

## Article

## 바이오 기업의 해양바이오 분야 진입을 위한 기업수요 분석

장덕희<sup>1</sup> · 강예린<sup>1</sup> · 오철홍<sup>2</sup> · 도수관<sup>3\*</sup><sup>1</sup>한국해양과학기술원 해양산업연구실  
(15627) 경기도 안산시 상록구 해안로 787<sup>2</sup>한국해양과학기술원 제주특성연구실  
(63349) 제주특별자치도 제주시 구좌읍 일주동로 2670<sup>3</sup>대구가톨릭대학교 법행정학부 행정학전공  
(38430) 경북 경산시 하양읍 하양로 13-13**Analysis of Biotechnology Companies' Needs Related to Supporting Their Entry into the Marine Biotechnology Industry**Duckhee Jang<sup>1</sup>, Yerin Kang<sup>1</sup>, Chulhong Oh<sup>2</sup>, and Soogwan Doh<sup>3\*</sup><sup>1</sup>*Ocean Industry and Foresight Section, KIOST  
Ansan 15627, Korea*<sup>2</sup>*Jeju Environment Research Section, KIOST  
Jeju 63349, Korea*<sup>3</sup>*Department of Public Administration, Daegu Catholic Univ.  
Gyeongsan 38430, Korea*

**Abstract :** This study seeks to analyze the needs of biotechnology companies in relation to their entry into the marine biotechnology industry and to discuss the policy implications associated with empirical tasks based on issues raised from empirical results gathered from a survey data of 200 biotechnology companies in Korea. This study made a comparison between marine and non-marine biotechnology companies and analyzed non-marine biotechnology companies' needs related to their entry into the marine biotechnology companies by using Social Network Analysis (SNA). Empirical results indicate that 23.5% of biotechnology companies produce goods using marine bio-resources. Once the utility of marine bio-resources is established, 58.8% of non-marine biotechnology companies intend to enter the marine biotechnology industry. This study also shows that non-marine biotechnology companies need technical support, information sharing, and the acquisition of raw materials to enter the marine biotechnology industry. The findings in this study provide important pointers for the direction of policies and future research in the area of marine biotechnology industry.

**Key words :** marine biotechnology, company's needs, marine bio-resource, goods share, company survey, base expansion

## 1. 서론

이 연구의 목적은 비(非)해양바이오(이하 BT) 기업의 해양바이오(이하 MBT) 분야 진출을 유도하기 위해 필요한 지원조건들을 확인하고, 이를 기초로 향후 MBT 산업 육성을 위한 기업 저변확대 목적의 정책지원 방안을 도출하는 데 있다. 이 연구의 연구 질문은 2가지인데, 첫째는 “BT 기업 중 MBT 분야에 진출한 기업들은 비진출 기업과 비교할 때, 어떤 특성차이가 있는가?”이며, 둘째는 “기업저변 확대를 위해 BT 기업을 MBT 분야로 진출을 유도하려면 어떤 지원전략이 필요한가?”이다. 이를 위해 이 연구에서는 전국의 200개 BT 기업을 대상으로 실시한 조사 결과를 활용해 BT와 MBT 분야의 기업운영 현황을 비교 분석하였으며, SNA(Social Network Analysis)를 이용해 비 해양 분야 바이오 기업이 해양 분야 진출을 위해 필요로 하는 기업수요를 분석하고 함의를 도출하였다.

현재까지 BT 영역에서의 다양한 전략개발을 위한 연구가 진행 중임에도 불구하고, 이 연구에서 MBT 분야에 초점을 두고 있는 이유는 다음과 같다. 첫째, MBT 산업은 1980년대 들어와 산업적 관점에서의 연구개발 활동이 시작된 태동기 산업분야로 기술개발 선진국들도 기능성 식품과 화장품 중심의 한 태동기 산업형태를 취하고 있다. 따라서 우리나라와 같은 후발주자들도 체계적인 R&D 지원을 통해 세계를 리드할 수 있는 가능성이 충분히 존재한다. 둘째, MBT 산업의 또 다른 매력은 그간 폭발적으로 발전해 온 BT 기술의 대부분을 적용해 새로운 제품을 생산할 수 있는 기회가 제공될 수 있다는 데 있다. 우리 정부는 2015년을 기준으로 BT 분야에 약 3.3조원의 R&D를 투자하고 있으며, 기술력을 보유하고 있는 다수의 제약회사는 물론, 기능성 식품과 화장품 개발역량을 보유한 연구자들을 다수 보유하고 있다. 따라서 이들 기업의 생산력을 MBT 분야에서 활용하는 것을 통해 신규 산업영역을 구축할 수 있는 기회가 제공된다. 셋째, MBT 산업은 장기적 관점에서 미래 확장 가능성이 이미 많은 선행 연구들을 통해 확인되고 있는 미래성장동력 산업의 하나로 인정받고 있다. MBT 산업의 성장잠재력은 산업의 원천으로서의 소재접근 가능성에 있는데, 해양에는 지구상 생명종의 약 80-90%가 존재하는 것으로 알려져 있다 (Cohen 2009; Mora et al. 2011; OECD 2013). 또한, 그간의 기술발전은 접근이 어려웠던 천해 및 심해의 생명자원에 대한 접근기회를 증가시켜 연구 및 산업소재로서의 해양생명자원의 매력도를 증가시키는 원천으로 작용하고 있다. 그런데 우리나라는 최근까지 국가 차원에서 해양생명자원 확보사업을 꾸준히 추진해 왔으며, 산업적으로 활용할 수 있는 산업소재 확보를 위한 기반이 구축되어 있다.

이상의 논의에서와 같이 이 연구에서는 향후 MBT 산

업육성의 관점에서 기업의 산업생산 참여수요를 확인하고, 이를 기초로 기업들의 효과적인 생산 활동을 지원하기 위해 필요한 정책수요를 식별한다. 그리고 분석결과에 기초하여 향후 MBT 산업육성을 위해 필요한 함의를 도출한다.

## 2. 이론적 논의

### MBT 산업의 특징과 성장잠재력

일반적으로 BT산업은 생명공학기술을 이용하거나 이와 관련된 모든 산업 활동을 말하며 MBT산업은 큰 범주의 BT산업 영역 안에 포함된다고 볼 수 있다. 다만, 「해양수산생명자원의 확보·관리 및 이용 등에 관한 법률(법률 제14605호, 시행 2017.6.28)」 제2조제12호에서는 해양수산생명공학을 “해양수산생명자원을 이용하여 산업적으로 유용한 생산물을 만들거나 생산 공정을 개선할 목적으로 생물학적 시스템, 생체유전체 또는 그들로부터 유래되는 물질을 연구·활용하는 학문과 기술”로 정의하고 있다. 따라서 BT산업 영역 안에서 MBT산업은 산업생산의 근거가 되는 소재의 차이에 따라 구분된다. 물론, MBT를 BT의 한 영역으로 정의할 수 있음에도 불구하고, 국가산업의 관점에서는 이를 BT 산업과 차별되는 산업영역으로 구분하는 것은 이를 독립적인 산업영역으로 발전시킬 다음과 같은 실익이 존재하기 때문이다.

우선 첫째로, BT 산업과 비교할 때, MBT 산업은 태동기 산업으로 전 세계적으로도 확실한 우위를 점하고 있는 국가가 없다. 수 백 년에 이르는 글로벌 BT 산업기술 개발의 역사와 비교할 때, MBT 산업의 역사는 수십 년에 불과하다. MBT 산업의 원천이 되는 해양생명자원은 1950년대 캐리비안 해면동물(Tethys crypts)에서 특이한 당(arabinose)이 포함된 핵산물질(vidarabine, ara-A)이 발견된 후 항바이러스제로 개발되면서 그 잠재력을 인정받기 시작하였다. 그러나 MBT가 하나의 산업영역으로 인지도 된 것은 1967년 미국 로드아일랜드 대학에서 개최된 심포지엄(「Drugs from the Sea」)을 통해 해양생명자원이 의약품 소재로서의 가능성이 제안되고 부티로 알려져 있다. 특히 산업적 관점에서의 R&D 활동이 시작된 것도 대략 1980년대에 들어서 부터이다.

둘째, 최근의 해양탐사기술 발전은 그간 미지의 세계로 알려져 왔던 해양생명자원에의 접근가능성을 지속적으로 증가시키고 있다. 최근까지 MBT 산업이 BT 산업 영역 안에서도 뒤늦은 발전이 이뤄진 것은 산업의 근원이 되는 해양생명자원에 대한 접근성 제한에 있다. 주지하다시피, MBT 산업의 발전을 위해서는 산업생산의 기초가 되는 유용소재의 발굴 및 이를 기초로 한 R&D 활동이 필요하나, 유용소재 확보를 위해서는 해양이라는 극한환경의 극복이

필요하다. 그러나 해양은 우리에게 친근하고 익숙한 공간 이기는 하지만, 아직까지 다양한 관점에서의 탐사가 이뤄 지지 못한 미지의 공간이기도 하다. 예컨대, 상징적인 측면에서, 세계에서 가장 깊은 바다로 알려져 있는 마리아나 해구는 생물다양성이 높고(Jamieson et al. 2010; Kato et al. 2010; Pathom-Aree et al. 2006), MBT 산업 관점에서 유용하게 활용될 수 있는 미생물들이 발견되었지만(Kato et al. 1988), 현재까지 단 2차례의 유인 탐사만이 이뤄졌다. 이는 그간 수 십 차례 이뤄진 유인 달 탐사와도 비교 될 수 있다.

셋째, 앞서 서론에서 언급하였던 바와 같이 MBT 산업 이 갖는 성장잠재력의 기초는 육상생명자원과 비교될 수 있는 해양생명자원의 특이성에 있다. 전 세계 BT 산업은 지난 수 백 년 간 지속적으로 발전해 왔고, 산업적으로도 폭발적으로 성장해 왔다. 그러나 그간의 BT 산업은 주로 육상생명자원을 기초로 한 R&D 활동에 토대를 두어왔다. 대부분의 육상생명자원은 산업적 활용을 위해 탐색되어 왔으며, 경제적 R&D 활동을 통해 신규로 진입할 수 있는 산업소재는 지속적으로 고갈되어 왔다. 그리고 그간의 기술들은 대부분 미국과 유럽 등을 중심으로 개발되어 특허로 그 권리가 보장되고 있기 때문에 우리나라와 같은 연구개발 후발주자의 진입이 어렵다는 한계가 있다. 예를 들어 미국 FDA 승인을 기준으로 1930년 이후 2013년까지 1,453개의 의약품이 개발(Gaffney 2014)되었으며, 이는 그간의 경쟁적 R&D 과정에서 유효한 신규소재 발굴 가능성의 지속적인 감소를 의미하는 것이기도 하다. 따라서 BT 산업은 그간 접근되지 않았던 신규 소재 영역으로 확장되고 있으며, 최근에는 인간항체, 줄기세포와 같이 기술성숙의 문제로 그간 접근하지 않았던 분야로 진출하고 있다. 반면 해양자원 기반의 의약품 개발사례는 미국

FDA 승인을 기준으로 7종에 불과하다(GIA 2015). 일반적으로 해양생명자원은 염분, 저온, 빈영양, 수압 등 극한의 해양환경에 적응하며 생존해야 하므로, 육상생명자원 에서는 찾기 어려운 특이기작을 보유하고 있는 경우가 많다. 따라서 의약품 개발은 물론, 식품 및 화장품에 이르기 까지 인간에게 이로운 유용성분을 보유하고 있는 경우가 많아 산업적 유용성이 높다고 평가받고 있다(Allen and Jaspars 2009; Carte 1996; Colwell 1984; El Gamal 2010; Fenical 1997; Ireland et al. 1993; Rasmussen and Morrissey 2007).

**MBT 산업의 산업성장 예측**

산업적 관점에서 MBT 산업시장 규모의 장기적 성장이 예상된다. 일반적으로 MBT 산업은 BT 산업의 범주 내에서 논의되는 경우가 많기 때문에, MBT 산업시장 규모를 별도로 추정하고 있는 보고서들은 많지 않다. 관련 보고서로는 BizAcumen (2009), GIA (2008, 2013, 2015), Inkwood Research (2017), Occams Business Research and Consulting (2016) Smithers Rapra (2015) 등이 있다. 물론, 이들 보고서들이 동일한 기준으로 MBT 산업시장 규모를 추정하고 있지는 않지만 대체로 유사한 지표를 통해 산업시장 규모를 추정하고 있으며, MBT 산업시장 규모의 대략적인 미래전망을 추정해 보기 위해서는 각 기관들이 작성해서 제공하는 분석결과를 이용할 수 있다. 이 연구에서는 상대적으로 장기 추계 값을 제공하고 있는 5 종의 보고서의 연도별 추계 값에 각 연구에서 제공하고 있는 연평균 증가율을 적용(추세외삽법)하여, 향후 MBT 산업시장 규모에 대한 장기 추계 값을 산정하였으며, 결과는 Fig. 1과 같다. 이를 살펴보면, 세계 MBT 산업시장 규모에 대한 추계 값 평균은 2016년 42.8억 달러에서 2030년

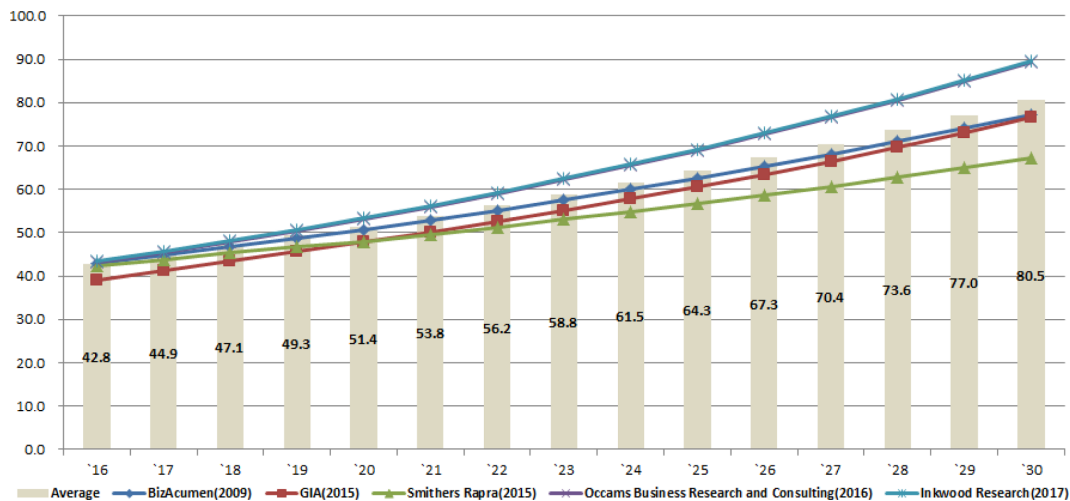


Fig. 1. Estimation of global marine biotechnology market size (Unit: \$100 million)

Table 1. Estimate summary of regional marine biotechnology market size

(Unit: \$ million, %)

Region/Country	Year	2015	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR
US		1,325.5	1,397.9	1,476.9	1,556.8	1,633.2	1,705.4	5.0
Canada		115.7	121.4	128.1	134.5	140.5	146.1	4.6
Japan		504.3	531.4	563.4	598.4	632.0	664.2	5.5
Europe		951.7	987.5	1,033.8	1,089.2	1,151.2	1,206.7	4.3
Asia-Pacific		491.5	518.6	548.8	583.4	614.9	645.7	5.4
Rest of World		336.0	350.0	365.8	384.3	401.8	417.8	4.2
Total		3,724.7	3,906.8	4,116.8	4,346.6	4,573.6	4,785.9	4.8

CAGR: Compound Annual Growth Rate

Source: GIA (2015)

의 80.5억 달러로 추정되며, 분석기간 동안 추계 값 평균의 연평균 증가율은 약 4.6% 수준으로 추정된다.

물론, MBT 산업시장 역시 전통적으로 BT 분야에서 강세를 보이는 미국, 유럽 등을 중심으로 발달하고 있는 것으로 추정되고 있다. 시장분석 보고서 가운데, 지역별 산업시장 규모의 추정치를 제공하고 있는 GIA (2015)의 시장전망치에 따르면, 미국은 2016년 기준으로는 약 1,397.9 백만 \$ 수준의 시장이 형성되어 있고 유럽은 같은 해 987.5백만 \$ 수준의 시장이 형성되어 있는 것으로 추정하고 있다.

### 3. 방법론

이 연구에서는 MBT 산업 육성을 위한 전략개발을 위해 기업이 필요로 하는 지원수요를 도출하는 것을 최종목적으로 하고 있다. 따라서 이를 위해서는 실제 기업의 산업생산 활동 과정에서의 지원수요에 대한 기업의 문제를 확인하는 것이 반드시 필요한 과정이다. 이를 위해 이 연구에서는 개별 기업의 관리자를 대상으로 하는 기업설문 조사를 실시하였다. 이 연구에서는 MBT 분야에서 활동하는 기업은 물론, 일반 BT 산업 영역에서 활동하는 기업을 조사대상으로 포함하였다. BT 기업을 조사에 포함한 것은 다음과 같은 이유에서이다. 우선, 현재까지 MBT 산업 육성전략 수립을 위한 측면에서 기업조사를 시행한 바가 현재까지 확인되지 않고 있고, BT 기업 중에서 MBT 산업영역에 특화된 기업은 많지 않다. 또한, MBT 분야에 특화된 기업은 대체로 중소·영세기업 위주로 조사결과를 통해 도출할 수 있는 함의가 제한된다는 특징이 있다. 반면, BT 분야에는 상당히 많은 기업들이 이미 생산 활동을 통한 제품생산에 진입해 있는 경우가 많고, 미래 성장가능성이 있는 MBT 분야로의 진출을 희망하고 있는 경우가 많다고 알려져 왔다. 따라서 BT 기업을 대상으로 한 조사를

통해 어떤 요소가 BT 기업을 MBT 분야로 유인할 수 있는 기회를 제공할 것인지를 확인하는 것이 현재 시점에서 시급히 필요한 요소라고 판단하였다. 즉, MBT 분야는 기업저변이 매우 작아 산업 육성을 위해서는 기업 활동의 제고가 반드시 필요하다.

MBT 분야 기업저변 확대 방법에는 첫째, 신규 기업의 창업유도, 둘째, 기존기업의 전략적 육성, 셋째, BT분야 기업의 MBT 분야 진입유인의 3가지 정도의 방법이 있을 것으로 판단된다. 그리고 이 연구에서는 세 번째 방안의 유도를 위해 필요한 전략을 개발하는 것을 목적으로 하였다. 이는 우리나라의 BT 기업들이 갖고 있는 기술력과 생산력을 MBT 분야에서 활용하고자 하는 목적에서이다. 주지하다시피 바이오 분야는 R&D 성과 기반이 전체되어야 사업화가 가능한 영역으로, 그간 우리나라의 바이오 기업들은 사업화를 위한 성장잠재력을 확보해 왔다. 단적으로 국내 제약 산업계가 본격적으로 신약 연구개발 활동을 시작한 1987년 이후 제약기업이 개발에 성공한 신약, 개량신약, 바이오메터 등의 의약품은 총 180건(전체 35개 기업)에 이르며, 현재 연구개발 중인 R&D 파이프라인도 '15년 현재 474개에 이른다(한국신약개발연구조합 2015). 따라서 이 연구에서는 일반 BT 기업을 대상으로 하되, 이

Table 2. Company survey methodology

Category	Brief description
Purpose	Investigation on intention of biotechnology company to enter the marine biotechnology industry
Survey target	200 companies in biotechnology industry
Population	1,000 companies from Korean companies database
Sampling	Proportionate stratified sampling method by industry and region
Survey organization	Hankook research

들 기업이 MBT 분야로 진출하기 위해 필요로 하는 지원 요소를 도출하는 것이 필요하다.

또한, 이 연구에서 사용하는 방법은 일반적인 기술통계 방식과 SNA(Social Network Analysis)를 활용한 분석을 병행하여 실시한다. 일반적으로 주제어 네트워크 분석을 통해서 연결중심성(Degree Centrality), 근접중심성(Closeness Centrality), 매개중심성(Betweenness Centrality), 아이겐벡터 중심성(Eigenvector Centrality) 등의 지수가 도출된다. 그리고 각각의 중심성 지수들은 주제어 네트워크에 대한 서로 다른 의미를 부여한다. 다만, 이 연구에서 사용하는 SNA는 일반 BT 기업이 MBT 산업 영역으로 진출하기 위해 필요로 하는 지원요소를 유형화하고 정리하기 위한 목적으로 개방형 질문에 대한 주제어들을 정리하는 것에 목적이 있다. 따라서 주제어 네트워크 상에서 각각의 주제어들이 얼마나 연결관계를 갖고 있는지에 대한 수준을 나타내는 연결중심성(Degree Centrality) 지수를 이용하는 것이 타당하다고 판단된다.

#### 4. 실증분석 결과

##### 기술통계 분석 결과

본격적인 실증분석에 앞서 분석대상 기업들에 대한 일반통계를 살펴보면 다음과 같다. 이 연구에서는 표본에 대한 대표성 확보를 위해 Table 3에서는 산업통상자원부에서 조사한 2015년 기준의 『국내 바이오산업 실태조사』의 결과를 상호 비교하였다.

Table 3에서 지역분포 측면에서 이 연구의 조사대상은 기존 조사결과와 크게 차이가 있지는 않다. 다만, 주력업

종에서 일부 차이가 확인되는데, 기존 조사에서는 바이오 자원 중심의 기업이 조사되지 않았다. 이는 MBT 산업은 상대적으로 BT 산업에 비해 태동기 산업형태를 취하고 있기 때문에, 이 연구에서는 산업의 토대가 되는 해양생명 자원 중심의 바이오 자원 분야에서 활동하는 기업을 조사 대상에 포함하였기 때문이다. 그리고 MBT 산업영역에서는 해양생명자원이 보유한 특이기작을 활용한 기능성화장품 산업이 최근 확대되고 있는 추세를 보이는데, 기존 조사에서는 이를 바이오 화학 영역에서 다루고 있다. 이 연구에서는 바이오 화장품 영역을 별도로 조사하였으며, Table 3에서는 이를 바이오 화학 영역에 포함시켰다.

또한, 대부분의 MBT 기업은 대체로 BT 분야에서 활동하면서 일부 제품의 생산에 있어 해양생명자원을 제품생산소재로 활용하고 있다. 실제 이 연구에서 실시한 분석결과를 살펴보면, 이와 같은 현상이 확인되는데, Table 4는 기업의 생산 활동에서 해양생명소재의 적용여부를 질문한 결과이다. 조사에서는 해양생명자원을 적용하고 있다면, 이를 통해 발생한 매출액이 전체 매출액에서 차지하는 비중이 어느 정도 인지를 추가적으로 질문하였고 응답 결과를 정리하였다.

Table 4의 분석결과에서 확인되는 바와 같이, 조사대상 기업 가운데 23.5%(47개 기업)는 BT와 MBT 분야에서의 산업 활동을 병행하고 있는 것으로 분석되었다. 또한, MBT를 병행하는 기업의 경우 전체 매출액에서 MBT가 차지하는 비중은 평균 약 32.9%에 해당하는 것으로 분석되었다. 이는 MBT 분야에 대한 기업 활동에 대해 기존에 알려져 있던 바와는 차이가 있는 것이다. 일반적으로 MBT산업은 기업저변이 매우 낮아 기업 생산 활동이 적절

Table 3. Descriptive statistics on survey target biotechnology companies

(Unit: Number, %)

Region/Type of business		Samples in this study	A survey on domestic biotechnology industry*
Area	Capital area	103(51.5)	520(53.2)
	Non-capital area	97(48.5)	458(46.8)
Core business	Bioresource	10(5.0)	-
	Biofood	47(23.5)	197(20.1)
	Biopharmaceutical products	59(29.5)	330(33.7)
	Biochemicals	18(9.0)	206(21.1)
	Bioenergy	16(8.0)	26(2.7)
	Biotechnology environment	18(9.0)	76(7.8)
	Biotechnology devices/equipments	19(9.5)	93(9.5)
	Biotechnology R&D services	13(6.5)	50(5.1)
	Total	200(100.0)	978(100.0)

\*The number and percentage of biotechnology companies is calculated by authors of this study by using data from previous survey on domestic biotechnology industry

Table 4. Company activities in the area of marine biotechnology industry

(Unit: Number, %)

Biotechnology business	Biotechnology companies (Type A)	Biotechnology companies (Type B)	Total	Percentage of sales of A type biotechnology companies in marine biotechnology industry
Bioresources	4(40.0)	6(60.0)	10	53.8
Biofood	17(36.2)	30(63.8)	47	46.2
Biocosmetics	7(46.7)	8(53.3)	15	21.0
Biopharmaceutical products	8(13.6)	51(86.4)	59	23.0
Biochemicals	-	3(100.0)	3	-
Bioenergy	3(18.8)	13(81.3)	16	10.3
Biotechnology environment	4(22.2)	14(77.8)	18	15.5
Biotechnology devices/equipments	2(10.5)	17(89.5)	19	10.0
Biotechnology R&D services	2(15.4)	11(84.6)	13	50.5
Total	47(23.5)	153(76.5)	200	32.9

Type A: Doing business in both areas of marine and non-marine biotechnology industry

Type B: Doing business only in the area of non-marine biotechnology industry

한 수준에서 이뤄지지 못하고 있는 것으로 알려져 왔다. 그러나 이는 그간의 조사들이 MBT 분야에서만 활동하고 있는 소규모 기업들만을 대상으로 조사하는 과정에서 발생한 편의(Bias)인 것으로 판단된다. 즉, 대부분의 기업들은 BT와 MBT 분야의 산업 활동을 병행하고 있고, 대체로 중규모 이상의 기업들의 경우는 대부분이 그러한데, 관련 조사에서는 이들 기업을 제외한 상태에서 산업동향을 조사해 왔다. 반면, 이 연구에서는 국가승인통계로 이뤄지는 『국내 바이오산업 실태조사』와 거의 유사하거나 대등한 표본을 대상으로 동일한 방법에 의해 조사되었다는 점에서 이 연구의 조사결과가 함의하는 바가 크다.

Table 5에서는 기업유형별로 연구 및 생산인력의 차이를 살펴본 결과이다. 분석결과를 살펴보면, 인력규모 면에서 상대적으로 MBT를 병행하는 기업군이 그렇지 않은

기업군에 비해 상대적으로 적은 수준인 것이 확인된다. R&D 인력과 생산인력 모두에서 상대적으로 MBT 분야에서 활동하지 않는 기업들이 더 많은 인력을 보유하고 있으며, 이는 박사급, 석사급 인력을 포함하여 전반적인 부분에서 그러하다. 특히, 생산인력 측면에서는 거의 2배에 가까운 차이를 보이고 있는 것도 확인된다.

또한, 연구 및 생산인력 측면 뿐만 아니라, 생산 활동 과정과 결과로서 발생하는 차이도 존재한다. 이 연구에서는 분석대상 기업군들을 대상으로 연구개발비(R&D, 시설 투자) 분야에 대한 차이를 분석하였으며, 분석결과는 Table 6과 같다.

Table 6의 분석결과를 살펴보면, 기업군 별 차이가 상대적으로 극명하게 발생하고 있는 것이 확인된다. 우선 매출액 측면에서 보면, MBT를 병행하지 않는 기업군이 병행

Table 5. Descriptive statistics on R&amp;D personnels and human resources in production

(Unit: Number, %)

Category	Degree	Biotechnology companies (Type A)	Biotechnology companies (Type B)	Total
R&D personnels	Ph.D. degree holder	1.511(2.252)	1.848(4.530)	1.770(4.117)
	Master degree holder	5.000(8.118)	6.457(15.947)	6.122(14.522)
	Total	11.894(20.635)	15.170(37.497)	14.400(34.268)
Human resources in production	Ph.D. degree holder	0.089(0.468)	0.139(0.589)	0.128(0.563)
	Master degree holder	0.556(2.006)	1.490(9.413)	1.276(8.0320)
	Total	10.532(21.853)	19.241(56.279)	17.195(50.431)

Type A: Doing business in both areas of marine and non-marine biotechnology industry

Type B: Doing business only in the area of non-marine biotechnology industry

() : Standard deviation

**Table 6. Total amounts of R&D investment and facility investment in year 2015**

(Unit: Million Korean won, %)

Category	Biotechnology companies	Biotechnology companies	Total
	(Type A)	(Type B)	
R&D investment	628.1(1,124.8)	2,905.8(14,193.0)	2,370.5(12,193.0)
Facilities investment	398.4(1,103.7)	540.4(2,034.2)	504.4(1,856.4)
Total sales	16,759.9(35,629.6)	70,970.7(219,442.8)	58,231(193,923.2)

Type A: Doing business in both areas of marine and non-marine biotechnology industry

Type B: Doing business only in the area of non-marine biotechnology industry

( ) : Standard deviation

하는 기업군에 비해 약 4.2배 높은 매출액을 보유하고 있는 것이 확인된다. 이와 같은 차이는 R&D와 시설투자에서 발생하는 것일 수 있는데, R&D 투자액에 있어서 MBT를 병행하지 않는 기업군이 병행기업군에 비해 약 4.6배 수준의 R&D를 투자하고 있는 것으로 분석되었다. 이와 비교할 때, 시설투자비의 경우에는 약 1.3배 정도의 수준차이만 존재하는 것이 확인된다. 물론, 이는 각각의 기업군에 속한 기업들의 성숙수준에서 발생하는 차이일 수 있다. 기업들의 설립연도를 기준으로 했을 때, MBT를 병행하는 기업군과 그렇지 않은 기업군 사이에는 약 7.2년

정도의 차이가 있다. 즉, 일반 BT 영역에서만 활동하는 기업들이 상대적으로 더 오랫동안 BT 분야에서의 생산 활동을 지속했다.

MBT 분야에서의 생산 활동이 갖는 어려움은 기업 간 또는 기업과 연구기관 간의 협력관계 형성이라는 전략으로도 이어질 수 있다. Table 7은 기업군 간 협력활동의 차이를 정리한 결과이다. 이를 살펴보면, MBT를 병행하는 기업의 협력관계 형성 비율이 상대적으로 높은 것이 확인된다. 이들 기업은 초기 산업시장에서 부족한 R&D와 기업연합 등을 감안할 때, 위험을 분산하기 위한 전략을 추

**Table 7. Cooperation between biotechnology companies in year 2015**

(Unit : Number, %)

Category	Cooperation		Total
	No	Yes	
Biotechnology companies (Type A)	23(48.9)	24(51.1)	47(100.0)
Biotechnology companies (Type B)	92(60.1)	61(39.9)	153(100.0)

Type A: Doing business in both areas of marine and non-marine biotechnology industry

Type B: Doing business only in the area of non-marine biotechnology industry

**Table 8. Intention of biotechnology companies to enter the Marine Biotechnology (MBT) industry**

(Unit: Number, %)

Biotechnology business	Biotechnology companies already entered the MBT industry (A)	Intention of biotechnology companies to enter the MBT industry		Total (A+B)
		Yes (B)	No	
Bioresources	4(40.0)	4(40.0)	2(20.0)	8(80.0)
Biofood	17(36.2)	19(40.4)	11(23.4)	36(76.6)
Biocosmetics	7(46.7)	6(40.0)	2(13.3)	13(86.7)
Biopharmaceutical products	8(13.6)	25(42.4)	26(44.1)	33(55.9)
Biochemicals	-	3(100.0)	-	3(100.0)
Bioenergy	3(18.8)	7(43.8)	6(37.5)	10(62.5)
Biotechnology environment	4(22.2)	8(44.4)	6(33.3)	12(66.7)
Biotechnology devices/equipments	2(10.5)	11(57.9)	6(31.6)	13(68.4)
Biotechnology R&D services	2(15.4)	7(53.8)	4(30.8)	9(69.2)
Total	47(23.5)	90(45.0)	63(31.5)	137(68.5)

구해야 할 필요가 있을 것으로 판단되며, 이는 상대적으로 많은 기업과 연구소 간의 협력관계를 형성하게 하는 원인으로 작용하였을 것으로 판단된다.

다음으로 향후 MBT 산업의 확대를 위한 전략수립의 관점에서 MBT 분야에서 활동하지 않는 기업군들은 향후 MBT 분야에 대한 진입에 대하여 어떤 입장을 취하고 있을지에 대한 분석이 필요하다. 이에 대한 분석결과는 Table 8과 같다. 이 문항에 대한 조사는 ‘향후 조건이 갖추어질 경우 MBT 분야로의 진출 가능성이 있는가?’에 대한 응답결과를 요약한 것이다. 물론, 이는 질문 자체에 모호성이 포함되어 있다는 한계가 있다. 다만, 이 질문은 향후 MBT 분야에 대한 진출을 위해 어떤 지원요소가 필요할 것인지를 묻는 질문을 위한 선행질문에 해당한다.

Table 8의 분석결과를 살펴보면, MBT 분야로의 진출을 희망하는 기업들은 상당히 높은 수준인 것으로 분석된다. 현재 MBT 분야에 진출하고 있지 않은 153개 기업 가운데 MBT 분야로의 진출을 희망하고 있는 기업은 90개 기업으로 약 58.9%에 해당한다. 즉, 절반 이상의 기업들은 향후 조건이 갖추어질 경우 MBT 분야로의 진출의사를 보유하고 있다. 따라서 이미 MBT 분야에 진출해 있는 기업을 포함하고, 향후 지원조건을 갖추어 MBT 분야에 진출하지 않은 기업이 모두 MBT 분야로 진출한다는 것을 가정하면, 향후 BT 기업의 68.5%가 MBT 분야에서 생산 활동을 추진할 가능성이 있음을 의미하는 결과이기도 하다. 이와 같은 응답결과는 다소 과다 추정된 경향이 있을 수 있으나, 향후 MBT 산업 분야 활성화를 위한 전략적인 대

응전략 수립이 필요함을 의미하는 것이기도 하다.

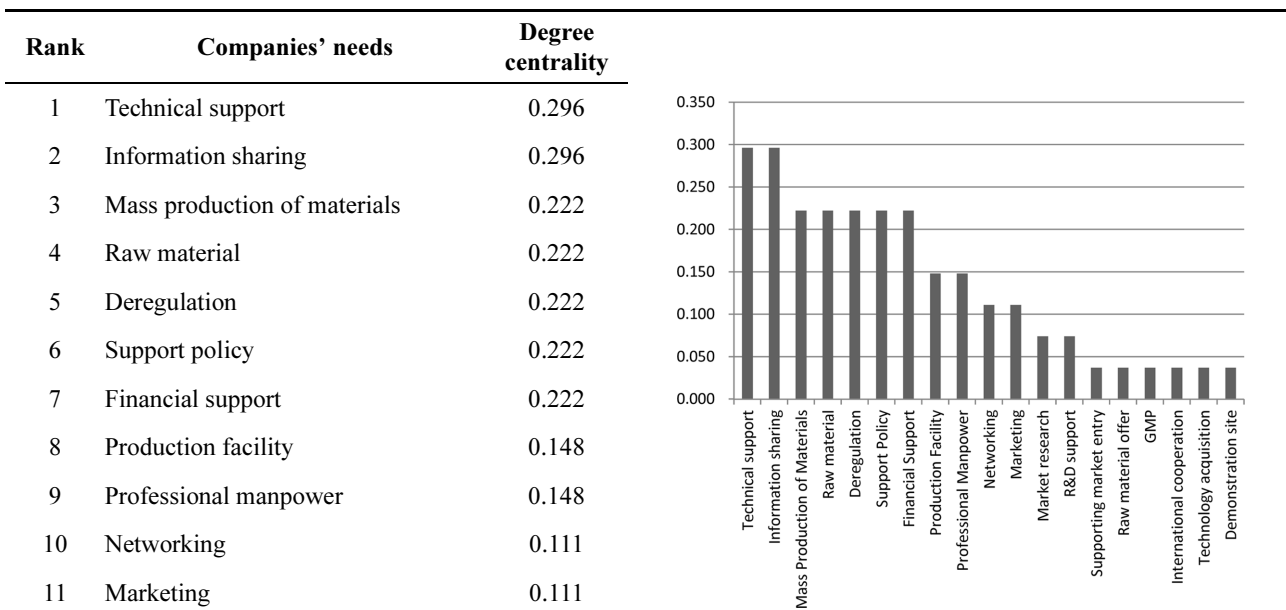
**MBT 분야 진출을 위한 지원요소 도출**

이 연구에서는 앞서 기업조사 결과를 이용해 BT 기업과 MBT를 병행하는 기업군 간의 다양한 측면에 관한 기술통계 분석을 실시하였다. 분석결과에서 언급한 바와 같이 MBT 분야에 진출하지 않은 기업들의 58.9%는 향후 조건이 갖추어질 경우 MBT 분야에서의 생산 활동 가능성에 대하여 긍정적으로 응답하였다. 그렇다면, BT 기업의 MBT 분야로의 진출을 지원하기 위해 기업들이 필요로 하는 지원요소가 무엇인지에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

이를 위해 이 연구에서는 개방형 질문을 통해 향후 MBT 분야에서 기업활동을 하기 위해 가장 필요한 조건이 무엇인가를 질문하였다. 그리고 이 연구에서는 SNA를 활용한 실증분석을 위해 개방형 질문에 대한 응답결과를 기초로 바이오 기업들이 요청하는 조건들을 주제어 분석방법에 따라 정리하였다. 분석결과를 요약하여 정리해 보면 Table 9와 같다.

Table 9를 통해 확인되는 바와 같이 MBT 분야에의 진출을 위해 기업들이 가장 중요하게 생각하는 조건은 기술지원과 정보공유인 것으로 확인되었다. 그리고 기업들은 생산활동을 위해 필수적인 MBT 소재의 확보와, 산업 활동에 필요한 산업소재의 대량생산체계 구축의 중요성을 강조하고 있다. 또한, 바이오 분야에 존재하는 규제완화와 정책지원 자금지원 측면의 지원요소 역시 중요한 부분으로 인식하고 있다. 또한, 상대적으로 작은 비중이기는 하

**Table 9. Keyword analysis results on biotechnology companies' needs related to supporting their entry into the marine biotechnology industry (Top 11 Keywords)**





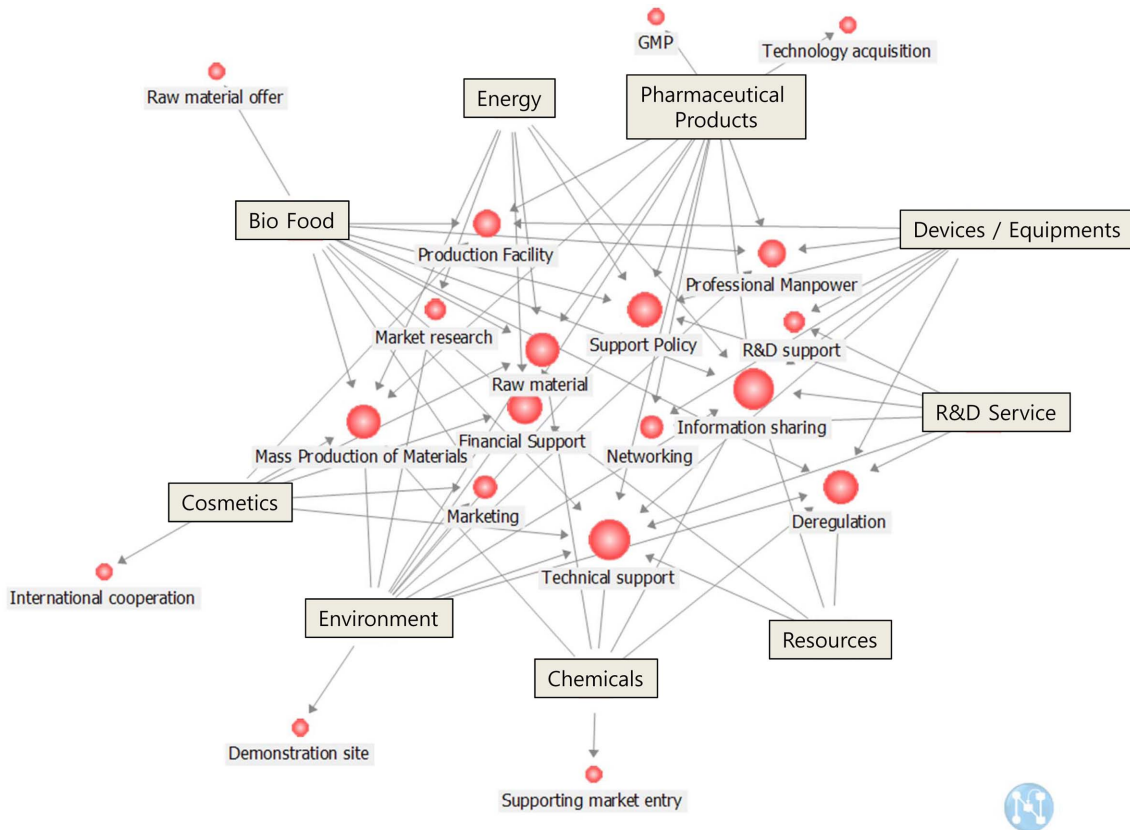


Fig. 2. Keyword network analysis results on biotechnology companies' needs

지만, 생산시설과 전문 인력 부족, 네트워킹과 마케팅 등의 요소들을 기업 활동을 위한 지원요소로 인식하고 있는 것으로 분석되었다. Fig. 2는 이를 활용해 실시한 주제어 네트워크 분석결과이다.

Fig. 2를 살펴보면, 각각의 산업영역 간 지원을 필요로 하는 공통요소와 특화요소들을 구분해 볼 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 대부분의 산업영역에서 활동하는 기업들은 MBT 산업에의 진출을 위해 정보공유와 기술지원 등을 요청하고 있다. 그리고 소재와 관련하여서는 소재 확보와 대량생산 등을 강조하고 있으며, 바이오 에너지 분야의 경우 경제성 확보가 중요한 만큼, 시장조사 등에 대한 지원을 요청하고 있는 것으로 확인되었다. 이와 더불어 바이오 화학과 기기, 환경, 기능성 식품 등의 영역에서는 규제완화를 요청하고 있으며, 이는 일반적인 바이오 분야에 적용되는 규제완화 이슈와 동일할 것으로 판단된다. 또한, 일부 산업영역의 경우 생산시설과 전문인력 등에 대한 지원필요성을 강조하고 있다(식품, 화장품, 의약품 등).

이와 같은 조사결과가 의미하는 바는 상당히 크며, 향후 MBT 분야 R&D 사업 등을 통해 일반 바이오 기업의 MBT 산업분야로 진출하는 것을 돕기 위한 체계적인 지원 체계를 구축하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 참고로 조

건이 갖추어진다 하더라도 향후 MBT 분야에 대한 진출이 어렵다고 응답한 기업들은 대부분 현재의 사업영역과의 연관성을 찾지 못하는 것에서 비롯하고 있다. 예컨대 많은 수의 기업들은 “현재 생산중인 제품과 MBT 소재와는 연관성이 결여되어 있다” 또는 “현 사업에 대한 집중을 위하여” MBT 산업 영역에의 진출의사가 없다고 응답한 바 있다.

### 5. 결론 및 함의

이 연구에서는 MBT 산업 육성을 위해 필요한 기업 주변 확대를 위해 필요한 지원요소 도출을 목적으로 하였다. 이를 위해 기업조사 결과를 활용해 BT 및 MBT 분야를 병행하고 있는 기업들 간의 특성차이를 비교하였으며, 실증분석을 통해 BT 분야에서 활동하고 있지만, MBT 분야에 진출하지 못하고 있는 기업들이 향후 MBT 분야에 진출하기 위해 필요한 지원요소를 도출하였다. 기업군 간의 비교분석 결과를 통해 확인된 바와 같이 MBT 분야에서 활동하고 있는 기업들은 대부분 전적으로 MBT 분야에서 활동하고 있는 기업은 많지 않으며, 대체로 BT와 MBT를 병행하는 형태의 기업 생산 활동을 하고 있는 것

으로 조사되었다. 이는 결과적으로 적어도 BT와 MBT 간 기업 활동 과정에서 실질적인 장벽이 존재하는 것은 아님을 간접적으로 보여주는 결과이다.

MBT 산업은 전 세계적으로도 태동기에 해당하는 산업 영역이다. BT 산업은 고도의 R&D 결과를 기초로 하여야 산업 활동이 가능하며, 특히 산업 생산 지원을 위한 MBT 분야의 R&D 활동이 시작된 것이 비교적 짧은 역사를 갖고 있다. 그리고 기술개발 선진국인 미국, 유럽, 일본 등의 국가들도 비교적 초기 단계의 산업활동을 영위하고 있기 때문에 우리나라와 같은 기술개발 후발국가들 역시 초기 단계에서의 노력 여하에 따라 얼마든지 세계 MBT 산업 시장을 선도할 수 있다는 매력도 있다. 따라서 MBT 산업 육성을 위한 공격적인 지원전략 수립의 필요성이 인정된다고 판단된다. 모든 산업영역에서 그러할 것이지만, MBT 산업의 육성을 위해서는 무엇보다 원활한 산업생태계의 구축이 반드시 필요하다. 그와 같은 관점에서는 연관된 산업계는 물론, 학계와 연구계, 정부의 유기적 연계체계 확립을 통한 일관된 지원전략 수립이 필요할 것임은 주지의 사실이다.

한편, 산업생태계 구축의 관점에서 기업저변의 확대는 가장 기본적인 조건임과 동시에 궁극의 목표가 될 수 있다. 이는 기업의 생산 활동이 이윤창출을 궁극적인 목표로 활동하기 때문이다. 기업은 이윤창출이 이뤄지지 않는다면 정부가 아무리 좋은 지원전략을 추진한다고 하더라도 산업 활동에 참여하지 않을 것이며, 반대로, 이윤창출이 가능하다면 정부가 아무런 지원정책도 집행하지 않는다고 하더라도 산업 활동에 참여할 것이다. 이와 같은 관점에서 본다면, 현재의 MBT 산업 환경 극복을 위한 기업지원요소의 도출과 실행이 중요한 의미를 갖는다. 물론, 이 연구는 기업대상의 설문조사에 기초하여 실증분석을 수행하고 있기 때문에, 개별기업들이 겪고 있는 문제점에 대하여 상세한 정보를 얻기 어려운 한계가 있다. 이와 관련하여서는 향후의 연구에서 추가적인 실증분석을 수행할 예정이다. 다만, 이 연구의 결과를 통해 도출된 결과와 함의를 요약하면 다음과 같이 정리될 수 있다.

SNA를 통한 분석결과에 기초해 MBT 분야에 진출하지 않고 있는 BT 기업이 요청하는 수요요인이 다양하게 요청되었지만, 이를 요약해 보면 주요 수요요인은 크게 두 가지이다. 하나는 기술개발 지원이며, 다른 하나는 소재 확보(제공)이다. 그리고 이에 관한 자세한 수요는 기업조사 이후 관련 기업담당자들과의 인터뷰를 통해 확인되었는데, 기업측면에서의 기술개발 지원은 그간 접근하지 않았던 신규 소재에 대한 산업적 활용 가능성을 확보할 필요가 있다는 측면으로 해석된다. 앞서 언급하였던 바와 같이 인류는 그간 상대적으로 접근이 용이한 육상생명자원을 기초로 BT 산업을 발전시켜 왔는데, 해양생명소재에는

육상생명소재에서는 찾기 어려운 특이기작들이 존재하는 경우가 많다. 기업들이 요청하는 기술개발 지원수요는 육상생명자원에서는 일반적이지 않은 특성들이 많이 발견되며, 대부분의 기업영역에서는 이와 관련된 기술개발 정보를 획득하기 쉽지 않다는 한계가 있다.

둘째로 소재확보 및 지원에 관한 분야는 특이기작을 갖는 확인된 소재에 대한 공급체계의 확보와 관련된 문제라 판단된다. 육상생명소재 역시 그러하지만, 해양생명소재의 경우 채취된 시기, 정제방법 등에 따라 다른 유용성을 갖는다. 이는 유용 육상생명소재인 홍삼의 예를 들 수 있는데, 홍삼의 원재료가 되는 인삼은 우리나라 뿐만 아니라 중국에서도 생산된다. 그러나 중국에서 생산된 홍삼은 기후조건 등의 차이로 인해 우리나라에서 생산되는 홍삼효능의 1/10도 되지 않는 효능을 가진 것으로 알려져 있다. 이와 유사하게 해양생명자원 역시 계절 또는 환경여건에 따라 효능을 달리하거나, 일부 해양생명자원의 경우 특정한 계절에만 채취 가능한 것들도 있다. 예를 들어 2009년 제주 연근해에 자생하는 해조류인 감태에서 추출한 기능성 물질인 폴리페놀(polyphenol)이 미국 식품의약국(FDA)에서 기능성 물질로 등록된 바 있다. 그런데 감태는 겨울에서 봄까지 번식하는 특성이 있다. 또한, 유사하게 청색미세 남조류인 스피룰리나는 현재 MBT 분야 제품에서 가장 많이 활용되는 소재인데, 주로 열대 및 아열대 지역의 탄산염과 중탄산염의 농도가 높고 알칼리성을 나타내는 호수 등에서 자연적으로 발생한다. 그러나 최근 우리나라 해역의 아열대화 현상으로 인해 제주지역에서도 육상배양 등을 통해 생산 가능한 소재이기도 하다.

이상의 논의를 정리하면, MBT 산업 육성을 위해서는 이 분야에서의 기업 활동 저변을 확대하는 것이 무엇보다 중요한 것이지만, 기업저변 그 자체는 MBT 분야에서 존재해 온 불확실성에 대한 해소에 기초한다. 그리고 불확실성은 기업 활동의 기초가 되는 유용소재의 확보와 공급체계에서 발생하는 것일 가능성이 매우 높으므로, 이에 대한 해소를 지원하는 전략이 유효하게 활용될 수 있다. 즉, 기업들은 MBT 분야의 미래성장가능성에 대하여는 의심을 갖지 않고 있으나, MBT 산업이 초기 태동기 산업분야라는 것에서 오는 위험부담(risk)을 높게 인식하고 있다. 해양생명자원을 주 대상으로 하는 신규 벤처기업 또는 해양수산 분야 중소기업뿐만 아니라, 육상생명자원을 주 대상으로 해왔던 기업들의 입장에서 해양생명자원은 '탐험'이 필요한 분야이다. 그리고 탐험에는 상당한 수준의 위험요인이 존재하며, 존재하는 위험요인을 상쇄할 수 있는 충분한 크기의 실증정보를 제공하는 것이 현재로서는 중요한 전략이 될 수 있을 것으로 판단된다. 이는 해양생명자원의 유용성과 가능성, 생산력에 대한 정보가 기업영역에 충분히 전달되지 않기 때문일 수 있으며, 이를 극복할 수 있는

유효한 수준에서의 정보전달 체계의 구축 역시 필요할 것으로 판단된다. 또한, 이 연구의 분석결과와 함의를 기초로 정부차원에서 고려해야 하는 지원요소들을 논의해 볼 수 있을 것으로 판단된다. 즉, BT 기업이 MBT 분야로의 진출을 위해 필요로 하는 요소가 크게 기술지원과 소재지원으로 압축되는 점을 감안하면, 다음과 같은 지원요소들을 고려해 볼 수 있다.

우선 첫째는 자원과 기술정보에 대한 체계적인 관리체계 구축이 될 수 있다. 이미 우리정부는 해수부를 중심으로 해양생명자원통합정보시스템(MBRIS)을 운영 중에 있고, 2017년 8월 23일 현재 6,446종 263,910건의 해양생명 연구정보가 구축되어 있다. 기술개발과 소재 관련 기술개발을 위해서는 산업 활동의 대상이 되는 자원에 대한 체계적인 정보구축이 중요한 만큼, 표준화된 인벤토리 구축과 자원정보에 대한 체계적인 관리 및 지원이 필요할 것으로 판단된다. 특히, 현재 시스템을 통해 지원되고 있는 정보들은 주로 관련 전문 연구자를 대상으로 하는 정보(예. 중정보)가 주를 이루고 있다는 점을 감안하면, 기업이 필요로 하는 자원별 필수기작과 활용방안 등 산업적 활용 가능성 측면의 정보들이 추가로 지원될 필요가 있을 것으로 판단된다. 그리고 같은 관점에서 자생 해양생물자원에 대한 정보생산 확대와 전통지식 등에 대한 DB 구축 등의 과제도 필요할 것으로 판단된다.

둘째는 기업 활동을 위한 실질적인 지원체계 구축 역시 필요할 것으로 판단된다. 중견기업 이상의 기업들의 경우 자체 R&D 체계를 갖추고 있으나, MBT 분야에서 활동하는 많은 기업들은 소규모 기업으로 구성되어 있어 생산 활동에 필요한 기술개발 역량을 충분히 보유하고 있지 않은 경우가 많다. 또한, 기업연구자들에 대한 인터뷰 결과를 바탕으로 하면, 기술력을 보유한 기업이라고 하더라도, 산업 생산을 위해 필요한 요소기술 등에 대한 부족을 호소하고 있는 경우가 많다. 따라서 특정 기업이 필요로 하는 요소기술들을 그때그때 지원하기 위한 지원체계를 구축하는 것 역시 중요한 전략이 될 수 있다. 이때, 현재 MBT 기업들은 주로 소재를 확보하기 용이한 연안을 중심으로 각 지역에 넓게 분포되어 있는 만큼, 지역중심의 거점센터를 구축하고 해수부를 중심으로 한 국공립 연구소와 지역대학, 그리고 지방정부 등이 동시에 참여하는 지역 MBT 산업생태계 구축 역시 필요할 것으로 판단된다.

셋째로 미래 산업소재 확보와 관련하여서는 현재는 대부분 주로 알려져 있는 자원을 중심으로 기업 활동이 이뤄지고 있는 경향이 있으므로, 미래 활용소재를 확인하고 확보하기 위한 체계적인 전략개발이 필요할 것으로 판단된다. 잠재적 유용소재의 경우에는 현재 우리나라 해양의 아열대화 등으로 인해 기존에는 우리해역에서 확인되지 않던 자원들이 지속적으로 확인되고 있는 만큼,

전반적인 관점에서 미래유망성 측면에서의 산업소재 확보를 위한 전략들도 체계적으로 지원될 필요가 있을 것으로 판단된다.

## 사 사

이 연구는 한국해양과학기술원의 2017년 기관주요사업인 '해양강국 실현을 위한 해양수산 선진화 전략(PE99535)'과 2016년 국립해양생물자원관의 '해양바이오산업 진흥전략 수립'의 지원을 받아 수행되었습니다.

## 참고문헌

- 산업통상자원부 (2016) 국내 바이오산업 실태조사. 산업통상자원부, 성남, 266 p
- 한국신약개발연구조합 (2015) 한국 제약산업 연구개발 백서. 한국신약개발연구조합, 서울, 549 p
- Allen MJ, Jaspars M (2009) Realizing the potential of marine biotechnology: challenges & opportunities. *Ind Biotechnol* 5(2):77-83
- Biz Acumen (2009) Marine Biotechnology - worldwide trend. Nicolas Bombourg, 4 p
- Carte BK (1996) Biomedical potential of marine natural products. *Bioscience* 46(4):271-286
- Cohen H (2009) Ocean Acidification. [https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:kNnK4YyxHIYJ:https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/un\\_3\\_sept\\_09\\_ocean\\_acidification\\_4.doc+&cd=1&hl=ko&ct=clnk&gl=kr](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:kNnK4YyxHIYJ:https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/un_3_sept_09_ocean_acidification_4.doc+&cd=1&hl=ko&ct=clnk&gl=kr) Accessed 10 May 2017
- Colwell RR (1984) The industrial potential of marine biotechnology. *Oceanus* 27(1):3-12
- El Gamal AA (2010) Biological importance of marine algae. *Saudi Pharm J* 18(1):1-25
- Fenical W (1997) New pharmaceuticals from marine organisms. *Trends Biotechnol* 15(9):339-341
- Gaffney A (2014) How many drugs has FDA approved in its entire history? New paper explains. <http://www.raps.org/Regulatory-Focus/News/2014/10/03/20488/How-Many-Drugs-has-FDA-Approved-in-its-Entire-History-New-Paper-Explains/> Accessed 10 Nov 2016
- GIA (2008) A global strategic business report: marine biotechnology. Global Industry Analysts, 295 p
- GIA (2013) A global strategic business report: marine biotechnology. Global Industry Analysts, 211 p
- GIA (2015) A global strategic business report: marine biotechnology. Global Industry Analysts, 195 p
- Inkwood Research (2017) Global marine biotechnology market forecast 2017-2025. <https://www.giiresearch.com/report/ink535777-global-marine-biotechnology-market->

- forecast.html Accessed 21 Aug 2017
- Ireland CM, Copp BR, Foster MP, McDonald LA, Radisky DC, Swersey JC (1993) Biomedical potential of marine natural products. In: Attaway DH, Zaborsky OR (eds) *Pharmaceutical and bioactive natural products*, Springer, Boston, pp 1–43
- Jamieson AJ, Fujii T, Mayor DJ, Solan M, Priede IG (2010) Hadal trenches: the ecology of the deepest places on Earth. *Trends Ecol Evol* **25**(3):190–197
- Kato C, Li L, Nogi Y, Nakamura Y, Tamaoka J, Horikoshi K (1998) Extremely barophilic bacteria isolated from the Mariana Trench, challenger deep, at a depth of 11,000 meters. *Appl Environ Microb* **64**(4):1510–1513
- Kato S, Takano Y, Kakegawa T, Oba H, Inoue K, Kobayashi C, Ishibashi JI (2010) Biogeography and biodiversity in sulfide structures of active and inactive vents at deep-sea hydrothermal fields of the Southern Mariana Trough. *Appl Environ Microb* **76**(9):2968–2979
- Mora C, Tittensor DP, Adl S, Simpson AG, Worm B (2011) How many species are there on Earth and in the ocean? *PLoS Biol* **9**(8):e1001127
- Occams Business Research and Consulting (2016) *Global marine biotechnology market: opportunity analysis, market shares and forecase 2016–2022*. <https://www.research-andmarkets.com/reports/3743223/global-marine-biotechnology-market-insights> Accessed 10 May 2017
- OECD (2013) *Marine biotechnology: enabling solutions for ocean productivity and sustainability*. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264194243-en> Accessed 13 May 2017
- Pathom-Aree W, Stach JE, Ward AC, Horikoshi K, Bull AT, Goodfellow M (2006) Diversity of actinomycetes isolated from challenger deep sediment (10,898 m) from the Mariana Trench. *Extremophiles* **10**(3):181–189
- Rasmussen RS, Morrissey MT (2007) Marine biotechnology for production of food ingredients. *Adv Food Nutr Res* **52**:237–292
- Smithers Rapra (2015) *The future of marine biotechnology for industrial application to 2025*. Inkwood Research, Launceston, 246 p

#### 국문 참고자료의 영어 표기

#### English translation / Romanization of references originally written in Korean

- Ministry of Trade, Industry and Energy (2016) *Domestic sales and export status of bioindustry*. Ministry of Trade, Industry and Energy, Seong Nam, 266 p
- Korea Drug Research Association (2015) *Korean research-based pharmaceutical industry white paper*. Korea Drug Research Association, Seoul, 549 p

*Received Jul. 10, 2017*

*Revised Aug. 13, 2017*

*Accepted Aug. 30, 2017*