

해양바이오 분야 R&D 지원의 동향분석과 함의 : 정부 R&D 사업 분석을 중심으로

장덕희(Duckhee Jang)*, 도수관(Soogwan Doh)**

논문 요약

이 연구의 목적은 해양바이오 분야에 지원된 정부 R&D의 지원동향 분석을 기초로 향후 이 분야 정부연구개발 사업에 필요한 함의를 도출하는 데 있다. 이 연구에서는 NTIS DB를 통해 식별한 3,030건의 세부과제를 대상으로 기술통계와 과제명을 기초로 한 주제어 간 연결 관계를 SNA(Social Network Analysis) 방법을 이용해 실증분석 하였다.

이 연구에서 수행한 실증분석 결과를 간략하게 요약하면 다음과 같다. 첫째, 기술통계 분석 결과 최근으로 올수록 해양바이오 분야에 지원된 정부지원 연구개발 사업은 사업수와 연구비 지원규모 면에서 지속적인 성장을 보이고 있다. 둘째, 분야 특성상 이 분야에 대한 R&D 지원은 해수부가 주도적이지만, 대체로 범부처적 성격을 갖는다. 셋째, SNA를 통한 실증분석 결과 대부분의 사업이 해양생명자원이 가진 특이기작으로부터 유용신소재를 확보하기 위한 목적을 갖고 있는 것으로 분석되었다.

Keyword : 해양바이오, 사업분석, 연구개발투자 동향, 유용소재, 해양생명공학

※ 이 논문은 2017년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(「해양바이오 유망소재 개발 및 상용화 사업」기획연구).

* 한국해양과학기술원 책임연구원, 010-4137-7583, jdh73@kiost.ac.kr, 주저자

** 대구가톨릭대학교, 010-3858-7525, doh.soogwan@gmail.com, 교신저자

I. 서론

이 연구의 목적은 해양바이오 분야에 지원된 정부 R&D의 지원동향 분석을 기초로 향후 이 분야 정부 R&D 사업에 필요한 함의를 도출하는 데 있다. 이 연구에서는 NTIS DB를 통해 식별한 3,030건의 세부과제를 대상으로 기술통계와 사업내용을 대상으로 한 주제어 간 연결 관계를 SNA(Social Network Analysis)를 통해 실증분석 하였다.

연구개발 또는 독립적인 산업영역으로써 해양바이오(이하 MBT)와 일반 바이오(이하 BT) 연구를 구분하는 것이 갖는 본질적인 실익은 매우 크다. 물론, 미국과 일본 등 대부분의 국가들은 우리나라와 같이 해양 분야를 주로 담당하는 해수부와 같은 정부부처를 갖고 있지 않기 때문에, MBT는 BT 분야의 한 세부 학문영역으로 분류되고 있다. 그러나 이들 국가들 역시 해양바이오 분야를 지원하기 위한 별도의 독립된 연구지원 프로그램들을 운영하고 있으며, R&D 투자 역시 상당한 수준이다.¹⁾ 특히 EU의 경우 2016년 MBT 분야에 대한 체계적인 혁신을 지원하기 위한 로드맵을 구축하는 등 상대적으로 높은 관심을 보이고 있으며 이는 다음과 같은 이유에서 이다(Hurst et al., 2016). 이처럼 MBT 분야가 관심을 받고 있는 핵심적인 이유는 두 가지 이다. 첫째는 MBT 기술개발의 근원이 되는 해양생명자원의 다양성과 신규성에 있다. 해양에는 지구상 서식하는 생명종의 90% 이상이 서식하고 있으나, 소재로 활용된 사례는 1% 미만에 불과하다. 그간의 BT 산업은 접근성이 용이한 육상기원 생명소재로 중심으로 발전해왔으며, 소재확보 자체가 어려운 해양생명자원은 비교적 활용되지 못해왔다. 따라서 대부분 기작이 확인되어 제품화로 연결된 BT에 비해 해양생명자원이 보유한 신규성과 다양성은 산업적 측면에서 굉장한 매력을 제공한다. 또한, 최근 탐사기술과 양식기술의 발달은 해양생명자원에 대한 접근성 한계를 축소하는 기회를 제공하고 있다. 둘째는 해양생명자원에는 육상 생명자원이 보유하지 못한 특이기작에 존재한다. 육상과 달리 해양의 서식환경은 빈영양, 고염, 저온 등 생물체의 생존을 어렵게 하는 요소들이 다수 존재한다. 따라서 ‘해양’이라는 극한환경에 적응하며 생존하고 있는 해양생명자원에는 환경에 대한 적응과정에서 진화된 특이기작들이 다수 존재한다.

따라서 최근까지 해양바이오 산업에 대한 산업전망을 예측하는 다양한 시장분석 보고서들과 OECD 등의 국제기구들은 향후 MBT 산업시장 규모가 지속적으로 성장할 것으로 추정하고 있다(GIA, 2015; OECD, 2013; SmithersRapra, 2015 등). 그리고 이와 같은 경향들은 정부 R&D 지원에도 반영되고 있으며, 국가별로 다양한 형태의 MBT 분야 지원프로그램들이 개발되고 있다.

1) 미국의 경우 NSF와 NIH를 통해 MBT 분야에 지원된 정부 R&D은 2015년을 기준으로 약 1.4억 \$에 이르는 것으로 알려져 있다(장덕희, 2016)

이에 따라, 이 연구에서는 다음과 같은 두 가지 연구 질문을 주제로 작성되었다. 첫째는 ‘MBT 분야에 대한 그간의 정부 R&D 지원 동향은 어떠한가?’이다. 일반적으로 MBT는 일반적인 바이오 분야에 포함되지만, R&D의 대상적 관점에서 해양 분야를 관할하는 해수부가 주도적으로 지원하고 있다. 그러나 최근까지 MBT 산업의 미래성장잠재력이 지속적으로 강조되면서, 다양한 부처를 통한 R&D 지원이 이뤄지고 있는 분야이기도 하다. 이 연구에서는 MBT 분야에 대한 R&D 지원동향에 대한 분석을 위해 부처별, 연구단계별, 기간별 등 다양한 기준을 이용한 통계분석을 수행하고 함의를 도출한다. 둘째는 ‘MBT 분야의 정부지원 사업들이 초점을 맞추고 있는 대상이 무엇인가?’이다. 일반적으로 BT 산업은 수 백 년 간 연구자들의 관심을 받아 성장해온 산업분야이지만, 세부산업영역으로서의 MBT 분야가 산업영역으로 자리 잡기 시작한 것은 불과 수십년에 불과하다.²⁾ 따라서 MBT 분야는 일반적인 BT 분야와는 달리 기초연구개발 분야에 주로 투자되고 있을 가능성이 매우 높다. 그리고 연구개발의 대상적 관점에서 일반적 BT 연구개발 분야와는 다른 속성을 가질 가능성도 있다. 따라서 이 연구에서는 연구내용을 중심으로 한 주제어 네트워크 분석을 통해 이를 확인하는 작업을 수행한다.

II. 이론적 논의

1. MBT 산업의 특징과 성장잠재력

MBT 분야는 현 정부를 비롯해 그간의 역대 정부들에서 국가 유망신산업으로 정의하고 있는 분야이다. 이전 정부인 박근혜 정부에서는 국정과제의 하나로 해양바이오 산업의 육성을 강조하였으며, 문재인 정부에서도 해양바이오 산업을 미래형 신산업으로 육성해 이를 기초로 한 양질의 일자리 창출을 강조한 바 있다.³⁾

글로벌 수준에서의 MBT 산업 규모를 예측하고 있는 산업동향보고서들에 따르면, 현재까지 세계 MBT 산업시장 규모는 지속적인 확장추세를 보이고 있으며, 향후에도 대체적으로 증가할 것이라고 추정하는 것이 일반적이다. 아직까지 MBT 산업시장이 크게 발달해 있는 것은 아니기 때문에 정밀하게 세계 산업시장 규모가 추정되고 있는 것은 아니다. 다만, 향후의 발전수준에 대한 예측은 MBT 산업시장규모를 추정한 전망치를 내놓고 있는 다수의 산업시장분석보고서를 참고해 볼 수 있다. 관련하여, BizAcumen(2009), GIA(2008; 2013; 2015), Inkwood Research(2017), Occams Business Research and Consulting(2016) Smithers Rapra(2015) 등의 보고

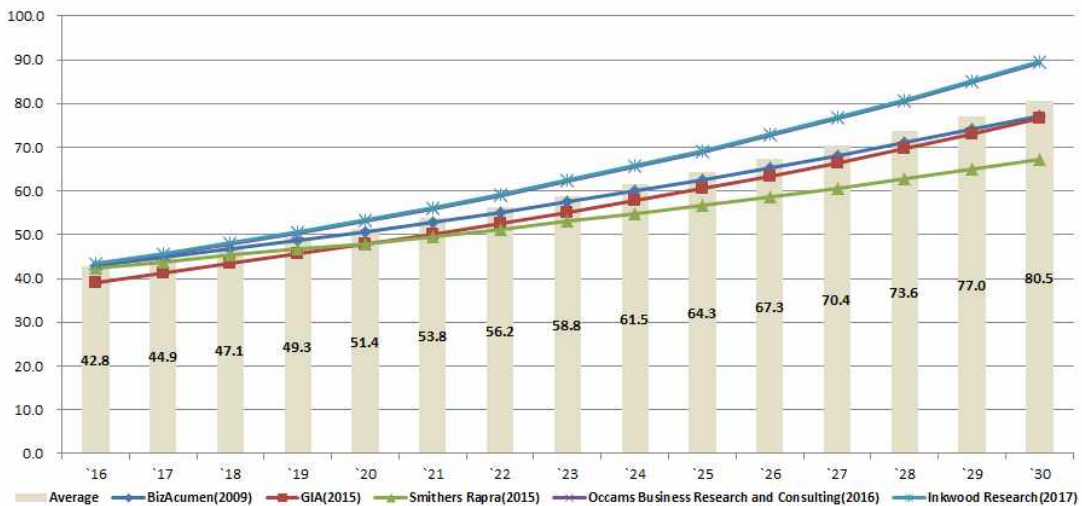
2) 일반적으로 MBT 분야가 산업의 관점에서 연구개발 활동이 본격화 된 것은 1980년대부터로 알려져 있다.

3) 연합뉴스. “문재인 대통령, 제22회 ‘바다의 날’ 기념사”. (2017년 5월 31일 기사 참조)
<http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2017/05/31/0200000000AKR20170531073500001.HTML?input=1195m>(검색일: 2017.09.27.)

서들을 참고할 수 있다. 물론, 관련 문헌에 따라서 MBT 산업시장에 대한 추정기간과 방법, 대상에 차이가 있기 때문에 각각의 문헌들에서 제시된 시장규모에는 일부 차이가 존재한다. 대표적으로, Smithers Rapra(2015: 99)는 2015년 해양바이오 산업시장을 약 41억 달러 수준으로 평가하고 있으며, 2020년에는 48억 달러, 2025년에는 64억 달러 수준으로 확대될 것으로 예상하고 있다(연평균 증가율 약 4.6%). 이와 비교할 때, GIA(2015: II-89)는 2015년 해양바이오 산업시장을 약 37억 달러 수준으로 추정하고 있으며, 2020년에는 약 48억 달러 수준으로 확대될 것으로 예상하고 있다(연평균 증가율 약 4.8%).

다만, 이들 시장분석보고서들을 종합해 보면, 향후 MBT 산업시장에 대한 대략의 추정치에 대한 대략의 의견을 살펴볼 수 있다. 예를 들어 대표적인 5개의 시장분석보고서의 평균 추정치를 통해 향후 MBT 산업시장규모를 추론해 볼 수 있다. 이와 관련하여서 장덕희 외(2017: 235)의 연구에서는 이와 같은 개념으로 MBT 산업시장에 대한 미래전망을 추정하고 있으며, 이를 요약하면 <그림 1>과 같다. 이를 살펴보면 2017년 기준으로는 약 44.9억 \$ 수준의 산업시장이 형성되어 있으며, 향후 2030년까지 약 80.5억 \$ 수준으로 증가할 것으로 예측해 볼 수 있다.

<그림 1> 세계 MBT 산업시장 규모 예측 결과 종합4)



이와 유사하게, 국내 MBT 산업시장 규모 역시 지속적으로 성장할 것이 예상되고 있다. 국내 산업시장 역시 적절한 방법을 이용해 추정한 결과가 그리 많지 않으며, 관련해서는 장덕희 외(2016: 237)의 연구를 참고할 수 있다. 이 연구에서는 국내 바이오 기업들을 대상으로 실시한 기업조사 결과를 바탕으로 국내 MBT 산업시장 규모를 추정하였다. 이 연구의 결과에 따르면, 2017년 국내 MBT 산업시장 규모는 약 3,841억 원 수준으로 추정되며, 2027년까지 약 7,334억 원 수준으로 증가할 것으로

4) 이 그래프는 장덕희 외(2017: 235)에서 작성된 내용을 인용하였으며, 각 기관별 MBT 산업시장 추계 결과에 연평균 증가율을 적용하여 추세를 확장한 결과임.

추정하였다.

이처럼 MBT 산업시장에 대한 미래 전망은 긍정적으로 평가되고 있으며, 상당수의 문헌들에서는 향후 BT 산업시장에서 MBT 산업이 차지할 비중이 지속적으로 증가할 것으로 예상하고 있다. 그리고 이에 대한 근거로 다수의 문헌들은 MBT 산업시장이 기초하게 될 유용 해양생명자원에서 찾고 있다.⁵⁾

2. MBT 분야의 발전가능성: 유망소재

앞서 언급하였던 바와 같이, MBT 산업은 태동기 신산업으로 국내뿐만 아니라, 전 세계적으로 향후 성장이 예측되고 있는 분야이다. 그리고 이는 일반적으로 성숙기 산업으로 분류되는 일반 BT 산업시장과 대비되는 부분이다. MBT와 BT의 가장 큰 차이점으로 강조되는 것은 산업 활동을 위해 접근 가능한 신규 유망소재의 확보 가능성에 있다. 이와 관련하여서는 이미 수십 년 전부터 수 없이 많은 연구논문들이 유망소재로서의 해양생명자원의 중요성을 자원분야별로 논의하고 있다(Allen and Jaspars 2009; Carte 1996; Colwell 1984; El Gamal 2010; Fenical 1997; Fenical & Jensen, 2006; Gordon, 1954; Ireland et al. 1993; Killengreen et al., 2011; Rasmussen and Morrissey 2007; Turner, 2004). 특히 최근까지 해양생명자원은 기능성 식품, 화장품, 의약품, 화학, 에너지 등 BT 분야에서 접근하고 있는 대부분의 영역에서 그 활용수준이 지속적으로 증가하고 있는 추세를 보인다(GIA, 2015).⁶⁾ 특히 1980년대 후반 이후 해양생명자원의 확보와 활용을 위한 연구개발 활동이 폭발적으로 증가하고 있다.

인간에 의해 해양생명자원이 이용되기 시작한 역사는 매우 길지만, 이를 바이오산업소재로 활용하기 시작한 것은 불과 수십 년에 불과하다. 예를 들어 현대사회에서 식용과 의약품, 화장품 등 광범위하게 사용되는 미세조류(Micro Algae)는 중국에서 약 2000년 전부터 기근을 벗어나기 위해 식용으로 사용하기 시작하였지만, 이를 바이오산업에 적용하기 시작한 것은 불과 수십 년 전이다(Spoloore et al., 2006).

특히 최근 들어, 유용 해양생명자원을 BT 산업에 응용하는 사례들이 증가하고 있는데, 이는 BT 분야에 대한 신규 산업소재 탐색의 필요성에 의한 것으로 판단된다. 일반적으로 BT 분야에 대한 R&D 경험과 산업화 역사는 지난 수백 년 간에 이른다. 그사이 BT 산업은 주로 산업적 활용의 관점에서 인간에게 이로운 기능성이 확보된 소재 가운데 산업적 활용을 위한 대량생산이 가능한 육상기반의 생명소재에 초점을 맞춰왔다. 이에 따라 BT 분야에서의 산업적 성과가 지속적으로 발굴되고 있는데, 예를 들어 미국 FDA의 승인을 기준으로 1930년부터 2013년까지 개발된 의약품의 수는 1,453개에 이르며(Gaffney 2014), 이는 단지 7종의 의약품만이 개발된

5) 이와 관련하여서는 2.에서 자세히 기술함.

6) 앞서 언급한 바 있는 장덕희 외(2016)의 연구에서 실시한 기업조사 결과에 따르면, 현재 국내 BT 기업들의 23.5%는 MBT 분야에서 활동을 병행하고 있으며, 현재 MBT 분야에서 활동하지 않는 기업의 58.8%는 향후 조건이 갖추어지면 MBT 분야로 진출할 의향을 보유하고 있음을 확인하였다.

해양생명소재에 비해 비교하기도 어려운 수준이다. 따라서 현재까지 인간에 의해 탐구될 수 있는 대부분의 육상생명소재들의 경우 의약품과 식품, 화장품 등의 산업에서 활용이 검토되어 왔다고 보아도 과언은 아닐 것으로 판단된다. 반면, MBT 산업의 토대가 되는 해양생명자원의 경우 그간 자원에 대한 접근성 한계로 인해 광범위한 탐색이 이뤄지지 않았다. 또한, 생물종 다양성의 측면에서 보면, 해양에는 육상과는 비교가 되지 않을 수준의 생명종이 서식하고 있는 것도 향후 MBT 산업이 발전할 수 있는 근거가 될 수 있다. 잘 알려진 바와 같이 해양은 지구 표면적의 70% 이상을 차지하며, 지구상 생물의 약 90%가 존재하는 곳이다(Hurst et al., 2016).

특히 유용소재의 탐색은 그간 인류가 개발해온 BT 기술을 MBT 분야에 적용할 수 있는 근거를 제공해 주고 있는 것이기도 하다. 미국과 일본, 유럽을 비롯하여, 대부분의 기술개발 선진국들은 BT 분야에 매년 천문학적인 R&D를 투입하고 있으며, 우리나라의 경우에도 매년 3조원 이상의 정부 R&D를 BT 분야에 투자하고 있기도 하다(2016년 기준 약 3.4조원). 이는 결과적으로 정부와 민간이 주도하여 그간 개발된 BT 기술에 신규 유용소재로서의 해양생명자원을 활용할 가능성이 그만큼 높다는 것을 의미하는 것이기도 하다. 즉 유용소재의 개발은 그간 발전해온 BT 기술에 신규 소재를 적용함으로써 개방형 혁신을 가능하게 하는 요인으로 작용할 수 있으며, 개방형 혁신이 성과제고에 핵심적인 긍정적 기여를 할 것임은 의심의 여지가 없다(Chesbrough, 2006; Enkel & Chesbrough, 2009; Dahlander & Gann, 2010; Dodgson et al., 2006; Gassmann & Enkel, 2004 등).

III. 데이터 및 방법론

이 연구에서는 MBT 분야에 그간 지원된 정부 R&D의 지원동향을 분석하고, 이에 기초하여 향후 MBT 산업육성을 위한 정부 R&D 사업에 대한 함의를 도출하는데 그 목적이 있다. 따라서 이 연구에서는 MBT 분야에 대한 정부 R&D 지원 경향 파악을 위해 NTIS의 세부과제 DB를 통해 관련 과제들을 식별하였고, 이를 활용해 다양한 실증분석을 수행하였다.

구체적으로 이 연구에서 활용한 과제데이터는 2004년-2016년 사이의 데이터를 이용하였다.⁷⁾ 전술한 바와 같이 이 연구에서 수행하는 상세분석을 위한 자료는 NTIS(국가과학기술지식정보) 홈페이지에서 제공하는 국가 R&D 사업관리⁸⁾의 세부과제 데이터를 이용하였다. NTIS에서는 국가연구개발사업에 대한 조사·분석 시

7) 시간적으로 2004년을 시작점으로 선정한 것은 MBT 분야의 R&D 사업은 주로 해수부를 통해 주도적으로 지원되고 있는데, 해수부가 체계적으로 MBT 분야를 지원하기 시작한 것이 2004년 부터이기 때문이다. 물론, 여기에는 NTIS의 세부정보 데이터의 제공기간도 영향을 미쳤다.

8) 자료: <http://rndgate.ntis.go.kr/>

수집된 각 부처의 사업 및 과제정보를 제공하고 있으며, 주관과제와 협동과제에 대한 정보를 제공하고 있다. 이 연구에서는 해양바이오 분야의 사업을 식별할 수 있는 검색키워드를 통해 실증분석 대상 세부과제를 식별하는 방법을 이용하였다.⁹⁾ 이 때, 이 연구에서는 연구목적상 ‘수산’ 관련한 사업은 제외하였다.

이 연구에서는 관련 검색어를 통해 세부과제 기준으로 6,062개를 식별하였으며, 이 가운데 비공개 설정된 718개는 분석에서 제외하였다. 그리고 각각의 세부과제를 기준으로 훈련된 관련분야 전문가 2인에 의해 해양바이오 분야에 지원된 사업을 식별하였으며, 결과적으로 최종 실증분석에는 3,030개의 세부과제가 사용되었다.

또한, 이 연구에서 사용한 실증분석 방법은 2가지이다. 첫째는 기술통계 분석 방법으로 MBT 분야에 지원된 사업을 대상으로 다양한 지표에 따라 MBT 분야에 지원된 정부 R&D의 지원방향과 규모 등에 대한 실증분석을 수행하였다. 둘째는 SNA를 이용한 실증분석 방법으로, 통상 사용되는 중심성지수(Degree Centrality, Closeness Centrality, Betweenness Centrality, Eigenvector Centrality)를 활용한 실증분석을 수행하였다. 실증분석 과정에서는 산업분야를 중심으로 MBT 산업분야를 구분하여 각각의 과제에서 중요하게 다뤄진 주제어들을 살펴보는 작업을 수행하였다. 구체적으로 이 연구에서의 산업분야 구분은 다음과 같다.

〈표 1〉 분석대상 분야 식별

분야	최종목표
자원확보	해양생명자원의 확보를 위해 지원된 사업
기능이해	해양생명자원을 이용한 유전체 분석, DNA 바코드 분석 등 해양생명자원의 기능을 이해하기 위해 지원된 사업
기능성 식품	해양생명자원의 유용기능을 이용하여 기능성 식품을 개발하기 위한 연구활동으로 노화억제, 질병예방, 건강, 미용 에너지용 기능성 식품 개발연구
기능성 화장품	해양생명자원이 보유한 기능을 이용해 피부 미백, 주름개선, 자외선차단, 모발, 아토피·여드름성 피부개선 등을 위해 인체에 사용되는 기능성 화장품 개발연구
의약	해양생명자원이 보유한 기능을 이용해 노화억제·고령자용 제제, 항암, 항염, 면역강화, 당뇨·비만, 성인병예방 및 개선, 뇌질환 등을 위해 사용되는 기초물질 및 의약품 개발연구
바이오 에너지	해양생명자원으로부터 전환공정을 거쳐 생산되는 바이오 디젤, 알코올, 수소, 윤활유 등 신재생 에너지 개발을 위한 연구
바이오 화학	해양생명자원을 이용해 의료용 소재, 석유화학 대체소재, 산업용 효소 및 시약류 등 화학제품을 개발하기 위한 연구
식량	해양생명자원의 활용 효율성 제고를 위해 동물 의약품, 식품용 미생물 및 효소, 식품첨가물, 발효식품, 사료 및 사료첨가제 개발을 위한 연구
인력개발 및 네트워크	MBT 분야 R&D 및 산업육성을 위한 인력양성 사업 또는 네트워크 활성화를 위한 사업

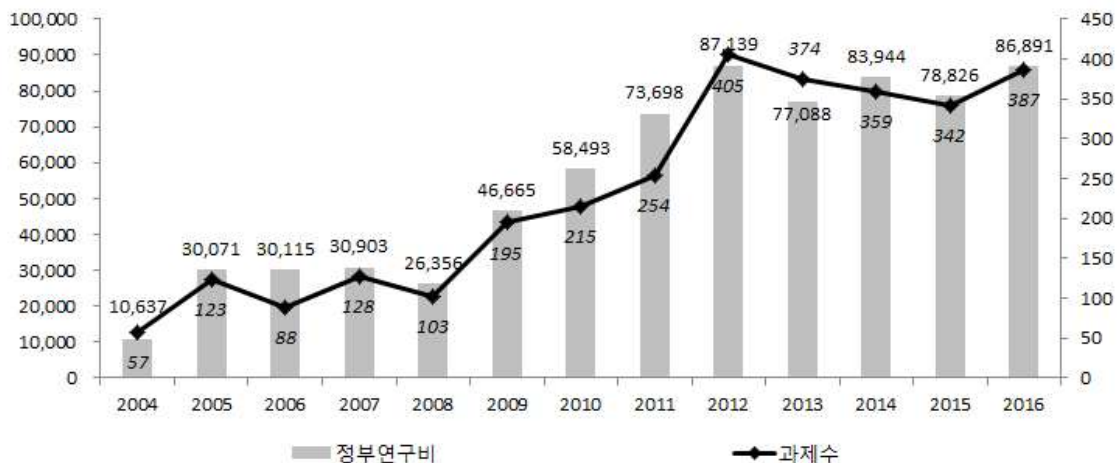
9) 구체적으로 이 연구에서 관련 과제식별을 위해서는 다음과 같은 검색어를 동시에 이용하였음.
 검색어: 해양, 갈조류, 연어알, 감태, 우뚝가사리, 개다시마, 전복, 개청각, 진주, 구멍 쇠미역, 참미역, 캐비어, 글루코사민, 김, 큰실말, 나래미역, 클로렐라, 납작파래, 키토산, 다시마, 톳, 돌미역, 통통마디, 멸치, 플라크톤, 모자반, 플랑크톤, 미세조류, 함초, 미역, 해삼, 미역귀, 해조, 바다포도, 해조류, 불가사리, 상어연골, 스피룰리나, 스피누리나, 어류 콜라겐, 콜라겐, 폐각

IV. 실증분석 결과

1. 전체 사업에 대한 기술통계 분석결과

본격적인 실증분석에 앞서 분석대상 과제들에 대한 연도별 일반통계를 살펴보면 다음과 같다. 분석결과를 살펴보면, MBT 분야의 정부지원 R&D 사업은 사업 수는 물론, 연구비 지원규모 면에서도 지속적으로 증가하고 있는 형태를 취하고 있는 것을 확인할 수 있다.

〈그림 2〉 연도별 분석대상 사업수 및 정부 R&D 규모
(단위: 건, 백만 원)



〈그림 2〉에서 사업수와 연구비 지원규모를 살펴보면, 사업수의 경우 2004년 57건에서 2016년 387건으로 연평균 증가율(CAGR)은 17.3%이며, 같은 기간 정부연구비 증가수준은 10,637백만원에서 86,891백만원 수준으로 연평균 증가율(CAGR)은 19.1%에 이른다. 이는 최근까지 지속적으로 MBT 분야에 대한 중요성이 지속적으로 증가해온 것이 반영된 결과로 판단된다.

〈표 2〉에서 이를 부처별로 살펴보면, 대체로 MBT 분야의 정부 R&D 사업은 해수부를 중심으로 지원되어 온 것이 확인된다. 해수부는 총 1,045건의 사업을 지원해 사업수 면에서는 전체 사업의 34.5%, 연구비 규모 면에서는 414,402백만원을 지원해 전체 정부연구비의 57.5%를 지원하였다. 해수부 이외에도 많은 사업을 지원한 부처는 미래부로 756개 사업(25.0%)에 121,848백만 원(16.9%)을 지원했다. 또한, 사업수와 정부연구비 지원총액을 감안할 때, 상대적으로 해수부의 경우 사업 당 평균 연구비가 상대적으로 높고, 미래부의 경우 평균보다 낮은 소액으로 지원한 것으로 판단된다.

〈표 2〉 부처별 사업수 및 정부연구비 규모(연도별) (단위: 건, 백만 원)

	교육부	동림축산 식품부	농촌 진흥청	미래창조 과학부	범부처 사업	보건 복지부	산업통상 자원부	식품의약품 안전처	중소 기업청	해양 수산부	환경부	Total
2004		1 (80)		16 (1,353)		5 (1,554)	7 (1,419)	2 (160)	6 (267)	20 (5,795)		57 (10,628)
2005			2 (140)	9 (1,532)		3 (863)	35 (6,415)		26 (631)	48 (20,481)		123 (30,062)
2006		1 (80)	2 (387)	27 (4,451)		6 (1,137)	18 (9,711)	1 (100)	13 (427)	18 (13,557)	2 (265)	88 (30,115)
2007		1 (140)	4 (725)	22 (2,714)		3 (605)	32 (7,126)		38 (1,201)	28 (18,392)		128 (30,903)
2008		2 (210)		19 (1,530)		2 (555)	27 (5,463)		7 (254)	44 (18,109)	2 (235)	103 (26,356)
2009	9 (992)	3 (320)	2 (222)	54 (7,099)		1 (60)	23 (9,783)	1 (80)	38 (1,707)	64 (26,406)		195 (46,669)
2010	12 (1,230)	6 (730)	4 (411)	60 (9,196)			30 (11,149)		34 (1,857)	69 (33,922)		215 (58,495)
2011	8 (968)	10 (2,260)	8 (736)	94 (14,792)			27 (10,033)		38 (3,339)	64 (40,074)	5 (1,500)	254 (73,702)
2012	17 (1,998)	35 (2,210)	16 (805)	104 (17,012)	1 (82)	1 (100)	22 (7,706)		58 (3,177)	144 (52,289)	7 (1,765)	405 (87,144)
2013	15 (1,950)	22 (1,901)	14 (878)	104 (14,876)	15 (3,204)	4 (234)	26 (8,658)	1 (70)	40 (3,390)	128 (40,595)	5 (1,336)	374 (77,092)
2014	14 (2,528)	7 (612)	6 (545)	113 (15,614)	13 (2,993)	4 (300)	22 (7,775)	1 (70)	55 (4,257)	122 (48,979)	2 (253)	359 (83,926)
2015	51 (4,241)	8 (684)	3 (400)	67 (15,851)	13 (3,348)	5 (510)	19 (5,731)	1 (100)	37 (2,455)	136 (44,836)	2 (670)	342 (78,826)
2016	66 (5,020)	8 (591)	2 (170)	67 (15,828)	10 (2,903)	4 (580)	24 (7,216)	2 (230)	44 (3,394)	160 (50,967)	0	387 (86,899)
Total	192 (18,927)	104 (9,818)	63 (5,419)	756 (121,848)	52 (12,530)	38 (6,498)	312 (98,185)	9 (810)	434 (26,356)	1,045 (414,402)	25 (6,024)	3,030 (720,817)

()안의 값은 연도별/부처별 정부연구비 합계임

한편, MBT 분야에서 지원된 정부 R&D 사업에 대하여 연구단계별 지원현황을 살펴보면 다음과 같다.

<표 3> 연구단계별 사업 수 및 정부연구비 규모(연도별)
(단위: 건, 백만 원)

연도	기초연구		응용연구		개발연구		기타		Total	
	사업수	연구비	사업수	연구비	사업수	연구비	사업수	연구비	사업수	연구비
2004	13	2,918	13	4,881	31	2,829			57	10,628
2005	17	4,040	24	6,579	82	19,443			123	30,062
2006	33	8,725	19	11,018	36	10,372			88	30,115
2007	34	10,672	38	13,460	56	6,771			128	30,903
2008	28	9,260	25	10,748	50	6,348			103	26,356
2009	58	12,166	39	15,643	93	16,901	5	1,959	195	46,669
2010	82	20,382	39	18,662	91	18,479	3	972	215	58,495
2011	123	31,345	41	22,532	85	18,632	5	1,193	254	73,702
2012	173	40,110	78	15,618	147	20,373	7	11,043	405	87,144
2013	173	34,662	63	15,840	129	21,160	9	5,430	374	77,092
2014	179	30,300	44	14,165	128	29,432	8	10,029	359	83,926
2015	164	37,059	39	12,837	133	25,200	6	3,730	342	78,826
2016	172	35,190	36	11,042	174	30,988	5	9,679	387	86,899
총합계	1,249	276,829	498	173,025	1,235	226,928	48	44,035	3,030	720,817
사업당 평균연구비	221.6		347.4		183.7		917.4		237.9	

<표 3>에서 연구단계별 정부지원 사업 현황을 살펴보면, 사업 수에서는 기초연구와 개발연구 분야에 상대적으로 많은 사업이 지원된 것이 확인된다. 반면, 사업 당 평균연구비 측면에서는 응용연구 분야에 상대적으로 많은 정부연구비가 투입된 것을 확인할 수 있다. 분석결과에서 확인되는 바와 같이 전체 사업에 대한 평균 연구비는 237.9백만 원 수준인데 비해, 응용연구의 사업 당 평균연구비는 347.4 백만 원으로 전체 평균보다 높은 반면, 개발연구의 사업 당 평균연구비는 183.7 백만 원으로 상대적으로 낮다. 이는 연구개발 단계가 올라갈수록 더 많은 비용이 발생한다는 R&D 활동의 일반적인 특성을 감안하면, 일반적인 결과는 아니다. 물론, 이와 같은 결과는 부처별 속성이 반영된 결과일 수 있다. <표 4>는 이를 확인하기 위해 연구단계별 사업수와 사업 당 평균 연구비 지원규모를 정리한 결과이다.

분석결과를 살펴보면, 산업통상자원부의 경우 기초연구와 응용연구, 개발연구 각 각에서 지원된 사업 당 평균 연구비에 큰 차이가 없지만, 기초와 응용연구 분야에 지원된 사업비가 상대적으로 높은 것이 확인된다. 또한, MBT 분야에 대한 전체 연구비 지원을 주도하고 있는 해양수산부의 경우에도 기초와 응용연구의 경우 사업 당 연구비가 타 부처 지원 사업에 비해 월등히 높지만, 개발연구의 경우 사업 당

연구비가 상대적으로 낮게 투자된 것이 확인된다.

<표 4> 연구단계별 사업 수 및 사업당 평균 정부연구비 규모(부처별)
(단위: 건, 백만 원)

연도	기초연구		응용연구		개발연구		기타		Total	
	사업수	평균 연구비	사업수	평균 연구비	사업수	평균 연구비	사업수	평균 연구비	사업수	평균 연구비
교육부	125	91.0	40	106.2	19	135.7	8	91.4	192	98.6
농림축산 식품부	16	94.4	19	94.5	69	94.4			104	94.4
농촌진흥청	26	71.6	19	95.1	18	97.3			63	86.0
미래창조 과학부	637	137.6	74	282.0	40	238.3	5	752.6	756	161.2
범부처 사업	15	224.1	12	258.4	20	245.5	5	231.8	52	241.0
보건복지부	9	63.2	10	151.9	19	232.1			38	171.0
산업통상 자원부	13	335.8	35	353.2	253	303.4	11	427.8	312	314.7
식품의약품 안전처	4	92.5	3	93.3	2	80.0			9	90.0
중소기업청	13	16.2	7	56.4	412	62.5	2	1.5	434	60.7
해양수산부	383	429.3	278	454.8	374	244.2	10	3219.0	1045	396.6
환경부	8	135.6	1	210.0	9	360.7	7	211.9	25	241.0
총합계	1249	221.6	498	347.4	1235	183.7	48	917.4	3030	237.9

물론, 이와 같은 결과가 대체로 개발연구의 경우 기업의 매칭 펀드(Match-Fund)를 요청하는 정부 R&D 사업의 특성이 반영된 것이라는 주장도 가능하다. <표 5>는 기업매칭을 반영한 결과이다.

<표 5> 연구단계별 사업 수 및 사업 당 평균 연구비 규모(기업 매칭 반영)
(단위: 건, 백만 원)

	기초연구	응용연구	개발연구	기타	Total
사업수 (A)	1,249	498	1,235	48	3,030
정부연구비 (B)	276,829.0	173,025.0	226,928.0	47,060.0	720,817.0
기업매칭 (C)	4,244.5	13,999.6	54,478.8		75,748.0
사업당연구비 (D=(B+C)/A)	225.0	375.6	227.9	980.4	262.9

<표 5>에서 확인되는 바와 같이 기업매칭을 반영한다고 하더라도, 이와 같은 문제는 큰 변화가 없는 것이 확인된다. 즉, 사업 당 R&D 규모는 상대적으로 응용연

구 분야가 가장 큰 것이 확인되며, 개발연구의 경우 기초연구와 유사한 수준의 연구비가 투입되고 있는 것을 확인할 수 있다.

그런데 이는 MBT 분야의 기업참여에 대한 특성이 반영된 것일 수 있다. <표 6>은 정부연구비를 대상으로 연구개발 주체별 사업수와 사업 당 평균 정부연구비 규모를 정리한 결과이다. 이를 살펴보면, MBT 분야의 R&D 사업의 특성을 확인할 수 있다.

<표 6> 연구개발 주체별 사업 수 및 사업 당 평균 정부연구비 규모
(단위: 건, 백만 원)

	대학	국공립 연구소	출연 연구소	정부 부처	대기업	중견 기업	중소 기업	기타	Total
기초 연구	934 (122)	135 (341)	136 (812)				32 (164)	12 (65)	1,249 (222)
응용 연구	238 (338)	83 (357)	77 (643)	1 (140)	2 (250)	5 (94)	73 (132)	19 (141)	498 (347)
개발 연구	528 (192)	49 (190)	70 (540)		3 (240)	8 (96)	526 (129)	51 (179)	1,235 (184)
기타	26 (246)	10 (3,124)	6 (896)		2 (265)	1 (260)	3 (78)		48 (917)
Total	1,726 (175)	277 (420)	289 (703)	1 (140)	7 (250)	14 (107)	634 (131)	82 (154)	3,030 (238)
총 연구비	302,548	116,257	203,190	140	1,750	1,494	82,836	12,602	720,817

() 안의 값은 사업당 평균 정부연구비 규모임

<표 6>의 분석결과를 살펴보면, 대체로 MBT 분야의 R&D 사업은 대학과 국공립연구소, 출연연구소를 중심으로 진행되고 있음을 확인할 수 있다. 기초 및 응용, 개발 연구 분야 모두에서 가장 많은 사업을 수행하는 주체는 대학으로 1,726개 사업에 302,548백만원의 정부연구비를 지출해 사업 당 평균 175백만원 수준의 연구비를 사용한 것으로 분석된다. 그리고 출연연구소는 289개 사업에 203,190백만원을 지출해 사업당 703백만원을 사용하였다. 즉, 사업비 지출구조로 볼 때, 대학의 경우 소액 다과제 형태의 사업을 수행하였으며, 출연연구소의 경우 상대적으로 중규모 이상의 사업을 수행하고 있는 것이 확인된다.

특히, 기업의 경우 대체로 중소기업 위주의 R&D 사업이 지원되고 있는 것이 확인된다. 특히 개발연구의 경우 대학과 중소기업이 상대적으로 많은 사업을 점유하고 있는 것으로 분석되지만, 중소기업의 개발연구는 대학에서 수행하고 있는 사업보다 평균 사업비 수준이 낮은 것이 확인된다. 이는 중소기업에 대한 MBT 분야 개발연구를 주로 지원하는 중소기업청과 해양수산부, 산업통상자원부의 경우 소액

다과제 형태로 지원하고 있기 때문인 것으로 분석된다. <표 7>은 중소기업에 대한 부처별 개발연구 지원에 대한 분석결과이다.

<표 7> 부처별 중소기업에 대한 개발연구 분야 정부연구비 규모
(단위: 건, 백만 원)

부처	사업 수	총 정부지원금	사업 당 정부지원금
개발연구 전체	526	67,710	128.7
교육부	5	633	126.6
농림축산식품부	23	1,900	82.6
농촌진흥청	1	70	70.0
미래창조과학부	15	2,547	169.8
범부처 사업	1	290	290.0
보건복지부	11	1,709	155.4
산업통상자원부	157	29,401	187.3
식품의약품안전처			
중소기업청	208	17,390	83.6
해양수산부	99	11,251	113.6
환경부	6	2,519	419.8

<표 7>에서 중소기업에 지원된 MBT 분야 사업 수는 총 526개 사업이며, 이 가운데 대부분에 해당하는 464개(88.2%) 사업이 중소기업청과 산업통상자원부, 그리고 해양수산부에 의해 지원되었다. 사업수로는 중소기업청이 가장 많은 208개 사업이 지원되었지만, 사업 당 정부지원금 규모는 83.6백만 원으로 가장 작다.

2. 사업 분야별 기술통계 분석결과

앞서 III장에서 언급하였던 바와 같이 이 연구에서는 MBT 분야를 8개로 구분하고, 관련 분야에 대한 사업을 정리하였으며, 결과는 <표 8>과 같다.

분석결과를 살펴보면, 전체 3,030사업 가운데 가장 많은 사업이 지원된 분야는 자원 확보 사업으로, 사업수로는 927건(30.6%), 정부연구비 규모로는 293,347백만 원(40.7%)가 투자되었다. 특히 자원확보 사업은 사업 당 정부연구비 규모 면에서도 다른 사업에 비해 상대적으로 많은 금액이 투자된 것이 확인된다.

또한, 상대적으로 산업화 영역에 가까운 기능성 식품과 화장품, 의약, 화학 등의 사업 중에서는 상대적으로 국내 산업시장이 활성화 되어 있는 기능성 식품 분야에 441개 사업(14.6%)가 투자되었다. 그리고 R&D 성공률은 낮지만, 사업성공 시 막대한 부가가치를 생산할 수 있는 사업영역인 의약분야에도 333개 사업(11.0%)가 투자되었다. 또한, 분야별 지원사업 건수를 부처별로 살펴보면 <표 9>와 같다.

<표 8> MBT 9개 분야별 정부연구비 지원현황

(단위: 건, 백만 원, %)

분야	사업 수	총 정부연구비	사업 당 정부연구비
자원 확보	927 (30.6)	293,347 (40.7)	316.4
기능이해	403 (13.3)	106,136 (14.7)	263.4
기능성 식품	441 (14.6)	72,901 (10.1)	165.3
기능성 화장품	219 (7.2)	27,028 (3.7)	123.4
의약	333 (11.0)	79,485 (11.0)	238.7
바이오 에너지	71 (2.3)	17,804 (2.5)	250.8
바이오 화학	226 (7.5)	51,742 (7.2)	228.9
식량	298 (9.8)	39,015 (5.4)	130.9
인력개발 및 네트워크	112 (3.7)	33,369 (4.6)	297.9
전체	3030 (100.0)	720,826 (100.0)	237.9

()안의 값은 전체 사업에서의 비중임

<표 9> MBT 9개 분야에 대한 부처별 지원건수 현황

(단위: 건)

분야	해양 수산부	미래창조 과학부	중소 기업청	산업통상 자원부	기타 부처	Total
자원 확보	494	205	63	41	124	927
기능이해	133	213	1	4	52	403
기능성 식품	120	16	119	112	74	441
기능성 화장품	54	8	87	45	25	219
의약	52	199	13	26	43	333
바이오 에너지	22	31	3	0	15	71
바이오 화학	72	69	34	10	41	226
식량	81	5	114	45	53	298
인력개발 및 네트워크	17	10	0	29	56	112
Total	1,045	756	434	312	483	3,030

()안의 값은 전체 사업에서의 비중임

<표 9>를 살펴보면, 자원 확보 사업의 경우 주로 해수부를 중심으로 지원되었으며, 기능이해 영역은 상대적으로 미래부의 사업비중이 높은 것이 확인된다. 기능성

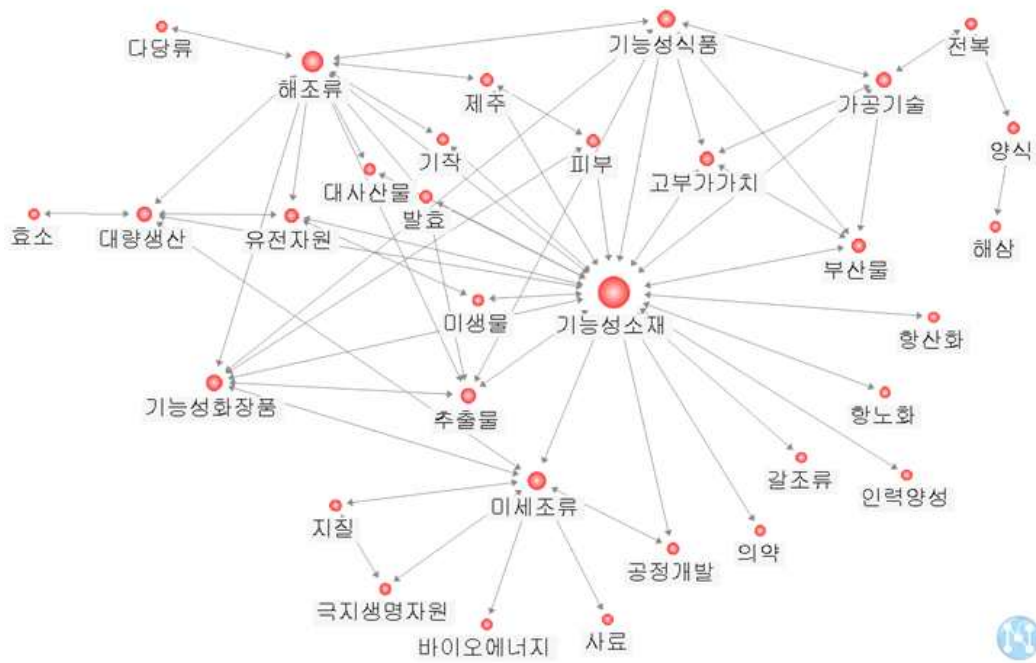
식품 분야의 경우 해수부와 중소기업청, 산업부의 지원비중이 유사한 것으로 분석되었으며, 기능성 화장품 분야의 경우 중소기업청의 지원비중이 높은 것으로 분석되었다. 의약 분야의 경우 미래부의 지원사업 수가 타 부처에 비해 높은 것으로 분석되었으며, 바이오에너지 분야의 경우 미래부와 해수부, 식량생산 관련 분야의 경우 중소기업청 사업이 상대적으로 많은 것으로 분석되었다.

이처럼, MBT 분야의 경우 상대적으로 해수부 주도로 지원되는 경향이 있으나, 사업 분야에 따라서는 미래부와 중소기업청, 산업부 등 관련 부처의 지원 역시 높은 수준인 것이 확인된다.

3. SNA를 통한 MBT 분야 지원사업의 특성 분석

이 연구에서는 앞서 NTIS 데이터를 기초로 MBT 분야에 지원되고 있는 사업에 대한 전반적인 특성을 분석하였다. 이 절에서는 MBT 분야에 지원되고 있는 사업의 특성을 분석하기 위해 사업 명을 대상으로 주요 키워드를 추출하고, 이를 중심으로 한 키워드 네트워크 분석을 실시하였다. <그림 3>은 Degree Centrality를 중심으로 한 네트워크 분석결과이다.

<그림 3> 중요도 키워드 네트워크 분석결과(전체)



주) 연결도 15이상

<그림 3>을 살펴보면, MBT 분야의 과제 키워드 네트워크는 핵심키워드인 ‘기능성소재’를 중심으로 몇 개의 네트워크가 결합된 형태를 갖는 것이 확인된다. 대체로

MBT 분야는 태동기 산업 분야로 이를 지원하기 위해서는 산업적으로 활용 가능한 주요 기능들을 도출하는 것이 가장 핵심적인 과제이다. 따라서 이를 위해서는 그간 접근하지 않았던 해양생명자원을 중심으로 한 기능성 소재를 개발하는 것이 MBT 분야에 대한 R&D 지원의 핵심으로 볼 수 있다. 또한, 이를 산업적 관점에서 보았을 때는 다양한 산업분야 가운데에서는 기능성소재를 활용한 기능성 식품과 화장품 개발에 대한 접근성이 상대적으로 높고, 대상소재의 측면에서는 해조류와 미세조류, 미생물에 대한 중심성 지수가 상대적으로 높은 것으로 확인 된다(<표 10> 참조). 특히 중심성 지수 측면에서는 산업육성을 위한 소재의 대량생산의 중요성이 강조되고 있는 것으로 판단되며, 이와 연장선상에 있는 공정개발과 자원은행, 추출물 등의 확보를 위한 R&D 사업이 상대적으로 중요하게 다뤄지고 있는 것으로 분석된다.

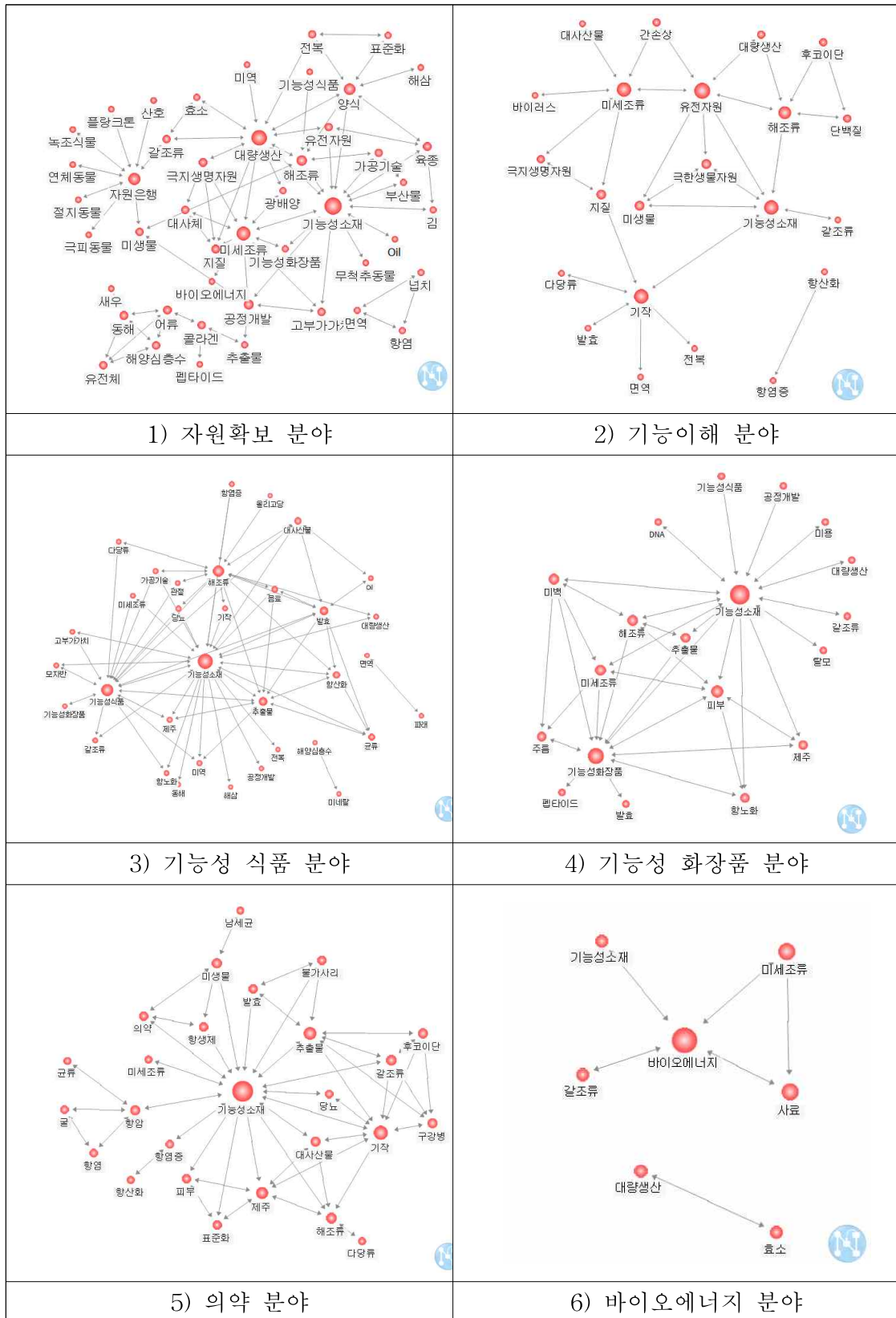
<표 10> 중심성 지수 분석결과(전체, 상위 15개)

	Degree Centrality	Closeness Centrality	Betweenness Centrality	Eigenvector Centrality
1	기능성소재(0.714)	기능성소재(0.776)	기능성소재(0.264)	기능성소재(0.582)
2	기능성식품(0.497)	기능성식품(0.641)	유전자원(0.080)	해조류(0.386)
3	해조류(0.469)	해조류(0.638)	기능성식품(0.076)	기능성식품(0.368)
4	추출물(0.423)	추출물(0.620)	해조류(0.075)	기능성화장품(0.248)
5	기능성화장품(0.366)	대량생산(0.597)	추출물(0.066)	미세조류(0.193)
6	대량생산(0.354)	기능성화장품(0.590)	대량생산(0.047)	추출물(0.174)
7	미세조류(0.343)	미세조류(0.590)	미세조류(0.045)	제주(0.150)
8	유전자원(0.314)	유전자원(0.571)	양식(0.040)	피부(0.138)
9	공정개발(0.280)	공정개발(0.569)	기능성화장품(0.037)	대량생산(0.125)
10	발효(0.269)	미생물(0.569)	미생물(0.036)	가공기술(0.125)
11	기작(0.269)	기작(0.560)	자원은행(0.032)	발효(0.124)
12	미생물(0.269)	제주(0.556)	기작(0.025)	유전자원(0.120)
13	제주(0.257)	발효(0.555)	제주(0.017)	고부가가치(0.120)
14	양식(0.251)	가공기술(0.555)	단백질(0.017)	기작(0.117)
15	가공기술(0.246)	양식(0.551)	굴(0.014)	대사산물(0.103)

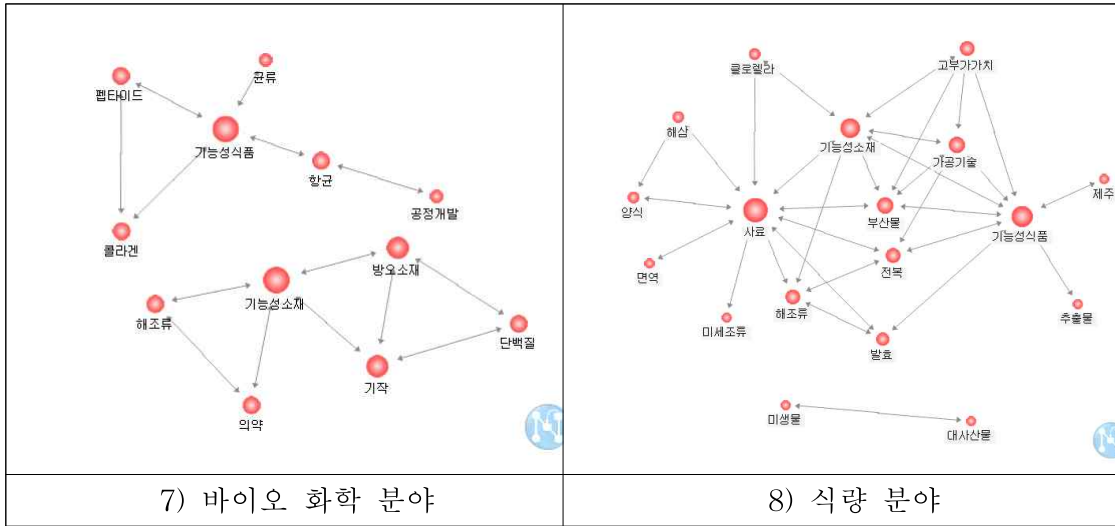
이와 같은 경향은 각 분석대상 분야별 분석결과에서도 유사하게 확인되는 바이다. <그림 4>는 분야별 키워드 네트워크 분석결과이며, 분석결과를 살펴보면 다음과 같다.¹⁰⁾

10) 각 분야별 중심성 지수 분석결과는 [자료 1]을 참고하기 바란다.

<표 11> 분야별 키워드 네트워크 분석결과



<표 4> 분야별 키워드 네트워크 분석결과(계속)



분석결과를 분야별로 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 자원확보 분야의 경우 다양한 주제어들이 복잡한 네트워크를 구성하고 있는 것이 확인되며, 주요 주제어로는 기능성소재를 중심으로 한 대량생산시스템 구축과 이를 효과적으로 활용하기 위한 자원은행 관련 주제어들이 몇 개의 네트워크를 구성하고 있는 것이 확인된다. 이때, 자원은행의 경우 각 분류군별 기탁등록보존기관 사업을 중심으로 구성되어 있는 것이 확인된다.

둘째, 기능이해 분야의 경우 네트워크의 크기는 크지 않지만, 기능성 소재를 중심으로 한 유전자원 개발과 주요 자원들에 대한 기작확인, 그리고 이를 기초로 한 다양한 자원들이 주요 주제어 네트워크를 구성하고 있는 것이 확인된다.

셋째, 기능성식품 분야는 기능성소재의 중요 기작을 활용하여 기능성 식품을 개발하기 위한 사업들로 주요 주제어들이 구성되어 있는 것이 확인된다. 기능성 식품 분야의 경우 이미 산업시장이 형성되어 있는 만큼, 주요 기작(기능)을 중심으로 건강기능성 식품을 개발하기 위한 R&D 사업들이 주요 주제어를 구성하고 있는 것이 확인된다. 또한, 식품 개발을 위한 추출물 개발과 그간 기능성 식품 개발에 활발히 적용되어온 해조류와 미세조류 등의 주요 자원에 대한 활용체계를 구축하는 사업들도 활발히 진행되고 있는 것으로 판단된다.

넷째, 기능성화장품 분야 역시 이미 산업시장이 형성되어 있는 만큼, 주요 기작을 중심으로 한 기능성 소재개발을 통해 화장품을 개발하고자 하는 사업들이 주로 지원되고 있는 것이 확인된다. 해조류와 미세조류 추출물을 이용한 사업들이 지원되었으며, 미백, 미용, 탈모, 주름개선 등 구체적인 기능을 타겟으로 한 사업들이 주로 구성되어 있는 것이 확인된다.

다섯째, 의약분야의 경우 현재 일부 사업자들에 의한 시장이 형성되고 있는 과정에 있으며, 이에 대한 주제어 분석 결과는 이를 반영하고 있는 것으로 판단된다. 기

능성 소재를 중심으로 한 추출물 개발과, 주요 자원을 활용한 기작 확인 등에 정부 R&D 사업이 지원되고 있는 것으로 판단된다.

여섯째, 바이오에너지 분야는 현재까지 국내에 산업시장이 형성되어 있지 않으나, 해양생명자원을 이용한 바이오 디젤과 수소 등을 개발하기 위한 분야로, 비교적 소수의 연구자들에 의해 연구활동이 이뤄지고 있는 분야이다. 이 분야의 주제어 네트워크는 이와 같은 현실이 반영되고 있어 비교적 작은 주제어 네트워크로 구성되어 있는 것이 확인된다. 주로 미세조류를 이용한 바이오 에너지 개발과, 부산물을 활용한 사료개발 등이 연결된 주제어를 형성하고 있는 것으로 분석되었다.

일곱째, 화학 분야 역시 아직 국내 산업시장이 형성되어 있지 않은 분야로, 비교적 소수의 연구자들에 대한 지원이 이뤄지고 있는 분야이다. 이 분야의 주제어 네트워크는 다른 분야에 비해 상대적으로 작게 구성되어 있는 것이 확인되며, 기능성 소재 개발을 통한 방오소재 개발 등 비교적 제한된 형태의 R&D 사업이 추진되고 있는 것을 확인할 수 있다.

여덟째, 식량 분야에 대한 주제어 네트워크는 기능성소재를 활용한 사료개발과 부산물을 이용한 다양한 제품개발 분야에 대해 정부 R&D 사업이 지원되고 있는 것을 확인할 수 있다. 특히 해조류와 클로렐라 등에 대한 활용이 빈번히 이뤄지고 있으며, 식량자원의 관점에서 기능성 식품 개발과 이를 지원하기 위한 추출물 개발 등의 사업이 지원되고 있는 것을 확인할 수 있다.

V. 결론 및 함의

이 연구에서는 MBT 분야에 지원된 정부 R&D를 NTIS DB를 통해 추출하여, 다양한 측면에서의 기술통계 분석과 주제어 네트워크 분석을 수행하였다. 이 연구의 목적은 향후 MBT 분야에 대한 정부 R&D 지원에 필요한 함의를 도출하는 것이 목적이었다. 이 연구에서 수행한 실증분석 결과들을 간략하게 요약하여, 주요 함의를 도출하면 다음과 같다.

첫째, 산업시장 동향 분석 결과에서 논의하였던 바와 같이 MBT 산업시장은 향후 지속적인 발전이 예상되는 신산업의 하나이다. 국가 간 산업시장 예측을 기초로 한 다수의 시장분석보고서들은 공통적으로 MBT 산업시장의 성장을 예상하고 있으며, 따라서 기술개발 선진국들을 중심으로 MBT 산업시장 선점을 위한 다양한 R&D 사업을 지원하고 있기도 하다. 그리고 그 근처에는 해양생명자원이 갖고 있는 신규 성과 가능성이 있다. 그간의 BT 산업은 상대적으로 접근성 측면에서 용이한 육상 생명자원을 중심으로 개발되어 왔으나, 최근 신규로 접근할 수 있는 유용소재의 고갈현상으로 인해 상대적으로 개발이 덜 되어온 해양생명자원의 잠재력이 지속적으로 강조되고 있는 상황이다. 따라서 글로벌 BT 기업들 역시 신규성이 강한 해양생

명자원으로의 전환이 가속화 되고 있는 상황이며,(GIA, 2015) 최근의 탐사기술 발전은 그간 해양생명자원이 가진 접근성 한계를 극복하는 계기를 제공해 주고 있다.

둘째, 주요국과 마찬가지로 MBT 분야에 대한 우리나라의 정부 R&D 사업 역시 지속적으로 확대되고 있는 추세이지만, 정부 R&D의 규모면에서 향후 확대필요성이 존재한다. 우리나라는 BT 분야에 3조3,341억원(2016년 기준)을 지원하였지만, 이 연구에서 파악한 MBT 분야에 대한 정부 R&D 지원규모는 869억원으로 약 2.6%에 불과한 것이 현실이다. 반면, 미국의 경우 NSF와 NIH 두 기관에서 MBT 분야 기초연구에 지원한 것만도 2015년 기준으로 약 1.4억\$(한화 약 1,560억원)¹¹⁾에 이른다(장덕희, 2016).¹²⁾

셋째, MBT 분야의 R&D 지원은 특성상 해수부를 중심으로 지원하고 있으나, 부처관할 모호성으로 인해 다부처가 서로 다른 형태로 지원하고 있는 것이 확인된다. 앞서 기술통계 분석결과를 통해 확인되는 바와 같이(<표 2>, <표 4>, <표 9> 참조) 범부처 지원사업을 제외하고 10개의 부처가 MBT 분야에 지원하고 있고, 대체로 기초연구와 개발연구를 중심으로 양분된 형태로 지원하고 있는 것이 확인된다. 물론, MBT 분야는 BT의 한 분야로 정의될 수 있으며, 다 부처적 성격을 지니고 있기 때문에 그 자체가 문제가 될 이유는 없을 것으로 판단된다. 다만, 정부 재원의 제한성과 정책효과성, 정부 R&D 지원의 효율성 확보를 위해서는 정책조정기능의 확립이 요구된다. 즉, MBT 분야의 R&D 사업과 같이 다 부처에 걸쳐진 정책문제의 경우 부처간 관련 정책의 상호연계성이 불명확하게 정의될 가능성이 높기 때문에(Peters, 2006: 133), R&D 지원이라는 정책수단(Policy instruments)의 연계성 확보를 위한 구심점 마련이 필요할 것으로 판단된다.

넷째, 대체로 일부 기초연구를 제외한 대부분의 기초, 응용 및 개발연구는 최종목적으로 R&D 활동의 목적이 산업화에 있지만, 정작 산업화의 주요 수단이 되는 기업의 참여가 극히 제한적이라는 문제가 있다. 물론, 이는 대학 및 연구소가 응용 및 개발연구에 참여해서는 안된다는 의미가 아니다. 다만, 2004년-2016년 사이 MBT 분야에 투입된 720,817백만 원의 정부 R&D 가운데 기업이 주관연구기관으로 참여한 사업의 연구비는 11.9%에 불과한 것은 사업의 최종목적에 비추어 볼 때 개선이 필요한 부분이다. 특히, 최근까지 정부 R&D에 기초하여 제품화에 성공한 사례가 거의 없다는 점을 감안하면(장덕희, 2016), 응용과 개발 분야에서도 기업이 필요로 하는 실질적인 상용화 R&D가 추진되지 못하고 있음을 보여주는 단적인 사례가 될 수 있다. 따라서 향후 목적에 따라 실질적인 상용화를 목적으로 하는 사업의 경우 기업의 참여율을 높이고, R&D 사업의 성과가 실질적인 기업생산으로 연계될 수 있도록 유인하는 전략을 수립하여 집행할 필요가 있을 것으로 판단된다.

다섯째, SNA를 통해 분석된 결과를 살펴보면, 현재의 MBT 분야 R&D 사업의

11) 환율 1\$=1,100원 적용

12) 주지하다시피, 미국은 주로 응용과 개발연구 분야에 기업이 지원하나, MBT 분야에 대한 기업 R&D 지원수준은 알려진 바가 없다.

핵심은 기능성 소재를 발굴하는 데 있음이 확인된다. <그림 3>의 중요도 키워드 분석결과에서 논의하였던 바와 같이, 키워드 네트워크의 가장 높은 중심성지수를 갖는 주제어는 모든 지수에서 기능성 소재이며, 이를 기초로 한 기능성 식품과 화장품, 의약품 등을 개발하는 R&D 사업이 추진되고 있는 것이 확인된다. 즉, 이는 부처를 막론하고, 대부분의 MBT 분야의 사업이 갖는 공통적인 특성임을 의미한다. 또한, 현재까지 가장 많은 접근이 이뤄진 소재는 해조류(Macro, Micro Algae)이며, 산업생산 지원을 위한 추출물 개발과 대량생산체계 구축 등의 사업에 집중하고 있음이 확인된다. 이는 이미 기작이 확인되어 특정소재를 활용한 개발연구에 치중하고 있는 BT 산업과는 대비되는 것으로 태동기 산업형태를 취하고 있는 MBT 분야의 R&D 활동의 특성이 반영된 것으로 볼 수 있다.

여섯째, MBT 분야별 분석결과에서는 키워드 네트워크의 구조에 차이가 있는 것이 확인된다. 구체적으로 이미 산업시장이 형성되어 있는 기능성 식품과 화장품 분야의 경우 구체적인 제품개발을 위한 R&D가 지원되고 있는 반면, 산업시장이 형성되어 있지 않은 바이오 에너지와 화학 분야 등의 경우 키워드 네트워크 구조에 큰 차이가 있는 것으로 분석되었다(<표 11> 참조)이 확인된다. 즉, 이는 R&D 분야별 특성에 따라 차별화된 지원이 필요함을 의미하는 결과로 해석된다. 산업화의 관점에서만 본다면, 자원 확보 분야의 경우 산업적으로 활용할 수 있는 유용소재의 식별과 대량생산시스템 구축, 산업 영역에서 활용할 수 있는 자원을 제공하기 위한 라이브러리 구축과 자원은행 구축 등에 대한 지원이 필요하며, 식품과 화장품, 식량 산업과 같이 구체적인 산업시장이 이미 형성되어 있는 경우 구체적인 제품화를 위한 생산지원 등 단기 지원 연구, 그리고 아직 시장이 형성되어 있지 않은 분야의 경우 산업시장 창출을 위한 중장기적 R&D 지원이 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 장덕희 외. (2016) 「해양바이오 산업 진흥전략 수립」. 국립해양생물자원관 연구보고서.
- 장덕희 · 강예린 · 오철홍 · 도수관. (2017). “바이오 기업의 해양바이오 분야 진입을 위한 기업수요 분석”. *Ocean and Polar Research*, 39(3): 233-244.
- Allen, M. J., & Jaspars, M. (2009). “Realizing the potential of marine biotechnology: challenges & opportunities”, *Industrial Biotechnology*, 5(2): 77-83.
- Biz Acumen. (2009). *Marine Biotechnology - worldwide trend*. Nicolas Bombourg.
- Carte, B. K. (1996). “Biomedical potential of marine natural products”, *Bioscience*, 46(4): 271-286.
- Colwell, R. R. (1984). “The industrial potential of marine biotechnology”, *Oceanus*, 27(1): 3-12.
- Chesbrough, H., & Crowther, A. K. (2006). “Beyond high tech: early adopters of open innovation in other industries”. *R&D Management*, 36(3): 229-236.
- Dahlander, L., & Gann, D. M. (2010). “How open is innovation?”. *Research Policy*, 39(6): 699-709.
- Dodgson, M., Gann, D., & Salter, A. (2006). “The role of technology in the shift towards open innovation: the case of Procter & Gamble”. *R&D Management*, 36(3): 333-346.
- El Gamal, A. A. (2010). “Biological importance of marine algae”, *Saudi Pharmaceutical Journal*, 18(1): 1-25.
- Enkel, E., Gassmann, O., & Chesbrough, H. (2009). “Open R&D and open innovation: exploring the phenomenon”. *R&D Management*, 39(4): 311-316.
- Fenical, W. (1997). “New pharmaceuticals from marine organisms”. *Trends in Biotechnology*, 15(9): 339-341.
- Fenical, W., & Jensen, P. R. (2006). Developing a new resource for drug discovery: marine actinomycete bacteria. *Nature chemical biology*, 2(12), 666.
- 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 Sept. 2017
- Gassmann, O., & Enkel, E. (2004). Towards a theory of open innovation: three core process archetypes. In *R&D management conference* (pp. 1-18)
- GIA. (2015). *A global strategic business report : marine biotechnology*. Global Industry Analysts.

- Gordon, H. S. (1954). The economic theory of a common-property resource: the fishery. *Journal of political economy*, 62(2), 124-142.
- Hurst D., Børresen, T., Almesjö L., Raedemaeker, F. D. & Bergseth, S. (2016). *Marine Biotechnology Strategic Research and Innovation RoadMap*.
- 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, C. M., Copp, B. R., Foster, M. P., McDonald, L. A., Radisky, D. C., & Swersey, J. C. (1993). "Biomedical potential of marine natural products". In *Pharmaceutical and Bioactive Natural Products* (pp. 1-43). Springer US.
- Killengreen, S. T., Lecomte, N., Ehrich, D., Schott, T., Yoccoz, N. G., & Ims, R. A. (2011). The importance of marine vs. human induced subsidies in the maintenance of an expanding mesocarnivore in the arctic tundra. *Journal of Animal Ecology*, 80(5), 1049-1060.
- Occams Business Research and Consulting (2016) *Global Marine Biotechnology Market: Opportunity Analysis, Market Shares and Forecase 2016-2022*.
<https://www.researchandmarkets.com/reports/3743223/global-marine-biotechnology-market-insights> Accessed 10 May 2017
- OECD (2013). *The Future of The Ocean Economy : Exploring the prospects for emerging ocean industries to 2030*. <https://www.oecd.org/futures/The%20Future%20of%20the%20Ocean%20Economy%20Project%20Proposal%20Dec%202013.pdf>
- Peters, B. G. (2006). Concepts and theories of horizontal policy management. in B. Guy Peters, and Jon Pierre. Edited. *Handbook of public policy*, 115-138.
- Rasmussen, R. S., & Morrissey, M. T. (2007). "Marine biotechnology for production of food ingredients". *Advances in food and nutrition research*, 52: 237-292.
- Smithers Rapra (2015). *The Future of Marine Biotechnology for Industrial Application to 2025*.
- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., & Isambert, A. (2006). Commercial applications of microalgae. *Journal of bioscience and bioengineering*, 101(2), 87-96.
- Turner, J. T. (2004). The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. *Zoological Studies*, 43(2), 255-266.
- 연합뉴스. "문재인 대통령, 제22회 '바다의 날' 기념사". (2017년 5월 31일 기사 참조)
[http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2017/05/31/0200000000AKR20170531073500001.HTML?input=1195m\(검색일: 2017.09.27.\)](http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2017/05/31/0200000000AKR20170531073500001.HTML?input=1195m(검색일: 2017.09.27.))

[참고 1] 분야별 중심성지수(상위 10개)

구분	Degree Centrality	Closeness Centrality	Betweenness Centrality	Eigenvector Centrality	
자원 확보	1	기능성소재(0.278)	기능성소재(0.419)	기능성소재(0.136)	기능성소재(0.448)
	2	양식(0.199)	대량생산(0.376)	양식(0.069)	미세조류(0.441)
	3	대량생산(0.199)	양식(0.374)	대량생산(0.061)	대량생산(0.348)
	4	미세조류(0.182)	미세조류(0.369)	자원은행(0.051)	해조류(0.282)
	5	공정개발(0.148)	추출물(0.362)	미세조류(0.049)	양식(0.248)
	6	추출물(0.148)	공정개발(0.359)	미생물(0.043)	극지생명자원(0.205)
	7	해조류(0.148)	미생물(0.359)	추출물(0.040)	지질(0.194)
	8	미생물(0.136)	해조류(0.353)	공정개발(0.033)	고부가가치(0.187)
	9	고부가가치(0.114)	고부가가치(0.342)	해조류(0.024)	공정개발(0.186)
	10	어류(0.102)	유전자원(0.334)	유전자원(0.021)	기능성화장품(0.155)
기능 이해	1	유전자원(0.211)	유전자원(0.283)	유전자원(0.081)	유전자원(0.603)
	2	기작(0.149)	기능성소재(0.267)	기능성소재(0.040)	기능성소재(0.503)
	3	기능성소재(0.149)	기작(0.258)	기작(0.039)	해조류(0.303)
	4	미세조류(0.131)	미세조류(0.254)	미세조류(0.029)	미생물(0.280)
	5	해조류(0.114)	해조류(0.250)	해조류(0.023)	극한생물자원(0.208)
	6	단백질(0.086)	미생물(0.242)	단백질(0.017)	대량생산(0.179)
	7	미생물(0.086)	면역(0.230)	어류(0.011)	미세조류(0.163)
	8	발효(0.057)	전복(0.227)	무척추동물(0.011)	기작(0.149)
	9	전복(0.057)	단백질(0.218)	미생물(0.010)	전복(0.096)
	10	Genome(0.051)	대량생산(0.218)	추출물(0.008)	간손상(0.079)
기능성 식품	1	기능성소재(0.392)	기능성소재(0.416)	기능성소재(0.096)	기능성소재(0.582)
	2	기능성식품(0.381)	기능성식품(0.406)	기능성식품(0.084)	기능성식품(0.571)
	3	해조류(0.216)	해조류(0.320)	해조류(0.021)	해조류(0.379)
	4	추출물(0.182)	추출물(0.308)	추출물(0.014)	추출물(0.183)
	5	음료(0.131)	음료(0.285)	음료(0.013)	대사산물(0.165)
	6	가공기술(0.114)	가공기술(0.283)	펩타이드(0.007)	발효(0.140)
	7	발효(0.108)	고부가가치(0.282)	제주(0.006)	미세조류(0.103)
	8	고부가가치(0.108)	발효(0.278)	단백질(0.006)	가공기술(0.096)
	9	항노화(0.102)	항노화(0.272)	콜라겐(0.006)	항노화(0.094)
	10	당노(0.085)	대사산물(0.270)	키토산(0.006)	당노(0.079)
기능성 화장품	1	기능성화장품(0.331)	기능성화장품(0.336)	기능성화장품(0.062)	기능성소재(0.588)
	2	기능성소재(0.286)	기능성소재(0.309)	기능성소재(0.041)	기능성화장품(0.569)
	3	피부(0.154)	피부(0.241)	피부(0.009)	피부(0.283)
	4	추출물(0.149)	추출물(0.241)	펩타이드(0.008)	해조류(0.274)
	5	해조류(0.126)	펩타이드(0.229)	추출물(0.006)	미세조류(0.196)
	6	펩타이드(0.120)	해조류(0.229)	하이드로겔(0.004)	추출물(0.141)
	7	주름(0.097)	주름(0.221)	해양심층수(0.004)	제주(0.140)
	8	미세조류(0.091)	미세조류(0.216)	해조류(0.004)	미백(0.137)
	9	미백(0.080)	미백(0.214)	콜라겐(0.003)	항노화(0.112)
	10	항노화(0.080)	항노화(0.214)	주름(0.003)	DNA(0.084)

[참고 1] 분야별 중심성지수(상위 10개)-계속

구분	Degree Centrality	Closeness Centrality	Betweenness Centrality	Eigenvector Centrality	
의약	1	기능성소재(0.217)	기능성소재(0.282)	기능성소재(0.064)	기능성소재(0.578)
	2	해조류(0.137)	기작(0.248)	해조류(0.024)	제주(0.395)
	3	기작(0.120)	해조류(0.241)	기작(0.021)	해조류(0.321)
	4	항암(0.103)	대사산물(0.226)	항암(0.017)	기작(0.311)
	5	추출물(0.103)	미생물(0.226)	대사산물(0.014)	피부(0.272)
	6	대사산물(0.097)	항암(0.223)	추출물(0.014)	대사산물(0.186)
	7	당뇨(0.091)	추출물(0.223)	항염증(0.012)	추출물(0.165)
	8	미생물(0.086)	당뇨(0.222)	미생물(0.011)	의약(0.156)
	9	제주(0.080)	제주(0.220)	당뇨(0.009)	당뇨(0.128)
	10	항염증(0.074)	골다공증(0.217)	키토산(0.008)	항염증(0.125)
바이오에너지	1	바이오에너지(0.097)	바이오에너지(0.106)	바이오에너지(0.010)	바이오에너지(0.617)
	2	기능성소재(0.069)	기능성소재(0.091)	기능성소재(0.005)	미세조류(0.514)
	3	해조류(0.057)	해조류(0.087)	해조류(0.002)	사료(0.264)
	4	대량생산(0.051)	대량생산(0.084)	미세조류(0.001)	기능성소재(0.236)
	5	다당류(0.046)	다당류(0.082)	대량생산(0.001)	Oil(0.194)
	6	효소(0.046)	효소(0.082)	효소(0.001)	대량생산(0.182)
	7	미세조류(0.046)	미세조류(0.082)	다당류(0.000)	해조류(0.161)
	8	미생물(0.034)	녹조류(0.070)	녹조류(0.000)	효소(0.157)
	9	녹조류(0.029)	공정개발(0.070)	공정개발(0.000)	갈조류(0.154)
	10	공정개발(0.029)	발효(0.070)	미생물(0.000)	바이러스(0.154)
바이오화학	1	기능성소재(0.154)	기능성소재(0.186)	기능성소재(0.052)	기능성소재(0.588)
	2	해조류(0.074)	해조류(0.155)	의약(0.018)	의약(0.439)
	3	기능성식품(0.057)	의약(0.139)	해조류(0.016)	해조류(0.420)
	4	항균(0.051)	항균(0.136)	유전자원(0.009)	방오소재(0.269)
	5	의약(0.051)	공정개발(0.136)	공정개발(0.009)	기작(0.231)
	6	공정개발(0.051)	기능성식품(0.134)	기능성식품(0.009)	항균(0.131)
	7	단백질(0.040)	가공기술(0.133)	단백질(0.006)	단백질(0.130)
	8	부산물(0.034)	부산물(0.128)	항균(0.004)	가공기술(0.128)
	9	발효(0.034)	발효(0.126)	미세조류(0.004)	효소(0.121)
	10	가공기술(0.034)	방오소재(0.125)	홍조류(0.003)	기능성식품(0.104)
식량	1	기능성식품(0.194)	기능성식품(0.244)	기능성식품(0.035)	기능성식품(0.469)
	2	기능성소재(0.171)	기능성소재(0.242)	기능성소재(0.028)	기능성소재(0.438)
	3	사료(0.166)	사료(0.240)	사료(0.022)	부산물(0.373)
	4	발효(0.126)	발효(0.221)	미세조류(0.014)	가공기술(0.365)
	5	가공기술(0.126)	해조류(0.221)	추출물(0.012)	사료(0.282)
	6	부산물(0.120)	가공기술(0.219)	발효(0.011)	고부가가치(0.271)
	7	해조류(0.120)	부산물(0.216)	해조류(0.009)	해조류(0.169)
	8	추출물(0.109)	추출물(0.216)	해삼(0.009)	발효(0.167)
	9	미세조류(0.103)	전복(0.210)	가공기술(0.008)	전복(0.163)
	10	면역(0.091)	고부가가치(0.207)	고부가가치(0.005)	제주(0.116)