.5	43.2	3.0	10.9
충청남도	134.0	6.1	-44.2	44.4	2.6	5.6	13.9	0.8	-14.9	25.2	1.7	-10.4
충청북도	125.8	5.8	13.3	39.8	2.3	10.8	163.5	9.1	20.7	2.6	0.2	0.6
제주도	76.6	3.5	6.3	1.8	0.1	-1.8	195.6	10.8	40.7	72.8	5.0	9.6
해외	13.7	0.6	3.4	-	-	-	-	-	-0.6	-	-	-
기타	15.2	0.7	-12.5	162.9	9.4	115.0	22.9	1.3	8.4	33.5	2.3	3.2
총계	2,181.9	100.0	76.7	1,728.7	100.0	-53.9	1,806.6	100.0	196.3	1,446.5	100.0	253.2

주: 증감은 2020년 R&D투자액 대비 기준

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표7 지역별 2021년 기후기술 R&D 규모 (중분류) (계속)>

(단위: 억원, %)

구분	XII. 건강			XIII. 산림육상			XIV. 다분야 중첩			총계		
	금액	비중	증감	금액	비중	증감	금액	비중	증감	금액	비중	증감
서울특별시	438.7	31.0	73.2	359.3	37.2	-1.6	316.2	22.7	-26.9	2186.9	20.0	36.1
부산광역시	8.8	0.6	-0.5	10.5	1.1	4.6	51.3	3.7	6.5	906.4	8.3	118.3
대구광역시	12.5	0.9	-1.1	19.9	2.1	6.3	21.5	1.5	-11.7	189.6	1.7	9.0
인천광역시	93.1	6.6	71.5	42.3	4.4	8.1	91.6	6.6	51.9	744.0	6.8	207.9
광주광역시	17.9	1.3	-4.8	16.0	1.7	4.6	31.3	2.3	0.7	319.6	2.9	-48.2
대전광역시	250.6	17.7	73.2	66.1	6.8	19.7	286.0	20.6	-16.8	1216.8	11.1	89.4
울산광역시	13.6	1.0	9.4	0.2	-	-	44.9	3.2	13.7	150.8	1.4	19.0
세종시	15.2	1.1	6.2	-	-	-0.4	17.0	1.2	-12.7	76.5	0.7	-16.3
강원도	51.3	3.6	26.8	56.2	5.8	1.9	10.6	0.8	4.6	336.6	3.1	50.6
경기도	182.1	12.8	27.4	220.7	22.8	21.0	159.2	11.5	-3.1	1406.3	12.9	50.4
경상남도	10.0	0.7	4.8	19.9	2.1	-0.6	64.2	4.6	17.6	455.8	4.2	110.9
경상북도	12.1	0.9	6.7	48.7	5.0	2.6	18.3	1.3	-6.7	276.0	2.5	-44.1
전라남도	4.6	0.3	0.3	10.0	1.0	4.9	63.7	4.6	12.9	282.0	2.6	76.6
전라북도	79.8	5.6	31.2	8.4	0.9	2.4	17.4	1.3	-2.1	733.7	6.7	75.4
충청남도	11.2	0.8	1.5	39.2	4.1	20.3	27.2	2.0	6.6	295.1	2.7	-25.6
충청북도	156.0	11.0	11.6	15.5	1.6	5.9	40.5	2.9	3.4	543.8	5.0	66.2
제주도	-	-	-	18.1	1.9	11.5	36.0	2.6	28.6	400.9	3.7	94.9
해외	-	-	-	0.2	-	0.2	-	-	-0.9	13.9	0.1	2.2
기타	59.7	4.2	44.1	15.8	1.6	9.8	93.2	6.7	16.5	403.0	3.7	184.6
총계	1417.1	100.0	381.4	966.9	100.0	121.3	1390.2	100.0	82.2	1037.9	100.0	1057.2

주: 증감은 2020년 R&D투자액 대비 기준

자료: 국가녹색기술연구원의 「2021 기후기술 국가연구개발사업 조사·분석 보고서」

(2022.08)의 자료를 활용하여 재편집

<표8 회계별 국가R&D투자 현황(2018년~2023년)>

(단위: 억원)

	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년
일반회계(A)	153,112 (153,763)	163,686 (166,774)	178,556 (178,935)	198,864 (199,931)	214,752 (213,721)	205,286
특별회계(B)						81,063
고등·평생교육지원특별회계	-	-	-	-	-	28,756
소재·부품·장비 경쟁력 강화특별회계	-	-	17,206 (17,226)	21,545	23,201 (22,235)	22,923
국가균형발전특별회계	11,424 (11,569)	9,836 (9,891)	12,359 (12,160)	14,403	15,275 (15,070)	9,840
에너지및자원사업특별회계	6,505 (6,510)	6,402	7,507 (7,264)	8,850	8,480 (8,277)	8,568
환경개선특별회계	3,010	2,978	3,277 (3,335)	3,740	3,622 (3,617)	3,882
농어촌구조개선특별회계	2,623	2,589	2,704 (2,703)	3,384	3,477 (3,476)	3,207
교통시설특별회계	1,819	2,001	2,227	2,451	2,825 (2,796)	3,043
조달특별회계	-	-	-	-	-	17
행정중심복합도시건설특별회계	4	4	4	4	4	4
우편사업특별회계	37	61	58	33	32	32
책임운영기관특별회계	422	435	533 (583)	646	739 (738)	791
기금(C)	17,725	17,336 (17,396)	17,764 (18,064)	20,085	25,363 (25,072)	24,429
전력산업기반기금	5,008	5,095	5,379 (5,792)	6,353	6,658 (6,367)	6,270
기후대응기금	-	-	-	-	5,481	5,806
방송통신발전기금	2,397	2,636 (2,676)	3,742 (3,682)	4,174	4,163	4,118
정보통신진흥기금	4,764	4,554 (4,574)	3,832 (3,792)	4,311	4,125	3,892
원자력기금	1,635	1,665	1,842	2,128	2,115	2,078
과학기술진흥기금	351	338	352	356	424	630
문화재보호기금	293	281	340 (339)	344	341	363
산업기술진흥및사업회추진기금	489	425	316 (304)	353	362	329
국민건강증진기금	2,477	2,054	1,521	1,442	1,078	279
방사성폐기물관리기금	84	87	205	268	218	266
중소벤처기업창업및진흥기금	127	127	101	177	207	189
국민체육진흥기금	78	49	79	98	102	102
관광진흥개발기금	22	23	22	40	51	67
소상공인시장진흥기금	-	-	35	40	37	41
합계(A+B+C)	196,681 (197,483)	205,328 (208,532)	242,195 (242,558)	274,005 (275,072)	297,770 (295,138)	310,778

주. 괄호 안은 추정예산 및 수정된 기금운용계획 기준

자료: 한국과학기술기획평가원 「2023년도 정부연구개발예산 현황분석」(2023.06)의 자료를 바탕으로 재정리

<표9 OECD 주요국 GDP 및 국가R&D투자 추이(2016년~2021년)>

(단위: PPP 기준 백만U.S.달러, %)

국가	구 분	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
미국	GDP(A)	18,206,023	18,695,106	19,479,623	20,527,159	21,372,582	20,893,746
	정부R&D예산(B)	115,220	126,093	127,306	144,459	149,971	169,901
	비중(B/A)	0.63	0.67	0.65	0.70	0.70	0.81
독일	GDP(A)	3,889,082	4,165,170	4,386,729	4,579,333	4,624,365	4,560,919
	정부R&D예산(B)	34,099	37,668	40,496	43,184	45,260	50,343
	비중(B/A)	0.88	0.90	0.92	0.94	0.98	1.10
일본	GDP(A)	5,199,915	5,158,900	5,262,255	5,340,832	5,354,366	5,315,621
	정부R&D예산(B)	33,610	33,803	42,400	45,814	54,961	90,877
	비중(B/A)	0.65	0.66	0.81	0.86	1.03	1.71
한국	GDP(A)	1,933,589	2,026,968	2,103,651	2,220,442	2,225,804	2,344,338
	정부R&D예산(B)	22,030	22,297	22,348	23,101	24,118	29,415
	비중(B/A)	1.14	1.10	1.06	1.04	1.08	1.25
프랑스	GDP(A)	2,718,495	2,864,106	2,983,011	3,125,380	3,330,064	3,166,263
	정부R&D예산(B)	17,526	18,009	19,150	20,578	21,907	23,386
	비중(B/A)	0.64	0.63	0.64	0.66	0.66	0.74
영국	GDP(A)	2,794,324	2,928,594	3,063,307	3,161,748	3,277,751	3,124,357
	정부R&D예산(B)	14,609	14,881	15,849	17,036	17,678	18,209
	비중(B/A)	0.52	0.51	0.52	0.54	0.54	0.58
이탈리아	GDP(A)	2,240,922	2,420,672	2,517,184	2,600,327	2,650,549	2,496,157
	정부R&D예산(B)	11,333	12,468	12,744	13,224	14,510	16,601
	비중(B/A)	0.51	0.52	0.51	0.51	0.55	0.67
네덜란드	GDP(A)	851,885	890,489	943,740	996,447	1,023,422	1,033,704
	정부R&D예산(B)	6,026	6,193	6,339	7,108	7,093	7,834
	비중(B/A)	0.71	0.70	0.67	0.71	0.69	0.76
핀란드	GDP(A)	232,868	246,928	262,027	273,463	277,856	281,659
	정부R&D예산(B)	2,205	2,085	2,184	2,285	2,328	2,706
	비중(B/A)	0.95	0.84	0.83	0.84	0.84	0.96
이스라엘	GDP(A)	297,242	323,408	340,876	354,478	362,197	363,898
	정부R&D예산(B)	1,838	1,997	2,062	2,173	2,211	2,446
	비중(B/A)	0.62	0.62	0.60	0.61	0.61	0.67

주. 1. 본 자료의 원시 자료는 OECD MSTI 2023 March(www.oecd.org/msti.htm)임
 2. 각 국 연도별 구매력평가지수(PPP: Purchasing Power Parity) 기반 환율 적용자료
 자료: 한국과학기술기획평가원 「2023년도 정부연구개발예산 현황분석」(2023.06)의 자료를 바탕으로 재정리

<표10 중앙부처별 국가R&D투자 추이(2018년~2023년)>

(단위: 억원)

구분	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	연평균 증가율 ('18~'23)
합계	196,681 (197,483)	205,328 (208,532)	242,195 (242,558)	274,005 (275,072)	297,770 (295,138)	310,778	10.9
과학기술정보통신부	67,357	69,956 (70,525)	79,882 (79,530)	87,357 (87,502)	92,799 (92,507)	96,558	8.4
산업통상자원부	31,623 (32,215)	32,068 (34,137)	41,718 (41,870)	49,518	53,248 (51,685)	54,324	14.1
방위사업청	29,017	32,285	39,191 (38,869)	43,314 (43,256)	48,310 (48,309)	50,823	12.0
교육부	17,488 (17,215)	19,286 (19,566)	21,933 (21,445)	23,444	24,331 (24,329)	28,804	10.5
중소벤처기업부	10,917 (11,036)	10,744 (11,012)	14,885 (14,835)	17,229	17,888 (17,615)	17,701	13.3
농촌진흥청	6,533	6,504	7,131 (7,040)	8,022	8,533 (8,158)	9,022	8.5
해양수산부	6,145 (6,194)	6,362	6,906 (6,844)	7,825	8,237 (8,112)	8,824	8.5
보건복지부	5,479	5,511	6,170 (7,616)	8,030 (9,010)	8,361 (8,360)	7,555	8.2
기획재정부	52	26	27	27	5,507 (5,505)	5,830	286.5
국토교통부	5,058	4,822	5,247 (5,276)	6,031	5,788 (5,739)	5,571	3.7
국무조정실 및 국무총리비서실	4,784	5,002	5,178 (5,119)	5,288	5,457	5,567	2.7
환경부	3,010	3,315	3,601 (3,730)	4,072	3,776 (3,817)	3,914	4.2
농림축산식품부	2,198	2,239	2,350 (2,348)	2,757	2,902 (2,898)	2,779	5.5
질병관리청	-	-	-	1,167	1,461 (1,514)	2,008	-
산림청	1,093	1,187	1,289 (1,307)	1,493	1,575 (1,561)	1,574	7.3
식품의약품안전처	857	891	1,000	1,186	1,340 (1,332)	1,405	12.0
문화체육관광부	761	728	956	1,139	1,323 (1,322)	1,354	16.8
행정안전부	576	689	808 (806)	1,037	1,200 (1,195)	1,262	16.4
기상청	1,328	1,105 (1,123)	1,014 (1,012)	1,162	1,236 (1,228)	1,224	2.6
원자력안전위원회	692	744	753 (729)	1,143	1,149	979	7.1
기타	1,707	1,890	2,183 (2,226)	2,792	3,348 (3,345)	3,701	18.3

주. 1. 괄호 안은 추경예산 및 수정된 기금운용계획 기준

2. 기타: 국방부, 문화재청, 경찰청, 특허청, 해경청, 소방청, 개인정보보호위원회, 관세청, 법무부, 조달청('23년 신규), 대통령경호처('23년 신규), 새만금개발청, 고용노동부, 인사혁신처, 외교부, 행정중심복합도시건설청, 통일부, 공정거래위원회, 여성가족부, 법제처

자료: 한국과학기술기획평가원 「2023년도 정부연구개발예산 현황분석」(2023.06)의 자료를 바탕으로 재정리

<표11 자원별 연구개발비 및 GDP 대비 연구개발비 비율>

(단위: 백만원, 십억원, %)

연도	연구개발비			정부:민간	국내총생산	국내총생산 대비 비중 (%)
	총계	정부공공자원	민간외국자원			
2009	37,928,502	10,887,136	27,041,366	29 : 71	1,205,348	3.15
2010	43,854,834	12,270,228	31,584,607	28 : 72	1,322,611	3.32
2011	49,890,419	13,002,404	36,888,015	26 : 74	1,388,937	3.59
2012	55,450,116	13,822,078	41,628,038	25 : 75	1,440,111	3.85
2013	59,300,949	14,241,744	45,059,205	24 : 76	1,500,819	3.95
2014	63,734,127	15,275,007	48,459,119	24 : 76	1,562,929	4.08
2015	65,959,372	16,293,518	49,665,854	25 : 75	1,658,020	3.98
2016	69,405,530	16,410,047	52,995,483	24 : 76	1,740,780	3.99
2017	78,789,187	17,737,134	61,052,054	23 : 77	1,835,698	4.29
2018	85,728,715	18,363,011	67,365,704	21 : 79	1,898,193	4.52
2019	89,047,077	19,095,480	69,951,597	21 : 79	1,924,498	4.63
2020	93,071,686	21,581,228	71,490,459	23 : 77	1,940,726	4.80
2021	102,135,244	24,094,954	78,040,289	24 : 76	2,071,658	4.93

주: ‘정부:민간’ 에서 정부는 정부재원과 공공재원의 합이며, 민간은 민간재원과 외국재원의 합

자료: 한국과학기술기획평가원 「2021년도 연구개발활동조사보고서」(2023.02)의 통계자료를 바탕으로 재정리

<표12 자원별 상세 연구개발비>

(단위: 백만원, %)

연도	총계		정부공공 부문		민간부문		외국부문	
		구성비%		구성비%		구성비%		구성비%
2009	37,928,502	100.0	10,887,136	28.7	26,963,045	71.1	78,321	0.2
2010	43,854,834	100.0	12,270,228	28.0	31,489,621	71.8	94,986	0.2
2011	49,890,419	100.0	13,002,404	26.1	36,776,187	73.7	111,828	0.2
2012	55,450,116	100.0	13,822,078	24.9	41,437,795	74.7	190,243	0.3
2013	59,300,949	100.0	14,241,744	24.0	44,879,193	75.7	180,012	0.3
2014	63,734,127	100.0	15,275,007	24.0	48,008,280	75.3	450,839	0.7
2015	65,959,372	100.0	16,293,518	24.7	49,169,995	74.5	495,859	0.8
2016	69,405,530	100.0	16,410,047	23.6	52,345,867	75.4	649,616	0.9
2017	78,789,187	100.0	17,737,134	22.5	60,064,289	76.2	987,764	1.3
2018	85,728,715	100.0	18,363,011	21.4	65,702,768	76.6	1,662,936	1.9
2019	89,047,077	100.0	19,095,480	21.4	68,521,557	76.9	1,430,040	1.6
2020	93,071,686	100.0	21,581,228	23.2	71,269,260	76.6	221,198	0.2
2021	102,135,244	100.0	24,094,954	23.6	77,742,094	76.1	298,195	0.3

자료: 한국과학기술기획평가원 「2021년도 연구개발활동조사보고서」(2023.02)의
통계자료를 바탕으로 재정리

