

## 차세대 해양생명공학사업 추진 전략수립 연구

# A study on Strategic Planning of Marine Biotechnology for Next Generation

강길모, 장덕희\*, 최용진

Gil-Mo Kang, Duckhee Jang\*, Yong-Jin Choi

한국해양과학기술원, 경기도 안산시 상록구 해안로 787, 426-744, 대한민국  
Korea Institute of Ocean Science and Technology, Ansan 426-744, Republic of Korea

(Received 8 December 2014, Revised 8 January 2015, Accepted 12 January 2015)

**Abstract** The aim of this project is to develop an adaptive and collective National Marine Biotechnology Plan for the next decade(2014~2023) which is able to reflect current and future changing environment. This effective strategy targets to foster marine-derived active bio-materials, marine bioenergy production technology and many promising technologies in order to promote marine biotechnology industry as a next-generation growth engine.

Marine biotechnology industry based on R&D activities since 1980 has been growing as an emerging industry. This new field enables to secure exclusive patent rights and to find new potential bio-active materials from the ocean that requires long-term aggressive R&D investments. The current policy direction is to raise appropriate level of R&D investment because the current Korea's national marine biotechnology R&D fund ratio is less than 2% of the total national biotechnology R&D budget.

The result shows three major strategies. First, it recommended a research implementation system and supporting policy that includes establishment of open innovation framework for the 'Industry-Academia-Research Institute Collaborations', strategic research planning and enhanced policy making process. Second, it derived state-of-the-art or new technology in many areas. Third, it formulated more detailed execution plans for successful R&D support and set up performance indicator system in related R&D program.

**Keywords :** marine biotechnology, marine biotechnology industry market, global industry market, R&D investment strategies, open innovation framework

## 서론

세계 선진 각국은 고도화되고 전문화된 연구개발 체제 운용을 통한 전 지구적 해양공간 지배권 확대, 해양자원의 선제적 확보를 위한 경쟁 등 해양을 매

개로 한 각축전을 벌이고 있다. 이는 세계의 이목이 해양의 무한한 가치에 대한 인식과 이의 경제적 활용에 집중되고 있음을 반증하는 것으로 판단된다. 그리고 해양분야에 대한 국제사회의 투자방향은 과거 수산과 해상교통, 석유 및 천연가스 개발, 해양관

\* Corresponding author  
Phone: 82-31-400-6101 Fax: 82-31-400-6587  
E-mail: [jdh73@kiost.ac](mailto:jdh73@kiost.ac)

This is an open-access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/bync/3.0>)

광개발 등에서 최근 해양생명자원개발과 신재생에너지, 심해광물자원개발 등으로 투자 중심이 선회하고 있다. 특히, 해양생명자원 분야에 대한 투자가 최근 지속적으로 증가하고 있는데, 이는 해양바이오산업이 갖고 있는 무한한 성장잠재력이 국제사회로부터 인정받고 있기 때문이다.

해양생명공학기술은(Marine Biotechnology) ‘해양생물체 내에서 일어나는 현상·구조·기능을 이해하고, 그로부터 얻어진 지식을 활용하여 제품을 생산하거나 서비스를 제공함으로써 산업과 인류복지 증진에 응용하는 과학기술’을 총칭한다. 이를 바탕으로 한 해양바이오산업은 기술·정보·지식 집약형의 첨단산업으로서, IT산업 이후 국가 경제성장의 핵심으로 부상할 가능성을 지닌 핵심전략산업으로 급부상하고 있다. 해양생명자원은 에너지, 수산, 식품 등 전통산업은 물론, 신약, 신소재, 화학, 관광 등의 신산업에 이르기까지 다양한 분야에 활용이 가능하다. 특히 육상생물과 다른 유전적 정보를 가지고 있는 해양생명체를 활용한 신약 개발은 보건의료 등 고부가가치산업의 지속적인 성장을 도모할 수 있다는 점에서 중요성이 인정되고 있다.

무엇보다 해양바이오산업의 가장 큰 가치는 '블루오션(Blue Ocean)' 이라는 것이다. IT산업 이후 세계

경제를 선도할 ‘혁명’으로 해양바이오산업을 꼽는 것도 다음과 같은 이유 때문이다. 첫째, 해양바이오 분야는 미개척지나 다름없는 가능성을 지닌다. 알려진 바에 의하면, 해양에는 지구상에 서식하고 있는 생명종의 약 80%가 서식하고 있으며, 학계에서는 1,000만 종 이상으로 그 수를 파악하고 있다. 또한, 육상생물이 자원 공급의 한계에 봉착하고, 이를 활용한 유용 신물질의 개발 역시 점차 줄어들고 있는 상황 하에서, 해양생명자원은 전체의 1% 미만만이 상업적으로 활용되고 있다[5][11].

둘째, 해양바이오산업은 전 세계적으로 초기 연구 단계에 있으며, 해양생명체는 독특한 특성을 보유해 연구개발 성공가능성이 높다. 해양소재를 통한 제품화 성공률은 약 1/6,000로 알려져 있어, 약 1/13,000의 성공률을 보이는 육상생명자원에 비해 2.2배가량 높은 뿐만 아니라, 100℃이상의 고온에서도 생명현상을 유지하는 미생물 등이 존재해 신소재로서 활용 가능성이 농후한 생명체가 다양하게 존재한다[16]. 셋째, 해양바이오산업의 또 다른 특징은 그 자체로 다학제적인 특성을 지니고 있을 뿐만 아니라 타 학문분야에 상당한 파급효과를 지니며 IT, ET, NT 등 타 산업영역과의 융합연구를 통한 시너지 창출이 가능한 산업이다.

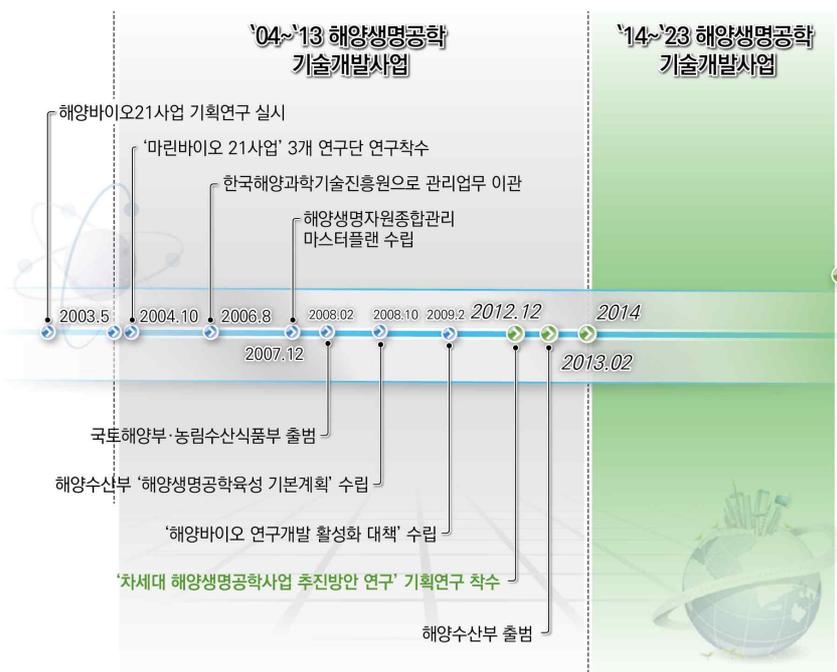


Figure 1. Timeline of Marine Biotechnology Development in Korea

그러나 해양생명공학 사업은 중앙정부의 적극적인 개입 없이는 필연적으로 시장실패 발생이 예상되는 분야이다[9][13][14]. 이는 해양바이오 산업이 ‘해양’이라는 극한 환경에서 서식하는 생명자원을 활용해야 하는 초고도 연구개발 사업으로 R&D를 위한 기초소재 확보와 연구개발 활동에 대규모 초기투자비용을 필요로 함에도 불구하고 투자의 결과가 반드시 상용화로 직결되지 않는다는 불확실성으로 인해 발생하는 문제이다.

한편, 우리나라의 해양생명공학 산업은 여전히 정부의 산업정책 영역 내에서는 상대적 우선순위에서 비교열위에 속해있다. 이와 같은 상황이 발생하게 된 중요한 원인 가운데 하나는 아직까지 해양생명공학 분야의 산업시장이 활성화 되어 있지 않아 정책결정자들이 관련 산업의 중요성과, 해양생명공학산업에 대한 장기적 시각을 갖기 어렵기 때문이다. 그러나 해양생명공학 사업의 미래 성장가능성과 파급효과, 국가 산업정책 영역으로서의 중요성을 이해한다면 보다 다양한 관점에서 동 사업 분야의 중요성을 인식하고 미래에 대해 적극적인 대처방안 수립이 필요한 시점이다[4].

이러한 점을 인식하여 해양수산부와 한국해양과학기술진흥원은 2012년 12월부터 2013년 12월까지 한국해양과학기술원을 주관 연구기관으로 선정한 후 향후 10년(2014~2023) 계획인 ‘차세대 해양생명

공학사업 추진방안 연구’를 수립하였고, 이를 적극적으로 시행할 계획이다. 동 계획수립에는 국내 생명공학 및 해양생명공학 전문가 40명이 기획위원으로 참여하였으며, 별도로 30명의 자문위원이 참여하였다. 또한, 국제워크숍을 통해 해외의 저명한 과학자들의 의견이 반영되었다.

이 연구에서는 지난 10년간(2004~2013) 해양생명공학사업의 주요성과와 문제점을 분석하고, 향후 10년간(2014~2023) 추진 개선방안 도출, 새로운 비전과 목표체계 설정 등 정책적 함의를 이끌어내고 또한 최종적으로 수립된 향후 10년 간 추진할 기술개발 과제들을 도출함으로써 정책결정시 가이드라인을 제공하고자 한다.

## 해양생명공학사업 개요 및 주요성과

### 1. 해양생명공학사업 개요

#### 1) 사업 추진경과 및 추진체계

해양수산부에서 주관하는 해양생명공학사업의 목적은 ‘해양생명공학산업을 21세기 미래주도 고부가가치 성장동력산업으로 육성하기 위해 해양생물 유래 신소재, 해양바이오에너지 생산기술 등을 개발하는 것이고 이를 통해 국가경쟁력을 확보’ 하는데 있다.

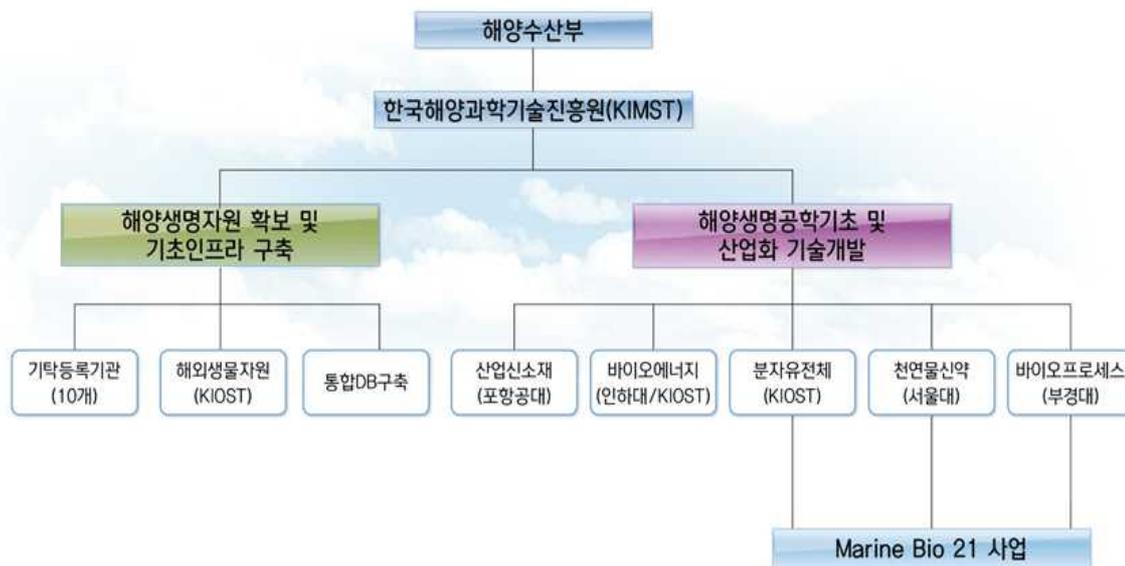
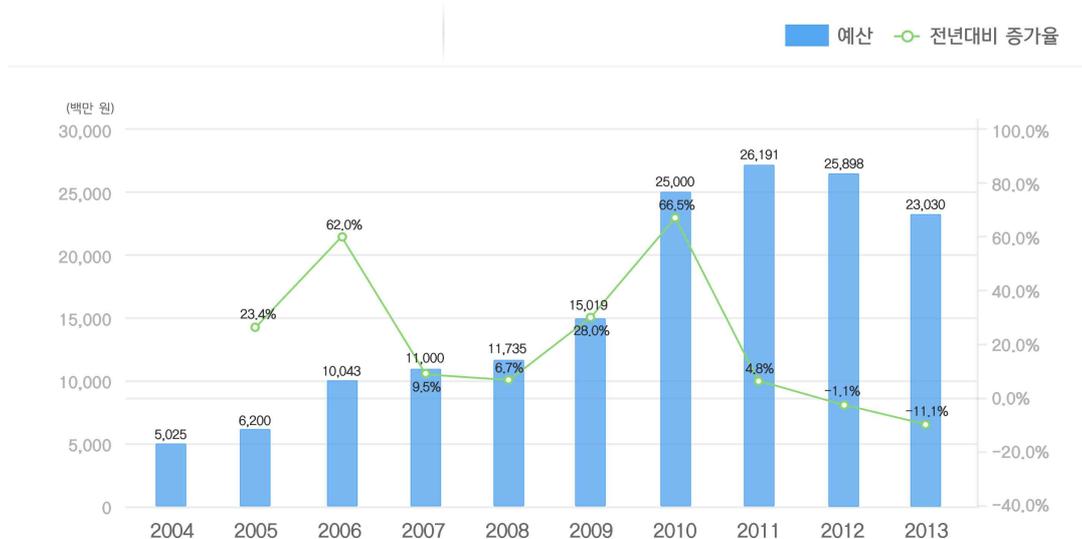


Figure 2. The implementation of the Marine Biotechnology Development Project



\*수산생명공학 예산은 제외

Figure 3. Budget trend of the Marine Biotechnology Development Project[9]

해양생명공학사업은 2004년부터 시작하여 2013년까지 10년 동안 총 1,591억원이 투입되었다. 앞서 Figure 1에서 제시한 해양생명공학사업 추진결과를 살펴보면, 2003년 5월 「해양바이오 기술개발사업 기획연구1」가 완료되었고, 이를 근거로 2004년 10월 3개 연구단이 사업에 착수함으로써 ‘마린바이오 21 사업’이 본격적으로 시작되게 된다[8].

2006년 8월에 한국해양과학기술진흥원이 설립됨에 따라 사업의 관리주체가 해양수산부에서 한국해양과학기술진흥원으로 이관되었고, 2008년 10월에는 해양수산부에서 「해양생명공학육성 기본계획」을 수립하여 시행하였다. 특히, 2009년 2월에 국가과학기술위원회에서 「해양바이오 연구개발 활성화 대책」이 심의되어 최종 승인됨에 따라 해양생명공학사업이 탄력을 받게 된다.

또한, 해양수산부와 한국해양과학기술진흥원에서는 2013년에 1단계 해양생명공학사업이 종료됨에 따라 2012년 말부터 차세대 해양생명공학사업 추진을 위한 기획연구(2012. 12~2013. 12)를 한국해양과학기술원을 주관연구기관으로 선정하여 추진하였다. 동 사업을 통한 기획연구는 2014~2023년 간 10년 계획으로 수립되었다.

Figure 2에 제시한 바와 같이 해양생명공학사업의 추진체계는 첫째, 해양생명자원 확보 및 기초 인프라 구축 분야에는 해양생물자원기탁등록보존기관, 해외해양생물자원확보기술개발, 해양생명자원정보 표준화 및 DB 구축사업이 포함되며, 해양생명공학 기초 및 산업화 기술개발 분야에는 해양바이오산업 신소재기술개발, 해양바이오산업화기술개발, 해양극한생물분자유전체연구, 해양천연물신약연구, 해양바이오프로세스연구 사업이 포함된다. 그리고 이 중 2004년부터 10년간 연구개발을 추진해오던 3개 연구단(해양극한생물분자유전체연구단, 해양천연물신약연구단, 해양바이오프로세스연구단)은 2013년 단계 종료되었다.

### 2) 예산투자현황

해양생명공학사업은 예산투입 측면에서 지난 10년간(2004~2013) 괄목할만한 성과를 거두었으나, 2013년의 경우 예산이 약 230억원으로 2012년(약 259억원) 대비 11.1%가 감소하는 등 최근 3개년 동안에는 전반적으로 정체 및 감소 현상을 보이고 있다(Figure 3).

### 3) 주요국 정책 및 산업시장 동향

최근 세계 각국은 해양바이오 시장을 선점하기 위해 다양한 정책을 수립하여 추진하고 있다. 미국은 신국가해양정책(1999년), 21세기 해양청사진(2004

1) 2003년 수행된 기획연구에서는 사업기간을 2004년부터 2013년 간 10년 계획으로 수립되었으며, 총 사업비는 2,150억원(정부 1,950억원, 민간 200억원) 규모로서 1단계 원천기술개발(2004~2006), 2단계 응용기술개발(2007~2009), 3단계 산업화기술개발(2010~2013)로 구분하고 단계별 목표 및 연구내용을 제시하였다.

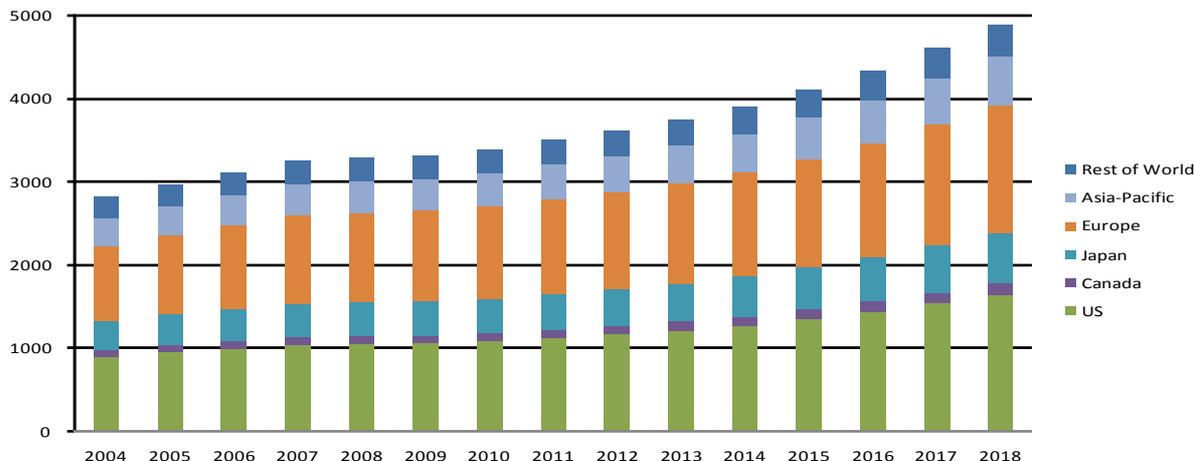


Figure 4. Global trend of annual sales in the Marine Biotechnology market[12]

년), 해양·연안의 보호관리(2010년) 등 해양에 대한 지속적인 정책을 바탕으로 해양생명공학 기술 분야에 대한 지원을 해 왔으며, 이미 전 세계 해양 미생물의 환경 유전체 분석 프로젝트를 진행한 바 있으며, 튼튼한 산업기반과 산·학·연 간 연계체계를 바탕으로 해양생명공학산업 분야의 세계 최강국으로서의 입지를 굳히고 있다[2]. 최근에는 해양생물 OMICS<sup>2)</sup> 분석을 통한 IT, BT 융합기술 개발과 해양신소재, 해양에너지 등 신성장 분야에 대한 투자를 확대하고 있다.

우선, 영국, 독일, 프랑스, 노르웨이 등 유럽연합(EU) 국가들 또한 ‘해양생명체를 통한 신약 개발’과 ‘심해 생태계 조사 및 심해열수탐사’, ‘미생물의 분리와 유용물질 발효 생산’ 등을 중점 연구 분야로 선정하고 연구개발을 집중하고 있다. 그리고 우리나라와 다양한 분야에서 경쟁하고 있는 중국은 2009년 수립한 ‘중국 해양과학기술 로드맵 2050(Marine Science & Technology in China: A Roadmap to 2050)’을 통해 해양생물자원연구와 해양생명공학기술을 전략적 우선 추진과제 중 하나로 설정한 바 있으며 [11], 최근에는 해양경제발전시범사업에 따라 해양생물의약품, 신기능제품, 신소재 분야에 대한 투자를 확대하고 있다. 또한, 일본 역시 해양개발연구기구(JAMSTEC)와 해양생명공학연구소(MBI), 수산종합연구센터(FRA) 등을 중심으로 산·학·연 협력을 추진하며, 해양생물자원에 대한 연구를 확대하고 있

다.

세계 해양생명공학산업 시장은 Figure 4에 나타난 바와 같이 2004년 2,826백만 US 달러에서 2013년 3,744백만 US 달러, 그리고 2018년에는 4,901백만 US 달러 수준으로 증가가 예상되어 2004년부터 2018년간 연평균 약 4.7%의 비약적인 성장이 달성될 것으로 전망된다.

우리나라 해양생명공학산업의 연평균 성장률 전망은 약 9.5%로서 타 유망산업의 성장률 전망을 상회하는 수준으로 분석되었다. 특히 해양생명공학산업은 태동기에 있는 산업으로 향후 지속적인 성장이 이루어 질 것으로 예상된다.

Table 1. Comparison of market growth of the Marine Biotechnology market with other sectors[6],[12]

(단위: 백만달러, %)

구분	시장규모		CAGR
	2012년	2017년	
해양생명공학 산업	74	116	9.5
디지털 음악유통산업	392	870	14.2
차세대 이동통신산업	31,292	39,754	4.9
섬유산업	6,876	8,690	3.7

2) OMICS: 생물학 데이터의 대량생산을 목적으로 하는 많은 실험 기법들의 통칭함

## 2. 1단계 해양생명공학기술개발사업의 주요성과

### 1) 연구성과

동 사업 범위 내에 있는 해외해양생물자원확보기술개발 사업(1단계/2009~2014)은 2009년에 시작되었으며, 해외 해양생명자원 발굴 및 국가자산화 토대 구축이 주된 사업 목표이다. 주요 연구내용은 해외 해양생명자원의 확보 및 통합관리 DB와 공급체계 구축, 해외 해양생물 추출물로부터 생리활성 정보, 화학종 다양성 발굴, 해양생명공학 분야 국제 네트워크 구축 및 해양생물 활용 인프라 향상, 해양생명자원 관련 국제협약 의제분석 및 국가대응전략 수립 등이다. 주요 실적은 Table 2와 같으며, 기술개발을 통해 바이오산업의 원천소재인 해외 해양생명자원의 안정적인 확보·관리·활용 기반 구축과 해외 해양생물, 추출물DB 및 분양체계 구축을 통해 관련 산·학·연 연구에 기여하였다.

**Table 2.** Targets and performances of the External Marine Biological Resources Securing Technology Development Part

최초 계획	2013년까지의 성과
· 해양 생물 수집 표본 수 3,000 종	· 해외해양생물 3,868종 확보
· 해양미생물 균주의 순수 분리 10,000 주	· 해양미생물 3,990주 확보
· 해양 생물 공동연구 5건	· 해양 생물의 공동연구 8건
· 생물자원 분류, 동정 2,000 건	· 생물자원 분류, 동정 1,530 건
· 분양을 위한 DB구축 1건	· 분양을 위한 DB구축 1건
· 항균활성 및 세포독성 자료 확보 2종	· 항균활성 및 세포독성 자료 확보 8종

해양생물자원기탁등록보존기관 육성과 해양생명자원정보표준화 및 DB 구축사업은 국내 해양생명자원 확보·관리 및 통합DB 구축이 목표이며, 주요 연구내용은 국내 해양생명자원의 확보 및 효율적인 보존관리, 국제표준분류체계 등 국내·외 현황 분석을 통한 정보표준화, 해양생명자원 정보·표본 관리 시스템 구축 및 웹서비스 제공 등이다. 주요 실적은 Table 3과 같으며, 향후 해양생명자원의 총체적 확보, 소장, 관리 및 정보지원과 해양생명자원 기탁등록을 통한 연구성과 유통 및 분양을 통한 활용기반 제공이 활성화 될 것으로 기대되고 있다.

**Table 3.** Targets and performances of the Internal Marine Biological Resources Securing·Management and Integrated Database System Development Part

최초 계획	2013년까지의 성과
· 해양생물 신종 및 미기록종 발굴	· 해양생물 신종(32종), 미기록종(41종) 보고
· 국내 해양생물 자원 확보 및 국가자산화	· 기탁등록보존기관 운영을 통한 국내 해양생명자원 1,712종 11,840점 확보, 자원보존형태별로 누적확보 자원 9,364종, 70,855점 · '11년 165건, '12년 118건의 해양생명자원 분양(연구, 교육 등 목적)
· 해양생명자원 정보관리 통합 시스템 구축	· 선진국형 해양생명자원 관리체계 확립 · 해양생명자원 데이터 등록항목과 분류체계 표준화

해양극한생물분자유전체연구(2004~2013) 사업은 해양생물 유전체를 자원화 하는 것이 목표이며, 주요 연구내용은 해양·극한(극지, 심해 등) 생물자원 확보 및 유전체 대량 해독, 유용유전체 및 단백질체의 발현기작 규명 및 기능 분석, 극한환경에 서식하는 생물·유용유전자 활용 바이오소재 개발 등이다. 주요 실적은 Table 4와 같으며, 이 사업을 통해 유전자원과 생체측매 기능을 이용한 DNA중합효소와 질병 진단용 키트 등의 상용화를 통한 고부가가치 산업 기반을 구축하였으며, 유전체 활용 연구 활성화 기반을 구축한 것으로 평가된다.

**Table 4.** Targets and performances of the Studies on Molecular Genomics of Marine and Extreme Organisms

최초 계획	성과(2004~2013)
· 해양·극한 생물자원뱅크 구축	· 해양·극한 생물자원, 유전자원뱅크 운영 및 활용체계 구축
· 해양·극한생물시료 400점, 분자마커 120건, 메타지노姆 2 Gb	· 해양·극한생물시료 1,400점, 분자마커 120건, 메타지노姆 13.2 Gb · 세계 최초 밍크고래 유전체 해독 · 우뚝가사리, 개꼬시래기 유전체 해독
· 유용해조류 항산화·면역증강 물질 관련 유전자·의약품 소재 개발	· 유전체자원 활용 DNA 중합효소 기술 등 유용소재 개발을 통한 (주)CJ제일제당, (주)바이오니아 등 기술이전 9건

해양바이오프로세스연구(2004~2013) 사업은 해양생물을 이용한 생활소재 개발이 목표이며, 주요 연구내용은 해양생물 유래 기능성 식품 및 화장품 소재 개발, 키토산 등 생활소재 생산 공정(바이오프로세스) 구축 및 생산기술 개발 등이다. 주요 실적은 Table 5와 같으며, 이 사업을 통해 해양유래 주름 개선 및 미백 기능성 소재를 활용한 기능성 화장품 생산 및 판매로 2020년까지 500억원 규모의 경제적 가치 창출과 2020년까지 항고혈압, 성기능개선, 수면개선, 간기능 개선 등의 기능을 가진 건강기능식품 개별인정을 통해 약 1,000억원 규모의 경제적 가치 창출이 가능할 것으로 전망되고 있다.

**Table 5.** Targets and performances of the Studies on Marine Bio Process

최초 계획	성과(2004~2013)
· 유용 신소재 30종 이상 기술이전 또는 산업화	· 건강기능성 식품 및 화장품 등 기능성 소재에 대한 시제품 42건 · 기술이전 11건 · 기능성 식품 및 화장품 상품화 4건
· 신물질/신소재 대량 생산 기법, 생산공정 구축 및 생산 최적화	· 키토산 시험생산 공정을 기반으로 한 대량생산 장비 구축
· 해양생물 유래 신물질 핵심탐색시스템을 이용한 신기능성 물질 개발	· 생체축매 및 생리활성 물질 반응 분석을 위한 미세유체역학 시스템 개발

해양바이오에너지개발(2009~2018) 사업은 첫째, 미세조류를 이용한 해양 바이오디젤 생산기술 개발을 목표로 바이오디젤 생산을 위한 균주 개량 및 대량배양기술 개발과 최적 배양조건 도출 및 환경용량 평가기법 개발 연구를 진행 중이며 둘째, 초고온에서 서식하는 고(古)세균 이용 바이오수소 생산기술 개발을 목표로 바이오수소 생산용 해양유래 산업원천 균주개발, 일산화탄소 이용 해양바이오수소 생산 공정개발 및 최적화, 제철소 부생가스 이용 바이오수소 대량생산 기술 개발을 진행 중에 있다. 주요 실적은 Table 6와 같으며, 미세조류를 이용한 해양 바이오디젤 생산기술 개발을 통해 고갈되는 화석연료 대체효과 및 CO2 경감효과와 2019년, 연간 바이오디젤 7,000kL(약 100억원) 생산이 기대된다. 초고

온에서 서식하는 고(古)세균 이용 바이오수소 생산 기술 개발을 통해서 산업부생가스 및 유기성 폐자원을 원료로 이용하여 청정수소에너지를 생산함으로써 새로운 부가가치 및 미래신산업 창출에 기여할 것으로 기대되며, 제철소 원료가스로 바이오수소생산 최적화기술 개발이 완료되면 상업적 생산이 가능할 것으로 전망된다.

**Table 6.** Targets and performances of the Studies on Marine Bio Energy Development

구 분	최초 계획	2013년까지의 성과
해양바이오디젤 생산	· 생물반응기 설계 및 제작	· 국내특허 6건 출원, 4건 등록 · 국제특허 4건 출원
	· 해양배양기술 개선하여 최적의 배양 조건 도출	· 0.4 ha 해양실증 배양장 구축(인천 영흥도)
	· 미세조류 지질 추출 방식 2가지 이상 및 바이오디젤 전환기술 개발	· 세포 생산성 0.36g/m <sup>2</sup> /day (최종목표 대비 1.8%) · 미세조류 지질함유량 10% (최종목표 대비 25%)
해양바이오수소 생산	· 해양 고세균 The rmococcus onnurineus NA1의 오믹스 기반 수소생산기작 분석 및 우수균주개발	· 부생가스 이용 바이오수소 생산 우수균주 개발 및 세계최고수준의 바이오수소 생산성 확보 (미국응용환경미생물학회誌 게재, '13) · 바이오수소 생산 및 생체에너지 생성기작 세계최초 규명(Nature誌 게재, '10)
	· 해양 고세균 The rmococcus onnurineus NA1을 이용한 바이오수소 실증 생산 및 사업성분석	· 바이오수소 대량생산체계를 통하여 100L급 바이오수소 실증생산 성공 · 바이오수소 실증생산 플랜트 구축 준공식 및 시연회 개최('12)

해양천연물신약연구(2004~2013) 사업은 해양유래 신약 후보물질 개발이 목표이며, 주요 연구내용은 해양천연물신약 후보물질(대사·면역, 감염 질환 치료제) 개발, 해양천연물신약 후보물질 개발 플랫폼 구축 등이다. 주요 실적은 Table7과 같으며, 이

사업을 통해 해양천연물 신약 개발 분야의 세계적인 선도그룹으로 도약을 위한 기반 구축과 후보물질 개발 완료 후, 기업 기술이전을 통한 상업화 추진이 기대되고 있다.

**Table 7.** Targets and performances of the Studies on Marine Natural Resources

최초 계획	성과(2004~2013)
· 대사성 질환, 면역·퇴행성 질환, 감염성 질환 치료제 개발을 위한 독창적인 신약 후보물질 3종을 개발하여 2013년까지 2개 기술이전	· 해양천연물유래 신약 유효·선도물질 20여종(비만, 항암물질, 항생제, 지방간, 골다공증 등) 개발 · 당뇨, 동맥경화, 감염성 질환 치료제 후보물질 5종 개발

해양바이오산업신소재개발(2010~2019) 사업은 해양생물 유래 플라스틱·섬유 개발이 목표이며, 주요 연구내용은 해양바이오산업신소재(플라스틱·섬유) 탐색 및 대량생산 기술 개발, 해양바이오산업신소재 제형화 및 실용화 기술 개발 등이다. 주요 실적은 Table 8과 같으며, 이 사업을 통해 화석연료기반의 플라스틱(PVC), 섬유소재(나일론 등)의 고갈에 따라 친환경적인 산업소재로 대체가 가능하고, 확보한 원천 소재를 이용하여 의료·자동차용 소재 등 고부가가치 플라스틱 소재 등에 활용이 가능할 것으로 전망되고 있다.

**Table 8.** Targets and performances of the Studies on Marine Bio New Materials Development

최초 계획	성과(2004~2013)
· 5개 해양신소재 분야(자동차, 플라스틱·섬유·나노복합·의료소재)의 세계적 독점기술 개발 및 제품 상용화	· 조직공학 응용을 위한 다기능성 복합나노섬유 지지체 개발 (홍합접착단백질 기반) · 해조류유래 창상치료제 개발 및 기술이전(1건)
· 해양섬유복합소재 확보 및 제형화 기술개발	· 해양생명체인 말미잘 유래 재조합 실크섬유 및 미세실크섬유 개발
· 해양바이오플라스틱 원천소재 생산 공정 개발	· 바이오플라스틱 소재용 유기산 원천생산 공정 개발 · 대사경로 효율적 조절 방안 및 해양바이오매스 대사경로 합성 기술 개발

**2) 논문·특허 성과분석**

Table 9에서 보듯이와 같이 해양생명공학사업은 2004~2012년 동안 연구논문 1,227건, 특허(출원·등록) 832건을 생산하였다.

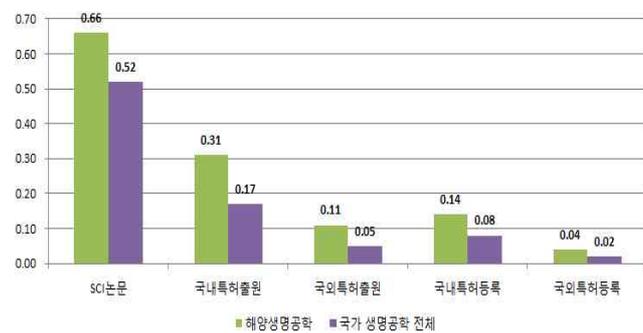
**Table 9.** Performance of articles and patents in the Marine Biotechnology Development Project('04~'12)

(단위: 건)

연도	논문		특허			
			국내		국외	
	SCI	비SCI	출원	등록	출원	등록
2004	15	10	9	-	6	-
2005	40	17	41	1	12	-
2006	108	40	67	9	12	-
2007	106	15	48	52	34	4
2008	154	24	56	32	17	1
2009	128	20	33	15	28	10
2010	137	32	28	15	14	6
2011	150	39	79	16	17	17
2012	170	22	79	35	28	11
계	1,008	219	440	175	168	49

※ 출처: 한국해양과학기술진흥원 내부자료

Figure 5에 제시된 바와 같이 2012년 기준 해양생명공학사업의 예산규모는 259억원으로 전체 생명공학 예산(1조 6,656억원) 대비 1.5%에 불과하나 예산 1억원 당 SCI 논문 0.66편 생산(국가 BT 0.52편), 예산 1억원 당 국내외 특허출원 0.42건(국가 BT 0.22건), 특허등록 0.18건(국가 BT 0.10건)으로 국가 BT 대비 약 2배 수준으로 타 부처 생명공학사업 대비 상대적으로 우수한 논문과 특허 성과를 창출하였다.



**Figure 5.** Comparison of quantitative performances (per 100 million won of grants)[3]

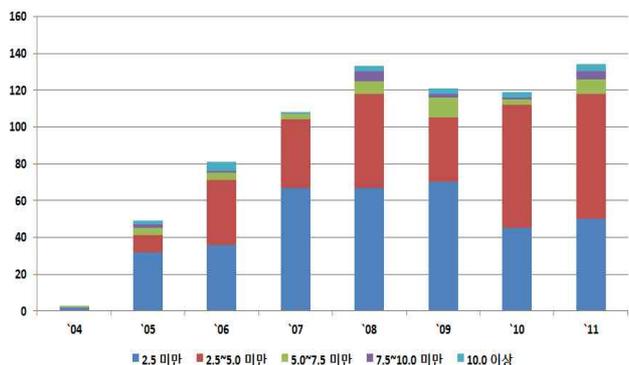


Figure 6. A change in the quality of the annual performances of articles (SCI Impact Factor)

정성적인 관점에서 SCI 논문성적을 분석하면 Figure 6에서와 같이 2004년부터 해양생명공학사업을 추진하기 시작한 이래 SCI 논문 성과가 증가추세인 가운데 IF 2.5 이상의 논문도 지속적으로 증가하고 있는 것으로 분석된다.

그러나, 논문 피인용 횟수를 분석하면 Figure 7에서와 같이 피인용 횟수가 10회 미만인 논문이 다수를 차지하고 있고, 50회 이상은 극소수를 차지하고 있기 때문에 향후 논문의 피인용 횟수를 늘림으로써 양질의 논문생산이 이루어질 수 있도록 개선방안과 지속적인 관리가 필요하다.

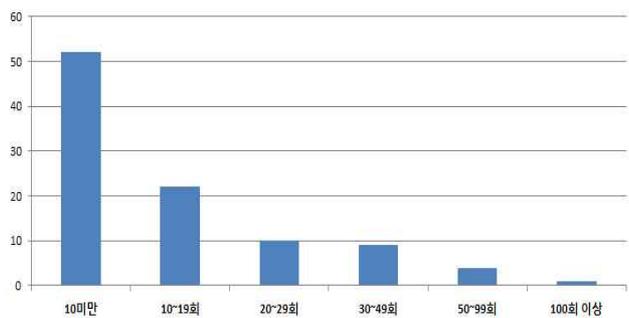


Figure 7. A ratio of the number of citations

3) 주요 기술이전 성과

Table 10에는 해양생명공학사업의 주요 기술이전 성과가 제시되어 있다. 해양생명공학사업의 경우 2012년 기준 예산 1억원 당 기술이전 성과는 0.02건으로 국가 전체 생명공학사업 0.01건의 약 2배 수준이다. 그러나 국내 해양생명공학 산업 기반이 매우 취약하여 일부 기업을 제외하고는 대부분 영세한 중

소기업을 대상으로 기술이전이 이루어지고 있는 실정이다.

해양생명공학사업 문제점 분석 및 추진 개선방안

1. 해양생명공학사업 문제점 분석

1) 연구개발 예산 부족

해양생명공학사업 연구개발예산은 2013년 기준 생명공학 전체 예산 대비 약 1.3%로 타 부처의 생명공학사업 연구개발예산에 비해 현저히 낮은 수준이다.

Table 11. Comparison of budget of the Ministry of Oceans and Fisheries for Marine Biotechnology Development with other ministries[8]

구분	예산 (억원)	비중 (%)	
해양수산부 해양생명공학기술개발	230	1.3	
미래창조과학부 바이오의료기술개발 등 10개	3,245	18.5	
농림축산식품부 생명산업기술개발 등 16개	2,495	14.2	
농촌진흥청 국책기술개발 등 23개	4,222	24.0	
보건복지부 질환극복기술개발 등 30개	3,773	21.5	
산업통상자원부 바이오의료기기산업원천기술개발사업 등 11개	2,061	11.7	
기타 (산림청 등) 산림과학연구, 생물자원 발굴및분류연구 등 14개	1,551	8.8	
총계	11개 부처(8부 3청), 113개 사업	1조7,578	100.0

최근 들어서는 Table 12에서와 같이 직근 3년간 ('11~'13년) 국가 전체 생명공학사업 예산은 연평균 5.1% 증가 추세를 보이고 있으나, 해양생명공학사업 예산은 연평균 6.8% 감소 현상을 보이고 있다.

Table 12. Budget Comparison of between the Marine Biotechnology Development Project and the sum of biotechnology development budget in Korea during the past three years

구분	2011년	2012년	2013년	CAGR
국가 전체 BT	1조 5,800 억원	1조 6,656 억원	1조7,578 억원	5.1%
해양생명공학사업	262억원	259억원	230억원	-6.8%

**Table 10.** Main performances of technology transfer of the Marine Biotechnology Development Project

과제명	주요 기술이전 내용	기술 이전
해양·극한생물분자유전체 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 식음료 제약산업 이용 재조합 에스터라제 제작기술 ((주)CJ제일제당, 20백만원)</li> <li>○ 염증성질환치료제 에스클린 베타유도체 제조 및 이를 이용한 치료용 약학조성물 기술 ((주)코웰메디, 36백만원)</li> <li>○ 어류병원체 <i>Edwardsiella tarda</i> 약독화 백신 제조기술 ((주)덕우수산, 100백만원)</li> <li>○ 기능성식품소재 재조합 피타아제 제작 및 이를 이용한 이노시톨 제작기술 ((주)제이케이바이오캡, 100백만원)</li> <li>○ DNA중합효소((주)제넷바이오 180백만원, (주)씨젠 25,000천원, (주)바이오니아 75백만원)</li> <li>○ 색소체 형질전환 시스템((주)유진텍 48백만원)</li> </ul>	7건 (기술료 564백만원)
해양바이오 프로세스 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 홍어 껍질 유래 젤라틴 추출물 및 상기 추출물로부터 분리한 펩타이드를 유효성분으로 포함하는 항고혈압 조성물 ((주)영산홍어177백만원)</li> <li>○ 고온고압 및 초음파 처리를 통해 얻은 개불 추출물을 유효성분으로 포함하는 성기능 개선용 조성물 ((주)생명과학15백만원)</li> <li>○ 해양 동물 플라크톤 배양액 대사산물을 유효성분으로 하는 간 기능 개선용 조성물 및 그 제조방법 ((주)에이치비티인터내셔널 50백만원)</li> <li>○ 기능성화장품 소재로서 자외선 차단 효능을 가진 디에콜을 함유한 감태 추출물 ((주)아쿠아그린텍 51백만원)</li> <li>○ 키토올리고당을 포함하는 피부 노화방지용 화장품 조성물 등 3건 ((주)한국콜마 683백만원) 등 기능성 식품 및 향장소재 관련 기술 이전</li> </ul>	11건 (기술료 1,184백만원)
해양바이오산업신소재 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해조류유래 창상치료제 개발((주)제네셀 5백만원)</li> <li>○ 유기산 생산을 위한 재조합 미생물 및 이를 이용한 유기산 제조방법((주)에이피테크놀로지 10백만원)</li> </ul>	4건 (기술료 32백만원)
홍합유래생물접착제의 유전학적 대량생산 및 실용화	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 홍합유래생물접착제의 유전학적 대량생산 및 실용화연구((주)한국콜로디스)</li> </ul>	1건 (222백만원)
제주산 패류로부터 향통증성 생리활성물질 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제주산 패류로부터 향통증성 생리활성물질 개발(애니젠(주))</li> </ul>	1건 (기술료 238백만원)
합계		24건 (2,240백만원)

※ 상기 '04~'13년간 5개 사업의 해양생명공학사업 투입 예산 약 690억원 대비 기술료 비율은 약 3.3%로 미래창조과학부(1.6%) 보다는 높은 편이고, 산업통상자원부(3.4%) 보다는 낮은 편임 (미래창조과학부와 산업통상자원부는 2012년 기준 연구개발 총 투입 대비 기술료 수입 비중임)

**2) 해양생명공학사업의 취약성**

해양생명공학산업이 취약한 원인으로서는 첫째, 해양생명공학산업과 연계된 산업환경을 꼽을 수 있다. 국내 해양생명공학산업은 소규모 영세사업장 위주로 운영 중이며, 연구개발 수행능력을 보유하지 못한 기업이 대부분이다. 이에 따라 해양생명공학 분야는 신생영역으로 산업기반이 취약할 뿐만 아니라 타 분야에 비해 정부의 투자우선순위도 낮은 편이며, 성공사례가 부재하여 대기업의 연구개발 참여를 기대하기 어렵고, 중소기업은 영세성으로 인해 투자 부담을 호소하고 있는 실정이다.

둘째, 기술개발 초기단계에 최종사용자(End-User)의 미참여로 연구개발 결과의 산업화 연계 미흡 등 전반적인 연계전략이 부족하다. 다시 말해서 대부분의 응용연구가 대학 중심으로 수행되었고, 산·학·연 개방형 네트워크 부재로 연구개발 결과의 활용실적이 저조하였고, Top-down 중심의 과제 수행으로 문제해결형 현장에로 기술 개발은 잘 이루어지지 않은 것이 현실이다.

셋째, 지역 해양바이오 육성 미흡을 들 수 있다. 지방과학기술진흥계획(2012년)에 대한 분석결과 2012년 지방에 투자된 전체 BT 예산은 7,306억원이며, 이중 해양생명공학사업 분야의 예산은 2.9%에 불과한 212억 수준으로 매우 미흡한 수준이다.

못한 원인의 하나로 지목되고 있다.

둘째는 인력기반 확보를 위한 정책적 의지가 부족한 점이다. 해양수산부 차원의 독자적인 인력양성·확보 전략이 미흡한 가운데 해양이라는 특수성(공간적·기술적)에 기인한 진입장벽을 타개하지 못하여 타 분야 연구자들의 참여가 저조한 편이다.

셋째는 해양생명공학 분야는 태동기에 있는 신생 분야로 저변확대가 필요하나, 2004~2013년간 해양생명공학사업에서는 연구단 규모의 대규모 기술개발 과제 위주로 수행되었다. 이로 인해 소규모 사업 부족으로 타 분야 연구자들을 해양생명공학 분야의 유인 조치가 미흡하였고, 소수 엘리트 위주의 과제 운영으로 인해 신진·중견 연구자들의 성장이 저해되었다.

**2. 해양생명공학사업 추진 개선방안**

**1) 체계적인 예산 확보**

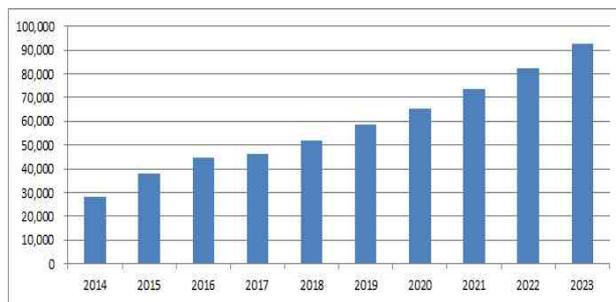
해양생명공학사업 연구개발 예산은 Figure 8에서 제시한 바와 같이 2013년 기준 230억원에서 2023년에는 약 900억원 이상으로 증액함으로써 향후 10년간 총 6,000억원 규모로 예산 투자를 대폭 확대할 필요가 있으며, 이 과정에서 타 부처와의 연계 및 융합연구 활성화를 통해 부처별 역할 분담을 통한 투자 효율성을 증대하여야 한다.

**Table 13.** A status of implementation of local Marine Biotechnology Development(2012)[1]

구분	2011년	2012년	2013년	비고
국가 전체 BT	1조 5,800 억원	1조 6,656 억원	1조7,578 억원	연평균 5.1% 증가
해양생명 공학사업	262억원	259억원	230억원	연평균 6.8% 감소

**3) 전문인력 부족**

해양생명공학 분야에서 전문인력이 턱없이 부족한 원인으로서는 첫째, 짧은 학문의 역사, 취약한 산업 기반과 더불어 제한된 취업기회 등으로 인해 인력수급이 원활하지 못한 점이다. 즉, 해양생명공학 분야는 타 분야에 비해 후발주자로서의 핸디캡이 존재하며, 해양수산 관련 산업체 및 연구기관의 수(數)적 부족과 이공계 기피현상 또한 인력수급이 원활하지



**Figure 8.** The budget plan for the '14~'23 Marine Biotechnology Development Project

해양생명공학사업 추진을 위한 적정규모의 예산 확대를 위해서는 환경변화를 반영한 주기적 연동계획(Rolling-Plan) 수립은 필수적이다. 왜냐하면, 해양생명공학사업은 사업 운영 과정에서 다양한 환경변화가 발생할 수 있기 때문에 수립한 사업계획에 대하여 3~5년 주기로 환경변화에 맞게 수정·보완이

가능한 연동계획 수립이 요구된다. 연동계획의 주요 내용에는 집중투자 분야 재선정, 과제 구성 포트폴리오(예산규모별, 기술단계별) 수립, 장기 투자계획 조정 등의 내용이 포함되어야 할 것이다.

**2) 연구전략 및 관리개선**

앞서 해양생명공학사업 문제점에서 분석된 바와 같이 사업규모의 다변화가 필요한 시점이다. 연구개발 성격에 따라 현재 연구단, 단위과제로 구분하여 운영 중에 있으나, 향후에는 사업단 과제도 적극 운영할 필요가 있고, 연구단은 중대형 핵심기술 개발을 위해 다수의 연구자가 유기적으로 연계된 과제에 한하여 지원해야 한다. 이때, 연구단 사업은 연구단장을 중심으로 유사 연계과제들을 개방형 운영체제를 통해 수행하고, 연구단장의 독립성과 수월성을 최대한 보장해 주어야 한다. 그리고 단계평가 결과에 따라 연구단의 예산 조정 및 사업지속 여부가 결정되어야 한다. 단위과제의 경우에는 현재보다는 대폭 확대를 통해 비(非) 해양생명공학 분야 연구자들의 유인과 대학원생 등 연구보조원 참여를 통한 학문후속세대 양성이 병행되어야 한다.

평가체계와 관련해서는 Table 14의 내용과 같은 과제별 맞춤형 성과평가체계의 개선이 필요하다. 즉, 매년 진도관리 평가와 일정주기(10년 사업의 경우 3+3+4)의 단계평가가 실시되어야 한다. 단계평가를 통해 성과 저조과제는 과제를 중단하거나 사업비를 대폭 삭감하고, 성과 양호과제는 사업비를 상향하는 체제로 개선되어야 할 것이다. 그리고 과제 분야별·단계별 특성을 고려하여 핵심 성과목표를 설정하고 목표 대비 달성도를 주기적으로 점검하여야 한다.

**3) 개방형 산·학·연 연구체계 구축**

개방형 연구체계를 구축하기 위해서는 첫째, 산·학·연 간 기술 실용화 네트워크 구축·운영을 통한 개방·협력 생태계 조성이 필요하다. 이를 위해서는 신생 창업기업의 창업·보육지원 강화, 현장애로기술 해결을 위한 기술개발 예산 및 인력 지원 확대 그리고 기술기획부터 과제수행까지 수요자(벤처·중소기업) 참여 유도과 네트워크를 이용하여 원천기술을 실용화하고, 산업계에 이전하여야 한다.

둘째, 연구사업 구조 개편을 통하여 개방형 융·복합연구 강화와 벤처·연구소기업 지원 강화를 통해 일자리 창출 등에 선도적 기여를 하여야 한다. 예를 들어 기존 기술을 융합·패키지화하여 조기 상용화하거나 창업을 지원하고, 핵심 원천기술이 상품화 될 수 있도록 후속 중개연구 지원이 원활하게 이루어진다면 충분히 가능할 것이다.

셋째, 비(非) 해양생명공학 분야 연구자들뿐만 아니라 신진연구자의 진입을 위한 과제 확대 등을 통해 다양한 연구자 풀(pool) 확보가 담보되어야 한다.

**4) 지역해양바이오 산업 진흥**

지역해양바이오 산업을 진흥시키기 위해서는 무엇보다도 산·학·연 협력 클러스터를 지원하는 사업이 확대되어야 한다. 기본적으로 지역기업이 실질적 사업수행 주체로 참여하는 민간주도형 사업으로 추진되는 것이 바람직하다. 또한 해양수산부를 통해 지원된 지역 R&D센터의 기술개발 성과를 활용하는 사업을 중심으로 사업기획이 이루어지고, 해양수산부의 연구개발 예산지원과 지자체, 지역기업의 매칭 방식으로 사업을 운영하는 등 지역 R&D센터 중심의 지역해양바이오 산업 활성화 구조가 구축되어야 한다.

**Table 14.** A improvement plan for operation of Marine Biotechnology Development Project

구분	개요	사업규모	지원기간
사업단	○ 최종 목적이 상업화에 직접 연결되어 있는 기술개발 사업으로 연구개발 지원기간 중 TRL(기술성숙도) 9단계 까지 진입할 수 있는 과제운영방식 ○ 기업참여가 필수(매칭펀드 필수)	연간 50억원 이상	5년 이내 (3+2)
연구단	○ 중대형 단일 기술개발 사업으로 동일한 연구주제를 다수의 공동연구진과 장기간의 연구개발 소요기간, 많은 R&D 투자를 필요로 하는 과제의 운영방식 ○ 분야 간 융합연구를 기초로 하되 연구수월성 최대한 보장 필요	연간 10~50억원	7~10년 (3+3+4)
단위 과제	○ 단일 기술개발 사업 가운데 1인 또는 소규모 그룹으로 해결할 수 있는 기술을 대상으로 개인 연구자 중심의 소액, 단기, 다과제 형식의 운영방식	연간 10억원 미만	5년 이내 (3+2)

## 차세대 해양생명공학사업 비전 및 중점기술 도출

### 1. 비전 및 성과목표

#### 1) 해양생명공학 연구개발 분야 재분류

국토해양부(현 해양수산부)는 2008년 「해양생명공학육성기본계획(‘08~’16)」을 수립하면서 Table 15와 같이 해양생명공학 연구개발 분야의 범위와 세부기술을 분류한바 있다[2].

기존 해양생명공학 연구개발 분야에서 분류된 4개의 기술 분야가 다소 평면적이라는 지적이 일부에서 제기됨에 따라 차세대 해양생명공학사업 추진전략을 수립하면서 Table 16과 같이 해양생명공학 연구개발 분야를 5개로 재분류하였다. 재분류의 기본개념은 해양생명자원을 확보하고, 해양생명자원의 기능을 이해함으로써 최종성과물인 식량자원, 에너지, 신소재, 해양환경보전 분야에 활용 또는 적용하는 프로세스이다.

Table 15. The typology of the Marine Biotechnology in the 『Blue-Bio 2016』

분야	세부분야
해양생물 기반기술	해양생명자원 확보 및 활용기반기술
	해양생물 유전자 발굴 및 이용기술
	해양생물체 오믹스 분석기술
	해양생물체 메카니즘 규명기술
해양생물 생산기술	해양생물 신품종·육종 개발기술
	해양생물 질병 제어 및 모니터링기술
	해양생물 첨단양식 및 대량생산기술
	해양생물 바이오안전성평가기술
해양신소재 개발기술	해양신약의약 소재 개발기술
	생체기능강화물질 개발기술
	산업용 신소재 개발기술
	미활용 해양생물체 이용기술
해양생태환경 보전기술	환경변화 감시·예측기술
	해양오염 제거기술
	종다양성 확보기술

Table 16. Reclassified typology of the Marine Biotechnology

분야	범위
자원 확보 및 생명기능 이해	국내외 해양생명자원의 확보 및 유전체 분석 등을 활용하여 생명기능을 이해하는 기술
식량자원	첨단 유전공학기술을 활용하여 식량자원을 안정적으로 확보하는 기술
에너지	해양생물을 활용하여 친환경 에너지(바이오 수소, 디젤, 에탄올)를 개발하기 위한 기술
신소재	해양생물이 생산하는 대사물질이나 생체기능을 이용하여 산업용, 의약품, 건강기능증진용 생물소재를 개발하고 실용화하기 위한 기술
해양환경 보전	해양생명자원을 보전하고 환경문제를 해결하기 위하여 해양생태환경변화를 감시·예측하며 해양오염을 최소화시키기 위한 제반기술

#### 2) 비전 및 목표체계

향후 10년 계획(2014~2023)인 「차세대 해양생명공학사업 추진전략」의 비전은 Figure 9에서 제시한 바와 같이 “풍요로운 미래와 국민행복시대를 선도하는 해양바이오”로 설정하였으며, 성과목표는 경제적 가치창출 부분에서 생산유발 1.1조원, 취업유발 1만명, 세계 해양바이오 시장 점유율 부분에서는 현재 2.0%의 비중을 2023년까지 5.0%로 높이고, 기술수준 부분에서는 선진국 대비 현재 61.9%의 기술수준을 2023년까지 85.0%로 향상시키고자 하였다. 이러한 비전과 성과목표가 달성되기 위해서는 해양생명공학사업 연구개발 예산이 현재보다는 10년 후에는 약 3배 규모로 확대하는 것이 전제되어야 한다.

### 2. 분야별 중점기술 도출

#### 1) 분야별 과제도출

Table 17은 5개 분야(자원확보 및 생명기능 이해, 식량자원, 에너지, 신소재, 해양환경보전)에 대하여 향후 10년간 추진할 78개 과제의 전체 목록이다. 향후 3P 분석(특허, 논문, 산업동향), AHP 등의 분석방법과 정부정책 방향, 연구개발 분야 간 균형, 과제 중복성 등을 고려하여 중점적으로 추진해야 할 기술들을 도출하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

'14~'23년 해양생명공학사업의 성공적 수행을 통해  
**비전: 풍요로운 미래와 국민행복시대를 선도하는 해양바이오**



Figure 9. The strategy of the Marine Biotechnology for the Next Generation(2014~2023)

Table 17. 78 tasks of the Marine Biotechnology for the Next Generation (continued)

순번	자원확보 및 생명기능 이해 분야 과제(20개)
1	해양극한 생명현상 활용연구
2	해양로돕신 기능연구를 통한 생명현상 원리 규명
3	해양 메타게놈 활용기술 개발
4	미개척 극호염성 원생생물의 유전체 연구
5	화학합성 기반 해양생태계의 동물-세균 세포내 공생진화연구
6	해조류 유용유전자 발굴 및 모델생물 개발
7	다기능성 해양미세조류 리파이너리 기반기술 연구
8	게놈스케일 대사회로 재설계 및 합성생물학을 응용한 Thraustochytrid 미세조류의 신제품 확보
9	해양 유래 항생물질(폴리케타이드) 생합성 메커니즘 연구
10	MicroRNA 기능분석을 통한 해양미세조류 제어 및 산업적 활용
11	유용 갑각류의 내분비 호르몬 유전자 규명을 통한 해양생물자원 관리 기반 구축
12	해양방선균으로부터 유용유전자 발굴 및 적용
13	펩톤 유전체 및 장내미생물 프로파일 활용 연구
14	진지구적 해양생명 소재발굴
15	해양진균의 분자발굴기법 개발과 유용물질 탐색
16	해양세균 자원 확보 및 미활용 자원 개발 기술
17	해양생명자원 기탁등록보존기관
18	한반도 해양생명자원 번식기반 자원조성 기술
19	해양생명자원 지속검정을 위한 표준정점 개발
20	한반도 연안 생태계 서식처 지도 구축
	<b>식량자원 분야 과제(12개)</b>
21	신 기능성 어류 생물공장(Bio-factory) 기술
22	인공저녀생식복제 및 특수 세포주 기술을 이용한 신제품 어류 생산
23	신제품 해조류 확보 및 대량생산 기술
24	동아시아 해양생물 질병정보 교류 시스템 구축 및 활용 기술 개발
25	해양 유래 인수공통병원체의 감염현황 DB 구축
26	양식 갑각류의 질병 감염현황 DB 구축 및 대응 기술개발
27	해양생물 질병진단 및 제어기술
28	전염성 및 비전염성 어패류 질병의 병원성 판정기술 개발
29	어류의 마이크로바이옴 기반 구축 연구
30	고부가가치 신제품 배합사료 개발
31	난배양성 어패류의 먹이생물 탐색 및 양식기술 개발
32	친환경-고효율 어류사료 제조 기술 개발
	<b>에너지 분야 과제(6개)</b>
33	해양 바이오수소 대량생산기술
34	미세조류 이용 바이오 디젤 생산기술
35	원전융합 바이오디젤 대량생산기술
36	해양 바이오에탄올 생산
37	해양 미생물의 전자전달계 효율 향상을 통한 Electrofuel 생산기술
38	해조류 함유 탄수화물을 이용한 바이오윤활유(Bio-Lubricant) 생산기술
	<b>신소재 분야 과제(25개)</b>
39	극한미생물 기능을 활용한 전기화학 소재 개발

**Table 17. 78 tasks of the Marine Biotechnology for the Next Generation**

40	수산식품으로부터 기능성 신소재 및 소재개발용 미생물 자원개발
41	유해조류 공생세균의 박테리오파지 나노입자를 이용한 차세대 유해조류 제어물질 개발
42	육식성 해양생물 위장관으로부터 유용 신소재 탐색
43	해양 규조류 유래 나노구조체를 이용한 탄소나노재료 생산기술 개발
44	해양바이오매스 유래 항산화소재 융합형 친환경 타이어 및 고무소재 생산기술 개발
45	해양바이오매스 융합형 의치공학용 신소재 생산기술 개발
46	해조류 바이오매스 기반의 생분해성 고분자 합성용 Microbial cell factory 구축
47	해양생물 유래 결빙방지단백질 실용화 연구
48	해양생물유래 면역조절 신소재 개발
49	해양식물 기반 피부생리 조절 신소재 개발
50	해양천연물을 이용한 줄기세포 분화 및 자기증식 제어물질의 발굴과 응용기술 개발
51	약물전달시스템에 이용가능한 해조류 추출 신물질 제조 기술 개발 및 최적화
52	해양천연물(해조류) 기반 항바이러스 신소재 개발
53	해양생물(해조류)기반 심혈관계 순환조절 신소재 개발
54	해양미생물 항암제 후보물질 개발
55	생합성 대사공학 기술활용 신소재 개발
56	유해해양생물제어 신소재 개발
57	수퍼박테리아 제어 신소재 개발
58	생물 상호작용 대사체 개발
59	생태계교란 유해 해양동물 활용 신소재 개발
60	해양동물 유래 세포생장 제어 신소재 개발
61	해양동물 유래 뇌기능개선 신소재 개발
62	질환타깃 해양신소재 발굴 HTS/HCS 활성지원 센터
63	해양천연물을 이용한 탈모방지소재 개발
<b>해양환경보전 분야 과제(15개)</b>	
64	국내 유입 해양저서생물의 기생충 감염에 의한 질병보유 파악 및 진단
65	메타바코딩 분석을 이용한 해양생태계 모니터링 자동화 기술개발
66	해양 미소 생물의 생태계 기능 규명 및 대사체 다양성 연구
67	인공조절 생태계 기반 위해생물 생태계 영향 평가 기술개발
68	해양생물을 이용한 환경변화 감시 Bioindicator개발
69	해양생물 생리내성수준 측정 모델 개발
70	플랑크톤 지표종을 이용한 해양환경 변동 감시 연구
71	환경변화에 의한 해양생물 대사산물의 주요성분 변화분석
72	해양환경오염 제거를 위한 해양생물 Biofilter 개발
73	해적생물 부착 제어기술 개발
74	적조생물 신호물질 기반 예보-감시 통합기술 구축
75	탄소배출권 확보를 위한 해양관속식물 서식지 조성 기술
76	해양위해성(독성물질, 중금속 등) 신속진단 평가기술
77	아열대화로 인한 열대해양생물 서식범위 복상에 대한 군집구조 분석연구
78	온난화진행에 의한 해조류 서식환경 변화 및 탐지기술 개발

## 결론

‘해양개발을 통한 신산업 육성’이라는 국가적 현안과제를 풀어가고, 나고야의정서<sup>3)</sup> 발효 이후 펼쳐질 각국의 자원주권화 추세에 선제적으로 대응하기 위해서는 해양바이오산업의 전략적인 추진이 필요하다. 우리나라는 오랫동안 ‘자원 빈국’으로 불렸다. 하지만 이는 삼면의 바다에 무궁무진한 해양자원을 간과했을 때의 이야기이다. 지구 생명종의 80% 이상이 바다에 있으며, 해양생명자원은 무엇보다 미개척 상태다. 그 가능성을 얼마만큼 실현하느냐에 따라 ‘자원 부국’으로 발돋움이 가능하다.

우리나라는 해양바이오산업을 21세기 미래주도 고부가가치 성장동력산업으로 육성하기 위해 해양생물 유래 신소재, 해양바이오에너지 생산기술 개발 등을 목표로, 해양수산부에서 2004년부터 본격적인 연구개발 예산 투자가 이루어졌다. 지난 10년간 (2004~2013) 약 1,600억원을 투입하여 연구논문 (SCI 급) 1,400여건, 특허 출원·등록 1,000여건, 기술이전 24건 등의 성과를 창출하였다. 특히, 2013년 신정부가 출범하면서 도출된 국정과제인 ‘해양신산업 육성’ 부문에 ‘해양바이오 R&D 지속 추진 및 산업활성화 기반구축’, ‘신약 등 유용 신물질의 원천인 해양생명자원 신규 발굴 및 자원통합관리시스템 구축’이 세부과제로 포함되어 있어 해양바이오 산업 진흥에 더욱 탄력을 받을 것으로 예상된다.

해양바이오산업이 국민소득 4만불 시대를 견인할 수 있는 유망한 신성장동력산업 분야가 되기 위해서는 발전을 저해하는 요소들에 대한 개선이 우선되어야 한다. 개선사항에 대하여 몇 가지 제언을 하면, 첫째, 해양생명공학 분야 연구개발 예산은 생명공학 (BT) 전체 예산 대비 약 1.3%로 현저히 낮은 수준이다. 따라서 장기투자로드맵 수립을 통한 안정적 예산 확보와 더불어 각 과제별로 당초 성과목표의 달성여부를 면밀히 검토한 후 다음 단계의 성과목표 및 추진계획을 보완하는 등 과제별 맞춤형 성과평가 체계로 개선되어야 한다.

둘째는 해양바이오산업의 특성 상 해양생물자원

의 발굴과 핵심원천기술의 개발, 이를 이용한 응용기술의 개발, 그리고 개발된 자원의 산업화라는 전 과정이 연계되어야 하기에 산업 전체단계에 참여하는 산·학·연·관 각 주체들의 개방형 연계체계 구축이 필요하다.

셋째는 해양바이오산업 관련 유관 기업의 영세성과 낮은 산업화 수준이 극복되어야 한다. 이를 위해서는 기업수요를 최대한 반영한 과제기획과 기업이 실질적 사업수행 주체로 참여하는 민간주도형 사업을 확대하여야 한다. 또한 지역 R&D 센터 중심의 지역해양바이오산업 활성화 방안이 마련되어야 한다.

넷째는 해양생명공학 분야는 태동기에 있는 신생 분야로서 저변확대가 필요하나, 지난 10년 동안 연구개발 참여인력 현황은 좁은 연구자 풀(pool)과 학문후속세대 양성이 미흡한 것으로 분석되었다. 따라서 해양생명공학 관련 연구자 이외에 일반 생명공학 분야 연구자들뿐만 아니라 신진연구자의 진입이 용이하고 학문후속세대 양성이 가능토록 소액 다과제 형태의 과제를 확대할 필요가 있다.

앞에서 언급한 해양바이오산업의 발전을 저해하는 요소들이 개선되고, 계획한 목표대로 예산이 지속적으로 투자된다면 향후 10년 동안 생산유발 1.1조원, 취업유발 1만명 등의 경제적 가치창출이 기대되고, 세계 해양바이오 시장 점유율은 현재 약 2%에서 5%로 확대될 것으로 예상된다. 또한 기술수준은 선진국 대비 현재 약 62%에서 85% 수준으로 대폭 향상될 것으로 전망된다.

해양바이오산업 영역의 기술력은 아직까지도 미국을 포함하여 전 세계 어느 나라도 독보적인 지위를 차지하고 있지는 못하다. 그리고 관련 시장 규모는 연간 20조~30조원 안팎이므로, 현재시점에서의 적극적인 투자를 통해 글로벌 시장의 10%만 점유한다고 해도, 연간 2조원~3조원 규모의 시장을 우리가 차지하게 될 것이다. 그리고 이와 같은 성과들은 국내에 관련 시장의 성장을 촉진하고, 10년 내에 관련 산업을 이끌어 가는 기업창출과 이를 기반으로 한 신규 일자리 창출이라는 가시적인 성과를 도출할 수 있으리라고 본다.

비록 선진국에 비해 축적된 자원과 연구 인프라이 열악한 것은 사실이지만, 우리나라는 지난 10년 동안 체계적인 연구개발 예산 지원으로 해양바이오산

3) 2010년 제10차 CBD COP에서 채택된 나고야 의정서는 ‘생물 유전자원 접근 및 이로부터 발생한 이익 공유’에 대하여 각 당사국이 입법·행정·정책적 조치를 취해야 함을 명시하고 있으며, 나고야 의정서는 50개국이 비준한 뒤 90일째 되는 날 발효되며, 2013년 12월 기준 92개국이 서명하고 16개국이 비준한 상태로 대략 2015년경에 발효될 것으로 예상

업이 발달할 수 있는 토대를 어느 정도 갖추어 놓은 상태이며, 향후 10년 계획인 ‘차세대 해양생명공학 사업 추진계획(2014~2023)’을 통해 투자를 대폭 확대한다면 해양생명공학 분야에서 선도국가가 될 것이다.

## 감사의 글

본 논문은 해양수산부·한국해양과학기술진흥원의 “차세대 해양생명공학사업 추진방안 연구 (PM57320)” 과제 지원으로 수행되었다.

## References

1. 국가과학기술위원회, 2012, 2012년 지방과학기술진흥 시행계획(안)
2. 국토해양부, 2008, 해양생명공학육성기본계획 ('08~'16), pp 6.
3. 범부처, 2013, 2013년도 생명공학육성시행계획, pp 13.
4. 장덕희, 강길모, 채기영, 김수지, 조민주, 차정미, 함현경. 2013, “국내외 해양생명공학 산업시장의 장기에측 및 함의”, *Ocean and Polar Research*, Vol.35. No.2: 94.
5. 조용갑, 2008, 해양생명자원의 종합관리방안 마련을 위한 기획연구, 한국해양수산개발원
6. 지식경제부, 2012, 산업융합원천 R&D 전략, 한국산업기술평가관리원, pp 17-20.
7. 해양수산부, 2003, 해양바이오 기술개발사업 기획연구, 한국해양연구원, pp 1-2.
8. 해양수산부·한국해양과학기술진흥원, 2013, 차세대 해양생명공학사업 추진방안 연구, 한국해양과학기술연구원
9. Bator FM, 1958, The Anatomy of Market Failure, *Q J Econ* **72(3)**:351-379.
10. Burgess JG, 2012, New and emerging analytical techniques for marine biotechnology, *Current opinion in biotechnology*, **23(1)**: 29-33.
11. Chinese Academy of Science, 2009, *Marine Science & Technology in China: A Roadmap to 2050*, pp 155-161.
12. Global Industry Analysts. Inc., 2013, *Marine Biotechnology A Global Strategic Business Report*, pp 101-103.
13. Krugman P, Wells R, 2006, *Economics*, Worth Publishers, New York, pp 864.
14. Ledyard JO, 2008, Market failure, *The New Palgrave Dictionary of Economics*, Second Edition. Eds. Steven ND and Lawrence EB. Palgrave Macmillan, 2008, *The New Palgrave Dictionary of Economics Online*, Palgrave Macmillan, 13 June 2013 <[http://www.dictionaryofeconomics.com/article?id=pde2008\\_M000056](http://www.dictionaryofeconomics.com/article?id=pde2008_M000056)> doi:10.1057/9780230226203.1029
15. Rosalee S, Morrissey MT, 2007, *Marine Biotechnology for Production of Food Ingredients*, *Advances in Food and Nutrition Research*, **52**:237-292.