

2018

제14호

발간년월 2018년 11월

주 소 49111 부산광역시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

감 수 하동우

발행처 한국해양수산개발원

발행인 양창호

홈페이지 [www.kmi.re.kr](http://www.kmi.re.kr)

## 해양바이오 산업화 촉진을 위한 국가연구개발사업 추진 방향 연구

한기원 해양환경관리센터 전문연구원

([kwghan@kmi.re.kr](mailto:kwghan@kmi.re.kr)/051-797-4736)

좌미라 해양환경관리센터 연구원

([stehauf@kmi.re.kr](mailto:stehauf@kmi.re.kr)/051-797-4737)

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&D 사업의 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 단계 상 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&D 사업이나 해양수산부 타 분야 R&D 사업에 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 특히, 기술이전 등 성과지표의 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 공유체계를 활성화하고, 해양천연물 소재의 지적재산권 보호 방안을 확립하고, 해양바이오 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 성과 지표 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&D 사업인 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

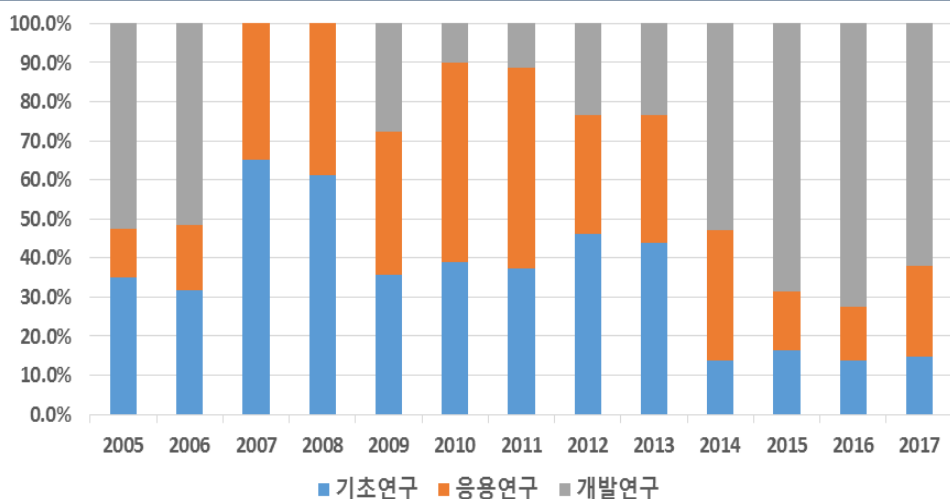
- 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)에서 제공하는 자료를 세부과제 단위로 분석하였으며, 전체 분석 대상 기간 동안 총 465건 도출함
- '05년부터 '17년까지 해양수산부가 지원한 해양바이오 R&D 규모는 총 2,485.6억 원으로 '05년 62억 원에서 '17년 281억 원으로 약 4.5배 이상 증가하였음
- 연평균 증가율은 약 13.4%로 이 시기의 우리나라 전체 정부 바이오 R&D 및 우리나라 전체 정부 R&D 투자 연평균 증가율을 크게 상회하는 수준임
- 그러나, 예산의 절대적인 규모에 있어서는 타 부처의 바이오 분야에 비하면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

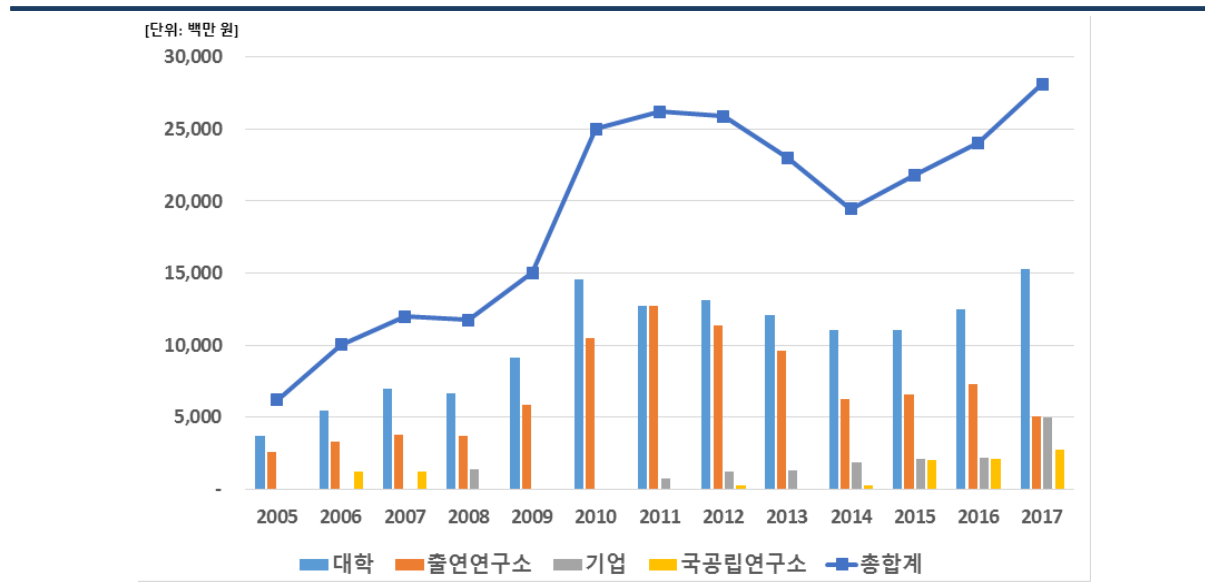
## 대학과 정부출연연구소가 해양바이오 R&D 사업을 주도하고 있으며, 기업의 비중은 작지만 점차 확대되는 추세

### ■ 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 국공립연구소는 각각 6.4%와 3.9%를 차지함

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

그림 2. 연구기관 유형별 정부출연금의 연도별 추이('05~'17)



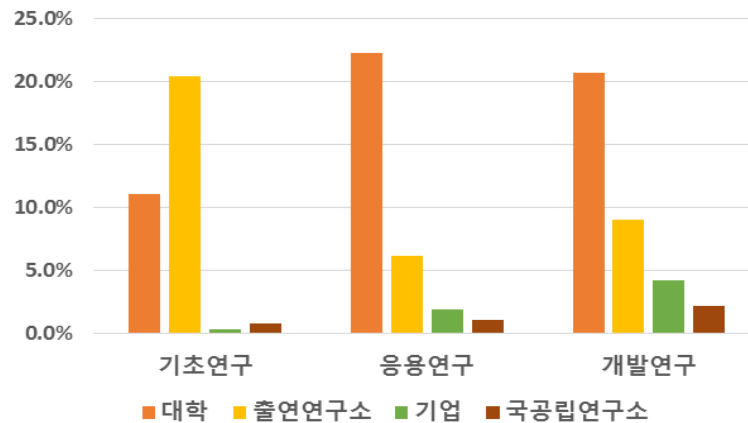
자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

- 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 주도 하에 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)

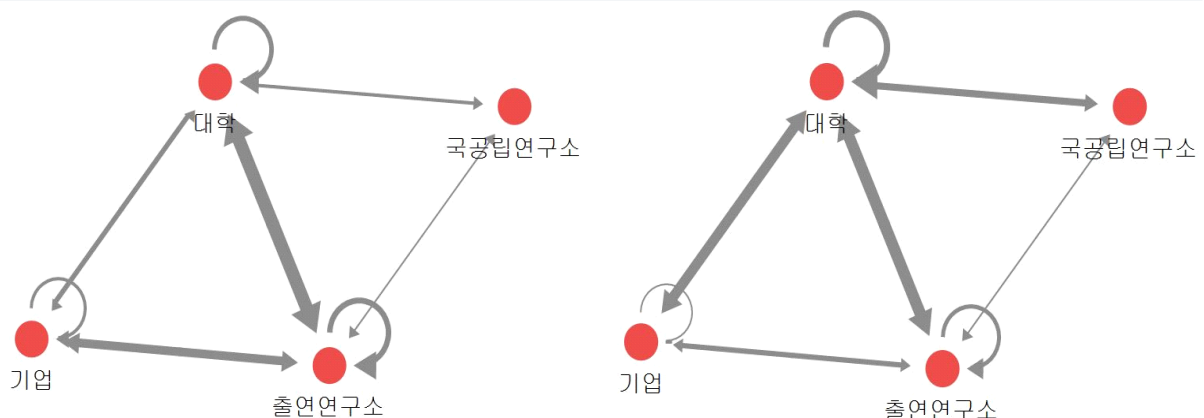


자료: 저자 작성(NTIS 자료 활용)

## ■ 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 기업과의 공동연구 비율이 상대적으로 더 높음

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

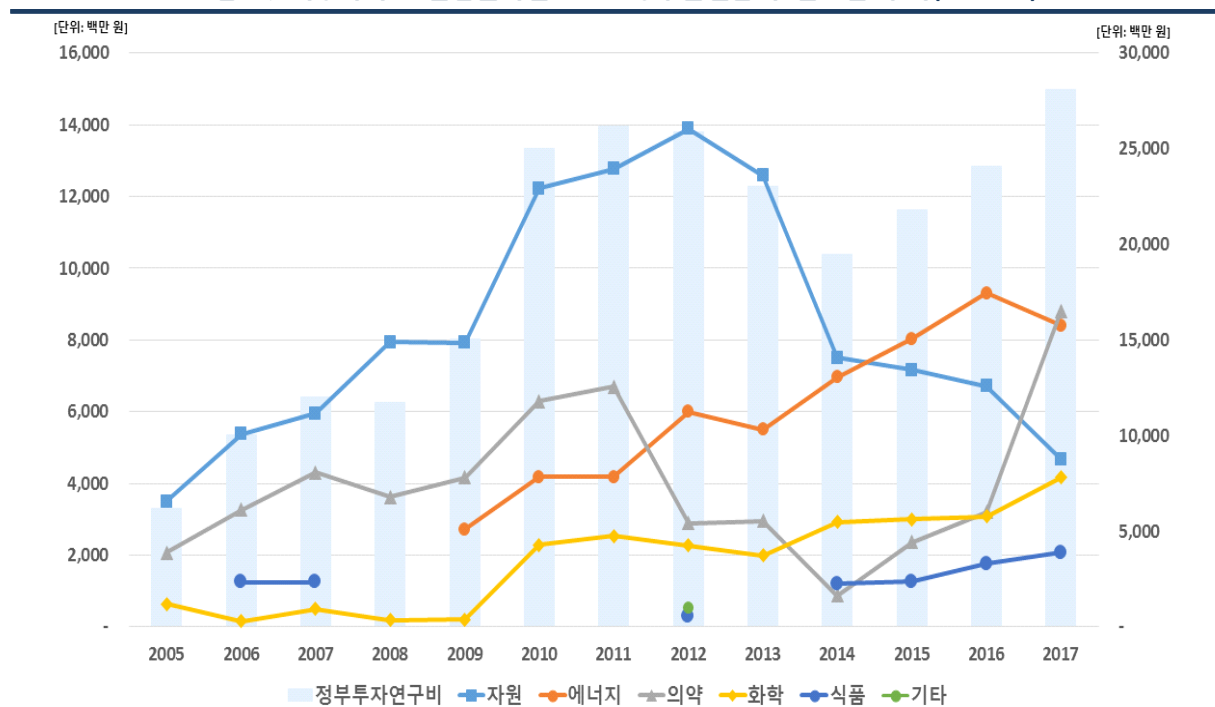


자료: 저자 작성(KIMST 내부자료 활용)

## ■ 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 기존의 최고치였던 ’11년의 예산을 능가하는 수준으로 회복함
- ‘에너지’ 분야는 상대적으로 늦은 시기인 ’12년부터 예산이 투입되기 시작하여 꾸준한 증가세를 유지
- ‘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&D 사업에서 도출된 SCI 논문 및 특허 성과는 상대적으로 매우 우수

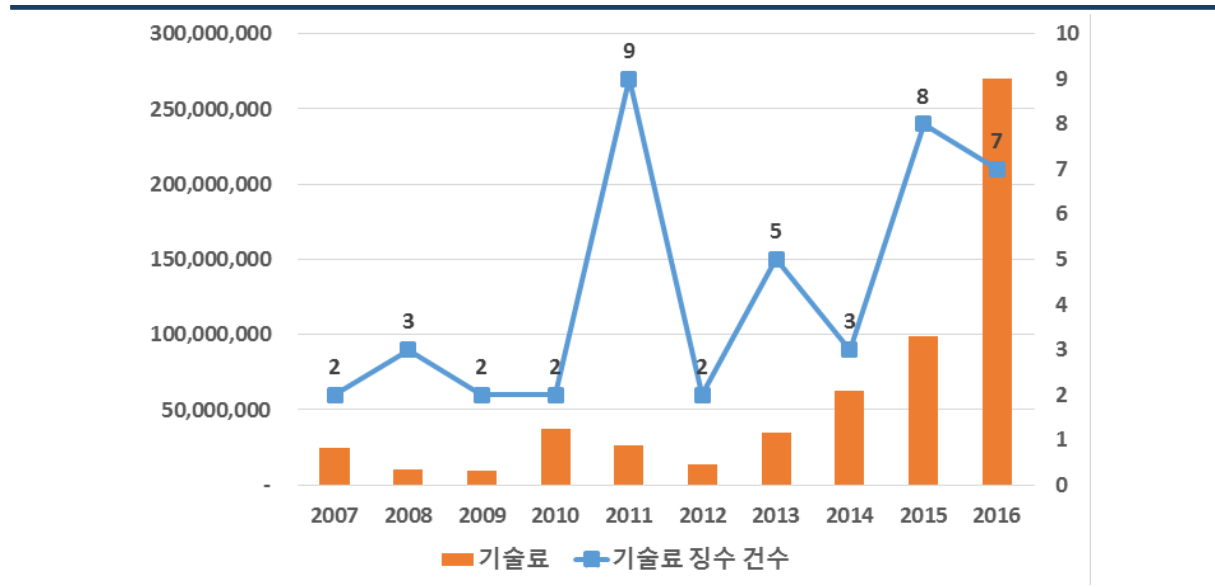
- SCI 논문 성과는 총 958편으로 예산 1억 원당 평균 논문 성과는 약 0.47편인데, 이는 타 부처 바이오 R&D 사업에 비해 상대적으로 우수한 편임
- '07~'16년 해양바이오 R&D 특허 성과는 국내 출원 499건, 국내 등록 290건, 해외 출원 및 등록이 각각 160건 및 66건으로 국내 출원이 전체 특허 성과의 약 절반으로 가장 높은 비중을 차지함
- 국내 특허는 출원 및 등록을 합하여 총 789건(78%)인 데 반해 해외 성과는 226건(22%)으로 국내 성과에 비해 매우 저조한 편이며, 특히 해외 등록은 전체 분석기간을 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 편인데 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&D 사업들과 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&amp;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 전문가들에 대한 심층 인터뷰를 통해 해양바이오 분야 R&D 사업의 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 산업화 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 안정적으로 확보되는 편이기 때문에 기초 연구나 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 공급 되도록 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 국가적으로 지원해 줄 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 공유체계를 구축하고 있으나, 콘텐츠 강화가 필요하며 효과적인 활용방안을 마련하여야 함
- 해양천연물 소재 특성상 물질에 대한 특허 등 지적재산권 보호가 어려움
- 해양바이오 전문인력이 서울 등 대도시에서 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
- 기관 특성에 맞는 해양바이오 R&D 추진 및 기업체 주관 과제 확대해야 함
- 해양바이오 R&D 평가위원 선정의 일관성 유지 및 산업화 성과지표 활용 강화해야 함
- 기존 해양바이오 R&D 과제들의 산업화 성공 및 부진 원인분석과 산업화 성공 모델을 확립하여 활용해야 함
- 해양생물 유래 유용물질 정보 공유 체계 활성화, 해양바이오 지적재산권 및 해외진출에 대한 컨설팅 제도 강화, 해양바이오 전문인력 양성을 위한 지역 R&D사업을 추진하는 등 인프라 확립을 위해 지속적으로 노력해야 함

## KMI 현안연구 요약보고서

구분	제목	발행일
제1호	미얀마 수산 성장 엔진, 국립수산대학 설립 ODA 사업으로 밝혀야	2018.10.12.
제2호	청년 물류인력 해외진출 정주 지원사업 구상 연구	2018.10.12.
제3호	청년일자리 창출과 국가경쟁력 제고를 위해 국제물류인력 양성 서둘러야	2018.10.13.
제4호	연안여객 해상교통의 대중교통체계 구축 방안 연구	2018.10.18.
제5호	자율운항선박으로 스마트 디지털 해상물류체계 실현	2018.10.18.
제6호	해조류 국제양식규범확산에 따른 국내 김산업 수용태세 분석 -ASC 인증제를 중심으로-	2018.10.25.
제7호	표준계약서 및 장기 계약 제도 도입으로 컨테이너 화물 해상 운송 계약 관행 개선	2018.10.25.
제8호	선박관리산업 육성을 통한 청년 일자리 창출 방안 연구	2018.11.01.
제9호	어린물고기 남획실태 및 보호정책 연구	2018.11.01.
제10호	연안토지매입 동향과 도입 가능성 검토	2018.11.08.
제11호	강릉선 KTX 개통에 따른 해양관광 수용태세 개선방안	2018.11.08.
제12호	시민 참여형 연안·해양 정보 생산·활용 방안	2018.11.15.
제13호	부산항 배후지 부가가치활동 확대를 통한 일자리 창출 연구	2018.11.15.

URL: <https://www.kmi.re.kr/>