연구개발적립금연구 2018-05

메가트렌드 분석을 통한 해양과학기술 연구개발사업 추진 방향 연구

A Study on the Direction of Marine Science and Technology R&D Policy with Megatrend Analyses

2019. 11.

한기원 | 좌미라 | 강창우 | 박희망 | 최수빈

KMI 한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

연구진

한기원 한국해양수산개발원 해양연구본부 부연구위원
좌미라 한국해양수산개발원 해양연구본부 전문연구원
강창우 한국해양수산개발원 해양연구본부 연구원
박희망 한국해양수산개발원 해양연구본부 연구원
최수빈 한국해양수산개발원 해양연구본부 연구원

보고서 집필 내역

연구책임자

한기원 연구총괄, 제1장, 제4장 제1절 일부, 제2절, 제5장, 제6장, 제7장

연구진

좌미라 제3장
강창우 제2장
박희망 제4장 제1절 일부
최수빈 제4장 제1절 일부

산·학·연·정 연구자문위원

송성수 부산대학교 교수
현병환 대전대학교 교수
황기형 경성대학교 교수
강성길 선박해양플랜트연구소 정책협력부장
오위영 선박해양플랜트연구소 경영지원본부장
원유형 한국과학기술연구원 정책실장
이장재 한국과학기술기획평가원 혁신전략연구소장
최재욱 해양수산과학기술진흥원 감사실장
최정민 해양수산과학기술진흥원 창업투자팀장
박재영 국회입법조사처 입법조사관

※ 순서는 산·학·연·정 순임

발간사

우리나라는 GDP 대비 세계 최고 규모로 국가 R&D에 투자하고 있다. 자연자원이 부족한 우리나라로서는 과학기술에 대한 과감한 지원을 통해 기술력을 확보하고 산업경쟁력을 키워나가는 것이 주요한 국가 정책의 방향이었다. 이는 해양수산 분야도 마찬가지로, 해양수산과학기술 국가연구개발사업에 대한 투자는 매년 지속적으로 증가하고 있다. 우리는 해양수산 R&D 사업을 통해 우리의 바다를 더 잘 이해하고, 효과적으로 관리하며, 지속가능한 방식으로 이용할 수 있게 될 것으로 믿고 있다. 또한 그럼으로써 R&D를 통해 국가 경제성장과 국민의 삶의 질 향상에 기여하기를 기대한다.

이제는 해양수산 R&D가 그동안 이루어낸 양적 성장에 이어 질적인 측면의 발전을 모색할 때다. 해양수산 분야 R&D 사업을 통해 시의적절한 주제를 연구하고 필요한 기술을 개발했는지, 사업이 진행되는 절차와 방식은 적절한지, 효과적인 R&D 관리가 이루어지고 있는지, 개발된 기술이 사업화와 관련 산업의 활성화로 원활하게 이어지고 있는지 꼼꼼히 점검해볼 필요가 있다.

이 연구는 해양수산과학기술 국가 R&D 기획 체계에 대한 것으로, 국가 R&D 사업의 가장 첫 단계에 해당하는 기획이 잘 이루어지고 있는지 검토하고 개선 방향을 찾아보려는 시도다. R&D 기획은 비단 첫

단계에 해당할 뿐만 아니라 R&D 사업의 모든 진행 과정과 최종 활용까지 전체적인 계획을 만들어 가는 작업이다. 제대로 기획되지 못한 R&D 사업이 소기의 성과를 거두기는 어려울 것이다. 그러한 의미에서 이 연구는 해양수산과학기술 국가 R&D에 대한 체계적인 점검의 첫 번째 작업으로 적절한 주제라 할 수 있다.

해양수산부는 최근 「해양수산과학기술 육성법」을 제정하고 그에 따라 제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획을 수립하여 해양수산 분야 R&D 정책기획의 틀을 마련하였다. 우리나라 국가 R&D 방향은 과학기술기본계획에서 구체적으로 드러나는데, 해양수산과학기술 육성 기본계획은 과학기술기본계획의 국가 R&D 전략을 반영하여 해양수산 분야 R&D의 정책 방향을 제시한다. 이처럼 최근 들어 해양수산 분야에서 국가 R&D 기획의 체계화와 개편이 일어나고 있다. 이러한 시기에 이 연구 결과가 해양수산과학기술 R&D 기획 체계의 발전에 조금이나마 도움이 되기를 기대한다.

참고로, 이 보고서의 내용이 R&D 사업 전 과정 중 특히 기획 단계에 초점을 맞추게 된 것은 착수보고회 자문위원 의견을 반영한 결과이다. 다만, 내부 사정으로 보고서 제목이 바뀐 내용에 맞게 변경되지 않아 독자에게 다소 혼란을 가져올 수 있다는 점은 아쉬운 부분이다.

이 연구를 수행한 한국해양수산개발원의 한기원 부연구위원, 좌미라 전문연구원, 강창우 연구원, 박희망 연구원, 최수빈 연구원의 노고를 치하하며, 이 연구가 진행되는 과정에 적절한 자문으로 도움을 주신 대전대학교 현병환 교수, 한국과학기술기획평가원 이장재 박사, 선박해

양플랜트연구소 오위영 박사, 국회입법조사처 박재영 조사관을 비롯하여 귀중한 의견과 조언을 주신 모든 분들께 감사의 말씀을 드린다.

2019년 11월
한국해양수산개발원
원장 **장 영 태**

목차

❖ 요 약 • i

❖ Executive Summary • xi

제 1 장 서론 • 1

제1절 연구의 배경 및 필요성 ····· 1
제2절 연구의 목적 ····· 4
제3절 연구의 내용 및 방법 ····· 5
1. 연구 범위 및 주요 내용 ····· 5
2. 연구 방법 ····· 7
제4절 선행연구 검토 ····· 8

제 2 장 국내 해양과학기술 국가 R&D 기획 체계 • 11

제1절 국가연구개발사업 기본계획의 수립 ····· 12
1. 국가연구개발사업 법령 체계 ····· 12
2. 국가연구개발사업 기획 체계 ····· 15
제2절 해양과학기술 R&D 기본계획 ····· 17
1. 해양과학기술 R&D 법령체계 ····· 17
2. 해양과학기술 연구개발 정책 동향 ····· 20
제3절 해양과학기술 R&D 기획연구 ····· 33
1. 해양과학기술 R&D 기획연구 개요 ····· 33
2. 해양과학기술 R&D 기획연구 추진 절차 ····· 33

3. 해양과학기술 R&D 기획연구체계 개편방안 ····· 39
제4절 시사점 ····· 40

제 3 장 해양과학기술 R&D 현황 분석 • 43

제1절 해양 분야 국내외 동향과 해양과학기술 R&D 사업 ····· 44
1. SNS 분석을 통한 해양 분야 국제 동향 ····· 44
2. 해양과학기술 분야별 국제 연구동향 ····· 59
제2절 국내 해양과학기술 R&D 현황 ····· 83
1. 자료 수집 및 분석 방법 ····· 84
2. 분석 결과 ····· 85

제 4 장 국내외 과학기술 R&D 기획 제도 및 사례 • 91

제1절 주요 국가별 해양과학기술 R&D 제도 및 기획체계 ····· 92
1. 미국 ····· 92
2. 독일 ····· 95
3. 일본 ····· 103
제2절 국내 과학기술 R&D 기획 사례와 해양 분야 기획 실태 ··· 110
1. 과학기술기본계획 수립과 국가 R&D 기획 ····· 111
2. 과학기술 분야 R&D 사업 및 과제 기획 ····· 115
3. 과학기술 분야 정부출연연구기관의 R&D 기획 ····· 119
4. 해양수산 분야 국가 R&D 계획 수립 ····· 124
5. 해양수산 분야 R&D 기획 체계 ····· 128
6. 해양수산 분야 과학기술연구기관의 R&D 기획 ····· 135

제 5 장 해양과학기술 R&D 기획 체계 개선을 위한 주요 현안 • 141

제1절 해양과학기술 R&D 사업의 주요 문제점 ····· 141
제2절 해양과학기술 R&D 기획의 주요 현안 ····· 145

1. 국가연구개발사업 기획체계의 제도적·정책적 미비점 ····· 146
2. 해양과학기술의 특성에 부합하는 기획 미비 ····· 148
3. 취약한 R&D 기획 역량 ····· 148
4. 시대 변화에 대응하는 혁신의 부족 ····· 150

제 6 장 해양과학기술의 성격과 R&D 기획 체계 개선 방향 · 153

제1절 해양과학기술의 특성과 구분 ····· 153
1. 해양과학기술의 성격 ····· 153
2. 과학과 기술의 차이와 정책 시사점 ····· 155
3. 해양과학기술 R&D의 분류 ····· 160
제2절 R&D 기획 체계 개선을 위한 추진 방향 ····· 162
1. 제도적·정책적으로 확립된 체계적인 R&D 기획 ····· 163
2. 해양과학기술의 특성에 부합하는 R&D 기획 ····· 164
3. R&D 기획 역량 강화 및 전문가 양성 ····· 166
4. 여건 변화에 적절히 대응하는 혁신적 R&D 기획 ····· 168

제 7 장 결론 및 정책 제언 · 171

제1절 요약 및 결론 ····· 171
제2절 정책 제언 ····· 173

❖ 참고문헌 · 175

❖ 부록 · 181

표 목차

〈표 1-1〉 선행연구와 차별성 ····· 9
〈표 2-1〉 과학기술기본계획의 주요 내용 ····· 16
〈표 2-2〉 해양수산 연구개발사업 운영규정 적용 사업 ····· 20
〈표 2-3〉 제1차~제4차 과학기술기본계획별 연구개발 기획 관련 사항 ····· 23
〈표 2-4〉 해양과학기술 정책 추진 경과 ····· 25
〈표 2-5〉 제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획 개요 ····· 26
〈표 2-6〉 제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획 추진전략 ····· 26
〈표 2-7〉 2019년도 분야별 연구개발 투자계획 ····· 31
〈표 3-1〉 분야별 문서 수 ····· 46
〈표 3-2〉 T1 및 T19에 속하는 상위 텍스트 ····· 48
〈표 3-3〉 '해양' 분야 토픽 ····· 50
〈표 3-4〉 '수산' 분야 토픽 ····· 53
〈표 3-5〉 '해운해사' 분야 토픽 ····· 55
〈표 3-6〉 '항만물류' 분야 토픽 ····· 57
〈표 3-7〉 해양수산 분야별 R&D 관련 이슈(종합) ····· 58
〈표 3-8〉 대형선박 통신장비 제조사별 특징 ····· 71
〈표 3-9〉 선박 통합 항해장치 기술개발 동향 ····· 72
〈표 3-10〉 WHOI에서 설정한 해양 관련 글로벌 이슈 ····· 83
〈표 4-1〉 미국 해양과학기술 비전의 5대 목표와 세부과제 ····· 94
〈표 4-2〉 독일 과학기술 현식전략 및 실행계획 ····· 96
〈표 4-3〉 독일의 재원별 과학기술 R&D에 대한 연방지출 ····· 100
〈표 4-4〉 일본의 '과학기술이노베이션 종합전략 2017'의 주요 시책 및 예산 ··· 107
〈표 5-1〉 해양수산 분야 R&D 사업의 문제점 ····· 142
〈표 5-2〉 해양수산 분야 R&D 기획 주요 현안 ····· 146

〈표 6-1〉 해양과학기술 R&D 분류 ····· 160
〈표 6-2〉 해양과학기술 R&D 기획 체계 개선방향 ····· 163

그림 목차

〈그림 1-1〉 국가 R&D 연구기획 수준 ····· 6
〈그림 2-1〉 국가연구개발사업 법령체계 ····· 14
〈그림 2-2〉 국가연구개발사업 법령체계 ····· 17
〈그림 2-3〉 비전 및 추진목표 ····· 27
〈그림 2-4〉 기획연구 수행체계 개선방향 ····· 28
〈그림 2-5〉 해양수산 연구기획 절차 ····· 34
〈그림 2-6〉 기획연구 추진 절차 ····· 36
〈그림 3-1〉 한국해양수산개발원 해양수산해외산업정보포털 ····· 44
〈그림 3-2〉 토픽모델링 절차 ····· 47
〈그림 3-3〉 친환경 선박 개요 ····· 62
〈그림 3-4〉 LNG 선박의 주요 기술 사안 ····· 63
〈그림 4-1〉 미국혁신전략의 구성 ····· 93
〈그림 4-2〉 미국 과학기술정책 거버넌스 체계 ····· 94
〈그림 4-3〉 독일 과학기술 주요 행정체계 ····· 97
〈그림 4-4〉 독일의 R&D 과제관리기구 운영방식 ····· 98
〈그림 4-5〉 독일의 연구-혁신 시스템의 이해당사자 ····· 99
〈그림 4-6〉 일본의 과학기술정책 조정체계 ····· 104
〈그림 6-1〉 과학과 기술의 연구개발 단계와의 연관성 ····· 158

요약

메가트렌드 분석을 통한 해양과학기술 연구개발사업 추진 방향 연구

1. 연구의 목적

- 이 연구의 목적은 해양과학기술 국가연구개발사업의 가장 첫 단계인 R&D 기획 체계를 개선하기 위한 방안을 도출하는 것임
- 본 연구를 통해 해양 분야 국가 R&D 기획 체계의 전반을 살펴보고 미진한 부분과 한계를 확인하여 이를 개선할 수 있는 방안을 찾아 제시하고자 함

2. 연구의 방법 및 특징

1) 연구 방법

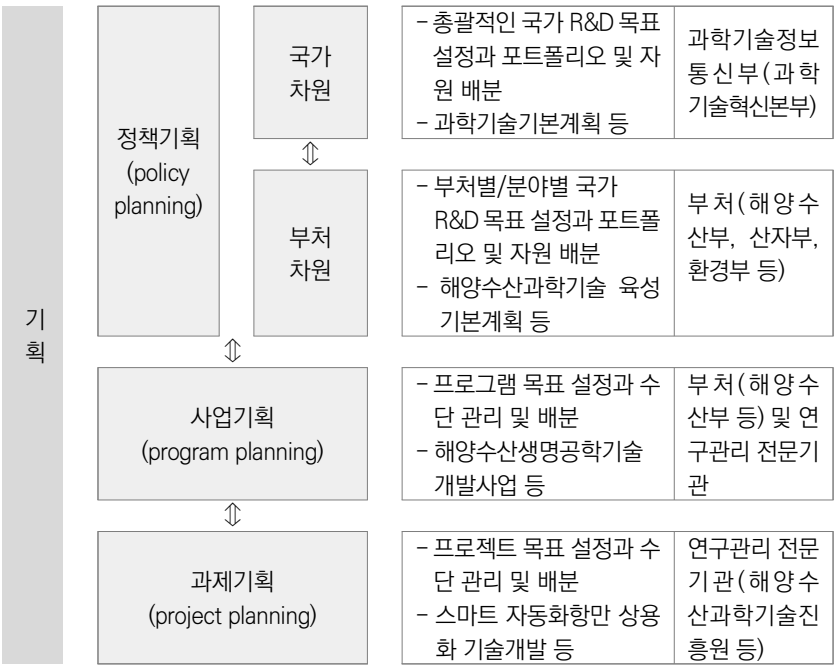
- 본 연구에서는 국내외 문헌 조사, 전문가 인터뷰, 그리고 데이터 분석을 주요 연구 방법으로 활용함

- 해양과학기술 분야 국가 R&D 체계, 국내외 주요 사례, 관련된 국내외 주요 정책 및 동향 등에 대하여 문헌 연구를 실시하였고, 전문서적과 논문, 보고서, 인터넷 검색을 통해 확인한 전자문서 등을 검토
- 최근의 해양 분야 국외 주요 이슈를 도출하기 위해 SNS 분석을 실시하였는데, 방대한 양의 텍스트 분석을 위해 LDA 기반의 토픽모델링 기법을 적용함
- KIMST가 제공하는 연도별 해양과학기술 R&D 사업 및 과제 목록을 바탕으로 최근 14년간 우리나라 해양과학기술 R&D 사업 추진 현황을 분석하였고, 이를 국외 연구동향 및 주요 이슈 분석 결과와 정성적으로 비교하여 우리나라 해양과학기술 R&D 사업이 국외 주요 연구동향과 사회경제적 수요에 체계적으로 대응하고 있는지 검토함
- 해양과학기술 최근 연구동향은 각 분야별 전문가에게 원고 자문을 의뢰하였고, 본 연구의 내용과 관련된 각종 정보와 자문을 얻기 위해 전문가 심층 인터뷰를 실시함

2) 연구의 특징

- 본 연구는 특정 R&D 사업을 추진하기 위한 기획연구가 아니고, 해양수산 분야의 국가 R&D 기획 체계 전반을 검토하여 개선대책을 제시하기 위한 정책연구임
- 국가 차원의 R&D 정책기획, 관련법에 근거한 해양수산부 R&D 기본계획 및 시행계획, 사업(program) 기획, 과제(project) 기획에 이르는 국가 R&D 기획의 모든 수준을 연구의 대상으로 함

〈그림 1〉 국가 R&D 연구기획 수준



자료: 이장재(2006), 『기술기획 측면에서 본 국가연구개발사업의 현황과 발전 방향』, 이장재 외(2011), 『과학기술정책론 – 현상과 이론』, p. 185에서 재인용한 그림을 저자가 재구성함.

3. 연구 결과

1) 연구 결과 요약

▸ 국가 차원의 R&D 기획은 과학기술기본계획을 근간으로 하고 있으며, 과학기술기본계획은 「과학기술기본법」 제7조(과학기술기본계획)에 따라 수립

▸ 해양수산부는 해양수산과학기술 육성 기본계획 및 시행계획을 「해양수산과학기술 육성법」 제5조(해양수산과학기술 육성 기본계획의

수립 등) 및 제6조(해양수산과학기술 육성 시행계획의 수립 등)에 따라 수립

- 해양수산 R&D 전문기관인 해양수산과학기술진흥원에서 기존 R&D 기획 매뉴얼을 개편하여 '해양수산과학기술연구개발사업 기획연구 매뉴얼'(2019)을 마련
- 해양수산부의 '해양수산 R&D 기획연구체계 개편방안'(2017)은 기획연구의 전략성 강화, 기획연구과제 선정절차 개선, 기획연구 수행체계 개편을 개선방안으로 제시
- SNS 자료에 대한 토픽모델링 분석으로 해양 분야, 수산 분야, 해운해사 분야, 항만물류 분야의 주요 토픽을 도출하고 R&D 관련 이슈들을 제시함

〈표 1〉 해양수산 분야별 R&D 관련 이슈(종합)

구분	R&D 관련 이슈
해양	해양환경/생태계 피해 & 대응. 기후변화, 해양쓰레기, 해안침식 & 재해, 해양관광, 해양에너지 개발, 북극 항로 및 자원 개발, 해양환경기술 & 장비 개발, 해양안보 & 불법어업, 친환경선박
수산	해양환경 변화에 따른 수산자원 영향, 불법어업 & 남획 대응 기술, 스마트 양식 기술 개발, 수산물 검역
해운해사	선박 환경규제 대응(평형수 관리, 선박 배출가스 저감 등) 기술 개발, 친환경선박, 자율운항선박, 블록체인 등을 활용한 물류시스템 개발, 해상 안전사고 대응 시스템 개발, 북극항로 개발 및 크루즈 산업 대응
항만물류	블록체인 등을 활용한 물류시스템 개발, 항만 무인 자동화, 선박 환경규제 대응 기술 개발, 친환경선박 기술 개발

자료: 저자 작성

▸ 해양과학기술 국제 연구동향 분석을 위해 「제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획('18~'22)」의 중점 추진기술 분야 및 「2019년도 해양수산과학기술 육성 시행계획」의 세부사업을 바탕으로 해양과학기술 분야 전문가들의 검토를 거쳐 총 9개의 주요 분야를 도출

- 해양관측조사·예보기술, 해양교통·안전기술, 항만물류기술, 해양로봇 등 해양장비기술, 극지연구, 해양바이오기술, 해양에너지기술, 수산자원관리기술 및 대양연구 분야 등 총 9개 기술 분야로 분류

▸ 한국해양과학기술진흥원(KIMST)의 해양수산R&D지식정보시스템(OFRIS)을 바탕으로 총 126건의 사업(3,504건의 과제)을 검토한 결과 앞서 도출한 주요 이슈 및 국제 연구동향에 부합하는 R&D 사업이 수행되었음을 확인

- 형식적으로는 주요 이슈들을 R&D 사업을 통해 다루고 있으나, 연구개발의 내실이나 지속성 면에서 개선할 부분이 있음

▸ 미국, 독일, 일본은 각 국가의 제도와 상황에 따라 다양한 분야의 국가 R&D를 추진하고 있으나, 특히 미국의 경우 민간부문의 주도가 필요한 산업기술의 경우 국가 기획이 제한적

▸ 각 분야 전문가들을 대상으로 국내 과학기술 R&D 기획 사례와 해양 분야의 기획 실태를 확인함

- 법·제도적 국가 R&D 기획 체계, 기획 방법론, 기획을 위한 미래 예측 및 동향 조사, 융복합 연구 등 혁신적 연구개발 경향 등의 측면에서 타 분야에 비해 해양수산 분야가 벤치마크하고 개선해야 할 부분이 있는 것으로 판단됨

▸ 앞의 연구들을 통해 해양수산 분야 R&D 기획의 주요 문제점과 현안을 도출함

〈표 2〉 해양수산 분야 R&D 기획의 주요 문제점 및 현안

주요 현안	관련 문제점
제도적·정책적 미비	- 기획의 연계성, 연속성 부족 - 대형 연구개발사업 제안이 많지 않음 - 과도한 인프라성 대형사업 비중
해양과학기술 특성에 부합하는 기획 미비	- 과학-기술, 공공기술-산업기술 구분에 기반한 관리 미비 - 타 분야에 비해 기술사업화, 기술이전, 창업 미진
취약한 기획 역량	- 체계적·정기적 동향 파악과 미래 예측 위한 조사 부재 - 부족한 기획연구비 예산 규모 - 기획의 전략성 부족 - 자유공모 과제 불충분 - 기획 전문가 및 전문기관 역량 부족
시대변화 대응 혁신역량 부족	- 4차 산업혁명 대응 미진 - 타 분야와 융복합 연구 미진 - 분야 간, 조직 간 배타성으로 인해 협력연구 미진 - 사회적 문제 해결형 R&D 기반 미비 - 실패, 중복성에 대한 관용적 태도 부족

자료: 저자 작성

2) 정책대안 제시내용 및 정책화 활동

▸ 해양과학기술 R&D의 성격에 따라 기획 측면에서 사업 분류 방식을 제시함

〈표 3〉 해양과학기술 R&D 분류

분류1	분류2	특징	주체
공공 분야	과학	낮은 시장가치	정부기관
	기술	낮은 시장가치, 일부 산업활용 가능	정부기관
민간 분야	과학 & 기술	산업과 연관	민간기업

자료: 저자 작성

▸ 이상의 연구에 기초하여 해양과학기술 R&D 기획 체계 개선을 위한 정책 방향을 제시하였음

〈표 4〉 해양과학기술 R&D 기획 체계 개선 방향

R&D 기획 관련 문제점	개선 방향
- 기획의 연계성, 연속성 부족 - 대형 연구개발사업 제안이 많지 않음 - 과도한 인프라성 대형사업 비중	제도적·정책적 체계 확립
- 과학-기술, 공공기술-산업기술 구분에 기반한 관리 미비 - 타 분야에 비해 기술사업화, 기술이전, 창업 미진	해양과학기술 특성에 부합하는 기획 추진
- 체계적·정기적 동향 파악과 미래 예측 위한 조사 부재 - 부족한 기획연구비 예산 규모 - 기획의 전략성 부족 - 자유공모 과제 불충분 - 기획 전문가 및 전문기관 역량 부족	R&D 기획 역량 강화 및 전문가 양성
- 4차 산업혁명 대응 미진 - 타 분야와 융복합 연구 미진 - 분야 간, 조직 간 배타성으로 인해 협력연구 미진 - 사회적 문제 해결형 R&D 기반 미비 - 실패, 중복성에 대한 관용적 태도 부족	여건변화에 대응할 수 있는 혁신적 R&D 기획

자료: 저자 작성

3) 정책적 기여 등 기대효과

▸ 해양수산부와 해양수산과학기술진흥원은 해양수산 분야 국가 R&D 기획 체계를 개선하여 R&D의 수준과 성과를 향상시키고자 노력 중으로, 이 연구는 향후 정책 수립의 기초 자료로 활용될 수 있을 것임

- 기존의 해양수산 분야 국가 R&D가 형식적인 측면에서 주요한 사회적·기술적 동향에 부합하게 추진되어 왔음을 확인하였으나, 향후 해양과학기술 R&D 사업 주제의 성격에 따라 체계적이고 신중한 기획에 근거하여 R&D 사업을 추진해야 함을 제시
- 국가 R&D 정책기획 및 사업기획에 필요한 전문기관, 전문인력, 인프라 등을 갖추고, 경험을 축적해나가며, 선진적 기획 기법 활용 역량을 강화해나가는 데 본 보고서를 근거자료로 활용할 수 있음
- 다양한 분야의 지식, 기술, 정보, 전문가 등에 대한 개방적인 분위기와 자연스럽게 대화와 소통, 협력과 융합이 이루어질 수 있는 여건 조성에 기여

EXECUTIVE SUMMARY

A Study on the Direction of Marine Science and Technology R&D Policy with Megatrend Analyses

1. Purpose

- The purpose of this study is to find improvement measures of the R&D planning structure, which is the very initial step of national R&D programs in the field of marine science and technology.
- This study provides an opportunity to take a general look at the planning structure of national R&D programs in the marine sector, identifying shortfalls and limitations to find improvement strategies.

2. Methodology and Features

1) Methodology

- Major research methods used in this study include review of

domestic and foreign literature, interview with experts and data analysis.

- To be specific, literature review was carried out concerning national R&D systems in the marine science and technology sector, domestic and foreign major cases and relevant key policies and trends both in Korea and overseas. At the same time, this study went through specialized books, papers, reports as well as electronic documents collected via internet search.
- By analyzing the social network services (SNS), the study aims to find out major domestic and foreign issues in the ocean field, while applying LDA based topic-modelling method to analyze massive amount of texts.
- Based on the annual list of R&D programs and projects in marine science and technology provided by the Korea Institute of Marine Science & Technology (KIMST), the study analyzes the implementation status of national R&D programs for the recent 14 years. After that, a qualitative comparison was carried out between the result and the analysis of domestic and foreign research trends and major issues. Then, the study evaluated whether Korea's marine science and technology R&D programs are systematically responding to major trends of foreign research as well as social and economic demands.
- Regarding recent research trends in marine science and technology, we asked for a consultation on the manuscript to experts in each sector. In addition, an in-depth interview was conducted with experts to attain various information and consultation relevant to this study.

Table 1. Levels of National R&D Research Planning

Planning	Policy planning	National level	– Setting a general goal of national R&D, portfolio and distribution of resources – The Science and Technology Basic Plan, etc.	Ministry of Science and ICT (Science, Technology and Innovation Office)
		⇕		
		Government department level	– Setting national R&D targets, portfolio and distribution of resources per government department /sector – The Basic Plan for the Promotion of Marine Science and Fisheries, etc.	Government Departments (MOF, MOTIE, MOE etc.)
	⇕			
	Program planning		– Setting a goal of programs, management of means and distribution – The Marine and Fisheries Biotechnology Program, etc.	Government Departments (MOF, etc.) and specialized institutes for R&D management
	⇕			
	Project planning		– Setting a goal of projects, management of means and distribution – The Development of Commercialization Technology of SMART Autonomous Ports	Specialized institutes for R&D management (KIMST, etc.)

Source: Lee Jang-jae, 2006, Present Status and Direction of National R&D Programs from a Technological Planning perspective. Authors restructured quoted pictures from p.185 of Lee Jang-Jae, Hyun Byung-hwan, Choi Young-hoon, 2011, Science and Technology Policy: Phenomenon and Theory, Kyungmoonsa

2) Features

- Unlike a planning study for implementing a specific R&D project, this study is a policy research aiming to propose improvement measures after reviewing a general structure of national R&D planning in the marine science and technology.
- The scope of this study includes all levels of national R&D planning ranging from R&D policy planning at the national level, basic plans and implementation plans of R&D implemented by the Ministry of Oceans and Fisheries in accordance with relevant laws to national R&D planning including planning of programs and projects.

3. Results

1) Summary

- R&D planning at the national level is based on the National Science and Technology Basic Plan, which is established in accordance with the article 7 (Science and Technology Basic Plan) of the Framework Act on Science and Technology.
- The Ministry of Oceans and Fisheries has established the Basic Plan and Implementation Plan of the Marine Science and Technology Promotion in pursuit of the Article 5 (Formulation, etc. of Basic Plan for the Promotion of Marine Science and Technology) and the Article 6 (Formulation, etc. of Implementation Plan for the Promotion of Marine Science and Technology) of

the Framework Act on the Promotion of Marine and Fisheries Science and Technology.

- Having reformed the existing manual of R&D planning, the Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion (KIMST), a specialized institution of marine and fisheries R&D, has prepared 'Manual of Planning Research for R&D Development Programs in Marine & Fisheries Science and Technology (2019)'.
- 'Improvement Measures of Marine and Fisheries R&D Planning System (2017)' established by the Ministry of Oceans and Fisheries proposes the following improvement measures: Strengthening the strategic character of planning research, improving the selecting process of planning research projects and restructuring the implementation process of planning research.
- Major topics in the areas of marine, fisheries, maritime and shipping, and ports and logistics sectors were selected by topic modelling analysis on SNS, and the issues relevant to R&D were suggested.

Table 2. R&D related Issues by Marine and Fisheries Sector (Summary)

Sector	R&D related issues
Marine	Marine environment/ecosystem damage & response, Climate change, Marine debris, Beach erosion & disaster, Marine tourism, Development of marine energy, Development of northern sea routes and resources, Development of Marine environment technology & equipment, Marine security & illegal fishing, Eco-friendly ships
Fisheries	Effects on fisheries resources following changes of the marine environment, Technologies for responding to illegal fishing & overfishing, Development of Smart aquaculture technology, Seafood inspection

Sector	R&D related issues
Maritime and Shipping	Response to shipping and environmental regulations (ballast water management, reduction of gas emission from ships, etc.), Eco-friendly ships, Autonomous ships, Development of logistics system based on Blockchain, etc., Development of response system against marine accidents, Development of northern sea routes and Response to the cruise industry
Port and Logistics	Development of logistics system based on Blockchain, etc., Unmanned automation of ports, Technological development for responding to environmental regulation on ships, Technological development of eco-friendly ships

Source: Written by authors

▸ After experts' review in the field of marine science and technology, the study derived 9 major sectors to analyze international research trends. This analysis is based on priority technologies for implementation under 'the First Basic Plan for the Promotion of Marine and Fisheries Science and Technology ('18~'22)' as well as specific projects of 'the 2019 Implementation Plan for the Promotion of Maine and Fisheries Science and Technology.'

- These 9 technological sectors include marine observation survey and forecasting technology, marine transportation and safety technology, port and logistics technology, marine equipment technology such as underwater robots, polar research, marine biotechnology, marine energy technology, fisheries resource management technology and open ocean research.

▸ Based on the Oceans & Fisheries R&D Information System (OFRIS) operated by the KIMST, the study took a review of a total of 126 programs (3,504 projects), and confirmed that a

number of R&D projects carried out well correspond to major issues and international research trends mentioned above.

- These R&D projects are formally dealing with major issues, but there is much room left for improvement in terms of quality and continuity.

▸ The US, Germany and Japan are pushing forward national R&D projects in a variety of sectors befitting to their systems and conditions. In particular, the US avoids national planning of industrial technologies particularity requiring initiatives by the private sector.

▸ The study shows some cases of national R&D planning in science and technology as well as planning status in the marine sector based on consultation by experts in each field.

- There are areas for the marine and fisheries sector to benchmark and improve compared with other sectors. These areas include legal and institutional system of national R&D planning, planning methodology, forecasting and trend survey for national planning and innovative R&D trends such as integration and convergence research.

▸ Major challenges and current issues of marine and fisheries R&D planning were drawn based on aforementioned analysis

Table 3. Major Problems and Current Issues of Marine and Fisheries R&D Planning

Major Issue	Relevant Problems
Inadequate institutions and policies	• Shortage of connectivity and continuity of planning • Lack of proposition for large R&D projects • Excessive portion of large infrastructural projects
Inadequate planning befitting to the features of marine science and technology	• Incompetent management based on the classification of science vs. technology and public technology vs. industrial technology • Lack of commercialization of technologies, technological transfer and opening a new business compared with other sectors
Poor planning capacity	• Absence of a systematic and regular system for understanding trends and future forecasting • Shortage of budget for planning research projects • Lack of strategic character in the planning process • Insufficient number of freely proposed projects • Lack of competency in planning experts as well as specialized institutions
Lack of innovation capacity for responding to recent changes	• Insufficient response to the 4thIndustrialRevolution • Lack of interdisciplinary and integrated research with other sectors • Inadequate cooperative research due to exclusiveness between sectors and organizations • Poor R&D foundation for solving social issues • Lack of tolerance towards failure and redundancy

Data: Written by authors

2) Policy suggestions and relevant activities

▸ Depending on R&D features of marine science and technology, this study proposes a classification scheme of programs from the viewpoint of planning.

Table 4. Classification Scheme of Marine and Science Technology R&D

Category 1	Category 2	Feature	Principal agent
Public sector	Science	Low market value	Government department
	Technology	Low market value, Possible to apply in some industries	Government department
Private sector	Science and Technology	Relevant to industries	Private company

Data: Written by authors

▸ Based on the research carried out as above, this study suggests policy directions for improving the planning structure of marine science and technology R&D.

Table 5. Directions for the Improvement of Marine Science and Technology R&D Planning

Problems relevant to R&D planning	Improvement direction
• Shortage of connectivity and continuity of planning • Lack of proposition for large R&D projects • Excessive portion of large infrastructural projects	Establishing institutional and policy systems
• Incompetent management based on the classification of science vs. technology and public technology vs. industrial technology • Lack of commercialization of technologies, technological transfer and opening a new business compared with other sectors	Pushing ahead with planning that corresponds with the features of marine science and technology
• Absence of a systematic and regular system for understanding trends and future forecasting • Shortage of budget for planning research projects • Lack of strategic character in the planning process • Insufficient number of freely proposed projects • Lack of competency in planning experts as well as specialized institutions	Strengthening the capacity of R&D planning and nurturing experts

Problems relevant to R&D planning	Improvement direction
• Insufficient response to the 4th Industrial Revolution • Lack of interdisciplinary and integrated research with other sectors • Inadequate cooperative research due to exclusiveness between sectors and organizations • Poor R&D foundation for solving social issues • Lack of tolerance towards failure and redundancy	Innovative R&D planning capable of responding to recent changes

Data: Written by authors

3) Expected benefits including policy contribution

▸ The Ministry of Oceans and Fisheries (MOF) and the Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion (KIMST) are making efforts to improve the system of national R&D planning in the field of marine and fisheries, aiming to enhance both the level and outcome of national R&D. Against this backdrop, this study can be utilized as a basic data for establishing future policies.

▸ The study confirmed that existing national R&D in the marine and fisheries sector has been formally implemented in accordance with major social and technological trends. However, it is necessary to carry out the projects based on a systematic and well thought-out planning depending on the features of main topics of R&D projects in marine science and technology.

▸ This study can serve as a basic data to allow relevant parties to be equipped with specialized institutions, professional human resources and infrastructures necessary for national R&D policy

planning and project planning. In addition, it gives direction for them to accumulate experience, while boosting the capacity of utilizing advanced planning methods.

- It contributes to the creation of an environment in which people are open to a variety of knowledge, technology, information and experts while relevant discussions, communications, cooperation and integration are taking place.

제 1 장

서론

제1절 연구의 배경 및 필요성

최근 일본 정부는 우리 기업에 대해 반도체 및 디스플레이 핵심 소재인 불산, 포토레지스트, 폴리이미드의 수출 규제를 시행하였고, 우리나라를 백색국가 목록에서 제외하였다.[1] 주요 국가간 무역분쟁으로 인해 경제적 불확실성이 커져가던 중 이와 같은 일본의 조치는 글로벌 공급사슬의 원만한 작동을 위협하고 있으며, 우리 기업들은 어느 때보다 소재 국산화의 필요성을 체감하고 있다. 그에 따라 연구개발(R&D)을 통한 소재기술 분야 원천기술 확보의 중요성이 부각되고 있으며, 국가연구개발사업과 기업체 R&D를 막론하고 과학기술 R&D의 역할에 모두가 주목하고 있다.

우리나라 해양 분야 국가 연구개발사업은 해양수산부의 주도 하에

1) 박광서 외(2019), 「일본의 수출규제가 해양수산업계에 미치는 영향」, 『KMI 동향분석』, Vol. 141, p. 3.

매년 지속적으로 투자 규모가 성장해 왔다. 해양수산 R&D 사업 예산은 2006년 743억 원에서 2015년 2,867억 원으로 증가하여 연평균 16.7% 성장한 것으로 나타난다.[2] 2006년부터 2015년까지 10년간 해양수산 R&D 사업에 투자된 예산은 총 2조 452억 원 규모로, 이 중 정부출연금은 1조 8,062억 원이다.[3]

이와 같은 해양과학기술 R&D 사업의 양적인 성장에 비해 부족한 부분들도 지적되고 있다. 먼저, 해양분야 연구개발사업은 우수한 논문 및 특허 성과에도 불구하고 기술사업화 측면에서는 타 부처 R&D 사업에 비해 다소 미진한 것으로 확인된다. 2009년부터 2014년까지 6년 동안 해양수산과학기술진흥원(KIMST)이 관리한 해양수산 R&D 사업을 통해 총 3,720편의 논문이 발간되었으며, 그중에서 53.4%에 해당하는 1,988편이 SCI급 논문이었다. 같은 기간에 총 2,045건의 특허 성과가 도출되었는데, 국내특허 출원 1,104건, 국내특허 등록 639건, 국외특허 출원 231건이 확인되었다. 반면에, 사업화 실적을 살펴보면 6년간 기술이전은 총 104건 이루어졌으며, 기술료는 총 308억 원 발생했던 것으로 나타난다. 논문과 특허 성과가 시간의 경과에 따라 점차 늘어나고 있는 데 반해 기술이전 및 기술료 실적은 최근 들어서 오히려 줄어들고 있다는 점도 문제로 지적된다.[4]

한편 그동안 많은 연구개발 사업 및 과제에 대한 지속적 R&D 투자가 이루어졌지만, 장기적인 메가트렌드에 대응하기 위한 전략적이고 체계적인 대형 해양과학기술 연구과제는 부족했던 것이 사실이다. 거대과학(Big science)으로 분류되는 해양과학은 특성상 대규모 예산 투자와 많은 인력 및 장비의 투입이 요구된다. 따라서 일반적으

2) 전체 국가 해양수산 R&D 예산은 2015년 기준으로 총 5,500억 원 수준임.
3) 한국해양과학기술진흥원(2016), 『해양수산 R&D 10년 분석』, p. 41.
4) 한국해양과학기술진흥원(2016), 『해양수산 R&D 10년 분석』, pp. 71~76.

로 해양과학기술 R&D 사업의 규모도 자연히 타 분야에 비해 상대적으로 커지게 된다. 거대과학의 대표적 사례로 꼽히는 우주 탐사나 원자력 분야 등을 생각하면 쉽게 이해될 수 있을 것이다. 해양수산 분야의 R&D 과제당 연구비는 꾸준히 증가하고 있으나(2006년 567백만 원 → 2015년 1,115백만 원),[5] 대형 조사선박의 건조 등 일부 연구 인프라 구축사업을 제외하고는 예비타당성조사 대상 규모 이상의 대형과제가 부재한 실정이다.[6]

해양수산부의 R&D 사업은 장기적 트렌드나 국가 정책방향, 사회적 수요 등을 충분히 반영하지 못한다는 지적도 있다. 국가연구개발사업이 국가의 정책적 필요와 국민의 사회적 수요를 반영하고 해결하는 데 기여해야 하지만, 실제로는 수요에 기반하고 있기보다 과학기술 분야의 연구 내적인 관심 주제를 주로 반영하고 있는 것으로 보인다. 반면 미국, 유럽 등 해양과학 분야 선진국들은 전 지구적 차원의 장기적 변화 및 국민들의 사회적 필요에 대한 폭넓은 연구와 이해를 기반으로 국가 R&D 추진방향을 설정하고 있다. 국내에서도 과학기술정보통신부가 과학기술기본계획 수립을 위해 장기적 트렌드 조사를 폭넓게 수행하는 등 R&D 기획 방식이 변화하고 있는 추세다. 우리나라 해양과학기술의 경우 그동안 여러 차례의 국가 R&D 계획 수립 과정이 있었지만, 이 과정이 제도화되지 못했고, 세계적인 추세에 부합하는 국가 미래 수요를 예견하고 그에 따라 체계적으로 R&D 사업을 기획하는 과정이 미흡했던 것이 사실이다.

이러한 다양한 측면의 문제의식에 기반하여 본 연구는 해양과학기술 국가연구개발사업의 개선 방향을 모색해 보고자 하였다. 특히

5) 한국해양과학기술진흥원(2016), 『해양수산 R&D 10년 분석』, pp. 41~44를 참고하여 계산하였음.
6) 국가 R&D 예비타당성조사 대상은 「과학기술기본법」 제11조에 따라 총사업비 500억 원 이상, 국고지원 300억 원 이상에 해당하는 과제임.

R&D 사업의 전 주기 중 가장 첫 단계에 해당하는 기획의 중요성에 주목하여 우리나라 해양과학기술 R&D 기획 체계를 살펴보았다. 국가 R&D 기획 제도, 기획 체계 및 절차, 기획 방법론, 실제 현장에서의 R&D 기획 실태 등을 살펴보고, 부족한 부분과 그 개선방안을 도출함으로써 우리나라 해양 분야 R&D 역량 강화에 기여하고자 한다.

제2절 연구의 목적

이 연구의 목적은 해양과학기술 국가연구개발사업의 가장 첫 단계인 R&D 기획 체계를 개선하기 위한 방안을 도출하는 것이다. 지금까지 해양수산부의 해양과학기술 R&D 사업은 뛰어난 성과에도 불구하고 아쉬운 점이 있었던 것도 사실이다. R&D 기획 단계에서 이러한 단점을 개선할 수 있는 연구·개발 계획을 세울 수 있다면 R&D의 질적인 수준을 높이고 성과를 제고할 수 있을 것이다. 물론 연구진의 꾸준하고 창의적인 연구 수행과 정부 및 관리기관의 안정적인 예산 확보와 정책적 지원이 필요하겠지만, 기획이 R&D 전반의 수준 향상을 가능하게 해줄 첫 번째 열쇠가 됨은 분명하다. 따라서 본 연구를 통해 해양 분야 국가 R&D 기획 체계의 전반을 살펴보고 미진한 부분과 한계를 확인하여 이를 개선할 수 있는 방안을 찾아 제시하고자 한다.

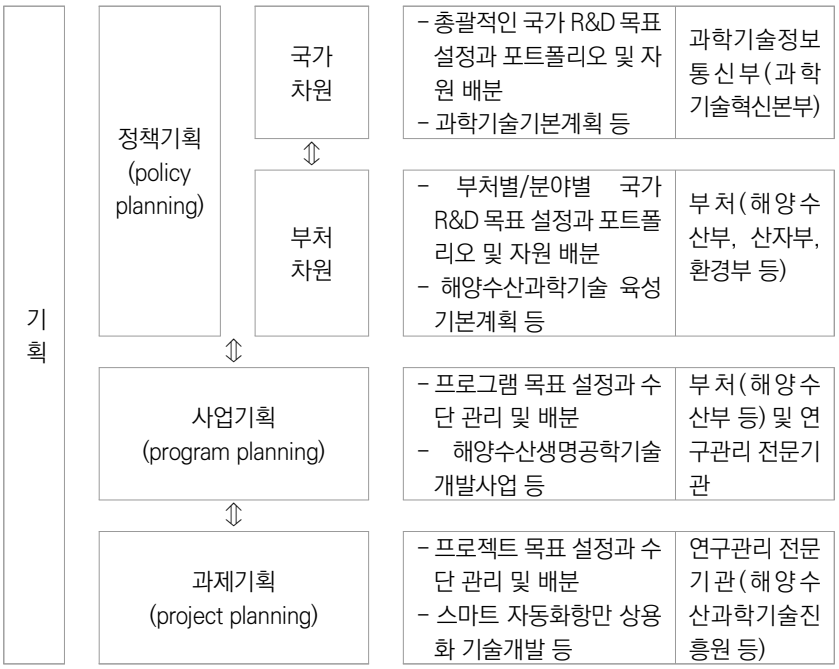
제3절 연구의 내용 및 방법

1. 연구 범위 및 주요 내용

본 연구는 우리나라 해양수산과학기술 국가 R&D 기획 체계에 대한 연구로, 연구의 범위는 R&D 기획의 전 단계를 대상으로 한다. 국가 R&D 기획은 연구개발의 목표를 설정하고 그 목표에 도달하기 위한 각종 방법을 체계적으로 설계·결정하는 과정을 뜻한다.[7] 이장재 외(2011)는 기획의 수준을 네 가지로 구분하고 있는데, 첫째, 국가 차원, 둘째, 부처 차원, 셋째, 사업(프로그램) 차원, 넷째, 과제(프로젝트) 차원이다. 국가와 부처 차원의 기획은 법에 따른 정부 수준의 계획 등을 수립하는 것이며, 사업 및 과제 기획의 경우 개별적인 세부 주제의 연구개발 계획을 세우는 과정이다. 정부 R&D 기획은 정책기획으로, 국가 R&D 목표를 설정하고 자원을 배분하는 등의 역할을 담당한다. 사업 및 과제의 기획은 주로 각 부처 산하의 연구관리 전문기관이 담당하며 직접 주관하거나 적합한 기관에 발주하여 수행하고 있다. 본 연구를 통해 국가부터 과제 수준에 이르는 전체 국가 R&D 기획 체계를 살펴보고 해양과학기술 R&D 기획 체계를 점검해 보고자 한다.

7) 이장재·현병환·최영훈(2011), 『과학기술정책론 – 현상과 이론』, pp. 184~185.

〈그림 1-1〉 국가 R&D 연구기획 수준



자료: 이장재(2006),『기술기획 측면에서 본 국가연구개발사업의 현황과 발전 방향』, 이장재 외(2011),『과학기술정책론 – 현상과 이론』, p. 185에서 재인용한 그림을 저자 재작성

제2장에서는 국가와 해양수산 분야의 R&D 제도와 사업 기획 체계를 검토하였다. 국가 과학기술기본계획, 해양과학기술 R&D 기본계획 및 시행계획, 해양과학기술 R&D 사업 기획 등을 주요 내용으로 한다. 제3장에서는 해양과학기술 R&D 사업 현황에 대한 분석을 실시하였다. 최근 14년간 국내 해양과학기술 R&D 사업을 검토하였으며, 이를 SNS 분석을 통해 파악한 해양 분야 국제 동향 및 전문가 자문을 통해 확인한 해양과학기술 분야별 연구동향과 비교 검토하였다. 이러한 분석을 통해 해양 분야 R&D 사업이 주요 이슈에 적절하게 대응하고 있는지 확인해 보았다. 다음으로 제4장은 국내외 해양

과학기술 R&D 기획 사례를 다루고 있다. 제1절에서는 미국, 독일, 일본의 과학기술 R&D 제도 및 기획 체계를 살펴보았다. 이어 제2절에서는 전문가 심층 인터뷰를 통해 확인한 국내 국가연구개발사업 기획 사례와 주요 시사점을 정리하였다. 제5장은 해양과학기술 R&D의 문제점과 R&D 기획의 주요 현안을 다루고 있다. 해양과학기술의 제도적·정책적 미비점, 취약한 R&D 기획 방법론, 시대 변화에 대응하는 혁신의 부족 등 주요 현안을 제시하였다. 제6장에서는 앞 장에서 다루었던 현안과 문제점을 해결하기 위한 해양과학기술 R&D 기획 체계 개선 방향을 제시하였다. 이를 위해, 먼저 타 분야와 비교되는 해양과학기술 R&D 사업의 특성은 어떠한지, 그리고 해양과학기술 R&D를 어떻게 구분하고 분류할 수 있는지 살펴보았다. 또, 이러한 해양과학기술 R&D 특성에 따라 각각 기획은 어떠한 방식으로 이루어지는 것이 바람직할 것인지 검토하였다. 마지막으로, 제7장은 결론과 정책제언으로 구성된다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 국내외 문헌 조사, 전문가 인터뷰, 그리고 데이터 분석을 주요 연구 방법으로 활용하였다. 우선, 해양과학기술 분야 국가 R&D 체계, 국내외 주요 사례, 관련된 국내외 주요 정책 및 동향 등에 대하여 문헌 연구를 실시하였다. 전문서적과 논문, 보고서, 인터넷 검색을 통해 확인한 전자문서 등을 검토하였다.

해양과학기술 최근 연구동향은 각 분야별 전문가에게 원고 자문을 의뢰하였다. 해양과학기술은 전문성이 강하며, 다양하고 이질적인 분야들로 구성되기 때문에 해당 분야의 전문가가 아니면 연구동향에

관한 상세한 내용을 알기 어렵기 때문이다. 또한 최근의 해양 분야 국외 주요 이슈를 도출하기 위해 SNS 분석을 실시하였는데, 방대한 양의 텍스트 분석을 위해 LDA 기반의 토픽모델링 기법을 적용하였다. 한편 KIMST가 제공하는 연도별 해양과학기술 R&D 사업 및 과제 목록을 바탕으로 최근 14년간 우리나라 해양과학기술 R&D 사업 추진 현황을 분석하였다. 그리고 이를 국외 연구동향 및 주요 이슈 분석 결과와 정성적으로 비교하여 우리나라 해양과학기술 R&D 사업이 국외 주요 연구동향과 사회경제적 수요에 체계적으로 대응하고 있는지 살펴보았다.

또, 본 연구의 내용과 관련된 각종 정보와 자문을 얻기 위해 전문가 심층 인터뷰를 실시하였다. 과학기술정책, 기술혁신, 국가계획 수립, R&D 사업 기획, 해양과학기술 연구개발 등 관련 분야의 전문가를 만나 다양한 정보와 지식, 경험과 의견을 청취하여 본 연구에 반영하였다. 현행 국가 과학기술 R&D 제도와 해양 분야 R&D 기획 체계, 국내 R&D 기획 현황, 주요 방법론, 문제점 등에 대한 의견을 수렴하였다.

제4절 선행연구 검토

과학기술정책 기획, R&D 기획 등에 대한 많은 연구가 이론적, 실무적 수준에서 이루어졌으나, 여기서는 해양 분야 R&D와 관련된 연구에 국한해서 선행연구를 살펴보았다.

〈표 1-1〉 선행연구와 차별성

구 분		선행연구와의 차별성		
		연구목적	연구방법	주요 연구내용
주요 선행 연구	1	- 연구명: 해양환경기술개발사업 중장기 기본계획 수립을 위한 기획연구 - 연구자(년도): 조용갑 외(2011) - 연구목적: 해양환경 분야 국가 R&D 사업 중장기 마스터플랜 수립	· 기술예측 및 기술수준평가 · 해양환경기술 관련 글로벌 트렌드 분석	· 국내외 해양환경정책 및 기술개발 현황 · 해양환경기술개발 중장기 마스터플랜 · 중장기 마스터플랜의 타당성 분석
	2	- 연구명: 해양 학술 SOC 국제동향 조사 및 중장기 구축방안 연구 - 연구자(년도): 한기원 외(2012) - 연구목적: 해양 학술 SOC 추진동향 및 국내 여건을 분석하고, 해양 학술 SOC 확충을 위한 중장기 추진계획(안) 마련	· 문헌조사 · 전문가 자문 · 설문조사	· 해양 학술 SOC의 개념과 성격 · 국내외 해양 학술 SOC 현황 및 전망 · 해양 학술 SOC 중장기 확충계획(안)
	3	- 연구명: 해양수산 R&D 10년 분석 - 연구자(년도): 남정호 외(2016) - 연구목적: 해양수산 R&D 10년의 성과분석과 향후 발전방향 제시	· 문헌연구 · R&D 데이터 분석 · 전문가 자문	· 해양수산 R&D 중장기 정책 동향 · 해양수산 R&D 수행 현황 및 수행성과 · 해양수산 R&D 성공요인 분석 · 해양수산 R&D 발전방향
본 연구		· 해양과학기술 R&D 기획 체계를 법·제도적 분석, 동향 분석, 전문가 심층 인터뷰 등을 통해 검토하고, 기획 체계 개선방안을 도출	· 문헌조사 · 전문가 심층 인터뷰 · 토픽 모델링	· 해양과학기술 동향 및 메가트렌드 분석 · 국가 과학기술 R&D 기획 체계 분석 · 해양수산 R&D 기획 개선방안 도출

자료: 저자 작성

해양과학기술 R&D 전반에 대한 국가계획 수립을 위한 연구와 분야별 사업 기획을 위한 기획 연구가 해양수산부와 KIMST 주관으로, 혹은 용역이나 R&D 과제 형식으로 수행되었다. 대표적인 사례는 '해

양환경기술개발사업 중장기 기본계획 수립을 위한 기획연구'(2011)로 해양환경 세부 분야별로 분과위원회를 구성하여 기획연구를 실시하였고, 중장기 해양환경 R&D 마스터플랜을 도출하였다.

해양수산부 정책연구과제로 수행된 '해양 학술 SOC 국제동향 조사 및 중장기 구축방안 연구'(2012)는 연구 시설, 장비 등 인프라에 대한 연구로, 국내외 해양 학술 인프라 현황을 살펴보고 중장기 확충 계획(안)을 도출하였다.

비교적 최근에 수행된 '해양수산 R&D 10년 분석'(2016)은 KIMST 설립 이후 진행된 해양과학기술 R&D 사업 전체에 대한 체계적인 연구였다. R&D 정책, 현황, 성과 등을 정리하였고, 성공요인을 분석하였으며, 향후 발전 방향을 제안하였다.

이러한 선행연구에 비해 본 연구는 R&D 기획연구가 아닌 정책연구이며, 다루는 주제가 해양과학기술 분야 R&D 전체나 특정 기술 분야, 혹은 인프라 등이 아닌 R&D 기획체계라는 점에서 선행연구들과 차별성을 가진다.

제 2 장

국내 해양과학기술 국가 R&D 기획 체계

제2장에서는 우리나라 해양과학기술 R&D 기획 체계에 대해 살펴보겠다. 우선, 국가 전체 연구개발사업 제도와 기획 체계를 정리하여 보았고, 해양과학기술 분야의 R&D 제도와 기획 체계, 그리고 R&D 기획 방법론을 검토하였다. 우리나라의 국가연구개발사업 관련 정책은 과학기술정보통신부, 특히 과학기술혁신본부가 총괄하여 법·제도적 기반 조성과 국가 R&D 사업의 예산 심의·조정 및 성과평가 기능을 담당하고 있다. 한편 대통령이 위원장인 국가과학기술자문회의는 국가 과학기술정책의 방향에 대한 자문과 주요 정책에 대한 심의를 담당함으로써 국가 R&D 정책의 한 축을 맡고 있다. 제시된 전체적인 국가 R&D 정책의 제도와 방향에 기반하여 해양수산부 등 각 부처는 해당 분야의 R&D 계획을 수립하고 사업 및 과제를 추진하게 된다. 이러한 전체적인 제도와 체계를 확인하도록 한다.

제1절 국가연구개발사업 기본계획의 수립

1. 국가연구개발사업 법령 체계

국가 차원의 R&D 기획은 과학기술기본계획을 근간으로 하고 있다. 과학기술기본계획은 법정계획으로 「과학기술기본법」 제7조(과학기술기본계획)에 따라 수립되고 있다. 따라서 국가 R&D 기획 체계를 파악하기 위해 우선 「과학기술기본법」과 관련 법체계를 확인할 필요가 있다. 국가연구개발사업의 기획, 추진, 평가, 활용 등 모든 단계가 기본적으로 「과학기술기본법」을 중심으로 수행되고 있다. 이 법과 더불어 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」, 「국가연구개발사업 등의 성과평가 및 성과관리에 관한 법률」에 따라 국가연구개발사업 제도가 운용되고 있다.

1) 과학기술기본법

국가연구개발사업은 중앙행정기관이 법령에 근거하여 연구개발과제를 특정하여 그 연구개발비의 전부 또는 일부를 출연하거나 공공기금 등으로 지원하는 과학기술 분야의 연구개발사업으로 정의되고 있다.[8] 추진 근거는 「과학기술기본법」 제11조(국가연구개발사업의 추진)이며 과학기술기본계획을 토대로 각 시행주체가 맡은 분야의 국가연구개발사업 시책을 세워 사업을 추진하도록 되어 있다. 국가연구개발사업 추진 시 효율성 제고를 위해 정부는 기업, 교육기관, 연구기관 및 과학기술 관련 기관 간의 협력, 기술·학문·산업 간의 융합 및 창의[9]적·도전적 연구개발이 활성화될 수 있는 방안을 강구해

8) 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제2조(정의) 제1호.

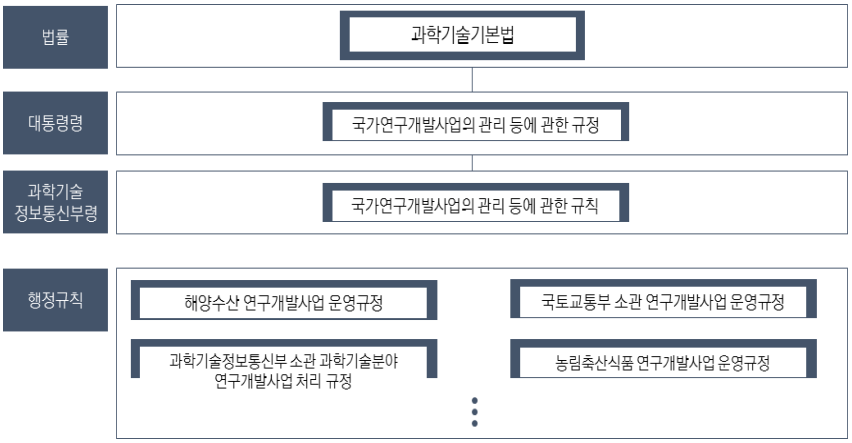
야 한다. 또한 연구환경 등 연구개발 역량 강화를 위한 지원, 국가연구개발사업 관련 제도 내에서 연구기관의 자율성 확보, 사업 결과물에 대한 성과 확산 및 실용화 촉진 등을 고려해야 한다. 법에 따른 정부의 주요 역할은 사업 추진을 위한 사업의 기획, 공고 등에 관한 사항, 과제의 선정, 협약 등에 관한 사항, 연구개발 결과의 평가 및 활용 등에 관한 사항, 연구수행의 기반에 관한 사항 등을 정하는 것이다.

2) 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정

「과학기술기본법」의 시행령인 본 규정은 국가연구개발사업의 기획·관리·평가 및 활용 등에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 하고 있다. 해당 규정은 국가연구개발사업의 기획·관리·평가, 연구개발성과의 귀속 및 활용촉진, 기술료의 징수 및 사용, 국가연구개발사업의 보안 및 정보관리, 국가연구개발사업 참여제한 및 사업비 환수 등에 관한 사항에 대해 규정하고 있다. 또한 이 규정의 제34조(세부 규정)는 연구관리 표준매뉴얼에 저촉되지 아니하는 범위에서 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 세부규정을 부처별로 마련할 수 있게 하고 있다. 여기에 근거해서 각 부처는 소관 국가연구개발사업 관리에 대한 규정을 만들어 사용하고 있다. 해양수산부도 소관 국가연구개발사업 관리를 위한 세부규정으로 「해양수산 연구개발사업 운영규정」을 운용하고 있다.

9) 미래창조과학부·KISTEP, 『국가연구개발사업 연구관리 표준매뉴얼』, 2017. 6.

〈그림 2-1〉 국가연구개발사업 법령체계



자료 : 저자 작성

3) 국가연구개발사업 등의 성과평가 및 성과관리에 관한 법률

이 법은 정부가 추진하는 과학기술 분야의 연구개발 활동을 성과 중심으로 평가하고 연구 성과를 효율적으로 관리·활용함으로써 연구개발투자의 효율성 및 책임성을 향상시키는 것을 목적으로 한다. 본 법에서는 연구개발사업과 연구개발과제를 구분하여 정의하고 있다. 연구개발사업은 중앙행정기관이 과학기술 분야의 연구개발을 위하여 예산 또는 기금으로 지원하는 사업으로 정의하고 있으며, 연구개발과제는 연구개발사업을 추진하기 위하여 소관 중앙행정기관의 장이 선정한 과제를 말한다.

2. 국가연구개발사업 기획 체계

1) 국가연구개발사업의 추진

국가연구개발사업을 추진하기에 앞서 정부는 「과학기술기본법」 제7조(과학기술기본계획)에 따라 법의 목적을 효율적으로 달성하기 위해 과학기술발전에 관한 중·장기 정책목표와 방향을 설정하고 국가과학기술자문회의의 심의를 거쳐 과학기술기본계획을 수립해야 한다. 기본계획에서는 과학기술의 발전목표 및 정책의 기본방향, 과학기술혁신 관련 산업정책, 인력정책 및 지역기술혁신정책 등의 추진방향, 과학기술투자 확대 등의 내용이 포함되어야 한다. 중앙행정기관의 장은 기본계획에 따라 맡은 분야의 국가연구개발사업과 그 시책을 추진하여야 한다.[10] 과학기술정보통신부 장관은 국가연구개발사업에 대한 조사·분석을 하기 위해 사업의 조사·분석계획을 수립하고 이를 중앙행정기관의 장에게 알려야 한다. 조사·분석계획에는 제출기관, 대상사업, 제출자료 및 제출시기 등이 포함되어야 한다. 또한 장관은 해당 계획에 따라 조사·분석을 수행하고 결과는 데이터베이스로 구축해야 한다.

2) 사전조사 및 기획·기술수요조사

중앙행정기관의 장은 사업추진 시 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제4조(사전조사 및 기획)에 따라 R&D 사업의 기술적·경제적 타당성 등에 대한 사전조사 또는 기획연구를 수행해야 한다. 사전조사 및 기획연구에 있어 국내외 특허 동향, 기술동향, 표준화 동향 및 표준특허 동향 등에 대한 조사가 이루어져야 한다. 또한 다른

10) 「과학기술기본법」 제11조(국가연구개발사업의 추진) 제1항.

사업과의 중복을 피하기 위해 관계 중앙행정기관의 장과 협의를 하며, 국가연구개발사업 간의 연계를 강화해야 한다. 사전조사 또는 기획연구 결과를 바탕으로 사업기획을 구체화하고, 구체화된 기획안을 과학기술정보통신부 장관에게 제출하여야 한다. 기획안에는 국가연구개발사업의 목표, 세부추진내용 및 추진체계, 평가계획, 필요한 자원의 규모 및 인력 확보방안, 정부지원의 타당성 검토 결과, 연구개발성과의 활용방안 및 기대효과 등이 포함되어야 한다. 사전조사 및 기획 단계 이후 중앙행정기관의 장은 정기적으로 기술수요조사를 하고, 그 결과를 반영하여 연구과제를 발굴하도록 해당 규정에 명시되어 있다. 기술수요조사 시에는 제안하는 기술의 개발목표 및 내용, 연구개발 동향 및 파급효과, 시장 동향 및 규모, 개발기간, 정부지원 규모 및 형태 등의 고려가 필요하다.

〈표 2-1〉 과학기술기본계획의 주요 내용

연번	내용
1	• 과학기술의 발전목표 및 정책의 기본방향
2	• 과학기술혁신 관련 산업정책, 인력정책 및 지역기술혁신정책 등의 추진방향
3	• 과학기술투자의 확대
4	• 과학기술 연구개발의 추진 및 협동·융합연구개발 촉진
5	• 기업, 교육기관, 연구기관 및 과학기술 관련 기관·단체 등의 과학기술혁신 역량의 강화
6	• 연구개발성과의 확산, 기술이전 및 실용화의 촉진, 기술창업의 활성화
7	• 기초연구의 진흥
8	• 과학기술교육의 다양화 및 질적 고도화
9	• 과학기술인력의 양성 및 활용 증진
10	• 과학기술지식과 정보자원의 확충·관리 및 유통체제의 구축
11	• 지방과학기술의 진흥, 과학기술의 국제화 촉진
12	• 남북 간 과학기술 교류협력의 촉진
13	• 과학기술문화의 창달 및 민간부문의 과학기술혁신 촉진

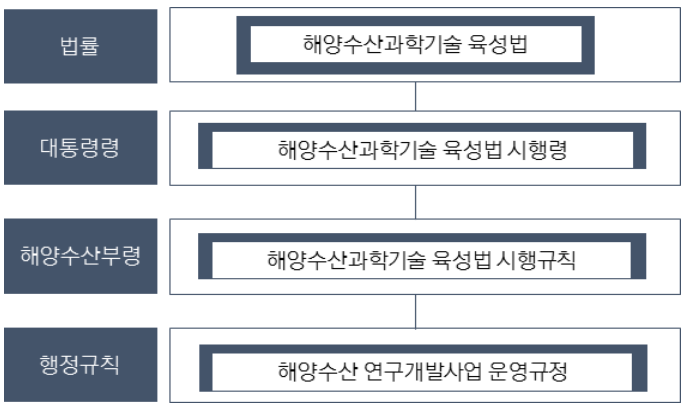
자료 : 「과학기술기본법」제7조(과학기술기본계획), 저자 재작성

제2절 해양과학기술 R&D 기본계획

1. 해양과학기술 R&D 법령체계

해양수산과학기술의 발전기반 조성과 육성을 위한 「해양수산과학기술 육성법」과 이 법의 제5조(해양수산과학기술 육성 기본계획의 수립 등) 및 제6조(해양수산과학기술 육성 시행계획의 수립 등)에 따라 수립된 법정계획을 바탕으로 정부는 해양과학기술 R&D 제도를 운용하고 있다.

〈그림 2-2〉 국가연구개발사업 법령체계



자료 : 저자 작성

1) 해양수산과학기술 육성법

2016년 12월 「해양수산과학기술 육성법」이 제정되었다. 본 법의 제2조(정의)에서는 해양수산과학기술을 해양 및 해양수산자원의 관리·보전과 개발·이용에 관련된 과학기술로 정의하고 있다. 해양수산

부 장관은 해양수산과학기술 육성을 위하여 5년마다 해양수산과학기술 육성 기본계획을 수립 및 시행해야 한다. 해당 기본계획에는 해양수산과학기술 육성을 위한 정책목표 및 방향, 해양수산과학기술의 국내외 현황과 전망, 중점기술 개발 전략, 중장기 투자계획, 성과의 보급 및 실용화 방안, 인력의 수급 및 육성 방안, 관련 학계·연구기관·산업계 간의 협동연구 및 융합기술 연구개발 촉진 방안 등이 포함되어야 한다. 또한 기본계획의 범위에서 매년 해양수산과학기술 육성 시행계획을 수립하고 이에 필요한 재원을 확보하기 위해 노력해야 함을 법적으로 명시하고 있다. 시행계획은 매년 해당 연도의 해양수산과학기술 육성 방향 및 분야별 세부 계획, 투자계획 등으로 구성된다. 해양수산과학기술의 발전 및 육성과 관련하여 기본·시행계획 수립 및 변경, 주요 정책 수립 및 조정, 예산투자 방향, 성과 관리 등을 심의하기 위해 해양수산부 장관 소속으로 해양수산과학기술위원회를 두고 있다.

해양수산부 장관은 기본계획을 효율적으로 추진하기 위해 연도별·분야별 해양수산과학기술 연구개발 과제를 선정하고, 기관 또는 단체와 협약을 체결하여 해양수산과학기술 연구개발사업 및 전문인력 양성사업을 추진할 수 있다. 사업 추진을 위해 해당 기관 또는 단체에 출연금을 지급하거나 필요한 비용의 전부 또는 일부를 예산 범위에서 지원하도록 하고 있다. 해양수산부 장관은 연구개발사업 추진뿐만 아니라 지역의 해양수산 현안문제 조사 및 연구 등을 위하여 지정기준 등에 따라 해양한국발전프로그램센터를 지정할 수 있다.

해양수산과학기술 연구개발사업과 관련하여 사업에 따라 개발된 해양수산과학기술의 이용·보급 촉진을 위해 해당 기술을 적용한 시범사업을 실시할 수 있다. 시범사업 추진 시 해양수산부에서는 사업

에 참여하는 기관 및 단체에 재정적·행정적·기술적 지원도 가능하다.

해양수산과학기술 관련 연구개발사업을 효율적으로 관리하기 위해 해양수산과학기술 분류체계를 작성하고 지속적으로 보완·발전시키도록 하고 있다. 또한 해양수산과학기술과 관련하여 기술개발과제 정보, 기술이전정보, 특허정보 및 국내외 과학기술동향정보 등에 관한 정보, 인력의 산업별·지역별·성별 수요와 공급 현황 등에 관한 정보 등이 효과적으로 수집·분석 및 보급될 수 있도록 데이터베이스 및 정보제공 시스템 구축 등 관련 시책을 수립·추진할 수도 있다.

2) 해양수산 연구개발사업 운영규정

본 규정은 「과학기술기본법」과 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」에서 위임한 사항에 근거하고 있으며, 「해양수산과학기술육성법」, 같은 법 시행령 및 시행규칙에 따른 해양수산부 소관 연구개발사업을 효율적으로 관리·운영하기 위한 사항에 대해 명시하고 있다. 해당 규정에서 적용하고 있는 연구개발사업은 〈표 2-2〉와 같다. 이 규정에서 정한 사항 이외에는 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 및 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규칙」에서 정하는 바에 따르도록 하고 있다.

본 규정에서는 연구개발사업 관리 및 추진체계, 연구개발비의 지급 및 관리, 연구개발사업의 평가 및 관리, 연구개발비 정산, 연구개발성과의 활용촉진, 연구개발사업의 보안 및 정보관리 등에 관한 세부사항을 명시하고 있다.

〈표 2-2〉 해양수산 연구개발사업 운영규정 적용 사업

연번	연구개발사업
1	• 해양자원의 기술력을 높이기 위한 연구개발사업
2	• 해양환경의 기술력을 높이기 위한 연구개발사업
3	• 해양수산생명의 기술력을 높이기 위한 연구개발사업
4	• 해양관측 및 예보의 기술력을 높이기 위한 연구개발사업
5	• 해양공학의 기술력을 높이기 위한 연구개발사업
6	• 해양재해 및 방재의 기술력을 높이기 위한 연구개발사업
7	• 항만건설 및 항만물류의 기술력을 높이기 위한 연구개발사업
8	• 해양 안전 및 교통의 기술력을 높이기 위한 연구개발사업
9	• 극지해양과학의 기술력을 높이기 위한 연구개발사업
10	• 수산양식의 기술력을 높이기 위한 연구개발사업
11	• 수산자원 및 어장환경의 기술력을 높이기 위한 연구개발사업
12	• 어업생산 및 이용가공의 기술력을 높이기 위한 연구개발사업
13	• 해양수산연구인프라를 위한 연구개발사업
14	• 연구시설·장비 등 연구 인프라 구축·운영과 인력육성을 위한 연구개발사업
15	• 연구개발성과의 확산, 기술이전 및 실용화 촉진, 기술창업의 활성화 지원을 위한 연구개발사업

자료 : 「과학기술기본법」제7조(과학기술기본계획), 저자 재작성

2. 해양과학기술 연구개발 정책 동향

1) 국가과학기술 정책 동향

「과학기술기본법」 제11조 제1항에 근거하여 중앙행정기관의 장은 과학기술기본계획에 따라 맡은 분야의 시책을 세워서 국가연구개발사업을 추진하도록 되어 있다. 따라서 해양 분야 R&D 기본계획은 국가 R&D 기본계획을 반영하고 있으며, 해양과학기술 분야의 연구개발 동향 파악을 위해 과학기술 기본계획의 변천 과정을 살펴볼 필요

가 있다. 과학기술기본계획은 향후 5년간 우리나라 과학기술혁신정책의 비전, 목표, 방향 등을 제시하는 중장기 발전전략으로 각 부처 과학기술 관련 정책의 수립·추진방향을 제시하는 최상위계획이다. 제1차 과학기술기본계획은 기존에 수립되어 있던 계획(2002~2006년)을 참여정부의 임기에 맞도록 조정하면서 참여정부의 과학기술기본계획(2003~2007년)으로 재수립되었다. 이 계획은 '과학기술 8대 강국' 실현을 위해 10대 중점추진과제를 제시하였다. 주요 과제로는 국가전략과학기술의 선택적 집중개발, 창의적 혁신역량 제고를 위한 기초과학·연구 진흥, 지식기반사회를 선도할 과학기술인력 양성, 국가 균형발전을 위한 지방과학기술 혁신, 산업계 기술역량 제고를 위한 민간기술개발 지원, 사회적 수요에 부응하는 과학기술의 역할 증대 등이 있다.

제2차 과학기술기본계획(2008~2012년)은 제1차 기본계획이 제조업 중심의 기술혁신정책을 담고 있던 데 비해 제조업과 서비스업의 동반성장을 추구하였으며, 국가연구개발을 통한 경제성장과 사회적 수요대응을 강조하였다.[11] 제2차 기본계획의 목표 달성을 위해 향후 5년간 정부가 추진해야 할 10대 부문 60개 과제를 도출하였다. 주요 내용으로는 중점과학기술 개발, 기초연구 진흥, 과학기술 하부구조 고도화, 지역기술혁신역량 강화, 과학기술 투자 확대 및 효율화, 사회적 수요에 부응하는 과학기술 역할 증대 등이 포함되어 있다. 2차 기본계획에서는 연구개발 기획과 관련하여 미래예측, 기술예측 등에 기초한 전략적 R&D 기획 활동을 강화할 수 있도록 정부 R&D 투자의 사전기획 및 연계·조정 강화와 지자체의 연구개발사업 기획·관리 역량 육성을 위한 과제가 포함되어 있다. 또한 다양한 사회적 수요에

11) 한국해양과학기술진흥원(2016), 『해양수산 R&D 10년 분석』, p.12.

부응하도록 범공동체 문제 해결을 위한 사회기술 연구개발체제 구축, 과학기술과 사회의 커뮤니케이션 체제 구축 등의 과제도 제시하고 있다.

제3차 과학기술기본계획(2012~2016년)에서는 경제성장 외에 삶의 질 향상, 연구개발 결과의 기술이전·사업화 및 일자리 창출과의 연계 강화를 도모하고자 하였다. R&D 경제성장 기여도 40%, 일자리 64만 개 창출 등의 성과목표를 달성하고자 30대 중점분야 및 120개 실천과제를 제시하였다. 추진전략은 국가연구개발 투자 확대 및 효율화, 국가전략기술 개발, 중장기 창의역량 강화, 신산업 창출지원, 과학기술 기반 일자리 창출 등으로 설정하였다. 특히 신산업 창출 지원전략 중 지식재산 생태계 조성을 위해 특허동향조사, 국가특허전략 청사진 등 IP(지식재산권)를 고려한 연구개발 기획을 강화하고자 하였다.

제4차 과학기술기본계획(2018~2022년)은 2040년까지의 장기적 비전을 설정하여 과학기술이 지향해야 할 바람직한 미래상을 제시하였다. 그동안 과학기술 분야 장기 비전과 과학기술 기본계획 간의 연계성 저조에 따른 계획의 실효성 미흡으로 제4차 계획에서는 과학기술 장기 비전과 5년 단위의 기본계획을 연계하여 정책의 일관성·효과성 제고 및 국가적 역량 결집을 도모하였다. 과학기술역량 확충, 과학기술 생태계 조성, 신산업·일자리 창출, 행복한 삶 구현 등 4대 전략에 따라 19개 중점추진과제를 마련하였다. 제4차 계획에서 연구기획과 관련하여 기초·원천연구의 기획·선정·평가 프로세스 혁신과제 추진을 통해 연구자의 자율성과 창의성 제고를 위한 사전기획절차 개선을 도모하였다. 반드시 필요한 경우에만 과제제안서(RFP: Request For Proposal) 작성을 허용하고 연구자의 자율성 확대를 위해 과제제안서를 간소화한다는 내용이다. 다수가 기획에 참여하는

크라우드(Crowd)형 기획을 활성화하고 연구주제가 동일할 경우 추진 내용 등에 차별성이 인정되면 연구를 허용할 수 있도록 하였다. 또한 우수연구수행자 등 수준 높은 전문 평가자 풀을 다양하게 확보하며 과제 기초연구 및 대형 장기사업에 전문 평가단을 도입함으로써 과제선정의 전문성 강화 및 도전성 중심의 다양한 평가제도를 마련하고자 하였다.

1~4차 과학기술 기본계획의 공통점으로 국가연구개발사업 기획과 관련하여 사회의 다양한 수요 반영과 사업의 활용도를 높일 수 있는 사업 기획 역량 강화에 대한 사항이 매 계획마다 유사한 형태의 과제로 포함되어 있는 것을 알 수 있다.

〈표 2-3〉 제1차~제4차 과학기술기본계획별 연구개발 기획 관련 사항

분야	과제
1차 및 참여정부	• 과학기술투자의 확충 및 효율성 제고
	• 국가 균형발전을 위한 지방과학기술 혁신
	• 과학기술 생산성 제고를 위한 하부구조 고도화
제2차	• 정부 R&D 투자의 사전기획 및 연계·조정 강화
	• 지자체의 연구개발 사업 기획·관리역량 육성
	• 범공동체 문제 해결을 위한 사회기술 연구개발체제 구축
	• 과학기술과 사회의 커뮤니케이션 체제 구축
제3차	• IP(지식재산권)를 고려한 연구개발 기획 강화
제4차	• 다수가 기획에 참여하는 Crowd형 기획 활성화
	• 과제선정의 전문성 강화 및 도전성 중심의 다양한 평가제도 마련

자료 : 저자 작성

2) 해양과학기술 정책 동향

해양과학기술 정책은 1996년 과학기술처 주관으로 수립된 '해양개발기본계획'을 토대로 2000년에 해양수산부 중심의 범부처 계획인 '해양한국21'이 수립되면서 체계적으로 추진되기 시작하였다.[12] 이후 2002년 「해양수산발전기본법」이 제정되었고, 2004년에 해당 법에 따른 법정계획인 '해양과학기술개발계획'이 수립되었다. 2013년에는 「해양수산발전 기본법」, 「농림수산식품과학기술 육성법」, 「과학기술기본법」, 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」에서 위임한 사항과 해양수산부 소관 연구개발사업을 효율적으로 관리·운영하기 위한 세부 사항을 정하기 위해 「해양수산 연구개발사업 운영규정」을 제정하였다. 「해양수산발전기본법」에 따른 법정 종합계획으로 현재 실효성을 가지고 있던 해양수산 R&D 법정계획은 2014년에 수립된 '해양수산 R&D 중장기계획'이다. 2016년에는 「해양과학기술육성법」이 제정되었으며, 2018년에는 제4차 과학기술기본계획(2018. 2)의 정책방향과 4차 산업혁명 촉발로 인한 과학기술 생태계 변화를 반영한 해양수산과학기술 육성 전략 필요성 대두에 따라 「해양과학기술 육성법」 제5조에 근거하여 '제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획('18~'22)' 이 수립되었다. 본 계획은 향후 5년간 집중 육성할 과학기술 분야를 제시하고, 국민 참여 확대, 기획연구 체계 개선 등 정책방안을 담고 있다. 같은 법 제6조에 따라 기본계획의 범위에서 매년 해양수산과학기술 육성 시행계획을 수립·시행하도록 명시하고 있다. 그 결과로 2018년, 2019년 해양수산과학기술 육성 시행계획이 수립 및 시행되고 있다.

12) 한국해양과학기술진흥원(2016), 『해양수산 R&D 10년 분석』, p. 22.

〈표 2-4〉 해양과학기술 정책 추진 경과

연도	내용
1996년	• '해양개발기본계획' 수립
2000년	• '해양한국 21(Ocean Korea 21)' 수립
2002년	• 「해양수산발전기본법」 제정
2004년	• '해양과학기술개발계획' 수립
2013년	• 「해양수산 연구개발사업 운영규정」 제정
2014년	• '해양수산 R&D 중장기 계획' 수립
2016년	• 「해양과학기술 육성법」 제정
2018년	• '제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획('18~'22)' 수립 • '2018년도 해양수산과학기술 육성 시행계획' 수립
2019년	• '2019년도 해양수산과학기술 육성 시행계획' 수립

자료 : 저자 작성

(1) 제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획

기존의 해양수산과학기술 정책은 분야별로 단편적, 분절적으로 수립·시행됨에 따라 새로운 기술정책 수요에 대응하는 데 한계가 있으며, 기획연구 미흡, 연구개발 성과 활용 부족 등의 문제점이 제기되었다. 이러한 문제점을 해소하고 기획, 연구개발, 성과활용·산업화 등의 종합적인 실천전략 제시가 필요함에 따라 해양수산과학기술 육성 정책의 비전·목표를 제시하고 이에 따른 전략과제를 포괄하는 '제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획('18~'22)'이 수립되었다. 이 계획은 「해양수산과학기술 육성법」 제5조에 근거한 해양수산 분야 과학기술 정책의 최상위 계획으로, '제4차 과학기술기본계획'과 연계하여 수립된 것이다. 내용적 범위로 해양수산과학기술 연구개발 및 산업육성, 인력양성 등 해양수산 분야 과학기술 육성 정책의 전반을 포괄한다.

〈표 2-5〉 제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획 개요

구분	내용
대상기간	• 2018~2022년(5개년)
법적근거	• 「해양수산과학기술 육성법」 제5조
계획의 성격	• 해양수산 분야 과학기술 정책의 최상위 계획으로, '제4차 과학기술 기본계획'과 연계하여 수립
적용범위	• 해양수산과학기술 연구개발 및 산업육성, 인력양성 등 해양수산 분야 과학기술 육성 정책의 전반을 포괄

자료 : 해양수산부(2018, 6), 「제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획('18~'22)」, p. 2 저자 재작성

'제1차 해양수산과학기술육성기본계획('18~'22)'의 비전은 '풍요롭고 안전한 바다 실현을 위한 해양수산과학기술 육성이며, 목표는 최고 기술보유국 대비 기술수준을 80%에서 90%로 높이며, 산업혁신 생태계 조성, 해양사고 30% 저감, 연간 전문인력 800명 이상 양성 등으로 설정하였다. 추진전략은 신산업육성 기반 마련, 수산업 분야 사회문제 해결을 위한 과학기술적 대안 마련에 중점, 정부의 연구개발 지원체계 혁신, 민간의 연구개발 역량 제고 지원으로 구성되어 있다.

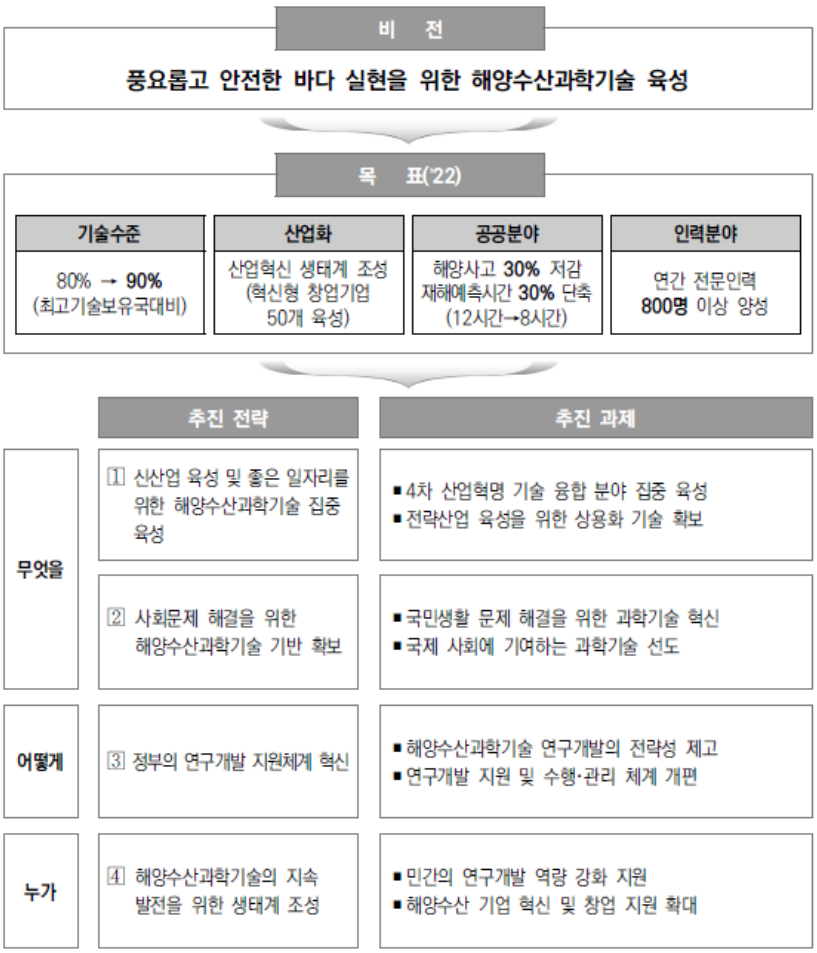
〈표 2-6〉 제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획 추진전략

구분	추진전략
전략 1	• 해양바이오, 해양에너지, 해양장비, 친환경 해사산업 등 분야의 상용화 연구를 통해 신산업 육성 기반 마련
전략 2	• 안전한 수산먹거리 확보, 어업현장 사고 저감 등 수산업 분야 사회문제 해결을 위한 과학기술적 대안 마련에 중점
전략 3	• 국가 R&D 혁신방안(2018. 7), 해양수산 R&D 관리체계 개선(2018. 12) 등에서 제시된 개선사항이 현장에서 차질 없이 이행될 수 있도록 세부 규정 정비, 관련 추진계획 수립 등 후속조치
전략 4	• 출연연이 보유한 연구선, 특수시료 등의 민간 활용 활성화 등 민간의 연구 개발 역량 제고 지원

자료 : 해양수산부(2018, 12),「2019년도 해양수산 과학기술 육성 시행계획」, p. 22, 저자 재작성

연구개발 체계 관련 과제로 해양수산과학기술 연구개발의 전략성 제고와 연구개발 지원 및 수행·관리 체계 개편 과제가 제시되어 있다.

〈그림 2-3〉 비전 및 추진목표



자료 : 해양수산부(2018, 6), 「제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획('18~'22)」, p. 18.

해양과학기술 연구개발사업 기획 체계 개선과 관련하여 정부의 연구개발 지원체계 혁신 전략 부문에서 해양수산과학기술 연구개발의 전략성 제고를 위한 기획 체계 개선방안이 제시되어 있다. 기획연구 수행체계에 있어 현재 수요조사 실시 절차에서 투자방향을 먼저 설정하고 수요조사를 실시하도록 개편하며, 사업 대상은 과제단위 기획에서 사업단위 기획으로, 수행대상도 단일 연구자 수행에서 사업기획단 운영으로 개선하는 방안이다.

〈그림 2-4〉 기획연구 수행체계 개선방향

구분	현행	개편
절차	수요조사 실시	(先) 투자방향 설정 → (後) 수요조사 실시
대상	과제단위 기획	사업단위 기획
수행	단일 연구자 수행	사업기획단 운영

자료 : 해양수산부(2018. 6), 「제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획('18~'22)」, p. 34, 저자 재작성

또한 국정과제, 해양수산과학기술 육성 기본계획 등의 정책목표와 연계한 투자방향을 수립하고 이를 토대로 수요조사 및 기획연구를 실시하는 내용이 포함되어 있다. 기획연구 과정에서도 기획연구 수요 발굴과 연구과제 추진 과정에서 다양한 연구개발 수요자의 참여를 확대시킴으로써 과제의 전문성을 제고할 수 있도록 한다.

(2) 2019년도 해양수산과학기술 육성 시행계획

본 계획은 해양수산부에서 해양수산 분야 과학기술 정책의 근간이 되는 '제1차 해양수산과학기술 육성기본계획('18~'22)'을 수립함에 따라 기본계획에서 제시된 정책과제 이행을 위한 실행계획의 성격을 지니고 있다. 「해양수산과학기술 육성법」 제6조(해양수산과학기술

육성 시행계획의 수립 등)를 법적 근거로 삼으며, 해양수산과학기술 연구개발 및 산업육성, 인력양성 등 해양수산 분야 과학기술 육성 정책의 전반적인 사항을 포괄한다. 2019년도 계획부터 출연연구기관 등 지원사업을 포함한 전체 해양수산연구개발 사업의 투자계획이 포함되어 있는 것이 특징이다.

가. 2019년도 중점 추진내용

'제1차 해양수산과학기술 육성기본계획('18~'22)'의 추진전략별 세부 시행계획으로 첫 번째, '해양수산과학기술 집중 육성'과 관련하여 크게 4차 산업혁명 기술 융합 분야 집중 육성, 전략산업 육성을 위한 상용화 기술 확보 과제를 명시하였다. 4차 산업혁명 기술 융합 분야 집중 육성에는 자율운항선박 운용기술 개발 및 실증기반 마련, 스마트 항만 개발 및 실증기반 구축 과제 등이 있으며, 상용화 기술 확보와 관련해서는 해양에너지 조기상용화 지원 등이 있다. 두 번째, '사회문제 해결을 위한 해양수산과학기술 기반 확보' 전략 이행을 위해 국민생활 문제해결을 위한 과학기술 혁신과 관련하여 수산물 품질 및 안전관리 기술 확보, 해양안전 확보를 위한 기술개발 확대 등의 과제가 계획되어 있으며, 국제사회에 기여하는 과학기술 선도를 위한 추진과제로 기후변화 대응 및 해양생태계 보호, 기술원조 사업 지속 추진 등 해양수산과학기술 국제협력 강화 과제가 있다. 세 번째 전략인 '해양수산 연구개발 지원체계 혁신'과 관련하여 해양수산과학기술 연구개발의 전략성 제고를 위하여 해양수산부 해양수산과학기술정책과 신설을 통한 해양수산 과학기술 컨트롤타워 강화, 신규 기획영역 발굴을 위한 기획연구 추진, 출연연구기관 등 공공연구기관의 대표과제 육성 등의 과제가 있다. 또한 연구개발 지원 및 수행·

관리 체계 개편을 위해 해양수산 특화 통합투자패키지 모델 활성화, 다부처·융합 프로젝트 확대, '성과지향형 R&D 개선방안'(2018. 11)에 따른 제도 개선 및 현장 적용 추진 등 평가관리체계 개선과제가 마련되어 있다. 네 번째 전략인 '해양수산과학기술의 지속 발전을 위한 생태계 조성'과 관련하여 민간의 연구개발 역량 강화 지원을 위해 공공연구기관이 기 보유한 연구 인프라에 대한 민간 공동활용 촉진과 같은 연구 인프라 및 연구정보 공유를 통한 민간 연구역량 지원, '연구개발-전문인력 양성-일자리 창출' 선순환 체계 구축 등이 있다. 해양수산 기업 혁신 및 창업지원 확대를 위해 기업의 혁신성장을 위한 기술거래와 투자를 촉진하는 기술금융 여건 조성과 같은 지원제도 내실화, 창업기업 기술개발 지원을 위한 의무지원비율 확대 등 기술기반 창업 지원 확대 등이 계획되어 있다.

나. 2019년도 연구개발 투자계획

본 계획에 따르면 2019년도 연구개발 투자 기본방향으로 해양수산 분야 신산업 육성과 혁신성장, 일자리 창출, 사회문제 해결 등을 위해 전년대비 3.5% 증가한 6,362억 원을 투자할 계획이다. 공모형 R&D의 경우 신규사업 부문은 4차 산업혁명 기술과 해양수산 산업의 융합 기술개발, 전략산업 육성 등의 분야 10개 신규 사업에 330억 원을 투입할 계획이며, 계속사업 부문에서는 해양사고 예방, 국제규제 대응 등 사회문제 해결 등의 분야 23개 사업에 2,730억 원을 투입할 계획으로 2019년도 투자계획 총액은 3,061억 원이다.

〈표 2-7〉 2019년도 분야별 연구개발 투자계획

단위: 억 원, %

구분	2018 예산(A)	2019 예산(B)	전년대비	
			증감 (B-A)	증감률 (B-A)/A
합계	6,145	6,362	217	3.5
① 4차 산업혁명기술 융합 분야	45	109	64	142.2
첨단 항만물류 기술개발	45	27	△18	△40.0
(신규)IoT 기반 지능형 항만물류 기술개발	-	52	52	순증
(신규)스마트 자동화 항만 상용화 기술개발	-	30	30	순증
② 전략산업 육성 분야	1,266	1,325	58	4.6
해양 청정에너지 기술개발	150	183	33	22.0
(신규)조류발전 청정재생에너지시스템 개발	-	29	29	순증
해양수산생명 공학기술 개발	302	249	△53	△17.5
포스트게놈 다부처유전체	58	49	△9	△15.5
(신규)해양바이오 전략소재 개발 및 상용화	-	50	50	순증
해양장비 개발 및 인프라 구축	374	327	△47	△12.6
(신규)해양장비 연구성과 활용촉진	-	20	20	순증
IMO 선박 국제규제 대응기술 개발	33	67	34	103.0
(신규)선박배출 미세먼지 통합저감 기술개발	-	25	25	순증
LNG 벙커링 핵심기술 개발 및 체계 구축	31	55	24	77.4
수산실용화 기술개발	192	155	△37	△19.3
Golden Seed 프로젝트	68	57	△11	△16.2
미래해양자원 기술개발	58	58	-	-
③ 사회문제 해결 분야	1,336	1,351	15	1.1
수산식품산업 기술개발	72	40	△32	△44.4
(신규)차세대 수산물 품질관리 및 검역시스템 구축	-	15	15	순증

구분	2018 예산(A)	2019 예산(B)	전년대비	
			증감 (B-A)	증감률 (B-A)/A
해양안전 및 해양교통시설기술개발	401	439	38	9.5
안전한 항만 구축 및 관리기술개발	40	44	4	10.0
차세대 안전복지형 어선개발	42	49	7	16.7
해양과학조사 및 예보기술개발	203	199	△4	△2.0
정지궤도복합위성개발	211	136	△75	△35.5
해양수산환경기술개발	206	187	△19	△9.2
(신규)무인항공기 기반 해양안전 및 수산생태계 관리 기술	-	30	30	순증
극지 및 대양과학연구	161	178	17	10.6
④ 민간역량 강화 분야	267	267	△1	△0.4
미래해양산업기술개발	190	122	△68	△35.8
(신규)해양산업 수요기반 기술개발 사업	-	45	45	순증
해양과학국제연구	21	22	1	4.8
해양수산기술지역특성화	52	50	△2	△3.8
수산전문인력양성	5	28	23	460.0
⑤ 연구기관 지원 등	3,231	3,310	78	2.4
수산연구시설 및 선박관리(수과원)	308	286	△22	△7.1
수산시험연구(수과원)	311	307	△4	△1.3
수산생물방역체계 구축(수과원)	82	87	5	6.1
생태계기반 수산자원 변동 예측기술 개발(수과원)	38	42	4	10.5
수산과학원 운영경비 등 6개 사업	493	543	50	10.1
한국해양과학기술원 운영지원	851	892	41	4.8
극지연구소 운영지원	835	822	△13	△1.6
선박 해양플랜트 연구소 운영지원	272	288	16	5.9
해양수산과학기술진흥원 운영지원	32	33	1	3.1
정책연구개발	8	8	-	-

자료 : 해양수산부(2018, 12), 「2019년도 해양수산 과학기술 육성 시행계획」, p. 29, 저자 재작성

제3절 해양과학기술 R&D 기획연구

1. 해양과학기술 R&D 기획연구 개요

'해양수산 R&D 기획연구체계 개편방안'을 토대로 일관된 기획연구 수행체계 수립과 기획연구 추진 절차 가이드 마련 등을 위해 2019년에 해양수산 R&D 전문기관인 해양수산과학기술진흥원에서 '해양수산과학기술연구개발사업 기획연구 매뉴얼'을 마련하였다. 본 매뉴얼(해양수산과학기술진흥원, 2019)에 따르면, 연구기획은 미래 연구개발 목표달성을 위한 효율적인 수단을 찾고 준비하는 과정으로서, 구체적으로는 연구개발사업기획을 의미하고 있다. 기존의 국가 정책수립을 위한 사전 기획과는 달리 연구개발 추진의 사전 혹은 사후 절차로 진행되는 경우가 많다. 연구기획은 미래 연구개발 목표달성을 위해 수립한 국가 연구개발사업 정책기획에 따라 추진하고자 하는 연구개발사업의 목표 및 과제 선정까지의 단계에 해당한다. 기획단계 이후에 실질적인 연구개발이 실시되며, 성과에 따른 평가가 이루어지는 단계로 넘어간다.

2. 해양과학기술 R&D 기획연구 추진 절차

기획연구 추진 절차는 기획추진체계 구성, 이슈 도출 및 환경 분석, 비전 및 목표 수립, 전략기술 도출, 사업추진전략 수립, 타당성 분석으로 크게 여섯 단계로 구분된다.

〈그림 2-5〉 해양수산 연구기획 절차

자료 : 해양수산과학기술진흥원(2019),「해양수산과학기술연구개발사업 기획연구 매뉴얼」, p. 4, 저자 재작성

1) 기획추진체계 구성

기획추진체계 구성은 기획연구의 원활한 추진을 위한 계획 수립 및 기술 분야별 기획위원회를 구성하는 단계로 크게 기획 세부추진계획 수립, 기획추진체계 구성, 분과위원회 구성으로 이루어진다. 기획 세부추진계획 수립은 기 연구개발계획서를 수정·보완하는 것으로 기획의 추진배경, 추진경과, 세부추진계획, 소요예산 등이 포함된다. 기획추진체계 구성은 기획연구 연구기관을 포함하여 총괄 분야 및 분야(기술)별 분과위원회를 구성하여 기획위원회 추진체계를 수립하는 것이다. 분과위원회는 기획일정, 역할 등 사전공지를 통해 참여가능 후보군을 선정하고 주요 경력 등 검토 및 개별 협의 후 확정하게 된다. 전문가 위원회 구성을 위한 고려사항으로 전문성, 포괄성, 균형성, 규모 등을 고려하도록 매뉴얼에서 정하고 있다.

2) 이슈 도출 및 환경 분석

이 단계는 연구개발사업을 통해 해결하고자 하는 문제를 파악하고 해당 기술의 변화 방향을 명확히 인지하기 위해 시장, 정책, 기술 차원의 자료 및 정보를 분석하고 전망하는 절차다. 이 절차는 문제 및 이슈 선정, 시장동향·정책동향·기술동향 분석, 특허동향 분석으로 구분된다. 문제 및 이슈의 평가를 통해 연구 내용 및 범위를 정의하고 메가트렌드 분석을 수행한다. 필요시 미래 시나리오를 작성하여 미래의 변화모습을 명료하게 스토리 형식으로 작성하기도 한다.

3) 비전 및 목표 수립

비전 및 목표 수립은 시장·기술·정책 동향 분석을 통해 도출된 외부환경과 내부 역량에 대해 분석하고, 분석결과를 토대로 기술의 발전방향으로서 비전과 정기적 실현을 위한 구체적 목표를 설정하는 단계다. 절차로는 SWOT 분석 후 비전을 수립하고 목표를 설정하여 세부전략까지 수립하게 된다. SWOT 분석을 통해 시사점을 도출하고 시사점 및 대응방향 분석을 통해 비전을 수립한다. 비전은 기술개발 이후의 미래상을 반영하고 이해관계자 범위, 공유 용이성, 실행가능성 등을 고려하여 수립한다. 비전은 실현시기와 계획기간을 내포하며, 시간적 영향력을 고려한다. 목표는 구체적이고 현실성이 담보되어야 하며, 정량화가 가능한 목표치와 시간 계획 등을 포함한다. SMART[13] 관점에서 목표를 설정하고 인력, 시설, 장비, 기술, 조직 등의 범위 내에서 설정한다. 현실적인 목표를 도출하기 위해 예산과

13) SMART 목표설정법은 목표설정에 있어 구체적(Specific)이어야 하며, 측정 가능한(Measurable) 것이어야 하며, 달성할 수 있는(Achievable) 것으로 실천적인 것이어야 하며, 현실적(Realistic)이어야 하며, 기한을 명확하게(Time-bound) 하여 목표 기간을 분명히 명시해야 함을 말한다.

소요 시간을 충분히 검토한다. 다음으로 목표를 달성 가능하게 하기 위한 세부전략을 수립하며, 세부전략은 기술 우선순위 도출에 활용할 수 있을 정도로 구체적이어야 한다.

4) 전략기술 도출

환경 분석 및 기술수요조사 결과를 토대로 기술수요를 파악하고 기술적·경제적 가치 등에 따라 기술 우선순위를 결정함으로써 전략기술을 도출한다. 전략기술 도출을 위해 기술수요조사를 실시하고

〈그림 2-6〉 기획연구 추진 절차

자료 : 해양수산과학기술진흥원(2019),「해양수산과학기술연구개발사업 기획연구 매뉴얼」, p. 9, 저자 재작성

그에 따른 기술수요조사서를 사전검토하며, 기술의 우선순위를 도출하게 된다. 이것을 바탕으로 기술 로드맵을 작성하게 된다. 기술수요조사는 온라인 수요조사를 통해 수요를 도출한다. 기술수요조사에서 선정된 기술후보군들의 기술역량, 성장단계 등을 검토한다. 검토결과에 따라 기술후보를 도출하며, 연구과제명, 연구의 목표, 내용, 기대효과 등의 과제의 주요 항목에 대한 유사성 및 중복성을 검토한다.

5) 사업추진 전략 수립

사업추진 전략 수립은 전략기술 도출 및 확보에 따라 사업 및 과제 수행을 위한 구체적 운영 전략 및 방안을 수립하는 단계로 성과목표·지표 설정 및 성과관리 방안 수립, 예산 편성 및 인력 산출, 과제제안요구서 작성, 실효와 및 사업화 방안 수립으로 구성된다. 추진하고자 하는 사업의 비전 및 목표에 부합하는 성과지표를 설정하고 구체화된 성과지표에 가중치를 부여한다. 성과지표는 목표의 달성도를 질적·양적으로 제시할 수 있어야 하며, 사업기획 시 특허 수, 논문 수 등 과제 수준의 양적 지표통합은 지양하고, 사업 수준에서의 산출·결과 지표 중심으로 성과지표를 설정하도록 하고 있다. 성과지표 풀(Pool)에 따른 성과지표 이력관리 방안을 체계적으로 정리함으로써 성과관리 방안을 제시한다. 적정 예산 편성을 위해 인력 및 인프라를 고려해야 하며, 예정가격작성기준(기획재정부) 등에 따라 연구 유형에 따른 비용 추정 기준을 적용한다. 연구개발비 및 시설구축비 추정에 있어 원가계산서가 구체적인 경우 예정가격 산출식에 의해 추정하고, 그 외에는 유사과제의 평균 과제비를 적용하여 유추한다. 연구관리비 및 기타비용 추정은 다른 유사 사업의 비용을 보고 추정한다. 예산 편성이 완료되면 민간부담금 확보방안 제시 등 예산 확보방안

을 마련하여 제시해야 한다. 기술로드맵을 참고하여 과제제안요구서를 작성하며, 과제명, 개발목표, 필요성 및 기술동향, 과제내용, 추진방법, 기간, 소요예산 및 성과물 등이 포함되어야 한다. 마지막으로 최종 성과물의 실용화 및 사업화 방안을 수립해야 하며, 사업화를 위해 시장, 기술, 판매, 수익성 관점에서 우선적으로 분석을 실시한다. 사업화 단계를 나누는 기준을 결정해야 하며, 인프라 사업은 사후 운용 및 활용 방안을 구체적으로 명시해야 한다.

6) 타당성 분석

연구결과의 활용도 및 효율성을 극대화하며, 사업의 불확실성을 저감하기 위해 타당성 분석을 실시한다. 타당성 분석은 기술적·정책적·경제적 타당성을 분석한다. 기술적 타당성 분석은 기술개발계획의 적절성, 개술개발 성공가능성, 기존 사업과의 중복성을 검토하게 된다. 정책적 타당성 분석은 상위계획과의 부합성 검토, 사업 추진체계 및 추진의지 분석, 재원조달 가능성 검토, 법·제도적 위험요인 분석이 이루어진다. 상위계획과의 부합성 검토는 법정계획을 토대로 사업계획 내 부합되는 항목을 목록화하여 부합성을 검토한다. 사업 추진체계 및 추진의지 분석에서는 역할분담과 협력체계, 사업 운영·관리체계, 규정 및 제도, 각 주체별 의지, 사업 준비 정도 등을 분석한다. 재원조달 가능성 검토에서는 사업 추진 추정 예산을 기준으로 재원조달주체가 조달 가능한 재원의 추정 값 간 차이를 연차별로 확인한다. 사업주관 부처로부터 제출받은 추진 근거법 및 하위규정 기초자료를 확보하고 분석하여 법·제도적 위험요인을 분석한다. 경제적 타당성 분석은 비용추정, 편익추정, 경제성 분석으로 진행된다. 비용추정은 현재 자료를 근거로 미래의 비용을 추정하며, 미래시장

규모, 사업 기여율, R&D 기여율, R&D 사업화 성공률 등을 계산한다. 편익추정에서는 연구개발의 산출물이 시장에서 거래되어 발생하는 경제적 편익을 추정하며, 특허 등 이차적 부산물 성격의 편익은 제외된다. 추정된 비용과 편익을 바탕으로 편익비용비, 내부수익률, 순현재가치 분석 방법을 통해 경제성을 분석한다.

3. 해양과학기술 R&D 기획연구체계 개편방안

기획연구는 R&D 사업의 기술적, 경제적 타당성을 사전 검토하는 단계로 R&D 사업 투자의 예산반영을 위한 절차에 해당하며, 기획연구에서 사업추진의 타당성이 확보되어야 실질적인 예산 사업 추진이 가능하다. 2016년에 '해양수산연구개발 기획시스템 개선방안'을 마련하였으나 구체적으로 이행할 수 있는 실행계획 수립이 요구됨에 따라 해양수산부에서 '해양수산 R&D 기획연구체계 개편방안'을 마련하였다.[14] 이 개편방안에서는 소규모 중심의 기획연구 추진, 정부 정책 기조와의 부합성, 형식적인 성과지표 제시, 경제성 분석 미비, 기획연구의 사업 추진율 저조 등의 문제점을 제기하였다. 개선방안은 기획연구 전략성 강화, 기획연구 선정절차 개선, 기획연구 수행체계 개편으로 구분하여 제시하였다. 첫 번째로 기획연구 전략성 강화 부문에서는 투자방향을 사전에 설정하고, 사업 중심 기획을 통해 전략적 사업 발굴을 도모하고 있다. 또한 실국 간 해양수산 연구개발의 연계성 도모를 위해 융합형 과제 발굴과 총괄조정 기능 강화를 제시하고 있다. 두 번째로 기획연구 선정절차 개선 부문이다. 기존 연구수행자 중심의 한정된 기술수요 제안자의 대상범위를 비해양 분야

14) 해양수산부(2017),「해양수산 R&D 기획연구체계 개편 방안」, 저자 재정리.

전문가 등으로 확대하여 산업현장의 의견을 수렴함으로써 기획연구 과제의 현실성을 제고할 수 있도록 하였다. 또한 기획연구 대상 선정 절차를 간소화하여 불필요한 사전검토 단계를 축소시키고 후보군 선정단계와 사전기획보고서 작성단계를 통합하여 사전검토를 통해 '기획연구대상(안)'을 바로 도출하도록 개선한다. 세 번째로 기획연구 수행체계 개편이다. 기존의 단일 연구자 수행방식에서 분야별 전문가로 구성된 사업기획단 수행방식으로 전환하는 내용이며, 연구책임자 개인의 역량에 의존하던 연구방식의 전환을 도모한다. 또한 기획연구의 품질향상을 위해 과제기획 방식을 다양화하며, 다양한 분야의 전문가 참여를 유도하여 기획연구 검증을 강화할 수 있는 방안을 제시하였다.

제4절 시사점

앞서 살펴본 대로 해양수산과학기술 국가 R&D 기획은 「과학기술기본법」에 따른 과학기술기본계획, 「해양수산과학기술 육성법」에 따른 해양수산과학기술 육성 기본계획 및 시행계획, 그리고 사업 및 과제 기획연구로 이어지는 각 단계가 빠짐없이 잘 구비되어 있다. 정책기획(국가-부처)과 사업 및 과제 기획의 요소들이 관련법에 근거하고 상위 계획에 연계하여 유기적으로 진행되어 나가는 체계가 마련된 것이다.

문제는 이러한 국가 R&D 기획 체계의 전체적인 틀이 최근에 와서야 갖춰졌다는 점이다. 「해양수산과학기술 육성법」이 2016년에 제정되기 이전에는 해양수산 R&D를 관장하는 별도의 법이 없었고, 폭넓

은 해양수산정책을 다루는 「해양수산발전 기본법」에 근거하여 R&D 정책이 이루어졌다. 따라서 해양수산과학기술에 관한 법정계획 수립 체계가 마련되지 못했다. 그 결과 해양수산과학기술 R&D와 관련된 해양수산부의 각종 계획은 법적 근거가 부족했고, 계획 간의 연관관계도 불명확했으며, 체계적으로 기술적·사회적 수요에 대응하지 못했고, 국가계획이 제시하는 방향과 목표에 충실히 따르지도 못했던 것으로 평가할 수 있다.

2018년에 해양수산과학기술 육성 기본계획이 수립되고, 그에 따른 시행계획이 수립·시행되고 있다. 이제는 갖춰진 체계 내에서 해양수산 R&D 기획을 내실화할 때라고 할 수 있다. 처음으로 기본법에 따른 법정계획을 수립하면서 과학기술기본계획에 나타난 국가 R&D 방향이나 각종 연구·분석의 결과들을 반영했으나 아직까지는 형식적인 면이 강하다. 앞으로 내용 면에서도 질적인 개선을 통해 해양수산과학기술 R&D 체계를 점차 개선해 나가야 할 것이다.

한편 해양수산과학기술 육성 기본계획 및 시행계획, 그리고 해양과학기술 R&D 기획연구체계 개편방안 등에서 기존 해양수산 R&D의 문제점과 개선방안이 제기되었다. 예를 들어, 사업화 성공률이 낮다는 점, 4차 산업혁명 기술을 도입한 융합연구가 상대적으로 타 분야에 비해 미진하다는 점, 사회적 문제 해결을 위한 R&D가 취약하다는 점 등이다. 이러한 점을 해결할 수 있는 해양수산과학기술 R&D 기획이 필요하다. 특히 제기된 바와 같이 정부, 특히 해양수산부의 정책적 방향에 부합하는 기획, 기본계획과 연계된 R&D 기획이 추진되어야 한다.

제 3 장

해양과학기술 R&D 현황 분석

제3장에서는 해양과학기술 국가 R&D 사업이 어떻게 추진되고 있는지 그 현황을 확인하고자 한다. 우선 토픽모델링을 활용한 SNS 분석을 통해 해양수산 분야의 주요 이슈를 파악하고 그중에서 R&D와 연계할 수 있는 주제들을 도출하였다. 이어서, 전문가 자문을 통해 해양과학기술 분야의 국제 주요 정책 및 연구동향을 분석하였으며, 제2절에서는 이를 우리나라 해양과학기술 R&D 사업 추진 현황과 비교하였다. 이를 통해 우리나라 해양 분야 R&D 사업이 국제 동향 및 주요 이슈에 체계적으로 대응하고 있는지 살펴보고 R&D 기획체계 개선을 위한 시사점을 도출하였다.

제1절 해양 분야 국내외 동향과 해양과학기술 R&D 사업

1. SNS 분석을 통한 해양 분야 국제 동향

1) 자료 수집 및 분석 방법

과학기술환경과 사회경제적 환경이 급변하고 특히 인터넷 발달로 정보의 생산과 확산 속도가 급격하게 증가하면서 이에 능동적으로 대응하여 동향정보를 제공하는 기관들이 증가하고 있는 추세다. 이 연구에서는 해양수산 분야 정부출연연구기관인 한국해양수산개발원의 동향정보를 이용하여 해양수산 분야의 주요 이슈를 분석하였다. 한국해양수산개발원은 해외 언론기사, 학술논문 및 해외 주요 연구기관 또는 관련 업체의 보고서 등을 정리하여 온라인으로 제공하는 해양수산해외산업정보포털을 운영하고 있다.

〈그림 3-1〉 한국해양수산개발원 해양수산해외산업정보포털

자료:해양수산해외산업정보포털(검색일: 2019. 4. 28)

이 연구에서는 2016년 말부터 2018년 말까지 생산된 정보포털의 기사 총 13,670건을 웹크롤링을 통해 EXCEL DB로 구축한 후, 크게 해양, 수산, 해운해사 및 항만물류로 구분하여 분야별 주요 이슈를 도출하였다.[15]

분석방법으로는 텍스트의 핵심 이슈를 도출하는 데 최근 많이 활용되고 있는 LDA 기반의 토픽모델링을 적용하였다.[16] 토픽모델링은 방대한 양의 비정형 텍스트로부터 의미 있는 정보(토픽)를 도출하기 위한 텍스트 마이닝의 일종으로 기계학습 중 비지도학습(unsupervised learning)에 해당한다.[17] 토픽모델링은 기본적으로 문서에 등장하는 단어를 분석의 대상으로 한다. 그러나 의미는 단어 자체가 아니라 각 단어들이 어떤 다른 단어들과 동시에 등장하는가에 따라 결정된다. 또한 토픽모델링은 하나의 문서가 여러 개의 토픽을 포함할 수 있다고 가정한다. 그러나 이러한 토픽은 잠재(latent)되어 있기 때문에 토픽모델링에서는 관찰 가능한(observed) 문서와 문서 내 단어들을 이용하여 각 문서와 단어들이 특정 토픽에 포함될 확률을 추론한다. 따라서 토픽모델링의 결과물은 토픽별 단어 분포와 문서의 토픽 분포로 표현된다.

15) 해양수산해외산업정보포털은 작성자의 소속에 따라서 기사를 4개의 카테고리로 자동적으로 구분하고 있으나, 일반적으로 담당업무와 관련된 분야에 대해 작성하기 때문에 내용적 기준의 분류로 이해해도 무방하다.

16) LDA(Latent Dirichlet Allocation)는 Blei et al.(2003)이 고안한 알고리즘으로 토픽모델링 중 가장 대표적으로 사용되는 알고리즘이며, 이후 LDA의 변용 기법들도 다양하게 개발되어 있다.

17) 분석 목적을 기준으로 하면 토픽모델링은 내용분석(Content analysis)의 일종으로 볼 수 있으나 전통적인 내용분석 방법이 연구자가 텍스트를 직접 읽고 코딩하는 방식이라면 토픽모델링은 알고리즘을 통해 텍스트의 내용을 자동적으로 코딩해서 토픽을 추출한다는 차이가 있다.

〈표 3-1〉 분야별 문서 수

단위: 개

구분	문서 수
해양	5,052
수산	3,889
해운해사	2,306
항만물류	2,423
합계	**13,670**

자료: 저자 작성

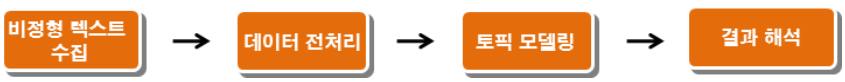
토픽모델링은 이처럼 방대한 양의 텍스트에 내재된 토픽을 추론해 내는 자동화된 분석기법이므로 사전에 결정해야 할 것은 토픽 수다. 토픽 수만 정해지면 확률 모델링에 의해 각 토픽을 구성하는 단어들과 각 단어들이 개별 토픽에 속할 확률이 산출되며, 이와 동시에 전체 텍스트 집합에서 토픽들의 분포와 개별 텍스트의 토픽 구성이 자동적으로 산출된다. 그러나 토픽모델링은 비지도학습에 속하므로 최적의 토픽 수에 대한 정해진 해법은 존재하지 않는다. 따라서 결과물로서 산출된 토픽들의 해석 가능성과 분석 목적 등을 고려하여 탐색적으로 최적의 토픽 수를 결정해야 한다.[18)]

토픽모델링 절차는 아래 그림과 같이 크게 분석하고자 하는 텍스트를 수집하여 전처리를 거친 후 모델링을 실시하고 결과를 해석하는 과정으로 구분된다. 이 연구에서는 앞에서 기술한 것처럼 정보포털에서 웹크롤링을 통해 텍스트를 수집하였으며, 유의어, 제외어, 지정어 등 사전을 구축하여 전처리를 하였다. 또한, TF-IDF를 통해 일반적으로 흔히 사용하는, 특별한 의미를 지니지 않은 단어들을 걸러

18) 일반적으로 토픽 수가 적으면 추상적인 토픽들이 도출되고 토픽 수를 늘릴수록 구체적인 내용을 포함하는 토픽들이 도출된다(Greene et al. 2014).

내었다. 토픽 분석 단계에서는 탐색적인 과정을 통해 최적의 토픽 수를 정한 후 토픽별 단어를 추출하고 토픽별 문서를 분류하였으며, 토픽별로 추출된 단어들 중 확률값이 큰 상위 단어들을 중심으로 각각의 토픽명을 지정하였다. 마지막으로 해석 단계에서는 개별 토픽의 내용을 바탕으로 해양 분야의 주요 동향과 R&D 연관 이슈들을 도출하였다.

〈그림 3-2〉 토픽모델링 절차



자료: 저자 작성

2) '해양' 분야 주요 토픽

해양 분야 총 5,052건의 기사에 대해 탐색적 과정을 통해 최적의 토픽 수를 22개로 설정하여 토픽모델링을 실시하였다. 우선 모델링 결과 각 토픽별로 할당된 단어들 중 확률값이 높은 단어들을 〈표 3-2〉와 같이 도출하였다. 또한 문서 각각에 대해서도 22개의 토픽이 등장할 확률이 산출되는데 이 중에서 문서별로 등장할 확률이 가장 높은 토픽(1st 토픽)을 그 문서의 대표 토픽으로 간주하고 이를 기준으로 전체 문서를 토픽별로 분류하였다.[19] 이렇게 추려낸 토픽별 상위 단어들과 토픽별 상위 문서들의 내용을 고려하여 각각의 토픽명을 지정하였다.

19) LDA는 특정 단어가 특정 토픽에 할당된 적이 없더라도 할당 가능성을 남겨두므로 각각의 문서에 모든 토픽이 등장할 확률이 존재하며 모든 확률의 합은 1이 된다. 이 중에서 각 문서를 대표하는, 즉 각 문서에서 지배적인 토픽만을 추려내기 위해서 이 연구에서는 첫 번째 토픽의 확률이 0.4 이상인 문서들만을 토픽별로 분류하였다. 따라서 이 조건을 충족하지 못하는 문서들은 분류에서 제외되므로 〈표 4-2〉에서 토픽별로 분류된 문서는 총 3,597건으로 전체 분석 대상 문서의 약 71.2%를 차지하고 있다. 나머지 3개 카테고리에 대한 분석에서도 동일한 방법을 적용하였다.

총 22개의 토픽 중 R&D 관점에서 중요하게 살펴봐야 할 이슈로 우선 '해양환경/생태계 피해 & 대응'(T1)과 '기후변화'(T19)를 들 수 있다. T1은 다양한 해양오염물질 유입 및 지구온난화, 해양산성화 등의 요인으로 인한 해양환경 훼손과 생태계 피해를 다루고 있고, T19는 기후변화에 초점을 맞추어서 기후변화 프로세스 이해 및 대응에 관한 내용이 주를 이루고 있다. 해양오염, 기후변화 등 외적 요인의

〈표 3-2〉 T1 및 T19에 속하는 상위 텍스트

T1('해양환경/생태계 피해 & 대응')		T19 ('기후변화')	
문서 제목	1st Prob	문서 제목	1st Prob
고래가 죽고 있다	0.8763	기후변화로 인한 극심한 기상재난 증가	0.9181
바다의 수은 축적이 해양먹이사슬 위협	0.8496	해수면 상승속도 더욱 가속화	0.9089
지구온난화, 해양식물플랑크톤을 위협	0.8385	기후변화로 인한 해수온도 상승의 문제	0.9088
농약에 취약한 해양포유류	0.8340	2016년은 137년 기후관측 사상 가장 더운 해	0.9040
해양 열파로 인한 산호초 동물 군집의 위기	0.8196	수십 년 안에 연안 홍수 빈도 2배 증가 전망	0.8922
PCB 오염, 범고래 멸종의 위협 요인	0.8183	허리케인 하비 및 미 서부지역 산불 발생과 기후변화의 관계	0.8779
해양 산성화와 산호초 성장	0.8001	태풍과 집중 호우는 지구온난화 때문인가?	0.8546
미세조류, 산호초 보호를 위한 대안?	0.7963	남극대륙 해빙	0.8436
기후변화, 치누크 연어와 범고래의 오염물질 축적을 가속화	0.7691	습지 범위 변화 모니터링, 기후변화 속도 예측에 도움	0.8425
해양산성화, 조개류 크기를 더 작게 만드는 원인	0.7653	알래스카에서 메탄 방출 호수 발견	0.8113

자료: 저자 작성

변화 및 이러한 요인들이 해양에 미치는 영향이 가속화되고 심화될 것으로 전망되므로 이 두 주제는 지속적으로 연구되어야 할 주제라 할 수 있다.[20] 아래의 표는 각각 T1과 T19로 분류된 문서들 중 확률값이 높은 문서들의 일부를 나타낸 것으로 문서들의 제목을 통해 각 토픽의 내용을 직관적으로 이해할 수 있다.

최근에 특히 주목받고 있는 이슈인 '해양쓰레기'(T12)는 해양쓰레기 문제의 심각성, 각국의 대응방안 등을 주로 다루고 있는데, 이와 관련해서 R&D로 연계할 수 있는 주제로는 특히 미세플라스틱의 위해성과 해양쓰레기 유입 저감 및 처리·재활용 기술개발 등을 우선적으로 고려해볼 수 있다. 그리고 T9는 '해안 침식 등 연안관리 정책'을 다루고 있는데, 이와 관련해서 해수면 상승과 해안지역 개발 증가에 따른 해안 침식을 비롯한 자연재해 대응 기술개발을 R&D로 추진할 필요가 있다.

한편 해양 이용·개발과 관련해서 중요하게 언급된 주제로는 '해양관광'(T2), '해양에너지 개발'(T5), '북극 항로 및 자원 개발'(T3) 등인데, 이 주제들은 모두 향후 사회경제적 수요가 크게 증가할 것으로 예상되는 분야다. 따라서 이러한 수요에 대응한 전략적인 R&D가 필요하다. 그리고 '해양환경기술 & 해양장비 개발'(T8) 토픽은 데이터에 기반한 해양환경모니터링시스템이나 수중로봇, 탐사장비 개발 등을 다루고 있는데 이러한 기술은 해양환경 관리 및 해양산업 발전에 기반이 되는 기술이므로 R&D로 추진해야 할 분야라 할 수 있다.

해양 분야에서 도출된 토픽 중에 새롭게 주목해야 할 토픽은 '해양영토 분쟁'(T7)과 '해상안보 & 불법어업'(T18)이다. 수산자원 등 해양

20) 첫 번째 토픽의 확률값이 0.4 이상인 유효 문서 수를 기준으로 하면 이 두 주제는 각각 9.0%, 7.2%를 차지하여 가장 비중이 높은 주제에 속한다.

자원 및 해양영토에 대한 경쟁 심화로 향후 해양 분쟁은 증가할 것으로 예상된다. 이는 국가안보와 국민 안전에 직결되는 영역으로서 무인항공기, 해상위성관측, 선박추적시스템 등 R&D를 통한 다양한 기술개발이 필요한 분야라 할 수 있다.

마지막으로 해양 분야에서 특히 최근에 급부상하고 있는 주제는 '친환경선박 기술 개발'(T15)이다. 이 토픽에서는 주로 선박 온실가스 배출 저감과 관련된 규제 등 국제정책 동향과 이에 대한 주요국과 주요 선사들의 대응방안 등을 다루고 있다. 선박에 대한 환경규제는 지속적으로 강화될 전망이므로 이에 대한 대응방안을 마련하고 동시에 이를 해양신산업 육성의 기회로 활용하기 위해서 친환경선박 기술개발을 적극적으로 추진하는 것이 필요하다.

그 외 총 22개의 토픽 중에서 R&D와 직접적인 관련성은 상대적으로 적지만 해양 분야 주요 이슈로서 언급된 주제들은 주요국의 해양정책 동향('중국/일본의 해양보호정책'(T10), '해양환경/생태계 보호정책'(T14), '미 트럼프 행정부의 해양정책'(T22))과 특히 해양강국으로 도약하기 위한 중국의 해양정책 동향(T6, T10, T17, T20, T21) 그리고 국제협력('지속가능한 성장을 위한 국제협력'(T11), '주요 해양거버넌스 동향'(T16)) 및 '해양교육'(T13)) 등이 있었다.

〈표 3-3〉 '해양' 분야 토픽

구분	상위 키워드	토픽명[21]	문서 수
T1	연구, 산호초, 영향, 고래, 생물, 서식, 생태, 해양생물, 돌고래, 감소	**해양환경/생태계 피해 & 대응**	325
T2	크루즈, 관광, 관광객, 보트, 산업, 선박, 레저, 요트, 해양관광, 증가	**해양관광**	306
T3	북극, 러시아, 노르웨이, 캐나다, 항로, 쇄빙선, LNG, 개발, 프로젝트, 원주민	**북극 항로 & 자원 개발 및 국제협력**	168

구분	상위 키워드	토픽명[21]	문서 수
T4	증가, 시장, 성장, 전망, 경제, 산업, 감소, 수요, 지수, 아시아, 중국, 영향	해양경제 성장 전망	111
T5	프로젝트, 발전, 에너지, 생산, 해양풍력, 개발, 기술, 전력, 영국, 건설, 터빈	**해양에너지 개발**	215
T6	발전, 건설, 중국, 산업, 해양경제, 계획, 혁신, 경제, 협력, 전략, 구조	중국 해양경제 발전 정책	114
T7	중국, 남중국해, 일본, 필리핀, 협력, 분쟁, 아세안, 합의, 영토, 미국, 공동	**해양영토 분쟁**	229
T8	기술, 시스템, 정보, 데이터, 개발, 연구, 조사, 장비, 수중, 모니터링, 로봇, 스마트	**해양환경 & 해양장비 기술 개발**	127
T9	해변, 해안, 도시, 연안, 주민, 모래, 계획, 환경, 구역, 개발, 강화, 침식	**연안관리(해안 침식 등)**	125
T10	관리, 생태, 보호, 도서, 계획, 환경, 구역, 개발, 강화, 자원, 통제, 해안선, 복원	중국/일본의 해양보호정책	73
T11	정책, 지속가능, 국가, 회의, 경제, 사회, 목표, 유럽연합, 이행, 관리, 환경	지속가능한 성장을 위한 국제협력	255
T12	플라스틱, 해양쓰레기, 오염, 미세플라스틱, 수거, 폐기물, 금지, 유입, 처리	**해양쓰레기**	266
T13	지원, 프로그램, 프로젝트, 교육, 개발, 투자, 협력, 기업, 연구, 센터, 참여	해양교육	58
T14	보호, 호주, 남극, 해양보호구역, 지정, 정부, 환경, 관리, 구역, 보전, 생태	해양환경/생태계 보호정책	109
T15	선박, LNG, 연료, 배출, IMO, 건조, 해운, 운항, 배출량, 친환경, 시스템	**친환경 선박 기술 개발**	194
T16	국제, 회의, 협약, 위원회, 유엔, 심해저, 기구, 총회, 합의, 당사국, 협상, 해양법협약	해양 거버넌스	130
T17	양식, 가격, 어업, 시장, 어선, 수산물, 수산, 생산량, 어획, 판매	중국 수산물 동향 & 정책	90
T18	훈련, 인도, 해군, 해상, 선박, 안전, 미국, 불법어업, 강화, 일본, 군사, 안보, 합동	**해상안보& 불법어업**	110
T19	연구, 기후변화, 상승, 영향, 변화, 해수면, 연안, 지구, 기후, 온난화, 위험	**기후변화**	259
T20	수산물, 수입, 증가, 제품, 검사, 무역, 시장, 미국, 기업, 수출액, 가공	중국 수산물 생산 및 수출입 동향	86
T21	항만, 컨테이너, 운송, 물류, 해운, 화물, 터미널, 중국, 물동량, 항로, 서비스	중국 해운항만 동향	114
T22	미국, 석유, 트럼프, 정부, 정책, 시추, 개발, 가스, 행정부, 예산, 환경, 계획	미 트럼프 행정부의 해양정책	133

자료: 저자 작성

3) '수산' 분야 주요 토픽

수산 분야 총 3,889건의 기사에 대해 토픽모델링을 실시한 결과, 20개의 토픽이 도출되었다. 도출된 토픽에는 주요 수산물 품종의 수출입 동향(T1, T2, T7), 시황(T9), 국가 간 무역 현황(T6) 등 수산물 시장 동향 관측에 관한 내용과 함께 인접국의 수산업 정책(T5, T14), 어업 및 수산물 유통 관련 제도(T13, T19) 등이 주로 다루어지고 있다.

도출된 토픽들 중에서 R&D와 연계할 수 있는 이슈는 특히 '해양환경 변화에 따른 수산자원 영향'(T15)이다. 이 토픽은 해수온도 상승 및 해양산성화, 해양오염 등이 생물다양성, 특히 수산자원에 미치는 영향을 다루고 있다. 이러한 해양환경 변화가 수산자원에 영향을 미치는 메커니즘과 영향의 정도 등을 연구하고 수산자원 보존·관리 방안을 마련하기 위한 R&D를 지속적으로 추진할 필요가 있다.

한편 '양식기술 개발'(T10)은 세계 각국의 양식기술 개발 현황, 투자계획 및 정부 정책 등을 주요 내용으로 하고 있다. 스마트양식을 비롯한 새로운 첨단 양식기술 개발은 다변하는 소비자의 수요와 수산자원 및 수산업 종사자 감소에 대응하기 위한 방안일 뿐만 아니라 수산업 기반을 강화하고 새로운 부가가치를 창출하는 데 기여할 수 있으므로, ICT와 융합 등을 통해 양식 생산성 혁신을 위한 기술개발을 추진할 필요가 있다.

R&D 관점에서 주목해야 할 또 다른 이슈는 불법어업과 남획이다. 총 20개의 토픽 중 3개의 토픽이 이와 관련되어 있는데, T12는 '불법어업과 밀수 현황', T16은 이러한 '불법어업을 단속하기 위한 정책'에 관한 내용이며, T20은 '불법어업 및 남획을 근절하기 위한 기술'을 다루고 있다. 환경적 요인과 더불어 수산물 소비 증가 등 사회경

21) R&D와 연관된 토픽들은 토픽명을 굵은 글씨로 표현하였다.

〈표 3-4〉 '수산' 분야 토픽

구분	상위 키워드	토픽명	문서 수
T1	연어, 노르웨이, 러시아, 칠레, 증가, 중국, 알래스카, 수입, 시장	연어 수출입 동향	55
T2	새우, 증가, 수입, 인도, 생산, 중국, 생산량, 틸라피아, 수출, 감소	새우 수출입 동향	102
T3	소비자, 판매, 소비, 중국, 시장, 식품, 유통, 전자상거래, 온라인, 신선	수산물 온라인 소비	187
T4	가공, 업체, 기업, 수산, 투자, 생산, 제품, 시장, 공장, 참치	수산물 가공 투자	51
T5	중국, 발전, 계획, 센터, 산업, 수산, 어업, 양식, 지원	중국 수산업 육성 정책	105
T6	수출, 베트남, 중국, 미국, 증가, 시장, 수입, 관세, 무역,	국가 간 수산물 무역 현황(관세, 반덤핑 등)	269
T7	일본, 어획, 감소, 어획량, 오징어, 자원, 고등어, 참다랑어, TAC	일본 어획 동향	196
T8	굴, 지역, 가리비, 피해, 일본, 패류, 생산, 조사, 후쿠시마, 양식장, 폐사	패류 양식 피해	77
T9	가격, 상승, 시장, 하락, 전복, 증가, 생산, 공급, 신선, 거래	수산물 시황	128
T10	양식, 생산, 양식업, 양식장, 사료, 기술, 개발, 성장, 환경, 생산량	**양식기술 개발**	118
T11	지역, 어촌, 어업, 지원, 관광, 계획, 어항, 경제, 활성, 마을, 프로젝트	어촌관광 & 지역개발	166
T12	중국, 대만, 한국, 일본, 북한, 뱀장어, 수입, 어선, 단속, 금지, 제재, 밀수	**불법조업 & 밀수 현황**	68
T13	식품, 안전, 수입, 규정, 업체, 관리, 미국, 검사, 수출, 표시	식품안전, 원산지 표기 규정	145
T14	일본, 수산, 사업, 관리, 시장, 수산업, 자원, 정보, 조사, 정부, 강화	일본 수산업 정책	74
T15	해양, 연구, 어류, 영향, 환경, 변화, 수산자원, 보호	**해양환경 변화에 따른 수산자원 영향**	123
T16	어업, 어선, 불법어업, 어획, 관리, 조업, 정부, 수산자원, 선박, 규제	**불법어업 단속/근절 대책**	197
T17	검사, 냉동, 검역, 부적합, 통관, 거부, 조치, 폐기, 보관	**수산물 검역**	58
T18	기타(혼합)	기타(혼합)	71
T19	지속가능, 인증, 어업, 해양관리협회, 수산, 개발, 협력, 참치, 자원	지속가능어업 인증제	177
T20	시스템, 기술, 정보, 데이터, 미국, 추적, 모니터링, 개발, 선박, 블록체인	**불법어업/남획 근절/수산물 이력 추적 기술 개발**	52

자료: 저자 작성

제적 요인으로 인해 수산자원의 감소 추세는 지속되고 수산자원에 대한 경쟁과 갈등은 반대로 심화될 것으로 전망된다. 따라서 불법어업 및 남획을 방지하기 위해 AI, 블록체인, 선박추적시스템 등을 활용하여 다양한 혁신기술을 개발할 필요가 있다. 또한 국가 간 수산물 수출입 증가로 '수산물 검역'(T17)을 통한 수산물 안전성 확보가 무엇보다 중요하므로, 수산물 품질관리와 검역기술 고도화를 위한 연구 역시 필요하다.

4) '해운해사' 분야 주요 토픽

토픽모델링 결과, 해운해사 분야 총 2,306건의 문서는 17개의 이슈로 분류할 수 있다. 이 중 약 절반에 해당하는 이슈들은 조선·해운업계 동향(T1, T5, T10, T12)과 물동량 및 운임 등 해운시장 동향(T2, T3, T16) 및 해운산업 정책(T9) 등에 관한 것으로 R&D와는 직접적인 상관이 없는 주제이며, 나머지는 R&D 관점에서 살펴볼 수 있는 주제다. 우선, T17은 선박 평형수 관리와 온실가스 감축을 위한 IMO 규정 개정 등 '선박 관련 환경규제정책'의 주요 변화를 다루고 있으며, T7은 이에 '대응하기 위한 기술개발'에 관한 내용이 핵심이다. 선박에 대한 환경규제에 선제적으로 대응하기 위해서는 고효율 스크러버 기술 등 선박 배출 대기오염물질 저감 기술, 에너지 효율 향상을 위한 기술 및 LNG 등 친환경선박 기술 개발에 R&D 역량을 집중해야 할 것으로 할 것으로 판단된다. 이 분야는 규제가 새로운 기술과 산업을 성장시키는 대표적인 예라 할 수 있다.

T15는 해운해사 분야의 또 다른 핵심 이슈인 '자율운항선박'에 관한 내용을 다루고 있다. 구체적으로는 세계 주요국의 자율운항선박 기술 및 관련 인프라와 서비스 개발 실적, 시범운행, 투자계획 등을

〈표 3-5〉 '해운해사' 분야 토픽

구분	상위 키워드	토픽명	문서 수
T1	일본, 회사, 계획, 관리, 신규, 대응, 통합, 경영, 해사, 선사	일본 주요선사 동향	32
T2	시장, 상승, 시황, 운임, 수요, 개선, 회복, 가격	해운시장 현황 & 전망	179
T3	중국, 수입, 미국, 수출, 원유, 수요, 인도, 석탄, 생산, 철광석, 감소, 석유	자원 생산 & 물동량	163
T4	연료, 규제, 유황, 비용, 공급, 선사, 대응, 추진선, 환경, 벙커링	**선박 배출가스 저감 기술 개발**	80
T5	실적, 개선, 영업, 기록, 이익, 원화, 컨테이너, 적자, 비용, 흑자, 구조, 손실, 경영	세계 주요 선사 실적	63
T6	크루즈, 중국, 일본, 기항, 항만, 선사, 아시아, 발착, 관광, 시장, 한국, 운항, 상품	**크루즈 산업 동향 & 전망**	78
T7	기술, 해운, 시스템, 서비스, 운송, 기업, 데이터, 정보, 물류, 효율, 관리, 플랫폼	**블록체인, IoT, 빅데이터 등 활용 물류시스템 개발**	136
T8	미국, 영향, 운송, 사이버, 화물, 이란, 위험, 보안, 무역, 해상, 제재	해운물류 분야 사이버 보안	51
T9	해운, 산업, 정책, 정부, 발전, 중국, 경제, 해사, 교통, 협력	주요국 해운산업 정책	48
T10	선사, 컨테이너, 서비스, 인수, 통합, 해운, 합병, 얼라이언스, 머스크라인	해운업계 구조조정	96
T11	항만, 터미널, 러시아, 계획, 컨테이너, 개발, 북극, 프로젝트, 건설, 운송, 투자	**북극항로 개발, 항만&컨테이너 터미널 건설**	100
T12	발주, 수주, 조선소, 한국, 신조, 건조, 운반선, 계약, 컨테이너선, 현대중공업	조선업계 동향	98
T13	선원, 사고, 필리핀, 안전, 선장, 사건, 조사, 해상, 승무원, 국적, 교육	**해상 안전사고**	114
T14	중국, 금융, 선주, 은행, 해운, 자금, 선사, 대출, 용선, 계약	선박 금융	53
T15	개발, 기술, 운항, 시스템, 자율운항, 안전, 연구, 데이터, 정보, 설계, 자동	**자율운항 선박 기술 개발**	75
T16	항로, 컨테이너, 아시아, 실적, 기록, 운임, 북미, 화물, 물동량	주요 항로별 물동량 & 운임	127
T17	IMO, 협약, 환경, 해양, 규정, 평형수, 배출, 감축, 규제, 목표, 배출량, 처리	**평형수 관리, 선박 배출가스 저감 정책**	116

자료: 저자 작성

포함하고 있는데 자율운항선박은 친환경선박과 더불어 향후 경제적 파급효과가 큰 분야로서 핵심기술 개발 및 기술 상용화, 실증 등을 위해 집중적인 투자가 필요한 분야라 할 수 있다.

한편 T7에서 다루고 있는 것처럼, 블록체인, 사물인터넷, 빅데이터 등 지능정보기술을 활용하여 '해운물류 시스템을 혁신'시키는 것 역시 R&D 투자가 필요한 영역이라 할 수 있다. 이 외에도 '북극항로 개발'(T11)과 '크루즈 산업'(T6) 성장 등의 추세를 반영하여 이에 대응할 수 있는 기술개발이 필요하다. 또한 납치, 선박 충돌 등 '해상 안전사고'(T13)로부터 선박과 선원을 보호할 수 있는 기술 역시 개발이 필요한 분야라 할 수 있다.

5) '항만물류' 분야 주요 토픽

분석대상 기간 동안 항만물류 분야와 관련해서는 총 2,423건의 기사가 정보포털에 수록되었는데 탐색적 과정을 통해 최적의 토픽 수를 15개로 설정하여 토픽모델링을 실시하였다. 분석 결과, 수산 및 해운해사 분야와 유사하게 항만물류 분야에서도 도출된 토픽 중 일부는 업계 및 시장 동향(T2, T5, T6, T7, T8, T9, T11, T13)과 관련 정책(T10, T12) 등의 일반적인 토픽들이었고, 나머지는 R&D와 관련해서 중요한 시사점을 얻을 수 있는 이슈들이었다.

이 중에서 선박 대기오염물질 배출 규제 강화에 따른 '친환경선박 기술개발'(T15, T14) 관련 이슈나 블록체인, 사물인터넷 등을 활용한 '미래물류기술 개발'(T3) 관련 이슈는 위에서 기술한 해운해사 분야의 경우와 유사하다.

블록체인 등 지능정보기술을 활용한 혁신물류시스템 개발(T3)과

연계해서 항만물류 분야에서 특별히 주목해야 할 R&D 관련 이슈는 '항만 무인 자동화'(T1)다. 이 두 가지는 스마트항만을 구현하기 위한 핵심요소들로서, 관련 시장이 급성장하고 있으며 고부가가치 창출로 경제적 파급효과가 매우 클 것으로 전망된다. 따라서 체계적인 R&D 기획과 투자를 통해 집중 육성이 필요한 분야라 할 수 있다.

〈표 3-6〉 '항만물류' 분야 토픽

구분	상위 키워드	토픽명	문서 수
T1	자동, 트럭, 터미널, 시스템, 운영, 차량, 컨테이너, 전기, 기술, 무인	**항만 무인 자동화**	114
T2	산업, 경제, 투자, 항구, 영국, 개발, 미래, 시장, 성장	세계 주요 항만 동향	59
T3	기술, 물류, 시스템, 정보, 운송, 디지털, 공급망, 데이터, 인공지능, 블록체인	**블록체인, IoT 활용 미래물류기술 개발**	216
T4	물류, 시장, 전자상거래, 서비스, 운송, 창고, 아마존, 성장	**온라인 물류시장, 전자상거래**	159
T5	미국, 수입, 중국, 생산, 영향, 정부, 석탄, 수출, 트럼프, 관세, 선사, 자동차	정부 투자, 국가 간 경쟁 & 협력	60
T6	운영, 터미널, 회사, 통합, 인수, 그룹, 지분, 컨테이너, 해운, 선사, 투자	선사 구조조정(통합, 인수)	82
T7	증가, 물동량, 컨테이너, 감소, 처리, 실적, 중국, 수입, 화물, 수출	세계 주요 항만 물동량 실적	264
T8	터미널, 컨테이너, 건설, 개발, 운영, 처리, 프로젝트, 시설, 투자, 부두, 능력	세계 주요국 항만, 컨테이너 터미널 개발	177
T9	선박, 발주, 선사, 컨테이너선, 신조, 해운, 운항, 일본, 조선소, 건조, 시장, 공급	세계 조선업계 현황	75
T10	중국, 투자, 개발, 정부, 국가, 인도, 프로젝트, 물류, 무역, 건설, 경제	중국의 항만물류 분야 투자 정책	118
T11	항로, 서비스, 아시아, 선사, 유럽, 북미, 얼라이언스, 컨테이너, 점유, 시장, 운임	세계 주요 항로 운임, 서비스 동향	52
T12	일본, 크루즈, 정책, 국토교통성, 기항, 정비, 거점, 시설, 전략, 조사	일본 항만 &크루즈산업 정책	69
T13	운송, 철도, 화물, 러시아, 중국, 서비스, 유럽, 연결, 수송, 노선, 내륙	철도 수송	77
T14	LNG, 연료, 선박, 공급, 벙커링, 에너지, 가스, 규제, 유황, 개발	**친환경선박 기술 개발**	117
T15	선박, 배출, 환경, 목표, 배출량, 오염, 규제, IMO, 대기, 감축	**선박 대기오염물질 배출 저감 정책**	69

자료: 저자 작성

6) 종합 및 시사점

한국해양수산개발원이 발행하는 해양수산해외산업정보포털의 동향정보를 해양, 수산, 해운해사 및 항만물류 등 4개의 카테고리로 구분하여 토픽모델링을 통해 분야별 최근 이슈와 동향을 분석하고 이 중에서 특히 R&D 관점에서 중요한 이슈들을 도출하였다. 분석 결과를 종합하여 정리하면 〈표 3-7〉과 같다.

〈표 3-7〉 해양수산 분야별 R&D 관련 이슈(종합)

구분	R&D 관련 이슈
해양	해양환경/생태계 피해 & 대응. 기후변화, 해양쓰레기, 해안침식 & 재해, 해양관광, 해양에너지 개발, 북극 항로 및 자원 개발, 해양환경기술 & 장비 개발, 해양안보 & 불법어업, 친환경선박
수산	해양환경 변화에 따른 수산자원 영향, 불법어업 & 남획 대응 기술, 스마트 양식 기술 개발, 수산물 검역
해운해사	선박 환경규제 대응(평형수 관리, 선박 배출가스 저감 등) 기술 개발, 친환경선박, 자율운항선박, 블록체인 등을 활용한 물류시스템 개발, 해상 안전사고 대응 시스템 개발, 북극항로 개발 및 크루즈 산업 대응
항만물류	블록체인 등을 활용한 물류시스템 개발, 항만 무인 자동화, 선박 환경규제 대응 기술 개발, 친환경선박 기술 개발

자료: 저자 작성

분야별로 도출된 R&D 관련 이슈들의 특징을 종합적으로 분석해보면, 비교적 장기적으로 꾸준히 R&D의 주제영역이 되어 왔던 분야도 있고, 친환경선박 기술 개발의 경우처럼 선박 환경규제와 같은 규제 강화가 새로운 R&D 수요를 창출한 경우도 있다. 반대로 블록체인, 사물인터넷 등 기술 발전이 누적되고 서로 융합되면서 새로운 연구개발 수요가 창출되기도 함을 알 수 있다. 한편 항만 자동화나 첨단 물류시스템 개발과 같이 기술 개발이 해당 산업과 국가 경제발전에

직접적으로 기여하는 분야도 있는 반면, 해안침식 또는 해양경계/불법어업 대응과 같이 국가 경제와 직접적인 연관은 없지만 사회적 현안으로 부각되는 이슈에 대해서도 기술 개발을 통한 현안 해결이 필요함을 알 수 있다. 따라서 이처럼 다양한 성격의 R&D 수요를 다각적으로 파악하고 우선순위를 면밀히 진단하여 기획에 반영할 수 있는 체계를 확립하는 것이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 이를 위해서는 이 연구에서처럼 토픽모델링 등 방대한 데이터 분석을 통해 전반적인 이슈와 R&D 수요를 파악하고 개별 수요들에 대해서는 보다 전문적인 자료와 심층적인 분석방법을 통해 분석하는 과정이 필요하며, 이러한 과정이 R&D 과제 기획 과정에 정립되어야 한다.

2. 해양과학기술 분야별 국제 연구동향

해양과학기술 국제 연구동향을 분석하기 위해 이 연구에서는 「제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획('18~'22)」의 중점 추진기술 분야 및 「2019년도 해양수산과학기술 육성 시행계획」의 세부사업을 바탕으로 해양과학기술 분야 전문가들의 검토를 거쳐 총 9개의 주요 분야[22]를 도출하였다. 아래에서는 분야별 전문가의 자문을 통해 정책 및 기술 동향 등을 분석한 내용을 바탕으로 요약하여 정리하였다.

22) 수산양식 분야 및 타 기술 분야의 기반이 되는 주요 기초연구 분야 등의 포함 여부에 따라 여러 가지 안이 제안되었으며, 최종적으로 해양관측조사·예보기술, 해양교통·안전기술, 항만물류기술, 해양로봇 등 해양장비기술, 극지연구, 해양바이오기술, 해양에너지기술, 수산자원관리기술 및 대양연구 분야 등 총 9개 기술 분야로 분류하였다. 한국해양수산개발원(2019),『주요 해양과학기술 분야 해외 사례 조사 보고서』(KMI 내부자료).

1) 해양관측조사·예보 기술 분야

해양관측조사·예보 기술은 관할 해역의 해양관측·감시시스템 구축과 해양예보 능력 향상 등 해양영토의 효율적 관리체계 구축을 위한 기반기술로 정의할 수 있다. 해양의 경우 시간적 변동뿐만 아니라 3차원 공간적 변동성을 고려하여 관측자료를 수집해야 한다는 특징이 있다. 해양관측조사·예보 기술 동향은 크게 관측기술의 무인화와 관측자료 통합관리 및 실시간 활용을 통한 예측시스템 개발로 요약할 수 있다.

무인 해양관측은 크게 이동형 플랫폼에 부착된 센서를 통해 해양의 시공간적 변동성을 동시에 측정하는 방식과 고정된 플랫폼을 통한 시간적 변동을 측정하는 방식으로 구분할 수 있다. 이동형 무인 해양관측은 특히 최근 수중로봇 기술의 발달로 활용도가 크게 증가하고 있으며, 표층 뜰개, 중층 플로트 및 수중 글라이더 등으로 구분된다. 반면 고정식 무인 해양관측에는 표층 및 수중 계류선 또는 바닥 장착형 관측방식이 포함된다.

미국은 해양대기청(NOAA)의 글로벌 환경 모니터링, 해양경비청의 해양 기름 유출 탐지, 해군의 광역해양감시 등 다양한 목적으로 무인항공기를 이용한 해양관측 시스템을 도입·운영하고 있다. 또한 장기 시계열 및 실시간 해양관측 빅데이터에 기반한 관측시스템을 개발·운영하고 있는데, 대표적으로 해양대기청의 BDP, 국립과학재단(NSF)의 OOI 및 WOD 등이 있다.[23]

EU의 경우 유럽우주국(ESA)과 유럽방위청(EDS)의 합동 프로젝트인 DeSIRE를 비롯하여 WIMASS(2007), SEABILLA(2009), PERSEUS(2010)

23) BDP(Big Data Project), OOI(Ocean Observatories Initiative), WOD(World Ocean Database).

등 무인항공기를 이용한 해양관측·감시 시스템 개발 프로젝트를 활발히 수행하고 있다.[24] 또한 MyOcean 프로젝트를 통해 각국의 해양관측 자료를 통합하여 EU 전체의 해양모니터링 및 예보체계를 구축하였다. 특히 영국은 독자적인 해양예측시스템인 FOAM[25]을 구축하여 EU의 MyOcean과 연계하여 운영 중인데, 전 지구에서부터 연안에 이르기까지 체계적인 해수순환 예보체계를 바탕으로 산업, 수송, 정부, 건강, 멀티미디어, 공공사업, 기후 등 다양한 분야에 맞춤 서비스를 제공하는 수준에 이르고 있다.

한편 중국은 해안지역 감시를 위해 무인항공기를 활용하고 있다는 점이 큰 특징이다. 주요 해안지역에 무인항공기 기지를 구축하여 불법 준설, 간척 등을 감시하고 중요 지역 및 긴급상황 발생 지역에 대한 항공사진을 수집하고 있다. 또한 해양생태부의 모니터링 시스템 프로젝트(2016)를 성공해 사물인터넷을 활용한 해양환경 예·경보부의 운영을 본격화하고 있으며, 일대일로 정책에 따라 해양 슈퍼컴퓨터를 도입하여 전 지구를 대상으로 하는 고해상도 해양변동 예측시스템을 구축하고 있다.

2) 해양교통·안전기술 분야

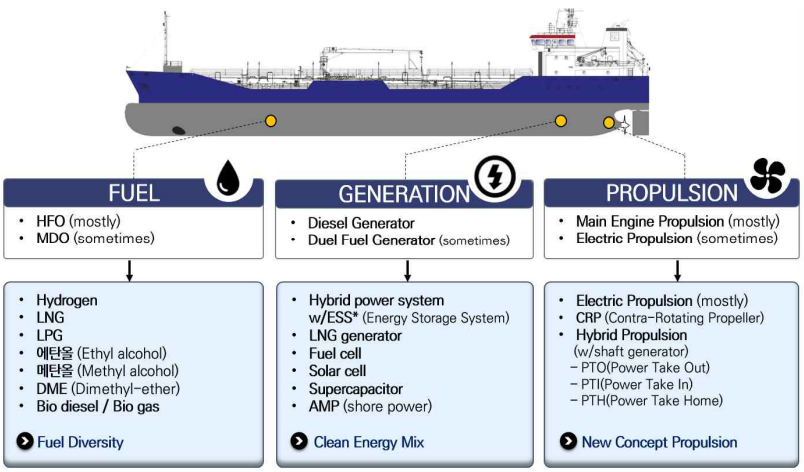
해양교통·안전기술 분야는 중점기술을 크게 친환경선박과 자율운항선박으로 구분하여 살펴보았다. 친환경선박은 일반적으로 기존 선박에 비해 연비는 크게 개선하면서 대기 및 해양 오염물질 배출량을

24) DeSIRE(Demonstration of Satellites Eenabling the Insertion of RPAS in Europe), WIMAAS(Wide Maritime Area Airborne Surveillance), SEABILLA(-Sea Border Surveillance), PERSEUS(Protection of European seas and borders through the intelligent use of surveillance).

25) FOAM(Forecasting Ocean Assimilation Model System).

획기적으로 줄여 선박에 대한 새로운 국제 환경규제를 충족하는 선박을 말하는 것으로 LNG 선박, 전기추진선박, 연료전지선박 및 수소선박 등이 이에 해당된다.

〈그림 3-3〉 친환경 선박 개요

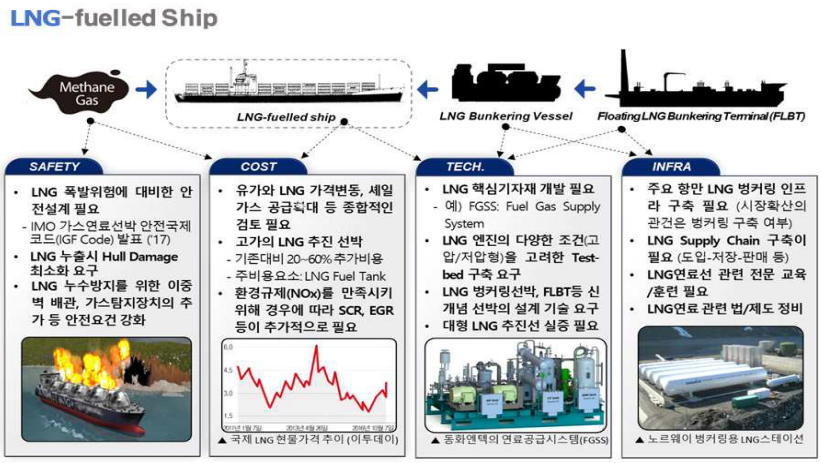


자료: 한국선급, 기술세미나 발표자료(2019). 한국해양수산개발원(2019),『주요 해양과학기술 분야 해외 사례 조사 보고서』(KMI 내부자료)에서 재인용.

LNG 선박 중 LNG 운반선박은 가스전에서 생산된 천연가스를 액화시켜 LNG 형태로 전환하여 수요지까지 운반하는 선박을 말한다. 천연가스를 LNG 형태로 전환하면 부피가 크게 감소하여 대량으로 운송할 수 있다는 장점이 있다. 세계 LNG 시장이 급속도로 성장하면서 LNG 운반선박 기술개발도 가속화되는 추세이며, 특히 쇄빙 LNG 운반선박이 주목받고 있다. 적정온도 유지가 가능한 LNG 저장탱크가 LNG 운반선박의 핵심기술인데, 현재는 연근해 운항 목적의 독립형식 C타입이 대부분이나, 향후 운반선박이 대형화할 경우 독립형식 B타입 또는 멤브레인 타입의 수요가 증가할 것으로 전망된다. 한편 선박 배기가스 배출 규제 강화에 따라 LNG를 추진연료로 사용하는

LNG 추진선박에 대한 시장 및 기술개발이 확대되고 있다. LNG 추진선박의 핵심 기술요소는 영하 162도의 극저온의 LNG를 저장하기 위한 연료탱크, LNG로 추진할 수 있는 엔진, LNG를 운용하기 위한 연료공급시스템 및 선박 추진을 위한 추진시스템으로 나눌 수 있다. LNG 추진선박의 개발과 함께 LNG 연료 수요 증가로 LNG 벙커링 기술개발도 증가하는 추세다. LNG 벙커링은 기술적으로 탱크로리에서 선박으로 LNG를 충전하는 방식(tank lorry to ship), 고정식 LNG 충전소와 벙커 터미널에서 선박으로 충전하는 방식(ship to ship), LNG 터미널에서 선박으로 충전하는 방식(terminal to ship) 및 이동식 컨테이너를 통해 소형 연료탱크를 직접 선박에 탑재하는 방식(container to ship) 등 크게 네 가지로 구분된다. 이 중 LNG 벙커링 선박을 이용하여 LNG를 주입하는 방식은 아직까지 활성화되지 않았으나, 대용량 공급이 용이하다는 장점이 있어 향후 LNG 추진선박이 대형화할 경우 수요가 증가할 것으로 전망된다.

〈그림 3-4〉 LNG 선박의 주요 기술 사안



자료: 한국선급, 기술세미나 발표자료(2019). 한국해양수산개발원(2019),『주요 해양과학기술 분야 해외 사례 조사 보고서』(KMI 내부자료)에서 재인용.

세계적으로 대기환경 보호를 위해 선박 배출가스에 대한 규제가 점차 강화됨에 따라 고유황 연료 사용으로 인해 다량으로 배출되는 입자상물질(PM) 및 2차 미세먼지의 발생원인인 NOx 및 SOx 저감 기술개발이 중점적으로 진행되고 있다. 대표적인 예로 유럽집행위원회의 중장기 프로그램인 HERCULES 프로젝트[26], Wartsila의 Urea/SCR System 개발, Johnson Matthey의 Urea/SCR 촉매 및 System(SINOx System) 개발, HUG Engineering의 선박용 DPF+Urea/SCR Burner 재생시스템 개발 및 일본의 해상 디젤엔진용 유해가스 배출 저감시스템 개발을 위한 Super Clean Marine Diesel Project 등을 들 수 있다.

또한 선박의 대형화, 고속화 추세에 따라 선박의 진동이나 소음 문제에 대한 관심이 증가하면서 전기추진식 Pod 프로펠러, 워터제트 등 전기추진선박 기술개발도 활발히 진행되고 있다. 전기추진선박은 선박에서 전기의 역할을 강화함으로써 대형선박의 에너지 관리를 향상시키고 연료 효율을 높이는 데 기여할 수 있을 것으로 기대되고 있으며, 선박의 공간 활용도 증대와 진동·소음 감소는 물론, 연료 소모량과 배출가스 감소로 인해 친환경적인 시스템으로 평가되고 있다. 최근에는 쇄빙선, 해양 공급선 및 일부 호화여객선 등에 장착되어 운항되고 있으며, 향후 대형 컨테이너선, LNG선과 같은 일반 상선에도 적용될 전망이다.

한편 수소자동차의 연료전지시스템을 선박에 적용한 수소추진선박 기술개발도 활발히 진행되고 있다. 일본, 미국, 캐나다 등이 액화수소운반선박에 대한 연구를 추진 중이고, 영국과 독일은 수소동력선을 개발하여 운항하고 있으며, 스페인은 메탄올 개량 수소연료전지를 기반으로 하는 잠수함용 추진시스템을 개발하였다.

26) HERCULES(High Efficiency R&D on Combustion with Ultra Low Emissions for Ships).

친환경선박과 더불어 연구개발이 가속화되고 있는 분야는 자율운항선박이다. 특히 유럽이 기술개발을 선도하고 있는데 대표적인 프로젝트를 살펴보면, 우선 MUNIN 프로젝트는 최첨단 의사결정 지원 시스템과 원격 또는 자율운항 기술을 갖춘 선박 개발을 목표로 추진되었다. 이 프로젝트의 핵심기술요소는 첨단 센서 모듈, 자율항행 시스템, 원격조종지원 시스템, 엔진 모니터링 및 제어 시스템, 유지 보수 상호작용 시스템, 에너지 효율 시스템 및 해안 제어 센터 등이다. MUNIN의 자율운항 개념은 선박의 충돌 위험이 적은 원양에서는 자율운항 시스템을 적용하고 항구와 같이 복잡한 상황에서는 해안 제어 센터에서 선박을 제어하는 것이다. EU의 또 다른 자율운항선박 프로젝트로는 DNV-GL ReVolt Project를 들 수 있다. 'ReVolt' 선박은 연근해의 단거리 항로 운항을 위한 무인/무공해 선박으로 선체는 추진 효율을 최적화하고 모든 적용 가능한 안전 및 작동 요구사항을 충족시키며 평형수 없이 작동할 수 있도록 설계되었다. 또한 에너지 효율을 극대화하고 배기가스를 없애고 유지보수가 필요한 회전부품 수를 줄이기 위해 배터리로 전원이 공급되는 솔루션을 선택한 것이 특징이다. 반면 핀란드가 지원한 AAWA[27] 프로젝트는 실시간 주변 상황 인식을 위한 다양한 센서(가시광선 카메라, 적외선 LWIR, 레이더, LIDAR 등) 및 센서 통합기술과 자율운항을 위한 주변 맵핑, 가상의 선장(Virtual Captain)을 통한 선박 상태 모니터링 및 선상 통신 등의 기술개발이 핵심이다.

한편 YARA Birkeland Project는 노르웨이 연안의 비료 육상 운송을 자율운항선박으로 대체하기 위해 추진 중인 프로젝트로, 노르웨이 YARA 비료공장에서 화물을 선적한 뒤 GPS와 레이더, 카메라 및

27) AAWA(Advanced Autonomous Waterborne Applications).

각종 센서 등을 통해 다른 선박을 회피하면서 피오르드 협곡을 거쳐 목적지 항구에 자동으로 접안하는 자율운항 기술을 개발하고 있다. 이를 위한 핵심 연구 분야에는 디지털 정보 플랫폼, 스마트 자율운항 선박 제어 시스템, 운항 시범항로 및 시뮬레이터 운항시험 등이 포함된다. 이 외에도 일본의 사물인터넷 응용 서비스를 지원하는 스마트 선박 개발 프로젝트인 SSAP[28] 프로젝트 및 중국의 '중국제조 2025' 정책의 일환으로 추진 중인 I-Dolphin 스마트 선박 기술개발 등이 있다.

3) 항만물류 분야

항만물류 분야 기술개발의 핵심 키워드는 스마트항만이다. 스마트항만에 대한 정의는 연구자들마다 다소 차이는 있으나, IoT 기술을 바탕으로 항만 운영의 효율화, 통합화, 자동화를 추구한다는 점이 공통적이고, 여기에 친환경적 요소와 에너지 효율성이 추가되기도 하며 항만 자체뿐만 아니라 스마트도시로까지 개념을 확대한 경우도 있다.

스마트항만에 대한 주요 국가별 정책을 살펴보면, 미국의 경우 2006년부터 화물운송 혼잡 완화를 위한 NextGen 프로그램(2006~2025년) 등과 같은 물류기술을 개발함과 동시에 공차 세관 간소화, 해상고속도로 확대 등 물리적 인프라 개선 및 Amazon 예측 배송과 같은 시스템 개선을 동시에 추진하고 있다. 한편 유럽은 '2020 Strategy'의 일환으로 스마트항만 평가 프로젝트를 통해 운영, 에너지 소비 및 환경 등 세 가지 측면에서 스마트항만의 개념을 정립하고 종합 로드맵을 수립하여 부문별로 세부 프로젝트를 추진 중이다. 네덜란드 로테르

28) SSAP(Smart Ship Application Platform).

담 항만은 SMARTPORT 조직을 설립하고, 물류, 에너지 및 산업, 항만인프라, 항만도시, 전략 등 5개 부문에 총 45개 프로젝트를 포함한 로드맵을 수립하였으며, 독일 함부르크항은 smartPORT 프로그램을 마련하고, 공급망 최적화 및 운송 네트워크 효율성 제고를 추구하는 물류 부문과 에너지 소비량 감축 및 오염물질 배출량 최소화를 위한 에너지 부문의 프로젝트를 수행 중이다. 한편 중국은 정부 차원에서 교통운수부가 4개 분야에 대한 스마트항만 구축 시범사업을 진행하고 있으며, 일본은 국토교통성의 항만 중장기 정책인 'PORT 2030'에 스마트항만 구축에 관한 사항이 포함되어 있다.

항만 스마트화 및 터미널 운영 시스템(TOS) 관련 기술 현황을 살펴보면, 미국의 NAVIS는 자회사 XVELA 항만물류 협업 플랫폼을 개발하였는데, 이 플랫폼은 실시간으로 데이터를 공유하고 선박 회전에 대한 실용적인 가시성을 제공하며, 터미널, 운송업체 및 협력 파트너가 공동으로 적재 계획부터 배의 정박 관리 등 프로세스를 단순화 및 최적화하였다. 또한 NAVIS의 터미널 운영시스템인 통합형 BI Portal은 항만 운영 모니터링을 강화하고 이를 분석하여 생산성 향상을 위한 BI 도구를 제공하고 있다. 한편 네덜란드 로테르담 항만공사는 IBM과 공동으로 AI SMART PORT를 개발하여 로테르담부터 북해에 이르는 42km 항만 전 구역에 대해 센서를 통해 정보(밀물과 썰물, 기온, 풍속 및 방향, 수위, 선석의 가용성 및 가시성 등)를 실시간으로 수집하고 클라우드 기반 빅데이터 플랫폼과 연동하여, 대기시간을 줄이고 최적의 선박 접안시간 등을 제공하는 등 항만 활용을 최적화하고 있다.

또한 머스크는 해운업의 글로벌 공급망을 디지털화하기 위한 블록체인 솔루션 개발을 목표로 시범사업을 추진하고 있으며, 중국에서

는 알리바바와 머스크라인, CMA CGM과 디지털 파트너십을 체결하고 물류 플랫폼인 원터치를 개발하여 온라인 컨테이너 부킹 시스템을 도입하였다. 반면 미국은 중소형 컨테이너 터미널 대상의 클라우드 웹 기반의 터미널 운영시스템인 OCTOPI를 개발하여 운영하고 있다.

4) 해양장비기술 분야

해양장비기술 분야는 해양과학기술 발전에 기반이 되는 기기, 장비 및 시설 등의 제반 분야를 지칭하는 것으로, 여기에서는 해양로봇, 선박 통신장비 및 선박 통합 항해장치를 중심으로 기술개발 동향을 살펴보았다.

미국은 1990년대 말 근거리 기뢰탐색시스템(NMRS) 무인잠수정을 개발한 후 2000년대 중반에 장거리 기뢰탐색 시스템(LMRS) 및 LMRS보다 기능을 향상시킨 MRUUV 개발을 완료하여 잠수함 및 전투함에 탑재하여 운영하고 있다. 해양과학 조사용으로는 정밀 조사 및 샘플 채취가 가능한 WHOI가 개발되어 열수광상 등 해양과학 조사 임무를 수행하고 있다.

수중 글라이더 운용 기술은 크게 기계적·전기적 부력변화 방식, 해수온도차 에너지 구동 방식, 파력 에너지 구동 방식 및 표준 추진시스템과 활강 시스템을 결합한 복합 방식으로 구분된다. 부력변화 시스템 방식은 날개 모양의 핀을 사용하여 전진과 하강을 할 수 있도록 제작된 활강 무인잠수정이 부력변화 시스템으로 수면으로 상승하여 데이터를 전송하고, 인공위성 위치추적 시스템으로 위치를 재조정하는 방식이다. 온도차 구동방식의 수중 글라이더는 수심에 따른 바닷물의 온도차를 이용해서 구동력을 발생하기 때문에 별도 동력 없이 장기간 해양정보 관측에 활용할 수 있다. 반면, 파력에너지 구동방식

은 파력과 태양력을 에너지원으로 사용하는 방식으로 수중조사관측, 수중작업, 심해탐사와 같은 산업 및 해양학 연구에 활용 중이다.

EU 국가들은 독자적으로 또는 국가 간 컨소시엄을 통해 다양한 형태의 ROV 및 AUV를 개발하여 군사산업용 및 해양과학조사에 활용하고 있는데, 그중 특히 영국이 가장 선두에 있다. 영국의 해양탐사용 AUV인 Autosub 개발 프로젝트는 1980년대 말에 착수되어 Autosub-I, 수심 1,600m급 Autosub-II와 수심 6,000m급 Austosub 6,000를 개발하는 데 성공하였다. 이렇게 개발된 AUV를 남극한계빙하지역에서 크릴 분포 등 다양한 연구 분야에 활용하고 있다. 프랑스는 해양연구소(IFREMER)가 SINERE와 Hybrid AUV인 SWIMMER를 개발하였으며, Cynerentrix사가 해저구조물의 검사와 수리 및 정비용 복합 무인잠수정인 상업용 SWIMMER를 개발 중이다. 군사용 해양로봇 연구개발은 DCN 및 ECA사가 주도하고 있는데 미국과 같이 무인화된 해양 전장 환경을 고려하여 2020년을 목표로 약 40여 개의 핵심기술 과제를 포함한 UUV 체계 개발을 추진하고 있다. 한편 독일은 수중 구조물 작업용 복합 무인잠수정 시스템인 DAVID와 최대심도 4,000m인 심해작업용 ROV인 QUEST 4000 등 다양한 형태의 해양로봇을 개발·운영하고 있으며, 최근에는 해양생물을 모방한 해양로봇 연구개발도 활발히 진행 중이다. 노르웨이는 Hugin 시리즈 이외에 군사용으로 MCM 기능을 보유한 무인잠수정과 해저 유전 및 심해저 탐사용 무인잠수정에 대한 연구개발을 추진하고 있다.

미국과 유럽 국가에 못지않은 기술력을 바탕으로 일본은 KAIKO 시스템을 개발하여 10,909m의 마리아나 해구에 도달하는 데 성공하였다. KAIKO 시스템은 정밀한 다중센서 영상과 샘플링 플랫폼으로서의 기능을 하는 잠수정 및 이와 연결된 광대역 조사기로서 역할을

하는 런처(Launcher)를 가진 겸용 ROV 시스템이다. 이 외에도 4,200m급의 심해저 탐사용 MR-X1 AUV를 개발하고 있으며 Biomimetic 추진방식의 AUV인 Flatfish를 개발하여 시험 중이다. 또한 수중에서 장기 체재할 수 있는 심해잠수정용 소형 연구용 원자로 DRX 등 매우 다양한 해양로봇 연구를 수행하고 있으며, 최근에는 약 60억 엔의 예산을 투입하여 감시 정찰 및 다양한 수중작전을 위한 UUV/USV 체계를 개발하고 있다.

한편 선박 통신장비 분야는 크게 가민, 레이마린, 로렌스 등이 선두를 차지하고 있다. 가민은 GPS Plotter, Sounder, 어군탐지기, Radar, 오토파일럿, VHF 통신기기, 센서, 카메라 등을 생산하고 있으며, 레이마린은 해양 항해통신 전문제조업체로 주로 해양레저시장에 진출하고 있다. 레이마린의 주요 제품군으로는 MFD(Multi Function Display), 자동조타기(AutoPilots), 레이더, 어군탐지기, VHF 통신기기, 선박 자동식별 장치, 해양 카메라 등이 있으며, 최근 아이폰, 아이패드와 레이마린 제품군 간 데이터를 자유로이 교환할 수 있는 기술과 다양한 멀티 기능의 제품을 시장에 소개하였다. 로렌스는 스포츠, 낚시, 어군탐지군과 GPS 관련 제품을 제조하는 기업으로 유통업체, 대량생산 장비제조업체 등과 글로벌 네트워크를 구성하고 있는 것이 특징이다.

한편 대형선박의 통신장비와 관련해서는 JRC, 푸르노(일본), Kongsberg(노르웨이) 등 글로벌 전문업체가 주도하고 있으며, 업체별 생산제품의 특징은 〈표 3-8〉과 같다.

〈표 3-8〉 대형선박 통신장비 제조사별 특징

제조사	특징
Kongsberg Maritime	• IEC가 유럽 주도라는 점을 이용, 세계 표준화에 적극 참여하여 동향을 주도, IMO에 영향력 행사 • 사용자 편의 분석을 통해 유행을 선도 → 다른 국가 기업이 따라가는 동향 • 세계 해양 유수기업의 합병을 통해 e-Navigation 분야를 주도 • 국가가 해양산업 육성을 위해 적극 지원 → 선도를 위해 총력 Norshipping 지원
JRC	• 한국시장의 50%, 세계시장의 33%를 점유 • 선박탑재 항해통신장비를 일체 생산 → 최소의 영업비로 일괄 판매 가능 • IMO 동향을 지속적으로 파악하여 적절한 시기에 제품을 출시 • 철저한 선박 환경시험을 통해 신뢰성 확보
푸르노	• 다양한 제품군(항해 통신 장비 일체) • 국제표준 및 기술회의에 참여와 기여로 기술의 우수성을 인정 • 자사의 제품 전략(레저보트의 세계 시장 겨냥 등)
Raytheon Anchuetz	• 전 세계적으로 네비게이션 시스템 및 상선, 메가 요트, 해군 선박 항해 장비, 잠수함을 통합 • 자이로 나침반 시스템 및 중계기 나침반, 자동 조종 장치, 수동 조타 제어 시스템, 네트워크 기반의 레이더 송수신기 레이더, 전자해도 표시 및 정보 시스템(ECDIS) • 감시 시스템, 명령 및 제어 솔루션, 감시 레이더, 감시 컨테이너 및 예비 부품 포함 안전 및 보안 솔루션 제공 • 판매 및 서비스 파트너 네트워크를 통해 자사의 제품을 제공
도쿄계기	• 다양한 제품군(항해통신, 유압기기 등) • Autopilot 분야에서는 세계적인 기술수준을 보유 → JRC, Furuno사가 주요 고객 • INS 기술개발은 하지 않으나 Autopilot, ECDIS, 다양한 항해센서 등을 생산 → 향후 INS 시장 강자로 부상 예상
요꼬가와	• Autopilot과 관련된 제품 분야(Gyro, Electromagnetic logs, Autopilot)만 생산 • 도쿄계기와 함께 Autopilot 전 세계 시장을 양분, INS 기술개발은 하지 않음

자료: 저자 작성

마지막으로 선박 통합 항해장치 기술개발 동향은 〈표 3-9〉와 같이 요약할 수 있다.

〈표 3-9〉 선박 통합 항해장치 기술개발 동향

제조사	INS	구성 & 특징
Raytheon Anschuetz	Synapsis Intelligent Bridge Control System	• 시스템 상태·성능 모니터링, 데이터의 일관성(CCRS), 센서 선택 관리, 지능 경보관리 시스템 등으로 안전 성능 향상 • 다기능 워크스테이션 사용으로 모든 장소에서 모든 기능 사용 가능, 지능적 시스템 데이터와 운용, 모든 작업 위치에서 사용 가능한 일치된 데이터 • 표준화된 HMI, 색깔, 밝기 등을 센트럴 또는 로컬 위치에서 조정, 증강된 사용자 설정 관리 • 공개구조로 설치와 업그레이드가 간편, 표준화된 하드웨어로 효율적 관리, 표준화된 소프트웨어로 구성과 서비스 용이
Kongsberg	K-Bridge	• K-Bridge 레이더, 레이더 송/수신기(X-band/S-band), ECDIS, 선박 항법 표시장치(conning display), 자동 항해장치, 업무 활동 모니터링 장치, 선교 항해 당직 경보장치, 다기능 표시 장치, 항해 계획 수립 장치 등
FURUNO	Voyager	• 다기능 표시 장치(MFD)를 통해 여러 시스템 간의 유연하고 다중적인 복합 워크스테이션 환경 제공 • ECDIS, 차트 레이더, 선박 항법 표시장치(conning display), 경보 관리 시스템 등
JRC	Ocean Explore II	• JRC의 레이더, 차트 레이더, ECDIS, 항법 표시장치, GPS, 에코 사운더, 도플러 소나, NAVTEX 수신기, AIS 등 여러 시스템을 활용하여 유연하게 구성 가능
Transas	Navi-4000 MFD(Multi Function Display) 시스템	• Navi-Sailor 4000 ECDIS, Navi-Radar 4000 레이더, 선박 항법 표시장치(conning display), 알람 모니터링 시스템(AMS), 항로 제어 시스템, 항로 계획 시스템 등

자료: 저자 작성

5) 극지연구 분야

극지연구는 극지의 해양을 비롯한 자연환경을 이해하고 예측하며, 극지에 존재하는 자원을 활용하기 위한 제반 연구활동을 말한다. 극지연구는 주로 북극이사회 회원국 및 옵저버 국가들을 중심으로 추진되고 있다.

일본은 2013년 북극이사회 정식 옵저버 지위를 획득한 후 북극권 정보 수집 및 자원 개발을 중심축으로 하는 국가 차원의 전략적 투자를 확대하고 있다. 문부과학성의 대형 북극연구사업인 ArCS[29] 프로그램은 북극 기후변화에 따른 생태계, 해빙, 빙붕 등 환경변화와 이에 따른 생태계 변화 등 포괄적인 과학 분야, 지속가능 개발 및 원주민 이슈, 과학기술의 북극항로 활용 지원 등 자연과학, 사회과학 및 산업까지 포괄적으로 다루고 있으며, 일본과학기술진흥기구(JST)는 '지속가능성을 위한 북극 관측과 연구'[30]를 통해 기후변화로 인한 북극 해양시스템의 회복력과 적응력 연구(RACArctic), 시베리아 북극지역 영구동토지대의 생태계와 도시 및 촌락의 탄소 수지 연구(COPERA) 등을 지원하고 있다. 또한 '제9기 남극지역관측 6개년 계획'(2016~2021년)을 수립하여 남극 중·장기 기본 관측 연구 및 개별 분야 전문연구 등 남극연구 활동을 추진하고 있다.

영국은 영국남극조사소(BAS)를 기반으로 남극 중심의 과학연구 활동을 수행하고 있으며, 북극 기후변화 등 최근 북극 관련 이슈 증가로 북극권 국가와의 연구협력을 통한 북극권 연구도 강화하는 추세다. 영국은 2019년 하반기에 쇄빙연구선인 RRS Sir David Attenborough 건조를 완료할 예정이다.

29) ArCS(Arctic Challenge for Sustainability).
30) Arctic Observing and Research for Sustainability.

반면 독일은 특히 기초 및 원천 연구 비중이 높으며 AWI연구소의 PACES 프로그램 및 PACES II 프로그램을 통해 지구환경 변화, 지질 및 지구물리, 극지생태계, 고위도 지역의 핵심변화 규명 등의 연구를 추진하고 있다. 현재 연구용 쇄빙선 중 가장 큰 규모인 20,700t급의 초대형 쇄빙선 '폴라슈테른(Polarstern) 2'를 건조 중이며 3m 이상의 두꺼운 해빙을 깰 수 있을 것으로 전망되고 있다.

프랑스는 2016년 '북극에 대한 위대한 도전'[31]에서 물순환 및 육상 빙붕, 해양물리 및 해양생태계, 지구온난화 환경에서 동토층 역학 등 열 가지 주제에 대한 연구를 수행하고 있으며, 남극내륙 Dome C 지역의 Concordia 기지를 중심으로 이탈리아와 공동으로 심부 빙하 코어 시추, 천체 관측 및 지자기 관측 등 남극 연구를 진행하고 있다.

중국은 남극 쿤툰기지 건설, 신규 쇄빙연구선 건조(2019년), 남극 Inexpressible Island에 신규 월동기지 건설 추진 등 대규모 인프라 투자를 통한 남·북극 영향력 강화에 힘쓰고 있다. 중국극지연구소(PRIC)를 중심으로 극지해양과학, 극지생물과학, 극지고층대기 및 극지빙하 등 4개 연구 프로그램을 중심으로 하는 연구활동을 추진하고 있으며, 상해의 Nordic Center를 통해 북유럽 국가와 극지 연구협력을 강화하고 있다.

러시아는 2013년에 북극과학연구, 환경보호, 경제산업 및 거버넌스 분야를 포괄하는 '2020 러시아 북극지역 발전 국가안전보장 전략'을 수립하였으며, 북극지역 사회발전 2020 계획에 45억 달러의 예산을 편성하여 다양한 개발사업을 추진 중이다. 또한 러시아 남북극연구소(AARI)를 중심으로 북극권 해빙 모니터링, 북극대륙붕 연구, 극지지리, 해빙 Thermal Drilling 기술, 빙하물리, 기상연구, 남극탐사

31) The Great Challenge of the Arctic.

등 다양한 과학연구를 수행하고 있다.

미국은 북극이사회 의장국(2015~2017년)으로서 북극해 안보, 기후변화 대응, 자원개발의 중요성, 원주민 역할, 국제협력의 중요성 등을 강조하며 북극에 대한 영향력 강화에 예산을 집중해 왔다. 국립과학재단(NSF)의 OPP[32]를 통해 남북극 연구 프로그램을 지원하고 인프라를 운영하고 있다. 미국은 2009년에 북극정책을 수립하고, 범부처 북극연구정책위원회(IARPC) 5개년 정책수행 계획 보고서를 발간하였으나(2015년), 트럼프 행정부 출범 후 '미국 우선 해양에너지 전략'을 발표하고 북극 대륙붕 석유시추 탐사를 승인하는 등(2017년) 개발 중심으로 정책기류가 변화하고 있다.

핀란드는 2017~2019년 북극이사회 의장국으로서 환경보호(생물다양성, 기후변화 대응), 연계성(통신 인프라 구축), 기상 협력(데이터 교환, 모니터링 협력), 교육(북극 문화언어 등 전통교육 강화) 등을 제안하여 현재 추진 중이다.

노르웨이는 '2017 노르웨이 북극전략'을 수립하여 노르웨이극지연구소를 중심으로 해양과 해빙, 생물다양성, 지질 및 지구물리, 환경오염 등 네 가지 주제로 연구사업을 수행 중이다.

6) 해양바이오기술 분야

해양바이오기술은 해양환경에 서식하는 생물자원의 생명현상과 유전자 기능을 이용하여 정보 분석 및 신물질 개발 등에 활용되는 생명공학기술로 정의할 수 있다. 대부분의 국가가 독립적인 해양바이오산업 전략을 수립하고 있지는 않지만, 과학 분야의 전략에서 해양

32) OPP(Office of Polar Programs).

생명공학 내용을 포함하거나 하위 프로그램으로 기획하고 있으며, 미국과 일본 등은 국가 바이오산업 영역의 한 분야로서 해양바이오 산업 지원전략을 수립하여 지원하고 있다. 그러나 주요 선진국 역시 해양바이오 산업의 미래성장 가능성과 개별 산업으로서의 중요성을 인식하여 특화된 전략들을 세워 지원을 강화하고 R&D 투자를 공격적으로 확대하는 경향을 보이고 있다.

해양바이오기술 분야 정책은 국가별로 다양하나, 해양바이오산업 지원을 위해 필수적인 해양생명자원의 확보와 해양 유래 신약 개발, 해양바이오 에너지, 기능성 식품 및 화장품 등을 개발하기 위한 산업소재 발굴에 힘쓰고 있다는 것이 공통된 특징이다. 또한 해양생명공학 분야의 개발 및 협력을 위한 국가 간 협력과 해양생물자원의 조사 및 정보체계화가 강화되는 추세다.

주요 국가별 동향을 살펴보면, 미국은 포괄적 방향 제시에서 구체적인 현안 해결을 위한 투자로 선회하고 있으며, 주로 의료산업, 유전체 연구 등에서 해양바이오 산업소재 개발을 위한 R&D 투자가 증대되고 있다. 선행연구들을 통해 용도가 밝혀진 해양생명자원을 중심으로 해양바이오 산업소재 확보를 위한 R&D 활동을 장려하고 있으며, 연구기관 및 연구자 간 개방형 지식생태계 구축을 통해 산업화 추진을 위한 다양한 형태의 협업체계를 모색하고 있다. 또한 대학연구의 스핀오프(spin-off)를 지원함으로써 R&D 결과를 산업적으로 활용하는 것을 지원하고 있다.

반면 일본은 중앙정부 차원에서는 극한환경에서의 해양바이오 산업소재 확보와 탐색에 집중하고 있으며, 민간과의 교류를 통한 제품 개발은 지방정부가 지원하는 이원화된 구조를 띠고 있다. 또한 해양바이오 소재 개발 및 관리체계 구축을 위해 해양생명자원에 관한 DB

구축과 새로운 유용생명자원을 활용한 해양바이오산업 창출 전략을 추진하고 있다. 특히 지역별 독특한 해양생명자원 및 산업구조 등 지역별 특성을 고려한 다양한 형태의 해양바이오산업 육성사업을 추진하는 것이 특징이다.

유럽의 경우 해양바이오 소재를 활용한 연구개발 및 산업화에 초점을 둔 구체적인 프로그램이 다양하게 추진되고 있으며, EU 국가간 협력체계 구축도 활발히 진행되고 있다. 유럽은 해양산업이 유럽연합에 미치는 사회경제적 영향평가를 기초로 한 Blue Growth 전략목표를 수립하였으며, 5대 전략목표를 기초로 해양바이오산업 육성을 위한 실행전략을 수립하였다. 또한 최근 ERA-MBT를 통해 해양바이오 로드맵을 구축하였으며, 이를 기초로 장단기 전략을 수립하여 운영 중이다.

중국은 정부가 주도하는 공공연구의 빠른 성장을 기초로 심해, 극지 등 극한환경에서의 해양바이오 소재 확보에 노력을 기울이고 있으며, 최근까지 신약 연구개발 분야에 대한 높은 관심을 보이고 있다. 특히 전통지식에 근거한 해양생물의 효능 검증 및 이를 기초로 한 의약품 개발을 추진 중이다. 중국은 해양바이오산업 육성을 위해 해양생명자원 확보를 위한 적극적인 전략을 추진 중이며, 천해에서 심해, 극지까지 이미 알려져 있는 유용해양생명자원을 확보하고 있는데, 현재까지 약 1,000종의 해양생명자원으로부터 유용추출물 100여 건을 확보하고 있는 것으로 알려져 있다.

7) 해양에너지기술 분야

해양에너지기술은 해양에 부존하는 물리적 에너지의 조사·분석과 이를 전기에너지 또는 활용이 용이한 에너지원으로 변환하기 위한

제반 기술을 뜻한다. 해양에너지는 기후변화와 자원고갈 문제를 해결할 수 있는 신재생에너지원으로서 선진국 주도로 기술개발과 실용화가 활발히 추진되고 있으며, 특히 EU, 미국 등은 해양에너지를 미래 주요 에너지원으로 인식하고 기술개발 투자를 확대하고 정책 지원을 강화하고 있다. 대표적인 예로 EU는 2050년까지 수요전력의 15%를 해양에너지로 대체할 계획이며, 미국은 파력발전의 실용화를 통해 2050년에 전력 수요의 7%를 공급할 계획이다.

해외 주요 선진국은 에너지원별로 차별화된 추진전략을 수립하고 기술수준 및 상용화 가능시기 예측에 근거하여 단계별로 기술개발을 추진하고 있다. 또한 연안역 개발 중심의 기술개발에서 심해역 중심으로 확대되고 있으며, 단위 모듈화 기술개발에서 대규모의 단지화 및 복합발전으로 기술개발 방향이 전환되고 있다.

조류발전은 EU가 기술개발을 주도하고 있는데, 연안역 중심의 조류발전은 실증단지를 착공하는 등 상용화 직전단계에 있으며 민간기업 중심의 단지화 계획이 활발히 진행되고 있다. 영국은 Meygen Project를 통해 2020년까지 약 400MW 전력공급을 추진 중이다. 반면, 파력발전은 특히 영국 등이 풍부한 부존량과 기술개발로 실증·준상용화 단계에 진입해 있다. 영국의 Pelamis Power사는 1만 시간 운용으로 약 200Mwh 전력 생산이 가능한 파력발전시스템을 개발하였다. 온도차발전은 우리나라를 비롯한 미국, 프랑스, 일본 등이 1MW급 설비를 운용하고 있으며, 복합발전은 기술개발 초기단계이나 기술 선점을 위해 경쟁적으로 연구개발이 가속화되는 추세다.

해양에너지 선도국은 이미 정부 주도로 경쟁적 실해역 시험장 건설 등 상용화 지원을 위한 인프라를 확대하고 있는데, 영국의 EMEC 및 Wave Hub(파력), 스페인의 BiMEP(파력) 등을 예로 들 수 있다.

8) 수산자원관리기술 분야

수산자원관리기술은 수산생물자원의 조사·평가·예측·생태·조성·보전 등에 관한 제반 기술을 말한다. 이와 관련한 주요국의 연구동향을 살펴보면, 우선 「수산자원 보존 및 관리법」(1976년) 제정을 통해 수산자원의 지속적 이용과 자원 회복을 선제적으로 인식하여 관리정책을 추진해오고 있는 미국은 해양대기청(NOAA)이 수산자원 관리 관련 국가 차원의 연구방향을 설정하여 국내외 수산환경 모니터링, 수산물 생산성 증진, 수산물 안전성 확보 등과 관련된 조사 및 기술개발을 활발히 추진하고 있다. 특히 NOAA는 2016년에 생태계 기반 수산자원관리 로드맵(EBFM)[33] 수립을 통해 최신 동향을 반영한 연구 방향을 제시하였다. 또한 해양수산 관련 기초정보 생산을 위한 사업으로 캘리포니아 협동 해양 어업 조사(CalCOFI), 수산 해양학조사(FOCI), 남동지역 모니터링 및 평가 프로그램(SEAMAP), 국가종합해양관측시스템(IOOS) 등을 운영 중이다.

한편 개별 사업을 통해 확보된 해양수산 관련 정보를 바탕으로 심층적인 연구를 수행하고 특정 해양생태계 수준의 변화를 이해하기 위한 다양한 연구도 수행되고 있는데, 알래스카 주변해역의 주요 수산자원의 지속가능성 확보를 위한 EcoFOCOI를 예로 들 수 있다. 또한 TAC 도입 확대 정책을 지원하기 위해 다양한 현장 모니터링 장비 개발도 추진되고 있으며, 전자조업모니터링시스템(EM)[34] 개발을 통해 현장 적용범위를 확대하고 있다. 이 외에도 최근 광학 및 수중음향기술의 발달과 더불어 주요 수산자원의 광역 실시간 현존량 파악을 위한 다양한 관측장비 개발 및 음향 광대역 데이터를 통한 어종

33) EBFM(Ecosystem Based Fisheries Management Road Map).
34) EM(Electronic Monitoring System).

식별 프로젝트와 함께 최근에는 빅데이터를 활용한 기술개발이 활발히 추진되고 있다.

EU는 유럽기술플랫폼(ETPs)[35]을 구축하여 수산업에 관한 전략적 연구 및 혁신 어젠다를 도출하고 관련 기술개발을 추진하고 있다(ERTP).[36] 또한 유럽공동수산정책(CFP)의 목표 달성을 위한 하위 실행과제로 EcoFishman 프로젝트(2011~2014년)가 진행되었고, 최근에는 Horizon 2020 사업의 일환으로 SMARTFISH H2020 사업을 추진 중이다. 이 연구사업은 수산자원량 측정 고도화, 불법어획 방지, 생태계 영향 최소화 등을 위해 IoT, AI 등 ICT 관련 기술, 광학기술 및 음향기술 등 어업 관련 하이테크시스템을 융합하는 것이 특징이다. 한편 양식 분야에서는 AQUASMART[37] 프로젝트를 통해 양식업자 등 이해관계자 간 실시간 자료를 연계함으로써 생산 및 관리 효율성 확보를 꾀하고 있다.

반면 일본은 어업생산량을 확보하여 수산물의 안정적 공급체계를 구축하기 위해 수산자원 관리기술, 연안환경 보전기술, 자원 회복·관리 기술개발을 추진하고 있다. 해조장·갯벌 비전(2016년) 등 수산청과 지자체를 중심으로 수산자원 서식처 증대 및 자원 조성을 위한 정책과 연구개발 사업이 진행되고 있으며, 대학 중심으로는 해양생태계 수준의 변동연구 및 수산자원관리 생태모델 구축, 주요 종의 종자생산 및 양식연구가 중점적으로 이루어지고 있다. 또한 TAC 및 TAE 대상어종을 중심으로 연안과 근해의 서식처를 통합적으로 고려한 수산자원 조성·관리를 위해 프론티어 어장정비사업을 추진하고 있다.

35) ETPs(European Technology Platforms).
36) ERTP(European Fisheries Technology Platforms)는 수산업의 지속가능성 및 관리, 에너지 효율화, 어선기술, 어류 및 수산물 기술, 어구 개발기술, 어획에서 소비까지 신뢰 구축 등 핵심과제별 주요 기술개발 분야를 제시하고 있다.
37) AQUASMART(Aquaculture Smart and Open Data Analytics as a Service).

한편 수산자원관리를 위한 국가 차원의 기술개발 또는 사업과 더불어 불법어업 감시 등 범국가적 문제 해결을 위한 글로벌 민간단체 차원의 프로젝트도 추진되고 있다. 대표적으로 해양보전 분야 국제 NGO인 OCEANA와 위성 분야 민간기구인 SKYTRUTH와 구글 등이 참여하고 있는 Global Fishing Watch는 전 세계 어획활동의 투명성을 높이기 위해 전 세계 어선들의 선박모니터링시스템(VMS) 정보를 바탕으로 해상에서의 불법 환적과 불법어획을 감시하고 관련 정보를 공개하여 각국에 제공하고 있다.

9) 대양연구 분야

대양연구 분야는 대양에서 이루어지는 물질순환과 해양기후변화 프로세스 및 해저면에 분포하는 해양자원과 생명현상 이해를 목적으로 하는 분야다.

대양연구와 관련된 국제사회 및 주요국의 정책 동향을 살펴보면, 우선 UN의 지속가능발전목표(SDGs, 2016~2030년)에 해양 및 해양자원의 보존과 지속가능한 이용이 포함되어 있으며, 기후변화에 따른 해양산성화 대응과 해양생물다양성 감소 등에 대한 대응이 주요 어젠다로 설정되어 있다. 미국은 국가해양정책 실행계획(2013년)을 통해 해양경제, 연안 및 해양 복원 등 5대 정책목표와 함께 생태계기반관리 등 9대 국가관리 우선순위를 도출하였다. 기후변화와 관련하여 「지구변화연구법」[38] 및 「연방 해양산성화 연구 및 모니터링법」[39]을 제정하여 시행 중이며, 「지구변화연구법」에 따라 전 세계를 대상으로 지구변화연구프로그램(USGCRP)[40]을 추진하고 있다. 또한

38) Global Change Research Act.
39) Federal Ocean Acidification Research And Monitoring Act.
40) USGCRP(US Global Change Research Program).

2013년에는 기후변화에 대응하기 위한 각 부처별 목표와 세부 프로그램을 담은 기후변화적응계획을 수립하였다.

EU는 유럽의 신경제 전략인 Europe 2020 Strategy 중 R&D 부문의 혁신 강화와 투자 확대를 위한 연구혁신 프로그램인 Horizon 2020을 추진 중인데 기후변화 대응 및 적응 분야는 Horizon 2020 프로젝트의 가장 중요한 분야 중 하나로 전체 예산의 35% 이상을 차지하고 있다. 영국은 Marine Science Strategy(2010~2025년) 수립을 통해 미래 해양과학 전략으로 해양생태계 기능의 이해, 기후변화에 대한 대응과 해양환경과의 상호작용, 생태계 혜택의 유지 및 증대 등을 제시하였으며, 「기후변화법」[41]을 제정하여 국가 차원의 기후변화 리스크 평가(CCRA)[42]를 실시하고 이를 바탕으로 국가대응프로그램(NAP)[43]을 수립하였다. 해양 관련 CCRA의 주요 내용은 수온 상승, 해안침식, 홍수 등에 따른 해양생물다양성 감소와 해양산성화 영향 등을 포함하고 있다.

우즈홀해양연구소(WHOI)는 해양 관련 글로벌 이슈 및 이슈별 세부 연구주제를 도출하였는데, 여기에는 특히 급격한 기후변화, 지구온난화, 고기후, 해수면 상승 및 엘니뇨 등과 같은 해양과 연관된 기후변화 연구가 다수 포함되어 있다.

41) Climate Change Act.
42) CCRA(Climate Change Risk Assessment).
43) NAP(National Adaptation Programme).

〈표 3-10〉 WHOI에서 설정한 해양 관련 글로벌 이슈

주요 이슈	연구주제	주요 이슈	연구주제
기후와 대양	급격한 기후변화 지구온난화 및 수온상승 빙하기와 고기후	해양순환	해류 엘니뇨 등 이상현상 해양대순환
연안해역	해안침식 연안생태계 변화 하구생태계 변화	해양생물	산호초 생물다양성 특이해역의 생물상 생물다양성 및 자원화
해양재해	지진과 태풍 적조 등 유해생물 쓰나미	해양자원	수산양식 해양보호구역 관리 해저광물자원
해양화학	생지화학적 순환 이상 탄소 순환 이상 해양산성화	극지해양	북극의 해양순환 극지해양생태계 변화 빙하와 빙상 이동
해양오염	해양방사선 해양 기름 유출	해저환경	해저열수 해저지체구조

자료: 저자 작성

한편 전 지구적 기후변화에 대한 이해와 예측을 위해 CLIVAR, TOGA, IMBeR, SOLAS 등 다양한 국제 프로그램이 추진되고 있다.[44]

제2절 국내 해양과학기술 R&D 현황

제1절에서는 해양 관련 국외 주요 이슈를 분석하여 이 중에서 특히 R&D와 연관된 이슈들을 도출하였으며, 주요 해양과학기술 분야별로 연구동향을 분석하였다. 이번 절에서는 국내 해양과학기술

44) CLIVAR(Climate Variability and Predictability and Change), TOGA(Tropical Ocean Global Atmosphere Program), IMBeR(Integrated Marine Biosphere Research Project), SOLAS(Surface Ocean Lower Atmosphere Study).

R&D 추진현황을 개괄적으로 살펴보고 국외 주요 이슈 및 연구동향과 비교하여 R&D 기획체계 개선을 위한 시사점을 도출하였다.

1. 자료 수집 및 분석 방법

해양수산부의 R&D 추진 현황 분석을 위해 해양수산 분야 R&D 전문 관리기관인 한국해양과학기술진흥원(KIMST)의 해양수산R&D지식정보시스템(OFRIS)[45]에서 제공하는 과제정보를 활용하였다. R&D 과제 관리가 KIMST로 이관된 2006년 이후부터 현재까지를 기준으로 자료를 취합한 결과, 총 126건의 사업과 3,504건의 과제가 수행되었다.[46] 동일한 또는 유사한 사업들이 명칭을 일부 달리하여 수행된 경우가 다수 존재하였기 때문에 우선 전체 R&D 사업을 유사 사업별로 분류하였다. 1차적으로는 〈부록 1〉의 KIMST가 제공하는 R&D 사업체계 변천 현황을 기준으로 분류하였고, 여기에 포함되지 않은 사업들은 사업명 또는 사업명만으로는 사업의 내용을 유추하기 어려울 경우에는 내역사업명 또는 과제명을 기준으로 분류하였으며 그 결과는 〈부록 2〉에 제시하였다.

이 연구의 R&D 추진 현황 분석은 R&D 사업들이 해양과학기술 분야의 장기적 변화와 사회경제적 수요에 부합해서 체계적으로 기획되었는지를 분석하는 것이 주목적이므로 개별 사업들에 대한 투자의 적절성이나 계량적인 성과 분석 대신 사업별 내용을 기준으로 개괄적으로 정성적인 분석을 시행하였다.

45) OFRIS (접속일: 2019. 5. 3.)는 사업연도별로 사업명, 내역사업명 및 과제명을 비롯하여 과제번호, 주관기관, 연구책임자, 당해연도 연구기간 및 예산 정보 등 과제기본정보를 제공하고 있다.
46) 기관운영비, 인건비, 시설비 등 실질적인 연구와 관련 없는 사업은 제외하였다.

2. 분석 결과

위에서 기술한 대로 총 126건의 R&D 사업을 분류한 결과, 해양자원 및 에너지, 해양바이오, 해양환경, 해양교통·안전, 해양장비 개발 및 극지연구, 해양관측조사·예보, 해양수산기술, 항만물류 등 전반적으로는 해양과학기술의 주요 분야들을 모두 포괄하고 있으며 제1절의 해양과학기술 국외 연구동향 분석에서 적용한 분류체계와도 대체로 유사함을 알 수 있다.

각각의 분야별 R&D 추진 현황을 개괄적으로 살펴보면, 우선 해양자원 및 에너지 관련 분야는 태평양 심해저 등 해양광물자원 탐사 및 이용 기술개발을 비롯하여 파력, 조력, 조류 및 해수온도차발전 등 해양에너지 실용화 기술개발 및 실증플랜트, 실해역 시험장 구축 등에 관한 사업이 추진되었다. 특히 2010년대 중반 이후부터는 민간기업 주관으로 해양심층수를 활용한 신산업 기술개발이 추진되었다. 해양바이오 분야에서는 크게 자원, 에너지, 의약, 화학, 식품 등 해양바이오 산업분야별로 R&D가 추진되었으며, 초기에는 특히 자원과 의약 분야 위주로 추진되다가 후반부에는 바이오수소 등 에너지 분야와 바이오 신소재 개발 관련 연구가 두드러졌다. 해양환경 분야는 해양환경 및 해양생태계 보전·복원 관련 기술과 해양오염 관리 기술 그리고 기후변화 예측·대응 기술개발 등을 다루고 있다. 기후변화 관련 기술개발은 2000년대 중반부터 기후변화에 따른 해양환경 및 생태계 변동에 관한 연구와 CO_2 저감처리기술 개발 연구 등이 일부 수행된 후 특히 2017년부터 크게 증가한 것이 특징이다.

해양교통·안전 분야에서는 선박 기인 오염 관련 국제협약에 대응하기 위해 선박 평형수 및 선박 배출 대기오염원 등 선박 기인 오염

물질 관리 기술, 선박사고 예방 등 해양안전 관리 기술 및 친환경선박 관련 기술개발을 위한 R&D가 추진되었다. 해양장비 개발 및 극지연구 분야에서는 초기에 과학조사선 건조, 남극 관측기지 건설 등 해양조사·관측을 위한 인프라 구축 관련 사업이 주를 이루었고, 2010년대 중반 이후부터는 유무인 잠수정, 수중로봇, 수중통신시스템 등 해양과학기술 연구를 위한 기반이 되는 첨단장비 개발 및 남·북극 해양환경·생태계, 자원 탐사 및 기후변화 등과 관련된 R&D 사업이 중점적으로 추진되었다.

해양관측조사·예보 분야는 해양관측위성 및 해양관측시스템 개발, 종합해양과학기지 및 해양위성센터 구축 등 해양관측조사를 위한 인프라 구축 관련 R&D 사업이 큰 비중을 차지하였으며, 그 외에 해양지질조사 등 해양과학조사연구와 해양정보체계 구축·활용을 위한 연구사업이 수행되었다. 한편 이안류 등 연안이상현상 및 연암침식 등 연안재해 대응을 위한 기술개발이나 해양영토 방위를 위한 R&D도 일부 수행되었으나 비중은 상대적으로 낮았다.

해양수산기술 분야는 과제 수가 총 1,218건으로 과제 수를 기준으로 하면 해양수산부 전체 R&D의 약 35%를 차지할 정도로 많은 수의 과제가 진행되었다. 여기에는 2000년대 중반에 추진되었던 특정수산기술개발사업(154건), 2012년부터 추진 중인 국립수산과학원의 수산시험연구(483건) 및 수산실용화기술개발사업(375건) 등 대형 사업이 포함되어 있다. 수산시험연구사업을 제외하면 소액, 단년도 과제 형태가 대부분을 차지하였으며, 양식기술 개발, 종묘 생산 및 품종 개발과 관련된 연구에 집중되어 있다. 수산실용화기술개발사업과 수산식품산업기술개발사업에서는 수산물 유래 기능성 식품 및 고부가가치 소재 개발을 위한 연구도 수행되었다.

항만물류 분야는 초기에는 항만구조물, 리모델링 등 항만 건설 및 시설물 관리 관련 기술개발 사업과 U-기반 해운물류시스템 구축을 위한 기술개발사업으로 이원화되어 추진되다가 2013년부터 첨단항만물류기술개발사업으로 통합되었다. 통합 이후에는 태풍, 지진해일 등 자연재해와 기후변화 대응을 위한 항만 재해 저감 기술 및 안전한 항만 구축관리를 위한 BIM 기반 기술 개발 등 안전에 초점을 맞춘 연구가 증가한 것이 특징이다. 반면, IoT 기반 스마트항만 구축 관련 기술 개발은 2019년에 들어서야 본격적으로 추진되기 시작했다. 전체적으로는 물류체계 관련 연구보다 항만 관련 연구가 더 많은 비중을 차지하고 있다.

한편 기본적으로 특정 기술군 위주로 구성되어 있는 R&D 사업 외에도 다양한 기술개발을 포함한 사업이 추진되고 있는데, 미래해양산업기술개발사업, 지역 R&D 역량강화사업, 해양중소벤처기술개발사업, 해양산업 수요 기반 기술개발사업 등이 대표적이다. 이러한 사업들은 특히 민간기업의 활발한 참여가 두드러지는 것이 특징이다.

2006년부터 현재까지 해양수산부의 R&D 추진 현황 분석 결과를 바탕으로 개선사항을 도출하였는데, 크게 사업체계의 측면과 기술개발 주제의 측면으로 구분해 볼 수 있다. 우선 사업체계와 관련해서, 지난 14년간 추진되어온 사업 수는 총 126개로 2011년에 13개로 최소값을 기록한 이래 매년 지속적으로 증가해서 2019년에는 38개로 가장 많은 수의 사업이 추진되었다. 국정기조와 해양수산부의 정책목표 및 각 실·국별 업무 영역과 해양과학기술 분야의 여건 변화, R&D 예산 규모 등 여러 요인에 의해 사업체계가 변화하는 것은 자연스러운 현상이라고 할 수 있다. 그러나 유사한 내용의 사업들이 동일한 시기에 각각 독립된 사업으로 추진된 경우가 있었다. 또한 일반

적으로 사업은 동일한 사업목표를 달성하기 위한 (복수의) 내역사업과 세부과제로 구성되는데, 유사한 세부과제들이 서로 다른 사업에 속해 있는 사례도 확인할 수 있었다. 반면, 사업 또는 내역사업의 연구주제와 직접적인 관련이 없는 과제들이 포함되어 추진된 경우도 있었다. 이러한 사례들은 모두 R&D 사업이 기획단계에서 체계적으로 기획되지 못했음을 보여주는 예라 할 수 있다. 따라서 개별 사업을 통해 도달하고자 하는 목표를 기획단계에서 명확히 하여 유사한 사업은 통합하고 내역사업 단위에서 구분하는 방향으로 개선할 필요가 있다.

R&D 연구주제와 관련해서, 해양수산부의 R&D는 해양과학기술의 주요 분야를 전반적으로 포괄하고 있으며 특히 중점기술 개발 위주로 추진되어 왔다. 이는 해양과학기술 R&D 추진 정책의 상위 정책인 국가과학기술정책의 최우선 목표가 R&D를 통한 경제발전이었기 때문으로 해석할 수 있다. 그러나 해양수산 분야 R&D 사업의 이러한 기본적인 역할은 두 가지 측면에서 새로운 도전에 직면해 있다. 우선 제1절의 국외 주요 이슈 분석과 연구동향 분석에서도 알 수 있듯이, 4차 산업혁명으로 대변되는 산업 여건 변화에 대한 대응이 시급한 과제로 대두되고 있다. 그러나 R&D 추진현황 분석 결과, 항만물류 분야에서 지능정보기술을 활용한 자율운항선박, 첨단물류체계 구축, 항만 자동화 등에 관한 기술개발이 아직까지는 상대적으로 부족한 것으로 판단된다. 뿐만 아니라 수산 분야 역시 가장 많은 R&D 과제가 추진되었음에도 불구하고, 주로 품종 개발 또는 종묘 생산 등의 양식기술 개발에 치우쳐 스마트 양식 등 양식 생산성 혁신을 위한 연구개발이 현재까지는 크게 미흡한 실정이다. 특히 이러한 분야들은 타 분야에 비해 경제적 파급효과가 클 것으로 예상되는 분야이므로 집중적으로 육성할 필요가 있다.

다른 한편으로는, 직접적인 경제 기여 효과는 상대적으로 낮지만 국민의 삶의 질 개선을 위해 다양한 사회문제 해결 또는 사회적 수요 충족 수단으로서 기술개발의 중요성이 더욱 강조되고 있다. 제1절의 토픽모델링 분석 결과에 해양수산 관련 다양한 사회문제 또는 사회적 수요가 포함되어 있는데, 특히 선박 안전, 해양쓰레기, 침식을 비롯한 해양재해, 수산물 검역 등 해양 관련 안전 이슈가 대표적이다. 또한 토픽 분석 결과, 해양안보, 불법어업, 남획 등 해양 영토와 자원을 둘러싼 갈등 이슈도 중요하게 다루어졌으며, 해양관광 등을 통한 해양 이용 수요가 크게 증가하는 것도 확인할 수 있었다. 그러나 우리나라 해양수산 R&D 추진 현황을 분석한 결과, 이러한 주제들은 전반적으로 아직까지는 기술개발의 대상으로서 상대적으로 주목을 받지 못하고 있으며, 일부 주제들의 경우 최근 들어 기술개발이 추진되고 있는 실정이다.

따라서 향후 해양수산 분야 R&D는 주요국의 해양과학기술 분야 연구동향과 국제사회의 정책 기조 및 사회경제적 수요를 적시에, 종합적으로 파악하고 이에 능동적으로 대응할 수 있도록 기획체계를 개선해야 한다.

제 4 장

국내외 과학기술 R&D 기획 제도 및 사례

이 장에서는 국내외 과학기술 R&D 기획 제도 및 사례를 살펴보았다. 먼저, 제1절에서 다른 나라의 국가 과학기술 연구개발 제도를 R&D 기획의 관점에서 살펴보았다. 과학기술 선진국이며, 해양 분야도 발달한 미국, 독일, 일본의 사례를 통해 주요 국가들은 어떠한 R&D 기획 체계를 가지고 있는지를 파악하고자 하였다. 각 국가별 사업 기획이나 과제 기획 단계를 살펴보기에는 자료가 부족하였고, 앞 장에서 해양수산과학기술 주요 분야별 동향을 검토했기 때문에 이 장에서는 주로 국가적 차원의 정책기획을 검토하였다.

이어서 두 번째 절에서는 실제 국내 과학기술 R&D 사업 관련 사례들을 R&D 기획을 중심으로 살펴보았다. 다수의 과학기술 및 정책 분야 국내 전문가들에 대한 자문을 통해 다양한 측면으로 과학기술 R&D 기획 사례를 검토하고 시사점을 도출하고자 하였다.

제1절 주요 국가별 해양과학기술 R&D 제도 및 기획체계

1. 미국

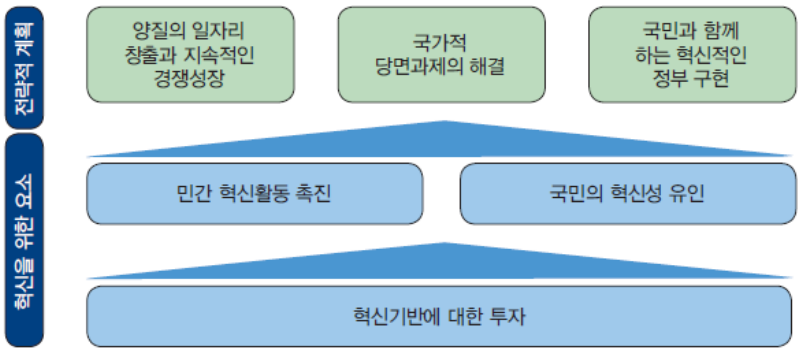
미국은 전통적으로 연방정부의 역할을 공공성이 명확한 분야로 제한하고 있다. 과학기술 분야에서도 기업 등 민간의 역할에 국가가 투자 또는 개입하는 것에 대하여 매우 민감하게 반응하며 연방정부의 과학기술 지원 범위에 대한 많은 논란이 있어 왔다.

미국 과학기술정책의 범위는 집권당과 대통령의 성향에 따라 차이를 보인다. 공화당은 좁은 범위의 기초과학에 한정하여 정부 지원을 용인하는 입장인 데 반해, 민주당은 보다 넓은 범위의 기반기술까지도 미국 정부 지원의 대상으로 보고 있다. 오바마 전 대통령의 경우 '미국혁신전략' 개정안(2015. 10. 21)을 통해 혁신 기반에 대한 정부 투자와 일자리 창출, 국가적 당면과제 해결을 위한 연구개발을 국가 R&D 정책의 영역에 포함시켰다.[47]

미국의 과학기술 거버넌스 체계는 분산형 체계로 독자적인 과학기술 전담 부처가 없으며 각 분야별 연방부처들이 다원화된 과학기술 정책을 추진하고 있다. 대신에 대통령실 산하에 국가과학기술위원회(NSTC)와 그 사무국 성격인 과학기술정책실(OSTP), 그리고 대통령 과학기술자문위원회(PCAST), 예산관리실(OMB)을 설치하여 국가 과학기술 목표 설정과 정책 수립, 예산 조정, 자문 등의 역할을 수행하고 있다. 한편 의회에 상원 통상교통과학위원회, 하원 과학위원회가 있으며 과학기술정책과 관련된 조직으로 의회조사국(CRS), 회계감사원(GAO), 의회예산국(CBO)이 있다.[48]

47) 성지은(2017), 「미국의 과학기술혁신정책과 거버넌스 현황」, 『과학기술정책』, 2017년 3월호(통권 224호), pp. 26~27.

〈그림 4-1〉 미국혁신전략의 구성



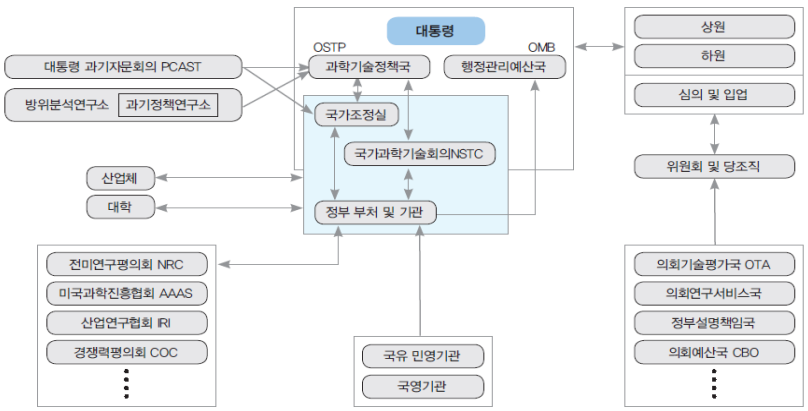
자료: 홍성기(2016),「주요국 과학기술 전략·정책(미국, 일본)」,『SERI 벤치마킹 DB』, 성지은(2017), p. 27에서 재인용

미국 국가과학기술협의회(National Science & Technology Council)의 해양과학기술소위원회는 2018년 11월에 '미국의 바다를 위한 과학기술: 향후 10년간의 비전'이라는 보고서를 발표하였다. 이는 트럼프 정부의 해양과학기술 정책 방향을 제시한 것으로, 5개 목표와 그에 따른 19개 세부과제를 담고 있다. 5개 목표는 1) 해양과 지구 시스템의 이해, 2) 경제적 번영 추구, 3) 항행 안전 보장, 4) 인류의 건강 보호, 5) 건강한 연안 지역사회 개발이다.[49]

48) 성지은(2017),「미국의 과학기술혁신정책과 거버넌스 현황」,『과학기술정책』, 2017년 3월호(통권224호), pp. 28~29.

49) National Science & Technology Council (Subcommittee on Ocean Science and Technology, Committee on Environment)(2018), *Science and Technology for America's Oceans: A Decadal Vision*, pp. 1~2.

〈그림 4-2〉 미국 과학기술정책 거버넌스 체계



자료: 최문정 외(2010), 『주요국의 과학기술계 정부연구기관 정책동향 조사』, 성지은(2017), p. 30에서 재인용

〈표 4-1〉 미국 해양과학기술 비전의 5대 목표와 세부과제

목표	세부과제
1. 해양과 지구 시스템 이해	1) 연구개발 인프라 현대화 2) 빅데이터 확보 3) 지구시스템의 모델 개발 4) 연구의 사업화 촉진
2. 경제적 번영 추구	1) 국내 수산물 생산 확대 2) 잠재적 에너지원 개발 3) 해양의 주요 광물자원 평가 4) 경제와 생태적 편익의 균형 있는 추구 5) 해양 일자리 창출
3. 항행 안전 보장	1) 항행 현황 정보체계 개선 2) 변화하는 북극에 대한 이해 3) 해운 체계의 유지 및 확대
4. 인류의 건강 보호	1) 플라스틱 오염 예방 및 저감 2) 해양 오염물질 및 병원균 예보체계 개선 3) 유해조류 대량번식에 대한 대응 4) 천연물 발견
5. 건강한 연안 지역사회 개발	1) 국가적 재해와 기상 이상현상에 대한 대비 2) 위해요인과 취약요인 저감 3) 지방과 지역의 의사결정권 강화

자료: National Science & Technology Council(Subcommittee on Ocean Science and Technology, Committee on Environment)(2018), pp. 1~2, 저자 재구성

미국 연방정부의 해양과학기술 R&D 투자는 주로 국가과학재단(NSF), 해양대기청(NOAA), 그리고 해군연구개발국(ONR)을 통해 이루어진다. 그중에서 지원 규모가 큰 해군의 경우 2017년 '해군 연구개발: 차세대 해군 및 해병대 군사기술 개발 전략(Naval Research and Development: A Framework for Accelerating to the Navy and Marine Corps after Next)'을 발표하였다. 이 보고서에는 첨단기술을 활용한 무기체계 개선, 작전능력 향상을 위한 연구개발 등에 관한 목표와 전략이 제시되어 있다.

2. 독일

1) 독일의 R&D 관련 법 및 제도

독일은 우리나라의 「과학기술기본법」, 「기술개발촉진법」과 같은 과학기술 관련법이 따로 마련되어 있지 않으나, 연방정부의 연구개발 및 혁신 전략인 '하이테크전략'을 통해 R&D를 지원한다.[50] '하이테크전략'은 2006년 8월 발표된 독일 최초의 범부처 과학기술혁신정책으로, 기술개발부터 펀딩과 연구개발 시스템에까지 이르는 폭넓은 과정을 규정한다. 담당부처는 연방교육연구부(BMBF: Bundesministerium für Bildung und Forschung)이며, '하이테크전략' 이후 '하이테크전략2020(2010년)', '신 하이테크전략(2014년)'을 발표하여 과학기술 전략의 고도화를 도모했다. 또한 '하이테크전략'을 효과적으로 실행하기 위하여 연방경제에너지부(BMWi: Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie) 주도하에 '인더스트리 4.0(2012년)', '스마트 서비스 벨트(2014년)', '디지털전략 2025(2016년)'을 발표했다.[51]

50) 한국과학기술기획평가원(2013),「해외 주요국의 연구기획 및 관리제도 벤치마킹 연구」, p. 100.

〈표 4-2〉 독일 과학기술 현식전략 및 실행계획

담당부처	현식전략 (발표연도)	주요 내용
연방교육연구부 (BMBF)	하이테크전략 (2006년)	•독일 혁신과 산업경쟁력 강화를 위한 국가전략 •혁신을 연방정부 정책의 중심에 놓고 범부처 차원의 공통 목표 설정
	하이테크전략 2020 (2010년)	•전 지구적 당면과제 해결을 위한 독일 과학기술 역할 강조 •5대 중점과제 및 10대 프로젝트 개발 발표
	하이테크전략 2020 실행계획(2012년)	•현재 혁신정책을 실현시키는데, 결정적으로 중요한 10대 프로젝트를 최종 확정 •10대 미래프로젝트에 '인더스트리4.0' 새로 포함
	신 하이테크전략 (2014년)	•기 추진된 과학기술혁신에서 진화한 2015년 이후의 과학기술 혁신 정책의 기본방향 제시 •혁신 파급력이 높은 6대 우선과제 육성, 산·학 협력 강화, 창업지원을 포함한 중소기업 역량 강화 추진
담당부처	실행계획 (발표연도)	주요 내용
연방경제에너지부 (BMWi)	인더스트리 4.0 (2012년)	•기존 제조업 가치사슬에 ICT 기술을 결합하여 독일 제조업의 스마트화 및 서비스화를 통한 새로운 비즈니스 모델 창출
	스마트 서비스벨트 (2014년)	•인더스트리 4.0을 기반으로 여러 산업분야에 사물인터넷을 확대·적용하여 세계 인프라 시장 주도 •중소기업을 중심으로 이업종 간 융합·연계를 통한 새로운 서비스와 부가가치를 창출하기 위한 전략
	디지털전략 2025 (2016년)	•디지털 경제로의 이행을 촉진하기 위한 정책 우선순위와 정책목표 이행을 위한 영역별 정책목표 제시 •디지털화의 10대 주요이슈에 대한 정책적 목표와 우선순위를 설정하고 현황분석 및 개선방향 제시

자료 : 이주석·김승연(2018), 『독일의 연구개발 동향』, KISTEP 기술동향브리프, 2018-02호, 한국과학기술기획평가원, p. 8.

2) 독일의 R&D 관련 조직 및 절차

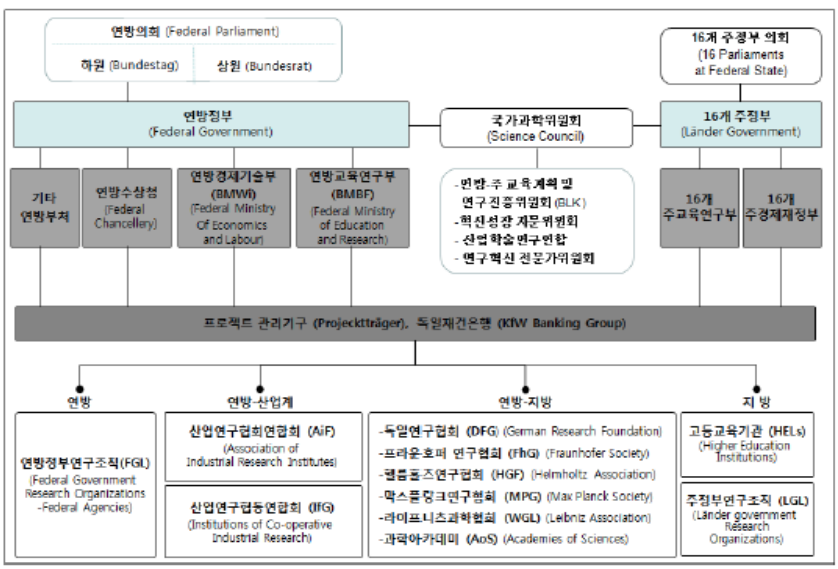
독일의 과학기술 관련 전담부처는 연방교육연구부이며, R&D를 총괄·

51) 이주석·김승연(2018), 『독일의 연구개발 동향』, KISTEP 기술동향브리프, 2018-02호, 한국과학기술기획평가원, pp. 3~6.

운영한다. 연방교육연구부는 기초 연구 중심이며, 응용연구는 연방경제에너지부에서 담당한다. 연방정부-주정부위원회(BLK: Bund-Länder Kommission)는 연방정부와 주정부 사이에 협력과 조정이 필요한 경우 이를 중재하는 기관이며, 연구정책의 기획 및 결정에 관한 연방정부와 주정부 간의 중기계획을 수립하는 역할을 담당한다. 국가과학위원회(WR: Wissenschaftsrat)는 과학기술 관련 독일 내 최상위 자문기구다. 과학기술과 관련한 다양한 제안, 권고안을 제시하고, 공공연구기관의 활동을 평가하며, 과학기술정책 관련 보고서를 작성한다.[52]

독일의 국가 R&D 분야 행정체계는 연방정부와 주정부가 구분되어 있으며, 상호협력하에 예산을 분담하여 지원한다.[53]

〈그림 4-3〉 독일 과학기술 주요 행정체계

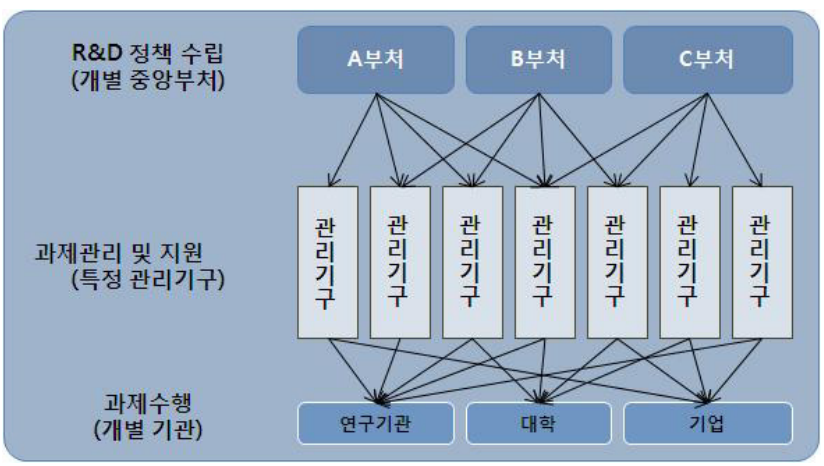


자료 : 한국과학기술기획평가원(2016), 「2016년도 글로벌 R&D 투자동향 분석」, p. 117.

52) 이주석·김승연(2018),『독일의 연구개발 동향』, 한국과학기술기획평가원, p. 5.
53) 한국과학기술기획평가원(2016), 『2016년도 글로벌 R&D 투자동향 분석』, pp. 116~117.

과제관리기구는 과제의 성격에 따라 부처 공동으로 활용하며, 각 분야별 전문기관이 담당한다. 연구개발 사업 추진 담당부처는 정책을 수립하고, 사업을 기획하며, 전문성 제고와 참여기관에 자문과 행정지원을 위해 과제관리기구를 운영한다.[54] 또한 하나의 과제관리기구가 한 부처를 전담하기도 하고 여러 부처의 사업을 동시에 관리하기도 한다.[55]

〈그림 4-4〉 독일의 R&D 과제관리기구 운영방식



자료 : 이주석·김승연(2018),『독일의 연구개발 동향』, 한국과학기술기획평가원, p. 6.

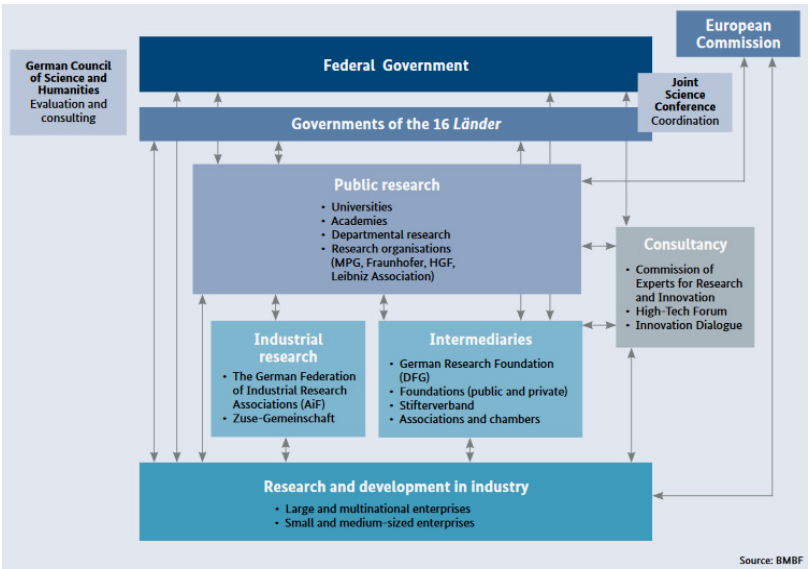
R&D 전담기관들은 독립법인이며, 그에 따라 예산 운영, 과제 선정 등 운영에 있어서 전반적으로 자율성이 높다.

독일의 R&D 이해당사자는 크게 정부, 연구기관, 자문기구, 중개기관으로 나눌 수 있다. 정부와 자문기구의 역할은 앞서 설명하였다. 연구기관은 공공 연구 부문(대학, 정부출연연, 4대 연구협회)과 민간

54) 3개 부처에서 부처별로 2~10개(연방교육연구부: 9개, 연방경제에너지부: 10개, 연방환경부: 2개)의 전담과제관리기구가 지정되어 있음(2016년 기준).
55) 이주석·김승연(2018),『독일의 연구개발 동향』, 한국과학기술기획평가원, p. 6.

연구 부문(기업 등)으로 구분된다. 중개기관은 연구재단, 협회 등이며, 그 역할은 R&D 자금을 연구기관에 중개하고, R&D 프로그램 도입 등에서 정부에 협조하는 것이다.[56]

〈그림 4-5〉 독일의 연구-혁신 시스템의 이해당사자



자료 : BMBF(2018), *Federal Report on Research and Innovation 2018*, p. 58.

3) 독일의 주요 국가 R&D 사업 및 과제

독일의 과학기술 R&D 재원은 2018년 기준 연구지원단체를 제외하면 의료 산업이 가장 크다. 그 뒤를 전자 에너지 연구 및 에너지 기술, 항공우주 분야가 따른다.

해양과학기술 R&D 관련 분야는 해상 기술을 포함한 운송 기술, 해안·해양·극지·지구과학 등이 있다.

56) 과학기술정책연구원, 『독일의 연구개발 시스템 현황 분석과 한국과의 비교 시사점』 STEPI Insight 제166호(2015. 5. 15.), p. 16.

〈표 4-3〉 독일의 재원별 과학기술 R&D에 대한 연방지출

단위: 백만 유로

자금조달영역 자금조달 우선순위	기집행				집행예정		예산안	
	2015		2016		2017		2018	
	전체	R&D 부분	전체	R&D 부분	전체	R&D 부분	전체	R&D 부분
의료 연구 및 의료 산업	**2.394,4**	**2.136,1**	**2.543,3**	**2.280,6**	**2.668,2**	**2.416,4**	**2.761,5**	**2.506,0**
의료 연구 및 의료 산업	2.323,1	2.118,3	2.470,4	2.262,2	2.617,2	2.406,0	2.708,2	2.495,1
방사선 방호	71,3	17,8	72,9	18,4	51,0	10,5	53,4	10,9
생물공학	**255,4**	**255,3**	**261,8**	**261,4**	**273,7**	**273,3**	**274,5**	**274,2**
시민 보안 연구	**99,6**	**93,8**	**102,3**	**98,0**	**107,9**	**103,8**	**125,4**	**121,3**
영양, 농업 및 소비자 보호	**757,7**	**653,7**	**809,2**	**670,5**	**1.049,1**	**831,0**	**1.034,0**	**810,0**
영양	36,3	25,6	55,9	30,3	55,6	28,7	55,2	28,7
지속 가능한 농업과 농촌	473,6	435,6	504,2	452,3	679,4	570,6	673,1	543,1
건강 및 경제 소비자 보호	247,8	192,5	249,2	187,9	296,1	231,7	305,7	238,2
전자 에너지 연구 및 에너지 기술	**1.575,4**	**1.254,4**	**1.616,4**	**1.281,3**	**1.912,4**	**1.472,5**	**1.966,6**	**1.557,6**
합리적인 에너지 전환	539,0	537,3	570,7	568,9	923,8	922,2	930,3	928,6
재생 가능 에너지	439,9	437,3	436,6	435,4	247,3	246,2	325,0	323,8
핵 안전 및 폐기	232,2	130,7	226,5	133,2	272,8	153,1	238,2	149,5
설치 철폐	230,7	7,3	246,1	8,3	328,1	11,2	328,1	11,2
융합 연구	142,5	141,8	136,4	135,6	140,5	139,9	145,2	144,5
기후, 환경, 지속 가능성	**1.366,0**	**1.161,5**	**1.431,1**	**1.217,8**	**1.641,9**	**1.395,6**	**1.699,3**	**1.441,5**
기후, 기호보호; 글로벌 변화	255,7	253,8	253,1	247,7	323,8	294,5	352,2	316,0
해안, 해양 및 극지, 지구과학	450,6	404,4	502,4	447,8	577,8	526,8	594,7	541,8
환경 및 지속가능성 연구	383,1	291,8	414,5	320,8	445,0	345,7	453,5	351,9
생태학, 자연보존, 지속가능한 이용	276,6	211,5	261,1	201,4	295,2	228,5	298,9	231,8
정보통신기술	**675,9**	**646,6**	**750,9**	**715,8**	**989,8**	**880,6**	**1.401,0**	**1.176,8**
소프트웨어 시스템; 지식 기술	198,4	197,7	206,7	205,0	312,2	300,6	290,8	284,9
통신 기술 및 서비스	109,8	108,0	137,1	135,3	152,8	151,3	160,4	158,8
전자 및 전자 시스템	240,7	237,5	262,9	259,5	335,7	282,7	464,7	291,6
마이크로 기술	39,5	38,6	40,8	39,9	50,8	50,1	345,8	345,0

자금조달영역 자금조달 우선순위	기집행				집행예정		예산안	
	2015		2016		2017		2018	
	전체	R&D 부분	전체	R&D 부분	전체	R&D 부분	전체	R&D 부분
융통성 있는 멀티미디어 개발	87,6	64,9	103,4	76,1	138,2	95,8	139,3	96,6
해상 기술을 포함한 차량 및 운송 기술	**362,9**	**278,0**	**361,0**	**254,8**	**482,4**	**370,1**	**505,7**	**395,2**
차량 및 교통 기술	306,3	233,6	306,1	211,7	421,6	322,7	440,4	343,2
해양 기술	56,7	44,3	54,9	43,1	60,8	47,5	65,3	52,0
항공 우주	**1.531,0**	**1.528,3**	**1.618,5**	**1.615,9**	**1.653,5**	**1.651,2**	**1.802,8**	**1.800,4**
비행	263,5	263,0	271,7	271,3	301,3	300,9	304,7	304,3
국립 우주 연구 및 우주 공학	527,4	526,6	547,1	546,3	587,6	586,9	641,7	641,0
유럽 우주국	740,1	738,7	799,7	798,3	764,6	763,4	856,4	855,1
근무 조건 및 서비스 개선을 위한 연구 및 개발	131,5	74,4	149,3	90,5	166,2	107,6	167,2	107,9
노동조건 개선 연구	104,2	51,7	112,8	58,8	123,8	69,4	124,1	69,1
서비스 부문 연구	27,3	22,7	36,5	31,7	42,4	38,2	43,1	38,8
나노 기술 및 재료 기술	**644,3**	**616,1**	**679,4**	**658,3**	**717,7**	**696,0**	**737,9**	**716,2**
나노 기술	250,1	243,9	266,4	261,2	273,5	269,0	290,8	286,1
재료 기술	394,1	372,2	413,0	397,1	444,1	427,1	447,1	430,1
광학 기술	**206,5**	**201,7**	**214,3**	**209,2**	**217,2**	**212,7**	**223,7**	**219,1**
생산 기술	**237,4**	**234,9**	**236,0**	**233,5**	**247,1**	**244,9**	**244,1**	**241,8**
공간 계획 및 도시 개발; 공사	**101,1**	**97,8**	**110,3**	**109,0**	**175,4**	**124,0**	**145,7**	**117,9**
공간 계획, 도시 개발 및 주택	25,7	25,7	31,0	31,0	84,9	34,9	57,2	30,7
공사	75,4	72,1	79,3	77,9	90,5	89,1	88,5	87,2
교육 혁신	**795,3**	**514,6**	**905,0**	**438,3**	**1.067,5**	**570,5**	**1.088,6**	**601,0**
교육적보고, 국제 평가	439,5	254,7	453,7	162,1	493,3	184,5	476,7	178,9
교육 연구	344,4	248,5	433,7	258,5	503,9	315,7	527,6	337,8
교육의 새로운 미디어	11,4	11,4	17,6	17,6	70,3	70,3	84,3	84,3
인문학; 경제 사회 과학	**1.250,4**	**975,8**	**1.396,9**	**1.084,6**	**1.573,3**	**1.218,0**	**1.528,4**	**1.241,2**
인문학 연구	799,3	546,9	875,0	591,8	984,9	663,6	916,2	662,8
사회 과학 연구	228,6	208,9	265,4	238,8	308,2	276,4	320,2	288,6
경제 및 금융 연구	92,5	92,5	95,2	95,2	106,8	106,8	119,1	119,1
인프라	130,0	127,5	161,3	158,8	173,4	171,1	172,9	170,6

자금조달영역 자금조달 우선순위	기집행				집행예정		예산안	
	2015		2016		2017		2018	
	전체	R&D 부분	전체	R&D 부분	전체	R&D 부분	전체	R&D 부분
중산층의 혁신 촉진	**1.113,4**	**1.102,4**	**1.134,3**	**1.124,3**	**1.213,3**	**1.204,2**	**1.206,3**	**1.197,0**
창업 지원	82,9	82,9	91,8	91,8	86,0	86,0	87,3	87,3
중산층의 기술 진흥	661,4	657,3	687,1	682,8	675,7	672,0	676,4	672,5
기술 이전 및 혁신 컨설팅	163,7	157,4	149,8	144,6	210,5	205,5	195,5	190,5
연구 인프라 중소기업	205,3	204,8	205,6	205,1	241,1	240,7	247,1	246,7
혁신 관련 프레임 워크 조건 및 기타 부문 간 활동	**540,4**	**451,9**	**550,0**	**449,3**	**594,5**	**476,2**	**661,1**	**512,5**
기술 평가	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3
구조적 단면 활동	63,2	42,3	74,4	49,7	83,5	55,9	116,6	58,6
인구 통계 학적 변화	73,0	73,0	72,4	72,4	75,0	75,0	80,0	80,0
스포츠 진흥 및 스포츠 연구	24,5	24,5	27,2	27,2	25,3	25,3	26,4	26,4
기타	377,6	310,0	373,9	297,9	408,5	317,8	435,8	345,1
지원단체, 가입 지역에서의 연구 구조 조정; 고등 교육 및 대학 관련 특별 프로그램	**3.537,2**	**766,0**	**3.832,8**	**729,0**	**4.161,1**	**759,9**	**3.714,3**	**752,9**
연구기관의 기본 자금 조달	0,6	0,3	0,6	0,4	0,5	0,3	0,5	0,3
기타	3.536,7	765,6	3.832,3	728,7	4.160,5	759,6	3.713,8	752,5
대규모 기초 연구	**1.079,0**	**1.078,7**	**1.222,3**	**1.222,0**	**1.295,7**	**1.295,4**	**1.363,4**	**1.363,1**
글로벌 적자; 계획 구역	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**-384,4**	**-384,4**	**-393,6**	**-393,6**
시민과 함께하는 개발 영역	18.654,7	14.121,8	19.925,2	14.744,2	21.823,5	15.919,8	22.258,2	16.759,8
국방 연구	**955,1**	**889,8**	**938,7**	**871,2**	**1.252,4**	**1.192,3**	**1.151,4**	**1.098,1**
군사 의료 및 군사 심리학 연구	48,0	14,9	50,3	15,0	51,5	19,9	53,2	20,9
방위 기술 연구	881,3	861,6	861,5	841,8	1.175,3	1.159,4	1.080,1	1.063,4
사회 과학 연구	2,3	2,3	2,6	2,6	2,3	2,3	2,6	2,6
군사 역사 연구	9,7	9,7	10,6	10,6	9,5	9,5	10,7	10,7
지구과학 연구	13,7	1,2	13,7	1,2	13,8	1,2	4,8	0,4

자료 : BMBF(2018), *Daten und Fakten zum deutschen Forschungs - und Innovationssystem,* pp. 59~62.

3. 일본

1) 일본의 R&D 관련 법 및 제도

일본 정부는「과학기술기본법」제9조에 따라 '과학기술기본계획'을 수립하여 과학기술 분야의 중장기적 목표를 설정하고, 이를 기반으로 국가 R&D 투자계획을 세운다.[57] '과학기술기본계획'은 5년 단위로 수립되며, 제1기~제4기(1996~2015년)를 거쳐 2019년 현재 제5기(2016~2020년) 계획이 수립되어 추진 중이다.[58]

'과학기술기본계획'의 장기 비전 실현을 위한 단기 프로그램으로 1년 단위의 '과학기술이노베이션 종합전략'을 수립하여 연도별 중점 추진전략을 설정하고, 이를 예산 편성의 근거자료로 활용하고 있다. 또한 '과학기술이노베이션 종합전략'의 구체적 실현을 위해 '전략적 이노베이션 창조 프로그램(SIP: Strategic Innovation Promotion Program)', '혁신적 연구개발 추진 프로그램(ImPACT)' 등 국가중점 프로그램을 발표하였다.[59][60]

2) 일본의 R&D 관련 조직

일본의 과학기술 관련 행정체계는 내각부의 '종합과학기술이노베이션회의'를 중심으로, 과학기술 관련 주무부처인 문부과학성, 경제

57) 과학기술정책연구원, "일본의 과학기술기본법", 『과학기술정책동향』, 1996.4., pp. 100~101. 「과학기술기본법」 제9조에서는 과학기술기본계획의 목적, 기본계획에 포함되어야 할 사항, 계획 수립 절차 등을 규정하고 있다.

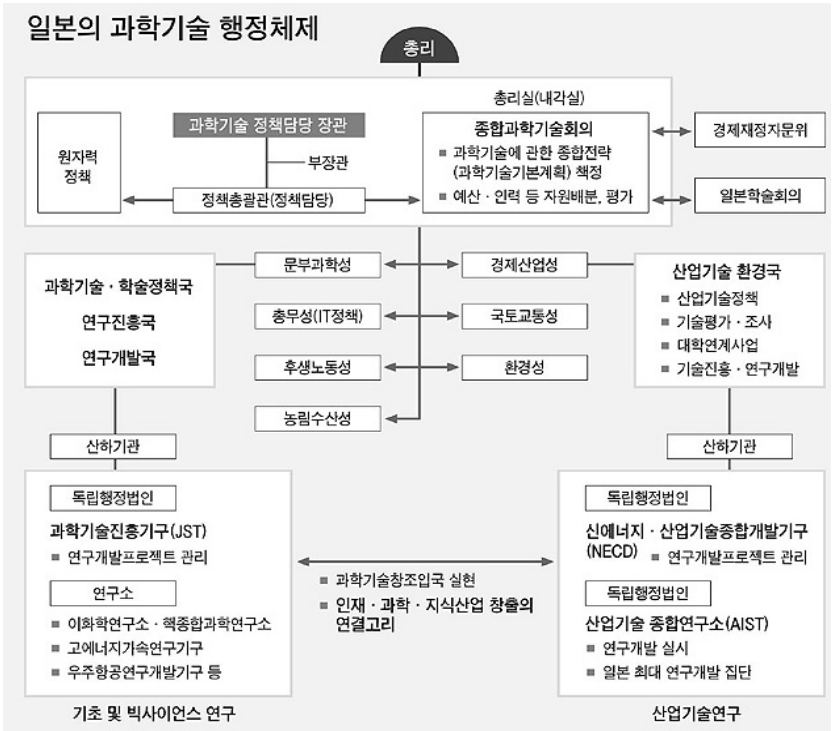
58) 제5기 과학기술기본계획의 4대 주요영역 : ① 미래 산업구조와 사회변혁에 대한 대응, ② 경제·사회 과제 대응, ③ 기초 역량의 육성 강화, ④ 인재·지식·자금의 선순환 유도 시스템.

59) 유종태(2018), 『일본의 연구개발 동향』, KISTEP 기술동향브리프, 2018-08호, 한국과학기술기획평가원, p. 6.

60) 김방룡(2016), "일본의 ICT R&D 예산 배분체계와 시사점", 『전자통신동향분석』 제31권 제4호 (2016. 8.), 한국전자통신연구원, p. 109.

산업성 등의 관계부처와 심회로 이루어져 있다.[61] '종합과학기술이노베이션회의'는 총리를 비롯하여 관계기관의 장과 장관, 민간전문가 등으로 구성되어 있으며, 과학기술정책에 대한 자문, 정부 차원의 전략수립 및 조정, 자원배분 등을 담당하고 있다. 문부과학성은 '종합과학기술이노베이션회의'에서 결정된 사항을 집행하는 책임을 가지며, 과학기술 관련 정책의 기획·입안·추진·조정 등의 권한을 가진다. 경제산업성은 기업을 중심으로 과학기술 상업화 관련 업무를 수

〈그림 4-6〉 일본의 과학기술정책 조정체계



자료 : 중앙일보(2008), "한국 '과기행정 업그레이드' 일본서 배 워라" (검색일: 2019. 6. 18)

61) 1995년 제정된 「과학기술기본법」에 의해 '과학기술회의'를 설치 및 운영한다. 2001년 정부조직 개편으로 '종합과학기술회의'를 신설하였으며, 2014년 법률 개정에 따라 '종합과학기술이노베이션회의'로 변경하였다.

행한다. 경제산업성의 산하기관인 산업기술종합연구소가 산업기술연구를 수행하며, 신에너지산업기술종합개발기구에서 연구관리를 담당한다.[62][63]

3) 일본의 R&D 발굴절차 및 방법

일본의 연구과제 기획은 정부가 기획에 직접적으로 참여하고, 산·학·연이 연계하는 형태로 추진되고 있다.

(1) 기획 및 예산 확정

경제산업성에서 산업기술전략을 수립하고, 정책목표, 기술과제를 도출한 뒤, 산업계·학계의 의견 수렴을 거쳐 지원과제를 선정한다. 신에너지산업기술종합개발기구(NEDO: New Energy and Industrial Technology Development Organization)에서 지원과제에 대해 기술분야별·주제별 연구회를 통한 사전탐색 연구를 수행하고, 연구결과를 경제산업성에 제출한다. 이후 경제산업성에서 그 결과를 이용한 심의회 선정평가를 실시하여 R&D 사업 예산을 확정한다.[64]

(2) 과제 선정

과제 선정을 위해 사업공고를 공보 또는 NEDO 홈페이지에 게재한다. 공모내용에는 사업자 선정기준, 상세평가 항목 등이 포함된다. 또한 평가 후 지원제외 대상자에게도 평가결과와 제외사유를 상세하게 통지하여 차기 사업을 위한 개선을 도모한다.

62) 유종태(2018), 『일본의 연구개발 동향』, 한국과학기술기획평가원, pp. 3~5.
63) 성지은(2010), 『세계 주요국의 과학기술혁신정책 조정체계와 최고 조정기구 비교분석』, STEPI Working Paper Series, WP 2010-06, 과학기술정책연구원, pp. 2~5.
64) 김방룡(2016), "일본의 ICT R&D 예산 배분체계와 시사점", 한국전자통신연구원, p. 109.

(3) 과제관리 및 평가

선정된 과제에 대해 최종평가와 추적평가를 실시하고, 필요에 따라 중간평가와 상세 추적조사를 진행한다. 최종평가는 프로젝트 종료 후 1년이 지난 시점에 실시하며, 이는 사업 종료 직후의 성과만 평가하는 것이 아니라 일정기간의 파급성과를 본 후 성공여부를 판단하기 위함이다. 그리고 평가결과를 이후 프로젝트의 기획·운영관리에 반영한다.[65]

(4) 성과 환류체계

프로젝트에 대한 평가결과를 종합하여 연구예산과 인력 등 연구자원의 배분을 조정하고, 차후 R&D 계획 수립에 반영한다.

4) 일본의 주요 국가 R&D 사업 및 과제

'과학기술기본계획'의 장기 비전 실현을 위한 1년 단위의 단기 프로그램인 '과학기술이노베이션 종합전략'의 정책분야별 전략을 '2018년도 과학기술관계예산'에 반영하여 정책을 이행한다.[66]

정책 분야는 크게 1) 미래 산업 구조와 사회 변혁을 위한 신가치 창출, 2) 경제·사회적 과제로의 대응, 3) 과학기술 이노베이션의 기반 역량 강화, 4) 이노베이션 창출을 위한 인재·지식·자금의 선순환시스템 구축, 5) 기타로 나뉜다. 각 정책분야별로 1) 803.7억 엔, 2) 3,000.2억 엔, 3) 3,316억 엔, 4) 872.7억 엔, 5) 100.8억 엔의 예산이 반영되어 있다. 부처별 예산 규모는 문부과학성(4,687.5억 엔), 외무성(1,497.6억 엔), 내각관방(1,1108억 엔), 총무성(722.9억 엔), 경제

65) 한국산업기술진흥원(2014),『국가 R&D 선진형 평가 프로세스 구축방안』, pp. 31~35..
66) 유종태(2018),『일본의 연구개발 동향』, 한국과학기술기획평가원, p. 10.

산업성(338.7억 엔), 후생노동성(132.4억 엔), 방위성(119.9억 엔), 환경성(107.4억 엔), 국토교통성(89.3억 엔), 농림수산성(1억 엔), 경찰청(0.7억 엔) 순이다.

해양과학기술 관련 시책은 국토교통성의 '해사생산성혁명의 추진'(9.8억 엔), 문부과학성의 '해양·극지 분야의 연구개발 추진'(373.3억 엔)과 농림수산성의 시책 등이 있다.

〈표 4-4〉 일본의 '과학기술이노베이션 종합전략 2017'의 주요 시책 및 예산

단위: 억 엔

대분류	중분류	주요 시책(사업)	관련부처	예산
미래 산업 구조와 사회 변혁을 위한 신가치 창출	미래에 과감히 도전하는 연구개발과 인재강화	미래사회창조사업	문부과학성	55.0
		에너지·환경 분야 중장기적 과제해결을 위한 신기술 선도연구 프로그램	경제산업성	30.2
		신산업 창출을 위한 신기술 선도연구 프로그램	경제산업성	5.0
	새로운 경제사회로서의 Society5.0 (초스마트사회) 실현하는 플랫폼	인공지능 기술 관련 연구개발	총무성	282.3
		고도 대화에이전트기술 연구개발·실증	총무성	2.0
		IoT/BD/AI 정보통신 플랫폼 사회실장 추진사업	총무성	2.6
		혁신적 AI 네트워크 통합기반기술 연구개발	총무성	5.4
		IoT 공통기반기술의 확립·실증	총무성	2.8
		위성통신의 양자암호기술 연구개발	총무성	3.1
		IoT 시큐리티 종합대책 추진	총무성	6.0
		Society5.0 실현화 연구거점지원 사업	문부과학성	7.0
		인공지능/빅데이터/IoT/사이버시큐리티 통합 프로젝트	문부과학성	85.6
		혁신적 재료개발력 강화 프로그램	문부과학성	19.9
		광·양자 비약 플래그십 프로그램	문부과학성	22.0
		에너지절약사회의 실현을 위한 차세대반도체 연구개발	문부과학성	14.4
		보건의료 분야의 AI 개발 가속	후생노동성	13.5
		임상연구 등 ICT 기반구축 ·인공지능실장(実装) 연구사업	후생노동성	9.0

대분류	중분류	주요 시책(사업)	관련부처	예산
		차세대 인공지능·로봇 핵심기술/통합기술 개발	경제산업성	61.9
		고효율·고속처리가 가능한 AI칩·차세대컴퓨팅 기술개발사업/ AI칩 개발 가속을 위한 이노베이션 추진사업	경제산업성	108.0
		운송기기의 발본(拔本)적 경량화에 기여하는 신구조재료 기술개발사업	경제산업성	41.5
		계산과학 등에 의한 첨단 기능성재료 기술개발산업	경제산업성	26.5
경제·사회적 과제로 의 대응	지속적인 성장과 지역사회의 자립적 발전	전 일본 의약품 창출	내각관방	260.5
		전 일본 의료기기 개발	내각관방	128.9
		혁신적 의료기술 창출거점 프로젝트	내각관방	85.5
		재생의료 실현화 하이웨이 구상	내각관방	156.5
		질병 극복을 위한 게놈의료 실현화 프로젝트	내각관방	122.1
		일본 암연구 프로젝트	내각관방	159.6
		뇌·정신 건강대국 실현 프로젝트	내각관방	70.9
		난치병 건강대국 신현 프로젝트	내각관방	124.0
		새로운 사회 인프라를 책임질 혁신적 관네트워크 기술 연구개발	총무성	9.5
		국제 열핵융합 실험로 계획 등의 실시	문부과학성	219.4
		도쿄전력 후쿠시마 제1원자력발전소의 폐지조치 등 연구개발의 가속플랜 실현	문부과학성	44.3
		농림수산업에 있어 로봇기술 안정성 확보책(策) 검토사업	농림수산성	1.0
		고온초전도의 실용화 촉진 관련 기술개발사업	경제산업성	14.0
		수소에너지 제조·저장·이용 관련 선진적 기술개발사업	경제산업성	9.0
		해사(海事) 생산성 혁명의 추진(i-Shipping & j-Ocean)	국토교통성	9.8
	국가 및 국민의 안전·안심확보와 양질의 생활 실현	프로브 정보 활용을 통한 재해 시 교통정보서비스 환경 정비	경찰청	0.3
		테러시안 등에 있어 화상해석 기술의 고도화	경찰청	0.4
		글로벌 커뮤니티 계획 추진	총무성	287.3
		에너지·산업기반 재해대응을 위한 소방로봇 연구개발	총무성	3.4

대분류	중분류	주요 시책(사업)	관련부처	예산
		화재연소 시뮬레이션 고도화 관련 연구개발	총무성	0.4
		지진·방재 분야의 연구개발 추진	문부과학성	109.7
		인프라 유지관리·갱신 등의 사회문제 대응시스템 개발 프로젝트/ 대규모 인프라 유지관리 갱신등을 위한 고성능 모니터링시스템 연구 개발사업	경제산업성	10.6
		하수도 혁신기술 실증사업(B-DASH 프로젝트)	국토교통성	52.9
		태풍·집중호우 대책 등의 강화 관련 연구	국토교통성	1.4
		'테러에 강한 공항'을 위한 항공보안검사 고도화	국토교통성	59.3
		중간저장 소거토양 감용(減容)·재생이용 관련 기술개발실증사업	환경성	55.9
		어린이 건강·환경 관련 전국조사	환경성	50.5
		안전보장기술 연구추진제도	방위성	100.8
		신기술의 단기실용화 대처	방위성	11.7
		EMP(Electro Magnetic Pulse)단 관련 연구	방위성	7.4
		이동계시스템 표적 사이버공격 대처를 위한 연급환경 정비 관련 연구	후생노동성	27.9
	지구규모과제 대응 및 세계발전에 공헌	지구규모 보건과제 해결을 위한 연구사업	환경성	1.0
		기후변동 영향평가·적응 추진사업	문부과학성	8.5
	국가전략상 중요한 프론티어 개척	해양 극지 분야의 연구개발 추진	문부과학성	373.3
		H3 로켓 개발	문부과학성	212.4
		차세대 인공위성 개발	문부과학성	117.6
		차세대 항공과학기술 연구개발	문부과학성	33.4
		정부위성데이터 개방·무료화 및 데이터 이용 환경정비 사업비	경제산업성	12.0
과학기술 이노베이션의 기반역량 강화		과학연구비 조성사업	문부과학성	2285.5
		전략적 창조연구 추진사업	문부과학성	434.1
		세계 최고수준 연구거점 프로그램	문부과학성	70.1
		최첨단 대형연구시설 장비	문부과학성	392.5
		차세대 「쿄(京)」 개발	문부과학성	56.3

대분류	중분류	주요 시책(사업)	관련부처	예산
		관·민·지역 파트너십을 통한 차세대 방사광시설 추진	문부과학성	2.3
		탁월연구원 사업	문부과학성	16.7
		연구인재의 커리어매니지먼트 촉진	문부과학성	34.2
		차세대 과학기술이노베이션 인재 육성	문부과학성	24.3
이노베이션 창출을 위한 인재·지식·자금의 선순환시스템 구축		전략적 정보통신 연구개발 추진사업	총무성	15.5
		ICT 이노베이션 창출 챌린지 프로그램	총무성	2.6
		지구규모과제 대응 국제과학기술협력/이노베이티브 아시아 사업	외무성	1497.6
		오픈이노베이션 촉진시스템 정비	문부과학성	18.1
		지역이노베이션·에코시스템 형성프로그램	문부과학성	30.9
		연구개발형 스타트업 지원사업	경제산업성	17.0
		중견·중소기업으로의 중개연구개발 촉진사업	경제산업성	3.0
기타(기외 정책분야 및 과제 등)		후생노동 행정시책의 추진을 위한 연구촉진	후생노동성	82.0
		I-Construction 추진 (AI 신기술 개발 및 현장도입 등)	국토교통성	18.8

자료: 유종태(2018), 『일본의 연구개발 동향』, 한국과학기술기획평가원, pp. 10~24. 저자 재작성.

제2절 국내 과학기술 R&D 기획 사례와 해양 분야 기획 실태

이 절에서는 국내 과학기술 R&D 기획과 관련하여 다양한 측면의 사례를 살펴보도록 하겠다. 이를 위해 여러 관련 기관의 전문가들을 대상으로 전문가 심층 인터뷰를 실시하였다. 정부기관, 과학기술계 정부출연연구기관 및 정책연구기관, 해양수산 분야 정부출연연구기

관 및 R&D 관리기관, 대학교 등에 소속된 10인의 전문가들에게 국가 과학기술 R&D 기획 체계에 직·간접적으로 관련되는 여러 주제들에 대한 자문을 받았다. 심층 인터뷰 내용을 바탕으로 국내 과학기술 R&D 기획 사례를 살펴보도록 하겠다.

1. 과학기술기본계획 수립과 국가 R&D 기획

「과학기술기본법」에 따라 수립되는 과학기술기본계획이 국가연구개발사업 기획의 가장 기본적인 근간을 이루고 있다. 국가계획의 수립은 크게 '목표 설정'과 '수단 마련'이라는 두 부분으로 나눠서 진행된다.[67] 목표 설정을 위해서 글로벌 동향, 현 상황, 과거 계획 수립 당시와의 격차(gap), 최근 개발된 새로운 기법 등을 고려하게 된다. 가정 먼저 해야 할 일은 과거 계획과 실천 여부를 검토하는 것이다. 그리고 다양한 데이터와 예측기법을 활용하고 논문분석 등을 실시하며, 이를 통해 미래상을 그리는 게 중요한 요소가 된다. 다음으로 현 상황과 미래상 사이의 격차를 분석하고, 그 격차를 메우기 위한 수단을 제시하여야 한다. 예를 들어, 격차 분석을 해서 우리 수준이 현재 해당 기술 최고 선진국의 70%이고 10년 후 100%, 5년 후 90%라고 하면 그에 따라 목표를 설정하고 수단(예: R&D, 외국 기술 도입 등)을 선정하게 된다. 계획에서는 제시된 정책의 시행을 위해 필요한 사항을 또한 다루어야 한다. 기본계획은 예산에 대해서도 고려해야 하는데, 재원 부분이 계획 수립을 위한 기획에서 가장 어려운 부분이라 할 수 있다. 과학기술기본계획을 수립할 때는 사업별, 분야별로 연관 부처를 활용하는 등의 방법을 사용하고 있다.

67) 이하의 내용은 국가 R&D 기획 전문가에 대한 심층 인터뷰(2019. 4. 22) 내용에 기반하여 작성함.

목표 설정을 위해서 사전기획이 효과적인 방법일 수 있다. 사전기획을 통해 자유롭게 미래상을 그려볼 수 있으며 이러한 과정이 필요하다. 사전기획은 주로 외부에 맡겨서 하는데, 이는 객관성 확보의 목적이 있고, 또 관계부처 등 외부 기관의 간섭에서 비교적 자유로울 수 있기 때문이다. 한편 계획의 객관화 과정에서 위원회를 활용하기도 한다.

통찰력을 지닌 많은 전문가가 기획에 참여하면 가장 좋으나, 현실적으로 그러기 어렵기 때문에 대안으로 객관적 데이터를 활용하게 된다. 실제로 예비타당성조사 준비를 위해 700만~800만 원대 데이터를 구입하는 경우도 있다. 또한 새로운 분석기법을 이용할 필요가 있으며, 그래야 설득력이 커진다. 이러한 분석을 통해 미래시장 전망을 추정할 수 있다.[68]

대규모 R&D 사업의 경우 예비타당성조사를 받게 되어 있다. 예비타당성조사는 국가과학기술심의회에서 담당하고 한국과학기술기획평가원(KISTEP)이 심의회를 지원하고 있다. 예비타당성조사에 통과하여 R&D 사업이 실행되기 위해서는 잘 준비된 사업기획이 필수적이다. 예비타당성조사 시 사업 기획에 얼마나 좋은 관련 정보(reference)를 담고 있느냐가 관건이 된다. 해양수산 분야 R&D 사업기획이라고 해서 해양수산 분야 내부 상황만 다루어서는 안 되고, 국가 전략을 고려해야 한다. 예비타당성조사에서는 산업분야 동향이 가장 중요하다. 산업분야 동향에 대한 정보는 영국 등 외국의 기관들과 국내에서는 KISTI, KISTEP 등이 제공하고 있다.[69]

기획 역량 강화를 위해서는 기획 전문가의 검토를 많이 받는 게 중

68) R&D 기획연구 시 미래 예측을 위해서 한국과학기술정보연구원(KISTI)에 소액 연구를 의뢰하는 방법이 있고, SRI(Stanford Research Institute) 등도 활용 가능함.
69) KISTEP의 Global Trend Issue Paper 등을 활용하는 것도 도움이 될 수 있음.

요하다. 기획 전문가는 실제 국가 기획에 참여한 경험이 풍부하고, 분야별 지식(domain knowledge)과 전체적인 시야를 갖춘 사람이라고 할 수 있는데, 많지는 않다. 국가 R&D 기획을 위해서는 네트워크형 기획 전문가가 필요하다. 구체적 분석 지식은 쉽게 구할 수 있기 때문에 얼마든지 활용 가능하다. 기술예측 과제, 사업 평가, 예산 조정 등 다양한 경험을 가지고 큰 기획 사업 경함을 가진 사람이 국가계획 수립에 필요한 기획 전문가라고 할 수 있다. 기획 전문기관인 KISTEP의 경우에도 분야별로 사람을 채용해서 자기 분야에 집중하여 일하는 시스템으로 정착되면서 개인이 다양한 경험을 얻기가 어려워지고 있다. 이러한 상황에서 스스로가 국가 계획 수립과정에 적극적으로 참여하는 것이 중요하다. 이를 통해 부처 협의, 예산 작업 등 국가 기획에 필요한 다양한 경험을 얻을 수 있기 때문이다.

해양수산부 등 각 부처도 국가 R&D 기획 전문가 양성을 위해서는 부처 차원에서 국가계획 수립에 인력 참여 제안을 할 필요가 있다. 마찬가지로 개인도 국가 계획에 적극적으로 참여하기 위해 노력해야 할 것이다. 기획 전문가가 되기 위해서는 평소에도 소속된 조직 내부적으로 세미나를 자주 개최해서 전문가를 불러 이야기를 들어야 한다. 이때, 큰 그림을 제시하는 세미나가 필요하며, 다양한 사항 및 사례를 정리(review)해주는 발표가 도움이 된다.

국가 R&D 기획의 경우 우리가 참고할 만한 적절한 외국의 사례를 찾기는 어렵다. 계획은 저개발국가에서 나온 개념으로, 선진국에서는 계획보다는 조정 개념이 중요하다. 이를 보다 상세히 확인하기 위해서는 경제학의 기획 개념을 살펴볼 필요가 있다. 그럼에도 외국의 R&D 기획 사례를 살피자면 세계은행(World Bank)이나 OECD의 사례를 참고할 수 있다. 미국은 Information Super Highway 등 과학기

술 관련 계획을 수립하기도 하는데, 우리 계획과는 매우 달라 국가가 목표만 설정하는 정도에 그치고 있다. 일본의 경우 구조개혁추진회합 Innovation Ecosystem 구축 자료와 같은 사례가 있다. 선진국은 주로 비전(vision)을 제시하고 후진국은 구체적인 계획을 수립하는데, 우리는 혼합된 형태라고 할 수 있다. 현대사회는 짧은 기간에도 많은 변화가 일어나는데 계획이 이를 따라가기 힘들며, 지나치게 구체적인 계획은 사실의 왜곡이 가능하므로 조심해야 한다.

미국의 국가 R&D를 정확하게 이해하기 위해서는 국방 분야를 알 필요가 있다. 미국은 국방 분야에서 민간에 대한 기술지원도 활발하게 이루어지고 있다. 사실, 미국은 드러나지는 않지만 국방 분야 때문에 세계에서 기술정책이 가장 활발한 나라라고 할 수 있다. 다른 분야의 경우, 클린턴 행정부에서 연방정부 차원의 ATP(Advanced Technology Program)와 MEP(Manufacturing Expansion Program)가 예외적으로 있었는데, ATP의 경우 의회를 공화당이 주도하던 여건에서 추진되었기 때문에 R&D 평가가 가장 잘 된 사례로 평가받기도 한다. 예외적인 경우를 제외하고는 미국 등 주요 선진국들은 민간 주도의 산업 분야에 대한 구체적인 국가 R&D 기획을 활발히 하지는 않는다고 할 수 있다. 우리나라도 민간 산업기술에 대한 국가 지원을 공공 분야로 전환할 필요가 있다. 국가 공공기술은 국가가 세밀하게 기획할 수도 있으나, 민간은 발전방향만 제시하는 것이 좋을 것으로 보인다. 지나친 개입을 통해 정부실패가 나올 수 있는 분야이기 때문이다.

2. 과학기술 분야 R&D 사업 및 과제 기획

국내에 과학기술 기획 전문가의 수가 제한적인 상황에서 국가계획 수립과 개별적인 R&D 사업 또는 과제 기획에 참여하는 사람들이 일정 부분 중복될 수밖에 없었다. 우리나라 국가 R&D 사업의 초창기였던 과거에는 더더욱 그런 경우가 많았을 것이다. 그럼에도 불구하고 국가 R&D 기획과 개별 사업 및 과제 기획은 명백히 구분되는 영역이며 참여자도 대체적으로 다르다. 과학기술기본계획과 같은 국가 R&D 계획은 R&D 투자를 제공하는 국가의 입장에서 수립하는 것인 반면, 개별 R&D 사업 및 과제 기획의 경우 특정 분야의 전문성이 필요하며 직접 R&D를 수행하고자 하는 연구자의 입장에서 추진되는 경우도 있다.

우리나라에서 본격적으로 국가 R&D 사업을 추진한 초창기에 국방과학연구소(ADD), 한국전자통신연구원(ETRI) 등 일부 기관이 기획 측면에서 선도적으로 앞서나갔으나, 대체적으로 전문적인 R&D 기획은 미진한 상태였다. 초기의 기획은 전문가의 직관에 의존하였는데, 전문가의 수가 많아지고 세부 분야가 늘어남에 따라 부처별, 또 부처 내 영역 갈등이 일어나게 되었다. 국가 자원배분 시스템상 누군가는 이익을 보고 누군가는 손해를 보게 되기 때문이다. 이에, 초기 기획 전문가들은 '과학적 기획' 개념을 생각하고 실천하게 되었고, 이는 결국 빅데이터 분석(big data analysis)에 기반하게 되었다.[70]

해양, 환경, 생명공학 등 분야별 R&D 국가 기획 시에는 보통 위원회를 구성하고 전문가를 위원으로 임명하여 운영하게 된다. 초기에

70) 과학기술 분야 개별 R&D 사업 및 과제 기획에 대한 내용은 주로 전문가 심층 인터뷰(2019. 3. 29)에 기반하여 작성함.

는 기획을 해당 분야 과학기술 전문가 의견에 의존하였으나, 문제가 발생하게 됨에 따라 점차 방식을 개선하게 되었다. 기획자가 위원회가 모이기 전에 주요 키워드를 전문가들에게 미리 받아서 논문, 특허, 시장 등에 대한 분석을 사전에 수행하면 과학기술 전문가들의 개인적 성향에 휘둘리지 않고 합리적인 기획을 할 수 있다. 한편 나중에 관련 정책이나 사업을 실제 담당할 공무원도 위원회 기획 과정에 참여시켜서 미리 교육시키는 것이 바람직하다.

R&D 기획자는 기획의 틀을 제공하며, 과학기술 전문가에게 흔들리지 않고 기획의 근거를 댈 수 있어야 한다. 기획의 4개 틀로 ① 글로벌 트렌드 분석(PEST 분석: 정치-경제-사회-기술), ② 국내 트렌드 분석(PEST 분석), ③ 내부 역량 분석, ④ 전략 수립(보통 로드맵으로 표현)을 들 수 있다.

로드맵(roadmap)은 시간축을 두고 시점마다 하는 일이 달라지게 구성하는 기획 방식이다. 전략 수립 시 흔히 마지막은 로드맵으로 정리되는데, 로드맵에서 현재까지 이르는 과거의 상황을 파악하기 위해서 논문, 특허, 시장 분석 등을 실시한다. 이러한 분석 방법론을 정리하면 3P 분석이라고 할 수 있고, 이를 확장한 것이 4P 분석이다.[71] 4P 분석법은 ① 특허(Patent) 분석, ② 논문(Paper) 분석, ③ 제품(Product) 분석, ④ 포트폴리오(Portfolio) 분석의 네 가지로 구성된다. 특허, 논문의 분석은 매핑(mapping)을 통해 표현할 수 있다. 제품 분석은 산업 분석 또는 시장 분석으로 확장될 수 있다. 포트폴리오 분석을 통한 경우 기존 R&D 사업과의 차별성을 제시할 수 있는데, 이를 위해 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)의 부처별 R&D 사업 데이터베이스 등의 자료를 분석하여야 한다. 4P 각각을 통해 시사

71) 현병환·윤진효·서정해(2006), pp. 127~266.

점과 전략을 도출하게 되며, 네 가지 분석을 통합적으로 고려한 종합적인 전략 제시도 필요하다.

로드맵에서 과거는 3P나 4P로 정리할 수 있는 반면 미래를 예측하는 것이 어렵고 기획 전문가의 직관이 중요하게 작용하는 단계라 할 수 있다. 로드맵은 자원 배분을 대분류, 중분류, 세분류로 구분하고 제품(product)을 지향하도록 구성한다. 언제 무엇을 할지 결정하는 것이 어려운 부분이다. 이때 하향식(top-down)과 상향식(bottom-up)을 동시에 반영해야 한다. 상향식은, 예를 들어 Pfizer사가 언제 어떤 제품을 출시할 계획인지 등 외국이 추구하는 시점 등을 반영하는 것이고, 이를 통해 비전(vision)을 설정하게 된다. 그리고 하향식은 상향식 내용에 근거하여 결정하는 작업으로 전략 수립에 해당한다. 목표를, 예를 들어 5년 후로 잡을 경우, 실책하기 쉬운 문제는 5년 후로 점진적(incremental) 개발을 예측하기 쉽다는 점이다. 실제로는 와해성(disruptive) 혁신이 발생하므로 이런 예측은 틀리게 마련이다.

미래 예측을 통한 기획에서 중요한 요인으로 다섯 가지를 들 수 있다. 즉, ① 5년 후의 PEST를 예측(customer valuation), ② 역기획, 즉 목표(target)를 정해놓고 거꾸로 맞춰나가는 방식, ③ 종합기획, ④ 과학적 추정, 이때 기획자의 감으로 하면 안 되며, 4P 분석을 활용, ⑤ 경쟁자 변수, 이를 고려한 상시기획시스템이 이상적이다.

R&D 기획을 통해 신규 사업을 제안하려면 논리 구성이 가장 중요하다. 예비타당성조사에서 이러한 점이 잘 드러난다. 예비타당성조사의 3요소는 기술성, 정책성, 경제성이다. 해양수산 R&D 사업의 경우 PEST 분석 등을 통해 전략성을 갖추고 해양의 중요성을 강조하는 방향이 바람직할 것이다. 논리적으로 과거, 현재, 미래를 제시할 수 있어야 한다. 먼저, 과거에 무엇을 했고, 어떤 성과(output)가 있었고, 성

공한 것과 실패한 것은 무엇이고, 교육과 인력양성은 어떻게 했고, 어떤 인프라를 구축했는지 등을 설명해야 한다. 수행한 사업에 대한 비용편익분석(cost-benefit analysis), 비용효과분석(cost-effectiveness analysis) 등을 실시하는 것이 필요한데, 비용효과분석 결과 등에 비춰서 기존 사업을 중단하거나, 기존 사업을 변경하거나, 신규 사업을 제안하는 방식으로 추진해야 한다. 즉, 기존에 진행 중인 모든 R&D 사업을 지속하면서 신규 사업만 추가하는 것은 국가 재원의 한계로 인해 불가능하기 때문에 하고 있는 사업의 우선순위를 정하여 제시하는 것이 중요하다. R&D 사업 제안은 중장기 계획 등에 근거하는 것이 바람직하다.

국가 R&D 사업은 기획-실행-평가(Plan-Do-See)로 단계를 구분할 수 있는데, 기획은 평가(See)까지 모든 단계를 다 예측하고 해야 한다. 또 기초, 응용, 개발 등 연구개발 단계에 따라 See가 달라지며, 따라서 처음부터 다르게 기획해야 한다.[72] 이처럼, 기획은 매우 전문적인 영역이므로, 기획 담당자는 소속기관 내에서 순환보직 시키지 말고 장기적으로 교육시켜야 한다. 기획의 품질 향상을 위해서는 기획 전문가 양성이 제일 중요하며, 가능하면 기획 전문 조직을 갖추는 것도 필요하다. 적어도 각 부처 단위로 싱크탱크(think tank) 역할을 할 내부 전문조직을 두는 것이 도움이 될 것이다.

72) 예를 들어, 기초연구의 경우 논문분석을, 응용연구의 경우 특허분석을, 개발 단계는 시장분석을 가장 먼저 우선적으로 실시하는 것이 바람직하다는 견해도 있다. 윤진효·현병환·서정해(2006. 11), "연기개발기획 방법론 연구 – 시장밀착형 신연구개발기획 기법의 탐색", 한국기술혁신학회 학술대회, pp.139~154.

3. 과학기술 분야 정부출연연구기관의 R&D 기획

「과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 제2조(정의)에 따르면 과학기술 분야 정부출연연구기관은 정부가 출연하고 과학기술 분야의 연구를 주된 목적으로 하는 기관을 말한다. 같은 법 부칙 제2조(연구회 및 연구기관에 관한 경과조치)와 [별표]는 이 법에 따라 설립되는 연구기관으로 19개 정부출연연구기관을 밝히고 있다.[73] 여기서는 이 중 한국과학기술연구원(KIST)의 사례를 살펴보도록 하겠다.[74]

KIST는 다른 과학기술 분야 정부출연연구기관들과 몇 가지 측면에서 구분된다. 우선 다른 기관들이 대덕연구단지 등 지방에 위치하고 있는 반면, KIST의 본원은 서울에 소재하고 있다. 다음으로, KIST를 제외한 다른 연구기관들이 특정 과학기술 분야에 특화되어 있거나 한국기초과학지원연구원, 한국과학기술정보연구원, 한국생산기술연구원과 같이 명확한 임무를 부여받고 있는 전문연구기관인 것과는 달리 KIST는 종합연구기관의 성격을 띠고 있다. 즉, KIST는 화학, 생물학, 전기공학 등 특정 분야에 국한되지 않고 다양한 연구를 수행할 수 있는 인력과 시설을 갖추고 있다는 점에서 차별성을 지닌다. KIST는 종합연구소이지만 규모 면에서 보면 꼭 다른 정부출연연구기관들보다 크다고 할 수 없다. 특히 분야별로 보면 해당 분야의 전문

73) 19개 연구기관은 한국과학기술연구원, 한국기초과학지원연구원, 한국천문연구원, 한국생명공학연구원, 한국과학기술정보연구원, 한국한의학연구원, 한국생산기술연구원, 한국전자통신연구원, 한국건설기술연구원, 한국철도기술연구원, 한국표준과학연구원, 한국식품연구원, 한국지질자원연구원, 한국기계연구원, 한국항공우주연구원, 한국에너지기술연구원, 한국전기연구원, 한국화학연구원, 한국원자력연구원이다. 부칙 제2조에 없는 한국원자력연구원이 추가되었고, 부칙에 들어 있던 한국해양연구원은 2012년 한국해양과학기술원 출범으로 제외되었다.

74) 과학기술 분야 정부출연연구기관 사례는 전문가 심층 인터뷰(2019. 6. 3)의 내용에 주로 기반하여 기술함.

연구원들이 인력이나 시설의 규모 면에서 더 강점을 가지고 있다.

KIST 본원에는 5개 연구소가 있으며 각각 뇌과학, 의공학, 로봇, 청정기술, 차세대 반도체 분야를 다루고 있다. 본원 이외에 강릉 천연물 연구소와 전북 탄소복합소재 연구소 등 2개의 분원이 있다. KIST는 정부출연연구기관 역할과 책임(R&R)으로 초고령화시대, 4차 산업혁명 준비, 지속가능성, 혁신 성장동력 발굴 등 4개 분야를 선정하였다. '초고령화시대' 분야 연구에는 뇌과학, 의공학, 바이오, 천연물 분야 등이 관련되어 있다. '4차 산업혁명 준비' 분야에서는 공유경제, 네트워크 측면에서 기존 아날로그를 디지털화(digitalize)하는 연구를 수행한다. 이는 중소벤처 창업을 위한 것이 아니고 기반기술 연구 차원의 프로젝트다. '지속가능성' 분야에는 파리협약 이후 기후변화 등 환경 문제, 거기에 더해 재난과 안전. 치안(범죄), 화재, 국방 등과 관련된 연구가 해당된다.

연구 기획에 있어서 KIST는 전통적으로 하향식 성격이 강한 편이다. KIST 연구개발의 특징인 융합 문화가 원래도 있었으나, 전략적 방향성 설정에 따라 더 그렇게 된 면도 있다. 과거 기관장 중 2명 외에는 모두 내부 출신 원장이 선임됨에 따라 이러한 KIST의 문화가 유지되고 있다. 타 기관 출신 원장의 경우 경영철학의 차이가 클 수 있다. 같이, 잘하는 사람과, 특히 세계적인 전문가들과 함께 하자는 것이 KIST의 방침이라고 할 수 있는데, 그에 따라 KIST는 성과지표에 외부전문가 초빙, 공동연구, 포럼 개최, 파견 등을 다양하게 설정함으로써 국내외 협력을 촉진하고 있다. 최근에는 국가과학기술연구회 소속 정부출연연구기관 중 유일하게 원장 연임에 성공하여 지속적인 사업과 전략을 추진하고 있다.

KIST의 정책실은 R&D 기획을 지원하고 있는데, 미래전략팀, 정책

기획팀, 연구기획팀에 총 20명, 박사급 10명 정도 인력으로 구성되어 있다. 미래전략팀은 초고령사회 등 큰 이슈를 다루고 있고, 정책기획팀은 기관평가, 부서평가 등을 담당하고 있다. 연구기획팀은 연구관련 기획, 조정, 모니터링 업무를 수행한다. 정책실에서는 평소에 미국의 MIT Technology Review, Scientific American 등 외국 잡지의 주요 내용을 50~60줄로 요약하여 연구원 내부 이메일로 발송하며, 여기에 원문도 링크하고 있다. 이러한 글을 읽음으로써 연구원들이 상상력을 키우게 되며, 이를 통해 연구의 아이디어를 얻을 수 있다. 정책실은 최근 과학기술정보통신부, 서울시 등과 협력하여 홍릉 클러스터 개발을 추진 중이다. 아울러 한국과학창의재단, 성북구청 등과 함께 Science Station을 추진하고 있다.

KIST에서는 R&D 기획을 위해 여러 장치를 마련해두고 있다. 기관 차원에서 전체 연구비의 10% 정도가 새 연구주제 발굴을 위한 기획성 연구에 투자된다. 또 국가 이슈 조기대응팀을 운영하여 주요 현안에 대응하는 연구 주제가 발굴될 수 있도록 하고 있다. 미세먼지 내 위험물질 배출기술, 스마트 화재 대응 시스템, 해양 유류 오염 시 사용할 수 있는 뜰채 기술 등이 이러한 현안 대응 과제의 사례라 할 수 있다. 또, 국가적 주요 이슈를 단기 과제로 접근한 사례로 조류독감이 번져나가는 것을 센서로 감지하는 1년 반에서 2년짜리 과제가 있었다. 연구원의 기반기술을 활용할 수 있는 것 위주로 사업을 추진함으로써 연구개발의 효율성을 높이고 있으며, 기존 기술로 불편을 경감할 수 있는 아이디어를 모아 적용하는 일도 하고 있다. 자이툰 부대에 지뢰탐사 로봇을 파송한 것이 이러한 한 예다.

KIST에서는 또한 다양한 세미나를 개최하여 참신한 기획을 촉진하고 있다. 뇌과학과 반도체를 함께 다루는 등 세미나를 통해 타 분야

간 융합이 자연스럽게 가능해진다. 박사학위를 받은 지 5년 이내인 연구원들을 중심으로 Big Idea Crazy Forum을 2018년 1년 운영하였는데, 본원의 Global Guest Lounge에서 피자를 먹으며 토론하는 자리가 마련된다.

다양한 기획에 힘을 쏟은 결과 KIST에서는 많은 혁신적 연구개발이 이루어지고 있다. 일례로, 청정기술 연구소를 신설하여 자동차 청정연료인 수소 연료전지를 연구하고 있다. 또, 양자 컴퓨팅(computing)과 양자 통신을 개발하고 있으며, KT와 협력하여 4개 전화국에서 시험 중이다. 알츠하이머 치매 조기진단 시스템을 성공적으로 개발하였는데, 이 기술의 개발 업적을 인정받아서 원장 연임이 가능하게 되었다. 이 기술은 3년간 개발한 후 기업에 기술 이전하였다.

강릉분원은 천연물 연구에 기반하여 스마트팜(smart farm) 사업을 추진하고 있다. 이는 각종 천연물의 성분 분석을 과학적으로 하는 것이며, KIST가 제일 처음으로 시작하였다. 아모레 퍼시픽 등이 고가 건강보조 식품을 생산하는데, 기상 상태 등에 따라 사용하는 천연물질의 양이나 성분에서 차이가 생기게 된다. 스마트팜은 인공적 환경을 조성함으로써 자연환경 변화에 상관없이 필요를 만족시킬 수 있는 기술로 네덜란드에서 발전한 기술이다. 농촌진흥청 관련 기업과 연계하여 많은 기술료 수입을 얻고 있다.

단기적으로 극지연구소와 작은 규모로 몇 가지 연구를 시작하고 있다. 극지 특이 동식물 연구가 그중 하나인데, 예를 들면 펭귄이 고지혈증에 안 걸리는 메커니즘을 연구하여 신약 개발에 적용할 수 있을 것이다. 항저온, 냉해에 강한 특징 등은 고부가가치 기술 개발에 활용될 수 있다. 또 한국항공우주연구원과 함께 남극대륙에서 사용할 드론 개발을 추진하고 있는데, 이 프로젝트는 달 탐사 로봇 연구

와 같이 추진하고 있다. 달은 온도가 영상/영하 60도를 오르내리는데, 남극의 기후가 이와 유사하기 때문이다. 미세 플라스틱 분포에 대한 연구도 진행 중인데, 하천이나 연안은 데이터가 있으나 대양은 알기 어렵다. 연구를 통해 하천부터 대양, 극지까지 볼 수 있게 하는 시스템을 개발하려고 한다.

육군교육사령부 등으로부터 국방 관련 수요를 받기도 한다. 무기는 국방과학연구소(ADD)에서 개발하기 때문에 KIST는 전략적 부분을 주로 담당한다. 에어로졸을 이용한 혹한기 체온유지 의복이나 PC 게임을 연상시키는 훈련체계 개발 등이 그 사례라 할 수 있다.

경찰청과도 협력하고 있는데, CCTV 분석 알고리즘을 개발하고, 지능형 CCTV 기술로 기존 CCTV들을 효율적으로 활용할 수 있게 하려는 연구도 진행 중이다. 또, 미아의 인상착의를 통해 성장 후 모습을 추정하는 기술을 개발하여 실종된 사람들을 찾는 데 도움을 줄 수 있을 것이다. 협력연구를 위해 KIST에 Police Lab을 만들기도 하였으며, 국립과학수사연구원도 지원하고 있다.

종합연구소의 특성에 맞게 KIST에서는 많은 융합 연구가 이루어진다. 로봇연구소와 의공학연구소는 원래 교류가 없었으나 연구 주제로 연결되기도 하였다. KIST는 내부적으로 융합이 잘 될 수 있는 시스템을 갖추고 있으며, 외부와도 활발한 융합 연구가 추진되고 있다. 예를 들어, 고려대학교와 학연 프로그램인 KU-KIST 프로그램이 잘 진행되고 있는데, 서로가 필요한 관계라 할 수 있다. KIST에서는 고대 병원의 임상 데이터가 필요하고, 고대 측에서는 연구중심 병원을 추구하는 과정에서 KIST의 연구 역량에 도움을 받을 수 있기 때문이다.

다양하고 혁신적인 연구개발이 가능한 시스템을 위해서는 정부출연연구기관이 사람을 모아야 한다. 대학은 소수로 논문 위주의 연구를

하기 때문에 이러한 역할을 담당할 수 없다. 구글, IBM, 애플 등 혁신적 기업들은 20년 후를 대비하여 양자 연구를 수행하기도 한다. KIST는 외부 전문가를 데려와서 활용하기도 하는데, KIST 자체는 정규직 박사 500명, 학생 1,000명 정도 규모로 구성되어 있다. 뇌과학연구소는 SUNY Stony Brook의 Denise Choi 교수를 소장으로 임명하였으며, 로봇연구소는 미국 과학재단(NSF) 출신을 소장으로 임명하였다.

종합연구소로 여러 분야의 전문가들이 모여 있기 때문에, 주요 이슈를 간부회의 안건으로 올려서 논의하면 대부분 연구원 내부에서 해당 분야의 전문가를 찾을 수 있었다. 현안 분야에 따라 새롭게 인력을 채용하는 것에는 신중한 입장이라고 한다. KIST는 전문인력 채용에 있어 '다양성 원칙'을 가지고 있어서 당장의 필요보다는 다양한 분야의 전문가를 확보하는 데 치중하고 있다. 간부들의 출장 시에는 현지 대학원생이나 박사 후 연구원들과 인터뷰하는 것을 원칙으로 하고 있다. 이들이 KIST에 지원하여 합격할 경우에는 초기 정착 지원으로 아파트, 이사비용, 연구비 5천만 원을 지원하고 초창기에는 외부 연구를 안 하도록 한다. 신입 연구원 가운데 Young Fellow Program 통해 우수 연구자를 선정하고 있다. KIST는 인력 이동이 많은 편으로 특히 대학과 인적 교류가 많다. 과거에는 연구원들이 대학교수로 많이 이직했는데, 최근에는 대학에서 KIST로 많이 오는 추세로 보인다. 연구원 중에는 대학뿐 아니라 기업으로 가는 경우도 있다.

4. 해양수산 분야 국가 R&D 계획 수립

해양수산부의 R&D 계획 수립 시 어려운 점은 해수부가 기능과 영역이 혼재되어 있는 점이다. 해양 R&D는 바다를 연구하는데, 바다를

영역적으로 포괄하기 때문에 다른 부처의 계획과 겹치는 경우가 많다. 반면, 타 부처는 기능 중심으로 되어 있으며, R&D 사업도 마찬가지인 경우가 대부분이다. 그에 따라 부처 간 중복 문제가 빈번히 발생하며, 선박해양플랜트연구소(KRISO)와 같은 경우 선박연구부와 해양플랜트연구부의 2개 연구부가 산자부 영역에 속해 있기도 하다.[75]

해양수산부는 해양산업 전반을 포괄해야 하는데, 현실적으로는 잘 안되고 있다. 대표적인 사례가 선박이나 해양플랜트를 산자부에서 관장하고 있는 점이다. 해양산업은 그 정의가 명확하지 않으며, 따라서 통계를 찾기가 어렵다. 또한 그에 따라 R&D의 범위도 확실하지 않다. 해양수산부 R&D는 종류가 많은 반면에 규모는 작기 때문에 시장규모나 파급효과 등이 작다.

해양 분야의 한계로 인해 R&D 국가계획 수립 시에 참가자들에게 책임감을 줄 수 있는 시스템을 구축하는 것이 중요하다. 이를 위해 2003년 해양과학기술 중장기계획(MT 계획) 수립 당시에는 기획위원들에게 장관 명의의 위촉장을 수여하기도 하였다. MT 계획은 2조 4천억 원에 달하는 R&D 사업이 담긴 계획이었기 때문에 책임감을 가지고 수립에 임할 필요가 있었다. 해양 분야 국가 R&D 계획 수립의 어려움 중 하나는 국내 전문가의 수가 제한적이라는 점이다. 육상의 문제 대부분은 해양에도 다 있기 때문에 해양 R&D가 다루어야 하는 연구주제가 매우 많으나, 해양 분야 전문가는 매우 적다. 그에 따라 다양한 분야 전문가 의견을 수렴할 필요가 있다.

해양수산부는 기획 면에서 육상 쪽 분야들에 뒤처져서 따라하는 사례가 많다. 예를 들어, 타 부처에서 스마트시티, 에너지 타운 등을

75) 해양수산 분야 국가 R&D 계획 수립에 관해서는 전문가 심층 인터뷰(2019. 5. 28)의 내용을 주로 참고하여 작성하였음.

추진하자 해양수산부가 이를 참고하여 해양에너지 자립마을을 추진하고 있다. 그런데 그렇게 되면 중복이 문제가 되고 사업의 규모가 작아지게 된다. 주제어 선점이 필요하며, 10~20년을 내다보고 기획할 필요가 있다.

해양수산 분야는 인력 풀이 적고 기획 아이디어가 상대적으로 부족하므로 시간, 돈, 인력을 더 많이 투입해야 한다. 해양수산부 R&D는 경험 없는 새로운 것을 작은 예산으로 기획해서 하는 게 문제라 할 수 있다. 해양은 현재보다 미래 세대를 위한 기술이다. 한편 미래 먹거리를 찾기 위한 연구 이외에도 기후변화, 환경 등 공공성 있는 분야에 일정 부분 투자해야 한다. 그러기 위해서는 충분한 예산 투입이 필요한데 실제로는 많이 부족한 실정이다. 해양과학기술은 거대과학이지만, 항공이나 우주 분야와 달리 그렇게 부르기만 할 뿐 실제 거대과학으로 간주하지 않고 있다. 해양산업의 국가 GDP 비중에 따라 R&D 투자도 비슷한 수준으로 이루어져야 한다. 즉, 국가 GDP 중 해양산업 비중이 6%라면 R&D도 6% 정도는 해양 분야에 투자하여야 한다. 그런데 이처럼 R&D 예산 투입을 늘리기 위해서는 기획을 보다 더 많이 해야 할 것이다.

해양수산 분야 R&D 예산 규모 확대를 위해서는 사업 및 과제의 수를 늘리는 것도 중요하지만, 대형과제를 발굴하는 것이 필요하다. 대형과제 도출을 위한 기획회의 개최가 필요한데, 융복합 기술 기획의 경우 해양 분야 외부 전문가의 협력이 필수적이다. 그런데 전문가 확보가 쉽지 않으며 특히 융복합 기술의 타 분야 협력연구 기획 역량을 갖추어야 한다. 또, 그러기 위해서 외부 전문가 보상이 가능하도록 기획연구비 규모가 충분히 커야 할 것이다. 대형 융복합 사업 발굴을 위해 해양에너지 자립 마을 등과 같은 새로운 아이디어를 모아야 한다.

해양수산부는 현안문제 해결을 위한 R&D에도 힘써야 한다. 기후변화 대응 차원에서 선박 오염원이 굉장히 크기 때문에 디젤이 아닌 청정연료로 바꿔줘야 한다. LNG나 수소선박 등이 주목을 받고 있는데, LNG 벙커링 클러스터 구축 기획사업이 진행 중이다. 남태평양 도서국의 경우 연료를 선박으로 수입하는데 청정 선박으로 바꿔야 한다. 한편 섬 쓰레기 문제가 심각한데 현재 대부분 소각하고 있다. 소각 방식을 다양화해서 전기를 생산하는 등 다목적 활용기술을 개발할 필요가 있다. 현안문제 해결형 R&D를 위해서는 해수부가 지자체와 협력해야 하고 때로는 국제협력도 필요한데, 첨단기술에 대한 수요만 있는 것이 아니다. 예를 들어 남미 페루에서는 볶음밥에 쉐비쳐라는 생선을 넣어서 요리하는데, 이 생선이 크게 줄어들고 있어 우리 양식기술을 전수한다면 큰 도움이 될 것이다.

한편 해양과학기술 R&D 기획에 있어서 '과학'과 '기술'의 차이점에 대해 진지하게 고려할 필요가 있다.[76] '과학연구'와 '기술개발'은 성격이 완전히 다르며, R&D 기획, 관리, 수행, 평가 등에 있어서 차이가 있다. 상업적 기술 개발에 국가가 개입하는 것은 사실 효과가 크지 않고, 기업의 입장에서 전략적 기술개발은 기술의 소유권 문제로 인해 자체적으로 처리하는 경향이 있다. 상업적 기술 개발에 대해 정부가 꼭 지원하고자 한다면, 정부가 R&D 계획 자체를 세우고 끌고 가기보다는 R&D를 추진하는 기업이 정부에 지원을 요청하고 정부가 사회경제적 파급효과, 성공 가능성 등을 평가하여 선택적으로 지원하는 방식이 좋을 것으로 보인다. '기술개발'과 관련된 정부사업은 '공공기술' 개발로 한정하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 해양 플라스틱 문제에 대응하기 위한 기술개발 과제는 정부 R&D 사업으로 충분히 수행할 만하다.

76) 해양과학기술 정책 분야 전문가 심층 인터뷰(2019. 3. 6) 내용에 기반하여 기술함.

5. 해양수산 분야 R&D 기획 체계

중장기 계획은 해양수산부가 R&D를 직접 관리하던 시기부터 있었으나, 초기에 해양수산 R&D 분야의 사업 또는 과제 기획연구 사례는 없었다. 과제 발굴을 위해 수요조사를 실시했으며, '수요조사 → 위원회 → 해수부 최종확인'의 과정을 통해 확정하는 방식으로 진행되었다. 초창기 수산 R&D의 경우 기술과제와 정책과제로 구분되었는데, 기술과제는 현안과제와 첨단산업 과제로 구분되었고 정책과제는 경영, 정책 분야로, 예를 들어 낚시면허제도, FTA, 수산직불제 운영방안 등에 대한 연구가 있었다.[77] 수산을 경영/정책, 유통가공(식품 포함), 증양식, 어업자원(어구어법, 어선 포함), 해양환경(현재는 어장환경)의 5개 분야로 분류하였다. 수산 5대 분야 각각 대/중/소 기술분류가 있었고, 수산 R&D 관리지침도 마련되어 있었다.

1994년 WTO를 계기로 특정연구개발사업이 시작되었으며, 1997년 한국농촌경제연구원에서 한국해양수산개발원(KMI)으로 수산 R&D 사업 관리가 이관되었다. 해양수산부 설립에 따라 KMI가 현재 형태로 만들어질 당시 농촌경제연구원(ARPC)에서 담당자와 함께 사업이 이관된 것이다. 해양수산과학기술진흥원(KIMST) 설립에 따라 2005년에는 KMI에서 KIMST로 이관되었고, 농림수산식품부 시기에는 농림식품기획평가원에서 관리하다가 다시 KIMST로 넘어오기도 했다. 한편 해양산업 분야 R&D 사업은 해양수산부에서 직접 관리하다가 KMI를 거치지 않고 KIMST로 이관되었는데, KIMST 초기 R&D 총 예산이 300억~700억 원 수준이었다.

수산 분야에 수산특정연구개발사업과 해양수산중소벤처지원사업

77) 수산 분야 R&D 기획에 대한 내용은 전문가 심층인터뷰(2019. 4. 22)에 기반하여 작성하였음.

이 있었고, 현재는 수산실용화사업으로 통합되어 있다. 과거 해양수산부가 폐지되었을 때 중소벤처지원사업 중 수산 분야를 제외한 해양 분야 사업은 미래해양연구개발사업으로 국토해양부에서 추진하였다.

수산특정연구개발사업 중장기 계획은 2005년에 수립되었고 이후에도 2~3번 더 수립되었다. 중장기 계획 수립은 사업으로 발주하여 추진하는데, 수요조사를 실시하고 KIMST와 협의하는 방식으로 진행된다.

수산 분야에 기획연구가 도입된 것은 농림식품기술기획평가원에서 담당하던 2014년이 최초였다. 당시 골든시드 프로젝트, 포스트 게놈 다부처 유전체 사업 등 대규모 사업을 추진하면서 예비타당성조사 대비를 위해 기획연구를 수행하였다. 이 무렵 이후로 모든 분야의 R&D 사업은 기획연구를 필수로 실시하게 되었다. 차세대 한국형 어선사업 기획연구도 실시 초창기에 추진되었다.

수산 R&D 기획 및 관리의 근거와 대상은 국가과학기술위원회, 부처, 전문기관에서 공식적으로 규정한다. 기관 차원에서는 KIMST보다 농기평이 「농림수산과학기술육성법」에 따라 먼저 법정기관으로 설립되었다.

기획연구는 과거 주로 외부에 용역 발주하여 용역사에서 수행하였으나, 현재는 2트랙(track)으로 추진한다. 즉, KIMST 내부에 기획1팀과 2팀이 있어서 내부 직원이 기획연구 책임자(PM)를 맡는 경우와 외부 용역으로 추진하는 경우가 있다. KIMST는 PD를 위촉하여 기획연구 등 추진 시에 내부 PM을 지원하고 있다. PD는 과제가 예정되어 있을 때 모집공고하며, 임기는 10개월 정도다. 일정상 사업추진 1년 반 정도 이전에 기획보고서를 만들어야 한다.

현재 과제 제안자 또는 기획과제 연구자 등이 본 사업 연구책임자가 되기 어려운 구조다. 세부적인 과제를 제안하더라도 실제 사업은 내용을 추가하여 250억~400억 원 정도 규모로 확대하여 추진하기 때문에 본인이 제안한 부분은 결국 전체 사업의 일부분에 지나지 않게 된다. 따라서 연구책임자는 전체 사업을 아우를 수 있는 사람이 맡게 되는 구조로 연구사업이 진행되고 있다.

R&D 사업 착수 2~3년 후에 사업평가를 실시하고 있는데, 이때 일자리 창출 등 다양한 요소가 고려된다. KIMST의 R&D 성과지표가 개편되어 사업 특성에 따른 평가지표를 적용하고 있다. 논문, 특허 같은 지표가 아닌 매출액 등이 사업에 따라 평가지표로 제시되고 있다. 사업 착수 2~3년 후에 한국과학기술기획평가원(KISTEP)까지 관여하여 검토하게 되고 그 결과를 반영하여 바뀐 RFP를 도출하게 된다. KISTEP 검토 이전에 이해관계자 회의를 개최하도록 하고 있는데, 이는 7~8년 정도 된 제도다.

사업의 실패는 시장 분석이 잘못된 경우가 많다. 주로 기획 당시와 달라진 시장 변화나 정부 규제 등이 실패를 초래하게 된다. 수산 분야의 사업이나 과제 발굴에 있어서 중복성 문제, 시장 파급효과, 어업인 소득증대, 중소기업 지원 등의 사항을 고려해야 한다.

최근 정부 R&D 체계가 전체적으로 과제(project)별 기획에서 사업(program) 기획으로 변화하였다.[78] 이에 따라 해양수산부는 사업 단위로 정책을 다루며, 과제 수준에 대해서는 전문기관인 KIMST에 맡기는 추세다. 사업은 과거에 분야를 구분해주는 넓은 카테고리 성격이 컸다면 새로운 체제에서 앞으로는 구체적인 주제로 구성된 유기

78) 최근의 해양수산 기획연구체계 개편에 관해서는 전문가 심층인터뷰(2018. 10. 19)의 내용을 주로 참고하였음.

적인 성격으로 기획되어야 한다. 해양수산부는 스토리가 있는 사업 기획을 요구하고 있다. 즉, 사업 기획에는 요소기술 개발부터 실용화로 연계되는 체계 등이 담겨야 한다. 한편 이제는 더 이상 수요조사에서 과제를 도출하는 방식이 아니므로, 수요조사 결과를 모아서 사업 수준으로 묶어주는 '사전기획'이 필요하게 되었다.

'해양수산 R&D 개선방안'(2017년)에 따라 기획연구가 기획연구과제를 발주하여 별도 연구책임자가 담당하는 방식에서 사업기획단(working group)이 기획을 하는 방식으로 전환되고 있다. 대형사업 기획을 KIMST 내부 PM과 해당 분야 PD 및 외부전문가 30여 명으로 구성되는 사업기획단이 수행하게 된다. 과거에도 해양환경사업 등의 경우 다수의 외부전문가를 활용하는 기획방식을 시도하였으나, 당시 감사원 의견에 따라 직접 기획을 중단한 사례가 있었다.

또, 해양수산부는 전문가 등을 대상으로 하는 수요조사를 통해 과제를 선정하고 사업을 구성하던 기존 방식을, 정부의 정책 수요를 받아서 사업을 기획하는 방식으로 바꾸도록 요구하였다. 이는 R&D 사업 기획의 전략성 강화 측면에서 추진되고 있는 방침이다.

현재 대부분 KIMST 사업의 일몰 시기가 도래하고 있다. 정부 방침이 국제사업과 순수기초연구사업은 지속적으로 유지하는 것이지만, 과학기술정보통신부 R&D 사업만 순수기초연구사업으로 분류함에 따라 해양수산 R&D는 대부분 일몰에 해당된다. 국제사업의 경우도 1개 과제 정도만 유지되고 나머지는 일몰제 대상이다. 자유공모과제를 포함하는 미래해양기술개발사업의 일몰로 인해, 2019년도 신규사업으로 해양산업수요기반기술개발사업(5년, 매년 100억 원)을 급히 시작하기도 하였다. 사업의 시급성에 따라 예비타당성조사를 받지 않는 규모로 설정되었다. 앞으로는 이 신규 사업 외에도 각각의

사업 내에 필요시 자유공모 과제를 포함할 수 있게 기획하는 것이 가능하다.

기존 사업의 일몰제 적용으로 새로운 사업 기획이 활발히 진행되고 있다. 그러나 바뀐 제도하에서는 예전과 달리 일몰 이전에도 새로운 사업 기획 및 시행이 얼마든지 가능하다. 사업이 하나의 분야 또는 카테고리를 다 포괄하는 것이 아니기 때문에 얼마든지 구체적인 또 다른 연구개발 주제들을 발굴할 수 있게 된 것이다. 그에 따라 현재 신규로 기획되는 사업들이 향후 10년 정도의 기간 동안 유지되더라도, 어느 시점에서든지 새로운 주제로 신규 사업 기획 및 출범이 가능하다. 사업의 기간 및 예산 규모도 다양하게 기획될 수 있다.

새로운 R&D 제도를 뒷받침하기 위해 2019년 3월에 해양수산부에 R&D 전담부서인 해양수산과학기술정책과가 신설되었다. R&D 정책은 과거 해양수산부 해양개발과가 담당하다가, 국토해양부 시기에는 연구개발담당관실이 국토 및 해양 R&D를 총괄하기도 하였다. 현 해양수산부 설립 후에는 해양정책과 R&D팀이 업무를 담당하였으나, 최근까지는 기획조정실 재정담당관실 미래전략팀에서 담당하고 있었다.

'사업'의 성격 및 기획 방식이 변경되지만, 사업의 수행 및 관리 체계는 아직 크게 변하지 않았다. 사업을 구성하는 과제들 사이의 유기적 연계를 담보하기 위해 사업단 구성도 고려할 수 있다. 이때 과제의 연계방안을 기획연구에서 정리해주어야 한다. 평가체계 개선과 관련해서는 현재 작업 중이다.

한편 사업체계가 개선된다고 해서 보다 안정적으로 매년 예산을 확보할 수 있게 되는 것은 아니다. 보통 1월에 중기재정심의, 4월에 차년도 예산 총액 확정, 이후 상세 예산안을 작성하여 심의하는 순서

로 매년 진행되고 있다. 사업 예산이 최초 기획 시보다 줄어드는 것이 문제가 되는데, 예산 총액 확보가 반드시 필요한 경우 '총액사업'으로 분류하여 별도 관리하고 있다. 그런데 이는 주로 인프라성 사업의 경우에 해당하며, 일반 연구개발사업에는 잘 적용되지 않고 있다. 우리나라 해양 분야 R&D의 경우 인프라 부분의 예산이 큰 편인데, 총액사업으로 관리하는 경우는 정해진 총액을 초과하지 말라는 의미도 있는 것으로 보인다.

앞으로는 R&D 기획 단계에서 기술사업화를 중요하게 고려할 필요가 있다.[79] 단순화해서 '수요조사 → 기획 → 연구수행 → 평가 → … → 사업화'의 단계로 R&D가 추진된다고 할 때 최근에는 뒤쪽 과정, 즉 기술이전, 사업화, 창업 등으로 관심의 초점이 옮겨지고 있다. 벤처 창업 등에 관심이 집중됨에 따라 될 법한 R&D를 하고 그 결과가 기술벤처로 이어지는 것이 점점 더 중요해지고 있다.

산업부는 「제6차 기술이전·사업화 촉진계획」에서 'Buy R&D'를 제시하였는데, R&D 성과를 사고팔 수 있도록 하자는 Buy R&D는 국내외 외부로부터 기술을 도입하는 것으로 오픈형 개념이며, 반대로 자체적으로만 R&D를 해야 한다는 것은 폐쇄형 사고라 할 수 있다. Buy R&D는 중소벤처기업이 주로 대상이 된다. 「제7차 산업기술 혁신계획」이 나왔는데, 해양수산부도 적극적으로 사업화연계 기술개발사업(R&BD)을 추진해야 한다. 요즘에는 C&BD도 흔히 거론되고 있는데, C는 Connect의 약자로 기술사업화 플랫폼 육성을 강조하는 개념이라고 한다.

기술을 사고파는 거래가 이루어지기 위해서는 기술사업화 시장이

79) 기술사업화 및 창업지원에 대한 내용은 전문가 심층 인터뷰(2019. 5. 27) 내용을 참고하여 작성하였음.

있어야 하며, 따라서 기술시장 형성과 관련한 정책이 필요해진다. 이와 관련해서 과거에 있었다가 폐지된 기술거래소 부활이 필요하다는 주장도 있는데, 한국거래소의 KRX M&A 거래중개방, 한국산업기술진흥원의 NTB 기술은행, 산업통상자원부 웹 등 현재 운영 중인 거래매체들이 있다. 시장에서 기술이 거래되려면 기술가치평가가 수행되어야 하며, 이를 위한 국가 면허인 기술거래사 자격이 있다. 기술가치평가 가이드라인이 존재하나 기술의 가치는 결국은 시장에서 평가되어야 한다.

과거부터 오랫동안 추진된 프론티어사업(21세기 프론티어사업으로 변경) 성과가 축적됨에 따라 사업화를 추진하게 되었다. 그에 따라 KIST에 R&D 기술사업화를 위한 연구성과실용화진흥원(일자리진흥원으로 명칭 변경)을 설립하였고, 기술평가기관 및 기술거래기관을 지정하였다. 기술평가 지정기관 26개 중 KIMST, 국토교통과학기술진흥원도 포함된다.

해양수산 R&D를 통한 기술사업화와 창업을 효과적으로 지원하기 위해서는 중소벤처기업부가 주관하는 모태펀드(한국벤처창업주식회사가 운영)에 해양수산부도 참여하는 것이 바람직하다. 수산 분야에는 이미 모태펀드가 있으며 농업정책보험금융원이 관리하고 있다. 해양수산부는 수산 모태펀드를 이관하는 것을 포함하여 본격적으로 중기부 모태펀드에 들어가야 한다.

혁신적인 R&D 기획을 위해서는 미래를 예측하는 것이 중요하다. 즉 미래 사회, 미래의 기술과 산업, 미래의 시장 등을 얼마나 잘 예견하느냐에 따라 R&D의 성과가 달라질 수 있다. 과기부는 미래준비위원회를 운영하고 있다. 과기부는 과거 「국가 산업경쟁력 강화를 위한 세계 최고수준의 기술개발 지원 방안」(2015) 수립을 위해 미래기술

조사를 실시하였고, 이를 통해 5G, 비메모리 시스템반도체, OLED, flexible display 등 지금 각광을 받는 주요 기술을 선정하고 집중 지원하였다. 국가 수준의 국가기술수준평가를 AHP 기법을 사용하여 정기적으로 조사하는 것이 R&D 기획을 위해 바람직할 것으로 보인다.

6. 해양수산 분야 과학기술연구기관의 R&D 기획

앞서 과학기술 분야 정부출연연구기관의 사례를 제시하였는데, 여기서는 해양 분야 과학기술연구기관의 사례를 살펴보도록 하겠다. 해양 분야 연구기관 중 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소(KRISO)의 경우를 주로 다루도록 할 것이다.[80]

KRISO는 연구자들이 혁신, 모험, 도전적 연구를 해야 하는 메커니즘을 가지고 있다. 연구소는 국내 주요 조선사들이 생기기 이전에 설립되어 선박에 대하여 먼저 연구를 시작하였다. 현재는 조선사들이 자체적으로 연구를 하기 때문에, KRISO는 이와 구분되는 앞선 연구를 해야만 하는 상황이다. 예로 최근 자율운항 선박 연구가 활발한데, 법규, 기술 등의 연구에서 선도적인 역할을 담당하고 있다. 유럽은 우리나라와 다르게 조선사가 아닌 학계, 연구소가 앞서서 연구를 수행하고, 조선사는 주로 투자하는 역할을 담당한다.

국제해사기구(IMO)가 온실가스 감축을 너무 강하게 추진하고 있어서 한계치에 다다른 내연기관은 퇴출될 수밖에 없는 상황이다. 그에 따라 최근 선박의 양대 이슈는 자율운항 선박과 친환경 선박이다. 민간기업은 단기간, 적어도 5년 이내에 성과를 내는 것이 필요하므로, 이러한 장기형 연구과제를 자체적으로 하기가 곤란하다. 자율운항

80) 선박해양플랜트연구소 사례는 전문가 심층인터뷰(2019. 5. 28)의 내용을 주로 참고하여 작성하였음.

선박 선진국인 노르웨이의 경우, 마린텍(Marintek), 바로 옆에 위치한 NTNU(대학) 조선공학과, 교통부 등 정부기관 등이 포함된 위원회가 연구과제 도출을 논의하며, 그 결과는 공청회를 통해서 피드백 받게 된다. 유럽은 컨소시엄이 잘 구성되어 있어서 역할 분담이 잘 된다는 장점이 있다. EU나 ECC 프로젝트에 참여하기도 한다.

노르웨이의 R&D 절차는, 먼저 정부에서 연구개발 니즈를 반영하여 RFP를 도출한다. 예를 들어, 부유식 풍력장비 관련 선도기술 과제는 RFP 도출까지 오랜 시간이 걸린다. 비슷한 과제가 국내에서 예비타당성조사 등 과정을 거쳐서 1~2년 내에 결정되는 것에 비해 오랜 과정을 거치게 된다. 비영리 연구기관(재단법인)인 마린텍에서 과제를 수행하는데, 마린텍은 수익을 연구에 재투자하고 있다. 과제의 20% 정도를 정부(해군 등)에서 발주하고, 산업체나 해외에서 투자하는 연구비도 있다. 정부 과제는 대부분 15~20년 정도의 장기 과제로, 부유식 풍력발전 등이 여기에 해당된다.

노르웨이의 경우 자율운항 선박을 개발하는 자연환경적인 이유가 있다. 피요르드로 인해서 도로 사정이 안 좋으며, 따라서 인건비가 상승할 수밖에 없다. 또, 피요르드에서는 선박 배출가스 통풍이 안 되기 때문에 친환경 선박에 대한 수요가 커서 LNG 선박, 그리고 이어서 전기추진 선박이 논의되고 있다. 전기추진 선박은 무인으로 개발하게 되며, 배터리 때문에 크게 만들기 힘들고 저속으로 운항한다. 마린텍 등의 기관이 개발을 주도하고 있다. 조선사는 개발에 참여하지는 않지만 기자재 업체는 연구를 수행한다.

KRISO는 자체 예산(출연금)으로 내부 기획연구를 수행한다. 기관 고유 역할을 고려해서 내부적으로 자체과제를 선정하는데, 소액 과제만 가능하며 규모 있는 R&D 기획을 하기는 어려운 실정이다.

KRISO의 내부사업 기획연구비는 대부분 3천만 원으로 주요 사업 발굴 시 추진한다. 그런데 우리나라 기획연구비 규모는 전반적으로 너무 작다. 연구비는 필요한 연구를 할 수 있는 만큼 정확히 줘야 실험, 시험 등을 확실히 할 수 있다. 기획이 제대로 안되면 결론이 부실하게 나올 수밖에 없다. 미국의 경우는 이미 50% 정도 결과가 나온 것을 기획해서 R&D 사업으로 추진한다고 한다.

KRISO 주요 사업의 20% 정도가 자체 사업으로 구성되어 있다. 나머지는 조선사 등 외부의 민간 수탁사업도 있는데, 민간 수탁은 간접비 비중이 높고 제약이 적은 편이다. 정부 과제는 반대로 간접비 비율이 높고 여러 제약조건이 있다.

R&D 기획은 기술과 사회환경 변화에 빠르게 대응하여 추진하여야 한다. IMO 등의 국제 규제가 대표적인 경우라고 할 수 있다. 일례로, 2002년 IMO 규제가 논의되던 당시 발라스트 수 처리기술을 기획사업으로 수행한 바 있다. 탄소 포집 및 저장 기술(CCS) 개발은 일본 발전소에서 발생하는 기체를 바다에 저장한다는 언론 보도가 나온 것을 보고 시작하게 되었다. CCS 사업은 2003년에 3천만 원으로 기획연구를 하여 조분평을 거쳐 만들어진 사업이다(당시에는 R&D 예비타당성조사가 없었음). 그 후 사업 예산이 점차 5억 원, 7억 원, 15억 원으로 확대되었다. 연구주제 선택은 빨리 하되, 연구는 충분한 예산을 가지고 신중하게 천천히 진행해야 한다. 천천히 하더라도 시간을 들여서 충실히 기획해야 보다 훌륭한 성과를 얻을 가능성이 높아질 수 있다.

지금은 패러다임이 바뀌는 시기로 앞으로 산업과 기술은 달라질 것이다. 이러한 시기에는 더더욱 혁신과 창의적 개발이 필요하다. 기획이 잘 된 사례로 예인수조를 들 수 있다. 예인수조를 통해 우리나

라 조선산업의 기틀을 다질 수 있었고, 성능측정기술을 개발하였고, 모형선을 바탕으로 실선을 건조할 수 있었다. 과거 조선산업의 중심이 영국에서 일본으로 옮겨갔고, 일본에서 대형 덱이 만들어지면서 한국으로 넘어왔다. 지금은 LNG 선박이나 혁신적 기술이 들어가야 하는 시기이다. 스마트, 고효율, 친환경 기술로 발전해야 하는 시점이다.

혁신적 연구를 위해서는 분야 간 융합이 중요하다. KRISO가 위치하고 있는 대덕연구단지에는 다양한 분야의 연구기관들이 모여 있어 활발한 토론과 협력, 융합 연구가 이루어지기 쉬운 공간적 배경이라고 여겨질 수 있다. 그러나 현실은 구조적으로 연구소들 간의 벽이 너무 강고하기 때문에 이러한 융합이 잘 일어나지 못하고 있는 상황이다. 연구소들의 지나친 독립성을 깨서 조직이 유연해질 필요가 있다. 부처별로, 또 연구기관 내부적으로도 경쟁이 심한데, 이는 PBS 제도와도 관련이 있는 것으로 보인다. 과제 간, 기관 내부조직 간, 연구기관 간, 부처 간 벽을 허물어서 협력과 융합이 쉽게 이루어질 수 있는 체계로 개선할 필요가 있다.

선도적 연구자에게는 첫 번째 시도한 사람(first mover)으로서 인센티브를 명확하게 부여할 필요가 있다. 그럼으로써 어렵지만 선도적인 연구를 보다 많이 시도하는 분위기가 조성될 수 있을 것이다. 한편 선도적인 연구는 아무도 가지 않은 새로운 길을 가는 것이기 때문에 실패와 시행착오가 불가피하다. 따라서 실패를 고려한 대담한 기획이 필요하다. 일본의 해상기술안전연구소(NMRI)의 경우를 보면 정부가 인건비를 전액 다 지원하고 있고 과제 연구비도 일부 지원한다. 따라서 무리하게 연구사업을 할 필요가 없는 여건을 갖추고 있다. 일본은 과제 실패율이 우리보다 높으며, R&D 실패에 관대한 문

화를 가지고 있다. 반면, 우리는 권한과 책임이 과제 연구책임자에게 지나치게 집중되어 있어서 실패하면 안 되는 상황이다.

KRISO는 개별 연구자나 기관 수준에서 선도적 연구를 추진하던 것을 글로벌협력실을 만들어 관장하고 있다. 초창기에는 개인의 아이디어에 착안해서 기획을 시작하게 되는데, 이때 기술 트렌드를 잘 포착해야 한다. 기획 단계부터 분야별 연결을 추구하게 되고 산학연 연계도 필요하다. 이러한 과정을 지원하기 위해 연구협의회와 글로벌협력실이 기능하고 있다.

해양수산부 R&D는 KIMST가 기획에서 수행하는 역할이 한국산업기술평가관리원, 한국에너지기술평가원 등 산업통상자원부 산하기관들에 비해 상대적으로 부족하다. 국가정책 방향에 맞춰서 R&D 기획 분야에서 KIMST가 충분한 역할을 담당해야 한다. 부실한 기획은 R&D 실패율을 높이는 결과를 초래하게 된다. 해양수산부 R&D를 다양화할 필요가 있으며, 특히 자유공모를 확대해야 한다. 또, 작은 사업들을 모아서 대형 사업화해야 한다.

기획을 강화하는 방법 중 하나가 PD 제도로 KIMST 등 여러 전문기관들이 도입하고 있다. 그런데 KIMST는 PD들의 권한이 적고 보고서 작성 등 불필요한 부담이 커서 본연의 기획 역할을 수행하기 다소 어려운 점이 있다. 그에 비해 산업부는 PD가 방향을 잡는 역할을 하고, 그 밑에 팀이 있어서 실질적인 기획연구 역량을 갖추고 있는 것으로 보인다. R&D 제도 관리에 있어서 정부 공무원의 역할이 중요하고, KIMST는 실험적 토론 기능과 책임성을 갖춰야 할 것이다.

KIMST의 대형 R&D 사업을 추진하기 위해서는 예비타당성조사를 받아야 하는데, 그 절차가 매우 복잡하다. KIMST 사전기획과제(5천만~7천만원)를 수행하게 되는데 기획연구에 최소 6개월 이상 소요되

고, 예타 신청까지 2년 정도 걸리며, 예타도 빨라야 6개월 정도가 소요된다. 그에 따라 회계연도가 넘어가게 되며, 실제 예산확보는 빨라야 3~5년 정도가 걸린다. 그에 따른 시차로 연구가 최초 기획 시점과는 달리 상황에 안 맞게 될 수 있다. 이처럼 시간이 많이 걸린다는 점이 예비타당성조사 제도의 단점이라고 할 수 있는데, 이것은 앞서 언급한 노르웨이 등 유럽의 경우와는 차이가 있다. 유럽은 기획과 의견수렴 등을 신중하게 시간을 가지고 하지만, 우리나라는 예비타당성조사라는 행정적 절차를 거치는 데 많은 노력과 시간이 들어가기 때문이다.

예비타당성조사의 또 다른 문제점은 예산을 100% 다 주지 않고, 실제로는 70~80% 정도밖에 안 준다는 점이다. 그 한 예로, 2014년 1MW급 해양온도차 발전 기획 시 500억 원이 필요한 연구사업으로 기획했으나, 예비타당성조사를 거치면서 300억 원대 규모로 축소되었고, 예산확보가 안돼서 그나마 착수가 늦어졌다. 결국에는 250억~260억 원 수준으로 예산을 받게 되어서 해상시험에 애로가 컸다.

R&D 사업은 정확한 성격 구분에 따라 기획 단계부터 정성적·정량적 성과목표를 제시해야 한다. 평가는 명확하고 엄밀하게 해야 한다. 설령 예비타당성조사를 통과한 사업이라도 어느 시점에서 재평가가 필요하다. R&D 사업의 성격상 개념, 기초연구의 경우 중복을 허용해서 소규모 예산으로 R&D를 추진해야 하며, 반면 실용적 사업은 단계별 목표지향적 성과기반 연구개발사업으로 추진하는 것이 바람직한 방향이다.

제 5 장

해양과학기술 R&D 기획 체계 개선을 위한 주요 현안

지금까지 국가과학기술 R&D 체계와 해양수산 분야의 실태에 대해 살펴보면서 해양수산 분야 R&D 사업의 여러 문제점과 개선사항을 확인할 수 있었다. 이 장에서는 앞서 어떤 문제들이 제기되었는지 정리해보고, 해양수산 분야 R&D 기획 체계를 개선하기 위해 어떤 현안들에 주목할 필요가 있는지 검토해보기로 하겠다.

제1절 해양과학기술 R&D 사업의 주요 문제점

해양수산부의 해양수산과학기술 국가연구개발사업은 길지 않은 역사에도 불구하고 그동안 많은 성장과 발전을 이루었다. 이러한 발전은 해양과 관련된 각종 자료, 정보, 신기술, 논문, 특허, 기술이전, 사업화, 국제협력 등 연구개발의 성과에만 국한되는 것은 아니다. R&D 기획, 관리, 평가, 활용 등 각 단계와 관련된 법·제도적 정비가

지속적으로 이루어져 왔고, 해양수산부 해양수산과학기술정책과 신설 및 KIMST 설립으로 대표되는 조직적 혁신이 있었다. 세부적으로도 R&D 기획·관리의 여러 측면에서 다양한 절차적 쇄신과 개선 노력이 그동안 끊이지 않았다.

〈표 5-1〉 해양수산 분야 R&D 사업의 문제점

구분	문제점
법·제도	- 기획의 연계성, 연속성 부족
조직, 문화	- 분야 간, 조직 간 배타성으로 인해 융합, 협력 미진
기획	- 체계적·정기적 동향 파악과 미래 예측 위한 조사 부재 - 부족한 기획연구비 예산 규모 - 기획의 전략성 부족 - 자유공모 과제 불충분 - 기획 전문가 및 전문기관 역량 부족
관리	- 과학-기술, 공공기술-산업기술 구분에 기반한 관리 미비 - 실패, 중복성에 대한 관용적 태도 부족 - 대형 연구개발사업 제안이 많지 않음 - 과도한 인프라성 대형사업 비중
사업 성격, 목적	- 4차 산업혁명 대응 미진 - 타 분야와 융복합 연구 미진 - 사회적 문제 해결형 R&D 기반 미비
성과 활용	- 타 분야에 비해 기술사업화, 기술이전, 창업 미진

자료: 저자 작성

지금까지의 노력과 성과를 이어 받아 보다 생산적이고 혁신적인 해양과학기술 R&D 사업을 추진하기 위하여 더 개선하고 발전시킬 부분이 있을 것이다. 그러기 위하여 앞에서 제기된 해양수산 분야 R&D 체계의 문제점과 아쉬운 부분들을 다시 한번 정리해 보도록 하겠다. 여기서는 직접적으로 기획과 연관된 문제점뿐만 아니라 R&D 전반의 문제점을 두루 언급하기로 한다. 왜냐하면 이러한 문제들도

개선된 R&D 기획 체계를 통해서 해결 가능할 수 있기 때문이다.

해양수산 분야 과학기술 R&D 체계의 문제점으로 먼저 법·제도적인 측면에서 기획의 연속성과 연계성이 부족하다는 점을 들 수 있다. 해양과학기술 R&D를 직접적으로 관장하는 법률이 없었고, 그에 따라 법정계획인 기본계획을 주기적으로 수립하는 체계가 없었다. 따라서 국가 과학기술기본계획, 부처 R&D 기본계획, 시행계획, 사업 및 과제 기획으로 이어지는 정책 방향과 전략의 연계성이 취약하였다.

다음으로, 조직 또는 문화 측면에서 분야 간·조직 간 배타성이 커서 연구 협력이나 융합 연구가 원활하게 이루어지지 못하였다. 해양수산 분야 내에서도 해운, 항만, 수산, 해양환경 등 분야들 사이에 활발한 소통이 부족하였고, 비 해양수산 분야들과 협력이 미진하였다. 그래서 해양수산 분야 R&D 사업이 타 분야에 비해 융복합 기술 개발에서 뒤처지는 결과를 낳은 것으로 볼 수 있겠다.

R&D 기획의 측면에서 빠르고 정확한 동향 파악과 신중하고 충실한 기획 연구가 필요하다. 그런데 동향 조사와 미래 예측이 체계적이고 정기적으로 추진되지 못하고 있다. 해양수산과학기술 육성 기본계획 수립 등 R&D 기획을 위한 조사의 제도화가 필요하다. 한편 신중하고 충실한 기획을 해야 하는데 현재는 사업의 성격에 따라 기획 연구비 예산이 부족한 경우가 많다.

R&D 기획 시 하향식과 상향식 양쪽 측면에서 모두 부족한 점이 있다. 우선 기획의 전략성이 부족하다는 비판이 있는데, 이는 R&D 사업의 기획이 수요조사에 주로 의존함에 따라 정부 정책 반영이 충분하지 못하기 때문이다. 반면, R&D 사업 및 과제가 기술 수요자나 지역주민, 일반 국민의 니즈를 충실히 반영할 필요가 있는데, 이를

위한 장치가 부족하다. 전략성 강화와 함께 균형 있는 R&D 추진을 위해서는 자유공모 과제가 새로운 아이디어 개발을 위해 필요한데 현재로서는 충분하지 못한 실정이다.

기획 역량이 부족하다는 지적도 있었다. 부처 R&D 계획 수립 분야 전문가와 사업 및 과제 단위 기획 전문가가 양적으로나 질적으로 모두 부족한 상황이다. R&D 기획을 위한 전문기관으로 KIMST가 있으나 정책 일관성 부족으로 인해 아직까지 기획 경험이 충분히 축적되지 못하였다. 따라서 방향성을 가지고 해양수산 분야 R&D 기획 역량 강화를 위한 정책적 노력이 필요하다.

다음으로, R&D 관리에 있어서 사업의 성격을 구분할 필요가 있다. 과학과 기술을 나누어서 접근하는 방식이 유용한 면이 있고, 공공성을 가진 분야와 산업활동으로 직결되는 분야를 동일하게 취급하는 것이 부적절한 측면도 있다. R&D 사업 또는 과제의 분류 방식을 개선하면 기획 및 관리를 보다 합리적으로 할 수 있을 것이다.

한편 혁신적 연구개발을 위해 R&D 관리에 있어서 기존의 경직된 태도를 완화할 필요가 있을 것으로 보인다. 특히 실패를 용인하는 분위기를 확산시켜서 과감한 시도가 많이 나올 수 있게 하고, 합리적인 선에서 중복성에 대한 제한을 완화하여 동일한 주제에 대해서도 다양한 접근이 가능하게 하는 편이 좋을 것이다.

대형 사업에 대해서는 긍정적인 측면과 부정적인 측면이 공존한다. 예비타당성조사를 피하기 위해 사업 또는 과제의 규모를 줄이게 되면 성과의 수준이 떨어지기 쉽다. 따라서 적절한 연구비가 확보될 수 있도록 필요한 경우 대형 사업을 기획할 필요가 있다. 이제 과제 단위가 아닌 사업 단위로 기획을 하기 때문에 자연스럽게 예산 규모는 늘어날 것으로 기대된다. 대형 과제에 부정적인 입장은 기존의 대

형 R&D 과제 중 주로 인프라 구축 성격이 많았기 때문이다.

해양수산 분야가 타 분야에 비해 상대적으로 4차 산업혁명 대응이 미진하다는 비판을 받고 있다. 스마트 선박 등 소수의 사업을 제외하고는 4차 산업혁명 관련 기술을 접목한 연구개발이 추진되고 있지 않기 때문이다. 이는 혁신적 연구역량 부족, 타 분야와의 간학문적(interdisciplinary) 융복합 연구 미진, 해양수산 분야의 지나친 배타성과 같은 원인에서 기인한 것으로 추정된다.

사회적 문제 해결을 위한 R&D는 과학기술기본계획의 방향을 반영하여 해양수산과학기술 육성 기본계획 및 시행계획에 포함되어 있다. 그러나 해양수산 분야의 사회적 문제에 대한 체계적인 조사나 의견 수렴 과정이 아직 없었고, 이 분야 R&D 사업 추진을 위한 체계도 마련되어 있지 않다.

마지막으로, R&D 성과의 활용, 즉 기술사업화, 기술이전, 창업 등이 타 분야에 비해서 미진한 것으로 파악된다. R&D의 기획, 수행, 관리 등 각 단계에서 사업화 목표를 명확하게 하고 목표 달성을 향해 진행해나갈 수 있도록 하여야 할 것이다. 해양수산 분야에 R&BD를 확립할 필요가 있다.

제2절 해양과학기술 R&D 기획의 주요 현안

앞 절에서 해양과학기술 R&D 사업의 문제점으로 지적되는 사항을 나열하고 정리해보았다. R&D 기획 체계 개선을 위한 함의를 가지는 문제점을 주로 도출해 보았지만, 그중에는 R&D 기획과 직접적으로 연관된 문제점도 있었고 그렇지 않은 경우도 있었다. 이제 이 절에서

는 이 문제점들을 다시 검토하여 R&D 기획 체계 개선을 위한 주요 현안들로 정리해보았다.

〈표 5-2〉 해양수산 분야 R&D 기획 주요 현안

주요 현안	관련 문제점
제도적·정책적 미비	- 기획의 연계성, 연속성 부족 - 대형 연구개발사업 제안이 많지 않음 - 과도한 인프라성 대형사업 비중
해양과학기술 특성에 부합하는 기획 미비	- 과학-기술, 공공기술-산업기술 구분에 기반한 관리 미비 - 타 분야에 비해 기술사업화, 기술이전, 창업 미진
취약한 기획 역량	- 체계적·정기적 동향 파악과 미래 예측 위한 조사 부재 - 부족한 기획연구비 예산 규모 - 기획의 전략성 부족 - 자유공모 과제 불충분 - 기획 전문가 및 전문기관 역량 부족
시대변화 대응 혁신역량 부족	- 4차 산업혁명 대응 미진 - 타 분야와 융복합 연구 미진 - 분야 간, 조직 간 배타성으로 인해 협력연구 미진 - 사회적 문제 해결형 R&D 기반 미비 - 실패, 중복성에 대한 관용적 태도 부족

자료: 저자 작성

1. 국가연구개발사업 기획체계의 제도적·정책적 미비점

기획(planning)은 단순하게 말하면 계획(plan)을 수립하는 활동이자 과정이다. 따라서 국가 해양과학기술 R&D 기획은 다양한 수준과 분야의 계획을 산출하게 된다. 우선 국가 전체적으로 과학기술 연구개발의 방향과 목표를 제시하는 국가 과학기술기본계획을 수립하고, 다음으로 부처별로 R&D 기본계획을 수립한다. 해양수산부의 경우 「해양과학기술육성법」에 따라 '제1차 해양수산과학기술 육성기본계

획('18~'22)'을 수립하였다. 다음으로 부처 내에서 분야나 주제에 따라 사업(program) 단위의 계획을 세우는 기획연구를 하고, 보다 세부적으로는 과제(project) 수준의 기획도 있다.

이와 같이 해양과학기술 연구개발이 체계적이고 일관되게 추진되기 위해서는 국가-부처-사업-과제 수준의 기획이 긴밀히 연계되어 유기적으로 수행되어야 한다. 그런데 해양수산부는 해양과학기술 관련법이 별도로 없이 그동안 R&D 사업을 추진해왔으며, 아주 최근에서야 법이 수립되었다. 이전에도 법적인 근거가 다소 애매한 가운데 여러 해양과학기술 연구개발사업 중장기 계획이 수립되었으나 제도적·절차적으로도 그렇고 시기적이나 내용적으로도 미흡했다. 그에 따라 내용상 연계, 방향성의 일치도 부족했다.

사업이나 과제의 기획에 있어서는 전문기관인 KIMST의 역할이 일관되지 못하고 모호했다. 용역 또는 기획과제로 발주하여 외부 연구기관에 기획을 맡겼던 사례가 많고 직접 전문가 위원회를 조직하여 기획을 수행하기도 했다. 최근에는 PD 제도를 활용하여 내부적으로 기획을 주도하고 있는데, 이는 바람직한 변화로 보인다. 다만, 사업의 기획 체계가 확립되지 못하고 외부의 영향에 따라 방향성 없이 바뀌어왔다는 점에서 개선이 필요하다.

한편 대형 R&D 사업의 추진이 필요한 경우에 대한 정책적 의사결정이 장기적으로 적절하지 못한 사례가 많았다. 예비타당성조사의 번거로운 절차를 회피하기 위해 사업의 규모를 축소하여 추진함으로써 소기의 성과를 충분히 거두지 못한 경우도 있고, 대규모 사업이 대부분 인프라 구축 및 운영 부문으로 치우쳐서 장기적인 대형 연구개발에 적절한 투자가 이루어지지 못한 면도 있는 것으로 보인다.

2. 해양과학기술의 특성에 부합하는 기획 미비

기초연구 비중이 큰 해양과학과 산업기술, 공공 분야와 민간 산업 활동 영역, 기초-응용-개발의 연구개발단계 등에 따라 R&D의 방식, 성과물의 성격, 성과물의 수요자 등 여러 가지 면에서 차이점이 크다. 그런데 현행 해양과학기술 R&D 기획에서는 이러한 차이가 기획에 적절히 반영되지 못하고 있는 것으로 보인다. 기존 및 신규 R&D 사업과 과제에 대한 명확한 분류체계가 있어야 하며, 그에 따른 적절한 기획, 평가, 관리 방안이 마련되어야 한다. 공공적인 성격을 지니는 해양과학 분야의 R&D 사업이나 기반기술, 공공기술 분야는 정부가 적극적으로 R&D를 지원해야 할 것이나, 민간 영역에 해당하는 산업기술 분야는 반드시 필요한 경우만 국가 R&D 지원에 신중해야 할 것이다. 다만 해양수산 분야의 기업들이 대부분 영세한 규모로 운영되기 때문에 산업 특성을 고려하여 정부의 역할을 확대할 필요도 있다.

해양과학기술 특성에 따른 사업 분류와 성격에 맞는 기획 및 관리 체계가 적용된다면 기술사업화와 국민경제 기여의 성과가 활발하게 도출될 수 있을 것이며, 반면에 기초연구나 공공기술적 성격을 가진 사업들은 불필요한 사업화 성과에 대한 요구를 받지 않고 본연의 목적에 부합하는 R&D를 충실하게 수행할 수 있을 것이다.

3. 취약한 R&D 기획 역량

해양과학기술 분야는 다른 분야에 비해서 R&D 기획 역량이 상대적으로 부족하다는 인식이 있다. 이는 관련법이나 중장기 계획 수립 체계의 미비로 기인한 것도 있지만, R&D 기획 방법론이나 노하우가

부족하기 때문이기도 하였다. 이러한 문제가 가장 극명히 드러나는 부분이 예비타당성조사다. 해양수산부 R&D 사업은 타 부처에 비해서 예비타당성조사를 성공적으로 거쳐서 추진된 사례가 상당히 적다. 그나마도 남극기지 건설, 쇄빙선 등의 연구조사선 건조 등 인프라성 대형 사업이 주로 예비타당성조사를 통과한 경우이고, 일반 연구개발사업의 경우에는 매우 드물었다.

각종 기획 방법론은 널리 알려져 있고 전문기업 등에 외주를 맡기는 것도 가능하다. 문제는 R&D 기획 전체를 바라보는 지식과 경험을 갖춘 기획 전문가가 많지 않다는 점이다. 전문기관인 KIMST나 해양과학기술 분야 정부출연연구기관 등에 다양한 수준의 기획 전문가가 포진해 있어야 전문적인 해양과학기술 R&D 기획이 보다 일반화될 수 있을 것이다.

충실한 R&D 기획이 이루어지기 위해서는 사업의 성격에 따라 충분한 기획연구비와 연구기간이 확보되어야 할 것이다. 혁신적인 연구개발사업 가운데에는 기획 단계에서 실제 연구의 상당 부분이 이루어져야 하는 것들이 있다. 또한 신중하게 이해관계자와 기술 수요자의 의견을 수렴하는 과정을 거쳐서 기획이 추진되어야 하는 경우도 있다.

'제1차 해양수산과학기술 육성기본계획('18~'22)'에서는 해양수산 연구개발 분야에서 관행적 연구개발 수행에 따라 대내외적 여건변화 대응에 한계가 있다는 문제점을 지적하였다. 이는 곧 여건 변화를 사전에 예측한 기획이 부족했다는 말과 일맥상통하는 것이다. 합리적인 R&D 기획을 위해서는 동향 분석과 미래 예측이 필수적이다. 이러한 조사는 기본계획 수립 시 당연히 필요하겠지만, 더 바람직한 것은 주기적, 지속적으로 동향 및 미래예측 조사가 이루어지는 것이다.

한편 기획의 하향식 및 상향식 차원에서 기획이 정책 방향을 반영하여 추진됨으로써 R&D 기획의 전략성을 강화할 필요가 있고, 동시에 소규모 자유공모 R&D 과제가 확대되어 새로운 아이디어를 가진 연구자들에게 더 많은 기회를 제공하는 것이 바람직할 것이다.

4. 시대 변화에 대응하는 혁신의 부족

2019년도 시행계획에서는 해양수산 분야 과학기술 동향으로 기술부문에서는 4차 산업혁명 기술을 활용한 기술 개발과 국제 규제 선도를 위한 경쟁이 심화되고 있다는 점을 지적하였다. 4차 산업혁명 기술은 우리나라 국가 과학기술정책 전반에서 뜨거운 화두이며, 각 분야 R&D 기획에 반영되고 있다. 해양수산 분야에서도 몇 년 전부터 이를 언급하고 대응 필요성이 강하게 대두되고 있기는 하지만, 실제 R&D 사업이나 과제에 충분히 반영되지는 못한 것으로 알려져 있다. 초기부터 각계에서 강조했던 것에 비하면 4차 산업혁명 관련 기술이 해양수산 R&D에 충분히 적용되지 못하고 있는 것 같다.

이는 다양한 분야와의 협력 및 융복합 연구가 미진했기 때문이기도 하다. 해양수산 분야 내부에서 세부분야 간에도 소통과 협력이 필요하며, 기관 간 협조와 대화, 타 분야와의 융복합 연구 협력에 대한 열려 있는 태도가 필요하다.

한편 우리 사회가 가지고 있는 다양한 문제와 현안을 해결하기 위한 R&D가 과학기술기본계획 등에 따라 다방면에서 추진되고 있는데, 해양수산 분야에서는 아직 본격적으로 도입되지 못하고 있다. 과학기술 발전에 따른 새로운 미래 비전을 가지고 R&D를 추진해 나가는 것도 필요하지만, 우리 사회가 당면한 문제를 R&D 역량을 가지고

해결해나가는 일도 못지않게 중요하다 할 수 있다.

혁신적, 선도적 연구개발을 하기 위해서는 실패와 시행착오를 두려워하면 안 된다. 정답이 없는 선도적 R&D를 권장하기 위해서는 R&D 실패 사례에 대해서 더 많은 격려와 관용이 필요하다. 또 부적절한 의도로 하는 것이 아니라면 중복성도 어느 정도는 허용하여 동일 문제에 대한 다른 접근을 다양하게 허용할 필요도 있다.

제 6 장

해양과학기술의 성격과 R&D 기획 체계 개선방향

앞 장에서 해양과학기술 R&D 기획과 관련된 문제점과 현안을 도출하였다. 이제 이 장에서는 이러한 부분을 개선해나가기 위한 정책 방향을 제시하고자 한다. 그 전에 먼저 해양과학기술의 특성을 되짚어보고 그 성격에 따른 사업 분류를 시도해 볼 것이다. 각 R&D 사업의 성격에 부합하는 방식으로 기획되어야 연구개발의 수행, 관리, 평가, 성과 도출이 수월하게 잘 될 가능성이 높아질 것이기 때문이다.

제1절 해양과학기술의 특성과 구분

1. 해양과학기술의 성격

「해양수산과학기술 육성법」 제2조(정의)는 해양수산과학기술을 '해양 및 해양수산자원의 관리·보전과 개발·이용에 관련된 과학기술'로 정의하고 있다. 즉, 해양과학기술은 바다 그 자체와 바다의 자원

과 관련된 과학기술이라는 의미다. 해양과학기술은 바다와 해양에서 일어나는 각종 자연현상을 이해하고 인류의 필요에 따라 활용하는 기술을 개발하는 것인데, 그러기 위해서는 바다에 직·간접적으로 접근하는 것이 필수적으로 요구된다. 그런데 인간이 바다에 접근하기 위해서는 극히 제한된 범위의 연안지역을 제외하고는 선박이나 각종 시설, 장비 등을 필요로 한다. 일반적으로 이러한 시설, 장비, 선박 등은 개인이 구비하기 힘든 고가의 물품이며, 이는 어느 시대를 막론하고 마찬가지다. 유사한 수준의 자연환경을 연구하기 위해서 바다에서는 육지보다 훨씬 더 많은 투자가 필요한 것이다. 따라서 역사적으로 해양과학기술 추구에는 국가 차원의 지원이 절대적으로 요구되어 왔고, 연구개발의 규모가 더욱 확대된 20세기 이후로는 해양과학기술이 거대과학(Big science)의 범주로 인정되고 있다.

접근의 어려움으로 인하여 우리에게 해양에 관한 지식은 여전히 매우 제한적이다. 해양이라는 공간의 구조와 구성인자에 대한 이해가 상당히 부족하다고 할 수 있다. 미국 해양대기청(NOAA)에 따르면 전 세계 해중(underwater) 공간의 80% 이상이 아직 한 번도 해도작성이나 관측, 조사의 대상이 되지 못한 채 남아 있다고 한다. 또 현대적 수중 음파탐지기를 사용하여 해도작성이 이루어진 곳은 세계 해양의 10%에도 미치지 못한다.[81] 해양 생물에 대한 지식도 충분하지 못해서, 전체 해양 생물종의 1/3 내지 2/3가 아직 학명을 가지지 못한 것으로 추정된다.[82]

해양과학은 인간의 접근이 어려운 거대과학이기 때문에 기술의 발

81) NOAA, "How much of the ocean have we explored?"(검색일: 2019. 5. 17.) 본 연구과제로 추진한 전문가 원고자문 보고서 황기형(2019),『해양분야의 과학정책과 기술정책 사례 분석 및 시사점 도출』에서 재인용.

82) Appeltans et al.(2012), "The Magnitude of Global Marine Species Diversity", *Current Biology*, Vol. 22, pp. 2189~2202. 본 연구과제로 추진한 전문가 원고자문 보고서 황기형(2019),『해양분야의 과학정책과 기술정책 사례 분석 및 시사점 도출』에서 재인용.

달에 따라 획기적으로 발전하게 된다. 선박의 대형화와 다양한 기능의 탑재는 인간이 접근할 수 있는 바다의 범위와 바다에서 할 수 있는 활동의 종류를 확장시켰다. 유·무인 잠수함과 잠수 기술, 각종 센서 기술, 인공위성 등 기술의 진보는 해양과학의 발전을 초래했다.

해양과학기술은 또한 타 분야에 비해 공공적인 성격을 강하게 지닌다. 일반적으로 바다는 개인의 사적 소유물이 아닌 공공의 재산이다. 바다가 주는 혜택은 다수가 함께 누리게 되며 바다의 위험과 바다로부터 오는 재난도 개인이 방지하는 데에는 한계가 있다. 이런 점에서 해양과학기술은 시장실패 가능성이 높은 분야라고 할 수 있겠다. 따라서 대규모 예산과 기자재를 필요로 하는 해양과학기술 연구개발은 개인이 아닌 정부나 공공기관에서 주도적으로 추진하게 된다. 이러한 공공적인 성격은 기술보다는 주로 해양과학의 경우에 더욱 두드러진다. 수산업, 해운업, 해양자원개발 등 산업적 이용과 그에 필요한 기술의 개발은 해양환경과학 등 해양과학 분야에 비해서 개인이나 기업 등 특정 집단의 이익 추구를 목적으로 하는 경우가 많다. 이처럼 분야별로 구분해서 살펴보아야 하지만, 전체적으로 볼 때 해양과학기술은 다른 분야에 비해서 전반적으로 공공적인 성격이 강하다는 점은 분명하다.

2. 과학과 기술의 차이와 정책 시사점

현대사회에서 '과학'과 '기술'은 긴밀하게 상호 연관된 개념으로 흔히 '과학기술'이란 용어로 통칭된다. 하지만 엄격하게 살펴보면 그 속성에 있어서 둘은 서로 구별되는 활동이다. 해양부문의 연구개발에서 다른 분야와 구분되는 발전단계의 차이로 인하여 이 둘의 연관

성보다는 그 차이점을 분명히 인식할 필요가 있다.[83]

과학은 자연의 속성이나 자연물의 거동과 원리를 체계적으로 탐구하기 위한 활동으로 이해할 수 있다. 때로는 체계적, 논리적으로 밝혀낸 지식이나 이론을 의미하기도 하는데, 이 경우에 과학은 그것이 목적으로 하는 지식 그 자체를 말하는 것이다. 한편 기술은 과학적 지식을 인간의 욕구를 충족하거나 문제를 해결하기 위해 실용적으로 활용할 수 있는 능력을 말한다. 지식의 가치가 커진 현대에는 과학의 성과를 활용하는 데 지식의 역할을 유난히 강조하기도 한다. 이 경우에 기술은 기초과학이 이루어낸 순수한 지식을 활용하는 또 다른 지식으로 이해할 수도 있을 것이다.

과학과 기술을 혁신을 위한 연구개발의 각 단계와 연관시켜 보면, 과학 연구는 기초연구, 응용연구, 개발로 이루어진 3단계 연구개발 과정에서 가장 앞 단계인 기초연구 단계와 관련이 깊다. 기초연구란 '특정한 응용이나 사용을 염두에 두지 않고, 주로 자연현상에 관한 새로운 지식을 얻기 위해 수행되는 실험 혹은 이론 연구'를 말한다.[84] OECD에 따르면 이러한 기초연구에도 '순수 기초연구(pure basic research)'와 '지향형 기초연구(oriented basic research)'가 있다. 순수 기초연구는 '특정 목적에 적용하거나 연구결과를 응용으로 연결하려는 뚜렷한 의도를 갖지 않은 채, 순수하게 지식의 증진을 위하여 행해지는 연구'를 뜻한다. 반면 '지향형 기초연구'는 '현재에 인식되거나 미래에 예상되는 문제 해결의 배경이 될 광범위한 지식기반을 창출할 것이라는 기대와 함께 수행되는 연구'다. 이러한 연구는

83) 과학과 기술의 차이에 대한 구분은 본 연구과제로 추진한 전문가 원고자문 보고서 황기형(2019), 『해양분야의 과학정책과 기술정책 사례 분석 및 시사점 도출』의 내용을 바탕으로 작성하였음.

84) Basic research Definition, OECD Glossary of Statistical Terms (검색일: 2019. 5. 15.). 본 연구과제로 추진한 전문가 원고자문 보고서 황기형(2019), 『해양분야의 과학정책과 기술정책 사례 분석 및 시사점 도출』에서 재인용.

문제 해결에 기여할 것이라는 기대로 시작되지만, 연구 결과의 응용이 사전에 계획되어 있지는 않다. 그러므로 연구 결과물이 향후 어떻게 활용될지는 정확하게 알지 못하는 상태로 수행된다. 기초연구의 결과는 보통 사유화되기보다는 학술지 등을 통해 공개된다.

기술 개발은 보통 연구개발 과정에 있어서 응용연구 단계에 시작되는 것으로 이해된다. 응용연구는 '새로운 지식을 얻기 위해 수행되는 독창적인 탐구활동'으로서, 어떤 목적을 위한 실용화를 지향한다.[85] 앞에서 설명한 지향형 기초연구와 다른 점은 응용연구의 경우에는 특정한 목적과 연관하여 그 결과물이 어떻게 활용될지가 연구 진행 당시에 어느 정도 예측된다는 점이다.

응용연구는 기초연구를 통해 확보된 새로운 지식이 실용 목적에 활용될 수 있도록 발전시키기 위한 것이어서 '기술' 개발의 과정으로 간주될 수 있다. 하지만 응용연구는 여전히 '과학' 연구의 성격도 갖는다. 응용연구는 '개발' 단계의 활동과 같이 특정 제품이나 서비스의 개발과 직접적으로 연계되어 있지 않기 때문이다. 그보다는 실용적 목적을 향해 새로운 지식을 발전 혹은 진전시키려는 것이어서, 보다 확장된 과학 연구의 성격도 갖는다고 할 수 있다.

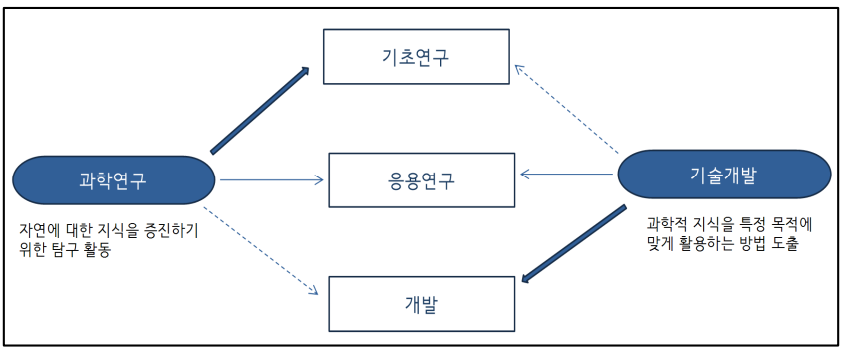
'개발' 단계의 활동은 새로운 소재, 제품, 장치, 공정, 시스템 혹은 서비스의 산출이나, 기존의 것에 대폭적인 개선을 주기 위한 것이다.[86] 그러므로 이 단계의 활동은 기본적으로 기술 개발에 해당된다.

85) Applied research Definition, OECD Glossary of Statistical Terms (검색일: 2019. 5. 15.). 본 연구과제로 추진한 전문가 원고자문 보고서 황기형(2019),『해양분야의 과학정책과 기술정책 사례 분석 및 시사점 도출』에서 재인용.

86) '개발'에 해당하는 OECD 개념은 '실험적 개발(experimental development)'로서, '연구와 경험을 통해 얻어진 지식에 의존하여 새로운 물질, 제품, 장치를 산출하고 새로운 공정이나 시스템, 서비스를 구축하거나, 기존의 것을 대폭 개선하기 위한 체계적인 작업'으로 정의된다. Experimental Development Definition, OECD Glossary of Statistical Terms (검색일: 2019. 5. 15.).

이상의 논의를 종합하여 과학과 기술의 연구개발 단계와의 연관성을 제시하면 〈그림 6-1〉과 같다.

〈그림 6-1〉 과학과 기술의 연구개발 단계와의 연관성



주 : ⟹ 관련성 높음, → 관련성 보통, ⇢ 관련성 낮음
자료: 황기형(2019), 『해양분야의 과학정책과 기술정책 사례 분석 및 시사점 도출』, p. 4.

오늘날 '혁신'에는 여러 기초과학의 지식과 기술적 지식이 상호보완적 관계에서 역동적으로 융합되는 과정이 중시되므로, 이러한 혁신을 이루어내기 위한 활동으로서 과학과 기술을 엄격히 구분하는 것이 무의미하거나 바람직하지 않다는 견해도 강하게 표출된다. 즉 과학과 기술의 상보적 관계에서 혁신의 역동성이 보장된다는 점에서 과학과 기술을 통합적으로 바라보는 시각은 정당화될 수 있다.[87] 특히 위에서 기술한 연구개발 과정의 각 단계에서도 과학연구와 기술개발이 명백하게 분리되는 것은 아니다. 예를 들어 기초연구 단계에서도 지향형 연구가 혁신적인 제품 제조에 필수적인 독창적 기술의 개발로 연결될 수 있다.[88] 또 개발 단계의 활동에서도 기존의 과학적

87) 그 한 예로서, 한국과학기술한림원(2010), 『연구개발 단계별 개념 정립에 관한 연구: 기초연구에서 개발까지』, pp. 24~25를 들 수 있다.
88) 2009년 당시 교육과학기술부는 지향성을 갖는 기초연구와 응용연구를 합하여 '원천연구'라는 개념을 제시하였다. 이에 따르면 '원천연구'란 제품이나 서비스를 개발하는 데 필수불가결한 독창적

지식을 보완, 발전시키기 위한 과학연구가 필요할 수도 있다. 연구개발의 각 단계에서 과학연구와 기술개발이 상호보완적으로 이루어진다면, 과학연구와 기술개발을 이분법적으로 분리하여 접근하는 것이 바람직하지 않다는 주장은 충분히 타당하다.

하지만 해양 부문의 경우에는 이와 같은 시각이 그대로 받아들여지기 어려운 특수성도 존재한다. 앞서 서술한 접근의 어려움 때문에 바다에 대해서는 우리가 아직 모르고 있는 사실이 너무 많다. 따라서 신기술의 도움으로 바다에 대해서 우리가 알아나가는 과정이 앞으로도 오랫동안 지속될 것이다. 이런 분야의 과학적 연구에서는 기초연구가 응용 및 개발 단계로 쉽게 전이되지 못한다. 아직도 더 밝혀야 할 사실이 많고, 아직 응용이나 개발로 나아가기에는 지식이 부족하기 때문이다.

이처럼 해양의 특수한 상황으로 인해 기초연구에 머무는 해양과학과 응용, 개발, 사업화로 이어지는 해양기술을 분리해서 생각할 필요가 있다. 두 분야에 적용되어야 할 정책 방향은 확연히 달라야 할 것이다. 예를 들어, 흔히 사업화를 촉진하기 위해서는 시장을 잘 아는 기업이 국가 R&D에 적극적으로 참여해야 한다고 말한다. 그러나 기초연구에 머무르는 해양과학 R&D를 수행해나가는 데 기업의 참여가 연구의 성공에 크게 도움을 주지 못할 가능성이 높다. 따라서 해양 분야에서 과학과 기술이 타 분야에 비해 명확하게 구분된다는 사실을 인지할 때 보다 효과적인 정책을 수립할 수 있게 될 것이다.

기술로서 지속적으로 부가가치를 창출하고 다양한 기술 분야에 응용 가능한 기술을 개발하는 연구활동으로 정의된다(교육과학기술부, 2009). 본 연구과제로 추진한 전문가 원고자문 보고서 황기형(2019), 『해양분야의 과학정책과 기술정책 사례 분석 및 시사점 도출』에서 재인용.

3. 해양과학기술 R&D의 분류

해양과학기술은 다양한 방식으로 분류된다. 주로 과학기술 분야에 따라 구분되며, 이는 '해양과학기술 표준분류체계'에 공식적으로 반영되어 있다. R&D 기획의 측면에서는 이와는 다른 방식의 분류가 필요하다.

먼저 공공 분야와 민간 분야의 해양과학기술을 구분할 수 있다. 공공 분야의 과학기술은 국가 전체, 또는 국민 다수의 필요에 의해 수행하여야 하는 연구개발로 주로 대부분 즉각적인 경제적 수익을 얻기 어려운 분야라 할 수 있다. 따라서 공공 분야 해양과학기술 R&D에는 정부의 역할이 중요하다. 반면 민간 분야는 주로 산업활동과 관련을 가지며 민간기업의 활발한 참여가 이루어질 수 있는 분야다. 민간 분야에 대한 정부의 역할은 때에 따라 필요하지만 그 정도는 제한적이다.

〈표 6-1〉 해양과학기술 R&D 분류

분류1	분류2	특징	주체
공공 분야	과학	낮은 시장가치	정부기관
	기술	낮은 시장가치, 일부 산업활용 가능	정부기관
민간 분야	과학 & 기술	산업과 연관	민간기업

자료: 저자 작성

다음으로, 해양과학(marine science)과 해양기술(marine technology)의 구분이 가능하다. 역사적으로 과학과 기술은 분리된 영역이었다. 과학과 기술 둘 다 단순하게 한 가지 방식으로 설명하기 어려운 복합적인 분야이지만, 그럼에도 과학과 기술을 개념적으로 구분할 수 있

다.[89] '지식으로서의 과학(science as knowledge)', '방법으로서의 과학(science as method)', '실천으로서의 과학(science as practice)' 등이 과학을 설명하는 대표적인 개념이다. 지식으로서의 과학은 과학의 이론이나 지식체계를 강조하는 개념이고, 방법으로서의 과학은 지식을 얻는 데 유용한 것으로 판명된 과학적 방법을 강조하는 것이다. 실천으로서의 과학은 과학 활동이 이루어지는 과정과 과학자의 역할을 중시하는 개념이다.

기술의 경우는 '인공물로서의 기술(technology as artifact)', '지식으로서의 기술(technology as knowledge)', '활동으로서의 기술(technology as activity)' 등으로 설명된다. 간단히 말하자면 인공물로서의 기술은 자동차, 컴퓨터 등 만들어진 물체를 일컫는다. 지식으로서의 기술은 기술 자체가 학문화된 것을 뜻하는데, 현대적인 표현으로는 '공학(engineering)'이 이에 해당하겠다. 활동으로서의 기술은 기술자들의 기술개발과 생산활동 등의 측면을 강조한 개념이다.

사실, 과학과 기술은 19세기 이래로 점차 긴밀하게 연관되면서 과학기술이라 불리는 하나의 분야로 점차 수렴하고 있다. 분야에 따라서 일부 과학자는 공학자나 기술자와 유사하게 실질적인 기술적 결과물을 산출하는 연구에 종사하기도 하고, 일부 공학자의 경우 자연과학자처럼 지식의 발견에 초점을 맞춰 연구활동을 수행한다.

그러나 과학과 기술의 구분은 여전히 어느 정도는 의미가 있으며, 해양과학기술의 경우에는 더더욱 중요하다. 해양과학의 경우에는 대부분 공공적 성격을 가지기 때문이다. R&D를 통해 경제적 이득을 기대할 수 없지만 공공의 이익을 위해 국가 차원에서 지원이 필요한 분야다. 해양환경 오염 관리, 기후변화 대응 등 환경 관련 분야가 대표

89) 송성수(2014), 『기술혁신이란 무엇인가』, pp. 7~26.

적인 공공 분야 해양과학의 영역이라 할 수 있다.

한편 공공 분야의 기술도 대부분 당장의 경제적 가치가 적으며 정부 지원이 필요한 분야다. 해양생태계 복원 기술, 해양쓰레기 처리 기술 등을 예로 들 수 있을 것이다. 다만, 공공 분야라 할지라도 기술의 경우는 그 개발된 결과물이 타 분야에 응용되어 경제적 가치가 상승할 수 있는 가능성이 있다.

민간 분야 과학기술의 경우 산업활동과 긴밀히 연관되어 있으며 중·단기적인 경제적 수익을 기대할 수 있는 경우가 많다. 이 분야의 경우 연구개발도 정부기관보다는 사기업의 역할이 중요하다. 민간 분야에서는 과학과 기술의 구별이 크게 의미를 가지기 어렵다. 이때는 과학의 경우에도 산업활동에 필요한 기술 개발과 직접 관련되는 경우가 많을 것이기 때문이다. 다만, 민간 분야 과학기술의 경우에도 하나의, 또는 소수의 기업체가 감당할 수 없는 대규모 기반기술 R&D, 기반시설 구축, 단기간 성공 여부가 불확실하지만 성공 시 국가 경제에 큰 영향을 미칠 수 있는 기초연구 등은 정부의 지원이 필요하다.

제2절 R&D 기획 체계 개선을 위한 추진 방향

제5장에서 해양과학기술 R&D의 몇 가지 문제점과 기획 체계 개선과 관련된 주요 현안을 검토하였다. 이어 앞 절에서는 해양과학기술의 특성을 살펴보았다. 문제점에 대한 해결방안을 제시하기 위해서는 해양과학기술이 어떠한 성격을 가지고 있으며, 타 분야와 어떤 면에서 차이를 가지는지 확인할 필요가 있었다. 이러한 내용에 이어서,

이 절에서는 해양과학기술의 특성을 고려한 해양과학기술 R&D 기획 체계 개선이 어떤 방향으로 추진되어야 할지 제시해 보고자 하였다.

〈표 6-2〉 해양과학기술 R&D 기획 체계 개선방향

R&D 기획 관련 문제점	개선방향
- 기획의 연계성, 연속성 부족 - 대형 연구개발사업 제안이 많지 않음 - 과도한 인프라성 대형사업 비중	제도적·정책적 체계 확립
- 과학-기술, 공공기술-산업기술 구분에 기반한 관리 미비 - 타 분야에 비해 기술사업화, 기술이전, 창업 미진	해양과학기술 특성에 부합하는 기획 추진
- 체계적·정기적 동향 파악과 미래 예측 위한 조사 부재 - 부족한 기획연구비 예산 규모 - 기획의 전략성 부족 - 자유공모 과제 불충분 - 기획 전문가 및 전문기관 역량 부족	R&D 기획 역량 강화 및 전문가 양성
- 4차 산업혁명 대응 미진 - 타 분야와 융복합 연구 미진 - 분야 간, 조직 간 배타성으로 인해 협력연구 미진 - 사회적 문제 해결형 R&D 기반 미비 - 실패, 중복성에 대한 관용적 태도 부족	여건변화에 대응할 수 있는 혁신적 R&D 기획

자료: 저자 작성

1. 제도적·정책적으로 확립된 체계적인 R&D 기획

국가 R&D 기본계획부터 해양과학기술 R&D 과제의 기획까지 연계되는 연속성 있는 체계를 확립하고 그에 기반해서 해양수산 분야 R&D 정책을 펼쳐나가야 한다. 그럼으로써 국가 계획 수립 시 제시된 시대적 필요와 전체적인 국가연구개발 추진 방향이 자연스럽게 해양과학기술 R&D 사업과 과제의 기획에도 영향을 미칠 수 있을 것이다.

제1차 해양과학기술 육성 기본계획이 수립되었으나, 첫 번째 기본

계획이기 때문에 수립 과정이 충실한 연구·조사에 기반하지 못했던 면이 다소 존재한다. 따라서 향후 제2차 기본계획 수립 시에는 충분한 준비를 통해 필요한 조사와 연구를 수행하고, 관계기관 및 산업계, 시민단체 등 각계와 충분히 소통하고 의견을 모아서 계획을 수립할 필요가 있다.

한편 제1차 계획이 제시하는 방향성에 맞게 현재 해양과학기술 R&D가 수행되지 못하는 부분이 있다. 예를 들어 국민들의 현안문제를 해결해줄 수 있는 R&D가 기획·추진되어야 하고 4차 산업혁명 분야의 사업 및 과제도 더 많이 발굴되어야 한다.

「해양수산과학기술 육성법」에 따라 수립된 제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획이 제시하는 방향에 맞게 향후 R&D 사업을 기획하고 추진해 나감으로써 일관되고 체계적인 R&D 사업을 진행할 필요가 있다. 또한 차기 기본계획 수립 시에는 미래 여건 예측을 포함하여 발전된 기획 방식이 도입되는 것이 바람직하다.

2. 해양과학기술의 특성에 부합하는 R&D 기획

사업의 성격에 따라 차별화된 R&D 기획을 하여야 한다. 예를 들어, 현병환 외(2006)는 연구개발단계에 따라 기획 방법론을 다르게 적용하는 것이 효과적이라고 주장하였다. 즉, 기초연구사업의 경우 논문분석을 가장 우선적으로 실시하고, 응용연구의 경우 특허분석을, 개발연구의 경우 시장조사를 먼저 하는 것이 바람직하다고 하였다. 물론 그다음으로는 나머지 두 가지 분석도 실시하게 된다.

앞 절에서 제시한 해양과학기술 분류 방식에 따라 공공 분야의 해

양과학과 해양기술, 민간 분야의 해양과학기술에 각각 다른 기획, 관리, 평가 방법을 적용할 수 있을 것이다. 즉, 공공 분야 해양과학의 경우 시장에 대한 고려 없이 기초연구 중심으로 기획되어야 한다. 평가의 척도도 국가 및 국민의 공공적 필요에 얼마나 잘 부응했는지 여부를 확인할 수 있는 지표를 선정하여야 한다. 성과로는 과학적 자료, 보고서, 논문, 정부 정책에 대한 기여도 등을 들 수 있을 것이다.

공공 분야 해양기술의 경우에도 해양과학과 마찬가지로 국가 및 국민의 공공적 필요에 대한 대응이 중요하지만, 기술 개발이 이루어지는 분야이기 때문에 기획을 할 때 기초, 응용, 개발 단계에 대한 계획이 모두 포함되어야 한다. 또한 기술 특허가 성과의 지표에 포함될 수 있을 것이다.

민간 분야 해양과학기술의 경우 R&D 기획 시 사업화나 창업까지 포함하는, 전 주기를 고려한 기획이 이루어져야 한다. 시장에 대해 가장 잘 알고 있으며, 실질적인 기술 수요자인 기업이 R&D 기획에 적극적으로 참여하도록 독려하는 것도 중요하다. 이러한 영역의 R&D의 경우 평가 시 기초연구 단계에서는 논문, 개발 단계에서는 사업화 실적을 위주로 평가하는 등 단계적인 평가 체계 활용이 적절할 것으로 보인다. 이러한 분야에 대한 성공적인 국가 R&D의 성과로 해양수산 분야에서 다수의 원천기술 확보, 산업 융성, 경쟁력 있는 중소·벤처 기업의 활약, 그로 인한 양질의 많은 일자리 창출 등을 기대할 수 있을 것이다.

공공적 성격을 강하게 가지는 해양환경, 기후변화 등 해양과학은 시장실패 분야에 해당한다. 따라서 해양수산부가 책임감을 가지고 끈기 있게 지속적인 R&D 사업을 추진해나가야 한다. 한편 산업기술의 경우 산업부 등 관계부처나 관련 기관들과 적절한 협의와 조율이

수행되어야 하며, 기업의 참여를 독려하는 것이 중요하다. 해양수산부의 경우에는 산업부와 정책영역 경계가 모호하여 R&D 추진에도 어려움이 있다. 산업과 관련된 R&D의 경우 이러한 부처 간 문제로 인해 사업화까지 잘 이어지기 힘든 경우도 많다. 따라서 해양수산부는 일차적으로 공공 분야에 대한 R&D에 우선순위를 두고 추진하고, 산업과 연관성이 큰 해양과학기술 R&D의 경우 해양수산 연관성을 고려하여 신중하게 추진할 필요가 있다.

3. R&D 기획 역량 강화 및 전문가 양성

해양수산 분야에 다양한 R&D 기획 전문가가 양성되어야 하고, 전반적인 기획 역량 강화가 필요하다. 정책 전문가, 과학기술 전문가 등 다양한 배경의 사람들이 기획의 큰 틀과 세부적인 방법론에 익숙해져야 R&D 기획 전문가가 될 수 있다. 이를 위해 기획 방법론을 배우고 숙달시킬 기회가 제공되면 도움이 될 것이며, 각종 계획 수립 및 사업 기획 시 가능한 한 많은 사람들을 참여시켜서 충분한 경험을 쌓을 수 있도록 돕는 것이 장기적으로 바람직하다. 기획을 제대로 하기 위해서는 R&D 연구의 수행 단계(기초, 응용, 개발), 사업화 연구 단계, 그 이후까지도 잘 알아야 전 주기를 고려한 R&D 기획이 이루어질 수 있을 것이다.

해양수산 분야의 R&D 국가계획 수립을 위해서는 전문기관인 해양수산과학기술진흥원의 역할이 중요하다. 기관 내부적으로 기획을 위한 인프라를 축적해 나가야 하며, 전문인력을 양성하여 지속적으로 성장할 수 있도록 지원하여야 한다. 또한 세부적인 기획을 모두 기관 내부에서 할 수는 없기 때문에 다양한 관련 분야 전문가들과 네트워크를 유지, 강화해나갈 필요가 있다.

한편 사업 기획에 있어서는 적절한 기획 기법 활용이 가능할 수 있도록 해양수산부 및 해양수산과학기술진흥원에서 독려하고, 각 R&D 기획 수행기관에서도 노력할 필요가 있다. 다양한 R&D 기획 기법들이 형식적으로 쓰이지 않고 필요한 부분에서 적절하게 사용될 수 있도록 기획 방법론에 대한 이해의 폭과 깊이가 확대되도록 하여야 하겠다. 특히 대형사업을 발굴하고 성공적으로 예비타당성조사에 대응하기 위해서는 해양수산 분야 관련 기관 및 전문가의 기획 역량 확대와 예타 경험의 지속적인 축적이 필요하다.

R&D 기획에 필요한 빠른 동향 파악을 위해서도 노력이 필요하다. 미래 예측, 국제협력 및 국제규제와 관련된 최신 정보의 활용, 4차 산업혁명 등 기술·사회 변화 대응을 위해 체계적이고 정기적인 조사 및 연구를 실시하여야 한다. 과기부의 경우 2년마다 미래기술 예측 조사를 실시하고 있다. 해양수산부도 이러한 정례적인 조사를 통해 미래 기술 변화와 여건 변화를 예견하고, 미래 수요를 사전에 파악하여 단계별 R&D 기획에 반영하는 것이 필요하다.

한편 기획 과정을 보다 더 신중하게 할 필요도 있다. 사회적 동의가 필요한 사안에 있어서는 시간을 들여서 충분한 합의가 도출될 수 있어야 하며, 이러한 과정이 제도화될 수 있도록 R&D 기획 체계를 개선해나가야 한다. 기술적으로도 기획 단계에서 충실한 연구가 필요한 경우가 있는데, 이때 사전 연구가 제대로 되지 않으면 R&D를 하게 되더라도 원하는 성과를 얻기 힘들 수 있다. 따라서 충분한 예산과 기간을 가지고 사전연구를 충실히 수행할 수 있도록 보장될 필요가 있다.

4. 여건 변화에 적절히 대응하는 혁신적 R&D 기획

상당히 오래전부터 혁신적인 연구개발의 필수 요소로 기술 융복합이 손꼽혀 왔다. R&D를 통한 혁신을 유도하기 위해서는 다양한 분야의 기술 융합과 분야 간 협업, 창의성을 발현할 수 있는 여건 마련 등에 힘써야 한다. 그런데 앞서 살펴본 바와 같이 해양수산 분야는 타 분야에 비해 상대적으로 분야 간·기관 간 장벽이 커서 기술 분야 간 융합이나 협동 연구가 어려운 편이다. 개방적인 R&D 문화 조성을 통해 융합 연구를 활성화할 수 있는 정책 개발과 시행이 필요할 것으로 보인다.

4차 산업혁명으로 지칭되는 최근의 급격한 기술적·사회적 발전에 적극적으로 대응하여야 한다. 해양수산 분야에서 기술적·사회적으로 4차 산업혁명이 가져올 변화를 예측하고 이에 대응하기 위한 연구가 필요하다. 또 새로운 시대에 발맞춰 나가기 위해서는 해양수산 분야 4차 산업혁명 관련 기술개발 R&D에 적극적으로 임해야 한다. 이를 위해 필요하다면 타 분야 전문가의 해양 분야로의 유입, 분야 간 협력 촉진 등을 위한 전략을 세워 기술 융합이 원활히 이루어질 수 있게 하는 방안도 고려할 수 있을 것이다.

혁신을 위해서는 새롭고 과감한 창의적인 시도가 많이 이루어질 수 있어야 한다. 그러나 새로운 시도는 시행착오로 이어질 확률 또한 매우 높다. 실패에 대한 관용적인 태도가 정부나 관리기관에서 보다 확산되어 새로운 시도를 격려하고 지속적으로 유도할 필요가 있다. 이를 위해서는 중복된 주제를 다루는 R&D 과제에 대한 제재도 다소 완화할 필요가 있다. 지금보다 자유공모 과제에 대한 문호를 넓히는 것도 창의적인 연구를 촉진할 수 있는 방법이 될 것이다. 이미 기획

연구를 통해서 R&D 추진 계획이 정해진 사업들의 틀 내에서보다 더 신선한 연구개발이 자유공모 과제를 통해 이루어질 수 있는 가능성이 있다.

R&D가 기술적 수요에 대응하는 것도 중요하지만 사회적인 수요를 충족시키는 데 활용될 필요도 있다. 우리 사회가 맞닥뜨리고 있는 많은 크고 작은 문제들이 국가 R&D를 통해서 해결될 수 있다. 필요하다면 새로운 기술을 개발할 수도 있고, 경우에 따라서는 기존 기술을 변형하거나 조금 개량해서 적용할 수 있을 것이다. 이를 위해서는 먼저 R&D가 필요한 해양수산 분야의 사회적 문제들을 규정하고 필요한 R&D 사업을 기획해야 한다. 이러한 모든 과정에서 상향식 접근이 바람직하다. 다양한 이해관계자들 간 협의와 토론을 위한 기구, 장치, 체계가 필요하다. 사회적 문제 해결을 위한 R&D를 통해서도 기술 혁신이 가능하며, 이때의 기술 혁신은 사회적 필요에 보다 직접적으로 부응하는 것으로 많은 사람들에게 도움을 줄 수 있을 것이다.

제 7 장

결론 및 정책 제언

제1절 요약 및 결론

국가연구개발사업의 기획은 국가 R&D 각 단계별 계획을 수립하는 과정이라고도 할 수 있다. 이 계획은 R&D 단계에 따라 각기 다른 수준으로 만들어진다. 우리나라에서 가장 상위의 법정계획은 과학기술기본계획이다. 이 계획의 기본방향에 따라 부처별 R&D 기본계획이 수립되며, 해양수산부의 경우 해양수산과학기술 육성 기본계획이 있다. 기본계획에 따라 매년 시행계획을 수립·시행하고 있다. 그다음으로 사업 기획의 단계가 있다. 부처별로 주로 전문기관이 주관하여 R&D 사업에 대한 기획연구를 추진한다. 사업 밑으로 R&D 과제가 있으나, 이제는 기획은 주로 사업 단위로 진행된다. 대형 R&D 사업의 경우 예비타당성조사를 받아야 한다.

해양과학기술 R&D 기획 현황을 보면 타 분야에 비해 다른 점을 발견할 수 있다. 먼저 해양수산 분야는 해양과학기술을 관장하는 법

을 최근에 제정하였다. 그에 따라 R&D 기본계획 및 시행계획이 법정 계획으로 체계적으로 마련되기 시작한 지 아직 얼마 되지 않았다. 따라서 R&D 기획의 법·제도적 체계가 정착되고 잘 작동할 수 있도록 정책적 관심과 노력이 요구된다.

해양과학기술 R&D의 경우 기획에 미래 예측 및 최신 동향을 반영하는 시스템이 잘 구축되어 있지 못하다. 정기적인 동향 조사 및 미래 전망이 R&D 기획의 기반이 되어야 할 것이다. 최신 국내외 동향을 잘 반영하고 있는 R&D 사업의 경우에도 형식적으로 트렌드를 따라가는 데 그치지 말고 내실 있는 연구개발을 통해 실질적인 결과를 얻을 수 있어야 한다. 이를 위해 기획 역량 강화와 충분한 기획연구 예산 확보가 필요하다.

해양수산 분야는 R&D의 기술사업화를 통한 산업 기여가 낮은 편에 속한다. 이는 공공기술이 주류를 이루는 해양과학기술의 특성에 따라 불가피한 면이 없지 않지만, 한편으로는 더 나은 기획을 통해 개선이 가능할 것이다. 사업화까지 전 주기를 포함하는 R&D 사업 기획이 중요하다.

지금은 4차 산업혁명기로 인식되고 있다. 많은 기술적, 사회적 변화가 일어나고 있으며, 이러한 변화에 적절히 대응하지 못하면 뒤처질 수밖에 없을 것이다. 해양수산 분야는 타 분야에 비해 4차 산업혁명의 흐름에 잘 부응하지 못하고 있다. 이는 혁신 역량 부족에 기인한다고도 할 수 있는데, 기술 혁신의 중요 요소 중 하나가 융복합 연구개발이다. 해양수산 분야 내부에서, 또 다른 분야들과 협력과 소통이 잘 이루어져야 한다. 열린 자세로 소통할 때 융복합 기술개발도 원활히 일어나고 해양수산 분야의 기술 혁신 역량도 성장하게 될 것이다.

제2절 정책 제언

해양과학기술 R&D 기획 체계 개선을 위해 해양수산부 및 관계기관의 정책적 노력이 요구되고 있다. 여기서는 이를 두 가지로 요약하여 제시하고자 한다.

첫째, 해양과학기술 연구개발 사업 및 과제를 성격에 따라 분류하고 그 분류 결과에 따라 다른 방식으로 기획하는 체계를 마련하여야 한다. 전문기관인 해양수산과학기술진흥원은 주제의 공공성, 산업 관련성, 연구개발 단계 등을 고려하여 각각의 R&D 사업(또는 과제)을 분류하여 그에 적합한 방식으로 기획연구를 추진하여야 한다. 사업의 성격에 따라 사업화가 필요한 산업지향적 기술개발인 경우 기획부터 연구의 수행까지 기업이 주관 연구기관으로 적극 참여할 수 있도록 독려할 필요가 있다. 기획 단계부터 사업의 성과지표로 사업화 관련 사항을 명확하게 제시하고 필요시 창업 등에 대한 지원도 고려하여야 한다. 반면 공공성이 강한 해양과학 성격의 사업은 기초연구에 충실할 수 있도록 그에 맞는 성과지표와 로드맵을 제시하여야 한다.

둘째, 다양한 융복합 연구개발이 자연스럽게 이루어질 수 있는 개방적인 문화 조성을 위한 정책적 노력이 필요하다. 지속적으로 다양한 분야가 연계된 R&D 사업 기획을 적극 권장하고 우선 지원함으로써 다분야 융복합성 R&D 사업이 확대될 수 있는 여건을 마련하여야 한다. 충분한 계기와 분위기가 조성되면 ICT 관련 분야들을 포함하여 다양한 여러 분야와 해양수산 분야의 지식, 기술, 관점 등이 만남으로써 새로운 혁신이 창출될 수 있을 것이다. 다만, 소수의 성공적인 기술혁신을 위해서는 다수의 실패와 시행착오가 있을 수 있으므

로 실패를 용인하는 제도와 분위기를 마련할 필요도 있다. 타 분야와의 협력 못지않게 해양수산 분야 내에서도 서로 다른 세부 분야 간의 소통과 협력이 필요하다. 해양수산 분야 내 세부 분야 간, 또 타 분야들과 대화와 소통, 나아가 공동 연구가 원활하게 진행될 수 있도록 공동 학술행사, 다부처 협동 R&D 사업, 연구개발 인력의 파견 등 다양한 방식으로 만남과 대화의 계기를 마련해주는 것도 초창기에는 의미가 있을 것으로 보인다.

각각의 R&D 사업이 목적에 맞게 잘 추진되고 소기의 성과를 내기 위해서는 단계별로 적기에 합리적인 기획을 하는 것이 무엇보다 중요하다. 그러나 기획된 R&D 사업이 국가계획부터 사업 기획연구에서 제시된 그대로 추진될 수 있도록 하는 것도 마찬가지로 중요하다. 정부와 전문기관은 정책기획부터 사업기획 단계까지 신중하게 국가 R&D를 기획하고, 기획된 바대로 기간, 예산, 수행 방식 등의 측면에서 연구개발이 진행되어 예정된 성과를 도출할 수 있도록 R&D 사업을 관리할 필요가 있다. 물론 사회·경제적, 기술적 여건 변화에 따라 기획된 내용의 수정이 불가피하거나 평가를 통해 변화가 필요한 것으로 판명된 경우에는 적절한 조치를 취하여야 할 것이다.

참고문헌

〈국내 문헌〉

교육과학기술부, 『원천연구 개념 및 비중 산정』, 2009. 9.

「과학기술기본법」(법률 제15556호, 2018. 4. 17.)

과학기술정책연구원, "일본의 과학기술기본법", 『과학기술정책동향』, 1996.4., pp. 95~105.

_____, 『독일의 연구개발 시스템 현황 분석과 한국과의 비교 시사점』, STEPI Insight 제166호(2015. 5. 15.).

「국가연구개발사업 등의 성과평가 및 성과관리에 관한 법률」(법률 제14839호, 2017. 7. 26.)

「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」(대통령령 제 29625호, 2019. 3. 19.)

국토해양부, 『해양환경기술개발사업 중장기 기본계획 수립을 위한 기획연구』(주관연구책임자: 조용갑), 2011. 4.

_____, 『해양 학술 SOC 국제동향 조사 및 중장기 구축방안 연구』(주관연구책임자: 한기원), 2012. 8.

김방룡, "일본의 ICT R&D 예산 배분체계와 시사점", 『전자통신동향분석』 제31권 제4호(2016. 8.), 한국전자통신연구원, pp. 107~117.

미래창조과학부·KISTEP, 『국가연구개발사업 연구관리 표준매뉴얼』, 2017. 6.

박광서·최석우·김정우·김태한·박일란, 「일본의 수출규제가 해양수산업계에 미치는 영향」, 『KMI 동향분석』, Vol. 141, 한국해양수산개발원, 2019.

성지은, 『세계 주요국의 과학기술혁신정책 조정체계와 최고 조정기구 비교분석』, STEPI Working Paper Series, WP 2010-06, 과학기술정책연구원, 2010.

_____, 「미국의 과학기술혁신정책과 거버넌스 현황」, 『과학기술정책』, 2017년 3월호(통권224호).

송성수, 『기술혁신이란 무엇인가』, 생각의 힘, 2014.

유종태, 『일본의 연구개발 동향』, KISTEP 기술동향브리프, 2018-08호, 한국과학기술기획평가원.

윤진효·현병환·서정해, “연기개발기획 방법론 연구 – 시장밀착형 신연구개발기획 기법의 탐색”, 한국기술혁신학회 학술대회, 2006. 11., pp.139~154.

이장재, 『기술기획 측면에서 본 국가연구개발사업의 현황과 발전 방향』, 2006.

이장재·현병환·최영훈, 『과학기술정책론 – 현상과 이론』, 경문사, 2011.

이주석·김승연, 『독일의 연구개발 동향』, KISTEP 기술동향브리프, 2018-02호, 한국과학기술기획평가원, 2018.

최문정 외, 『주요국의 과학기술계 정부연구기관 정책동향 조사』, 연구보고 2010-21, 한국과학기술기획평가원, 2010.

한국과학기술기획평가원, 『2016년도 글로벌 R&D 투자동향 분석」, 2016.

_____, 『해외 주요국의 연구기획 및 관리제도 벤치마킹 연구』, 2013.

한국과학기술한림원, 『연구개발 단계별 개념 정립에 관한 연구: 기초연구에서 개발까지』, 2010.

한국산업기술진흥원, 『국가 R&D 선진형 평가 프로세스 구축방안』, 2014.

한국선급, 기술세미나 발표자료, 2019.

한국해양과학기술진흥원, 『해양수산 R&D 10년 분석』(주관연구책임자: 남정호), 2016.

한국해양수산개발원, 『주요 해양과학기술 분야 해외 사례 조사 보고서』(KMI 내부자료), 2019.

「해양수산과학기술 육성법」(법률 제16288호, 2019. 1. 15.)

해양수산과학기술진흥원, 『해양수산과학기술연구개발사업 기획연구 매뉴얼』, 2019. 2.

해양수산부, 「해양수산 R&D 기획연구체계 개편 방안」, 2017.

_____, 「제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획('18~'22)」, 2018. 6.

_____, 「2019년도 해양수산 과학기술 육성 시행계획」, 2018. 12.

「해양수산 연구개발사업 운영규정」(해양수산부훈령 제463호, 2019. 3. 4.)

현병환·윤진효·서정해, 『신연구개발기획론: 특허, 시장, 논문 분석의 통합을 중심으로』, 경문사, 2006.

홍성기, 「주요국 과학기술 전략·정책(미국, 일본)」, 『SERI 벤치마킹 DB』, 2016

황기형, 『해양분야의 과학정책과 기술정책 사례 분석 및 시사점 도출』(KMI 원고자문 보고서), 2019. 6.

〈해외 문헌〉

Appeltans, Ward, Shane T Ahyong, Gary Anderson, Martin V. Angel, Tom Artois, Nicolas Bailly, Roger Bamber, Anthony Barber, Ilse Bartsch, Annalisa Bert a, et al., "The Magnitude of Global Marine Species Diversity", *Current Biol ogy*, Vol. 22, 2012.

Blei, David M., Andrew Y. Ng and Michael I. Jordan, "Latent Dirichlet Allocation," *Journal of Machine Learning Research* 3 (2003), pp. 993~1022.

BMBF, *Daten und Fakten zum deutschen Forschungs - und Innovationssystem*, 2018.

BMBF, *Federal Report on Research and Innovation 2018*, 2018.

Greene, Derek, Derek O'Callaghan and Padraig Cunningham, "How Many Topic s? Stability Analysis for Topic Models," *Proceedings of the European conf erence on machine learning (ECML'14)*, Springer (2014), pp. 498-513.

National Science & Technology Council (Subcommittee on Ocean Science and Tech nology, Committee on Environment), *Science and Technology for America's Oceans: A Decadal Vision*, 2018.

〈인터넷 자료〉

중앙일보, 「한국 '과기행정 업그레이드' 일본서 배워라」, 2008, https://news.joins.com/article/3018098(검색일: 2019. 6. 18).

해양수산해외산업정보포털 https://www.kmi.re.kr/globalnews/posts/list.do?rbsIdx=1&page=311 (검색일: 2019. 4. 28.)

해양수산 R&D 지식정보시스템, https://ofris.kimst.re.kr/ (검색일: 2019. 5. 3.)

_____, 공모형 R&D 사업개편현황, https://ofris.kimst.re.kr/_subContent.do?srcUpMenuId=MN30&srcSubMenuId=MN30S05&src3rdSubMenuId=MN30S05T06 (검색일: 2019. 5. 1)

_____, R&D 사업 검색 결과, https://ofris.kimst.re.kr/pr/bp/selectPjtForTotalList.do (검색일: 2019. 6. 16)

NOAA, "How much of the ocean have we explored?", https://oceanservice.noaa.gov/ facts/exploration.html. (검색일: 2019. 5. 17.)

OECD Glossary of Statistical Terms, https://stats.oecd.org/ glossary/detail.asp?ID=192 (검색일: 2019. 5. 15.)

부록

〈부록 1〉 해양과학기술 R&D 사업체계 변천 현황

2006~2007	2008~2009	2010~2011	2012	2013	2014	2015년 이후
해양광물자원	해양광물자원탐사 및 이용	해양에너지 및 자원이용	미래해양자원 이용	미래해양자원 이용	미래해양자원 이용	미래해양자원 이용
해양심층수 다목적 이용	해양수자원 이용					
해양에너지 실용화	해양에너지 실용화		해양청정에너지	해양청정에너지	해양청정에너지	해양청정에너지
마린바이오21	해양생명공학	해양생명공학	해양생명공학	해양수산생명공학	해양수산생명공학	해양수산생명공학
				해조류 바이오메스 통합 활용 기반	해조류 바이오메스 통합 활용 기반	
				포스트게놈 다부처유전체	포스트게놈 다부처유전체	포스트게놈 다부처유전체
황해환경종합조사	해양환경 보전	해양환경	해양환경	해양수산환경	해양수산환경	해양수산환경
새만금해역해양환경영향조사						
해양생태계내분비계장애물질연구	해양환경 복원					
해양CO2 저감 및 처리	기후변화대응					
해양폐기물수거처리 실용화	해양환경 개선				해양CCS	해양CCS
해양환경안전	해양안전	해양안전 및 해양교통시설	해양안전 및 해양교통시설	해양안전 및 해양교통시설	해양안전 및 해양교통시설	해양안전 및 해양교통시설
국가위성항법시스템 구축	해양교통 기반시설					
첨단항로표지						
-	-	대형해양과학조사선 건조	대형해양과학조사선 건조	대형해양과학조사선 건조	대형해양과학조사선 건조	대형해양과학조사선 건조
종합해양과학조사선건조	종합해양과학조사선건조	연구장비개발 및 인프라 구축	해양장비개발 및 인프라 구축	해양장비개발 및 인프라 구축	해양장비개발 및 인프라 구축	해양장비개발 및 인프라 구축
해양공간자원 및 장비 개발	해양장비					
극지해양조사연구	극지연구 인프라 구축			극지 및 대양과학연구	극지 및 대양과학연구	극지 및 대양과학연구
	해양과학조사		남극제2기지건설사업	남극제2기지건설사업	남극제2기지건설사업	-
해양관측 및 조사	해양관측 인프라 구축	해양과학조사 및 예보	해양과학조사 및 예보	해양과학조사 및 예보	해양과학조사 및 예보	해양과학조사 및 예보
			차세대해양관측위성개발	차세대해양관측위성개발	차세대해양관측위성개발	차세대해양관측위성개발
	국제공동연구	국제공동연구	해양 R&D 역량강화	해양과학국제연구	해양과학국제연구	해양과학국제연구
연구기획평가	연구기획 평가	해양연구기획		해양수산연구기획	해양수산연구기획	해양수산연구기획

2006~2007	2008~2009	2010~2011	2012	2013	2014	2015년 이후
	미래해양기술 개발	미래해양산업기술 개발	미래해양산업기술	미래해양산업기술	미래해양산업기술	미래해양산업기술
	해양중소벤처기술지원					
해양한국발전프로그램	지역R&D 역량강화	지역R&D 역량강화	해양기술지역특성화	해양기술지역특성화	해양기술지역특성화	해양기술지역특성화
수산실용화	수산실용화	수산실용화	수산실용화	수산연구센터지원	수산연구센터지원	수산실용화
				수산실용화	수산실용화	
				-	-	수산물유통가공
				Golden Seed 프로젝트	Golden Seed 프로젝트	Golden Seed 프로젝트
첨단항만건설	첨단항만건설	첨단항만건설	첨단항만건설	첨단항만물류	첨단항만물류	첨단항만물류
	물류시스템 개선	첨단물류	첨단물류			

자료: OFRIS, 공모형 R&D 사업개편현황 (검색일: 2019. 5. 1)

〈부록 2〉 국내 해양과학기술 R&D 사업별, 연도별 과제 수

사업명	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	합계
해양광물자원 개발	4	4													8
해양광물자원탐사 및 이용기술개발			4	4											8
해양심층수 다목적 이용	1	1													2
해양에너지실용화기술개발	2	2	3	3											10
해양수자원이용기술개발			2	2											4
해양에너지 및 자원 이용기술 개발					11	16	15								42
해양에너지 및 해양공간 이용기술 개발							1		1						2
미래해양자원기술개발								5	4	5	8	9	2	2	35
해양청정에너지기술개발								10	7	6	8	9	8	4	52
조류발전 청정재생에너지시스템 개발														1	1
마린바이오21	7	7													14
해양생명공학기술개발			13	13	17	17	19	21							100
해양 생물자원 탐사 개발 연구							1								1
미래해양생물자원 개발								1	1						2
해조류 바이오매스 통합 활용 기반 구축									1						1
지속가능한 해양생태계 관리 및 미래 유용자원 탐색 활용										1	1	9	9		20
해양수산생명공학기술개발									24	27	29	20	19	14	133
포스트게놈다부처유전체									1	1	1	1	1	1	6
해양 바이오 전략소재 개발 및 상용화														34	34
해양바이오, 전략광물자원 개발 및 미개척 대양 신자원 탐사														4	4

사업명	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19
황해환경종합조사	4	3												
새만금해역해양환경영향조사	1	1												
CO2 저감처리기술개발		2												
해조류이용온실가스저감기술개발	1													
CO2 해양처리기술개발	1													
해양폐기물 수거,처리 실용화기술개발	1	1												
해양환경보전 기술개발			5	5										
해양환경복원기술개발			5	8										
기후변화대응기술개발			5	8										
기후변화 예측 및 해양재해 대응기술 개발							1							
기후변화대응 및 해양환경보전 강화								1						
기후변화 및 해양재해대응기술 개발									1					
해양연구를 통한 기후변화 예측 및 대응										1	1	13	7	
기후변화 예측 및 해양환경 변화 대응														3
해양환경개선기술개발			6	6										
해양환경기술개발					18	17	15	9						
해양환경보전 및 해양생태계 관리							1		1					
해양수산환경기술개발									9	11	11	12	11	7
해양CCS기술개발									1	1				
해양환경 보전 기술 개발 및 해양오염 관리체제 강화										1	1	5	6	
해양오염 및 해양경비지원기술														5
해양환경안전기술개발	4	7												

사업명	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	합계
국가위성항법보정시스템 구축		1													1
첨단항로표지기술개발	2	2													4
선박안전기술개발	2														2
해양안전기술개발			7	13											20
해상교통기반시설 기술개발			3	3											6
해양안전 및 해양교통시설기술개발					15	13	16	15	15	12	16	12	8	5	127
IMO 선박 국제규제 선도기술개발													5	7	12
LNG 벙커링 핵심기술 개발 및 체계 구축													7	8	15
선박배출 미세먼지 통합저감 기술개발														5	5
해양구조기술개발														2	2
종합해양과학조사선 건조	1	1	1	1											4
대형해양과학조사선 건조					2	1	1	1	1	1					7
해양공간자원 및 장비개발	4	4													8
해양장비기술개발			3	4											7
해양과학조사연구			7	8											15
연구장비개발 및 인프라 구축					9	10	7								26
해양장비개발 및 인프라 구축								11	12	14	15	13	13	9	87
연구선 산학연 공동활용 연구														1	1
해양장비 연구성과 활용촉진														1	1
해양공학 핵심기술 및 첨단장비 개발														2	2
극지해양조사연구	3	3													6
극지연구인프라구축			1	1											2

사업명	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19
남극제2기지건설								1	1					
극지고유 유전자원 확보 및 이용기술 개발			1		1									
극지 고유생물 유래 대사체 실용 연구								1						
글로벌 이슈대응 과제									5	6	7			
미래탐구 과제									2	2	2			
극지 인프라 구축운영 및 Hub 기능 정립 과제									2	3	2	2	2	
글로벌 기후변화에 대한 남극의 역할 규명												8	9	
극지 및 대양과학연구									4	4	5	7	7	7
미답지 도전과 극지자원 활용 기술을 바탕으로 미래가치 창출												6	7	
콜드러시 시대를 주도하는 전략적 북극진출 발판 마련												4	4	
해양관측 및 조사	9	11												
해양관측조사 인프라구축			5	5										
해양과학조사 및 예보기술 개발					10	10	17	10	11	12	13	10	10	8
차세대해양관측위성개발								1	1	2				
장비시스템구축비											1	1	1	1
정지궤도복합위성개발사업											2	2	2	2
해양영토 관리 및 국가 해양관리체계 구축을 위한 과학기술 개발										1	1	7	6	
해양방위, 재난 및 공간관리 기술 개발														3
연구기획평가		10	13	14										
국제공동연구			6	7	7	5	6							
해양연구기획					13	11	14							
해양 R&D 역량강화								23						

사업명	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	합계
해양과학국제연구									5	5	5	5	5	5	30
해양수산기획연구													2		2
해양수산연구기획									20	19	19	12			70
해양한국발전프로그램	1														1
미래해양 기술개발			19	22											41
해양중소벤처기술개발				12											12
지역 R&D 역량강화		5	6	9	9	6	7								42
해양기술지역특성화								7							7
미래해양산업기술개발					31	28	29	32	32	43	54	66	71	38	424
부처임무형사업							1	1							2
창의사업							1	1	1						3
실용화 과제									3	3	4				10
창의연구사업									1	4	2	2	2		11
해양산업 수요기반 기술개발 사업														20	20
미래선도사업														1	1
특정수산기술개발	73	81													154
수산연구개발사업			69												69
수산동물전염병방역 및 검역체계구축							1								1
수산연구센터지원								2	2						4
수산물 유통가공 기술개발										7					7
수산생물방역체계구축								2	2	2	2	1			9
수산실용화기술개발사업							7	73	56	65	58	55	36	25	375

사업명	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19
수산시험연구							71	66	69	71	69	67	70	
수산식품산업기술개발											11	14	10	2
해양수산기술지역특성화									8	8	8	10	10	9
수산전문인력양성													6	3
어업현장의 현안해결 지원														6
차세대 수산물 품질관리 및 검역시스템 구축														1
수산연구시설 및 선박관리							1	1	1	1	1			
차세대한국형어선개발												1	1	
차세대 안전복지형 어선개발														1
첨단항만건설기술개발	8	7	6	8	6	8	6							
물류시스템개선기술개발			1	1										
첨단물류기술개발					1	1	1							
첨단 해양운송체 및 플랜트 핵심기술 개발							1							
첨단항만공학 및 해양시스템 기술 개발								1						
첨단항만물류기술개발								8	7	8	8	4	3	1
연안항만 관리 및 해양에너지 활용기술 개발										1	1	4	4	
안전한 항만 구축 및 관리기술개발													3	3
IoT 기반 지능형 항만물류 기술개발														2
합계(연도별 과제 수)	129	153	191	157	150	143	240	304	312	348	366	391	367	253
연도별 사업 수	19	19	23	22	14	13	24	25	34	32	31	31	34	38

자료: OFRIS, R&D 사업 검색 결과 (검색일: 2019. 6. 16)

기본연구보고서 발간목록

2018년

01	해양환경영향평가제도의 실효성 확보를 위한 개선 연구	박수진
02	공유수면매립 정책의 개선과 전환에 관한 연구	윤성순
03	도서지역 해양관광 발전전략 연구 : 관광행태 분석을 통한 수요 대응을 중심으로	홍장원
04	양식장 해양쓰레기 자원순환 방안 연구	김경신
05	수산부문 전망모형「KMI-FOSiM」구축연구 - 양식산업 전망모형 구축을 중심으로 -	이헌동
06	수산업 주요 연관산업의 글로벌 경쟁력에 관한 연구	임경희
07	인구소멸 시대의 어촌사회 정책 연구	박상우
08	국내 가두리 양식장 어장환경개선 방안	마창모
09	어업여건 변화에 대응한 연근해 어업의 허가제도 개선 방안	엄선희
10	과학적 해양사고조사체계 도입 및 구축기반 연구	박한선
11	컨테이너 해상물동량 예측 모형 구축방안 연구	고병욱
12	해운기업의 경영성과에 미치는 영향분석 연구	황진회
13	건설용 모래 공급사슬관리(SCM) 방안 - 바다모래 가치 재산정을 중심으로 -	이언경
14	항만산업 종합통계 연구	하태영
15	항만 위험물 컨테이너 공급사슬 관리방안 연구	최나영환
16	국내 컨테이너항만의 비용 함수 추정 및 효율성 연구	최석우
17	신규 해사산업 진흥을 위한 법제도 개선방안	박한선
18	환동해권 물류 및 지역개발 기업진출 사례 분석 및 추진전략	이기열

2017년

01	미래 수산업·어촌 발전을 위한 정책방향 연구	김대영
02	연안침식 대응정책의 개선방안 연구	윤성순
03	해양준조세 산정체계 개선방안	장정인
04	해역의 효과적 관리를 위한 도서 활용 방안 연구	최지연
05	반려동물산업 성장에 따른 수산분야 펫푸드 산업 활성화 방안	장홍석

06	강마을 지역경제 활성화를 위한 전략	박상우
07	Post-2020 국제기후변화 규범체계에 대응한 해양정책 개선방안 연구	박수진
08	한국 수산식품 세계화 전략 수립 연구 -수산물 수출을 중심으로-	임경희
09	양식산업 재난 위기관리에 관한 연구	마창모
10	해운기업의 선박투자 행태 분석과 대응방안	김태일
11	IMO 지속발전 전략계획(SP) 대응방안 연구	박한선
12	컨테이너 해운산업 구조개선을 통한 경쟁력 제고 방안 연구	고병욱
13	동북아 전자상거래 해상운송 전환수요 분석	이기열
14	컨테이너 해운기업의 환적 패턴 분석과 항만의 대응방안	김은수
15	현장수요기반 IoT/빅데이터 항만하역 안전시스템 구축방안 연구	전형모
16	지진에 대비한 항만기능 유지의 필요성과 추진방안	김우선

수시연구보고서 발간목록

2018년

01	선화주 상생발전을 위한 해운산업투자 확대방안 연구	윤재웅
02	새로운 어선등록제 도입을 위한 제도 개선방안 연구	엄선희
03	낚시관리 실행력 제고 방안 연구	이정삼
04	해양생태도의 정책 활용도 제고방안 연구	박수진
05	국내 항만 대기오염물질 배출 저감조치의 운영실태 조사 및 개선방안연구	안용성
06	농축산물 등의 관세행정 제도개선을 통한 항만배후단지內 FTZ활성화 방안연구	조지성
07	최저임금상승이 항만연관산업에 미치는 영향 및 대응방안	이기열
08	수산업·어촌분야 공익적 가치 평가체계 수립 및 사회적 경제 도입방안 연구	류정곤

2017년

01	파나마운하 확장에 따른 해운물류환경변화와 정책대응 방안	박용안
02	해양문화정책 방향에 관한 연구	홍장원
03	4차 산업혁명과 해운산업 정책방향	황진회
04	제주도 항만거버넌스 개선방안 연구	김근섭

05	수산물 산지경매사 직무 및 시험체계 개발	장홍석
06	한·중·일 신선물류산업 활성화 방안	장홍석
07	연안항 지정기준 개선방안 연구	김근섭
08	지속가능한 갯벌어업을 위한 로드맵 마련 연구 - 갯벌어업 패류양식을 중심으로 -	마창모
09	해양수산 공공부문 인재육성 정책 방향	홍현표

현안연구보고서 발간목록

2018년

01	미얀마 국립수산대학 설립 추진 방안 연구	정명화
02	연안여객 해상교통의 대중교통체계 구축 방안 연구	김태일
03	해조류 국제양식규범확산에 따른 국내 김산업 수용태세 분석 -ASC인증을 중심으로-	이상철
04	청년일자리 창출을 위한 해양수산 인력양성 방안 연구 - 국제물류 청년인력을 중심으로 -	박광서
05	컨테이너 화물 해상운송계약 개선방안 연구	윤재웅
06	청년 물류인력 해외진출 정주 지원사업 구상 연구	김은수
07	자율운항선박 도입 관련 대응정책 방향 연구	박혜리
08	연안토지매입 동향과 도입 가능성 검토	윤성순
09	강릉선 KTX 개통에 따른 해양관광 수용태세 개선방안 연구	최일선
10	선박관리산업 육성을 통한 청년 일자리 창출 방안 연구	최영석
11	시민 참여형 연안·해양정보 생산·활용방안	정지호
12	부산항 배후지 부가가치활동 확대를 통한 일자리 창출 연구	하태영
13	해양바이오 산업화를 위한 국가연구개발사업 추진 방향 연구	한기원
14	근로시간 단축제도 시행에 따른 해양수산업 고용영향 분석	장정인
15	어린물고기 남획실태 및 보호정책 연구	이정삼
16	남북관계 개선에 따른 항만물류 부문의 협력사업 발굴	이기열
17	한국 제조기업의 SCM 역량 강화 방안에 관한 연구	신수용
18	제3자 물류산업 발전방향 연구– 대기업 물루자회사의 역할을 중심으로	고병욱
19	신남방정책 이행을 위한 한-베트남 수산식품·가공분야 개발협력 방안 연구	정명화

20	신 해양도시 조성 필요성 연구	최지연
21	지역 해양수산 혁신사업 발굴과 추진방향	최지연
22	학교급식의 수산물 이용 활성화 방안	문석란
23	주민주도의 에너지 자립형 어촌마을 모델 연구	박상우
24	페루 수산업 실태 및 수산 협력 방향	엄선희
25	경제총조사 마이크로데이터를 이용한 어촌지역 고용지표 통계생산	한광석
26	서해평화수역 조성을 위한 정책방향 연구	남정호
27	해양치유산업 육성을 통한 해양휴양복지서비스 도입방안	홍장원
28	어촌지역재생을 통한 청년일자리 창출방안 연구	박상우
29	해상풍력클러스터 조성을 위한 항만 및 배후단지 활용방안 연구	이종필
30	IMO 배출가스 규제 강화에 대비한 국내 해운산업 대응 전략	이호춘
31	외래병해충에 대한 항만분야 방제체계 개선방안	최나영환
32	수산분야 블록체인기술 도입에 관한 연구	고동훈

2017년

01	우리나라 해운금융의 한계 및 발전방향	전형진
02	한투발루 협력 증진을 위한 참다랑어 외해양식 투자의 타당성 분석	마창모
03	AMP 설치 수요조사 및 추진과제 연구	이언경
04	해외 진출 무역업체의 한국인 포워더 수요 추정 연구	신수용
05	선박교통관제(VTS) 운영효율화 방안 연구	박한선
06	부산 영도구·중구 도시재생사업 추진방안 -한진중공업·자갈치시장 사례 중심-	최나영환
07	수산시장의 소비자 신뢰 제고를 위한 정책 지원방안 연구	이헌동
08	산업정책적 관점에서의 주요국 해운정책 분석 및 정책방향 연구	고병욱
09	연안형 도시재생 기본구상 -부산 원도심 및 영도지역 사례 분석-	최지연
10	갯벌 복원 수요 확대에 따른 복원 표준모형 개발 방향	육근형
11	항만보안 관리체계 효율화 방안 연구	김찬호
12	전자상거래 기반 상업항 개발전략	최상희
13	항만 내 어항구 개발과 관리제도 개선방안에 관한 연구	한광석
14	해운 얼라이언스 개편과 부산항 신항 환적 운영 개선 방향 연구	김은수
15	PA관할 항만 항계 확장에 따른 어업피해보상비 분담기준 마련	김근섭

16	페루 수산시장 현황 및 진출방안	정명화
17	러·일 간 남쿠릴 열도 분쟁의 최근 동향	현대송
18	부산항 신항 혼합형 전용터미널(Hybrid liner terminal) 시스템 도입방안 연구	김근섭
19	해양경비 여건 분석과 역량 강화 방안	윤성순
20	바닷모래의 이용실태와 관리 개선방향	윤성순
21	우리나라 구조조정 정책사례 및 시사점 -한진해운을 중심으로-	황진회
22	한국 컨테이너선대 육성의 필요성	김태일
23	어촌지역 고용지표 통계생산을 위한 기초연구	한광석
24	우리나라 항만산업 고용통계 조사 연구	하태영
25	뉴질랜드·노르웨이의 양식 수산물 수출 전략	임경희
26	빅데이터 적용 해운항만산업 연구분석 우선순위 연구	최종희
27	해양수산 생명자원정책의 개선방향에 관한 연구	박수진
28	미·중 수산물 수출 비관세장벽 동향 및 대응 방안	임경희
29	도시-어촌 상생협력 인식도 조사	이상철
30	크루즈산업의 일자리 창출 규모와 정책과제	황진회
31	내항여객운송사업 운영체계 개선방안	김태일
32	우리나라의 배출규제해역(ECA) 도입 방안 연구	이기열
33	친환경에너지 정책 추진강화에 따른 항만의 신재생에너지 확대방안	심기섭
34	해양수산 일자리 창출분야 및 고용효과 분석	박광서
35	선박에 의한 대기오염물질 배출량 산정체계 개선 방안	안용성
36	해양휴양복지 활성화 정책방안 연구	홍장원
37	G20 해양쓰레기 실행계획의 국내 이행 방안	김경신
38	물류기업 해외진출 지원사업 평가 및 실효성 제고 방안	신수용
39	2018 국내 물류기술 수요조사 및 분석	최상희
40	도시청년 일자리 창출을 위한 도시형 어촌 개발 콘텐츠 발굴 연구	박상우
41	4차 산업혁명시대 항만물류산업 고도화 방안 연구	이언경
42	원양어선 승무 선원의 스트레스 분석에 관한 연구	이승우
43	일자리 창출을 위한 우리나라 항만 경제특구 발전 방향	박성준
44	해양주권 강화를 위한 무인도서 기초정보 개선 연구	정지호
45	세계경영을 위한 해외 터미널 및 물류시설 투자방안	박주동
46	연안 소규모 하·폐수 처리시설의 관리 문제점 및 개선방향	장원근
47	거대선사의 시장지배력 확대에 대한 국적선사의 대응 방향	전형진

48	해양법 관련 최근 판례 및 동향 분석 - 남중국해 분쟁 등 해양법 판례 중심 -	최지현
49	화주 관점의 항만배후단지 역할 제고 방향	김은수

일반연구보고서 발간목록

2018년

01	전라남도 작은 SOC사업 활성화 방안- 소규모 항·포구 개선사업 -	김근섭
02	2019 국내 물류기술 수요조사 및 분석	최상희
03	러시아 ARCTIC LNG-2 사업 참여 방안 연구	김민수
04	물류기술 R&D 추진동향 분석 연구	강무홍
05	우리나라 기업의 일대일로 물류분야 협력방안 연구	김형근
06	북한 동해 해양관광 활성화 방안	윤인주
07	해양수산 분야 북극권 4차 산업기술 수요조사 및 분석연구	김민수
08	경상북도 논 생태양식 육성 방안	이상철
09	남북관계 변화에 따른 해운협력 기반 구축 방안	황진회
10	영토 권원 이론의 현대적 발전과 한계	김원희
11	동해표기 문제 연구 - 동해 지명의 국제적 인지도 확산 방안	현대송
12	우리나라 기업의 창장물류 활용방안 연구	김형근
13	태국의 수산물 소비 트렌드 분석 및 수출전략 연구	임경희
14	제주 해상풍력발전지구 제도 개선 연구	육근형
15	해양수산 분야「9 브릿지」구축 방안 연구	박성준
16	강원도 어촌 신활력 제고방안	박상우

메가트렌드 분석을 통한 해양과학기술 연구개발사업 추진 방향 연구

인　　쇄 ‖ 2019년 11월 28일 인쇄

발　　행 ‖ 2019년 11월 30일 발행

발 행 인 ‖ 장 영 태

발 행 처 ‖ 한국해양수산개발원

49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

연 락 처 ‖ 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)

등　　록 ‖ 1984년 8월 6일　　제313-1984-1호

조판·인쇄 ‖ 갭스앤디 컴퍼니 (051-911-9890)

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel : 394-0337

정가 15,000원