

해양바이오 산업화 촉진을 위한 국가연구개발사업 추진 방향 연구

Policy Directions of National Research &
Development Program for the Promotion of
Marine Biotechnology Industry

2018. 9.

한기원 | 좌미라



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

연구진	한기원 한국해양수산개발원 해양연구본부 전문연구원 좌미라 한국해양수산개발원 해양연구본부 연구원
-----	--

보고서 집필 내역	
연구책임자	한기원 제1장, 제2장, 제4장 제2절, 제3절, 제5장

연구진	좌미라 제3장, 제4장 제1절
-----	------------------

산·학·연·정 연구자문위원	이배진 (주)마린바이오프로세스 대표 백상규 (주)해양기술정책연구소 소장 고대승 제주테크노파크 바이오융합센터 센터장 남택정 부경대학교 교수 차형준 포항공과대학교 교수 김석관 과학기술정책연구원 연구위원 이경재 해양수산과학기술진흥원 실장 김정애 해양수산과학기술진흥원 연구원
----------------	--

※ 순서는 산·학·연·정 순임

목차

❖ 요약 · i

제 1 장 서론 · 1

제1절 연구의 배경 및 필요성	1
제2절 연구 목적	4
제3절 연구 내용 및 방법	4
1. 연구 범위 및 주요 내용	4
2. 연구 방법	5
제4절 선행연구 검토	6

제 2 장 해양바이오 기술 및 산업의 개요 · 9

제1절 해양바이오 기술의 개념과 분류	9
제2절 해양수산생명공학기술개발사업	13
제3절 해양바이오 산업화 정책	16

제 3 장 해양바이오 R&D 추진 현황 및 성과 분석 · 19

제1절 해양바이오 R&D 추진 현황	19
1. 분석 개요	19
2. 연도별 정부출연금 및 세부과제 수	21
3. 연구개발 단계별 분석	24
4. 연구기관 유형별 수행 현황	28

5. 해양바이오 산업분야별 분석	36
6. 해양수산과학기술 분류체계별 분석	41
제2절 해양바이오 R&D 연구자 네트워크 분석	44
1. 분석 개요	44
2. 연구자 네트워크 분석	45
3. 연구자 소속기관 유형 및 전공분야 블록모델링	49
제3절 해양바이오 R&D 추진 성과	55
1. 분석 개요	55
2. 논문 및 특허 성과	56
3. 사업화 성과	65

제 4 장	해양바이오 R&D사업 및 산업화 실태 분석 · 69
제1절 전문가 심층 인터뷰 개요	69
제2절 해양바이오 R&D사업 실태	70
1. 해양바이오 R&D사업의 구성 및 타 분야 사업과의 중복성	70
2. 해양바이오 산업화 R&D 과제의 필요성	71
3. 해양바이오 R&D 관리의 문제점	72
4. 기관별 역할 분담	74
5. 산업화 성과에 대한 원인분석 및 성공모델 확립	77
6. 해양바이오 R&D 자료의 신뢰성 확보	78
제3절 해양바이오 R&D의 산업화 실태	79
1. 해양바이오 산업의 성격과 시장 여건	79
2. 원료물질의 확보와 공급	81
3. 전문인력, 지역격차, 전문 컨설팅 지원 등	82

제 5 장	해양바이오 R&D 체계의 산업화 저해요인과 개선방향 · 85
제1절 해양바이오 R&D 체계의 산업화 저해요인	85
1. 해양바이오 R&D사업의 이질적인 구성	86

2. R&D 투자 규모 부족과 투자 전략의 일관성 부족	87
3. 연구기관들의 비효과적 역할분담	88
4. 연구관리 전문기관의 기획·관리·평가 체계	89
5. 해양바이오 산업화 성공사례 부재	90
6. 기능성 물질 자료 공유 체계 부족	91
7. 해양천연물 소재의 지적재산권 보호	92
8. 해양바이오 전문인력 부족	92
제2절 해양바이오 산업화 촉진을 위한 국가 R&D 체계 개선방향 ...	93
1. 연구개발 과제의 성격을 고려한 R&D 관리 및 지원	94
2. 해양바이오 분야 전략적 투자 확대	95
3. 기관 특성에 맞는 R&D 추진 및 기업체 주관 과제 확대	96
4. 평가위원 선정의 일관성 유지 및 산업화 성과지표 강화	97
5. 원인분석과 산업화 모델 확립에 따른 효율적 추진	99
6. 해양생물 유래 유용물질 정보 공유 체계 활성화	100
7. 해양바이오 지적재산권 및 해외진출 지원 컨설팅 제도 강화	100
8. 해양바이오 전문인력 양성을 위한 R&D 추진	101



참고문헌 · 103



부록 · 107

표 목차



〈표 1-1〉 선행연구 현황	7
〈표 2-1〉 해양바이오 관련 개념의 정의	11
〈표 2-2〉 해양수산과학기술 분류체계에 따른 해양바이오의 범위	12
〈표 2-3〉 해양바이오 산업의 분류	13
〈표 3-1〉 기관 유형별 주요 기관의 정부출연금 및 세부과제 수('05~'17)	33
〈표 3-2〉 해양바이오 R&D 정부출연금 상위 기관('05~'17)	34
〈표 3-3〉 해양바이오 연구자 네트워크 매개중심성 상위 10위 연구자('06~'18) ...	48
〈표 3-4〉 연구기관 유형별 과제 구분('06~'18)	52
〈표 3-5〉 전공분야별 연구자 수('06~'18)	53
〈표 3-6〉 해양바이오 산업분류에 따른 기술이전 성과('07~'16)	67
〈표 5-1〉 해양바이오 R&D 체계의 주요 문제점	85
〈표 5-2〉 해양바이오 R&D 체계 개선방향	93

그림 목차

〈그림 1-1〉 해양바이오 산업화 과정	3
〈그림 3-1〉 해양바이오 R&D 예산의 연도별 추이('05~'17)	22
〈그림 3-2〉 해양바이오 R&D 세부과제 수의 연도별 추이('05~'17)	24
〈그림 3-3〉 연구개발 단계별 정부출연금('05~'17)	25
〈그림 3-4〉 연구개발 단계별 정부출연금의 연도별 추이('05~'17)	26
〈그림 3-5〉 연구개발 단계별 세부과제 수('05~'17)	27
〈그림 3-6〉 연구개발 단계별 세부과제 수의 연도별 추이('05~'17)	28
〈그림 3-7〉 연구기관 유형별 정부출연금 및 세부과제 수('05~'17)	29
〈그림 3-8〉 연구기관 유형별 정부출연금의 연도별 추이('05~'17)	31
〈그림 3-9〉 연구기관별 정부출연금 비교('05~'17)	34
〈그림 3-10〉 연구개발 단계에 따른 기관 유형별 정부출연금('05~'17)	35
〈그림 3-11〉 연구개발 단계에 따른 기관 유형별 세부과제 수('05~'17)	36
〈그림 3-12〉 해양바이오 산업분야별 R&D 정부출연금('05~'17)	37
〈그림 3-13〉 해양바이오 산업분야별 R&D 정부출연금의 연도별 추이('05~'17)	39
〈그림 3-14〉 해양바이오 산업분야별-연구단계별 예산 투자 현황('05~'17)	40
〈그림 3-15〉 해양바이오 산업분야별 연구기관 유형('05~'17)	41
〈그림 3-16〉 해양수산과학기술 분류체계별 연구비 투자 현황('05~'17)	42
〈그림 3-17〉 해양수산과학기술 분류체계별-연구단계별 투자 현황('05~'17)	43
〈그림 3-18〉 해양수산과학기술 분류체계별 연구기관 유형('05~'17)	43
〈그림 3-19〉 해양바이오 R&D 연구자 네트워크('06~'18)	47
〈그림 3-20〉 연구기관 네트워크의 축약 그래프('06~'18)	50
〈그림 3-21〉 전공분야 네트워크의 축약 그래프('06~'18)	54
〈그림 3-22〉 연도별 SCI 논문 성과('07~'16)	58
〈그림 3-23〉 해양바이오 R&D 특허 성과('07~'16)	59

〈그림 3-24〉 해양바이오 R&D 연도별 특허 성과 추이('07~'16)	60
〈그림 3-25〉 해양바이오 R&D 연구단계별 논문 및 특허 성과('07~'16)	61
〈그림 3-26〉 SCI 논문 성과 상위 5개 기관('07~'16)	62
〈그림 3-27〉 국내 특허 출원(좌) 및 등록(우) 성과 상위 5개 기관('07~'16)	62
〈그림 3-28〉 해외 특허 출원(좌) 및 등록(우) 성과 상위 5개 기관('07~'16)	63
〈그림 3-29〉 해양바이오 산업분야별 논문 및 특허 성과('07~'16)	64
〈그림 3-30〉 해양수산과학기술 분류체계별 수행 성과('07~'16)	65
〈그림 3-31〉 해양바이오 R&D 연도별 기술료('07~'16)	66
〈그림 3-32〉 연구기관별 기술료 징수 성과('07~'16)	68

요약

해양바이오 산업화 촉진을 위한 국가연구개발사업 추진 방향 연구

해양바이오 기술은 2000년대 초 이래 해양수산부의 주요 국가연구개발사업 분야로 자리매김했다. 해양바이오 분야 R&D 투자는 지속적으로 증가하고 있으며, 그에 따라 정부는 정책적으로 해양바이오 산업화를 강조하고 있다. 그러나 아직까지 해양바이오 기술개발사업이 산업화에 성공한 사례는 매우 드물다. 본 연구는 해양바이오 분야 국가 R&D사업의 실태와 산업화에 걸림돌이 되는 요인들을 살펴보고 개선방향을 제안하고자 하였다.

국가과학기술지식정보서비스(NTIS) 자료에 따르면 해양바이오 R&D사업이 본격적으로 수행된 2005년부터 2017년까지 해양수산부의 해양수산생명공학기술개발사업 투자는 총 2,486억 원에 달했다. 2005년 62억 원에서 2017년 281억 원으로 4.5배 이상 증가하였으며, 연평균 증가율은 약 13.4%이다. R&D 예산 투입을 연구개발 단계에 따라 구분해보면, 기초연구 32.6%, 응용연구 31.4%, 개발연구 36.0%로 나타난다. 이 중에서 산업화와 관련이 큰 개발연구는 2012년부터 증가하기 시작하여 2014년부터는 가장 높은 예산 비중을 차지하게 된다.

연구기관 유형별로 해양바이오 R&D 투자 현황을 보면, 대학이 54.0%, 정부출연연구소가 35.7%, 기업이 6.4%, 국공립연구소가 3.9%의 비중을 각각 차지한다. 기업의 비중은 최근 들어 점차 증가하고 있지만 여전히 9.1%에 머물고 있어(2016년 기준) 타 분야의 R&D에 비해 낮은 수준에 머무르고 있다. 이처럼 기업의 참여가 적은 것을 해양바이오 산업화가 저조한 요인으로 지적되기도 한다. 기업은 연구개발 단계상 산업화와 직결될 가능성이 높은 개발연구를 주로 수행하고 있기 때문이다.

해양바이오 R&D 성과는 논문, 특허, 기술이전 건수, 기술료 등을 들 수 있다. 2007~2016년의 해양바이오 SCI 논문 성과는 총 958편으로 정부출연금 1억 원당 평균 0.47편인데 이는 타 분야 바이오 R&D사업이나 해양수산부 타 분야 R&D사업에 비해 높은 수치이다. 특허의 경우에도 같은 기간 국내 출원 499건, 국내 등록 290건, 해외 출원 160건, 해외 등록 66건으로 예산 대비 상당히 우수한 수준이다. 반면 해양바이오 R&D 기술이전 실적은 총 43건, 기술료는 총 589.5백만 원으로 논문이나 특허 실적에 비해 미미한 수준이다.

기술료가 낮다는 것은 산업화가 미흡했기 때문이며, 그 개선책을 도출하기 위해 해양바이오 전문가들에 대한 심층 인터뷰를 실시하였다. 이 결과 첫째, 산업화를 위한 전략적인 R&D 투자가 필요하다. 특히 기업 주도의 산업화를 목적으로 하는 개발 단계 연구과제 지원이 확대되어야 한다. 둘째, 해양바이오 R&D 전반의 산업화 촉진을 위해서는 특허, 기술이전 등의 성과지표 활용을 강화하는 등 R&D 관리체계의 지속적인 혁신도 요구됨을 알 수 있었다. 셋째, 해양바이오 R&D 산업화 성공사례에 대한 철저한 원인분석을 통해 산업화 R&D 모델을 확립하고 이를 향후 해양바이오 R&D사업 기획·관리에 활용하여야 한다. 마지막으로, 기능성 물질 관련 자료 공유 체계를 활성화하고, 해양천연물 소재의 지적재산권 보호 방안을 확립하고, 해

양바이오 전문인력을 양성하는 등 해양바이오 산업화를 위한 인프라를 강화할 필요가 있다.

이러한 필요성에 따라 본 연구에서는 다음과 같은 정책방향을 제시하였다. 해양바이오 R&D 과제의 성격을 고려한 R&D 관리, 해양바이오 분야 전략적 투자 확대, 기관 특성에 맞는 R&D 추진, 기업체 주관 산업화 R&D 과제 확대, 평가위원 선정의 일관성 유지 및 산업화 성과지표 강화, 원인분석과 산업화 모델 확립, 해양생물 유래 유용물질 정보 공유 체계 활성화, 해양바이오 지적재산권 및 해외진출 컨설팅 제도 강화, 해양바이오 전문인력 양성을 위한 R&D 추진 등이다.

해양바이오 R&D는 ‘해양생명자원’을 이용하여 ‘생명공학기술’을 개발하는 사업

■ 해양바이오 기술 개발은 해양수산부의 해양수산생명공학기술개발 사업을 통해 추진

- 「해양수산생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률」은 “해양수산생명공학”을 “해양수산생명자원을 이용하여 산업적으로 유용한 생산물을 만들거나 생산공정을 개선할 목적으로 생물학적 시스템, 생체유전체 또는 그들로부터 유래되는 물질을 연구·활용하는 학문과 기술을 말한다”라고 정의함
- 해양바이오 산업은 “해양바이오 자원과 해양바이오 기술을 활용하여 인류에게 편익을 가져다줄 수 있는 상품과 서비스를 생산, 제공하는 산업으로, 자원, 식품, 의약, 화학, 에너지, 환경, 기기장비, 연구개발 및 서비스를 포함”한다고 정의할 수 있음

- 해양수산부의 해양바이오 R&D사업인 해양수산생명공학기술개발사업은 '04년 '마린바이오21' 사업이라는 명칭으로 시작됨

해양바이오 R&D 기술통계 분석을 통해 정부출연금 규모가 점차 확대되고 있음을 확인

■ '05~'17년 해양수산부가 투자한 해양생명공학 R&D 과제를 분석

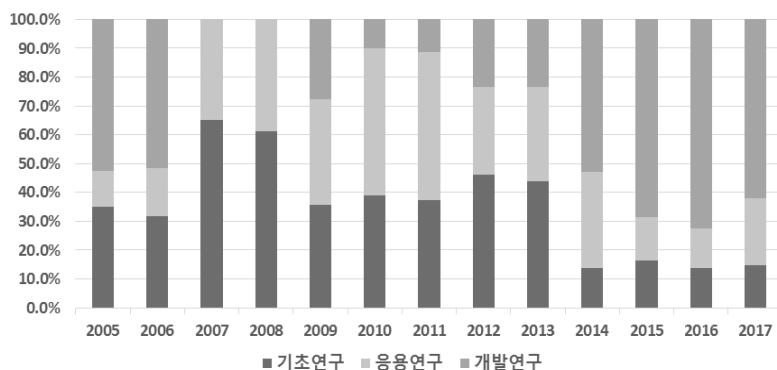
- 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)에서 제공하는 자료를 세부 과제 단위로 분석하였으며, 전체 분석대상 기간 동안 총 465건을 도출함
- '05년부터 '17년까지 해양수산부가 지원한 해양바이오 R&D 규모는 총 2,485.6억 원으로 '05년 62억 원에서 '17년 281억 원으로 4.5배 이상 증가하였음
- 연평균 증가율은 약 13.4%로 이 시기의 우리나라 전체 정부 바이오 R&D 및 우리나라 전체 정부 R&D 투자 연평균 증가율을 크게 상회하는 수준임
- 그러나, 예산의 절대적인 규모에 있어서는 타 부처의 바이오 분야에 비하면 여전히 낮은 수준에 머물고 있음

■ 연구개발 단계를 살펴보면, 개발연구의 정부출연금 투자 비중이 점차 증가하는 추세

- 해양바이오 R&D 예산의 연구개발 단계별 비중은 기초연구 32.6%, 응용연구 31.4%, 그리고 개발연구 36.0%임
- 초기에는 거의 추진되지 않았던 개발연구가 '12년 이후부터 증가하여 '14년부터는 가장 높은 비중을 유지하고 있음

- '16년에는 72.5%로 개발연구가 최고치를 달성하는 등 뚜렷한 증가 추세를 보이고 있는 것이 가장 큰 특징임
- 이와 대조적으로 기초연구 단계는 '14년부터 뚜렷하게 감소하여 '16년에는 13.7%로 가장 낮은 비중을 차지하였음
- 응용연구 단계 역시 기초단계와 유사하게 지속적으로 감소하는 경향을 보이고 있음

그림 1. 연구개발 단계별 정부출연금의 연도별 추이('05~'17)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

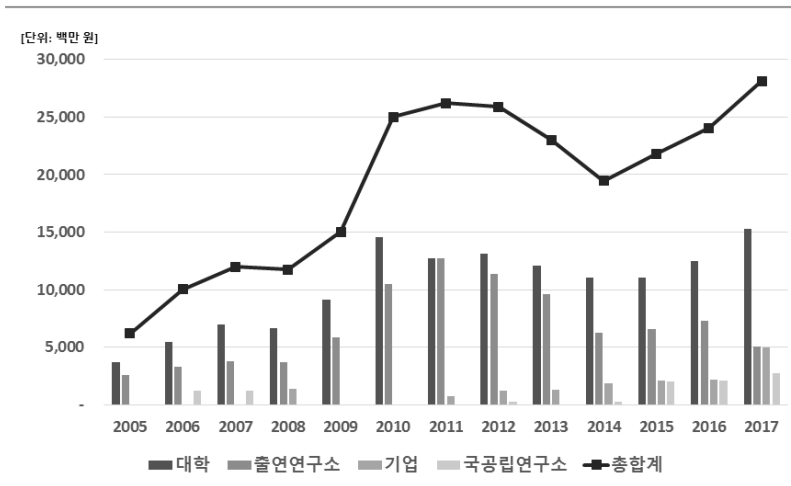
대학과 정부출연연구소가 해양바이오 R&D사업을 주도하고 있으며, 기업의 비중은 작지만 점차 확대되는 추세

- 연구기관 유형별로 보면 정부출연금 기준으로 대학이 해양바이오 R&D를 주도하였으며, 기업의 비중은 매우 낮은 수준
 - 해양바이오 R&D 정부출연금을 연구기관 유형별로 분석하면, 대학이 전체 예산의 54.0%, 출연연 35.7%, 기업과 국공립연구소

는 각각 6.4%와 3.9%를 차지함

- 대학은 정부출연연구소에 비해 소액 다과제 형태로 연구를 수행하고 있는 반면, 출연연은 모든 연구기관 유형 중 단위 과제당 예산 규모가 가장 큼
- 기업도 대학과 유사한 형태를 보였는데, 전체 예산 중 기업이 6.4%만을 차지하고 있지만 전체 과제의 14.2%를 수행하였음

그림 2. 연구기관 유형별 정부출연금의 연도별 추이('05~'17)

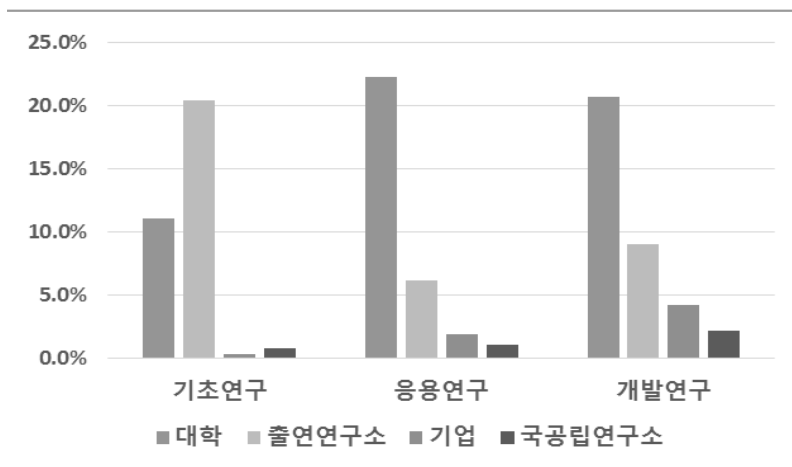


자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

- 연도별로 보면, 대학의 예산은 '10년까지는 점진적으로 증가하다가 '14년까지 일시적인 감소 후 다시 증가하는 추세임
- 출연연은 2000년대 후반부터 '11년까지 급격하게 예산이 증가하였으나 이후 감소하고 있음
- 기업은 2000년대에 예산이 거의 전무하다가 '11년부터 적지만 꾸준히 증가하여 '17년에는 출연연과 거의 같은 수준까지 도달함

- 해양바이오 R&D 기초연구는 주로 출연연이 주도하고 있고, 응용과 개발 연구는 대학 주도하에 기업의 비중이 점차 증가
 - 대학의 경우 주로 응용 및 개발 연구에 연구비를 투입한 반면, 출연연은 기초연구 비중이 확연하게 높음
 - 기업의 경우 기초연구 비중은 극히 낮지만, 개발연구 단계에서 눈에 띄게 증가하여 출연연의 거의 절반에 가까운 예산을 차지하고 있음

그림 3. 연구개발 단계에 따른 기관 유형별 정부출연금('05~'17)

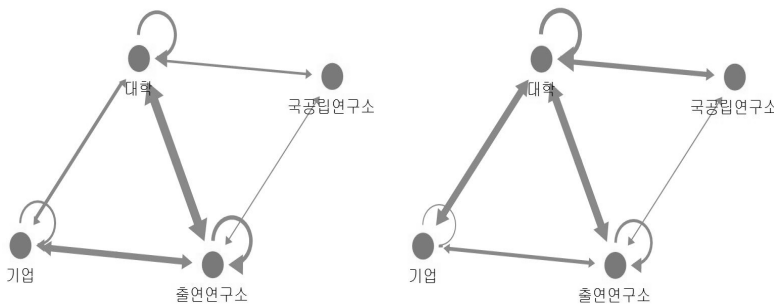


자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

- 연구기관 유형 블록모델링 결과, 해양바이오 산업화를 활성화하기 위해서는 특히 대학과 기업 간의 협력체계를 강화해야 함을 확인
 - 대학과 출연연 간의 공동연구 관계가 가장 활발하며, 이 두 가지 기관 유형은 모두 전문 연구인력과 연구시설 등 자체 연구역량을 보유하고 있으므로 동일 유형 내 연구자들 간의 공동연구도 활발한 편임

- 반면, 기업은 자체 연구역량에 한계가 있으므로 기업 간 협력관계보다는 대학이나 출연연과의 공동연구가 더 많이 이루어지고 있음
- 공동연구의 횟수를 기준으로 하면 대학과 기업 간의 공동연구가 더 많으나 밀도를 고려하면 출연연과 기업의 공동연구 비율이 상대적으로 더 높음

그림 4. 연구기관 네트워크의 축약 그래프
(좌: Block Density Matrix, 우: Block Sum Matrix)('06~'18)



자료: 저자 작성(KIMST 내부자료 활용)

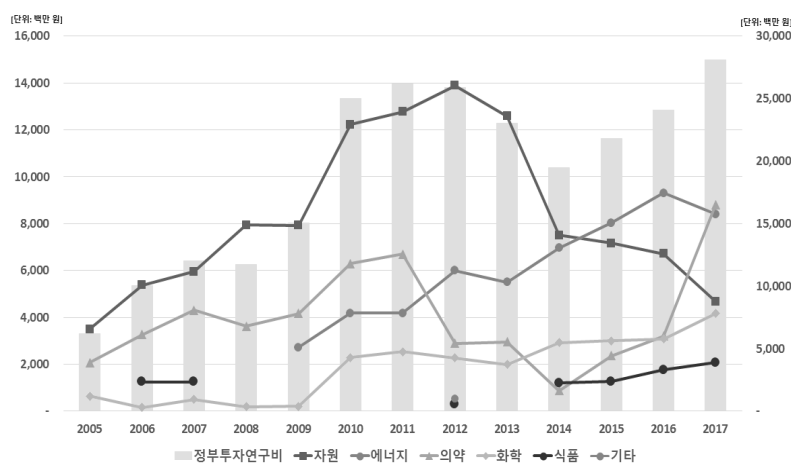
■ 산업분야별 분석에 따르면 ‘자원’ 분야가 전체 정부출연금의 43.5%로 가장 높은 비중을 차지

- ‘에너지’와 ‘의약’은 20% 초반대로 거의 비슷한 비중을 차지하였으며, ‘화학’과 ‘식품’ 분야는 각각 9.6%와 3.7%를 차지함
- 연도별로 보면, 가장 큰 규모의 투자가 이루어졌던 ‘자원’ 분야는 ’12년까지 점진적으로 투자 규모가 증가하다가 이후에는 눈에 띄게 감소함
- ‘의약’ 분야는 정부출연금이 지속적으로 증가하다가 ’11년 이후 큰 폭으로 감소하여 ’14년에 최저점을 기록한 후 ’17년에는 기

존의 최고치였던 '11년의 예산을 능가하는 수준으로 회복함

- '에너지' 분야는 상대적으로 낮은 시기인 '12년부터 예산이 투입되기 시작하여 꾸준한 증가세를 유지하고 있음
- '화학'과 '식품' 분야는 다른 분야에 비해 상대적으로 변화폭이 적고 지원 규모도 전반적으로 작은 특징을 보이고 있음

그림 5. 해양바이오 산업분야별 R&D 정부출연금의 연도별 추이('05~'17)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

해양바이오 R&D의 논문 및 특허 성과는 우수하나 기술이전, 기술료 등 산업화 성과는 미흡

- '07~'16년 해양바이오 R&D사업에서 도출된 SCI 논문 및 특허 성과는 상대적으로 매우 우수
 - SCI 논문 성과는 총 958편으로 예산 1억 원당 평균 논문 성과

는 약 0.47편인데, 이는 타 부처 바이오 R&D사업에 비해 상대적으로 우수한 편임

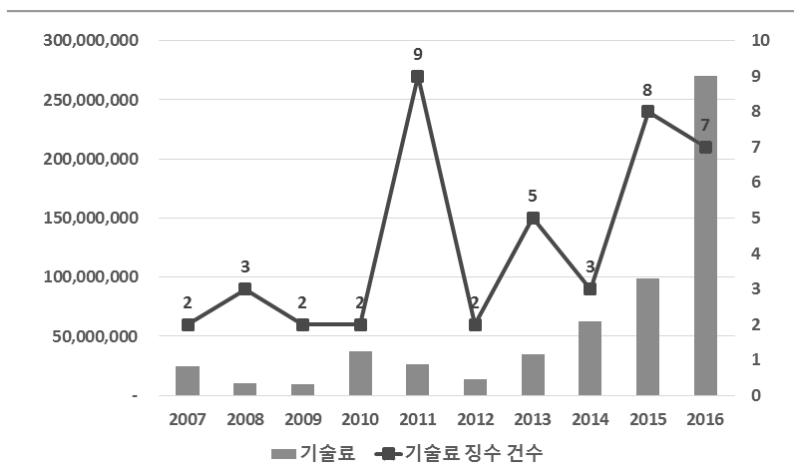
- '07~'16년 해양바이오 R&D 특허 성과는 국내 출원 499건, 국내 등록 290건, 해외 출원 및 등록이 각각 160건 및 66건으로 국내 출원이 전체 특허 성과의 약 절반으로 가장 높은 비중을 차지함
- 국내 특허는 출원 및 등록을 합하여 총 789건(78%)인 데 반해 해외 성과는 226건(22%)으로 국내 성과에 비해 매우 저조한 편이며, 특히 해외 등록은 전체 분석기간을 통틀어 66건(6%)에 불과함
- SCI 논문의 경우 기초연구 단계가 응용 및 개발 연구 단계에 비해 더 많은 비중을 차지하였으며, 특허의 경우에도 국내 출원을 제외하고는 모두 기초, 응용, 개발 연구 단계 순으로 성과가 감소하는 경향을 보임
- 논문 및 특허 성과를 연구기관별로 구분하여 분석해보면, 모든 성과가 상위 5개 기관에 집중됨

■ 논문이나 특허 성과는 대체적으로 우수한 편인 데 반해 기술이전 등 산업화에 직결되는 성과는 저조

- '07~'16년 해양바이오 R&D 기술이전 건수는 총 43건으로 '11년의 최고치 9건을 제외하면 매년 2~3건 내외였다가 최근에는 증가 추세임
- 기술이전에 따른 기술료는 총 589.5백만 원인데 해마다 완만하게 증가하는 경향을 보이고 있으며 '16년에는 270백만 원으로 가장 높은 수치를 기록하였음
- 해양수산부의 타 R&D사업들과 비교해보면, 해양바이오 분야는 기술이전 건수는 많은 편에 속하지만, 기술료는 상대적으로 더 적은 편임

- 기술이전으로 발생한 기술료를 해양바이오 산업분류에 따라 구분하면, 화학 분야가 301.5백만 원으로 전체 기술료의 절반을 차지하고 있음

그림 6. 해양바이오 R&D 연도별 기술료('07~'16)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

- 자원 분야가 151백만 원, 의약 분야가 117백만 원 순이었는데, 의약 분야의 이전 건수는 상대적으로 적지만(4건) 기술이전 1건당 기술료는 29.2백만 원으로 다른 분야에 비해 상대적으로 높았음

해양바이오 관련 전문가들을 대상으로 한 심층 인터뷰를 통해 해양바이오 분야 R&D사업의 실태, 문제점 및 개선방안을 파악

- 전문가 심층 면접에 따르면, 해양바이오 분야는 산업 형성이 아직 미진한 상황으로 R&D 실적의 성공적인 사업화 사례도 부족

- 바이오 산업은 단일 산업으로 보기 어려우며, 산업통상자원부, 농촌진흥청, 보건복지부, 과학기술정보통신부 등 여러 정부 부처에서 바이오 산업 정책을 추진하고 있음
- 해양바이오 분야는 아직 패러다임 형성기에 있으며, 성공 스토리가 필요함

■ 해양바이오 R&D의 결과가 산업화로 이어지기 위해서는 연구개발사업 관리제도 개선이 필요

- 산업화를 위해 기존에 일정 부분 연구가 진행된 주제로 해양바이오 신규과제를 선정하여 사업화 단계 기술개발에 집중 투자할 필요가 있음
- 성과지표에서 논문보다 사업화 관련 지표라고 할 수 있는 특허, 기술이전, 기술료 등의 비중을 확대하여야 함
- 과제의 성격에 부합하는 평가위원을 선정하고, 기획부터 각 단계 평가 시 최대한 동일한 위원들이 참여하도록 하여 일관성을 유지해야 함
- 성공 및 실패 원인분석을 통해 산업화 모델을 구축하고, 우수 모델을 적용함으로써 향후 R&D 과제 추진 시 산업화를 촉진해야 함

■ 해양바이오 R&D 수행에 있어서 기관별 성격에 부합하는 역할분담이 필요

- 대학의 경우 가장 많은 예산을 지원받고 있으나 과제당 예산은 출연연에 비해 적으며, 연구책임자를 제외한 연구진이 대부분 대학원생으로 구성됨
- 출연연은 고급 연구인력을 보유하고 있으며 연구비 예산도 안

정적으로 확보되는 편이기 때문에 기초연구나 기반 구축 성격의 과제 수행이 적절함

- 산업화를 위해서는 모든 R&D 단계에 기업이 참여하는 것이 바람직한데, 적어도 실용화 연구부터는 기업이 주체적인 역할을 수행하여야 함

■ 해양바이오 산업화를 위해서는 R&D 단계 및 제품 생산 단계에 원료가 원활하게 공급되도록 하는 것이 중요

- 가격경쟁력을 갖춰 상업적으로 성공하기 위해서는 원료 공급 단가는 낮춰야 하고 생산공정을 단순화해야 함
- 실제 기술과 공정을 개발했는데, 원료의 가격이 너무 비싸서 사업화에 실패한 경우가 적지 않음
- 해양바이오의 산업화를 위해 시장에서 사용가능한 기능성 원료를 발굴하고 이를 식약처에 등록하는 것이 필요함
- 해양천연물의 경우 단일물질이 아니기 때문에 특허를 통해 지적재산권을 보호받기가 어려운 문제가 있음

■ 해양바이오 전문인력 양성과 기업 등 R&D 수행주체에 대한 컨설팅 지원을 통해 산업화 역량을 강화

- 해양바이오 분야는 지역 격차가 큰데 이는 특히 전문인력 측면에서 두드러지게 드러남
- R&D 수행기관이 특허에 대한 직접적인 침해와 우회적인 공격 등을 방어하는 데 국가가 지원해줄 수 있다면 큰 도움이 될 것임
- 기능성 식품 규제가 국내보다 상대적으로 적은 일본 등 해외로 기업이 진출할 수 있도록 돕는 컨설팅 지원도 필요함

해양바이오 산업화를 촉진하기 위해 R&D 기획·관리 체계를 개선하고 인프라 확립을 위한 지원 제도를 강화해야

■ 문헌연구, 자료 분석, 전문가 자문 등을 통해 해양바이오 산업화를 저해하는 문제점들을 파악

- R&D 투자 규모가 절대적으로 부족하고 투자 전략의 일관성도 부족함
- 해양바이오 R&D사업에서 기업의 비중이 작고, 연구기관들의 역할 분담을 적절히 고려하지 못함
- 연구관리 전문기관의 기획·관리·평가 체계를 개선하고 있으나 아직 미흡하며, 수행기관에 대한 홍보도 부족함
- 해양바이오 산업화 성공사례 부재로 인하여 많은 시행착오를 겪고 있음
- 기능성 물질 자료 공유 체계를 구축하고 있으나, 콘텐츠 강화가 필요하며 효과적인 활용방안을 마련하여야 함
- 해양천연물 소재 특성상 물질에 대한 특허 등 지적재산권 보호가 어려움
- 해양바이오 전문인력이 서울 등 대도시에 몰려있어, 지방을 중심으로 전문인력이 절대적으로 부족한 상황임

■ 해양바이오 R&D 체계를 개선하고 강화함으로써 산업화를 촉진하도록 정책방향을 제시

- 해양바이오 분야 전략적 투자 확대와 연구개발 과제의 성격을 고려한 R&D 관리 체계를 마련해야 함
- 대학, 출연연 등 기관 특성에 맞는 해양바이오 R&D사업을 추진해야 하며, 특히 기업체 주관 기술개발 과제를 확대해야 함

- 해양바이오 R&D 평가위원 선정의 일관성을 유지하는 것이 바람직하며, SCI 논문보다 산업화 성과지표 활용을 강화해야 함
- 기존 해양바이오 R&D 과제들의 산업화 성공 및 부진 원인분석을 수행하고, 산업화 성공 모델을 확립하여 활용해야 함
- 해양생물 유래 유용물질 정보 공유 체계를 활성화하고, 해양바이오 지적재산권 및 해외진출 관련 컨설팅 제도를 강화하고, 해양바이오 전문인력 양성을 위한 지역 R&D사업을 추진하는 등 인프라 확립을 위해 지속적으로 노력해야 함

제 1 장

서 론

제1절 연구의 배경 및 필요성

해양생명공학기술 또는 해양바이오 기술은 2000년대 초 이래 해양 수산부의 주요 국가연구개발사업 분야로 자리매김했다. 그 중요성에 걸맞게 해양수산부의 해양바이오 분야 R&D 투자는 지속적으로 증가하고 있다. 해양수산부는 연구개발 기획·관리 전문기관인 해양수산과학기술진흥원(KIMST)을 통해 2005년부터 2017년까지 해양바이오 분야 핵심 R&D사업인 해양수산생명공학기술개발사업에 총 2,486억 원을 투자했다. 2005년 62억 원에서 2017년 281억 원으로 이 기간 동안 4.5배 이상 증가하였음을 볼 수 있다.¹⁾

정부는 정책적으로 해양바이오 산업화를 강조하고 있다.²⁾ 이는 그

1) 해양바이오 R&D 투자 현황은 본 보고서의 제3장 제1절 참조.

2) 「기술의 이전 및 사업화 촉진에 관한 법률」 제2조(정의)는 '사업화'를 "기술을 이용하여 제품을 개발·생산 또는 판매하거나 그 과정의 관련 기술을 향상시키는 것"으로 정의하고 있다. 반면 '산업화'는 법적으로 정의되어 있지 않으나 각종 법률과 국가계획 등에서 '사업화'와 동일 또는 유사한 의미로

동안의 투자에 따라 충분한 기술 개발이 이루어졌고, 이제 해양바이오 분야의 산업화를 통해 그 결실을 볼 만한 시기가 되었다는 판단에 따른 것으로 보인다. 일례로, 『해양수산발전기본계획(2011~2020)』(2010)은 ‘해양생명공학 기술 개발 및 산업 육성’을 중점 과제 중 하나로 제시하고 있다. 또한 『해양수산 R&D 중장기계획』(2014)은 2022년까지 추진할 12대 실행전략의 하나로 ‘해양수산 생명자원의 산업화’를 설정하였다.

최근 국내외 바이오산업의 성장세와 해양바이오 제품에 대한 수요는 빠르게 증가하고 있으나, 아직까지 국내 해양바이오 기술개발이 산업화로 성공한 사례는 극히 소수에 불과하다.³⁾ 2016년 기준으로 해양바이오 분야 160개 기업 중 상용화에 성공한 기업은 78개이고, 제품 수는 약 70건으로 확인된다. 해양바이오 분야 R&D 투입액(최근 10년간 1,891억 원, 해양수산 전체 R&D 예산의 10.5%)을 고려했을 때, 이러한 산업화 성공률은 매우 낮은 편이라고 할 수 있다.⁴⁾

해양바이오 산업화 과정은 위 그림이 보여주는 바와 같은 여러 단계를 거치게 되는데, 해양바이오 산업화를 활성화하기 위해서는 먼저 기본적 토대가 되는 국가 R&D 투자가 산업화를 촉진하는 방향으로 추진되고 있는지 점검할 필요가 있다. 본 연구는 먼저 해양수산부와 KIMST의 해양바이오 R&D사업에 대한 기술통계 분석을 통해 대학, 연구소, 기업 등 연구주체, 연구 분야, 연구비 규모, 연구기간, 연

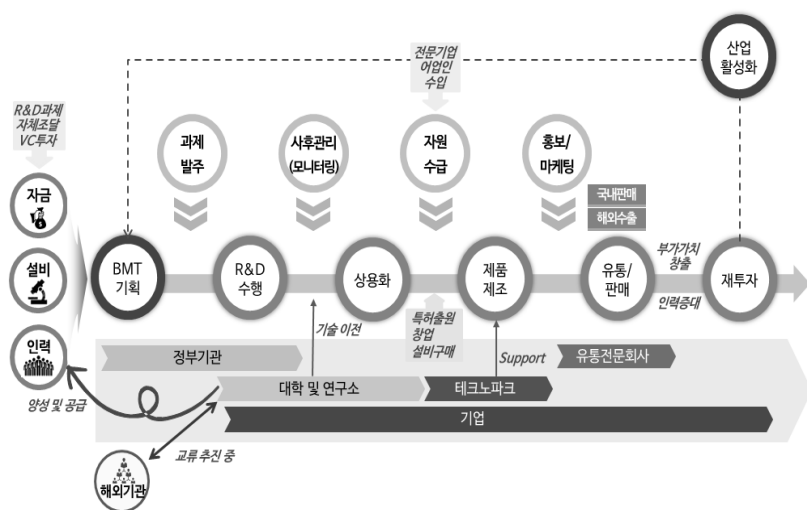
널리 사용되고 있다. 본 연구에서는 ‘사업화’가 기술 사업화를 의미한다는 측면에서 특정 기술 또는 특정 R&D 성과의 경우 ‘사업화’를 사용할 것이다. 한편 이 연구의 제목에서 사용하였듯 해양바이오 분야 전체의 경우, 또는 특정 기술보다 넓은 의미일 경우에는 ‘산업화’를 사용하도록 하겠다.

3) 해양바이오 산업은 해양생명자원을 원료로 생명공학 기술을 이용하여 생산 활동을 하는 산업을 뜻하며, ‘16년 기준 해양바이오 산업 관련 기업 및 기관은 약 396개소, 해양바이오 부문 매출액은 5,369억 원 규모, 종사자 수는 약 2,968명으로 추정됨. 해양수산부(2018), p.13, pp. 86~90.

4) 해양수산부(2018), p. 3, 115.

구단계(기초/응용/개발) 등을 기준으로 R&D사업 추진 현황을 살펴보고, 특히, 기술이전 건수, 기술료 수입 등 산업화 성과를 검토하였다.

〈그림 1-1〉 해양바이오 산업화 과정



자료: 해양수산부(2018), p. 132

또한, 연구자 네트워크 분석을 통해 해양바이오 R&D사업의 구조적 특성과 함께 연구자 간, 기관 간 협력 관계의 특성을 분석하였다. 아울러 해양바이오 관련 전문가들을 대상으로 진행한 심층 인터뷰를 통해 문헌연구나 통계분석으로 확인할 수 없는 사항인 현장에서 느끼는 문제점과 개선책을 파악하였다. 이러한 다양한 연구방법 연계를 통해 해양수산부의 해양바이오 산업 육성 정책에 부응하는 R&D사업 체계 개선방안을 제안하였다.

제2절 연구 목적

해양바이오 R&D사업에 대한 분석을 통해 산업화 촉진을 위한 추진 방안을 도출하는 것이 본 연구의 목적이다. 해양바이오 R&D 자료에 대한 기술통계, 네트워크 분석, 전문가 심층 인터뷰 및 문헌연구를 통해 해양바이오 R&D사업 산업화 실태와 문제점을 분석하고 산업화를 촉진시킬 수 있는 R&D사업 추진 방향을 제시하고자 한다.

제3절 연구 내용 및 방법

1. 연구 범위 및 주요 내용

해양바이오 산업화를 촉진하기 위하여 본 연구는 산업화의 기초 단계라고 할 수 있는 연구개발, 그 중에서도 해양수산부의 해양생명공학 분야 국가 R&D를 중점적으로 살펴볼 것이다. 기존 R&D사업 추진 방식에 산업화를 저해하는 요인이 있는지 검토하고, 문제점들에 대한 개선방향을 도출하고자 한다.

제2장에서는 해양바이오 기술의 개념을 살펴보고, 기술 및 산업 분류체계를 제시하였다. 단, 새로운 개념이나 분류체계를 고안하는 것은 이 장의 목적이 아니다. 최근에 기존 연구에서 제시된 해양바이오 분야의 정의와 분류체계들 중 본 연구에 가장 적합한 것들을 선택하여 이후의 분석에서 활용하였다.

제3장에서는 해양바이오 R&D의 현황과 산업화 실적을 객관적 자

료를 통해 살펴보고자 한다. KIMST의 해양수산생명공학기술개발사업 과제의 세부사항들과 연구책임자 자료에 대한 기술통계 및 네트워크 분석을 통해 R&D 추진 현황과 성과를 검토하였다.

제4장은 전문가 심층 인터뷰를 통해 파악한 국내 해양바이오 분야 R&D 및 산업화의 실태와 문제점, 그리고 개선 의견 등을 정리하였다. 이를 통해 앞 장에서 수행한 자료 분석의 내용이 보다 확실해졌고, 자료에 나타나지 않는 현황들을 파악할 수 있었다.

제5장에서는 앞 장에서 살펴본 내용들을 바탕으로 해양바이오 분야 산업화의 문제점과 개선방향을 도출하였다.

2. 연구 방법

본 연구는 해양바이오 분야의 산업화 전 과정 중 국가연구개발사업에 초점을 맞추고 있다. 따라서 1차적으로 KIMST의 해양수산생명공학기술개발사업에 해당하는 R&D 과제들의 자료를 검토하였다. 국가과학기술지식정보서비스(NTIS) 자료와 KIMST의 R&D 관련 자료 및 각종 내부 자료 등 관련 통계를 수집·분석하였다. 해양바이오 R&D 자료에 대한 기술통계와 더불어 네트워크 분석을 실시하였다. 연구책임자 및 연구기관에 대한 네트워크 분석을 통해 연구주체들 간의 협력관계를 살펴보고자 하였다.

또한 본 연구를 위해 문헌조사 및 전문가 자문을 실시하였다. 국내외 해양바이오 기술 및 산업 동향 연구, 타 부처 및 주요국의 해양바이오 R&D 현황자료를 조사하였고, 해양바이오 R&D 연구에 참여한 주요 연구자, 전문기관 담당자, 기업체 관계자, 바이오 정책 전문가

등 분야별 전문가들에 대한 자문을 통해 다양한 시각에서 바라보는 우리나라 해양바이오 분야 산업화의 문제와 정책방향에 대한 도움을 받을 수 있었다.

제4절 선행연구 검토

해양바이오 분야에 대한 최근의 선행연구로 국가 R&D사업 추진 방향을 설정하기 위한 기획연구와 산업화 지원을 위한 정책연구가 수행되었다. 장정인·박광서·김주현(2016)⁵⁾은 해양바이오 산업의 동향을 조사하고 정책방향을 제시하였는데, 문헌조사와 전문가 설문조사를 통해 해양바이오 산업의 개념과 범위를 제시하고, 국내외 산업 동향을 파악하여 향후의 정책 추진 방향을 제시하였다.

장덕희·도수관(2017)⁶⁾은 한국연구재단 등록 R&D사업 현황자료에 대한 통계분석과 사회네트워크 분석을 실시하여 정책 시사점을 도출하였다. 이 연구는 정부의 해양바이오 분야에 대한 연구개발 예산 지원에 초점을 맞춘 연구이다.

한편, 해양수산부(장정인 외, 2018)⁷⁾는 해양바이오 산업분야에 대한 실태조사와 기업체에 대한 정보제공사업 추진 방안 마련을 위한 연구이다. 문헌조사, 해양바이오산업 모집단 구축 및 실태조사, 선도기업에 대한 심층인터뷰, 전문가 간담회 등의 방법론을 사용하였다.

이처럼 기존의 연구들은 해양바이오 R&D 전반에 대한 관심과 함

5) 장정인·박광서·김주현(2016).

6) 장덕희·도수관(2017).

7) 해양수산부(장정인 외, 2018).

의를 지니는 연구이거나, 주로 해양바이오 기업들에 초점을 맞춰 산업화를 다룬 연구에 해당한다. 본 연구는 해양바이오의 산업화를 위한 연구에 해당하지만, 기업체 지원이나 육성보다 국가연구개발사업에 집중하였다. 이를 통해 국가 R&D가 해양바이오 산업화를 보다 촉진할 수 있도록 개선방안을 모색해보고자 한다.

〈표 1-1〉 선행연구 현황

구 분	연구목적	주요 연구내용
주요 선행 연구	1 <ul style="list-style-type: none"> • 과제명: 국내 해양바이오 산업화 동향과 정책방향 • 연구자(연도): 장정인·박광서·김주현(2016) • 연구목적: 해양바이오산업 개념과 범위 제안, 국내외 산업 동향 및 정책방향 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 해양바이오산업의 개념과 범위 • 최근 국내외 산업 동향 • 정책방향 제시
	2 <ul style="list-style-type: none"> • 과제명: 해양바이오분야 R&D 지원의 동향분석과 함의 • 연구자(연도): 장덕희·도수관(2017) • 연구목적: 해양바이오 분야에 지원된 정부 R&D의 지원동향 분석을 기초로 향후 정부연구개발 사업 지원의 함의 도출 	<ul style="list-style-type: none"> • 한국연구재단 등록 R&D 사업현황자료 통계분석 및 시사점 도출 • 사회네트워크 분석을 통한 R&D 투자경향 분석 • 정책적 시사점 도출
	3 <ul style="list-style-type: none"> • 과제명: 해양바이오산업 실태조사 및 정보제공 사업 • 연구자(연도): 해양수산부(장정인 외, 2018) • 연구목적: 해양바이오 5개 산업에 대한 기업 및 관련기관 대상 조사를 통한 국내 해양바이오산업 실태파악 	<ul style="list-style-type: none"> • 해양바이오산업의 정의 • 국내외 해양바이오산업 관련 추계동향 • 해양바이오산업 실태조사 체계 설계 및 조사 결과 • 정보제공사업 추진방안

자료: 저자 작성

제 2 장

해양바이오 기술 및 산업의 개요

제1절 해양바이오 기술의 개념과 분류

해양바이오 기술은 해양생명공학(marine biotechnology)의 또 다른 표현이다. 「해양수산생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률」 제2조(정의) 제12호는 ‘해양수산생명공학’을 “해양수산생명자원을 이용하여 산업적으로 유용한 생산물을 만들거나 생산공정을 개선할 목적으로 생물학적 시스템, 생체유전체 또는 그들로부터 유래되는 물질을 연구·활용하는 학문과 기술을 말한다”라고 정의한다.

한편 「생명공학육성법」은 ‘생명공학’을 두 가지로 정의하고 있다. 먼저 제2조(정의) 제1호에서 “산업적으로 유용한 생산물을 만들거나 생산공정을 개선할 목적으로 생물학적 시스템, 생체, 유전체 또는 그들로부터 유래되는 물질을 연구·활용하는 학문과 기술”이라는 해양수산생명공학과 유사한 정의를 내린다. 그런데 제2호에서는 개념을

확대하여 “생명현상의 기전, 질병의 원인 또는 발병과정에 대한 연구를 통하여 생명공학의 원천지식을 제공하는 생리학·병리학·약리학 등의 학문[이하 “기초의과학”]”으로 정의한다.

「해양수산생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률」에 따른 ‘해양수산생명공학’과 「생명공학육성법」에 따른 ‘생명공학’의 정의를 비교하면 두 가지 함의를 도출할 수 있다. 우선, 해양수산생명공학의 정의는 생명공학의 첫 번째 정의와 유사한데 “해양수산생명자원을 이용”한다는 점에서 차이가 있다. 즉 법률적인 정의에서 해양수산생명공학을 일반적인 생명공학과 구분하는 차이가 해양수산생명자원 이용에 있는 것이다.

두 번째로, 생명공학은 ‘기초의과학’을 포함함으로써 해양수산생명공학보다 넓은 범위를 가지고 있음을 알 수 있다. 「생명공학육성법」에 따라 생명공학은 국가연구개발사업에 있어서 엄밀한 생명공학기술뿐 아니라 추가로 관련된 생명과학 분야를 포함할 수 있고, 생명공학산업도 역시 생명과학에 기반한 산업분야를 망라하여 다소 넓게 규정할 수 있을 것이다. 반면에 해양수산생명공학은 법적으로 생명공학의 두 번째 정의를 가지고 있지 않으므로 상대적으로 정통 생명공학기술에 엄격하게 제한된다. 그에 따라 해양바이오 R&D 및 산업의 범위도 협의로 정의된 해양수산생명공학 개념에 따라 생명과학 분야를 배제한다고 볼 수 있다.

이와 같은 해양수산생명공학(이하 해양생명공학) 기술을 이용하는 해양바이오 산업을 장정인·박광서·김주현(2016)은 “해양바이오 자원과 해양바이오 기술을 활용하여 인류에게 편익을 가져다줄 수 있는 상품과 서비스를 생산, 제공하는 산업으로, 자원, 식품, 의약, 화

학, 에너지, 환경, 기기장비, 연구·개발 및 서비스를 포함”한다고 정의한다.⁸⁾

〈표 2-1〉 해양바이오 관련 개념의 정의

개념	정의	비고
해양수산 생명공학	해양수산생명자원을 이용하여 산업적으로 유용한 생산물을 만들거나 생산공정을 개선할 목적으로 생물학적 시스템, 생체유전체 또는 그들로부터 유래되는 물질을 연구·활용하는 학문과 기술	「해양수산생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률」
생명공학	1. 산업적으로 유용한 생산물을 만들거나 생산공정을 개선할 목적으로 생물학적 시스템, 생체, 유전체 또는 그들로부터 유래되는 물질을 연구·활용하는 학문과 기술 2. 생명현상의 기전, 질병의 원인 또는 발병과정에 대한 연구를 통하여 생명공학의 원천지식을 제공하는 생리학·병리학·약리학 등의 학문[이하 “기초의과학”]	「생명공학육성법」
해양바이오 산업	해양바이오 자원과 해양바이오 기술을 활용하여 인류에게 편익을 가져다줄 수 있는 상품과 서비스를 생산, 제공하는 산업으로, 자원, 식품, 의약, 화학, 에너지, 환경, 기기장비, 연구·개발 및 서비스를 포함	장정인·박광서·김주현 (2016)

자료: 법률과 참고문헌을 토대로 저자 작성

『해양수산과학기술 분류체계』(개정 2017.9.8.)는 ‘해양수산생명(해양생명)’이라는 대분류하에 ‘해양수산생물자원(해양생물자원)’, ‘해양수산생명현상규명(해양생물자원유전현상규명)’, ‘해양수산신소재개발(신소재가공)’, ‘해양수산생물공정(해양생물공정)’이라는 네 개의 중분류 기술을 규정하고 있다. 나아가 각각의 중분류는 소분류 기술분야들로 구분된다.

8) 장정인·박광서·김주현(2016), p. 5.

〈표 2-2〉 해양수산과학기술 분류체계에 따른 해양바이오의 범위

대분류	중분류	소분류
해양수산생명 (MBT)	해양수산생물자원 MBT01	해양수산생물 종다양성 확보기술
		해양수산생물 계통·개체군 관리기술
		해양수산생물자원 생산기술
		달리 분류되지 않는 해양수산생물자원기술
	해양수산생명 현상규명 MBT02	유전체 기술
		단백질체 기술
		대사체 기술
		달리 분류되지 않는 해양생명현상규명기술
	해양수산신소재개발 MBT03	기능성 소재 개발기술
		의약소재 개발기술
		환경 에너지소재 개발기술
		달리 분류되지 않는 해양수산 신소재 개발기술
	해양수산생물공정 MBT04	배양 발효공정 기술
		생물전환공정 기술
		분리정제공정 기술
		달리 분류되지 않는 해양수산생물공정기술

자료: 『해양수산과학기술 분류체계』(2017)

한편, 해양수산부(2018)는 해양바이오 산업을 6가지 분야로 구분하고 있다. 그에 따르면 해양바이오 산업은 해양바이오 자원, 해양바이오 식품, 해양바이오 의약, 해양바이오 화학, 해양바이오 에너지, 해양바이오 연구개발 및 서비스로 구분할 수 있다.⁹⁾ 이러한 해양바이오 기술 및 해양바이오 산업의 분류체계를 다음 장의 데이터 분석에 활용할 것이다.

9) 해양수산부(2018), p. 13.

〈표 2-3〉 해양바이오 산업의 분류

대분류	정의
해양바이오 자원	해양생물자원에 생명공학기술을 적용하여 새로운 기능을 위한 생물체를 발굴, 제작하여 재배 또는 사육하는 산업 활동
해양바이오 식품	해양생물자원을 원료로 생명공학기술을 적용하여 생산한 각종 음식료품, 건강기능식품, 동물사료
해양바이오 의약	해양생물자원을 원료로 생명공학기술을 적용하여 인간 또는 동물의 각종 질병을 진단, 예방, 치료하는 데 사용되는 의약품 및 기초의약품
해양바이오 화학	해양생물자원을 원료로 생명공학기술을 적용한 향수, 화장품, 화장품, 생활화학 제품, 치약, 비누, 세제, 계면활성제, 방향제, 광택제 등의 화학제품
해양바이오 에너지	바이오디젤, 바이오에탄올 등 해양바이오매스로부터 화학적 생물학적 전환공정을 거쳐 생산되는 대체 연료물질, 바이오수소 등 해양생물에 의한 생물학적 공정의 결과물로 생산되는 연료 물질
해양바이오 연구개발 및 서비스	해양생명공학 지식과 기술을 이용하여 위탁자로부터 계약에 의해 임상·비임상 연구개발을 수행하거나 그러한 수행을 지원하는 서비스, 해양생명공학 기술 관련 제품 개발에 필요한 연구개발을 대행하는 용역형태 서비스

자료: 해양수산부(2018), p. 13

제2절 해양수산생명공학기술개발사업

해양수산부의 국가연구개발사업 체계에서 해양수산생명공학 R&D는 해양수산생명공학기술개발사업으로 추진된다. 이 R&D사업은 해양수산생명공학의 법률적인 정의에 따라 생명과학 일반을 포함하지 않는 협의의 해양생명공학 연구개발 과제들 중심으로 구성된다. 그런데, 이 사업을 구성하는 과제들을 살펴보면 두 가지 특성을 확인할 수 있다.¹⁰⁾

10) 이하 내용은 해양생명공학 사업비 지원 현황표(KIMST 내부자료)를 바탕으로 작성하였다.

먼저, 해양수산생명공학기술개발사업은 협의의 해양수산생명공학 정의를 따르고 있음에도 불구하고 생명공학 기술을 활용하지 않는 일련의 과제들을 포함한다. ‘해외해양생물자원개발 및 활용기반 구축’과 분야별 ‘해양생명자원 기탁등록보존기관’ 과제가 대표적인데, 이들은 해양생명공학에 필요한 해양생물자원을 확보하고, 관리·공급하는 역할을 하게 된다. 해양수산생명공학의 정의에서 본 해양수산생명자원의 중요성을 반영하고 있는 것으로 볼 수 있다. 그런데, 해양생명자원 확보의 측면에서 해양수산생명공학기술개발사업에 포함된 이러한 과제들은 연구방법론 측면에서 여타 과제들과 큰 차이가 있기 때문에 이질적인 성격을 지닌다. 2017년부터 해양생명자원 과제들은 신설된 국립해양생물자원관이 주관연구기관으로 총괄 관리하고 있으며 향후 공식적으로 이관될 전망이다.

해양수산생명공학사업의 두 번째 특징은 다양한 분야의 과제들을 망라하고 있다는 점이다. 생명자원 관련 과제들 이외에도 이 사업에는 바이오 의약, 바이오 식품 및 음료, 바이오 에너지, 기능성 화장품, 기타 바이오 소재 관련 과제들이 포함되어 있으며, 바이오와 직접적인 상관이 없는 것으로 보이는 ‘용암해수 기반 청정원료소재 융합 기술개발’과 같은 과제도 포괄한다. 대부분의 경우 각각의 분야는 다른 정부부처의 지원을 받아 연구개발이 수행되고 있다. 예를 들어, 바이오 의약은 보건복지부, 바이오 에너지는 산업부, 기능성 식품류는 농촌진흥청이 주로 지원하고 있다. 그런데 해양생명자원을 활용한다는 측면에서 이런 모든 성격의 과제들이 한 사업 내에 모두 모여 있다. 각각의 사업들은 유사한 생명공학기술을 공유하고 있지만, 산업화 측면에서 큰 차이를 가진다. 임상시험 등 요구되는 승인 절차, 시장의 차이와 그에 따른 마케팅 방식 등 이질적인 요소를 가지는 과

제들이 해양수산생명공학기술개발사업이라는 하나의 범주 내에 포함되어 있는 것이다.

해양수산부의 해양바이오 R&D사업은 1999년 이래 몇몇의 개별 연구과제가 수행되던 것이 2004년 3개 연구단 사업 출범과 더불어 ‘마린바이오21’이란 명칭의 사업으로 시작되었다. 해양·극한생물 분자 유전체 연구단, 해양 바이오프로세스 연구단, 해양천연물 신약 연구단과 기존 11개 과제를 포함한 ‘마린바이오21’ 사업은 해양생명공학기술개발사업을 거쳐 현재는 해양수산생명공학기술개발사업으로 사업명이 변경되었다. 이 사업을 구성하는 과제들은 3개 연구단 사업을 비롯하여, 해양생물이용 유용신물질 개발, 해양바이오에너지 생산기술, 해양생명현상 활용연구, 환경 및 생물자원 보존기술개발, 수산식품기술, 인프라기술, 정책지원 및 기획연구 등의 분야로 세부적으로 구분된다.

개별과제부터 보면 올해로 20년째를 맞이하고 있는 해양바이오 R&D사업은 그 동안 몇 가지 변화를 겪기도 하였다. 2004년 ‘마린바이오21’ 사업의 시작과 더불어 출범한 3개 연구단 사업은 10년의 연구기간을 채우고 2013년 사업을 마지막으로 종료되었다. 10년간 3개 연구단에 지원된 정부출연금 규모는 약 88,510백만 원이었다. 수산식품기술 분야의 2개 과제(‘수산생물유전체 및 이용연구’와 ‘신품종 기능성생물개발’)는 2008년 국립수산물과학원으로 이관되었는데, 시기로 미루어보아 당시 해양수산부의 해체로 인해 수산기술개발 R&D사업들이 농림수산물식품부로 승계되던 상황에서 이루어진 변화였던 것으로 보인다. 한편, ‘해외해양생물자원개발 및 활용기반 구축’ 과제와 ‘해양생명자원 기탁등록보존기관’ 과제는 2017년부터 국립해양생물자원관으로 이관되었다.

해양수산생명공학기술개발사업의 주요 성과로는 통합접착단백질

활용 의료용 접착제 개발, 심해 해양 고세균 활용 바이오수소 생산기술 개발, 해양미세조류 추출을 통한 디젤 생산기술 개발, 용암해수를 활용한 식물성 해초유 생산기술 개발, 해양소재 키틴에 티타늄 성분을 추가한 치과용 차폐막 개발 등을 들 수 있다.¹¹⁾

제3절 해양바이오 산업화 정책

해양수산부의 각종 계획을 통해 해양바이오 분야의 산업화는 중요한 정책 방향으로 지속적으로 강조되어 왔다. 그러나 세부적으로 살펴보면 시기적으로 변화해온 것을 확인할 수 있다.

먼저, 『해양생명공학육성기본계획』(2008)은 ‘해양생명공학 분야 전략적 투자 강화’를 추진과제로 선정했는데, 이를 위해 해양생명공학 핵심기술, 미래 유망하고 경제적 파급이 큰 분야, 공공복지 및 위난 대처 연구 등에 투자를 집중하고 확대할 것을 제안하였다. 우선 투자의 대상이 될 구체적인 기술을 자세히 명시하지는 않았지만, 신의약 소재, 고령화 대응 복지기술(우울증, 치매 치료제 등), 자연재해 예방 및 해양생태계 보전 등이 언급되었다.¹²⁾

『해양수산업발전기본계획』(2010)은 ‘해양생명공학 기술 개발 및 산업 육성’을 추진과제 중 하나로 제시하고 있다. 이를 위해 ‘원천핵심 기술 개발’, ‘해양바이오 신소재 기술 개발’, ‘해양신의약 소재 개발’, ‘생물공정기술 개발’, ‘해양바이오에너지 기술 개발’을 세부적인 추진 방향으로 제안하였다.

11) 해양수산생명공학기술사업 주요성과 및 향후 추진 방향(KIMST 내부자료)

12) 해양수산부(2008), pp. 51~52.

『해양수산 R&D 중장기 계획』(2014)은 ‘해양수산 생명자원의 산업화 촉진’을 추진과제 중 하나로 제시하였다. 이 추진과제는 크게 두 과제를 담고 있는데, 우선 첫 번째로는 바이오 소재 산업 육성과 바이오 에너지 분야에 대한 내용이고, 두 번째는 해양수산생명자원의 발굴과 관리 체계에 대한 것이다.¹³⁾

『해양수산 R&D 산업화 촉진전략』(2016)은 해양바이오를 7대 핵심 산업 분야 중 하나로 선정하여 ‘해양수산생명공학기술 세계시장 개척’을 세부과제로 제시하였다.¹⁴⁾ 여기에서 언급하는 분야는 주로 두 가지인데, 먼저 바이오 디젤과 바이오 수소 등 바이오 에너지 분야의 경제성 확보를 강조하고 있으며, 두 번째로 해양 신소재 상용화 기술 개발 투자를 제안하고 있다.

최근 발표된 「해양수산과학기술 육성법」 제5조에 따른 『제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획』(2018)은 추진전략 1 ‘신산업 육성 및 좋은 일자리를 위한 해양수산과학기술 집중 육성’ 분야의 추진과제 중 하나로 ‘전략산업 육성을 위한 상용화 기술 확보’를 제시하였다. 여기에 해양에너지, 해양바이오, 해양장비·로봇, 친환경 해사산업, 고부가 수산양식 5개 분야가 포함된다. 기본계획은 해양바이오 분야의 세부 과제로 ‘해양바이오 전략소재 개발 및 상용화’를 제시하고 있는데, 이를 위해 ‘민간 R&D 활성화를 위한 연구기반 조성’과 ‘산업화 지원체계 마련에 주력’하는 추진 방향을 설정하였다. 연구기반 조성을 위해서는 ‘해양수산생명자원 정보 공유 및 시료 제공을 위한 통합 플랫폼(가칭 해양수산생명자원뱅크) 구축’을, 산업화 지원체계 측면에서는 ‘해양바이오 화장품, 식품 분야 기능성 소재 개발을 위한 전임상, 기술이전 등 산업화 지원 확대’를 제시하였다.

13) 해양수산부(2014), p. 17.

14) 해양수산부(2016), p.18, pp. 27~28.

또 『제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획』은 추진전략 4 ‘해양 수산과학기술의 지속발전을 위한 생태계 조성’의 추진과제로 ‘민간의 연구개발 역량 강화 지원’을 제시하고 있는데, 시장형성 시기와 민간 R&D 역량을 고려하여 해양 R&D 분야를 4가지 유형으로 구분하였다. 이 중 해양바이오 분야는 단기적으로 시장 창출이 예상되고 민간 R&D 역량이 높은 유형4로 분류되어, 기술개발은 민간주도로 맡기고 정부는 조력자 역할을 수행하여 주로 인프라 구축과 인력 양성 등을 지원하도록 설정하였다.

이처럼 그 동안의 해양수산부 주요 계획들을 살펴보면, 해양바이오 산업화를 추진하는 정책의 세부적인 변화를 볼 수 있다. 즉, 초기에는 산업화 대상이 되는 기술을 다양하고 막연하게 제시하는 경향이 있었는데, 그 중에서도 해양바이오 신약에 대한 기대가 컸음을 엿볼 수 있다. 이후 해양바이오 에너지 기술 및 해양바이오 소재 기술과 더불어 해양생명자원 발굴 및 관리 기술에 중점을 두었는데, 산업화 측면에서 자원 분야를 제외한 에너지 및 소재 분야로 관심이 좁혀져 왔다. 가장 최근의 『제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획』은 더 나아가 해양바이오 소재 기술 산업화에 초점을 맞추었다. 이는 바이오 디젤 및 바이오 수소 기술 개발이 어느 정도 완성된 상황에서 기술의 산업화가 국제 유가 변동 등 외적인 요인에 더 많이 좌우되기 때문에 전략적으로 산업화를 추진하기에 부적절하다고 판단한 결과로 보인다. 이는 또한 해양바이오 기능성 식음료, 화장품, 의료용품 등 소재산업이 지금까지의 성과를 볼 때, 비교적 적절한 시간과 예산 투자를 통해 산업화되기 쉬운 분야라는 인식을 반영한 것으로 보인다.

제 3 장

해양바이오 R&D
추진 현황 및 성과 분석

제1절 해양바이오 R&D 추진 현황

1. 분석 개요

앞 장에서 해양바이오 기술의 개념과 분류에 대한 개략적인 설명과 함께 해양수산부의 해양수산생명공학기술개발사업 및 해양바이오 산업화 정책의 주요 내용과 변화에 대해 살펴보았다. 이 절에서는 해양수산부의 해양바이오 R&D 투자가 산업화 활성화를 위한 방향으로 추진되고 있는지 구체적으로 검토하기 위하여 현재까지 추진 현황에 대해 다양한 기술통계분석을 실시하였다.

분석은 '05~'17년 해양수산부가 투자하고 '06년 이래 해양수산과 학기술진흥원이 관리하고 있는 해양생명공학 R&D 과제를 대상으로 하였으며, 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)¹⁵⁾에서 제공하는 자료

15) 국가과학기술지식정보서비스 홈페이지(검색일: 2018. 4. 22.)

를 기준으로 하였다.¹⁶⁾ 구체적인 사업명칭으로는 기존의 마린바이오 21 사업, 해양생명공학기술개발 사업, 그리고 현재는 해양수산생명공학기술개발사업이 분석대상에 포함되며, 수산 관련 R&D사업은 분석에서 제외하였다. 분석단위는 NTIS 자료의 세부과제이며, 전체 분석 대상 기간 동안 총 465건이 도출되었다.

R&D 추진 현황에 대한 기술통계분석은 투자된 예산¹⁷⁾과 세부과제 수를 기준으로 연도, 연구개발 단계, 기관 유형, 해양바이오 산업분류 및 해양수산과학기술 분류체계(이하 'MT 분류'라 함) 등의 항목 또는 항목 간 조합에 따라 다각도로 실시하였다. 이를 위해 사전에 NTIS로부터 제공받은 원시 DB의 수행기관명, 기관 유형 분류 등 입력 정보 오류를 수정하는 데이터 정제 과정을 거쳤다.¹⁸⁾ 또한 해양바이오 산업분류 및 MT 분류에 따른 해양바이오 R&D 추진 현황을 분석하기 위해 각각의 세부과제를 이러한 분류체계에 따라 분류하였다. 이를 위해 과제명, 연구목표 및 연구내용 요약 등 DB가 제공하는 개별 세부과제에 대한 정보를 이용하여 연구진이 1차적으로 분류하였고 관련 전문가의 검토를 거쳐 최종적으로 확정하였다.

아울러 해양수산부의 해양바이오 R&D 추진 현황을 비교분석을 통해 진단하기 위하여 문헌연구를 통해 우리나라 전체 R&D, 타 부처 바이오 R&D 또는 해양수산부 내 다른 R&D사업들의 추진 현황과 비교하고 해양바이오 R&D의 특성을 도출하였다.¹⁹⁾

16) 해양수산부가 해양바이오 분야를 도입한 시기는 '04년이지만 NTIS 자료에는 '04년 자료가 일부만 포함되어 있어 '04년은 분석에서 제외하였다.

17) 전체 분석기간 동안 일관된 분석을 위해 투자 예산은 정부출연금을 기준으로 하였다.

18) 예를 들어 수행기관명이 변경된 경우, 가장 최근의 명칭을 기준으로 하였으며, 동일 기관이 서로 다른 형태로 표기된 경우 하나로 통일하였다. 기관 유형은 크게 '대학', '정부출연연구소', '기업', '국립연구소' 등 총 4가지 유형으로 구분하였다.

19) 비교대상의 시간적 범위가 본 연구의 분석 대상 시기와 정확히 일치하지 않더라도 유사한 범위에 속한다면 시간적 범위를 정확하게 제시하고 비교분석에 활용하였다.

2. 연도별 정부출연금 및 세부과제 수

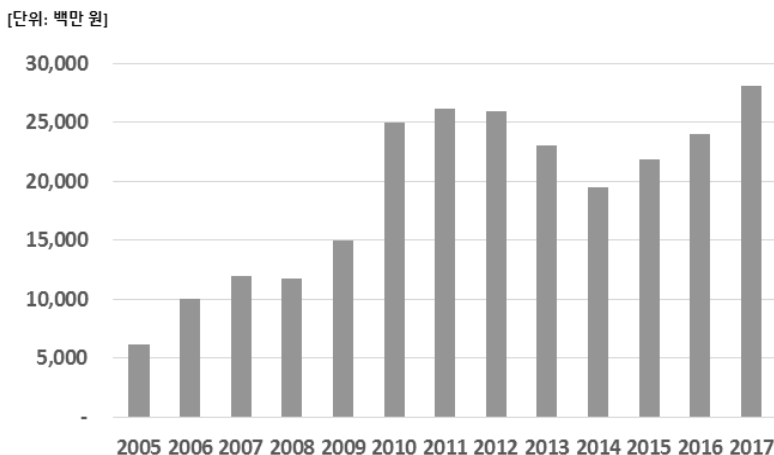
'05년부터 '17년까지 해양수산부가 지원한 해양바이오 R&D 규모는 총 2,485.6억 원으로²⁰⁾ '05년 62억 원에서 '17년 281억 원으로 4.5배 이상 증가하였다. 연평균 증가율은 약 13.4%로 이 시기의 우리나라 전체 정부 바이오 R&D 및 우리나라 전체 정부 R&D 투자 연평균 증가율을 크게 상회하는 수준이다.²¹⁾ 이러한 지속적인 예산 투자는 해양바이오 산업화 촉진을 위한 해양수산부의 정책적 의지가 크게 반영된 결과였으나, 예산의 절대적인 규모에 있어서는 타 부처의 바이오 분야에 비하면 여전히 낮은 수준에 속한다.

시기별로 세부적으로 살펴보면, 해양수산부의 해양생명공학사업이 본격적으로 시작된 시기인 2000년대 중반부터 '09년까지는 관련 예산이 완만하게 증가하였다. 이 시기에는 '04년부터 시작된 마린바이오21 사업의 3개 연구단 운영 외에 '08년에 인프라 구축을 위해 해양생명자원 기탁등록보존기관사업 및 정보화 사업 등이 신규로 시행되었다. 이후 '09년부터는 해양바이오에너지 생산기술 사업, 해외해양생물자원개발 및 활용기반 구축 사업 등이 신설되어 예산이 급증하였다. 특히 '10년에는 전년 대비 66.4%가 증가하여 최고 증가율을 기록하였는데, 신규과제 추가보다는 계속과제의 예산 증액이 주된 이유였다.

20) '06~'15년 기준으로는 해양수산부 전체 R&D 예산 중 약 10.5%(1,902억 원)가 해양바이오 분야에 투자되었는데, 이는 '해양장비개발 및 인프라' 사업(26.5%)과 해양과학조사 및 예보 사업(13.3%) 다음으로 높은 수준이다. (한국해양과학기술진흥원(2016), p. 250)

21) '07년~'16년 우리나라 전체 정부 바이오 R&D 예산은 매년 평균적으로 9.2%씩 증가하였고, 우리나라 전체 정부 R&D 투자는 연평균 8.1% 증가하였다. (해양수산과학기술진흥원(2017), p. 131)

〈그림 3-1〉 해양바이오 R&D 예산의 연도별 추이('05~'17)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

이후 '11~'14년까지 매년 평균적으로 9.4%씩 감소하였다가²²⁾ '15년부터는 다시 점진적으로 회복하여 '17년에는 281억 원으로 분석 대상 기간 중 최고치를 기록하였다. 연구단 중심의 대형 과제에 집중되었던 초기 단계와 대조적으로 이 시기에는 신소재 개발·활용이나 바이오에너지 등 시장성과 사업화 가능성을 고려하여 단기적으로 성과를 창출할 수 있는 사업에 정부 지원이 집중되는 특징을 보이고 있다.

연도별로 추진된 세부과제 수를 분석한 결과, '05년 10건에서 '17년 105건으로 예산의 일시적인 감소 시기였던 '11~'14년을 제외하면 전반적으로 증가하였다. 특히 '11년까지는 과제 수의 증가가 거의 없다가 그 이후에 큰 폭으로 증가한 것으로 나타나 있는데 이는 크게 두 가지 이유로 설명할 수 있다. 우선, NTIS에서 '11년까지 수행된

22) 같은 시기 우리나라 전체 바이오 예산은 연평균 5.1%씩 증가하여 해양바이오 분야와는 대조를 이루었다. (한국해양과학기술진흥원(2013), p. 178)

R&D 과제에 대해서는 주관기관 기준으로만 관리하였기 때문에 DB에는 실제 과제 수보다 적은 수의 과제가 포함되어 있다. 그러나 이를 감안하더라도 최근으로 올수록 세부과제 수가 상대적으로 더 증가한 것은 해양바이오 R&D 개발사업이 초기 3개 연구단의 대형·장기과제 중심에서 상대적으로 소액·단기과제 형태로 변화하였으며, 초기의 자원 확보 또는 의약 분야 위주에서 에너지, 식품, 화학 등 사업화가 상대적으로 용이한 분야로 대상 범위가 확장되었기 때문으로 설명할 수 있다.

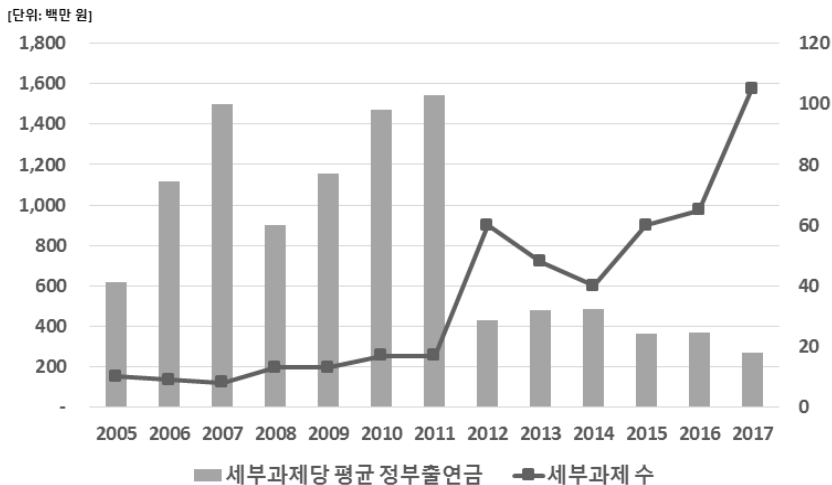
한편, '12년 이후의 세부과제당 평균 정부출연금은 전반적으로 완만하게 감소하는 추세를 보이고 있다.²³⁾ 세부적으로 살펴보면 '14년까지는 정부출연금과 세부과제 수 모두 일시적으로 감소하였기 때문에 과제당 평균 예산에는 큰 변화가 없었다. 이후 예산은 다시 점진적으로 증가하였으나, 과제 수 증가율이 예산 증가율을 크게 웃돌았기 때문에 이 시기의 세부과제당 평균 예산은 감소하는 경향을 보이고 있다.

'12~'17년 세부과제당 평균 예산은 399.8백만 원으로 타 부처의 바이오 사업보다 높은 편인데, 이는 해양바이오의 경우 소재자원의 확보 및 특이기가작 규명 등으로 인해 일반 바이오 분야보다 상대적으로 연구비가 더 많이 소요되기 때문이라고 추정할 수 있다.²⁴⁾

23) 위에서 언급한 대로 '11년까지는 NTIS에서 주관과제만을 기준으로 관리하였기 때문에 과제당 정부출연금이 실제보다 과대 산정되었다.

24) 국립해양생물자원관(2016), p. xvii.

〈그림 3-2〉 해양바이오 R&D 세부과제 수의 연도별 추이('05~'17)



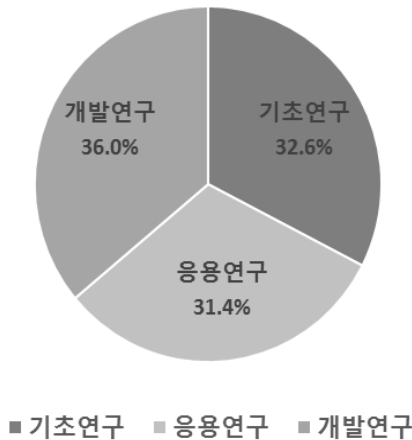
자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

3. 연구개발 단계별 분석

정부 R&D 과제를 연구목표, 연구를 통해 생산된 지식의 성격 및 활용성을 기준으로 구분하면 일반적으로 기초연구, 응용연구 및 개발연구 등 크게 3단계로 구분할 수 있다.²⁵⁾ '05~'17년 해양수산부 해양바이오 R&D 예산을 연구개발 단계를 기준으로 구분하면 기초연구 32.6%, 응용연구 31.4%, 그리고 개발연구 36.0%로, 개발연구에 투자된 예산이 기초연구 예산에 비해 근소하게 높고 응용단계의 예산 비중이 가장 낮았으나 차이는 크지 않은 것으로 나타났다.

25) 기초연구는 연구대상에 대한 새로운 지식 창출을 위한 연구로, 연구결과물의 응용 또는 사업화를 직접적인 목표로 삼지 않는다. 반면에 응용연구는 기초연구에서 획득한 지식을 활용하여 새로운 지식을 추구하되 활용성을 고려한다는 점에서 기초연구와는 차이가 있다. 개발연구는 기초·응용연구 단계에서 획득한 지식을 활용하여 새로운 제품을 생산하거나 기존의 것을 개선하기 위한 연구라 할 수 있다. (한국해양과학기술진흥원(2013), p. 151)

〈그림 3-3〉 연구개발 단계별 정부출연금('05~'17)



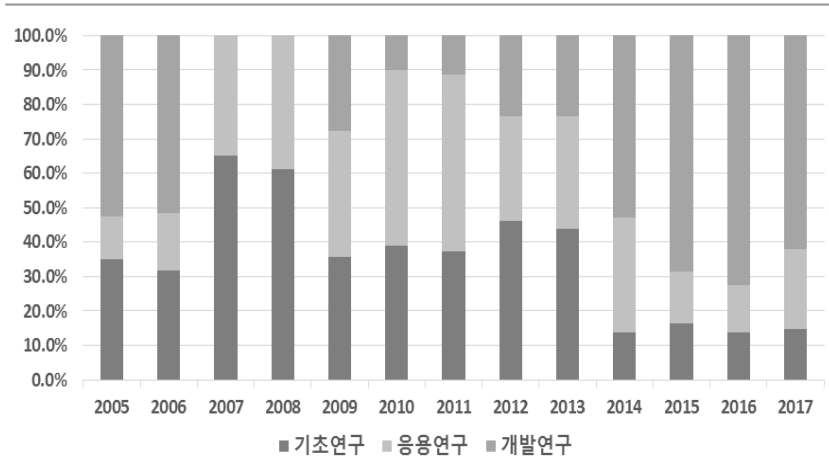
자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

'05~'17년 연구개발 단계별 정부출연금 규모를 연도 기준으로 분석해보면, 초반부에는 거의 추진되지 않았던 개발연구 단계가 '12년 이후부터 증가하여 '14년부터는 세 단계 중 가장 높은 비중을 유지하고 있으며, '16년에는 72.5%로 최고치를 달성하는 등 뚜렷한 증가 추세를 보이고 있는 것이 가장 큰 특징이다. 이와는 대조적으로 해양바이오 R&D가 도입된 이래 정부 예산 투자가 집중되었던 기초연구 단계는 '14년부터 뚜렷하게 감소하여 '16년에는 13.7%로 가장 낮은 비중을 차지하였다. 응용연구 단계 역시 기초단계와 유사하게 지속적으로 감소하는 경향을 보이고 있다.

이와 같이 개발연구의 비중이 증가하고, 기초 및 응용 연구 비중은 반대로 감소하는 추세는 해양바이오 분야에만 국한되어 나타나는 현상은 아니다. '06~'15년 해양수산부 전체 R&D 분석도 유사한 결과를 보이고 있으며,²⁶⁾ 타 부처의 바이오 분야 R&D 연구단계별 분석

에서도 이러한 경향을 확인할 수 있다.²⁷⁾ 이는 우리나라 R&D 정책이 전반적으로 실용화·산업화에 초점을 맞추는 경향으로 강화되고 있기 때문이라 해석할 수 있다.

〈그림 3-4〉 연구개발 단계별 정부출연금의 연도별 추이('05~'17)



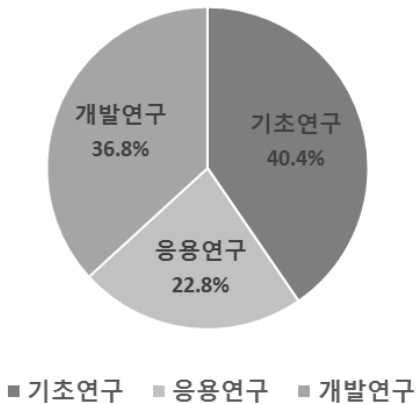
자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

연구개발 단계별로 추진된 세부과제 수를 분석해보면, '05~'17년 동안 총 465건이 추진되었는데 이 중 기초연구 단계의 과제 수가 188건(40.4%)으로 가장 많았고, 개발연구 단계 171건(36.8%), 응용연구 단계 106건(22.8%) 순으로 나타났다.

26) '05~'16년 해양수산 분야 전체 R&D 투자 예산을 연구개발 단계별로 분석한 결과, 개발연구가 39.3%로 가장 높은 비중을 차지하였고, 기타 분야(인프라 관련 사업 또는 기획연구 등) 22.5%, 기초연구 19.9%, 응용연구 18.3% 순이었다. (한국해양과학기술진흥원(2016), p. 50)

27) 해양수산과학기술진흥원(2017)에 따르면, 부처별 바이오 분야 R&D 예산 투자는 각 부처의 특성에 따라 크게 개발연구 위주와 기초연구 위주로 양분되어 있다. '16년 기준으로 개발연구 예산 비중이 가장 높은 부처는 농림축산식품부(44.7%), 보건복지부(32.9%), 산업통상자원부(66.3%), 중소기업청(100.0%) 등이며, 반대로 미래창조과학부(67.9%)와 식품의약품안전처(53.0%) 등은 기초연구 단계의 투자 예산이 가장 많았다. (해양수산과학기술진흥원(2017), p. 138)

〈그림 3-5〉 연구개발 단계별 세부과제 수('05~'17)

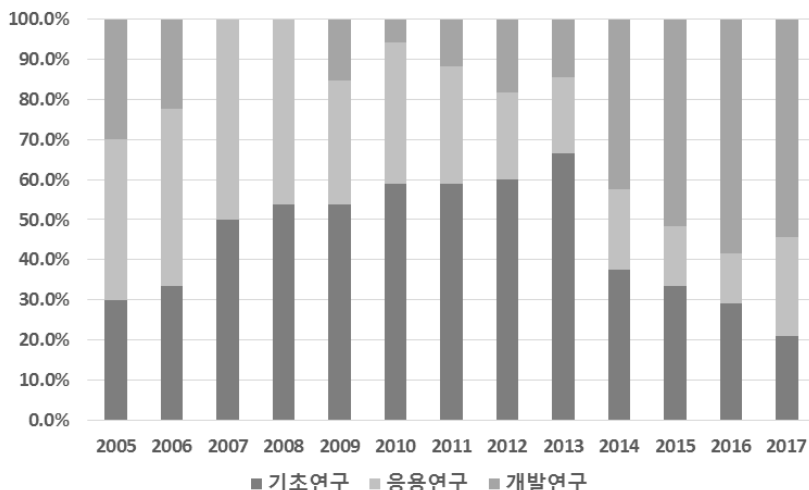


자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

연구개발 단계별로 추진된 세부과제 수의 연도별 변화를 살펴보면, 투자 예산의 경우와 전반적으로 유사한 경향을 보임을 알 수 있다. 즉, 개발연구 단계는 '14년부터 크게 증가하여 '15년부터는 전체 과제 수의 절반 이상을 차지하는 등 세 단계 중 가장 높은 비중을 차지하였다. 반면에 기초연구 단계의 과제 수는 '05~'13년 동안 최고 65%를 상회할 정도로 꾸준히 증가하다가 이후부터 큰 폭으로 감소하여 '17년에는 21%로 세 단계 중 가장 낮은 비중을 차지하였다.

연구개발 단계별 정부출연금과 세부과제 수의 변화를 종합적으로 고려하면, 기초 및 응용 연구 단계는 예산 투자와 과제 수 모두 감소하는 추세인 반면, 개발연구 단계는 두 항목 모두 증가 추세를 보이고 있어 이러한 경향이 향후에도 지속적으로 유지 또는 가속화될 경우 해양바이오 산업화 활성화를 위한 연구 예산 확보에 기여할 것으로 판단된다.

〈그림 3-6〉 연구개발 단계별 세부과제 수의 연도별 추이('05~'17)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

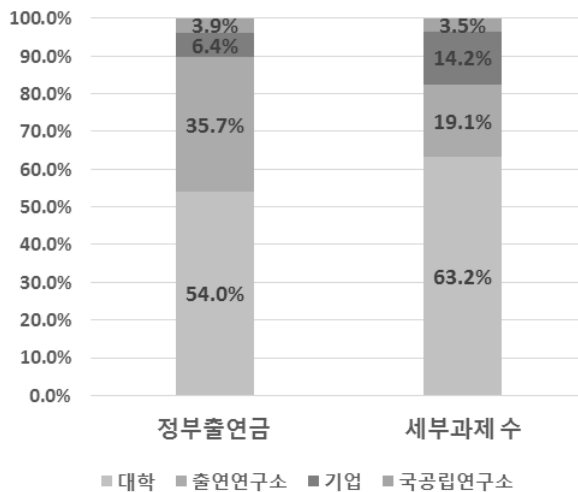
4. 연구기관 유형별 수행 현황

해양바이오 R&D 정부출연금을 연구기관 유형별로 분석하면 '05~'17년 대학이 전체 예산의 54.0%로 가장 높은 비중을 차지하였고, 출연연이 35.7%로 뒤를 이었으며, 기업과 국공립연구소는 각각 6.4%와 3.9%로 대학 및 출연연과는 큰 격차를 나타내었다.

같은 기간 동안 연구기관 유형별로 수행한 세부과제 수를 기준으로 하면, 대학, 출연연, 기업, 국공립연구소로 정부출연금의 경우와 순서는 동일하지만 각 기관 유형이 차지하는 비중에는 차이가 있다. 즉, 대학은 전체 과제의 63.2%를 수행하였고, 출연연은 19.1%, 기업은 14.2%를 차지하였으며 국공립연구소는 3.5%로 가장 낮은 비중을 보였다.

대학의 경우 전체 예산에서 차지하는 비중보다 전체 과제 수에서 차지하는 비중이 더 높지만, 출연연은 이와 대조적인 경향을 보였다. 즉, 대학은 출연연에 비해 소액 다과제 형태로 연구를 수행하고 있는 반면, 출연연은 모든 연구기관 유형 중에서 단위 과제당 예산 규모가 가장 큼을 알 수 있다. 기업도 대학과 유사한 형태를 보였는데, 전체 예산의 6.4%만을 차지하고 있는 기업이 전체 과제의 14.2%를 수행한다는 것은 과제당 평균 예산이 상대적으로 적다는 것을 의미한다.

〈그림 3-7〉 연구기관 유형별 정부출연금 및 세부과제 수('05~'17)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

기관 유형별 예산을 연도별로 세분하여 살펴보면, 대학의 예산은 분석 대상기간 동안 정부출연금 변화 패턴과 거의 유사하게 변화했음을 알 수 있다. 즉, '10년까지는 점진적으로 증가하다가 '14년까지 일시적인 감소 후 다시 증가하는 추세를 보이고 있다. 반면에 출연연은 2000년대 중반에는 대학에 비해 예산이 완만하게 늘어나다가 후

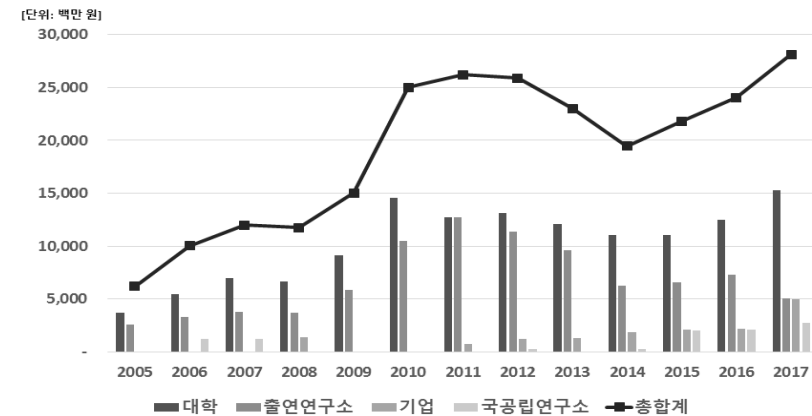
반부터 급격하게 증가하여 '11년에는 대학과 같은 수준에 도달하였다. 이후 '14년까지 지속된 감소 시기에 대학에 비해 감소폭이 상대적으로 더 커서 대학과 다시 격차가 벌어지기 시작했으며, '15년에 회복기에 접어들었지만 격차를 좁히지 못하였고 '17년에는 오히려 예산이 줄어들었다. 기업은 2000년대에는 예산이 거의 전무하다가 '11년부터 적지만 꾸준히 증가하여 '17년에는 출연연과 거의 같은 수준까지 도달하였다. 국공립연구소는 2000년대 중반 국립수산물과학원의 예산을 제외하면 '14년 이후에서야 눈에 띄게 증가하기 시작했는데 이는 국립해양생물자원관의 개관으로 영향을 받았다.

해양수산부의 해양바이오 R&D 예산 중 기업이 차지하는 비중이 이와 같이 점차 증가하는 추세이나, '16년 기준으로 바이오 분야 정부 전체 R&D 예산의 16.7%²⁸⁾가 기업에 지원된 데 반해 해양바이오 분야는 9.1%에 머물러 있어 여전히 큰 격차를 보였다. 이는 최종 제품을 개발하거나 이전 단계에서 획득한 기술을 응용하여 상용화를 목표로 하는 개발연구 단계에 산업화의 실질적 주체인 기업의 참여가 저조함을 뜻하는 것이다. '17년에는 해양바이오 분야 기업의 예산 비중이 17.6%로 눈에 띄게 증가하였는데, 앞으로도 기업 참여 비율을 지속적으로 높일 수 있는 방안을 적극적으로 마련할 필요가 있다.

'05~'17년 해양바이오 R&D에 참여한 기관은 총 98개 기관으로, 대학 50개, 출연연 6개, 기업 34개 및 국공립연구소 8개로 이루어져 있다. 이들을 4개의 유형으로 구분하여 수행 현황을 살펴보면 위에서 제시한 바와 같지만, 동일한 유형 내에서도 연구기관에 따라 크게 차이를 보이고 있다.

28) 해양수산과학기술진흥원(2017), p. 136.

〈그림 3-8〉 연구기관 유형별 정부출연금의 연도별 추이('05~'17)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

전체 예산의 54.0%를 차지하고 있는 대학의 경우, 총 50개 대학 중 서울대를 비롯하여 부경대, 인하대 및 포항공대가 대학 전체 예산의 77.8%를 점하고 있으며, 출연연의 경우 한국해양과학기술원의 예산이 출연연 전체 예산의 92.1%에 달한다. 국공립연구소의 경우 국립해양생물자원관이 절반을 조금 넘는 비중을 차지하고 있어, 소수의 특정 기관에 정부출연금이 집중되는 현상은 정도의 차이는 있지만 대학, 출연연 및 국공립연구소의 공통된 특징이라 할 수 있다. 이러한 집중 현상은 해양바이오 분야 관련 연구 인력 및 시설 등 각 기관이 보유하고 있는 유무형의 연구역량뿐만 아니라 기관의 위상과 기능 등 다양한 요소들이 복합적으로 작용한 결과로 해석할 수 있다.

기업의 경우 이와는 대조적으로 연구비 상위 4개 기관이 차지하는 비율이 기업 전체 예산의 55.9%로 나타나는 등 쏠림현상이 상대적으로 적게 나타나고 있다. 이는 다른 기관 유형에 비해 기업은 상대적으로 늦은 시기에 R&D에 참여하기 시작하였고 따라서 선도적인 역할을 하는 기업이 아직까지는 존재하지 않기 때문으로 해석할 수 있다.

정부출연금 대신 각 연구기관들이 수행한 세부과제 수를 기준으로 할 경우에도 집중 구조는 전반적으로 유사하지만 집중도는 상대적으로 완화된 양상을 보였다. 예를 들어 대학 전체 예산의 77.8%를 차지 하였던 상위 4개 대학들은 세부과제 수를 기준으로 하면 점유율이 37.1%로 크게 떨어졌으며, 출연연의 경우에는 한국해양과학기술원의 비중이 92.1%에서 73.1%로 감소하였고, 국공립연구소의 경우에도 역시 국립해양생물자원관의 비중이 20% 이상 감소하였다. 이러한 현상은 4개 기관 유형 모두에 공통으로 나타나는 현상으로, 이를 통해 각 유형별 상위 기관들은 상대적으로 고액 과제를 수행하는 반면 유형 내 나머지 다수의 기관들은 소액 과제를 수행하고 있으며, 참여 횟수 역시 상위 기관에 비해 현저히 떨어진다는 것을 알 수 있다. 특히 '11년 이후부터에서야 R&D 참여가 본격적으로 증가하기 시작한 기업의 경우 총 34개 업체 중 절반이 넘는 19개 업체가 단 1건의 세부과제만 수행하였다. 반면에 대학의 경우 총 50개 중 12곳을 제외한 대학들이 모두 최소한 2회 이상 해양바이오 R&D를 수행한 경험 이 있어 기업의 경우와는 대조를 이루고 있다.

해양바이오 R&D 수행기관을 유형별로 구분하지 않고 총 98개 기관 전체를 대상으로 정부출연금을 비교해보면, 한국해양과학기술원, 서울대 등 상위 6개 기관이 전체 정부출연금의 77.0%를 차지하는 것으로 나타났다. 특히 한국해양과학기술원은 단일 기관으로서 해양바이오 R&D 전체 예산의 약 3분의 1을 차지하고 있다. 이를 그래프로 나타내면 아래와 같이 소수에게 집중되는 전형적인 파레토 법칙이 성립함을 알 수 있다.

〈표 3-1〉 기관 유형별 주요 기관의 정부출연금 및 세부과제 수
(‘05~’17, 총 98개 기관 기준)

	기관명	정부출연금		세부과제 수	
		정부출연금 (백만 원)	유형 내 비중(%)	세부과제 수 (건)	유형 내 비중(%)
대학	서울대	37,016	27.6	32	10.9
	부경대	27,165	20.2	44	15.0
	인하대	22,533	16.8	15	5.1
	포항공대	17,779	13.2	18	6.1
	기타(총 46개 대학)	29,851	22.2	185	62.9
	소계	134,344	100.0	294	100.0
정부 출연 연구소	한국해양과학기술원	81,566	92.1	65	73.1
	한국에너지기술연구원	3,897	4.4	8	9.0
	한국과학기술연구원	1,265	1.4	6	6.7
	한국생명공학연구원	1,239	1.4	7	7.9
	한국기초과학지원연구원	560	0.6	2	2.2
	한국화학연구원	70	0.1	1	1.1
	소계	88,597	100.0	89	100.0
기업	고등기술연구원연구조합	2,877	18.2	6	9.1
	(주)선도소프트	2,310	14.6	5	7.6
	(주)경동엔지니어링	2,160	13.7	1	1.5
	(주)엔솔테크	1,478	9.4	3	4.5
	기타(총 31개 업체)	6,982	44.1	51	77.3
	소계	15,807	100.0	66	100.0
국공립 연구소	국립해양생물자원관	5,336	54.4	5	31.2
	국립수산과학원	2,500	25.5	2	12.5
	(재)전남생물산업진흥원	1,152	11.7	4	25.0
	한국광기술원	333	3.4	1	6.3
	기타(총 4개 연구소)	488	5.0	4	25.0
	소계	9,809	100.0	16	100.0

자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

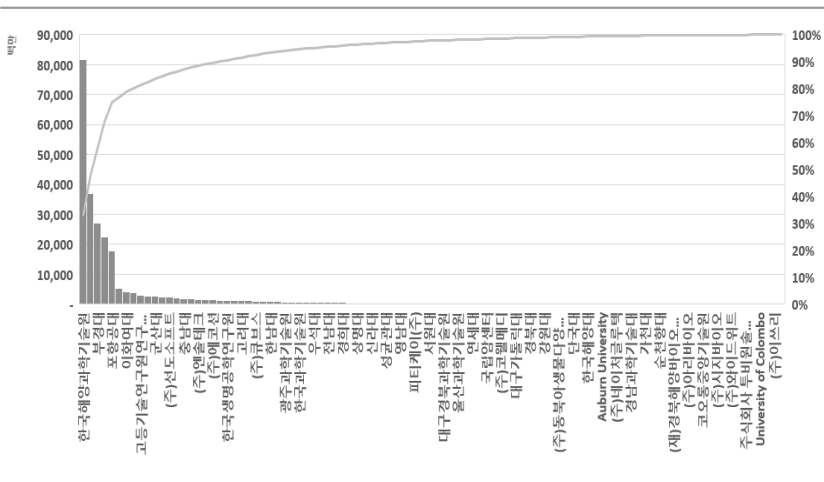
이는 곧 상대적으로 높은 비중을 차지하고 있는 이러한 기관들이 얼마나 제대로 역할을 수행하느냐, 그리고 이러한 기관들이 생산해낸 지식과 기술이 얼마나 잘 활용되느냐에 따라 해양바이오 R&D 산업화 성공 여부가 크게 좌우될 수 있음을 시사한다.

〈표 3-2〉 해양바이오 R&D 정부출연금 상위 기관('05~'17, 총 98개 기관 기준)

기관명	정부출연금(백만 원)	비중(%)	누계(%)
한국해양과학기술원	81,566	32.8	32.8
서울대	37,016	14.9	47.7
부경대	27,165	10.9	58.6
인하대	22,533	9.1	67.7
포항공대	17,779	7.2	74.9
국립해양생물자원관	5,336	2.1	77.0
기타(총 92개 기관)	57,162	23.0	100.0
합계	248,557	100.0	-

자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

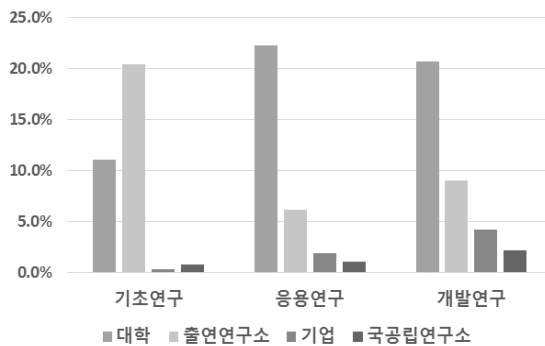
〈그림 3-9〉 연구기관별 정부출연금 비교('05~'17, 총 98개 기관 기준)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

한편, 기관 유형별 정부출연금을 연구개발 단계와 연계하여 분석해보면, '05~'17년 전체 정부출연금의 54.0%로 가장 많은 예산을 차지하고 있는 대학의 경우 주로 응용 및 개발 연구에 연구비를 투입한 반면, 출연연은 기초연구 비중이 확연하게 높다. 기업의 경우 기초연구 비중은 극히 낮지만, 개발연구 단계에서 눈에 띄게 증가하여 출연연의 거의 절반에 가까운 예산을 차지하고 있다. 요약하면, 해양바이오 R&D 기초연구는 주로 출연연이 주도하고 있고, 응용과 개발 연구는 대학 주도하에 기업의 비중이 점차 증가하고 있다고 할 수 있다.

〈그림 3-10〉 연구개발 단계에 따른 기관 유형별 정부출연금('05~'17)

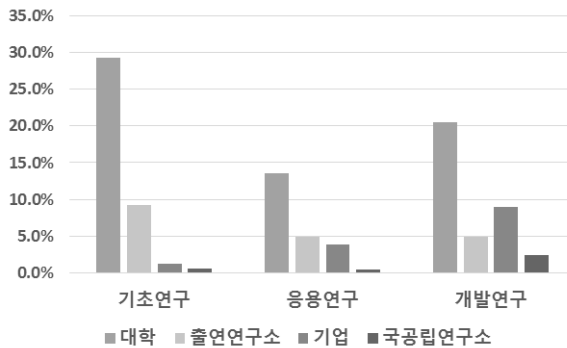


자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

연구개발 단계에 따른 기관 유형별 특징을 세부과제 수를 기준으로 분석해보면, 출연연과 기업 및 국공립연구소의 경우에는 정부출연금 분석 결과와 유사한 결과가 나타났다. 즉, 출연연의 경우에는 기초연구 비중이 상대적으로 높았으며, 기업 및 국공립연구소는 개발단계로 갈수록 세부과제 수가 증가하는 특성을 보였다. 특히, 기업은 개발연구 단계에서 과제 수가 크게 증가하여 출연연보다 약 두 배 가까이 높았다.

반면에 대학은 정부출연금 분석과는 정반대의 결과를 보였는데, 출연금을 기준으로 하면 응용 및 개발단계가 기초단계에 비해 뚜렷하게 높지만, 세부과제 수를 기준으로 하면 결과가 역전된다. 즉, 대학은 기초단계에서 소액 다과제 형태로 연구를 수행하고, 응용과 개발 단계에서는 상대적으로 규모가 큰 과제를 수행하고 있다고 추정해 볼 수 있다. 출연연은 기초연구 단계에서 대학 연구비의 약 2배 가까이 차지하고 있지만 수행하는 세부과제 수는 대학의 3분의 1 수준인 것으로 보아 기초연구 단계에서 대형과제를 중점적으로 수행하고 있다고 할 수 있다.

〈그림 3-11〉 연구개발 단계에 따른 기관 유형별 세부과제 수('05~'17)



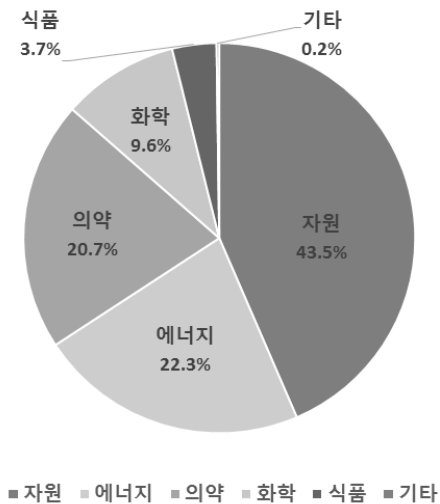
자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

5. 해양바이오 산업분야별 분석

제2장에서 기술한 바와 같이 해양바이오 산업은 크게 자원, 에너지, 의약, 화학, 식품 등으로 구분할 수 있다. '05~'17년에 수행된 해양바이오 R&D 과제를 이 분류체계에 따라 구분하여 각 분야별 지원

규모를 분석하면, 아래 그림과 같이 ‘자원’ 분야가 전체 정부출연금의 43.5%로 가장 높은 비중을 차지하고 있고, ‘에너지’와 ‘의약’은 20% 초반대로 거의 비슷한 비중을 차지하였으며, ‘화학’과 ‘식품’ 분야는 각각 9.6%와 3.7%로 정부 지원 규모가 상대적으로 작은 것으로 나타났다.

〈그림 3-12〉 해양바이오 산업분야별 R&D 정부출연금('05~'17)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

해양바이오 산업분야별 R&D 정부 지원 규모를 연도별로 세분하여 살펴보면, 우선 가장 큰 규모의 투자가 이루어졌던 ‘자원’ 분야는 '12년까지 점진적으로 투자 규모가 증가하다가 이후에는 눈에 띄게 감소하였음을 알 수 있다. 이 시기에는 해양바이오프로세스 연구단 및 해양·극한생물 분자 유전체 연구단 사업을 비롯하여 해양생물자원 개발 등의 과제를 통해 해양생물자원을 확보하고 해양생명현상을 연

구하는 한편, 해양생물자원의 기탁등록보존사업이 중점적으로 추진되었다. 그러나 연구단 사업과 기존 과제들이 종료되면서 '14년 무렵부터는 해양생물자원 기탁등록보존기관 사업과 해외 해양생물자원 개발활용 기반 구축사업(2, 3단계) 위주로 축소되었다.

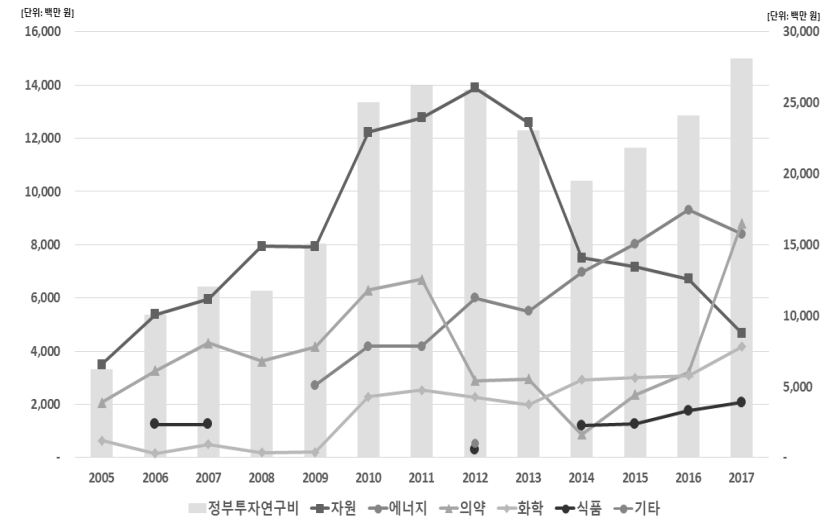
‘의약’ 분야는 해양천연물 신약 연구단 사업이 진행됐던 시기에는 정부출연금의 지속적인 증가하다가 '11년 이후에 전체 예산의 감소로 인해 큰 폭으로 감소하여 '14년에 최저점을 기록한 후 해양 융복합 바이오닉스 소재 상용화 기술 개발, 해양단백질 기반 바이오메디컬소재 개발 등 다양한 과제가 신규로 추진되면서 관련 예산이 크게 증가하여 '17년에는 기존의 최고치였던 '11년의 예산을 능가하는 수준으로 회복하였다. 이렇게 의약 분야의 정부 R&D 예산 규모가 증가하는 이유는 이 분야가 다른 분야에 비해 성공확률은 낮지만, 성공했을 경우 발생하는 부가가치가 매우 크기 때문이다.²⁹⁾

‘에너지’ 분야는 ‘자원’과 ‘의약’ 분야에 비해 상대적으로 늦은 시기인 '12년부터 예산이 투입되기 시작하여 꾸준한 증가세를 유지하고 있다. 해양 미세조류 이용 바이오디젤 생산기술 개발, 해양 고세균 이용 바이오수소 생산 실용화 기술개발 등의 사업이 ‘에너지’ 분야의 예산 증가를 추동하고 있다.

‘화학’과 ‘식품’ 분야는 다른 분야에 비해 상대적으로 변화폭이 작고 지원 규모도 전반적으로 작은 특징을 보이고 있다. ‘화학’ 분야에는 다양한 소재 기술 개발 또는 기능성 화장품 관련 과제들이 포함되어 있으며, ‘식품’ 분야에는 해양생물자원을 이용한 기능성 식품 개발 관련 과제들이 주로 해당되었다.

29) 장덕희·도수관(2017), p. 1457.

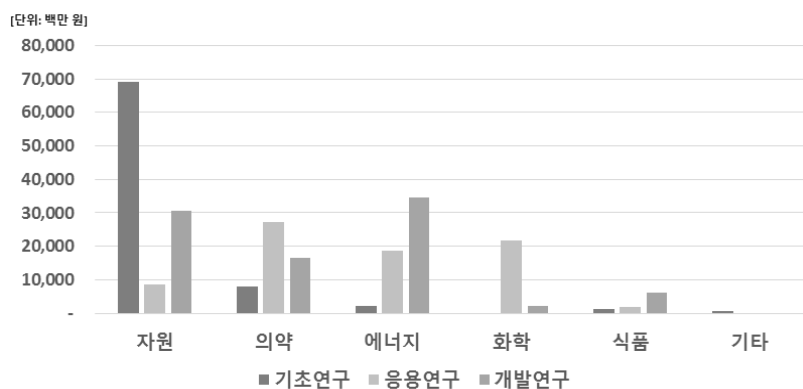
〈그림 3-13〉 해양바이오 산업분야별 R&D 정부출연금의 연도별 추이('05~'17)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

해양바이오 산업분야별 예산 투자 현황을 연구개발 단계와 연계해서 분석해보면, ‘자원’ 분야는 주로 기초연구 단계에서 연구하는 데 반해 나머지 4개 분야는 응용 또는 개발 연구 단계에 주로 집중되어 있어 뚜렷한 대조를 이루고 있다. 이는 ‘자원’ 분야의 경우 해양생물 자원의 확보와 해양생명현상의 특이기작을 규명하는 연구가 주를 이루고 있기 때문이며, 나머지 4개 분야는 해양생물자원/소재를 활용하여 각각의 산업분야에서 산업화를 위한 응용·개발 연구가 주목적이기 때문으로 해석할 수 있다. 특히 다른 분야에 비해 국내시장이 이미 어느 정도 형성되어 있는 기능성 화장품 또는 기능성 식품 분야는 개발연구 중심으로 연구가 추진되고 있다.

〈그림 3-14〉 해양바이오 산업분야별-연구단계별 예산 투자 현황('05~'17)

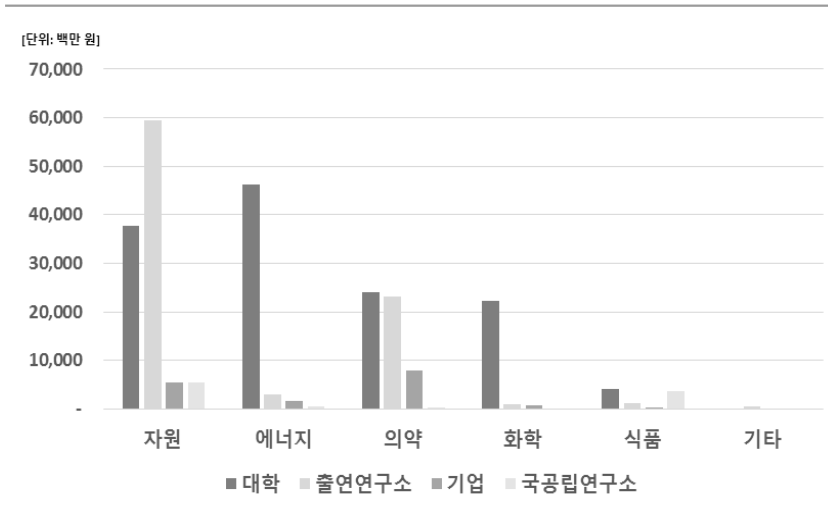


자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

산업분야별 예산 투자 현황을 연구기관 유형에 따라 분석한 결과, 필요한 전문 연구인력과 연구시설 등 연구역량에 따라 분야별로 특정 기관 유형에 집중되는 특징을 보이고 있다. ‘자원’ 분야는 출연연의 참여 비중이 압도적으로 높았는데, 이 분야의 연구는 해양생물자원에 대한 전문적인 연구를 수행할 수 있는 인력과 대규모의 연구장비가 필요하기 때문이다. 한국해양과학기술원이 수행하는 해양바이오 R&D 연구 중 상당 부분은 이 분야로 분류할 수 있다. 반면에 ‘의약’ 분야는 관련 학과가 개설되어 있어 연구역량을 보유하고 있는 대학이 출연연과 유사한 비중으로 연구를 주도하고 있고, ‘에너지’와 ‘화학’ 분야는 대학의 비중이 압도적으로 높았다.

한편, 타 분야에 비해 진입장벽이 상대적으로 낮고 관련 시장이 이미 일정 부분 형성되어 있어 기업의 참여 비중이 비교적 높을 것으로 예상되었던 ‘식품’ 분야에서 기업의 비중이 오히려 낮게 나타났다. 반대로 기업은 해양생명자원 DB 구축과 관련해서 ‘자원’ 분야에 참여하거나 ‘의약’ 분야에 주로 참여하였다.

〈그림 3-15〉 해양바이오 산업분야별 연구기관 유형('05~'17)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

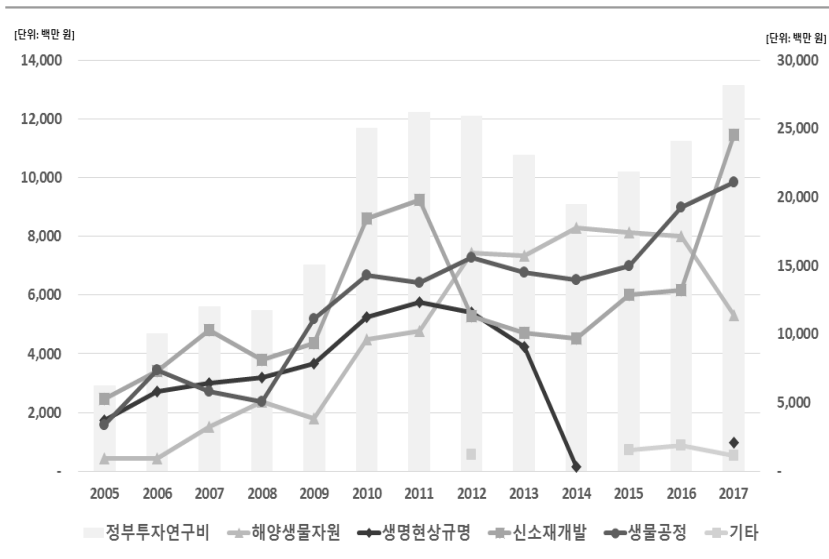
6. 해양수산과학기술 분류체계별 분석

앞 장에서 이미 언급했듯이, MT 분류에 따르면 해양생명공학 분야는 ‘해양수산생물자원’, ‘해양수산생명 현상 규명’, ‘해양수산신소재 개발’ 및 ‘해양수산생물공정’ 등 크게 4가지로 분류할 수 있다.

해양수산부의 해양바이오 R&D 연도별 투자 현황을 이 MT 분류체계에 따라 분류해보면, ‘해양생물자원’과 ‘생명현상 규명’ 분야는 초기부터 예산이 꾸준히 증가하였으나, 전자는 '16년부터, 후자는 '11년부터 감소 추세를 보이고 있다. 이러한 경향은 이 두 가지 분야가 자원 확보 및 특이기작 연구 등 해양바이오 연구를 위한 기초 인프라를 구축하고 핵심기술 및 지식을 개발하는 것과 관련 있으므로 특히 해양바이오 도입기에 중요했던 분야이기 때문인 것으로 판단된다. 반면에 여기에서 획득한 자원과 지식을 활용하는 분야인 ‘신소재 개발’

과 ‘생물공정’ 분야는 최근까지도 지속적으로 증가 추세에 있다. 각 분류체계별로 '17년까지 투자된 예산을 종합하면, ‘신소재 개발’과 ‘생물공정’이 각각 약 748억 원으로 거의 비슷한 수준이고, ‘자원’ 분야는 약 603억 원, ‘생명현상 규명’은 약 361억 원을 기록하였다.

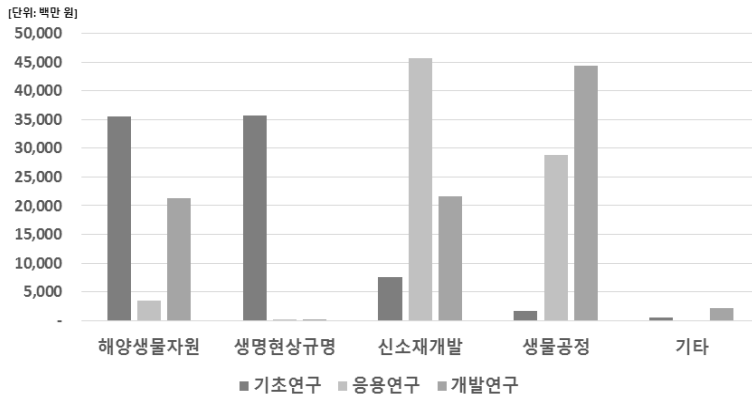
〈그림 3-16〉 해양수산과학기술 분류체계별 연구비 투자 현황('05~'17)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

연구개발 단계와 연계하여 살펴보면, ‘해양생물자원’과 ‘생명현상 규명’ 분야는 기초연구 성격이 상대적으로 강하고, ‘신소재 개발’과 ‘생물공정’ 분야는 반대로 응용 또는 개발 연구 단계에서 더 집중적으로 연구되고 있음을 알 수 있다.

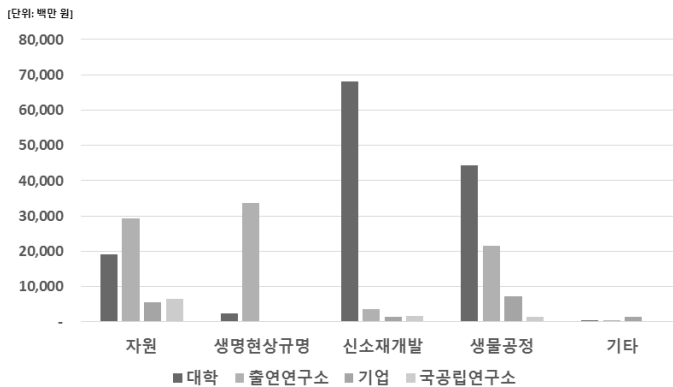
〈그림 3-17〉 해양수산과학기술 분류체계별-연구단계별 투자 현황('05~'17)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

연구기관 유형에 따라 분류하면, MT 분류체계 중 ‘해양생명자원’과 ‘생명현상 규명’ 분야는 기초연구 성격이 강하므로 출연연의 비중이 상대적으로 높고, 응용·개발연구 성격이 강한 ‘신소재 개발’ 및 ‘생물공정’ 분야 연구는 주로 대학이 주도하고 있는 것으로 나타났다.

〈그림 3-18〉 해양수산과학기술 분류체계별 연구기관 유형('05~'17)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

제2절 해양바이오 R&D 연구자 네트워크 분석

1. 분석 개요

위에서는 해양수산부 해양바이오 R&D사업에 대한 다양한 기술통계분석을 통해 현재까지의 추진 현황을 분석하였다. 해양바이오 R&D를 통한 기술개발이 산업화로 이어지기 위해서는 국가 R&D 투자가 산업화를 촉진하는 방향으로 이루어져야 하는 것이 가장 기본적인 전제조건이다. 그러나 R&D 수행 주체인 연구진 역시 매우 중요한 요소라 할 수 있다. 연구비가 아무리 충분히 투자되었다 할지라도 연구진이 적합하게 구성되지 못하거나 연구진 간 협업이 원활하지 못한다면 사업 목표 달성에는 한계가 있을 수밖에 없기 때문이다.

따라서 이 절에서는 해양바이오 R&D 참여 연구자 집단의 구조적 특성을 네트워크적 관점에서 살펴보고 이를 해양바이오 지식 및 기술의 생산과 활용 측면에서 분석하였다. 또한 개별 연구자의 전공분야를 기준으로 블록모델링(blockmodeling)을 통해 연구자 간 협업체계의 특성을 파악하였다. 아울러 개별 연구자 간 협업 정보를 이들이 속한 기관 간의 협업 관계로 변환하여 그 특성을 분석하고 기술통계 분석 결과와 연계하여 해석하였다.

분석에 활용한 데이터는 '06~'18년 해양바이오 R&D 세부과제 연구책임자 데이터이다.³⁰⁾ 분석대상에는 주관뿐만 아니라 협동, 공동 및 위탁 연구책임자를 모두 포함하였다. 복수의 과제에 연구책임자로 참여한 경우를 모두 포함하면 연구책임자 수는 총 800명이며, 중복을 제거하면 총 228명이다. 사업은 '단일 연도 내역사업'을 분석단

30) 해양수산과학기술진흥원(KIMST) 내부자료

위로 하였다.³¹⁾ 이렇게 하여 도출된 총 229건의 내역사업과 228명의 연구자 간의 이원 모드 매트릭스를 구축한 후 이를 연구자-연구자 간 일원 모드로 변환하여 연구자 네트워크를 구성하였다. 연구자 네트워크에서 노드는 연구자이고, 링크는 두 연구자 간 공동연구, 즉 같은 해에 같은 내역사업에 참여했다는 것을 뜻한다.

이렇게 구성된 네트워크의 구조적 특성을 파악하기 위해 중심성 분석을 실시하였으며, 해양바이오 연구자 네트워크의 특성과 연구자 간 협업체계를 효과적으로 시각화하고 직관적으로 이해하기 위해서 블록모델링을 실시하였다. 블록모델링은 연구자의 소속기관과 전공 정보를 활용하였는데, 소속기관이 변경된 경우 최종 소속기관을 기준으로 하였으며, 전공 정보는 각각의 연구책임자가 과제 신청 시 입력한 정보를 바탕으로 현재의 중점 연구 분야 등을 고려하여 총 9개의 상위 카테고리로 재분류하였다.³²⁾

2. 연구자 네트워크 분석

'06~'18년 해양바이오 R&D에 참여한 세부과제 연구책임자들 간 공동연구를 기반으로 하는 네트워크를 구성한 결과, 아래 그림과 같이 분절된 형태의 네트워크가 도출되었다. 이 네트워크는 규모가 가장 큰 네트워크 하나와 중간 규모의 네트워크 그리고 나머지 여러 개의 소규모 네트워크와 고립노드들로 구성되어 있다.

거대 네트워크는 다시 여러 개의 하위그룹들로 세분할 수 있는데

31) 예를 들어 어떤 내역사업이 5년짜리 다년도 사업이라면 이를 총 5건의 내역사업으로 간주하여 분석하였다.

32) 최종학위 전공과 현재 중점적으로 수행하는 연구영역이 차이가 있을 경우 현재 연구분야를 우선하였으며 연구진이 1차적으로 9개의 카테고리 분류한 후 관련 전문가의 검토를 거쳤다.

여기에는 대표적으로 '04년부터 '13년까지 운영되었던 3개의 연구단 (해양·극한생물 분자 유전체 연구단, 해양 바이오프로세스 연구단, 해양천연물 신약 연구단)이 포함되어 있다. 그 외에 해외 해양생물자원 개발 사업, 해양생명자원 기탁등록보존기관 사업, 바이오수소 생산 기술개발 사업 등이 각각 독립된 하위그룹을 형성하고 있다. 이들 그룹들은 대체로 중첩되어 있지 않다. 즉, 각각의 그룹들은 대부분 서로 연구자들을 공유하지 않고 단지 소수의 매개자들에 의해서만 연결되어 있다는 점이 특징적이다.

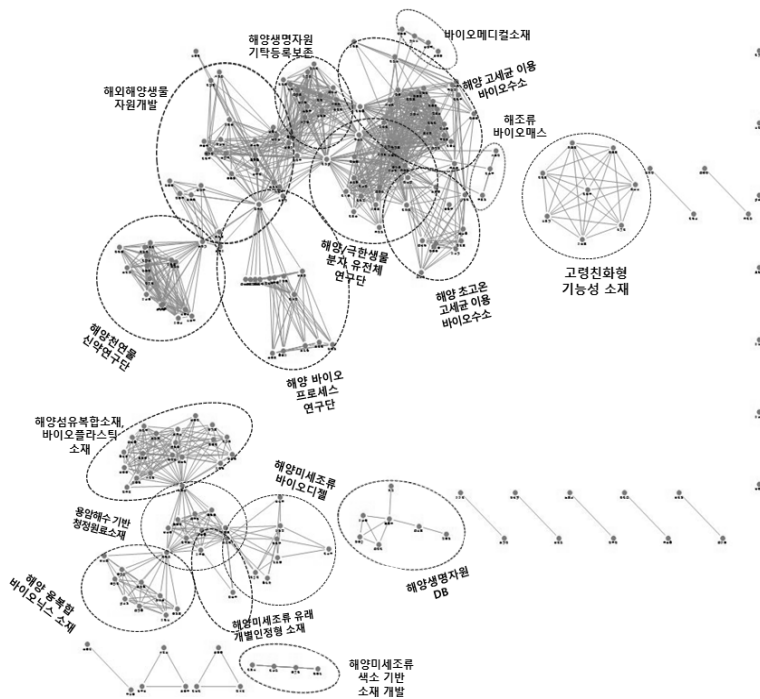
중간 규모의 네트워크는 거대 네트워크와 완전히 분리된 네트워크로서 바이오플라스틱 소재 기술 개발, 용암해수 기반 청정원료 소재 융합 기술 개발, 바이오닉스 소재 사업, 미세조류 유래 소재 개발 등 다양한 해양생물을 이용한 신소재 기술개발 사업과 바이오디젤 사업으로 이루어져 있다. 거대 네트워크와 마찬가지로 중간 규모 네트워크 역시 개별 연구집단끼리는 서로 극소수의 매개자를 통해서만 간접적으로 연결되어 있다.

신소재 기술개발 사업에 속하는 일부 사업들은 완전히 독립적인 소규모 네트워크를 이루고 있는데, 고령친화형 기능성 소재 개발 사업과 해양소재 기반 근적외선 조영물질 및 진단기기 개발 사업 등이 대표적이다. 해양생명자원 DB 구축 사업과 해양바이오 지역 특화 선도기술 개발 사업도 마찬가지로 다른 네트워크에 연결되지 않고 고립되어 있다.

해양바이오 R&D는 해양바이오 분야의 특성상 전 주기적 연구의 성격을 띠고 있다. 즉, 해양자원의 확보, 확보한 자원에 대한 연구 그리고 이를 바탕으로 한 응용·개발 단계의 연구 등이 유기적으로 연계되는 것이 가장 이상적이다. 그러나 위의 네트워크 구조에서 알 수 있듯이, 해외 해양생물자원 개발 사업 또는 해양·극한생물 분자 유전

체 연구 등 유용한 해양생명자원을 확보하는 연구와 기타 산업신소재 등 유용신물질 개발 사업들이 서로 유기적으로 연계되어 있지 않다. 이러한 분절적인 구조는 생산된 지식과 기술이 연구자 네트워크 내에서 확산되고 활용되는 데 제약요소로 작용할 수 있다.

〈그림 3-19〉 해양바이오 R&D 연구자 네트워크('06~'18)



자료: 저자 작성(KIMST 내부자료 활용)

위에서 살펴본 대로 해양바이오 연구자 네트워크는 크게는 두 개의 네트워크로 분절되어 있고 이는 다시 각각 서로 중첩되지 않는 여러 개의 하위그룹으로 세분되어 소수의 노드에 의해서만 연결되어 있다. 바꾸어 말하면, 만약 이러한 노드들을 제거한다면 네트워크는

더욱 분절화된 구조를 갖게 된다는 뜻이다.³³⁾ 이처럼 노드가 하위그룹들을 매개하는 정도는 매개중심성(Betweenness Centrality)³⁴⁾을 통해 측정할 수 있다.

아래의 표는 해양바이오 R&D 연구자 네트워크에서 매개중심성 상위 10위 연구자들을 나타낸 것이다. 이들 중 8명은 모두 대학에 소속되어 있고 나머지 2명은 정부출연연구소에 속해 있다. 특히 주목할 만한 점은 매개중심성이 높은 연구자들은 모두 생명/화학공학 또는 생물학 전공자라는 점이다. 해양바이오가 해양생명자원을 원료로 생명공학기술을 이용하는 분야이기 때문에 이러한 전공들은 서로 다른 연구 주제에서 공통으로 요구되면서 서로 다른 연구 주제 또는 연구자 집단을 매개하는 데 가장 적합한 전공 분야라고 해석할 수 있다. 다른 한편으로는 이러한 하위그룹 간 매개자 역할을 수행하는 연구자들이 증가할수록 네트워크 하위그룹 간 연계관계가 활성화되므로, 해양바이오 분야 활성화를 위한 인력 기반 확보를 위해 타 분야 연구자들을 해양바이오 분야로 유인할 때 우선적으로 고려해야 할 전공 분야라 할 수 있다.

〈표 3-3〉 해양바이오 연구자 네트워크 매개중심성 상위 10위 연구자('06~'18)

순위	연구자	매개중심성	순위	연구자	매개중심성
1	Chun, Y.J.	0.147223	6	Lee, J.H.	0.022863
2	Kim, C.B.	0.113565	7	Shin, H.S.	0.020578
3	Noh, J.R.	0.067840	8	Park, J.S.	0.018514
4	Kang, S.G.	0.049464	9	Lee, E.Y.	0.018029
5	Bu, S.M.	0.041923	10	Kim, G.H.	0.016540

자료: 저자 작성(KIMST 내부자료 활용)

33) Freeman에 따르면 하위그룹을 매개하는 노드는 이러한 위치적 특성 때문에 전체 네트워크의 연결과 정보의 흐름에 중요한 영향을 미칠 수 있다. (L. C. Freeman, Linton(1979))

34) 어떤 노드가 다른 두 노드를 잇는 최단경로에 등장하는 빈도가 높을수록 그 노드의 매개중심성은 높아진다.

3. 연구자 소속기관 유형 및 전공분야 블록모델링

1) 소속기관 유형 블록모델링

제1절에서는 해양바이오 R&D 참여주체를 크게 대학, 정부출연연구소, 기업 및 국공립연구소 등 4가지 유형으로 구분하고 예산, 과제수, 연구개발 단계, 해양바이오 산업분류 및 MT 분류 등 다양한 기준에 따라 R&D 추진 현황을 다각도로 분석하였다. 여기에서는 연구기관 유형 간의 협력관계를 네트워크적 관점에서 분석하고자 한다. 예를 들어, 앞에서 살펴본 대로 기업은 2010년대에 들어서면서 R&D 참여 비중이 소폭이긴 하지만 지속적으로 증가하는 추세에 있다. 그러나 기술통계분석만으로는 기업이 어떠한 형태로 참여하는지, 즉 주로 대학과 공동연구를 하는지 또는 출연연과의 협력관계가 더 강한지 아니면 다른 기업들과의 협력관계가 더 활발한지 파악할 수 없다. 반면에 네트워크 분석은 기본적으로 네트워크 내 행위주체들 간의 관계의 유무, 관계의 강도 등 다양한 관계적 특성에 대한 정보를 제공하므로 이러한 질문에 대한 답을 제시해 줄 수 있다.

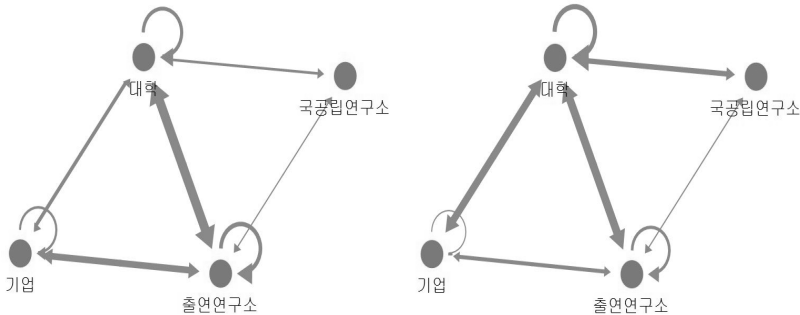
그러나 앞에서 구성한 해양바이오 R&D 연구자 네트워크는 연구자-연구자 간의 네트워크이므로 이를 우선 연구기관 유형들 간의 관계로 변환하여야 한다. 따라서 각 연구자들의 소속기관을 파악하여 이를 위에서 제시한 4개의 기관 유형으로 재분류한 뒤 블록모델링을 이용하여 연구기관 유형 간의 네트워크를 구성하고 이들 간의 협업관계를 분석하였다.

블록모델링은 위의 해양바이오 연구자 네트워크처럼 노드 수가 많고 복잡하여서 구조적 특성을 한눈에 파악하기 어려운 네트워크를 단순한 네트워크로 축약함으로써 네트워크의 특성을 직관적으로 이

해할 수 있도록 하는 방법을 말한다. 블록모델링의 기본 전제는 네트워크 내에서 유사한 역할을 하거나 유사한 구조적 위치를 갖는 노드들 혹은 속성이 유사한 노드들은 같은 그룹(블록)으로 묶을 수 있다는 것이다.

본 연구에서는 연구자-연구자 간 매트릭스를 소속기관 유형-소속기관 유형 간 매트릭스로 변환할 때 링크 수를 3 이상으로 한정하여 보다 긴밀한 네트워크를 분석의 대상으로 하였다. 아래의 왼쪽 그림은 밀도를 고려하여 축약한 것이고 오른쪽 그림은 밀도는 고려하지 않고 링크 수만을 기준으로 나타낸 것이다.³⁵⁾

〈그림 3-20〉 연구기관 네트워크의 축약 그래프('06~'18)
(좌: Block Density Matrix, 우: Block Sum Matrix)



자료: 저자 작성(KIMST 내부자료 활용)

위의 축약 그래프에서 알 수 있듯이 대학과 출연연 간의 공동연구 관계가 가장 활발하며, 이 두 가지 기관 유형은 모두 전문 연구인력과 연구시설 등 자체 연구역량을 보유하고 있으므로 동일 유형 내 연

35) 그래프에서 직선 화살표는 두 블록 간 관계를, 고리 모양의 화살표는 블록 내 관계를 나타내고, 화살표의 굵기는 관계의 강도를 의미한다.

구자들 간의 공동연구도 활발한 편이다. 반면에 기업은 자체 연구역량에 한계가 있으므로 기업 간 협력관계보다는 대학이나 출연연과의 공동연구가 더 많이 이루어지고 있다. 공동연구의 횟수만을 기준으로 하면 대학과 기업 간의 공동연구가 더 많으나 밀도를 고려하면 출연연과 기업의 공동연구 비율이 상대적으로 더 높다고 할 수 있다.

앞에서 실시한 기술통계분석 결과에 따르면 기업은 주로 기술 사업화를 목적으로 하는 개발연구에 참여하고 있으며, 대학 역시 기초연구보다는 응용 또는 개발연구 비율이 더 높다. 따라서 해양바이오 산업화를 활성화하기 위해서는 특히 대학과 기업 간의 협력체계를 현재보다 더 강화하는 방안을 모색해야 한다.

또한, 중장기적으로는 기업이 다른 기관 유형과 공동연구를 할 때에 주관기관의 역할을 수행하는 비중을 현재보다 더 높여야 한다. 아래의 표는 기관 유형별 과제 수행 유형을 나타내고 있다. '06~'18년 대학과 출연연은 각각 153건과 54건의 주관과제를 수행하여 총 229건의 주관과제 중 이 두 기관이 차지하는 비율은 90.4%에 달한다. 반면에 기업은 11건(4.8%)에 불과하며, 이 중 10건은 모두 해양생명자원 DB 구축 또는 기탁등록보존기관 사업에 해당되어 기업이 실질적으로 주관연구를 수행한 사례는 '해양 고세균 이용 바이오수소 생산 실용화 기술 개발' 사업 1건에 불과하다. 즉, 기업은 해양바이오 R&D에 참여한 횟수가 타 기관 유형에 비해 상대적으로 적을 뿐만 아니라 참여의 형태 또한 주로 협동 또는 위탁 연구로 제한적이었다.

따라서 해양바이오 산업화를 위해서는 기업의 R&D 참여 기회, 특히 주관기관으로 참여할 수 있는 기회를 더 많이 제공해야 하며 이를 위해 기업의 연구역량을 개선할 수 있는 다양한 지원 서비스를 개발할 필요가 있다.

〈표 3-4〉 연구기관 유형별 과제 구분('06~'18)

연구기관 유형	과제 구분				
	주관	협동	공동	위탁	합계
대학	153	255	61	104	573
정부출연연구소	54	43	11	23	131
기업	11	28	5	17	61
국공립연구소	11	10	1	13	35
합계	229	336	78	157	800

자료: 저자 작성(KIMST 내부자료 활용)

위의 연구기관 네트워크의 축약 그래프로 다시 돌아가면, 국공립 연구소는 전체 기관 유형 중 가장 협력관계가 활성화되지 못한 유형이다. 국공립연구소는 대학 또는 출연연과의 공동연구가 활발하지 못한 편이고, 기업과의 협력관계뿐만 아니라 국공립연구소 간의 협력관계 역시 형성되지 않았다. 따라서 국공립연구소의 역할을 현재보다 활성화할 수 있는 방안을 마련해야 한다. 지역 거점 국공립연구소와 기업 간의 협력을 활성화해서 지역 해양바이오기업이 성장하는 기회로 활용해야 하며, 특히 국립해양생물자원관의 자원 확보·제공 기능을 강화하여 대학 또는 출연연 소속 연구자들에게 연구개발사업 소재를 제공하고 기업의 산업생산을 지원함으로써 협력체계를 공고히 할 필요가 있다.

2) 전공분야 블록모델링

해양바이오산업은 해양생명자원을 원료로 생명공학기술을 접목하여 제품을 생산하는 산업분야로서, 산업분류체계에서도 확인할 수 있듯이 포괄하는 영역이 광범위하므로 융·복합연구가 필수적이다. 따

라서 해양바이오 분야가 발전하기 위해서는 해양학뿐만 아니라 생명 공학을 비롯하여 의학, 화학, 생물학 등 다양한 학문적 배경을 가진 연구자들의 협업이 요구된다. 여기에서는 '06~'18년 해양바이오 R&D 를 수행한 연구자들의 전공 정보를 이용하여 연구자들 간 협업의 특성을 네트워크 시각에서 분석하였다.³⁶⁾

분석방법은 기관 유형 간 협력 관계와 동일하게 블록모델링을 이용하였다. 우선 연구자들의 최종학위 전공과 중점 연구분야 등을 종합적으로 고려하여 총 9개의 카테고리를 도출하고 이를 기준으로 연구자들의 전공분야를 재분류하였으며, 그 결과 각각의 카테고리에 해당하는 연구자 수는 아래의 표와 같다.

〈표 3-5〉전공분야별 연구자 수('06~'18)

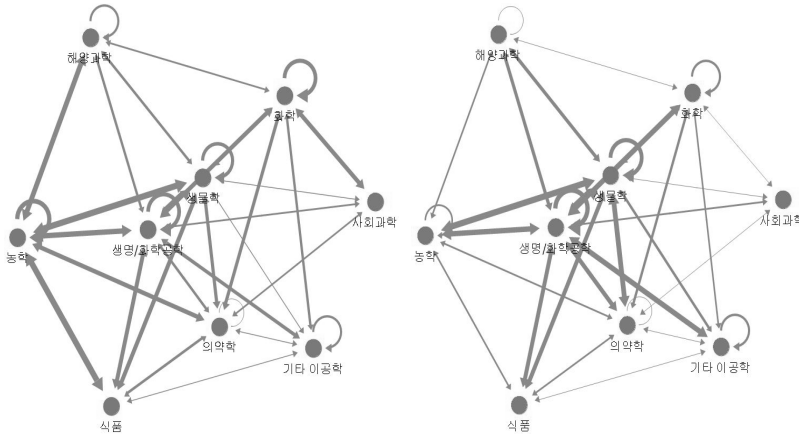
전공분야	연구자 수	전공분야	연구자 수
생물학	66	해양과학	12
생명/화학공학	60	식품	10
의약학	27	농학	9
기타 이공학	19	사회과학	8
화학	13		

자료: 저자 작성(KIMST 내부자료 활용)

기관 유형 간 블록모델링의 경우와 동일하게 링크 수는 3 이상으로 한정하여 연구자-연구자 간 공동연구 관계를 전공-전공 간의 관계로 변환하고 블록모델링을 통해 전공분야 간 협업 관계를 아래의 그림과 같이 축약 그래프로 표현하였다.

36) 총 228명의 연구자 중 전공 정보가 누락되어 있는 4명은 분석에서 제외하였다.

〈그림 3-21〉 전공분야 네트워크의 축약 그래프('06~'18)
(좌: Block Density Matrix, 우: Block Sum Matrix)



자료: 저자 작성(KIMST 내부자료 활용)

전공분야 간 네트워크에서 가장 눈에 띄는 점은 생명/화학공학과 생물학이 다른 모든 전공분야와 매우 활발한 공동연구 관계를 형성하고 있다는 점이다. 앞에서 언급하였듯이, 해양바이오는 해양생명자원에 생명공학기술을 도입한 것이기 때문에 이러한 전공분야가 해양바이오에서 중추적인 역할을 하는 담당하는 것은 자연스러운 결과라고 할 수 있다. 이는 앞에서 살펴본 해양바이오 R&D 연구자 네트워크의 하위그룹 간 브릿지 역할을 수행하는 매개자들이 생명/화학공학 전공자들이라는 분석결과와도 잘 부합된다.

또 하나 주목할 점은 해양과학이 생명/화학공학, 생물학 등과는 공동연구가 비교적 활발하지만, 식품, 의약학과는 링크가 제대로 형성되지 않았다는 것이다. 이는 연구자 네트워크에서 살펴본 바와 같이, 해양생물자원 개발 또는 해양·극한생물 분자 유전체 연구 등 유용한 해양생명자원을 확보하고 해양생명현상을 규명하는 연구의 결과가

신소재 또는 유용신물질 개발 사업 등 응용개발·연구 단계의 사업들과 유기적으로 연계되지 못하고 분절되어 있기 때문에 나타난 현상이다. 해양과학은 해양바이오산업의 원료가 되는 자원을 확보하고 해양의 특수성을 이해하는 데 필요한 지식과 기술을 제공하므로 해양바이오 분야의 기본 토대를 이루는 분야이다. 따라서 이러한 해양과학과 타 전공분야의 협력을 강화하는 것은 타 전공분야 연구자들의 해양바이오 진입을 활성화하는 데 기여할 것이라고 판단된다.

제3절 해양바이오 R&D 추진 성과

1. 분석 개요

해양바이오 산업화를 활성화하기 위해서는 적절한 투자도 중요하지만, 투자된 자원이 사업 목적에 부합하는 성과를 창출하는 것 역시 필수적이다. 따라서 여기에서는 기술통계분석을 통해 해양바이오 R&D 투자에 대한 성과를 분석하였다.

R&D 성과는 학술논문으로 대변되는 학술적 성과와 특허, 사업화 및 기술이전 실적 등을 포괄하는 기술적 성과로 크게 구분할 수 있다.³⁷⁾ 학술적 성과는 기술적 성과에 비해 상대적으로 산업화와 직접적인 연관성은 적으나, 기술적 성과 관련 지표들이 현재까지 많이 개발되어 있지 않고 가용한 데이터도 부족하다는 한계가 있다. 그리고 해양바

37) 연구자에 따라서 여기에서 언급한 기술적 성과를 사업화 성과와 동일시하기도 하고, 특허를 기술이전 건수 또는 기술료 수입 등의 '협약'의 사업화 성과와는 구분하기도 한다. 해양생명공학사업의 특허 성과 분석 결과, 논문 성과와 전반적인 경향성이 유사하여 이 둘을 비교분석하는 것이 더 유의미한 결과를 보여주므로 본 연구에서는 특허 성과를 협약의 사업화 성과와 분리하여 기술하였다.

이오 R&D는 육상 바이오에 비해 출발이 상대적으로 늦은 편이고 해양바이오 산업 역시 현재까지는 태동기에 머물러 있어 축적된 기술적 성과만을 지표로 할 경우 변별력이 제한적일 수밖에 없다. 또한 위에서 살펴본 대로 해양바이오 분야의 특성상 해양생명자원 확보, 해양생명현상 규명 등 기초단계 연구의 중요성이 높으므로 학술적 성과 역시 성과지표로서 일정 부분 의미가 있다고 판단된다. 따라서 여기에서는 우선적으로 평가할 수 있는 데이터가 축적되어 있는 학술논문, 특허 및 기술이전 실적을 기준으로 분석하고, R&D 산업화 촉진을 위한 성과 평가체계 개선은 별도의 장에서 논의하고자 한다.

R&D 성과 분석은 추진 현황 분석과 마찬가지로 NTIS 자료를 활용하였으며, 지난 10년, 즉 '07년부터 '16년까지를 분석의 시간적 범위로 설정하였다.³⁸⁾ 그리고 추진 현황 분석과 마찬가지로 연도, 연구개발 단계, 기관 유형, 해양바이오 산업분류 및 MT 분류 등의 항목에 따라 분석하였다. 학술논문은 SCI 논문으로만 한정하였으며, 특허 성과는 국내와 국외로 구분하였으며 권리성을 반영하기 위해 출원과 등록을 구분하여 분석하였다. 또한, 필요시 1억 원당 성과 등으로 표준화하여 상호 비교하였다.

2. 논문 및 특허 성과

1) 연도별 논문 및 특허 성과

'07~'16년 해양바이오 R&D사업에서 도출된 SCI 논문 성과는 총

38) NTIS에서는 '06년부터 성과 데이터를 집계하기 시작했지만, 해양바이오 R&D사업의 경우 '06년 성과 데이터가 일부 누락되어 있어 분석의 정확성을 위해 제외하였으며, 현재 시점에서 가용한 최신의 것은 '16년도 데이터이다.

958편으로 같은 기간에 투자된 총 2,042억 원의 예산을 감안하면 1억 원당 평균 논문 성과는 약 0.47편이다. 해양수산부의 해양바이오 R&D는 이와 유사한 타 부처의 바이오 R&D사업에 비해 투입된 예산 대비 논문의 정량적 성과가 상대적으로 우수한 편으로 나타났다.³⁹⁾ 또한 유사한 시기('09~'14년)의 해양수산부 내 다른 R&D사업들과 비교해보면 해양바이오 분야가 SCI 논문 편수 및 연구비 1억 원당 성과 모두 가장 높게 나타났다.⁴⁰⁾

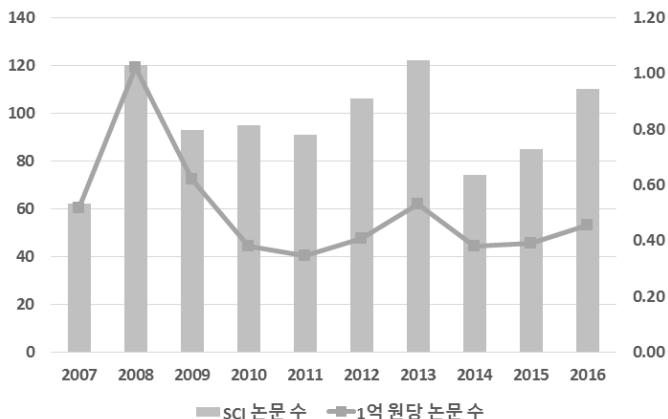
SCI 논문 성과를 연도별로 분석해보면, '13년까지 지속적으로 증가하다가 '14년에 큰 폭으로 감소한 후 다시 증가 추세에 있으나, 1억 원당 논문 수를 기준으로 하면 '13년까지가 이후 시기에 비해 더 우수한 성과를 나타냈다. 이 시기에는 주로 3개 연구단이 전체 논문 성과 중 압도적으로 높은 비율을 차지하였다.⁴¹⁾ 특히 '08년에는 한 해 동안 SCI 논문 수가 120편(1억 원당 1.02편)으로 가장 우수한 성과를 도출하였다.

39) '13~'15년 농림부의 농생명산업기술개발사업은 1억 원당 0.371편, 고부가가치식품기술개발사업은 0.328편, 미래부의 바이오의료기술개발사업은 0.395편, 보건복지부의 첨단의료기술개발사업은 0.248편, 범부처주거신약개발사업은 0.014편 등으로 모두 해양바이오 R&D 논문 성과보다 다소 낮은 편이다. 농진청의 '차세대바이오그린 21' 사업은 1억 원당 0.760편으로 해양바이오 R&D보다 높은 논문 성과를 도출하였다. (해양수산과학기술진흥원(2017), p. 145)

40) '09~'14년 해양수산생명공학사업의 SCI 논문 성과는 총 845건으로 동일 기간 해양수산 R&D 전체 SCI 논문 성과의 42.4%를 차지하였다. 연구비 1억 원당 SCI 논문 수를 기준으로 하면 해양수산 생명공학사업은 0.45편으로 해양수산기술지역특성화사업은 0.31편, 해양수산환경 분야는 0.21편, 수산 분야는 0.14편 등에 비해 월등히 높은 편이다. (한국해양과학기술진흥원(2016), pp. 45~46(해양수산 R&D 사업별 예산)과 p. 72(SCI 논문 성과) 자료를 활용하여 산정함)

41) '04~'11년 3개 연구단(해양바이오프로세스연구단, 해양극한생물분자유전체연구단, 해양천연물 신약개발연구단)이 총 782편의 SCI 논문 성과 중 86%를 차지하였다. (한국해양과학기술진흥원(2013), p. 154)

〈그림 3-22〉 연도별 SCI 논문 성과('07~'16)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

논문과 더불어 대표적인 정량적 성과지표인 특허를 기준으로 하면 '07~'16년 해양바이오 R&D 성과는 국내 출원 499건, 국내 등록 290건, 해외 출원 및 등록이 각각 160건 및 66건으로 국내 출원이 전체 특허 성과의 약 절반으로 가장 높은 비중을 차지하고 있다.

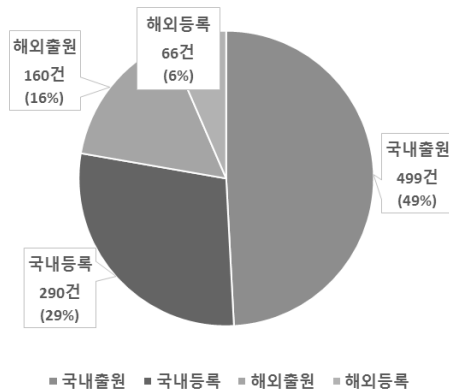
타 부처의 유사한 바이오 R&D사업과 비교해보면, 해양바이오 분야의 특허 성과는 SCI 논문 성과와 마찬가지로 예산 대비 대체로 우수한 편이다. 해양수산부 내 다른 R&D사업들과 비교했을 때에도 해양바이오 분야는 국내 출원/등록 및 해외 출원/등록 등 모든 영역에서 압도적으로 높은 성과를 도출하였다.⁴²⁾

그러나 해양바이오 특허 성과는 국내 성과에 지나치게 편중되어 있

42) '09~'14년 해양수산생명공학사업 분야는 연구비 1억 원당 성과를 기준으로 했을 때 국내 출원을 제외하고 국내 등록, 해외 출원 및 등록에서 해양수산 R&D 전체 중에서 가장 높은 성과를 달성했다. 국내 출원의 경우 미래해양산업이 0.18편으로 해양수산생명공학사업(0.15편)을 근소한 차이로 앞섰다. (한국해양과학기술진흥원(2016), pp. 45~46(해양수산 R&D 사업별 예산) 및 p. 75(특허 성과) 자료를 활용하여 산정함)

다는 문제가 있다. 국내 성과는 출원 및 등록을 합하여 총 789건(78%)인 데 반해 해외 성과는 226건(22%)으로 국내 성과에 비해 매우 저조한 편이다. 특히 해외 등록은 전체 분석기간을 통틀어 66건(6%)에 불과해 해양바이오 해외 기술시장 선점을 위한 대책 마련이 필요하다.

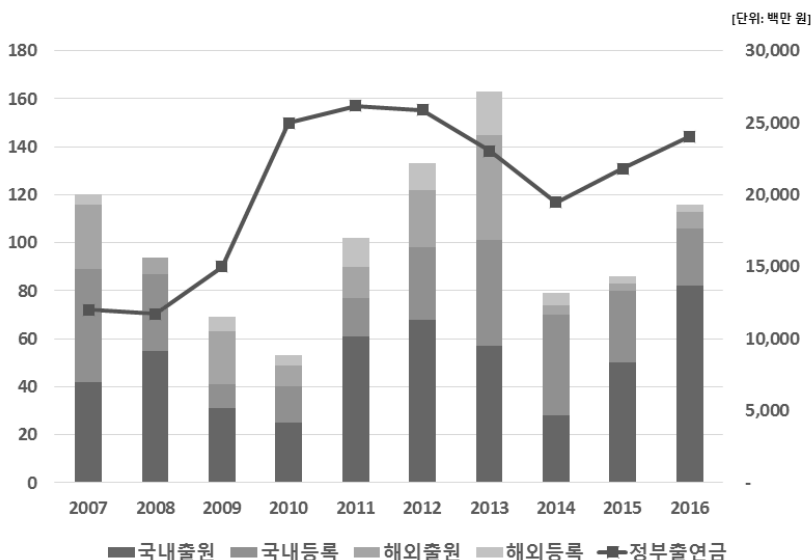
〈그림 3-23〉 해양바이오 R&D 특허 성과('07~'16)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

특허 성과를 연도별로 세분하여 분석해보면, 해양바이오 분야 특허는 '04년 3개 연구단 사업이 시작된 이후부터 본격적으로 생산되기 시작하였는데 특히 '10년부터 연구단 사업 이외에 다양한 신규 사업들이 추가되면서 양적 증가가 두드러졌다. 그러나 '13년 연구단 사업이 종료되면서 '14년에 급감하였다가 다시 증가 추세를 보이고 있으나 이전 시기의 최고치를 회복하지는 못하고 있다. 특히 주목할 것은 '14년 이후 국내 출원과 등록이 전체 특허 성과의 대다수를 차지하고 있고 해외 성과는 급감했다는 점이다. 해외 출원 건수는 '13년 44편에서 '14년 4편으로 감소하였고, 등록 역시 18건에서 5건으로 줄어들었다.

〈그림 3-24〉 해양바이오 R&D 연도별 특허 성과 추이('07~'16)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

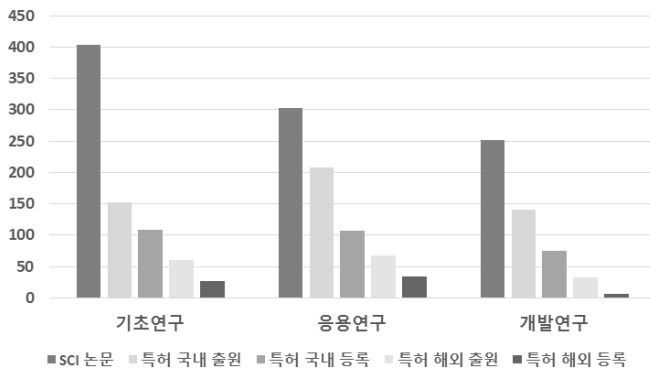
2) 연구개발 단계별 논문 및 특허 성과

논문 및 특허 성과를 연구개발 단계에 따라 구분하여 분석해보면, SCI 논문의 경우 기초연구 단계가 응용 및 개발 연구 단계에 비해 더 많은 비중을 차지하였다. 특허의 경우에도 국내 출원을 제외하고는 모두 기초, 응용, 개발 연구 단계 순으로 성과가 감소하는 경향을 보이고 있다.

육상 바이오 분야에 비해 출발이 늦은 해양바이오는 특성상 해양 생명자원을 확보하고 생명현상과 특이기작을 규명하는 연구가 지속적으로 수반되어야 하므로 개발연구 단계보다는 기초 또는 응용 연구 단계의 성과 비중이 상대적으로 높게 나타나는 것이 일부분 자연스러운 현상이기도 하지만, 연구를 통해 습득된 지식과 기술을 활용

하여 산업화와 연계시키는 것이 궁극적인 목적이라면 개발연구 단계의 특허 성과를 향상시킬 수 있는 방안을 마련할 필요가 있다.

〈그림 3-25〉 해양바이오 R&D 연구단계별 논문 및 특허 성과('07~'16)



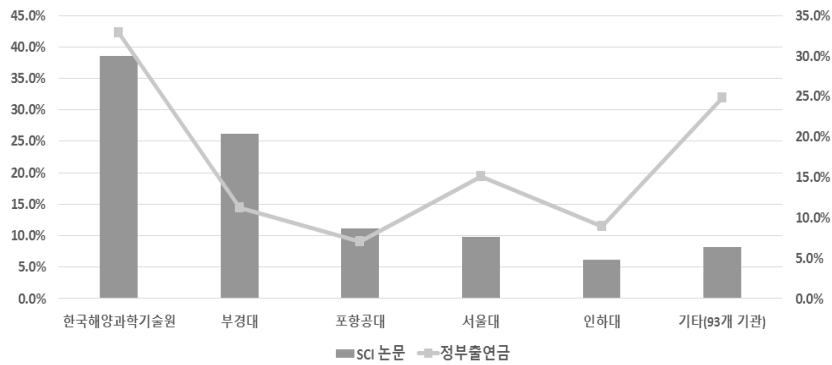
자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

3) 연구수행기관별 논문 및 특허 성과

논문 및 특허 성과를 연구기관별로 구분하여 분석해보면, 모든 성과가 상위 5개 기관에 집중되어 있음을 알 수 있다. 이들 5개 기관은 제1절의 연구기관 유형별 분석에서 총 98개 기관 중 정부 예산이 상대적으로 집중되어 있는 기관들과 동일하였으며, 다만 각각의 성과 지표에 따라 이들 간의 순위만 서로 바뀌었다.

먼저 논문 성과를 살펴보면, '07~'16년 총 98개 연구기관 중 상위 5개 기관이 총 880건으로 전체 논문 성과의 92%를 차지하고 있다. 논문 편수를 기준으로 하면 한국해양과학기술원이 전체 논문 수의 3분의 1 이상을 차지하여 가장 많은 논문 성과를 냈고 부경대, 포항공대, 서울대가 그 뒤를 잇고 있다. 투입된 연구비 규모를 고려하면, 부경대가 예산 대비 논문 성과가 상대적으로 높게 나타났다.

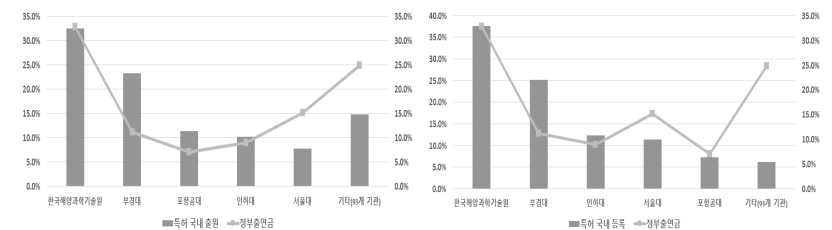
〈그림 3-26〉 SCI 논문 성과 상위 5개 기관('07~'16)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

특허 성과에 대해서도 집중 현상이 유사하게 나타났다. 국내 특허 출원 및 등록의 경우 모두 한국해양과학기술원이 가장 많은 비중을 차지하였고, 투입된 예산을 고려하면 부경대의 성과가 가장 좋았다. 나머지 93개 기관의 특허 출원 및 등록 비율은 각각 13.2%와 5.8%로 상위 5개 기관과는 큰 격차를 보였다.

〈그림 3-27〉 국내 특허 출원(좌) 및 등록(우) 성과 상위 5개 기관('07~'16)

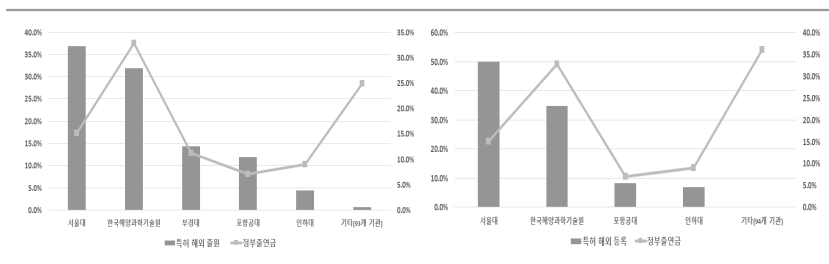


자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

해외 특허 성과 역시 상위 5개 기관에 집중되어 있으나 국내 특허와는 달리 서울대의 성과가 두드러진다는 것이 큰 특징이다. 서울대

는 전체 해외 출원 성과의 36.9%를 차지하였고, 등록을 기준으로 하면 서울대의 비율은 전체의 50%에 달한다. 예산을 고려했을 때에도 서울대의 해외 특허 성과는 다른 모든 기관에 비해 압도적으로 우수하였다. 반면에 논문 및 특허 성과의 상위 5개 기관에 항상 포함되었던 부경대가 해외 등록을 기준으로 했을 때에는 포함되지 못했다. 해외 등록 성과는 정량적인 측면에서 다른 지표들에 비해 뒤처지고, 동시에 특정 기관으로의 쏠림현상은 오히려 더 심한 특징을 보이고 있다.

〈그림 3-28〉 해외 특허 출원(좌) 및 등록(우) 성과 상위 5개 기관('07~'16)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

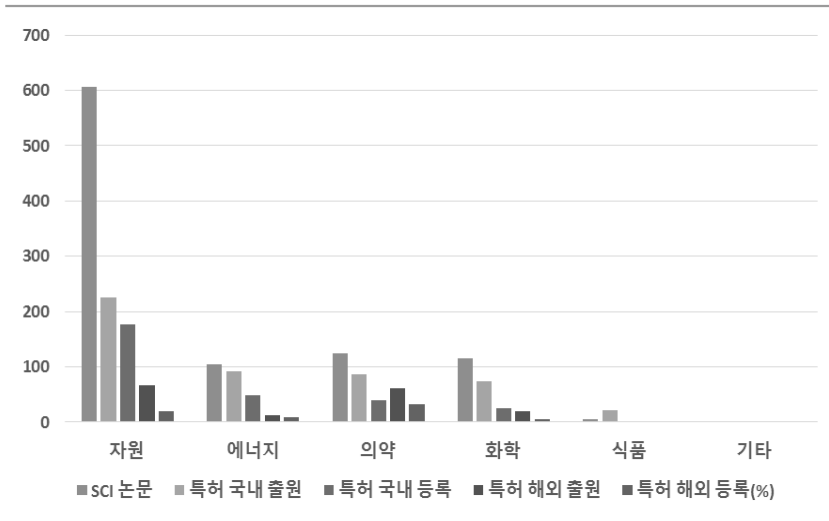
4) 해양바이오 산업분야와 MT 분류에 따른 논문 및 특허 성과

해양바이오 산업분야별로 논문 및 특허 성과를 분석한 결과, 종합적으로 성과가 가장 높은 분야는 '자원' 분야였다. 특히 논문과 국내 특허 성과가 이 분야에 집중되어 있다. 반대로 '식품' 분야는 특허 국내 출원을 제외하면 성과가 거의 전무하여 '자원' 분야와 뚜렷한 대조를 이루었다. 위에서 살펴본 바와 같이 '식품' 분야는 기초 또는 응용 연구 단계에 비해 정량적 성과가 적은 개발연구 단계에서 주로 추진되었고 투자된 예산 규모 역시 가장 적었기 때문에 식품 분야의 성과가 다른 분야에 비해 크게 저조한 것으로 판단할 수 있다. 정반대로 '자원' 분야는 투자된 예산 규모도 가장 크고 해양바이오 분야의

특성상 주로 기초단계에서 연구를 수행했기 때문에 특히 논문 성과가 다른 산업분야에 비해 월등히 높았다. 그 외에 ‘에너지’, ‘의약’ 및 ‘화학’ 분야는 정량적 성과 면에서 서로 거의 유사한 수준을 나타냈다.

위에서 이미 언급하였듯이 특허 성과의 경우, 국내 출원 및 등록 그리고 해외 출원 및 등록 순으로 정량적 성과가 감소하는 것이 일반적인데, ‘의약’ 분야에서는 이와 달리 해외 출원 성과가 국내 등록 성과를 추월하였다는 것이 큰 특징이다. 해외 등록 역시 전체 해외 등록 건수의 절반이 ‘의약’ 분야에 집중되어 있다. 이를 위의 연구기관별 분석 결과와 연계하여 해석하면, 해외 특허에서 가장 우수한 성과를 냈던 서울대가 자신들이 주관으로 참여한 해양천연물신약연구단 사업을 통해 ‘의약’ 분야에서 상대적으로 많은 해외 특허 성과를 냈기 때문임을 알 수 있다.

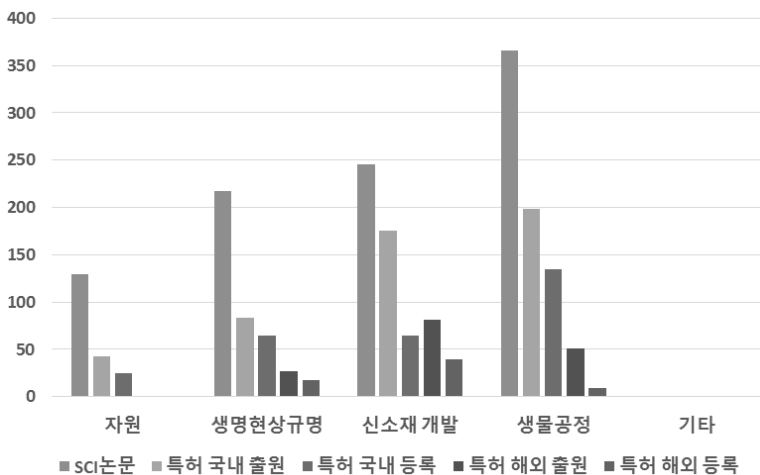
〈그림 3-29〉 해양바이오 산업분야별 논문 및 특허 성과('07~'16)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

해양바이오 R&D 성과를 MT 분류에 따라 구분하여 분석해보면, 산업분류에서 ‘자원’이라는 하나의 카테고리에 포함되어 있던 과제들이 MT 분류에서는 각 과제의 구체적인 연구 내용에 따라 ‘해양생명자원’, ‘생명현상 규명’, 그리고 ‘생물공정’으로 분류되어서 ‘자원’ 분야에 집중되어 있던 성과 역시 분산되었을 것으로 추정할 수 있다. 또한 해양바이오 산업분류에서 ‘의약’으로 분류되었던 과제들의 상당수는 MT 분류 체계에서는 신소재 개발에 포함되어 이 분야의 해외 특허 실적에 영향을 주었을 것으로 판단된다.

〈그림 3-30〉 해양수산과학기술 분류체계별 수행 성과('07~'16)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

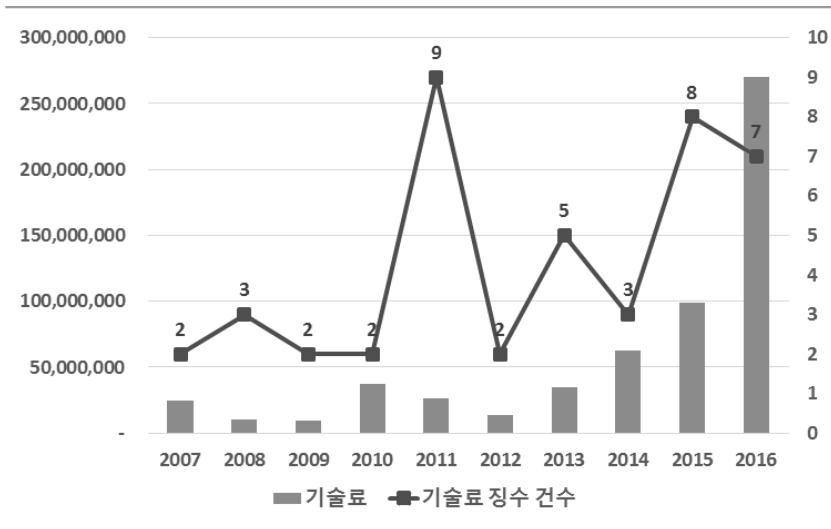
3. 사업화 성과

'07~'16년 해양바이오 R&D를 통해 획득된 기술을 이전한 건수는 총 43건으로 '11년에 9건으로 최고치를 기록했던 것을 제외하면 매

년 2~3건 내외였다가 최근에는 증가 추세를 보이고 있다. 기술이전에 따른 기술료는 동일 기간 총 589.5백만 원인데 해마다 완만하게 증가하는 경향을 보이고 있으며 '16년에는 270백만 원으로 가장 높은 수치를 기록했다.

해양수산부의 다른 R&D사업들의 기술이전 성과와 비교해보면, 해양바이오 분야는 기술이전 건수는 높은 편에 속하지만, 기술료를 기준으로 하면 기술이전 건수에 비해 상대적으로 더 낮은 순위를 기록했다. 위에서 살펴본 대로 논문이나 특허 성과는 타 부처의 바이오 분야 또는 해양수산부 내 다른 R&D사업과 견주어 보았을 때 대체적으로 우수한 편인 데 반해 기술이전 등 상용화를 위한 실질적인 성과는 적어도 현재까지는 저조한 편이라고 할 수 있다.

〈그림 3-31〉 해양바이오 R&D 연도별 기술료('07~'16)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

기술이전으로 발생한 기술료를 해양바이오 산업분류에 따라 구분하면, 화학 분야가 301.5백만 원으로 전체 기술료의 절반을 차지했고, 자원 분야가 151백만 원, 의약 분야가 117백만 원 순이었다. 의약 분야는 총 4건으로 이전 건수는 상대적으로 적지만 기술 이전 1건당 기술료를 기준으로 하면 29.2백만 원으로 다른 분야에 비해 상대적으로 높았으며, 화학 분야가 23.2백만 원으로 뒤를 이었다.

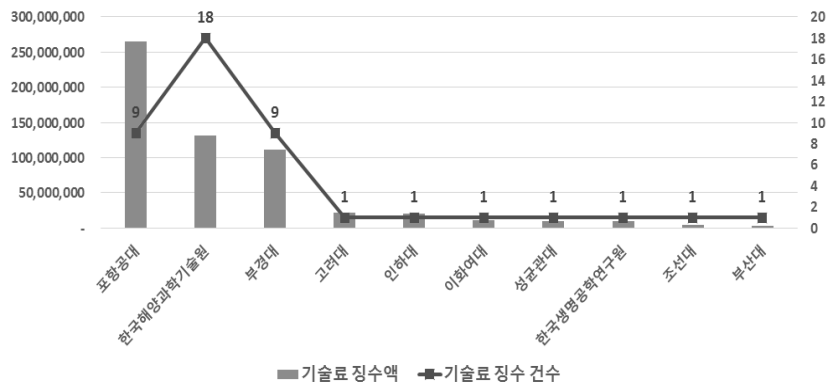
〈표 3-6〉 해양바이오 산업분류에 따른 기술이전 성과('07~'16)

해양바이오산업분류	기술이전 건수	기술료(원)	기술이전 1건당 기술료
화학	13	301,500,000	23,192,308
자원	25	151,040,600	6,041,624
의약	4	117,000,000	29,250,000
에너지	1	20,000,000	20,000,000
식품	0	-	-
기타	0	-	-
합계	43	589,540,600	

자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

연구기관별 기술 이전 성과는 기술료를 기준으로 하면 포항공대가 총 265.5백만 원으로 가장 우수한 성과를 거두었으며, 기술이전 1건당 기술료에서도 포항공대가 가장 높은 순위를 차지하였다. 포항공대의 기술이전 성과는 주로 홍합 유래 생물 접착제 관련 연구, 해양 바이오산업 신소재 기술개발, 해양 섬유복합소재 및 바이오플라스틱 소재 기술개발 등을 통해 발생하였다.

〈그림 3-32〉 연구기관별 기술료 징수 성과('07~'16)



자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

제 4 장

해양바이오 R&D사업 및
산업화 실태 분석

제1절 전문가 심층 인터뷰 개요

앞 장에서 NTIS의 국가 R&D사업 관련 자료와 KIMST 내부자료를 분석하여 해양수산부의 해양바이오 연구개발사업 현황과 특징을 살펴해보았다. 객관적인 자료에 대한 기술통계 및 네트워크 분석과 더불어 해양바이오 분야 현장에서 바라본 다양한 측면의 현실을 확인하기 위해 분야별 전문가들에 대한 심층 면접을 수행하였다.

총 7회에 걸쳐 8명의 전문가를 인터뷰하였는데, 초기 인터뷰 대상자는 연구진이 선정하였고 이 후에는 스노우볼 샘플링(Snowball Sampling) 기법을 통해 인터뷰 대상자로부터 다음 후보자들을 추천받았다. 그 중에서 소속기관과 해양바이오 연구개발사업에서 수행하고 있는 역할 등을 종합적으로 고려하여 대상자를 선정하였으며, 그 결과 본 연구의 심층 인터뷰는 바이오 R&D 연구, 바이오 정책연구, 연구관리, 기업 지원 및 기업 경영 관련 전문가들을 포괄하고 있다.

인터뷰는 각각의 전문가를 대상으로 개별적으로 진행하였으며,⁴³⁾ 인터뷰 대상자들의 직간접적인 경험과 지식으로부터 깊이 있는 내용을 도출하기 위하여 비구조화된(unstructured) 면접의 형태로 진행하였다.

인터뷰에서는 크게 해양바이오 산업의 성격, 즉 일반 바이오 분야와는 다른 해양바이오 분야의 특성, 우리나라 해양바이오 분야의 산업화 수준, 문제점 및 발전 전망, 해양바이오 R&D사업의 문제점과 개선책, 해양바이오 산업화를 위해 연구관리기관을 포함한 관련 주요 기관들의 역할 등을 포괄하는 내용이 주로 다루어졌다.

인터뷰 내용은 전사 후 내용분석(content analysis)을 통해 분석하였으며, 제2절에서는 그 결과를 주요 주제별로 종합하여 정리하였다. 심층 인터뷰를 통해 앞 장에서 수행하였던 문헌연구나 기술통계 및 네트워크 분석에서는 얻을 수 없는 현장의 목소리를 파악할 수 있었다.

제2절 해양바이오 R&D사업 실태

1. 해양바이오 R&D사업의 구성 및 타 분야 사업과의 중복성

해양바이오투자를 다루는 해양생명공학사업은 협의의 바이오 분야로 수산식품 등 비 생명공학적인 분야를 배제하고 있다. 과거 Blue Bio 2016, 즉 ‘해양생명공학육성 기본계획’에는 생태 분야 등 비 생명공학 분야가 포함되기도 했으나 현재는 제외된 상태이다.

43) 1개 기관의 경우 소속된 2명의 전문가를 동시에 인터뷰하였다. 자문회의 형식으로 진행한 심층 면접은 2018년 4월 10일, 7월 5일, 7월 12일, 7월 13일, 7월 20일, 8월 9일, 8월 20일에 각각 개최하였으며, 인터뷰당 1시간에서 최대 2시간이 소요되었다.

해양생명공학사업 과제の内容이 이상하게 구성되는 경우는 대부분 예산체계와 관련이 있다. 예산 심의 시 범부처 연계해서 과제를 심의할 경우 보건복지부, 산업부, 미래부 등의 바이오 사업과 중복성 문제로 과제 내용이 변경되는 경우가 많다. 예를 들어, 국토부 시절에는 해외생명자원 확보 사업에 많은 지원이 이루어졌는데, 국가과학심의회 위원들이 해수부의 역할을 자원 확보로 보았기 때문이다. 해양천연물 신약 사업단의 경우, 다른 부처에서 할 일들을 제외하면 해양 쪽에서 할 수 있는 연구개발 주제가 별로 없었다. 예산 당 국토 해양의 특수성은 인정하지만, 동일한 생명공학 기법을 사용한다고 보기 때문에 중복성을 문제 삼는 경향이 있었다.

2. 해양바이오 산업화 R&D 과제의 필요성

해양바이오 R&D 성과의 사업화를 위해서 몇 가지 사항을 고려할 수 있다. 어느 정도 단계에 가 있는 기술을 사업화해야 하는데, 새로운 과제는 늘 처음부터 시작한다는 문제가 있었다. 치의료 소재 연구개발 과제와 같이 일정 부분 연구가 진행된 과제가 해양생명공학사업 신규과제로 들어오는 경우도 있지만, 대부분의 경우는 그렇지 않았다. 해양바이오 R&D사업에서 상용화 개념을 명확히 하는 것이 도움이 될 것이다. 기술이전 등 명확한 사업화 성과를 지표로 설정하고, 과제 공고 시 일정 부분 기존 연구성과를 가지고 들어오도록 규정하는 것도 필요하다고 본다.

해수부는 사업화 연계 기술개발사업(R&BD사업)의 시작이 늦어서, 시작한지 5년 정도밖에 안 된다. 그러나, 최근에는 해수부 R&D 과제 도 소재 개발부터 식약처 승인까지 기획하는 것이 가능해짐으로써

산업화에 유리해지고 있다. 안전성·독성 검사, 효능검사(in vivo 및 in vitro), 간단한 임상시험이 포함될 수 있다. 연구비 예산이 불충분할 경우 동물실험까지만 하는 것도 가능하며, 실제로 동물실험 단계까지 사업을 수행하는 경우가 많다.

미래해양기술개발사업이나 수산상용화사업은 예산 규모가 3년에 3억 원, 총 9억 원 이내로 대부분은 2억 원 정도 규모인데, 바이오 상용화를 위해서는 너무 예산이 적다. 따라서 해양수산생명공학기술 개발사업에 상용화 과제들을 지원할 수 있는 소분야를 두는 것도 도움이 될 것이다.

해양바이오 산업화를 평가하기 위해서 R&D의 범위를 명확히 규정하는 것이 필요하다. 해양바이오 R&D는 대량생산 또는 소재확보까지 하는 것이 적절하다고 생각한다. 즉 원료 확보와 효능 검증까지를 국가 R&D의 영역으로 설정하고, 나머지는 민간에 맡기면 될 것이다.

3. 해양바이오 R&D 관리의 문제점

해양바이오 산업화를 위해서는 적절한 R&D 정책 개발 및 추진이 필요하다. 연구자들은 해양바이오 R&D 관리에 대해 아쉬운 부분이 있음을 확인할 수 있었다. 먼저, R&D 관리 측면에서 평가 기준을 개선할 필요가 있다. 예를 들어, 논문의 비중을 낮추고 기술이전 실적 등 사업화 실적에 높은 비중을 두도록 바뀌나가야 한다. R&D 과제 기획위원회, 평가위원회 위원 구성도 중요하다. 연구자들이 느끼기에 성격이 다른 과제들을 평가함에 있어서 과제 성격과 무관하게 동일한 사람들이 위원으로 참여하는 경우가 많다고 한다. 사업화를 강조하는 과제의 경우 KIMST 담당 간사가 과제 기획위원들을 해당과

제의 평가위원으로 섭외하여 일관성을 유지하는 게 바람직할 것으로 생각된다. 또, 해양수산생명공학사업 중 자원 확보를 목적으로 하는 과제들은 여타 과제와 성격이 다르기 때문에 평가위원 구성 등에서 다른 관리 방식이 필요하다. 해양바이오는 여타 바이오 분야와 상당 부분 유사하므로, 평가위원 구성 시 비 해양분야 전문가 선정도 고려할 필요가 있다.

해수부 R&D는 연구단계상 성격이 다른 부처에 비해서 모호하여 명확히 규정하기 어려운 면이 있다. 예를 들어, 연구재단은 기초연구를, 산업부는 실용화 연구를 지원하고 있는 것처럼 해양수산 R&D도 성격이 분명하면 연구자들이 혼란을 겪지 않을 것이다. 산업화 측면에서도 연구의 성격이 순수 R&D, 상용화 R&D 등으로 명확해져야 그 성격에 맞춰서 추진될 수 있을 것이다.

또한, 산업화가 잘 이루어지기 위해서는 해당분야 전문가가 최초 기획단계부터 주도할 필요가 있다. 예를 들어, 신약 개발은 인체나 질병에 대한 문제의식에서 출발해야 한다. 이를 합리적인 약 발견(rational drug discovery) 과정이라고 한다. 따라서 의약화학 전공자가 R&D 전 과정을 주도적으로 이끌어야 한다. 마찬가지로, 해양바이오 R&D에 있어서도 최종 제품이 해당하는 분야의 전문가가 최초 시작 단계부터 총괄적인 계획을 가지고 참여해야 한다.

한편, 연구수요가 충분한 주제를 신규 R&D로 추진해야 한다. 특정 과제를 수행할 수 있는 연구자 및 연구기관이 한정되면 경쟁이 없어지고 특정 인물, 특정 분야를 지원하게 되는 결과가 초래된다. 과거 해양수산부 R&D사업은 해양수산분야 전공자들만을 대상으로 하여 진입이 상대적으로 용이하였으나, 최근에는 경쟁이 심해지고 있으며 4~5년 전부터 해양수산 분야 전공자가 아니더라도 많이 참여하고 있다.

기존 해양바이오 R&D 과제는 3+2년, 5+2년 등 특정 연구를 하는 사람들이 오랜 기간 동안 안정적으로 수행하도록 되어 있기 때문에 비경제적인 측면이 있다. 성과를 공유해야 하고, 단계마다 진행상황을 공개해야 한다고 본다. 다년도 대규모 예산이 투입되는 연구과제의 경과가 공개되지 않기 때문에 투입 예산에 비해 탄력이 안 붙게 된다. 중간과정을 중간평가 등의 제도로 관련 연구자들에게 공개할 수 있어야 한다.

4. 기관별 역할 분담

효과적인 해양바이오 R&D 추진과 산업화를 위해서는 연구주체인 참여 연구기관들의 성격에 부합하는 역할 분담이 필요하다. 앞 장에서 살펴본 바와 같이 해양바이오 R&D의 주요 연구주체로 대학, 정부 출연연구소, 기업체를 들 수 있다.

대학의 경우 가장 많은 예산을 지원받고 있으나, 과제 수가 많아서 과제당 예산은 출연연에 비해 적다. 또 연구책임자를 제외한 연구진이 대부분 대학원생으로 구성되어 있어 안정성 측면에서 상대적으로 취약하다.

KIOST와 같은 출연연의 경우 고급 연구인력을 보유하고 있으며, 연구비 예산도 안정적으로 확보되는 편이다. 따라서 출연연의 역할은 연구 중심이 적합하다. 심해, 극한환경, 미생물 등 생명현상을 밝히는 연구나 기반연구를 수행해야 하며, 과제에 따라 실용화 단계까지 이르는 기술 연구를 수행해야 한다. 그러나 본격적으로 상용화를 요구하는 연구에는 적합하지 않다. 산업화 기술은 기업이 주도적으로 연구해야 한다.

해양바이오 산업화에 있어 기업이 중요한 역할을 수행하여야 한다. 산업화를 위해서는 전 단계에 기업이 참여하는 것이 바람직한데, 적어도 실용화 연구부터는 기업이 주체적인 역할을 수행하여야 한다. 연구개발 역량을 갖춘 기업체의 참여가 필요한데, 회사 자체 연구소 유무가 잣대가 될 수 있을 것이다. 해양바이오 R&D에서 과제의 규모가 커지고 대학 등의 컨소시엄 중심으로 연구개발을 수행하는 경우가 많은데, 여기서 민간 기업체는 보조적인 역할만 수행하는 사례가 많다. 대학들은 기업체와는 상용화의 관점이 완전히 다르기 때문에, 대학이 주도하는 과제의 경우 연구내용은 제품의 생산이 아닌 응용 단계 정도에 중점을 두게 된다.

기업의 역할이 중요함에도 불구하고 정통 해양바이오 분야에 해당한다고 할 수 있는 기업체가 매우 드문 것이 현실이다. 기업체 외에도 국내에는 한국해양과학기술원 등 여건이 갖춰진 극소수 기관들 이외에는 해양바이오를 제대로 하기 힘든 상황이다. 과거 부산지역 지역중점산업 육성을 할 때 해양바이오를 미래중점 분야로 육성하려고 하였으나 해당하는 기업체가 적어서 결국 수산식품까지 포괄하였던 사례가 있다.

대학 등 연구기관의 R&D 과제에 기업체가 너무 이른 시기에 참여하거나 기술이전이 이루어지는 것이 바람직하지 않다는 견해도 있다. 원천기술 특허를 여건이 되지 않는 회사가 가져가서 사장되는 경우도 많으며, 제대로 후속개발이 진행되는 경우가 많지 않기 때문이다. 반대로 개발이 잘 진행되는 경우, 연구개발 및 산업화를 촉진(speed up)하는 효과가 있을 것이다.

산업화를 위해서는 홍보가 중요하며, 현 단계에서는 대기업의 참여가 필요하다. 해양바이오 제품 수요가 적은 데에는 소비자들이 잘

모르기 때문에 그런 면이 많다고 생각된다. KIMST가 성과 박람회 등 R&D 사업화를 위해 많은 홍보 활동을 잘 수행하고 있으며, R&D와 기업체를 연계하기 위한 노력을 기울이고 있다. 그러나 효과적인 광고를 통해 수요를 창출해내기 위해서는 대기업(혹은 중견기업 이상)의 관심과 참여가 필요하다. 대기업의 참여를 유도하기 위하여 고위급 수준의 논의가 효과적일 수 있으며, 수협을 통해 공장을 이용하게 허용하는 등 리스크를 국가가 줄여줄 수 있는 방안도 모색할 수 있을 것이다.

그런데, 대기업은 대부분 자체 연구개발을 거의 안 하고 있다. 해양바이오 기업들이 국내 대기업과 협업을 수행한 사례가 있는데, 소재나 공정 개발은 중소기업이, 마케팅 등은 대기업이 하는 것이 효과적임을 알 수 있었다. 타 부처 바이오 사업의 경우 해양바이오 기업이 주도하고, 대학과 대기업이 함께 컨소시엄을 구성하여 추진한 사례가 있다.

현재 국가 R&D 참여 시 대기업의 경우 기업체 부담금이 너무 커서 이를 완화해줄 필요가 있다는 주장도 있다. 그러나 타 분야의 경우 대기업 참여에 기업체 부담금이 문제가 되는 경우는 없는 것으로 보인다. 아직까지 국내 대기업이 해양바이오에 관심을 가지지 않고 있으나, 대기업의 참여가 해양바이오 산업화에 기여할 수 있을 것으로 판단되므로 촉진책을 고려할 필요가 있다.

최근 들어 국립해양생물자원관이 해양바이오 R&D에서 중요한 비중을 차지하게 되었다. 자원관의 경우, 연구자, 연구기관, 기업 등 주체들 사이의 연결 역할을 하는 것이 적절할 것으로 보인다. R&D 성과로 획득한 자원의 기탁은 가능하지만, 경제적 수익과 직결될 수 있는 물질의 기탁은 어려울 것인데, 자원관이 주체들 사이의 연결고리

역할을 수행함으로써 이를 해결할 수 있을 것이다. 자원관이 소재물질 확보와 관련해서 산업화 측면 활동을 직접 수행하는 것은 기관의 성격상 적절하지 않다.

5. 산업화 성과에 대한 원인분석 및 성공모델 확립

3개 마린바이오 연구단 사업을 통해 많은 성과가 도출되었으나, 실용화 측면에서 큰 성과를 얻지 못한 것은 사실이다. ‘해양생명공학’이라는 용어를 마린바이오 사업에서 최초로 사용하는 등 기반을 마련했다는 데 의미를 두어야 한다는 반론도 있지만, 산업화는 미진하였다. 많은 지원이 이루어진 연구단 사업의 시사점을 참고하여 극복해야 한다. 항상 비슷한 부분에서 부진이 반복되고 있다고 보인다. 연구단뿐만 아니라 해양바이오 R&D 과제 단위로 산업화 성공 및 실패 사례에 대한 철저한 원인분석이 필요하다. 설문 등 방식으로 원인 분석을 하면 도움이 될 것으로 보인다.

우수사례에 대한 연구를 통해 성공 모델을 확립할 필요가 있다. 초기 연구들도 처음부터 실용화나 응용 가능성을 고려했으나, 당시는 지금처럼 산업화가 강조되거나 활성화 되지 않은 분위기였다. 따라서 기술 사업화를 뚜렷하게 목적으로 하여 사업이 효율적으로 추진되지 못한 측면이 있다. 그에 따라 연구개발 기간이 길어지고, 중간에 산업화와 연관성이 적은 다른 연구들도 연구자의 선택에 따라 많이 추진되기도 한다. 이러한 부분이 향후의 연구과제들의 기획·관리에 적용될 수 있을 것이다.

해양바이오 R&D의 산업화를 위해 중요한 요소는 국가의 지속적인 지원이다. 정부 R&D 지원을 지속할 것인지 판단할 수 있는 기준은

성공 경험이라고 할 수 있는데, 단계별로 목표 달성에 성공하여 지원 필요성과 성과에 대한 확신을 줄 수 있어야 한다.

6. 해양바이오 R&D 자료의 신뢰성 확보

해양바이오 R&D 정책 개발을 위해 자료의 축적과 질적 관리가 중요하다. 그런데, 기존 자료는 성격상 몇 가지 문제가 있다. 과제의 연구개발단계는 연구자 스스로가 기재하게 되어 있는데, 연구자가 제시한 기초, 응용, 개발연구 구분은 해수부의 산업화 목표 요구에 맞추기 위해 대부분 응용, 개발을 기재하는 경향이 있다. 실제 내용을 살펴보면 기초/응용에 가까운 경우가 많다. 기술이전 실적도 상용화 즉, 매출발생까지 성과로 연계되지 않은 경우가 많다.

특허의 경우도 상황이 복잡한 경우가 있다. 많은 특허 실적이 사실 상 허수에 불과할 수 있는 것이다. 개발 단계에서 여러 특허를 등록하여도 나중에는 핵심 특허 하나만 남기고 나머지는 유지하지 않는 경우가 많다고 한다. 산학연 공동연구를 수행하면, 학교 측에서 특허를 받아서 기업에 기술이전하는 형식을 취하게 되는 경우가 많다. 이를 실적으로 인정받기 때문이다. 이때 기술이전료가 발생하며, 기관에 따라 일정 부분을 연구진에게 인센티브로 지급하기도 한다. 공정 특허와 효능 특허로 나누어서 보면, 대학에서 받은 특허 중에서도 효능 특허는 의미가 있을 수 있으나, 공정 특허는 완전히 새로운 것을 개발한 경우가 아니라면 대부분 경제성을 담보하기 어렵다.

제3절 해양바이오 R&D의 산업화 실태

1. 해양바이오 산업의 성격과 시장 여건

바이오 산업은 단일 산업으로 보기 어려우며, 약, 식품, 화학, 환경 등으로 구분될 수 있다. 바이오 산업은 보통 레드(Red), 화이트(White), 그린(Green)으로 나누어 표현하는데, 레드는 의약품(진단 포함), 화이트는 화학·환경·에너지, 그린은 농업·식품에 해당된다. 추가로 기반성 플랫폼 기술이 네 번째 분야로 꼽히기도 하며, 유전자 분석, 진단 시약 등이 포함된다. 그에 따라 여러 정부 부처에서 바이오 산업 정책을 추진하고 있다. 즉, 바이오 화학·환경·에너지 분야는 산자부가 지원하며, 식품·농업은 농진청이 담당하고, 보건·의료는 복지부, 과기부, 산자부가 지원한다.

일반적으로 약 분야가 가장 전망이 좋은 것으로 평가받고 있다. 최근 우리나라는 신약 후보물질 발굴과 바이오 시밀러에 집중하고 있으며, 이를 통해 상당한 수익을 올리고 있다. 바이오 에너지는 전 세계적으로 기대보다 늦게 진행되고 있으며, 저유가, 셰일오일 및 가스, 신재생에너지 등으로 인해 낮은 수요가 지속되고 있다. 바이오 에너지 분야는 대기업의 참여가 필수적일 것이다. 한편, 식품 쪽 바이오 산업은 너무 세분화되어 있어 규모가 크지 않은 것이 특징이다.

바이오 기술을 전통적인 구 바이오 기술(Old biotech)과 첨단 생명공학이 적용된 신 바이오 기술(New biotech)로 구분하기도 한다. 일반적으로 바이오 산업을 좁은 의미로 신 바이오 기술이 적용되는 산업으로 한정해서 규정하였는데, 최근에는 전통 기술 산업도 포함하는 방향으로 의미가 확대되는 추세이다.

해양바이오 분야의 경우에는 좁은 의미로 바이오 기술과 바이오 산업을 규정하고 있다. 해양바이오 제품은 단지 수산물이 포함된 제품과 구별해야 한다. 예를 들어, 단순히 해조류를 갈아 넣은 정도로 해양바이오 제품이라고 할 수는 없다. 엄밀한 의미에서 해양생명공학 기술이 적용된 경우만 해양바이오라고 할 수 있다.

우리나라 해양바이오 분야는 산업 자체가 아직 형성되지 못함에 따라 해양바이오 제품의 수요가 거의 없는 상태이다. 해양바이오 분야의 특징은 기술개발이나 산업화가 매우 느리다는 점인데, 2004년부터 시작된 마린바이오21 국가 R&D사업도 눈에 띄는 사업화 실적이 없었다. 논문 실적은 우수하였으나 산업화는 미진했다고 할 수 있다. 홍합 단백질 접착제 등 해양생명공학사업의 성공적인 사례들도 아직 매출이 크지 않은 상태에 머물고 있다. 그 외 해양바이오 사업화 사례가 있지만 큰 성공으로 보기는 어렵다. 감태 추출물을 원료로 수면유도제를 개발한 경우나, 다시마 추출물로 건강기능식품을 생산한 경우 등을 예로 들 수 있다. 제품 출시 시기에 따른 문제도 있다고 볼 수 있는데, 해조미인의 경우 국민들이 다이어트에 관심이 많아 미에로화이바가 성공했던 시기에 출시되었으면 크게 성공할 가능성이 있었다.

해양바이오 분야는 아직 패러다임 형성기로 보는 것이 적절하다. 성공 스토리(success story)가 필요하다. 국제적인 성공사례를 찾아보는 것도 도움이 될 것이다. 산업화의 한 주기(cycle)를 아직 다 경험하지 못했으므로, 해양바이오에 속하는 다양한 분야의 R&D 과제들을 다 시도해보는 것도 의미가 있다고 본다. 해양바이오 산업화를 위해서는 하나의 성공사례 창출을 목표로 해야 할 것이다.

2. 원료물질의 확보와 공급

원료가 되는 생물체, 물질, 소재 등의 양이 충분히 확보 가능한지 여부가 연구개발 주제 선택에 중요한 요소 중 하나이다. 원료의 원활한 공급은 해양바이오 산업화의 주요 과제이기도 하다. 가격경쟁력을 갖춰 상업적으로 성공하기 위해서는 원료 공급 단가는 낮춰야 하고 생산공정을 단순화해야 한다. 실제 기술과 공정을 개발했는데, 원료의 가격이 너무 비싸서 사업화에 실패한 경우가 적지 않다. 과거 R&D 사업화에 실패한 경우 필요한 원료 물질의 합성이나 대량생산이 잘 안 되고, 생산된 원료는 사업화에 부적합했던 경우가 대부분이다. 예를 들어서 미역, 다시마 등 대형조류의 경우 양식을 통해 생산된 거의 전량이 식품으로 소비되고 나머지도 양식 전복의 먹이 등으로 이용되고 있다. 그에 따라 해양바이오 원료로 저가에 공급되기 어려운 상황이다. 산업화를 위해서는 과제 기획 시기부터 원료물질 공급 측면을 충분히 고려하여야 한다.

기업의 경우 원료 공급의 경제성 측면, 즉 예상 단가를 미리 고려해서 개발을 시작하고 있으므로 타 기관 주도의 R&D에 비해 문제가 덜하다. 그렇지만 국내산 원료 상용화 연구, 미활용 어류 등 활용 연구, 해조류 계약재배 등 다양한 노력을 기울이고 있음에도 불구하고 장기적으로 원료 공급은 어려움이 있을 수밖에 없다. KIMST R&D 평가에서는 처음부터 경제성을 평가하고 있으므로 이 부분에 대한 최소한의 장치는 마련되어 있다고 할 수 있다.

해양바이오의 산업화를 위해 시장에서 사용가능한 원료의 생산 및 공급을 확대할 필요가 있다. 현재 식약처에 등록된 기능성 36개 중 해양 유래 원료의 기능성은 11개에 불과하며, 원료 기준으로 고시형

원료 67건 중 해양 유래 고시형 원료 9건, 개별인정형 원료 263건 중 해양 유래 18건에 그치고 있다. 향장소재는 식약처에 등재된 기능성 해양소재가 전무한 실정이다. 해양바이오의 산업화를 위해 시장에서 사용가능한 원료 품목을 확대할 필요가 있다. 해양바이오 R&D는 기능성 식품 및 향장소재 분야의 경우 해양 기능성 소재를 적극 발굴하는 영역에 집중해야 한다.

한편, 천연물신약의 경우 지적재산권(IP) 보호가 안 되는 게 문제로 지적된다. 단일물질만이 지적재산권 보호를 받을 수 있는데, 일반적으로 천연물질은 복합물질인 경우가 대부분이다. 동아제약 천연물신약 스티렌의 경우 단일물질이 아니며, 감태 추출물을 활용한 시놀의 경우도 마찬가지이다. 분자구조를 바꿔야 물질에 대한 특허를 받을 수 있다. 이에 대한 대안으로 해양바이오 기업체 등을 고유한 생산공정 등에 대한 특허를 통해 지적재산권을 보호받는 전략을 취하고 있다.

해양 천연물의 경우 나고야 의정서에 따른 유전자원의 접근 및 이익공유(ABS)가 문제가 되기도 한다. 해양수산부는 해외자원 확보 사업 등을 지속적으로 추진했으나, 이익공유와 관련된 문제들로 인해 기업들은 대부분 국내 자원을 선호하고 있다. 환경부도 기존에 제품화가 성공한 국내 서식종 또는 근연종에 관심을 가지고 있다.

3. 전문인력, 지역격차, 전문 컨설팅 지원 등

해양바이오 분야는 지역 격차가 큰데 이는 특히 전문인력 측면에서 두드러진다. 한 지역 기관은 식품과 화장품 2개 분야에 주력하고 있는데, 기업지원 사업으로 식품제조공정, 음료공정, 화장품 공정 등에서 다품종 소량생산을 지원하고 있다. 또한 이 기관은 제품 품질관

리도 추진하고 있는데, 이를 위해서는 시험분석기관으로 식약처 품질인증을 받아야 한다. 이 분야는 이화학과 미생물 분야로 구성된다. 그런데 지역에 미생물 분야 인력이 부족하여 아직 실현되지 못하고 있다.

기업의 경우도 전문인력 부족으로 곤란을 겪고 있기는 마찬가지이다. 지방의 기업들은 자본력이 약하고, 인력을 구하기가 어려워서 식품가공 등 해양바이오 관련 분야에 진출하기가 힘든 상황이다.

한편, 해양바이오 기업들을 포함한 R&D 수행기관들은 각종 컨설팅 수요를 제기하며 해양수산부의 지원이 필요함을 언급하였다. 먼저 특허 관리 및 방어에 대한 컨설팅이 필요하다. 기존 국내외 특허의 유지 비용도 상당하지만, 특허에 대한 직접적인 침해와 우회적인 공격 등을 방어하는 데 국가적으로 지원해줄 수 있다면 큰 도움이 될 것이다. 이를 위해 전문 변리사 그룹의 체계적인 컨설팅이 필요하다.

분야에 따라 임상실험에 대한 지원도 필요하나 부처별 담당영역이 다르므로 해양수산부에서는 어려울 것으로 보인다. 실제 해양수산생명공학사업 과제들 중에 임상이 필요한 과제들이 다수 존재하나, 현재 해수부에서는 임상에 대한 지원이 없다고 한다. 임상은 전문성이 필요하므로 기존 방식대로 보건복지부를 통해 지원받는 것이 바람직하다.

기능성 식품의 경우, 일본 아베 정부가 도입한 ‘기능성 표시 식품 제도’로 인해 새로운 사업분야가 활황을 맞고 있다. 국내에서도 관련 법이 국회에 발의되어 있으나, 안전성을 우려한 식약처의 반대로 통과되지 못하고 있다. 이처럼 기능성 식품 분야에서 일본이 우리보다 규제가 약하기 때문에 국내 기업들이 일본시장 진출을 타진하고 있다. 해양수산부에서 국내 식품을 일본 등 해외에 수출하도록 컨설팅

지원을 해준다면 큰 도움이 될 것이다. 예를 들어, 각국의 제도를 소개하고, 승인을 받기 위해 필요한 보고서 작성 등에 컨설팅을 제공하는 것인데, 현재는 수출 준비에 품목당 1,500~2,000만 원 정도의 비용이 들어가고 있다.

제 5 장

해양바이오 R&D 체계의
산업화 저해요인과 개선방향

제1절 해양바이오 R&D 체계의 산업화 저해요인

앞서 해양바이오 R&D 현황과 산업화 실태를 여러 측면에서 살펴 보았다. 해양바이오의 개념과 분류, R&D 데이터 등에 대한 연구와 분석, 전문가 자문 등을 통해 해양바이오 기술 연구개발과 산업화의 현황을 간략하게나마 살펴보았다.

〈표 5-1〉 해양바이오 R&D 체계의 주요 문제점

번호	해양바이오 R&D 체계의 문제점
1	해양바이오 R&D사업의 이질적인 구성
2	R&D 투자 규모 부족과 투자 전략의 일관성 부족
3	연구기관들의 비효과적 역할 분담
4	연구관리 전문기관의 기획·관리·평가 체계
5	해양바이오 산업화 성공사례 부재
6	기능성 물질 자료 공유 체계 부족
7	해양천연물 소재의 지적재산권 보호
8	해양바이오 전문인력 부족

자료: 저자 작성

이 장에서는 전술한 연구를 통해 드러난 해양바이오 분야 산업화를 저해하는 국가연구개발사업 체계의 문제점들을 정리하였다.

1. 해양바이오 R&D사업의 이질적인 구성

해양수산부의 해양수산생명공학기술개발사업은 협의의 해양바이오 기술을 개발하기 위한 사업이다. 해양바이오 분야 개념에 있어서 핵심적인 부분은 ‘해양생명자원’과 ‘생명공학기술’이다. 특히 해양생명자원이 해양바이오에 중요하기 때문에 자원을 확보하기 위한 과제들이 해양바이오 R&D사업에 다수 포함되어 있다.

이처럼 해양생명자원에 대한 강조는 해양수산생명공학기술개발사업에 생명공학기술을 활용하여 기술을 개발하는 과제들과 더불어 국내외 바다에서 생명자원을 발굴하고, 이를 보존하며, 충분한 물량을 확보할 수 있는 기술에 대한 연구과제들이 함께 포함되는 결과를 낳았다. 생명공학기술을 사용하는 과제들과 생명자원을 공급하기 위한 과제들은 상이한 성격을 지니고 있다. 그런데, 서로 다른 성격의 과제들이 하나의 사업 내에서 존재하기 때문에 이들에 대해서 각기 다른 적합한 방식으로 관리가 이루어져야 한다. 만일, 자원 공급 분야의 전문가가 생명공학기술 연구과제 평가위원이 된다면 필요한 전문성을 갖추지 못하기 때문에 바른 평가가 이루어지지 못할 것이다.

한편, 생명공학기술을 적용하는 연구개발 과제들 중에서도 분야에 따른 차이는 존재한다. 전문가 심층 인터뷰를 통해 확인한 바와 같이 신약, 의약품, 기능성 음료 및 식품, 기능성 화장품, 기타 기능성 소재 등의 분야들은 유사하거나 동일한 생명공학 기술을 사용하는 경우에도 서로 간에 차이가 존재한다. 개발된 원료물질 및 제품에 대한

안전성 검사, 임상시험, 승인 등의 제도적 차이와 생산, 홍보, 마케팅, 나아가 시장 성격 자체의 차이 등이 R&D 과정에서도 고려되어야 한다. 그런데, 각기 다른 정부 부처가 자신들의 방식으로 기획·관리하는 다양한 성격의 과제들이 해양생명자원을 활용한다는 공통점 때문에 모두 해양수산생명공학사업이라는 단일 사업 내에 포함되어 있다. 향후 과제들의 성격에 따른 구분된 관리·지원 방식을 모색할 필요가 있다.

2. R&D 투자 규모 부족과 투자 전략의 일관성 부족

해양바이오 분야의 국가 R&D 투자는 기복은 있었으나 점차 증가해 왔으며 그 증가 속도는 타 분야 바이오 R&D나 해양분야 전체 R&D사업들에 비해 더 빨랐음을 확인하였다. 그러나 문제는 절대적인 해양바이오 R&D 예산이 타 분야 바이오 사업들에 비해 적다는 점이다. 주지하였듯 해양분야 바이오 연구는 해양자원 확보 및 관리, 탈염 과정의 불가피성 등으로 인해 여타 분야 연구보다 일반적으로 비용이 더 소요된다. 따라서 예산의 부족은 충분한 연구과제 지원 곤란, 과제당 연구비 부족, 산업화로 이어지는 전 과정에 대한 지원 중단 등의 결과를 초래할 수 있다. 정부 투자가 부족하면 해양바이오 R&D의 확대, 성과 개선, 산업화 활성화 등을 저해하는 1차적인 요인이 된다.

한편 산업화 측면에서 볼 때 투자전략이 적절하게 반영되지 못하고 있는 것으로 보인다. 앞서 제3장에서 최근 해양바이오 에너지 분야의 투자가 증가하고 있는 반면, 기능성 식품이나 화장품이 포함되는 화학 분야의 투자는 상대적으로 소규모이며 증가 추세도 완만함을 확인하였다. 그런데, 이는 산업화 성과의 조속한 산출을 위해 식품, 화장품 등의 소재 분야 지원을 강화한다는 정부의 최근 방침에

잘 부합하지 않는 측면이 있다. 에너지 분야의 경우 기술개발이 어느 정도 완료된 상태로 경제성 확보가 되지 않아 상용화가 어려운 상황이기 때문에 가까운 미래에 산업화되기 어려운 분야이다.

3. 연구기관들의 비효과적 역할분담

해양수산생명공학기술개발사업에 참여한 주요 연구기관은 대학, 정부출연연구기관, 기업 등이 있다. 대학, 출연연, 기업은 각각 다른 특성과 연구개발사업에 있어서 장단점을 지니고 있다. 현재 대학과 출연연이 가장 많은 과제를 수행하고 있다. 앞 장에서 살펴본 바와 같이 기관별로 수행하는 과제에 있어서 다소간 차이가 존재하기는 하지만 기관 성격에 따른 역할의 구분이 명확하지는 않다. 정부출연 연구기관은 대학보다 안정적인 연구비 예산 구조를 가지고 있으며 연구인력에 있어서 특히 큰 강점을 지니고 있다. 대학은 연구진 대다수가 석박사과정 대학원생으로 구성되어 있다. 이들은 배우는 과정이기 때문에 연구능력에 있어서 상대적으로 출연연에 비해 뒤질 수 밖에 없으며, 졸업으로 인한 잦은 연구진 변경이 불가피하다. 반면, 출연연은 박사 또는 석사학위를 이미 취득한 연구자들이 안정적으로 연구에 매진할 수 있는 조건을 갖추고 있다.

산업화 측면에서 가장 중요한 역할을 담당해야 할 연구주체는 기업이다. 기업은 본성상 R&D사업을 해도 늘 시장과 경제성을 고려하기 마련이다. 따라서 기업이 구상하고 기획하는 연구개발 과제는 상대적으로 대학이나 출연연 주도의 과제보다 더 뚜렷하게 산업화를 목적으로 하게 된다. 기업은 시장의 현실을 잘 알기 때문에 비현실적 연구과제가 만들어질 가능성이 적다. 그런데, 앞의 <표 3-4>에서 보

듯이 실상 해양바이오 R&D사업에서 기업체가 주관연구기관인 과제는 소수에 불과하다. 대학 또는 출연연이 주관연구기관인 과제에 공동, 협동, 위탁연구기관 또는 참여기업의 형태로 동참하는 것이 일반적이다. 또 다른 문제는 본격적으로 R&D사업을 추진하고 이끌어 나갈 수 있는 해양바이오 분야 기업체의 수가 매우 적다는 점이다. 그에 따라 산업화를 이끌기에 적합하다고 생각되는 기업이 해양바이오 R&D에서는 비중이 작은 참여자에 머물고 있다.

4. 연구관리 전문기관의 기획·관리·평가 체계

해양수산부의 R&D 전문기관인 KIMST는 해양수산분야 연구개발 사업의 기획·관리·평가 업무를 담당하고 있다. 연구개발 수요조사로부터 제안요청서(RFP) 작성으로 이어지는 기획, 과제의 공고와 선정, 진행 중인 과제에 대한 평가·관리와 사후 성과관리 등 R&D 전 주기를 담당한다.

과제의 기획과 평가에 있어서 KIMST는 외부 전문가들로 위원회를 구성한다. 전문가 섭외 방식과 절차는 KIMST 개원 이래로 지속적으로 체계화되어 왔지만, 여전히 담당자의 역할이 중요하다. 해양바이오의 경우, 해양수산생명공학사업에 포함된 과제들의 성격을 통해 볼 수 있으며, 또 전문가 심층 면접을 통해 확인한 것과 같이 사업을 구성하는 과제들의 성격이 매우 다른 경우가 있다. 그에 따라 검토해야 하는 과제 성격에 맞는 분야의 전문가들로 각종 위원회를 구성하는 것이 바람직하다. 그러나 현실적으로 여러 과제들을 동시에 평가해야 할 경우나 우선순위 전문가가 위원회 참석이 불가능할 경우에 위원이 자신의 전공분야가 아닌 과제를 검토하게 될 수 있다. 또, 과

제의 기획 단계와 각종 평가 시 불가피하게 위원들이 바뀌면 관점이 달라지고 기술사업화 등 애초 의도한 목표와 어긋나게 과제가 진행될 소지도 있다.

연구자들이 산업화에 더욱 집중하기 어렵게 하는 요인 중 하나는 R&D 성과지표 및 평가지표이다. 일반적으로 국가 R&D에서 여전히 논문이 가장 중요한 성과지표이다. 해양바이오 사업은 <그림 3-22>에서 보듯이 그 첨단과학기술의 성격상 우수한 논문을 많이 배출해왔다. 그러나 산업화의 측면에서 논문은 바람직한 지표가 될 수 없다. 특히, 기술이전, 기술료 등의 지표 비중을 높이게 되면 R&D사업이 산업화에 기여하는 방향으로 변화하게 될 것으로 예상된다.

5. 해양바이오 산업화 성공사례 부재

해양수산부는 2004년 이래 해양바이오 R&D사업을 지원하고 있으며, 이를 통해 상당한 연구개발 성과를 얻을 수 있었다. 그럼에도 불구하고, 해양바이오 국가연구개발사업을 통해 개발되고 생산된 제품이 시장에서 성공적인 상품으로 자리 잡고 충분한 매출을 올려 기업의 성장과 국가 경제발전에 기여한 사례는 아직 전무하다. 이와 같은 경험의 부족으로 인해 국내 해양바이오 R&D 관계기관들은 산업화로 이어지는 연구개발사업 추진 방식의 전형 혹은 모델을 아직 확립하지 못하고 있다.

국내외 다른 분야, 다른 기관들의 사례를 참고할 수는 있지만, 우리나라 해양바이오 분야 고유의 여건하에서 어떻게 해야 하는지 아직 성공의 패러다임을 가지지 못하고 있는 것이다. 자체적인 성공사례 없이 산업화를 촉진하기 위해 이런 저런 노력을 기울이다보면 불필요

한 여러 가지 시행착오를 겪게 되기 마련이다. 가급적 빠른 시간 내에 해양바이오 R&D 과제 중 산업화 성공사례가 나온다면 이에 대한 철저한 분석을 통해 앞으로의 과제 기획·관리에 적용할 수 있을 것이다.

6. 기능성 물질 자료 공유 체계 부족

해양수산생명공학기술개발사업을 포함하여 해양수산 R&D사업을 통해 여러 가지 유용 물질을 확인하는 성과가 있었다. 이러한 물질들은 기능성 소재로서 식품, 음료수, 화장품, 의약품 등으로 활용될 가능성이 열려있다. 유용 물질의 활용을 목적으로 하는 새로운 국가 R&D 과제를 추진할 수도 있고, 기업이 제품화를 위해 기술이전을 받게 될 수도 있다. 따라서 R&D를 통해 발견된 유용 물질에 대한 정보를 관리하고 이를 다양한 수요자들이 쉽게 접할 수 있는 공유 체계가 마련된다면 해양바이오 산업화가 촉진될 수 있을 것으로 생각된다.

해양생물자원 관련 과제들의 관리가 국립해양생물자원관 개관 이후 KIMST에서 자원관으로 넘어갔다. 하지만 아직 사업 자체가 이관된 것이 아니라 자원관이 공식적으로는 주관연구기관의 형식으로 과제들을 총괄수행하는 모양새를 띠고 있다. 이에 점차 생물자원 관련 R&D와 생명공학 과제들이 이원화되는 추세이다. 따라서, 해양생명자원의 관리는 일차적으로 자원관의 소관이다. 자원관을 주축으로 기능성 물질에 관한 자료를 수요자에게 연결해줄 수 있는 체계 구축이 요구된다. 또한 전문가 심층 면접에서 지적되었듯이 생물자원과 해양생명공학 연구자들 사이를 효과적으로 연계할 수 있도록 KIMST와 자원관 간의 협력이 요구된다.

7. 해양천연물 소재의 지적재산권 보호

해양바이오 산업화가 활발히 이루어지기 위해서 필요한 것들 중 하나는 개발된 제품과 관련된 각종 지적재산권이 충분히 보호되어야 한다는 점이다. 해양바이오 R&D 과제들은 해양생명자원을 다양한 방식으로 활용하는 연구이다. 그 중 상당수는 해양생물에서 유래한 천연물을 활용하고 있다. 그런데 천연물의 경우 지적재산권의 보호가 어렵다는 문제가 있다. 해양천연물은 대부분 단일물질이 아닌 복합물질이기 때문이다. 의약품 등 부가가치가 높은 분야일수록 후발주자들의 추적이 거셀 수밖에 없으며 지적재산권의 확실한 보호는 더욱 중요해진다.

8. 해양바이오 전문인력 부족

해양바이오 R&D 및 산업화가 잘 이루어지기 위해서는 질적으로 우수하고 양적으로 풍부한 전문인력의 존재가 필수적이다. 국내 많은 대학에서 생명공학 전공을 두고 대학생 및 대학원생들을 교육하고 있다. 그에 따라 우리나라 전체를 보면 생명공학 분야 전문인력이 부족하지는 않은 것으로 보인다. 다만, 해양바이오 산업화에 기여할 수 있는 해양생명공학 전문인력의 양성에는 정책적인 관심이 필요하다. 생명공학 지식과 연구기법 등은 해양 분야나 여타 분야나 대동소이하지만, 해양생물과 그 서식지인 바다라는 환경이 지니는 특수성을 이해할 필요가 있기 때문이다.

또 한편으로는 해양바이오 분야에 종사할 수 있는 생명공학 전공자들이 지역적으로 서울이나 수도권에 편중되어 있는 것도 지역에 위치한 기업이나 연구기관들에 문제가 된다. 앞서 전문가 심층 인터뷰를 통해

지적되었듯이, 지방에 소재한 기관들은 전문인력의 부재로 인해 사업에 제한을 받고 있으며, 해양바이오 분야 기업들은 인력 확충 측면에서 서울 또는 부산과 같은 대도시에 자리잡을 수밖에 없는 실정이다.

제2절 해양바이오 산업화 촉진을 위한 국가 R&D 체계 개선방향

정부와 관계기관의 담당자들, 그리고 R&D 과제를 수행하고 있는 연구자들의 많은 노력에도 불구하고 해양바이오 산업화를 저해하는 여러 요인들이 있음을 살펴보았다. 그러면 이러한 문제들을 타파하기 위해 어떠한 방안들이 있을지 살펴보고자 한다. 이 절에서는 해양바이오 산업화를 촉진하기 위한 해양수산 R&D 체계 개선방향을 제시할 것이다.

〈표 5-2〉 해양바이오 R&D 체계 개선방향

번호	해양바이오 산업화의 문제점	R&D 체계 개선방향
1	해양바이오 R&D사업의 이질적인 구성	연구개발 과제의 성격을 고려한 R&D 관리 및 지원
2	R&D 투자 규모 부족과 투자 전략의 일관성 부족	해양바이오 분야 전략적 투자 확대
3	연구기관들의 비효과적 역할 분담	기관 특성에 맞는 R&D 추진 및 기업체 주관 과제 확대
4	연구관리 전문기관의 기획·관리·평가 체계	평가위원 선정의 일관성 유지 및 산업화 성과지표 강화
5	해양바이오 산업화 성공사례 부재	원인분석과 산업화 모델 확립에 따른 효율적 추진
6	기능성 물질 자료 공유 체계 부족	해양생물 유래 유용물질 정보 공유 체계 활성화
7	해양천연물 소재의 지적재산권 보호	해양바이오 지적재산권 및 해외진출 컨설팅 제도 강화
8	해양바이오 전문인력 부족	해양바이오 전문인력 양성을 위한 R&D 추진

자료: 저자 작성

1. 연구개발 과제의 성격을 고려한 R&D 관리 및 지원

해양수산생명공학사업은 해양생명자원 확보에 중점을 두는 과제들을 포함하고 있다. 이 과제들은 생명공학기술 개발 과제들과 성격이 달라서 다른 방식의 R&D 관리를 필요로 한다. 그런데 국립해양생물자원관 개관에 따라 이러한 과제들이 이관되고 있다. 성격이 다른 과제들이 각기 전문성을 가진 기관들의 관리를 받을 수 있게 상황이 자연스럽게 개선되고 있다. 다만, 두 기관의 연계와 협조가 해양바이오 산업화에 있어 중요할 것으로 보인다.

본격적인 생명공학 분야의 성격을 가지는 과제들의 경우에도 차이가 존재한다. 의약, 에너지, 소재, 식품, 화장품 등 대상으로 하는 산업의 성격에 따라 연구개발의 기술적 측면뿐 아니라 시장의 성격, 수요자, 임상시험 등 승인을 위해 필요한 절차 등이 모두 다르다. 따라서 각 과제의 특성을 고려한 연구관리와 지원이 필요하다. 나아가 해양수산부에서 제공하지 않는 임상시험 관련 R&D 지원의 경우 보건복지부 등 관련기관과 연계하는 지원방식도 효과적일 것이다.

해양바이오 범위의 확대도 향후 고려할 필요가 있다. 해양바이오의 개념은 해양생명자원을 이용한다는 점에 초점을 맞추고 있다. 그러나 해양수산생명공학의 법적인 정의는 “해양수산생명자원을 이용하여 산업적으로 유용한 생산물을” 만드는 것과 더불어 “생산공정을 개선할 목적으로 생물학적 시스템, 생체유전체 또는 그들로부터 유래되는 물질을 연구·활용하는 학문과 기술”을 말한다.⁴⁴⁾ 따라서 해양생명자원을 직접적으로 이용하지 않더라도, 해양생물의 독특한 시스템이나 프로세스를 활용하는 R&D나 해양생물의 유전체 유래 물질

44) 「해양수산생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률」 제2조(정의).

을 이용하는 R&D도 해양바이오 연구개발로 보아야 한다. 기존의 연구개발 과제들이 해양유래 유용물질의 발견 및 활용에 중점을 두었다면, 앞으로 해양생명 프로세스 쪽으로 관심을 넓힐 필요성이 있다.

2. 해양바이오 분야 전략적 투자 확대

해양바이오 국가 R&D 투자 전략을 명확히 정리할 필요가 있다. 과거 중점을 두었던 해양바이오 신약, 해양바이오 에너지, 해양생명자원 분야의 R&D가 가시적인 산업화 성과를 산출해내기 어려운 여건임이 드러난 상황에서 이러한 분야들에 대한 지원은 장기적인 전망을 가지고 이루어져야 할 것이다. 기존 과제들과 신규 과제들을 기반 구축 연구와 즉시 산업화 가능 연구로 구분하여 지원 전략을 세운다면 과제의 성격이 보다 분명해질 수 있을 것이다.

한편, 『제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획』(2018)에서 제시하듯 기능성 식품, 화장품, 의료소재 등의 분야는 비교적 단기간에 산업화 성과가 나올 수 있을 것으로 보인다. 하지만 앞서 기술통계를 통해 기능성 식품이나 기능성 화장품 분야에 대한 투자가 소규모로 이루어지고 있으며, 그에 따라 사업화 성과도 크지 않음을 확인하였다. 따라서 이러한 분야들에 대한 투자를 획기적으로 확대한다면 좋은 결과가 있을 것으로 기대된다. 새로운 연구와 더불어, 기존에 발견된 원료물질들의 승인절차와 제품화 공정 개발 등을 지원하는 사업에 중점을 둘 필요가 있다.

해양수산생명공학기술개발 사업 내에 ‘해양바이오 산업화 기술개발’ 분야를 신설하여 과제를 선정하는 방법도 고려할 필요가 있다. 산업화 측면의 기술개발 지원을 위한 미래해양기술개발사업의 경우

사업의 성격이나 지원 규모가 해양바이오 분야에는 적합하지 않다. 기존에 어느 정도 연구개발이 진행된 내용을 가지고 산업화를 위한 R&D에 전념할 수 있는 과제들을 별도로 선정한다면 해양바이오 산업화 성과를 도출하는 데 도움이 될 수 있을 것이다.

3. 기관 특성에 맞는 R&D 추진 및 기업체 주관 과제 확대

해양바이오 R&D의 주요 수행주체인 대학, 정부출연연구기관, 기업이 국가 R&D를 수행함에 있어 자신에게 적합한 역할을 담당하는 것이 효과적일 것이다. 전문가 심층 인터뷰를 통해 지적된 것과 같이 대학 및 출연연은 기초, 응용, 개발연구를 다 수행하고 있지만 특히 기초연구를 담당해줄 필요가 있다. 대학보다 상대적으로 더 안정적인 예산 및 인력 구조를 갖추고 있는 출연연구소의 경우 대규모 장기 연구개발 과제를 수행할 수 있는 역량을 갖추고 있어서 이러한 분야에서 특히 역할을 담당하여야 한다. <그림 3-10>에 잘 드러나듯 출연연은 해양바이오 분야에서 이미 이러한 역할을 수행하고 있는 것으로 보인다.

산업화 측면에서 가장 주도적인 역할이 필요한 수행주체는 기업이다. 산업화를 위해서는 기업이 시장을 겨냥하여 R&D를 기획하고 추진하는 역할을 보다 활성화할 필요가 있다. 기업의 역할이 커질수록 연구를 위한 연구, 지식 축적을 위한 연구, 이론적인 연구보다 산업화에 초점을 맞춘 연구개발이 확대될 것이기 때문이다. 실용화사업의 확대 개편을 통해 기업의 단순 참여보다 주관연구기관으로서 R&D 과제의 기획 단계부터 산업화 연구까지 주도할 수 있는 기회를 넓히는 방향을 고려하여야 한다. 기업체의 역할에 맞는 기업 전용 해양바

이오 R&D사업을 신설, 확대해 나갈 필요가 있다.

해양바이오 기업의 역량을 강화하기 위해서는 해양바이오 R&D사업 선정평가에서 연구역량이 우수한 기업에 대한 인센티브를 부여하는 방안도 생각해볼 수 있다. 그에 따라 기업들이 산업화 R&D에 필요한 전문인력을 확보하기 위해 노력할 것이며, 이는 해양바이오 기업이 강화되는 결과로 이어지기를 기대한다.

해양바이오 분야에 대기업 및 중견기업들의 참여가 홍보, 마케팅, 시장 확대 측면에서 효과적일 것으로 판단된다. 아직 해양바이오 상품의 시장이 충분히 성숙하지 않은 상태에서 대부분이 소규모인 기존 해양바이오 기업들만으로는 한계가 있다. 대기업이 해양바이오 산업에 진출한다면 해양바이오의 지명도를 높일 수 있는 기회가 될 것이다.

4. 평가위원 선정의 일관성 유지 및 산업화 성과지표 강화

해양바이오 R&D 과제가 산업화에 성공하기 위해서는 최종 산업화 목표와 관련된 해당 분야의 전문가가 기획 단계에서부터 주도적으로 참여하는 것이 효과적이다. 즉, 해양생물학 전문가가 해양생물체로부터 다양한 물질을 추출하여 그 성분을 확인하는 데에서 시작하는 것보다, 예를 들어, 의약 분야 전문가가 초기 기획부터 주도하는 방식이 신약 개발에 더 효과적이라고 할 수 있다. 그런데, 산업화를 고려한 기획이 성과를 거두려면 연구개발 매 단계마다 평가위원들이 일관된 입장을 유지하여야 한다. 이를 위해서 KIMST가 이미 시행하고 있는 대로 최대한 동일한 평가위원들을 매번 평가 때마다 섭외하기 위한 노력을 지속할 필요가 있다. 분야별 전문가 풀(pool)을 활용

하여 불가피하게 인원에 변동이 생기더라도 기획의도를 이어갈 수 있도록 위원회를 구성하여야 한다.

한편, 산업화를 촉진하기 위해서는 해양바이오 분야 국가 R&D 성과지표를 개선하여야 한다. 기존에 중시되고 있는 논문은 학술적 성과지표로 한정하고, 산업화가 주 목적이 되는 과제의 경우 그 비중을 줄일 필요가 있다. 반면 특허, 기술이전, 기술료 등의 산업화 관련 실적의 비중을 높이는 것이 바람직할 것으로 보인다. 나아가, 실제 산업화가 성공적으로 이루어졌다는 것을 확인하기 위해서는 매출을 지표로 삼는 것도 장기적인 시야에서는 더 확실한 지표가 될 수 있을 것이다. 일례로 『해양수산 R&D 산업화 촉진 전략』(2016)은 “논문, 특허 등 주요 성과지표는 꾸준히 증가하나, 사업화 우수사례 확산 및 산업화 생태계 조성”이 충분치 않다고 지적하고 있다.⁴⁵⁾

특히, 기술이전 등 표준적인 성과지표 이외에도 과제별로 연구진 스스로 설정한 단계별 성과목표 활용을 강화하는 것도 하나의 방안이 될 수 있다. 이를 위해서는 연구개발과제 착수 시 미리 산업화를 위한 단계적 목표와 로드맵을 작성하여야 하며, 이 과정에 기업체 관계자 등 산업화 분야의 전문가가 참여하여야 한다. 기존 해양수산 R&D 체계에서 이미 자체 성과목표를 단계별로 설정하고 이를 평가시 점검하고 있다. 연구과제의 최종목표, 단계별 목표, 연간 목표 등 각종 성과목표를 산업화 관련 내용으로 설정하는 것을 의무화 또는 권장함으로써, 빠른 시간 내에 산업화를 위한 연구개발이 차근차근 진행될 수 있도록 유도할 수 있을 것이다.

45) 해양수산부(2016), p. 9, 기술통계로 확인한 해양바이오 R&D의 높은 SCI 논문 성과와 이에 대조되는 미미한 사업화 성과가 이러한 현실을 잘 보여주고 있다.

5. 원인분석과 산업화 모델 확립에 따른 효율적 추진

해양바이오 R&D 과제들을 산업화 측면에서 면밀히 검토하여 성공한 과제들과 실패한 과제들에 대한 원인분석을 실시하게 되면, 현재 진행 중인 과제들뿐 아니라 새롭게 시작하는 과제들에 있어서도 산업화라는 목표에 보다 효과적으로 도달할 수 있을 것이다. 성공 사례와 실패 사례를 통해 어떻게 사업을 기획하고 추진해야 하는지 보다 명확한 로드맵을 가질 수 있기 때문이다. 이러한 원인분석은 KIMST의 주관으로 연구책임자와 평가위원 일부가 참여하여 진행할 수 있을 것이다. 심층 인터뷰를 통해 대부분의 전문가들이 원인분석의 필요성에 공감함을 확인할 수 있었다.

가까운 미래에 획기적인 산업화 성공사례가 나오게 된다면 해양바이오 R&D사업은 보다 확실한 성공 모델을 가질 수 있게 될 것이다. 이러한 과제들에 대해서는 보다 더 면밀한 분석이 필요하다. 지금 산업화에 성공하는 과제들은 이미 수년간 R&D가 진행된 과제들이다. 해양수산부의 과거 국가계획과 직접 해양바이오 R&D 연구를 오랫동안 수행해 온 전문가들의 발언을 통해 확인하였듯, 이 과제들이 시작되었을 때, 혹은 초기에는 지금과 같이 산업화를 강조하던 분위기가 아니었다. 따라서 산업화를 염두에 두기는 했지만 그 목표가 뚜렷하지 않았을 수 있기 때문에 효율적인 방식으로 연구개발이 추진되지 않았을 것이다. 그러한 측면에서 이런 사례들에 대한 분석을 통해 성공모델을 수립하면 시행착오와 시간 낭비를 줄이고 가장 효과적·효율적으로 산업화 목표를 달성할 가능성을 높이게 될 것이다.

6. 해양생물 유래 유용물질 정보 공유 체계 활성화

국립해양생물자원관은 해양생명자원의 관리와 활용을 위해 해양생명자원통합정보시스템(MBRIS), 해양생물 추출물 소재은행 등을 운영하고 있다. 해양생물 그 자체보다 해양바이오 분야에 있어서는 생물체에서 유래된 유용물질이 더 중요하다. 그러나 물질의 통합관리는 아직 잘 되지 않고 있다. 앞서 연구자들로부터 R&D 과제 수행을 통해 얻은 유용물질을 받아 관리하는 게 불가능할 것임을 들을 수 있었다. 따라서 해양수산 R&D를 통해 획득한 물질 정보를 최대한 확보하기 위한 노력이 필요하고, 또한 가장 많은 정보와 자료를 가지고 있는 연구책임자 본인 및 주관연구기관을 수요자와 연계할 수 있는 체계가 필요하다. MBRIS와 추출물 소재은행의 운영 내실화와 이용확산을 위해 시스템을 잘 관리하고 콘텐츠를 풍부하게 갖추는 노력 또한 요구된다.

7. 해양바이오 지적재산권 및 해외진출 지원 컨설팅 제도 강화

해양바이오 분야 연구자들이 연구개발의 성과를 특허와 같은 지적재산권을 통해 보다 잘 보호받을 수 있도록 하는 것이 산업화를 위해 필요하다. 변리사 등 지적재산권 분야 전문가들로부터 특허 관리나 보호에 대한 자문과 컨설팅을 받고 있는 기관도 있지만 서비스가 충분하다고 볼 수는 없고, 더군다나 해양바이오 분야에 대한 전문적인 도움은 기대하기 어렵다. 해양수산부와 KIMST가 연구자의 연구개발 성과를 가장 효과적으로 보호할 수 있는 방안에 대하여 변리사, 변호사 등 전문가들로 구성된 팀이 체계적으로 컨설팅을 수행하는 체계

를 운영하면 도움이 될 것이다. 연구개발 과정에서 불필요하게 많아진 특허 관리에도 이러한 컨설팅을 통해 도움을 줄 수 있다.

이미 해양수산부는 ‘투자희망 기업 지원사업 컨설팅 지원 대상사업’을 통해 중소·중견기업에 대해 컨설팅 비용을 지원하고 있다.⁴⁶⁾ 이 사업은 기술적·경제적 타당성 분석, 지식재산, 기술평가·거래, 시장분석 및 시장진출 전략 수립, 사업화·제품화 촉진방안 수립, 비즈니스 모델 개발 등의 분야 컨설팅을 지원한다. 이 지원사업을 잘 활용한다면 해양바이오 기업들이 도움을 받을 수 있을 것이다. 그런데, 기존 해양바이오 기업들 중 이 제도를 잘 알지 못하고 제대로 활용하지 못하는 경우가 많다. 실제로 심층 인터뷰에 응한 전문가들의 경우 컨설팅의 필요성을 제기한 바 있다. 따라서 홍보와 대상 확대를 위한 노력이 더욱 필요하다. 한편, 기업 이외에 대학이나 여타 연구기관들도 산학협력단 등의 지원이 충분하지 않은 경우가 많기 때문에 컨설팅 지원 사업의 대상으로 포함하는 것을 검토하여야 한다.

8. 해양바이오 전문인력 양성을 위한 R&D 추진

해양바이오 전문인력 양성을 위해 필요한 것은 해양환경 및 해양생물과 생명공학을 모두 잘 이해하고 활용할 수 있는 능력이다. 해양생명공학을 전공으로 하는 석·박사는 드물기 때문에 가장 좋은 방법은 생명공학 전문가들이 바다에 대한 기본적인 지식을 갖추도록 하는 것이다. 이를 위해 대학이나 대학원 생명공학 전공에 해양에 대한 기본적인 과목이 포함될 수 있다면 효과적일 것이다. 그러나 보다 중

46) ‘2018년도 투자희망 기업 지원사업 지원 대상사업 모집공고’ 공고문을 통해 사업의 개요를 확인할 수 있다.

요한 것은 생명공학 전문가들을 해양바이오 분야로 유입시키는 것이다. 이들이 해양생명공학 R&D사업에 참여하도록 권장하고, R&D 수행을 통해 연구자들이 바다와 해양환경에도 어느 정도 적응할 수 있도록 하는 것이 중요하다.

특히 수도권과 부산 등 대도시보다 지방의 연구인력 부족이 심각하므로, 지방 대학이나 연구소, 기업 등에 대한 전략적인 R&D 지원도 필요할 것으로 보인다. 지역에서 성장한 전문인력이 타지로 유출될 수도 있지만, 지방 소재 기관들에 지속적인 지원이 이루어진다면 지역 해양바이오 역량 강화로 이어질 수 있을 것이다.

참고문헌

〈국내 문헌〉

국립해양생물자원관, 『해양바이오 산업 육성전략과 자원관의 역할 수립』, 2016.

장덕희·도수관, 「해양바이오 분야 R&D 지원의 동향분석과 함의: 정부 R&D 사업 분석을 중심으로」, 『한국기술혁신학회 학술대회』, 11호, 2017.

장정인·박광서·김주현, 『국내 해양바이오 산업화 동향과 정책방향』, 2016.

한국해양과학기술진흥원, 『차세대 해양생명공학사업 추진 방안 연구』, 2013.

_____, 『해양수산 R&D 10년 분석』, 2016.

해양수산과학기술진흥원, 『해양바이오 유망소재 개발 및 상용화 사업 기획연구』, 2017.

_____, 『해양수산과학기술 분류체계』, 2017.

해양수산부, 『해양생명공학육성기본계획』, 2008.

_____, 『해양수산발전기본계획』, 2010.

_____, 『해양수산 R&D 중장기 계획』, 2014.

_____, 『해양수산 R&D 산업화 촉진전략』, 2016.

_____, 『해양바이오산업 실태조사 및 정보제공 사업』, 2018.

_____, 『제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획』(2018)

〈국외 문헌〉

L. C. Freeman, Linton, “Centrality in social networks conceptual clarification”,
Social networks, vol. 1, No. 3, 1979.

〈인터넷 자료〉

국가과학기술지식정보서비스(NTIS), <https://www.ntis.go.kr/ThMain.do> (검색
일: 2018. 4. 22.)

〈법령 자료〉

「해양수산생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률」(2017. 3. 21., 법률 제1474
4호).

「생명공학육성법」(2017. 7. 26., 법률 제14839호).

「해양수산과학기술 육성법」(2018. 1. 16., 법률 제15344호)

부록

〈해양수산생명공학기술개발사업 주요 과제 목록〉

분 야	과 제 명
연구단 사업(3개 연구단)	• 해양/극한생물 분자 유전체 연구단(원천핵심기술, 해양생명현상 활용연구)
	• 해양 바이오프로세스 연구단(생물공정기술)
	• 해양천연물 신약 연구단(신약기술)
해양생물이용 유용신물질 개발(신소재기술)	• 해조류 및 해면으로부터 노화 억제제 개발
	• 서해특산 다모류로부터 유용 신물질 개발
	• 미세조류유래 아스타산신 생산 공정 개발
	• 해양미생물유래 바이오 폴리머의 실용화
	• 심해생물자원 확보 및 이용기술 개발
	• 제주산패류로부터 항통증성 생리 활성물질 개발
	• 홍합유래생물점착제의 유전학적 대량생산/실용화
	• 해양방선균으로부터 항암물질 개발
	• 해양생물 콜레스테롤 강하 생리 활성물질 개발
	• 녹조류 유래 당의 생물전환 신기술개발을 통한 차세대 bio-based polymer 생산
	• 해양생명체유래 실크단백질 소재 개발
	• 해양섬유복합소재 및 바이오플라스틱 소재 기술 개발 ('14년 과제명 변경, 해양바이오산업신소재 기술 개발)
	• 해양 융복합 바이오닉스 소재 상용화 기술 개발
	• 해양 미세조류 색소기반 고부가 소재 및 활용 기술 개발
	• 해양미세조류 유래 개별인정형 소재 개발 및 제품화 연구
	• 해양자원유래 고령친화형 글로벌 기능성 소재 개발
	• 해양단백질 기반 바이오메디컬소재 개발
	• 해양소재 기반 근적외선 조명물질 및 영상 진단기기 개발
	• 용암해수 기반 청정원료소재 융합 기술개발
해양바이오에너지 생산기술	• 해양미세조류 이용 바이오디젤 생산기술 개발 ('13년 과제명 변경, 해양바이오에너지 생산기술 개발)
	• 해양초고온 고세균이용 바이오수소 생산기술개발
	• 해양 고세균이용 바이오수소 생산실용화 기술개발
	• 해조류바이오매스 통합활용기반 구축 ('15년 통합, '14년까지 부처 직접 관리 과제)

분야	과제명
해양생명현상 활용 연구	• 유용 해양와편모류 증식 및 병원성 기생충 제어 기반기술개발
	• 유용단백질 생산을 위한 재조합어류 생산기술개발
환경 및 생물자원 보존기술개발	• 극지 유용생물자원 연구(환경보존기술)
	• 남서태평양 해양생물자원 개발(환경보존기술)
	• 해외해양생물자원개발 및 활용기반 구축(I)
	• 해외해양생물자원개발 및 활용기반 구축(II)
	• 해외해양생물자원개발 및 활용기반 구축(III)
수산식품기술	• 수산생물유전체 및 이용연구(식품기술)
	• 신식품기능성생물개발(식품기술)
인프라기술(인프라구축) - 해양생명자원 기탁등록보존기관	• 해양해면, 극피, 대형동물자원
	• 해양절지동물자원
	• 해양산호자원
	• 해양미생물자원
	• 해양유용플랑크톤자원
	• 해양독성생물자원
	• 해양연체동물자원
	• 해양홍조식물자원
	• 해양갈조식물자원
	• 해양녹조식물자원
	• 해양극피동물자원
	• 해양어류자원
	• 해양균류자원
	• 해양선형동물자원
	• 해양환형동물자원
	• 해양태형동물자원
인프라기술(인프라구축) - 해양생명정보화 사업	• 해양생명자원 정보표준화 및 통합 DB 시스템 구축
인프라기술(인프라구축) - 해양바이오 지역특화 선도기술 개발	• 동해안 해양생물자원 유래의 기능성 생물소재 개발
	• 해양무척추동물 소재 기능성 식품의 상용화 기술개발
	• 서해안 갯벌생물 유래 바이오소재 개발
	• 해조류 유래 식/의약 소재 개발
	• 전남지역 해조류 유래 건강증진용 식품소재 산업화

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 -	이현동
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 연구해 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	황진희
13	건설용 모래 공급사슬관리(SCM) 방안 - 바다모래 가치 재산정을 중심으로 -	이연경
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	뉴시관리 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 항만배후단지내 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	황진희

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 방안연구 -국제물류 청년인력을 중심으로-	박광서
05	컨테이너 화물 해상운송 계약 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

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	이현동
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 부담기준 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-	황진희
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 해양항만산업 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	황진희
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

해양바이오 산업화를 위한
국가연구개발사업 추진 방향 연구

인 쇄 | 2018년 9월 28일 인쇄

발 행 | 2018년 9월 30일 발행

발 행 인 | 양 창 호

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 | 크리커뮤니케이션 (02-2273-1775)

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel : 394-0337
정가 6,000원