

블루 이코노미 관점에서 우리나라 해조류 산업의 기술 동향에 관한 연구: 특허 기반 키워드 분석을 중심으로

손 재 학[†]

[†]국립부경대학교(교수)

A Study on the Technology Trends of the Seaweed Industry in Korea from the Blue Economy Perspective : Focusing on Patent-Based Keyword Analysis

Jae Hak SON[†]

[†]Pukyong National University(professor)

Abstract

The international community is shifting to a blue economy for a sustainable marine economy, and the seaweed industry meets the requirements of the blue economy. This study examined technology trends of seaweed industry in Korea through patent-based keyword network and degree centrality analysis. According to the results, Korea's seaweed-related technology has entered a growth phase. And Korea's seaweed industry has not merely shifted from food production to the bio-industry, but has advanced to the next level by creating artificial ecosystems. From the perspective of the Blue Economy, this can be seen as a desirable example that encompasses both economic and ecological aspects, and as a characteristic element of Korea's seaweed industry. So it needs to be widely shared internationally and it is necessary to establish support measures so that technological advancement leads to industrial development.

Key words : Blue economy, Seaweed industry, Patent, Keyword network, Degree centrality

I. 서 론

바다는 인류의 생존에 필요한 환경과 자원을 제공한다. 탄소를 흡수하고, 산소를 배출하며, 해조류를 비롯한 영양학적으로 우수한 수산 식품을 생산할 수 있게 한다. 해양 경제는 전 세계 총부가가치(GVA)의 3~4%를 담당하고, 최대 1억 5천만 개의 정규직 일자리를 제공하는 세계 경제의 중요한 구성요소이다(OECD, 2025). 하지만 경제협력개발기구(OECD)는 향후 예상되는 생산성 문제와 에너지 전환 문제를 해결하지 못하면 큰 혼

란에 빠질 수도 있다고 경고하면서, 생산적이고 환경 측면으로 지속 가능한 해양 경제를 달성해야 한다고 강조했다(OECD, 2025). 이것은 곧 블루 이코노미(Blue Economy)로의 전환을 의미한다.

블루 이코노미는 해양 생태계의 건강을 유지하면서 경제성장과 생계 및 직업 향상을 위해 해양 자원을 지속 가능하게 사용하는 것을 말한다(World Bank, 2017b). 유엔(UN)에 의하면 블루 이코노미는 해양자원의 지속가능성 여부를 결정하는 다양한 경제 부문과 관련 정책으로 구성되어 있으며, 경제성장, 사회적 포용, 생계 보존 또는

[†] Corresponding author:  개인정보 표시제한 gowithson@pknu.ac.kr

* 이 논문은 국립부경대학교 자율창의학술연구비(2024년)에 의해 연구되었음.

개선을 촉진하는 동시에 환경의 지속가능성을 보장하는 것을 목표로 한다고 했다(UN, n.d.). 세계은행(World Bank)은 블루 이코노미의 요건으로 • 현재와 미래 세대를 위한 사회적·경제적 혜택 제공 • 해양 생태계의 다양성, 생산성, 회복력, 핵심 기능 및 내재적 가치 복원, 보호 및 유지 • 폐기물을 줄이고 자원 재활용을 촉진하는 청정 기술, 재생가능 에너지 및 순환 재료 흐름을 기반으로 할 것 등을 제시했다(World Bank, 2017a). 이러한 국제사회의 블루 이코노미에 관한 관점은 해조류 산업과 잘 부합한다.

해조류는 건강한 식재료로서 사회적·경제적 혜택을 제공할 뿐만 아니라, 해양 생태계를 보호하고 유지하는 핵심적 기능을 수행하며, 청정 기술을 통해 대체 단백질 등 기능성 물질과 바이오매스 생산 등 바이오산업의 원료로 인식되고 있다(Park, 2024). 특히 해조류가 탄소를 흡수하여 온실가스를 줄일 수 있다는 사실은 2025년 페루 리마에서 열린 기후변화에 관한 정부간협의체(IPCC) 제63차 총회에서 공식적으로 인정되어 새로운 탄소흡수원으로서 2027년 말에 방법론 보고서(CDR/CCUS)가 발간될 예정이다(KMA, 2025). 이에 앞서 미항공우주국(NASA)은 인공위성으로 찍은 한국의 남해안 사진에서 검은 점선이 촘촘하게 박혀있는 독특한 패턴의 실체가 김 등의 해조류 양식장이라는 것을 확인하고, 친환경적이며 대기에서 탄소를 제거하는 방법이라고 소개했다(NASA, 2021). 이런 이유로 우리나라 해조류 산업은 국제적인 관심을 받기 시작했는데, 삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라는 세계 3위의 해조류 생산국일 뿐만 아니라 해조류 섭취량이 가장 많은 국가로 식품공전에 등재된 해조류만도 93종에 이를 만큼 다양하다(Lee, 2024).

그동안 해조류에 관한 연구는 바이오 영역에서 많이 이루어졌는데, 국내에서는 바이오에너지(Kim, 2007; Cho and Lee, 2011; Bae et al., 2015; Kim, 2022), 기능성 화장품(Park, 2011), 연제품의 물성개량제(Kim, 2013), 부산물 이용(Kang and

Kim, 2019), 바이오 산업화(Ryu et al., 2009; Jang et al., 2016) 등 다양한 분야에서 연구가 활발히 진행되어 왔다. 해외에서는 바이오 플라스틱(Rajendran et al., 2012), 생체 의료용 복합 바이오 소재(Guzman et al., 2017), 기능성 화장품(Wang et al., 2015; Resende et al., 2021; Talreja and Tiwari, 2024), 대체 가공 목재(Alamsjah et al., 2017), 가축 사료(Costa et al., 2021), 단열재(Berglund et al., 2021) 등의 분야에서 연구가 활발히 진행되어 왔다. 이상의 연구들은 모두 바이오를 비롯한 해조류 산업의 특정 분야를 중심으로 수행되었고, 해조류 산업 전반에 관한 종합적인 연구는 비교적 최근에 수행되었는데 그 대표적인 연구는 World Bank에 의한 것이다. World Bank(2023)는 해조류 산업의 높은 성장 잠재력에 주목하고, 기존의 해조류 시장을 넘어 새롭게 부상하는 글로벌 해조류 시장을 10개 분야로 분류했는데, 단기적 성장 분야로는 생리 활성물질, 동물 사료첨가제, 반려동물 사료, 메탄 저감 사료첨가제 등 4개 분야를, 중기적 성장 분야로는 기능성 식품, 대체 단백질, 섬유 및 직물, 바이오 플라스틱 등 4개 분야를, 장기적 성장 분야로는 건축 자재, 의약품 등 2개 분야를 선정하였다. 그리고 이 10개 분야의 추가적인 시장 규모가 2030년까지 118억 달러에 달할 것으로 전망하면서, 해조류 부문의 가치는 아직 밝혀지지 않았으며, 분명한 성장 잠재력을 가지고 있다고 했다. 한편 국내에서도 같은 맥락에서 한국해양수산개발원이 과제 연구를 수행한 바 있는데(Cho et al., 2025), 우리나라 해조류 활용 신산업을 6개 산업군으로 분류하고 산업수명주기로 나누면서, 성장기로는 기타 기능성 소재, 사료 및 사료첨가제, 에너지 및 환경 등 3개 분야를, 조정기로는 바이오 및 제약, 기능성·대체 식품 등 2개 분야를, 성숙기로는 뷰티 및 퍼스널 케어 분야를 선정했다. 그러나 이 두 연구는 시장 데이터를 기반으로 전문가 인터뷰를 통해 도출한 결과이며, 기술적 관점에서 정량적으로 접근한 연구는 거의 없다.

경제 이론에서 기술은 장기적인 경제성장의 핵심 동력으로 간주되며(Nagaraj et al., 2024), 특허는 기술 분석의 지표로 활용되고 있다(Kang et al., 2025). 특허 데이터 기반의 서지 계량 분석은 방대한 과학 데이터를 정량적으로 분석할 수 있는 엄밀한 기법으로, 특정 분야의 발전 양상을 이해하고 신흥 주제를 식별하는데 유용하다(Kang et al., 2025). 특히 키워드 네트워크 분석은 특허 문헌에서 추출한 키워드들 간의 관계를 네트워크로 구조화해 분석하는 방법으로 특허 문헌에 대한 심층적이고 효율적인 분석을 가능하게 한다(Lim, 2024). 따라서 본 연구는 선행 연구에서 다루어지지 못한 우리나라 해조류 산업의 기술 동향을 특허 데이터 기반으로 정량 분석하여 그 특징과 정책적 시사점을 도출하는 데 목적이 있다. 연구 범위를 우리나라로 한정된 것은 해조류 산업의 발달 양상이 지역 및 국가별로 차이가 크며, 우리나라가 해조류의 상업적 양식에서부터 인공적인 생태계 조성까지 블루 이코노미 관점에서 해조류 산업의 전반을 포괄하는 대표적인 국가이기 때문이다.

II. 연구 방법

1. 데이터 수집

본 연구의 분석 대상이 되는 특허 데이터는 지식재산처가 보유한 국내·외 지식재산권 관련 모든 정보를 DB 구축하여 이를 이용자가 인터넷을 통하여 검색 및 열람할 수 있도록 한국특허정보원이 운영하는 대국민 지식재산정보 검색 서비스 KIPRIS(www.kipris.or.kr)를 통하여 수집하였다. KIPRIS 상세 검색에서 검색유형은 ‘국내’, 권리구분은 ‘특허’, 행정 상태는 ‘등록’을 선택하고, 발명의 명칭에 ‘해조류’를 입력하여 검색한 결과, 412건의 특허가 검색되었고 그 중 ‘유해조류’와 같은 노이즈 12건을 제거하여 400건의 유효한 특허 데이터를 수집하였다. 각 특허 데이터에는 발

명의 명칭, IPC/CPC 분류, 출원인, 등록 일자, 피인용 횟수 등의 정보가 포함되어 있다. 본 연구에서 텍스트 분석 대상으로 발명의 명칭을 선택한 것은 그 속에 특허의 핵심적 내용이 압축적으로 반영되어 있다고 보았고, 분석 시점을 등록 일자로 선택한 것은 특허가 실제로 권리화된 것이 등록이므로 기술이 제도적으로 인정된 시점을 기준으로 시기별로 확립된 기술 동향을 파악할 수 있다고 보았다. 텍스트 전처리는 한국어 자연어 처리(NLP)를 위한 Python 패키지의 하나인 KoNLPy(버전 0.6.0) 라이브러리의 Okt 클래스를 사용하여 실시하였다. 전처리 과정에서는 먼저 특수문자, 불필요한 기호, 과도한 공백 등을 제거한 후 명사를 추출하였다. 명사는 특허 제목(발명의 명칭)에서 기술 대상, 소재, 기능, 공정, 적용 분야 등을 나타내는 핵심 단위로 볼 수 있기 때문에 키워드 분석의 기본 단위로 사용하였다. 또한 분석의 정확도를 높이기 위해 불용어를 제거하였다. 예를 들어 ‘그’, ‘및’ 등 조사와 명사 중에서도 ‘이용’, ‘사용’, ‘포함’ 등과 같이 기술적 의미를 직접적으로 설명하기보다는 문장 구성에 반복적으로 사용되는 단어는 제외하였다. 반면 ‘대체육’, ‘추출물’, ‘조성물’, ‘양식 방법’ 등과 같이 하나의 기술 개념을 구성하는 복합어는 분리되지 않도록 처리하였다. 이를 통해 형태소 분석 과정에서 의미 있는 기술 용어가 불필요하게 조개지는 문제를 완화하였다.

2. 키워드 출현 빈도 및 네트워크 분석

키워드 출현 빈도는 각 키워드가 일정 기간 중 해당 특허 제목에 몇 번 등장했는지를 말한다. 특허 제목에서 추출한 키워드를 바탕으로 출현 빈도 분석을 위해 collections.Counter를 활용하여 각 키워드의 등장 횟수를 집계하고 빈도순으로 정렬하였다. 이를 통해 각 시기별로 자주 등장한 주요 키워드를 파악할 수 있는데, 예를 들면 특정 시기에 ‘조성물’, ‘양식’, ‘바다숲’ 등의 단어가

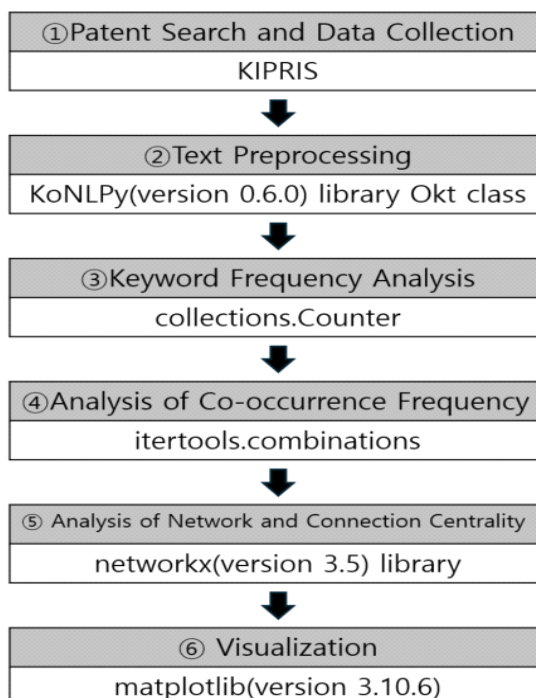
빈번하게 등장한다면, 해당 시기에 관련 기술 분야가 활발하게 연구되었음을 추론할 수 있다.

또한 각 시기별로 생성된 모든 키워드 쌍에 대해 등장 횟수를 계산하였다. 키워드 쌍(공출현) 분석을 하는 이유는 키워드 패턴을 통해 기술 간 융합 구조와 연결성을 정량적으로 파악하기 위해서이다. 동일한 키워드 쌍이 여러 특허 제목에서 반복적으로 등장할수록 공출현 빈도는 높아지는데, 공출현 빈도 분석을 위해 `itertools.combinations`를 활용하여 키워드 쌍을 추출하고, 중복을 제거한 후 각 쌍의 공출현 횟수를 집계하였다. 이때 동일한 특허 제목 안에서 같은 키워드가 여러 번 등장하더라도 공출현 관계는 한 번만 계산하였다. 예를 들어 하나의 특허 제목에서 ‘조성물’이 두 번 등장하더라도, 해당 제목 내에서는 조성물을 하나의 키워드로 간주하였다. 이는 특정 문서 내 반복 단어가 공출현 빈도를 과도하게 증가시키는 것을 방지하기 위한 것이다.

네트워크 분석은 텍스트를 해석하고 유효한 추론을 이끌어내는 방법으로, 데이터를 기반으로 분석 대상이 되는 핵심 단어(키워드)의 빈도수를 파악하며, 각 키워드(노드) 간 연결(엣지) 관계의 정도를 기준으로 공출현 매트릭스를 생성해 내고 이를 기반으로 해당 키워드 간 연관성을 반영한 네트워크를 만들어낸다(Koo et al., 2023). 네트워크 분석을 하는 이유는 키워드 간 관계를 구조적으로 파악해 기술 동향, 핵심 기술, 융합 기술 등을 도출하기 위해서이다. 키워드 간의 연결 정도는 중심성 지표를 통해 나타낼 수 있다. 중심성은 연결 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성 등 세 가지 유형으로 구분되는데, 이 중 가장 대표적인 것은 연결 중심성이다(Kang and Kim, 2025). 연결 중심성은 단순히 연결 수가 많은 요소를 찾는 데 그치지 않고, 네트워크 안에서 어떤 특허가 여러 기술 흐름을 묶어주는지 파악하고, 기술 진화 경로를 판단하는데도 쓰인다. 네트워크 분석은 키워드 공출현 빈도 상위 20쌍을 대상으로 `networkx`(버전 3.5) 라이브러리를 활용하여 공출

현 네트워크를 구성하고, 각 노드의 연결 중심성(Degree Centrality)을 산출하였다. 노드의 크기는 연결 중심성 값에 비례하여, 엣지의 굵기는 공출현 빈도에 비례하여 설정하였으며, 시각화에는 `matplotlib`(버전 3.10.6)을 사용하였다.

본 연구의 절차는 [Fig. 1]과 같다.



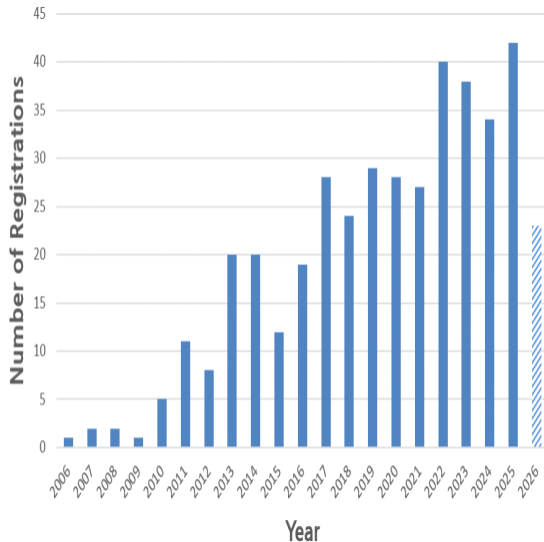
[Fig. 1] Research Process.

Ⅲ. 연구 결과

1. 특허 등록 추이

해조류 관련 특허 등록 추이를 KIPRIS에서 확인해 보면, 2006년부터 매년 점진적으로 증가하고 있는 것을 알 수 있으며(2026년은 현재까지의 데이터만 제공), 단계별로 발전되는 양상을 보이고 있는데 그 추이는 [Fig. 2]와 같다.

단계별 발전 양상을 고려하여 2026년 데이터는 제외한 나머지 전체 데이터를 등록 연도를 기준으로 네 개의 시기별 집합(1기는 2006년~2010년,

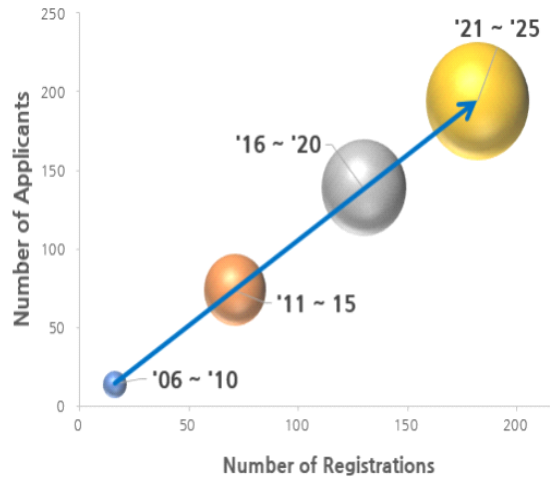


[Fig. 2] Trend of patent registration related to seaweed(retrieved from KIPRIS on May 27).

2기는 2011년~2015년, 3기는 2016~2020년, 4기는 2021년~2025년)으로 분류하고, 기술수명주기 이론(도입, 성장, 성숙, 쇠퇴)에 의한 성장단계에 맞추어 시기별 특허의 등록 건수와 출원인 수를 [Fig. 3]과 같이 2차원 버블 차트에 구현하였다. Kang and Kim(2025)에 의하면 출원 건수는 기술개발 활동의 정도를 나타내고, 출원인 수의 증가는 시장의 신규 진입자가 증가하는 것을 의미하므로 출원 건수와 출원인 수가 모두 증가 시 해당 기술 분야의 시장이 커지고 있음을 의미한다고 했지만, 본 연구에서는 데이터의 일관성과 최근 동향에 대한 시차 문제가 없는 등록 건수를 사용한 결과, 1기부터 4기까지 시기별로 계속 우상향하는 양상으로 나타나 해조류 산업의 기술개발이 계속 활발하게 이루어지고 있는 것이 확인되었고, 기술 성장단계는 도입기를 지나 성장기에 해당하는 것으로 판단된다.

2. 키워드 분석 결과: 특징 확인

해조류 관련 특허의 키워드를 분석한 결과, ‘해조류’ 이외에 ‘조성물’이 109회, ‘추출물’이 70

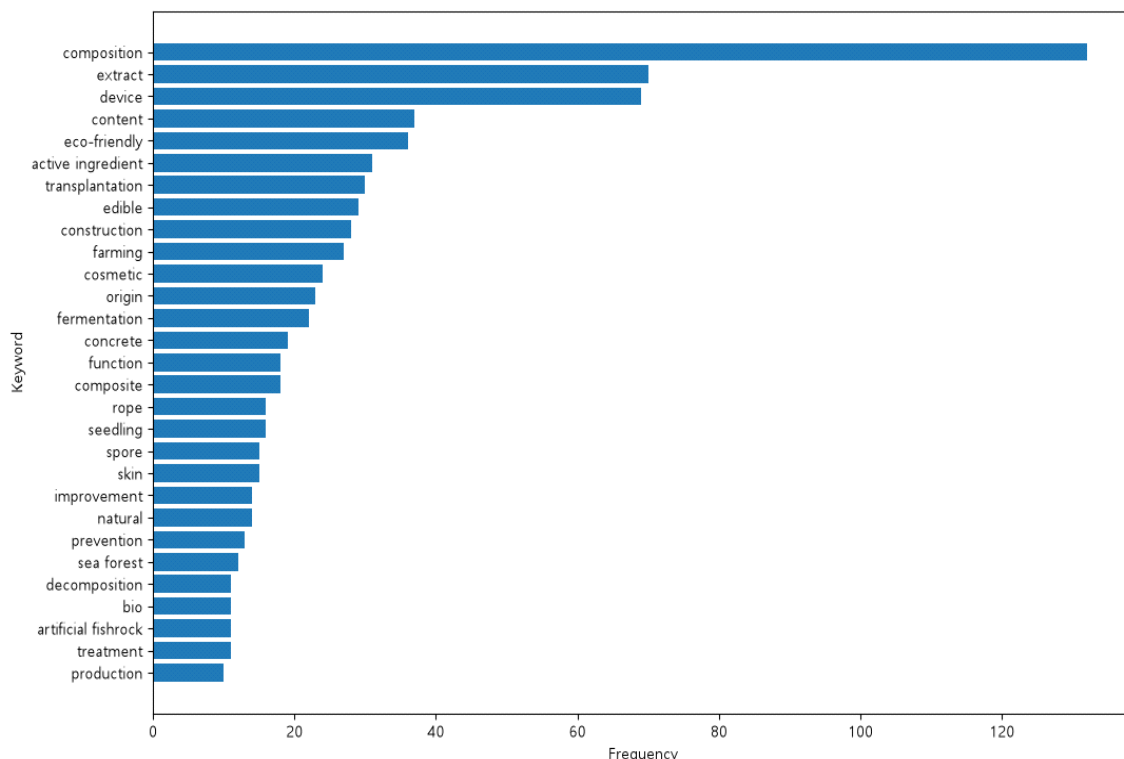


[Fig. 3] Stage Analysis Using IP Portfolios.

회 등 10회 이상 출현하는 키워드는 총 33개로 해조류 이외의 주요 키워드를 빈도의 크기별로 나타내면 [Fig. 4]와 같다. 이 중 상위 키워드들은 식품 및 바이오산업과 관련되고, 중위 키워드들은 양식산업과 관련되고, 하위 키워드들은 바다숲 등 생태계 조성과 관련된다.

아래 <Table 1>은 특허 등록 연도를 기준으로 구분한 네 개의 시기별 집합에서 각 시기별 출원 빈도가 높은 주요 키워드를 정리한 것이다. 시기별로 살펴보면, 1기에서는 10회 이상 출현한 키워드가 ‘해조류’(11회) 1개에 불과하였으나, 2기에서는 ‘해조류’(74회)부터 ‘시공’(11회)까지 5개 키워드가 10회 이상 출현하였고, 3기에서는 ‘해조류’(133회)부터 ‘유효성분’(11회)까지 11개 키워드가 10회 이상 출현하였으며, 4기에서는 ‘해조류’(186회)부터 바다숲(10회)까지 15개 키워드가 10회 이상 출현하였다. 이렇게 시기별로 점차 키워드 빈도가 높아지는 한편 주요 키워드도 변화하는 양상을 보였다. 즉 1기에서는 주요 키워드가 인공적인 해조류 식생과 관련되었고, 2기에서는 친환경 양식과 관련되었고, 3기에서는 식품 및 바이오와 관련되었고, 4기에서는 바이오 중심으로 나타났다. 이러한 키워드 변화 양상은 우리나라 해조류 산업이 단순히 먹거리 생산에서

블루 이코노미 관점에서 우리나라 해조류 산업의 기술 동향에 관한 연구: 특허 기반 키워드 분석을 중심으로



[Fig. 4] Keyword occurrence frequency besides seaweed.

바이오 영역으로 변화한 것이 아니라, 인공적인 생태계 조성을 비롯하여 양식과 식품을 거쳐 바이오 영역까지 해조류 산업의 전반을 포괄하는 과정을 보여주는 것으로, 블루 이코노미 관점에서 보면 경제적인 측면과 함께 생태적인 측면을 포함하고 있는 바람직한 사례로서 우리나라 해조류 산업의 특징이라고 할 수 있다. 한국수산자원공단(FIRA)에 의하면 우리나라는 세계 최초로 바다식목일(5월10일)을 법제화하였고(FIRA, 2012), 세계 유일의 국가 주도 바다숲 조성 사업을 하고 있다(FIRA, n.d.).

3. 키워드 네트워크 및 연결 중심성 분석 결과: 기술 동향

키워드 분석에 이어 키워드 네트워크 분석을 위해 각 시기별 키워드 공출현 상위 20개의 노드

와 빈도수를 정리한 것은 <Table 2~5>와 같고, 그 연결 중심성을 시각화한 것은 [Fig. 5~8]과 같다.

키워드 네트워크는 특정 주제 영역에서 수집된 데이터로부터 핵심 키워드를 추출한 후, 키워드 쌍의 공출현(Co-occurrence) 빈도를 기반으로 키워드 간 연관성 또는 유사도를 계산하여 구성된 네트워크를 말한다. 키워드 네트워크에서 공출현 빈도는 강도(weight)로 표현되는데, 강도가 높을수록 해당 공출현 키워드가 이슈화된다는 것을 의미한다. 시기별 공출현 빈도를 보면, 1기에서는 10회 이상 등장하는 공출현 키워드가 없었으나, 2기에서는 ‘조성물·해조류’(16회)부터 ‘장치·해조류’(10회)까지 7개의 공출현 키워드가 10회 이상 등장하였고, 3기에서는 ‘조성물·해조류’(41회)부터 ‘로프·해조류’(10회)까지 14개의 공출현 키워드가 10회 이상 등장하였고, 4기에서는 ‘조성물·해조류,

<Table 1> Keyword occurrence frequency by periods

rank	keyword (2006~2010)	keyword (2011~2015)	keyword (2016~2020)	keyword (2021~2025)
1	seaweed (100%)	seaweed (100%)	seaweed (100%)	seaweed (100%)
2	composition (45.45%)	composition (25.00%)	composition (38.24%)	composition (30.48%)
3	content (36.36%)	device (15.79%)	extract (15.44%)	extract (21.93%)
4	artificial (27.27%)	eco-friendly (15.79%)	construction (11.76%)	device (21.39%)
5	seedling (27.27%)	construction (14.47%)	device (11.76%)	active ingredient (8.56%)
6	marine forest (27.27%)	aquaculture (9.21%)	concrete (10.29%)	cosmetic (8.56%)
7	prevention (18.18%)	transplant (9.46%)	content (9.56%)	transplant (8.02%)
8	transplant (18.18%)	extract (9.21%)	edible (8.82%)	function (6.95%)
9	artificial reef (18.18%)	derived (6.58%)	rope (8.09%)	edible (6.95%)
10	extract (18.18%)	automatic (6.58%)	composite (8.09%)	content (6.95%)
11	treatment (18.18%)	concrete (6.58%)	active ingredient (8.09%)	fermentation (6.42%)
12	fucoxanthin (18.18%)	content (6.58%)	spore (6.62%)	eco-friendly (6.42%)
13	fixation (9.09%)	galactan (5.26%)	seedling (5.88%)	aquaculture (5.88%)
14	hyperlipidemia (9.09%)	hydrolysis (5.26%)	eco-friendly (5.88%)	skin (5.88%)
15	spore (9.09%)	removal (5.26%)	fermentation (5.15%)	sea forest (5.35%)
16	protection (9.09%)	cosmetic (5.26%)	aquaculture (5.15%)	derived (4.81%)
17	restoration (9.09%)	tobacco (3.95%)	derived (5.15%)	natural (4.81%)
18	decomposition solution (9.09%)	toxicity (3.95%)	prevention (4.41%)	improvement (4.28%)
19	block (9.09%)	bio (3.95%)	transplant (4.41%)	fixation (3.74%)
20	production (9.09%)	fermentation (3.95%)	treatment (4.41%)	composite (3.74%)
21	ecosystem (9.09%)	repair (3.95%)	enhancement (4.41%)	decomposition (3.74%)
22	hangover (9.09%)	water quality (3.95%)	mixing (4.41%)	antioxidant (3.74%)
23	reef (9.09%)	ascon (3.95%)	powder (3.68%)	processing (3.21%)
24	ethanol (9.09%)	seedling (3.95%)	production (3.68%)	installation (3.21%)
25	nutrition (9.09%)	evaluation (3.95%)	induction (3.68%)	product (3.21%)
26	beverage (9.09%)	spore (3.95%)	twine (3.68%)	health (2.67%)
27	sugar solution (9.09%)	pavement (3.95%)	natural (3.68%)	rope (2.67%)
28	low molecular (9.09%)	furfural (3.95%)	activity (3.68%)	prevention (2.67%)
29	fatty liver (9.09%)	stucture (2.7%)	bio (2.94%)	effect (2.67%)
30	epiphyte (9.09%)	artificial reef (2.7%)	cosmetic (2.94%)	removal (2.14%)

블루 이코노미 관점에서 우리나라 해조류 산업의 기술 동향에 관한 연구: 특허 기반 키워드 분석을 중심으로

<Table 2> Keyword co-occurrence nodes and frequency of period 1(2006~2010)

Node 1	Node 2	co-occurrence frequency
containing	seaweed	4
artificial	seeding	3
artificial	seaweed	3
seeding	seaweed	3
seaweed	marine forest	3
prevention	composition	2
prevention	extract	2
prevention	treatment	2
prevention	fucoxanthin	2
prevention	containing	2
prevention	seaweed	2
implanting	seaweed	2
artificial	artificial fishrock	2
artificial	creation	2
artificial	marine forest	2
artificial fishrock	seeding	2
artificial fishrock	seaweed	2
creation	seeding	2
creation	seaweed	2
creation	marine forest	2

<Table 3> Keyword co-occurrence nodes and frequency of period 2(2011~2015)

Node 1	Node 2	co-occurrence frequency
composition	seaweed	16
eco-friendly	seaweed	12
construction	composition	11
construction	eco-friendly	11
construction	seaweed	11
composition	eco-friendly	11
device	seaweed	10
implanting	seaweed	6
extract	seaweed	6
construction	concrete	5
farming	seaweed	5
composition	concrete	5
eco-friendly	concrete	5
concrete	seaweed	5
origin	seaweed	4
automatic	device	4
automatic	seaweed	4
containing	seaweed	4
seaweed	cosmetic	4
galactan	origin	3

(43회)부터 ‘양식·해조류’(10회)까지 17개의 공출현 키워드가 10회 이상 등장하였다. 이렇게 시기별로 점차 공출현 키워드 빈도가 높아질 뿐만 아니라 주요 공출현 키워드도 변화하는 양상을 보였는데, 즉 1기에서는 주요 공출현 키워드가 바다숲 등 생태계 조성과 함께 ‘예방’에 초점을 맞춘 특징적인 키워드들이 이슈화되었고, 2기에서는 ‘친환경’이란 키워드가 인공적 생태계 조성 및 양식 등과 이슈화되었으며, 3기에서는 일반적으로 식품 및 바이오와 관련된 키워드들이 이슈화되다가, 4기에서는 바이오 영역에 집중적으로 ‘추출물’과 ‘조성물’ 등의 키워드가 이슈화되었다. 이러한 변화 양상은 키워드 빈도 분석에서도 비슷하게 나타났지만, 우리나라 해조류 산업의 발달 방향이 점차 바이오 분야로 집중되고 있는 기

술적인 동향을 특히 데이터 기반의 키워드 네트워크 분석을 통해 확인할 수 있었다.

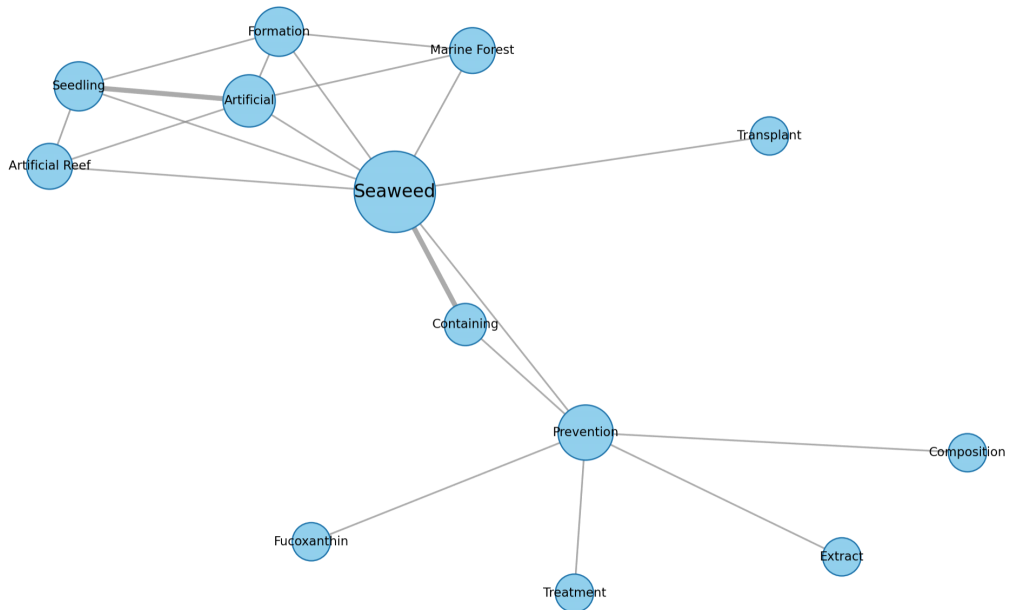
한편 연결 중심성(degree centrality)은 네트워크의 핵심 키워드들이 얼마나 많은 연결을 하고 있는가를 측정한 것으로, 연결 중심성 분석을 통해 네트워크 내에서 중요한 핵심 키워드가 무엇인지, 중심에 있는 핵심 키워드에 어느 정도 접근하고 있는지를 시각적으로 알 수 있다. 형태적으로 보면, 1기부터 3기까지의 경우는 핵심 키워드 간의 연결 상태가 전반적인 균형을 갖추지 못하고 부분적으로 치우치는 연결 상태를 보이다가, 4기에 들어서는 비교적 안정된 방사형의 중심 잡힌 연결 상태를 보였는데, 이것은 우리나라 해조류 산업이 기술적으로 진화하고 있는 것으로 해석할 수 있다(PhiLoSci Wiki, 2026).

<Table 4> Keyword co-occurrence nodes and frequency of period 3(2016~2020)

Node 1	Node 2	co-occurrence frequency
composition	seaweed	41
construction	seaweed	16
device	seaweed	16
construction	composition	15
extract	seaweed	15
composition	concrete	14
concrete	seaweed	14
containing	seaweed	13
construction	concrete	12
edible	seaweed	12
composition	extract	12
effect ingredient	seaweed	11
composition	containing	11
rope	seaweed	10
effect ingredient	composition	9
seeding	seaweed	8
extract	containing	8
eco-friendly	seaweed	8
compound	seaweed	7
construction	eco-friendly	7

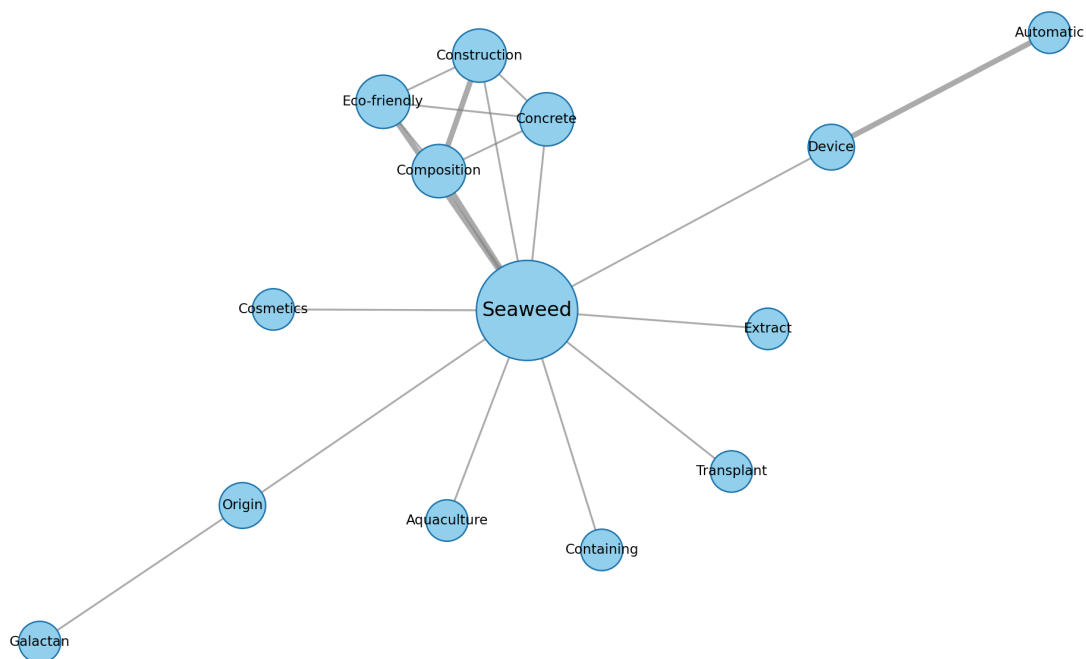
<Table 5> Keyword co-occurrence nodes and frequency of period 4(2021~2025)

Node 1	Node 2	co-occurrence frequency
composition	seaweed	43
device	seaweed	40
extract	seaweed	31
composition	extract	24
effect ingredient	seaweed	16
effect ingredient	composition	14
implanting	seaweed	14
composition	cosmetic	14
seaweed	cosmetic	14
edible	seaweed	13
containing	seaweed	13
eco-friendly	seaweed	12
function	seaweed	11
effect ingredient	extract	11
extract	cosmetic	11
sea forest	seaweed	10
farming	seaweed	10
origin	seaweed	9
natural	seaweed	9
improvement	seaweed	8

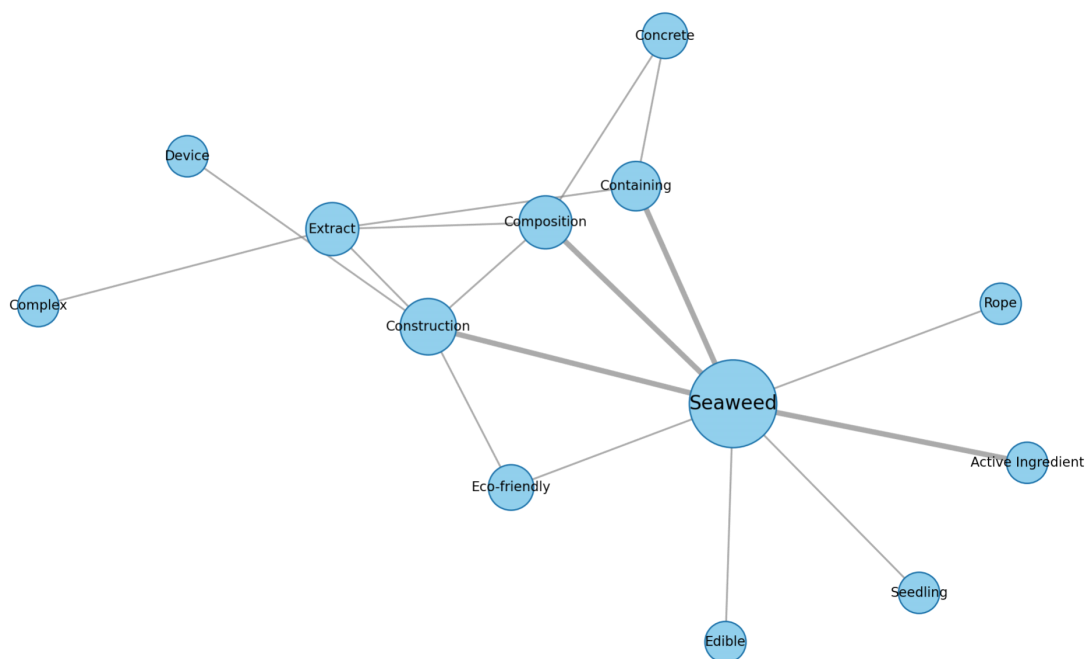


[Fig. 5] Keyword degree centrality of period 1(2006~2010).

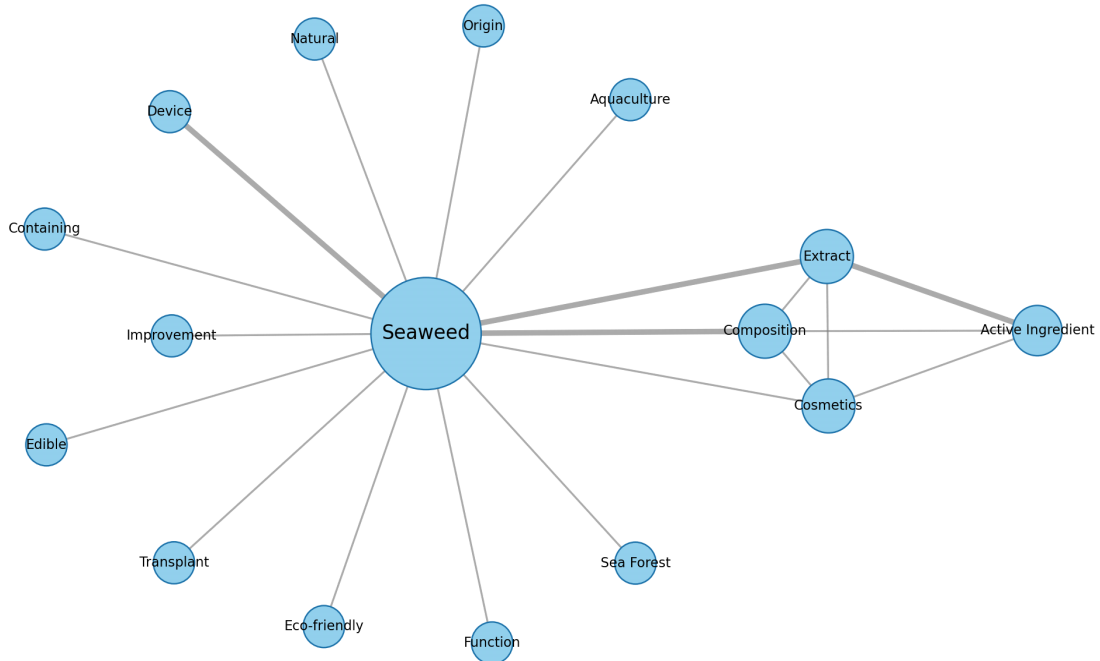
블루 이코노미 관점에서 우리나라 해조류 산업의 기술 동향에 관한 연구: 특히 기반 키워드 분석을 중심으로



[Fig. 6] Keyword degree centrality of period 2(2011~2015).



[Fig. 7] Keyword degree centrality of period 3(2016~2020).



[Fig. 8] Keyword degree centrality of period 4(2021~2025).

IV. 결론

최근 국제사회는 지속 가능한 해양 경제를 위해 블루 이코노미로 전환하고 있고, 블루 이코노미의 요건과 잘 부합하는 것이 해조류 산업이다. 우리나라는 국제적으로 주목받고 있는 해조류 산업의 대표적인 국가로서 특히 데이터 분석을 통한 기술 동향을 살펴보았다.

연구 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 특허 등록 건수와 출원인 수의 증가 양상을 고려하면 국내 해조류 관련 기술은 성장단계에 진입했을 가능성을 시사한다. 둘째, 시기별로 주요 키워드가 변화하는 양상을 보면, 우리나라 해조류 산업이 단순히 먹거리 생산에서 바이오 영역으로 변화한 것이 아니라, 인공적인 생태계 조성을 비롯하여 양식과 식품을 거쳐 바이오 영역까지 해조류 산업의 전반을 포괄하는 과정을 보여주고 있다. 이것을 블루 이코노미 관점에서 보면, 경제적인 측면과 함께 생태적인 측면을 포함하고 있는

바람직한 사례로서, 우리나라 해조류 산업의 특징이라고 할 수 있다. 셋째, 키워드 빈도와 마찬가지로 키워드 공출현 빈도도 점진적으로 높아지면서 시기별로 주요 공출현 키워드가 변화하는 양상을 보였는데, 우리나라 해조류 산업의 발달 방향이 점차 바이오 분야로 집중되고 있는 기술적인 동향을 특히 데이터 기반의 키워드 네트워크 분석을 통해 확인할 수 있었다. 또한, 연결 중심성 분석에서도 시기별로 바이오 방향으로 점차 안정된 연결 상태를 보이는 것을 시각적으로 확인했는데, 이것은 우리나라 해조류 산업이 기술적으로 진화하고 있음을 의미한다.

본 연구의 시사점은 다음과 같다. 첫째, 학문적으로는 선행 연구에서 다루지 못한 특허 데이터 기반의 분석으로 우리나라 해조류 산업의 기술 동향을 정량적으로 분석했다는 의미가 있다. 둘째, 정책적으로는 우리나라 해조류 산업이 상업적인 해조류 양식 기술뿐만 아니라 인공적인 해조류 생태계 조성 기술까지 개발하여 실행한 사

레는 블루 이코노미 관점에서 국제적으로 널리 공유할 필요가 있다. 또한 우리나라 해조류 산업의 양상 및 발전 방향을 고려하여 기술적 발전이 산업적 발전으로 이어지도록 지원책을 마련할 필요가 있다. 셋째, 본 연구는 우리나라 해조류 산업에 한정하여 특허 데이터 기반의 정량적 연구라는 다소 탐색적 성격을 띠고 있으나, 검색 범위에 개별적인 해조류 종류의 명칭을 포함하지 않은 한계를 지닌다. 후속 연구는 첫째, 본 연구의 한계를 넘어 특허 분석 데이터의 범위를 확장하고, 둘째, 바이오 영역에서의 국제적인 기술 동향 비교, 특히 World Bank가 분석한 추가적인 신시장 분야와 관련된 국내외 기술 동향을 비교할 필요가 있으며, 셋째, 다양한 특허 데이터 분석법을 교차적으로 적용해 볼 필요가 있다.

References

- Bae JH, Jung HY and Kim MJ(2015). Economic Feasibility and Impact Analysis on Energy Transformation Project of Macro-Algae Biomass. Korean Society for New and Renewable Energy, 11(2), 29~38.
- Cho JH and Lee HS(2011). A preliminary Study for Environmentally-friendly Application of Biofuel using Marine Biomass. Korea Environment Institute.
- Cho HJ, Kim CH and Sim SH(2025). A Study on Strategic Framework for Seaweed-Based Industrial Ecosystem Development. Korea Maritime Institute.
- Jang JI, Park KS and Kim JH(2016). Domestic marine bio Industrialization Trends and Policy Direction. Korea Maritime Institute.
- Kang JH and Kim WS(2019). Study on Industrialization Strategy for Efficient Reuse of Seaweed By-product. Journal of Fisheries Business Administration, 50(5), 1~9.
<http://dx.doi.org/10.12939/FBA.2019.50.4.001>
- Kang JS and Kim YB(2025). Analysis of HVDC Patent Technology Trends Using Keyword Network Analysis. Research on Technological Innovation, 33(2), 41~66.
<http://dx.doi.org/10.14386/SIME.2025.33.2.2>
- Kim BY(2013). Development and Industrialization of Material Modifiers for Soft Products Using Seaweed. Korea Institute for Advancement of Technology.
- Kim KS(2007). Feasibility Study on the Utilization of Algae for the Bio-Energy Production. Korea Institute of Industrial Technology.
- Kim SK(2022). Biofuel production and integrated utilization using seaweeds. Ministry of Science and ICT.
- Koo MS, Hwang HW and Jeon JH(2023). Analysis of Patent Trends of Electric Vehicle in Korea Using Network Analysis. Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society, 24(3), 13~23.
<http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.3.13>
- Lee SY(2024). Seaweed base effective material for Biohealthcare empirical support. KIMST magazine, 34, 14~15.
- Park EK(2011). Development and Industrialization of Functional Cosmetics Materials from Seaweed. Korea Institute of Marine Science & Technology promotion.
- Park EO(2024). Jeonnam's Tasks for Fostering the Seaweed Industry Ecosystem. Jeonnam Research Institute, JNI issue report, 29.
- Ryu JK, Cho JH and Kim DY(2009). Strategies to Industrialize the Algae Bio-business and Policy Direction. Korea Maritime Institute.
- Lim JH(2024). Understanding Technology Trends Using Keyword Network Analysis Method. Knowledgeworks, K-Insight, 2024(9), 1~8.
- Alamsjah, MA, Sulmartiwi L, Pursetyo KT, Amin MNG, Wardani KAK, and Arifianto MD(2017). Modifying bioproduct technology of Medium Density Fibreboard from the seaweed waste Kappaphycus alvarezii and Gracilaria verrucosa. Journal of the Indian Academy of Wood Science, 14, 32~45.
<https://doi.org/10.1007/s13196-017-0185-y>
- Berglund L, Nissilä T, Sivaraman D, Komulainen S, Telkki VV and Oksman K(2021). Seaweed-Derived Alginate—Cellulose Nanofiber Aerogel for Insulation Applications. ACS Applied Materials & Interfaces, 13(29), 34899~34909.
<https://doi.org/10.1021/acsami.1c07954>
- Costa M, Cardoso C, Afonso C, Bandarra NM and Prates JM(2021). Current knowledge and future

- perspectives of the use of seaweeds for livestock production and meat quality: a systematic review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 105(6), 1075~1102.
<https://doi.org/10.1111/jpn.13509>
- Guzman-Puyol S, Russo D, Penna I, Ceseracciu L, Palazon F, Scarpellini A, Cingolani R, Bertorelli R, Bayer IS, Heredia-Guerrero JA and Athanassiou A(2017). Facile production of seaweed-based biomaterials with antioxidant and anti-inflammatory activities. *Algal Research*, 27, 1~11.
<https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.08.015>
- Rajendran N, Puppala S, Raj MS, Angeeleena BR and Rajam C(2012). Seaweeds can be a new source for bioplastics. *Journal of Pharmacy Research*, 5(3), 1476~1479.
- Talreja S and Tiwari S(2024). Revelation the sea's secret: Seaweed's rise as a potent cosmetic ingredient. *International Journal of Biological and Pharmaceutical Sciences Archive*, 8(1), 69~78.
<https://doi.org/10.53771/ijbpsa.2024.8.1.0074>
- Wang H-M D, Chen CC, Huynh P and Chang JS(2015). Exploring the potential of using algae in cosmetics. *Bioresource Technology*, 184, 355~362.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.12.001>
- Nagaraj D, Clement J, Yoon K and Shen K(2024). Blue Foods Technology: Lessons Learned from Innovation in the Blue Foods Sector. Center for Ocean Solutions, Stanford.
- FIRA(2012). Marine Gardening Day White Paper.
- FIRA(n.d.). Marine Forest Achievement.
https://www.fira.or.kr/newfira/web/overview/overview04_01_03.jsp on July 31.
- KMA(2025). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Agreed on Outline Guidelines for Calculating New Carbon Absorbers. Retrieved from <https://www.kma.go.kr/kma/news/press.jsp?mode=view&num=1194562> on June 30.
- NASA(2021). Green Harvest in South Korean waters Retrieved from <https://earthobservatory.nasa.gov/images/148215/green-harvest-in-south-korean-waters> on May 25.
- OECD(2025). The Ocean Economy to 2050.
<https://doi.org/10.1787/a9096fb1-en>
- PhiLoSci Wiki(2026). Theory of Technological Evolution, Retrieved from.
https://zolaist.org/wiki/index.php/%EA%B8%B0%EC%88%A0_%EC%A7%84%ED%99%94%EB%A1%A0 on July 31.
- UN(n.d.). Diving into the blue economy, Retrieved from.
<https://www.un.org/en/desa/diving-blue-economy> on June 30.
- World Bank(2017a). The Potential of the Blue Economy.
- World Bank(2017b). What is the Blue Economy?. Retrieved from.
<https://www.worldbank.org/en/news/infographic/2017/06/06/blue-economy> on June 30.
- World Bank(2023). Global Seaweed New and Emerging Markets Report 2023.

-
- Received : 10 July, 2026
 - Revised : 03 August, 2026
 - Accepted : 11 August, 2026