

보안과제(), 일반과제(O)

녹색·기후기술 중소형 R&D 타당성 분석 연구
탄소중립 신규 중소형 R&D 추진 타당성
분석 모델개발 연구

A Study on Feasibility Model for Small and Medium R&D Project
in Carbon Neutrality Sector

2022. 12.

제 출 문

국가녹색기술연구소 소장 귀하

본 보고서를 “탄소중립 신규 중소형 R&D 추진 타당성 분석 모델개발 연구”의 연구보고서로 제출합니다.

2022. 12.

주관연구기관명 : 국가녹색기술연구소

부 서 명 : 정책연구부

연구책임자 : 염성찬

책임연구원 : 박철호

연구원 : 김영권

요약문

I. 연구배경

기후변화 R&D에 대한 투자는 지속가능한 에너지전환과 탄소중립 목표달성을 위해 각국에서 여전히 중요한 수단으로 논의되고 있으며, 투자에 대한 장려 및 국가 간 협력 촉구는 중요 아젠다로 다루어지고 있다. 우리나라도 탄소중립 시나리오 및 탄소중립 추진전략을 발표하고 온실가스 감축목표에 대한 달성을 실현 가능할 수 있도록 다양한 탄소중립 정책 추진과 함께 R&D 추진방안을 포함하고 있다. 이와 같은 이유로 매년 에너지·환경 전문위원회에 심의요청이 들어오는 신규 R&D 사업도 증가하고 있으며 신규 R&D 사업의 제안은 2017년 기준 1건, 2018년 2건, 2019년 15건, 2020년 20건, 2021년에는 26건, 2022년 30건으로 급격하게 증가하고 있는 상황이다. 따라서 급격하게 증가하는 탄소중립 R&D 사업에 대한 효율화와 기술적 타당성을 심의할 수 있는 표준화된 절차를 규정하는 것은 중요한 사안이라고 할 수 있다.

II. 연구목적

본 연구는 지난 3년간 추진해왔으며 탄소중립 신규 중소형 R&D 이에 대한 종합적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 탄소중립 R&D 분야의 신규 중소형(50억 원~300억 원) 사업 타당성 평가모형 개발
 - 신규 R&D 사업의 기획서 작성 모형 개발
 - 기획안 선정 및 타당성 평가지표 도출 및 가중치 산출
- 2) 신규사업 기획안 작성을 위한 웹시스템 개발
 - 탄소중립 R&D 분야에 적용 활용 가능한 웹시스템 개발
- 3) 탄소중립 R&D 사업의 경제성·환경성 평가방법론 제안
 - 신규 R&D 사업 평가시 유용한 평가방법론 도출
- 4) 탄소중립 R&D 사업의 자체평가를 위한 머신러닝 방법론 적용
 - 신규 R&D 사업 평가시 유용한 평가방법론 도출

III. 추진경과

본 연구는 2019년 “과학기술혁신정책지원사업” 으로 시작하였으며, 이후 국가녹색기술연구소 주요사업으로 2022년까지 진행하였다.

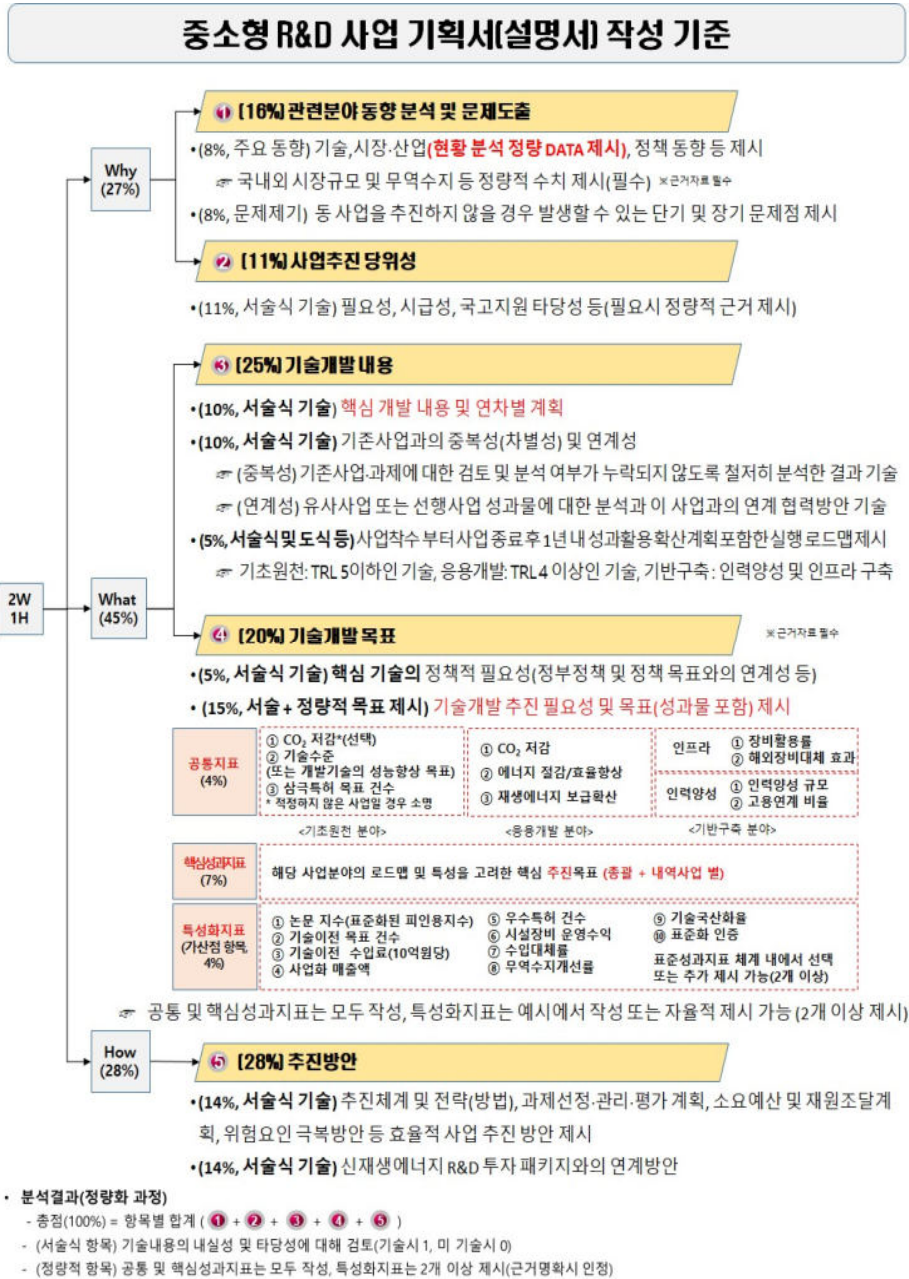
< 추진경과 >

기간	추진내용
'19.08	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과학기술정보통신부 종합조정사업 선정 및 추진('19.08.) - 신규 R&D사업의 표준화된 심의 평가기준 마련을 위하여 과기부 혁신본부는 국가녹색기술연구소와 녹색·기후기술(에너지) 분야 국가 R&D사업 타당성 분석 모델 개발을 추진
'19.9~11	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신규 사업 추진 타당성 평가 전문가 풀 구성 및 기술분과 위원회 개최('19.9~11, 8회) - 기술분과 전문가 위원회 검토를 통한 세부 지표 및 평가모형(안) 도출
'19.09, '19.11, '20.02.	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중소형 총괄자문위원회(1차, 2차, 3차) 개최('19.09, '19.11, '20.02.) - 국가과학기술심의회 전문위원 검토/타당성 평가모델 검토
'20.04	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과학기술정보통신부 혁신본부장(차관) 주재 업무보고('20.04) ○ 신규 중소형 R&D 타당성 분석 제안서 작성 웹 데모버전 시연 - 2020년 신규 중소형 R&D 사업의 시범적용을 위한 모형 설명 - 웹페이지 입력 및 평가 시연
'20.04. ~ '20.05.	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수소 분야 대상 중소형 R&D 국과심 설명회 시범적용('20.04.~ '20.05.) - 국가과학기술심의회 예산심의전문위원회 사업설명회에 수소 R&D 7건 활용
'20.06. ~ '20.12	<ul style="list-style-type: none"> ○ 에너지 환경분야 중소형 R&D 신규사업 제안 웹 프로그램 개발 진행('20.06.~12) - 2021년 신규사업 기획안 작성시 활용/신규사업 작성을 위한 가이드라인 개발
'21.01. ~ '20.04	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탄소중립 중소형 R&D 신규사업 제안 웹 프로그램 확대 적용 논의('21.1.~4) - 2021년 신규사업 기획안 작성시 활용/신규사업 작성을 위한 가이드라인 개발
'21.05.	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탄소중립 관련 중소형 R&D 국과심 설명회 전체적용('21.05.) - 에너지·환경분과 예산심의전문위원회 사업설명회에 탄소중립 전체 R&D 활용 - 2022년 에너지·환경분야 27건(전체) 적용
'22.05.	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탄소중립 관련 중소형 R&D 국과심 설명회 전체적용('22.05.) - 에너지·환경분과 예산심의전문위원회 사업설명회에 에너지분과 R&D 전체 활용 - 2023년 탄소중립 신규사업 18건(전체) 적용

IV. 정성·정량적 지표, 가중치 적용 확정 기준안 확정

중소형 R&D 사업의 기획서작성기준은 총괄자문위원회와 기술분과위원회를 구성하여 2019년, 2020년 2개년에 걸쳐 완성하였으며, 웹 시스템은 2021년과 2022년 신규사업의 부처 기획서를 수리하면서 개선 및 고도화를 진행하였다. 이때 결정된 타당성 평가의 기본모형은 다음과 같다.

< 2020년 에너지 분야 중소형 R&D 사업 기획서 작성기준 마련 >



* 출처 : 과학기술정보통신부(2020), 녹색·기후기술분야 국가 R&D 사업 표준 EC분석 모형 개발, 녹색기술센터(2019), 기후기술 R&D 사업 경제성 분석을 위한 직·간접 편익유형 분석

V. 적용 결과

2020년 2021년 추진 될 수소 R&D 사업 7건의 사업기획 및 평가에 시범적용한 이후 2021년에는 2022년에는 추진예정인 녹색·기후기술 분야 중소형 R&D 신규사업에 본 분석모델을 적극 적용하였다. 본 평가모형을 적용하여 작성된 사업계획서는 총 28건이었다. 2023년에 적용 작성된 사업계획서는 총 18건이다.

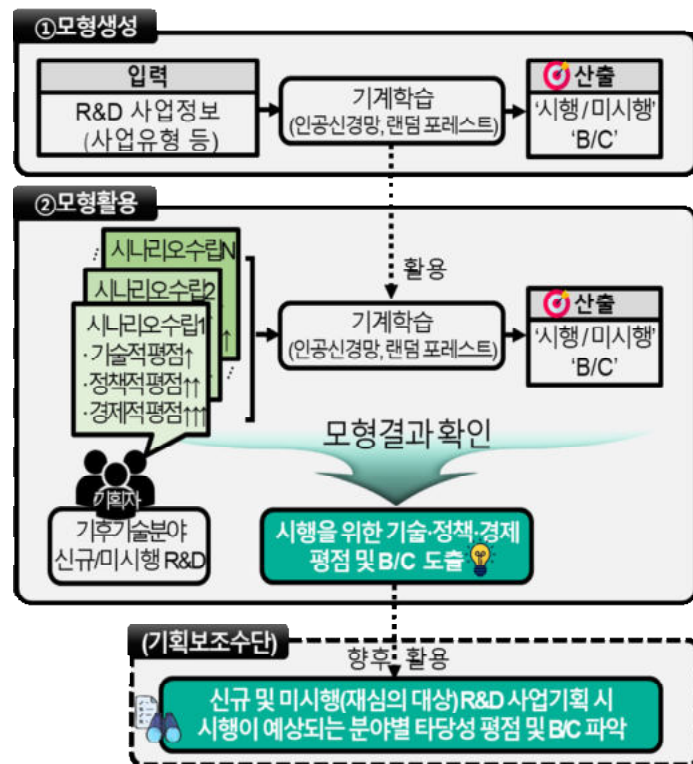
< 2023년 탄소중립분야 신규 중소형 R&D 사업리스트 >

신규사업 번호	부처	분야	신규/계속	신규사업 명
1	산업부(다부처)	재생에너지+융합	신규	차세대 친환경바이오연료생산
2	과기부	재생에너지+융합	신규	신기후체제대응기후적응
3	산업부	자원	신규	티타늄국산화를위한전주기
4	산업부	수소+안전	신규	천연가스배관망수소혼입
5	국토부	수소	신규	국토교통분야수소기술의전과정평가
6	국토부	수소	신규	수소도시용수소배관망
7	해수부	수소+해양+기타	신규	탄소중립실현파력발전기술
8	해수부	수소+해양+기타	신규	해수온도차발전,담수화
9	해수부	수소+해양+기타	신규	해양CCS중규모실증을위한해양환경평가 감시체계
10	산업부	수소+해양+기타	신규	탄소중립에너지기자재공급망
11	산업부	청정화력	신규	발전용가스터빈의수소혼소
12	산업부	청정화력	신규	USC급보일러암모니아이혼소발전
13	새만금청	청정화력	신규	순환유동층열병합발전소
14	과기부	효율, CCUS	신규	공기중직접포집(DAC)원천
15	산업부	전력망+에너지저장	신규	계통유연자원서비스화기술
16	산업부	전력망+에너지저장	신규	분산에너지계통접속확대
17	산업부	이차전지+기타	신규	기관실장용 산화물계 초소형 적층 세라믹 전고체전지(Multi-layer ceramic battery, MLCB) 개발사업
18	환경부	이차전지+기타	신규	국가탄소수지평가관리

VI. 기후기술 R&D 사업 자가평가 머신러닝 개발

본 연구는 기획자가 기획한 기후기술 R&D 사업기획서의의를 바탕으로 추진여부에 대한 자가검토를 진행할 수 있도록 하는 머신러닝프로그램 개발에 대한 탐색적 연구를 진행하였다. 이를 위해 시행을 위한 타당성 평점 및 B/C를 파악하고자 두 가지 기계학습을 생성하고 그 활용 가능성을 검증하였다. 2019년부터 2021년까지 예비타당성조사를 수행한 국가 R&D 사업 58건의 DB를 이용하였다. 다소 샘플에 대한 케이스 확보에 대한 양적 한계가 있지만 본 연구는 R&D 기획을 위한 타당성 평점 및 B/C 파악에 기계학습의 활용 가능성을 탐색한 연구로써 향후 추가 DB의 확보 및 개선을 통하여 기후기술분야의 R&D 사업기획을 위한 보조적인 수단으로 활용될 수 있을 것을 기대하고자 한다.

< 기계학습 구조도 >



VII. 결론

정부는 R&D 사업추진 효율화를 위해 예비타당성 조사대상 사업의 범위를 현재의 500억원미만에서 1000억원미만 기준으로 평가 대상의 기준을 높이고자 한다. 이렇게 평가의 유연성을 강조하게 되면, 향후 신규사업의 제안 증가는 더욱 늘어날 것이다. 이는 신규사업을 심의하는 평가관리자 및 예산심의위원회가 표준화된 평가방법과 효율화된 절차를 갖추어야 할 필요성을 제기한다.

본 연구는 이러한 신규사업을 추진하는 과정에서 추진근거에 해당하는 타당성을 평가할 수 있는 분석모형을 체계화하고자 하였다. 또 중앙부처 관리자, 신규사업 기획자, 심의 전문위원 측면에서 편의성·유용성을 강조하고, 중앙부처 관리자 및 평가위원에게는 사업관리의 투명성을 강화할 수 있는 일반화된 작성양식을 제공하고자 하였다는 점에서 중요한 의미가 있다.

다만 본 연구의 한계로는 여전히 탄소중립 R&D 사업의 제안서 작성 및 제출 일정이 유동적이고 탄소중립 목표달성에 대한 심의 가중치 적용이 확실하게 정착·제도화되지 않고 이라는 점에서 지속적으로 적용하는데 한계가 있었다고 말할 수 있다. 따라서 R&D 투자의 증가와 신규사업 제안의 양적 확대가 예측되는 상황에서 향후 좀 더 체계적인 평가를 위한 심의절차 및 규정 마련을 제안하고자 한다. 또한 탄소중립 R&D 사업의 경우 특히 온실가스 감축에 대한 절감효과가 우선적으로 논의되어야 함에도 불구하고 그렇지 못하였다는 점에서 향후에는 R&D 사업의 선정 기준에 있어서 이에 대한 가중치가 적극적으로 반영되기를 기대하고자 한다.

목 차

제1장 연구개요	1
제1절 연구배경	1
제2절 연구목적	2
제3절 추진경과	4
제2장 에너지 분야 중소형 R&D 사업 기획서 작성기준 마련	7
제1절 신규 중소형 R&D 사업의 평가기준 마련 제도적 배경	7
제2절 신규사업 평가기준 마련을 위한 협의체 구성 및 논의	9
제3절 신규사업 타당성 평가항목 기준(안) 마련	21
제4절 신규사업 타당성 평가항목 결정 및 지표정의	26
제5절 신규사업 타당성 평가항목 가중치 산출	29
제6절 신규 중소형 R&D 타당성 평가모형 개발	33
제3장 녹색·기후기술 분야 중소형 R&D 사업 평가모형 적용	46
제1절 웹시스템 개발 추진	46
제2절 웹시스템 개발결과 및 기능 추가	48
제3절 적용결과	50
제4장 기획자를 위한 중소형 R&D 사업 자체평가 모형 개발	62
제1절 서론	62
제2절 선행연구	64
제3절 연구설계 및 방법	67
제4절 연구결과	73
제5절 결론 및 고찰	78
제5장 결론	80
참고문헌	81
별책 1. 2022 녹색·기후기술 분야 중소형 R&D 신규사업 제안시스템 가이드라인	
별책 2. 2023년에너지·환경신규R&D 사업설명회 자료집	

표 목차

<표 1-1> 본 연구의 추진 경과	5
<표 2-1> 과기부 및 기재부 예산지침	8
<표 2-2> 정량지표의 상대적 비교 문제점	10
<표 2-3> 예비타당성 평가 가이드라인 제공 경제성 평가의 편익 산출 방법	11
<표 2-4> 예비타당성 평가의 비용효과 분석 방법	12
<표 2-5> 평가영역 및 평가항목의 구성	27
<표 2-6> 사업유형별 AHP 설문 가중치 배분	29
<표 2-7> 신규 중소형 R&D 사업 평가 기준 항목	29
<표 2-8> 정량적 지표의 가중치 분석결과	30
<표 3-1> 타당성 모형의 개선사항	46
<표 3-2> 2022년 에너지 환경 분야 신규사업 시범적용 대상	50
<표 3-3> 2023년 탄소중립분야 신규 중소형 R&D 사업리스트	53
<표 3-4> 2023년 제안 신규사업 현황 비교자료	56
<표 4-1> 기계학습 생성에 활용한 자료 예시(일부 생략)	68
<표 4-2> 기계학습의 시행 여부 추정 결과	73

그림 목차

<그림 2-1> 정부 R&D 사업 추진 관련 법률 및 절차	7
<그림 2-2> 정량지표들의 기입 여부에 따른 점수산정 방법	10
<그림 2-3> 예비검토제 검토항목 및 검토내용	14
<그림 2-4> 기술성 평가항목별 평가지표 및 기준	15
<그림 2-5> 논리모형을 적용한 연구개발사업의 쟁점사항 도출	16
<그림 2-6> 기초연구개발 사업 유형의 평가지표 설정	17
<그림 2-7> 과학적 성과 분야 주요 성과지표	18
<그림 2-8> 기술적 성과 분야 주요 성과지표	19
<그림 2-9> 경제적 성과 분야 주요 성과지표	20
<그림 2-10> 신규사업 기획안 작성 및 평가 프로세스 1안	21
<그림 2-11> 신규사업 기획안 작성 및 평가 프로세스 2안	22
<그림 2-12> 신규사업 기획안 작성 및 평가 프로세스 3안	23
<그림 2-13> 신규사업 기획안 작성 및 평가 프로세스 4안	24
<그림 2-14> 신규사업 기획안 작성 및 평가 프로세스 5안	25
<그림 2-15> 2020년 에너지 분야 중소형 R&D 사업 기획서 작성기준 마련	33
<그림 2-16> 2020년 타당성 분석모형에 따른 작성절차 마련	34
<그림 3-1> 탄소중립 사업설명서 작성항목 개선사항	47
<그림 3-2> 사업계획서 시스템 반영 정책 안건 기술 분야별 분석	48
<그림 3-3> 웹 시스템 반영 풍력 PIE	49
<그림 3-4> 웹 시스템 반영 연료전지 PIE	49
<그림 3-5> 웹 시스템 반영 스마트그리드 PIE	49
<그림 3-6> 웹 시스템 반영 수소 PIE	49
<그림 3-7> 웹 시스템 반영 바이오 PIE	49
<그림 3-8> 웹 시스템 반영 태양광 PIE	49
<그림 4-1> 국가 R&D 사업의 예비타당성조사 개략도(좌) 및 R&D 사업의 예비타당성조사에서 받을 수 있는 분야별 타당성 평점 시나리오(우)	63
<그림 4-2> 국가 R&D 사업 DB의 확장 및 누적 예시(좌) 및 연구설계 개략도(우)	66
<그림 4-3> 본 연구에 활용한 국가 R&D 사업 자료의 분포	69
<그림 4-4> 인공지능경망 예시	71
<그림 4-5> 랜덤 포레스트에 활용되는 의사결정나무 예시	72
<그림 4-6> 국가 R&D 사업의 시행 여부 추정을 위한 인공지능경망	74

<그림 4-7> 국가 R&D 사업의 시행 여부 추정을 위한 랜덤 포레스트의 설명변수 중요도 지수(좌) 및 예비타당성조사 B/C 추정을 위한 인공신경망(우) ..	75
<그림 4-8> 기계학습의 B/C 추정 성능 비교(좌) 및 B/C 추정을 위한 랜덤 포레스트의 설명변수 중요도 지수(우)	76
<그림 4-9> 미시행 R&D 사업의 시행을 위한 타당성 평점 및 B/C 범위 (좌: 인공신경망 결과, 우: 랜덤 포레스트 결과)	77
<그림 4-10> 신규 R&D 사업의 시행을 위한 타당성 평점 및 B/C 범위 (좌: 인공신경망 결과, 우: 랜덤 포레스트 결과)	78

제1장 연구개요

제1절 연구배경

1. 국제적 배경

국제사회는 기후변화대응을 위해 2015년 유엔기후변화협약을 통해 파리협약을 체결하고, 2050년 탄소중립¹⁾(carbon neutrality or net zero)을 공식적으로 의제화²⁾하는 등 1.5도 목표 실현을 달성하기 위한 온실가스감축정책을 적극적으로 추진하고 있다. 우리나라도 2020년 12월 UN에 장기저탄소발전전략(LEDS, Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategy)을 제출하고, 2021년 12월에는 국가결정기여(NDC: Nationally Determined Contribution) 목표를 UN에 제출하였으며, 법률로써 국가 온실가스감축 목표를 2030년까지 40% 감축하는 것으로 명문화하였다. 하지만 2020년부터 시작된 코로나 19팬데믹과 2022년 우크라이나-러시아 전쟁 발발은 기후변화 위기에 대응하던 전 세계를 에너지 안보위기와 인플레이션 충격을 심각하게 몰아넣고 있다. 특히 지난 2월부터 시작된 우-러 전쟁은 전 세계적으로 석유, 가스, 석탄의 가격상승을 불러일으켰으며 기후변화 위기 대응을 최우선 정책으로 논의하던 유럽을 에너지 안보에 집중하여 화석연료 기반 발전시설의 신규건설을 하도록 시선을 돌리게 만들고 있다. 하지만 기후변화 R&D에 대한 투자는 지속가능한 에너지전환과 탄소중립 목표달성을 위해 여전히 중요한 수단으로 논의되고 있으며, 투자에 대한 장려 및 국가 간 협력 촉구는 중요 아젠다로 다루어지고 있다.

2. 국내 정책 배경

국제사회의 탄소중립 R&D 투자 확대에 대한 흐름에 대응하여 우리 정부는 2020년 10월 국가비전으로 ‘2050 탄소중립’을 선언하고, 이를 구체화 할 수 있는 「2050 탄소중립 추진전략」(’20.12.7)을 수립하였다. 법률적인 측면에서 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장기본법(2022.09.25)」, 「수소경제 육성 및 수소안전관리에 관한 법률(2021.02.05.)」, 「기후변화대응 기술개발 촉진법(2022.12.11)」 등을 제정하여 시행 중이다. 탄소중립 R&D 사업을 총괄적으로 다루고자 하는 측면에서는 2021년 12월에는 범부처 단위계획으로 「2050 탄소중립 시나리오」를 완성·발표하였으며, 2022년 3월에는 「탄소중립 기술혁신 로드맵」을 수립하였고, 2022년 10월에는 「임무중심 R&D 혁신체계 구축방안(안)」을 발표하여 탄소중립 실현을 위한 연구개발 지원전략을 발표하고 효율화를 위해 노력하고 있다.

1) 배출되는 탄소와 흡수되는 탄소량을 같게 해 탄소 ‘순배출이 0’이 되게 하는 것을 말한다.

2) 2019 유엔 기후행동 정상회의(UN Climate Action Summit 2019)에서 의제화 된바 있다.

3. 정부 R&D 투자 확대

탄소중립 시나리오 및 탄소중립 추진전략은 과학기술 R&D 투자에 기반한 목표달성 전략이라고 할 수 있다. 정부는 온실가스 감축목표에 대한 달성을 실현 가능할 수 있도록 다양한 탄소중립 정책을 추진하면서 필수적으로 R&D 추진방안을 포함하고 있으며, 이러한 R&D 추진에 대한 탄소중립 기여목표에 대한 반영을 독려하고 있기 때문이다. 탄소중립 R&D는 그 중요성 때문에 대표적으로 R&D 투자 효율화가 강조되고 있는 분야이다.

실제로 기획재정부에서는 탄소중립 분야에 대한 투자확대를 위해 「2021년도 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침」에서 ‘신기후변화·환경위기에 대응하는 녹색산업 혁신기반 조성’을 목적으로 환경·안전 분야에 대한 투자를 확대할 것을 명시한바 있으며, 「2022년도 예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침」에서도 미래혁신 투자부문에서 2050 탄소중립 이행을 위한 에너지전환 등 혁신기술개발 부문에 집중지원 할 것을 강조한 바 있다(기획재정부, 2020).

이와 같은 이유로 매년 에너지·환경 전문위원회에 심의요청이 들어오는 신규 R&D 사업도 증가하고 있다. 탄소중립 분야의 신규 R&D 사업의 제안은 2017년 기준 1건, 2018년 2건, 2019년 15건, 2020년 20건, 2021년에는 26건, 2022년 30건으로 급격하게 증가³⁾하고 있는 상황이다.

제2절 연구목적

탄소중립에 대한 중요성과 R&D 투자 확대는 신규사업을 발굴하는 기관과 사업을 심의하는 기관의 역할과 책임을 더욱 중요하게 만들고 있다. 따라서 절차적 측면에서 기존 R&D 사업에 대한 추진과정을 살펴보고 차별화된 탄소중립 R&D 추진 프로세스를 만드는 것은 중요하게 다루어야 할 필수적인 사항인 것이다.

정부 R&D 사업의 기획 및 추진 근거는 대통령령인 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」에서 규정하고 있다. 그리고 각 부처에서 제안된 정부의 R&D 사업의 심의는 국가과학기술자문회의의 사업심의를 거치게 된다. 만약 새로운 정부 R&D 사업을 추진하는 경우에는 일단 제 4조 1항과 6항⁴⁾에 따라 해당 사업의 기술적 타당성, 경제적 타당성 등에 대한 사전조사 또는 기획연

3) 과학기술정보통신부 혁신본부의 내부 비공개 통계자료를 활용하였다.

4) 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제4조(사전조사 및 기획) ① 중앙행정기관의 장은 국가연구개발사업을 추진하려는 경우에는 그 사업의 기술적·경제적 타당성 등에 대한 사전조사 또는 기획연구를 수행하여야 한다. <개정 2013. 2. 22.>

② 중앙행정기관의 장은 제1항에 따른 사전조사 또는 기획연구를 하는 경우 국내외 특허 동향, 기술 동향, 표준화 동향 및 표준 특허 동향(표준화 동향 및 표준특허 동향은 연구개발성과와 표준화 및 표준특허를 연계할 필요가 있는 경우만 해당한다)을 조사하여야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다. <신설 2013. 2. 22., 2014. 8. 12., 2014. 11. 28.> ⑥ 중앙행정기관의 장은 국가연구개발사업을 신규로 추진하려는 경우에는 예산을 편성하기 전에 제1항에 따른 사전조사 또는 기획연구 결과를 바탕으로 사업을 구체적으로 기획하고, 그 기획안을 법 제12조의2제4항에 따라 국가연구개발사업 관련 예산요구서를 과학기술정보통신부장관에게 제출할 때에 함께 제출하여야 한다. 다만, 중앙행정기관의

구를 수행하도록 명시하고 있다. 이러한 기획안에는 사업의 목표, 세부추진내용 및 추진체계, 타 부처와의 조정방안, 평가계획, 필요한 자원의 규모 및 인력 확보방안, 정부지원의 타당성 검토 결과, 연구개발성과의 활용방안 및 기대효과, 국내외 특허 동향, 기술 동향, 표준화 동향 및 표준 특허 동향(사업화 연계사업으로 한정) 등의 조사내용을 담도록 되어있다. 또한 동법 제 6조 4항에는 연구개발 사업을 수행하려는 자는 연구개발의 필요성, 연구개발의 목표와 내용, 평가의 착안점 및 기준, 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계, 국제공동연구 추진계획(국제공동연구인 경우만 해당), 연구개발성과의 활용방안 및 기대효과를 포함하여 연구개발계획서를 작성하여 신청하도록 정하고 있다. 그러나 이 법률규정은 양적, 질적 범위에서의 구체화 된 사항은 아니기 때문에 사업의 예산규모와 범위에 따라 다르게 적용하고 있다. 즉, 신규 사업 경우 연구개발 예산이 전체 사업비 500억 원(국비 300억 원 이상) 이상 대형 R&D 사업은 국가재정법 제38조에 따라 예비타당성조사를 실시하도록 되어있기 때문에 앞서 언급한 사항에 대한 상세한 기획이 가능하다. 하지만 중소형(50억 원~300억 원 미만⁵⁾) 규모의 사업들은 기획재정부의 각 년도 ‘예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침’에 따른 자율적인 기획과 예산요구서를 작성하기 때문에 표준화된 양식이 없다.

기금운영계획안의 R&D사업 예산요구서는 ‘예산의 금액편성’ 요구내용과 ‘집행계획’ 중심의 사업계획서 작성을 지시하고 있기 때문에, 실제 추진계획과 관련 된 사업계획서 작성에 있어서 내용의 충실성과 정확성은 한계를 보이고 있다. 특히, 탄소중립 R&D 분야는 국가의 신성장동력 창출기반으로서의 경제적인 효과를 제시하면서 환경적 성과를 강조하는 특성을 동시에 보유하기 때문에 기존의 R&D 예산요구서의 작성항목만으로는 사업의 추진 타당성을 정리하는 것에 부족한 측면이 있다.

부처에서 별도의 상세 사업설명서를 적성하였더라도 비교대상이 되는 다른 사업들의 내용과 세부과제의 기술적 목표와 특성이 다르기 때문에 심의기관 입장에서도 평가기준을 일괄적으로 적용하는데 어려움이 있다.

그렇지만 탄소중립 R&D 사업은 새로운 국제질서에 대응하고 저탄소 사회구조로 전환을 위하여 국가차원에서 정책적인 당위성을 보유하고 추진하는 사업이다. 때문에 다양한 정책적인 목표와 가치창출을 고려하여 사업을 선정하고 추진하여야 한다. 본 연구는 이러한 상황을 고려하여 탄소중립 R&D를 추진을 위한 예산심의를 효율적으로 진행할 수 있는 방법론의 개발과 절차를 구축하고자 하였다. 또한 탄소중립 관련 R&D 사업의 기획보고서 작성에 대한 표준안·작성항목을 제시하고 웹시스템을 통해 신규사업의 제안 및 평가·관리가 진행될 수 있도록 하는데 연구목적이 있다.

이를위해 본연구는 다음과 같은 연구내용을 포함하여 진행하였다.

장이 재난, 재해, 국민건강 등 공공수요가 있는 사업으로 시급히 추진할 필요가 있다고 인정하는 경우에는 과학기술정보통신부장관과 협의하여 기획안의 제출시기를 1년의 범위에서 유예할 수 있다. <신설 2013. 2. 22., 2013. 3. 23., 2017. 7. 26.>
 5) 대형 R&D 사업(500억 원 이상)을 제외하고 중소형 R&D 사업의 투자규모의 정의는 명시되어 있지는 않으나, 본 연구에서는 연구자의 판단으로 50억 원 이상, 300억 원 미만 사업을 중소형 R&D 사업이라고 정의하였다.

- 1) 탄소중립 R&D 분야의 신규 중소형(50억 원~300억 원) 사업 타당성 평가모형 개발
 - 신규 R&D 사업의 기획서 작성 모형 개발
 - 기획안 선정 및 타당성 평가지표 도출 및 가중치 산출
- 2) 신규사업 기획안 작성을 위한 웹시스템 개발
 - 탄소중립 R&D 분야에 적용 활용 가능한 웹시스템 개발
- 3) 탄소중립 R&D 사업의 경제성·환경성 평가방법론 제안
 - 신규 R&D 사업 평가시 유용한 평가방법론 도출
- 4) 탄소중립 R&D 사업의 자체평가를 위한 머신러닝 방법론 적용
 - 신규 R&D 사업 평가시 유용한 평가방법론 도출

최근 정부는 「국가연구개발사업 예비타당성조사 제도 개선방안」(’22.09)을 발표하면서 R&D 사업의 예비타당성 조사의 시행 기준금액을 기존 500억원에서 1,000억 원으로 조정할 예정이라고 밝혔다. 또한 빠르게 추진할 필요성을 인정받은 사업의 경우 예타 심사기간을 단축해주기로 했다. R&D 사업의 예타제도는 대규모 예산 지출을 사전에 심의하고 효과적인 R&D 지출방향에 대한 설정과 재정낭비 요소의 사전차단 기능을 수행한다. 하지만, 중소형 규모의 R&D사업은 예비타당성 조사가 의무화되어 있지 않아 사업에 대한 기획서의 작성을 강제하거나 심도 있는 분석 내용을 포함하기 어려운 점이 있다. 향후에는 비예타라는 편의와 간소화된 절차로 인하여 대량의 신규사업들이 양적으로 크게 확대될 가능성이 있다. 본 연구는 이러한 측면에서 정부의 신규사업 심의에 있어서 효율적인 기획과 평가에 기여가 가능한 방법론을 개발한다는 점에서 중요한 의미를 가진다.

제3절 추진경과

본 연구는 2019년 9월부터 2020년 2월까지 “과학기술혁신정책지원사업⁶⁾”으로 과학기술정보통신부, 한국과학기술기획평가원과 함께 「녹색 기후기술 분야 중소형 R&D 신규사업 타당성 분석 모형을 개발」 연구로 시작하였다. 혁신정책지원사업을 바탕으로 신규사업 기획안의 작성 및 평가모델 기준을 마련한 뒤 연구진은 2020년 3월부터 과학기술정보통신부, 국가과학기술심의회,

6) 「과학기술혁신정책지원사업운영에 관한 훈령」 제1조는 ‘과학기술 주요 정책·과학기술 혁신 및 산업화 관련 인력정책·지역기술혁신정책에 대한 조정, 연구개발 계획 및 사업에 대한 조정, 연구개발 예산의 효율적인 운영 등을 지원하기 위한 과학기술혁신정책지원사업(이하 ‘혁신정책지원사업’이라 한다)’을 둔다고 정하고 있다.

그 외 사업 담당부처 및 산하 R&D 관리기관 등과 신규사업 기획시 타당성 평가모형을 적용하여 기획안을 작성하도록 추진하였다.

2020년 5월부터는 실제 모형을 실무에 적용하였다. 차년도 추진예정인 각 부처의 R&D 신규 기획보고서를 작성하는데 있어서 녹색기후기술 분야 신규 R&D 사업들 중 수소사업 6건에 한정하여 사업기획서 작성 및 평가를 시범 적용하였다.

2021년부터는 혁신정책지원사업의 사업을 국가녹색기술연구소 주요사업으로 이관받아 연구를 진행하였다. 그리하여 2021년 5월에는 2022년 각 부처에서 에너지·환경, 탄소중립 R&D와 관련된 전체 신규사업들을 웹 시스템 활용하여 작성하도록 하였다. 웹시스템을 통해 평가를 진행한 사업은 전체 28건이었다. 이를 통해 신규로 제안하는 탄소중립 R&D 사업들에 대한 사업계획서 정보와 향후 평가지표에 대한 관리를 DB화 할 수 있었다.

2022년에는 탄소중립 분야 신규사업 만을 대상으로 하였으며, 18건의 사업에 웹시스템을 적용하였다. 그리하여 국가과학기술자문회의 사업심의 과정에서 평가내용을 정리하여 활용할 수 있도록 하였다.

<표 1-1> 본 연구의 추진 경과

기간	추진내용
'19.08	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과학기술정보통신부 종합조정사업 선정 및 추진('19.08.) - 신규 R&D사업의 표준화된 심의 평가기준 마련을 위하여 과기부 혁신본부는 국가녹색기술연구소와 녹색·기후기술(에너지) 분야 국가 R&D사업 타당성 분석 모델 개발을 추진
'19.9~11	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신규 사업 추진 타당성 평가 전문가 풀 구성 및 기술분과 위원회 개최('19.9~11, 8회) - 기술분과 전문가 위원회 검토를 통한 세부 지표 및 평가모형(안) 도출
'19.09, '19.11, '20.02.	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중소형 총괄자문위원회(1차, 2차, 3차) 개최('19.09, '19.11, '20.02.) - 국가과학기술심의회 전문위원 검토/타당성 평가모델 검토
'20.04	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과학기술정보통신부 혁신본부장(차관) 주재 업무보고('20.04) ○ 신규 중소형 R&D 타당성 분석 제안서 작성 웹 데모버전 시연 - 2020년 신규 중소형 R&D 사업의 시범적용을 위한 모형 설명 - 웹페이지 입력 및 평가 시연
'20.04. ~ '20.05.	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수소 분야 대상 중소형 R&D 국과심 설명회 시범적용('20.04.~ '20.05.) - 국가과학기술심의회 예산심의전문위원회 사업설명회에 수소 R&D 7건 활용
'20.06. ~ '20.12	<ul style="list-style-type: none"> ○ 에너지 환경분야 중소형 R&D 신규사업 제안 웹 프로그램 개발 진행('20.06.~12) - 2021년 신규사업 기획안 작성시 활용/신규사업 작성을 위한 가이드라인 개발

기간	추진내용
'21.01. ~ '20.04	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탄소중립 중소형 R&D 신규사업 제안 웹 프로그램 확대 적용 논의('21.1.~4) - 2021년 신규사업 기획안 작성시 활용/신규사업 작성을 위한 가이드라인 개발
'21.05.	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탄소중립 관련 중소형 R&D 국과심 설명회 전체적용('21.05.) - 에너지·환경분과 예산심의전문위원회 사업설명회에 탄소중립 전체 R&D 활용 - 2022년 에너지·환경분야 27건(전체) 적용
'22.05.	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탄소중립 관련 중소형 R&D 국과심 설명회 전체적용('22.05.) - 에너지·환경분과 예산심의전문위원회 사업설명회에 에너지분과 R&D 전체 활용 - 2023년 탄소중립 신규사업 18건(전체) 적용

본 과제 ‘탄소중립 신규 중소형 R&D 추진 타당성 분석 모델개발 연구’는 2020년부터 2022년까지 3개년 동안 국가과학기술자문회의 업무대응을 진행하고 관련 업무 추진⁷⁾을 종료하였다. 이에, 본 보고서는 2021년~2022년 기관고유 사업으로 추진 해왔던 사업의 종료와 관련 연구내용의 타기관 이전 결정으로 인하여 그동안 추진해온 연구내용을 종합정리하여 작성하고자 하였다.

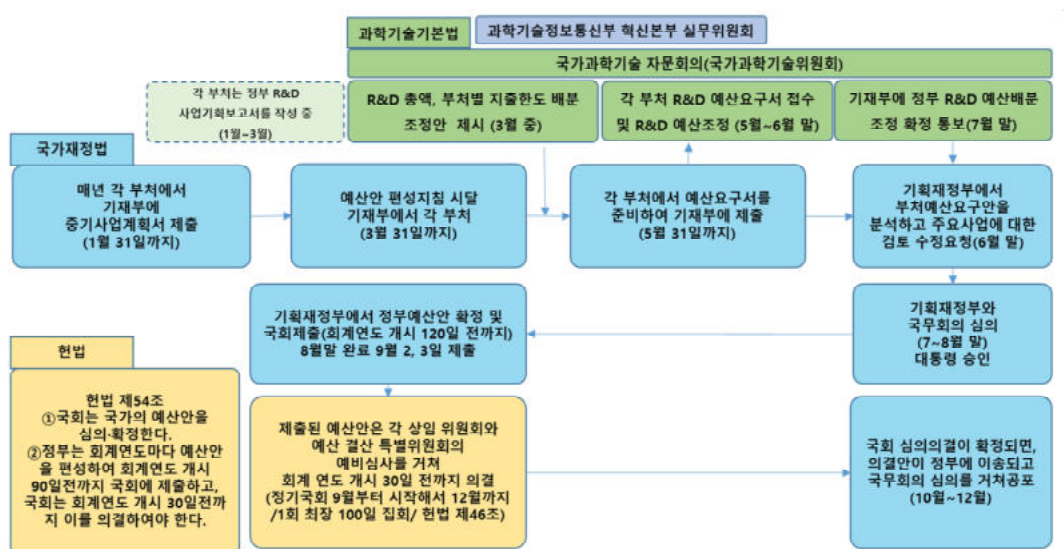
7) 2022년 6월 과학기술혁신본부와 KISTEP과 업무협의를 통하여 차년도부터는 KISTEP에서 개발한 신규 예산심의평가시스템으로 통합하기로 결정하였다. KISTEP의 통합시스템은 2023년부터 신규·계속사업을 모두 포함하여 국가 R&D 전체 사업으로 확대 적용할 예정이다. 또한, 국가과학기술심의회 에너지·환경분과 예산심의전문위원회 업무대응 및 지원과 관련하여서는 에너지기술연구원의 국가기후기술전략센터에서 전체 R&D 사업에 대한 업무지원을 담당하기로 결정되어 이에 대한 업무역시 이관 결정되었다.

제2장 에너지 분야 중소형 R&D 사업 기획서 작성기준 마련

제1절 신규 중소형 R&D 사업의 평가기준 마련 제도적 배경

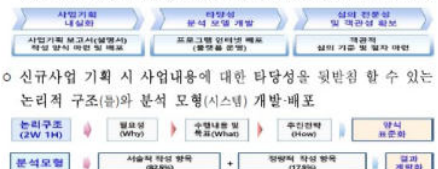
우리나라 R&D 사업의 예산조정은 국가기술혁신체계를 효과적으로 구축하기 위한 방안으로 2004년 7월에 과학기술혁신본부가 신설되고 (전)국가과학기술위원회의 기능을 강화하는 국가연구개발사업예산의 조정·배분 권한을 부여받으면서 시작되었다. 2018년 1월에는 과학기술법, 국가과학기술자문회의법, 국가재정법이 개정되어 정부 R&D 예산배분조정 주체가 (전)국가과학기술심의회에서 국가과학기술자문회의로 변경되었고, 2022년 현재는 정부 R&D 예산배분조정 프로세스에 참여하고 있는 주체는 과학기술혁신본부, 기획재정부, 사업추진 주관부처로 구분할 수 있다. 신규·계속사업의 심의는 국가과학기술자문회의 산하 10개의 예산전문위원회에서 진행하고 있으며, 이중 에너지환경 전문위원회는 핵융합, 원자력, 에너지, 자원분야와 관련한 투자방향 및 투자전략을 주로 다룬다. 신규사업의 추진은 일반적으로 중기사업계획서 제출 및 검토, 차년도 정부연구개발 투자방향 수립, 예산요구서 제출, 전문위의 전문위 심층분석(사업설명회 등), 세부사업별 R&D 예산(안) 마련, 국회 예산심의·의결의 절차로 진행되고 있다.

<그림 2-1> 정부 R&D 사업 추진 관련 법률 및 절차



국가재정법에 따라 각 부처는 향후 5개년 이상의 중장기 기간동안 추진하고자 하는 신규사업과 계속사업에 대하여 중기사업계획서를 기재부에 1월 31일까지 제출한다. 그리고 기획재정부는 각 부처에 <표 1>과 같은 예산편성 지침 시달과 함께 지출한도를 결정하여 부처에 작성제출을 다시 요구한다. 이때 예산전문위원회는 각 부처의 제출한 신규사업에 대하여 정부연구개발 투자방향 및 기준을 반영하여 평가하고 검토의견서를 작성하여 의견을 전달한다. 각 부처는 본 의견을 바탕으로 5월 31일까지 R&D 예산요구서를 정리하여 기재부에 제출한다.

<표 2-1> 과기부 및 기재부 예산지침

과기부 2021 예산투자방향	기재부 2021 예산편성 세부지침												
<p>(5) 투자 효율화 방향</p> <ul style="list-style-type: none"> 에너지 분야 중소규모(비예타) 신규사업에 대한 예산심의의 효율성 제고 R&D사업성 고려 기술-공목 선별 등 원천수요 및중형 R&D원으로 투자실효성 확보 원자력사업 해결을 위한 유관부처간 연계 협력 촉진 등을 통해 R&D전략성 제고 <ul style="list-style-type: none"> 국인이 신뢰하는 원전 안전 운영, 원전수출 경쟁력 향상, 경제적인 안전한 원전 체제, 사후유체연료 안전관리 등 국립중앙과학관(MIR)의 관계부처간 재원분담 방안 마련 등을 통해 투자효율성 제고 <p>□ (에너지분야 신규사업 타당성 분석 모델 개발) 예산심의의 전문성과 심의 결과에 대한 객관성 제고를 위해 표준화된 틀 개발 및 활용</p> <p>【검토배경】</p> <ul style="list-style-type: none"> 대형 계속사업 일몰 등에 따라 중소형 R&D 신규사업 요구 확대 예상 대형 사업 일몰로 인한 후속사업 조제기와 예타제도 회피를 위해 대형 R&D 사업보다 중소규모(비예타) R&D 선호 중소규모(비예타) 사업의 경우 기획이 다소 미흡하고, 위원들이 다수 신규 사업을 상충적으로 검토할 수 있는 시간이 충분하지 않음(이외 객관성 전문성 확보 한계) <p>【추진방향】</p> <ul style="list-style-type: none"> 중소규모 신규사업 요약 설명서 작성양식과 검토항목 표준화를 통해 예산 심의의 객관성 및 전문성 확보(사업기획보고서는 별도 세운)  <p>○ 신규사업 기획 시 사업내용에 대한 타당성을 뒷받침 할 수 있는 논리적 구조(틀)와 분석 모형(시스템) 개발-배포</p> <p>【활용계획】</p> <ul style="list-style-type: none"> 신규사업 사업설명서 작성 양식을 사전 배포하여 에너지분야 '21년 예산 심의 시 활용하고, 타당성 분석모형은 수소분야 신규사업에 시범적용 	<p>【기술분야별 R&D 투자전략(요약)】</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>기술분야</th> <th>21년도 투자 및 효율화 방향</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ICT·SW</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> (투자방향) 데이터 산업 생태계 활성화를 위한 데이터(시)기반의 혁신산업 및 주력산업 분야가치 창출을 지원하고, 5G IoT 기반의 국민생활 공공형 융합기술·서비스 개발 지원 강화 및 ICT 혁신의 기반이 되는 정보보안 및 소프트웨어 기술 고도화 (효율화) DNA 기술의 금융, 의료, 제조, 농수산 등 초산업 융합확산 가속화에 따라 유관부처 협력체계 구축 강화 </td> </tr> <tr> <td>생명·보건의료</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> (투자방향) 국민건강 증진을 위한 신변종 감염병 R&D(예방-진단-치료-확산방지) 및 헬스케어서비스 지원을 강화하고, 미래 유망 원천기술 R&D 범부처 협업, 규제일관화 등 지속 확대 (효율화) 바이오헬스 R&D 투자전략을 수립하여 체계적인 지원을 강화하고, 현장 수요에 기반하여 바이오헬스 분야의 종합적인 전문인력 양성체계 구축 </td> </tr> <tr> <td>에너지·자원</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> (투자방향) 정부 에너지전환정책의 성공적 달성을 위해 온실가스 감축 기여도가 큰 분야 중심으로 에너지 효율향상 신재생에너지 등에 전략적으로 투자하고, 원자력 역량강화에 안정적 투자 및 자원의 안정적 공급을 위한 자원개발-순환 분야 공동핵심기술 확보에 중점 투자 (효율화) 에너지 분야 중소규모 신규사업에 대해 타당성 분석 모형을 적용하여 예산심의 전문성을 강화, R&D의 시급성 및 활용품목의 대외 의존성 등을 고려하여 투자 전략성 강화 </td> </tr> <tr> <td>소재·나노</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> (투자방향) 반도체, 디스플레이, 자동차, 전기전자, 금속화학 등 주력산업 핵심전략품목의 공급 안정성 확보 및 대외 의존도 개선을 위한 소재 분야 투자를 강화하고, 미래유망 대용량 기술 및 플랫폼 기술을 위한 나노분야 연구 지원 (효율화) 수요공급기업 간 협업 강화 및 원천에서 상용화까지 전주기 기술 개발 지원 등을 통해 소재부품 연구개발 성과의 확산 촉진 </td> </tr> <tr> <td>기계·제조</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> (투자방향) 주력 기계제조산업의 전환평화를 통해 환경규제에 적극 대응하고, 스마트제조, 서비스로봇, 자율주행운행 등 ICT 기술융합을 통해 주력산업 고도화 및 제조업 스마트화 추진 (효율화) 소재부품 핵심품목 개발 시 제조장비를 동시에 개발하여 R&D간 시너지를 극대화하고, 기계제조 분야의 국내 기술수준 및 시장수요를 고려하여 차별화된 R&D 지원 </td> </tr> </tbody> </table>	기술분야	21년도 투자 및 효율화 방향	ICT·SW	<ul style="list-style-type: none"> (투자방향) 데이터 산업 생태계 활성화를 위한 데이터(시)기반의 혁신산업 및 주력산업 분야가치 창출을 지원하고, 5G IoT 기반의 국민생활 공공형 융합기술·서비스 개발 지원 강화 및 ICT 혁신의 기반이 되는 정보보안 및 소프트웨어 기술 고도화 (효율화) DNA 기술의 금융, 의료, 제조, 농수산 등 초산업 융합확산 가속화에 따라 유관부처 협력체계 구축 강화 	생명·보건의료	<ul style="list-style-type: none"> (투자방향) 국민건강 증진을 위한 신변종 감염병 R&D(예방-진단-치료-확산방지) 및 헬스케어서비스 지원을 강화하고, 미래 유망 원천기술 R&D 범부처 협업, 규제일관화 등 지속 확대 (효율화) 바이오헬스 R&D 투자전략을 수립하여 체계적인 지원을 강화하고, 현장 수요에 기반하여 바이오헬스 분야의 종합적인 전문인력 양성체계 구축 	에너지·자원	<ul style="list-style-type: none"> (투자방향) 정부 에너지전환정책의 성공적 달성을 위해 온실가스 감축 기여도가 큰 분야 중심으로 에너지 효율향상 신재생에너지 등에 전략적으로 투자하고, 원자력 역량강화에 안정적 투자 및 자원의 안정적 공급을 위한 자원개발-순환 분야 공동핵심기술 확보에 중점 투자 (효율화) 에너지 분야 중소규모 신규사업에 대해 타당성 분석 모형을 적용하여 예산심의 전문성을 강화, R&D의 시급성 및 활용품목의 대외 의존성 등을 고려하여 투자 전략성 강화 	소재·나노	<ul style="list-style-type: none"> (투자방향) 반도체, 디스플레이, 자동차, 전기전자, 금속화학 등 주력산업 핵심전략품목의 공급 안정성 확보 및 대외 의존도 개선을 위한 소재 분야 투자를 강화하고, 미래유망 대용량 기술 및 플랫폼 기술을 위한 나노분야 연구 지원 (효율화) 수요공급기업 간 협업 강화 및 원천에서 상용화까지 전주기 기술 개발 지원 등을 통해 소재부품 연구개발 성과의 확산 촉진 	기계·제조	<ul style="list-style-type: none"> (투자방향) 주력 기계제조산업의 전환평화를 통해 환경규제에 적극 대응하고, 스마트제조, 서비스로봇, 자율주행운행 등 ICT 기술융합을 통해 주력산업 고도화 및 제조업 스마트화 추진 (효율화) 소재부품 핵심품목 개발 시 제조장비를 동시에 개발하여 R&D간 시너지를 극대화하고, 기계제조 분야의 국내 기술수준 및 시장수요를 고려하여 차별화된 R&D 지원
기술분야	21년도 투자 및 효율화 방향												
ICT·SW	<ul style="list-style-type: none"> (투자방향) 데이터 산업 생태계 활성화를 위한 데이터(시)기반의 혁신산업 및 주력산업 분야가치 창출을 지원하고, 5G IoT 기반의 국민생활 공공형 융합기술·서비스 개발 지원 강화 및 ICT 혁신의 기반이 되는 정보보안 및 소프트웨어 기술 고도화 (효율화) DNA 기술의 금융, 의료, 제조, 농수산 등 초산업 융합확산 가속화에 따라 유관부처 협력체계 구축 강화 												
생명·보건의료	<ul style="list-style-type: none"> (투자방향) 국민건강 증진을 위한 신변종 감염병 R&D(예방-진단-치료-확산방지) 및 헬스케어서비스 지원을 강화하고, 미래 유망 원천기술 R&D 범부처 협업, 규제일관화 등 지속 확대 (효율화) 바이오헬스 R&D 투자전략을 수립하여 체계적인 지원을 강화하고, 현장 수요에 기반하여 바이오헬스 분야의 종합적인 전문인력 양성체계 구축 												
에너지·자원	<ul style="list-style-type: none"> (투자방향) 정부 에너지전환정책의 성공적 달성을 위해 온실가스 감축 기여도가 큰 분야 중심으로 에너지 효율향상 신재생에너지 등에 전략적으로 투자하고, 원자력 역량강화에 안정적 투자 및 자원의 안정적 공급을 위한 자원개발-순환 분야 공동핵심기술 확보에 중점 투자 (효율화) 에너지 분야 중소규모 신규사업에 대해 타당성 분석 모형을 적용하여 예산심의 전문성을 강화, R&D의 시급성 및 활용품목의 대외 의존성 등을 고려하여 투자 전략성 강화 												
소재·나노	<ul style="list-style-type: none"> (투자방향) 반도체, 디스플레이, 자동차, 전기전자, 금속화학 등 주력산업 핵심전략품목의 공급 안정성 확보 및 대외 의존도 개선을 위한 소재 분야 투자를 강화하고, 미래유망 대용량 기술 및 플랫폼 기술을 위한 나노분야 연구 지원 (효율화) 수요공급기업 간 협업 강화 및 원천에서 상용화까지 전주기 기술 개발 지원 등을 통해 소재부품 연구개발 성과의 확산 촉진 												
기계·제조	<ul style="list-style-type: none"> (투자방향) 주력 기계제조산업의 전환평화를 통해 환경규제에 적극 대응하고, 스마트제조, 서비스로봇, 자율주행운행 등 ICT 기술융합을 통해 주력산업 고도화 및 제조업 스마트화 추진 (효율화) 소재부품 핵심품목 개발 시 제조장비를 동시에 개발하여 R&D간 시너지를 극대화하고, 기계제조 분야의 국내 기술수준 및 시장수요를 고려하여 차별화된 R&D 지원 												
<p>* 과학기술정보통신부(2020), 「2021년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)」, 국가과학기술자문회의 심의회의 운영위원회 3월 22일 심의안건, p.59</p>	<p>* 기획재정부(2020), 「2021년도 예산안편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침」, p.43</p>												

한편, 이와 같은 일정을 진행하면서 예산전문위원회에서는 사업 타당성에 대한 심층 검토를 단기간에 진행하는데 있어서 다수의 사업을 진행하는데 무리가 따른다. 그리고 비예타사업의 경우 사업제출 전 신규사업에 대한 검토 프로세스가 부재한 이유로 사업추진에 대한 타당성을 심층 검토하는데 한계가 발생한다. 사업 수립 일정에 따른 절차상 기획자 입장에서 단기간에 사업계획을 수립해야 하는 어려움이 따르며, 평가자 입장에서는 다양한 기술사업에 대한 설명과 일 반화되지 않은 사업계획 양식으로 인하여 평가 기준 적용에 어려움이 따른다. 이는 신규사업의 부처 예산을 효과적으로 운영하는데 근본적인 한계를 발생시키게 되는 문제점이다.

특히, 녹색·기후기술 분야 중소형 R&D 사업은 기존의 사업들의 평가지표에서 나아가 환경적인 평가 기준을 추가해야 하는 문제가 있다. 그러면서도 정부 R&D가 궁극적으로 추구하고자 하는 경제성에 대한 문제를 고려하지 않을 수 없다. 이러한 문제점을 포함하여 비예타 신규사업들의 경우 예타보고서와 달리 상대적으로 많은 부분 미약한 수준이다. 물론 일부 신규사업들의 경우 별도의 ‘신규사업 기획보고서’를 작성하여 사업개요 및 필요성, 관련 국내외 현황, 사업추

진 필요성, 기획방향 및 사업목표, 추진과제, 사업 운영계획, 기대효과를 제시하기도 한다. 하지만, 비교적 1월부터 6월까지라는 단기간 동안 신규사업의 기획, 제안, 평가가 동시에 진행되어야 하는 상황을 고려할 때 각 사업수행부처가 신규사업의 타당성을 확보하기 위해서는 기획안이 표준화되어야 하며, 과학기술혁신본부에서 진행하는 R&D 예산심의 및 배분·조정 과정에도 평가지표의 공통된 기준이 적용되어야 한다고 할 수 있다.

그래서 본 연구는 각 사업수행부처가 기획 및 타당성 평가를 효율적으로 준비할 수 있도록 평가들과 절차를 구체적으로 제시하고자 하였다.

제2절 신규사업 평가기준 마련을 위한 협의체 구성 및 논의

1. 평가기준 마련을 위한 협의체 구성

신규사업 평가기준 마련을 위하여 본 연구진은 과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원과 함께 전문가위원회, 기술분야 전문가 자문위원회가 참여하는 협의체를 운영하였다. 이 과정에서 분야별로 산·학·연 전문가 DB를 구축하고 협의체를 운영하여 타당성 평가 모형 및 경제성·환경성 평가지표의 제안 기준안 마련과 추진 프로세스를 제시하였다.

2. 신규사업 평가기준 마련 원칙

협의체 운영에 있어서 신규사업의 평가기준의 틀은 ① 중소형 R&D 사업의 추진방향 및 사업 설명 자료의 내실화를 유도하고, ② 신규사업 평가 심의에 대한 전문성을 제고하고자 하는 기본 방침으로부터 출발하였다. 사업기획의 내실성 유도는 사업기획의 충실도를 높이고 사업기획에 대한 체계적인 분석 및 기획보고서의 견고화를 추진하기 위한 목적이었으며, 자체 타당성 분석의 실시는 논리적인 구조모형에 따른 자체평가 검토자료를 바탕으로 사업 주관기관 및 전문위원 심의단계에서 객관성과 전문성을 담보하고자 하였다.

이와함께 신규사업의 추진 필요에 따른 기술적·정책적 특성을 구분하여 유연하게 정량적·정성적 평가모형에 적용하고자 하였으며, 모형을 시스템화하여 사업 기획자가 연구개발 단계를 직접 세분화 작성하고, 사업추진내용 및 전략을 구분하여 사업을 기획을 작성하도록 하였다. 신규사업에 대한 기획보고서에는 논리모형에 대한 평가 기준을 적용하여 기획보고서에 연구의 필요성, 연구수행 내용 및 목표, 추진전략을 서술을 통한 양식의 표준화를 제안하였고, 총괄위원회 검토 아래 실행로드맵과 기대효과에 대한 연구프로세스 지표를 포함시켰다.

3. 신규사업 기획과정에서 고려해야 하는 사항에 대한 검토 사항

신규사업을 평가하는 모델을 수립하는 과정에서 고려해야 했던 사항은 크게 5가지로 구분되었다. 먼저 신규사업을 기획하는 과정에서 정량적 지표의 활용방식이다.

① 신규사업기획 과정에서 정량적 지표의 활용방식 결정

탄소중립 분야의 중소형 R&D 사업은 기술종류에 따라 사업추진 방식 및 범위가 달라지고, 국내외 기술·시장 배경에 따라 달라지기 때문에 단순히 정량적 지표의 크기를 바탕으로 사업의 우수성을 비교평가 하는 것은 비판의 여지가 있다.


<표 2-2> 정량지표의 상대적 비교 문제점

지표 예시	내용(예시)		쟁점사항
사업비 산출내역	A사업	10억원	- 사업비에 대한 차이가 사업의 중요도를 평가하는 기준이 된다고 보기 어려움
	B사업	30억원	
	C사업	100억원	
시장규모	A사업	세계시장 1조	- 시장규모에 대한 차이가 있으나, 아직 시장형성이 안되었거나 기술적인 실현이 부족 때문에 발생하는 문제이기 때문에 평가점수를 부여하는데 다툼의 여지가 있음
	B사업	국내시장 500억원	
	C사업	시장없음	
기술수준	A사업	50% or 50%→70%향상	- 기술수준이 높다고 하여 우수한 사업이라고 평가하기 어려움
	B사업	70% or 70%→90%향상	
	C사업	90% or 90%→100%향상	

따라서 정량적 평가지표는 활용하는 방법에 있어서 단순히 사업기획 사업의 특성을 진단하기 위한 현황지표로만 활용하고 평가점수 부여 없이 활용하는 방안이 논의되었다. 또는 신규사업 체크리스트에 포함시켜 항목별 작성여부를 확인하고 작성 개수를 바탕으로 평가점수를 부여하는 방식이 논의되었다. 즉, 성과지표에 대한 목표치에 대한 기입과 설정근거만 성실하게 제시한다면 합계를 점수화하는 방안이 해결방안으로 논의되었다.

<그림 2-2> 정량지표들의 기입 여부에 따른 점수산정 방법

성과지표	적절성	목표치 및 설정근거
① 혁신기반 연계 플랫폼 구축	• 혁신기반 연계 플랫폼 구축 건수를 조사하여 사업을 통해 직접적으로 지역의 혁신기반이 어느 정도 확충되었는지 평가	• 목표치 : 55개 • 스마트특성화 산업으로 선정된 55개(13개 지역 당 4개+세종 3개) 산업 당 1개의 연계 플랫폼 구축 목표
② 시제품 제작 지원	• 동 사업의 궁극적 목표는 기업 경쟁력 제고이고, 이를 정량적으로 판단하기 위해 시제품 제작 지원 및 인증/표준/특허 지원을 평가	• 목표치 : 259건
③ 인증/표준/특허 지원		• 목표치 : 550건
④ 전문인력 양성	• 기술지원 및 장비 전문인력 양성을 통해 기업 지원 고도화	• 목표치 : 7,600명
⑤ 고용창출	• 지역 경제 활성화는 기업의 고용창출과 매출액 증대로 달성될 수 있으며, 결과적으로 국가균형발전으로 귀결	• 목표치 : 1,000개
⑥ 매출액 확대		• 목표치 : 2,000억 원



각 평가항목의 기입여부를 확인

② 평가모형에서 경제성 평가지표에 대한 비용편익 산출방안 논의 여부

정부 R&D 사업에 대한 신규사업에 대한 경제적 타당성 분석은 「국가연구개발사업 예비 타당성조사」의 가이드라인을 활용하는 것이 적절하다는 의견이 있었다. 가이드라인에는 비용편익 평가 방법은 다음과 같이 시장가격을 통한 편익산출, 시장전망을 통한 편익산출, 기업 매출을 통한 편익산출의 3가지 방법으로 제시하고 있다.

<표 2-3> 예비타당성 평가 가이드라인 제공 경제성 평가의 편익 산출 방법

편익산출 방법	절차
시장가격을 통한 편익산출	(1단계) 편익창출 시나리오 작성 및 부가가치 편익 산정 타당성 검토 (2단계) 사업에 부합하는 접근모델 선택 및 산식 정의 (3단계) 편익 관련 데이터 확보 (4단계) 계수 정의 (5단계) 편익산출 (6단계) 현재가치화
	$\text{편익} = \sum_{i=1}^n (\text{후보물질의 기술료}) \times \text{사업기여율}$ $\text{후보물질의 기술료} = (\text{선급기술료}^1) + \text{마일스톤 기술료}^2 + \text{매출기술료}^3$ 1) 선급기술료 = 예상 총 매출액 × 선급기술료율 × 개발성공률 2) 마일스톤 기술료 = 예상 총 매출액 × 마일스톤 기술료율 × 개발성공률 3) 매출기술료 = 예상 연매출액 × 매출기술료율 × 개발성공률 * 예상 총 매출액은 특허종료기간까지의 예상 연 매출액의 합
	$\text{후보물질별 예상 연매출액} = \text{예상 연 환자 수}^4 \times \text{적용가능 환자비율}^4 \times \text{시장점유율}^4 \times \text{신약 단가}^6 \times \text{예상투여일수}^5$
시장전망을 통한 편익산출	(1단계) 편익창출 시나리오 작성 및 부가가치 편익 산정 타당성 검토 (2단계) 사업에 부합하는 접근모델 선택 및 산식 정의 (3단계) 편익 관련 데이터 확보 (4단계) 계수 정의 (5단계) 편익산출 (6단계) 현재가치화
	$\text{편익} = \text{세계시장규모} \times \text{시장점유율} \times \text{R\&D 기여율} \times \text{사업기여율} \times \text{R\&D사업화 성공률} \times \text{부가가치율}$
기업매출을 통한 편익산출	(1단계) 편익창출 시나리오 작성 및 부가가치 편익 산정 타당성 검토 (2단계) 사업에 부합하는 접근모델 선택 및 산식 정의 (3단계) 편익 관련 데이터 확보 (4단계) 계수 정의 (5단계) 편익산출 (6단계) 현재가치화
	$\text{편익} = \text{사업화성공 과정에서 발생한 매출액} \times \text{2단계 종료과제 수} \times \text{R\&D 기여율} \times \text{R\&D사업화 성공률} \times \text{부가가치율}$

하지만 이 경우 기초 R&D 연구 분야에서 측정이 불가능하거나 불필요할 가능성이 있다. 한편, 가이드라인에는 비용편익에 대한 산출이 어려울 경우 비용효과 분석을 제시하고 있다. 비용효과 분석도 고정효과분석, 고정비용분석, 비용효과비율접근법으로 구분하여 설명하고 있다. 하지만 공통적으로 복수의 대안에 대한 설정과 추진되었을 경우에 대한 비교 결과가 필수적으로 반영되어야 하는 수고가 있다.

<표 2-4> 예비타당성 평가의 비용효과 분석 방법

효과산출 방법	절차																																																																			
고정효과분석	<p>(1단계) 사업효과 구분과 분류 (2단계) 복수의 대안 설정 (3단계) 효과 및 비용 범위 설정 (4단계) 대안별 효과 추정 (5단계) 대안별 비용 추정 (6단계) 결과 비교 및 최종결론 도출</p> <table border="1" data-bbox="507 607 1337 1039"> <thead> <tr> <th colspan="2">관련 이슈/효과</th> <th>방안</th> <th>사업원안 (12,000t급 채빙연구선)</th> <th>(원안규모 타국채빙선 임차)</th> <th>비교대안 (다목적채빙선, 6,000t 급)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">관련성 있음</td> <td colspan="2">연구항해일수 확대</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td colspan="2">운항예비일 확보(기지보급, 안전성)</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td colspan="2">북극 공동연구협력/북극외교 강화</td> <td>△</td> <td>△</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">관련성 낮음</td> <td colspan="2">북극해 지질/자원탐사</td> <td>△</td> <td>△</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td colspan="2">북극 물류항로 개척</td> <td>△</td> <td>△</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td colspan="2">기존 선박사양 한계극복</td> <td>○</td> <td>△</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td colspan="2">북극해 기후조사 (고위도)</td> <td>○</td> <td>△</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td colspan="2">채빙 능력</td> <td></td> <td>PC3~4</td> <td>PC3~5</td> <td>PC5~6</td> </tr> <tr> <td colspan="2">북극 운용 기간 (단위: 월)</td> <td></td> <td>8~12</td> <td>3~6</td> <td>3~6</td> </tr> <tr> <td colspan="2">총사업비 (단위: 억 원)</td> <td></td> <td>2,392</td> <td>(-)</td> <td>1,510</td> </tr> <tr> <td colspan="2">총비용 (연가) (단위: 억 원)</td> <td></td> <td>3,921</td> <td>3,373</td> <td>2,326</td> </tr> </tbody> </table>	관련 이슈/효과		방안	사업원안 (12,000t급 채빙연구선)	(원안규모 타국채빙선 임차)	비교대안 (다목적채빙선, 6,000t 급)	관련성 있음	연구항해일수 확대		○	○	○	운항예비일 확보(기지보급, 안전성)		○	○	○	북극 공동연구협력/북극외교 강화		△	△	△	관련성 낮음	북극해 지질/자원탐사		△	△	△	북극 물류항로 개척		△	△	△	기존 선박사양 한계극복		○	△	△	북극해 기후조사 (고위도)		○	△	△	채빙 능력			PC3~4	PC3~5	PC5~6	북극 운용 기간 (단위: 월)			8~12	3~6	3~6	총사업비 (단위: 억 원)			2,392	(-)	1,510	총비용 (연가) (단위: 억 원)			3,921	3,373	2,326
관련 이슈/효과		방안	사업원안 (12,000t급 채빙연구선)	(원안규모 타국채빙선 임차)	비교대안 (다목적채빙선, 6,000t 급)																																																															
관련성 있음	연구항해일수 확대		○	○	○																																																															
	운항예비일 확보(기지보급, 안전성)		○	○	○																																																															
	북극 공동연구협력/북극외교 강화		△	△	△																																																															
관련성 낮음	북극해 지질/자원탐사		△	△	△																																																															
	북극 물류항로 개척		△	△	△																																																															
	기존 선박사양 한계극복		○	△	△																																																															
	북극해 기후조사 (고위도)		○	△	△																																																															
채빙 능력			PC3~4	PC3~5	PC5~6																																																															
북극 운용 기간 (단위: 월)			8~12	3~6	3~6																																																															
총사업비 (단위: 억 원)			2,392	(-)	1,510																																																															
총비용 (연가) (단위: 억 원)			3,921	3,373	2,326																																																															
고정비용분석	<p>(1단계) 사업효과 구분과 분류 (2단계) 복수의 대안 설정 (3단계) 효과 및 비용 범위 설정 (4단계) 대안별 효과 추정 (5단계) 대안별 비용 추정 (6단계) 결과 비교 및 최종결론 도출</p> <p style="text-align: right;">(단위: 건)</p> <table border="1" data-bbox="507 1352 1337 1541"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구 분</th> <th colspan="5">연구비 10억원 당 논문 실적</th> </tr> <tr> <th>NSC</th> <th>주요저널</th> <th>IF 5이상</th> <th>SCI</th> <th>비SCI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>국가지정연구실(NRL)</td> <td>0.02</td> <td>1.23</td> <td>3.59</td> <td>26.34</td> <td>5.92</td> </tr> <tr> <td>창의적연구진흥</td> <td>0.03</td> <td>2.70</td> <td>5.10</td> <td>17.30</td> <td>1.53</td> </tr> <tr> <td>우수연구센터(ERC)</td> <td>0.00</td> <td>3.19</td> <td>7.64</td> <td>43.66</td> <td>7.46</td> </tr> <tr> <td>국가핵심연구센터(NCRC)</td> <td>0.07</td> <td>3.41</td> <td>6.30</td> <td>34.89</td> <td>5.85</td> </tr> <tr> <td>동 사업</td> <td></td> <td></td> <td>0.48</td> <td>2.92</td> <td>0.99</td> </tr> </tbody> </table>	구 분	연구비 10억원 당 논문 실적					NSC	주요저널	IF 5이상	SCI	비SCI	국가지정연구실(NRL)	0.02	1.23	3.59	26.34	5.92	창의적연구진흥	0.03	2.70	5.10	17.30	1.53	우수연구센터(ERC)	0.00	3.19	7.64	43.66	7.46	국가핵심연구센터(NCRC)	0.07	3.41	6.30	34.89	5.85	동 사업			0.48	2.92	0.99																										
구 분	연구비 10억원 당 논문 실적																																																																			
	NSC	주요저널	IF 5이상	SCI	비SCI																																																															
국가지정연구실(NRL)	0.02	1.23	3.59	26.34	5.92																																																															
창의적연구진흥	0.03	2.70	5.10	17.30	1.53																																																															
우수연구센터(ERC)	0.00	3.19	7.64	43.66	7.46																																																															
국가핵심연구센터(NCRC)	0.07	3.41	6.30	34.89	5.85																																																															
동 사업			0.48	2.92	0.99																																																															
비용효과 비율접근법	<p>(1단계) 사업효과 구분과 분류 (2단계) 복수의 대안 설정 (3단계) 효과 및 비용 범위 설정 (4단계) 대안별 효과 추정 (5단계) 대안별 비용 추정 (6단계) 결과 비교 및 최종결론 도출</p> <table border="1" data-bbox="499 1809 1345 1921"> <thead> <tr> <th></th> <th>원안</th> <th>검토안</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30일간 유용 Data(GB)</td> <td>22369.4</td> <td>22358.4</td> </tr> <tr> <td>추정 총비용(억 원)</td> <td>2,710</td> <td>1,907</td> </tr> <tr> <td>E/C (GB/월·억 원)</td> <td>8.3</td> <td>11.7</td> </tr> </tbody> </table>		원안	검토안	30일간 유용 Data(GB)	22369.4	22358.4	추정 총비용(억 원)	2,710	1,907	E/C (GB/월·억 원)	8.3	11.7																																																							
	원안	검토안																																																																		
30일간 유용 Data(GB)	22369.4	22358.4																																																																		
추정 총비용(억 원)	2,710	1,907																																																																		
E/C (GB/월·억 원)	8.3	11.7																																																																		

③ 정성적 평가지표를 구조화하는데 있어서 측정 개념 활용에 대한 논의

정성적 평가방법에서 논의한 주요 사항은 예비타당성 조사의 예비검토제 검토항목을 기획안 지침으로 활용하는 방안과 기술성 평가에서 다루고 있는 평가기준, 그리고 예비타당성 조사에서 다루고 있는 평가항목을 지침으로 활용하는 방안을 논의하였다.

예비검토제는 예비타당성 조사를 본격적으로 추진하기에 앞서 기술성 평가를 진행하면서 해당 사업이 예비타당성 조사의 대상으로 다룰 만한 사업인지에 대하여 과기정통부와 평가지원단, 자문위원회가 자체평가를 진행하는 것이다.

이때 사업 기획부처는 기획보고서 상 사업기획의 필수요소 제시 여부를 검토하여 자체평가 검토 결과를 제출하게 되어 있으며, 평가지원단은 부처 자체검토 결과 및 예비검토항목에 따라 예비검토 결과를 제시하게 되어있다. 그리고 기술성 평가 자문위원회는 예비검토 결과에 대한 검토자문을 진행하고, 과기정통부도 예비검토 결과안에 따라 기술성 평가의 적합 부적합 사업을 구분한다.

예비검토제의 검토항목은 크게 5가지 분야로 구분되어 19개 항목을 확인하게 되어있다. 5가지 분야는 과학기술개발의 필요성·시급성에 대한 항목이며, 국고지원의 적합성, 기존사업과의 차별성 및 연계방안, 사업계획의 구체성, 사업별 특성에 대한 검토 순으로 진행된다.

<그림 2-3> 예비검토제 검토항목 및 검토내용

예비검토제 검토항목 및 검토내용		
검토항목	검토내용	
과학기술 개발의 필요성·시급성 관련	①R&D추진의 시급성 제시	· 해당 사업과 직접적으로 연관된 분야에서 기술개발 동향 또는 시장·산업동향분석 제시 여부
	②사업추진여건의 성숙도제시	· 해당 사업의 추진에 필요한 관련 기술, 연구인력, 인프라 또는 법·제도의 현황분석 및 원활한 사업추진의 가능성 제시 여부
	③사업의 파급효과제시	· 사업추진에 따른 과학기술적 또는 경제사회적 파급효과 제시 여부
국고지원의 적합성 관련	④국고지원의 타당성 제시	· 국고지원을 통한 정부주도 사업 추진의 필요성 및 근거 제시 여부
	⑤국고지원의 효율성 제시	· 사업내용과 수혜범위를 고려할 때, 지방비와 민자의 자원분담 여부 및 분담방식에 대한 검토 여부 · (지방비, 민자가 포함된 경우) 지방비·민자 조달가능성 제시 여부
기존사업과의 차별성 및 연계방안 관련	⑥기존 사업과의 차별성 제시	· 유사·중복 추정사업 현황에 대한 분석과 해당 사업과의 차별성 제시 여부 · (연구기반구축) 국내 또는 해당 지역에 기 구축되었거나 구축예정인 연구시설·장비(구축비용 1억원 이상)와의 중복성 검토와 이들과의 차별성 또는 연계방안 제시 여부
	⑦기존 사업과의 연계방안 제시	· 유사사업 또는 선행사업의 성과물에 대한 분석과 이들과의 연계·협력방안 제시 여부 · (민간의 유사 연구개발 성과물이 있는 경우) 민간 분야의 성과에 대한 분석과 이들과의 연계·협력방안 제시 여부
사업계획의 구체성 관련	⑧사업구성의 체계성 제시	· 명확한 사업목표 및 해당 사업목표 달성 관점에서 하위 세부사업의 필요성과 이들 간의 연관성 제시 여부 · (연구기반구축) 해당 연구개발과 구축하고자 하는 연구시설·장비(구축비용 1억원 이상)의 부합성 제시 여부
	⑨추진전략의 적절성 제시	· 사업목표달성 관점에서 사업추진체계, 과제선정·관리·평가계획, 성과활용·확산계획 제시 여부
	⑩운영계획의 구체성 제시	· 사업에 소요되는 예산 또는 인력의 산정근거와 운영계획 제시 여부 · 기획부서 및 예산총괄부서가 검토한 자원조달계획 제출 여부 (별도) · (연구기반구축) 연구시설장비 관련 예산의 근거와 운영계획 제시 여부
사업특성별 검토 관련	⑪(재기획사업)	· 최근 기술성평가 또는 예타 미시행 지적사항 반영 여부
	⑫(대형사업)*	· 국가연구개발사업평가 자문위원회 검토 여부 (필요시 별도)
	⑬(일몰후속사업)	· 일몰대상사업 기간연장 적정성 검토결과 반영 여부
	⑭(후속사업)	· 선행·시범사업 성과분석 제시 여부
	⑮(다부처사업)	· 다부처사업 추진을 위한 관계부처 협의내용 제시 여부
	⑯(부처(부서)간 연관사업)	· 해당 사업 관련 연관부처(부서)간 협의완료 여부 (필요시 별도)
	⑰(지방비 또는 민자 포함)	· (지방비) 해당 지자체 협의내용 등, (민자 참여기업이 한정되는 경우) 기업의 참여의향성 등 조달가능성 제시 여부
	⑱(지방비 투자 연구기반구축)**	· 전문기관 용역결과 또는 국가균형발전(위) 협의결과 등 별도의 입지 적정성 검증자료 제시 여부
	⑲ (공통)	· 사업기획위원 명단 제시 여부 (필요시 별도)

주1) 검토항목을 100% 충족 시에만 기술소위 평가대상사업으로 선정
 주2) 사업특성별 검토항목 중 해당사항이 없는 경우 '해당없음' 표기
 주3) (연구기반구축)은 연구단지조성이나 연구시설·장비 구축을 내용으로 포함하는 사업(순수R&D와 연구기반구축사업이 혼합된 사업 포함)으로서, 사업소요예산 중 연구시설 및 장비 예산이 포함된 사업
 주4) * 사업규모가 1조원 이상이고, 사업기간 6년 이상인 사업
 주5) ** 총사업비 중 지방비가 10% 이상(또는 50억원 이상) 투자되는 연구기반구축사업

* 출처 : 한국과학기술기획평가원(2018), 2018년도 예비타당성조사 요구 국가연구개발사업에 대한 기술성평가기이드라인 p. 17

예비검토 다음 단계인 기술성 평가항목은 4가지 분야로 구분되어 과학기술개발의 필요성 및 시급성, 국고지원의 적합성, 기존사업과의 차별성 및 연계방안, 사업계획의 구체성을 검토한다. 예비검토제 항목에서 사업특성별 검토 관련 사항을 제외한 기준이다. 다만 예비검토제와 다른 점은 내용에 대한 검증 및 평가에 있어서 좀 더 직접적인 연계성과 파급효과를 기술하였는지에 대한 여부를 확인한다.

<그림 2-4> 기술성 평가항목별 평가지표 및 기준

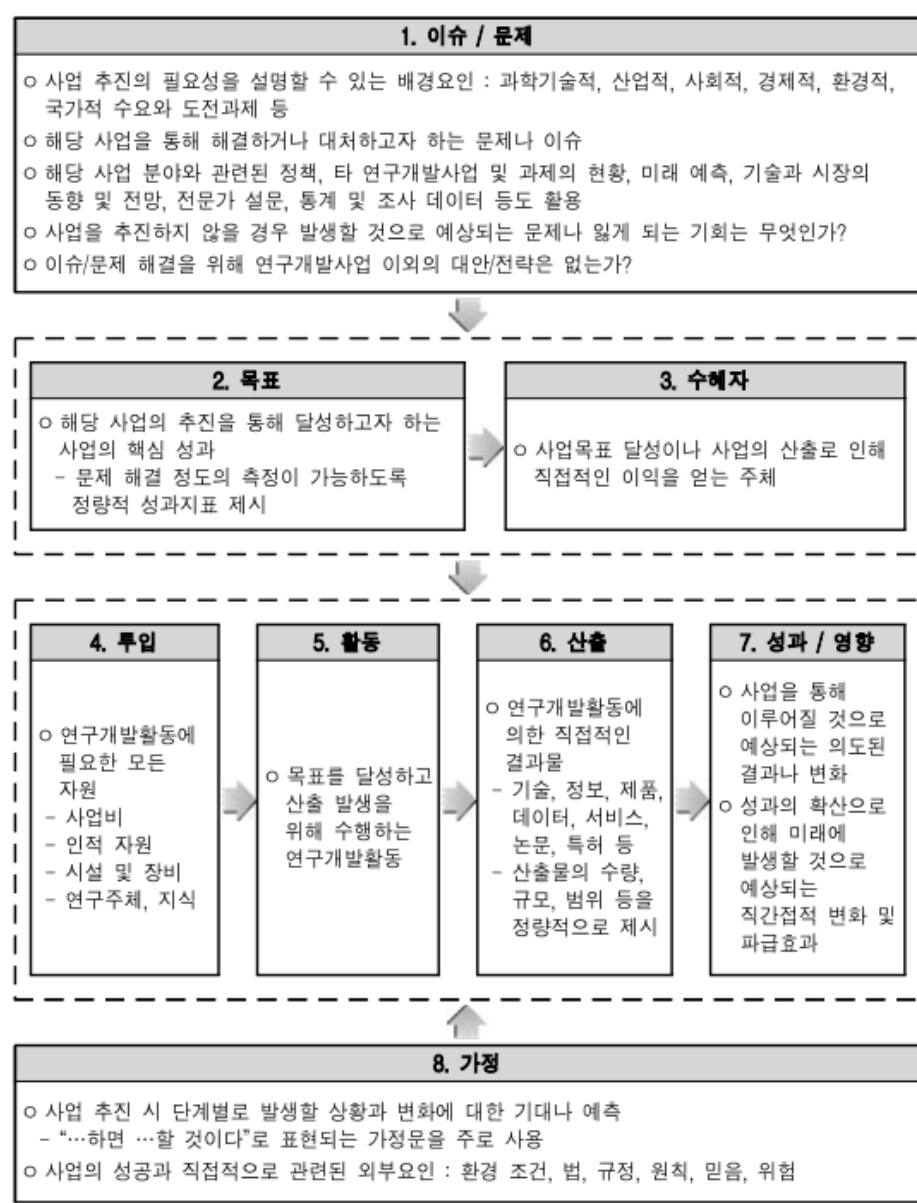
기술성평가 평가항목별 평가지표 및 기준		
평가항목	평가지표	평가기준
과학기술 개발의 필요성 및 시급성	R&D추진의 시급성	· R&D추진의 시급성 관점에서 기술개발 동향 또는 시장·산업동향 분석이 해당사업과 직접적으로 연관된 분야에서 적절히 이루어졌는가? ※ 사업의 기술분야가 특정되지 않거나 광범위한 경우 사업내용과 유관한 기준으로 통항분석 가능
	사업추진 여건의 성숙도	· 해당 사업의 추진에 필요한 관련 기술, 연구인력, 인프라 또는 법·제도의 현황을 분석하고, 이를 통해 원활한 사업추진의 가능성이 적절히 제시되었는가?
	사업의 파급효과	· 사업추진에 따른 과학기술적 또는 경제사회적 파급효과가 적절히 제시되었는가?
국고지원의 적합성	국고지원의 타당성	· 사업의 수행내용과 수혜대상 및 범위를 고려할 때 국고 지원을 통한 정부 주도의 사업추진 필요성 및 근거가 적절히 제시되었는가?
	국고지원의 효율성	· 사업내용과 수혜범위를 고려할 때, 지방비와 민자의 재원분담 여부와 재원분담 방식이 적절히 검토되었는가? · (지방비, 민자가 있는 경우) 지방비·민자 조달가능성이 적절히 제시되었는가?
기존 사업과의 차별성 및 연계방안	기존 사업과의 차별성	· 유사·중복 추정사업 현황에 대한 분석과 해당 사업과의 차별성이 적절히 제시되었는가? · (연구기반구축) 국내 또는 해당 지역에 기 구축되었거나 구축예정인 연구시설·장비(구축비용 1억원 이상)와의 중복성 검토와 이들과의 차별성 또는 연계방안이 적절히 제시되었는가?
	기존 사업과의 연계방안	· 유사사업 또는 선행사업의 성과물에 대한 분석이 적절히 이루어지고, 이들과의 연계·협력방안이 적절히 제시되었는가? · (민간의 유사 연구개발 성과물이 있는 경우) 민간분야의 성과에 대한 분석과 이들과의 연계·협력방안이 적절히 제시되었는가?
사업계획의 구체성	사업구성의 체계성	· 사업추진을 통해 달성하려는 사업목표가 명확히 제시되고, 사업 목표 달성관점에서 하위 세부사업의 필요성과 이들 간의 연관성이 적절히 제시되었는가? · (연구기반구축) 해당 연구개발과 구축하고자 하는 연구시설·장비(구축비용 1억원 이상)의 부합성이 적절히 제시되었는가?
	추진전략의 적절성	· 사업목표 달성관점에서 사업추진체계, 과제선정·관리·평가계획, 사업성과활용·확산계획이 모두 적절히 제시되었는가?
	운영계획의 구체성	· 사업에 소요되는 예산 또는 인력의 산정근거와 운영계획이 구체적으로 제시되었는가? · (연구기반구축) 연구시설·장비 관련 예산의 산정근거와 운영계획이 구체적으로 제시되었는가?

* 출처 : 한국과학기술기획평가원(2018), 2018년도 예비타당성조사 요구 국가연구개발사업에 대한 기술성평가 가이드라인 p. 22

④ 논리모형 적용에 대한 논의

예비타당성 조사의 수행 세부지침에는 연구개발사업의 쟁점사항을 도출하는 과정에서 논리모형을 적용하여 이슈 및 문제를 분석하고 목표 및 수혜자를 도출하는 단계를 도출하도록 명시하고 있다. 또한 이렇게 도출된 목표 달성을 위해서 여러 가지 환경적 변화를 고려하여 투입, 활동, 산출, 성과·영향을 검토하도록 하고 있다.

<그림 2-5> 논리모형을 적용한 연구개발사업의 쟁점사항 도출



* 출처 : 한국과학기술기획평가원(2020), 국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침 p. 62

이와 같은 내용은 「국가연구개발사업 표준성과지표(4차)」에도 제시하고 있으며, 사업유형별 전주기에 걸친 평가지표를 발굴하는데 있어서 사업의 투입자원과 과정에서의 추진방향 설정 및 계획수립, 산출 및 결과에서 단기-중기-장기적 성과 도출을 언급하고 있다.

<그림 2-6> 기초연구개발 사업 유형의 평가지표 설정

구분	투입	과정	산출	결과		
				단기성과	중기성과	
사업 논리	<ul style="list-style-type: none"> 인적자원 ·교수 ·학생 ·직원 물적자원 ·예산 ·시설공간 ·인프라연구/생산장비 	<ul style="list-style-type: none"> 절차 계획수립·공지→ 과제접수→선정평가 →최종심의→연구비 지원→중간·결과 평가→정산→사후 관리 	<ul style="list-style-type: none"> 논문투고·게재 특허 출원·등록 신진연구자 발굴 생명자원 획득 화합물 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 논문게재 SCI 게재(국내/국외) 특허·등록 시작품·상용품제작 	<ul style="list-style-type: none"> 기초 지식확산 원천기술 확보 응용연구 확대 중견연구자 배출 리더연구자 배출 기술이전 	
성과 목표				<ul style="list-style-type: none"> 단기적 계량성과의 향상 정도 	<ul style="list-style-type: none"> 분야별 신진연구자, 여성과학자의 연구역량을 일정 수준 유지 우수 연구성과의 창출 수준 	
성과 지표		<ul style="list-style-type: none"> 신진연구자지원 수 신진연구자 지원비율 	<ul style="list-style-type: none"> 생물자원 및 생명 정보 수집실적 화합물 등록 및 활용 실적 	<ul style="list-style-type: none"> 논문·특허의 질적 성과(mmIF, SMART/ K-PEG등급 등) SAW등록수 DB, 실용화 콘텐츠 초정보 제공건수 	<ul style="list-style-type: none"> 분야별 연구자의 연구역량 수준(전문가 평가) ·매우우수, 우수, 보통, 미흡(각 단계별 정의는 사업 관리자, 연구자, 외부전문가가 사전 설정) ·논문, 특허의 피인용도 등 정보를 활용 ·우수연구성과의 창출 수준 ·매우우수, 우수, 보통, 미흡(각 단계별 정의는 사업 관리자, 연구자, 외부전문가가 사전 설정) ·각 연구분야별 우수 성과물을 전문가가 정성적으로 성과측정 	

<그림 2-7> 중장기산업기술개발 유형의 평가지표 설정

구분	투입	과정	산출	결과		
				단기성과	중기성과	장기성과
사업 논리	<ul style="list-style-type: none"> 인적자원 ·교수 ·학생 ·직원 물적자원 ·예산 ·시설공간 ·인프라 ·연구/생산장비 지적자원 ·지식 ·정보 	<ul style="list-style-type: none"> 추진방향설정→기술수요 조사 →기획과제도출→ 과제기획→기획과제심의 →신규대상과제 및 예산 확정→공고, 접수, 평가→ 과제선정→협약→중간평가 →정산→차년도 협약→ 최종평가→정산→기술요 청수 →사후관리대 	<ul style="list-style-type: none"> 논문투고·게재 특허 출원·등록 기타지식재산권수 (실용신안, SW, 의장) 관련부품시험인증 기반 구축 	<ul style="list-style-type: none"> SCI 게재(국내/국외) PCT 및 삼국 특허 출원·등록 시작품·상용품 제작 	<ul style="list-style-type: none"> 기술개발역량 증대 경쟁력 향상 민간투자액 증가 해당기술로 인해 생산 된 제품의 매출 증대 세계최고대비 기술 수준 및 기술격차 축소 	<ul style="list-style-type: none"> 세계시장점유율 향상 고용인력 증가 은실가사 감축
성과 목표				<ul style="list-style-type: none"> 관련 학문, 기술분야 연구성과(논문, 특허) 의 질적 제고 	<ul style="list-style-type: none"> 투자분야의 목표 원천기술 확보 여부 관련 기술분야의 민 간 투자 증가 매출 발생, 매출 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 기술 수출 기존시장 확대 신시장 창출
성과 지표		<ul style="list-style-type: none"> 신진연구자지원 수 신진연구자 지원비율 	<ul style="list-style-type: none"> 시험·인증 통과율 사제품제작 및 인증 실적 	<ul style="list-style-type: none"> 기술분야를 고려한 논문, 특허의 질적 성과(mmIF, SMART/ K-PEG 등급 등) 삼국특허 등록 건수 기술이전건수 	<ul style="list-style-type: none"> 목표기술 확보여부 는 전문가 판단 ·관련 산업의 민간 투자 유인 ·사업화 매출액 ·고용창출 	<ul style="list-style-type: none"> 수출액 ·관련 시장점유율 ·관련분야 신시장 창출

* 출처 : 한국과학기술기획평가원(2020), 국가연구개발사업 표준 성과지표(5차) [성과목표 지표 설정 안내]

⑤ 신규사업 기획자가 직접 정량적·정성적 평가지표를 선정하는 방식

개별 사업에서 산출가능한 성과를 구분하는 방법에 있어서 「국가연구개발사업 표준성과지표(4차)」는 과학적성과, 기술적성과, 경제적성과, 사회적성과, 인프라성과 5가지로 구분하고 있으며, 성과유형 소분류에 해당하는 지표들은 탄소중립 분야의 신규사업 계획안을 작성하는데 있어서 작성가이드라인 따른 자율작성 지표로 추가하는 방안을 고려하였다.

<그림 2-7> 과학적 성과 분야 주요 성과지표

중분류		소분류		
성과유형	속성	성과지표(★는 질적 지표)	과제수준 활용가능	
논문	①논문 (SCI급)	(1) 게재 학술지의 우수성	· 표준화된 영향력 지수★	○
			· 분야별 영향력 지수★	○
			· 분야별 보정영향력 지수★	○
		(2) 개별논문의 우수성	· 표준화된 피인용 지수★	○
			· 분야별 피인용 지수★	○
			· 고피인용도 논문 수★	○
		(3) 집단논문의 우수성	· 즉시성 지수★	○
	· 기관별 우수논문 생산 지수★			
	(4) 저자의 연구업적	· 기관별 지식확산 지수★		
		· 기관별 영향력 지수★		
· h-지수(균)★		○		
(5) 저자 역할	· 제1저자, 제2저자, 교신저자 등	○		
(6) 국제공동연구실적	· 국제공동논문 게재 비율			
(7) 논문 성과확산 (복합지표)	· 논문 건수 대비 지재권 전환율★	○		
	· 논문 건수 대비 기술이전 실시설★	○		
②논문 (KCI)	(SCI급과 동일)	· (SCI급과 동일)		
신자원 · 물질	③생명자원	(1) 수집 실적	· 생물자원 수집 실적	○
			· 생명정보 수집 실적	○
	(2) 활용도	· 생물자원 분양 실적	○	
		· 생명자원 활용 연구성과 지수★		
④화합물	(1) 양적 성과	· 등록 건수		
	(2) 활용도	· 화합물 활용 실적	○	
· 화합물 활용 연구성과 지수★				
사회적 평가	⑤포상	(1) 민간 포상(국내, 국제)	· 포상 권위 / 포상 등급★	○
		(2) 정부 포상	· 정부 선정 우수성과★	○

* 특정 연구자의 h-지수가 A라면 해당 연구자의 논문 중 피인용횟수가 A 이상인 논문이 A편 게재하였다는 의미 (우수연구자 유치를 목적으로 하는 국제협력 사업에서 활용 가능)

* 출처 : 한국과학기술기획평가원(2020), 국가연구개발사업 표준 성과지표(5차) [성과목표 지표 설정 안내]

<그림 2-8> 기술적 성과 분야 주요 성과지표

중분류		소분류					
성과유형	속성	성과지표(★는 질적 지표)	과제수준 활용가능				
지식 재산	①특허	(1) 해외주요국 출원(등록)	· 3국 특허(건수)★ · 질적 평가(특허청)★	○			
		(2) 잠재적 가치	· 표준 특허(건수)★ · SMART(발명진흥회)/K-PEG(특허정보원)★	○			
			(3) 특허성과확산(복합지표)	· 특허등록건수 대비 기술이전실시율★	○		
	②비특허	(1) 잠재적 가치	· 가치평가★	○			
		(2) 신지식 재산	· 신제품 등록★	○			
	非 지식 재산	③기술혁신	(1) 기술 개발	· 선진국 대비 기술 수준(%)★ · 국산화율★ · 개발기술 성능목표 달성도★	○		
(2) 잠재 가치				· 가치평가★ · 전문가 정성평가★	○		
				(3) 표준 획득	· 표준 후보 채택(국내, 국제)★ · 표준 인정(국내, 국제)★	○	
(4) 생산 혁신			· 공정 혁신(불량률감소, 공정단계축소 등)★ · 원가 절감★ · 노동력 절감율★ · 에너지화 수율★		○		
			④콘텐츠·SW	(1) 양적 성과	· S/W 등록 건수 · 10억원(1억원)당 SW 등록 건수	○	
				(2) 잠재 가치	· 가치평가★ · 오픈소스 활용도★	○	
(3) 공개 SW					· 개발 커뮤니티 활성화 / 기술지원 건수	○	
⑤서비스개발			(1) 비즈니스 모델	· 새로운 모델 개발 수 · 서비스 프로세스 개선(만족도 등)★	○		
			(2) 잠재 가치	· 가치평가 값★			
⑥제품개발			(1) 제품화 단계	· 시제품 제작(실증 완료) · 시장 판매 개시(상품 출시) · 공인인증 획득 · 기술개발품의 적합성 평가 이행율★ · 시험평가★	○		
				⑦플랫폼개발	(1) 잠재 가치	· 가치평가★	
					⑧산학의료기기 개발	(1) 개발 단계	· 후보물질 확보 · 임상(단계별) 승인★
	⑨포상	(1) 민간 포상(국내, 국제)		· 포상 권위 / 포상 등급★		○	
(2) 정부 포상		· 정부 선정 우수성과★	○				

* 출처 : 한국과학기술기획평가원(2020), 국가연구개발사업 표준 성과지표(5차) [성과목표 지표 설정 안내]

<그림 2-9> 경제적 성과 분야 주요 성과지표

중분류		소분류			
성과유형	속성	성과지표(★는 질적 지표)	과제수준 활용가능		
직접 성과	①기술료(로열티)	(1) 지식재산 계약	· 기술료(정액)★ · 기술료(정률, 현재가치로 평가)★	○ ○	
		(2) 콘텐츠·소프트웨어 계약	· 기술료(정액)★ · 기술료(정률, 현재가치로 평가)★	○ ○	
		(3) 기술지도·자문료 계약	· 기술지도·자문료 수입		
		(4) 양적 성과	· 기술이전/활용/기술료 최소 건수 · 10억원(1억원) 당 기술이전 건수	○	
	②경제효과	(1) 수입대체	· 수입대체 효과★ · 해외장비 대체 효과★ · 수출 승인(E/L)품목 기술 확보★	○ ○	
			(2) 해외 수출	· 해외수출에 따른 경제적 효과★	
	간접 성과		③기술활용 효과	(1) 기술활용 기업의 성과 향상	· 매출액 기여★ · 원가절감 기여★
		④중소기업 지원	(1) 자원 투입	· 기업지원 인수(man-hour) · 장비지원 규모 및 시간	
			(2) 지원 효과	· 매출액 기여★ · 원가절감 기여★	○ ○
		기술 사업화	⑤기술 사업화	(1) 新서비스	· 매출액/순이익 기여★
(2) 新상품	· 매출액/순이익 기여★			○	
(3) 플랜트 수주	· 계약액/엔지니어링 규모			○	
연구 개발 서비스	⑥연구개발 서비스	(1) 기업지원 컨설팅	· 매출액 기여★ · 원가절감 기여★		
			(2) 기술 중개	· 기술거래 성사 계약(건수) · 기술거래 성사 규모(금액)	○ ○
		(3) 표준화지원·인증 시험평가	· 지원 규모(양적 성과) · 지원 가치(질적 성과)★	○ ○	
			인적 자원 고용	(1) 창업	· 창업 업체 수 · 10억원(1억원) 당 창업(일자리) 건수 · 창업 기업의 신규 고용 규모
(2) 기존 기업 고용	· 사업으로 인한 추가 고용 규모 · 사업으로 인한 추가 순증★ · 사업시행 일정기간이후 평균 고용유지율★ · 고용유발 효과★ · 평균 고용 유지 기간★	○ ○ ○ ○			

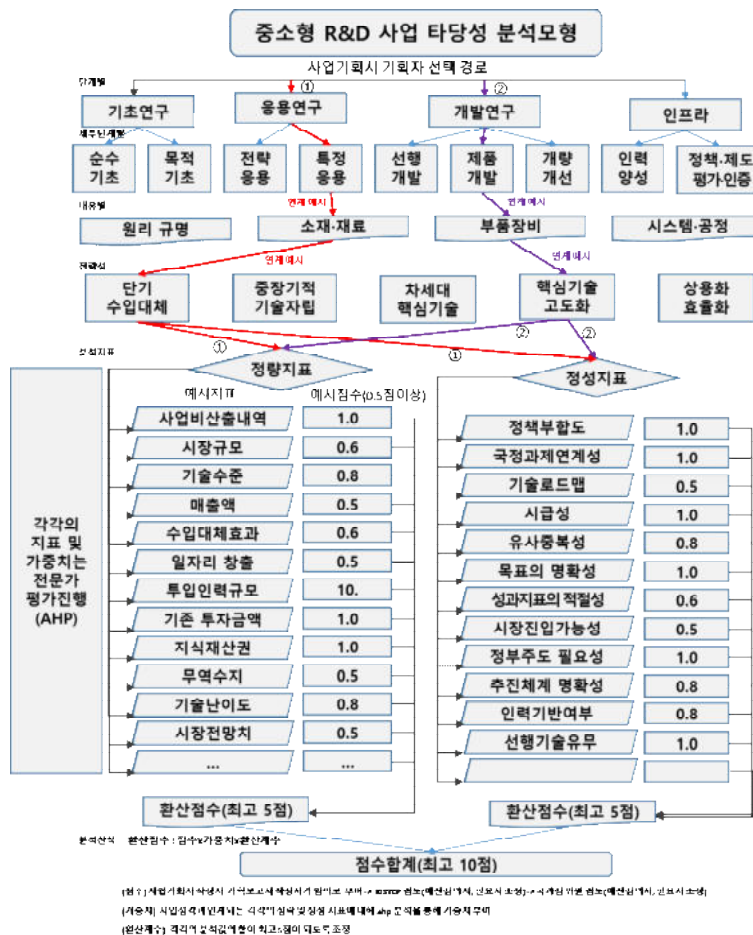
* 출처 : 한국과학기술기획평가원(2020), 국가연구개발사업 표준 성과지표(5차) [성과목표 지표 설정 안내]

제3절 신규사업 타당성 평가항목 기준(안) 마련

앞서 검토한 논의사항을 바탕으로 신규사업 추진타당성 분석 모델에서 사업의 기획시 우선적으로 작성해야 항목을 사업추진 이유(why), 사업추진 내용(what), 추진방법(how), 실행로드맵(process) 구분하였다. 이는 예비검토제와 기술성평가에서 언급하고 있는 항목들을 바탕으로 정성적으로 작성하는 것이다. 또한 기획, 집행, 산출, 성과에 대한 논리적 흐름⁸⁾을 반영하는 내용이기도 하다. 각 평가지표에 대한 하위 정량지표에 대한 사항은 국가연구개발사업의 평가지표를 참조하여 구성하였으며, 기술유형 및 분야에 따라 달라질 수 있다는 점도 고려하였다. 이런점을 고려하여 5가지 평가 프로세스 구성안을 도출하였으며, 평가방법은 다음과 같다.

신규사업의 기본 작성 단계는 기초연구, 응용연구, 개발연구, 인프라 단계의 선택이며, 이러한 단계는 다시 9개의 세부단계로 구분된다.

<그림 2-10> 신규사업 기획안 작성 및 평가 프로세스 1안

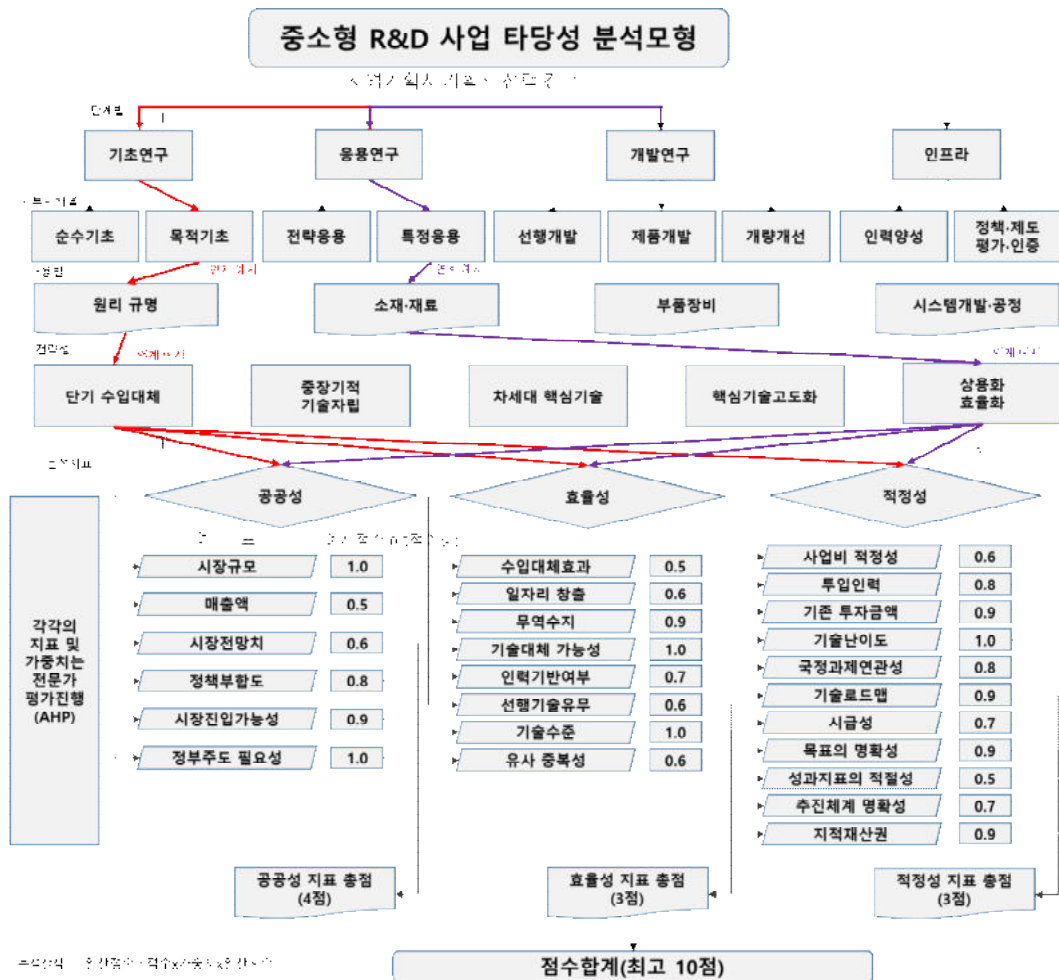


8) 논리모형이란 “사업의 목적이나 유형 등을 충실히 검토하여 사업의 관리, 평가계획 설계, 사업의 개선방향 도출 등에 이용하여 사업의 구조, 내용, 방향 등의 시각화를 통해 직관적으로 사업을 이해할 수 있게하여, 담당자가 사업의 성과목표 및 성과지표를 쉽게 설정”하는데 활용되며, “사업의 구성요소, 주변여건 및 각 요소·상황에 대한 연관관계 등을 포함하여 사업의 특성을 살펴볼 수 있는 도구”로 유용하다(과학기술부, 2014).

연구개발사업의 내용적인 측면에서 원리규명, 소재재료, 부품장비, 시스템개발 공정으로 구분 하였으며, 소재, 부품, 장비개발 추진계획을 고려하여 단기수입대체 상품인지, 중장기적 기술자립 인지, 차세대 핵심기술개발인지, 핵심기술고도화사업인지, 상용화·효율화를 목적으로 하는 사업 인지에 대한 구분을 진행하였다.

1안에서는 기술별 하위지표에 대한 구분을 정량지표와 정성지표만으로 구분하였으나, 2안에서는 정부R&D 사업의 특성을 반영하여 공공성과 효율성, 적정성에 대한 개념화 작업을 진행하였다.

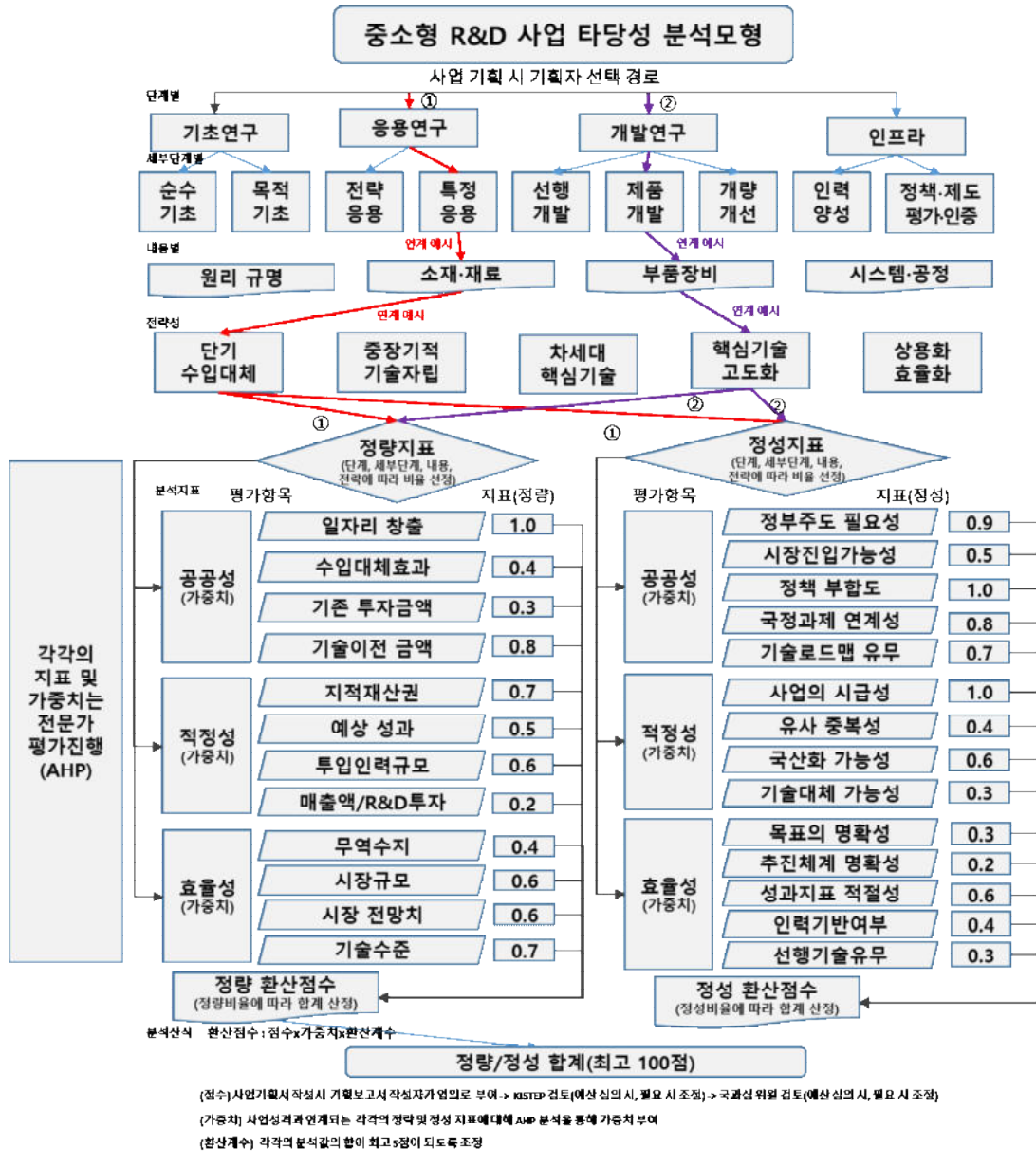
<그림 2-11> 신규사업 기획안 작성 및 평가 프로세스 2안



본 연구는 과학기술정책연구원(KIPRI)과 한국과학기술기획평가원(KISTEP)의 지원으로 수행되었습니다. KISTEP은 본 연구의 수행에 많은 도움을 주셨으며, KIPRI는 본 연구의 수행에 많은 도움을 주셨습니다. 본 연구는 과학기술정책연구원(KIPRI)과 한국과학기술기획평가원(KISTEP)의 지원으로 수행되었습니다.

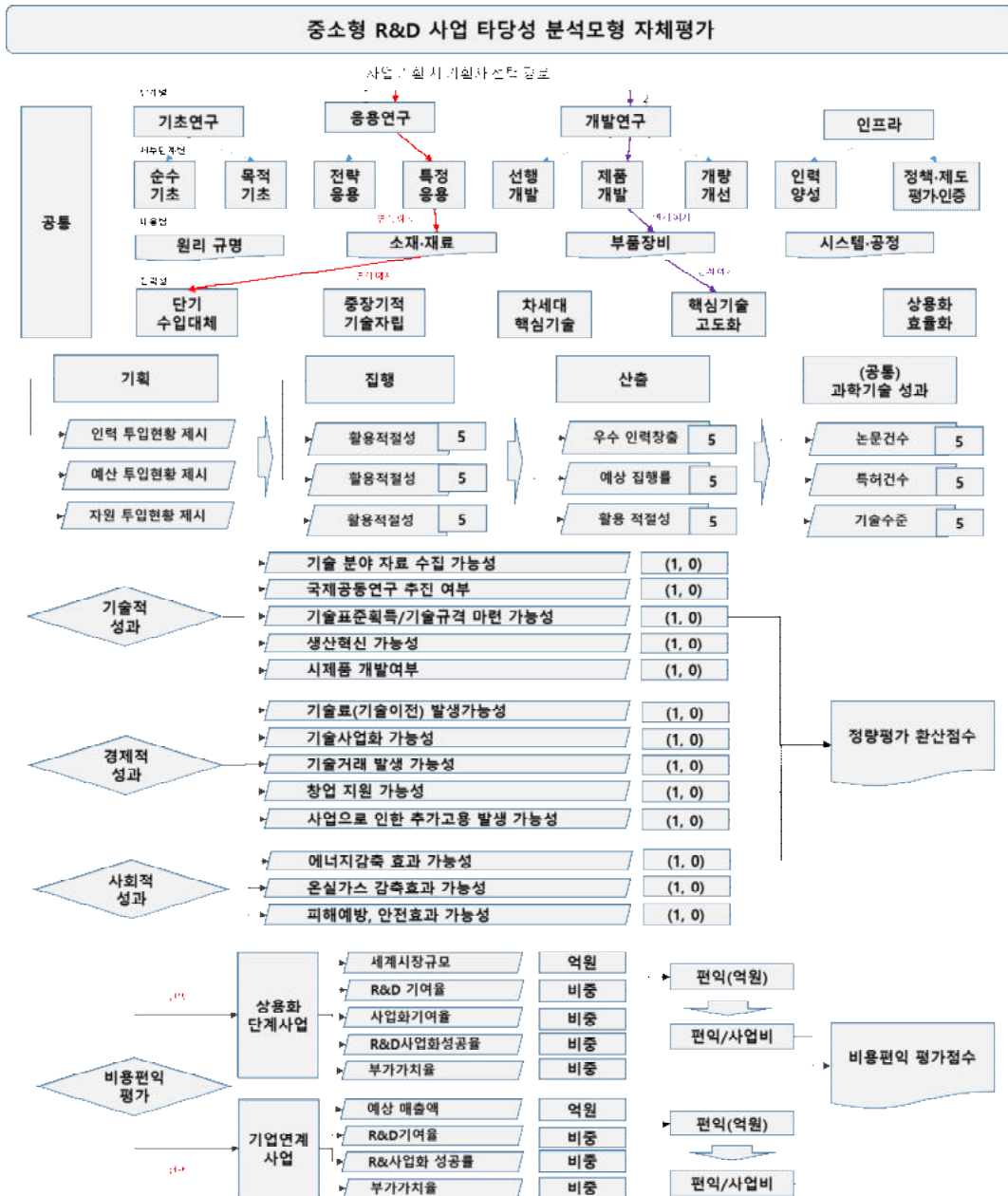
3안에서는 1안과 2안을 병합하여 정량지표와 정성지표 내의 세부구분을 사업의 공공성, 사업 추진의 적정성, 성과의 효율성을 구분하였다.

<그림 2-12> 신규사업 기획안 작성 및 평가 프로세스 3안



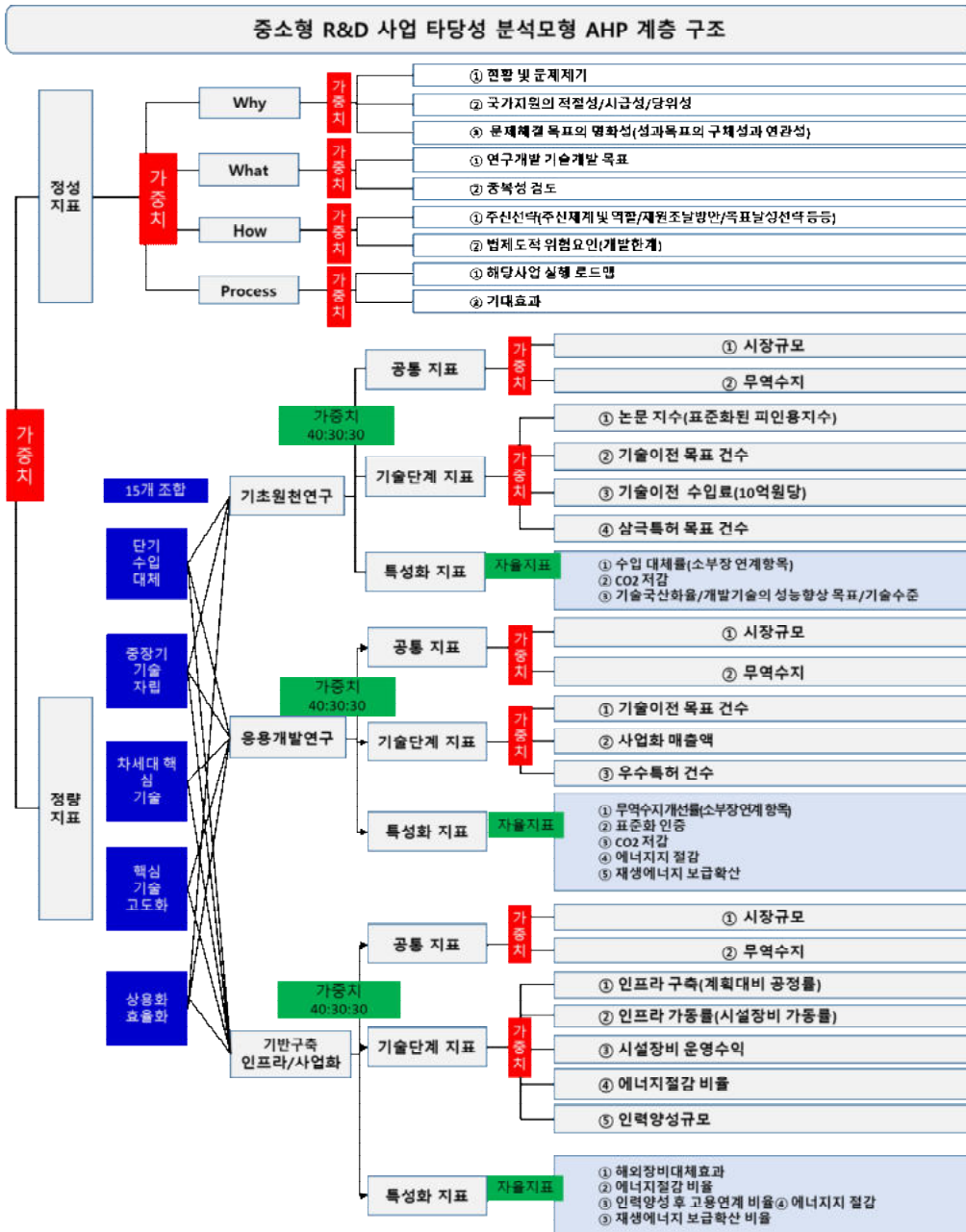
4안에서는 논리적 모형에 따라 사업 설명을 좀더 구체화 할 수 있도록 기획, 집행, 산출, 성과 단계를 공통적으로 작성하게 하고, 기술적 성과, 경제적 성과, 사회적 성과를 기술하게 하였다. 나아가 상용화·사업화 단계 사업의 경우 비용편익에 대한 점수산출을 위하여 세계시장 규모 및 예상 매출액, 사업화 성공 가능성 등을 작성하도록 하였다.

<그림 2-13> 신규사업 기획안 작성 및 평가 프로세스 4안



5안에서는 이와 같은 모형을 종합하여, 정성적인 평가항목과 정량적인 평가항목을 구분하였으며, 정성적인 평가항목으로 사업기획서를 작성하고 정량적으로 기입 할 수 있는 항목으로 구분하였다. 또한 연구개발 단계별로 나누어 공통으로 작성가능한 지표와 기술특성화 지표로 구분하고, 자율지표를 추가하여 자체적으로 기록할 수 있도록 하였다.

<그림 2-14> 신규사업 기획안 작성 및 평가 프로세스 5안



이상의 다섯가지 논의안을 바탕으로 총괄위원회와 실무회의에서는 향후 적용활용성과 유용성을 검토하여 향후 탄소중립 분야의 신규사업 R&D 사업을 평가할 수 있는 기준을 5안으로 결정하였다.

제4절 신규사업 타당성 평가항목 결정 및 지표정의

여러가지 녹색·기후기술 분야 R&D 사업의 타당성 분석모형에 대한 협의체 검토 결과 5안이 녹색·기후기술에 대한 기술개발 목적과 유형을 고려할 수 있다 판단하여 5안을 기준으로 세부 지표에 대한 선정과 가중치를 구분 적용하기로 결정하였다. 5안을 바탕으로 기획자들에게는 각 사업이 가진 특성을 훼손하지 않도록 다양한 유형을 구분하도록 하였고, 평가자들에게는 사업의 구조, 내용, 방향 등을 바탕으로 직관적으로 판단할 수 있는 절차와 구성을 이해할 수 있도록 하였다. 그리고 여기서 구성된 세부 지표에 대한 정의는 다음과 같다.

가. 녹색·기후기술 분야 R&D 사업의 유형

R&D 사업의 특성에 대한 구분과 설명은 OECD의 연구사업 분류 기준에 따른 세 가지 유형, 즉 ① 기초연구, ② 응용개발, ③ 연구시설·장비구축을 참고하여 기초연구, 응용·개발연구, 기반구축으로 구분하였다. 기초연구는 순수기초와 목적기초로 구분하였으며, 응용연구는 전략응용과 특정응용으로 구분하였다. 개발연구는 선행개발, 제품개발, 개량개선으로 세분화 가능하다. 그리고 기반구축은 인력양성과 인프라 구축구입으로 구분하기로 하였다.

녹색·기후기술 분야 R&D 사업은 「소재·부품·장비산업 경쟁력 강화 중점 추진전략(2019.)」⁹⁾의 중요도를 반영하여 내용 측면에서 원리규명, 소재·재료, 부품장비, 시스템·공정으로 구분하였다. 전략적 측면에서는 단기수입대체, 중장기적 기술자립, 핵심기술 고도화, 차세대 핵심기술, 상용화·효율화 등의 추진 목적으로 구분도 가능하다.

나. 중소형 R&D 사업 타당성의 대구조

예비타당성조사와 기술성평가는 기술개발의 필요성 및 시급성, 사업계획의 구체성, 기존 사업과의 유사·중복성, 국고 지원의 적합성이라는 타당성 평가의 논리구조를 바탕으로 타당성을 접근하고 있다. 이 두 제도를 포함해 많은 사업 평가모형에서 가장 기초적인 질문으로서 “현재 문제점은 무엇이고 왜 이 문제의 해결이 중요한지”, “그렇다면 이 문제는 어떻게 해소할 수 있는지”, 그리고 “어떤 구체적 사업을 통해 추진할 것인지” 라는 세 가지 질문에 대해 답하도록 구성되어 있다. 예를 들어, 기술성평가의 검토항목 중 ‘과학기술 개발의 필요성·시급성’은 전술한 세 가지 관점 중 첫 번째인 왜(Why)에 해당한다. 반면 ‘추진전략의 적절성 제시’는 어떻게(How)에 해당하는 부분이다. 사업기획에서 가장 많은 분량을 차지하는 무엇(What)은 ‘사업구성의 체계성 제시’나 ‘운용계획의 구체성 제시’ 등으로 반영된다.¹⁰⁾

9) 2019.10.11. 관계부처 합동 소재·부품·장비산업 경쟁력 강화 중점 추진전략을 발표하고,

10) 기술성 평가의 가장 상위항목 중 하나인 ‘국고지원의 적합성’이나 ‘기존사업과의 차별성 및 연계방안’

각 영역의 상대적 중요성은 기술유형에 따라 다를 수 있다.

녹색·기후기술 분야별 적정한 가중치를 도출은 총괄위원회와 기술분야 전문가들을 바탕으로 AHP 분석방법을 적용해 도출하였다.¹¹⁾

다. 평가유형 및 검토항목

1) 동향분석 및 문제점

동향분석 및 문제점은 파트에서 주요 동향의 경우 기술·시장·산업 현황 및 정책동향을 제시하고, 나아가 국내외 시장규모, 무역수지 등을 정량적으로 구체화하도록 하였다.

<표 2-5> 평가영역 및 평가항목의 구성

평가영역	평가항목
관련분야 동향분석 및 문제점 도출	1.1 주요 동향 · 기술·시장·산업 현황, 정책동향 등 · 국내외 시장규모, 무역수지 등 정량적 제시
	1.2 문제점 및 위협요인 · 동 사업을 추진하지 않을 경우 발생 가능 문제점 등
사업추진의 당위성	사업추진의 필요성, 시급성, 국고지원의 타당성 등
기술개발 내용	3.1 기술개발내용 및 연차별 계획
	3.2 기존사업 검토(중복성·차별성·연계성 관점) · (중복성·차별성) 기존사업 검토 및 결과 제시 · (연계성) 유사사업 성과물 분석 및 연계·협력 방안 제시
	3.3 실행로드맵 · 사업착수부터 종료 후 1년내 성과활용·확산 계획 제시
기술개발 목표	4.1 기술개발의 필요성 및 핵심기술의 중요성
	4.2 기술개발 목표 · 공통·핵심·특성화 지표 선정 및 목표 제시
추진방안	5.1 추진체계 · 추진체계, 추진전략, 성과관리, 소요예산·재원조달계획 등
	5.2 신재생에너지 R&D 투자 패키지 연계방안

은 굳이 왜, 어떻게, 무엇이라는 논리구조에 맞추어 판단할 필요는 없겠으나 해당 R&D 사업으로 특정한다는 전제 하에 '왜 굳이(Why)'라는 질문에 가장 관련된다고 하겠다.

11) 궁극적으로 이들 지표의 추정과정은 『국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침』 등에 제시된 바를 따르는 것을 권고한다. 그렇지 않을 경우 비록 이론적·실증적으로 적절한 논리구조에 따라 추정된 것일지라도 타 사업과의 비교를 전제로 하는 자본예산(Capital budgeting) 과정에 적절하게 수용되기 어렵다.

2) 사업추진의 당위성

사업추진의 당위성은 사업의 필요성, 시급성, 국고지원의 타당성을 검토하고 그 결과를 제시하여야 한다. 이것은 여러 가지 측면에서 고려될 수 있는데, 국고지원의 타당성 경우 “사업의 수행내용과 수혜대상 및 범위를 고려할 때, 국고 지원을 통한 정부 주도의 사업추진 필요성 및 근거가 적절히 제시되었는가?” 라는 구체적 질문에 답하는 것이다.

3) 기술개발 내용

기술개발 내용은 핵심개발내용 및 연차별 계획을 서술하고, 기존사업과의 중복성, 차별성 및 연계성을 검토하여 문제점에 대한 해소방안 및 연계방안을 제시하는 것이다. 사업착수부터 사업종료 후 성과의 활용 및 확산 계획을 포함한 사업실행 로드맵도 포함한다.

4) 기술개발 목표 설정

핵심기술의 필요성은 정부의 정책목표와 연계성을 검토하여 수행 타당성을 확인하는 것이다. 상위정책과의 부합성 또는 정책의 일관성 및 추진체제의 관점에서 접근할 수도 있다.

정량적 평가목표 항목에 작성에 있어서 먼저 기초원천기술의 경우 ①CO2 저감, ②기술개선도(개발기술의 성능 향상 목표), ③삼극특허를 필수적으로 작성하도록 하였다. 응용개발 연구의 경우 ①CO2 저감, ②에너지절감 및 효율 향상, ③재생에너지 보급확산을 필수적으로 작성해야하며, 인프라 사업은 ①장비활용률, ②해외장비에 대한 국산장비 대체효과, 인력양성사업은 ① 인력양성, ② 고용연계비율을 공통으로 작성해야 하는 성과지표로 제시하였다. 핵심성과지표는 사업의 기술적인 도달목표에 대한 성과를 자율적으로 제시하며, 가능하면 내역사업별로 각각 1개 이상을 제시할 것으로 권고하였다. 핵심성과지표는 「국가연구개발사업 표준 성과지표(4차)」을 참고하되 R&D 사업의 성격을 고려하여 ① 과학적 성과, ② 기술적 성과, ③ 경제적 성과, ④ 사회적 성과, ⑤ 인프라 성과를 고려하여 제시할 수 있다. 특성화 지표의 경우 핵심성과지표 외 추가로 각 사업에서 창출할 성과를 제안할 수 있으며, 만약 특성화 지표를 추가적으로 제시할 경우 가점으로 고려하기로 했다. 특성화 지표의 보기로는 ① 논문지수(표준화된 피인용지수), ② 기술이전 목표건 수, ③ 기술이전수입료(10억원당), ④ 사업화매출액, ⑤ 우수특허건수, ⑥ 시설장비운영수익, ⑦ 수입대체률, ⑧ 무역수지개선률, ⑨ 기술국산화율, ⑩ 표준화인증을 보기로 제안하였지만 사업의 특성에 부합하는 별도의 지표를 제시할 수 있다.

5) 추진방안

추진방안 프로세스와 관련된 사항으로 여기서 다룰 항목은 추진체계, 추진전략(방법), 과제선정·관리·평가계획, 소요예산 및 재원조달계획, 그리고 위험요인에 대한 극복 및 효율적 사업 추진방안을 제시하는 것에 있다. 또한 녹색·기후기술 분야 R&D 사업 추진에 있어 정책적으로 중요하게 추진하고 있는 신재생에너지 R&D 투자패키지와 연계방안 역시 고려토록 하였다.

제5절 신규사업 타당성 평가항목 가중치 산출

1. 정량적 지표의 가중치 AHP 분석

본 연구의 AHP 분석을 위한 대분류의 가중치는 현황지표, 공통지표, 특성화 지표를 구분하여 배분하였다.

<표 2-6> 사업유형별 AHP 설문 가중치 배분

Q1	현황지표를 가중치 평가로 점수배분
	유형에 따라 현황지표 쌍대비교 - (공통) 국내외 시장규모 VS 무역수지
Q2	공통지표를 가중치 평가로 점수배분
	유형에 따른 공통지표 쌍대비교 - (기초원천) CO2저감 VS 기술수준 VS 삼극 특허 목표건수
	- (응용, 개발) CO2저감 VS 에너지 절감 or 재생에너지 보급 확산
	- (인프라) 유지관리 운영비율 VS 장비활용율 or 해외장비대체
- (인력양성) 인력양성규모 VS 고용연계비율	
Q3	특성화지표를 가중치 평가로 점수배분
	유형에 따른 특성화지표 쌍대비교 - (공통) 경제적 성과지표 VS 비경제적 성과지표

신규 중소형 R&D 사업 평가 기준이 되는 항목은 다음과 같다.

<표 2-7> 신규 중소형 R&D 사업 평가 기준 항목

기준		정의 및 측정	
현황 지표	국내외 시장규모	해당 기술이 적용될 수 있는 시장규모 현황자료를 의미	
	무역수지	해당기술을 적용하여 수출할 수 있는 상품의 무역 현황자료를 의미	
공통 지표	기초 원천 연구	CO2저감	사업수행을 통해 절감하고자 하는 CO2(온실가스) 감축목표를 의미
		기술수준	R&D를 통해 개발하고자 하는 기술의 국내 기술수준 정도 및 개선 목표를 의미
		삼극특허 목표 건수	과제 종료 후 삼극특허(일본, 미국, 유럽 특허청에 동시 출원·등록)의 성과 창출 목표 건수를 의미

기준		정의 및 측정	
응용 연구 개발 연구	에너지절감/효율향 상	연구 과제를 통해 달성하고자 하는 에너지 절감 또는 효율 향상 목표를 의미	
	재생에너지 보급 확산	연구 과제를 통해 개발된 재생에너지 관련 기술의 보급을 의미 (기업, 공공기관, 제품 공급, 보급 건 수 목표)	
인포 라	유지관리 운영효율	기술 및 제품 개발이후 예상되는 고장 절감, 성능유지, 운영관리 편의성 등의 향상에 대한 지표	
	장비활용율/ 해외장비대체효과	시설의 안전성 점검을 위한 장기간의 가동 운영 실적 연구과제를 통해 개발된 국산장비로서 해외장비 대체 가능 건수 를 의미 (혹은 장비 대체로 발생 가능한 수입대체효과 목표)	
인력 양성	인력양성규모	사업성격(졸업, 취업, 교육훈련)과 수행주체(대학, 교육기관)에 따른 인력양성 실적(명)을 의미	
	고용연계비율	해당 사업에 참여하여 교육훈련과정을 이수한 자로 사업 기간 내 취업한 실적(명)을 의미	
특성 화지 표	경제적 효과측정지표	사업화매출액, 수입대체율, 무역수지 개선율, 기술이전 수입료, 시설장비운영수익, 기술국산화율 등의 지표를 의미	
	비경제적효과측정지표	논문 건수, 우수 특허 건수, 표준화 인증 등의 지표를 의미	

2. AHP 설문 대상 및 결과

에너지환경 분과 국가과학기술 1기~4기 전문위원(27명)을 포함한 관련 전문가를 대상으로 2020년 2월 3일~7일까지 진행하였으며, 14명이 응답한 결과를 1차로 활용하였다. 다만 2021년과 2022년은 사업심의에 있어서 기술개발 단계보다는 탄소중립 기술여부에 대한 판단을 중점적으로 다루고자 부처와 협의하여 가중치에 대한 적용 및 평가를 제외하기로 하였다.

<표 2-8> 정량적 지표의 가중치 분석결과

기술개발 단계	전략기술 분야 R&D 유형	사업 유형			
		기준	가중치	배점	
기초원천연구	증장기 기술자립	현황지표(25)	시장규모 지표	0.776	1.939
			무역수지 지표	0.224	0.561
		공통지표(40)	CO ₂ 저감 지표	0.191	0.764
			기술수준 지표	0.642	2.567
			삼극특허 지표	0.167	0.668
		특성화지표(40)	경제적 지표	0.360	1.442
			비경제적 지표	0.640	2.558
기초원천연구	차세대 핵심기술	현황지표(25)	국내외 시장규모	0.615	1.537
			무역수지	0.385	0.963
		공통지표(40)	CO ₂ 저감 지표	0.250	1.001
			기술수준 지표	0.557	2.228
			삼극특허 지표	0.193	0.770
		특성화지표(40)	경제적 지표	0.405	1.621
			비경제적 지표	0.595	2.379

기술개발 단계	전략기술 분야 R&D 유형	사업 유형			
		기준		가중치	배점
기초원천연구	핵심기술 고도화	현황지표(2.5)	국내 외 시장규모	0.644	1.611
			무역수지	0.356	0.889
		공통지표(4.0)	CO ₂ 저감 지표	0.177	0.709
			기술수준 지표	0.617	2.468
			삼극특허 지표	0.206	0.823
		특성화지표(4.0)	경제적 지표	0.715	2.860
비경제적 지표	0.285		1.140		
응용연구	단기수입대체	현황지표(2.5)	국내 외 시장규모	0.194	0.484
			무역수지	0.806	2.016
		공통지표(4.0)	CO ₂ 저감	0.218	0.871
			에너지효율향상	0.782	3.129
		특성화지표(4.0)	경제적 지표	0.757	3.030
			비경제적 지표	0.243	0.970
응용연구	증장기 기술자립	현황지표(2.5)	국내 외 시장규모	0.475	1.188
			무역수지	0.525	1.312
		공통지표(4.0)	CO ₂ 저감 지표	0.483	1.931
			에너지효율향상	0.517	2.069
		특성화지표(4.0)	경제적 지표	0.731	2.926
			비경제적 지표	0.269	1.074
응용연구	차세대 핵심기술	현황지표(2.5)	국내 외 시장규모	0.700	1.750
			무역수지	0.300	0.750
		공통지표(4.0)	CO ₂ 저감 지표	0.250	0.999
			에너지효율향상	0.750	3.001
		특성화지표(4.0)	경제적 지표	0.741	2.965
			비경제적 지표	0.259	1.035
응용연구	핵심기술 고도화	현황지표(2.5)	국내 외 시장규모	0.691	1.728
			무역수지	0.309	0.772
		공통지표(4.0)	CO ₂ 저감 지표	0.376	1.505
			에너지효율향상	0.624	2.495
		특성화지표(4.0)	경제적 지표	0.685	2.738
			비경제적 지표	0.315	1.262
응용연구	상용화/효율화	현황지표(2.5)	국내 외 시장규모	0.755	1.887
			무역수지	0.245	0.613
		공통지표(4.0)	CO ₂ 저감 지표	0.400	1.598
			에너지효율향상	0.600	2.402
		특성화지표(4.0)	경제적 지표	0.752	3.008
			비경제적 지표	0.248	0.992
개발연구	단기수입대체	현황지표(2.5)	국내 외 시장규모	0.182	0.455
			무역수지	0.818	2.045
		공통지표(4.0)	CO ₂ 저감 지표	0.263	1.052
			에너지효율향상	0.737	2.948
		특성화지표(4.0)	경제적 지표	0.745	2.979
			비경제적 지표	0.255	1.021
개발연구	증장기 기술자립	현황지표(2.5)	국내 외 시장규모	0.587	1.467
			무역수지	0.413	1.033
		공통지표(4.0)	CO ₂ 저감 지표	0.426	1.702
			에너지효율향상	0.574	2.298
		특성화지표(4.0)	경제적 지표	0.797	3.187
			비경제적 지표	0.203	0.813

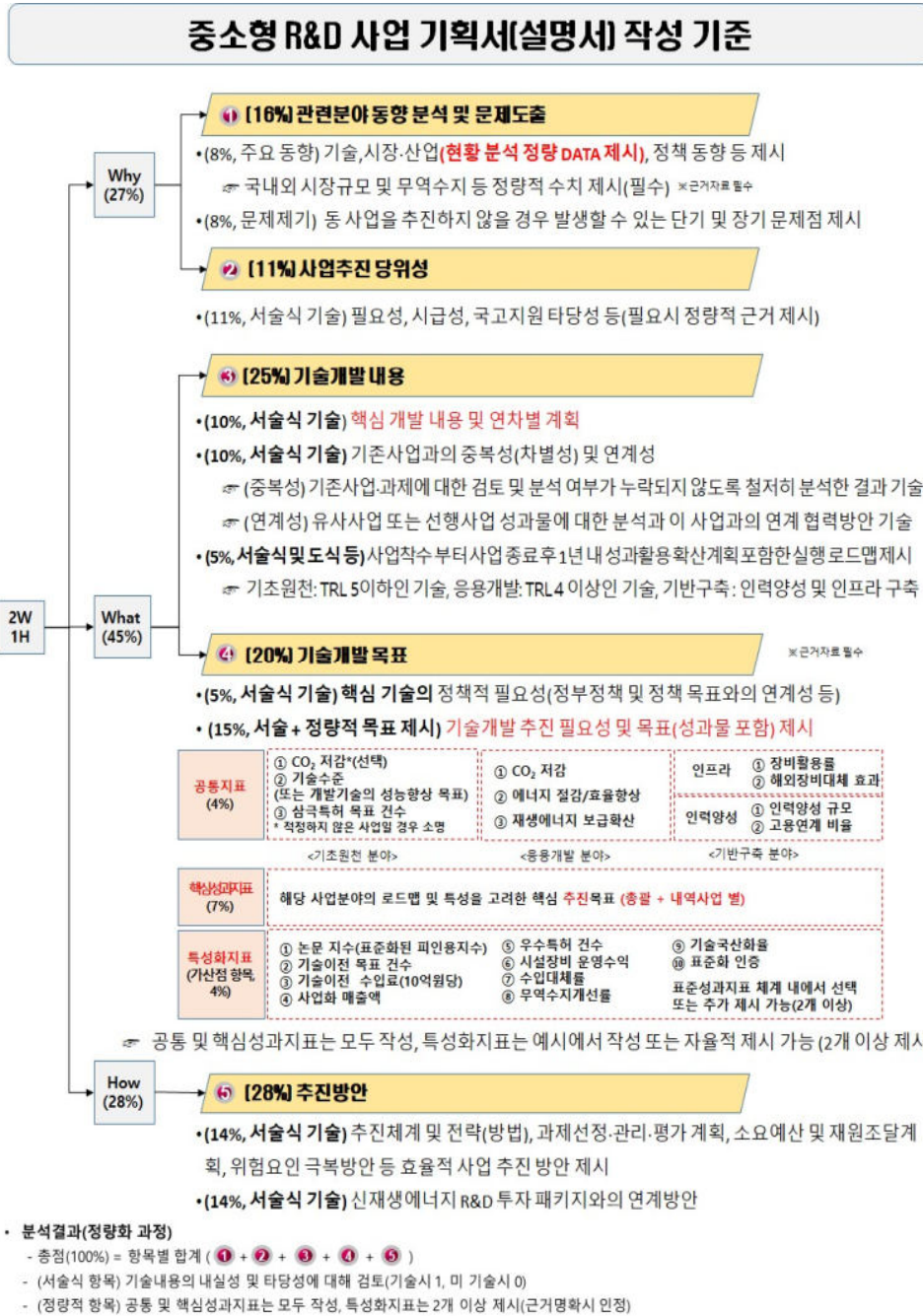
기술개발 단계	전략기술 분야 R&D 유형	사업 유형			
		기준		가중치	배점
개발연구	차세대 핵심기술	현황지표(2.5)	국내 외 시장규모	0.625	1.562
			무역수지	0.375	0.938
		공통지표(4.0)	CO ₂ 저감 지표	0.411	1.643
			에너지효율향상	0.589	2.357
		특성화지표(4.0)	경제적 지표	0.768	3.071
			비경제적 지표	0.232	0.929
개발연구	핵심기술 고도화	현황지표(2.5)	국내 외 시장규모	0.662	1.655
			무역수지	0.338	0.845
		공통지표(4.0)	CO ₂ 저감 지표	0.397	1.586
			에너지효율향상	0.603	2.414
		특성화지표(4.0)	경제적 지표	0.797	3.189
			비경제적 지표	0.203	0.811
개발연구	상용화/효율화	현황지표(2.5)	국내 외 시장규모	0.663	1.658
			무역수지	0.337	0.842
		공통지표(4.0)	CO ₂ 저감 지표	0.285	1.141
			에너지효율향상	0.715	2.859
		특성화지표(4.0)	경제적 지표	0.751	3.003
			비경제적 지표	0.249	0.997
기반구축	인력양성	현황지표(2.5)	국내 외 시장규모	0.732	1.831
			무역수지	0.268	0.669
		공통지표(4.0)	유지관리 운영효율	0.468	1.873
			장비활용율	0.532	2.127
		특성화지표(4.0)	경제적 지표	0.708	2.831
			비경제적 지표	0.292	1.169
기반구축	인프라	현황지표(2.5)	국내 외 시장규모	0.802	2.006
			무역수지	0.198	0.494
		공통지표(4.0)	인력양성규모	0.431	1.725
			고용연계	0.569	2.275
		특성화지표(4.0)	경제적 지표	0.579	2.318
			비경제적 지표	0.421	1.682

제6절 신규 중소형 R&D 타당성 평가모형 개발

1. 정성·정량적 지표, 가중치 적용 확정 기준안 확정

앞서 검토한 내용을 바탕으로 본 연구에서는 다음과 같은 사업기획서 작성기준을 최종 마련하였다.

<그림 2-15> 2020년 에너지 분야 중소형 R&D 사업 기획서 작성기준 마련



* 출처 : 과학기술정보통신부(2020), 녹색·기후기술분야 국가 R&D 사업 표준 EC분석 모형 개발, 녹색기술센터(2019), 기후기술 R&D 사업 경제성 분석을 위한 직·간접 편익유형 분석

<그림 2-16> 2020년 타당성 분석모형에 따른 작성절차 마련



※ 정량적 항목의 현황분석 지표(2.5), 핵심성과 지표(4), 특성화 지표(7)의 가중치를 AHP 분석으로 배분

* 출처 : 과학기술정보통신부(2020), 녹색·기후기술분야 국가 R&D 사업 표준 EC분석 모형 개발, 녹색기술센터(2019), 기후기술 R&D 사업 경제성 분석을 위한 직·간접 편익유형 분석

<각 지표 측정방법>

○ (지표명) CO2 저감 (10억원당)

- (정의) 사업 수행을 통해 저감 목표로 하는 10억원 당 CO2의 양(톤)

○ (지표명) 기술수준

- (정의) R&D 성과로 구현된 개발기술의 성능 향상 목표 및 현재 기술수준 대비 개선도
- 단, 기술보고서 등 전문기관의 평가 또는 관계 전문가 정성평가 결과가 존재하는 경우 성과로 인정

○ (지표명) 삼극특허 목표건수 (10억원당)

- (정의) 삼극특허 건수 / 지원예산(10억원당)
- ※ 3국(미국, 유럽, 일본)에 동시 '등록'된 특허를 지칭

○ (지표명) 에너지 절감 / 효율 향상

- (정의) 연구과제를 통해 구체적으로 달성하고자 하는 에너지 절감 또는 효율 향상 목표
- ① 기술개발 목표를 수치로 구체적으로 설정
예) '태양전지 기술의 효율을 2020년까지 30% 이상 개선'(단, '기술의 효율'의 개념을 기술표준 혹은 산업기준을 특정하여 제시하고, 불가능할 경우 자체적으로 제안하되 측정방법을 구체적으로 제시)
- ② 수치를 활용한 측정이 어려운 경우, 등급을 활용하는 방안을 고려
예) '에너지효율'을 지표로 설정할 경우 에너지소비효율등급을 적용할 경우 1, 2, 3, 4, 5등급을 적용하되 에너지소비효율등급표시제도에 근거해 측정

○ (지표명) 재생에너지 보급확산

- (정의) 연구과제를 통해 개발된 재생에너지 관련 기술이 적용된 기업, 공공기관, 제품 등 건수에 관한 목표
- 국가나 지자체 차원에서 측정된 재생에너지 보급률은 해당 R&D 사업과의 연관성을 구체적으로 명시하지 못할 경우 사용할 수 없음. 더불어 유사 연구개발사업이 동 보급률에 기여할 가능성이 존재하는 경우 전체 연관 연구개발투자에서 해당 사업이 차지하는 비중을 제외하고 제시하여야 함.
- 기술 적용 대상은 사전에 명시하여야 함(예: 기관, 제품 등)

○ (지표명) 장비활용율

- (정의) 시설장비 가동률 목표 및 현재 대비 개선률
- 만일 기관전용 장비의 경우, 개방을 통해 외부기관 혹은 공동연구에 활용된 정도를 보조적으로 성과지표로 활용할 수 있음
- (산식) 해당연도 장비별 사용시간/해당연도 장비별 사용 가능시간
 - 해당연도 장비별 사용시간 : 사업기간 내 구축완료되어 해당연도에 활용중인 장비로 기관 외부의 사용시간 기준(내부사용률 제외, 장비사용활용대장 기재내용에 한정)
 - 해당연도 장비별 사용 가능시간 : 해당연도 장비별 서비스가가능일로부터 해당연도 연말까지 활용시간 총합

○ (지표명) 해외장비대체효과

- (정의) 연구과제를 통해 개발된 국산장비로서 해외장비를 대체한 건수 목표 혹은 발생한 수입대체 효과에 관한 목표

- 만일 수입대체효과를 적용할 경우 아래 산식을 적용
 - (Σ장비수입대체금액) / 정부출연금 (10억원)

○ (지표명) 인력양성규모

- (정의) 사업성격(졸업, 취업, 교육훈련)과 수행주체(대학, 교육기관)에 따른 인력양성 실적(명)
- ‘국가연구개발사업 표준 성과지표’중 <사회적 성과> 지표인 인력양성에 근거하여 추정
- 해당 R&D 사업에 참여하거나 학위를 취득한 수치로 측정할 수 있으나 구체적으로 인력의 자격과 수준을 명시해야 함(예: 석·박사 과정 졸업생 수)
 - ※ 참고: 사회적 성과 지표 중 인력양성에 해당하는 세부 지표
 - ① 해당 분야 졸업자 수
 - ② 평균 고용 유지 기간(질적 지표)
 - ③ 교육훈련 수료자 수
 - ④ 교육훈련 만족도(질적 지표)

○ (지표명) 고용연계비율

- (정의) 해당 사업에 참여하여 교육훈련과정을 이수한 자로 사업 기간 내 취업한 실적(명)
- ‘국가연구개발사업 표준 성과지표’중 <사회적 성과> 지표인 인력양성에 근거하여 추정
- 해당 R&D 사업에 참여하거나 학위를 취득한 수치로 측정할 수 있으나 구체적으로 인력의 자격과 수준을 명시해야 함(예: 석사급 취업자)
 - ※ 참고: 사회적 성과 지표 중 인력양성에 해당하는 세부 지표
 - ① 해당 분야 취업자 수
 - ② 교육훈련생 중 취업자 수

○ (지표명) 기타특성화지표의 측정

- 논문지수는 표준화된 피인용지수로 측정
- 기술이전 목표건수는 《경제적 성과 분야 주요 성과지표》 중 10억원 당 기술이전 건수
- 기술이전수입료(10억원당)는 기술료의 정의를 차용하여 기술이전에 따른 기술료로 측정
- 사업화매출액은 해당연도 연구과제를 통해 창출된 개발기술적용에 의해 신규발생한 매출액(산식: Σ(기술사업화 신규매출액))으로 측정
- 우수특허건수는 삼극 특허 건수로 지원예산 10억원당 삼극 특허 건수로 측정
 - * 3개국에 모두 출원된 상황에서 3개국 등록(100%), 2개국 등록(75%), 1개국 등록(50%), 3개국 출원중(25%)로 인정
- 시설장비운영수익은 시설장비 사용 수입료에 따라 측정
- 수입대체율은 수입대체효과로서 측정산식으로서 [(Σ수입대체금액)/정부출연금 (10억원)]으로 측정
- 기술국산화율은 국산화율에 해당하는 것으로 사업 목표로 해외기술 국산화를 제시하였을 경우 해외기술 국산화 목표를 제시하되 현재 국산화율과 비교하여 제시하는 것
- 표준화인증은 표준 특허(건수) 혹은 표준 인정 건수(국내, 국제)로서 측정

2. 경제성 관점의 타당성 점검 방안

국가연구개발 관련 대형 신규 R&D 사업에 대한 타당성을 검증·평가하는 것에 있어서 예비타당성분석 가이드라인은 녹색·기후기술 분야 신규 R&D 사업의 경제성 평가에 대한 분석틀의 기준이 될 수 있다. 앞서 검토한 바와 같이 예비타당성 조사는 과학기술적 타당성, 정책적 타당성, 경제적 타당성이라는 세 가지 항목으로 구성되어 있다. 이중 과학기술적 타당성과 정책적 타당성이 과학기술 개발 계획의 적절성, 과학기술 개발 성공가능성, 기존사업과의 중복성 그리고 정책의 일관성 및 추진체제, 사업 추진상의 위험요인, 사업특수평가항목 등을 정성적인 관점에서 접근하는 것이라면 경제적 타당성 분석은 기본적으로 ‘비용-편익분석(B/C분석)’이라는 계량화된 방법론을 적용하는 것이다.

시행 여부가 불투명한 상태에서 중소형 R&D 신규사업에 대하여 경제성을 평가하는 것은 기획부처의 입장에서는 과도한 부담이라고 하지 않을 수 없다. 이 같은 측면에서 본 연구는 비용-편익분석(B/C분석) 대신 적용가능한 기본적으로 정량지표로서의 경제성 지표를 제시하고자 한다. 이를 위해서는 우선 경제적 타당성 분석과 비용-편익분석(B/C분석)이 어떤 것인지 간단히 논의하고 경제성 지표로 논의하도록 하겠다.

가. 비용편익분석 기반 계량 접근

비용편익분석이란 통상적으로 특정 목표를 달성하기 위하여 예상되는 여러 대안들에 대하여 각각의 비용과 편익을 측정하고 비교 평가를 통해 최선의 대안을 도출하는 분석적 방법을 통칭하는 것으로 사용된다. 이처럼 마치 대안들의 비용과 편익을 측정하고 평가하는 일반적인 절차를 모두 내포하고 것으로 사용되는데 반해 실제 비용편익분석은 그 자체로 대단히 정형화된 여러 원칙과 기준 하에서 분석해야 하는 분석모형이자 절차를 말한다.

문헌에 따라 다를 수 있으나 비용편익분석을 구체적으로 접근한다면 이 용어가 대체로 보다 세부적인 분석법, 즉 시장수요접근법(혹은 부가가치기반 접근법), 현시선호접근법, 진술선호접근법 등을 포괄한다는 점을 확인할 수 있다. 하지만 통상적으로 예비타당성조사에서 사용되는 비용편익분석은 이중 시장수요접근법(혹은 부가가치기반 접근법)을 호칭하는 것으로 쓰여진다.

예비타당성조사에 관한 대부분의 매뉴얼은 이 비용편익분석에 대해 “경제적 타당성을 평가하기 위해서는 우선 편익/비용 비율(Benefit Cost Ratio: B/C)을 구하는 과정이며, 편익/비용 비율이란 총편익과 총비용의 할인된 금액의 비율, 즉 장래에 발생될 비용과 편익을 현재가치로 환산하여 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 것”으로 간략히 설명한다. 그리고 다음과 같은 산식을 제시하고, 추가적으로 순현재가치(Net Present Value: NPV)나 내부수익률(Internal Rate of Return: IRR)이란 개념을 소개하는 것으로 그친다.

$$\text{편익/비용비율}(B/C) = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

여기서, B_t : t 시점의 편익, C_t : t 시점의 비용, r : 할인율

그리고 일반적으로 편익/비용 비율 ≥ 1 이면 경제성이 있다고 판단한다는 기본적인 해석을 제공한다. 하지만 실상 실무적 관점에서 보더라도 이것은 비용편익분석의 개념을 일반적으로 표현한 것일 뿐 실제 이것을 수행하기 위한 가장 기초적인 논의도 진행하지 않은 셈이다. 전술한 바와 같이 현시선호접근법이나 진술선호접근법은 차치하고 사장 보편적으로 적용되는 시장수요접근법을 기반으로 비용편익분석을 설명한다고 할 때에도 상기 산식에서 편익이 어떻게 측정되어야 하는 지 상당히 길고 상세한 논의가 필요하다.

본 연구의 목적이 이 같은 비용편익분석을 이론과 적용의 관점에서 상세히 다루고자 하는데 있지 않은 만큼 시장수요접근법을 사용할 때에 조차도 프로젝트에 따라서 시장가격, 시장전망, 기업매출 같은 다양한 편익 추정 방법의 매개를 사용할 수 있다는 것으로 정리하는 것으로 하겠다.

- 시장가격: 동 사업을 통해 산출될 것으로 예상되는 제품이나 서비스, 기술료 등의 수량과 단위 가격을 기반으로 편익을 산출하는 방식
- 시장전망: 통계적 유의성 확보가 가능한 시장전망 보고서를 통해 시장전체 규모와 시장점유율을 기반으로 편익을 산출하는 방식
- 기업매출: 사업을 추진하였을 때 예상되는 기업의 매출상승분에 대한 정보를 토대로 편익을 산출하는 방식

이 때 기본적인 편익 추정산식은 다음과 같이 정의된다.

$$\text{편익} = \text{시장규모} \times \text{시장점유율} \times \text{R\&D 기여율} \times \text{사업화 성공률} \times \text{사업기여율} \times \text{부가가치율}$$

편익은 연구개발사업의 결과와 직접적으로 관련된 국내 산업/제품의 미래 총생산액(또는 매출액)에 시장점유율, 부가가치율, R&D기여율, 사업화 성공률, 사업기여율 등을 곱한 값으로 추정하며, 이는 시장가격접근법이나 기업매출접근법을 사용한다고 해도 위의 산식을 변용해 적용할 수 있다.

다시 말해, 예산이 고정되어 있다고 한다면 편익비용비율(B/C Ratio)는 이들 각 계수들의 정도에 의해 결정되며, 이들 각각의 정의는 『국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침(한국과학기술기획평가원, 2019)』 등을 통해 상술되고 있는 바에 따라 수행될 수 있다.

반면 만일 시장규모를 측정하는 것이 용이하지 않은 경우 편익을 다른 산식으로 측정할 수도 있다. 예를 들어 참여기업을 기준으로 하여 사업화성공을 통해 발생한 매출액으로 접근한다면 전술한 산식은 아래와 같이 조정해 적용될 수도 있다.

$$\text{편익} = \text{사업화성공 과제에서 발생한 매출액} \times \text{종료과제 수} \times \text{R\&D 기여율} \times \text{사업화 성공률} \times \text{부가가치율}$$

만일 경제적 타당성을 평가하고자 하는 특정 사업이 중소기업의 협력R&D 수요에 기반을 둔

자유공모형 사업이라면 동 사업을 통해 개발될 기술과 관련된 해당 시장보고서에 기반하여 시장 전망을 통해 미래시장규모를 추정하는 것보다 매출액 기반을 편익 추정방법이 타당하다고 볼 수 있다는 점에서 이 같은 시장전망을 통한 편익산출 접근법도 고려될 수 있겠다.

나. 경제성 지표의 제안

전술한 비용편익분석, 특히 가장 보편적으로 사용되는 시장수요접근법으로부터 경제성 관점에서 타당성 분석에 적용할 수 있는 비교적 간략한 지표를 도출할 수 있다. 앞에서 제시한 각각의 편익항목은 궁극적으로 편익비용비율을 구성하는 요소인 만큼 이들을 모두 근거를 기반으로 추정한다는 것은 시장수요접근법을 적용할 수 있는 과제를 대상으로 한 경제적 타당성 분석을 시행한다는 것과 다름이 없다.

따라서, 이들 요소를 모두 추정토록 하는 것은 녹색·기후기술 분야 신규 중소형 R&D 사업에 적용하기는 과도한 면이 없지 않다. 그리고 모든 R&D 사업에서 사업화 기여율, 부가가치율은 개별 R&D 사업을 통해 향상시키는 것은 어렵다. 이 같은 관점에서 우선적으로 시장규모와 시장 점유율 그리고 R&D 기여율에 관한 목표를 제시하고, 해당 사업의 관리를 통해 어느 정도 수준의 사업화 성공률을 목표로 할지를 제시토록 하는 것은 경제적 편익의 크기를 어느 정도 가늠하는 동시에 사업수행주체 혹은 부처의 성과관리 책임을 명확히 하는 과정일 수 있다. 이 같은 관점에서 이들 네 지표를 중심으로 우선적으로 경제적 편익 및 그 성과목표를 명확히 하는 것을 제안하였다.¹²⁾

이중 우선 시장규모란 궁극적으로 편익비용비율을 도출하고자 하는 목적으로 염두에 두든 아니든 가장 기초가 되는 것으로 “해당 연구개발사업의 결과와 직접적으로 관련된 국내 산업/제품의 미래 총생산액(또는 매출액)을 의미하며, 일반적으로 미래 국내 수요 중 국산품이 차지하는 규모와 해외에 수출되는 규모를 모두 포함” 하는 것으로 정의된다(KISTEP, 2019). KISTEP(2019)는 미래 시장규모를 예측에는 세계 시장과 국내 시장을 모두를 고려할 것을 권고하고 있으며, 객관적인 자료에 기반하여야 한다고 밝히고 있다.

여기서 한 가지 유의하여야 할 점은 편익 추정에서의 시장규모란 특정 산업 또는 제품의 전체 시장이 아니라 궁극적으로 시장점유율의 적용을 통해 도출될 조사 대상사업과 직접적으로 관련된 시장규모만을 의미한다는 점이다. 또한 시장의 범위는 사업에 부속되며 해당 사업의 목표가 국내 시장에서 새 제품의 출시를 통한 매출 증가인 경우는 국내 시장으로 한정되겠으며, 반면 목표가 세계 시장 진출이나 점유율을 증대시키는 것이라면 세계 시장도 고려되어야 하겠다.

12) 궁극적으로 이들 지표의 추정과정은 『국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침』 등에 제시된 바를 따르는 것을 권고한다. 그렇지 않을 경우 비록 이론적·실증적으로 적절한 논리구조에 따라 추정된 것일지라도 타 사업과의 비교를 전제로 하는 자본예산(Capital budgeting) 과정에 적절하게 수용되기 어렵다.

두 번째는 시장점유율인데, 이것은 현재 시점과 더불어 미래 시점에서 달성할 목표로서 예측을 함께 제시하여야 한다. 물론 국내시장 뿐 아니라 해외시장을 모두 포함한 경우 각각 제시되어야 하겠다. 또한 역시 조사대상사업과 직접적으로 관련된 시장에 대한 시장점유율을 의미하는 것을 주의할 필요가 있다. 예시로서, 최근 예타를 통과한 한 사업의 경우 시장점유율은 세부시장별 시장점유율을 산정하고 편익추정에 반영하였고, 해외 시장점유율 역시 최대한 근거자료를 바탕으로 사업주체가 제시한 시장점유율 목표치를 반영하였다고 진술하고 있다는 점에서 예비타당성조사에 경제성에서도 관건이 됨을 알 수 있다.

마지막으로 R&D 사업화성공률은 그 정의 상 0에서 1의 값을 가지는데, 기술개발에 실패할 경우나 기술개발이 성공하더라도 사업화에 실패하는 경우에는 이 사업화성공률은 0이 된다. 다시 말해, 국가연구개발사업을 통한 기술개발 결과가 시장에서의 경제적 효과 창출로 이어지기 위해서는 기술의 실증 및 상용화의 과정을 거치게 되는데, 이러한 과정에서 존재하는 불확실성으로 인해 사업화성공률은 떨어진다.

이처럼 사업화성공률은 R&D 사업의 결과물이 시장에서의 부가가치 창출로 이어지는 과정의 효율성을 반영하는 것인 만큼 기획 단계부터 성과관리 단계까지의 적정성을 반영한다고 볼 수 있다. 특히 기초보다는 응용·개발 단계가 큰 비중을 차지하며, 사업기획 단계가 보다 강화되어야 하는 녹색·기후기술 분야 R&D 사업의 R&D 예산배분조정 프로세스에서 강조되어야 할 경제성 지표로 볼 수 있다.

다음으로 사업기여율이란 전체 시장규모에서 해당 사업에 의한 기여분을 의미하는 것으로 만일 해당 R&D 사업을 통해 기존의 시장에서 점유율이 확대, 틈새시장, 신시장으로의 진입을 통해 시장을 개척, 해외 기업에 의존하여 잠식되었던 국내 시장에 국산 제품을 출시하여 시장 점유율을 확대하는 등 시장점유율 확대, 신시장 개척, 국산화에 기여한 정도를 의미한다. 만일 동일한 목적을 가진 두 사업 중 하나의 사업기여율이 높다면 그것은 이 사업이 보다 시장에 대한 영향력이 크다는 점을 의미한다고 하겠다.

그리고 이것은 과거에 추진되었거나 동시대에 진행되는 해당 기술분야의 유사 연구개발사업 및 연구개발활동이 기여하는 편익이 존재할 경우 고려해야 하는데, 흔히 이 점을 고려하지 않을 경우 해당 사업의 기여를 과대 추정하는 결과를 초래하게 된다. 따라서 적절한 분석을 위해서는 해당 R&D 사업이 대상 시장 또는 기술 분야의 전체 연구개발투자 규모 중에서 해당 사업이 차지하는 비중이 고려될 수도 있다.

이처럼 경제성 지표를 중심으로 중소형 R&D 사업에서 추구해야 할 핵심적인 성과를 경제성 차원에서 관리할 수 있으나 여전히 모든 사업에 대해 적용할 수 없으며, 그렇게 시도해서도 안 된다는 점은 유념할 필요가 있다. 다시 말해 이 같은 시장수요접근법은 편익추정의 방법론 중 하나의 유형일 뿐이며, 이 방법을 적용하는 것이 부적정한 사업사례도 많다는 점을 인식해야 한다.

<시장기반분석 편익률 개발 결과>

녹색 기후기술 중소형 R&D와 관련 산업은 한국표준분류상의 특정산업 부문과 직접적으로 연계도리 수 있는 분야는 아니라고 할 수 있다. 산업 또는 제품이 특정되지 않은 형태이기 때문에 다양한 산업에서 경제적인 효과가 나타날 수 있다는 점을 고려해야한다. 본 연구에서는 이러한 녹색기후기술 R&D의 효과가 산업 전반적인 부문에서 발생 가능하다는 점을 고려하여 하고자 하며, 신규 중소형 R&D 사업의 경제적 가치를 추정할 때 시장수요기반 측정방법으로 간소화하여 자체적으로 측정할 수 있는 방법론을 제안해보고자 한다. 먼저 한국은행의 산업연관표를 활용하여 각 산업의 산업별 비중을 토대로 가상의 평균기업의 데이터를 시장수요기반 편익산출을 위한 기본자료를 구축하고자 한다. 기본자료는 경제성 분석모형을 구성하기 위한 파라미터는 매출액, R&D 투자자본, 매출액 성장률, 부가가치율을 활용하고자한다. 즉 해당 기술과 관련 된 산업분야에 대한 정보를 그 산업분야에서 활동하는 평균기업들로부터 기본자료를 산출하는 방식이다.

1) 평균기업 도출 방법

평균기업 도출 방법은 아래와 같이 5단계로 도출한다.

- 1단계 : 전체 녹색기업의 산업별 기업 수 비중 도출

$$R_k = \frac{o_k}{O}$$

- R_k : 전체 녹색관련 기업의 산업별 기업 수 비중
- o_k : k 산업 관련 기업 수
- O : 전체 녹색관련 기업 수

- 2단계 : 산업별 평균 중소기업 매출액 및 매출액 성장률 도출

$$S_{kt} = \frac{1}{N_k} \sum_{n=1}^{N_k} s_{knt}, \quad G_k = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{(S_{kt} - S_{kt-1})}{S_{kt-1}}$$

$$S_{kt} = \frac{1}{N_{kt}} \sum_{n=1}^{N_{kt}} s_{knt}, \quad G_k = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{(S_{kt} - S_{kt-1})}{S_{kt-1}}$$

- S_{kt} : k 산업 중소기업 평균 매출액
- N_k : t 기에 k 산업에 속한 중소기업의 수
- s_{knt} : t 기에 k 산업에 속한 중소기업 n 의 매출액
- G_k : k 산업 중소기업 평균 매출액 증가율

- 3단계 : 산업별 평균 부가가치율 도출

$$V_k = \frac{u_{k2019}}{s_{k2019}}$$

- V_k : k 산업 평균 부가가치율

- u_{k2015} : 한국은행 2019 산업연관표상의 k 산업의 부가가치액
- s_{k2015} : 한국은행 2019 산업연관표상의 k 산업의 총산출액
- 4단계 : 산업별 평균 중소기업 R&D 집약도 도출

$$I_k = \frac{\sum_{n=1}^{N_{kt}} RD_{kn2019}}{\sum_{n=1}^{N_{kt}} s_{kn2019}}$$

- I_k : k 산업 중소기업의 R&D 집중도
- RD_{kn2019} : 2019년도 k 산업의 k 산업에 속한 중소기업 n 의 R&D 지출액
- s_{kn2019} : 2019년도 k 산업의 k 산업에 속한 중소기업 n 의 매출액
- 5단계 : 산업별 평균에 전체 녹색관련 기업의 산업별 기업수 비중을 적용한 평균기업 데이터 생성

$$S_t = \sum_{k=1}^K S_{kt} \times R_k, \quad G = \sum_{k=1}^K G_k \times R_k, \quad V = \sum_{k=1}^K V_k \times R_k, \quad I = \sum_{k=1}^K I_k \times R_k$$

- S_t : t 기의 평균기업의 매출액
- K : 대상 전체 산업수
- G : 평균기업의 평균 매출액 성장률
- V : 평균기업의 부가가치율
- I : 평균기업의 R&D 집약도

2) 평균기업 도출을 위한 기준

가. 산업기준

국내 산업부문과 관련하여 기업의 재무자료의 경우 산업분류코드에 따라 세분화할 수 있다. 그리고 산업부문별 R&D 집중도는 과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원(2021) 『2019년도 연구개발활동조사보고서』에서 확인이 가능하다.

▪ 전체 녹색산업 관련 산업별 비중 계산 자료

본 연구에서는 NICE평가의 KIS-Value data에서 제공하는 총 24,701개의 기업자료를 활용하여 앞서 설명한 산업기준으로 전체 지원후보 산업별 비중을 계산한다.

▪ 산업별 중소기업 매출액 및 매출액 성장률 자료

산업별 중소기업 매출액을 계산하기 위해 사용한 자료는 KIS-Value의 전체 외감기업 자료 중 중소기업을 대상으로 추출하여 자료를 활용하였다. 2021년 기준 KIS-Value의 전체 외감기업은 총 24,701개이며, 이중 최근 5년이상 지속적으로 외감기업이었던 18,198개의 중소기업 자료를 활용하였다.

▪ 산업별 부가가치율 자료

산업별 평균 부가가치율은 한국은행 기업경영분석의 생산성에 관한 지표에서 2019년 산업별 중소기업 부가가치율 자료를 활용 작성하였다.

▪ 산업별 중소기업 R&D 집약도 자료

중소기업 R&D 집중도는 과학기술정보통신부·한국과학기술기획평가원(2021) 「2019년도 연구개발활동조사보고서」에서만 확인이 가능하기 때문에 상기 자료의 자료를 활용하였다.

R&D 집중도는 R&D 금액을 매출액으로 나눈 값이며, R&D 금액은 자체개발만 포함하는 경우와 외부로부터의 유입을 합산하는 경우로 기준을 정의할 수 있다. R&D 지원사업은 기업에게 외부 R&D가 유입되는 것을 의미하기 때문에 본 연구에는 자체개발과 외부로부터의 유입을 합산한 R&D 금액으로 R&D 집중도를 계산하였다.

▪ 편익추정 방법론

편익추정은 일반적인 예비타당성 경제성 평가에서 사용하는 사업효과에 의한 매출액 상승액을 추정하는 방식 사용하였다. 대상기업은 앞서 설명한 바와 같이 평균기업을 생성하여 적용하였으며, 아래와 같은 수식을 통해 편익의 현재가치를 산정하였다.

$$- \text{편익(현재가치)} = \sum_{t=3}^8 \frac{1}{(1+\text{할인율})^t} \text{대표기업예상매출액}_t \times \text{사업기여율}_{t-2} \\ \times \text{RD기여율} \times \text{대표기업부가가치율} \times \text{사업화성공율}$$

편익은 회임기간을 2년을 산정하여 지원 후 3년부터 8년까지 6년간을 편익발생기간으로 산정하여 분석 시스템을 마련하였다.

평균기업 예상 매출액은 아래 식과 같이 지원하지 않을 경우의 예상매출액에서 R&D stock이 증가한 만큼 매출액이 증가할 것으로 가정하여 산정

$$- \text{평균기업예상매출액}_t = \text{미지원시매출액}_t \times \left\{ 1 + \frac{\text{지원RDstock}_{t-2}}{\text{전체RDstock}_{t-2}} \right\}$$

$$- \text{미지원시매출액}_t = \text{미지원시매출액}_{t-1} \times (1 + \text{대표기업평균매출액상승율})$$

-

사업기여율은 회임기간 2년을 반영하여 t-2기의 총 R&D stock(자체 R&D stock + 지원 R&D stock)에서 지원 R&D stock이 차지하는 비중으로 설정하였다.

$$- \text{사업기여율}_{t-2} = \frac{\text{지원RDstock}_{t-2}}{\text{자체RDstock}_{t-2} + \text{지원RDstock}_{t-2}}$$

R&D 기여율은 표준지침에 따라 제3차 과학기술기본계획(미래창조과학부, 2013)에서 제시한 수치 35.4% 적용하였다.

부가가치율은 평균기업의 부가가치율 33.2% 적용하였다.

사업화 성공률은 제3차 중소기업 기술혁신 촉진계획(2014.7, 관계부처합동)에 따라 중소기업 사업화 성공률 48%를 적용하였다.

이와 같은 파라미터들을 종합하여 기후변화 관련 산업의 평균기업 자료의 평가기반 데이터 생성하였으며, 이를 정리하면 아래 표와 같다.

<평균기업 자료 생성 결과>

(단위 : 개, %, 억원, %, %, %)

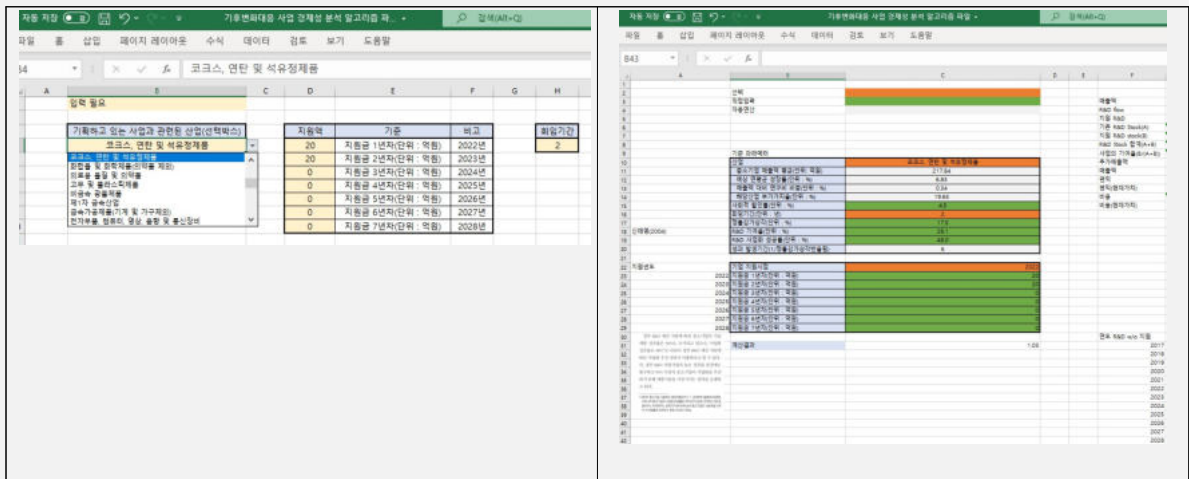
	기업수	매출액	평균매출액	부가	RD
		2019년	증가율	가치율	집중도
[농업, 임업 및 어업]	67	188.1	3.86	22.94	5.83
[광업]	51	184.5	4.62	33.98	0.47
식품	561	366.0	8.36	21.74	1.28
음료	38	281.6	5.64	31.30	0.40
섬유제품(의복제외)	236	257.2	2.19	26.45	1.68
의복, 의복악세서리 및 모피제품	248	378.3	1.49	19.75	1.14
가죽, 가방 및 신발	73	373.0	0.88	23.45	0.72
목재 및 나무제품(가구제외)	62	303.9	6.05	25.64	1.51
펄프, 종이 및 종이제품	164	350.7	6.14	25.89	0.84
인쇄 및 기록매체 복제	94	248.9	5.36	36.72	2.40
코크스, 연탄 및 석유정제품	26	217.8	6.83	19.65	0.34
화합물 및 화학제품(의약품 제외)	671	311.1	5.76	27.06	2.51
의료용 물질 및 의약품	202	435.3	9.06	33.94	7.17
고무 및 플라스틱제품	610	292.8	3.04	28.24	2.43
비금속 광물제품	352	223.9	2.23	25.72	1.26
제1차 금속산업	574	380.3	7.89	18.76	0.80
금속기공제품(기계 및 가구제외)	647	260.2	4.60	33.01	2.03
전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비	810	321.3	1.98	30.76	9.82
의료, 정밀, 광학기기 및 시계	338	316.5	8.96	34.36	5.79
전기장비	513	356.5	4.29	25.69	3.39
기타 기계 및 장비	1412	258.1	9.25	32.42	3.69
자동차 및 트레일러	937	294.9	0.62	27.96	3.60
기타 운송장비	214	217.3	-4.97	39.83	1.85
가구	85	365.8	9.70	24.72	1.12
기타 제품	82	256.7	3.21	30.84	3.10
[전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업]	80	174.7	-1.11	53.15	0.53
[수도, 하수 및 폐기물 처리, 원료재생업]	228	178.5	11.28	38.30	1.33
[건설업]	1245	384.5	8.83	36.92	0.44
도매 및 소매업	2558	413.0	8.89	45.65	0.87
운수 및 창고업	713	244.4	6.40	33.05	0.27
숙박 및 음식점업	262	98.7	7.80	50.48	0.19
정보통신업	792	292.8	9.99	39.56	2.80
부동산업	1720	98.8	3.95	24.22	0.39
전문, 과학 및 기술서비스	551	209.0	9.48	51.65	7.10
사업시설관리, 사업지원 및 임대 서비스업	633	180.0	9.55	62.80	0.89
교육 서비스	44	170.1	6.90	46.34	4.20
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	305	126.9	11.41	44.04	2.35

<기후기술분야 시장수요기반 경제성 분석틀 개발 결과>

분석틀의 입출력구조는 기획자 또는 평가자가 해당 사업과 연계된 산업부문에 대한 선정과 회임기간을 설정하면 자동으로 해당사업의 비용편익 비율과 순현재가치가 제시되도록 개발하였다. 본 분석틀은 방법론을 제안하기 위한 프로토타입 버전 개발까지만 진행하였다.

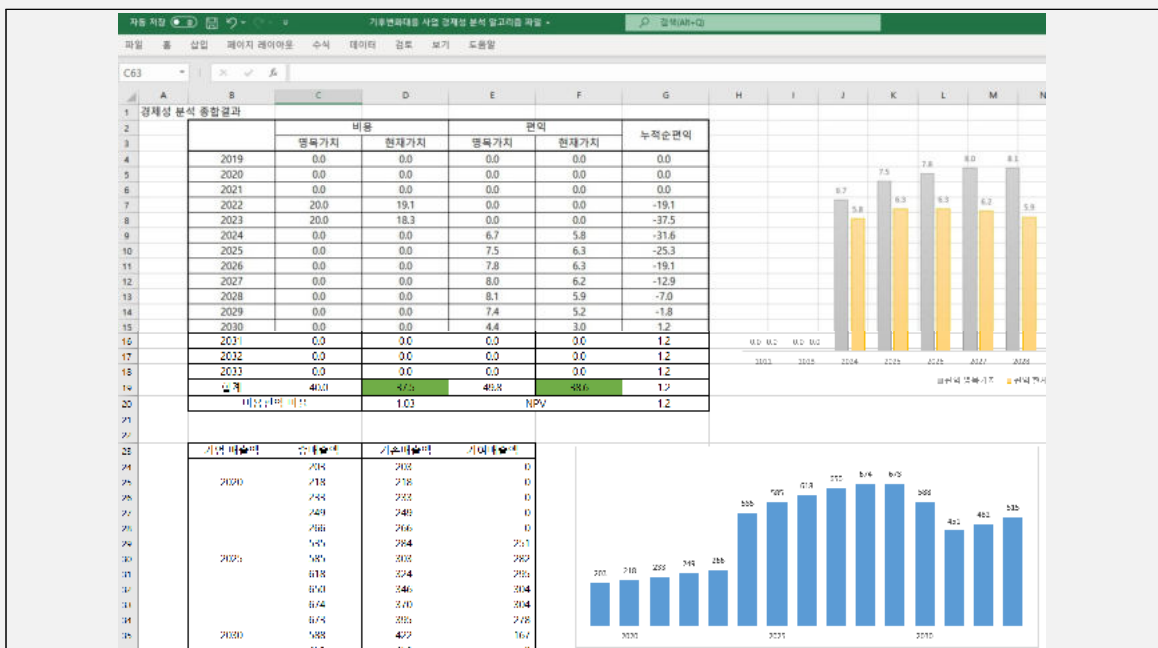
▪ **입력틀**

- ① 기획하고 있는 사업과 연관된 산업을 선택
- ② 해당 사업의 연차별 예산
- ③ 사업종료후 예상되는 사업화 시점(회임기간)



▪ **출력틀**

- ① 사업의 비용편익비율(B/C)과 순현재가치(NPV)
- ② R&D사업 투자로 인한 산업평균 기여매출액



제3장 녹색·기후기술 분야 중소형 R&D 사업 평가모형 적용

제1절 웹시스템 개발 추진

1. 타당성 분석 모형의 체계화

1) 녹색·기후기술 중소형 R&D 신규사업 평가를 위한 타당성 분석모형의 체계화

2020년 수소기술 분야 시범적용 후 웹시스템 활용과 관련하여 국가녹색기술연구소는 신규 R&D사업 작성 가이드라인을 마련하였으며, 2021년 1월부터 4월까지 2022년 신규사업 작성 대상 부처 및 기획담당자에게 배포하였으며, 2022년 가이드라인도 사업수행 담당부처 및 유관기관과 조율하여 신규사업의 평가기준 모형의 일부 항목을 개선하여 작성하였다. 시범사업 버전과 다른 부분은 탄소중립 기여도에 대한 중요성을 반영하여 10대 탄소중립 기술분야에 대한 구분하였다. 부처에서는 정부의 탄소중립 정책 추진에 대한 중요성을 반영하여 이에 대한 기여도 평가를 진행하여야 한다는 의견이 있었으며, 실무 담당자들로부터는 개별 성과지표 항목별 가중치 점수 적용에 대한 개선 요청이 있었다. 중복성·연계성에 대한 통합 작성이 가능하도록 제안받았다. 그리고 기술 실행전략에서 연차별 개발내용에 대한 작성항목과 로드맵 작성항목에 대한 내용중복 개선에 대한 요구사항이 있었다. 유관기관 자문회의 및 부처 기획담당자 의견수렴결과 중소형 R&D 신규사업 평가를 위하여 요구되는 타당성 모형의 개선사항은 다음과 같다.

<표 3-1> 타당성 모형의 개선사항

논의기관	개선요구사항
중앙부처/KISTEP	○ 탄소중립 기술혁신 추진전략(21.03.31)과의 연계성 및 기여도 평가 반영 - 탄소중립 10대 핵심기술과의 연계성 평가에 대한 의견 반영 * ① 태양광 및 풍력, ② 수소, ③ 바이오에너지, ④ 철강·시멘트, ⑤ 석유화학, ⑥ 산업공정 고도화, ⑦ 수송 효율, ⑧ 건물 효율, ⑨ 디지털화, ⑩ CCUS
	○ (부처) 탄소중립 기술혁신 추진전략(21.03.31)과의 연계성 반영 - 10대 핵심기술과 연계 여부 반영 * ① 태양광 및 풍력, ② 수소, ③ 바이오에너지, ④ 철강·시멘트, ⑤ 석유화학, ⑥ 산업공정 고도화, ⑦ 수송 효율, ⑧ 건물 효율, ⑨ 디지털화, ⑩ CCUS - 그린뉴딜, 장기저탄소발전전략(LEDs) 기반 사업 여부/온실가스 감축기여도 여부 반영 - 민간수요조사 여부 반영
기획안 작성 부처 및 산하기관	○ 지난해 평가항목 개선을 위한 유관기관 자문회의 및 부처 기획담당자* 의견수렴(4월~5월) * 부처 사업기획 담당자(한국에너지기술평가원, 한국연구재단, 국토교통산업진흥원 등)
	○ (수요기관) 탄소중립 달성을 위한 이행목표 평가 반영 - 온실가스 감축효과 외의 탄소중립 기여도 서술 - 탄소중립 추진전략의 3대 정책방향 10대 과제부문과 연계 - 30개 세부 분야의 단기 및 중·장기 전략과의 연계성 기술
기타	○ (기타) 기타요구사항 - 개별지표에 따른 가중치 점수 또는 경제성 평가 점수 삭제 - 중복성 평가부문에서 NTIS 검색결과와의 선택적 제출

유관기관 자문회의 및 부처 기획담당자 의견수렴결과를 반영하여 탄소중립 분야 중소형 R&D 사업의 기획설명서 작성항목을 다음과 같이 변경하였다.

<그림 3-1> 탄소중립 사업설명서 작성항목 개선사항

탄소중립(에너지) 분야 중소형 R&D 사업 기획서(설명서) 작성 항목

1 제출기관 정보 및 사업유형 선택

- 제출기관 정보 입력
- 제출기관 사업명 및 담당자 정보 입력
- 사업유형 선택
 - 연구개발 단계/세부단계
 - 예비타당성조사 제도 연계분야
 - 탄소중립 연구개발 추진분야 선택

2 동향 분석 및 문제도출

- 연구배경 및 필요성
- 기술동향
- 시장 및 산업동향
- 정책동향(지원정책, 규제정책 등)

3 사업추진 당위성

- 사업추진 시급성
- 국고지원 적절성

4 기술개발 내용

- 사업 또는 과제별 주요 핵심기술개발 내용
- 연차별 개발내용(로드맵)
- 중복성 및 차별성
- 연계성(브릿지 사업의 역할)
- 문제점(제도, 규제 개선) 등 필요사항

5 기술개발 목표

- 정책적 목표(탄소중립 연구개발 투자전략의 단기-중장기 전략*과의 연계성)
- 기술적 목표(본 사업 추진을 통해 우수성을 알릴 수 있는 성과목표(정성적인 측면에서))
- 정량적 목표(환경적 성과목표/기술적 성과목표/연구단계 특성화 지표)

공통지표 (환경적 기여 목표)	① 에너지 절감 또는 효율 향상 수치 ② 재생에너지 보급 수치 ③ 온실가스 감축 또는 CO ₂ 저감 목표/기여 수치 ④ 기타 환경적 기여도를 설명해 줄 수 있는 자율 지표 * 위의 지표가 적정하지 않은 사업일 경우 미작성 사유에 대한 소명
핵심성과지표 (기술적 목표)	해당 사업분야의 기술개발 로드맵 또는 기술적 특성을 고려한 핵심 추진목표 * 중괄 사업의 기술개발 목표를 작성하고 작성 가능한 내역사업의 목표를 제시
연구단계 특성화 지표	① 사업화 매출액 ② 수입대체를 ③ 무역수지 개선을 ④ 기술이전 수입료 ④ 시설장비 운영수익 ⑤ 기술국산화를 ⑦ 논문건수 ⑧ 우수특허건수 ⑨ 표준화 인증 ⑩ 인프라구축(장비활용, 해외장비대체 등) ⑪ 인력양성(인력양성 규모, 고용연계비율 등) ⑫ 기타

* 각 부문별 지표 1개 이상 필수 작성 및 산출 근거 첨부

6 추진방안

- 추진체계
- 민간수요 및 민관협업
- 소요예산 및 자원조달계획
- 소요예산 산출근거(물량단가 포함)
- R&D 투자패키지와의 연계방안

* 자료: 녹색기후기술 중소형 R&D 웹 개발 시스템 웹페이지(www.smrndproposal.kr)

제2절 웹시스템 개발결과 및 기능 추가

1. 웹시스템 개선

1) 녹색·기후기술 중소형 R&D 신규사업 정책평가를 위한 웹시스템 고도화 작업

신규 R&D 사업의 정책적 연계성 검토를 수월하게 진행할 수 있도록 사업계획서를 작성하는 기획자들의 검색 편의개선을 추가하였다. 일반적으로 신규사업 기획자들은 제안하고자 하는 사업과 연계된 정부의 정책안건을 직접 찾아내기 어렵다는 점을 토로한다. 이러한 문제점을 해결하고자 1991년부터 2022년까지 국가과학기술자문회의에서 과학기술분야의 정부정책안건으로 다루어진 심의안건 1198건에 대한 내용분석을 진행하였다. 해당안건들의 소관부처와 관련 근거법률을 조사하고 기술개발 내용을 검토하여 해당 안건에서 다루어진 탄소중립기술 분야를 추출하였다. 분석결과 1198건 중 450건의 기후기술 분야의 안건이 기후분야와 관련성이 있음을 확인하였다. 이에 대한 분류내용은 웹 시스템에 반영하여 추가 검색필터로 활용하였다.

본 연구에서는 450건¹³⁾의 기후기술 분야의 안건은 같이 웹 시스템에 적용하였다.

<그림 3-2> 사업계획서 시스템 반영 정책 안건 기술 분야별 분석

No.	담당부처	연건명	소관부처	발행일자	도수
1134	국립과학기술연구원	2022년도 국립연구개발 과제(제1차)	국립과학기술연구원	2022.08.26	148건
1133	국립과학기술연구원	2022년도 국립연구개발 과제(제2차) - 초빙연구사업	국립과학기술연구원	2022.08.26	148건
1132	국립과학기술연구원	탄소중립 공명기술(제1차) 연구개발 과제(제1차) - 연구개발사업	국립과학기술연구원	2022.08.26	148건
1131	국립과학기술연구원	공명기술(제1차) 연구개발 과제(제1차) - 연구개발사업	국립과학기술연구원	2022.08.26	148건
1130	국립과학기술연구원	2022년도 국립연구개발 과제(제1차) - 초빙연구사업	국립과학기술연구원	2022.08.24	148건
1129	국립과학기술연구원	제1차 국립연구개발 과제(제1차) - 초빙연구사업	국립과학기술연구원	2022.08.24	148건
1128	국립과학기술연구원	2022년도 국립연구개발 과제(제1차) - 초빙연구사업	국립과학기술연구원	2022.08.18	148건
1127	국립과학기술연구원	2022년도 국립연구개발 과제(제1차) - 초빙연구사업	국립과학기술연구원	2022.08.18	148건
1126	국립과학기술연구원	제1차 국립연구개발 과제(제1차) - 초빙연구사업	국립과학기술연구원	2022.08.18	148건
1125	국립과학기술연구원	탄소중립 공명기술(제1차) 연구개발 과제(제1차) - 연구개발사업	국립과학기술연구원	2022.08.18	148건

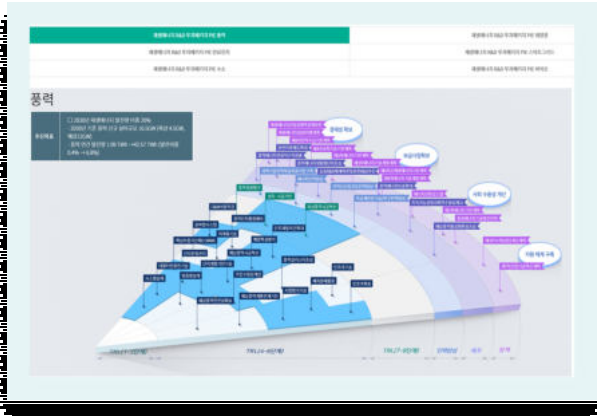
* 자료: 녹색기후기술 중소형 R&D 웹 개발 시스템 웹페이지(www.smrndproposal.kr)

13) 1198건의 심의안건 중 450건의 안건을 기후기술 분야와 연계성이 있는 정부 정책안건으로 선별하였으며, 웹 시스템에 적용 및 활용을 위하여 최종 분류한 기술분류 결과는 <붙임 1>에 제시하였다.

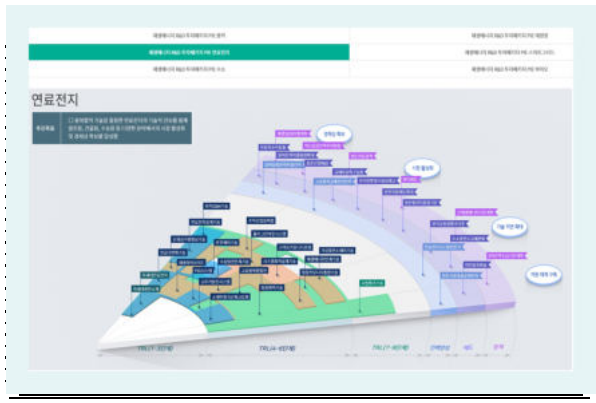
2) 재생에너지 R&D 투자패키지 반영

R&D PIE 패키지와 연계한 전략수립 기획서 작성방향을 제시하였으며, KISTI와 업무협력을 진행하여 사업기획서와 연관 분야에 대한 정보제공기능을 마련하였다.

<그림 3-3> 웹 시스템 반영 풍력 PIE



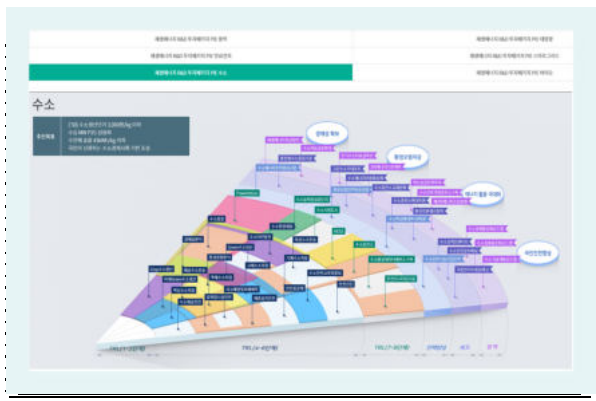
<그림 3-4> 웹 시스템 반영 연료전지 PIE



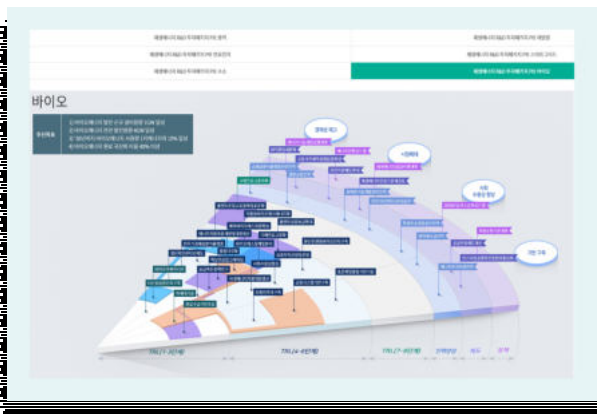
<그림 3-5> 웹 시스템 반영 스마트그리드 PIE



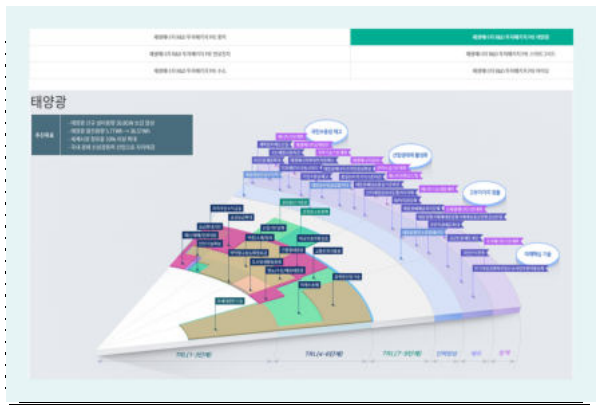
<그림 3-6> 웹 시스템 반영 수소 PIE



<그림 3-7> 웹 시스템 반영 바이오 PIE



<그림 3-8> 웹 시스템 반영 태양광 PIE



* 자료: 녹색기후기술 중소형 R&D 웹 개발 시스템 웹페이지(www.smrndproposal.kr)

제3절 적용결과

1. 2021년 적용결과

2020년 2021년 추진 될 수소 R&D 사업 7건의 사업기획 및 평가에 시범적용한 이후 2021년에는 2022년에는 추진예정인 녹색·기후기술 분야 중소형 R&D 신규사업에 본 분석모델을 적극 적용하였다. 본 평가모형을 적용하여 작성된 사업계획서는 총 28건이며, 해당 사업들의 개요를 아래 표와 같이 정리하였다. 28건의 사업 중 18건의 사업은 산업부에서 제출했으며, 과기부는 6건, 국토부 2건, 해수부가 1건, 다부처 기획 사업이 1건 제출되었다. 연구개발 단계별 유형을 살펴보면, 제출된 사업 중 21건은 개발연구였으며, 응용연구 2건, 기반연구 3건, 기초원천 2건이었다. 사업의 내용적인 측면에서 기반구축형과 도전혁신형사업이 각각 11건으로 나타났으며 성장형 사업은 6건으로 확인되었다. 사업 기간은 3년에서 5년이며, 사업비는 평균 71억 원 규모로 제안되었다. 28개 사업의 기술 분야는 신재생에너지 관련 사업 8건, 수소 관련 사업 5건, 전력망 및 ESS 관련 사업 4건이었다. 청정화력, CCUS, 효율·공정·CCUS 관련 사업은 11건이었다. 2021년과 2022년 서면 제출된 신규사업(각각 20건, 28건)의 기술 분야를 참고하여 예측하면 2023년에도 재생에너지, CCUS, ESS 기술 등을 중심으로 신규 사업의 제안이 이어질 것으로 전망하였다.

<표 3-2> 2022년 에너지 환경 분야 신규사업 시범적용 대상

No.	사업명	담당부처	연구개발 단계별	세부 단계별	내용별	탄소중립분야	사업기간
1	재생에너지 잉여전력 부문간 연계(섹터커플링) 기술개발	산업부	개발연구	선행개발	기반구축형	재생에너지 (신재생융합)	4년간
2	재생에너지기반 주유소 이용 전기차 충전 인프라 구축 기술개발	산업부	개발연구	선행개발	기반구축형	재생에너지 (기반구축), 친환경자동차 (기타)	3년간
3	건물형 태양광 실증센터 기반구축	산업부	기반연구	인프라	기반구축형	재생에너지 (태양광)	3년간
4	해상풍력, 수산업, 환경공존 기술개발	산업부	개발연구	제품개발	성장형	재생에너지 (풍력)	4년간
5	태양열(광) 기반 가축분뇨 고형연료 제조 및 이용 다변화 기술개발	산업부	개발연구	개량개선	기반구축형	재생에너지 (기타), 청정연료 및 자원순환 (바이오에너지), 융합실증플랫폼 (인프라구축·실증)	3년간

6	태양열 융복합 산업공정열 이용기술 개발	산업부	개발연구	제품개발	성장형	재생에너지 (기타)	4년간
7	단계도약형탄소중립기 술개발	과기부	기초원천 연구	목적기초	기반구축형	재생에너지 (태양광), 수소경제 (연료전지) 전력네트워크 (에너지저장), 친환경자동차 (전기차, 수소차, 청정연료 (바이오에너지))	3년간
8	기후기술국제협력촉진	과기부	기반연구	인프라	기반구축형	융합실증플랫폼 (인프라구축실증, 인력양성, 정책)	9년간
9	액화수소 충전 핵심부품 및 시설 안전기술개발	산업부	응용연구		기반구축형	수소경제 (수소저장운송, 활용)	4년간
10	신재생 연계 ESS 안전성 평가센터 구축사업	산업부	개발연구	선행개발	기반구축형	재생에너지 (태양광, 신재생융합), 수소경제 (연료전지), 전력네트워크 (에너지저장), 융합실증플랫폼 (인프라구축실증, 에너지안전, 표준화인증)	4년간
11	공기액화 기반 에너지저장 및 활용 시스템 기술개발 RE100 기반의	국토부	개발연구	선행개발	도전혁신형	전력네트워크 (에너지저장)	5년간
12	수소시범단지 인프라 기술개발	국토부	개발연구	제품개발	기반구축형	수소경제 (수소생산, 수소저장, 운송, 연료전지, 수소활용)	4년간
13	해양 재생에너지 연계 해양그린수소 생산기술개발	해수부	개발연구	선행개발	성장형	재생에너지(해양), 수소경제(수소생산)	4년간
14	가스터빈 부품 제조기업 기술역량 강화 및 품질·신뢰성 지원 인프라 구축 기술개발	산업부	개발연구	제품개발	성장형	산업공정혁신(기타)	5년간
15	CCU3050 기술개발 사업	과기부	개발연구	선행개발	도전혁신형	CCUS(포집, 활용)	3년간
16	석유 대체 친환경 화학기술 개발	과기부	기초원천 연구	순수기초	도전혁신형	CCUS(활용), 청정연료 및 자원순환 (바이오에너지, 자원순환)	5년간

17	탄소자원화 플랫폼 화합물 제조 기술개발	과기부	개발연구	제품개발	도전혁신형	산업공정혁신 (석유화학), CCUS(활용), 청정연료 및 자원순환(자원순환)	5년간
18	시장선도형 CCU 전략제품 생산기술 실증	산업부	개발연구	제품개발	도전혁신형	CCUS(활용), 융합실증플랫폼 (표준화 및 인증)	3년간
19	CO2 해양지중저장 상용화 핵심 기술개발사업	산업부	개발연구	제품개발	도전혁신형	CCUS(저장)	3년간
20	CCUS 상용기술 고도화 및 해외저장소 확보를 위한 국제공동연구 프로젝트	산업부 +다부 처	개발연구	선행개발	도전혁신형	CCUS (저장, 활용) 융합실증플랫폼 (인력양성 국제협력)	3년간
21	DNA(데이터, 네트워크, 인공지능) 활용 탄소중립 에너지효율화 핵심기술개발 사업	과기부	개발연구	선행개발	성장형	수요관리 고효율 (디지털 수요관리, 산업 효율 향상)	4년간
22	CCUS 미래산업 혁신기술 개발	산업부	개발연구	선행개발	도전혁신형	CCUS(저장, 활용)	3년간
23	탄소순환형 정유제품 생산을 위한 CCU 통합공정 기술개발	산업부	개발연구	제품개발	도전혁신형	산업공정(기타), CCUS(포집, 활용)	4년간
24	철강분야 탄소중립을 위한 무탄소 연료전환 및 에너지효율향상 기술 개발	산업부	개발연구	제품개발	도전혁신형	-	4년간
25	지능형전력망 표준기술 고도화 사업	산업부	기반연구	인프라	기반구축형	전력네트워크 (스마트그리드), 융합실증플랫폼 (표준화및인증)	6년간
26	재생에너지 확대 대응 전력계통 관성자원 기술개발사업	산업부	응용연구	전략응용	도전혁신형	전력네트워크 (스마트그리드)	4년간
27	신재생에너지연계 해상변전소용 핵심 전기기기 기술개발사업	산업부	개발연구	제품개발	성장형	재생에너지(풍력), 전력네트워크 (스마트그리드)	4년간
28	전력그리드용 100MWh급 건물형 LIB-ESS 기술 실증센터구축 사업	산업부	개발연구	제품개발	기반구축형	전력네트워크 (에너지저장), 융합실증플랫폼 (인프라구축실증)	4년간

2. 2022년 적용결과

2023년 사업예산편성을 위하여 녹색·기후기술 분야 중소형 R&D 신규사업 분석모델을 적용하여 작성된 사업계획서는 총 18건이며, 해당 사업들의 개요를 아래 표와 같이 정리하였다. 이중 산업부에서 제출된 사업이 9건이며, 과기부가 2건, 국토부 2건, 해수부 3건, 새만금청 1건, 환경부 1건으로 나타났다. 분야별로는 재생에너지를 포함하는 기후변화 융합 부문이 2건, 수소기술 2건, 수소·안전 부문이 1건, 수소·해양·기타 부문이 3건, 청정화력이 3건, 에너지효율 및 CCUS가 1건, 전력망·에너지저장 부문이 2건, 이차전지 2건이 포함되었다.

<표 3-3> 2023년 탄소중립분야 신규 중소형 R&D 사업리스트

신규사업 번호	부처	분야	신규/ 계속	신규사업 명
1	산업부(다부처)	재생에너지+융합	신규	차세대친환경바이오연료생산
2	과기부	재생에너지+융합	신규	신기후체제대응기후적응
3	산업부	자원	신규	티타늄국산화를위한전주기
4	산업부	수소+안전	신규	천연가스배관망수소혼입
5	국토부	수소	신규	국토교통분야수소기술의전과정평가
6	국토부	수소	신규	수소도시용수소배관망
7	해수부	수소+해양+기타	신규	탄소중립실현파력발전기술
8	해수부	수소+해양+기타	신규	해수온도차발전,담수화
9	해수부	수소+해양+기타	신규	해양CCS중규모실증을위한해양환경평가 감시체계
10	산업부	수소+해양+기타	신규	탄소중립에너지기자재공급망
11	산업부	청정화력	신규	발전용가스터빈의수소혼소
12	산업부	청정화력	신규	USC급보일러암모니아이혼소발전
13	새만금청	청정화력	신규	순환유동충열병합발전소
14	과기부	효율, CCUS	신규	공기중직접포집(DAC)원천
15	산업부	전력망+에너지저장	신규	계통유연자원서비스화기술
16	산업부	전력망+에너지저장	신규	분산에너지계통접속확대
17	산업부	이차전지+기타	신규	기관실장용 산화물계 초소형 적층 세라믹 전고체전지(Multi-layer ceramic battery, MLCB) 개발사업
18	환경부	이차전지+기타	신규	국가탄소수지평가관리

<표 3-4> 2023년 제안 신규사업 현황 비교자료

부처	사업명	'23년		주요내용 (사업목표)	관련 정책목표 (정책)	본 사업 달성목표 (기술개발)	관련성 (정책기여)
		예산요구(억원)	중기(시스템)				
1 산업부 (다부처)	차세대 친환경 바이오 연료생산	33	-	<ul style="list-style-type: none"> 정유 및 항공 산업에 특화된 차세대 바이오연료 생산·활용 기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> '제5차 신재생에너지 기본계획', ('20.12)은 '신재생에너지연료 혼합 의무화제도(RFS)'의 단계적 확산을 제시 * 바이오디젤 혼합비율('21년 3% → '30년 5%) 	<ul style="list-style-type: none"> 실증연계 R&D를 통한 바이오연료 생산·활용 기술 확보 -동남아 대량생산 사이트 확보에 따른 대두유 대비 원료단가 10% 저감 -기존 전처리 추출공정 대비 에너지 15% 저감 -기존 수소첨가 반응공정 대비 10% 저감 -기존 전환공정 대비 전공정 에너지 소모량 10% 저감 	<ul style="list-style-type: none"> 기술 확보 후 정유 항공 산업에 보급될 경우를 가정하여 바이오디젤 혼합비율 '30년 5% 달성에 기여가능을 산출 -기술의 산업보급을 가정하여 정책기대효과를 산출
2 과기부	신기후체 제 대응 기후적응	9	-	<ul style="list-style-type: none"> 도시에서의 기후변화로 인한 다양한 영향들을 수집·분석하고, 손실·피해를 완화하는 기술을 적용한 거대 모사 실험을 통해 효과를 평가하는 원천기술 개발에 목표를 둠 	<ul style="list-style-type: none"> '제5차 과학기술기본계획('23~'27) 수립방향(안)('21.8)에서 '인류와 국가의 생존보장을 위한 국제협안 해결'이 전략으로 제안 -윤석열정부 국정과제 87에서 인공지능(AI) 홍수예보('25년), 담·하천 디지털트윈 구현('26년) 등 스마트기술 기반의 물 재해 예보·대응체계 구현이 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 디지털 트윈 기반 도시 기후영향 감시 및 피해 감지 기술 개발 도시 기후변화 영향 손실·피해 완충 기능성 소재 및 능동 이용 시스템 개발 도시 기후영향 실험모사 (U-ecoton) 기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> 온실가스 적응관련 사업으로 정량적 달성목표는 없음 센터 신소재 개발과 거대모사 실험 시스템의 원천기술 확보를 목적기후변화로 인한 도시 공간 및 생태계의 피해와 손실의 맞춤형으로 대응
3 산업부	천연가스 배관망 수소	40	-	<ul style="list-style-type: none"> 도시가스 배관 공급압력별 수소혼입 공급 	<ul style="list-style-type: none"> 2030 NDC*('21.10) 정책과 연계 온실가스 배출량 감축 목표 달성에 기여 	<ul style="list-style-type: none"> 도시가스 배관재료 수소취성 평가 및 수명예측 안전기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 도시가스 배관 수소 20 Vol% 혼입을 가정하여 연간 약 709만톤

				안전성 검증 기술개발 및 실증을 통한 안전기준 제도로화로 2050 탄소중립 실현에 기여							CO ₂ 감축(NDC 2.44% 기여)를 산출
4	산업부	국민 체감형 전기설비 비대면 원격점검	40	-	-	<ul style="list-style-type: none"> 안전성 검증 기술개발 및 실증을 통한 안전기준 제도로화로 2050 탄소중립 실현에 기여 	<ul style="list-style-type: none"> 제23차 에너지위원회 개최('21.6) 및 전기안전관리법 개정('21.12)에 따른 디지털 전기안전 전 관리체계 전환 안전기술 개발 시급 원격전기안전점검(1~3년 주기적 대면 점검 → 비대면 원격점검 전환) 제도화를 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 주택용 전기설비 비대면 원격점검 디바이스 개발 저압 3상용 전기설비 비대면 원격점검 디바이스 개발 전기안전 원격점검 모니터링/위험예측 및 빅데이터 처리 플랫폼 개발 전기설비 아키텍처 시 평가 및 감전사고 예방용 웨어러블 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 주택용/산업용연소기/가스 기기 연소 성능 안전성검증 안전기술 개발 비금속 재료 수소침투 적합성 평가 및 가스유량 오차검증 안전기술 개발 도시가스 배관망 수소혼입 안전성 평가/실증 및 안전기준 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 사업 후 원격점검 디바이스를 5년간('26~'30) 1,100만호 설치시 점검예산 5년간 총 2,100억원 절감, 점검인력 '30년 기준 48.0% 감축(933명 → 485명)*을 성과로 제시 국내의 전기화재 사고 일본 수준(17.3%'14~'18)까지 감축('20년 : 21.1% → '27년 18.4%) 비대면 원격점검 활성화로 연 평균 약 1,120억원 규모의 전기안전 감시장치 시장 활성화를 성과로 제시 	
5	국토부	국토교통 분야 수소 기술의 전기안전 평가	10	-	-	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소 기술 전과정평가 방법론 개발 및 LCI DB 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 수소경제 활성화 로드맵('19.1)과 제1차 수소경제 이행 기본계획, 국토교통 2050 탄소중립 로드맵('21.12)에서 국토교통분야 수소기술 연구개발의 탄소중립 기여도 정량화 및 산업 방법론 구축 필요를 제안 	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소기술의 전과정평가 방법론 개발 전과정목록 데이터베이스 구축 -전과정평가 플랫폼 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 국토교통분야 수소기술의 탄소중립 기여도에 대한 평가기반을 마련하는 측면을 강조 		

6	국토부	수소 도시용 수소 배관망	20	-	-	<ul style="list-style-type: none"> 수소도시 등 수소의 수요-공급 증가 등에 따른 대용량 수소의 안전하고 경제적인 이송을 위한 인프라 구축 기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> 수소경제 활성화 로드맵('19.1), 탄소중립 기술혁신 추진전략('21.3) 등에서 대용량 수소이송 중점 기술개발에 대한 필요성을 강조 	<ul style="list-style-type: none"> 도심내 수소이송 8인치 (도시용) 수소배관망 구축 수소관망 내구수명 30년 이상 시공관리 자동화율 70%이상달성 국가건설기준(안) 및 안전매뉴얼 수립 	<ul style="list-style-type: none"> 수소배관망의 해외의존기술에 대한 자립과 수소관망의 안전성 확보를 정책적 연계 성과로 제시
7	해수부	탄소중립 실현 파력발전 기술	90	37.39	52.61	<ul style="list-style-type: none"> 파력발전 상용화를 위한 외해 대규모 부유식 발전단지 구축 및 연안·심심 방파제 연계형 파력발전단지 모듈 실증 	<ul style="list-style-type: none"> 2030년 NDC 목표 달성 및 2050년 탄소중립 실현을 위해 해양에너지 활용 「해양수산분야 2050 탄소중립 로드맵」(21.12, 해양수산부) * 2050년까지 파력·조력 등 해양에너지 활용 확대를 온실가스 229.7만 톤 감축 	<ul style="list-style-type: none"> 부유식 파력발전 플랫폼/계류계 설계인증(AIP) 1건 국내 최초 200kW 부유식 파력발전 실증플랜트 1건 방파제 연계형 파력발전 다수모듈(5기) 실증플랜트 1건 방파제 파력발전단지 설계 표준 1건 	<ul style="list-style-type: none"> 2050년까지 조력발전 확대 및 조류·파력 등 해양에너지 기술의 상용화를 가정하여 온실가스 229.7만 톤 감축기여를 산출
8	해수부	해수 온도차 발전, 담수화	100	-	-	<ul style="list-style-type: none"> 신형식 저온도차 담수화를 적용한 MW급 해수온도차발전·담수화 복합플랜트 개발 및 국외 장기운전 실적 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 2050탄소중립 추진전략('20), '2050탄소중립시나리오('21), '해양수산 5개 기술혁신 전략('21), '해양수산분야 2050 탄소중립 로드맵('21), 신정부 '국정과제 86' 적극적인 탄소중립 정책 추진 2030년 NDC 해외감축 목표(33.5백만톤 CO₂) 달성 및 '50년 탄소중립 실현을 위해 지원 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 신형식 저온도차담수화 핵심기술 및 1MW급 해수온도차발전·담수화(1.1m³/s) 복합공정 개발 해수온도차발전·담수화 실해역 장기운전 데이터 확보, 디지털 플랜트 운용 기술, 환경개선 기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 키리바시 해역은 연간 가동률이 100%에 가까운 해역이며 1MW급 발전으로 '25년 497톤/CO₂ 감축, 개발 완료 시 연 1,989톤/CO₂ 감축이 가능하며 이를 해외 감축분과 연계하는 것을 제시
9	해수부	해양CCS 중규모 실증을	50	50	-	<ul style="list-style-type: none"> 해양 CCS 사업의 수용성 확보를 위해 해양 	<ul style="list-style-type: none"> 2050 탄소중립 시나리오는 '30년까지 CCS 기술로 연간 400만톤 	<ul style="list-style-type: none"> CO₂ 해저면누출위험 평가·예측·모니터링 기반기술 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 2030 NDC 계획에 따라 예정된 (23년 또는 24년) 동해 가스전 중규모

				CCS 실증 사업을 대비한 CO ₂ 해양 누출 잠재성 평가·감지 및 해양환경·생태계 평가·모니터링·대응 체계 및 기반기술 개발 필요	온실가스 감축 추진과 '50년까지 국내외 저장소 확보를 통한 이산화탄소 6천만톤 저감 계획	<ul style="list-style-type: none"> CO₂ 스트림 해양누출 대비 해양환경·생태계 모니터링 기반기술 고도화·개발 및 평가체계 구축 CO₂ 스트림 해양누출에 따른 해양생태계 위협성평가 기반기술 고도화 및 개발 해양CCS 안전문화확산을 통한 사회적수용성 확보체계구축 	실증사업의 해양환경(해저~수층)에서의 안정성/위해성을 평가하고 모니터링하는 기반기술과 체계 구축하여 온실가스 감축에 간접적으로 기여
10	산업부	탄소중립 에너지 기자제 공급망	60	<ul style="list-style-type: none"> 에너지신산업 분야 핵심기자제 국내 기술개발을 통해 저탄소 산업기반을 마련하고 밸류체인 안정화 지원 	<ul style="list-style-type: none"> 제4차 에너지기술개발계획, 2050 탄소중립 추진전략 등 정부 정책·국정과제·상위계획 등에서 언급하고 있는 에너지산업 소재·부품 기반 역량 강화 지원 	<ul style="list-style-type: none"> 태양광/풍력 발전설비 경제성 향상을 통해 재생에너지 보급을 확대하여 온실가스 감축에 기여 수소충전소 핵심부품 개발과 연료전지 단가저감으로 수소차 보급 확대를 통해 온실가스 감축 기여 에너지효율등급제에 대응하는 국산 소형 모터 및 송풍기 에너지 효율 개선으로 온실가스 감축에 기여 	<ul style="list-style-type: none"> 핵심소재 및 부품개발이 에너지산업에 확산되는 과정에서 에너지산업 전반에서 온실가스 감축에 기여
11	산업부	발전용 가스 터빈의 수소혼소	50	<ul style="list-style-type: none"> 한국형 및 외산 운영 중 발전용 가스터빈의 수소혼소 기술개발 및 실증 	<ul style="list-style-type: none"> 수소혼소 기술개발 및 실증을 통한 2030 NDC 목표 달성 및 2050 탄소중립 발전분야에 기여 - 무탄소 연료 혼소 도입 	<ul style="list-style-type: none"> 표준 270MW 수소 혼소 엔진 최적화 기술개발 및 실증 운영용 외산 F급(150MW) 가스터빈 수소혼소 리트로핏 기술개발 및 실증 가스터빈 연소기 무탄소 	<ul style="list-style-type: none"> 2050년에 기존 및 신규 LNG 발전용량 전체를 수소전소로 전환하였을 경우를 가정하여 2050 탄소중립 달성에 기여할 수 있음을 제시

12	산업부	USC급 보일러 암모니아 이혼소 발전	50	-	-	<ul style="list-style-type: none"> 운실가스 배출원인 석탄화력발전의 탄소배출 저감을 위해 USC급 보일러 대상으로 무탄소 연료 암모니아 20% 혼소기술 개발 및 실증 	<ul style="list-style-type: none"> 2050 탄소중립 시나리오(21.11)에서 -화석연료발전 전환 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안(21.10)의 무탄소연료 혼소 도입에 기여 	<p>연료전환 시험평가·인증센터 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> 수소터빈 기반 시험연구발전소 타당성 검토 및 기본설계 <ul style="list-style-type: none"> 석탄+암모니아 20% 혼소버너 및 실증 발전 기술의 국내 석탄화력 확대 보급 '30년 기준, 암모니아 혼소 발전을 통한 22TWh 상당의 전력 생산 *2030년 전원믹스 구성의 3.6% 비중을 목표 	<ul style="list-style-type: none"> 잔존 발전소 437 (32.6 GW) 대상 20% 혼소 적용 시를 가정하여, 2,690만 톤 CO₂ 감소를 예측 USC급 발전소 17기 (16.4 GW) 대상 혼소 적용 시를 가정하여, 1,350만 톤 CO₂ 감소를 예측
13	세만금청	순환유동층 열병합 발전소	20	-	-	<ul style="list-style-type: none"> 순환유동층 연소시스템 기반 석탄- 바이오매스- 암모니아 혼소 핵심기술 개발 및 실증을 통한 보급 확대 	<ul style="list-style-type: none"> 「2050 탄소중립 시나리오 확정(21. 10)」: '전환' 부문에서 무탄소 연료를 이용하는 발전 계획 발표 「2030 국가 온실가스목표(NDC) 상향안 확정·발표(21. 10)」: 석탄발전 축소에 따른 무탄소 연료 혼소 도입 전원 믹스 구성 	<ul style="list-style-type: none"> 10.1MWth급, 10MWth급 순환유동층 설비에서 기술 개발 및 검증 후 150MW급 순환유동층 연소시스템에서 석탄-바이오매스-암모니아(20%) 혼소 운전 기술 실증 	<ul style="list-style-type: none"> 순환유동층 연소원료를 바이오매스와 암모니아로 100% 전환을 가정한다면, 산업분야 2030 NDC 감축 목표 대비 18.5% (7백만톤) 감축 가능성을 제시
14	과기부	공기중 직접포집(DAC) 원천	80	-	-	<ul style="list-style-type: none"> 2030년 국가 온실가스 감축 목표 및 탄소중립 2050 시나리오 이행을 위한 직접공기포집(DAC) 기술 및 DAC 연계 유용화합물 전환기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립 2050 시나리오에서 CCUS를 통해 A안) 연 5,510만 톤, B안) 연 8,460만 톤을 감축량으로 산정하고, 시나리오 B안에서는 DAC를 통해 연 740만 톤을 감축량으로 산정 CCU 기술혁신 	<ul style="list-style-type: none"> 직접공기포집(DAC) 원천 기술 및 단위 모듈 개발 이산화탄소 동시포집전환(RCC) 원천기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> 본 과제는 DAC 고농도 CO₂ 회수를 포함하는 기술 개발을 목표로 하고 있고, 2050년 백만 톤/년 규모 적용이 가능한 100~200 kg/일 규모 단위모듈 개발을 목표 현재는 DAC와 RCC의 원천기술 개발확보를

15	산업부	계통 유연자원 서비스화 기술	60	42	18	<ul style="list-style-type: none"> 재생에너지 계통접속 증가에 따른 안정적 전력계통 운영에 필요한 계통유연자원 서비스화 기술개발 및 운영실증, 제도 도입을 위한 정책연구 지원 	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립추진전략(20.12)에서 재생에너지 변동성 대응을 위해 송배전망 확충, 자가소비 활성화 등 분산형 에너지 시스템 확산을 제시 제9차 전력수급기본계획(20.12)에서 수요관리를 위한 V2G 등 신규 수단 도입, 계통 안정화를 위한 출력 변동 대응 및 분산자원 활용 기반구축을 언급 분산에너지 활성화 추진전략(21.06)에서 통합발전소 제도 도입을 언급 	<p>로드맵(안)(관계부처 합동, '21.6)에서 DAC 기술은 '30년까지 원천기술 개발 및 소규모 테스트를 완료하고 '50년까지 실증 격상 추진을 통해 '40년 DAC 포집 비용 \$100/톤을 목표로 하고 있음</p>	<ul style="list-style-type: none"> 정부는 분산에너지(40MW 미만)를 통합발전소 도입과 DR·ESS·X2G 등 유연자원 연계 확장을 위해 VPP-DSO-TSO 협조체계 구축에 대한 실증 및 지원-배전망 부하율 향상률 20%(25), 40%(26)-VPP플랫폼 협조운전 지속시간 30분(25, '26)-NWAS 자원의 배전계통 유연성 제고 기여도 10%(25), 30%(26) 	<ul style="list-style-type: none"> 통합발전소 기반 전력시장참여를 통한 수익 및 재생에너지 확산을 통한 기여도를 제시 	목표로 하며, 미래 파급효과 측면에서 기여
16	산업부	분산 에너지 계통 접속 확대	70	-	-	<ul style="list-style-type: none"> 분산에너지 기반의 주파수 운영기술 및 그리드 포밍 표준과 평가기술 개발을 통해 전력망 안정화를 위한 기준과 평가환경을 구축하여 전력계통의 관리·수용 능력 	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립추진전략(20.12)에서 재생에너지 변동성 대응을 위해 송배전망 확충, 자가소비 활성화 등 분산형 에너지 시스템 확산을 제시 제9차 전력수급기본계획(20.12)에서 수요관리를 위한 V2G 등 신규 수단 도입, 계통 안정화를 위한 출력 변동 대응 및 	<ul style="list-style-type: none"> 실계통 기반 전력시장 참여 분산전원 TSO-DSO 협조운영기술 개발-배전망부하율 향상 재생에너지 수용 확대 및 계통 안정화를 위한 P2X-VPP 통합플랫폼 실증-VPP플랫폼 협조운전 지속시간 향상 배전망 유연성 향상을 위한 NWAS 포트폴리오 	<ul style="list-style-type: none"> 통합발전소 기반 전력시장참여를 통한 수익 및 재생에너지 확산을 통한 기여도를 제시 		

17	산업부	기판실장용 산화물계 초소형 적층 세라믹 전고체 전지 (Multi-layer ceramic battery, MLCB) 개발사업	56	39.20	16.80	강화	본산자원 활용 기반구축을 언급 <ul style="list-style-type: none"> • 분산에너지 활성화 추진전략(21.06. 산업통상자원부)에서 전력계통의 관리·수용 능력 강화를 위한 계통 인프라 구축을 통한 재생에너지 변동성 완화를 제시 	개발 및 실증 - NWas 자원 배전계통 유연성 제고	
18	환경부	국가 탄소수지 평가관리	92.52	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • 관측기반(위성 등) 지역단위(1km x 1km) 온실가스 인벤토리 구축 및 미래 배출량 예측, 기술·수단별 온실가스 감축 효과평가 등 기술개발을 통한 국가·지자체 탄소중립 달성 지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 「탄소중립기본법」 시행(22.3월)으로 기초지자체 단위까지 탄소중립 기본계획을 수립·이행해야 함 	<ul style="list-style-type: none"> • MLCB용 산화물계 고체전해질 소재 개발 • 산화물계 MLCB용 음극 활물질 개발 • 산화물계 MLCB용 양극 활물질 및 집전체 개발 • 기판실장용 MLCB 설계 및 제조공정기술개발 • 기판실장용 MLCB 양/음극 페이스트 기술개발 • 기판실장용 MLCB 고내구 패키징 요소기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 미래 Mobile IoT용 이차전지 신규 패키징 공정기술, 소재 및 전지 성능 최적화를 통해 이차전지 산업에 기여
18	환경부	국가 탄소수지 평가관리	92.52	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • 관측기반(위성 등) 지역단위(1km x 1km) 온실가스 인벤토리 구축 및 미래 배출량 예측, 기술·수단별 온실가스 감축 효과평가 등 기술개발을 통한 국가·지자체 탄소중립 달성 지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 「탄소중립기본법」 시행(22.3월)으로 기초지자체 단위까지 탄소중립 기본계획을 수립·이행해야 함 	<ul style="list-style-type: none"> • 위성기반 고해상도(1km x 1km 단위) 탄소 흡수·배출량 산정 기술개발(선진국 기술대비 70% 수준 목표) • 전국 기초지자체(226개) 고해상도 탄소수지 산정 플랫폼 구축 - AI, 빅데이터 등을 활용하여 탄소중립 이행계획, 사회·제어건 변화 등에 따른 미래 	<ul style="list-style-type: none"> • 위성 등 관측기반으로 온실가스 배출정보의 정확성·시의성을 제고하고, 지역단위까지 세분화된 현재·미래 온실가스 배출정보 구축 기술개발을 통해 국가·지자체 탄소중립 이행지원하는 측면에서 연계성을 제시

제4장 기획자를 위한 중소형 R&D 사업 자체평가 모형 개발

제1절 서론

1. 국가 R&D 사업기획을 위한 기계학습 기반 타당성 평점 및 B/C 분석: 기후기술 분야를 중심으로

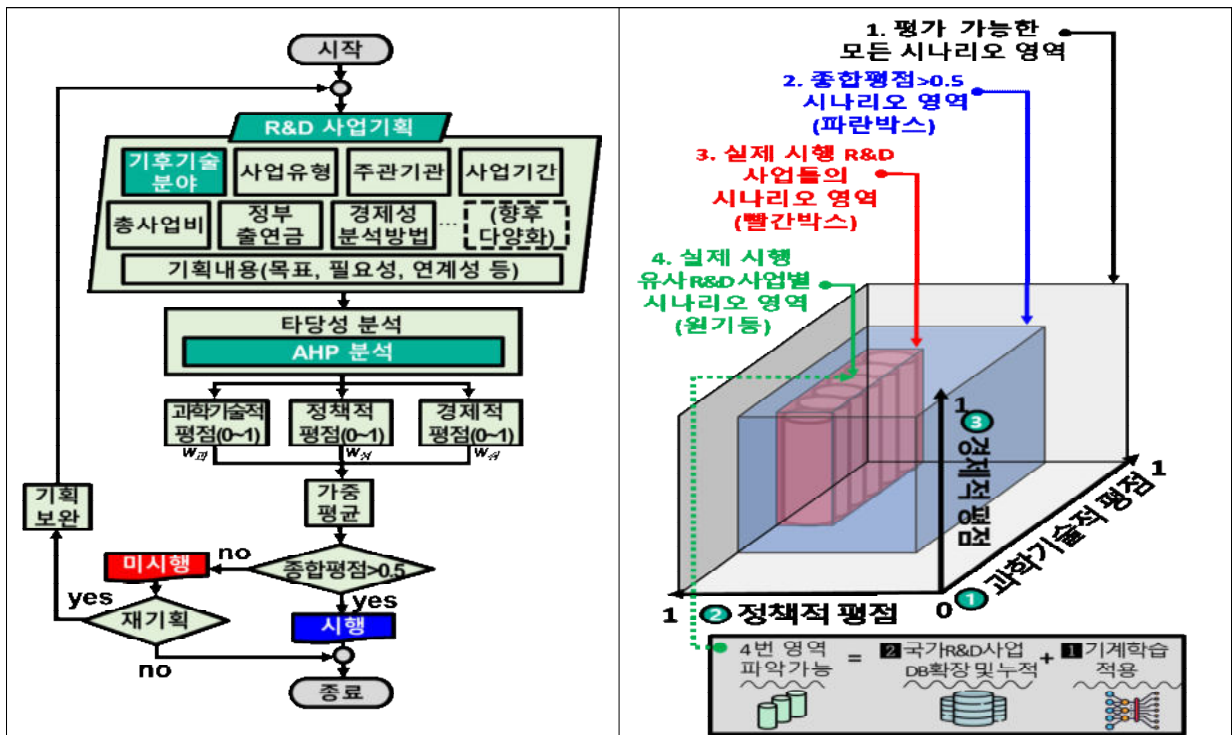
기후위기 대응을 위하여 R&D 사업이 추진이 필요한 세 가지 분야(온실가스 감축, 기후변화 적응, 융복합)의 기술들은 국가녹색기술연구소가 체계화하여 보고한 기후기술로 정의될 수 있다(염성찬, 2017). 한편, 기후기술 분야를 포함한 국가 R&D 사업은 총사업비가 500억 이상이고 국비가 300억 이상인 경우 예비타당성조사를 받아야 시행될 수 있다. 이를 통해 세 가지 분야별(과학기술, 정책, 경제) 타당성을 검토받은 R&D 사업은 시행을 통보받을 수 있다. 분야별 타당성 평가는 기후기술 R&D 사업의 목적과 특수성(예: 간접적 온실가스 감축효과 추정의 어려움 등)을 복합적으로 고려하여 진행되며, 최종적으로 계층분석법(Analytic Hierarchy Process: AHP)을 통하여 분야별 및 종합평점의 형태로 평가된다. 이러한 과정을 그림 4-1에 간략히 나타내었다. AHP는 분과위원회 및 동 예비타당성조사에 참여한 연구진, 자문위원 등 종합평가위원회 12인에 의하여 수행된다. 종합평점을 도출하기 위한 분야별 가중치는 R&D 사업의 유형별로 정해진 범위 내에서 연구개발의 목적과 특수성에 따라서 결정된다.

종합평점이 0.5 이상이면 사업 시행이 바람직함을 의미하지만, 분야별 가중치로 인하여 이를 가능하게 하는 분야별 평점은 상당히 많은 수의 경우가 존재할 수 있다. 이러한 개념을 그림 4-1에 제시하였다. 예를들어, 기존에 시행된 국가 R&D 사업 중에서 ‘데이터 경제를 위한 블록체인 기술개발사업’과 ‘연료전지자동차 부품 실용화 및 산업기반 육성사업’의 경제적 타당성 평점은 각각 0.475, 0.503이었다.

예비타당성조사 대상 기후기술 R&D 사업을 효과적으로 기획하기 위해서는 기존에 시행된 유사 사업으로부터 세 가지 분야별 타당성 및 비용편익비(B/C)의 필요 수준을 사전에 파악하는 것이 필요하다. 이러한 기획방법론은 관련 문헌 데이터베이스(database, DB)의 부족과 유사 사업의 모호성으로 인하여 현재까지 누적된 DB 수준에서는 실행되기에 한계가 있다. 이러한 한계는 향후 문헌 DB가 확장 및 누적되고 유의미한 변수의 종류가 많은 상황에서 성능이 향상될 수 있는 기계학습(machine learning)을 활용하여 극복될 것으로 예상된다. 사업 목표와 성과지표 등을 포함하여 R&D 사업의 기획 및 평가와 관련된 자료(예시: 온실가스 감축 여부, 부수적 감축 여부 등)가 범주 및 수치형 자료로서 충분히 DB화될 경우, AHP에서 유사 사업들의 분야별 타당성 가중치는 특정 범위 내에서 반복적으로 결정되는 양상을 보일 것을 예상할 수 있다. 이에 따라서 향후 유사 사업들의 타당성 평점 또한 특정 범위에서 반복적으로 나타나는 양상을 보일 수 있다.

이러한 개념을 그림 4-1에 제시하였으며, 붉은색 3번 직육면체 내에 여러 원기둥이 형성되는 것으로 시각화하였다. 그림 4-1에서 4번 원기둥 영역은 기후기술 분야, 사업유형 등이 매우 다양한 사업내용들이 복합적으로 반영되어 나타나는 사업 유사성에 따라서 형성되므로 연구자가 문헌을 통하여 파악하기에는 한계가 있다. 하지만, 앞서 언급한 바와 같이, 국가 R&D 사업의 DB가 누적되고 이를 기계학습에 적용한다면 4번 영역은 효과적으로 파악될 수 있다. 또한, 기계학습을 이용한 4번 영역의 파악과 같은 시도는 향후 R&D 사업기획 분야에 대한 기계학습의 활용 가능성을 모색하기 차원에서 B/C 추정에 적용해볼 수 있다. B/C는 R&D 사업의 기후기술 분야, 사업유형, 총사업비 등의 사업내용들이 종합적으로 반영되어 산정 및 평가된다.

<그림 4-1> 국가 R&D 사업의 예비타당성조사 개략도(좌) 및 R&D 사업의 예비타당성조사에서 받을 수 있는 분야별 타당성 평점 시나리오(우)



향후 B/C 평가와 관련된 자료(예시: 편익 회임·발생 기간, 비용절감액, 사업 기여율 등)가 충분히 DB화될수록 유사 사업들의 B/C는 특정 범위에서 반복적으로 나타나는 양상을 보일 수 있으며, 이는 기계학습을 통하여 파악될 수 있다. R&D 사업의 DB가 수치 및 범주형 자료로서 누적되는 예시를 그림 4-2에 나타내었다. 본 연구의 목표는 활용이 가능한 R&D 사업 58건의 DB를 활용하여 사업의 시행을 위한 분야별 타당성 평점 및 B/C를 도출하고 R&D 기획에 대한 기계학습의 활용 가능성을 분석하는 것이다.

연구의 구성과 추진 단계는 다음과 같다. 2장에서는 기계학습을 이용한 선행연구들을 검토한다. 3장에서는 연구의 추진체계와 기계학습 등 연구 방법을 설명한다. 4장은 연구 결과로서 기계

학습의 생성 과정과 성능을 논의한다. 또한, 생성된 기계학습을 활용하여 예비타당성조사 시행을 위한 타당성 평점과 B/C를 도출한다. 5장은 결론 및 고찰로서 R&D 사업기획을 위한 기계학습의 활용 가능성과 본 연구의 시사점을 논의한다.

제2절 선행연구

1. 기계학습 개요

기계학습은 인공지능(artificial Intelligence: AI)의 하위 분야로서 데이터에서 규칙적으로 발견되는 패턴을 식별 및 학습하여 필요한 작업(예시: 예측, 군집화, 차원 축소, 자료 생성 등)의 알고리즘을 스스로 개발하는 능력을 의미한다(Shinde, 2018). 인공지능은 인간의 지각, 추론 등이 필요한 작업을 수행할 수 있는 컴퓨터 시스템을 만드는 과학으로 정의될 수 있다(Helm, 2020). 기계학습의 장점은 인간이 파악하기 어려운 데이터 추세와 패턴을 식별할 수 있으며, 기계학습 생성 후 사람의 개입 없이 필요한 작업의 수행 가능하다는 점이다. 또한, 자료의 학습량이 증가함에 따라서 기계학습의 목표 기능이 더욱 강화될 수 있다. 이러한 기계학습은 데이터에서 반복적으로 나타나는 패턴에 기반하여 작업을 수행하고 정확도를 높이는 방향으로 알고리즘을 개발하므로 빅데이터와 같은 거대한 자료를 통해서 더욱 강화될 수 있다. 이때 빅데이터는 자료의 행과 열이 유의미한 값으로서 세밀해지고 누적된 형태이어야 하며, 기계학습을 통하여 기존 데이터에서 발견하지 못했던 패턴·추세·기저 메커니즘을 발견할 수 있는 기회를 제공할 수 있다. 반대로 활용이 가능한 자료의 양이 충분하지 않다면 기계학습의 성능은 낮아질 수 있다. 따라서 자료의 양이 제한적인 상황에서는 기계학습의 적용과 결과해석에 매우 신중해야 한다(Geirhos, 2020).

2. 기계학습을 이용한 관련 선행연구

기존 선행연구에서는 기계학습을 이용하여 국가 R&D 사업의 예비타당성조사의 시행 여부와 B/C를 추정하는 사례는 없었지만, 기업에 대한 정부 R&D 지원 효과 예측, R&D 사업 문헌 자동 분류 등 다양한 분야에 기계학습을 적용하려는 시도를 확인할 수 있었다. 특히, 기계학습 중에서 딥러닝(Deep learning)을 활용한 연구들을 본 연구와 유사한 선행연구 사례로서 확인할 수 있었다. 딥러닝은 본 연구에서 활용한 인공신경망을 다수의 계층 형태로 연결하여 개선한 기계학습 방법이다(Schmidhuber, 2015).

주경원 외(2022)는 국가 R&D 사업의 문헌 정보를 45개의 기후기술 분류체계로 분류하는 자연어 처리 기반의 다중분류 딥러닝을 개발하였다. 이때 활용된 기후기술 분류체계는 본 연구에서 활용하는 분류체계와 동일하며(대분류 3개: 온실가스 감축, 기후변화 적응, 융복합) 추가적으로 더 상세한 소분류 수준까지를 대상으로 하였다. 주경원 외(2022)는 자연어 기반 딥러닝이 전문가

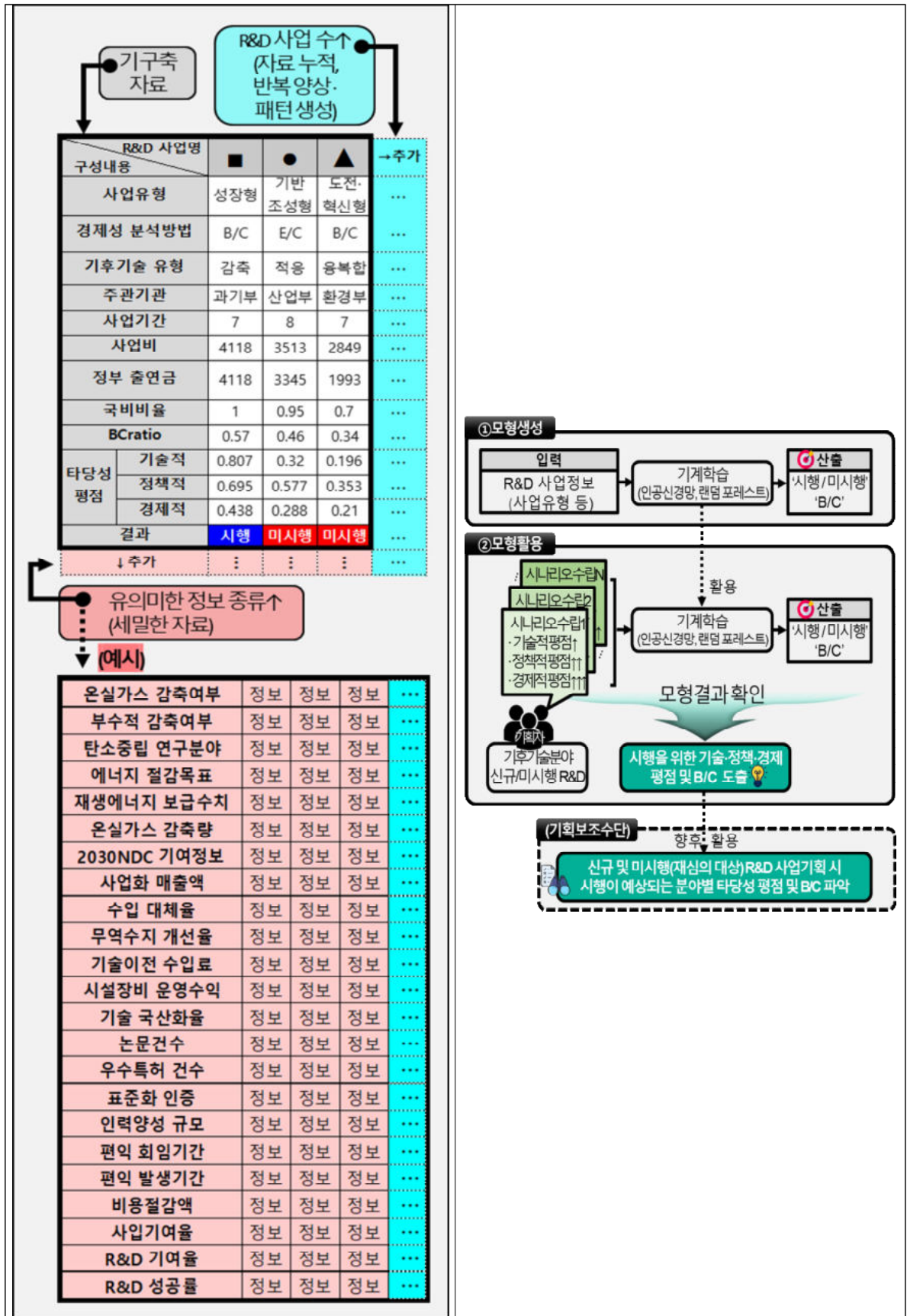
가 기후기술 분류체계를 이용하여 분류한 국가 R&D 사업 자료를 효과적으로 분류할 수 있음을 보여주었다. 또한, 향후 자연어 기반 딥러닝이 전문가보다 R&D 사업 문헌을 기후기술 분류체계에 따라서 효율적으로 분류하는 것이 가능할 수 있다고 제안하였다. 이러한 제안은 본 연구가 인공신경망을 이용하여 기수행된 사업특성을 고려하고 이를 토대로 기후기술분야 R&D 사업의 타당성 평점 및 B/C 도출하는 것의 가능성을 제시한다는 측면에서 두 연구의 공통된 시사점으로서 해석될 수 있다.

장필성 외(2020)는 국가 R&D 사업정보와 기업정보를 활용하여 기업지원 효과를 예측하는 딥러닝의 개발 가능성을 보고하였다. 연구에서 개발된 딥러닝은 정부 R&D 사업 지원에 의한 기업의 긍정적 혹은 부정적 효과를 약 60~77% 수준의 정확도로 예측하였다. 이를 통해 연구진은 향후 R&D 사업 수혜기업의 선정 및 평가에 대한 딥러닝의 긍정적인 적용 가능성을 제시하였다. 이러한 결과는 딥러닝과 R&D 사업 문헌을 활용하여 기업 관련 정보의 예측 가능성을 제시한다는 점에서 R&D 사업 DB와 인공신경망을 이용하여 타당성 평점의 도출 가능성을 제시하는 본 연구와 유사한 시사점을 제공한다.

엄태웅 외(2022)는 랜덤 포레스트 및 그레디언트 부스팅(Gradient Boosting) 등을 포함한 의사결정 나무(decision tree) 기반의 기계학습을 활용하여 기업의 상품혁신 여부를 예측하고, 예측성능에 대한 설명변수의 중요도를 분석하였다. 연구진은 랜덤 포레스트가 정부지원제도 활용 자료(예시: 조세지원, 자금지원, 금융지원, 인력지원, 기술지원, 인증지원, 구매지원)에 적용될 수 있으며 혁신성과 예측에 활용될 수 있음을 보고하였다. 또한, 랜덤 포레스트의 특징인 설명변수의 중요도 지수 도출 기능을 활용하여 국가 R&D 지원에 대한 정책적 시사점 도출에 활용할 수 있음을 제시하였다. 이러한 시사점은 연구는 본 연구가 기후기술 국가 R&D 사업의 시행 여부 및 B/C 추정에 대한 랜덤 포레스트의 긍정적인 활용 가능성을 제시한다는 측면에서 두 연구의 일관된 제안으로 해석할 수 있다.

세 가지 유사 선행연구 사례를 통하여 국가 R&D 분야에 대한 기계학습의 향후 적용 가능성을 제시하는 시사점을 확인할 수 있었고, 이는 본 연구가 제안하는 바와 방향성이 일치한다. 현재까지 기후기술 분야 R&D 기획 및 평가에 기계학습이 적용된 연구사례는 적은 가운데, 본 연구는 사업기획을 위한 타당성 평점 및 B/C 수준의 사전 파악에 대한 기계학습을 직접적으로 적용하고 활용 가능성을 탐색했다는 점에서 선행연구들과의 차이점을 가진다.

<그림 4-2> 국가 R&D 사업 DB의 확장 및 누적 예시(좌) 및 연구설계 개략도(우)



제3절 연구설계 및 방법

1. 연구설계

본 연구의 설계는 크게 기계학습을 생성하는 첫 번째 단계와 이를 활용하여 시행을 위한 타당성 평점 및 B/C를 도출하는 두 번째 단계로 구분된다. 이러한 연구설계를 그림 4-2에 나타내었다. 첫 번째 단계인 기계학습의 생성에는 2019년~2021년 동안 수행된 국가 R&D 사업 58건의 DB가 활용되었다. 이를 통해 예비타당성조사의 시행 여부와 B/C를 추정하는 인공신경망(Artificial Neural Network) 및 랜덤 포레스트(Random Forest)를 생성하였고, 성능을 평가하였다. 인공신경망과 랜덤 포레스트는 기계학습 분야에서 가장 보편적으로 사용되는 방법으로 설명변수(explanatory variable)의 분류(대상: 시행 여부)와 회귀(대상: B/C)에 모두 적용이 가능하므로 본 연구에서 활용하였다.

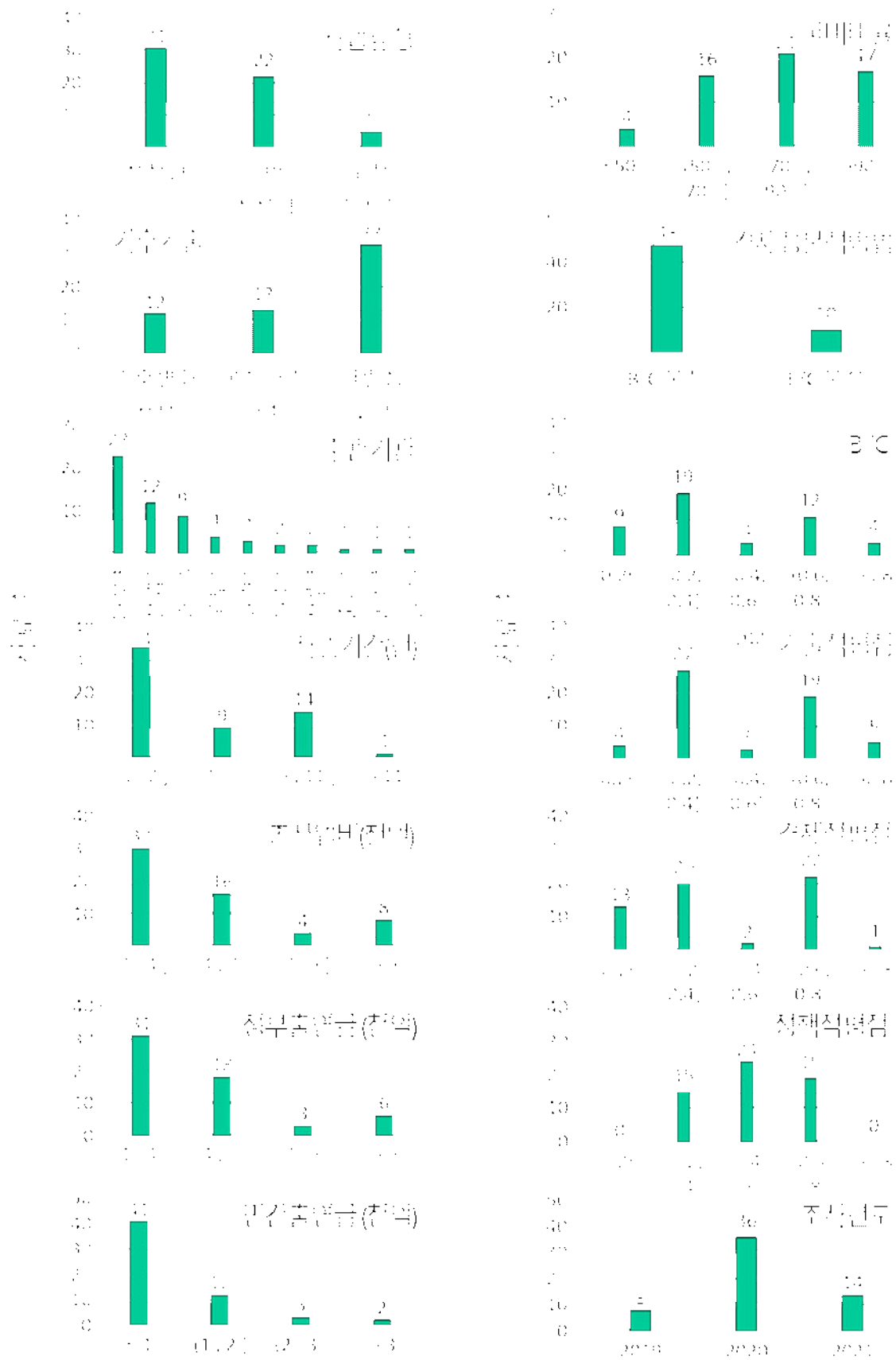
두 번째 단계에서는 생성한 두 가지 기계학습에 기후기술분야 R&D 사업 2건의 타당성 평점을 조정한 시나리오를 적용하고 그 결과를 확인함으로써 시행으로 예상되는 타당성 평점 및 B/C를 도출하였다. 대상 R&D 사업 2건은 2022년에 신규 기획된 R&D 사업(공기 중 직접포집(DAC) 원천기술개발 사업)과 본 연구의 설계 첫 번째 단계에서 활용된 자료 중 미시행된 R&D 사업(정지제도 기상·우주기상 위성시스템 개발사업)이다. 시나리오는 각 R&D 사업의 타당성 평점을 조정하여 수립하였다. 미시행 R&D 사업의 시나리오는 기존 예비타당성조사에서 받은 타당성 평점을 분야별로 0.1씩 높여가며 생성될 수 있는 모든 경우를 고려하여 수립하였다. 이때 특정 분야의 타당성 평점을 높인 타당성 시나리오를 수립하는 것은 예비타당성조사에서 해당 평점을 받을 수 있도록 관련된 모든 사업내용을 개선한다는 가정적 상황을 의미한다. 이는 국가 R&D 사업에 대한 DB가 충분히 누적되어 있지 않은 제한적 상황에서 기계학습의 활용 가능성을 탐색하기 위하여 활용하는 방법이다. 신규 R&D 사업의 시나리오는 기존 예비타당성조사에서 받은 타당성 평점의 최솟값 수준(과학기술: 0.2, 경제: 0.1, 기술: 0.1)을 고려하여 설정한 최소평점 0.3부터 0.1씩 높여가며 생성될 수 있는 모든 경우를 고려하여 수립하였다. 수립된 시나리오의 타당성 평점은 기존 예비타당성조사에서 받았던 분야별 평점들의 최댓값 수준을 고려하여 설정한 최대 평점(과학기술: 0.8, 정책: 0.7, 경제: 0.8)을 넘지 않도록 하였다. 이를 통해 시나리오가 현실적으로 평가받을 수 있는 범위 내에서 생성되도록 하였다. 최종적으로 수립된 시나리오는 2가지 기계학습의 입력자료로 활용하였으며, 시행 여부와 B/C를 산출하게 된다. 기계학습 적용 결과에서 시행으로 추정된 시나리오와 시나리오별 B/C를 확인함으로써, 예비타당성조사에서 시행될 것으로 예상되는 타당성 평점과 B/C 범위를 도출할 수 있다. 도출된 범위는 기존 R&D 사업의 기획 및 평가 경과를 종합적으로 고려하였을 때 해당 사업이 예비타당성조사에서 시행될 것으로 예상되는 타당성 평점 및 B/C의 구간으로 해석할 수 있다. 이러한 기계학습 기반 기획방법론은 단순히 타당성 평점을 0.5 이상에서 최대한 큰 값을 받을 수 있도록 목표하는 기획방법론과 차별점을 가진다.

2. 연구 대상 자료

기계학습의 생성에 활용한 DB는 2019년부터 2021년까지 예비타당성조사를 받은 국가 R&D 사업 58건으로부터 15가지 유형의 자료로 구성된다. 58건의 사업을 선정한 기준은 각 사업으로부터 추출한 15가지 유형의 자료 중에서 기후기술분야를 제외한 14가지 자료 유형이 수치 및 범주의 동일 양식으로 보고된 사업이다. 이를 통해 기계학습 생성에 활용한 자료가 연구자의 해석에 따라서 변동되지 않도록 하였다. 기후기술분야는 R&D 사업의 기획 및 평가를 통하여 일관되게 보고되어 있지 않으므로 국가녹색기술연구소가 개발한 기후기술 분류체계를 활용하여 대분류 수준까지 라벨링을 진행하였다. 대상 사업을 선정하는 두 번째 기준은 타당성 평점의 분야별 가중치 범위가 동일한 사업이다. 분야별 가중치는 2019년 6월 ‘국가연구개발사업 예비타당성조사 운용 지침’이 시행됨에 따라서 사업유형별로 각기 다른 특정 범위 내에서 결정된다. 본 연구는 해당 지침에서 제시한 분야별 가중치 범위에 따라서 예비타당성조사를 받은 사업을 대상으로 하였다. 이를 통해 기계학습이 사업유형에 따른 타당성 분야별 평점을 일관되게 학습할 수 있도록 하였다. 58건 사업 자료의 분포를 그림 4-3에 제시하였다. 각 사업으로부터 활용한 15가지 자료 유형을 표 4-1에 간략히 제시하였다.

<표 4-1> 기계학습 생성에 활용한 자료 예시(일부 생략)

사업명		한반도 토종식물자원 생명정보 빅데이터 구축사업
사업유형		기반조성형
녹색기후기술분야		기후변화 적응
사업주관기관		다부처
사업기간(년)		10
조사년도		2021
총사업비(억)		3,898
정부출연금(억)		3,879
민간출연금(억)		19.1
국비 비율		0.995
경제성분석방법		B/C
B/C		0.15
분야별 타당성 평점	기술	0.364
	정책	0.472
	경제	0.264
종합결과		미시행

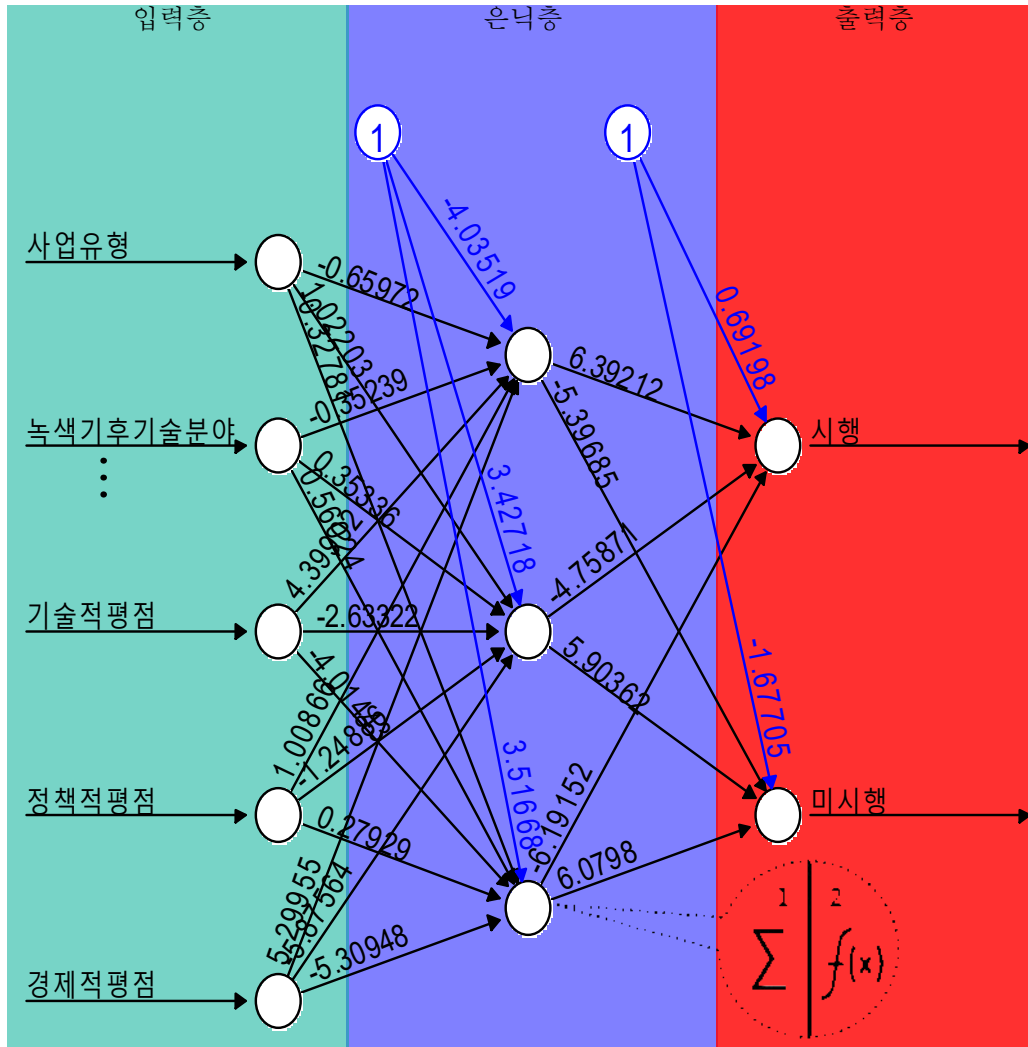


<그림 4-3> 본 연구에 활용한 국가 R&D 사업 자료의 분포

시행 및 미시행된 사업은 각각 25건과 33건이었다. 전체 58건의 문헌 중에서 사업유형은 성장형(31건, 53%), 기반 조성형(22건, 38%), 도전·혁신사업형(5건, 9%)으로 순서로 분포하였다. 기후 기술분야는 관련성 낮음(33건, 57%), 온실가스 감축(13건, 22%), 기후변화 적응(12건, 21%)이 총 25건이었다. 사업주관기관은 다부처(40건, 40%), 산업통상자원부(12건, 21%), 과학기술정보통신부(9건, 16%)가 전체의 76%를 차지하였다. 사업 기간(년)의 경우 [5, 7] 구간(34건, 59%)과 (9, 11] 구간(14건, 24%)이 대부분을 차지했다. 총사업비와 정부출연금은 9,000억 이하의 구간에서는 금액 구간이 커질수록 사업 수가 감소하는 경향성이 나타났다. 민간출연금은 1,000억 이하의 구간이 가장 대부분을 차지했으며(41건, 71%), 금액 구간이 커질수록 감소하였다. 국비 비율은 (70%, 90%) 구간(21건, 36%)이 가장 많았다. 경제성 분석 방법은 B/C 분석과 E/C 분석이 각각 이 48건(83%), 10건(17%)으로 나타났다. E/C 분석을 진행한 R&D 사업을 제외하면 B/C값은 (0.2, 0.4] 구간이 19건(33%)으로 가장 많았으며, (0.6, 0.8] 구간이 두 번째(12건, 21%)로 많았다. 타당성 평점의 경우 과학기술 및 경제 분야에서는 (0.2, 0.4] 구간과 (0.6, 0.8] 구간이 높은 쌍봉형(bimodal) 분포가 나타났다. 반면, 정책적 평점에서는 (0.4, 0.6] 구간(24건, 41%)이 가장 많은 중앙 밀집형 분포를 보였으며, 0.2 이하 또는 0.8 초과 구간은 0건으로 나타났다. 이러한 차이는 일반적으로 R&D 사업의 과학기술 및 경제적 타당성이 에너지효율, B/C와 같은 정량적 평가지표로 제안되는 반면, 정책적 타당성은 정성적으로 제안되는 특성이 반영되기 때문으로 판단된다. 본 연구에 활용된 문헌의 예비타당성조사를 시행한 연도는 2020년(36건, 62%), 2021년(14건, 24%), 2019년(8건, 14%) 순서로 많았다.

3. 연구 방법: 기계학습 1-인공신경망

인공신경망은 입력층, 은닉층, 출력층으로 구성되어 반응변수(response variable)의 분류 및 회귀분석 등을 수행하는 기계학습이다. 인공신경망의 설명변수는 입력층에서부터 은닉층을 거쳐 출력층까지 도달함으로써 예측변수를 추정한다(그림 4-4). 이 과정에서 입력변수들은 화살표의 가중치와 별도의 오차항(파란색 숫자)에 의하여 곱셈과 덧셈의 연산을 거치게 된다. 화살표를 따라서 다음 은닉층으로 전달된 값들은 각 노드(흰색 동그라미 표기)에서 활성화 함수(activation function)를 통하여 새로운 값으로 변환되며 이 값은 다시 화살표를 따라서 다음 층으로 전달된다. 활성화 함수는 입력된 값을 0과 1 사이의 값으로 한정시켜주는 시그모이드(sigmoid) 등이 있으며, 목적에 따라서 다양한 함수들이 개발되고 있다. 인공신경망 알고리즘의 상세한 작동원리는 Abiodun et al.(2018)에 설명되어 있다.

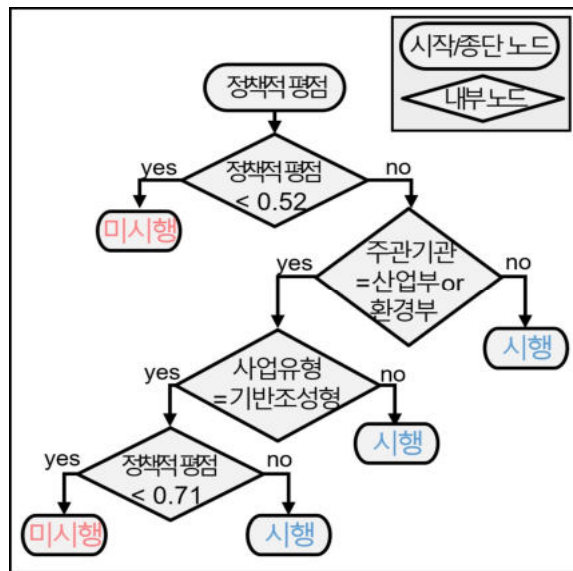


<그림 4-4> 인공신경망 예시

인공신경망의 정확도 평가는 전체 자료를 훈련자료(train set)와 평가자료(test set)로 나누고 각각을 인공신경망의 생성 및 평가에 활용하는 교차검증(cross validation) 방식으로 진행하였다. 교차검증은 모든 자료를 훈련과 평가에 활용할 수 있으므로, 특정 자료만 활용되는 편증을 방지할 수 있다. 또한, 기계학습의 생성 및 검증을 위한 자료 수를 충분히 확보하기 어려운 경우 유용하게 사용될 수 있다. 교차검증은 전체 자료를 10개의 폴드(fold)로 나눈 다음 첫 번째 폴드(10%)와 이를 제외한 나머지 폴드(90%)를 각각 훈련자료와 평가자료로 사용하는 10-fold 방법을 사용하였다. 이후 두 번째 폴드부터 열 번째 폴드까지 차례로 번갈아가며 훈련자료로 활용되고 그 외 자료는 평가자료로 활용된다. 이를 통해 기계학습의 성능을 10회 평가하며, 최종 성능은 10개 성능의 산술 평균으로 나타낸다. 인공신경망은 Rstudio 프로그램(ver. 4.2.1)의 neuralnet 패키지를 활용하여 분석하였다.

4. 연구 방법: 기계학습 2-랜덤 포레스트

랜덤 포레스트는 다수의 의사결정 나무(decision tree)를 활용하여 반응변수(response variable)의 분류 또는 회귀를 수행하는 기계학습이다. 의사결정 나무의 설명변수(explanatory variable)는 시작노드(root node)에서부터 내부 노드(internal node)를 거쳐 종단 노드(terminal node)에 도달함으로써 반응변수(response variable)를 추정한다(그림 4-5). 시작 및 내부 노드는 설명변수의 특정 조건의 충족 여부를 판단함으로써 다음 노드로 연결된다. 시작 및 내부 노드를 구성하는 설명변수와 특정 조건은 반응변수의 추정에 대한 정확도를 높이기 위한 방향으로 생성된다. 랜덤 포레스트는 다수의 의사결정나무를 생성하고 이로부터 추정된 반응변수들의 중앙값 혹은 최빈값 등을 최종 반응변수로 활용한다. 이때 다수의 의사결정나무(Decision Tree)는 설명변수 중에서 무작위로 선정된 m개의 변수를 이용하여 생성된다. 랜덤 포레스트 알고리즘의 상세한 작동원리는 Schonlau et al.(2020)에 설명되어 있다.



<그림 4-5> 랜덤 포레스트에 활용되는 의사결정나무 예시

랜덤 포레스트의 정확도는 OOB (Out-of-Bag)에러를 통해서 평가하였다. OOB 에러는 설명변수 중 무작위 복원 추출된 표본(bootstrapped sample)으로 랜덤 포레스트를 생성한 다음 복원 추출되지 않은 나머지 자료(OOB)를 생성된 기계학습에 적용했을 때의 오분류율을 의미한다. 랜덤 포레스트 분석은 Rstudio 프로그램(ver. 4.2.1)의 randomForest 패키지를 활용하였다.

추가적으로 randomForest 패키지의 imp-ortance 기능을 사용하여 설명변수의 중요도를 나타내는 지수(MeanDecreaseAccuracy)를 분석하였다. 랜덤 포레스트를 비롯한 대부분의 기계학습은 일반적으로 회귀 계수가 존재하지 않으므로 결과의 해석이 어렵다. 이를 보완하고자 본 연구는 중

요도 지수를 분석하여 랜덤 포레스트의 결과해석에 활용하고자 하였다. 설명변수의 중요도 지수는 랜덤 포레스트의 분류정확도 개선에 기여한 정도를 나타내며, 값이 높을수록 분류정확도 개선에 크게 기여하는 것을 의미한다.

제4절 연구결과

1. 기계학습 생성 결과

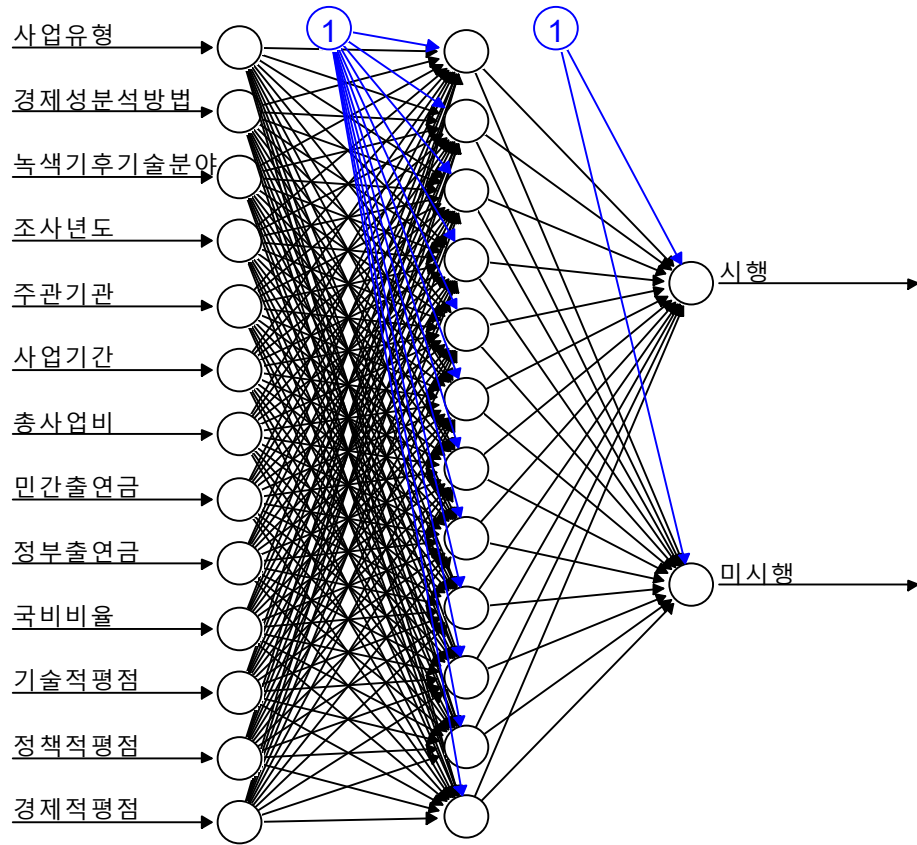
예비타당성조사의 시행 여부와 B/C를 추정하는 기계학습 인공지능망 및 랜덤 포레스트를 생성하였다. 활용한 설명변수와 파라미터는 해당 기계학습이 가진 알고리즘의 특성, 변수의 유형(범주형, 연속형), 반복 수행을 통한 성능개선 정도, 기계학습의 단순성, 연산 소요 시간 등 종합적으로 고려하여 선정되었다. 두 가지 기계학습의 설명변수는 사업유형, 기후기술분야, 주관기관, 사업 기간, 총사업비, 정부출연금, 민간출연금, 국비 비율, 경제성 분석방법, 분야별(과학기술, 정책, 경제) 타당성 평점이 활용되었다. 추가적으로 인공지능망은 예비타당성조사를 수행한 조사년도를 활용하였으며, 사용된 설명변수들을 표준화하여 활용하였다.

두 가지 기계학습 생성 결과, 인공지능망과 랜덤 포레스트는 58개의 사업 중에서 시행을 통보 받은 사업 25건을 모두 시행으로 추정하였다(표 4-2).

<표 4-2> 기계학습의 시행 여부 추정 결과

랜덤 포레스트		추정 결과	
		시행	미시행
예비타당성 조사 결과	시행	25	0
	미시행	0	33
인공지능망		추정 결과	
		시행	미시행
예비타당성 조사 결과	시행	25	0
	미시행	0	33

인공지능망은 그래프의 형태로 표현될 수 있으므로 이를 그림 4-6에 나타내었다. 인공지능망과 랜덤 포레스트의 시행여부 추정 성능을 각각 10-fold 및 OBB 에러 방법으로 시험한 결과, 오분류된 경우는 확인되지 않았다. 이러한 결과는 본 연구에서 활용하는 자료의 수가 58건으로 매우 작고 해당 자료 내에서 분야별 타당성 평점이 시행 여부 결정에 주요하게 작용하기 때문에 기계학습의 정분류율이 높아진 것으로 사료된다.

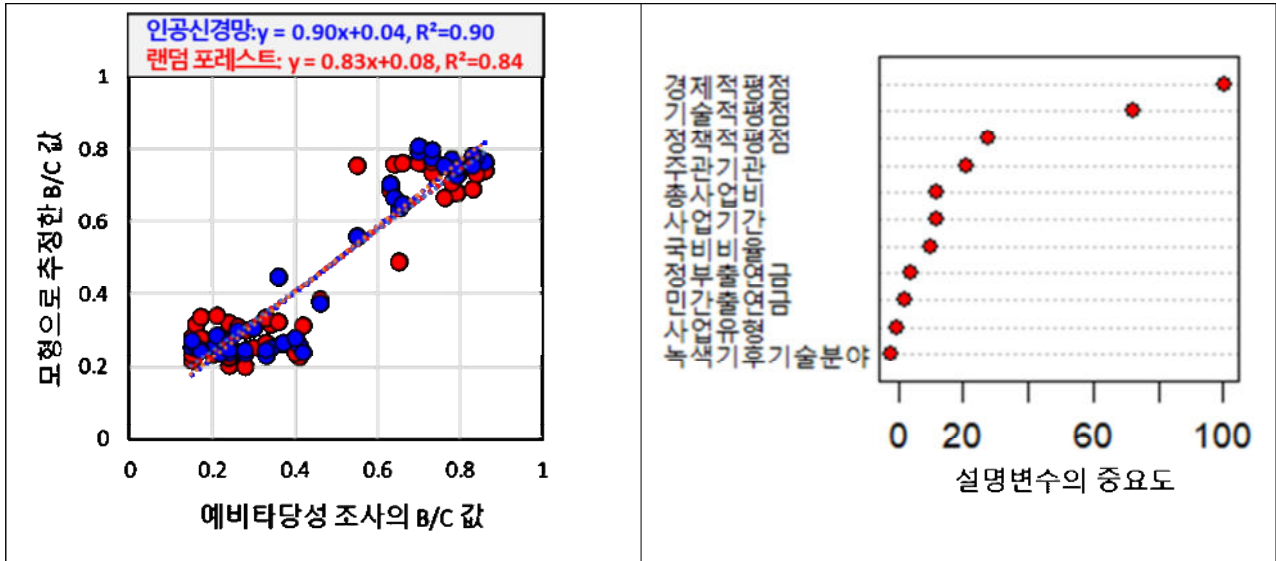


<그림 4-6> 국가 R&D 사업의 시행 여부 추정을 위한 인공신경망

향후 입력자료의 분포를 벗어나는 국가 R&D 사업 정보가 생성된 기계학습에 적용될 경우, 오분류율은 일시적으로 증가할 수 있으며, 두 가지 기계학습은 성능 차이를 보여줄 수 있다. 하지만, 이 같은 자료의 학습량이 누적될 경우 기계학습의 정분류율은 다시 증가할 것으로 예상된다. 추가적으로 랜덤 포레스트 분석에 사용한 randomForest 패키지의 importance 기능을 사용하여 설명변수의 중요도를 나타내는 지수를 분석하였다. 중요도 지수 분석 결과, 랜덤 포레스트의 분류정확도에 크게 기여하는 변수 5개는 기술적 평점, 경제적 평점, 정책적 평점, 정부출연금, 기후 기술 유형 순으로 나타났다(그림 4-7). 분야별 타당성 평점의 중요도 지수는 다른 변수의 중요도 지수 대비 크게 나타났지만, 다른 변수의 중요도는 매우 낮게 나타났다.

이러한 결과는 활용이 가능한 R&D 사업의 DB가 충분하지 못한 제한적 상황에서 타당성 평점을 설명변수로 활용하는 것이 랜덤 포레스트의 정분류율을 상당히 높일 수 있음을 의미한다. 본 연구의 타당성 평점은 앞서 연구설계 및 방법에서 설명한 바와 같이 시나리오 수립을 위하여 조정된 값으로서 예비타당성조사에서 해당 평점을 받을 수 있도록 관련된 모든 사업내용이 개선된다는 상황을 포함한 가정적 값이다. 즉, R&D 사업의 DB가 확장 및 누적된다면 설명변수로 활용되어야 할 사업내용이 타당성 평점 변수에 포함되어 활용되는 것이다. 이러한 관점에서 그림 4-7의 결과는 타당성 평점을 제외한 설명변수가 각기 다른 값으로서 고정된 사업들의 시행을 위한 시나리오가 유사하게 추정될 수 있음을 보여준다. 이러한 제한점은 타당성 평점을 조정하여 활용

도 지수는 다른 변수의 지수 대비 크게 나타났다. 이러한 결과는 두 가지 분야 평점을 설명변수로 활용하는 것이 B/C 추정 정확도를 높일 수 있음을 의미한다.

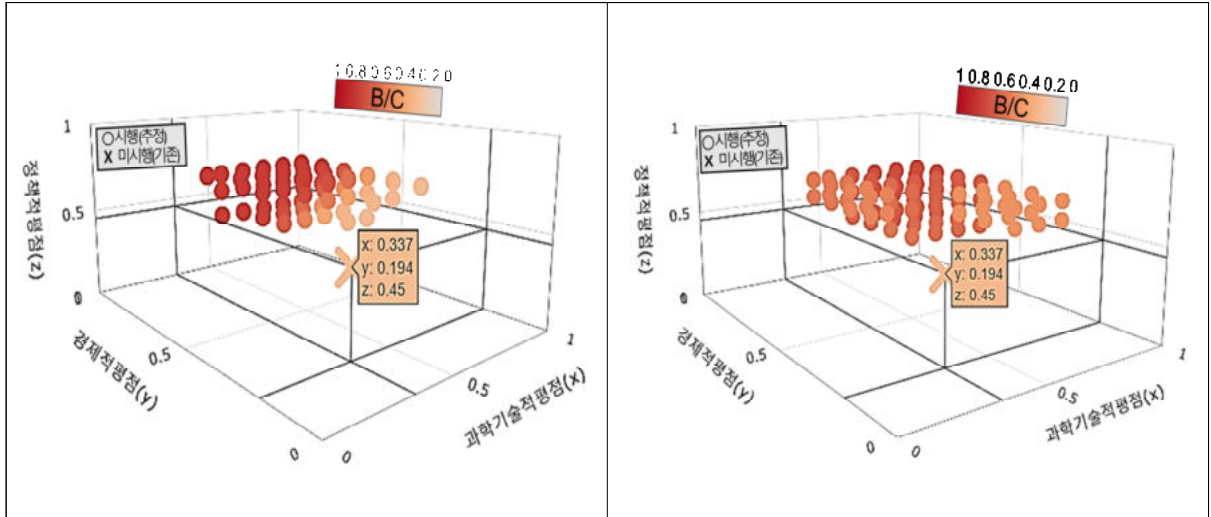


<그림 4-8> 기계학습의 B/C 추정 성능 비교(좌) 및 B/C 추정을 위한 랜덤 포레스트의 설명변수 중요도 지수(우)

2. 시행을 위한 타당성 평점 및 B/C 도출

미시행된 R&D 사업의 시행을 위한 타당성 평점 및 B/C를 도출하고자 해당 사업의 시나리오를 수립하고 이를 생성된 기계학습에 적용하였다. 미시행 사업은 정지궤도 기상·우주기상 위성시스템 개발사업을 대상으로 하였다. 해당 사업은 예비타당성조사에서 과학기술 평점, 정책적 평점, 경제적 평점을 각각 0.337, 0.194, 0.45 받았다. 이러한 평점을 최댓값까지 0.1씩 높여가며 시나리오 126개를 생성하였다.

수립된 시나리오를 기계학습에 적용하였고 결과를 그림 4-9에 제시하였다. 분야별 타당성 평점 중에서 실제 예비타당성조사에서 받은 값을 X로 나타내었고 시행으로 추정되는 시나리오를 O로 나타내었다. 인공지능망과 랜덤 포레스트가 공통적으로 시행으로 추정한 시나리오는 51개로 나타났다. 랜덤 포레스트는 추가적으로 31개의 시나리오를 인공지능망 대비 더 많이 시행으로 추정하였다.



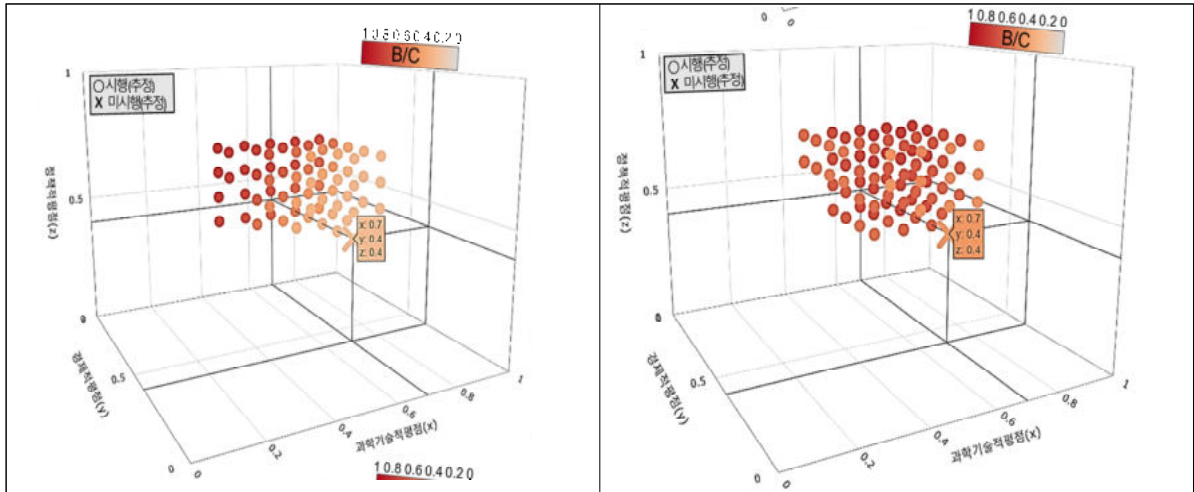
<그림 4-9> 미시행 R&D 사업의 시행을 위한 타당성 평점 및 B/C 범위
(좌: 인공신경망 결과, 우: 랜덤 포레스트 결과)

이러한 결과는 랜덤 포레스트의 특징인 입력자료의 무작위 추출된 표본과 설명변수로부터 반응변수를 추정하는 알고리즘이 반영되었을 수 있다. 또한, 랜덤 포레스트는 무작위 추출된 다수의 표본으로부터의 추정된 값들을 동일한 가중치로 고려하는 반면, 인공신경망은 설명변수를 개별 가중치를 활용한다. 이러한 차이는 랜덤 포레스트가 인공신경망 대비 상대적으로 넓은 범위의 시나리오를 시행으로 추정하게 할 수 있다.

두 가지 기계학습으로 추정된 B/C는 전반적으로 경제적 평점이 증가함에 따라서 증가하는 경향이 나타났으며, 이는 인공신경망 결과에서 랜덤 포레스트 결과 대비 더욱 뚜렷하게 나타났다. 이러한 결과는 그림 4-8에서 랜덤 포레스트가 0.5 이상의 B/C값들을 인공신경망 대비 더욱 작게 예측하는 특징이 반영된 것으로 해석할 수 있다. 이러한 특징은 랜덤 포레스트가 인공신경망 대비 더 많은 종류의 설명변수를 활용할 뿐만 아니라 무작위 추출한 표본과 설명변수를 기반으로 반응변수를 추정하는 알고리즘 특성이 반영되었을 수 있다.

시행을 위한 타당성 평점 및 B/C를 도출하는 신규 R&D 사업은 공기 중 직접포집(DAC) 원천기술개발 사업을 대상으로 하였다. 해당 사업은 예비타당성조사 결과가 없으므로 타당성 평점을 분야별로 최솟값부터 최댓값까지 0.1만큼 높여가며 180개의 타당성 시나리오를 수립하였다. 수립된 시나리오의 기계학습 적용하였고 결과를 그림 4-10에 제시하였다. 분야별 타당성 평점 중에서 두 가지 기계학습이 공통적으로 미시행으로 추정된 시나리오 1개를 대표적으로 X로 나타내었고 시행으로 추정되는 시나리오를 O로 나타내었다. 인공신경망과 랜덤 포레스트가 시행으로 추정된 시나리오는 각각 71개, 83개이었다. 두 가지 기계학습이 공통적으로 시행으로 도출한 시나리오는 68개로 나타났다. 미시행 사업의 시나리오 도출 결과와 유사하게 인공신경망으로 도출한 신규 사업의 시나리오는 랜덤 포레스트를 이용하여 도출한 시나리오 대비 넓은 좁은 범위에서 나타났다. 이러한 결과는 앞서 언급한 바와 같이 랜덤 포레스트가 복원 추출된 다수의 표본 및 설명변수

그리고 추정값들에 대한 동일한 가중치를 바탕으로 반응변수를 추정하는 알고리즘 특성이 반영된 것일 수 있다.



<그림 4-10> 신규 R&D 사업의 시행을 위한 타당성 평점 및 B/C 범위
(좌: 인공신경망 결과, 우: 랜덤 포레스트 결과)

두 가지 기계학습으로 추정된 B/C값들은 그림 4-9의 결과와 마찬가지로 경제적 평점이 증가함에 따라서 증가하는 경향을 보여주었고, 이러한 경향은 인공신경망의 결과에서 랜덤 포레스트 결과 대비 뚜렷하게 나타났다.

본 연구에서 B/C 추정에 활용한 두 가지 기계학습은 경제성과 관련된 자료 중에서 활용이 가능한 설명변수가 제한적이므로 비용 및 편익에 대한 세부적인 상황을 고려하기에 한계가 있다. 따라서 향후 R&D 사업의 경제성과 관련된 자료(예시: 편익 회임·발생 기간, 비용절감액, 사업 기여율 등)의 DB를 확장 및 누적하고 이를 기계학습 적용하여 특수한 상황을 고려할 수 있는 추가 연구가 필요하다.

제5절 결론 및 고찰

본 연구는 예비타당성조사 대상 기후기술 R&D 사업의 시행을 위한 타당성 평점 및 B/C를 파악하고자 두 가지 기계학습을 생성하고 그 활용 가능성을 검증하였다. 2019년부터 2021년까지 예비타당성조사를 수행한 국가 R&D 사업 58건의 DB를 이용하여 사업의 시행 여부와 B/C를 추정하는 인공신경망 및 랜덤 포레스트를 생성하였다. 생성된 기계학습의 교차검증 결과, 인공신경망 및 랜덤 포레스트는 시행된 사업을 모두 시행으로 정분류하고 높은 정확도로 B/C값을 추정하였다($R^2=0.84-0.90$). 기존 예비타당성조사에서 미시행된 사업과 신규 제안된 사업이 시행될 수 있는 타당성 평점 및 B/C를 도출하기 위하여 각 사업의 타당성 평점을 조정된 시나리오를 수립하

고 이를 생성된 기계학습에 적용하였다. 적용 결과, 두 가지 기계학습이 공통적으로 시행으로 추정된 시나리오 119개(신규: 68개, 미시행: 51개)와 시나리오별 B/C가 도출되었으며, 이는 사업기획을 위한 분야별 타당성 평점 및 B/C 파악에 활용될 수 있다.

한편, 본 연구에서 분야별 타당성 평점을 조정하여 수립한 시나리오는 관련된 사업내용이 조정된다는 가정을 수반하므로, 다양한 사업들의 시행을 위한 시나리오가 유사하게 추정될 수 있다는 제한점이 있다. 이러한 제한점은 향후 확장 및 누적될 R&D 사업 DB의 개별적 자료를 기계학습의 설명변수로 활용함으로써 개선이 필요하다. 또한, 본 연구에서 생성된 기계학습은 특수한 상황 및 이해관계의 고려가 필요하거나 기존 자료의 분포를 벗어나는 범위의 국가 R&D 사업의 시행 여부 및 B/C를 추정하기에 제한적일 수 있다. 이러한 특수 상황을 고려하기 위해서는 학습 대상 DB를 꾸준히 업데이트하며 기계학습 성능의 개선 및 보완이 진행되어야 한다.

현재까지 기후기술 관련 정책연구 분야에 기계학습을 적용한 사례가 적은 가운데, 본 연구는 R&D 기획을 위한 타당성 평점 및 B/C 파악에 기계학습의 활용 가능성을 탐색한 첫 번째 연구이다. 본 연구에서 생성된 기계학습은 향후 관련 문헌 DB의 추가적인 학습 및 개선을 통하여 기후기술분야의 R&D 사업기획을 위한 보조적인 수단으로 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

제5장 결론

기후위기는 화석연료 기반의 산업 및 에너지 구조를 추구해 온 인류에게 더 이상 용인될 수 없는 심각한 문제가 되었다. 대한민국은 기후위기로 인한 피해를 최소화하기 위하여 온실가스를 감축하고 기후변화에 적응하기 위한 노력에 박차를 가하고 있다. 이러한 노력은 온실가스 감축과 기후변화 적응을 통하여 분야에서 수반되는 문제를 해결할 수 있는 기술의 연구개발(R&D)에 집중되고 있다. 이러한 환경적 배경과 함께 제도적 측면에서 정부의 R&D 사업추진 효율화를 위해 예비타당성 조사대상 사업의 범위가 현재의 500억원 미만에서 1000억원 미만 기준으로 유연성을 강조하게 되면, 신규사업의 제안 증가는 더욱 늘어날 것이다. 이는 신규사업을 심의하는 평가관리자 및 예산심의위원회가 표준화된 평가방법과 효율화된 절차를 갖추어야 할 필요성을 제기한다. 예산전문위원회 소수의 평가위원이 다양한 기술적 특징을 지닌 모든 R&D 사업을 일괄적으로 평가하기는 어렵기 때문이다. 그래서 공정하고 투명한 절차를 구축하는 것이 필요하다. 본 연구는 이러한 신규사업을 추진하는 과정에서 추진근거에 해당하는 타당성을 평가할 수 있는 분석모형을 체계화하고 웹시스템을 통해 기획과 평가과정에서 발생할 수 있는 문제점 최소화하고자 하였다. 또 중앙부처 관리자, 신규사업 기획자, 심의 전문위원 측면에서 편의성·유용성을 강조하고, 중앙부처 관리자 및 평가위원에게는 사업관리의 투명성을 강화할 수 있는 일반화된 작성양식을 제공하고자 하였다. 한편으로는 웹 시스템을 통해 초기제출 사업계획서에 대한 검토와 함께 성과목표 달성에 대한 현황을 점검하여 차년도 사업심의 평가를 위한 관리 및 운영을 기대할 수 있게 하였다.

본 연구의 한계로는 여전히 탄소중립 R&D 사업의 제안서 작성 및 제출 일정이 유동적이고 탄소중립 목표달성에 대한 심의 가중치 적용이 확실하게 정착·제도화되지 않고 이라는 점이다. 따라서 R&D 투자의 증가와 신규사업 제안의 양적 확대가 예측되는 상황에서 향후 좀 더 체계적인 평가를 위한 심의절차 및 규정이 마련될 필요성이 있다. 또 연구심의단계에서 탄소중립에 대한 기여도는 후순위 검토 사안으로 다룬다는 점이다. 이는 탄소중립 R&D 사업에 대한 심의 취지를 다소 약하게 만드는 효과를 가진다. 따라서 향후 비예타 대상사업에서 뿐만아니라 예비타당성조사에도 반영하여 사업의 심의 선정에 영향력 있는 평가지표로 다루어진다면, 탄소중립 평가지표에 대한 중요도가 높아질 것으로 판단된다.

한편, 비예타 대상 신규 중소형 R&D 사업은 기획안 작성이 의무화되지 않아 사업에 대한 추진 미추진이 명확하지 않은 상황에서 기획자들은 사업계획서 작성에 대한 많은 부담을 가지는 것이 사실이다. 하지만 민간사업이 아닌 정부 R&D 예산으로 추진하고자 하는 사업이라면 최소한의 기준과 형식에 부합하게끔 가이드할 필요가 있다. 따라서 연구자의 자율성을 저해하지 않는 분야에서 적정 분량에 대한 신규사업기획안에 대한 작성기준을 제안하는 것도 의미가 있다고 판단된다.

참고문헌

단행본

기획재정부(2020), 「2021년도 예산안편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침」

과학기술정보통신부(2018), 「2020년도 일몰대상사업 적정성검토 추진계획 수립」, 보도자료, 8월 10일

과학기술정보통신부(2020), 「녹색·기후기술분야 국가 R&D 사업 표준 EC분석 모형 개발」

과학기술정보통신부(2020), 「2021년도 정부연구개발 투자방향 및 기준(안)」

녹색기술센터(2017), 「기후기술 분류체계 마련 연구」

녹색기술센터(2019), 「녹색기술 분류체계 적용 국가연구개발투자 분석」

녹색기술센터(2019), 「기후기술 R&D 사업 경제성 분석을 위한 직·간접 편익유형 분석」

녹색기술센터(2021), 「융·복합 기후기술 기반의 데이터 플랫폼 구축 및 인벤토리 연구」

한국과학기술기획평가원(2020), 「국가연구개발사업 예비타당성조사 수행 세부지침」

한국산업기술진흥원(2020), 「범부처 공동 R&D 지원사업 운영 필요성 연구」

환경부(2020), 「환경부 그린뉴딜 주요 내용 및 사업」

온라인 자료

국가법령정보센터 : <https://www.law.go.kr/>

R&D예타로(路) : <https://www.ntis.go.kr/rndyeta/report/survRptUsrList.do>

KISTEP 예비타당성조사 보고서 웹페이지 : https://www.kistep.re.kr/c3/sub2_4.jsp

학술논문

성민규·박창대·박소희·한응용·송영일·오상진·정호현 (2021), 「기후변화 적응 공공R&D 유망분야 도출 연구」, 충북: 한국과학기술기획평가원.

엄태웅·우청원 (2022), “기계학습을 활용한 혁신성과 예측 및 변수 중요도 분석”, 「경영교육연구」, 37(1), 143-163.

장필성·유재연·오승환 (2020), “딥러닝을 활용한 정부 R&D 기업지원효과 예측 분석”, 「기술혁신학회지」, 23(1), 20-41.

주경원·이관수·이성만·최안준·노건태·천지영 (2022), “연구개발정보 문헌 자동분류를 위한 자연어 처리 딥러닝 모델 개발: 기후기술 분류체계를 중심으로”, 「전자공학회논문지」, 59(7), 21-30.

Geirhos, R., Jacobsen, JH., Michaelis, C. (2020), “Shortcut learning in deep neural networks”, *Nature Machine Intelligence*, 2: 665-673

Helm, J.M., Swiergosz, A.M., Haeberle, H.S. (2020). “Machine Learning and Artificial Intelligence: Definitions, Applications, and Future Directions”, *Curr Rev Musculoskelet Med*, 13: 69-76.

Jürgen Schmidhuber, (2015), “Deep learning in neural networks: An overview”, *Neural Networks*, 61: 85-117

Oludare Isaac Abiodun, Aman Jantan, Abiodun Esther Omolara, Kemi Victoria Dada, Nachaat AbdElatif Mohamed, Humaira Arshad. (2018), “State-of-the-art in artificial neural network applications: A survey”, *Heliyon*, 4(11).

P. P. Shinde and S. Shah, “A Review of Machine Learning and Deep Learning Applications“, 2018 Fourth International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA), 1-6.

Schonlau, M., & Zou, R. Y. (2020), “The random forest algorithm for statistical learning”, *The Stata Journal*, 20(1): 3-29.

탄소중립 신규 중소형 R&D 추진 타당성
분석 모델개발 연구 최종보고서

인 쇠 | 2022년 12월

발 행 | 2022년 12월

발행인 | 이상협

발행처 | 국가녹색기술연구소

인쇄처 | 주식회사 동진문화사

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

국가녹색기술연구소(NIGT) 정책연구부

- 주소 서울특별시 중구 퇴계로 173
남산스퀘어 17층(우 04554)
- 전화 02-3393-3933, 02-3393-3922
- 이메일 shiney@nigt.re.kr, ykkim@nigt.re.kr

