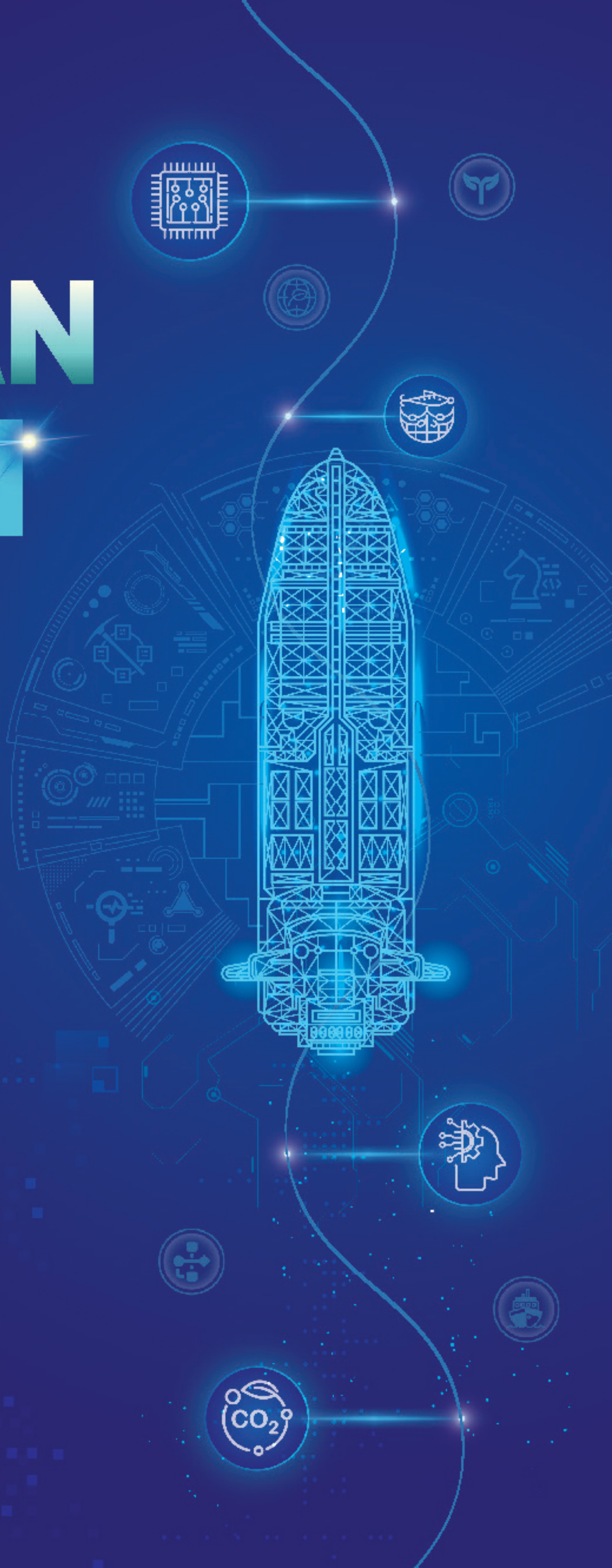


OCEAN TECH

오션테크 2025

바다의 미래를 만드는 신기술



OCEAN TECH

오션테크 2025

바다의 미래를 만드는 신기술

오션테크 2025

바다의 미래를 만드는 신기술

발행일 | 2025년 10월 28일

지은이 김건우 외
펴낸이 해양수산부·해양수산과학기술진흥원
펴낸곳 일파소

출판등록 2013년 10월 7일 제2013-000294호
주소 서울특별시 영등포구 영등포로 231-1, 3층 (07250)
전화 02-6437-9114 (대표)
e-mail info@ilpasso.co.kr

ISBN 979-11-94055-02-0 (93450)

OCEAN TECH

오션테크 2025

바다의 미래를 만드는 신기술

오션테크 2025 발간사

지금 세계는 끝없는 기술경쟁의 시대에 있습니다. 글로벌 기술경쟁이 심화됨에 따라 선도기업들은 혁신기술을 무기로 세계 시장에 대한 지배력을 높여가고 있습니다. 혁신기술을 보유한 기업만이 성장할 수 있고, 혁신기술을 확보한 국가만이 존립할 수 있는 시대가 열린 것입니다. 해양산업 또한 예외가 아닙니다. 디지털 확산, 친환경 전환, 인공지능(AI) 활용 등으로 대표되는 변화의 소용돌이 속에서 빠르게 진화하고 있습니다.

특히 해양 모빌리티, 스마트 블루푸드, 해양에너지 개발 분야에 AI가 접목되면서 지금껏 경험하지 못한 신기술이 탄생하고, 새로운 비즈니스 모델이 속속 등장하고 있습니다. 이제는 첨단기술을 보유한 기업만이 지속가능한 미래를 열 수 있는 시대가 되고 있습니다. 이러한 변화에 대응하여 미래 경쟁력을 확보하기 위해서는 혁신기술 도입, 글로벌 협력, 선도기업 육성이 무엇보다 절실합니다.

해양수산과학기술진흥원(KIMST)은 이러한 환경 속에서 우리 기업이 성장하고 도약할 수 있도록 다양한 연구개발과 사업지원을 추진하고 있습니다. 그러한 노력 중의 하나가 바로 「오션테크」입니다. 세계 각국의 혁신기술과 선도기업을 발굴해 그들의 전략과 성과를 분석하고 국내 기업들

이 벤치마킹할 수 있는 기회를 제공합니다. 또한 글로벌 혁신 기업과 국내 기업이 협력할 수 있도록 기술 비즈니스 미팅 등 매칭 프로그램도 마련하였습니다.

올해 「오션테크 2025」는 세 가지 주제를 중심으로 구성되었습니다.

제1장 「해양 모빌리티의 진화」에서는 자율운항선박과 원격운항센터를 선도하는 노르웨이의 마스터리(Masterly)를 중심으로 데이터 기반 선박 운항 최적화 기술, 무인 잠수정 운항 기술, 해양 레저 장비 혁신 사례 등을 다뤘습니다. 특히 마스터리는 세계 최초로 자율운항선박 전용 원격운항센터(ROC)를 설립해 항해의 안전성과 효율성을 동시에 끌어올렸습니다. 선박은 이제 단순한 운송수단을 넘어 디지털 해양 네트워크의 일부가 되었으며, 마스터리는 해상 물류의 미래를 바꾸는 혁신의 아이콘으로 부상했습니다.

제2장 「블루푸드테크의 미래」에서는 세계 최대의 연어 양식기업인 모위(Mowi)를 중심으로 AI 기반 수산물 자동 스캔 기술, 스마트 양식장 운영, 해조류 활용 바이오 산업 등 지속가능한 먹거리 혁신을 조명했습니다. 모위는 양식 과정을 AI와 빅데이터로 완전히 디지털화하여 글로벌 연어 시

장의 판도를 바꾸었으며, 단순한 양식 기업을 넘어 글로벌 식탁에 오르는 프리미엄 브랜드를 창출했습니다. 세계 연어 소비량의 20% 이상을 생산하는 모위는 블루푸드 산업의 절대 강자로 자리매김했습니다.

제3장 「해양, 넥스트 프런티어」에서는 해양풍력을 기반으로 그린수소를 생산하는 네덜란드의 포스하이돈(PosHYdon)을 살펴보고, 심해 자원 개발, 해양에너지·수산양식 복합기술, 공유경제 기반 요트·보트 플랫폼 등 미래 해양경제의 신모델을 분석했습니다. 포스하이돈은 해양풍력과 수소를 결합해 청정수소 생산을 실현함으로써 바다를 ‘그린 에너지의 심장’으로 전환시켰습니다.

「오션테크 2025」는 단순히 해외 혁신 사례를 소개하는 데 그치지 않고, 우리 기업이 이를 어떻게 전략적으로 활용할 수 있을지 구체적인 방안을 제시합니다. 글로벌 선도기업들의 성장 과정과 기술 활용을 면밀히 분석하여 국내 기업이 세계 시장에서 경쟁력을 확보하는 데 도움이 되는 실질적인 정보를 제공합니다.

KIMST는 앞으로도 해양수산 분야의 혁신기술과 선도기업을 지속적으로 발굴하여 우리 기업이 글로벌 무대에서 도약할 수 있는 기반을 마련하는 데 최선을 다하겠습니다. 또한 정부, 산업계, 연구기관 등과 긴밀히 협력하여 우리나라가 해양과학기술 혁신을 선도하는 국가로 발돋움할 수 있도록 모든 지원을 아끼지 않겠습니다.

이번 보고서를 위해서 세계 각국의 혁신기술과 선도기업의 동향을 조사하고 분석해 주신 집필진께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 하루가 다르게 변화하는 기술혁신의 시대를 살아가면서 「오션테크 2025」가 독자 여러분이 새로운 성장전략을 마련하는 데 좋은 길잡이가 될 수 있기를 기대합니다.

2025년 10월 28일
해양수산과학기술진흥원
원장 전재우

CONTENTS

4 발간사

전재우 원장 해양수산과학기술진흥원

1장

해양 모빌리티의 진화

16 자율운항선박 및 원격운항센터 개발 - 마스터리, 메구리2040

자율운항선박을 상용화하는 골든타임

조민철 팀장 한국해양교통안전공단

글로벌 동향과 전망
혁신기술 선도 사례
우리의 현황과 대응

38 인공지능(AI) 기반 물류 최적화 기술 - 어웨이크.AI

선박·항만·사람을 지능형 네트워크로 묶다

김세원 교수 세종대학교 AI로봇공학과

글로벌 동향과 전망
혁신기술 선도 기업
우리의 현황과 대응

58 해양·레저 장비 제조 및 혁신 기업 - 레이마린, 볼보펜타, 코덴, 마스터볼트코리아

시장 맞춤형 보트와
보트 엔진을 만드는 비결

신경수 사무총장 (사)해양레저장비산업협회

글로벌 동향과 전망
혁신기술 선도 기업
우리의 현황과 대응

92 자율 무인 해양 드론 전망 및 운영 기술 - 세일드론

원격 수상드론으로
새로운 시장을 만들다

김민규 박사 한국해양과학기술원

글로벌 동향과 전망
혁신기술 선도 사례
우리의 현황과 대응

2장

블루푸드테크의 미래

118 세계 최대 연어 양식 혁신 기업 - 모위

모위가 세계 연어 시장의 표준이 된 이유

윤지현 대표 아쿠아프로(주)

글로벌 동향과 전망

혁신기술 선도 기업

우리의 현황과 대응

144 AI 기반 수산물 자동 스캔 시스템 - 시푸드AI

계가 인공지능을 만났을 때 일어나는 일

이정필 부연구위원 한국해양수산개발원 수산연구본부

글로벌 동향과 전망

혁신기술 선도 사례

우리의 현황과 대응

164 스마트 수산 양식장 개발 및 운영 - 프록시마, 퓨어 새먼

바다에서 육지로,
스마트 양식장이 가는 길

박정준 박사 국립수산물과학원

글로벌 동향과 전망
혁신기술 선도 기업
우리의 현황과 대응

192 해조류 활용 기술 개발 및 상용화 - 오션베이스스

해조류 1kg에 들어 있는 비밀을 밝히다

천현철 대표 (주)에콜바이오

신현철 박사 한국 뉴욕주립대학교 분자기능연구소장

글로벌 동향과 전망
혁신기술 선도 기업
우리의 현황과 대응

212 사례 연구 - 블루푸드테크 스타트업 우마로 푸드

해조류로 비건 베이컨을 만들다

최재선 연구위원 (사)한국연안협회 이사, 법학박사

3장

해양,
넥스트
프런티어

222 심해 해양자원 개발기술 - GSR, JOGMEC, 임파서블메탈즈

자원 개발과 해양 보호,
그 갈림길에 서다

조수길 박사 선박해양플랜트연구소

글로벌 동향과 전망

혁신기술 선도 사례

우리의 현황과 대응

248 해양에너지·바이오·양식 복합기술 - 아쿠아윈드

전기도 생산하고,
물고기도 기르는 신기술

박경일 교수 군산대학교

글로벌 동향과 전망

혁신기술 선도 사례

우리의 현황과 대응

268 해양풍력 기반 그린수소 생산 기술 - 포스하이돈, 돌핀 하이드로젠 프로젝트

탄소 중립시대,
차세대 청정 에너지 솔루션

임창혁 박사 선박해양플랜트연구소

글로벌 동향과 전망
혁신기술 선도 사례
우리의 현황과 대응

294 요트/보트 공유 플랫폼 개발·운영 - 요트위크, 갯마이보트

두 스타트업의
해양 레저 비즈니스 모델

김건우 대표 요트탈래

글로벌 동향과 전망
혁신기술 선도 기업
우리의 현황과 대응

1장

영국 스타트업 딥(Deep)이 구상하는 미래 해저기지 상상도

출처: www.deeperblue.com



+

자율운항선박 및 원격운항센터 개발
노르웨이 마스터리, 일본 메구리2040
자율운항선박을 상용화하는
골든타임

+

인공지능(AI) 기반 물류 최적화 기술
핀란드 어웨이크, AI
선박·항만·사람을 지능형 네트워크로
묶다

해양 모빌리티의 진화

+

해양·레이저 장비 제조 및 혁신 기업
영국 레이마린, 스웨덴 볼보펜타, 아시아 코덴,
마스터볼트코리아
시장 맞춤형 보트와 보트 엔진을
만드는 비결

+

자율 무인 해양 드론 전망 및 운영 기술
미국 세일드론
원격 수상드론으로 새로운 시장을
만들다

1장


해양 모빌리티의 진화

자율운항선박 및 원격운항센터 개발

노르웨이 마스터리, 일본 메구리2040

자율운항선박을 상용화하는 골든타임

조민철 팀장
한국해양교통안전공단



전 세계적으로 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 빅데이터 등 첨단 해양 운항 기술이 발전함에 따라 자율운항선박(MASS)의 기술개발이 본격화되고 있다. 국제해사기구(IMO)에서도 자율운항선박 도입을 위한 국제협약(MASS Code)을 개발하고 있으며, 비강제 Code 채택과 경험축적기(EBP)를 거쳐 2032년 1월 1일 강제화할 계획이다. 이에, 노르웨이(MASSTERLY)와 일본(MEGURI2040) 등 주요국은 원격운항센터를 기반으로 자율운항선박 기술을 선도하고 있다. 원격운항센터(ROC) 기술개발에 대한 주요 해외 사례를 살펴보고, 우리나라 대응방안을 모색한다.

| 머리말 |

최근 전 세계적인 디지털 전환의 흐름 속에서 글로벌 해운·조선 산업에도 자율운항선박(Maritime Autonomous Surface Ship, 이하 MASS)의 실질적 도입을 위한 기술 및 제도 개발이 본격적으로 이뤄지고 있다. MASS는 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 빅데이터 등 첨단 해양 디지털 기술을 기반으로 선박이 스스로 상황을 인식하고, 자율 또는 원격으로 운항이 가능한 선박을 의미한다.

국제해사기구(IMO)에서도 MASS를 인간의 개입 없이 독립적으로 운항하거나 최소한의 개입으로 자율 및 원격으로 제어되는 선박으로 정의하고 있으며, 이러한 MASS 개발을 위해 다양한 기술개발과 실증사업이 전

세계적으로 활발히 진행 중이다. 이러한 첨단 시스템으로 설계된 MASS의 등장은 해양사고 예방 및 선원 부족 문제 해결, 물류 효율화 등 선박 안전·운용 측면에서 다양한 이점을 가져올 것으로 기대된다.

특히 해양수산부 중앙해양안전심판원 통계에 따르면, 해양사고의 80% 이상이 인적 과실에 기인하는 것으로 나타나고 있어, 자율운항 기술의 도입은 이러한 인간의 실수를 최소화하여 사고의 위험을 줄일 수 있을 것이다. 또한 전 세계적으로 선원의 고령화 및 젊은 해기사 부족 현상이 이슈이므로, 선박의 원격운항 및 무인화 기술은 미래의 선원 부족에 대한 방안으로 주목받고 있다. 나아가 최적 항로 및 에너지 자율관리 기술을 통해 연료비 절감, 온실가스 배출 감소, 운용 인건비 절감 등의 선박 운항의 전반적인 효율성도 향상될 것으로 기대된다.

이러한 배경에서 MASS 운용에 있어 중요한 요소로 고려되는 육상에서 선박을 모니터링·제어하는 원격운항센터(ROC) 기술개발 동향을 살펴본다. 특히, 원격운항센터 기술을 선도하고 있는 노르웨이 마스터리(MASSTERLY)와 일본 메구리2040(MEGURI2040) 프로젝트의 사례를 중심으로 국제적인 최신 기술 흐름을 분석하고, 이를 바탕으로 우리나라의 현황과 향후 발전 방향에 대해 고찰한다.

| 글로벌 동향과 전망 |

자율운항선박(MASS) 글로벌 시장은 2030년까지 연평균 9.6%의 고성장이 전망되며, 핵심 기술로 AI, IoT, 센서, 초고속 통신망 등이 주목받고 있다. 노르웨이, 일본, 핀란드, 중국 등은 자율운항 실증 및 원격운항센터(ROC)

구축을 활발히 진행하고 있으며, 국제해사기구는 자율항해시스템 및 원격운항센터를 포함한 국제기준인 MASS Code를 2026년 비강제 채택, 2032년 강제 발효를 목표로 개발 중이다. 그리고 기술발전과 함께 사이버보안, 통신 네트워크, 법적 책임 등 복합적인 이슈에 대한 대응과 이를 위한 기술·제도·인력 측면에서 종합적인 준비가 필요하다.

글로벌 시장 전망

전 세계 해운업계는 자율운항선박 시장의 빠른 성장을 예고했다. 미국의 글로벌 시장조사 및 컨설팅 기관인 MarketsandMarkets 리포트에 따르면, 2022년 약 39억 달러 규모였던 세계 자율운항선박 시장은 연평균 9.6%의 성장률을 기록하며 2030년까지 82억 달러 이상으로 두 배 이상 확대될 것으로 전망된다. 이러한 성장은 사물인터넷(IoT)을 포함한 센서 융합기술의 발전, 인공지능(AI) 및 데이터 분석 기술의 고도화, 선박 운항을 위한 첨단 하드웨어·소프트웨어의 통합, 초고속 광대역 통신망의 구축 등 기술적 진보에 기반하고 있는 것으로 분석하고 있다.

특히, 해상과 육상을 실시간으로 연결하는 원격운항센터(ROC)는 선박의 상태를 항시 파악하고 원격제어를 가능하게 하여 사고 예방과 운항 효율화를 실현하는 핵심 인프라로 주목받고 있다. 실제로 시장조사 보고서에서도 광대역 통신 기반의 원격운항센터 구축이 자율운항선박 시장 성장을 견인하는 주요 요인으로 언급되고 있다.

향후 자율운항 기술의 성숙도 제고와 관련 비용의 지속적인 절감이 이어질 경우, 민간 상선은 물론 군용·특수 선박 분야까지 MASS 기술의 적용이 본격화되면서 글로벌 시장은 장기적으로 지속적인 확장세를 보일 것으로 전망된다.

국외 주요기술 동향

유럽과 아시아를 중심으로 자율운항선박의 기술개발과 실증이 활발하게 이루어지고 있다. 유럽은 해운 강국답게 초기부터 전문기업과 정부 간 협력을 통해 다양한 프로젝트를 추진해왔으며, 이러한 프로젝트를 통해 글로벌 기술 경쟁에서 우위를 점하고 있다. EU는 2012년부터 ‘MUNIN 프로젝트’ 등을 통해 자율운항선박의 기술적·경제적 타당성을 선제적으로 검토하였으며, 이를 통해 노르웨이의 콩스버그(Kongsberg), 영국의 롤스로이스 마린(Rolls-Royce Marine), 핀란드의 바르질라(Wärtsilä), 스위스의 ABB 등 유럽 주요 기업들이 관련 기술과 솔루션 분야에서 주도권을 확보하고 있다. 특히, 2018년에는 핀란드에서 세계 최초로 완전 자율운항 여객선인 ‘팔코(Falco)’가 약 80명의 승객을 태우고 실험항 시범 운항에 성공하며 큰 주목을 받았다.

한편, 일본은 Nippon재단을 중심으로 해운업계, 조선업계, 전자·통신 기업, 연구기관 등 민관 협력 체계를 구축하여 ‘메구리(MEGURI)2040’ 등 국가 주도 프로그램을 추진 중이다. 이 프로젝트는 2040년까지 일본 내 선박의 50% 이상을 자율운항화한다는 목표 아래, 2020~2022년 1단계 실증(Stage 1)에서 여객선, 화물선, 로로선 등을 활용한 6건의 자율운항 시험을 성공적으로 수행했으며, 현재는 기술 고도화 및 상용화를 위한 2단계(Stage 2)로 진입한 상태이다.

이처럼 유럽과 일본은 산·학·연·관의 유기적인 협력을 바탕으로 자율운항 기술개발을 선도하고 있으며, 중국도 정부 주도의 대형 시범사업을 통해 MASS 기술 확보에 적극적으로 나서는 등 국제적 경쟁이 격화되고 있다. 이러한 글로벌 기술개발 동향 속에서 원격운항센터(ROC) 기술은 자율운항 구현의 핵심 인프라로 부상하고 있다. 각국은 다수의 자율선박

국가별 자율운항선박 기술개발 현황



노르웨이(Yara Birkeland 호)

민간기업에서 연안 화물 운송을 중심으로 최초 자율운항선박 개발 등 선도적 기술노하우 축적('23.~)



핀란드(Falco 호)

핀란드 해역에서 세계 최초 선원의 개입 없이 시스템을 통한 완전 자율 페리운항 시연('18.~)



독일(Wavelab 호)

자율운항전용 연구선 MV Wavelab호를 통해 원격제어 및 반자율운항 실증시험 수행 중('23.~)



벨기에(Zulu 4호)

내륙 수로 바지선인 Zulu 4호를 통해 충돌회피, 자율제어 등 자율 및 원격제어 기능 실증시험 수행('23.~)



중국(Brinav 호)

정부 주도로 기술개발 및 실증 환경을 조성하고 있으며, 최초 자율항해시스템을 탑재한 컨테이너선(300TEU) 운항 중 ('22.4.~)



일본(SOLIEL 호)

정부 주도의 MEGURI2040 프로젝트를 통해 컨테이너선, 여객선 등 다양한 선박을 활용하여 실증 중('20.~)

출처: 해양수산부 IMO MASS 국제표준화 대응전략

을 동시에 모니터링하고 필요 시 원격 제어할 수 있는 첨단 ROC 시스템을 구축하고 있으며, 노르웨이, 일본, 핀란드, 중국 등 주요국에서 실제 운영을 본격화하고 있다.

국제표준화 동향

자율운항선박(MASS)의 기술개발 및 활성화를 촉진하기 위해, 국제기구와 각국 정부는 제도적 기반 마련에 적극 나서고 있으며, 국제해사기구(IMO)는 자율운항선박의 안전한 운용을 위한 국제기준인 MASS Code를 단계적으로 개발하고 있다.

우선, 2015년 제95차 해사안전위원회(MSC) 회의에서 영국이 자국의 자율운항 관련 이니셔티브를 담은 정보를 제출하면서, 자율운항선박을 국제협약 체계에서 어떻게 다룰지에 대한 논의의 필요성이 공식적으로 제기되었다. 이후 2017년 제98차 MSC에서는 우리나라를 비롯한 미국, 영국 등 주요 회원국이 공동으로 제출한 문서를 바탕으로, 자율운항선박의 도입이 기존 IMO 협약에 미치는 영향을 분석하기 위한 규정식별작업(Regulatory Scoping Exercise; RSE)이 신규 의제로 채택되었고, 이를 계기로 국제적 논의가 본격적으로 시작되었다.

2022년 제105차 해사안전위원회(MSC) 회의에서는 RSE 결과를 기반으로 MASS Code의 실질적 개발이 시작되었으며, 2025년 제110차 회의에서 기술적 검토가 완료되면서 안전기준 마련이 사실상 마무리되었다. 이후 2026년 5월에 예정된 제111차 MSC 회의에서 비강제 MASS Code가 채택될 것으로 예상되며, 동시에 경험축적기(Experience Building Phase; EBP) 운영을 위한 제도적 체계도 함께 마련될 예정이다.

국제해사기구는 2028년부터 경험축적기(EBP) 운영 결과 및 관련 전

문위원회의 검토사항을 기반으로 강제 MASS Code 개발에 착수하여, 2028~2030년 사이 강제 Code를 개발하고, 2030년 7월에 개최되는 MSC에서 채택, 2032년 1월 1일 발효를 목표로 작업을 진행할 예정이다.

MASS Code는 SOLAS 등 기존 협약을 보완하는 국제안전기준으로, 자율운항선박의 안전한 운항을 위한 자율항해시스템 및 원격제어 등 신기술 도입과 통합을 지원하고, 각국이 일관된 기준을 적용할 수 있도록 하는데 그 의의가 있다. 그리고 MASS Code는 선박이 달성해야 하는 목표를 설정하고, 이를 달성하기 위한 다양한 기능요건을 유연하게 적용할 수 있도록 목표기반기준(Goal-Based Standards: GBS) 구조로 개발되고 있다. 적용 대상은 SOLAS가 적용되는 총톤수 500톤 이상 자율 또는 원격운항 기능을 갖춘 화물선이며, 원격운항센터(ROC)도 포함된다.

아울러, ISO, IEC 등 주요 국제표준화기구들도 IMO와 연계하여 산업계 및 실증 중심의 기술표준 개발을 본격화하고 있으며, 각국 주요 선진국에서도 관련 가이드라인 제정 및 실증사업 승인을 통해 기술 적용을 지원하고 있다. 예를 들어, 노르웨이는 자국 해역에서 자율운항선박 운항을 위한 안전성 평가 및 승인 절차를 수립하고, 세계 최초의 무인 자율운항선박 운항을 허가하는 등 선도적 대응을 하고 있다.

이처럼 국제표준 및 국내 법·제도 정비가 병행됨에 따라 향후 자율운항선박의 국제항해, 보험, 법적 책임 등 다양한 새로운 이슈들이 제시되고 다루어질 것으로 예상된다. 이에, 각국의 법제도 준비 속도와 국제기준 간의 차이가 상용화 시점에 영향을 미칠 수 있으므로, 국제협력을 통한 조화로운 표준화 작업이 무엇보다 중요하다.

전망 및 과제

자율운항선박(MASS)의 시대는 더 이상 가능성의 영역이 아니라 시간의 문제일 뿐이며, 가까운 미래에 현실화될 것으로 전망된다. 다만, 그 전환 속도와 범위에는 여러 요인이 영향을 미칠 것으로 보인다. 특히 기술 측면에서는 AI, 센서, 알고리즘의 신뢰성, 사이버보안 및 통신 안정성 확보 등이 선결되어야 하는 과제로 판단된다.

육상 원격운항센터(ROC)의 경우, 다수 선박의 데이터를 통합·분석하고 실시간 대응하는 능력이 필수적인 만큼, 인공지능 기반의 상황 인식 및 의사결정 기술 고도화, 위성통신을 포함한 연결성 확보, 사이버 공격 등에 대비한 보안체계 구축 등이 핵심과제이다.

또한, 인력 측면에서도 선박이 완전 자율화되더라도 육상에서 선박을 모니터링하고 제어하는 역할의 중요성은 오히려 증대될 것이다. 기존 해기사들이 원격운항센터(ROC)에서 다수 선박을 효과적으로 운영할 수 있도록 전문인력 양성 및 훈련 프로그램 마련이 요구되는 이유이다. 아울러, 자율운항 기술 초기에는 시스템의 의사결정에 대한 법적 책임 소재, 사고 발생 시 보험 처리, 윤리적 판단 기준 등에 대한 논의가 불가피할 것으로 보이며, 이를 위해 명확한 기준 수립과 사회적 합의가 선행되어야 한다.

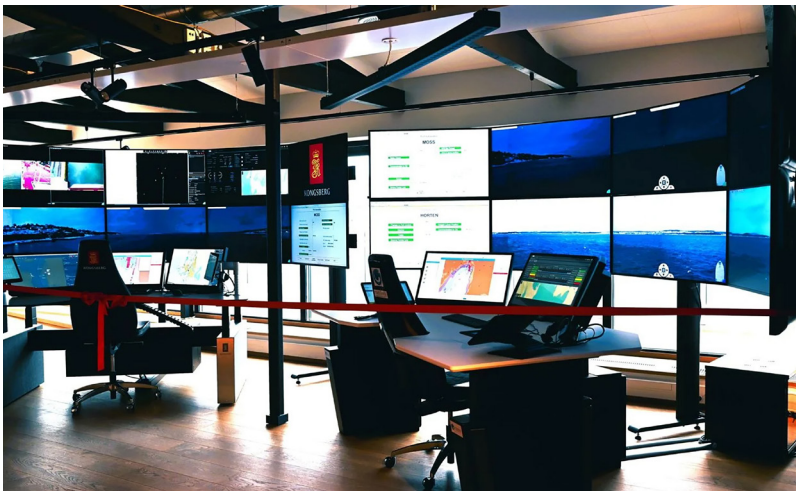
끝으로 경제성은 자율운항선박의 상용화를 위한 중요한 사항으로 평가되고 있다. 기술 도입에 따른 비용 대비 편익이 명확히 입증되어야 하며, 연료비 절감, 인건비 절약, 사고비용 감소 등의 운영 효율성의 확보가 필수적이다. 아울러, 글로벌 탄소배출 규제와 맞물려 자율운항선박 기술은 해운업계의 새로운 패러다임으로 확고히 자리 잡을 것으로 기대된다. 다만 이러한 변화를 현실화하기 위해서는 기술개발, 전문인력 양성, 제도 정비 등 종합적인 준비가 함께 이루어져야 한다.

| 혁신기술 선도 사례 |

원격운항센터(ROC) 기술을 선도하고 있는 노르웨이 마스터리(MASSTERLY)와 일본 메구리(MEGURI2040) 프로젝트에 대한 기술 동향과 실증 등을 통해 선도기술 사례를 살펴본다.

노르웨이 마스터리의 원격운항센터(ROC)

노르웨이의 마스터리(MASSTERLY)는 세계 최초로 원격·자율운항 선박 운영에 특화된 선사로, 2018년 콩스버그(Kongsberg) 해양과 글로벌 해운 물류기업 윌헬름슨(Wilhelmsen)이 합작으로 설립하였다. MASSTERLY는 설립 이후 약 6년간 여러 실증 프로젝트를 통해 역량을 축적했으며, 2024년 3월에 호르텐(Horten)에 최신식 원격운항센터(ROC)를 공식적으로 개소하였다.



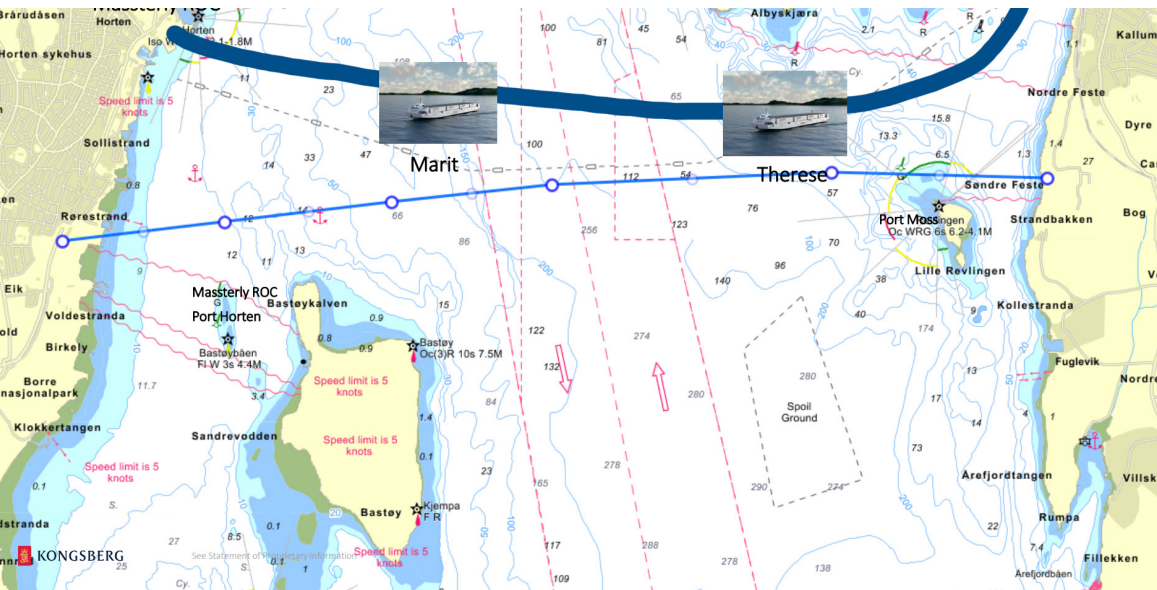
노르웨이 Horten, 마스터리 원격운항센터(ROC)

출처: www.wilhelmsen.com



아스코(ASKO) 마리트

출처: <https://asko.no/kontakt-oss/vare-asko-selskap/asko-maritime-as/>





세계 첫 자율운항선 '야라 버클랜드'

출처: <https://www.yara.com/>

이 원격운항센터(ROC)는 다수의 무인 선박을 동시에 모니터링하고 제어할 수 있는 최첨단 통합 관제실로서 항해 상태 감시, 기관 및 배터리 원격관리, 안전 모니터링까지 수행한다. 현재 마스터리가 관제하는 대표 선박으로는 세계 최초의 완전 전기·자율 컨테이너선 야라 버클랜드(Yara Birkeland)와 노르웨이 유통회사 아스코(ASKO)의 무인 전기 로로선 MS 마리트(Marit), MS 테레세(Therese) 등이 있다.

야라 버클랜드는 길이 80m급(120TEU) 전기 컨테이너선으로, 연간 디젤 트럭 4만 대분의 육상운송을 대체하여 탄소배출을 절감할 것으로 주목받았다. 또한 아스코의 자율 로로선 2척은 매일 오슬로 피요르드 양안을 오

◀아스코(ASKO) 마리트 및 테레세의 운항항로

출처: 2025년 IMO-노르웨이 MASS 심포지움 Kongsbergs 발표자료

가며 물류창고 간 화물을 운송하는 용도로 개발되었다. 이 같은 선박이 상업용으로 투입되면 연간 200만km에 달하는 트럭운송을 해상운송으로 전환하여 약 5천 톤의 이산화탄소(CO₂)를 감축하는 효과를 낼 것으로 기대된다.

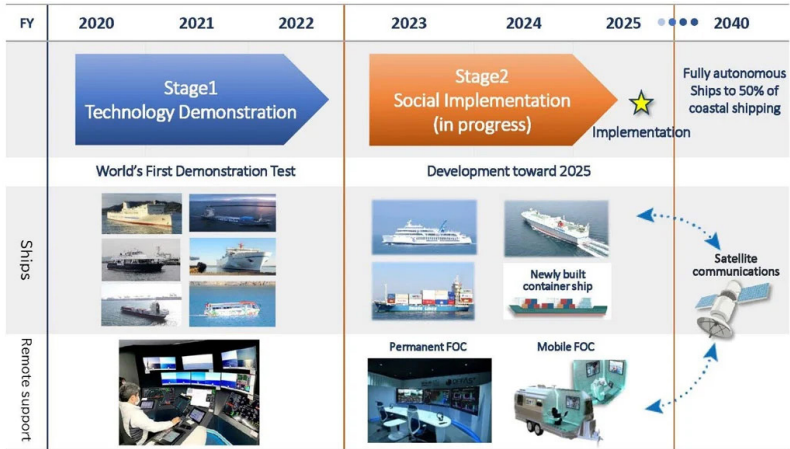
마스터리는 이들 선박에 콩스버그의 자율운항 기술과 원격제어 시스템을 탑재하고, 자사 원격운항센터(ROC)에서 선박의 항로감시, 충돌회피, 상태진단 등을 종합적으로 관리한다. 초기 운항 단계에서는 안전을 위해 소수의 선원이 승선하지만, 시스템 안정성이 입증되면 완전 무인운항으로 전환할 계획이다. 이를 통해 마스터리는 세계 최초로 원격운항센터에서 상업용 무인 선박을 운영하는 선박관리회사가 되었으며, 짧은 연안항로부터 자율운항을 현실화함으로써 안전하고 친환경적인 해상 물류의 새로운 장을 열고 있다고 평가받고 있다.

이러한 마스터리는 원격운항센터(ROC)의 개소를 통해 노르웨이를 해양 디지털 혁신의 선두 주자로 부각시켰으며, 향후 이 원격운항센터를 거점으로 더욱 많은 자율운항선박의 상용 운영을 지원하여 글로벌 시장을 선도한다는 목표를 가지고 있다.

일본의 메구리2040 프로젝트 선대운항센터

일본은 메구리(MEGURI)2040이라는 대형 프로젝트를 통해 완전 자율운항선박의 실용화를 추진하고 있다. 이 프로그램은 일본 해운업계의 인력난과 해양사고 문제를 해결하고자 일본 재단(Nippon Foundation)이 2020년에 시작했다. 2040년까지 일본 국내 선박의 50%를 자율운항화한다는 장기적인 비전을 가지고 있다.

메구리2040 프로젝트에서는 민간 해운·조선기업, 전자 통신 기업, 연



일본 메구리2040 로드맵

출처: The Nippon Foundation News

구기관 등 30여 개 업체로 구성된 5개 컨소시엄이 협력하여 기술개발과 실증을 수행하고 있다. 2020~2022년의 1단계(Stage 1)에서는 도쿄만 등 혼잡해역에서 대형 컨테이너선, 로로선, 여객선 등 6척의 자율운항 시험을 성공적으로 마쳤다. 이 과정에서 장거리(왕복 790km) 완전 자율항해, 복잡한 항로에서의 충돌회피, 자동 접·이안 기술 등이 세계 최초 수준으로 검증되었다고 평가되고 있다. 현재 진행 중인 2단계(Stage 2)에서는 약 53개 업체가 참여하고 있다. 현재 4척의 선박을 활용하여 2025년까지 다수 선박에 대한 자율운항을 시연하고, Stage 1에서 확인된 충돌회피 알고리즘 개선과 완전 무인운항 안정화를 중점적으로 개발하고 있다.

특히, 2024년 7월에는 메구리2040 프로젝트의 핵심 인프라인 육상 선대운항센터(Fleet Operation Center; FOC)가 세계 최초로 다수의 자율선박 동시관제를 지원하는 형태로 완공되었다. 이 센터는 일본 효고현 니시노미야



일본 선대운항센터(Fleet Operation Center)의 기능

출처: The Nippon Foundation News

시에 있는 후루노 전기 본사 내에 구축되었다. 한 명의 원격운항자(Remote Operator; RO)가 최대 4척의 자율운항선박을 동시에 모니터링하며, 필요한 경우 원격 지원할 수 있는 시스템을 갖추고 있다.

이러한 다중으로 제어가 가능한 선대운항센터(FOC)는 세계 최초의 사례로서, 2025년부터 본격적인 실증이 이루어지고 있다. 선대운항센터에서는 개별 선박의 항해 상황, 엔진 상태, 주변 해상교통 정보를 실시간으로 표시하고, AI 기반의 이상징후 감지, 원격 긴급정지 명령 등의 기능을 제공하고 있다.

이는 완전 자율운항체계의 육상 기반 핵심 인프라로서, 선박에 탑재된 자율항해시스템 및 위성통신망을 통한 데이터 연계를 통해 선박과 육상 간 통합·운영을 가능하게 한다. 나아가 2024년 하반기에는 이동식 선대

운항센터(모바일 센터)도 추가로 구축하여, 향후 재해 등 유사시 예비 관제센터로 활용할 계획이다.

일본 정부와 업계는 이러한 기술이 선원 부족, 연안 해운망 유지 등 구조적 문제를 해결하고, 장기적으로 해상물류 경쟁력 강화에 기여할 것으로 기대된다. 실제로 일본은 2024년부터 육상화물 트럭운송의 운전시간 제한 강화로 인한 물류대란에 대비해 해상운송 전환을 적극 추진하고 있다. 자율운항선박은 인력 최소화를 통한 운영 비용 절감과 필요할 때 빠르게 선박을 투입할 수 있다는 점에서 효과적인 대안으로 평가받고 있다.

메구리2040 프로젝트는 이 같은 성과를 기반으로, 2025년 실증 완료 후 민간 주도로 연안 항로를 중심으로 상용 자율운항 서비스를 개시하는 한편, 점차 적용 범위를 확대해나간다는 계획이다. 궁극적으로 2040년까지 일본 연안 물동량의 상당 부분을 자율운항선박으로 운송함으로써 해운산업의 디지털 전환과 해상물류 안전성 향상을 실현하는 것을 목표로 한다.

| 우리의 현황과 대응 |

국내 현황

우리나라는 세계적 조선·해운 강국으로서 자율운항선박 기술 경쟁에 적극 참여하고 있다. 2020년부터 산업통상자원부와 해양수산부가 공동으로 추진한 자율운항선박 기술개발사업을 통해 ① 지능형 항해시스템, ② 기관자동화시스템, ③ 선박-육상 통신시스템, ④ 육상 운용·관제시스템 등 핵심 기술 모듈 개발이 진행되었다. 이 사업에는 국내 해양기자재



자율운항시스템 하이нас 2.0을 탑재하여 대양횡단을 마친 프리즘 커리지호

출처: <https://www.economidaily.com/view/2022060215580125>

업체, 연구기관들이 참여하여 25m급 실증선 및 원양 운항 선박을 활용한 단계적 시험을 수행하고 있다. 또한 울산에 자율운항선박 성능실증센터를 구축하여 개발 기술의 통합 성능을 검증하고, 국제표준화에도 선제적으로 대응하고 있다.

민간차원에서도 자율운항선박 기술의 상용화가 활발히 진행되고 있다. 2022년 6월에는 HD현대의 자회사 아비쿠스(Avikus)가 대형 LNG 운반선 프리즘 커리지(Prism Courage) 호에 자율운항시스템 하이нас(HINAS 2.0)를



탑재하여 세계 최초로 대형 선박의 대양횡단 부분 자율운항을 성공적으로 수행하였다. 이 선박은 미국을 출항해 약 33일간 1만km 이상 항해했으며, 전체 항해 거리 중 절반 이상을 AI 기반 자율모드로 운항하였다. 이 과정에서 AI가 최적 항로와 속도를 스스로 결정하고, 주변 선박과의 충돌을 100회 이상 회피하는 데 성공하였다. 결과적으로 연료 소비는 약 7%, 온실가스 배출은 약 5% 저감되어 자율운항 기술의 경제성과 환경적 효과를 입증하였다.

국내 산업계 자율운항선박 기술개발 최신 현황

HD현대
(8,000TEU 컨테이너선,
만사니요 브릿지)



삼성중공업
(자율운항 연구 선박,
SHIFT-Auto)



한화오션
(전용시험선, 단비)



출처: 해양수산부 IMO MASS 국제표준화 대응전략

아비커스는 이 기술을 바탕으로 세계 최초로 Level 2 자율운항 솔루션의 상용 수주에도 성공하였으며, SK해운과의 계약을 통해 대형 상선에 HiNAS 2.0을 공급하고 있다. 또한, HD현대에서는 장금상선의 8,000TEU 컨테이너선에 자율운항 및 원격제어 시스템을 적용하여, 분당 및 울산의 원격운항센터(ROC)에서 원격제어 기술 실증을 수행하였다.

삼성중공업은 자체 개발한 SAS(Samsung Autonomous Ship) 시스템을 2020년 시험선에 적용하여, 300톤급 예인선이 반경 1km 이내의 장애물을 스스로 탐지·회피하고 5km 떨어진 목적지까지 자율 항해하는 데 성공하였다. 또한 동일 시험선 2척을 활용하여 자율운항선 간 충돌회피 시연에도

세계 최초로 성공함으로써 복수 선박 간 자율운항 가능성을 입증하였다. 2023년에는 1,500TEU 컨테이너선에 자율항해시스템을 탑재하여 제주도에서 타이완의 카오슝 항로(약 1,500km)를 대상으로 자율운항 기술에 대해 국제적 실증을 수행하고, 2024년 11월에는 원격운항센터(ROC)에서 실시간 원격제어가 가능한 연구선(SHIFT-Auto) 실증에 성공하였다.

한화오션은 2021년 자율운항 시험선 DAN-V^(단비) 호를 진수하고, 중강현실 기반 항해모니터링, 원격조종 등 관련 기술 실증을 마치는 등 단계별 테스트를 진행하고 있다. 2022년에는 단비 호를 활용해 시화호~영종도 항로를 자율운항하며 충돌회피 성능을 실증하였으며, 2030년까지 완전 자율운항 기술 확보를 목표로 개발을 지속 추진하고 있다.

이처럼 국내 주요 조선 3사는 각 사 고유의 스마트십 플랫폼에 자율운항 기술을 통합하고 있으며, 국제 기술표준화 경쟁에서도 주도권 확보를 위한 전략적 노력을 이어가고 있다.

대응 방안

우리나라 정부는 자율운항선박 시대에 선제적으로 대응하기 위해 제도적 기반 마련에 박차를 가하고 있다. 2023년 12월에는 세계 최초로 자율운항선박 개발 및 상용화 촉진에 관한 법률(자율운항선박법)을 제정하였으며, 2025년 1월부터 본격적으로 시행하고 있다. 이 법은 자율운항선박의 연구개발, 테스트, 상용화 지원을 위한 법적 근거를 마련하고, 관련 실증을 위한 운항승인 특례(규제 샌드박스)와 보험·책임 등에 대한 제도적 방안을 포함하고 있다.

법률 시행에 맞춰 해양수산부와 산업통상자원부는 공동으로 자율운항선박 정책위원회를 구성하여 산·학·연·관 대표자 13명이 참여하는 민

관 협력 거버넌스를 구축하였다. 2025년 4월 열린 제1차 정책위원회에서는 향후 10년간의 자율운항선박 기술개발 로드맵 수립, 해운물류 체계 전환 전략, 전문인력 양성 방안, 국제표준화 대응계획 등이 종합적으로 논의되었다. 이러한 정책적 지원에 발맞춰, 국내 해운·조선업계도 디지털 해운 인프라 구축과 인재 양성에 힘쓰고 있다. 부산 및 목포 등 관련 해양교육기관에서는 원격운항 선박 시뮬레이션 센터와 자율운항시험 센터가 개소되어 차세대 해기사가 가상환경에서 원격운항을 훈련하고 관련 기술을 실습할 수 있는 기반이 조성되고 있다.

또한, 관련 해양교육기관에서는 해양 인공지능(AI), 스마트 해사법규 등 새로운 커리큘럼으로 미래 선원 및 원격운항 인력을 양성할 계획을 가지고 있다. 아울러, 기존 해기사가 향후 원격운항자로 전환할 수 있도록 맞춤형 교육과 훈련 프로그램도 함께 마련 중이다. 자율운항 기술이 아직 초기 단계에 있는 만큼, 기술 결함이나 사고 발생에 대비한 보험 체계 및 책임 기준 정립도 중요하다. 정부는 관련 법령을 통해 자율운항선박의 검사·인증 기준을 수립하고, 시험 운항 단계에서의 책임 소재 명확화와 위험 관리 가이드라인 마련을 추진하고 있다.

전반적으로 우리나라는 기술개발과 제도 마련을 병행하며 자율운항 및 원격운항 시대를 준비하고 있다. 다만 선진국들에 비해 자율운항선박 기술개발 측면에서 정부와 민간 기업의 협업 시스템이 미흡하여, 개별적인 개발이 전개되어 왔다는 문제가 지적되고 있다. 이에 따라 정부, 산업계, 학계, 연구기관이 함께 참여하는 민관 협력 기반의 대응체계를 강화하고, ISO, IEC, ITU, IHO, IALA 등 해양 관련 주요 국제표준기구에 대한 전문 대응 역량을 체계적으로 강화할 필요가 있다.

향후 비강제 MASS Code의 개발이 마무리되고, 강제 Code 개발이 본

격화되는 지금이야말로, 자율운항선박 기술의 상용화 및 표준화의 골든 타임이라고 할 수 있다. 정부의 지속적인 지원과 민간의 기술 혁신, 긴밀한 국제협력이 어우러질 때 우리나라는 미래 자율운항·스마트해운 시대의 글로벌 주도권을 확보하고, 해운강국으로서의 위상을 한층 더 공고히 다질 수 있다.

참고문헌

- 해양수산부 자율운항선박 국제표준화 대응전략 (2025.4.)
- 강제 MASS Code 개발을 위한 경험축적기간(EBP) 분석연구, 한국해사협력센터(KMC) (2024.12)
- 자율운항선박 정책위원회 본격 시동, 해양수산부 보도자료 (2025.04.29.)
- IMO-Norway MASS Symposium_Kongsbergs journey towards uncrewed vessels (2025.6.17.)
- IMO-Norway MASS Symposium_Japan's Autonomous Ship Technology and Policy (2025.6.17.)
- IMO-Norway MASS Symposium_Progress report on MEGURI2040 Stage 2 (2025.6.17.)
- https://www.samsungsds.com/kr/insights/autonomous_ships.html
- <https://newatlas.com/transport/first-autonomous-ocean-passage-prism-courage-tanker-hyundai>
- <https://en.nippon-foundation.or.jp/what/projects/ocean/meguri2040>
- <https://en.nippon-foundation.or.jp/news/articles/2024/20240718-102859.html>
- <https://www.shippingaustralia.com.au/predicted-market-trends-are-we-ready-to-welcome-autonomous-shipping-in-our-waters>
- <https://www.wilhelmsen.com/media-news-and-events/news/2020/massterly-to-operate-two-zero-emission-autonomous-vessels-for-asko>
- <https://www.kongsberg.com/maritime/news-and-events/news-archive/2024/massterly-opens-remote-operations-centre-norway>
- <https://www.yara.com/news-and-media/media-library/press-kits/yara-birkeland-press-kit>

1장

해양 모빌리티의 진화


인공지능(AI) 기반 물류 최적화 기술

핀란드 어웨이크.AI

선박 · 항만 · 사람을 지능형 네트워크로 묶다

김세원 교수

세종대학교 AI로봇공학과



기후 규제가 강화되면서 탄소 배출 제로 목표와 함께 운항 최적화 및 스마트 항만 기술의 중요성이 높아졌다. AI 기반 선박 운항 최적화 기술은 실시간 연료 모니터링, 항로 최적화, 포트 콜 최적화가 중요한 요소로 떠오르고 있다. 자율운항선박과 디지털 트윈 기술의 융합이 선박 및 항만 운항 최적화의 핵심 기술로 자리잡고 있다. 핀란드의 어웨이크.AI는 선박-항만 연계를 위한 AI 기반 디지털 플랫폼을 제공, 스마트 포트 및 자율운항선박 개발에 중요한 역할을 하고 있다. 국내에서는 스마트 선박과 항만 연계를 위한 디지털화 및 AI 기반 최적 운항 솔루션 개발이 활발히 진행 중이며, 이를 위한 데이터 표준화 및 자율 제어 기술 개발이 필요하다.

| 머리말 |

기후위기 대응은 더 이상 선택이 아닌 필수적 과제가 되었으며, 세계 해상 물류산업 역시 파리협정의 1.5°C 목표를 달성하기 위해 근본적 전환이 요구되고 있다. 국제해사기구(IMO)가 2023년에 채택한 ‘강화된 해양 온실가스 감축 전략’은 2050년까지 국제 해운 물류 체인 전반에서 탄소 배출 제로(Net-Zero)를 실현하고, 2030년까지 운항당 탄소집약도(CII)를 40% 이상 감축하겠다는 분명한 이정표를 제시했다. 동시에 EU ETS, FuelEU Maritime, 미국의 청정해운촉진법 등 각국의 지역 규제가 속도를 내고 있

어, 탄소배출을 효율적으로 줄이지 못한 선사와 항만 운영사는 경쟁 우위를 잃을 위험에 처해 있다.

이러한 배경 속에서 친환경 선박 도입 및 운항 최적화와 AI 및 데이터를 기반으로 한 물류 효율화는 ‘규제 대응’과 ‘비즈니스 가치 창출’이라는 두 축을 동시에 만족시키는 실질적 전략으로 부상하고 있다. 첫째, 친환경 선박은 기존 중유(HFO)·경유(MDO) 기반의 내연기관에서 벗어나 액화천연가스(LNG), 메탄올, 암모니아, 수소, 전기·하이브리드 추진체계, 나아가 원자력·풍력 보조추진까지 다양한 옵션을 검토·적용함으로써 연소 과정에서 발생하는 탄소를 근본적으로 줄인다. 특히 ‘웰투웨이크(WTW)’ 관점에서의 전주기 배출 분석(LCA)을 통해 연료공급망까지 포함한 온실가스 감축 효과를 검증하고 있다는 점에서 기술적 신뢰성이 높아지고 있다.

둘째, 물류 효율화는 디지털 전환(Digital Transformation)을 통한 운영 최적화로 구체화되고 있다. AI 기반 선박 성능 예측·항로 최적화, IoT 센서 융합으로 실시간 연료소모 모니터링, 원격 유지보수, 그리고 전 세계 항만의 ‘포트 콜 최적화(Port Call Optimization)’와 ‘예상도착시간 관리(Virtual Arrival Time)’ 적용이 대표적이다. 이러한 운영 혁신은 선박 속도를 평균 1노트만 저감해도 연료 사용량이 10%가량 감소한다는 ‘속도-연료탄력도’(Speed-Fuel Elasticity) 연구 결과를 실제 현장에 투영하며, 단순 연료전환보다 빠르고 비용 효율성이 높다는 장점이 있다. 블록체인 기반의 공급망 데이터 공유 플랫폼은 화주·선사·항만·세관 등 이해관계자 간 정보 불일치를 제거해 체선·체화 비용을 줄이고, 결과적으로 ‘탄소배출량/화물톤·마일’ 지표를 개선한다.

본 원고에서는 AI 및 데이터에 기반한 선박 운항 최적화 기술에 관해 다루고자 한다. 특히, 선박이 최적 운항에서 육상 물류와 연계되는 지점인

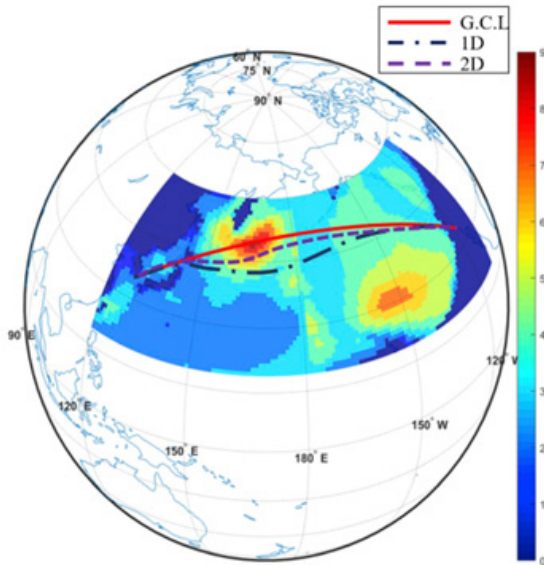
선박-항만 연계 서비스를 제공하는 핀란드의 어웨이크.AI의 사례에서 선박-항만 연계를 통해 어떻게 운항 효율을 향상시키고 탄소 저감에 기여할 수 있는지를 심층적으로 살펴본다.

| 글로벌 동향과 전망 |

AI 기반 선박 운항 최적화는 기술적 잠재력이 높지만, 운항 데이터의 불균형, 표준 부재, 이해관계자 간 데이터 공유 미흡이 여전히 도전 과제로 남아 있다. 이에 따라 DNV, 국제표준화기구(ISO), 국제해사기구(IMO) 등의 국제기구와 해운·조선·항만 기업들은 데이터 인터페이스 표준화, AI 모델의 신뢰성 검증, 생태계 협업 플랫폼 구축을 통해 지속가능한 운항 최적화 기반을 마련하고자 노력하고 있다.

AI와 해운의 융합

전 세계 해운 산업은 연료비 절감, 온실가스 감축, 운항 안정성 향상을 위한 근본적 해결책으로 인공지능(AI)과 빅데이터 기술을 주목한다. IMO의 CII 및 EEXI 규제 대응과 함께, 정시성 및 연료 최적화를 동시에 달성해야 하는 과제가 등장하며, 데이터 기반의 운항 최적화 기술이 빠르게 확산되고 있다. 이에 따라 전통적 항해 관리에서 벗어나, 예측형(Predictive), 자율형(Autonomous) 운항 모델로의 전환이 글로벌 해운업계의 주요 트렌드로 부상하고 있다.



Weather Routing

출처: 저자 제공 (Kim, S. W., et al, "Development of a ship route decision-making algorithm based on a real number grid method," Applied Ocean Research 101 (2020): 102230.)

AI 기반 항로 최적화 기술 동향

글로벌 선사들은 기상 데이터, 해류, 해상교통, 해적 위험구역 등 복합 요소를 통합한 AI 항로 최적화 기술을 실증 중이다. 일본의 NYK와 MOL, 유럽의 Maersk, MSC 등은 머신러닝 알고리즘을 이용해 ETA(예정 입항 시간)를 정밀 예측하고, 연료 소비량과 탄소배출량을 최소화하는 항로를 제시한다. 특히 NYK는 ‘Weather Routing AI’를 통해 기상 리스크 회피와 동시에 선속 조절을 자동화하고 있으며, Maersk는 AI 플랫폼 ‘Captain Peter’를 통해 선박별 항해 시나리오 분석을 상용화했다.

Just-In-Time Arrival



voyage time
= distance / sailing speed

waiting time
= Changed RTA - Original RTA = 0

선박의 연료 소모량

Fuel Consumption = Voyage Fuel(voyage time) + Anchorage Fuel(~~waiting time~~)

선박의 탄소 배출량

CO₂ = Voyage CO₂(voyage time) + Anchorage CO₂(~~waiting time~~)

출처: 저자 제공

항만 연계 스마트 운항 시스템

운항 최적화는 단순히 해상에서의 경로 조정에 그치지 않고, 항만과의 연계 최적화로 확장되고 있다. 'Just-In-Time Arrival' 개념은 AI로 선박 도착시간을 예측하고, 항만 혼잡도를 분석하여 정시 입항을 유도함으로써 불필요한 대기시간과 연료소비를 줄인다. 싱가포르의 PSA, 네덜란드의 로테르담 항만, 한국의 부산항만공사 등은 AI 기반 'Port Call Optimization' 시스템을 구축하고, 선사와 실시간 데이터를 공유하여 운항-하역 간 효율적 연계를 실현하고 있다.

자율운항과 디지털 트윈의 융합

자율운항선박(MASS, Maritime Autonomous Surface Ships)은 AI 기반 최적화

의 궁극적 형태로, 각국이 디지털 트윈 기술과 결합하여 실증을 확대하고 있다. 일본의 ‘MEGURI 2040’, 한국의 ‘SMART-Navigation’, 유럽의 ‘AUTOSHIP’ 프로젝트는 AI로 선박의 센서 데이터를 실시간 해석하고, 항로 결정, 장애물 회피, 기상 대응 등을 자동으로 수행한다. 디지털 트윈은 선박의 가상 모델을 생성하여 실제 운항을 하고 있다.

글로벌 대표 기업 사례

AI 및 데이터를 이용한 최적 운항 솔루션과 데이터 관련 글로벌 대표 기업은 다음과 같다.

- **버팔로 오토메이션**(Buffalo Automation, 미국): 2015년 설립, AI 기반 자율 항해 시스템 ‘오토메이트(AutoMate)’ 개발
- **시머신즈로보틱스**(Sea Machines Robotics, 미국): 2015년 설립, SM200/SM300 원격·자율 제어 시스템, 미 국방부와 협업하고 있으며 인공지능을 활용한 상황인식 소프트웨어, 운항 소프트웨어 그리고 카메라와 드론 보트와 같이 하드웨어 자체도 만들어서 공급
- **리퀴드 로보틱스**(Liquid Robotics, 미국): 2015년 설립, SM200/SM300 원격·자율 제어 시스템, 미 국방부와 협업하고 있으며 인공지능을 활용한 상황인식 소프트웨어, 운항 소프트웨어 그리고 카메라와 드론 보트와 같이 하드웨어 자체도 만들어서 공급
- **다네렉**(Danelec, 미국): 인공지능 기반 선박 취득 데이터 분석 기업으로, 목적은 운영 데이터 최적화를 통한 탄소 배출 감소와 선박 운영 효율 향상



어웨이크.AI의 시작 화면
출처: Awake.AI 홈페이지

어웨이크.AI 사업 영역

사업 영역	주요 내용
글로벌 파트너십	StormGeo, Peel Ports, Fintraffic 등과 협력
AI 기반 서비스 고도화	ETA 예측, 이벤트 모니터링, Marketplace 등 신규 서비스 확대
ESA 공동 프로젝트	DECARDIS 등 선박-항만 연계 최적화 솔루션 개발

출처: Awake.AI 홈페이지

| 혁신기술 선도 기업_어웨이크.AI |

설립

어웨이크.AI(Awake.AI)는 핀란드에 본사를 둔 혁신적인 해양 물류 디지털화 기업으로, 스마트 포트 및 자율운항 선박 분야에서 선도적인 역할을 하고 있다. 2018년에 설립된 이후, 해상, 항만, 육상 물류 생태계를 연결하는 AI 기반의 스마트 물류 플랫폼을 개발하여 운영 효율성, 탄소 배출 감소, 비용 절감 등을 실현하고 있다.

어웨이크.AI는 롤스로이스 마린(Rolls Royce Marine)의 자율운항선박



롤스로이스 마린 SVAN 프로젝트(Rolls Royce Marine SVAN Project)

출처: 저자 제공

개발팀이 선박-항만 데이터 플랫폼을 주 사업영역으로 창업한 회사이다. CEO인 카르노 테노부오(Karno Tenovu)는 롤스로이스에서 Ship Intelligence 부문에서 근무했으며 부사장(Vice President)인 유씨 포이코넨(Jussi Poikonen)은 역시 롤스로이스에서 AI 및 분석 모델 담당이었다. 같이 기업을 창립한 김모 쿨마라(Kimmo Kummala)와 시모 살미넨(Simo Salminen) 역시 모두 롤스로이스 마린 출신이다.

어웨이크.AI 팀이 롤스로이스 마린에서 구현한 SVAN 프로젝트의 육상제어 센터는 핀란드 산업부가 지원했으며, 자율운항선을 처음 구현한 프로젝트이다. 어웨이크.AI의 창립 멤버들이 원격 지원의 개념과 자율운항선의 최적운항, 충돌 회피 알고리즘의 기본적인 개념을 만들었다. 초창기 기업 목표는 자율운항선 및 원격 운항 선박을 위한 개발이었다. 그런데



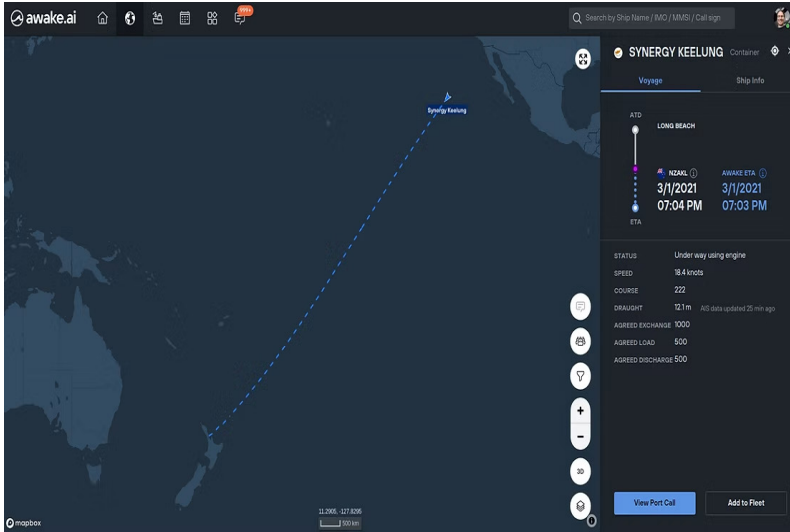
2024 Ship Technology Excellence Awards에서 듀얼 카테고리 수상

출처: <https://www.ship-technology.com/featured-company/2024-awake-ai/>

스마트·원격 제어 선박 솔루션 개발 중, 인프라가 이를 제대로 지원하지 못한다는 한계에 직면했고, 디지털 플랫폼의 필요성에 공감대를 가지게 되었다. 이를 위해 해운 물류에서 사용되는 다양한 AIS, VTS, IoT 센서 데이터를 통합해 항만 운영 자동화와 투명성을 확보해야 한다는 목표로 스마트선과 해상·항만·육상 모두를 잇는 협업 플랫폼인 “Smart Port as a Service” 구상의 결과물로 어웨이크.AI가 설립되었다. 2018년 법인 설립 후, 비즈니스 핀란드(Business Finland)의 Growth Engine 펀딩을 지원받게 되었고, 2020년 로테르담항과 협력하여 첫 고객을 확보했다.

핵심 기능

현재 어웨이크.AI에서 제공하는 주요 솔루션은 Port Vision, AI Sea,

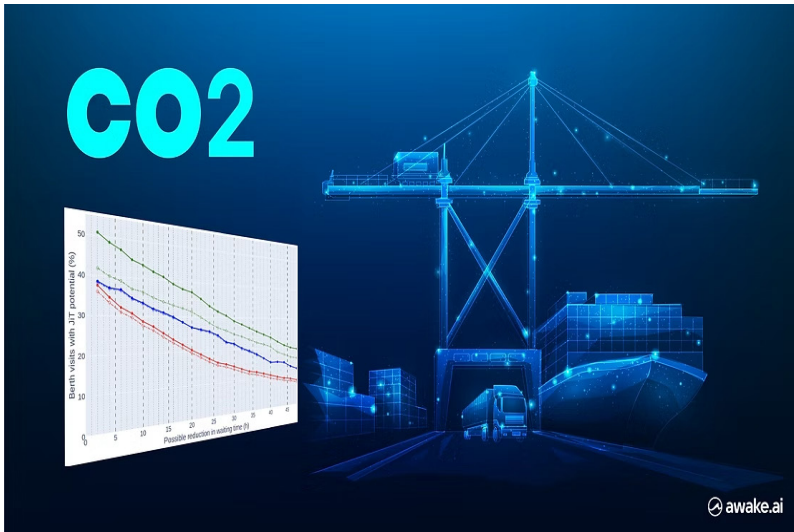


Baseline vs. optimization models

출처: <https://www.awake.ai/post/ai-for-smart-ports-port-call-prediction-part2>

Marketplace로, 각 솔루션은 특정 사용자 그룹의 요구를 충족시키며 상호 보완적인 역할을 한다. 선박 최적 운항 및 항만 데이터 연계 그리고 인공지능 모델에 사용되는 그 핵심 기술 요소이다. 어웨이크.AI의 핵심 제품은 Smart Port as a Service로, 이는 항만 운영자, 선사, 화주 등 다양한 이해관계자가 실시간으로 협업하고 정보를 공유할 수 있다. 주요 기능은 다음과 같다.

- **AI 기반 ETA 예측:** 정확한 도착시간 예측을 통해 선박 도착시간을 최적화
- **실시간 메시징 시스템:** 항만 내외부의 모든 이해관계자 간에 실시간으로 정보를 교환



the CO2 and Logistics Activity Digital Tool tender에서 우승

출처: <https://www.awake.ai/post/awake-ai-wins-the-co2-and-logistics-activity-digital-tool-tender>

- **3D 항만 맵:** 드론 스캔을 활용한 3D 맵을 통해 항만 내 자산의 위치를 실시간으로 시각화
- **IoT 및 컴퓨터 비전 기반 자산 추적:** 트럭, 컨테이너, 화물 등의 이동을 실시간으로 추적
- **에너지 효율성 및 CO₂ 배출 모니터링:** 항만의 에너지 사용량과 탄소 배출을 실시간으로 모니터링하여 지속가능한 운영을 지원

2018년부터 2020년에는 자율운항선박이 기존 항만 인프라와 원활하게 연동될 수 있도록 디지털 인터페이스와 머신러닝 모델 개발을 목표로 삼았으며, AI 기반의 항만 운영 최적화 솔루션 개발에 착수했다. 2020년에는 Smart Port as a Service를 공식 출시하여 항만 운영의 디지털화

를 본격적으로 추진했다. 파일럿 프로젝트로 Port of Rotterdam, Port of Rauma 등과 협력하여 실증 프로젝트를 진행했다. 2023년부터는 글로벌 파트너십을 확장하여, Port of Gothenburg, Peel Ports, CMA CGM 등과 협력하여 글로벌 시장으로 진출했다. 또한 지속가능성 목표를 세우고, 2030년까지 항만 회전 시간을 20%, CO₂ 배출을 10% 감소시키는 것을 목표로 설정했다.

핵심 솔루션

어웨이크.AI의 핵심 솔루션은 항만 상황 관제 및 운영 효율화를 하는 Port Vision, 최적 항로와 항로 관련 상황 인식을 제공하는 AI Sea, 개발된 어플리케이션을 거래하는 MarketPlace이다. 각각 대표 제품은 다음과 같다.

- **Port Vision_포트 콜 계획 및 최적화:** 어웨이크.AI가 개발한 첨단 스마트 항만 운영 플랫폼으로, AI와 IoT 기반의 실시간 데이터 처리

Port Vision의 주요 기능과 특징

주요 기능	특징
입항(Port Call) 계획 및 최적화	선박, 예인선, 하역 장비 등 항만 자원의 효율적 배분을 위한 전체 입항 계획 수립
실시간 지도 및 모니터링	항만 내 선박, 차량, 화물의 위치와 상태를 실시간으로 확인
예측 분석	AI 기반 ETA(도착예정시간) 예측, 대기시간 및 병목 구간 사전 감지 등 운영 효율성 향상
기상 경보 및 인프라 관리	기상 변화, 항만 인프라 이상 상황에 대한 실시간 알림 제공

출처: Awake AI 홈페이지



AI SEA

출처: Awake, AI 홈페이지

및 예측 분석을 통해 항만 운영의 자동화와 친환경 최적화를 구현한다. 주요 사용대상은 항만 운영자, 터미널 관리자, 선사이며, 핵심 기능은 AI 기반 포트 콜 및 선석 계획, Just-in-Time(JIT) 도착 최적화로 연료 및 비용 절감, 탄소 배출 감소이다. 위성 및 육상 기반으로 실시간 상황을 인식하여 선박 위치 추적, 역사적 위치 재생, 지리적 경계 설정 및 고급 날씨 정보를 제공한다. 또한 작업 및 자산 관리와 사용자 관리도 가능하다.

- **AI Sea:** 인공지능 기반 해양 물류 분석 툴로, 주요 사용 대상은 항만 관리자, 선사, 물류 분석가이다. 핵심 기능으로 항만 도착 전후의 선박 위치 예측을 통해 항만 운영 계획 지원하고, 선석 사용률, 대기 시간, CO₂ 배출량 등의 주요 성과 지표(KPI)를 자동으로 대규모 교통

Welcome to Awake Marketplace

Looking for

Search products and services



Filter

Filter

Shipping

Services

Logistics

Harbors

Locks



Awake DigiServ
Awake AI optimizes best solution for your logistic needs.



Project Logistics

Transporting of demanding project cargoes is part of our core business. Tailored solutions are served as a different kind of combinations such as...



Pilotage

Vessels must use a pilot on public fairways which are located in Finnish waters and the part of the Saimaa Canal leased by Finland and which have been defined as fairways requiring pilotage.

Harbors as a service
Services offerer moving services



Awake AI
Awake AI optimizes best solution for your logistic needs.



Awake AI
Awake AI optimizes best solution for your logistic needs.



Awake AI
Awake AI optimizes best solution for your logistic needs.



Awake AI
Awake AI optimizes best solution for your logistic needs.



Awake AI
Awake AI optimizes best solution for your logistic needs.



Awake AI
Awake AI optimizes best solution for your logistic needs.

Marketplace

출처: Awake AI 홈페이지

분석을 해 보고한다. 또한 과거 데이터를 기반으로 JIT 도입 시 잠재적 이점을 분석하고 실시간으로 스케줄을 조정해 제안한다.

- **Marketplace:** AI 기반 포트 서비스 거래 플랫폼으로, 주요 사용대상은 항만 서비스 제공업체, 선사, 화주이다. 핵심 기능으로 모든 항만 서비스(예: 조타, 폐기물 처리, 수돗물 공급 등) 및 관련 제품의 디지털 거래를 지원하며, 예상되는 포트 콜에 대한 자동화된 쇼핑 카트 생성 및 반복 구매가 가능하다. 서비스 제공자의 품질 피드백 시스템을 통해 서비스 품질을 향상하고 투명성을 유지한다. 또한 안전한 결제 및 정산 기능을 통해 거래의 신뢰성을 확보한다. 특징은 AI 기반의 자동화된 거래 시스템을 통해 항만 서비스의 구매 및 판매를 효율적으로 관리하며, 물류 비용 절감 및 서비스 품질 향상을 도모한다.

| 우리의 현황과 대응 |

국내 현황

국내에서는 스마트 선박 운항 및 항만 연계를 위해 다양한 활동을 진행 중이다. 특히, 조선3사를 기반으로 인공지능을 활용한 선박 최적 운항 솔루션을 개발하고 있으며, 지자체와 지역 항만 공사를 기반으로 선박-항만 연계를 위한 Port Call Optimization, Just in time arrival, 그리고 디지털 트윈을 개발하고 있다. 전 세계에서 건조량과 기술력이 1, 2, 3위인 조선소가 국내에 있는데 한국조선해양(HD현대), 한화오션, 삼성중공업이다. 조선소들은 스마트ship을 기반으로 최적 운항 솔루션 구현에 힘쓰고 있다. 한국조선해양, 한화오션, 삼성중공업은 스마트ship 기술을 통해 선박의 운항 효율성과 안전성을 향상시키고 있다. 각 조선사의 스마트ship 최적운항 솔루션의 현황, 특징 및 미래 개발 계획은 다음과 같다.

한국조선해양(HD현대)

- **디지털 트윈 기반 운항 최적화:** 선박의 실시간 데이터를 활용하여 운항 경로와 연료 소비를 최적화하는 시스템을 개발
- **AI 기반 예측 시스템:** 선박의 상태를 실시간으로 모니터링하고, 고장 예측 및 유지보수 시점을 자동으로 제시하는 인공지능 시스템을 도입
- **자율운항 기술 개발:** 자율운항 선박의 상용화를 목표로, 자율운항 시스템의 안전성과 신뢰성을 높이기 위한 연구개발을 진행 중
- **친환경 연료 기술 연구:** LNG, 암모니아 등 친환경 연료를 활용한 선박 운항 기술 개발에 집중



부산항 디지털트윈 기술을 적용한 가상모형

출처: 부산항만공사 과기부 '5G7번 디지털 트윈 공공선도 스마트 항만물류 플랫폼 구축' 과제

한화오션

- **스마트 운항 플랫폼 구축:** 선박의 운항 데이터를 실시간으로 수집하고 분석하여, 연료 절감 및 효율적인 항로 계획을 지원하는 플랫폼 운영
- **통합 모니터링 시스템:** 선박의 엔진, 전력, 환경 시스템 등을 통합적으로 모니터링하여, 이상 징후를 조기에 감지하고 대응할 수 있는 시스템 구축
- **AI 기반 운항 최적화:** 인공지능을 활용하여 다양한 운항 조건을 고려한 최적의 항로를 자동으로 제시하는 시스템 개발 예정

- **블록체인 기술 도입:** 선박의 운항 기록을 블록체인에 저장하여, 데이터의 무결성과 투명성을 확보하는 기술 연구 중

삼성중공업

- **스마트십 솔루션 개발:** 선박의 운항 데이터를 실시간으로 분석하여 연료 소비를 최적화하고, 선박의 상태를 모니터링하는 스마트십 솔루션 개발
- **디지털 트윈 기술 적용:** 선박의 가상 모델을 생성하여, 운항 시나리오를 시뮬레이션하고, 최적의 운항 전략을 도출하는 기술 도입
- **자율운항선박 개발:** 자율운항 기술을 상용화하기 위해, 센서 기술과 인공지능을 결합한 시스템 개발 중
- **친환경 기술 연구:** LNG 연료 추진 시스템 및 전기 추진 시스템 등 친환경 선박 기술 개발에 집중

스마트 항만도 구축을 확대하고 있다. 최적운항이 가능하기 위해서는 항만 작업 상황과 육상 물류 연계 상황 등이 선박에 공유되어야 한다. 이를 위해서는 항만의 데이터들을 디지털화하고 스마트 선박과 데이터를 교환하는 작업이 필요하다. 국내 항만의 경우 스마트 항만 플랫폼을 개발하고 부산항의 경우에는 더 발전된 디지털 트윈 인프라를 구축했다. 부산항만공사는 ‘선박-항만-육상 물류’를 모두 연계하여 최적운항 및 안전운항이 가능한 5G 기반 항만 디지털 트윈을 2021년부터 2023년까지 개발 적용했으며, 체인 포털이라는 데이터 공유 사이트를 개발하여 일반에 공개하고 있다.

인천항도 전자상거래, 고부가가치 물동량 확대 대응을 위해 디지털 서

비스 플랫폼과 AI 도입을 검토하고 있다. 부산, 인천, 여수광양, 울산 등 4대 항만에 블록체인 기반 항만 데이터 통합 플랫폼을 구축하여 환적 속도 향상 및 정시성 강화에 나섰다.

해운 물류와 육상 물류도 인공지능 기반으로 연계를 수행하고 있다. 대표적으로 삼성 SDS는 AI·블록체인·IoT 기반 ‘Cello’ 플랫폼을 통해 ‘항만-육상-해상’ 간 문서·물류 과정을 디지털화하고, 실시간 경로 최적화 및 B2B 협업을 지원하고 있으며, 현대글로벌비스(Hyundai Glovis)는 해상·내륙 물류를 아우르는 RORO선 및 열차와 트럭 연계 운송망을 활용한 디지털 물류 체계를 개발하고 있다. 포트로지스(Portlogics, 물류 스타트업)은 로봇 프로세스 자동화(RPA) 시스템으로 ‘항공-해상-육상 물류’ 운송 과정을 디지털화하고 있다.

대응 방안

국내에서는 인공지능 기반 선박 최적 운항과 항만 스마트 기술연계를 위해서 다음 사항들의 개발 및 지원 정책이 필요하다.

우선, 항만별로 데이터를 공유할 수 있는 플랫폼이 필요하다. 항만 플랫폼의 경우 다양한 객체와 이해관계자들의 데이터 정합성과 정시성을 만족시키기 위해 디지털 트윈 플랫폼으로 개발될 필요가 있다. 디지털 트윈 플랫폼은 스마트 선박의 최적 운항 솔루션과 데이터 교환이 가능하며, 연계하여 운영 효율 향상, 안전성 향상, 환경 오염 저감을 실현할 수 있다.

두 번째, 플랫폼 간 데이터 표준화 및 연계 실증이 필요하다. 선박 및 항만에 적용되기 위해서는 다양한 이종 데이터 플랫폼 간의 데이터 교환이 이루어져야 하므로 데이터를 표준화하여 안정적이고, 적시에 정확한 데이터를 주고받을 수 있도록 하는 지원이 필요하다.

마지막으로, AI 기반 운영성 향상을 넘어 AI 기반 자율 제어 기술을 개발해야 한다. 자율운항선박, 자율운영항만, 자율주행 육상 물류 등은 AI 기반 상황인식을 넘어 조作的 권한까지 자유도가 향상된다. 이를 위해 디지털화, 플랫폼화, 지능형 운영 단계를 거쳐 궁극적으로는 도입되는 인공지능 기반 자율 운영 기술들을 지원하는 것이 필요하다.

참고문헌

- 과학 통신 기술부, 5G기반 디지털 트윈 공공선도 스마트 항만물류 플랫폼 구축 보고서
- Awake AI 홈페이지
- Kim, S. W., et al, "Development of a ship route decision-making algorithm based on a real number grid method," Applied Ocean Research 101 (2020): 102230)
- Lee, Juhyang, et al, "Ship Voyage Route Waypoint Optimization Method Using Reinforcement Learning Considering Topographical Factors and Fuel Consumption," Journal of Marine Science and Engineering 13.8 (2025): 1554.
- Lee, Sung-Woo, Jisung Jo, and Sewon Kim, "Leveraging the 4th Industrial Revolution technology for sustainable development of the Northern Sea Route (NSR)—The case study of autonomous vessel," Sustainability 13.15 (2021): 8211.
- Yoon, Jeong-Hyun, et al, "Enhancing container vessel arrival time prediction through past voyage route modeling: A Case Study of Busan New Port," Journal of Marine Science and Engineering 11.6 (2023): 1234.

1장

해양 모빌리티의 진화

해양·레저 장비 제조 및 혁신 기업

영국 레이마린, 스웨덴 볼보펜타, 아시아 코덴, 마스터볼트코리아

시장 맞춤형 보트와 보트 엔진을 만드는 비결

신경수 사무총장
(사)해양레저장비산업협회

해양레저관광산업은 전 세계적으로 2030년 5조 달러(연평균 4.3% 성장)에 이를 것으로 기대되며, 해양레저 활동의 중요성이 부각되면서 각국 정부는 해양 안전 확보와 해양레저산업 활성화를 위한 정책 마련에 적극적이다. 특히, 글로벌 해양레저의 혁신 기술이 부상하는 가운데 해양레저 보트 레저 장비가 그 중심에 있다. 해양레저 장비 중에서도 선가의 30~40%를 차지하는 해양레저용 엔진체계와 국제적 추세인 다양한 혁신 기술을 기반으로 시장 맞춤형 해양용 전자시스템 메이커로 등장한 레이마린과 코텐, 그리고 친환경 보트 추진체를 생산하는 국내외 사례를 알아보고 우리의 대응방안을 모색한다.

| 머리말 |

인류는 이제 단순히 바다를 항해하거나 자원을 얻는 차원을 넘어 해양을 무대 삼아 새로운 산업과 문화를 창조하고 있다. 그 중심에는 ‘해양레저산업’이 있다. 해양레저는 여가를 즐기는 문화적 행위는 물론, 국가의 경제적 잠재력과 기술 경쟁력을 상징하는 새로운 성장동력으로 자리매김하고 있다. 세계 해양레저 시장은 기술 융복합, 친환경화, 디지털 전환이라는 세 가지 거대한 흐름 속에서 급속히 변화하고 있다. 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 자율운항기술, 전기·하이브리드 추진체계가 접목된 스마트 보트와 지속가능한 추진시스템은 해양레저의 패러다임을 근본적으로 바꾸

고 있다. 이러한 혁신은 산업의 경계를 허물며, 기후변화와 환경위기에 대응하는 새로운 해양 모빌리티의 미래를 열고 있다.

본 원고는 글로벌 시장을 선도하는 볼보펜타(Volvo Penta)의 친환경 추진 기술과 마스터볼트코리아의 국산화 및 통합형 하이브리드 시스템 개발 사례를 중심으로, 해양레저 장비 산업의 혁신 방향을 조명한다. 두 기업의 사례는 지속가능성과 기술혁신이 어떻게 상호작용하며 미래 시장의 경쟁력을 결정짓는지를 잘 보여준다. 더 나아가 한국 해양레저산업의 현실과 한계를 진단하고, 정책·제도적 개선을 통한 국가 차원의 대응 방안을 모색한다. 특히 ‘K-Ocean Play’를 중심으로 제시되는 8대 전략 정책은 대한민국 해양레저산업의 체계적 육성, 산업 생태계 조성, 지역 활성화, 그리고 글로벌 시장 진출의 구체적 방향을 제시한다.

지금 우리는 바다를 바라보는 시각을 바꿔야 할 시점에 서 있다. 해양레저산업은 더 이상 일부의 취미나 사치가 아니라, 미래 세대를 위한 지속가능한 경제와 문화의 터전이다.

| 글로벌 동향과 전망 |

해양레저 활동의 중요성이 부각되면서 각국 정부는 해양 안전 확보와 해양 관광 활성화를 위한 정책 마련에 적극적이다. 근래 해양레저 시장은 몇 가지 두드러진 동향을 보인다. 첫째, 기술 융복합이 가속화되며 인공지능(AI), 사물 인터넷(IoT), 빅데이터, 자율운항 기술이 해양레저 장비에 접목되고 있다. 스마트 보트 시스템, 정밀 항해 장비 등이 대표적이다. 둘째, 지속가능성과 친환경에 대한 요구가 높아지면서 전기 및 하이브리드 추진

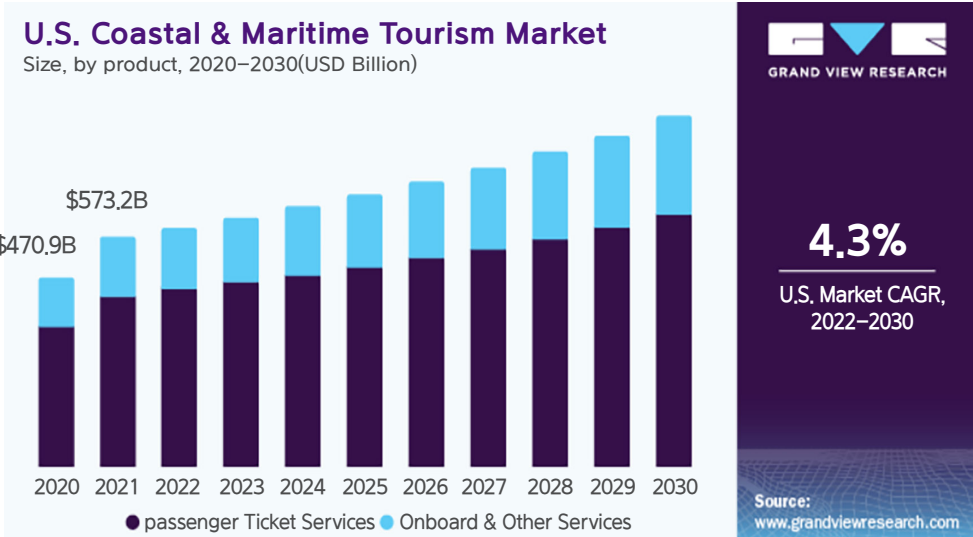
시스템, 친환경 에너지 활용 등 친환경 보트 기술이 각광받고 있다.

특히, 기후 변화와 환경 오염 문제에 대응하여 친환경 해양 모빌리티 개발 및 보급을 지원하고, 레저 활동 중 발생할 수 있는 사고를 예방하기 위한 안전 규제 강화 및 스마트 해상교통 시스템 구축에 투자를 늘리고 있다. ‘블루 이코노미’와 같은 해양 활용 정책 기조 아래 해양레저 산업은 단순한 여가를 넘어 새로운 성장 동력으로 인식되고 있다.

이러한 가운데, 글로벌 해양레저 보트산업 시장 규모는 353억 5천만 달러로 평가되었다. 2023년에서 2032년까지 840억 5천만 달러로 성장하여 예측기간 동안 연평균 11.4%의 성장을 보일 것으로 전망된다(Fortune Business Insights, 2024). 이는 코로나 19 팬데믹 이후 해양레저 활동이 급격히 증가하고 해양레저관광을 장려하려는 정부 정책에 따른 결과다. 규모는 북·남미 시장을 필두로, 유럽, 호주 시장이 높은 시장점유율로 보트산업 시장을 지배할 것으로 예견된다. 가장 큰 시장인 미국의 경우, 2023년 기준 등록된 보트 수가 118만여 대이고, 연간 경제적 효과가 2,300억 달러이며, 약 81만 명의 고용창출 효과와 함께 미국 산업을 견인하고 있다.

보트산업은 국제표준을 적용하였을 때, 크게 두 분류로 나눌 수 있다. 24m급 이하 ISO/TC188의 레저용 보트(Small craft)와 24m 이상의 대형요트(ISO TC8/SC12)로 양분되어 있다. 특히, ISO/TC188에는 기본성능 및 장비에 대한 82개의 표준이 채택되어 있으며, 12개는 개발 중이다. 최근에는 친환경적인 전기추진에 대한 이슈가 부각하면서 ISO에서도 관련 표준을 개발 중이며, ‘블루 이코노미’와 같은 해양 정책 기조 아래, 우리나라 정부에서는 친환경 장비개발 및 보급을 지원하고, 시스템 구축에 R&D 투자를 점차 늘리고 있다.

해양레저 보트 장비산업 중 가장 큰 시장인 추진 계통&전자장비 산업



해양레저관광광산업 현황

출처: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/coastal-maritime-tourism-market-report>



해양레저관광광산업 마켓 분포

출처: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/coastal-maritime-tourism-market-report>

시장은 지속가능한 미래성장 동력원을 확보하기 위하여, 글로벌 해양레저 장비 제작사들이 친환경 추진체계를 갖추는 등의 혁신과 노력을 하고 있다. 이에 따라 글로벌 해상용 전자장비 선도업체인 레이마린 사례, 글로벌 기업인 볼보펜타(Volvo Penta)의 해양레저용 엔진 기술 및 운영사례, 국내 통합형 친환경 추진체계의 발전을 도모하는 (주)마스터볼트코리아를 살펴봄으로써 우리나라의 해양레저 보트 장비산업의 대응 방향을 제시한다.

| 혁신기술 선도 기업 |

해양 전자 장비 제조업체 레이마린

레이마린(Raymarine)은 해양용 전자 장비의 제조업체이자 주요 공급업체이다. 영국에 본사를 둔 이 회사는 해상용 전자장비 시장에서 굳건한 선두 자리를 지켜왔다. 그들의 역사는 단순히 장비를 만드는 데 그치지 않고, 해양 기술의 진화를 이끌어 왔다.

레이마린의 역사는 1923년 레이테온(Raytheon)이라는 이름으로 시작되었다. 초창기 레이테온은 주로 군사용 레이더와 통신 시스템을 개발했는데 이 과정에서 축적된 첨단 기술이 점차 민간 해양 분야로 확장되면서 해상용 전자장비 사업부가 탄생한다. 그리고 이 해상 사업부가 독립하여 오늘날의 레이마린이 된 것이다. 이후 2010년에는 열화상 카메라 전문기업인 플리어(FIIR)에 인수되면서 시너지 효과를 극대화했고, 2022년에는 다시 플리어의 모회사인 테레다인(Teledyne)의 산하로 편입되었다. 현재까지 그 명맥을 이어오고 있으며, 전 세계 80개국 이상에서 운영되는 글로벌 서비스 네트워크를 보유하고 있다.



다양한 레이마린 해양레저 장비 제품군

출처: <https://www.raymarine.com/en-us/support/supply-chain>

시스템 통합과 장비 구성이 핵심

레이마린은 단일 장비 판매에 그치지 않고, 통합 시스템 구축을 핵심으로 삼았다. 모든 장비가 하나의 네트워크로 연결되어 상호 연동되는 구조이다.

주요 장비는 다음과 같으며, 이 모든 장비는 시톡(SeaTalk)이라는 독자적인 통신 규격으로 연결되어, 사용자는 마치 하나의 장비를 다루는 것처럼 편리하게 항해 정보를 관리한다.

- **해상 레이더(Marine Radar)**: 안전항해를 위한 장애물 및 타선박 감지
- **어군탐지기(Fishfinders)**: 수중지형과 어군을 탐색하는 장비
- **자동조종장치(Boat Autopilots)**: 설정된 경로를 따라 보트를 자동으로 운항
- **ECDIS(Electronic Chart Display and Information System)**: 해양 차트, 항해 데이터를 시각화하고 항해 계획 및 항로 모니터링을 지원하는 해양 항해

시스템

- **도킹 보조시스템**(Assisted Docking): 주변의 물체 인식 및 동작 감지와 추진 및 조향 시스템과 연동하여 도킹을 지원하는 장치
- **선박 자동 식별 시스템**(AIS Receivers & Transceivers): 선박의 식별코드(MMSI), 위치 및 속도, 배의 방향 등의 정보를 전파 신호로 주변에 송신하는 장치
- **해상용 VHF 라디오**(Marine VHF Radio): 해상에서 단거리 통신을 위한 핵심적인 장비로, 안전과 항해에 필수적인 역할을 수행

레이마린이 시장에서 인정받는 가장 큰 이유는 해상 전자장비 분야에서 끊임없이 기술 혁신을 주도하고 있으며, 이 결과로 뛰어난 내구성과 직관적인 사용자 인터페이스^(U)를 갖추었기 때문이다.

소형 선박 항해를 위한 SV-ECS(소형 선박 전자 해도 시스템) 도입

레이마린은 끊임없이 진화하는 해양 산업에서 영국 해양해안경비대(MCA)는 SV-ECS를 도입하여 중요한 진전을 이루었다. 이 이니셔티브는 소형 선박 운영자가 직면한 고유한 문제를 해결하여 기존 전자 해도 표시 및 정보 시스템(ECDIS)의 부담 없이 안전하고 효율적으로 항해할 수 있도록 보장한다.

SV-ECS(Small Vessel Electronic Chart System) 표준은 2025년 7월 1일부터 시행되었다. 최대 24미터 길이의 어선과 상업선을 포함한 소형 선박은 전자 해도시스템과 관련된 높은 비용과 비실용성으로 오랫동안 어려움을 겪어왔다. 대형 선박용으로 설계된 이러한 시스템은 소규모 운영자에게는 너무 복잡하고 비용이 많이 드는 경우가 많다. 이러한 격차를 인식한 MCA



소형 선박 콘트롤 시스템

출처: 레이마린 홈페이지

는 비용 효율적이고 실용적인 대안으로 SV-ECS를 도입했다.

SV-ECS는 안전한 항해를 위한 필수 항해 정보를 제공하는 맞춤형 솔루션이다. 여기에는 경로 계획 및 모니터링과 같은 기능이 포함되어 있어 소형 선박 운영자가 전체 전자해도표시시스템 없이도 안전 및 항해 표준을 충족할 수 있다. 또한 SV-ECS에는 차트 운송에 대한 SOLAS(Safety of Life at Sea, 국제해상인명안전협약) 규정에 맞춰 지속적인 작동을 보장하기 위한 백업 장치가 포함되어 있다. 또한 향상된 안전성으로 정확하고 신뢰할 수 있는 항해 정보를 제공함으로써 소형 선박 운영자가 안전하게 항해할 수 있도록 돕고 사고 위험을 줄인다. 그리고 기존 ECDIS에 비해 더 저렴한 솔루션을 제공하므로 더 넓은 범위의 운영자가 접근할 수 있다. 또한, 이 시



소형 선박 전자 해도 시스템

출처: 레이마린 홈페이지

시스템은 기존 종이 차트에 비해 경로 계획 및 모니터링을 단순화하여 운영 작업량을 줄이고 운영자가 핵심 활동에 집중할 수 있도록 도와준다.

SV-ECS에 대한 MCA의 접근 방식은 해양 안전과 효율성을 개선하려는 MCA의 의지를 입증한다. 업계가 계속 발전함에 따라 SV-ECS와 같은 솔루션은 크기에 관계없이 모든 선박이 자신 있게 바다를 항해할 수 있도록 하는 데 중요한 역할을 할 것이다.

획기적인 소프트웨어 기술_라이트하우스 OS(Light House OS)

레이마린의 모든 다기능 디스플레이(MFD)의 핵심은 바로 라이트하우스 OS(Light House OS)이다. 이 운영체제는 지속적인 업데이트를 통해 새로운

기능들을 추가하고, 기존의 성능을 개선한다. 항해 차트, 레이더, 어군 탐지기 등 다양한 정보를 한 화면에서 볼 수 있는 핵심 장치이다. 최근 업데이트에서는 다음과 같은 신기술들이 있다.

- **향상된 어군 탐지 기술**(RealVision MAX): Axiom 시리즈와 함께 출시된 RealVision MAX는 기존보다 더욱 선명하고 깊은 해저를 탐색할 수 있게 한다. CHIRP DownVision, SideVision, 3D 소나 기술을 결합하여 물고기와 해저 구조물을 입체적으로 보여주며, 더 넓은 범위와 깊이를 커버한다.
- **스마트 항해 기능**(Smart Drift): 낚시를 즐기는 사람들을 위한 혁신적인 기능이다. 해저 낚시나 딥 드롭핑(deep dropping) 시, 바람이나 조류의 영향을 계산하여 가장 효율적인 표류(drift) 경로를 예측하고 알려준다. 이를 통해 낚시꾼은 수동 조작의 번거로움 없이 정확한 위치에서 낚시를 시작할 수 있다.
- **증강 현실 항법**(ClearCruise™ Augmented Reality): 카메라 영상에 AIS(선박 자동 식별 시스템) 정보, 웨이포인트(경유지) 등 항해 정보를 실시간으로 겹쳐 보여준다. 사용자는 마치 게임 화면처럼 현실과 디지털 정보가 결합된 화면을 보며 더욱 직관적으로 항해할 수 있다.

시스템 통합의 진화, 디지털 보팅(Digital Boating)

레이마린의 기술은 개별 장비의 성능을 넘어, 보트 전체를 하나의 유기적인 시스템으로 통합하는 데 초점을 맞추고 있다. 요트 센스 디지털 컨트롤 시스템(Yacht Sense Digital Control Systems)이 대표적인 예이다. 요트 센스(Yacht Sense)는 보트의 전기 시스템을 디지털로 제어하는 기술이다. 기존의



레이마린 도플러 레이더

출처: <https://www.raymarine.com/en-gb/learning/radar-navigation-training>



다양한 혁신 기술을 기반으로 글
로벌 보트 메이커 레이마린

출처: 레이마린 홈페이지

기계식 스위치와 회로 차단기를 대체하며, 조명, 펌프, 에어컨 등 선박의 다양한 시스템을 MFD나 모바일 기기에서 통합적으로 관리할 수 있다. 이는 더 효율적이고 안전한 보트 운영을 가능하게 한다. 엔진 통합부분은 다양한 제조사의 엔진과 레이마린의 MFD를 연동하여, 엔진의 성능 데이터(RPM, 연료 소모량 등)를 차트플로터 화면에서 바로 확인할 수 있다.

경영 전략

경영 전략은 기술 혁신과 시장 확대에 초점을 맞추었으며, 지속적인 R&D 투자를 통해 새로운 기술을 개발하고, 전문가와 사용자 피드백을 적극적으로 수용하여 제품을 개선하고 있다. 또한, 해상 보트 제조사들과의 OEM(주문자 생산방식) 파트너십을 강화하여 시장 점유율을 높이는 전략을 펼치고 있다.

레이마린의 신기술은 단순히 하드웨어 스펙을 높이는 데 그치지 않고, 소프트웨어의 지능화, 시스템의 통합, 그리고 다양한 파트너십을 통해 사용자의 경험을 근본적으로 개선하는 방향으로 나아가고 있다. 이러한 접근 방식은 해양 산업에서 레이마린이 앞으로도 계속해서 선두를 유지할 수 있는 원동력이 될 것이다.

아시아의 해양전자 강자 코덴

아시아 해양전자 분야의 강자 코덴(Koden Electronics Co., Ltd.)은 지난 수십 년간 축적된 독보적인 기술력으로 이 분야를 선도해 왔다. 1947년 설립 이래 혁신을 거듭하며 글로벌 시장에서 입지를 다진 코덴의 주요 역사, 핵심 시스템, 강력한 장비, 그리고 미래 경영 전략을 심층적으로 살펴보자.

기술 혁신의 역사와 해양전자 분야의 선구자

코덴은 1947년에 설립되었으며, 우수한 기술을 평화적으로 기여하고자 회사를 창립했다. 코덴은 어획량을 증대시키고 안전한 항해를 돕는 무선 방향 탐지기(Radio Direction Finder)를 개발하여 어업 현대화에 크게 기여하며 시장에 안착했다. 코덴의 역사는 '세계 최초'라는 수식어와 함께한다. 트랜지스터, 집적 회로, 컴퓨터, 그리고 컬러 시각화와 같은 첨단 기술을 경쟁사보다 앞서 도입하며 획기적인 제품들을 연달아 출시했다. 특히 세계 최초의 컬러 어군 탐지기(Color Echo Sounder)와 컬러 해상 레이더(Marine Color Radar)는 해양 산업의 패러다임을 바꾼 기념비적인 발명품으로 꼽힌다. 이후 Loran(Long Range Navigation) C 수신기, 동기식 소나, GPS 장비 개발 등 꾸준한 기술 혁신을 통해 해양 전자 분야의 선구자적인 위치를 확고히 했다.

핵심 기술

코덴이 해양 전문가들로부터 신뢰받는 이유는 포괄적이고 고성능의 해양 전자 시스템을 제공하기 때문이다. 주요 시스템은 다음과 같다.

- **해상 레이더(Marine Radar):** 코덴 레이더는 뛰어난 고해상도 타겟 트래킹과 전천후 환경에서의 우수한 탐지 능력으로 정평이 나 있다. 특히 상업용 선박에 주로 탑재되는 MDC 시리즈는 단거리부터 장거리까지 선명한 영상과 직관적인 조작성을 제공하여 항해 안전과 상황 인지 능력을 극대화한다. 코덴의 레이더는 우수 디자인 'G-Mark' 인증을 받으며 기술력과 디자인 모두를 인정받았다.
- **항법 장비(Navigation Equipment):** GPS 수신기, 차트 플로터(Char Plotter),

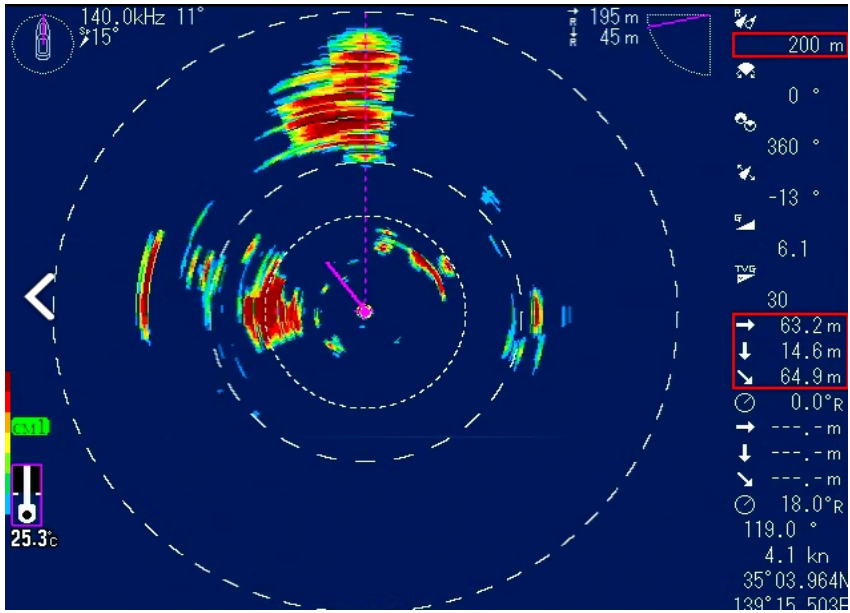
AIS(자동 식별 시스템) 트랜스폰더, GPS 나침반 등 선박의 위치 측정, 항로 계획, 충돌 방지 등을 위한 정밀 항법 장비 라인업을 갖추고 있다. IMO(국제해사기구) 표준을 준수하는 제품들도 다수 포함하고 있어 대형 상선 및 국제 항해 선박의 필수 장비로 사용된다.

- **어군 탐지기 및 소나(Echo Sounders & Sonar):** 어업 분야에서 코텐의 명성은 독보적이다. CVS 시리즈를 비롯한 어군 탐지기는 고출력 CHIRP 및 전통적인 소나 성능을 제공하며, 코텐 디지털 필터링(Koden Digital Filtering, KDF™) 기술을 통해 잡음을 제거하고 수중의 물고기 떼와 해저 지형을 명확하고 세밀하게 이미지화한다. 특히, 어선용 소나(Sonar)는 물속의 광범위한 영역을 실시간으로 탐색하며 어로 작업의 효율성을 비약적으로 높여준다.

KDS 시리즈 광대역 소나

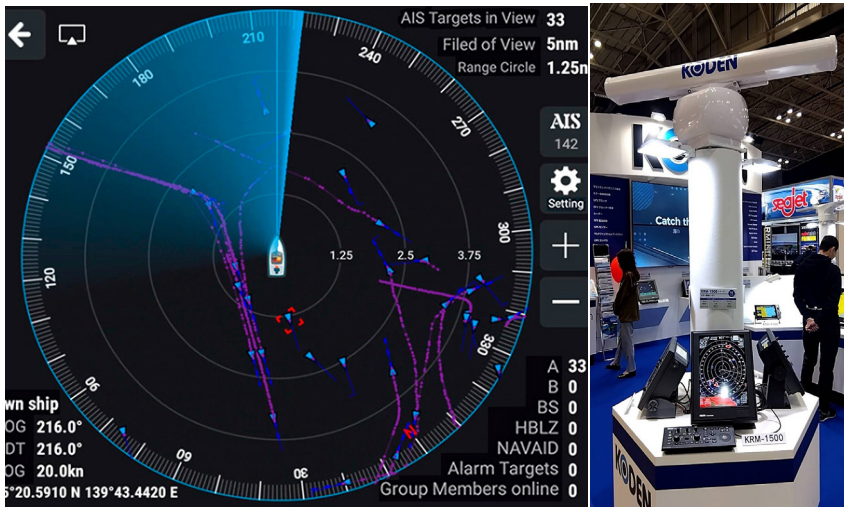
코텐의 장비 중 세계적인 수준의 정밀도와 성능을 자랑하는 장비는 KDS 시리즈 광대역 소나(Broadband Sonar)를 꼽을 수 있다. KDS-6000BB 및 KDS-8000BB와 같은 모델은 어군 탐지 및 수중 구조물 확인 분야에서 정밀도와 견고함의 결정체로 평가된다. 1.5kW의 강력한 출력과 130~210kHz의 넓은 주파수 대역을 활용하여 종(種)을 구별할 수 있는 뛰어난 감도와 디지털 신호 처리를 제공한다.

특히 KDS-8000BB 모델은 최적의 조건에서 1,200미터에 달하는 탐지 거리를 이론적으로 구현하며, 이는 어선이 먼 거리의 어군을 선제적으로 파악하고 효율적인 어로 작업을 수행할 수 있도록 하는 강력한 무기이다. 소나(Sonar), 오프 센터(Off Center), 바닥 스캔(Bottom Scan) 등 다양한 표시 모드를 통해 사용자에게 최적화된 수중 정보를 제공하며, 극한의 해양 환경



140.0kHz에서 정어리 떼를 공격하는 참치(KDS-6000BB)

출처: 코덴 홈페이지



코덴 다기능 디스플레이 & KRM-1200/1500(최신형 레이더)

출처: 코덴 홈페이지

에서도 안정적인 성능을 유지하는 코텐 특유의 견고한 설계가 더해져 바다 전문가들 사이에서 최고의 장비로 인정받고 있다.

다기능 디스플레이(KSD-1210) SMS AIS 목표물이 차트에 중첩되어 표시되고, 자체 선박 주변의 다양한 범위가 반경 설정에 따라 표시되어 사용자가 AIS 목표물의 실시간 동적 정보를 쉽게 관찰할 수 있다.

경영 전략

창립 이래 코텐의 성장은 ‘기술 중심의 혁신’에 기반을 둔다. 이는 앞으로 코텐의 핵심 경영 전략이 될 것이다.

- **해양 분야의 전문성 심화 및 디지털화:** 상업용 선박 및 전문 어선 시장에서의 주도권을 유지하기 위해 IMO 규격 준수 제품 개발을 강화하고, 레이더, 소나, 플로터 등 핵심 시스템 간의 통합 및 네트워크화를 더욱 고도화할 것이다. 사용자 친화적인 인터페이스와 블랙박스 형태의 고성능 장비를 지속적으로 개발하여 해양 활동의 디지털 전환을 주도할 것이다.
- **육상 및 산업 분야로의 기술 확장:** 코텐은 해양 분야 외에도 산업 전자 장비 및 네트워크 분야에서 잠재력을 발휘하고 있다. 해양에서 축적한 정보 신호 처리, 위치, 거리, 깊이 측정 기술을 육상 분야에 접목하여 혁신적인 산업용 솔루션을 제공한다. 이미 지하 투과 레이더(Ground Penetrating Radar)를 이집트 피라미드 탐사에 사용하고, 초음파 시추 모니터(Ultrasonic Drilling Monitor)를 첨단 건설 현장에 적용하는 등 성공적인 확장을 보여주었다. 이는 코텐의 핵심 기술이 해양을 넘어 토목, 보안, 통신 네트워크 등 다양한 분야에서 새로운 성장 동

력이 될 것임을 시사한다.

- **글로벌 협력 및 품질 제일주의:** 한국, 독일, 미국, 싱가포르 등에 지사를 두고 있는 코텐은 글로벌 네트워크를 더욱 강화하여 전 세계 고객들에게 신속하고 신뢰할 수 있는 서비스와 제품을 제공할 것이다. ISO 9001 등 국제 품질 인증을 기반으로 신뢰성과 품질을 최우선으로 하는 경영 기조를 유지하며, 급변하는 글로벌 해양 시장의 요구에 능동적으로 대처하고 있다.

코텐은 바다에서 태어나 자란 기업(a company “born and bred” in the ocean)으로서 21세기 기술의 역할과 책임에 대한 확고한 철학을 가지고 있다. 해양 생태계 보존에 기여하고 자연과 공존하는 기술을 구현하겠다는 의지는 코텐이 단순한 전자 장비 제조사를 넘어, 지속가능한 미래를 위한 기술 파트너로 자리매김하게 하는 원동력이다. 한편, 코텐 한국지사는 ‘단기적 이익의 추구가 아닌, 땀땀함과 정직함이라는 행동규범과 손해를 보더라도 고객과의 신뢰를 최우선 가치로 인류 사회에 기여하자’라는 경영 철학으로 브랜드 이미지 제고와 고객들과 지속적 신뢰를 쌓고 있다.

스웨덴 볼보펜타

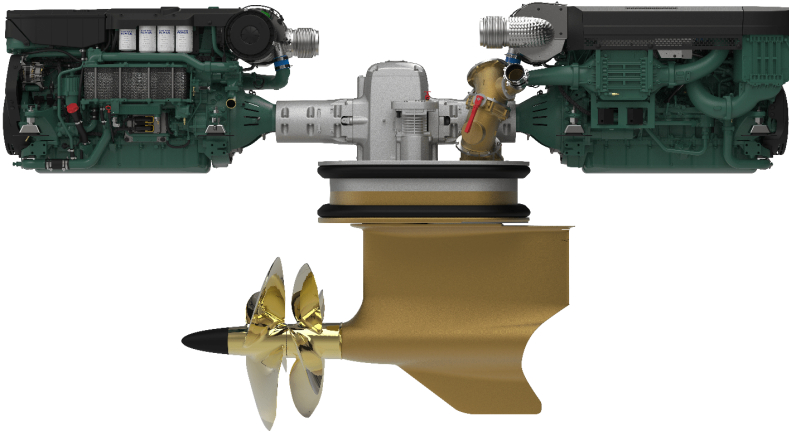
해양레저용 엔진 시장은 강력한 환경 규제와 기술 발전이 맞물려 급격한 변화를 겪고 있으며, 이러한 환경 속에서 볼보펜타(Volvo Penta)의 혁신과 전략은 업계의 미래를 가늠하는 중요한 지표가 되고 있다. 글로벌 해상용 엔진 시장은 국제해사기구(IMO)의 황산화물(SOx), 질소산화물(NOx), 온실가스 배출 규제 강화로 인해 친환경 기술 개발이 필수가 되었다. 특히 2020년 1월부터 시행된 IMO 2020 규제는 저유황 연료 사용 및 스크러버 설치

를 의무화하며 친환경 엔진 수요가 크게 증가했다. 이러한 정책 변화는 하이브리드, 전기 추진시스템, 수소 연료 등 대체 에너지원 기반 엔진 기술 개발을 촉진하고 있으며, 엔진 효율성 향상과 디지털화는 거스를 수 없는 동향으로 자리 잡았다.

시장조사기관에 따르면, 글로벌 해상용 엔진 시장은 친환경 선박 건조 증가와 함께 꾸준히 성장하여 2030년에는 더욱 확대될 것으로 전망된다. 특히 레저선박 및 소형 상선 시장에서 친환경 엔진 수요가 더욱 두드러질 것으로 예상되며, 이는 볼보펜타와 같은 선도 기업에게 새로운 기회를 제공하고 있다. 스웨덴에 본사를 둔 볼보펜타는 1907년 설립된 이래 100년이 넘는 역사를 통해 해상용 엔진 분야에서 세계적인 명성을 쌓아왔다. 초기 농업용 기계 엔진 생산에서 시작하여, 볼보 그룹에 편입된 이후 해상용 엔진 분야에 집중 투자하며 기술 혁신과 시장 확대를 이끌어왔다. 특히 레저 및 상업용 선박을 아우르는 광범위한 제품 라인업과 글로벌 서비스 네트워크를 구축하며 독보적인 입지를 구축했다.

핵심 기술

볼보펜타의 핵심 기술력은 강력한 성능과 높은 연료 효율성, 그리고 무엇보다 친환경성에 집중되어 있다. 특히, 볼보의 독보적인 기술력을 바탕으로 개발된 IPS(Inboard Performance System) 시스템은 독자적인 포워드 페이스(Forward-facing) 듀오프로펠러와 조이스틱 제어 시스템을 통해 탁월한 조종성과 연료 효율을 제공하며 해상용 추진시스템의 미래 표준을 제시했다. 또한 볼보펜타의 IPS 시스템은 탁월한 볼라드 푸시(Bollard Push) 성능을 바탕으로 해상풍력발전 유지보수 선박인 CTV(Crew Transfer Vessels)에서 압도적인 효율성을 바탕으로 글로벌 시장점유율을 확보하고 있다.



볼보펜타 IPS 프로페셔널 플랫폼(Professional Platform)

출처: <https://www.powertraininternationalweb.com/marine/volvo-penta-introduces-all-new-ips-professional-platform/>

IPS 시스템은 100년 이상의 엔지니어링 전문 지식을 바탕으로, 협소한 공간에서도 성능 저하 없이 까다로운 IMO Tier III 규제를 충족하도록 설계된 컴팩트하고 모듈화된 시스템이다. IMO Tier III 및 Stage V 규제에 최적화된 IPS 시스템 솔루션은 설치가 용이하며, 다양한 선박에 적용할 수 있는 유연한 패키지로 제공된다. 특히 저속(분당 약 20회전)에서도 부드럽고 조용한 변속을 위해 설계된 상단 기어는 클러치를 사용하여 동력원을 원활하게 연결할 수 있도록 한다. 이러한 추진 설계의 선구적인 발전은 물에 동력을 가장 효율적으로 전달하도록 다양한 가능성을 열어주며, 내연기관뿐만 아니라 전기 모터, 하이브리드 등 여러 동력원 조합을 가능하게 한다. 이 시스템은 두 개의 동력원으로서 볼보펜타 D13 엔진 또는 전기모터로 구동되며, 모든 볼보펜타의 내연 기관은 HVO/바이오디젤 사용이 가능하다.



IPS 프로페셔널 플랫폼의 에코 모드(Eco Mode)

출처: <https://top-yachtdesign.com/volvo-penta-new-ips-professional-platform/>

볼보펜타 IPS 프로페셔널 플랫폼의 에코 모드(Eco Mode)는 지능형 기능이다. 이 기능은 실시간 수요에 따라 엔진 출력을 자동으로 조절하여 연료 소비를 최적화하고, 배기가스 배출 및 기계적 마모를 줄여준다.

볼보펜타 IPS 프로페셔널 플랫폼은 최고 수준의 기동성, 정밀성, 제어력을 제공하며, 좁은 공간에서도 뛰어난 성능을 발휘한다. 또한, 볼보펜타 보조 도킹(Assisted Docking)과 같은 독점적인 기능을 가능하게 한다. 이 시스템은 낮은 소음 및 진동 수준을 보장하여 탁월한 온보드 쾌적함을 선사하며, 체감 소음을 최대 50%까지 감소시킨다. 새로운 프로펠러 시리즈는 12~40노트의 최고 속도 범위에 완벽하게 부합하며, 듀오프로펠러(DuoProp) 디자인을 활용하여 높은 효율의 수면 접지력을 제공한다.

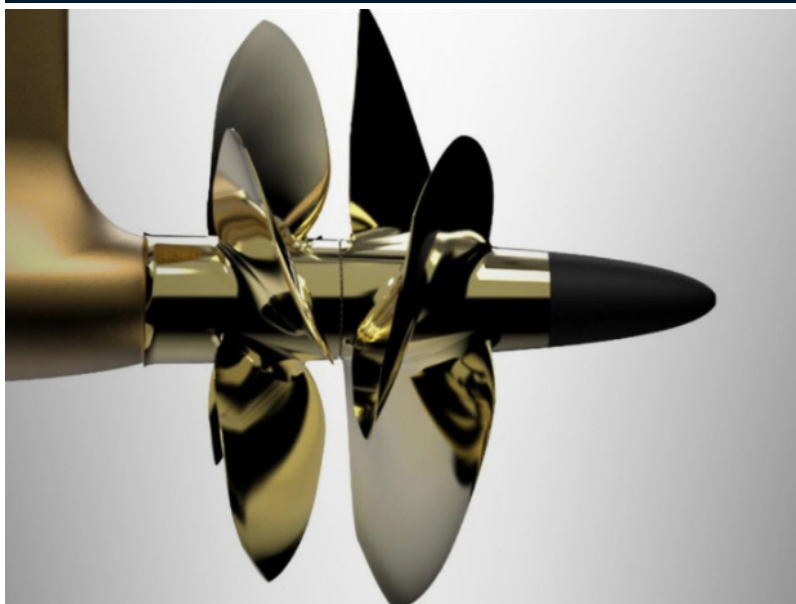
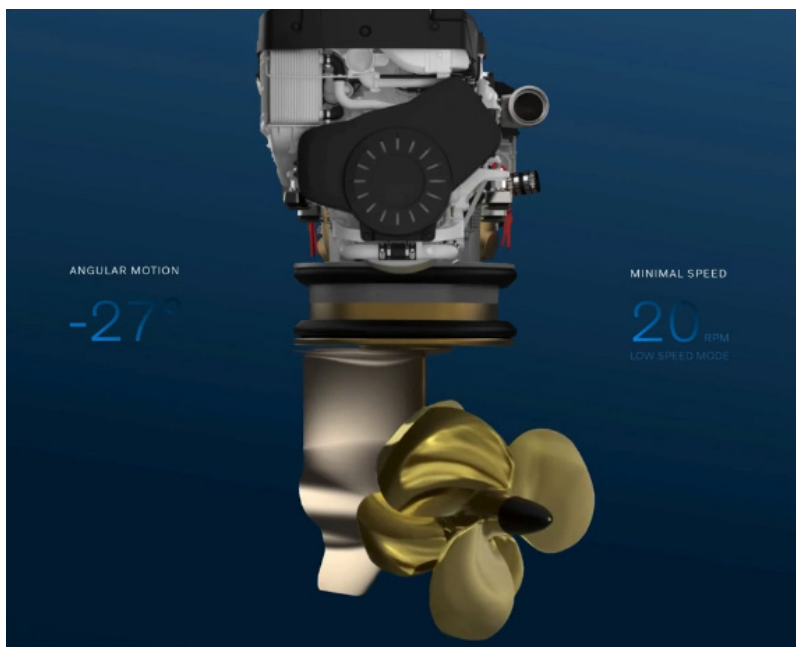
이처럼, 볼보펜타 해상용엔진은 최첨단 기술을 통해 IMO Tier III를 비롯한 엄격한 환경 규제를 충족하고 있으며, EVC(Electronic Vessel Control) 시

시스템은 엔진과 선박 시스템을 통합 제어하여 최적의 성능과 안정성을 확보해준다. 최근에는 하이브리드 및 전기 추진 솔루션 개발에 중이며 지속 가능한 해양 산업의 미래를 선도하고 있다.

경영 전략

볼보펜타는 ‘마린 혁명(Marine innovation), 신뢰할 수 있는 추진 체계(Reliable propulsion), 배출 가스 제어 기술(Emission technology)’을 핵심 가치로 삼아 고객의 요구에 맞는 혁신적인 솔루션 제공에 주력하고 있다. 이를 위해 지속적인 R&D 투자를 통해 친환경 기술 개발과 디지털 솔루션 강화에 매진하고 있으며, 글로벌 서비스 네트워크 강화를 통해 전 세계 고객들에게 신속하고 전문적인 지원을 제공한다. 또한, 전략적 파트너십 구축을 통해 다양한 분야의 기업들과 협력하며 신기술 개발 및 시장 확대를 추진하고 있다. 볼보펜타는 제품 판매를 넘어선 ‘솔루션 프로바이더’로서의 역할에 집중하며, 고객의 총 소요 비용(TCO) 절감과 운영 효율성 증대에 기여하는 것을 목표로 한다. 특히 볼보펜타는 한국의 전략적 파트너로 (주)펜타코리아와 손을 맞잡고 아시아 지역에서 큰 역할을 수행하고 있다. 펜타코리아는 ‘고객가치, 사회적 가치, 파트너가치, 주주가치, 직원가치’의 5대 가치를 필두로 가치 지향적 비전을 기반으로 지속적으로 성장하고 있다.

요약하면, 볼보펜타는 강력한 기술력과 지속가능한 비전을 바탕으로 변화하는 해상용 엔진 시장을 선도하고 있으며, 엄격해지는 환경 규제와 디지털 전환, 전동화라는 거대한 흐름 속에서 볼보펜타의 혁신적인 기술과 전략은 해양레저 분야의 글로벌 혁신을 이끄는 중요한 동력이 될 것이다. 향후 볼보펜타의 하이브리드 및 전기 추진 솔루션의 상용화는 (주)펜타코리아와의 파트너십을 바탕으로 대한민국의 해양 산업의 지속가능한 미



40도까지 조정 가능한 트윈 프로펠러

출처: 볼보펜타 홈페이지

래를 앞당기는 데 결정적인 역할을 할 것으로 기대된다.

국내 혁신기업 마스터볼트코리아

우리나라의 친환경 추진시스템 기술개발은 중소기업의 독자적 기술 개발에 의지하고 있다. 그중 마스터볼트코리아는 성장 동력원을 확보하기 위해 글로벌 해양레저 장비 제작사의 친환경 추진체계를 검토하여 수입 장비와 더불어 국산화 시스템을 갖추기 위해 연구를 집중하고 있으며 국내 기술력의 제고와 국제표준화에 발맞추기 위해 혁신과 노력을 하고 있다. 특히 하이브리드 선박 추진시스템 및 통합 전장 시스템 분야에서 독보적인 경쟁력을 확보하며, 미래 모빌리티 시대의 핵심 주자로 평가받고 있다.

설립 및 기술

2016년 설립된 마스터볼트코리아는 관공선과 특수선 중소형 선박 및 특장 모바일 분야에서 친환경 전기/하이브리드 시스템 솔루션을 제공하고 있다. ‘최고만이 최선이다(Performance & Reliability)’라는 경영 이념 아래, 리튬 이온 배터리, 충전기 및 인버터, 배터리 관리 시스템 등 다양한 고성능 전력 솔루션을 선보이며 관련 시장을 선도하고 있다. 최근에는 소형 선박용 친환경 하이브리드 추진시스템과 고속 선박용 수면관통형 추진시스템을 주력으로 내세우며 시장의 주목을 받고 있다. 운항 중 자유로운 모드 전환이 가능한 하이브리드 시스템은 물론, 높은 추진 효율과 유지보수 편의성을 갖춘 수면관통형 추진시스템은 마스터볼트코리아의 기술력을 단적으로 보여주는 사례다. 이러한 기술력은 국내 관공선 시장의 친환경 전환을 선도하는 데 기여하며, 향후 글로벌 인증 및 해외 레퍼런스를 통한



통합형 친환경 하이브리드 시스템

출처: <https://kr.aving.net/news/articleView.html?idxno=1800174>



26M급 친환경 항만순찰선 '해양3호'

출처: <https://www.mpmbc.co.kr/NewsArticle/291829>

수출 확대도 기대된다.

마스터볼트코리아는 지속적인 연구 개발을 통해 혁신적인 제품을 출시하고 있으며, 이는 2024년 제11회 국제 e-모빌리티엑스포에서 'GEAN 어워드'를 수상하는 등 대외적으로도 인정받고 있다. 선박·UAM·드론 부문에서 '선박용 친환경 하이브리드 추진시스템'으로 수상의 영예를 안은 것은 동사의 기술 리더십을 방증하는 대목이다. 또한, 국내 유수의 기업들과의 협력을 통해 사업 영역을 확장하고 있다. (주)강남과의 해양 방위산업 협력 강화 업무협약 체결은 마스터볼트코리아가 해양 방위산업 분야로의 진출을 모색하며 새로운 성장 동력을 확보하려는 노력을 보여준다. 이는 국방 산업의 친환경화 및 효율 증대에도 기여할 것으로 기대된다. 마스터볼트코리아는 기술 신뢰성과 관공서 실적을 바탕으로 국내 시장을 선도하고 있으며, 상업용 전기추진 유람선 및 완도 항만순찰선 등에 연료절감형 친환경 하이브리드 시스템을 구축하였다.

친환경 하이브리드 솔루션

마스터볼트코리아는 고효율 친환경 하이브리드 추진시스템과 전장 통합 솔루션을 구축하기 위해 탄소배출 최소화와 연료 절감을 목표로 엔진과 감속기, 배터리 공급, 냉각시스템, 터치스크린 방식 컨트롤 유닛, 시동 ON/OFF, 비상정지시스템 등의 디지털 통합 모듈을 개발했다. 특히 엔진·전기추진 등 다양한 모드의 주행 중에도 신속한 능동변속 전환이 가능하며, 하이브리드 전용 트랜스미션과 간소화된 냉각 시스템 등 공간 절약형 설계로 협소 공간에서도 최적 배치를 할 수 있어 파워보트처럼 소형 선박에 최적화되어 있다. 모듈형 배터리시스템, 최적화 냉각시스템, NMEA 2000* 기반 디지털 배전 제어 시스템 적용을 통하여 최적의 효율

성과 사용자 운용성, 안전성을 확보하였다. ‘부스터모드’ 적용 시 내연기관 출력에 전기모터 출력이 더해져 고출력 운항이 가능하다.

2020년 국내 최초 상업용 전기추진 유람선, 해양경찰청 하이브리드 전력 시스템, 26M급 친환경 항만순찰선 ‘해양3호’에 하이브리드 시스템 적용을 하였다. 소형 선박 ‘해양3호’에는 조타실에 메인 NMEA 2000 기반 디지털 컨트롤 유닛, 기관실에 최적화 냉각 및 로컬제어시스템, 배터리를 모듈형 파워팩 등을 적용하였다.

CZone 시스템

CZone 시스템 구성 도구를 사용하여 설치자는 표준 PC에 대한 프로그래밍 매개변수를 설정하고(USB CAN 어댑터, 제품 코드 80-911-0044-00 사용), 저장된 구성을 CZone 네트워크에 업로드하고, 모든 선상 인터페이스를 동시에 프로그래밍할 수 있다. 또한 변경 및 사용자 지정은 디스플레이 인터페이스에서 수행하고 PC에 다시 다운로드하여 마스터 구성을 재정의할 수 있다. CZone® 디지털 제어 및 모니터링 네트워크는 최첨단의 강력한 인터페이스와 가벼운 NMEA 2000 네트워크 케이블을 사용하여 스위치 및 퓨즈 패널에 대한 복잡하고 번거로운 배선을 교체하여 전기 시스템 설치를 단순화한다. 또한, 온보드 시스템과 관련된 복잡한 제어 및 모니터링

* NMEA 2000은 컨트롤러 영역 네트워크(CAN)를 기반으로 하는 플러그 앤 플레이 전기장치 통신 표준을 사용하고 네트워크는 명령 및 NMEA 2000 장치 간의 메시지 처리(탱크 레벨)를 위한 데이터 문장을 전송한다. NEMA 2000 장치가 50개 이하일 경우 하나의 NMEA 2000 네트워크에 연결 가능하다. 전원에서 전원으로부터 멀리 떨어져 있는 장치까지 전압 강하가 3V 이하여야 하고, 장치 수가 50개 이상이거나 전압 강하가 3V를 초과할 경우 CZone 네트워크 브리지 인터페이스를 설치하여 최대 252개의 장치로 확장할 수 있다. NMEA 2000 네트워크의 주 통신 채널은 고객의 NMEA 2000 장치를 연결하는 백본이며, 각각의 NMEA 2000 장치는 T-커넥터로 백본에 연결한다. NMEA 2000 백본은 반드시 12V DC전원에 연결해야 하며 올바르게 기능할 수 있도록 네트워크의 양 끝 쪽에 터미네이터를 설치해야 한다.

문제의 자동화를 통해 정교한 솔루션을 제공한다. DC인터페이스, AC인터페이스, 터치형 디스플레이 등으로 매우 효율적이고 정교하게 설계되어 시스템의 낭비요소를 제거한 최적화 통합 솔루션을 개발하였다.

매스 콤비 울트라 시스템

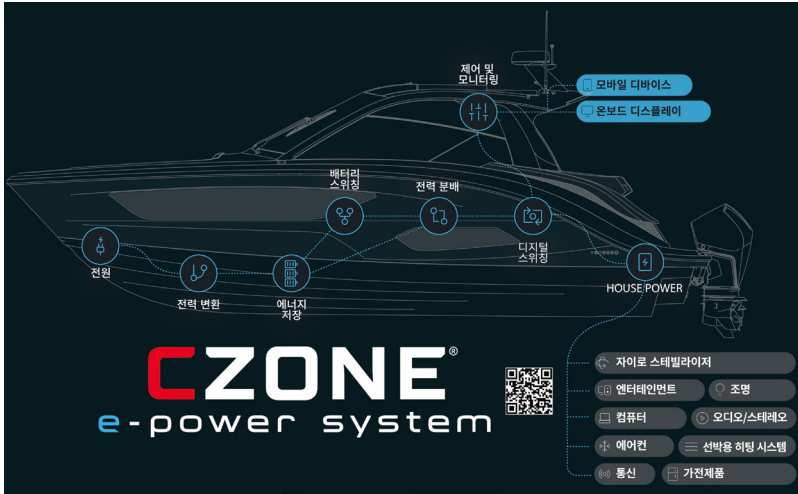
매스 콤비 울트라(Mass Combi Ultra) 시스템은 AC 전원 퓨즈가 과부하되는 것을 방지하기 위한 것으로 배터리 충전기의 출력전류가 이 위험이 발생하는 순간 감소하게 된다. 전기 시스템이 육상 전원에 연결될 경우, 회로 차단기는 6A로 제한된다. 230V 장치 여러 개가 켜져서 3.5kW를 소비하고, 총 16A가 필요하다. 서비스 배터리 및 매스 콤비를 통해서 추가 230V(10A)가 공급되며, 매스 콤비에 전력 공유를 통해 또는 이지뷰(EasyView) 5 패널을 사용하여 원격으로 설정을 프로그래밍할 수 있다.

반면 육상 전원이 없고 발전기나 배터리 전원만 있는 경우, 두 전원 모두 배터리를 충전하며 연결된 소비에 전력을 제공할 수 있다. 매스 콤비 울트라는 공급과 수요를 조절하며 마스터부스를 통해 발전기를 선택하여 시동할 수 있고, 전력 수요가 클 경우 발전기나 육상 전원 연결과 병렬로 리튬 이온 배터리에서 추가 AC전원을 공급한다. 이 방법으로 발전기를 과부하시키거나 주 퓨즈를 끊지 않고 더 큰 부하를 작동할 수 있다.

| 우리의 현황과 대응 |

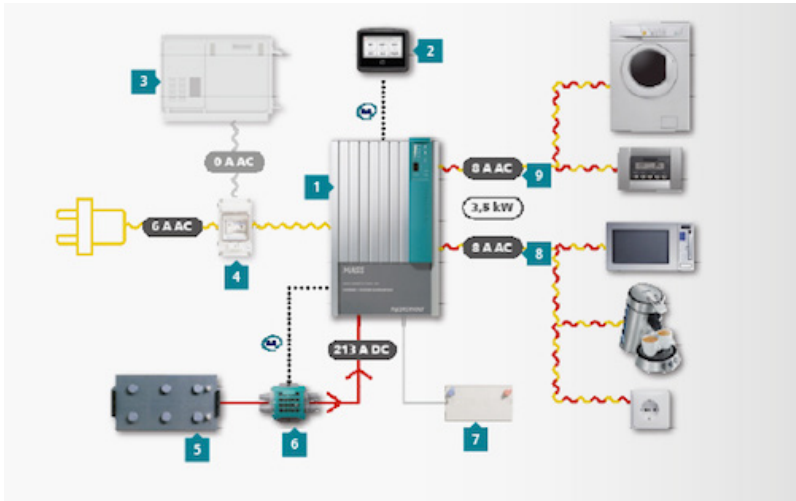
국내 현황

우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸인 지리적 이점을 가지고 있으며, 최



CZone® 소형선박 적용 구성도

출처: 마스터볼트코리아 홈페이지



매스 콤비 울트라 시스템

- ① Mass Combi (Ultra) 인버터/충전기 조합, ② Easyview5, MasterBus 네트워크에서 모든 장치에 제어 패널, ③ 발전기, ④ Masterswitch 변환 시스템, ⑤ 서비스 배터리, 젤, ⑥ MasterShunt
⑦ 시동 배터리, AGM, ⑧ 인버터 출력, ⑨ 고전력 출력, ⑩ 리튬이온 배터리

출처: 마스터볼트코리아 홈페이지

근 주 52시간 근무제 확산과 여가 중시 문화로 인해 해양레저 활동 인구가 꾸준히 증가하고 있다. 해양레저 활동 인구는 증가하는 반면 산업 진흥을 위한 노력은 해외 사례와 비교하면 걸음마 단계다. 이는 1970년대부터 현재 해양수산부, 산업통상자원부 등의 정부지원이 상선 및 해운시장 위주로 지원되고 있기 때문이다.

전 세계 해양레저산업 시장은 해양레저관광, 제조, 유통, 서비스, 해양치유, 크루즈, 해양낚시, 수중레저, 수상레저 등 시장 규모가 2023년 기준 약 4,800조 원에 이르며, 이는 우리나라의 국내총생산(GDP)의 약 2배에 해당하는 것이다.

이처럼 우리나라 2024년 국가예산 약 657조 원의 8배가량에 해당하는 규모임에도 불구하고, 정부의 관심과 인식도가 낮아 지원산업에서 소외받고 있으며, 여러 가지 국내 사정으로 인해 산업규모가 전 세계 1% 수준에도 못 미치는 현실이다.

그 결과로 국내 해양레저산업 시장은 대부분의 레저선박이 수입에 의존하여 수입액은 수출액의 6.4배 이상으로 레저선박의 무역수지 불균형이 증가하고 있으며, 산업의 글로벌 경쟁력과 시장점유율은 미국 및 유럽과 비교해 초보적인 수준이다(한국무역협회 등, 2025). 또한 국내 기술은 첨단 해양 전자 장비 및 레저 보트 제조 분야에서 글로벌 선도 기업에 비해 기술 격차가 크고, 기술개발이 미진한 상황이다.

대응 방안

정부는 해양관광 활성화와 해양 안전 강화를 위한 ‘해양레저관광진흥법’, ‘수상레저안전법 등을 통해 정책적 지원을 하고 있지만, 아직은 초기 단계에 머물러 있다. 해양레저산업 발전을 저해하는 가장 큰 요인은 산업

생태계를 조성하기 위한 기본적 조건인 법령 부분이다. 일원화되지 못한 법령이 여러 문제를 야기한다. 예를 들면, 해양레저를 즐기기 위한 면허제도 및 등록제도는 해양경찰청, 해양수산부로 복잡하게 얽혀 있으며, 보트를 제조하기 위한 검사제도와 인증제도는 해양수산부, 해양경찰청, 산업통상자원부 등이 복합 관할하고 있어 산업 발전을 저해하고 있다. 이에 따라 관련 법령 정비 등 일원화가 필요하고, 산업의 다변화와 산업 패러다임을 변화하기 위해서는 다음과 같은 조치가 필요하다.

우선, 국무총리실 직속으로 다부처 협업형 해양레저 신산업 퀀텀 성장지원단을 조직하여 장기적 로드맵 설정을 비롯하여, 효율적 법령 정비와 해양레저산업 인프라 조성 계획 등을 다부처 TF를 조직하여 근본적 해양레저산업 패러다임을 바꾸는 역할이 필요하다. 노동집약적 산업의 특성을 고려하여 로드맵을 재구성해야 한다. 자동차산업 육성 사례처럼, 국제표준에 따라 제품을 제작하도록 규제를 완화하고, 금융 및 보험산업의 혜택을 누릴 수 있도록 전담기관을 신설해야 한다.

해양레저선박 시장의 성장 가능성과 미래 해양신산업으로서 가능성은 증가하고 있으며, 해양레저 제조 및 유통업, 시설 및 인프라 그리고 서비스 및 관광업 등 전후방 산업 간 연계의 시너지 효과와 더불어 세계 1위의 K-조선의 기술과 경쟁력을 기반으로 중소형 레저보트 또는 중대형 레저보트 시장에 전략적으로 접근한다면 해양레저 장비산업은 우리나라 미래 신해양경제를 이끌 시장이 될 것이다.

마지막으로 해양레저산업 활성화를 위하여 조우정 한국해양대학교 평생교육원장이자 한국해양레저산업총연합회 회장의 ‘K-Ocean Play’ 정책을 제언한다.

해양레저산업 활성화를 위한 K-Ocean Play 정책 제언

구분	정책과제	내용
Play Policy	총리실 산하 해양레저산업 쿼터성장지원 TF (다부처)	<ul style="list-style-type: none"> ·(배경) 해양신산업으로 육성을 위한 정부의 지원 필요 ·(내용) 법령 정비 및 일원화, 산업 지원을 위한 기초 토대 마련, 해양레저산업 육성 로드맵 마련, 금융 및 보험·공제산업 지원, 국제교류, 국제표준 등 나라별 상호 협약 등 조치 ·(효과) 로벌 시장 진출을 위한 산업 기틀 마련, 중소기업 경쟁력 제고, 지역 일자리 창출 기여, 새로운 경제적 가치 창출
Play Infrastructure	해양레저 관광업체 지원센터	<ul style="list-style-type: none"> ·(배경) 해양신산업으로 육성하고 있으나 영세한 업체에 대한 경영, 기술, 마케팅 등 직접 지원 사업 전무 ·(내용) 해양레저관광 7대 권역별 경영 기술, 교육, 마케팅 등 통합 지원센터 건립 및 운영(해양레저관광 거점 사업과 연계) ·(효과) 산업기반 강화, 중소기업 경쟁력 제고, 지역 일자리 창출 기여
Play Innovation	레저보트 제조업 지원	<ul style="list-style-type: none"> ·(배경) 국내 레저보트 기술력과 인증 등 경쟁력 제고 필요 ·(내용) 국산화 기술(R&D), 테스트베드 제공, 인증 절차 개선 및 수요 연계 사업 운영(해양수산부 & 산업자원부 다부처 사업 추진) ·(효과) 국산 보트 경쟁력 강화, 수출 확대, 조선업 다각화
Play Local	해양레저관광 클러스터	<ul style="list-style-type: none"> ·(배경) 단일 시설 중심의 한계를 극복하여 융합형 산업으로 육성하기 위한 민관산학연 네트워크형 클러스터 조성 및 운영 필요 ·(내용) 마리나 중심의 레저보트 제조, 유통 및 판매, 관련 서비스업, 기관 및 단체 그리고 지방정부의 네트워크형 클러스터 조성(예: 유럽 모나코요트 클러스터, 스페인 BMC 요트 클러스터) ·(효과) 지역 경제 활성화, 지속가능한 산업 육성, 산업간 상생
Play Future	차세대 레저보트 제조업 육성	<ul style="list-style-type: none"> ·(배경) 탄소중립 시대 대응, 친환경 및 자율운항 기술 적용 필수 ·(내용) 전기, 수소, 자율운항 보트 R&D 지원, 시험 운항 및 인증제도 구축 ·(효과) 친환경 레저보트 시장 선도, 수출 기반 확보, 기술혁신 유도(차세대 스마트 조선 사업 연계)

구분	정책과제	내용
Play Smart	AI 기반 첨단 마리나 조성	·(배경) 해양레저관광의 핵심 인프라인 계류시설 부족, 기존 마리아의 운영 비효율성과 아날로그 시스템 의존 한계 극복 필요성 대두
		·(내용) AI 기반 수요 예측, 계류, 최적화, 무인 정산 및 안전관리 시스템 도입, 전국의 연안 도시별 1개, 전국 50개 첨단 육상 마리나 조성(예: 플로리다 Gulf Star Marina, F3 마리나, Port 32 마리나 등)
		·(효과) 계류시설 부족 극복, 마리나 운영 효율성 제고, 사용자 편의성 향상
Play Easy	요트 및 보트 스테이션 300 사업	·(배경) 계류 공간 부족과 어촌 기반 시설의 저활용 문제 병존(예: 어촌뉴딜300 사업으로 조성한 계류시설 등)
		·(내용) 어촌뉴딜 300 기반 어촌어항 활용, 소형 보트 계류 및 관광 연계 스테이션 300개 구축(예: 보트 스테이션 100, 요트 스테이션 100, 피싱 보트 스테이션 100)
		·(효과) 계류 인프라 확충, 어촌 경제 활성화, 지역 일자리 창출
Play Global	슈퍼요트 SM 거점 추진	·(배경) 동북아 고부가가치 슈퍼요트 수요 증가 대비 인프라 구축 및 관리 서비스 부족 대응 필요
		·(내용) 슈퍼요트 전용 마리나, 수리시설, Ship Management 센터 구축 및 국제 네트워크 확보
		·(효과) 동북아 해양산업 허브 도약, 고급 관광 및 산업 수익 창출

참고문헌

- <https://www.fortunebusinessinsights.com/small-boats-market-103622>
- <https://mastervolt.kr/contents/all-you-need-to-know-about-czone-networked-monitoring-system/>
- <https://mastervolt.kr/contents/frequently-asked-questions-about-combis/>
- <https://mastervolt.kr/products/czone/>
- <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/coastal-maritime-tourism-market-report>
- <https://www.nmma.org/advocacy/economic-impact/recreational-boating>
- <https://www.raymarine.com/en-gb>
- <https://www.volvopenta.com/marine/the-all-new-volvo-penta-ips-experience/volvo-penta-ips-professional-platform/>

1장

해양 모빌리티의 진화


자율 무인 해양 드론 전망 및 운영 기술

미국 세일드론

원격 수상드론으로 새로운 시장을 만들다

김민규 박사

한국해양과학기술원



세일드론은 풍력과 태양광을 동력으로 사용하는 자율 무인 해양 드론으로, 사람 없이 장기간 해양을 항해하며 데이터를 수집한다. 이 드론은 기후 관측, 해양 생태계 조사, 해저지도 작성, 국방 감시 등 다양한 용도로 활용된다. 긴 항속거리와 극한 환경에서의 운용 능력을 갖추고 있어 극지방 탐사도 가능하다. 기존 유인 선박보다 비용이 낮고 위험 부담이 적어 효율적인 대안으로 부상하고 있다. 미국을 중심으로 여러 국가에서 환경 연구기관, 군, 정부 부처 등이 적극 도입하고 있으며 최근에는 안보 감시 목적의 활용도 확대되는 추세다.

| 머리말 |

세일드론은 바람과 태양 에너지를 이용하여 장기간 자율운항이 가능한 무인 해양 관측 플랫폼으로, 기존의 유인 조사 방식의 한계를 극복하고 해양 연구와 감시 활동에 새로운 전환점을 마련하고 있다. 첨단 무인 세일드론은 센서, 위성통신, 자율항법 기술이 결합된 복합체로, 해양 환경 데이터를 실시간으로 수집하고 분석할 수 있어 기후 변화 연구, 수산 자원관리, 해양 재난 감시, 국방 및 안보 분야까지 다양한 활용 가능성을 지닌다. 글로벌 세일드론의 시장 규모는 2024년 약 61억 7천만 달러로 평가되고 있으며 2025년부터 2032년까지 연평균 성장률 2.85%로 성장하여 약 77

억 2천만 달러에 이를 것으로 예상된다.

특히 세일드론은 연료를 전혀 사용하지 않음으로써 운항 중 탄소를 배출하지 않으며, 화석 연료에 대한 의존 없이 수개월간 자율운항이 가능하다. 이는 기후 변화에 대응하고 지속가능한 해양 활동을 실현하는 데 중요한 기술적 전환점이라 할 수 있다. 또한 세일드론은 엔진 소음이나 추진체에 의한 물리적 충격이 없어 해양 생물에 미치는 영향이 현저히 적다. 특히 고래와 돌고래 등 민감한 종들이 서식하는 해양 지역에서도 수온, 염분, 해류, 대기 중 이산화탄소 농도 등의 고정밀 데이터를 장기간 수집할 수 있어, 위성 관측이나 유인 조사선으로는 한계가 있는 해양 모니터링의 사각지대를 메워준다. 운용 측면에서도 세일드론은 비용과 환경 부담이 모두 적다. 화석 연료를 사용하지 않기 때문에 연료비나 탄소세가 들지 않으며, 무인으로 운용함으로써 인건비나 장비 유지비도 최소화할 수 있다. 이는 국가기관이나 연구기관, 해양 기업들의 지속가능성과 비용 효율성을 동시에 고려할 때 매력적인 선택지로 작용한다. 무엇보다 세일드론은 기후위기 시대에 대응하고 친환경 해양 플랫폼으로 지속가능한 개발 목표(SDGs) 달성, ESG 경영 실현, 그리고 탄소중립 사회 전환에 기여할 수 있는 매우 유망한 기술로 평가받고 있다.

세일드론의 자율운항 시스템은 GPS 기반 항법장치, 자율 항로 설정 알고리즘, 환경센서, 통신 모듈이 유기적으로 통합된 인공지능 기반의 운항 제어 구조로 구성되어 있다. 세일드론은 사전에 설정된 임무 계획 또는 원격 명령에 따라 지정된 경로를 자율적으로 운항하며, 실시간으로 주변 해양 및 기상 정보를 수집하고 이를 기반으로 항로를 유동적으로 조정할 수 있다. 핵심 기술 중 하나는 자율 세일 제어 시스템(Autonomous Sail Control System)으로, 이는 윈세일의 각도를 실시간 바람의 방향과 속도에 맞추어



자율운항 기능이 탑재된 세일부이

출처: <https://sailbuoy.no>

조정함으로써 최적의 추진력을 유지하고 정밀한 경로 추적을 가능하게 한다. 또한 세일드론은 해상 충돌 방지를 위한 해양 레이더, 카메라 등을 탑재하고 있으며, 이를 통해 주변 선박 및 장애물을 인식하고 자율적으로 회피 경로를 선정할 수 있다. 클라우드 기반의 운영 플랫폼과 위성통신 시스템은 육상 통제 센터와 실시간 데이터 교환을 가능하게 하며, 필요 시 원격에서 경로 수정이나 장비 제어도 가능하다. 특히 인공지능 기반의 판단 알고리즘은 예기치 않은 해양 환경 변화에 대해 빠르게 대응할 수 있도록 설계되어 있으며, 이를 통해 인간의 개입 없이도 수개월 동안 자율운항이 가능하다. 세일드론의 자율운항 능력은 기상 관측, 해양 조사, 불법 어업 감시, 해상 재난 대응 등 다양한 해양 임무에서 장시간 안정적인 운영을 보장하는 핵심 요소로 평가받고 있다.

| 글로벌 동향과 전망 |

해상 자율 시스템 분야의 글로벌 선두 기업인 미국의 세일드론(Saildrone) 사는 6천만 달러 규모의 투자를 받아 유럽, 특히 덴마크 코펜하겐에 유럽 본부를 설립하고, 2025년 6월 발트해에 최초의 세일드론 Voyager 4대를 배치할 예정이다. 세일드론은 기후 연구 중심에서 현재는 국방, 안보 분야 중심으로 전환되는 추세이며 전 세계 세일드론 수상 전투함 시장 규모는 2024년도 약 13억 2천만 달러에 달했으며, 2025년부터 2033년까지 연평균 성장률(CAGR) 12.7%로 성장하여 2033년에는 약 39억 3천만 달러에 이를 것으로 예상된다. 이러한 강력한 성장세는 전 세계 해역에서 진화하는 보안, 환경 및 운영 과제를 해결하기 위한 첨단 무인 해상 솔루션에 대한 수요 증가에 기인한다.



세일드론(Saildrone)사의 Voyager

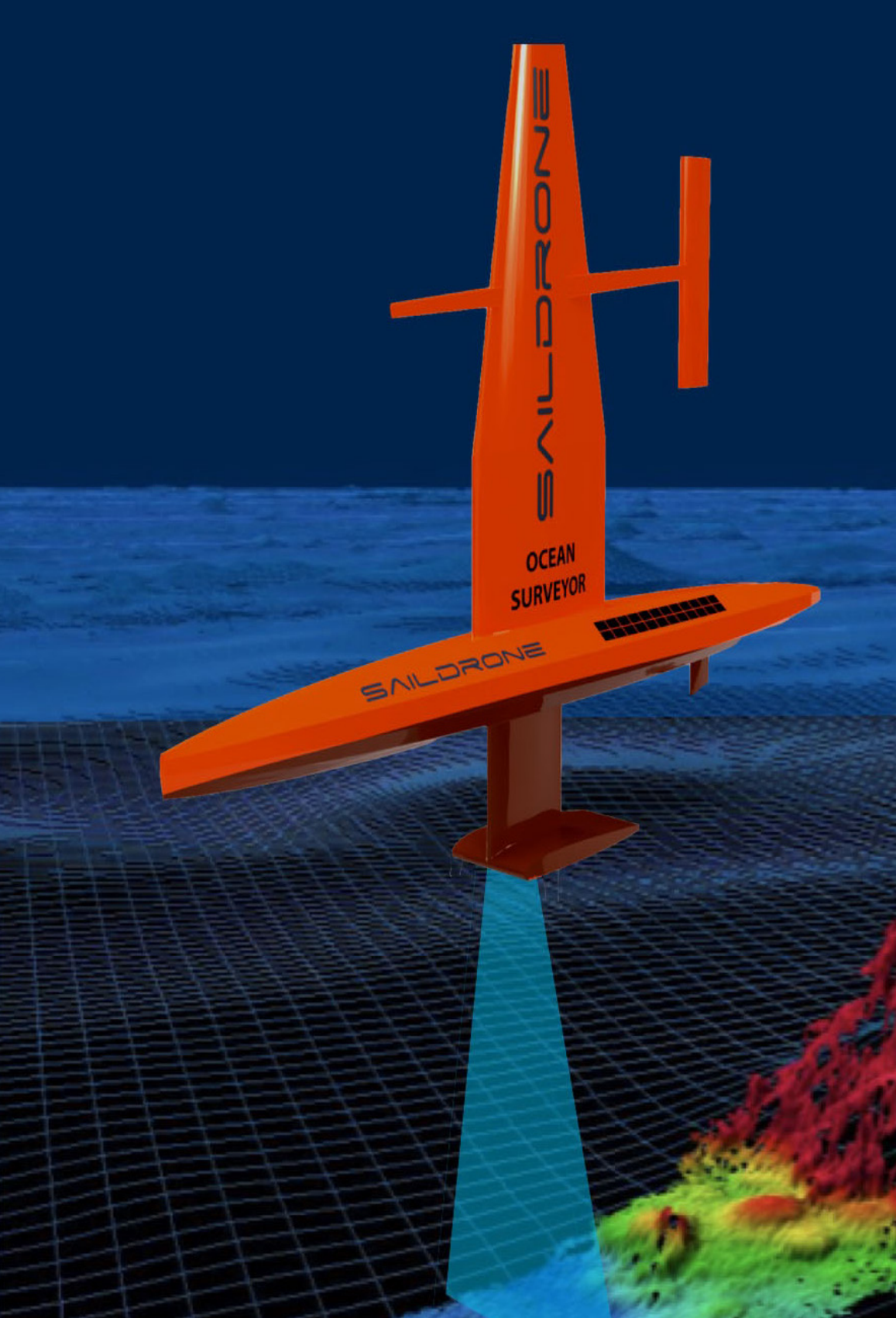
출처: www.talkaboutfuture.com

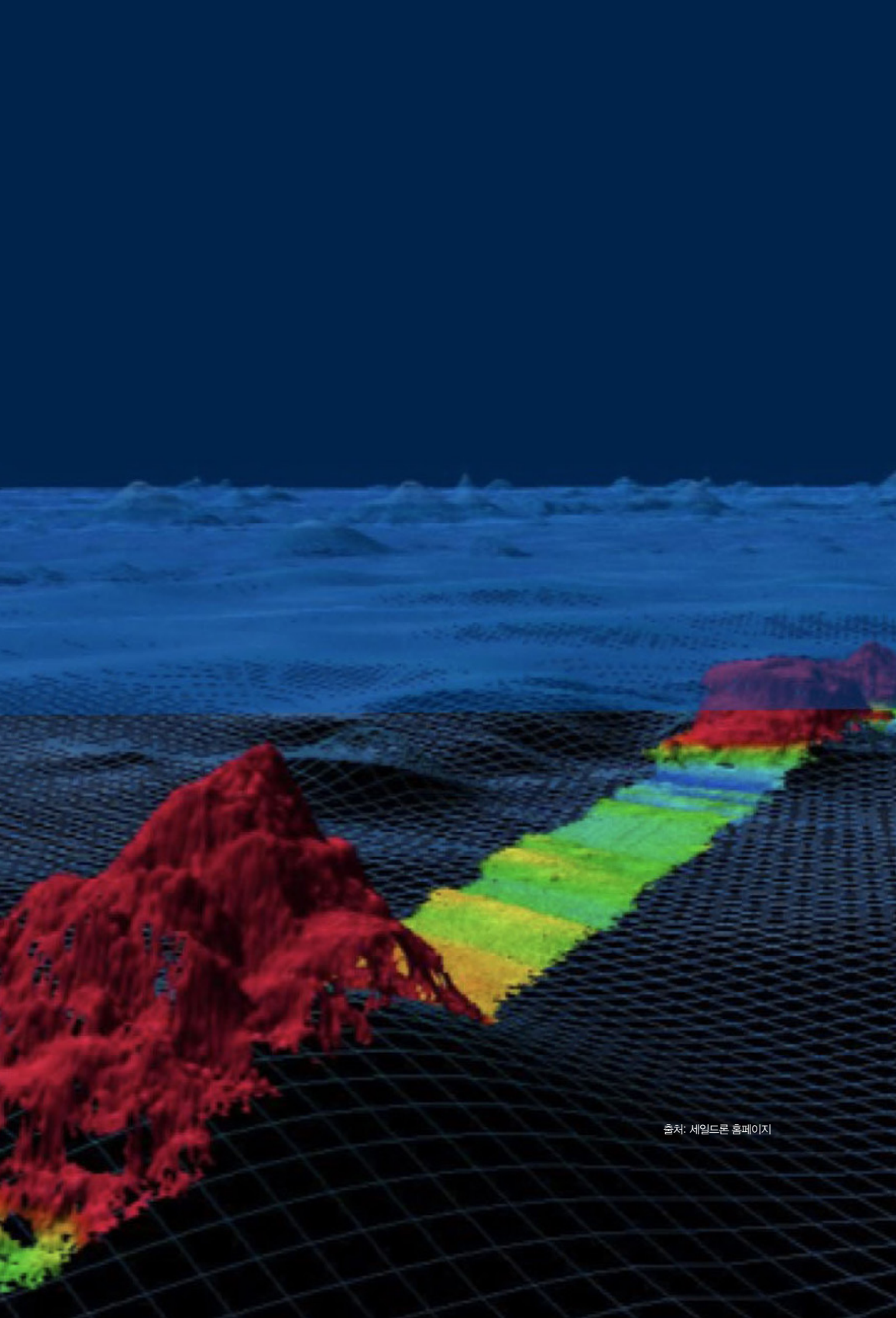
국외 상업용 세일드론

국외 상업용 세일드론은 자율운항, 무탄소 동력, 고성능 센서 통합을 바탕으로 다양한 민간 및 공공 부문에서 활용되고 있는 첨단 해양 무인 플랫폼이다. 미국 캘리포니아에 본사를 두고 있는 세일드론(Saildrone) 사는 현재 세 가지 모델(Explorer, Voyager, Surveyor)을 상업용으로 운영 중이며, 이들은 각각 연안 관측부터 심해 해저 조사에 이르기까지 다양한 용도에 맞게 설계되었다. Explorer는 12개월 이상 자율 항해가 가능한 7m급 플랫폼으로, NOAA, NASA, WHOI 등과 협력하여 북극과 적도 해역의 기후 및 해양 생태 데이터를 수집한다. Voyager는 미국 선급의 공인 선박 분류를 획득한 최초의 자율 무인선으로, 국제 항만에서도 상업적으로 합법 운용이 가능하다는 점에서 상업적 확장성이 높다. Surveyor는 20m급 대형 플랫폼으로 11,000m 수심까지 다중빔 음향 탐사가 가능하며, 글로벌 해저지도 제작 프로젝트인 Seabed 2030에 참여하는 등 과학 및 자원탐사 분야에서 핵심 플랫폼으로 활용되고 있다.

오션 에어로(Ocean Aero)는 세계 최초이자 유일한 AUSV(Autonomous Underwater and Surface Vehicle)인 Triton을 개발한 미국 해양 자율 플랫폼 기업으로, 상업, 군사, 해양 과학 용도 모두를 겨냥한 혁신적인 무인 선박을 제공하고 있다. Triton은 태양광과 풍력을 주 에너지원으로 사용하며 최대 3개월 동안 수상 자율운항이 가능하고, 잠항모드에서는 최대 5일 동안 수중 자율운항할 수 있는 독창적 설계로 수중, 수상을 아우르는 다중 환경 활용이 특징이다.

이뿐만 아니라 국외 다양한 업체들도 세일드론 및 자율 해양 플랫폼 시장을 선도하고 있으며, 각기 다른 기술과 운용 방식으로 시장을 다각화하고 있다.





출처: 세일드론 홈페이지

국의 상업용 세일드론 제작사 및 대표 모델의 성능

제작사	OCIUS (호주)	SAILDRONE (미국)	OCEAN AERO (미국)	OFFSHORE SENSING AS (노르웨이)
선박명	Beth-class Bluebottle	Explorer	Triton	Mark4 SailBuoy
길이(m)	6.8	7	4.5	2
추진 방식	태양광 + 풍력 + 파력	풍력 + 태양광	풍력 + 태양광	태양광
운용 기간 (일)	수 개월	365	90(5)	365
운용 속도 (Knots)	2~4	1~3	5(2)	1~3
비고	호주 해군에 납품되었으며, 필요시 돛을 접을 수 있음	NOAA, 미 해군 등과 협력하여 운영 중	수중 및 수상 이동이 모두 가능하며, 돛의 수납이 가능	북해 및 극지에서 기상 관측, 조류 및 파고 측정 등 다양한 임무 수행

출처: <https://www.saildrone.com>, <https://ocius.com.au>, <https://www.oceanaero.com>, <https://sailbuoy.no>

세일드론 친환경 기술 적용의 의미

세일드론은 태양광과 풍력을 기반으로 작동하는 자율 무인 수상선으로 전통적인 선박 운항 방식에서 발생하는 탄소 배출과 연료 소비를 획기적으로 줄이는 친환경 해양 플랫폼이다. 세일드론은 엔진이나 화석연료를 사용하지 않고, 자연 에너지를 주동력으로 활용함으로써 탄소 중립 실현에 기여하며, 해양 환경 보호와 지속가능한 해양 산업 구축에 중요한 의미가 있다. 우선 세일드론은 화석연료 기반의 동력 시스템을 사용하지 않기 때문에 운항 중 온실가스 배출이 전무하다. 이는 기존 유인 조사선이나 소형 디젤 선박 대비, 같은 거리와 기간 동안 운항 시 발생하는 수천 kg의 이산화탄소를 절감하는 효과를 낸다. 또한 세일드론은 장기간 자율운항

이 가능하며, 연료 보급을 위한 추가 운송이나 선박 이동의 필요가 없다. 이는 해양 현장 작업에서의 이차적 탄소 배출 요인을 제거하고, 인적·물적 자원의 낭비를 방지한다.

더불어 세일드론은 운항 시 발생하는 수중 소음이 거의 없어 해양 생태계에 대한 간섭이 적고, 환경에 민감한 고래, 돌고래 등 해양 포유류나 어종의 행동에 영향을 주지 않는 친환경 관측 수단으로 각광받고 있다. 세일드론은 이러한 무탄소 운항 기술을 통해 단순한 해양 감시 도구를 넘어, 친환경 해양 관측 인프라로 자리매김하고 있다. 이는 유엔 지속가능개발 목표 중 ‘기후변화 대응(SDG13)’, ‘해양 생태계 보전(SDG14)’, 지속가능한 산업혁신(SDG9)과도 깊은 연관이 있으며, 앞으로 해양 관련 연구와 산업 활동이 환경과 공존할 수 있는 방향으로 나아가는 데 핵심적인 역할을 수행할 것으로 기대된다.

전망

친환경 기술 전환에 대한 글로벌 요구와 맞물려 세일드론은 녹색 해양 기술의 대표 주자로 부상하고 있고 유럽연합, 미국 NOAA, UN 등 국제기구 주도의 기후 감시 프로젝트에 지속적으로 채택되고 있다. 향후 친환경 인증 기반의 해양 플랫폼 수요가 증가할수록, 세일드론은 시장 경쟁력을 더욱 강화할 것으로 보인다. 또한 AI 및 해양 디지털화 기술 발전과도 깊이 연결되어 있다. 항해 알고리즘의 고도화, 딥러닝 기반의 자율 판단 능력 등과 같은 기술의 발전으로 향후 다수의 세일드론이 협력 운항하며 해양 전역을 네트워크화하는 방식의 스마트 해양 관측 체계 구축이 가능해질 것으로 전망된다.

결론적으로 세일드론은 다양한 글로벌 흐름과 정확히 일치하는 기술

이자 플랫폼으로, 공공, 산업, 연구 전 분야에서 활용가치가 지속적으로 확대될 것으로 보인다. 향후 10년 이내에 세일드론은 유인 해양 플랫폼의 상당 부분을 대체하거나 보완하는 중심 수단으로 자리매김할 전망이다.

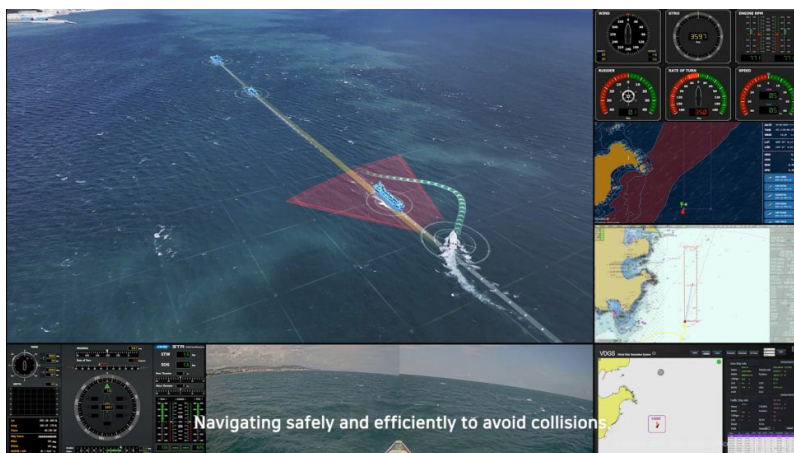
| 혁신기술 선도 사례 |

세일드론은 자율운항 시스템 기술, 수중 수상 천이 기술, AI 기반 데이터 처리 기술 등 복합적인 하드웨어 및 소프트웨어 기술이 융합되어 운용되고 있으며 다양한 선도 사례를 통해 그 실효성과 기술력을 입증하고 있다.

자율운항 시스템 기술

세일드론의 자율운항 기술은 풍력과 태양광을 이용한 지속가능한 운항 기반 위에 GPS 기반 항법 시스템, 자율 항로 설정 알고리즘, 고정밀 센서 융합 기술 등을 적용하여 해양 환경에서도 스스로 항로를 설정하고 임무를 수행할 수 있도록 설계되어 있다. 자율운항 시스템 기술의 주요 구성 요소는 다음과 같다.

- **GPS 기반 항법 시스템:** 고정밀 위성 항법 시스템(GNSS)을 기반으로 자율운항 기능을 구현하는 핵심 기술이다. 자율 항법 알고리즘은 실시간 경로 계산과 보정을 통해 최적항로를 유지할 수 있도록 하며 풍향, 해류 등과 같은 외부 환경 요소를 반영해 실시간 경로를 보정한다. 또한 IMU, 지자기 센서, 속도계 등의 정보를 함께 융합하여 GPS 신호가 일시적으로 끊기거나 오류가 발생하는 상황에서도 연



동적 장애물 회피 실험역 실증

출처: <https://blog.naver.com/koreamol/223622255272>

속적이고 안정적인 항법을 유지할 수 있도록 한다.

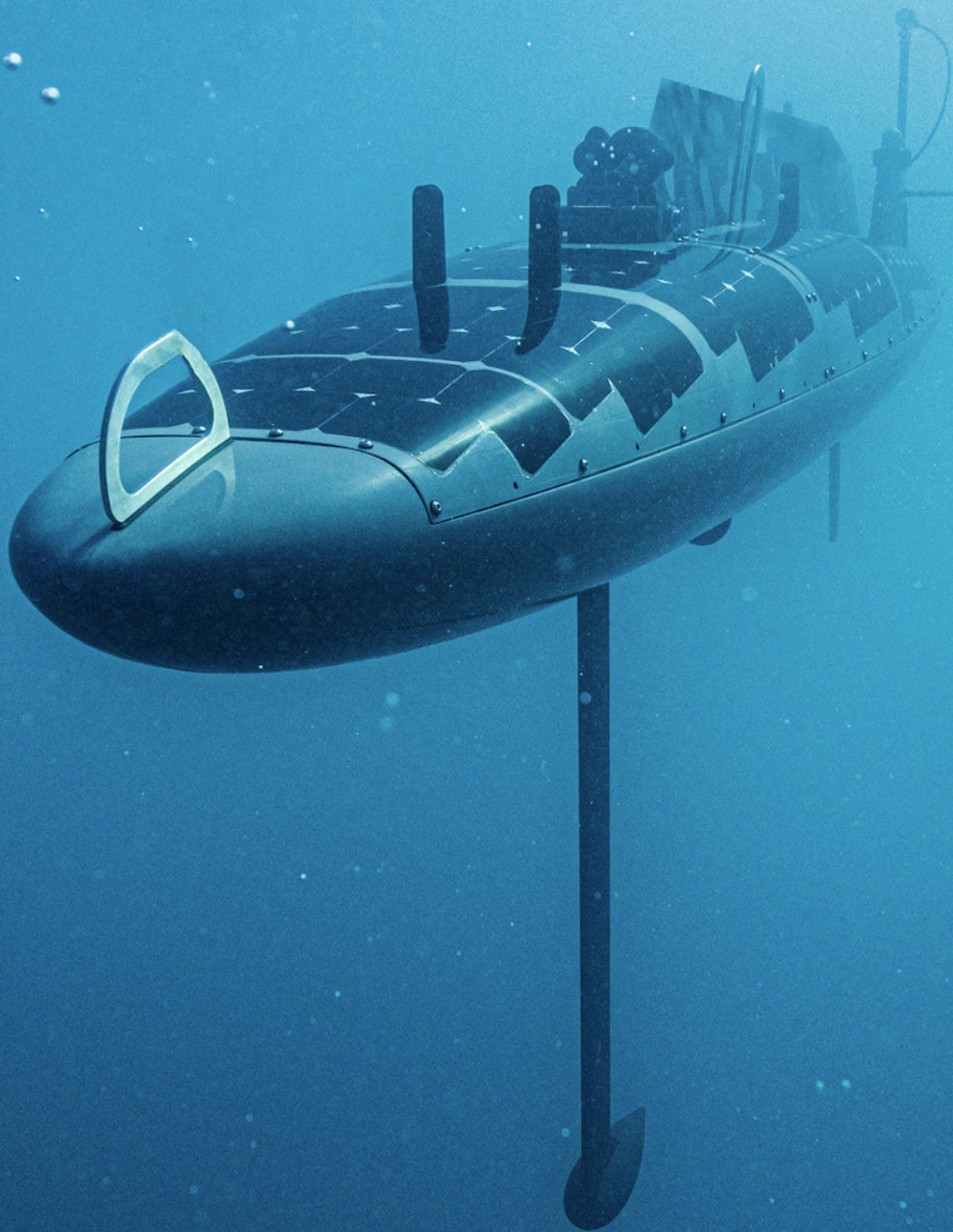
- **자율 항로 설정 알고리즘:** 세일드론이 환경 조건과 임무 목표를 실시간으로 인식 및 분석하여 목적지까지 안전하고 효율적인 경로를 스스로 탐색·선택·수정하는 지능형 소프트웨어, 하드웨어의 통합 체계이다. 실시간 센서 데이터 융합과 고도화된 경로 탐색 알고리즘을 활용하여 동적 장애물 회피 및 항로 재계산 기능을 수행함으로써 자율운항의 안정성과 신뢰성을 극대화한다.
- **고정밀 센서 융합 기술:** GNSS, IMU, LiDAR, 카메라, 음향 센서, 레이더 등 다양한 센서 데이터를 시간에 따라 동기화하고, 공간에 따라 정합하여 통합함으로써 단일 센서보다 훨씬 높은 정확도와 신뢰성을 가진 위치, 자세, 속도, 환경 정보를 시스템에 제공한다. 다양한 센서의 장점을 최대한 활용하고, 개별 센서의 한계를 상호 보완한다. 특히 환경 변화가 큰 해상에서의 신뢰성 높은 자율운항을 위

해서는 이 융합 기술의 정밀도와 견고성이 필수적이다.

수중 수상 천이 기술

수중 수상 천이 기술은 세일드론이 수면 위에서 항해하다가 환경이나 임무 요구에 따라 수중으로 잠수하고, 임무가 완료되면 다시 수면 위로 부상하는 일련의 과정을 안정적이고 효율적으로 수행하는 기술이다. 이는 단순한 수상 운항을 넘어, 수중 환경에서의 정밀 탐사 및 장애물 회피, 구조 활동 등 복합 임무를 수행함으로써 세일드론의 활용 범위와 성공률을 크게 확대한다. 수중 수상 천이 기술의 주요 구성 요소는 다음과 같다.

- **부력 조절 시스템:** 세일드론의 침강 및 부상 기능을 담당하는 시스템으로 내부에 탑재된 부력 탱크는 해수를 주입하거나 배출하는 방식으로 세일드론의 부력을 실시간으로 조절하며 이를 통해 세일드론은 자율적으로 수면 아래로 침강하거나 다시 수면 위로 부상할 수 있다. 일반적으로 전자식 펌프와 자동 밸브 제어 장치, 수위 및 압력 센서가 결합되어 정밀한 부력 조절을 가능하게 한다.
- **추진 시스템:** 수상과 수중 환경 각각에 적합한 형태로 이중화되어 있다. 수상에서는 세일 돛 기반 풍력 추진이나 태양광 기반 전기모터가 주로 사용되며, 조향 장치와 결합되어 풍향에 따라 최적의 항로를 유지한다. 반면, 수중에서는 방수형 추진기를 이용한 수중 추진 방식이 적용되며, 천이 시에는 추진 방식 간의 매끄러운 전환이 이루어져야 한다.
- **자세 안정화 시스템:** 세일드론이 천이 중에 기울어지거나 전복되지 않고 안정적인 자세를 유지하도록 한다. 이를 위해 IMU, 자이로스



수중 수상 운용이 가능한 오션 에어로(Ocean Aero)의 Triton

출처: www.oceanaero.com

코프, 가속계 등이 탑재되어 있으며, 실시간으로 드론의 각도, 회전 속도, 변치 변화를 감지하여 자세 제어를 통해 드론의 균형을 안정적으로 조절한다. 이 기술은 드론이 수중으로 침강하거나 부상할 때의 안정성을 확보하는 데 핵심적인 역할을 한다.

- **자동 천이 제어 시스템:** 세일드론의 전체 천이 과정의 실행을 담당하는 소프트웨어로 환경 조건, 임무 명령, 드론 상태 등을 종합적으로 분석하여 수중 또는 수상 천이의 시점과 절차를 결정하고 자동으로 실행한다. 악천후로 인해 수상 항해가 위험하다고 판단되면 자동으로 수중 잠항을 수행하고, 목적지 근처에 도달하면 부상하여 GPS 복원 등을 통해 정확한 위치를 확보할 수 있도록 한다. 또한 이상 상황 발생 시 비상 부상 로직을 통해 드론의 안전성도 확보할 수 있다.

AI 기반 데이터 처리 기술

해양에서 수집되는 다양한 센서 데이터를 실시간으로 분석하고, 이를 바탕으로 상황 인지, 의사 결정, 자율 제어 및 통신 최적화까지 수행할 수 있는 인공지능 중심의 통합 처리 기술을 의미한다. 세일드론은 장기간 자율운항이 가능한 무인 해양 플랫폼으로, 해양 기상, 조난 상황, 해양 생태 변화 등 다양한 정보를 수집한다. 그런데 수집된 데이터는 그 양이 방대하고 실시간 분석이 필요하므로 기존의 수동 수집 및 사후 분석 방식으로는 한계가 있다. AI 기반 데이터 처리 기술의 주요 구성 요소는 다음과 같다.

- **엣지 AI 컴퓨팅 플랫폼:** 세일드론이 수집한 다양한 센서 데이터는 실시간으로 분석되어야 하므로, 고성능 저전력 AI 연산이 가능한 엣지 컴퓨팅 플랫폼이 필수적이다. 이에 따라 NVIDIA Jetson,



AI 기반 해양정보 발전을 위한 전략적 파트너십 체결(Palantir Technology, Saildrone)

출처: <https://www.saildrone.com>

Google Coral 등과 같은 소형 AI 보드 기반의 엣지 컴퓨팅 모듈을 탑재하여, 데이터의 전처리·분석·요약까지 현장에서 실시간으로 수행할 수 있도록 한다.

- **딥러닝 기반 해양 데이터 분석 알고리즘:** 수집된 영상 및 음향 데이터를 실시간으로 분석하기 위해 객체 인식, 이상 탐지, 행동 분류 등 다양한 딥러닝 알고리즘이 활용된다. 예를 들어 열영상과 RGB 영상을 기반으로 조난자를 탐지하거나, 음향 센서를 통해 비정상적인 선박 소음을 감지할 수 있다. 이와 같은 분석 기능은 YOLO, MobileNet, EfficientNet 등의 경량화된 모델로 구현되어 세일드론 내에서도 실시간 처리가 가능하다.
- **이상 상황 감지 및 판단 시스템:** 세일드론은 조난, 해양 충돌, 기상 이변 등 해상에서 발생할 수 있는 다양한 위험 상황을 사전에 감지하고 판단할 수 있도록 설계되어야 한다. LSTM 기반의 시계열 이상



허리케인 중심부에 투입되어 극한 기후 환경을 촬영하여 데이터를 수집한 세일드론

출처: <https://newatlas.com/marine/saildrone-explorer-video-hurricane-sam/>

탐지 모델이나 비정상 항적 분석 알고리즘 등을 활용하여, 비정상적인 선박 움직임, 급변하는 기상 조건 등을 자동으로 인식하고, 경보를 발령하거나 즉시 데이터를 전송할 수 있도록 한다.

- **지능형 통신 및 전송 최적화 기술:** 세일드론은 위성통신을 통해 해상 데이터를 육상 기지로 전송하지만, 통신 대역폭이 제한적이므로 전송 효율을 극대화하는 기술이 요구된다. AI 기반의 데이터 중요도 판단 알고리즘을 통해, 조난 발생과 같은 긴급 이벤트는 우선 고속 전송하고, 일상적인 데이터는 요약·압축하여 주기적으로 전송함으로써 통신 부하를 최소화하는 방식을 선택하여 에너지 소모를 줄이고, 운영 효율성을 극대화해야 한다.



196일 동안 11,879해리의 남극해를 일주한 세일드론 1020호의 경로

출처: <https://www.saildrone.com>

세일드론의 주요 선도 사례

- **대서양 허리케인 임무:** 2021년 미국 해양대기청(NOAA)과 Saildrone사가 협력하여 세일드론을 대서양에 투입하여 허리케인 SAM의 중심부에 최초로 진입시켜 풍속 190km/h, 파고 15m에 이르는 극한 환경 속에서도 실시간 대기·해양 데이터 수집하는 데 성공했다. 이 사례는 인간의 접근이 불가능한 허리케인 내부 데이터를 확보함으로써 기상 예측 정확도 향상과 재난 대응 효율화에 크게 기여한 세계 최초의 사례로 평가받고 있다.
- **남극해 CO₂ 흡수량 측정 프로젝트:** 2019년, 미국 해양대기청(NOAA)





세일드론의 해양 에너지 개발 지원 기술
출처: 세일드론 홈페이지

은 세일드론을 남극해에 투입하여 196일 동안 해양 표면의 이산화탄소 농도와 흐름을 측정하여 남극해의 겨울철 일부 지역에서 이산화탄소가 방출되는 현상을 관측하였다. 이는 지구 기후 시스템에서 남극해의 역할을 재정의하게 만드는 주요 데이터로 채택되었다. 이 사례는 세일드론이 극지방에서의 지속 가능하고 정밀한 기후 데이터 수집 도구로서 가능성을 입증한 사례로 평가받고 있다. 한편 최근 연구에 따르면 남극해는 꾸준히 이산화탄소를 흡수한다고 알려졌지만, 특정 조건에서는 오히려 방출할 수 있다는 사실이 밝혀지면서 논쟁이 일고 있다.

- **호주 북서부 연안 감시:** 2022년 호주 육군 지역군 감시단은 블루보틀(Bluebottle) 드론을 활용해 북서 호주 외곽 섬 지역 약 5500km^2 를 대상으로 외국 어선 및 불법 활동 감시와 해안 정찰을 수행하였다. 지속적 감시 외에도, 블루보틀을 활용하여 해변 상륙지점 정찰 및 지상군보다 먼저 특정 섬으로의 접근 경로 파악과 같은 더욱 구체적인 정찰 임무도 수행할 수 있음을 입증하였다. 이 사례는 재생에너지 기반 장기 항해로 탄소 배출 없이 작전이 가능하고 지속가능한 해양 감시 기술 발전 방향을 제시하고 있다.

| 우리의 현황과 대응 |

국내 현황

현재 국내에서는 프로펠러와 같은 추진체를 활용하는 무인수상정(USV), 자율무인잠수정(AUV)에 집중되어 있고, 세일드론 형태에 대해서는

기획 기반의 타당성 연구만 진행되었을 뿐 상업용 세일드론이 출시된 사례는 아직 없는 실정이다. 비록 국내 기술로 개발된 세일드론을 사용하지는 않았지만, 미국 세일드론의 남극 자율항해 탐사에서는 한국극지연구소(KOPRI)를 비롯한 여러 국제 기관이 참여하여 세일드론을 활용한 연구를 진행한 바 있다.

한국산업진흥협회 지식클러스터 사업으로 진행된 “한국 연안에 적합한 Sail Drone 연구 개발(2017~2019)”에서 무인선박의 제작과 운영 기술 및 관측자료의 수집 및 이용에 대한 기초적 연구를 진행한 바 있지만 이 역시도 인공지능은 활용하지 않고 오직 상용 추진기를 통해 이동하는 방식으로 기획되어 해외의 상용화된 세일드론으로 보기는 어려운 면이 있다.

대응 방안

국내에서 진행되고 있는 세일드론 관련 연구는 아직 초기 단계에 머물러 있으며, 여러 측면에서 한계가 존재한다. 실제 해양 환경에서의 장기간 실증 운용 사례가 부족하여 신뢰성 있는 성능 검증이 이루어지지 않고 있고, 특히 우리나라와 같은 극한 해양 환경에 대응하는 기술력의 검증은 거의 전무한 실정이다. 또한 산업계의 관심과 민간 투자가 부족하여 연구 성과의 실용성이 어렵다는 점도 큰 한계이다. 세일드론 관련 시장이 국내에는 형성되어 있지 않아 산업체와 수요 기관 간의 협력 기반이 약하고, 연구기관의 기술 개발이 실제 현장에 적용되지 못하는 단절 현상이 발생하고 있다.

따라서 국내 세일드론 연구의 한계점을 극복하고 실용화와 시장 확대를 위해서는 민간 기업의 참여와 산업 생태계 조성이 중요하며 이를 위해 산·학·연 협력 기반을 구축하고, 다양한 산업분야와의 연계를 통해 실질

적 수요 기반을 마련해야 한다. 공고 수요기관과 연계한 시범사업을 통해 초기 기술을 확보하고, 향후 국내외 시장 진출을 위한 기술 상용화 및 인증 획득을 체계적으로 추진할 필요가 있다.

또한 국외기관과의 협력은 세일드론 기술의 고도화와 글로벌 경쟁력 확보를 위한 전략 중 하나이다. 우선 미국의 Saildrone 사, Ocean Aero 사 노르웨이의 Offshore Sensing 사 등 선진 세일드론 개발 기업과의 기술 협력을 통해 핵심 기술의 공동개발 및 기술이전을 추진할 수 있다. 또한 국제 학회 및 기술 세미나에 정기적으로 참여하고, 연구 인력의 해외 파견 및 공동연구를 통해 글로벌 수준의 전문 인력을 양성할 필요가 있다.

이와 같이 세일드론 기술의 고도화와 실용화를 위해서는 기술 개발뿐만 아니라 제도적 기반 마련, 산업 생태계 조성, 그리고 국외 기관과의 전략적 협업이 유기적으로 이루어져야 한다. 특히 글로벌 수준의 기술 협력과 실증 기반을 확보함으로써, 국내 세일드론 기술이 미래 해양무인체계의 핵심으로 자리매김할 수 있을 것이다. 이는 해양 안전, 환경 감시, 재난 대응 등 다양한 분야에서 국가적 역량 강화를 견인하는 중요한 계기가 될 것이다.

참고문헌

- ABC7 News. (2024, April 23). *Bay Area technology Saildrone provides seagoing security for oceans: Here's how it works*, ABC7 News, <https://abc7news.com/post/bay-area-technology-saildrone-provides-seagoing-security-oceans-heres-how-works/17008339/>
- Baghai, C. (2023, September 12). *The Ocean Aero Triton: A new kind of military drones*, Medium, <https://christianbaghai.medium.com/the-ocean-aero-triton-a->

new-kind-of-military-drones-0d8a01dd7059

- Bots and Drones, (n.d.), *Saildrone*, <https://botsanddrones.co/unmanned-sea-vehicles/f/saildrone-1>
- Business Norway, (2023, June 8), *Offshore Sensing's green ocean drone collects data in the roughest seas*, <https://businessnorway.com/solutions/offshore-sensing-green-ocean-drone-collects-data-in-the-roughest-seas>
- EDR Magazine, (2024, October 5), *Ocean Aero selects Forcys payloads to enhance underwater domain capabilities*, <https://www.edrmagazine.eu/ocean-aero-selects-forcys-payloads-to-enhance-underwater-domain-capabilities>
- MDPI, (2023), *Remote sensing for marine and atmospheric science (Special issue), Remote Sensing*, 15(9), 2277, <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/9/2277>
- Naval News, (2025, March 18), *Saildrone and Palantir announce strategic partnership to advance AI-powered maritime intelligence*, Naval News, <https://www.navalnews.com/naval-news/2025/03/saildrone-and-palantir-announce-strategic-partnership-to-advance-ai-powered-maritime-intelligence/>
- Naval Technology, (2024, July 11), *Saildrone Explorer unmanned surface vessel (USV)*, USA, Naval Technology, <https://www.naval-technology.com/projects/saildrone-explorer-unmanned-surface-vessel-usv-usa/?cf-view>
- New Atlas, (2018, June 19), *Offshore Sensing's Sailbuoy crosses the Atlantic*, New Atlas, <https://newatlas.com/offshore-sensing-sailbuoy-met-atlantic/56204/>
- New Geopolitics, (2025, April 2), *Triton: A new approach*, <https://www.newgeopolitics.org/2025/04/02/triton-a-new-approach/>
- NOAA PMEL, (2018), *TPOS 2020 Saildrone mission*, Pacific Marine Environmental Laboratory, <https://www.pmel.noaa.gov/ocs/ocs-saildrone-mission-tpos-2018>
- NOAA PMEL, (2021), *Saildrone hurricane mission*, Pacific Marine Environmental Laboratory, <https://www.pmel.noaa.gov/saildrone-hurricane/>
- Ocius Technology, (2024), *Bluebottle USV*, <https://ocius.com.au/usv/>
- Ocean Aero, (2024), *The Triton*, <https://www.oceanaero.com/the-triton>
- Saildrone, Inc. (n.d.), *Saildrone official YouTube channel*, <https://www.youtube.com/saildrone>
- Sarsia, (2023), *Offshore Sensing*, <https://sarsia.com/portfolio/offshore-sensing>
- Webzine SEAN, (2022, March 5), *해양 무인드론, 새로운 패러다임*, https://webzinesean.kr/program/bbs/board.php?bo_table=2022_03&wr_id=558&sca=LIFE+STYLE

2장

mær

Seaweed Spice
Mediterranean

100g



+

세계 최대 연어 양식 혁신 기업
노르웨이 모워
모워가 세계 연어 시장의
표준이 된 이유

+

AI 기반 수산물 자동 스캔 시스템
미국 시푸드AI
게가 인공지능을 만났을 때
일어나는 일

블루푸드테크의 미래

+

스마트 수산 양식장 개발 및 운영
일본 프록시마, 싱가포르 푸어 새먼
바다에서 육지로,
스마트 양식장이 가는 길

+

해조류 활용 기술 개발 및 상용화
독일 오션베이스스
해조류 1kg에 들어 있는
비밀을 밝히다

+

사례연구_블루푸드테크 스타트업
우마로 푸드
해조류로 비건 베이컨을 만들다

2장

블루푸드테크의 미래

세계 최대 연어 양식 혁신 기업

노르웨이 모위

모위가 세계 연어 시장의 표준이 된 이유

윤지현 대표
아쿠아프로(주)

우리나라 양식산업은 영세한 규모, 노동력 고령화, 높은 생사료 의존도로 글로벌 경쟁력이 낮다. 그에 반해, 양식 선진국은 통합 품질 관리(QC), 가치사슬 구축, 국제인증 및 브랜드화를 통해 경쟁력을 확보했다. 글로벌 양식산업을 대표하는 기업인 노르웨이 모위를 중심으로 스마트 양식기술, 외해 및 심해 양식기술, 친환경 사료 개발 등 다양한 혁신 기술과 지속가능성 중심의 경영 전략을 분석한다. 이를 통해 우리나라가 품질관리 시스템 확산, K-FISH 브랜드를 활용한 수출지원, 민간주도 R&D 전환 등으로 지속가능한 성장기반을 마련할 수 있는 방안을 모색한다.

| 머리말 |

1980년대 이후 세계 양식산업은 글로벌 식량 안보와 해양자원 보전이라는 두 가지 과제를 해결하는 핵심 산업으로 부상했다. 특히 노르웨이와 같은 양식 선진국들은 적극적인 제도 혁신과 기술개발을 통해 생산의 효율성과 지속가능성을 모두 달성하면서 글로벌 시장에서 선도적 지위를 확보했다. 그런데 우리나라 양식산업은 산업구조의 영세성과 고령화, 높은 생사료 의존도 등으로 인해 글로벌 경쟁에서 뒤처지고 있는 실정이다. 따라서 글로벌 선진 사례와 기술혁신 전략을 분석하고, 이를 바탕으로 국내 양식산업의 현황을 진단하여 현실적이고 실효성 있는 대응방안을 마련하

는 것이 매우 중요하다. 본 장에서는 글로벌 양식산업의 동향과 선진기업의 사례를 바탕으로, 우리나라 양식산업의 경쟁력 강화를 위한 구체적인 발전방향을 제안하고자 한다.

| 글로벌 동향과 전망 |

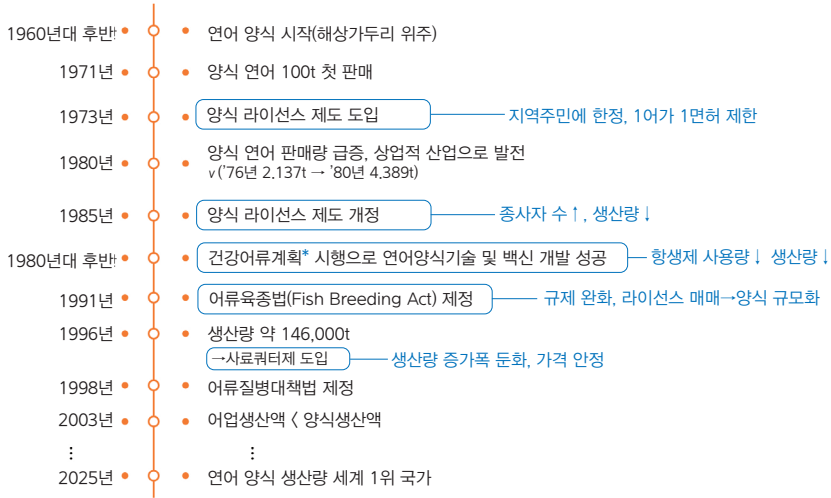
수산양식산업은 인구 증가와 자원 고갈에 대응하는 지속가능한 식량 공급 방식으로 주목받고 있으며, 그중 연어는 단순한 품목을 넘어 양식 기술, 사료·가공·유통 산업을 포함한 전방위적 산업 생태계와 시장을 창출한 핵심 품목으로 부상하고 있다. 특히 노르웨이는 면허 관리와 질병 대응 체계 등 제도적 기반을 정비하여 연어 양식산업의 지속가능성과 확장성을 동시에 확보한 대표 사례로 평가된다. 그러므로, 본 장에서는 노르웨이를 사례로 연어 양식산업의 제도화 과정과 구조 전환의 흐름을 살펴보자.

연어 양식산업의 세계적 성장과 노르웨이 연어 양식

1980년대 이후 수산양식산업은 글로벌 식량 공급과 해양 자원 보전을 위한 핵심 산업으로 부상하였다. 전 세계적으로 수산양식은 기후변화와 자원 고갈 문제 속에서 지속가능한 식량 확보 수단으로 각광받고 있다. 특히 연어 양식은 글로벌 소비 확대와 기술 발전에 따라 단순한 생산 활동을 넘어 고부가가치 산업으로 전환되고 있으며, 연어 양식산업은 각국의 제도와 정책에 따라 서로 다른 방식으로 전개된다. 노르웨이와 칠레는 이를 잘 보여주는 대표적인 사례이다.

노르웨이는 세계 최대의 연어 수출국으로서 이 분야를 주도하고 있는

노르웨이 연어 양식산업의 역사와 성장



* 건강어류계획(Healthy Fish Programme): 연어류의 건강한 생산과 산업 발전을 목표로 한 정부 계획

출처: 저자 재구성

며, 제도화된 면허 관리, 질병 대응 시스템, 품질관리 정책을 통해 연어 양식산업을 체계화하였다. 이를 바탕으로 소규모 개인 양식장을 대규모 기업으로 성장 가능하게 만들었다. 특히 면허 제도의 정비, 백신의 표준화, 지속가능성 중심의 규제 체계, 민간-정부 간 연구 협력 등은 산업 전반의 경쟁력을 강화하는 핵심 요인이 되었다. 반면, 칠레는 정부 주도의 산업 확대와 외자 유치 중심 전략으로 빠른 성장을 이루었으나, 과밀화와 질병 통제의 한계로 구조적 불안정성이 드러나기도 했다.

연어 양식산업의 제도적 기반 형성과 구조 전환

본격적인 노르웨이의 연어 양식산업은 1960년대부터 민간 중심으로 시작되었으나, 정부는 산업 과잉을 방지하고 수질·환경 문제를 통제하기

위해 조기에 면허 제도를 도입하였다. 초기 면허는 지역 단위로 제한적으로 발급되었으며, 양식 규모와 수면 면적도 엄격히 규제되었다.

1980년대 후반, 정부는 양식 규모와 수면 면적에 대한 규제를 완화하고 자본 유입을 허용하면서, 산업이 급속히 팽창하였다. 초기에는 한국처럼 가족 단위 소규모 양식을 전제로 한 구조였으나, 규제 해제로 대규모 기업 진입이 가능해졌다. 그러나 공급 과잉과 가격 하락으로 1990년대 초반 다수의 중소 양식기업이 폐업하는 심각한 위기를 맞게 되었다. 이를 계기로 정부는 면허 매매를 허용하고, 면허 통합을 통해 대형화된 양식기업의 형성을 유도하였다. 결과적으로 산업 내 집중도가 높아지고, 기술 투자와 운영 효율화가 가능해졌다. 면허 제도의 유연화는 일정 규모 이상의 기업이 안정적으로 투자하고 생산을 계획할 수 있도록 하는 제도적 장치로 작동하였다. 이후 등장한 대형 기업들은 이 제도를 기반으로 빠르게 생산 기반을 확장하였다.

질병 확산과 양식 방역 체계의 제도화

1980~1990년대에는 연어 양식장에서 박테리아성 질병과 기생충 감염이 빈번하게 발생하였다. 포룬쿨로시스(Furunculosis), 비브리오(Vibrio) 감염 등의 질병으로 폐사율이 급격히 높아지자, 이를 방지하기 위해 항생제 사용량도 증가했다. 그러나 항생제 사용은 수출 규제와 소비자 신뢰 저하로 이어지면서 근본적인 대책 마련이 필요하게 되었다. 이에 따라 노르웨이 정부는 백신 접종을 제도화하고, 민간 기업은 표준화된 백신을 보급하였다. 이러한 민간 주도 및 정부 보조 형태의 정책은 항생제 사용을 획기적으로 줄였고, 양식 어류의 건강 상태를 안정적으로 유지하는 데 기여했다.

또한 기생충 감염에 대응하기 위해 사육 밀도 조정, 양식장 간 감염 차

단, 어류 이동 제한 등 생물보안 관련 규제가 도입되었으며, 질병 발생 시 양식장 단위의 격리 및 비상조치가 시행되었다. 이러한 대응 체계는 이후 스마트 양식 기술, 원격 모니터링 시스템, 자동 사료 공급 등 디지털 기반 기술로 이어지게 되었다.

지속가능성과 동물복지 중심의 산업 정책 전환

2000년대 이후, 환경 보호와 동물복지를 중시하는 정책 기조가 강화되며 연어 양식산업 전반에 구조적 변화가 요구되었다. 특히 해양 생태계 오염, 항생제 잔류와 함께 기생충 확산이 문제로 떠오르면서, 정부는 사육 밀도 제한, 수질 기준 강화, 사료 관리 기준 제도화 등 다양한 규제를 도입하였다. 동물복지 측면에서는 어류 스트레스 저감, 복지 인증 제도의 도입 등이 병행되었으며, 이는 산업의 품질 기준 향상과 소비자 신뢰 회복에 기여하였다. 산업계는 이러한 흐름에 대응하여 ASC(Aquaculture Stewardship Council : 수산 양식 관리 협의회), Global G.A.P.(GLOBAL Good Agriculture Practice) 등 국제 인증을 확대 적용하였고, 생산 전 과정을 투명하게 관리하는 추적 시스템을 정착시켰다. 특히 노르웨이 정부 산하의 노르웨이 수산물 위원회(NSC; Norwegian Seafood Council)는 ‘Seafood from Norway’ 브랜드를 통해 국가 이미지 기반의 통합 홍보 전략을 전개하며, 글로벌 시장에서 ‘신뢰할 수 있는 원산지 국가’ 이미지를 구축하고 있다.

이러한 품질 관리 시스템과 국가 차원의 브랜드 관리 전략은 단순한 규제를 넘어서, 산업의 경쟁력과 소비자 신뢰 확보를 동시에 실현하는 수단으로 작용하고 있다. 특히 친환경과 복지를 중시하는 EU·북미 시장에서 노르웨이 연어는 프리미엄 수산물로 자리 잡았으며, 이는 국가-기업 간 협력 기반의 산업 전략이 실질적으로 성과를 거두고 있음을 시사한다.



노르웨이 수산물 브랜딩

위: 교체 전 로고인 NORGE 로고, 아래: Seafood from Norway 홍보 전시관

출처: shutterstock

출처: <https://www.behance.net/gallery/93434495/Seafood-From-Norway-Brand-identity/modules/539904491>

민간 주도-정부 지원형 R&D 체계

노르웨이 연어 양식산업이 기술 중심 산업으로 전환될 수 있었던 배경에는 민간과 정부 간의 명확한 역할 분담 구조가 있었다. 산업 현장에서 필요한 기술 수요는 민간 기업이 주도적으로 제시하고, 정부는 해당 연구가 실행될 수 있도록 연구기금(research fund)을 통해 재정적으로 보조하는 방

식으로 지원 체계를 운용하였다. 수산물 수출세의 일부는 이러한 연구기금으로 활용되었으며, 이를 통해 정책이 산업계의 자발적 기술 투자와 연계될 수 있도록 유도하였다.

정부는 독립 연구기관인 노피마(NOFIMA), 신테프 오션(SINTEF Ocean) 등과 협력하여 품종 개량, 백신 개발, 스마트 양식 기술, 대체 사료 등 다양한 분야의 실증 연구를 수행하고, 민간 기업과 공동으로 기술의 현장 적용성을 검토하였다. 이러한 구조는 모위(MOWI)와 같은 기업이 현장에서 필요로 하는 기술을 신속하게 개발하고 도입하는 기반이 되었으며, 비용 절감과 생산 효율화에 실질적인 기여를 할 수 있게 하였다.

| 혁신기술 선도 기업_노르웨이 모위 |

글로벌 양식산업을 대표하는 기업인 모위(MOWI)는 스마트 양식 기술, 외해 및 심해 양식 기술, 친환경 사료 개발 등 다양한 혁신 기술과 지속가능성 중심의 경영 전략으로 5년 연속 콜러 페어 단백질 생산자 지수에서 지속가능한 단백질 생산업체로 선정되기도 했다.



출처: <https://mowi.com/>





모위 해상 양식장

출처: <https://mowi.com/>

설립과 성장 과정

기업의 설립 배경 및 초기 성장 과정

모위는 1964년 노르웨이 보수(Vosso) 강과 오레이(Årøy) 강에서 잡은 연어를 소규모로 양식하는 형태로 시작하여, 1969년 노르스크 하이드로(Norsk Hydro)가 지분의 절반을 인수하며 본격적인 해상 양식기술을 도입했다. 이후 지속적인 연구개발로 1975년 지역 브랜드로 자리 잡았다. 1980년 이후 노르스크 하이드로가 전 지분을 인수하고 마린 하베스트(Marine Harvest)로 이름을 변경했으며, 2006년 Pan Fish ASA 및 피요르드 시푸드(Fjord Seafood)와의 합병을 통해 글로벌 양식기업으로 성장했다. 이후 2019년부터 전략적 글로벌 브랜딩 효과를 위해 창립 당시의 이름인 모위(MOWI)로 사명을 다시 변경하였다.

모위의 주요 위기 극복 전략과 대응

1990년대 초반, 노르웨이 연어 산업이 공급 과잉으로 가격 폭락과 경영 위기를 겪는 상황에서 모위 역시 위기에 직면하였다. 이에 모위는 소규모 양식업체들과 전략적으로 합병하며 생산시설을 자동화하고 효율적인 운영을 통해 원가를 절감했다. 또한 백신 접종, 고급 사료 개발 등 품질 경쟁력 향상과 일본 등 해외 신규시장 개척을 통해 위기를 성공적으로 극복했다. 이러한 모위의 전략적 대응은 단순한 위기 극복을 넘어, 양식산업에 대한 장기적 투자와 수직계열화, 양식방식의 전환 등을 통해 산업 전반을 주도하는 모델을 제시하였다. 이후 노르웨이 연어 양식산업이 글로벌 경쟁력을 확보하고 안정적인 성장 기반을 다지는 결정적 계기가 되었다.



모위 해상 양식장

출처: <https://mowi.com/>

핵심 기술 도입과 실제 위기 극복 사례

스마트 양식 및 자동화 기술(Mowi 4.0 Smart Farming)

모위는 2020년대 초반부터 본격적으로 “Mowi 4.0 Smart Farming” 시스템을 도입하였다. 이 시스템은 센서와 카메라, IoT 및 AI 기반 분석 기술을 통해 실시간 생체량 측정, 자동 사료 공급, 어류 건강 및 행동 모니터링 등 핵심 작업을 자동화하였다. 또한, 여러 양식장을 통합적으로 관리하는 원격 운영 센터를 운영하여 위기 대응 능력을 높이고 있다.

이 기술은 최근(2010년대 후반~2020년대)에 발생한 질병 감염 확산, 생산성 저하, 동물복지 문제와 같은 주요 위기에 실질적으로 대응하고 있다. 특히 바다 이(Sea lice)와 같은 질병은 인체에는 해를 끼치지 않지만, 양식 환경의

밀식 구조 속에서 개체 건강과 생산성을 크게 저하할 뿐 아니라, 탈출 시 생태계에 악영향을 줄 수 있어 주요 관리 대상이 된다. 이 기술은 이러한 질병의 조기 진단과 대응력을 향상해 생산 손실을 최소화하는 데 기여하고 있으며, 어류 복지 및 생산성을 동시에 개선하고 있다.

외해 및 심해 양식 기술

노르웨이 정부는 2015년부터 외해 양식장 개발을 촉진하는 개방형 라이선스(offshore license) 정책을 도입했고, 이에 따라 모위를 포함한 글로벌 기업들이 2017년 이후 외해 및 심해 양식장 기술개발에 적극적으로 투자하였다. 모위 역시 2019년부터 외해 양식장 투자를 본격화하고 있으며, 현재 Havfarm 등과 같은 대형 심해 케이지 시설을 실증 단계로 운영하고 있다. 이 기술은 연안 양식장의 기생충 감염, 과밀 사육에 따른 질병 확산, 환경 스트레스, 연안 생태계 오염과 지역사회 반발과 같은 문제를 효과적으로 극복하는 데 큰 역할을 하고 있다. 외해 양식장의 깨끗한 환경과 빠른 해류는 기생충 감염률을 낮추고 연어의 생존율과 성장률을 높이며, 지속가능성을 확보하는 효과를 가져왔다.

생물학적 혁신 기술(질병 예방 및 친환경 사료)

노르웨이 연어 양식산업은 1980~1990년대에 백신 접종을 표준화함으로써 박테리아성 질병(Furunculosis 등)과 항생제 남용 문제를 극복했다. 또한, 2000년대 이후 치어를 육상 담수 시설에서 충분히 성장시킨 후 방류하는 방식을 확대했고, 최근 RAS(순환여과 시스템) 등 첨단 육상 양식 기술을 도입하여 해상 양식 단계의 질병 위험과 초기 폐사율을 낮추었다.

2010년대 이후 모위는 해양 부산물, 곤충 단백질 등 대체 원료를 활용

한 친환경 사료 개발을 본격적으로 추진하였다. 이를 통해 어분과 어유 의존도를 줄이고 해양 생태계의 부담을 낮추었으며, 생산 비용 절감 및 친환경 인증 획득을 통한 시장 경쟁력 강화와 탄소 발자국 저감 등 환경적 지속가능성을 실현하고 있다.

어류 복지 중심의 품질관리 기술

모위는 2015년 이후 어류 복지를 기업의 핵심 목표로 설정하고, 사육 밀도 관리, 스트레스 저감, 엄격한 수질 관리 등 복지 중심의 생산 시스템을 구축하고 있다. 또한, 2018년 이후 AI와 머신비전을 기반으로 한 침단 이미지 스캐닝 및 자동 진단 시스템을 도입하여 과학적인 복지 중심의 관리 체계를 구축 중이며, 현재 단계적으로 도입하고 있다. 이 기술은 최근 동물복지 논란과 소비자 신뢰 저하 등의 위기를 효과적으로 극복하고, 글로벌 시장에서 프리미엄 브랜드 이미지를 형성하는 기반이 되었다. 유럽 등 주요 수출 시장의 강화된 수입 기준에도 유연하게 대응할 수 있는 경쟁력을 확보하였다.

글로벌 협력 및 오픈 이노베이션 전략

모위는 2019년 구글 알파벳의 X(Tidal)와 공식적으로 협력하여 수중 카메라 기술, AI 기반의 어류 인식 및 행동 분석 기술 등 차세대 양식 기술개발을 공동으로 추진하고 있다. 이 외에도 다양한 글로벌 스타트업 및 연구기관과 협력하며 오픈 이노베이션을 적극 활용하고 있다.

글로벌 협력을 통한 기술혁신 전략은 신기술 도입에 따른 리스크를 분산하고 혁신 비용을 절감하는 한편, 질병 관리 및 생산성 저하 등 산업적 위기에 신속하고 유연하게 대응할 수 있는 능력을 크게 향상하고 있다.

경영 전략

지속가능한 경영 철학과 전략

- **‘푸른 혁명’ 비전과 기업 가치:** 모위는 공식적으로 ‘Leading the Blue Revolution Plan’을 통해 환경 책임, 사회적 가치, 지속가능한 수산업 발전을 아우르는 전략적 방향성을 제시하고 있다. 환경과 사회에 대한 책임을 포함한 지속가능한 수산업 비전은 모위의 공식 경영 철학으로 규정되어 있으며, 이러한 철학은 연례보고서와 지속가능성 보고서를 통해 지속적으로 강조되고 있다.
- **지속가능성 중심의 경영 전략:** 2018년 이후 생산 공정의 자동화 및 효율화를 본격적으로 추진하고 있으며, 온실가스 배출 저감, 플라스틱 사용 최소화, 에너지 효율성 개선 등 구체적인 지속가능성 목표를 설정하고 이를 공개하고 있다. 또한 콜러 페어 단백질 생산자 지수(Coller FAIRR Protein Producer Index)에서 2019년부터 2022년까지 모위가 4년 연속으로 ‘세계에서 가장 지속가능한 동물성 단백질 생산기업’ 1위로 선정된 바 있다. (Coller FAIRR 공식 발표, 2019~2022) 이 평가는 환경, 동물복지, 식품 안전, 노동, 거버넌스 등 다양한 지속가능성 지표를 종합적으로 평가한 결과이다. 모위는 업계 최초로 어류 복지 기준을 자발적으로 설정하고, 사육 밀도, 스트레스 관리, 복지 인증 등에서 글로벌 표준을 선도하고 있으며, 이는 모위의 프리미엄 브랜드 전략 과도 밀접히 연계되어 있다.

글로벌 시장에서의 브랜드 구축 전략

- **지속가능성, 투명성, 신뢰성 중심의 브랜드 전략:** 모위는 브랜드의



MOWI의 프리미엄 수산물 상품 이미지

출처: <https://mowi.com/blog/supplying-healthy-and-sustainable-salmon/>

핵심 가치로 지속가능성(Sustainability), 투명성(Transparency), 신뢰성(Trust)을 공식적으로 강조하고 있다. 이를 실현하기 위해 “traceability(추적가능성)”와 “full value chain integration(전 가치사슬 통합)”을 기반으로, 사료 생산부터 양식, 가공, 유통까지 수직 계열화된 통합 시스템을 선

도적으로 구축하며 투명성과 품질 관리의 혁신 방향을 제시해 왔다. 특히 “From feed to fork(사료에서 식탁까지)”라는 슬로건을 통해 소비자에게 전 생산 과정의 정보를 투명하게 제공하고 있다. 한편, 프리미엄 브랜드화 전략 자체는 모위만의 독립적 전략이라기보다는, 브렌네스 시쇼어(Bremnes Seashore) 등 민간 기업이 도축 방식 개선 및 복지 기준 도입을 통해 주도한 흐름에 따라 살마르(Salmar), 레뢰이(Lerøy), 모위(MOWI) 등 주요 기업들이 함께 참여하며 형성된 결과에 가깝다. 동물복지와 품질 차별화를 내세운 전략은 이후 노르웨이산 연어의 고급 이미지 형성과 글로벌 시장 진입에 중요한 역할을 하였다.

- **다양한 제품 라인업 및 프리미엄 브랜드 전략:** 모위의 제품은 합리적 가격대의 일반 소비자 제품에서부터 유기농 및 친환경 프리미엄 제품까지 다양한 포트폴리오를 갖추고 있으며, 2019년부터는 자체 브랜드 “MOWI” 제품군을 글로벌 시장에 확대하여 출시하고 있다. 대표적인 지역별 프리미엄 브랜드로는 미국 시장의 Ducktrap, 아일랜드 시장의 Clare Island Organic Salmon, 프랑스 시장의 Kritsen, 노르웨이 시장의 아우로라 새먼(Aurora Salmon)이 있으며, 이러한 브랜드들은 각 시장에서 차별화된 품질 인증과 프리미엄 포지셔닝을 구축하고 있다. 이러한 전략을 바탕으로 글로벌 연어 시장에서 약 20~25%의 시장 점유율로 세계 1위의 위치를 유지하고 있다.

친환경 인증(ASC, MSC)을 통한 경쟁력 확보

모위는 글로벌 연어 양식기업 중 ASC (Aquaculture Stewardship Council) 인증을 가장 광범위하게 보유한 기업 중 하나이다. 2023년 기준 모위의 노르웨이, 스코틀랜드, 아일랜드, 캐나다, 칠레 등 주요 생산 시설이 ASC 인증

을 취득했으며, 매년 인증 범위를 확대하고 있다. 이러한 ASC 인증을 통해 유럽과 북미 등 친환경 제품 수요가 높은 시장에서 프리미엄 브랜드 포지셔닝을 가능하게 하고 있다. 또한 MSC(Marine Stewardship Council) 인증도 일부 어획·가공 부문에서 보유하고 있으며, 이는 특히 사료 원료 및 공급망 관리 등에서 지속가능한 가치사슬을 강조하는 전략적 차원이다.

통합 가치사슬 관리 전략

- **수직계열화(Vertical Integration) 및 자체 사료 사업:** 모위는 사료 생산, 치어 생산, 양식, 가공, 유통 및 판매까지 전 과정을 직접 통합 관리하는 글로벌 최대의 수직계열화 연어기업이다. 특히, 2012년에 자체 사료 사업부인 Mowi Feed를 설립하고 노르웨이 및 스코틀랜드에 대형 사료 공장을 운영하며, 사료 품질의 일관성과 비용 효율성 및 맞춤형 레시피를 가능하게 했다. 이러한 수직 통합 구조는 기업의 선도적 위치를 강화하는 동시에, 품질 안정성과 유통 과정의 투명성을 확보하기 위한 전략적 기반이 되었다.
- **유전학, 건강관리, 부가가치 가공의 내재화:** 자체 육종 프로그램(Genetics), 어류 건강 관리, 부가가치 가공(Value-added Processing) 등 모든 핵심 공정을 직접 관리하고 있으며, 종자 생산, 백신 접종, 질병 모니터링부터 글로벌 유통까지 내부 시스템으로 통합되어 있다.
- **통합 가치사슬의 산업적 효과:** 통합 가치사슬은 외부 공급망 의존도를 낮추어 생산 리스크를 최소화하며, 소비자 트렌드 변화와 인증 등 시장 요구에 빠르게 대응할 수 있는 능력을 제공한다. 또한 전 과정의 데이터를 빅데이터로 통합 관리하여, AI와 머신러닝 기반의 지속적인 품질 및 생산성 향상을 실현하고 있다.

| 우리의 현황과 대응 |

지금까지 살펴본 글로벌 양식산업의 발전 사례와 정책적 시사점을 바탕으로, 우리나라 양식산업이 직면한 현실을 정확히 진단하고 효과적으로 대응할 필요가 있다. 특히 국내 양식산업의 경쟁력 강화를 위해서는 산업 전반의 구조적 한계를 명확히 파악하고, 실질적인 개선 방안을 마련하는 것이 중요하다. 따라서 다음에서는 우리의 현황을 구체적으로 점검하고 현실적인 대응 방향을 제시하고자 한다.

국내 현황

우리나라의 수산양식산업은 그동안 주로 영세한 개인 양식장 중심으로 운영되어왔다. 이는 1990년대 이전 노르웨이 양식산업과 유사한 형태이나, 노르웨이가 적극적인 규제 완화와 면허 통합 정책을 통해 양식산업의 대규모 기업화를 이끌어낸 것과는 달리, 우리나라는 이후 약 30년 동안 지속적으로 대기업 진입을 규제하여 산업의 영세성을 벗어나지 못했다. 최근 일부 어종인 참치와 연어에 대해서만 제한적으로 기업의 진입이 허용되었지만, 여전히 다양한 규제들이 남아 있어 대규모 자본 유입이 어렵고 산업의 규모화가 정체되어 있다. 한, 우리나라 양식산업의 또 다른 구조적 한계로는 생사료에 대한 높은 의존도를 들 수 있다. 현재 전체 사료 공급량 중 약 80% 이상이 생사료 형태로 공급되고 있으며, 이로 인해 연안 수질 오염 및 환경 부담 증가 등 국제적으로 요구되는 지속가능성 기준을 충족하지 못한다. 이는 글로벌 시장에서 우리나라 양식산업의 경쟁력을 약화하는 주요 원인으로 작용하고 있다.

노동력 문제도 심각한 현안으로 꼽힌다. 국내 양식산업은 여전히 전통

적인 제1차 산업의 특성을 강하게 띠고 있어 노동집약적이며, 저출산과 고령화로 인해 현장 인력의 고령화가 빠르게 진행되고 있다. 실제로 어가 인구 중 65세 이상의 비율이 약 50%를 넘어섰으며, 이는 장기적으로 산업의 생산성과 지속가능성을 위협하는 요소로 지적된다.

더불어 우리나라 양식산업은 품질 관리와 인증체계가 미흡하여 소비자 신뢰도 확보에 어려움을 겪고 있다. 생산·가공·유통의 각 단계에서 통합적 품질관리(QC) 체계가 확립되지 않아, 제품의 위생 및 안전성 관리가 주체별로 상이한 상황이다. 이로 인해 국내외 시장에서의 브랜드 구축과 소비자 신뢰 형성에 한계가 분명히 존재한다.

마지막으로, 정부 주도의 R&D 방식 역시 기술개발과 산업현장의 실질적 수요 간 괴리를 발생시키는 중요한 한계점이다. 정부 중심의 연구개발은 빠르게 변화하는 현장의 기술적 요구사항을 신속히 반영하는 데 한계가 있으며, 기술의 현장 적용성과 실용성을 저하해 산업 경쟁력 강화에 실질적 기여하지 못하고 있다. 이는 기술개발의 효율성을 낮추고 산업 전반의 혁신을 저해하는 요인이 되고 있다. 결과적으로 이러한 구조적 한계와 현안을 극복하기 위해서는 보다 적극적이고 현실적인 정책적 접근과 산업구조의 혁신이 절실히 필요하다.

대응 방안

소규모 업체의 전략적 합병 촉진 및 기업규모화 유도

전 세계 양식산업은 지난 20~30년간 적극적인 규제 완화와 면허 통합을 통해 소규모 업체 간 합병을 촉진하여 대형 기업을 육성하는 추세로 변화하였다. 특히 노르웨이는 1990년대 초반 공급과잉 위기를 계기로 면허

거래의 유연화를 추진하였고, 이로 인해 전략적 합병이 활성화되어 오늘날 모위와 같은 글로벌 선도 기업이 탄생하였다. 우리나라 양식산업도 노르웨이 사례를 벤치마킹하여 소규모 업체들의 전략적 합병과 대규모 자본 유입을 지원하는 방향으로 제반 양식 제도를 개선해야 한다. 이를 통해 국내 양식산업도 규모화·대형화를 이루어 생산 효율성을 제고하고 시장 다변화를 실현하여 글로벌 경쟁력을 확보할 수 있을 것이다.

배합사료 전환 의무화 및 친환경 사료 생산체계 구축

현재 세계적으로 양식산업은 생사료 사용을 최소화하고 배합사료로의 전환을 표준으로 삼고 있다. 특히 해양 부산물, 곤충단백질, 미생물단백질 등 친환경 원료를 활용한 지속가능한 사료 개발이 활발히 진행되고 있으며, 이를 기반으로 사료 생산부터 공급에 이르는 통합적이고 지속가능한 가치사슬을 구축하는 방향으로 발전하고 있다.

우리나라도 배합사료 전환 정책을 추진하고 있으나, 현장의 생사료 의존도가 높아 실질적 개선은 더딘 상황이다. 따라서 국내 양식어종의 특성에 맞춘 친환경 배합사료 개발과 보급을 위한 실질적 정책 지원을 통해 어분과 어유 사용량을 줄이고 탄소발자국을 저감할 수 있는 생산체계를 구축해야 한다. 이를 통해 ASC(Aquaculture Stewardship Council)와 같은 국제 인증 기준에 부합하는 지속가능한 양식산업으로 나아가기 위한 기술적·제도적 지원도 함께 이루어질 필요가 있다.

자동화 기술개발 및 스마트 양식 시스템 확대 보급

글로벌 양식업계는 IoT, AI, 빅데이터 등의 첨단기술을 활용한 스마트 양식 시스템 도입을 통해 생산성을 높이고 노동력을 효율적으로 관리하



K-FISH 인증 로고

출처: 해양수산부 K-FISH 공식 홈페이지 (접속일: 2025.07.24)

고 있다. 특히 북유럽의 양식 선진국에서는 실시간 모니터링 기술과 자동화된 사료 급이 시스템 등 고도화된 스마트 시스템을 구축하여 고령화와 인력 부족 문제에 효과적으로 대응하고 있다. 우리나라는 IT 강국으로서 스마트 양식과 관련한 개별 요소기술에 대한 연구와 개발은 상당 부분 진행되었으며, 현재에도 활발히 전개되고 있다. 하지만, 양식산업구조의 특성상 기업화가 미흡하여 개발된 기술들이 현장에 실질적으로 적용되지 못하고 있다. 따라서 앞서 언급한 기업화 및 규모화 방안과 연계하여 개발된 첨단 자동화 기술들이 실제 산업현장에 적용되도록 지원하고 첨단산업으로 변모해 나갈 수 있도록 해야 한다.

한편, 현재 영세한 양식 어업인을 대상으로는 간단하면서도 비용부담이 적은 자동화 기술을 별도로 개발 및 보급하여 고령화와 인력부족 문제를 단계적으로 해소할 수 있도록 하는 투트랙(two-track) 전략을 추진해야

한다. 결론적으로 스마트 양식기술 개발과 현장 적용률을 제고하여 산업의 지속가능성과 생산효율성을 높여야 한다.

통합 품질관리(QC) 강화와 브랜드를 통한 인증수산물 수출 활성화

글로벌 양식시장은 생산부터 소비에 이르는 전 과정이 체계적으로 관리되는 통합 품질관리(QC) 시스템과 ASC 등 국제 인증을 통해 소비자의 신뢰를 확보하고 있다. 우리나라도 HACCP과 이력제(Traceability) 등 국가 차원의 품질관리 시스템을 일부 도입하였지만, 전 단계가 연결되는 가치사슬(Value Chain) 구축이 미흡하여, 생산·가공·유통의 각 단계별로 품질관리가 분절적으로 이루어지고 있다. 특히 규모가 작은 영세 양식장의 경우 데이터 관리 부담과 비용 문제 등으로 통합 품질관리 시스템이 현장에서 원활하게 작동하지 않아 제품의 일관된 품질관리가 어렵다.

한편 정부가 운영 중인 국가 수산물 브랜드 K-FISH도 이러한 가치사슬 구축 미흡으로 인해 국제적으로 인증된 제품들을 효과적으로 연결하여 브랜드 신뢰성을 높이는 데 어려움을 겪고 있으며, 글로벌 시장에서 인지도와 실질적인 수출성고가 제한적이다. 따라서 향후 생산에서 소비까지 전 단계가 연결된 통합적 가치사슬을 구축하고, 소규모 양식장까지 확대할 수 있는 간소화된 품질관리 시스템 도입을 추진해야 한다. 아울러 K-FISH 브랜드를 활용한 해외 현지 맞춤형 마케팅과 전략적 바이어 발굴 등 실질적인 수출 활성화 방안을 적극 추진해야 한다.

민간 주도-정부 지원형 R&D 체계로의 전환

선진 양식국가들은 민간기업이 현장에서 직접 필요로 하는 기술을 우선 발굴하고, 정부가 이를 적극적으로 지원하여 실제 현장 적용이 가능한

기술혁신 성과를 높이고 있다. 예를 들어 노르웨이는 기업들이 양식 현장의 요구를 반영한 기술개발 과제를 직접 제시하고, 정부가 수산물 수출세를 기반으로 연구개발 자금을 지원하는 민간 주도-정부 지원형 R&D 모델을 성공적으로 운영 중이다. 또한 정부 산하 전문 연구기관이 기업과 협력하여 현장에서 필요한 기술을 신속히 개발하고 실증하는 협력체계를 구축하고 있다.

우리나라 양식산업의 R&D 체계는 정부가 중심이 되어 과제를 선정하고 연구개발을 진행하는 구조로 인해, 실제 산업 현장의 기술적 수요와 괴리가 존재하여 개발된 기술이 현장에서 제대로 활용되지 못하는 상황이다. 따라서 앞으로는 민간기업들이 양식 현장에서 필요로 하는 기술개발 과제를 직접 발굴하여 정부가 이를 적극적으로 지원하는 체계로 전환해야 한다. 특히, 기업들이 필요로 하는 기술이 개발될 때 해당 기업들이 개발과정에 직접 참여하여 연구성과를 빠르게 적용하고 상용화할 수 있도록 연구과제 운영 방식을 개편하고, 참여기업에 대한 세제 감면, 금융지원 등 현실적인 인센티브를 제공해야 한다. 이러한 민간 참여형 R&D 체계 구축은 현장 중심의 실질적이고 신속한 기술혁신을 가능하게 하고, 궁극적으로 국내 양식산업의 글로벌 경쟁력 향상과 지속가능한 발전을 촉진하는 중요한 역할을 할 것이다.

- 한국해양수산개발원 (KMI). (2023). 「수산업 노동시장 구조 분석과 노동정책 변화에 따른 대응 연구」. Retrieved July 24, 2025, from <https://www.kmi.re.kr/web/board/download.do?rbsIdx=113&idx=37064&fid=1>
- 한국해양수산개발원 (KMI). (2023). 「양식업 동향 및 정책과제」. Retrieved July 24, 2025, from <https://www.kmi.re.kr/web/board/view.do?rbsIdx=286&key=%EC%96%91%EC%8B%9D&keyField=search1&idx=36960>
- 한국해양수산개발원 (KMI). (2023). 「양식어류경영체현황」. Retrieved July 24, 2025, from <https://www.kmi.re.kr/web/contents/contentsView.do?rbsIdx=224>
- Aslesen, H. W. (2007). The development and innovation system of Norwegian aquaculture (TIK Working Papers on Innovation Studies No. 20070107). University of Oslo. from <https://www.sv.uio.no/tik/InnoWP/Workingpaper%20Aslesen%20Aquaculture%2001%2007%2007%20WPready.pdf>
- Aquaculture Stewardship Council. (2022). Sainsbury's & Mowí consumer products win Aquaculture Stewardship Council UK Awards 2022. from <https://asc-aqua.org/news/sainsburys-mowi-consumer-products-win-aquaculture-stewardship-council-asc-uk-awards-2022/>
- Brækkan, E. H., Hermann, B., & Asche, F. (2023). Production growth, company size, and concentration: The case of the global salmon industry. *Aquaculture*, 600, Article 738715. from <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.738715>
- Business Norway. (2023). Norwegian aquaculture competitors team up to create game-changing innovations. Retrieved July 24, 2025, from <https://businessnorway.com/articles/norwegian-aquaculture-competitors-team-up-to-create-game-changing-innovations>
- Directorate for Nature Management. (1999). Environmental objectives for Norwegian aquaculture (Notat 1999 – 7b). Norwegian Environment Agency. from <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/dirnat/attachment/2158/notat-1999-7b-environmental-objectives-for-norwegian-aquaculture.pdf>
- Erlandsen, M. N., & Mortensen, M. (2016). Industrial policy in the Norwegian salmon aquaculture industry: Linking industrial policy to sustainable development [Master's thesis, Copenhagen Business School]. from https://research-api.cbs.dk/ws/portalfiles/portal/60728195/98775_Industrial_Policy_in_the_Norwegian_

Salmon_Aquaculture_Industry.pdf

- FAO. (n.d.). Transition from low-value fish to compound feeds in marine aquaculture. Retrieved July 24, 2025, from <https://www.fao.org/4/i2775e/i2775e00.htm>
- Ministry of Oceans and Fisheries. (n.d.). K·FISH brand introduction. Retrieved July 24, 2025, from <https://kfish.co.kr/eng/intro/pageview.php?url=engkfish>
- Mowi ASA. (n.d.). Media gallery. Retrieved July 24, 2025, from <https://mowi.com/media/>
- Mowi ASA. (n.d.). Leading the Blue Revolution plan and corporate sustainability. Retrieved July 24, 2025, from <https://mowi.com/sustainability/>
- Mowi ASA. (2023). Integrated annual report 2023. Retrieved July 24, 2025, from <https://www.calameo.com/books/00665208129e27ebb2ce9>
- Mowi ASA. (2023). Sustainability report 2023. Retrieved July 24, 2025, from <https://www.calameo.com/books/006652081514dc6ea5180>
- Mowi Belgium. (n.d.). Mowi 4.0 Smart Farming. Retrieved July 24, 2025, from <https://mowi.com/be/en/products/mowi-4-0-smart-farming/>
- Norwegian Seafood Council. (n.d.). Licensing “Seafood from Norway”-trademark. Retrieved July 24, 2025, from https://en.seafood.no/marketing/The_Seafood_from_Norway-trademark/licensing-SFN/
- Norwegian Seafood Federation, & Norwegian Seafood Council. (2011). Aquaculture in Norway. from <https://sjomatnorge.no/wp-content/uploads/importedfiles/Aquaculture%2520in%2520Norway%25202011.pdf>
- Shutterstock. (2020). Norwegian salmon exported to Malaysia [Photograph]. Retrieved July 24, 2025, from <https://www.shutterstock.com/ko/image-photo/penang-malaysia-jul-07-2020-norway-1823905211>
- Tveterås, R., & Asche, F. (2004). Internationalisation in the Norwegian aquaculture industry (SNF Working Paper No. 63/04). SNF – Centre for Applied Research at NHH. https://snf.no/media/b05avqev/a63_04.pdf

2장

블루푸드테크의 미래


AI 기반 수산물 자동 스캔 시스템

미국 시푸드AI 등

게가 인공지능을 만났을 때 일어나는 일

이정필 부연구위원

한국해양수산개발원 수산연구본부



최근 수산업은 지속가능한 산업으로 성장하기 위해 AI 기반 자동화 기술을 활발히 도입하고 있다. 기존 하드웨어 중심의 자동화 시스템이 아니라 AI 분석 결과를 클라우드 기반 소프트웨어 플랫폼과 연계하는 기술 융합이 활발하다. 특히 AI 기반 자동 스캔을 통해 수산물의 생물학적 특징(크기, 색상, 육질 등)을 분석하고 품질을 분류하는 것이 핵심 기술이다. 미국의 시푸드AI가 실제 가공현장에서 CrabScan360을 적용하고 있어 선도 기업 사례로 살펴보고 미국의 노스라인 시푸드(Northline Seafoods), 아이슬란드와 미국의 마렐(Marel), 아이슬란드의 Skaginn3X의 핵심 기술을 소개하고 비교한다. 이를 통해 아직 본격 상용화되지 못한 국내 수산업의 AI 기술 기반 형성을 위한 방향성을 제시한다.

| 머리말 |

최근 수산업은 기후변화, 자원 고갈, 고령화, 공급망 불안정 등 구조적 위기를 비롯한 여러 어려움에 직면하며 기존 운용 방식만으로는 지속가능한 산업으로 성장하기 힘든 상황이다. 이러한 위기 상황은 기존의 산업 구조를 자동화, 디지털 기술과 스마트 중심으로 재편할 필요성을 제기하고 있다.

글로벌 수산업은 단순한 원물 채취 중심 구조에서 벗어나, 선진국을

중심으로 데이터 기반의 고부가가치 산업으로 빠르게 전환되고 있다. 이 과정에서 AI, IoT, 로봇 기술이 접목된 스마트 양식장 운영 시스템, 자동화된 등급 분류 장비, 수산물 유통 경로 추적 기술 등이 상용화되면서 산업의 전통적 한계를 기술로 극복하고 있다. 각국 정부도 이러한 기술을 식량 안보와 탄소중립 달성을 위한 핵심 수단으로 인식하고 있으며, 정책적·재정적 지원을 확대하며 산업 전환을 위한 우선순위로 두고 있다.

| 글로벌 동향과 전망 |

AI 기반 자동화 기술에 대한 수요는 수산업 전반에서 고령화, 인력 부족, 생산성 저하 문제가 대두되면서 빠르게 증가하고 있다. 특히 양식 관리, 품질 분류, 물류 최적화 등 반복적이고 정밀한 작업에서 AI 기술의 도입이 활발하다. 데이터를 기반으로 생육 환경을 실시간 제어하거나, 수산물의 등급을 자동으로 판별하는 역할을 하며 인력 의존도를 크게 줄이고 있다. 이러한 기술은 비용 절감은 물론 품질 표준화에도 기여하고 있으며, 국가별로 다양하게 개발되는 추세다. 이에 따라 관련 솔루션 개발 기업과 각국 정부의 R&D 투자도 꾸준히 확대되고 있다.

특히, 수산물 유통 및 가공 분야에서는 품질의 일관성 확보, 작업 효율 향상, 위생 기준 강화 대응, 노동력 부족 문제, 최적 유통 등 복합적인 과제에 직면해 있다. 이에 따라 AI 기반 영상 인식과 분석 기술을 접목한 자동 스캔 및 분류 솔루션이 산업의 핵심 인프라로 자리 잡고 있다. 북미와 유럽의 대형 유통업체들은 AI 등급 기반 가격 책정 시스템과 품질 인증 프로토콜을 도입하고 있으며, B2B 유통 연계형 인증 API 서비스로도 확장

되는 추세다. 이로 인해 수산업은 단순 제조업에서 디지털 신뢰 기반 유통 산업으로 성격이 변화하고 있다.

이러한 추세에 힘입어 글로벌 시장 조사 기관들은 2023년 기준 수산 가공 자동화 장비 시장을 약 35억 달러 규모로 추산하고 있으며, 2030년까지 연평균 5.5~10% 성장할 것으로 추정한다.* 특히 컴퓨터 비전 기반의 자동 분류 기술은 전체 자동화 장비 중 가장 빠른 성장을 기록하고 있는데, 연어, 게, 참치, 조개류 등 고부가가치 어종을 중심으로 수요가 집중되고 있다. 기술 성숙도(TRL)가 높아짐과 동시에 장비의 단가가 하락하면서 중소형 가공업체들까지도 도입을 고려하는 사례가 증가하는 추세다.

정부 차원의 지원과 민간 액셀러레이터의 참여도 활발하다. 미국 USDA, 일본 수산청, 유럽의 호라이즌 유럽(Horizon Europe) 등은 스마트 수산 기술을 전략 분야로 선정하고, 실증 기반 테스트베드와 규제 샌드박스 도입을 통해 혁신을 유도하고 있다. 동시에 NEC X, SOSV, Y-Combinator 등은 AI 수산 스타트업에 대한 초기 자금과 기술적 지원을 제공하며 기술 생태계를 확장시키고 있다. 이러한 협력 구조는 기술의 상용화 주기를 단축하고, 투자자들의 관심을 지속적으로 유도하는 기반이 되고 있다. 이와 함께 산업 생태계 조성 측면에서는 기존의 하드웨어 중심 자동화 시스템에서 벗어나, AI 분석 결과를 클라우드 기반 소프트웨어 플랫폼과 연계하는 기술 융합이 활발하다. 예컨대 자동 분류 장비에서 생산된 데이터를 기반으로 실시간 등급 조회, 생산이력 추적, 소비자 평가 연동 기능이 하나의 플랫폼에서 통합 운영되는 구조가 등장하고 있다. 이와 같은 변화는 수산업을 생산 중심 산업에서 공급망 중심의 디지털 생태계 산업으로 전환되고 있음을 보여준다.

* 출처: 뉴스1, WiseGuyReports, Fortune Business Insights

결과적으로, AI 기반 자동 스캔 기술은 수산물의 생물학적 특징(크기, 색상, 육질 등)을 분석하고 품질을 분류하는 핵심 기술로 부상하고 있다. 미국에서는 시푸드AI와 같은 스타트업들이 실제 가공 현장에서 연어, 게, 흰살생선 등을 대상으로 이 기술을 적용하고 있으며, 분류 정확도와 효율성 면에서 주목할 만한 성과를 내고 있다. 우리나라 역시 이러한 기술 변화의 흐름을 면밀히 주시하고, 기술 적용 및 정책 방향을 구체화할 필요가 있다. 따라서 미국 시푸드AI 사례를 중심으로, AI 기반 수산 자동화 기술의 발전 방향과 국내 수산업에 주는 시사점을 도출하고자 한다.

| 혁신기술 선도 사례 |

미국 시푸드AI의 기업 개요와 설립 배경

2023년 미국 캘리포니아주 밀브레이(Millbrae)에 설립된 시푸드AI Inc.는 수산물의 개체별 정보를 인공지능 기술로 분석·관리하는 솔루션을 개발하며 수산업의 디지털 전환을 주도하고 있는 기술 중심 스타트업이다. 실리콘밸리 인근에 본사를 둔 이 회사는 설립 직후부터 글로벌 정보통신 기술 기업과 벤처 육성 기관들과의 협력을 통해 기술 고도화와 시장 진입을 동시에 추진해 왔다.

시푸드AI의 공동 창립자이자 최고경영자인 롭 테리(Rob Terry)는 시푸드AI 설립 이전에 어업 기술 스타트업인 SmartCatch Inc.를 설립한 경험이 있다. 해당 기업은 DigiCatch(실시간 어획 감시), SmartNet(원격 혼획 방류), DigiServices(운영 데이터 분석 플랫폼) 등 다양한 기술 솔루션을 통해 상업 어업 분야의 혼획 문제 해결과 현장 운영을 개선하는 데 기여했다.



CrabScan360은 갑각류를 대상으로 실시간 스캐닝을 하여 크기, 무게 등의 정보를 인식·판단한다.
출처: <https://www.seafoodsource.com/>

이러한 실무적 경험을 바탕으로, 그는 시푸드AI에서도 데이터 기반의 사결정 및 현장 적용성을 핵심 철학으로 삼고 있으며, CrabScan360의 설계에도 이 같은 방향성이 반영되어 있다. 특히 클라우드 기반 데이터 분석과 현장 장비 간의 통합은 기술의 확장성과 유연성을 동시에 확보하게 하는 구조적 기반이 되고 있다.

회사의 대표 제품인 ‘CrabScan360’은 게(crab)와 같은 갑각류를 대상으로 실시간 스캐닝을 수행하며, 크기, 무게, 성별, 법적 어획 여부 등을 자동으로 인식·판단하는 AI 기반 생체 분석 장치다. 이 기술은 개체 단위의 정보를 클라우드 기반 시스템에 연동하여 즉각 기록하고, 실시간 규제 준수 여부 확인과 유통 추적 기능까지 지원한다.

전략적 파트너십과 성장 촉진 요인

시푸드AI는 설립 직후 NEC X의 액셀러레이션 프로그램인 Elev X! Ignite에 선정되어, 기술 검증과 시장 진입 전략 수립을 병행했다. NEC X는 일본의 대표 ICT 기업 NEC 산하 조직으로, AI 최적화, 영상 인식, 클라우드 연동 기술 등에서 실질적인 기술 지원을 제공하고 있으며, 이후 직접 투자를 통해 시푸드AI의 제품화 추진 속도를 높이는 데 기여했다.

또한 이 기업은 Techstars, Gulf Blue Navigator, SeaAhead 등 북미 지역의 주요 스타트업 지원 기관과 협력하여, 지속가능한 수산업 생태계 내에서 실증 환경 확보 및 초기 시장 안착을 위한 기반을 마련하고 있다. 이러한 파트너십은 단순한 기술 협력을 넘어 인증 체계 구축, 정책 대응력 제고, 유통 채널 진입 등 전방위적 시너지를 형성하고 있다.

주력 기술 CrabScan360™ 시스템

시푸드AI의 핵심 기술인 CrabScan360은 AI 영상 인식 알고리즘을 통해 계의 다양한 생체 정보를 자동으로 측정하고, 등급 분류와 규격 선별을 동시에 수행하는 장비다. 이 시스템은 선상이나 위판장 등 현장에서도 안정적으로 작동하며, 측정된 정보는 자동 기록되어 클라우드 플랫폼으로 전송된다.

이 기술은 단순한 분류 기능을 넘어 규제 기준에 부합하는 어획 여부 확인, 실시간 모니터링, 품질 인증용 이력 제공 등 다양한 산업적 요구에 대응할 수 있는 유연성을 갖췄다. 데이터의 축적은 향후 수산자원 평가, 생태 분석, 공급망 최적화에도 활용할 수 있다. 특히 CrabScan360은 크기, 무게, 성별 등 다양한 요소를 분석하여 자동으로 등급을 부여하고, 이력을 시각화하여 관리할 수 있는 전용 대시보드와 연동된다. 이를 통해 가

CrabScan360 제품과 특징



공장형 스캐너



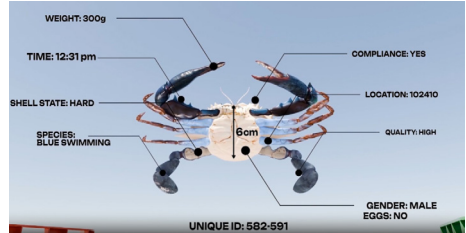
공장형 스캐너



필드형 스캐너



게 스캐닝



스캐닝된 게의 분류



개발중인 온보드 제품

출처: <https://seafoodai.com/technology/>(자료검색일: 2025.06.30, 동영상 캡처)

CrabScan360의 버전별 기능

구분	Field Scanner (휴대용 버전)	Factory Scanner (공장형 버전)	Boat Scanner (선박 탑재형, 개발 중)
용도	• 어선 및 부두 등 현장에서 개별 계를 실시간으로 스캔	• 가공 공장에서 대량의 계를 자동으로 분류 및 기록	• 어선에 탑재하여 어획 즉시 계를 자동으로 스캔
기능	• 크기, 무게, 성별, 알 상태 등 생체 정보 측정 • 적법성 여부를 즉시 확인(녹색/적색 표시등) • 데이터를 클라우드에 실시간 업로드하여 추적성 확보	• 컨베이어 벨트를 통한 자동 스캔 및 분류 • 각 계의 생체 정보를 개별적으로 기록하여 품질 관리 강화	• 어획 시점에서 실시간으로 생체 정보 수집 • 데이터 기반 어획량 관리 및 규제 준수 지원
특징	• 경량화된 디자인으로 이동성과 사용 편의성 강조	• 대량 처리에 최적화 되어 생산 효율성 증대	• 현장 데이터 수집으로 자원 관리에 기여

출처: <https://seafoodai.com/technology/>(자료검색일: 2025.06.30, 홈페이지 자료 취합 후 저자 작성)

공업체나 유통업체는 좀더 정교하게 품질관리 및 생산 조정이 가능하다.

- **실시간 인사이트 제공:** 수집된 데이터는 단순 저장에 그치지 않고, 불량을 분석, 수율 예측, 작업 효율 평가 등 생산성 향상에 직결되는 지표로 가공된다. 이는 현장 작업자와 운영 관리자 모두가 직관적으로 활용 가능한 실용적 분석자료로 제공된다.
- **규제 대응 및 인증 절차 간소화:** 자동 수집된 생체 정보는 어획물의 합법성 여부를 실시간으로 판단할 수 있게 하며, 기록된 이력은 품질 인증 및 시장 유통 단계에서 신뢰도를 확보하는 주요 수단으로 활용된다. 이는 국제적인 수산물 규제 강화 흐름 속에서 디지털 인증 기반의 대응책이 될 수 있다.
- **디지털 기반 유통 시스템과 연계:** CrabScan360은 단순한 자동화

제품 특징

비전AI 정확도	95% 이상(색상, 크기 기준)
운영 환경 적용성	실외/저온/해상 이동형 환경에도 적용 가능
확장성	모듈화 설계로 어종 다변화 가능(항후 조개, 연어 등)
규제 및 인증 연계	USDA, NOAA 기준 대응 가능
데이터 분석 서비스화(SaaS)	항후 대형 유통사 대상API 기반 플랫폼 제공 예정

출처: <https://seafoodai.com/technology/>(자료검색일: 2025.06.30, 홈페이지 자료 취합 후 저자 작성)

장비를 넘어, 친환경 인증 수산물 유통, 지속가능성 검증 시스템 등과 연계 가능한 인프라로 기능할 수 있다. 글로벌 유통망이 요구하는 트레이서빌리티(traceability)와 투명한 이력 제공을 동시에 충족하는 점에서 경쟁 우위를 가진다.

시푸드AI가 개발한 CrabScan360 시스템은 갑각류, 특히 게를 대상으로 다양한 생체 정보를 고정밀로 인식하고 이를 실시간으로 자동 분류하는 기능을 갖춘 지능형 스캐닝 장비이다. 이 기술의 핵심은 개체의 등껍질 길이와 너비, 무게, 색상 등을 정밀하게 측정한 뒤, AI 알고리즘을 기반으로 동일 등급 내 편차를 최소화하며 품질의 일관성을 유지할 수 있도록 설계되어 있다는 점이다. 해당 장비는 단순 측정에 그치지 않고, 수집된 데이터를 개체별로 클라우드 시스템에 자동 기록함으로써 생산 이력 추적과 인증 기준 충족을 위한 자료로도 활용 가능하다. 이를 통해 어획 이후의 데이터 관리가 보다 체계적이고 투명하게 이뤄질 수 있다.

또한 CrabScan360은 시간당 약 800마리까지 자동 스캔 및 분류가 가능한 처리 속도를 갖추고 있어, 대형 가공시설뿐만 아니라 선박 또는 소규모 위판장과 같은 다양한 현장에서도 유연하게 적용 가능하다. 아울러, 규

격을 벗어난 개체나 손상된 상품을 자동 식별하고, 품질 수준에 따라 A부터 C까지 등급을 부여하는 분류 작업도 병행 수행된다. 추가적으로 이 시스템은 RFID 및 QR코드 기반의 디지털 식별 체계를 통해 개체별 유통 이력 추적이 가능하다. 이러한 기능은 수산물의 유통 과정에서 데이터 기반 품질 관리와 규제 대응, 인증 절차의 효율화를 동시에 실현하는 데 기여하며, 이러한 제품이 수산업 자동화 기술의 전환점을 제시하는 솔루션으로 평가받는 이유이기도 하다.

기술 발전성과 현장 적용 가능성 모두를 고려할 때, 시푸드AI는 수산 자동화기술 중에서 선도적인 입지를 형성해가고 있다.

글로벌 AI 기반 수산물 자동화 기술

AI 기반 기술이 수산물 가공과 유통 자동화에 도입되면서, 전 세계적으로 관련 시스템의 확산 속도가 빨라지고 있다. 이러한 시스템의 공통된 기술 구성은 컴퓨터 비전 기술, 머신러닝을 활용한 자동 분류 알고리즘, 그리고 개체별로 이력을 기록·추적할 수 있는 데이터 저장 구조로 요약된다. 이들 기술은 단순한 생산성 향상에 그치지 않고, 품질 평가의 객관화, 유통 과정의 투명성 확보, 수산 자원의 체계적 관리 등 다방면에서 산업 구조의 혁신을 이끄는 중추적 역할을 하고 있다. 특히 이러한 기술들이 향후 수산업의 기술 표준으로 자리잡을 가능성이 점차 커지고 있다.

한편, 주요 기술 기업들은 각기 다른 시장 수요와 산업 여건을 반영해 서로 다른 기술 전략을 채택하고 있다. 예를 들어, 대규모 공장형 가공업체를 대상으로 하는 기업은 고속 자동 분류 기능과 ERP·MES 시스템과의 연계성 확보에 주력하고 있다. 반면 저장 환경에서의 품질 유지 및 예측 분석이 중요한 기업들은 정밀 냉동 기술과 AI 기반 품질 진단 기술을

결합한 설비를 제공하고 있다. 한편, 연안 어촌이나 소규모 어획 현장에 초점을 맞춘 기업들은 장비의 경량화, 이동성, 현장 실시간 대응 능력 등을 강조하며, 현장 중심의 유연한 자동화 모델을 제안하고 있다.

이처럼 기술별 전략은 각각의 시장 특성에 따라 다변화되고 있으며, 이러한 차별화는 수산업 전반에 걸쳐 디지털 전환을 유도하는 핵심 촉매제로 작용하고 있다.

노스라인 시푸드_해상 스마트 팩토리

노스라인 시푸드(Northline Seafoods)는 미국 알래스카 연안에서 연어 가공을 전문으로 수행하는 기업으로, 기존 어획부터 가공까지의 공급망에서 발생하는 시간 지연을 해소하고자 수확 즉시 해상에서 모든 가공 과정을 완료할 수 있는 통합 시스템을 구축한 사례로 주목받고 있다. 이 회사는 ‘한나(Hannah)’라는 이름의 대형 바지선 위에 자동화 설비를 집약한 구조를 운영하고 있으며, 이 설비는 AI 영상 인식, 급속 냉동, 자동 포장 등 여러 기술을 통합한 일종의 해상 가공 공장이다.

‘한나’ 시스템은 컴퓨터 비전 기반의 인공지능을 통해 연어의 크기, 색상, 지방 분포, 육질 등을 실시간으로 분석하고, 해당 기준에 따라 자동으로 품질을 등급화한다. 이후 등급이 결정된 연어는 선상에서 바로 -1°C 이하의 온도로 급속 냉동 처리되고, 개별 포장까지 진행되어 상품화된다. 이러한 해상 즉시 가공 방식은 육상 운반, 냉장 보관, 후속 가공 단계를 생략함으로써 전체 생산 비용을 절감하고 물류 효율성을 높이는 효과를 낳고 있다.

이 기술이 도입된 결과, 연어는 어획 직후 선도 손실 없이 가공되어 최종 제품으로 공급될 수 있게 되었으며, 이는 품질 유지와 유통 경쟁력 제



Northline Seafoods_해상 스마트 팩토리 한나(Hannah)호

출처: <https://www.northlineseafoods.com/vessels/>



고에 중대한 영향을 미친다. 또한 중간 저장소나 운송 수단에 대한 의존도를 줄이면서, 작업 흐름의 단순화와 인건비 절감이라는 이점을 동시에 제공한다. 더불어, 미국 해양대기청(NOAA)의 품질 기준을 충족시키는 자동 분석과 데이터 기록 기능이 내장되어 있어, 각종 인증 및 규제 대응에서도 유연성을 확보할 수 있다.

노스라인 시푸드의 해상 자동화 시스템은 단순한 기계적 조합이 아닌, 인공지능 기술과 해양 물류를 융합한 ‘해상 스마트 팩토리(sea-based smart factory)’로 평가된다. 주요 어종으로 연어를 다룬다는 점에서 게 중심의 시푸드AI와는 차이가 있지만, 실시간 품질 판별, 디지털 기록, 현장 즉시 가공이라는 공통적 구조를 바탕으로, AI 기반 수산 자동화 기술이 나아갈 방향성을 제시하는 대표 사례로 손꼽힌다.

마렐_고도화된 공장형 수산물 가공 솔루션

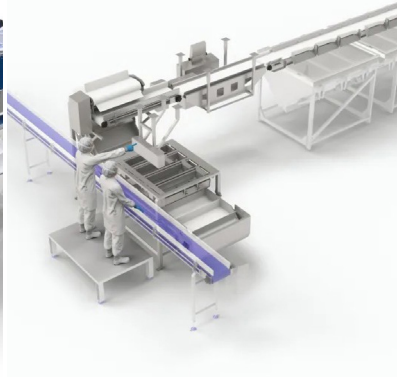
마렐(Marel)은 아이슬란드와 네덜란드에 본사를 두고 있으며, 육류·가금류·수산물 등 다양한 식품 가공 분야에 고도화된 자동화 솔루션을 제공하는 글로벌 기업이다. 특히 수산 부문에서는 AI 기반 영상 인식, 정밀 절단, 자동 중량 분류 등 다양한 기술을 통합한 스마트 가공 라인을 개발하여 유럽과 북미의 대형 가공공장에 보급하고 있다.

이 회사의 주요 기술은 고해상도 카메라와 알고리즘을 활용한 생체 인식 시스템으로, 필렛의 두께, 지방 함량, 색상 등을 정밀하게 분석하고, 로봇 암과 연계해 최적 절단을 수행한다. 또한 ERP와 MES 시스템과의 연동을 통해 생산 이력, 품질 변화, 수율 등을 실시간으로 통합 관리할 수 있도록 설계되어 있어, 공정 전반의 디지털화를 촉진하고 있다.

이러한 기술을 적용한 마렐의 생산 장비는 중소형 선박을 비롯해, 트



선상 등급선별기(Marine Graders)



전 어종 선별기(Marine Whole Fish Grader)

출처: <https://marel.com/en/fish/whitefish/onboard-weighing-grading-and-batching/>

를 어선과 운반선, 선상 가공선 등 다양한 선박에 적용이 가능하다. 다양한 어종에 대응할 수 있도록 유연하게 설계되어 있으며, 연어뿐 아니라 흰살생선, 오징어 등 다양한 생물종 가공에 활용된다. 고속 대량 처리와 정밀 가공이 동시에 가능한 이 시스템은 품질 기준의 표준화와 공급망 전체의 데이터 연동을 가능케 한다. 또한 고급 동작 보정 기능과 향상된 크기 정확도를 갖춘 정확한 선상 등급 측정을 통해 트롤 어선의 경우, 양륙 전에 시장에 정보를 제공할 수 있다.

시푸드AI의 경량형 기술과 비교할 때, 마렐은 공장 중심의 통합 자동화 시스템으로 상호 보완적인 기술 모델을 형성하고 있다. 이는 대규모 처리 중심의 기업에게는 마렐이, 소규모 현장이나 선상 작업에는 시푸드AI가 적합하다는 구조적 특성을 보인다. 결과적으로 마렐은 수산업의 전면적인 디지털 전환을 이끄는 기술적 가이드라인을 제공하고 있다고 볼 수 있다.

주요 스마트 기술 선도 기업의 혁신 기술 비교

기업	기술 핵심	적용 영역	특이점
SeafoodAI	생체 인식, 현장 자동 분류, 디지털 인증	어획 현장, 유통장 중심	경량 장비/중소 어업인 대상
Northline	품질 인식, 이동형 스캔, 현장 급속 냉동	바다 위 실시간 가공	선박 일체형 스마트 팩토리
Marel	고속 가공, AI 절단, 데이터 통합	대형 공장형 생산라인	ERP/MES와 통합 연동
Skaginn3X	AI 품질 예측, 냉동 최적화	저장 및 유통 전 과정	정량화된 품질 관리

출처: 저자 작성(자료검색일: 2025.06.30.)

Skaginn3X_품질 예측형 냉동 및 비전 분석 시스템

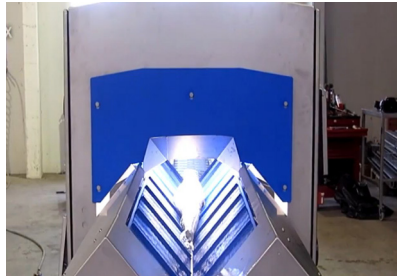
Skaginn3X는 아이슬란드에 기반을 둔 기업으로, 냉동 공정 기술과 머신비전 기반 품질 예측 솔루션에 특화되어 있다. 이 회사는 수산물 가공 이후의 저장 및 유통 단계에서 품질을 안정적으로 유지하고, 정량적인 품질 분석을 통해 등급화할 수 있는 시스템을 개발했다. 이 기술은 영상 AI를 이용해 생선의 지방 함량, 색상, 조직 밀도 등을 자동 측정하고, 이를 토대로 등급을 판정한다. 또한 수분 증발과 육질 손상을 최소화하는 지능형 냉각 알고리즘을 통해 저장성과 신선도 유지 측면에서 강점을 보인다.

Skaginn3X는 제품 단위로 개체 정보를 기록하고 클라우드에 저장하는 기능도 갖추고 있어 생산부터 유통에 이르는 전 과정에서 디지털 이력 추적이 가능하다. 이는 품질 신뢰성과 규제 대응 능력을 높이는 데 기여하며, 시푸드AI의 실시간 현장 기록 모델과 상호 보완적인 구조를 이룬다. 특히 Skaginn3X는 수산물 유통 전반의 데이터 기반 품질 보증 체계를 구현하고 있다는 점에서 가공 이후 처리 단계에서 AI 기술이 어떻게 활용될 수 있는지를 보여주는 현실적 사례로 평가된다.

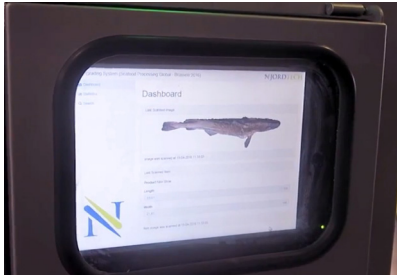
Skaginn3X ViSION UNIT 과정과 기능



Skaginn3X ViSION UNIT



어종 스캔



AI 기반 등급 선별



분류

출처: <https://skaginn3x-sample.webflow.io/products/qc-vision-batcher>



아이슬란드에 기반을 둔 Skaginn3X는 냉동 공정 기술과 머신비전 기반 품질 예측 솔루션에 특화되어 있다.

출처: <https://www.seafoodsource.com/>

| 우리의 현황과 대응 |

국내 현황

현재 우리나라 수산업에서 인공지능(AI) 기술은 영상 기반 품질 판별, 스마트 양식장 관리, RFID를 활용한 유통 이력 관리 등 개별 기능 위주로 개발되고 있으며, 기술 간 연계나 시스템 통합 수준은 낮은 편이다. CrabScan360과 같은 전 주기형 생체정보 기반 스캐닝 시스템은 국내에서는 아직 실용화되지 않은 단계로, 현장에서는 여전히 육안 검사 중심의 작업 방식이 주를 이루고 있다. 또한 AI 학습을 위한 데이터 수집 체계, 클라우드 연계 플랫폼, 다중 센서 기반 융합 기술, 그리고 표준화된 품질 등급 데이터베이스 부재는 기술 확산을 저해하는 핵심 요인으로 작용하고 있다. 이러한 한계는 단순한 기술력 부족을 넘어, 공공 통계와 현장 자료 간의 단절, 실증 인프라의 부족, 산업 전반의 디지털 수용성 저하와 같은 구조적 문제와 깊이 연결되어 있다.

대응 방안

이와 같은 현실을 개선하고 글로벌 경쟁 수준으로 도약하기 위해서는 기술 개발을 넘는 산업 전반의 디지털 생태계 구축이 필요하다. 해외에서는 시푸드AI의 CrabScan360이나 노스라인 시푸드의 ‘한나(Hannah)’ 자동화 시스템처럼 기술 혁신이 공공 정책과 투자 모델, 인증 체계와 결합되며 높은 파급 효과를 창출하고 있다. 국내 역시 기술-제도-현장-플랫폼이 유기적으로 작동하는 구조를 형성해야 하며, 이를 위한 구체적 대응 전략은 다음과 같다.

첫째, 공공 중심의 개방형 데이터 기반과 기술 표준화 체계의 조속한 구축이 요구된다. 정부 차원에서는 ‘AI 수산기술 컨소시엄’과 같은 전담 조직을 구성하여 분산된 기술 자산과 데이터를 통합·표준화하고, 스마트 양식장 클러스터 등 기존 인프라를 기반으로 디지털 수산물류 실증 프로젝트를 병행할 필요가 있다. 이를 통해 생산-가공-유통-소비 전 단계의 데이터를 연속된 흐름으로 통합하는 ‘디지털 품질 인증 인프라’ 구현이 가능하며, 이는 소규모 어가와 협동조합 등 소규모 생산 주체까지 기술 도입의 장벽을 낮추는 효과를 가져올 것이다.

둘째, 다양한 현장 환경에 적합한 실증 인프라 확충과 함께 제도적 정비가 필요하다. AI 스캐닝 시스템은 선상, 위판장, 가공공장 등 다양한 환경에서의 테스트가 전제되어야 하며, 이를 위해 지역 기반의 테스트베드 확대와 관련 장비에 대한 검증 절차 마련이 시급하다. 또한 실증 데이터를 활용한 법령 및 규격의 현실화도 병행되어야 하며, 이는 규정 준수 자동화, 불법 어획 방지, 행정 효율성 제고로 이어질 수 있다. 아울러 글로벌 시장에서의 지속가능성 인증 요건 대응에도 전략적으로 활용될 수 있다.

셋째, AI를 통한 실시간 생체 정보 수집과 품질 분석 기능을 기반으로, 어업인의 수익성 개선과 자원 관리 체계 혁신을 도모해야 한다. 크기, 무게, 선도, 품질 등 정량화된 생체 정보는 고부가 어종 선별, 유통 전략 설정, 시장가격 대응을 위한 과학적 근거로 기능하며, 장기적으로 축적된 빅데이터는 자원 회유 예측, 생물량 추정 등 정밀 자원 관리의 기반이 된다. 이는 규제 위주의 관리 방식에서 데이터 기반의 과학적 관리체계로 전환을 가능케 한다.

결론적으로, AI 기반 자동 스캐닝 기술은 단순한 효율화 수단을 넘어

국내 수산업의 체질을 변화시킬 수 있는 전략적 전환점이다. 지속가능성, 수익성, 공공성을 균형 있게 확보할 수 있는 이 기술은 지능형 수산물 유통·물류 체계의 핵심 인프라로 작용할 수 있으며, 국가 전략 산업으로서의 수산업 위상을 재정립하는 데 필수적이다. 글로벌 선도 사례가 기술을 넘어 제도와 투자까지 포함하는 이정표가 된 지금, 우리도 중장기 로드맵 수립과 정책·민간 협력 체계 강화 등을 통해 과감한 변화에 나서야 할 시점이다.

참고문헌

- 뉴스1(2023), <https://www.news1.kr/economy/trend/5259448>
- BusinessInsider,(2025),HowCrabScan360isreshapingseafoodqualityassurance.
- Fortune Business Insights, <https://www.fortunebusinessinsights.com/seafood-processing-equipment-market-110784>
- MarelOfficialWebsite,<https://marel.com>
- NECX,(2025),SeafoodAI Announces Graduation from Elev X! Ignite Program.
- PitchBook,(2024),SeafoodAICompanyProfile.
- UndercurrentNews,(2023),NorthlineSeafoodstolaunchAI-drivenalmonprocessingvessel.
- Skaginn3XOfficialWebsite,<https://skaginn3x.com>
- WiseGuyReports, <https://www.wiseguyreports.com/reports/industrial-processed-seafood-seafood-processing-equipment-market>
- <https://skaginn3x-sample.webflow.io/products/qc-vision-batcher>

2장

블루푸드테크의 미래

스마트 수산 양식장 개발 및 운영

일본 프록시마, 싱가포르 퓨어 새먼 등

바다에서 육지로, 스마트 양식장이 가는 길

박정준 박사
국립수산과학원

노르웨이 연어 양식산업의 최근 현황을 분석하고, 우리나라 연어 양식산업 육성을 위한 도입 방안을 살펴본다. 노르웨이는 세계 최대의 연어 양식 생산국으로서 2023년 기준 전 세계 대서양 연어 생산량의 약 33%를 차지하며, 모위(MOWI), 살마르(SalMar), 레뢰이 시푸드(Lerøy Seafood) 등 글로벌 상위 10개 기업 중 7개가 노르웨이 기업이다. 노르웨이의 성공 요인은 체계적인 양식어업면허 관리 시스템, 트랙픽 라이트 시스템을 통한 환경친화적 생산 관리, RAS(순환 여과 양식) 및 혁신적인 육상양식 기술개발, 그리고 이를 통해 지속가능한 양식 산업을 위한 정책적 뒷받침이 존재하고 있다. 따라서 이러한 선진적인 양식기술의 국내 도입을 위해서는 육상양식 시설 구축을 위한 제도적 지원, 전문인력양성 체계 구축, 기술협력 및 투자 유치, 시장 확대 및 유통망 구축이 필요하다.

| 머리말 |

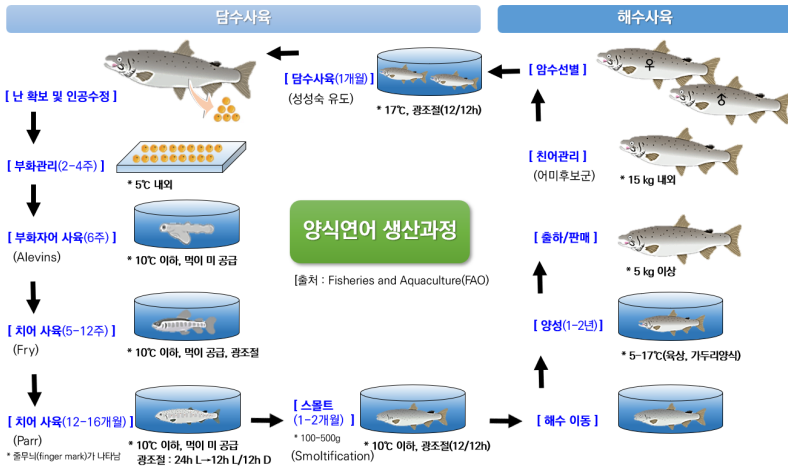
대서양연어(Atlantic salmon, *Salmo salar*)는 회귀성 어류로서 독특한 생활사를 가지고 있다. 연어는 담수에서 태어나 강에서 약 1~2년간 성장한 후, 체중 40~100g 크기가 되면 ‘은화 현상(smoltification)’을 통해 바다 생활에 적응하는 스몰트(smolt)로 변태한다. 이후 바다에서 1~2년간 성장하여 3~6kg 크기가 되면 다시 태어난 강으로 돌아와 10~11월에 산란한다.

대서양연어의 생활사 및 양식 단계

단계	환경	기간	체 중	특징
발안난~치어(Fry)	담수	4~6개월	-	자갈 틈에서 부화
파르(parr)	담수	1~1.5년	40~100g	측면에 7~9개 검은 줄무늬
스몰트(smolt)	담수→해수	1~2개월	100~500g	은화 현상, 바다 적응
성어	해수	12~24개월	3~7kg	급속 성장, 상품 크기

출처: FAO "Fisheries and Aquaculture"

대서양연어 생활사 및 양식생산 단계



출처: FAO "Fisheries and Aquaculture"를 토대로 저자 재작성

연어 양식업은 이러한 생활사를 인공적으로 재현한 것으로, 최적 수온 8~14°C에서 사육하며 평균 4.8kg 크기로 수확한다. 연어는 냉수성 어류로서 수온 변화에 민감하며, 바다 이(sea lice)나 질병 등 생물학적 위험 요소에 노출되기 쉬워 집약적인 관리가 필요하다. 세계 연어 양식산업은 지난 30년간 연평균 5% 이상의 지속적인 성장을 보이며, 2023년 기준 약 270만 톤의 대서양 연어가 생산되었다. 이 중 노르웨이가 약 133만 톤으로 전

체 생산량의 49%를 차지하며 압도적인 1위를 유지하고 있다. 글로벌 연어 소비량은 2019년 기준 연간 약 240만 톤에서 2030년 400만 톤 규모로 성장할 것으로 전망되며, 이 중 신선 연어가 80% 이상을 차지한다. 아시아 지역의 소비 증가율이 연평균 9%로 가장 높으며, 북미 지역도 안정적인 성장세를 보인다. 또한 연어는 고단백, 오메가-3 지방산이 풍부한 건강식품으로서 글로벌 수요가치가 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 아시아 시장에서의 성장 잠재력이 크다.

| 글로벌 동향과 전망 |

연어 생산 및 소비 동향

2023년 기준 글로벌 연어 생산량은 약 270만 톤이며, 이 중 노르웨이가 49%로 최대 생산국이다. 칠레(24%), 스코틀랜드(8%), 캐나다(7%), 페로제도(4%) 순으로 생산량이 많다. 소비 측면에서는 유럽이 전체 소비량의 약 51%를 차지하며, 북미(23%), 아시아(18%) 순이다.

이러한 세계적 흐름을 살펴봤을 때, 2030년까지 연어 무역 패턴은 크

글로벌 주요 육상양식 기업 현황(2023년 기준)

기업명	본사 위치	2030년 목표 생산량	주요 시장	기술 특징
Atlantic Sapphire	덴마크	24만 톤	미국	대규모 RAS
Pure Salmon	싱가포르	24만 톤	글로벌	지역별 맞춤형
Salmon Evolution	노르웨이	3,15만 톤	유럽	유수식
Nordic Aquafarms	노르웨이	3만 톤	북미	하이브리드 RAS

출처: "2024 한-노 양식기술세미나 발표자료"를 토대로 저자 작성

게 변화할 것으로 예상된다. 유럽에서 아시아와 북미로의 수출이 80% 이상 증가할 것으로 전망되며, 새로운 생산국들(아프리카, 중동)의 등장으로 무역 구조가 다변화될 것이다. 특히 육상양식 생산품의 경우 생산지역에서의 현지 소비 비중이 높아질 것으로 예상된다. 전 세계적으로 소비의 8%가 육상 생산에서 공급될 것이며, 북미(17%), 아시아(11%), 유럽(6%) 순으로 육상 양식 연어 소비 비중이 높을 것으로 전망된다.

연어 가격은 2014년 이후 지속적인 상승세를 보이고 있으며, 2023년 기준 노르웨이 오슬로 어시장에서 형성되는 연어의 국제 기준(FCA Oslo) 가격은 7.86유로/kg에 달한다. 이는 공급 증가율(연 3%)이 수요 증가율(연 8%)을 하회하기 때문이다. 2030년까지 이러한 추세가 지속될 것으로 전망되며, 특히 프리미엄 제품과 지속가능성 인증 제품에 대한 가격 프리미엄이 확대될 것으로 예상된다.

노르웨이 연어 양식산업 동향

노르웨이 연어 양식산업은 1960년대 무지개송어 양식 실험에서 시작되어 1970년대 대서양연어 양식으로 발전했다. 1969년 Hitra 섬과

지역별 연어 생산량 및 소비량 전망(2019년 vs 2030년)

지역	2019년 생산량	2030년 생산량	2019년 소비량	2030년 소비량
유럽	154만 톤	272만 톤	130만 톤	204만 톤
북미	15만 톤	31만 톤	58만 톤	92만 톤
아시아	2만 톤	6만 톤	46만 톤	74만 톤
남미	65만 톤	77만 톤	3만 톤	6만 톤
기타	5만 톤	14만 톤	4만 톤	24만 톤

출처: Salmon Farming Industry Handbook 2024(MOWI)

Flogøy에서 첫 스몰트가 바다로 방류되었고, 1971년 첫 수확에 성공하여 약 100톤을 생산했다. 1978년에는 양식업자들이 협동조합을 구성하여 판매와 마케팅을 체계화했다.

1988~1990년 기간 중 급격한 생산량 증가와 세균성 질병 문제로 업계의 33%가 파산하는 위기를 겪었으나, 이후 백신 개발과 법규 강화를 통해 안정화되었다. 2013년 이후부터는 환경 정책으로 인한 생산량 조절이 이루어지고 있으며, 연간 130만 톤 내외의 생산량을 유지하고 있다.

노르웨이 연어 양식산업은 2023년 기준 총 1,164개의 해수양식 면허를 보유하고 있으며, 약 120개 기업이 면허를 소유하고 있다. 실질적인 생산 공급은 약 90개 기업이 담당하고 있으며, 최대허용생물량(MAB: Maximum Allowed Biomass)은 총 100만 톤 수준이다.

2030년까지 글로벌 연어 생산량이 현재 270만 톤에서 400만 톤으로 규모가 성장할 것으로 전망된다. 생산 방식별로는 전통적인 해상가두리가 여전히 주류를 이룰 것이나, 새로운 생산 방식의 비중이 점차 증가할 것이다. 노르웨이는 2030년까지 전통적인 가두리 생산량을 연간 3.4% 증가시키는 동시에, 해상에서 36만 톤, 육상에서 17.5만 톤의 추가 생산을

노르웨이 연어 양식산업 발전 과정

연도	양식장 허가수	생산량(톤)	주요 특징
1971	55	100	산업 태동기
1980	426	4,135	급속 확산
1990	813	165,000	대량 생산 시작
2000	854	491,000	산업 성숙화
2010	991	939,000	기술 혁신 가속
2023	1,164	1,364,000	글로벌 리더십

출처: 아쿠아인포 2020년 12월호: 전세계 연어양식장 시설동향

노르웨이 연어 양식 생산 현황 (2023년 기준)

구분	수량	비고
해수양식 면허 수	1,164개	-
면허 소유 기업 수	약 120개	실제 생산: 90개
최대허용생물량(MAB)	100만 톤	평균 가동률 86%
연간 생산량	133만 톤	세계 1위

출처: Salmon Farming Industry Handbook 2024(MOWI)

2030년 글로벌 연어 생산 시나리오

생산방식	생산량(만 톤)	비중(%)	특징
전통 해상가두리	328	82	여전히 주류 방식
육상양식(RAS)	32	8	급속 성장
근해(offshore) 양식	36	9	기술 혁신 주도
폐쇄형 해상 양식	4	1	환경 친화적
전체	400	100	-

출처: "2024 한-노 양식기술세미나 발표자료"를 토대로 저자 작성

목표로 하고 있다. 이는 기술 혁신과 환경 규제를 동시에 만족시키기 위한 전략으로 평가된다.

노르웨이의 연어 양식 관리제도는 세계에서 가장 체계적이고 엄격한 것으로 평가받는다. 핵심은 '트래픽 라이트 시스템(Traffic Light System)'으로, 13개 지역별로 바다 이(sea lice) 발생률 등 환경 지표를 모니터링하여 생산량을 조절한다. 녹색지역은 생산량 6% 증가, 황색지역은 현상 유지, 적색 지역은 6% 감축이 적용된다.

라이선스 제도 또한 엄격하게 관리되어, 면허별 최대허용생물량이 780톤(북부 지역 945톤)으로 제한되며, 2년마다 경매를 통해 신규 면허가 발행된다. 2023년 면허당 평균 가격은 1억 4,300만 크로네(약 170억 원)에 달한다.

트래픽 라이트 시스템 운영 현황(2023년)

지 역	등급	생 산량 조정	주요 기 준
P01-P04	녹색	+6%	바다 이 0.5마리 이하
P05-P08	황색	현상 유지	바다 이 0.5~1.0마리
P09-P013	적 색	-6%	바다 이 1.0마리 초과

출처: Salmon Farming Industry Handbook 2024(MOWI)

MAB 시스템은 각 양식장에서 동시에 사육할 수 있는 최대 생물량을 규제하는 제도로, 환경 수용력을 고려하여 설정된다. 2023년 기준 MAB 가동률은 86%로, 환경 보호와 생산성 향상 간의 균형을 유지하고 있다. 특히 환경 기준을 엄격히 준수하는 양식장에는 추가 6%의 생산량 증가가 허용되는 인센티브 제도도 운용되고 있다.

혁신기술 연구 동향

RAS(순환여과시스템) 기술

RAS(Recirculating Aquaculture Systems)는 물을 99% 이상 재순환시켜 사용하는 친환경 양식기술로, 노르웨이에서 적극적으로 도입하고 있다. 이 기술의 가장 큰 장점은 질병과 환경 오염에 영향을 미치지 않는다는 것이다. AKVA Group 등 노르웨이의 RAS 기술 개발업체들은 연어의 수정란부터 성어까지 전 생애주기를 육상시설에서 완벽하게 제어하는 기술을 개발하고 있다. 특히 대형치어(Postsmolt) 생산을 통해 바다에서의 양식 기간을 단축해 질병 노출 위험을 줄이는 방향으로 발전하고 있다. RAS 기술은 다음과 같은 핵심 구성 요소들로 이루어져 있다.

- **사육조(Rearing Tank):** 연어를 직접 사육하는 원형 또는 팔각형 수조
- **기계적 여과장치:** 고형물질(분변, 사료찌꺼기)을 제거하는 드럼 필터
- **생물학적 여과장치:** 암모니아를 질산으로 변환하는 바이오 필터
- **탈기 장치:** 용존 이산화탄소를 제거하고 산소를 공급하는 장치
- **UV 살균장치:** 병원균을 제거하는 자외선 살균 시스템
- **온도 조절 시스템:** 최적 수온(12~14℃) 유지를 위한 가온/냉각 시스템

RAS의 효율성은 재순환율로 측정되며, 이는 두 가지 방법으로 계산된다. 첫 번째는 전체 시스템 용량 대비 일일 새 물 유입량으로, 두 번째는 시스템 내 순환 유량 대비 새 물 유입량으로 계산한다. 일반적으로 RAS 시스템은 사료 1kg당 50~900L의 새 물을 사용한다.

육상양식 시스템

새먼 에볼루션(Salmon Evolution)은 노르웨이의 대표적인 대규모 육상양식 전문기업으로, 2025년까지 연간 31,500톤 규모의 연어 생산을 목표로 하고 있다. 이 회사의 핵심 기술은 해수를 직접 활용하는 유수식(Flow-Through) 시스템과 첨단 RAS 기술의 결합이다.

노르웨이는 냉수와 청정한 해수·담수에 대한 무제한 접근성, 풍부한

RAS와 유수식 양식 시스템 비교

구분	RAS	유수식	효율성
사육수조 크기	17,300m ³	2,500m ³	-
일일 새 물 유입량	8,800m ³	32,500m ³	RAS 27% 수준
수조당 새 물 유입량	0.51m ³ /일	13m ³ /일	RAS 4% 수준
완전 환수 시간	47시간	1.8시간	-

출처: 아쿠아인포 2020년 12월호: 전세계 연어양식장 시설동향

육상양식의 주요 장점과 한계

장점	한계
<ul style="list-style-type: none"> • 바다 이, 해양오염 등 해상양식 고유 문제로부터 자유 • 엄격한 생물학적 제어환경을 통한 질병 발생 위험 최소화 • 지리적 제약이 적어 소비시장 근접 입지 가능 • 운송비용 절감 및 신선도 유지 용이 • 연중 안정적인 생산 환경 조성 • 환경 영향 최소화 및 지속가능성 확보 	<ul style="list-style-type: none"> • 막대한 초기 건설 비용(kg당 18.3달러) • 높은 에너지 소비량 및 운영비용 • 기술적 복잡성과 숙련 인력 필요 • 시설 고장 시 대량 폐사 위험 • 상업적 성공 사례 제한

출처: 아쿠아인포 2020년 12월호: 전세계 연어양식장 시설동향

기술력과 운영 경험을 바탕으로 육상양식 분야에서 글로벌 리더십을 확보하고 있다. 2022년 기준 전 세계 육상양식 계획 생산량의 77%에 노르웨이 기업이 참여하고 있으며, 노르웨이 내 육상양식 프로젝트는 2019년 20개에서 2022년 40개 이상으로 급증했다.

연근해 양식 기술

근해양식은 연안 지역의 성장 기회 부족과 환경 문제를 해결하기 위해 개발된 기술로, 파고 6m 이상의 노출된 해역에서 대규모 연어 양식을 수행한다. 이 기술은 야생 연어와의 거리 확보, 지속적인 물 순환을 통한 우수한 성장 환경 제공, 대규모 생산 단위 구현이 가능하다는 장점이 있다.

살마르의 Ocean Farm 1은 중국에서 제작되어 2018년부터 운영되고 있으며, 사이클당 8,000톤의 연어를 생산할 수 있다. Havfarmen은 길이 385m, 폭 59m의 대형 강철 구조물로 6개의 대형 그물(각 69,000㎡)을 설치하여 총 10,000톤의 연어를 생산할 수 있다. 연근해양식의 주요 과제는 강풍, 파도, 해류 등 극한 환경에서의 안전성 확보와 원거리 운영에 따른

기술적 난이도 증가이다. 이를 해결하기 위해 자동화 시스템, 원격 모니터링 기술, 내구성 강화 등의 기술 개발이 활발히 진행되고 있다.

폐쇄형/반폐쇄형 해상 설비

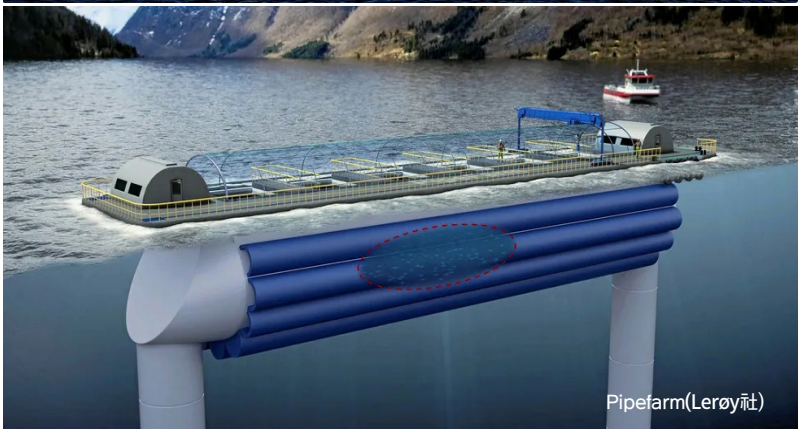
폐쇄형 해상 설비는 기존 개방형 가두리의 문제점을 해결하기 위해 개발된 기술로, 외부 환경과 완전히 차단된 사육 환경을 제공한다. 노르웨이는 2015년 개발 허가 제도를 도입하여 혁신적인 양식 기술 개발을 장려하고 있으며, 현재 24개의 허가 중 11개가 폐쇄형 개념을 채택하고 있다. 주요 기술적 특징은 다음과 같다.

- **수심 20~30m에서 취수:** 바다 이가 서식하지 않는 깊은 물 사용
- **밀폐형 구조:** 외부 환경과의 완전 차단으로 질병 위험 최소화
- **폐기물 수집:** 사료 찌꺼기와 분변을 수집하여 환경 오염 방지
- **수온 안정성:** 심층수 활용으로 연중 안정적인 수온 유지

대표적인 시설로는 Pipe Farm(파이프 팜), Fish Globe, Stadion Laks 등이 있다. Stadion Laks의 경우 37,000m³의 대형 콘크리트 구조물로 연간 2,000톤 이상의 연어를 생산할 수 있으며, 펌핑 용량은 초당 7m³이다.

투자비용 비교 분석

다양한 양식 방식의 투자비용을 비교하면, 전통적인 해상가두리가 가장 경제적이며, 신기술일수록 높은 투자비용이 요구된다. 그러나 환경 영향, 질병 위험, 생산 안정성 등을 종합적으로 고려하면 각 기술의 경제성은 다르게 평가될 수 있다.



출처: 공무원출장 보고서(국내 양식산업 활성화를 위한 양식선진국 현지조사)

양식 방식별 투자비용 비교

양식 방식	생산량 (톤)	투자비용 (백만 달러)	kg당 투자비용 (달러)	특징
전통 해상가두리	1,100	3	2.7	저비용, 높은 환경 위험
Stadion Laks	2,000	30	15.0	폐쇄형 해상 설비
Ocean Farm 1	8,000	133	16.6	연근해~외해양식
육상 RAS	6,000	110	18.3	최고 투자비용, 최고 안전성
Havfarmen	10,000	222	22.2	연근해~외해양식

출처: 아쿠아인포 2020년 12월호: 전 세계 연어양식장 시설동향

스마트양식 기술





노르웨이 양식업계는 AI와 IoT 기술을 활용한 스마트양식 시스템 도입에 적극적이다. 특히 사료효율(FCR; Feed Conversion Ratio)은 연어가 1.3으로 돼지(2.9), 닭(1.9) 등 육상 축산업 대비 현저히 우수하며, 지속적인 기술개발을 통해 더욱 향상되고 있다. 노르웨이 스마트양식의 주요 기술은 실시간 수질 모니터링 및 자동 제어 시스템, AI 기반 자동 급이 시스템 및 사료효율 최적화, 질병 조기진단 및 예측 시스템, 자동화된 선별 및 계수 시스템, 데이터 기반 생산성 최적화, 로봇을 활용한 양식장 청소 및 유지 보수, 드론 기반 양식장 모니터링, 블록체인 기반 이력 관리 시스템 등이다.

모위의 경우 자체 개발한 ‘Smart Feeding System’을 통해 사료효율을 20% 향상했으며, 예측 분석을 통한 질병 조기 발견으로 치료 비용을 30% 절감하는 성과를 거두었다.

지속가능성 정책 및 환경 관리

노르웨이 연어 양식산업은 UN의 지속가능발전목표(SDGs) 달성에 적극적으로 기여하고 있다. 특히 SDG 2(기아 종식), SDG 3(건강과 웰빙), SDG 8(양질의

양식동물의 사료효율

				
protein retention	28%	34%	21%	13%
Feed conversion ratio("FCR")	1.3	1.9	3.9	8.0
Edible meat per 100kg feed	56 kg	39kg	19kg	7kg
Carbon footprint (kg CO ₂ /kg edible meat)	5.1	8.4	12.2	39.0
Water consumption (litre/kg edible meat)	2 000*	4,300	6,000	15,400

출처: Salmon Farming Industry Handbook 2024(MOWI)

일자리), SDG 12(지속가능한 소비와 생산), SDG 13(기후행동), SDG 14(해양생태계 보전) 등 10개 목표와 직접적으로 연관되어 있다.

연어 양식의 탄소발자국은 kg당 5.1kg CO₂로, 닭고기(8.4kg), 돼지고기(12.2kg), 쇠고기(39.0kg)에 비해 현저히 낮다. 노르웨이 업계는 2030년까지 탄소중립 달성을 목표로 다음과 같은 노력을 기울이고 있다.

- 재생에너지 사용 확대
- 사료원료의 식물성 대체재 비중 확대(어분 사용량 1990년 65% → 2023년 17%)
- 운송 및 물류 효율화
- 폐기물 재활용 및 순환경 제 구축
- 바이오 연료 및 수소 에너지 활용
- 탄소 포집 및 저장 기술 도입

특히 2023년 기준 노르웨이 연어양식이 육상 단백질 생산을 대체함으

주요 지속가능성 지표 비교

지 표	연어	닭고기	돼지고기	쇠고기
탄소발자국 (kg CO ₂ /kg)	5.1	8.4	12.2	39.0
물 사용량(L/kg)	2,000	4,300	6,000	15,400
사료효율(FCR)	1.3	1.9	2.9	8.0
생존율(%)	99.2	98.8	99.5	99.8

출처: Salmon Farming Industry Handbook 2024(MOWI)

로써 약 930만 톤의 CO₂ 배출량을 절약한 것으로 추정된다. 이는 자동차 200만 대의 연간 배출량과 같은 수준이다.

노르웨이 해양연구소의 2024년 위험 평가에 따르면, 13개 생산지역 중 5개 지역이 야생 연어 개체군의 유전적 변화에 대해 고위험으로 분류되었다. 이에 대응하여 양식업계는 다음과 같은 환경 보호 조치를 시행하고 있다. ① 바다 이(sea lice) 개체 수 모니터링 강화: 연어 1마리당 0.5마리 이하 유지, ② 어류 탈출 방지 시설 및 절차 개선, ③ 해저 환경 모니터링: 94%의 양식장이 최소 환경 영향 수준 달성, ④ 비약물적 치료법 확대: 2015년 12%에서 2022년 44%, ⑤ 클리너피쉬 활용 확대: 연간 수천만 마리 생산이다. 노르웨이 주요 기업들은 ASC(Aquaculture Stewardship Council), GlobalGAP, BAP(Best Aquaculture Practices) 등 국제지속가능성 인증을 적극적으로 도입하고 있다. 모위의 경우 CDP(Carbon Disclosure Project)에서 최고 등급을 받았으며, FAIRR 지수에서도 4년 연속 1위를 차지했다. 또한 WBA(World Benchmarking Alliance) 해산물 관리지수에서 모위가 2위를 차지하는 등 국제적인 지속가능성 평가에서 노르웨이 기업들의 우수성이 인정받고 있다. 이러한 인증과 평가는 소비자 신뢰도 향상과 프리미엄 가격 확보에 기여하고 있다.

| 혁신기술 선도 기업 |

프록시마

프록시마(Proximar Seafood)는 노르웨이에 본사가 있는 육상 순환여과양식시스템(RAS, Recirculating Aquaculture System) 기반의 대서양 연어 양식 전문기업으로 일본 시즈오카현 오아마정 후지산 기슭에 대규모 생산 시설을 운영하고 있다. 일본 내 최초의 국산 육상 사육 연어인 ‘후지 대서양 연어(FUJI ATLANTIC SALMON)’를 2024년 10월부터 출시·판매하고 있다. 이 제품은 일본 종합상사 마루베니가 10년간 독점 판매권을 갖고 있다. 프록시마는 이를 통해 일본 내 프리미엄 연어 시장에 본격적으로 진입한 것으로 평가된다. 본사는 오슬로 증시 유로넥스트 그로스(Euronext Growth)*에 상장되어 있으며, 일본 법인(Proximar Ltd.)은 요코하마 산업무역센터에 사무소를 두고 있다.

시설 및 기술 개요

프록시마의 일본 생산 시설은 약 2만 8,000㎡ 규모로, 총 3만 2,000㎡ 용량의 탱크를 갖추고 있다. 부화 및 치어 양육을 담당하는 부화 및 치어 양식(Hatchery & Nursery) 동과 성어(약 5kg)까지 키우는 성어 양식(Grow-out) 동으로 구분되어 있어 일본 도쿄권까지 차량으로 1.5~2시간 이내에 공급이 가능하다. 기술적으로는 이스라엘 양식 기술 기업인 아쿠아마오프(AquaMaof)의 상용 RAS 기술을 적용한 단순화된 설계로 운영 효율성을 높

* 유럽 최대 증권거래소인 유로넥스트(Euronext)가 운영하는 중소·중견기업(SME) 전용 주식시장. 본래는 중소기업의 자금 조달을 지원하기 위해 만들어진 시장으로, 기존의 Euronext 메인 마켓(규제시장)과는 달리 상장 요건이 완화되어 있으며, 혁신 기업·성장 기업에 초점이 맞춰져 있는 것이 특징

였다. 1단계(Phase 1)가 완전히 가동될 경우 연간 약 5,300톤(HOG) 생산을 목표로 하고 있다. 연어 종묘는 아이슬란드의 벤치마크 제네틱(Benchmark Genetics)에서 공급받아 현지에서 부화·사육한다. 사료는 일본산을 사용하며, 환경적 지속가능성을 인정받아 일본신용평가(JCR)에서 그린 및 블루 최고 등급을 획득하였다.

운영 현황 및 이슈

프록시마는 2022년 10월 첫 종묘란을 반입하여 부화를 시작하였고, 2023년 9월에는 시설을 완공하여 운영에 들어갔다. 이후 2024년 9월 첫 시험 수확을 거쳐 같은 해 10월 일본 내 판매를 개시하였으며, 2025년 3월에는 대만으로의 첫 수출을 기록했다.

2025년 생산량은 약 3,000~3,300톤(HOG)*으로 전망되며, 초기 상업화 단계에서 이미 프리미엄 가격대(NOK 123/kg 등)를 달성했다는 보도가 나왔다. 다만, 2024년 말 바이오필터 사고로 인해 일부 출하 물량이 지연되었

* 머리는 붙어 있고(Head-On) 내장은 제거된(gutted) 상태의 생선을 뜻하는데, 연어 생산량을 말할 때 “연 5,300톤(HOG)”이라고 하면, 머리는 그대로 두고 내장만 제거한 상태로 환산한 연간 출하 가능량을 의미



일본 후지산 기슭에 위치한 프록시마 시푸드 육상양식시설
출처: <https://www.proximarseafood.com/>

고, 2025년 5월에는 펌프 고장으로 17만 마리가 폐사하는 사고가 발생했으나 신속한 복구와 전면 재가동을 통해 안정적인 운영을 이어가고 있다.

제품 및 시장 전략

프록시마의 핵심 경쟁력은 현지 공급이다. 연어를 항공 운송에 의존하지 않고, 현지에서 직접 양식한 연어를 ‘당일 전처리·신선 공급’ 형태로 제공한다는 점이다. 이는 도쿄권과의 지리적 근접성(1.5~2시간)을 기반으로, 프리미엄 사시미급 연어 시장에서 신선도와 저탄소 공급망이라는 가치를 동시에 달성한다는 의미를 담고 있다. 일본은 연간 약 6만 톤의 대서양 연어를 주로 수입에 의존하고 있다. 프록시마가 연간 5,300톤을 완전 가동하여 생산할 경우 일본 수요의 약 10%를 충족할 수 있다. 프록시마는 일반 대서양 연어 양식 기업과 달리 연어를 투자 상품으로 개발한 일종의 수산 투자기업으로서의 성격이 짙다. 이 회사는 일본 연어 양식장을 본격 운영에 들어간 이후 점차 아시아 권으로 투자를 확대한다는 전략을 갖고 있는 것으로 알려졌다.



일본 내 육상 양식 시설에서 생산된 후지 애틀랜틱 연어

출처: <https://www.seafoodsource.com/news/aquaculture/proximar-seafood-sells-first-harvest-but-pushes-q4-harvest-plans-into-2025>

애틀란틱 사파이어

애틀란틱 사파이어(Atlantic Sapphire)는 글로벌 육상양식 분야의 선두 기업으로, 주로 미국 시장에 집중하고 있다. 2030년까지 약 24만 톤의 생산을 목표로 하며, 이는 전 세계 계획 육상양식 생산량의 약 10%에 해당한다. 동사는 대규모 RAS 시설을 통해 연어의 전 생애주기를 육상에서 완성하는 모델을 구축하고 있다. 애틀란틱 사파이어의 핵심 경쟁력은 첨단 RAS 기술과 미국 내 대규모 소비시장에 대한 근접성이다.

특히 신선도 유지와 운송비 절감 측면에서 경쟁 우위를 확보하고 있으며, 지속가능성을 중시하는 미국 소비자들의 요구에 부응하고 있다.

애틀란틱 사파이어 육상 양식장 전경

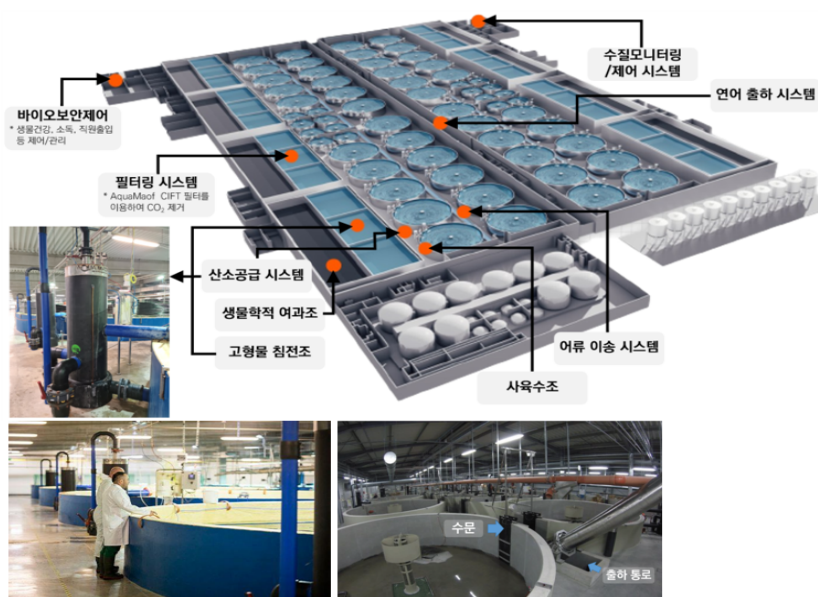
출처: <https://atlanticsapphire.com/innovation/>



퓨어 새먼

퓨어 새먼(Pure Salmon)은 글로벌 육상양식 분야의 또 다른 주요 기업으로, 애틀란틱 사파이어(Atlantic Sapphire)와 달리 전 세계적인 확장 전략을 추진하고 있다. 2030년까지 약 24만 톤의 생산을 계획하고 있으며, 일본, 폴란드, 프랑스 등 다양한 국가에서 사업을 진행하고 있다. 퓨어 새먼의 특징은 지역별 시장 특성에 맞춘 차별화된 접근 방식이다. 아시아 지역에서는 프리미엄 시장을 표적으로 삼고, 유럽에서는 지속가능성을 강조한 마케팅 전략을 구사하고 있다.

퓨어 새먼 순환여과시스템(RAS) 및 양식 연어 사육



해수양식

- 수온: 15~16℃, 염분농도 15~20psu
- 드럼필터 미이용(드럼필터 상존 슬러지에 의한 황화수소 발생을 차단: 특허기술)
- 수조(높이 4m)를 3m 아래로 매설
- 성장둔화 개체 선별(5kg까지 약 15%)

담수양식

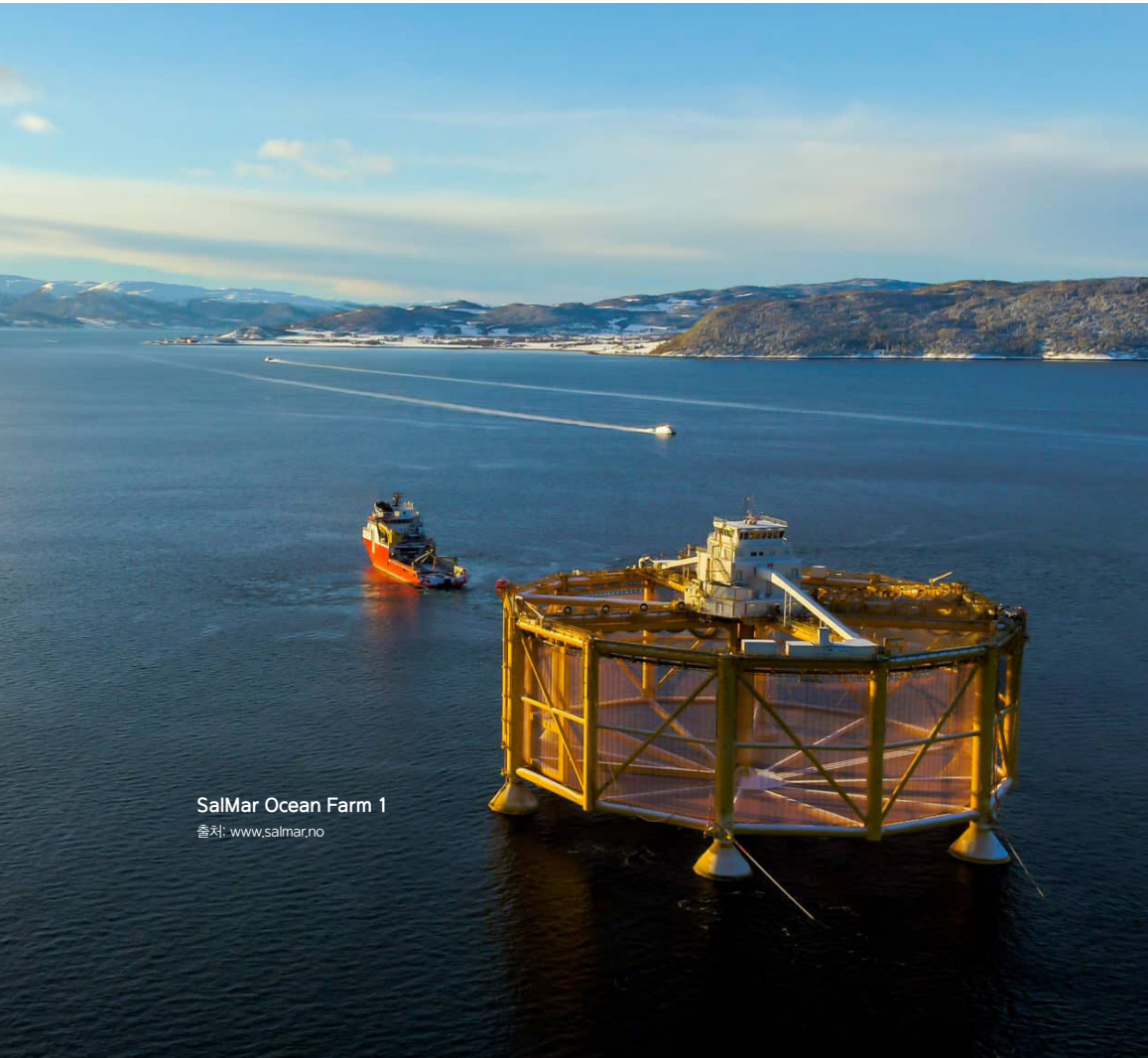
- 발안난 배양: 2~6℃ 유수식 양식
- 부화자어 사육(60~80일)
⇒ fry(2~2.5g)

출처: 공무국외출장 보고서(국내 양식산업 활성화를 위한 양식선진국 현지조사)

살마르

살마르(SalMar)는 노르웨이 2위 기업으로 2023년 기준 23.6만 톤을 생산했다. 이 회사의 가장 큰 특징은 혁신적인 양식기술 개발에 대한 적극적인 투자이다. 특히 'Ocean Farm 1'과 같은 플랜트형 외해양식 시스템을 개발하여 차세대 양식기술을 선도하고 있다.

살마르의 외해양식 기술은 기존 연안양식의 한계를 극복하기 위한 것으로, 더 깊고 거친 바다에서도 안정적으로 운영할 수 있는 대형 플랫폼이다. 이를 통해 환경 영향을 최소화하면서도 생산량을 증대시킬 수 있다.



SalMar Ocean Farm 1

출처: www.salmar.no

모위

모위(MOWI)는 세계 최대의 연어 양식기업으로, 2023년 기준 연간 47.5만 톤을 생산하여 글로벌 시장점유율 20%를 차지한다. 매출액은 55억 유로이며, 26개국에서 14,142명을 고용하고 있다. 모위의 성공 요인은 완전한 수직계열화 구조에 있다.

모위는 2014년부터 자체 사료공장을 운영하여 사료 자급률을 높였으며, 노르웨이, 칠레, 스코틀랜드, 캐나다, 아일랜드, 페로제도, 아이슬란드 등 전 세계 7개 지역에서 양식장을 운영하고 있다. 특히 지리적 다각화를 통해 질병이나 환경 변화에 따른 손실 위험을 분산시키는 전략을 취하고 있다.

모위 사업 현황(2023년 기준)

사업부문	생산능력	실제 생산	운영 EBIT
사료(Feed)	65만 톤	52.8만 톤	35.5백만 유로
양식(Farming)	—	47.5만 톤	682.4백만 유로
판매마케팅	—	23.2만 톤	321.8백만 유로

출처: Salmon Farming Industry Handbook 2024(MOWI)

레뢰이 시푸드

레뢰이 시푸드(Lerøy Seafood Group)는 연간 13.9만 톤을 생산하는 노르웨이 3위 기업으로, 연어 양식뿐만 아니라 대구, 고등어 등 다양한 어종을 취급하는 종합 수산기업이다. 사업 포트폴리오의 다각화를 통해 시장 변동성에 대한 손실 위험을 분산시키는 전략을 취하고 있다. 특히 프리미엄 연어 브랜드 구축과 유기농 연어 생산에서 강점을 보이고 있으며, 가공 및

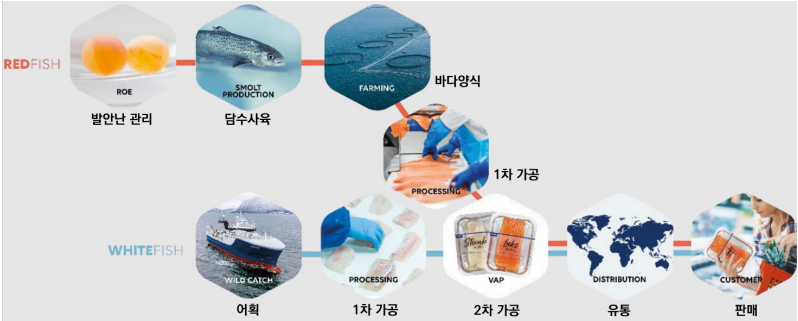


MOWI salmon farming

출처: MOWI 홈페이지



유통 역량이 뛰어나다. 최근에는 지속가능한 양식을 위한 ASC(Aquaculture Stewardship Council) 인증 확대에도 적극적이다.



레뢰이 시푸드 그룹 사업 구조 모식도



레뢰이 트롤어획

출처: www.leroyseafood.com

| 우리의 현황과 대응 |

국내 현황

노르웨이 연어양식산업의 성공은 체계적인 정책 프레임워크, 지속적인 기술혁신, 그리고 지속가능성에 대한 강한 의지에서 비롯되었다. 특히 모위(MOWI), 살마르(SalMar), 레뢰이(Lerøy) 등 주요 기업들의 수직계열화 전략과 RAS, 육상양식 등 혁신기술 도입은 우리나라가 벤치마킹해야 할 핵심 요소들이다.

우리나라는 연안의 지리적 제약과 기존 어업과의 조업권 갈등 등으로 해상양식 확대에 한계가 있어, 육상 RAS 기술이 현실적인 대안이 될 수 있다. 특히 높은 기술력과 자본력을 바탕으로 한 대규모 육상양식 시설 구축이 가능하며, 소비시장과의 근접성을 활용한 신선도 경쟁력 확보도 가능하다.

대응 방안

성공적인 도입을 위해서는 첫 번째, 정부의 강력한 정책적 의지와 함께 우선적으로 제도적 기반 구축이 요구된다. 현재 복잡한 육상양식 시설 인허가 절차를 단순화하고, 원스톱 서비스 체계 구축한다. 대규모 RAS 시설 설치가 가능한 전용부지를 확보하여 양식업 전용 산업단지 조성한다. 육상양식에 대한 환경영향평가 기준 및 절차를 구체화·명확화한다. 연어양식 특화 지원 근거 마련을 위한 「연어양식산업 육성 기본계획 수립」이 필요하다.

두 번째, 재정 및 금융 지원이 필요하다. 높은 초기 투자비용이 요구되는 RAS 시설 구축을 위해 초기 투자비의 30~50% 정부 보조금을 직접 지

원한다. 연 1~2% 수준의 장기 저리 용자를 제공하고, 세제혜택을 확대해 설비투자 세액공제와 감가상각 특례를 적용한다. 또한 높은 에너지 소비량을 고려한 전력요금이 할인이 필요하다.

세 번째, 성공적인 기술 도입을 위해서는 체계적인 인력 양성과 기술 협력이 필수적이다. 노르웨이와의 기술협력 협정체결로 정부 차원의 공식적인 기술협력 채널을 구축한다. 전문인력 양성 프로그램을 확대하기 위해 대학 및 직업훈련원에 연어 양식 전문과정을 개설한다. 해외 연수 프로그램을 만들어 실무진의 노르웨이 현지 연수를 지원하고 ASC, GlobalGAP 등 국제 인증 취득 비용을 지원한다.

네 번째, 국내 생산 연어의 안정적인 판로 확보를 위한 시장 기반 조성이 필요하다. 생 연어 브랜드 개발을 위해 ‘K-Salmon’ 등 차별화된 브랜드를 구축한다. 유통망 구축 지원을 통해 콜드체인 시스템 및 전문 유통업체를 육성한다. 소비 확대 캠페인을 벌여 연어의 영양학적 우수성 및 안전성 홍보하고, 연어 가공제품 개발 및 상품화 지원을 한다.

다섯 번째, 성공적인 연어 양식산업 육성을 위해 위와 같은 단계별 접근이 필요하다.

연어 양식산업 육성을 위한 단계별 접근

1단계(기반 조성)	2단계(산업화 추진)	3단계(산업성숙)
<ul style="list-style-type: none"> • 제도적 기반 구축 및 전문인력 양성 • 파일럿 시설 구축 및 기술 검증 • 노르웨이 기업과의 기술협력 본격화 	<ul style="list-style-type: none"> • 중대형 상업시설 건설 및 운영 • 국내 종자 개발 및 사료 공급망 구축 • 제품 품질 고급화 및 브랜드 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 연간 2만 톤 이상 생산체계 구축 • 해외 수출 기반 마련 • 관련 산업 생태계 완성

출처: 저자 보유 자료를 토대로 재작성

특히 초기 투자비용이 높은 RAS 시설의 특성을 고려하여 정부의 적극적인 재정지원과 함께 민간 투자 유치를 위한 인센티브 제공이 필요하다. 또한 단순한 기술 도입을 넘어서 우리나라 실정에 맞는 기술 개발과 표준화, 그리고 국제 경쟁력을 갖춘 브랜드 구축을 통해 미래 성장동력으로 육성해야 할 것이다. 노르웨이의 성공 경험을 토대로 체계적이고 단계적인 접근을 통해 우리나라도 연어 양식 강국으로 도약할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 김대영, 이상훈, 박종원. (2023). "국내 연어양식 가능성 및 경제성 분석", 한국양식학회지, 36(4), 245-260.
- 한국해양수산개발원. (2023). 수산업 관측 월보, 12월호. 부산: KMI.
- Aquaculture Stewardship Council. (2023). ASC Impact Report 2023. London: ASC.
- FAO. (2023). The State of World Fisheries and Aquaculture 2023. Rome: FAO Publications.
- Kontali Analyse. (2024). World Salmon Farming Industry – Market Analysis and Outlook. Kristiansund: Kontali.
- MOWI ASA. (2024). Salmon Farming Industry Handbook 2024. Bergen: MOWI.
- Norwegian Ministry of Trade, Industry and Fisheries. (2023). Facts about fisheries and aquaculture 2023. Oslo: Government Publishing.
- Norwegian Seafood Council. (2024). Seafood from Norway – Annual Report 2023. Tromsø: NSC.
- Statistics Norway. (2023). Aquaculture Statistics 2023. Oslo: SSB.

2장

블루푸드테크의 미래

해조류 활용 기술 개발 및 상용화

독일 오션베이스스

해조류 1kg에 들어 있는 비밀을 밝히다

천현철 대표
(주) 에클바이오

신현철 박사
한국 뉴욕주립대학교 분자기능연구소장

인류가 직면한 다양한 문제에 대응할 핵심전략으로 해양 바이오산업의 중요성이 부각되고 있다. 특히 해조류를 기반으로 한 화장품 및 건강기능식품은 지속가능성과 친환경성 측면에서 블루바이오 경제로 평가받고 있다. 대표적 선도 기업인 독일의 오션베이스스는 해조류의 특성과 효능을 과학적으로 입증하고 혁신적인 제품 개발에 적용하여 성공적인 비즈니스 모델을 구축했다. 이를 통해 김, 미역, 다시마 등 고부가가치 해조류 자원 세계 최대 생산국인 한국이 향후 해조류 활용 화장품 및 건강기능식품 개발에 있어 장기적인 브랜드를 구축할 수 있는 전략을 제시한다.

| 머리말 |

해양 바이오산업은 21세기 인류가 직면한 자원 고갈, 기후 변화, 건강 문제에 대응할 수 있는 핵심 전략 산업으로 주목받고 있다. 해양은 지구 면적의 70% 이상을 차지하며, 생물다양성 측면에서도 육상보다 더 큰 잠재력을 보유하고 있다. 특히 해조류는 생리활성이 뛰어난 다양한 유용 물질(예: 다당류, 폴리페놀, 미네랄 등)을 포함하고 있어, 화장품, 건강기능식품, 의약품, 기능성 식품 등 다양한 고부가가치 산업군에서 폭넓은 활용이 가능하다.

해조류는 지구상에서 가장 빠르게 성장하는 식물 중 하나로, 육상 자원에 비해 생산성이 높고 환경오염이 적다는 점에서 지속가능성과 친환경

경성 측면에서도 높은 평가를 받고 있다. 이로 인해 ‘그린바이오’를 넘어 ‘블루바이오 경제’로의 패러다임 전환이 가속화되고 있으며, 각국 정부는 해양 바이오 자원의 전략적 활용을 위한 투자와 제도 정비를 강화하고 있다. 이러한 세계적 추세는 단지 과학기술 개발 차원에 머물지 않고 산업계와 소비자 시장에도 급속한 영향을 미치고 있다. 특히 화장품과 건강기능식품 시장에서는 ‘천연’, ‘비건’, ‘지속가능’이라는 키워드를 중심으로 소비자의 선호가 변화하고 있으며, 해조류 기반 원료는 이러한 흐름에 가장 부합하는 천연소재로 각광받고 있다. 안티에이징, 보습, 항염, 면역력 개선 등의 효과가 과학적으로 검증됨에 따라 해조류는 단순한 식재료를 넘어 기능성 바이오 소재로서 재조명되고 있다.

따라서 해조류 기반의 화장품 및 건강기능식품 산업의 현황과 발전 가능성을 조망하고, 글로벌 사례로서 독일의 대표적 선도 기업인 오션베이시스사의 기술력과 경영 전략을 심층 분석함으로써 우리나라 산업이 나아가야 할 방향을 모색하고자 한다. 이를 통해 시사점을 도출하고, 대한민국이 해양 바이오산업에서 지속가능한 경쟁력을 확보하기 위한 정책적·기술적·산업적 대응 방안을 제시한다.

| 글로벌 동향과 전망 |

전 세계적으로 해양 바이오산업은 고부가가치 산업으로 빠르게 성장하고 있으며, 특히 해조류 기반 기능성 소재의 수요가 급증하고 있다. 해조류는 항산화, 항염, 항균, 면역 조절, 자외선 차단, 보습 등 다양한 생리활성 물질을 풍부하게 함유하고 있어, 화장품, 건강기능식품, 의약품 등 다각적인

분야에서 각광받고 있다. 기후 위기와 환경오염으로 인해 육상 자원의 지속가능성에 대한 의문이 커지면서, 청정한 해양 자원을 활용한 제품이 미래 산업의 대안으로 주목받고 있다.

글로벌 해양 바이오산업 정책 동향

각국 정부는 해양 생물 다양성 보전과 해양 자원 활용을 위한 연구 개발 투자 확대 및 규제 완화 등 지원 정책을 강화하고 있다. 미국, EU, 일본 등 주요 선진국은 해양 바이오 자원의 보전과 산업화를 병행하기 위한 정책 프레임워크를 빠르게 강화하고 있다.

유럽연합(EU)은 ‘블루 바이오이코노미(Blue Bioeconomy)’ 정책을 통해 해조류 기반 바이오 소재 개발을 전략 핵심으로 설정하였으며, Horizon Europe 프로그램에서 해조류 유래 소재의 과학적 검증, 상용화, 순환경제 구축을 위한 공동 연구 과제를 지원하고 있다. 미국은 NOAA(국립해양대기청), NOPP(국립해양파트너십 프로그램)를 중심으로 해양 유래 신약, 기능식품, 생분해 소재 개발을 확대하고 있으며, 해양 미세조류 기반 바이오 에너지에도 투자하고 있다. 일본은 농림수산성과 경제산업성이 협력하여 ‘스마트 해조류 양식 기술’ 및 ‘기능성 해양 소재 상용화 기술’을 집중 육성하고 있으며, 후코이단, 해양 콜라겐 등 핵심 물질의 임상 적용 연구도 병행하고 있다.

해조류 기반 제품 시장의 성장세

화장품 산업에서는 후코이단, 플로로탄닌(갈조류 유래 폴리페놀), 라미나린 등 해조류 유래 성분을 활용한 보습·미백·안티에이징 제품이 고급 스킨케어 시장을 주도하고 있다. 프랑스의 탈라소테라피 브랜드, 독일의 오션

웰, 일본의 아스타리프트 등은 해조류 추출물 기반의 프리미엄 제품 라인업을 확대하고 있다.

건강기능식품 분야에서도 해조류 유래 성분은 면역력 증진, 장 건강, 항산화, 체지방 감소 등을 표방하며 다양한 포맷으로 상품화되고 있다. 특히 유럽과 북미에서는 뉴트라슈티컬 (Nutraceutical) 제품군, 일본과 한국에서는 기능성 표시식품과 건강기능식품 형태로 시장에 진출하고 있다.

이러한 성장은 ‘천연 유래’, ‘비건’, ‘친환경’이라는 글로벌 소비 트렌드와 맞물려 있으며, 해조류 단백질 기반 대체육, 해조류 스낵, 해조류 생분해 포장재 등 2차 가공품 시장으로도 확장되고 있다.

환경 변화와 지속가능한 해양 자원 활용

기후 변화로 인한 해수 온도 상승, 해양 산성화, 적조 및 미세플라스틱 오염은 해조류 생태계에 위협을 가하고 있다. 이에 따라 세계 각국은 스마트 양식 기술을 통해 지속가능성을 확보하려 하고 있다. 예를 들어, 노르웨이와 미국에서는 AI 기반 성장 예측 시스템, 자동 수확 로봇, IoT 수질 센서를 활용한 해조류 스마트 양식장을 운영 중이며, 유럽 인증 기관은 친환경 수확 가이드라인을 마련하고 있다. 한편, UN의 SDG 14(수중 생물 보호)를 지지하는 국제 협력이 확대되면서, 해조류 기반 제품에 대한 ‘지속가능성 인증’ 도입도 증가하고 있다.

| 혁신기술 선도 기업_오션베이스스 |

해조류 기반 화장품 및 건강기능식품 분야에서 주목할 만한 선도 기업 중

하나는 독일의 오션베이스시스이다. 이 기업은 해조류의 독특한 특성과 효능을 과학적으로 입증하고 이를 혁신적인 제품 개발에 적용하여 성공적인 비즈니스 모델을 구축했다.

기업 소개 및 비전

오션베이스시스는 독일 북해 연안에 자리 잡고 있는 혁신적인 해양 생명공학 기업으로, 해양 천연물을 활용하여 인간의 건강과 웰빙 증진을 목표로 하고 있다. 이 회사는 바다의 무한한 활성 성분 자원을 과학적으로 연구하여, 지속가능한 방식으로 인간에게 유익하게 제공하는 것을 주요 미션으로 삼고 있다. 특히, 해양 서식지를 훼손하지 않으면서도 바다로부터 얻은 활성 성분을 활용하는 책임 있는 기업 운영 원칙을 명확히 하고 있다. 오션베이스시스 제품은 제품의 연구, 개발, 생산, 마케팅, 판매 등 전체 가치 창출 과정을 고도로 수직 통합하여 운영하고 있다. 이 내부 통합 모델을 통해 품질 관리, 지적 재산권 보호 및 신속한 혁신을 가능하게 하며, 생산된 제품의 전 과정에서 최고 수준의 품질과 안전성을 보장한다. 자체적으로 원료를 조달하고, 해조류 양식부터 제품 생산까지 전체 공급망을 직접 관리하는 이 방식은 회사의 독창적인 기술력과 경쟁력을 보호하면서 외부 의존도를 최소화하는 효과를 발휘한다.

또한 오션베이스시스 해조류 기반의 자연주의 화장품과 건강 기능식품을 개발 및 생산하는 기업으로, 브랜드 정체성을 뚜렷하게 설정하여 시장에서 독보적인 위치를 확보하고 있다. 대표 브랜드인 오션웰(Oceanwell)은 유럽 유기농 화장품 인증을 받은 천연 화장품 브랜드로서 소비자들에게 자연주의적 가치를 전달하며 큰 호응을 얻고 있다.

회사는 다양한 사업부(오션액티브, 오션바이오텍, 오션코스메틱, 오션푸드)를 통해 제



오션베이스의 환경친화적 해조류 양식

출처: <https://www.oceanbasis.de/en/>

품 포트폴리오를 다각화하고 있으며, 과학적 연구와 시장의 요구를 균형 있게 통합하여 제품 혁신을 지속하고 있다. 한편, 환경친화적인 생산과 책임 있는 자원 관리 원칙을 적극 실천하며, 국제적인 연구 프로젝트 참여를 통해 지속가능한 해양 생명공학의 표준을 제시하고 있다. 또한 지역 사회와의 협력을 통해 사회적 책임을 다하고 있으며, 장애인을 위한 고용 기회 제공과 같은 윤리적이고 사회적인 실천에도 앞장서고 있다. 이러한 철학과 접근 방식은 회사가 단순한 기업 운영을 넘어 글로벌 수준에서 환경적·사회적·윤리적으로 존경받는 기업으로 자리 잡는 데 중요한 역할을 하고 있다.

핵심 기술 및 제품 혁신

독자적인 해조류 추출 기술

오션베이스스는 특정 해조류 중에서 유효 성분(후코이단, 알긴산, 미네랄 등)의 생리활성을 유지하면서 고순도로 추출하는 독자적 기술인 푸코크루드 ‘V’(Fucocrude ‘V’) 방법론을 개발했다. 이 기술은 정교한 세포 파괴 공정과 해조류 특유의 물리화학적 특성에 맞춘 분쇄 및 전단 최적화 기술을 적용해 효율적으로 유효 성분을 추출한다. 특히, 폴리페놀(플로로탄닌)의 높은 농도를 확보하여 활성 산소 제거와 환경 오염 물질 중화 능력을 극대화한다. 또한 다당류(황산화 다당류, 점액 다당류)를 통해 피부의 보습과 수분 공급 효과를 강화하고 있다.

- **피부 과학 및 임상 연구:** 오션베이스스는 철저한 피부 과학적 접근법과 임상 연구를 통해 해조류 성분의 효능을 과학적으로 입증하고 있다. 특히, 피부 재생, 항염증, 보습 효과 등을 명확하게 확인하기 위해 독일 및 덴마크 대학 및 병원과 긴밀하게 협력하는 다수의 연구 프로젝트를 수행했다. 대표적인 예로, “푸코산(FucoSan)” 프로젝트에서는 갈조류에서 추출한 황산화 다당류 푸코이단의 생체 활성 연구를 통해 고성능 스킨케어 성분을 개발했다. 또한, “선택(Suntec)” 프로젝트에서는 해조류 추출물을 천연 자외선 차단제로 활용하여 제품 개발을 성공적으로 완료했다. 이러한 임상적 접근과 국제적 연구 협력을 통해 오션베이스스는 시장에서 제품의 신뢰성을 크게 높이고 있다.
- **맞춤형 제형 개발:** 오션베이스스는 해조류 성분의 안정성과 효능



오션베이스의 유기농 천연 화장품 브랜드 오션웰

출처: <https://www.oceanbasis.de/en/cosmetic/>

을 피부에 효과적으로 전달할 수 있는 맞춤형 제형 기술을 개발하고 있다. 특히, 이들은 피부 흡수율을 극대화하는 동시에 생리활성 성분의 효능을 장기적으로 유지할 수 있는 독자적 기술을 활용한다. 해양 콜라겐을 특허 받은 제형 기술로 활용한 “오션콜라겐(OceanCollagen)” 라인은 피부 보습, 탄력 개선 및 주름 완화 효과를 과학적으로 입증하여 시장에서 큰 인기를 끌고 있다. 또한, “바이오마린 셀서포트(Biomarine Cellsupport)” 라인은 민감하고 건조하며 자극 받기 쉬운 피부를 위한 맞춤형 솔루션을 제공하여 BSB 혁신상을 수상하는 등 외부에서도 인정받고 있다. 이러한 맞춤형 제형 기술은 오션베이스가 다양한 피부 타입과 소비자의 개별적 요구를 충족시키는 데 핵심적인 역할을 한다.

- **해양 생명공학 기반 효소 및 바이오폴리머(Biopolymer) 기술:** 오션베이스는 해양 생명공학 기반 효소와 바이오폴리머를 활용한 혁신적인 기술을 보유하고 있다. 특히 해양 미생물 및 해조류로부터 얻



오션베이스의 유기농 건강 식품 브랜드 “meeresgarten”

출처: <https://www.oceanbasis.de/en/cosmetic/>

은 효소를 통해 알긴산염의 특성을 개선하고, 해조류 퍼옥시다아제(peroxidase) 기반의 진단 키트를 개발하여 생체 시료의 항산화 능력을 정확히 측정할 수 있는 기술을 개발했다. 또한, 푸코이단과 해양 콜라겐 등 다양한 바이오폴리머를 활용하여 항염증, 항종양 및 감염 억제 효과를 가진 의학 및 기능성 제품 개발을 추진하고 있다. 특히, 푸코이단은 분자 크기와 구조적 특성에 따라 다양한 생리적 활성을 나타내며, 해양 콜라겐은 기존 육상 동물 콜라겐보다 우수한 수분 결합 능력을 가지고 있어 화장품 및 의료 분야에서 높은 효과와 안전성을 입증 받고 있다.

- **해조류 기반 건강기능식품 개발:** 오션베이스는 해조류가 지닌 풍부한 미네랄, 요오드, 오메가-3 지방산 등의 영양학적 특성에 주목하여 건강기능식품 분야로 사업 영역을 확장하고 있다. ‘Oceanwell Food’ 브랜드를 통해 개발된 제품들은 면역력 강화, 대사 기능 개선, 체내 밸런스 유지 등을 목표로 하며, 연령별 맞춤

포물리를 적용한 제품 포트폴리오도 운영 중이다. 청소년기 성장 지원을 위한 미네랄 보충 식품, 노년층을 위한 항산화·항염 제품 등 다양한 소비자층을 위한 솔루션이 제공된다. 또한 해조류 유래 성분의 바이오가용성을 높이기 위해 마이크로캡슐화 및 흡수 촉진 제형 기술을 적용하고 있으며, 모든 원료는 북해 연안에서 지속가능한 방식으로 수확된 EU 유기 인증 해조류만을 사용한다. 이러한 전략은 기능성과 지속가능성이라는 두 가치를 동시에 추구하며, 해양 유래 건강식품의 새로운 기준을 제시하고 있다.

- **환경 친화적이고 사회적 책임을 고려한 제품 포장 및 생산 기술:**
오션베이시스는 제품 자체의 기술적 우수성 외에도 생산 및 포장 과정 전반에 환경 보호와 사회적 책임을 적극적으로 반영한 기술과 체계를 구축하고 있다. 제품 포장에는 장애인을 고용하는 지역 작업장을 활용하여 사회적 책임을 다하고 있으며, 제품 제조와 유통 과정에서 탄소 배출을 최소화하기 위한 친환경 생산 공정과 전기차 도입 등 구체적인 지속가능성 실천 방안을 채택하고 있다. 또한 폐기물 최소화 및 순환 경제 모델을 적극적으로 도입하여 제품의 전체 생애주기(lifecycle)에 걸친 환경적 영향을 낮추고 있다. 이러한 기술적·윤리적 접근은 소비자들의 환경 인식 증가와 맞물려 시장에서 차별화된 경쟁력을 확보하는 데 기여하고 있다.

| 우리의 현황과 대응 |

한국은 해양강국으로서 풍부한 해조류 자원을 보유하고 있으며, 최근 국

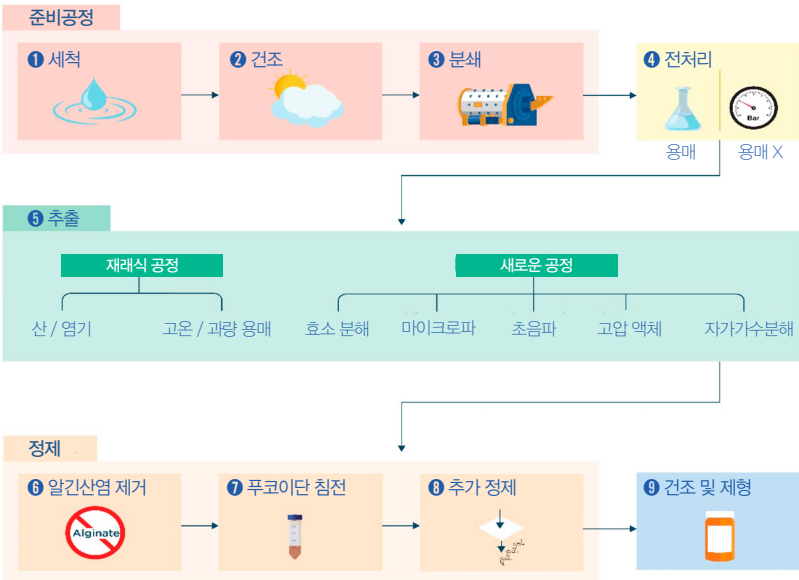
책 지원과 민간 기술 개발이 동반되어 해양 바이오산업이 급성장하고 있다. 그러나 오션베이스스와 같은 글로벌 선도 기업과 비교하면 여전히 기술력과 상용화 역량에서 격차가 존재한다.

국내 현황

해조류 자원 및 가공 기술

한국은 김, 미역, 다시마 등 고부가가치 해조류 자원 중심의 세계 최대 생산국이며, 2023년 만에 7억 9,000만 달러 수출을 기록하는 등 글로벌 공급망에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 생물 다양성 확보 측면에서도, 2010년 국내 육성 품종이 전체의 60%에 불과했으나 2022년에는 95%까

갈조류로부터 푸코이단을 생산하는 기술(재래식 및 신기술)



출처: <https://www.mdpi.com/3124000>

지 증가했으며, 이를 통해 안정적인 원료 기반을 확보해 오고 있다. 반면, 해조류의 고순도 기능성 소재(예: 후코이단, 폴리페놀 계열)의 추출 및 대량 생산 기술은 아직 초기 단계로, 국내 기술은 초임계·초음파·아임계 등 친환경적인 첨단 추출 방식 부문에서 실용화가 더딘 실정이다.

제품 개발 및 시장 진출

국내에서는 해조류를 활용한 화장품, 건강기능식품, 일반 식품 등 다양한 제품군이 개발되고 있으며, 주요 기업 및 연구기관들이 이를 상업화하고 있다. 대표적으로 다시마 유래 식이섬유를 활용한 장건강 기능성 제품 및 갈조류 유래 항산화 성분을 함유한 기능성 화장품 원료가 개발된 바 있다. 미역귀 추출물을 포함한 음료가 출시된 바 있으며, 해조류를 활용한 비건 식품 라인업이 확장되고 있는 중이다.

하지만 대부분의 제품은 국내 시장 중심으로 운영되고 있으며, 내수용 기능성 표시식품 또는 일반 건강식품 범주에 머무는 경우가 많다. 인체 적용 시험이나 글로벌 규격 시험에 이르지 못한 채 단순 원료 수준에서 머무는 사례가 대부분이다. 2022년 기준 해조류 가공품(기능성 원료·제품)의 총 수출액은 약 1억 5천만 달러 규모로, 전체 해조류 수출(주로 김 중심)의 10% 내외에 불과하다. 이는 해외 시장 진출 시 요구되는 다양한 인증과 과학적 검증 요건에 대응하는 체계가 미흡하기 때문으로 풀이된다. 특히 유럽과 북미 시장에서는 유기농 인증, Vegan/Non-GMO/Gluten-free 등의 까다로운 기준을 충족해야 하며, 제품의 효능을 입증하기 위한 임상시험, 안정성 자료, 원료의 생산 추적 시스템 등 과학적 백업자료가 필수적으로 요구된다. 그러나 국내 기업 다수는 여전히 식약처 중심의 인증 체계에 기반하고 있어, 유럽의 COSMOS, 미국의 DSHEA 및 NSF/USP, 일본의

FOSHU 등 각국 현지 제도에 부합하는 인증 확보에는 상대적으로 소극적인 실정이다. 이로 인해 고부가가치 제품의 해외 진출과 브랜드 신뢰도 확보에 구조적인 제약이 존재한다.

또한, 브랜드 인지도 측면에서도 오션베이스스, 탈라소 오세앙, 르네 휘테르 등 유럽 프리미엄 브랜드 대비 국내 제품은 '원료 중심'의 B2B 제품 또는 OEM/ODM 수출 비중이 높고, 독립적인 글로벌 브랜드로서의 인지도는 낮은 편이다. 최근 일부 스타트업들이 고기능 해양 원료에 기반한 프리미엄 제품 개발 및 해외 플랫폼 입점을 시도하고 있으나, 아직은 소규모 수출에 그치고 있으며, 장기적인 브랜드 구축 전략이 필요한 상황이다.

대응 방안

앞서 살펴본 바와 같이, 한국은 해조류 자원의 다양성과 품질 면에서 높은 잠재력을 보유하고 있음에도 불구하고, 기능성 소재화 기술, 국제 인증 기반 제품화, 글로벌 브랜드 구축 등의 측면에서는 아직 글로벌 선도 기업과 비교해 실질적인 격차를 보이고 있다. 특히 기술 고도화와 시장 확장은 단순한 연구성과나 일회성 수출에 그쳐서는 안 되며, 장기적인 생태계 조성 and 전략적 투자, 규제 혁신이 병행되어야 한다. 이에 따라 다음과 같은 세부 과제를 중심으로 정부와 산업계, 학계가 함께 실행할 수 있는 구체적인 대응 전략을 제시하고자 한다.

향후 정부 정책 과제

- **R&D 투자 확대:** 해조류 유래 기능성 소재는 항염, 항산화, 면역 증강 등 다양한 생리활성을 가지며, 이를 고도화하기 위해 세포 기반 배양 기술, 고순도 추출·정제 기술, 생체 활성 검증 플랫폼에 대한



호주 플린더스대학교의 기능성 해조류 배양 프로젝트 연구 실험실 현장

출처: https://news.flinders.edu.au/blog/2022/03/14/seaweed-research-project-gets-going/?utm_source=chatgpt.com

집중 투자가 필수적이다. 현재 국내 해조류 소재는 전임상 수준의 시험에서 머무는 경우가 많고, 글로벌 진출을 위한 임상·과학적 데이터 기반의 효능 검증 체계가 미흡하다. 따라서 기초-응용-상용화로 이어지는 전주기 R&D 지원 체계를 구축하여 산업계와 연구기관 간의 기술 불균형을 해소하고 시장 진입 장벽을 낮출 필요가 있다.

- **미래형 해양 바이오 클러스터 구축:** 기존의 지역별 기능 분담형 클러스터에서 나아가, 고부가가치화·글로벌 확장성·ESG를 모두 아우르는 ‘지능형 다기능 클러스터’로의 전환이 필요하다. 이를 위해 권역별로 기술역량 중심의 역할을 차별화하고, 임상·인증 대응이 가능한 스케일업 인프라를 도입하며, 지역 클러스터 간 IoT 기반 정보 연계망을 구축해야 한다. 또한 해외 선도 기업·투자기관과 연계된 개방형 생태계를 조성함으로써, 단순 집적을 넘어 ‘혁신 허브’로 진화시켜야 한다.

- **지속가능한 해조류 양식·관리 체계:** 기후 변화, 해양 오염, 해조류 개체군 감소 등은 산업의 중장기적 원료 안정성 확보에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 양식장 스마트화, 환경 모니터링, 생태 기반 수확 기준 설정이 필요하다. 예를 들어 북유럽의 경우 IoT 기반 스마트 양식 시스템과 생태 등급 인증 제도를 연계하여 지속가능성 인증과 수출 경쟁력을 동시에 확보하고 있다. 한국도 양식 방식의 표준화, 모니터링 장비 보급, 인증 연계형 품질관리 시스템 등을 통해 지속가능성과 산업 신뢰성을 동시에 확보해야 한다.

향후 연구 개발 방향성/아이템

- **신규 기능성 소재 발굴:** 기존 미역, 다시마 등에서 알려진 후코이단, 알긴산, 라미나린 외에도 수백 종의 미개발 해조류에는 미지의 유효 성분이 존재한다. 글로벌 시장에서는 항노화·면역·혈당조절·장건강 등 다양한 기능을 갖춘 신소재에 대한 수요가 급증하고 있으며, 일본, 유럽 등은 관련 분자의 기전(MOA)을 규명해 고기능·고가격 소재로 상용화 중이다. 따라서 한국도 표적 효능 중심의 바이오스크리닝 및 대사체 기반 분석 연구를 확대해, 국산 해조류 기반 신규 기능성 소재 포트폴리오를 구축해야 한다.
- **바이오 컨버전스 기술 개발:** 해조류는 기능성뿐 아니라 재료학·환경 소재·식품 대체물로도 활용 가능하다. 특히 해조류 기반 바이오 플라스틱, 젤라틴 대체 콜라겐, 대체육 원료 등은 친환경 산업 및 식량 위기 대응 차원에서 주목받고 있다. 현재 유럽, 미국, 싱가포르 등은 해조 단백질 기반의 대체육이나 바이오패키징 소재 개발을 정책적으로 장려 중이며, 이를 통해 기능성과 지속가능성 두 마리 토

끼를 잡고 있다. 한국도 바이오 융합 기술(R&D + 소재학 + 기계공정)에 기반한 고부가가치 해조류 산업화를 추진할 필요가 있다.

- **미세조류·해양 미생물 연구 확대:** 해조류 외에도 미세조류, 해양 박테리아, 공생 미생물 등은 향후 블루바이오의 핵심 자원으로 부상하고 있다. 이들은 다양한 2차 대사산물(항균물질, 색소, 항산화제 등)을 생산하며, 성장 속도도 빨라 공정 최적화·배양 효율 향상을 통한 생산성 제고가 가능하다. 유럽은 이미 해양 미생물 유전자 라이브러리 구축과 대량 배양 기반 기술 개발을 국가 차원에서 추진 중이며, 한국도 KIOST, 국립수산물과학원 등 공공기관과 연계한 유전자원 확보 및 산업화 기술 개발이 필요하다.
- **임상시험 및 제형 연구 강화:** 해조류 유래 소재는 우수한 기능성이 보고되고 있음에도 불구하고, 글로벌 진출을 위한 임상 기반 증거(Evidence-based validation)와 완제품 제형화 기술은 매우 미흡한 실정이다. 특히 미국, 유럽, 일본 시장에서는 기능성 주장을 위해 인체시험 결과, 안전성 자료, 제형 안정성 분석 등이 필수이며, 이는 단일 기업이 감당하기 어려운 영역이다. 따라서 대학병원, CRO, CDMO, 소재업체 간 컨소시엄 기반의 임상 공동연구 체계, 그리고 제형 연구 전문 인프라(예: 피부 전달물, 나노화 기술, 캡슐화 기술 등)에 대한 국가 지원이 필요하다.

참고문헌

- 해양수산부. (2025, 1월 16). 2024년 수산식품 수출 실적 30억 불 돌파 [보도자료]. 해양수산부.
- https://blueevolution.com/blog/optimizing-seaweed-farming-with-iot-sensor-and-effector-arrays-a-path-to-sustainable-innovation/?utm_source=chatgpt.com
- <https://foodcomplianceinternational.com/industry-insight/news/5439-usa-a-review-and-critique-of-safety-standards-for-dietary-supplements>
- https://fucoidan-evidence.jp/en/evidence/?utm_source=chatgpt.com
- https://h-jp.fujifilm.com/products/astalift/skincare/?utm_source=chatgpt.com
- https://japanesetaste.com/products/astalift-essence-destiny-serum-30ml?utm_source=chatgpt.com
- https://oceanacidification.noaa.gov/fy23-nopp-mcdr-awards/?utm_source=chatgpt.com
- https://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/24pr-usvi-biotech/features/natural-products/natural-products.html?utm_source=chatgpt.com
- https://partner.sciencenorway.no/artificial-intelligence-biotechnology-nature-conservation/artificial-intelligence-makes-smarter-use-of-seaweed-and-kelp/2346636?utm_source=chatgpt.com
- https://unctad.org/system/files/official-document/ditcted2024d1_en.pdf?utm_source=chatgpt.com
- <https://www.fdlr.org/wp-content/uploads/2020/06/ZAYETS-Final.pdf>
- https://www.fucoidanresearchcenter.org/?utm_source=chatgpt.com#research
- https://www.maff.go.jp/e/policies/tech_res/smaagri/robot.html
- <https://www.news-medical.net/life-sciences/Pharmaceuticals-from-Marine-Sources-Past-Present-and-Future.aspx>
- https://www.renefurterer.com/?utm_source=chatgpt.com
- https://www.thalassoocean.com/?utm_source=chatgpt.com
- https://www.trade.gov/market-intelligence/japan-aquaculture?utm_source=chatgpt.com
- Andrew Gan, Saeid Baroutian, Current status and trends in extraction of bioactives from brown macroalgae using supercritical CO₂ and subcritical water, J Chem Tech Biotch Volume 97, Issue8, August 2022, Pages 1929–1940

- Annalisa Bozza, Cecilia Campi, Sara Garelli, Elena Ugazio, Luigi Battaglia, Current regulatory and market frameworks in green cosmetics: The role of certification, Sustainable Chemistry and Pharmacy, Volume 30, 2022, 100851, <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100851>.
- Carina, D., Sharma, S., Jaiswal, A. K., Jaiswal, S. Seaweeds polysaccharides in active food packaging: A review of recent progress, Trends in Food Science & Technology 2021, Volume 110, Pages 559–572 <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.022>.
- CONSUMER ANALYSIS AND ACCEPTANCE OF SELECTED BUSINESS CASES – AlgaePro Banos, accessed June 20, 2025, <https://algaeprobanos.eu/wp-content/uploads/2025/02/D6.1-Consumer-Analysis.pdf>
- European Commission, Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries, (2023, January 13). EU Blue Bioeconomy Report 2022. Brussels: European Commission, Retrieved from https://oceans-and-fisheries.ec.europa.eu/news/eu-blue-bioeconomy-report-out-2023-01-13_en
- European Commission: Directorate-General for Research and Innovation, Horizon Europe strategic plan 2021–2024, Publications Office of the European Union, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/083753>
- Fitton JH. Therapies from fucoidan; multifunctional marine polymers. Mar Drugs. 2011;9(10):1731–1760. doi: 10.3390/md9101731. Epub 2011 Sep 30.
- Gunasekara, D.M.N.M.; Wang, L.; Herath, K.H.I.N.M.; Sanjeeva, K.K.A. Cosmeceutical Applications of Phlorotannins from Brown Seaweeds. Phycology 2025, 5, 15. <https://doi.org/10.3390/phycolgy5020015>
- Jueterbock, A., Hoarau-Heemstra, H., Wigger, K. et al. Roadmap to sustainably develop the European seaweed industry. npj Ocean Sustain 4, 22 (2025). <https://doi.org/10.1038/s44183-025-00122-9>
- Last Decade Insights in Exploiting Marine Microorganisms as Sources of New Bioactive Natural Products – PubMed Central, accessed June 20, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11943599/>
- Li Y, Qian ZJ, Ryu B, Lee SH, Kim MM, Kim SK. Chemical components and its antioxidant properties in vitro: an edible marine brown alga, Ecklonia cava. Bioorg Med Chem. 2009 Mar 1;17(5):1963–73. doi: 10.1016/j.bmc.2009.01.031. Epub 2009 Jan 21.
- Lu SY, Zhou T, Shabbir I, Choi J, Kim YH, Park M, Aweya JJ, Tan K, Zhong S, Cheong KL. Marine algal polysaccharides: Multifunctional bioactive ingredients for

- cosmetic formulations. *Carbohydr Polym*. 2025 Apr 1;353:123276. doi: 10.1016/j.carbpol.2025.123276. Epub 2025 Jan 16.
- Marine Algae as Resources for the Future, accessed June 20, 2025, <https://www.geomar.de/en/news/article/marine-algae-as-resources-for-the-future>
 - Mayer AM, Rodríguez AD, Berlinck RG, Fusetani N. Marine pharmacology in 2007–8: Marine compounds with antibacterial, anticoagulant, antifungal, anti-inflammatory, antimalarial, antiprotozoal, antituberculosis, and antiviral activities; affecting the immune and nervous system, and other miscellaneous mechanisms of action. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol*. 2011 Mar;153(2):191–222. doi: 10.1016/j.cbpc.2010.08.008. Epub 2010 Sep 15.
 - Nuffoodsspectrum Asia. (2025, January 28). *Korean seaweed leads global market with record growth*.
 - oceanBASIS, accessed July 9, 2025, <https://www.oceanbasis.de/en/>
 - Oliver JM, Ross EL, Frank EK. The Discovery of Marine Natural Products with Therapeutic Potential. *Discovery of Novel Natural Products with Therapeutic Potential*. 1994:109–74. doi: 10.1016/B978-0-7506-9003-4.50011-3. Epub 2013 Oct 21.
 - Samarathunga, J., Wijesekara, I., & Jayasinghe, M. (2022). Seaweed proteins as a novel protein alternative: Types, extractions, and functional food applications. *Food Reviews International*, 39(7), 4236–4261. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.2023564>
 - Samarathunga, J., Wijesekara, I., & Jayasinghe, M. (2022). Seaweed proteins as a novel protein alternative: Types, extractions, and functional food applications. *Food Reviews International*, 39(7), 4236–4261. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.2023564>
 - Shimizu T. Health claims on functional foods: the Japanese regulations and an international comparison. *Nutr Res Rev*. 2003 Dec;16(2):241–52. doi: 10.1079/NRR200363.
 - U.S. Marine Biotechnology Market Size to Surpass USD 5.24 Billion by 2034 – BioSpace, accessed June 20, 2025, <https://www.biospace.com/press-releases/u-s-marine-biotechnology-market-size-to-surpass-usd-5-24-billion-by-2034>
 - Wikipedia. (2025). *Aquaculture in South Korea*. In *Wikipedia*.
 - Yoo, S. (2023, October 24). *Korea Seafood Market Update 2023* (Voluntary Report No. KS2023-0017). USDA Foreign Agricultural Service, Seoul.

사례 연구

블루푸드테크 스타트업
우마로 푸드

해조류로 비건 베이컨을 만들다

최재선 연구위원
한국연안협회 이사·법학박사

해조류 성장 잠재력에 눈 뜨다

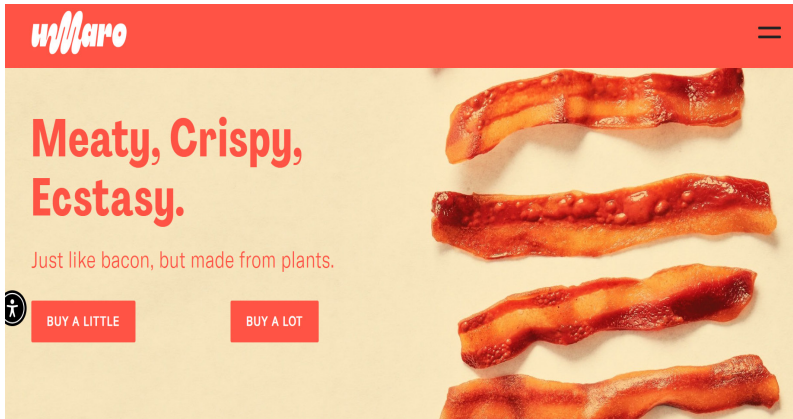
미국인 1인당 1년 동안 대략 8kg의 베이컨을 먹는다. 이 베이컨은 돼지고기로 만든다. 그런데 돼지고기가 아닌 해조류로 만든 베이컨 샌드위치 있다면? 믿기 힘들 수도 있다. 이미 현실로 다가온 이야기다. 미국의 푸드테크 스타트업 우마로 푸드(Umaro Foods)가 바다에서 얻은 해조류로 베이컨을 개발했다. 해조류 베이컨은 2022년 미국 ABC 방송 프로그램 <샤크 탱크>에도 소개됐다. 시청자는 물론 투자자들로부터 극찬을 받았다. 곳곳에서 투자도 많이 받아 성장 가도를 달리는 중이다.

‘바다 베이컨’을 만든 주인공인 2명의 여성 과학자들이다. 공동 창업자 중 한 명인 베스 조터(Beth Zotter)는 원래 탄소 포집 기술을 연구하던 과학자였다. 우마로 푸드의 전신인 트로픽을 운영하던 2021년에 탄소 제거 기술 경연에서 500만 달러의 상금을 받은 적도 있다. 당시 베스 조터 대표는 해조류의 상업적 활용 가능성을 고민하던 중, 지속가능한 식품 개발로 눈을

ABC 방송 프로그램 <샤크 탱크>에도 소개된 우마로 푸드 공동 창업자

출처: <https://www.activate.org/news/umaro-bacon-seaweed-protein-purpose-stiles-zotter>





우마로 푸드 홈페이지 초기 화면

출처: www.umarofoods.com

돌렸다. “해조류 단백질이 대체 단백질 개발에서 막대한 잠재력이 있다”는 점에 착안해 새로운 도전에 나섰다. 공동기술개발 책임자(CTO)로 식품 개발 전문가인 아만다 스타일스(Amanda Stiles)를 영입했다. 지지부진하던 해조류 비건 베이컨 개발에 탄력이 붙었다. 해조류는 단백질이 풍부하고, 성장 속도가 매우 빠르다. 양식에 담수가 전혀 들지 않고, 별도로 비료 등을 주지 않아도 잘 자라는 작물이다. 기후 변화와 인구 증가로 식량 공급망이 압박받는 상황에서, 콩고기나 곤충 식품처럼 해조류도 미래 식량으로 주목받고 있다.

우마로 푸드 핵심 기술과 제품

우마로 푸드의 대표 제품은 해조류 비건 베이컨이다. 이 제품을 만든 핵심 기술은 두 가지이다.

첫째, 바닷말에서 단백질을 추출하여 육류의 헴(heme)을 대체하는 성분

Try our next level bacon.



Applewood



Smokey Black Pepper

우마로 푸드에서 개발한 비건 베이컨

출처: www.umarofoods.com

을 만드는 기술이다. 햄은 육류의 붉은색과 감칠맛을 내는 분자로, 임파서블 푸드 등이 식물성 버거에 적용해온 중요한 성분이다. 우마로 푸드의 공동창업자들은 해조류(특히 붉은 해조류)에서 추출한 적색 단백질이 햄과 유사한 역할을 할 수 있다는 것을 밝혀냈다. 실제로 우마로 푸드는 자체 개발한 해조 단백질(umaro protein)이 식물성 고기에 육류 특유의 감칠맛과 색감을 내는 기능성 성분으로 작용한다고 설명한다.

둘째, 해조류의 겔 성분을 활용한 지방 캡슐화(encapsulation) 기술이다. 베이컨 맛의 핵심은 입안에서 녹아 나오는 기름기와 바삭함에 있다. 우마로 푸드는 해조류 다당류로 이루어진 겔(gel)이 자기 무게의 5배에 달하는 기름을 머금을 수 있다는 점에 주목했다. 즉, 해조류에서 얻은 하이드로콜로이드(천연 겔화제인 한천, 카라기난 등)로 식물성 기름을 감싸 베이컨처럼 바삭하게 튀겨지는 지방층을 구현했다. 이 같은 혁신기술을 통해 ‘지방이 촉촉하지만 바삭하게 녹아드는’ 베이컨 특유의 식감을 뽑아냈다.



우마로 푸드 베이컨으로 만든 메뉴
출처: www.umarofoods.com/foodservice-store

돼지고기 없는 비건 베이컨

우마로 푸드가 개발한 해조류 기반 식물성 베이컨은 겉보기부터 일반 돼지고기 베이컨과 흡사하다. 팬에 굽거나 오븐에 조리하면 기름이 배어나와 노릇하고, 바삭한 식감을 내는 것이 특징이다. 개발팀은 여러 차례의 시제품 조리 테스트를 통해 색깔, 두께, 식감을 지속적으로 개선했다. 해조류 단백질 자체에 바다의 감칠맛이 풍부하기 때문에 베이컨 특유의 짭짤하고, 감미로운 맛을 구현하는 데도 유리했다는 설명이다.

또한 이 단백질은 붉은빛을 띠고 있어 별도의 인공색소 없이도 자연스럽게 베이컨의 선홍빛을 띠게 한다. 우마로 푸드의 식물성 베이컨 재료에는 해조류 외에도 병아리콩 단백질, 코코넛오일과 해바라기유, 비트나 무에서 추출한 식물성 색소, 천연 훈연향 등이 포함되어 있다. 돼지고기를 전혀 쓰지 않았지만 단백질 함량과 감칠맛, 식감 면에서 손색없는 베이컨 대용품을 만들겠다는 것이 본래 우마로 푸드의 목표였다. 베스 조터 공동대표는 “베이컨이 맛있는 건 지방이 풍부하기 때문인데, 우리는 해조류의 천연 성분으로 다량의 식물성 지방을 잡아두는 혁신적인 방법을 찾아냈다”고 밝혔다. 또한 이 기술과 배합에 대해 미국 특허를 취득하여 경쟁 우위를 확보했다.

소비자 반응과 향후 성장 전망

제품 출시 이후 소비자 반응은 대체로 긍정적이다. 일부 비건 식품 전문가들은 우마로 푸드 베이컨이 실제 고기에 비해 약간 쫄깃한 식감이 느껴진다는 의견도 있었으나, 전반적으로 “기존 식물성 베이컨 중 가장 식감과 맛이 뛰어나다”는 평가가 많다. 특히 레스토랑 요리사들은 우마로 푸드 베이컨을 선호한다. 조리할 때 취급이 간편하면서도 손님들에게 만



해조류로 만든 다양한 제품들
출처: www.connemaraseaweedcompany.ie

족스러운 비건 옵션을 제공할 수 있어서다. 이에 대해 우마로 푸드는 “우리 제품은 출시된 지 1년 만에 레스토랑 매출이 6배 성장할 정도로 업계의 뜨거운 반응을 얻었다”고 홈페이지에서 밝혔다.

현재 식물성 베이컨 분야는 여러 스타트업이 앞다투어 ‘진짜 같은 베이컨’을 구현하기 위해 치열하게 경쟁하는 중이다. 우마로 푸드가 해조류를 사용해 차별화를 꾀하고 있는 반면, 다른 기업들은 콩, 버섯, 코코넛 등 각기 다른 소재로 대체 베이컨을 개발하고 있다. 미국의 경쟁회사 후레이 푸즈(Hooray Foods)는 코코넛오일과 쌀가루 등을 이용한 식물성 베이컨을 판매하고 있다. 2021년에 200만 개가 넘는 비건 베이컨을 판매할 정도로 상업화에 성공했다. 프랑스 스타트업 라비(Larvie)는 비 GMO 대두 단백질로 베이컨을 만들었다. 2,600만 달러가 넘는 투자도 유치했다. 스페인의 리브레 푸드(Libre Foods)는 버섯을 원료로 베이컨을 개발하고 있는 등 더이상 돼지고기를 쓰지 않는 베이컨 개발에 나서고 있다.

그럼에도 우마로 푸드의 향후 성장에 대해서는 긍정적인 평가가 지배적이다. 시장 수요 측면에서 채식주의자뿐 아니라 일반 소비자들까지 건강과 환경을 위해 대체육을 찾는 추세가 이어지고 있어서다. 특히 베이컨은 “마지막까지 남은 난공불락의 영역”이라 불릴 정도로 대체 제품으로서의 완성도가 낮았던 분야였다. 이 같은 점을 고려할 때, 우마로 푸드와 같이 맛있는 비건 베이컨을 내놓은 기업이 선점 효과를 누릴 수 있다. 우마로 푸드가 만들어 가는 고기 없는 고기 시대, 우리의 미래 식탁을 어떻게 바꿀지 지켜볼 일이다.

3장

Earth 300호는 300미터에 달하는 초대형 요트이다. 기후 변화 및 해양 연구를 위한 슈퍼 요트로 탄소 배출이 없는 용융염 원자로를 사용하여 운항할 예정이다.

출처: <https://www.abc.es/motor/motoreco/superyate-4torista-combate-cambio-climatico-20220919140903-nt.html>

+

심해 해양자원 개발기술

벨기에 GSR, 일본 JOGMEC, 미국 임파서블메탈즈
**자원 개발과 해양 보호,
그 갈림길에 서다**

+

해양에너지·바이오·양식 복합기술

스페인 아쿠아윈드
**전기도 생산하고,
물고기도 기르는 신기술**

해양, 넥스트 프런티어

+

해양풍력 기반 그린수소 생산 기술

네덜란드 포스하이돈,
영국 돌핀 하이드로젠 프로젝트
**탄소 중립시대,
차세대 청정 에너지 솔루션**

+

요트/보트 공유 플랫폼 개발·운영

영국 요트워크, 미국 갯마이보트
**두 스타트업의
해양 레저 비즈니스 모델**

3장


해양, 넥스트 프런티어

심해 해양자원 개발기술

벨기에 GSR, 일본 JOGMEC, 미국 임파서블메탈즈 등

자원 개발과 해양 보호, 그 갈림길에 서다

조수길 박사
선박해양플랜트연구소



심해 해양자원은 고부가가치 광물자원의 보고로 주목받고 있다. 이러한 자원은 전기차, 재생에너지, 첨단산업에서 필요한 금속을 다수 포함하고 있어, 전 세계적으로 개발 경쟁이 가속화되고 있다. 그러나 심해는 극한 환경이자 생물다양성이 풍부한 생태계로, 개발에는 고도의 기술력과 환경적 책임이 동시에 요구된다. 심해 해양자원 개발의 글로벌 동향, 주요 기술 및 기업 현황, 그리고 우리나라의 대응 전략을 종합적으로 분석하여 향후 정책 및 기술개발 방향을 제시한다.

| 머리말 |

전 세계적으로 기후 위기에 대응하기 위한 에너지 전환이 가속화되면서, 전기차 배터리, 재생에너지 설비 등 친환경 기술에 필수적인 핵심 광물 수요가 폭발적으로 증가하고 있다. 이러한 광물에는 니켈, 코발트, 구리, 망간 등이 포함되며, 육상 광업은 환경 파괴, 인권 문제, 그리고 특정 국가에 대한 공급망 의존도 심화와 같은 다양한 한계에 직면해 있어 심해 해양자원 개발에 대한 기술이 주목 받고 있다.

전 세계 해저 금속 자원은 약 250조 톤으로, 알려진 육상 매장량의 20배에 달하는 규모로 추정되며, 이는 지구상에서 가장 큰 미개발 광물 자원 중 하나로 평가된다^[1]. 하지만, 심해 해양자원 개발에 따른 환경 파괴와

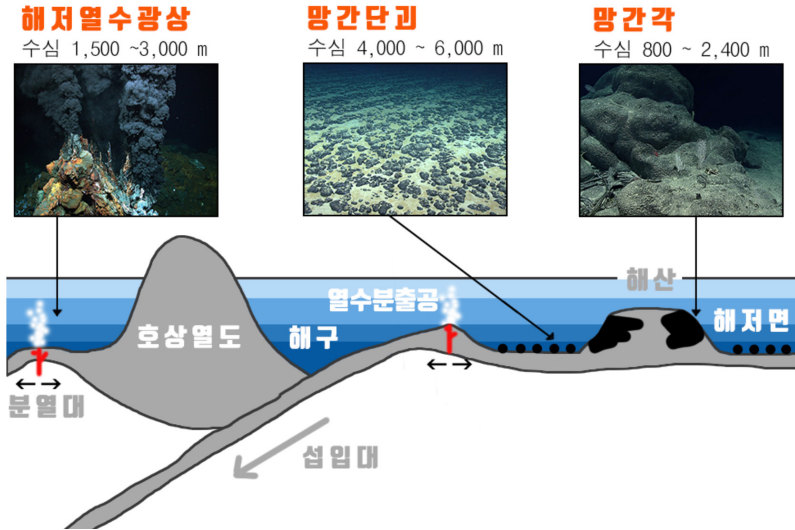
암흑산소 등 심해저 해양자원이 지구 환경에 미치는 영향에 대한 논의가 지속되어 자원 개발에 신중한 검토가 필요한 상황이다^[2]. 또한, 심해 해양 자원 개발 규제 공백과 ISA(International Seabed Authority)의 이중적 임무(심해 광업 개발 촉진 및 해양 환경 보호)는 자원 개발의 기술적 성공보다는 충분한 환경영향평가를 통한 검증이 개발에 선결 요소라는 점을 인식할 수 있다. 이러한 내용을 바탕으로 심해 해양자원의 전망과 선도 기업의 기술 및 상업화 전략을 분석하고, 대한민국이 나아가야 할 방향에 대해 논의한다.

| 글로벌 동향과 전망 |

심해 해양자원의 정의

심해 해양자원은 바다 깊은 곳에서 형성된 금속 광물로, 대표적으로 망간단괴(Manganese Nodules), 열수광상(Hydrothermal Vents), 망간각(Co-rich Crusts)이 있다^[3]. 이 광물들은 에너지 전환 시대의 핵심 원료로 주목받으며, 육상 광물의 품위 저하와 환경 규제에 따라 대안 자원으로 급부상하고 있다.

- **망간단괴**: 망간단괴는 수심 약 4,000~6,000m의 광대한 심해저평원에서 형성되는 감자 형태의 구형 또는 타원형 금속 결정체이다. 주요 구성 성분은 망간, 니켈, 코발트, 구리이며, 희토류 성분도 발견된다. 경제성 측면에서 망간단괴는 채굴 면적당 자원량이 풍부하고, 상대적으로 균일한 조성을 보여 대규모 개발이 가능하다는 장점이 있다. 게다가 육상 광산에 비해 채굴 후 선광 공정이 단순하며, 니켈·코발트·구리 등의 핵심 배터리 금속을 동시에 회수할 수 있



〈그림 1〉 심해 해양자원 정의 및 분포 지역

출처 : 울산형만공사 블로그, <https://blog.naver.com/ulsan-port/223375111376>

는 다금속 자원으로서 높은 시장성을 지닌다. 기술적으로는 흡입식 또는 수평집광형 로봇 시스템이 적용되며, 해저 표면에서 채광되기 때문에 암반 굴착이 필요 없다는 장점이 있다. 하지만 연약지반 위의 채광으로 인해 퇴적물 교란, 탁도 확산, 생물 서식지 파괴 등의 환경 문제가 제기되고 있으며, 이에 따른 환경영향평가 기술 및 저영향 채광기술의 확보가 병행되어야 한다.

- **해저열수광상:** 해저열수광상은 해양지각 내 심부에 위치한 마그마의 열에 의해 가열된 열수가 해저 바닥으로 분출되며, 금속 성분이 침전되어 형성되는 광상이다. 주요 구성 금속은 구리, 아연, 납, 금, 은 등이며, 일부 열수광상은 육상 금광보다도 높은 함량을 보이는 경우가 있다. 열수광상은 비교적 고품위 광물 집적체로 경제적 채산

성이 높으며, 소규모 채광만으로도 높은 회수율을 기대할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 지질적 다양성과 불규칙한 분포 특성으로 인해 탐사와 개발 단계에서 정밀한 지질·지구물리 기술이 요구된다.

- **망간각:** 망간각은 해저 산맥의 경사진 표면에 수백만 년에 걸쳐 서서히 형성되는 다금속 광물층이다. 주요 금속 성분은 코발트, 니켈, 망간, 구리, 백금 등이며, 특히 코발트 함량이 높아 전기차 배터리, 항공우주 부품 등 고부가가치 산업에 필수적인 자원으로 주목받는다. 일부 고품위 망간각에서는 1% 이상의 코발트와 함께 희귀 금속(티타늄, 세륨 등)도 함유되어 있어 전략광물로서의 가치가 높다. 망간각은 주로 급경사의 해산 경사면에 형성되며, 해저 지형이 불규칙하고 암반이 노출된 형태이기 때문에 기계적 채굴 난이도가 가장 높은 심해 광물로 평가된다. 또한, 자원 분포의 불균일성과 두께의 불확실성으로 인해 자원량 산정이 까다롭고, 기술적으로는 절삭형 또는 흡착형 채광기술이 요구된다.

심해 해양자원의 경제적 가치

2016년 대비 2025년 기준, 톤당 평균 금속 가격은 망간단괴 \$316에서 \$1,009로, 열수광상이 \$739에서 \$1,520으로, 망간각이 \$694에서 \$1,459로 상승하며 모두 200% 이상 증가하였다^[4]. 한국 자원정보서비스와 Investing.com 자료에 따르면, 금속별 가치 비중은 망간각에서 코발트가 61%로 가장 높으며, 열수광상에서는 구리(35%)와 금(26%), 망간단괴에서는 니켈(22%)이 가장 큰 비중을 차지한다. 이는 국가 자원전략 수립 시 유의미한 기준으로 활용될 수 있다.

〈표 1〉 심해저 광물자원별 가치 비교(2025년 7월 시장 거래 가격 적용)

망간단괴					해저열수광상				
금속	한국 광구		글로벌 평균		금속	한국 광구		글로벌 평균	
	함량비 (%)	가치 (\$/ton)	함량비 (%)	가치 (\$/ton)		함량비 (%)	가치 (\$/ton)	함량비 (%)	가치 (\$/ton)
망간 슬러그	58.75	663.9	55.4	626.0	금	6.7 (g/ton)	553	5.0 (g/ton)	412.7
니켈	1.06	167.1	1.02	160.8	은	254 (g/ton)	243.8	264 (g/ton)	253.4
구리	0.90	87.9	0.74	72.3	아연	8.92	240.8	12.8	345.6
코발트	0.19	142.7	0.20	150.2	구리	4.84	472.8	5.2	507.9
TOTAL	60.9	\$1,062	57.36	\$1,009	TOTAL	13.7	\$1,511	18.0	\$1,520

망간각				
금속	한국 광구		글로벌 평균	
	함량비 (%)	가치 (\$/ton)	함량비 (%)	가치 (\$/ton)
망간 슬러그	47.7	539.0	40.8	461.0
코발트	0.50	375.5	0.50	375.5
니켈	0.50	78.8	0.35	55.2
구리	0.12	11.7	0.10	9.8
희토류	0.2	531.1	0.2	531.1
백금	0.48 (g/ton)	29.1	0.43 (g/ton)	26.1
TOTAL	49.09	\$1,565	41.85	\$1,459

출처 : 4번 레퍼런스 자료로 자체 계산

망간단괴



출처 : <https://metals.co/products/>

심해 해양자원 개발 관심 증대

세계적으로 심해저 광물자원 개발에 대한 관심은 지속적으로 확대되고 있다. 가장 큰 요인은 탈탄소 전환에 따른 금속 수요 증가다. 전기차, 에너지 저장장치(ESS), 풍력 터빈 등의 핵심 부품에는 니켈, 코발트, 망간,

구리, 희유금속 등이 필수적이다. 국제에너지기구(IEA)는 2040년까지 에너지 전환 기술에 필요한 핵심 광물 수요가 6배 이상 증가할 것으로 전망하고 있다^[5].

자원 고갈로 인해 육상 자원의 품위는 지속적으로 저하되고 있으며, 지질학적으로 특정 국가에 집중됨에 따라 자원 확보의 안정성이 점차 낮아지고 있다^[6]. 이러한 상황에서 심해저는 ‘미개척 고품위 자원’으로 주목받고 있다. 특히, 최근 4차 산업혁명 기술의 발전은 심해 해양자원의 기술적 개발 가능성을 크게 높이고 있다. 고해상도 소나, 자율무인잠수정(AUV), 유압식 집광기, 드릴식 ROV 등의 기술은 상업적 채광을 가시권에 두고 있다. 다만, 본격적인 상업화까지는 여전히 규제·환경 등의 장벽이 존재한다.

심해 해양자원 개발 정책 동향

공해상 심해 해양자원의 개발 및 관리를 주관하는 국제해저기구(ISA)는 2024년 현재 총 22개 계약자와 탐사 계약을 체결한 상태이다^[7]. 이 중 망간단괴는 북동태평양과 인도양에 19개 광구, 해저열수광상은 인도양과 대서양에 7개 광구, 고코발트 망간각은 서태평양에 5개 광구의 탐사권이 부여되었으며, 총 31개 탐사광구가 <표 2~4>에 정리되어 있다. 각 광구의 구체적인 위치는 <그림 2>에 나타나 있다.

나우루와 TMC*가 ISA에 2021년에 개발 신청서를 제출하였으며, 이에 따라 ISA는 2023년까지 관련 규정을 제정해야 했다^[8]. 그런데 ISA는 규제 프레임워크를 발표하지 못하고 기한을 2025년으로 연장하였으며, 현재

* TMC(The Metals Company): 캐나다에 본사를 둔 기업으로 TMC는 태평양 클라리온-클리퍼튼 존(CCTZ) 내 두 지역에 대해 국제해저기구(ISA)의 정식 탐사 라이선스를 보유

〈표 2〉 공해상 망간단괴 탐사광구 보유현황(2024년 1월 기준)

순번	계약자(Contractor)	최초계약일	보증국	광구위치
1	동구권국가연합(IOM)	2001.03.29.	동구권국가	북동태평양 CCZ
2	러시아(Yuzhmorgeologiya)	2001.03.29.	러시아	북동태평양 CCZ
3	대한민국(MOF)	2001.04.27.	한국	북동태평양 CCZ
4	중국(COMRA)	2001.05.22.	중국	북동태평양 CCZ
5	일본(DORD)	2001.06.20.	일본	북동태평양 CCZ
6	프랑스(Iframer)	2001.06.20.	프랑스	북동태평양 CCZ
7	인도	2002.05.25.	인도	인도양 해역
8	독일(BGR)	2006.07.19.	독일	북동태평양 CCZ
9	나우루(NORI)	2011.07.22.	나우루	북동태평양 CCZ
10	통가(TOML)	2012.01.11.	통가	북동태평양 CCZ
11	벨기에(GSR)	2013.01.14.	벨기에	북동태평양 CCZ
12	영국(UKSRL)	2013.02.08.	영국	북동태평양 CCZ
13	키리바시(MREL)	2015.01.19.	키리바시	북동태평양 CCZ
14	싱가폴(OMS)	2015.01.22.	싱가폴	북동태평양 CCZ
15	영국(UKSRL)	2016.05.29.	영국	북동태평양 CCZ
16	쿡아일랜드(CIIC)	2016.07.15.	쿡아일랜드	북동태평양 CCZ
17	중국(CMC)	2017.05.12.	중국	북동태평양 CCZ
18	중국(BPHDC)	2019.10.18.	중국	북서태평양 해역
19	자메이카(BMJL)	2021.04.04.	자메이카	북동태평양 CCZ

〈표 3〉 공해상 열수광상 탐사광구 보유현황(2024년 1월 기준)

순번	계약자(Contractor)	최초계약일	보증국	광구위치
1	중국(COMRA)	2011.11.18.	중국	인도양 남서해령
2	러시아(Yuzhmorgeologiya)	2012.10.29.	러시아	대서양 중앙해령
3	대한민국(MOF)	2014.06.24.	대한민국	인도양 중앙해령
4	프랑스(Iframer)	2014.11.18.	프랑스	대서양 중앙해령
5	독일(BGR)	2015.05.06.	독일	인도양 중앙해령
6	인도	2016.09.26.	인도	인도양 중앙해령
7	폴란드	2018.02.12.	폴란드	인도양 중앙해령

〈표 2〉, 〈표 3〉 출처: 기본자료 ISA 홈페이지 <https://www.isa.org.jm/>

〈표 4〉 공해상 망간각 탐사광구 보유현황(2024년 1월 기준)

순번	계약자(Contractor)	최초계약일	보증국	광구위치
1	일본(JOGMEC)	2014.01.27.	일본	서태평양
2	중국(COMRA)	2014.04.29.	중국	서태평양
3	러시아	2015.05.10.	러시아	태평양 마젤란해역
4	브라질	2015.11.09.	브라질	남대서양 리오그란데해역
5	대한민국(MOF)	2018.05.27.	대한민국	인도양 중앙해령

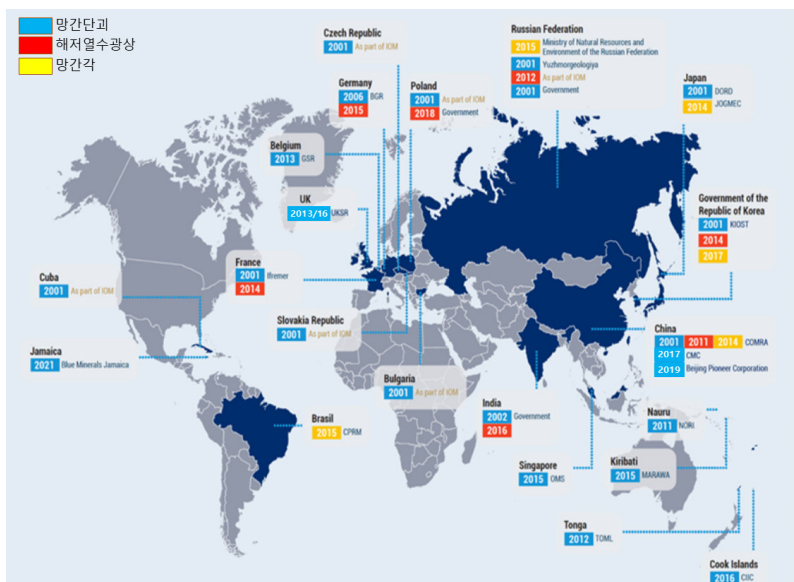
출처: 기본자료 ISA 홈페이지 <https://www.isa.org.jm/>

까지도 공식적인 개발 규칙안은 제정되지 않은 상태이다. 향후 규제안이 마련되면, 이에 따라 각국의 해저자원 개발 정책에도 변화가 있을 것으로 전망된다.

심해 해양자원이 공해상이 아닌 자국의 배타적경제수역(EEZ: Exclusive Economic Zone) 내에 다량으로 보유한 국가들이 존재한다. 대표적으로 일본(열수광상), 쿡제도(망간단괴), 통가(열수광상), 노르웨이(망간각 및 열수광상) 등이 있다. 특히 노르웨이는 2023년 12월, EEZ 내 심해 해양자원 탐사를 공식 허용한다고 발표하였으며, 2024년 1월에는 의회의 승인을 통해 심해 해양자원 개발을 본격화하였다^[9]. 이에 따라 정부 기관인 NOD(Norwegian Offshore Directorate)는 기존의 해양 전문팀을 심해 채광 중심으로 재편하고, 본격적인 자원 개발을 추진하고 있다.

이외에도 미국은 국제법의 틀 밖에서 심해저 광물자원의 개발 가능성을 검토하고 있다. 미국은 유엔해양법협약(UNCLOS)*에 가입하지 않았음에도 불구하고, 1980년 제정된 「심해저 단단한 광물 자원법(Depth Seabed Hard Mineral Resources Act: DSHMRA)」을 근거로 자국 기업들의 공해상 해저 광물 탐

* UNCLOS(United Nations Convention on the Law of the Sea): 1982년 12월 10일 채택된 국제 해양법 협약으로, 해양의 법적 지위와 권리·의무를 규정한 최초의 포괄적 해양법



〈그림 2〉 심해 해양자원 광구 탐사권 보유국

출처: ISA 홈페이지 <https://www.isa.org.jm/> (기본자료), 광종별 분류(상지부분 추가)

사 활동을 허용해 왔다. 이는 UNCLOS 체계 출범 이전에 미국이 독자적인 제도적 기반을 마련한 조치였다. 2025년 4월, 트럼프 대통령은 「미국의 해양 광물 및 자원 활성화」라는 제목의 행정명령(E.O. 14285)을 발령하며, 심해 광물 자원 확보를 국가 차원의 전략적 사안으로 격상시켰다^[10]. 이 명령은 국립해양대기청(NOAA) 등 연방 기관에 대해 심해 광물 탐사 및 상업 채굴 허가 절차를 신속히 추진할 것을 지시한 내용이다. 이후 TMC 회사인 TMA USA는 2025년 4월, NOAA에 탐사 라이선스 2건과 상업 채굴 허가 1건을 공식 신청하였다. 이는 미국이 자국 법률을 기반으로 국제적 심해저 광물 개발 경쟁에 본격적으로 참여하겠다는 의지를 보여주는 사례로 해석된다.

환경 파괴에 대한 우려

심해 해양자원 개발은 기대와 더불어 환경적 반대 또한 거세게 제기되고 있다. 세계자연기금(WWF)*, 그린피스 등은 심해저 생태계 파괴 및 생물 다양성 감소 가능성을 우려하며, 개발 중단을 요구하고 있다. 주요 사례는 다음과 같다.

- 대표적인 환경단체인 그린피스는 심해 해양자원 개발에 반대하는 시위 진행
- WWF는 심해저 개발에 대해 “심해 광물에 대한 모든 대안이 탐색될 때까지 채굴 중단”을 촉구
- 2021년 호주 정부는 자국 북부 연안에서의 열수광상 개발을 전면 금지
- 삼성 SDI, 볼보, BMW, 구글 등 주요 기업들은 “환경 위해성이 증명되지 않는 한 심해저 광물 사용 및 투자에 참여하지 않겠다”고 공식 선언

반면, GSR, Deep Green 등 심해 해양자원 개발 기업들은 “심해저 개발이 육상 광물 채굴보다 이산화탄소 및 유해폐기물 배출이 적다”며, 상대적으로 환경 우위를 주장하고 있다. 유럽연합(EU) 또한 대규모 R&D 프로젝트인 Blue Nodule Project, Blue Harvesting Project를 통해 심해 해양자원 개발이 환경에 미치는 영향을 면밀히 분석하고 있으며, 환경에 영향을 최소화하기 위한 채광 기술(TR Level 6~7단계)을 개발에 착수한다고 발표하였

* WWF(World Wide Fund for nature): 1961년에 설립된 세계 최대 비영리 자연보전기관



〈그림 3〉 심해 해양자원 개발에 반대하는 시위를 진행중인 환경단체

출처: <https://www.nytimes.com/2023/07/15/business/dealbook/deep-sea-mining-energy-transition.html>

다^[11]. 이처럼 심해 해양자원 개발은 궁극적으로 환경 보존과 자원 안보 사이의 균형 속에서 추진될 수밖에 없다. 환경에 대한 안전성이 확보되지 않을 경우, 상업화는 장기적으로 지연될 가능성이 높다.

해양 생태계 미지의 생명 시스템 암흑산소

최근 심해저 생태계가 갖는 가장 큰 영향으로 논의되고 있는 것이 바로 ‘암흑산소(dark oxygen)’의 존재이다^[2]. 이는 태양광 없이 특정 미생물군이 산소를 생성하는 현상으로, 전통적인 광합성 기반 산소 생산 모델을 뛰어넘는 심해 특유의 생명 유지 메커니즘을 시사하고 있다. 최근 연구에 따르면, 일부 혐기성 세균이나 고세균은 금속 산화물이나 황화물 반응을 통해 산소와 유사한 산화제를 생성함으로써, 극한 환경에서 생명 활동을 지

속할 수 있다. 이들은 해저 열수 분출구, 망간단괴 주변, 메탄 누출 지역 등에서 발견되고 있으며, 지구 생명의 기원과 외계 생명 가능성 연구에도 중요한 실마리를 제공하고 있다.

그러나 심해저 채굴은 이러한 미지의 미생물 군집과 생화학적 네트워크를 회복 불가능한 수준으로 훼손할 수 있다. 미량 원소의 균형, 미세 기질의 안정성, 생물막 구조 등이 붕괴될 경우, 해당 생태계 전체가 기능을 상실할 위험이 있다. 이는 단순한 생물 다양성의 손실을 넘어, 산소 생성 및 해양의 이산화탄소 흡수 등 지구 규모의 생태계 순환 과정에도 부정적인 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

| 혁신기술 선도 사례 |

심해 해양자원 개발 주요 기업 동향 분석

심해 해양자원 개발은 과거에는 국가 주도 연구 수준에 머물렀지만, 최근에는 민간 기업의 기술적 진입과 상업화 전략으로 빠르게 전환되고 있다. 특히 망간단괴, 열수광상, 망간각과 같은 심해저 광물자원은 전기차, 재생에너지, 군수산업 등 다양한 분야에서 필수적인 희유금속을 포함하고 있어 전 세계 주요국들이 기술 확보와 투자에 적극적으로 나서고 있다.

주요 개발 기업들은 탐사권 확보를 넘어, 채광 장비 개발, 환경영향평가, 제련 및 선광 기술 확보 등 전 주기에 걸친 기술 경쟁력을 강화하는 데 주력하고 있다. 이에 따라, <표 5>에서는 심해 해양자원 개발을 선도하는 대표 기업들을 정리하였다.

〈표 5〉에서 언급된 기업들은 심해 해양자원 채굴의 핵심 기술을 보유하거나, 광구권을 확보 및 관리하고 있는 주요 주체들이다. 심해 해양자원의 실질적인 개발에는 단일 기업만으로 수행할 수 없으며, 탐사부터 채굴, 운반, 제련에 이르는 전 주기(Value-chain)의 유기적 협력 체계가 필요하다.

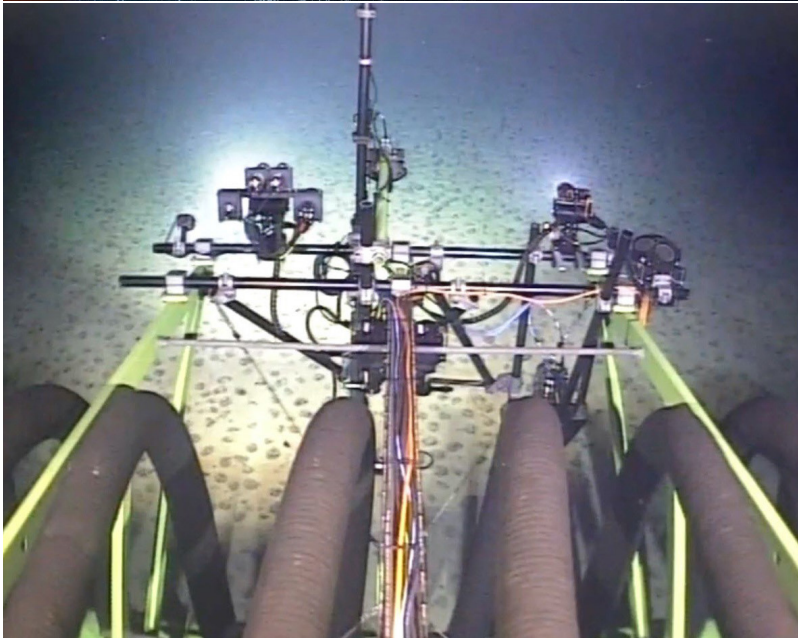
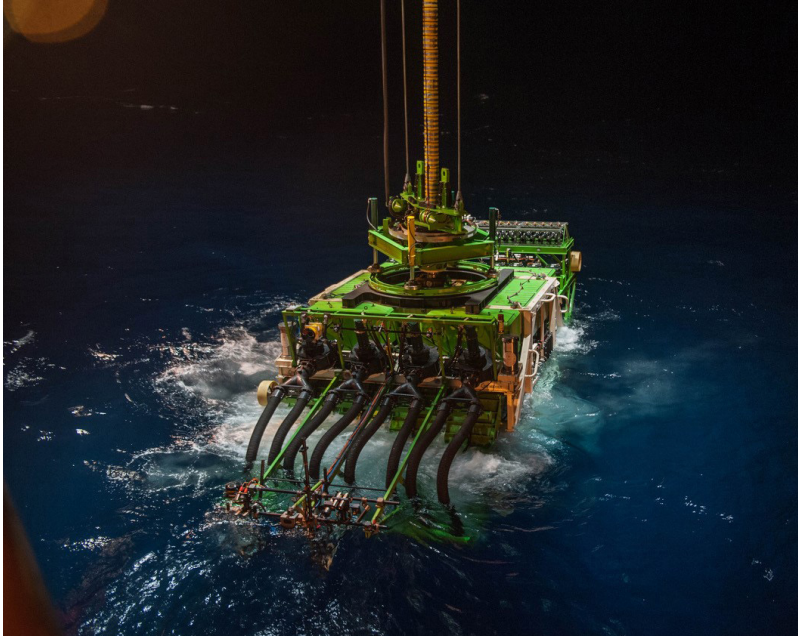
〈표 5〉 심해 해양자원 개발 관련 기업/기관 추진 현황

구분	기업 소개 및 동향 분석
TMC [12]	<ul style="list-style-type: none"> • The metals company는 밴쿠버에 본사를 둔 회사로 CCZ 망간단괴 광구 탐사권(3개)을 보유 • 2022년 9월 CCZ에서 1/5규모 채광기 및 공기 양광 성능 시험 수행 • Allseas와 파트너십을 맺고 Allseas의 시추선 'Hidden Gem'을 심해 채광을 위한 생산 지원 선박으로 활용
GSR [13]	<ul style="list-style-type: none"> • Global Sea Mineral Resources(GSR)는 벨기에 준설/항만건설 전문그룹 DEME의 자회사로 CCZ 망간단괴 광구 탐사권(2개)을 보유 • GSR은 망간단괴 채광기를 개발하고, 2020년 CCZ에서 1/5규모 채광 성능 시험을 완료 • C-C 지역 망간단괴 공동 개발을 위하여 투자공기업인 CIIC*와 GSR의 JV 설립(CIIC + GSR → CIICSR)
CIIC [14]	<ul style="list-style-type: none"> • Cook Island Investment Cooperation(CIIC)은 쿡제도 Seabed Minerals Authority 산하의 투자 공기업으로, EEZ 망간단괴 광구 탐사권 확보 • 쿡제도는 EEZ 광구 외 공해상의 망간단괴 광구를 보유하고 있고, GSR과 합작 회사를 설립(CIICSR)하여 공해상 탐사지역에 대한 탐사 및 개발 수행
JOGMEC [15]	<ul style="list-style-type: none"> • Japan Oil, Gas and Metals National Corporation(JOGMEC)은 일본 경제산업성의 업무위탁을 받아 심해 해양자원 개발을 전담하는 수행기관 • 일본 EEZ와 열수광상, 망간각에 대한 탐사권 보유 • 세계 최초로 2017년 열수광상 채굴 성공(16.4톤), 2020년 망간각 채광장비 성능시험 성공(0.64톤)
DORD [16]	<ul style="list-style-type: none"> • Deep Ocean Resources Development(DORD)는 망간단괴 관련 연구 전담을 위해 JOGMEC이 민간 합작 기업 설립 • JOGMAC과의 년 단위 계약을 통하여 망간단괴 관련 업무 수행
KRISO [17]	<ul style="list-style-type: none"> • 대한민국 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트 연구소는 2013년과 2015년 상업생산 1/5규모의 망간단괴 채광로봇과 양광시스템을 독자 개발하여 실험성능 시험에 성공

구분	기업 소개 및 동향 분석
Impossible metals [18]	<ul style="list-style-type: none"> • 미국 스타트업으로 2024년 Eureka II호 수심 1,800m에서 완전 자율 운영 성공 • Eureka III는 BGR과 협력하여 망간단괴 실험 시범 성공 • AI 기반의 로봇과 AUV를 통해 해양 생태계를 최소한으로 교란하는 선택적 '수확' 방식의 채굴 기술 보유 • 현재 미국 EEZ 내 채굴권 확보를 위한 BOEM 허가 절차 진행 중
BGR [19]	<ul style="list-style-type: none"> • Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe(BGR)는 독일 연방 경제 기술부 산하기관으로 CCZ 망간단괴, 열수광상 광구 보유 • GSR의 실증 시험에 참관하여 환경영향평가를 전담 수행
COMRA [20]	<ul style="list-style-type: none"> • China Ocean Mineral Resources Research and Development Association(COMRA)은 중국 국가 산하의 대표 심해광물 개발 기관으로, ISA에서 다수의 탐사광구를 확보 • 자국 기술로 제련과 환경영향분석까지 수행 • 향후 2028년 상업화 목표 설정
DSMF [21]	<ul style="list-style-type: none"> • Deep Sea Mining Finance Ltd.(DSMF)는 파산한 노틸러스사의 지분을 인수 • 파푸아뉴기니와 통가의 EEZ에 있는 열수광상 탐사권 보유
Green Minerals [22]	<ul style="list-style-type: none"> • Green Minerals AS는 노르웨이 오슬로에 본사를 둔 심해 광물 전문 기업으로 Seabird Exploration의 자회사로 2020년 분리됨 • 2023년 노르웨이 정부의 공식 개발권 입찰에 신청하여 광구권 확보
Loke Marine Minerals [23]	<ul style="list-style-type: none"> • Loke는 노르웨이 민간 기업으로 EEZ 내 망간각 광구 탐사권 보유 • Lockheed Martin으로부터 해저 해양자원 분야 자회사인 UKSR 인수 • Loke는 NTNU와 SINTEF, Kongberg Gruppen ASA와 협력관계에 있으며, 채집 및 시추를 포함한 UAV 기술 보유

예를 들어, GSR은 모기업인 DEME Group과의 시너지를 기반으로 운영된다. DEME는 준설, 매립, 심해 유전 분야의 전문성을 보유하고 있으며, 해양 장비 설계 및 제작을 전문으로 하는 Royal IHC와 협력해 2011년 OceanfLORE라는 합작 엔지니어링 회사를 설립하였다. OceanfLORE는 심해 채굴의 타당성 평가, 설비 설계, 운영 엔지니어링 서비스를 전담하는

* CLIC: Cook Islands Invest Co.



2020년 GSR의 Patania II 파일럿 테스트(1/5) 성능시험 사진

출처: <https://www.deme-group.com/news/metal-rich-modules-collected-seabed-during-important-technology-trial#>

전문 기업이다. 또한 GSR은 광구권을 보유한 쿡제도의 국영 투자 공기업 CIIC와 협력해 CIICSR 합작 회사를 설립하였으며, 망간단괴 광구 개발을 공동 추진하고 있다. 최근에는 글로벌 재료 기술기업인 Umicore와의 기술 협력을 통해 제련 공정의 공동 개발도 추진 중이다.

Green Minerals의 경우, 탐사 부문은 모기업인 SeaBird Exploration이 담당하고 있으며, University of Southampton과는 친환경 채굴 기술 개발을 공동 수행하고 있다. 채굴 장비는 과거 Nautilus Minerals에 세계 최초의 상업용 열수광상 Crawler를 납품했던 SMD(Subsea Mining Devices)가 맡고 있으며, 라이저 및 이송 시스템은 Oil States, 광물 제련 및 해수 이송은 WEIR Minerals, 생산 선박 운영과 해양 물류는 Stena가 각각 담당하고 있다.

이처럼 심해 해양자원 개발은 단일 기업의 기술력만으로는 달성할 수 없는 복합적 사업으로, 각 분야별 전문 기업들과의 Alliance 형태 협력 체계가 핵심이다. 다양한 기업들이 직접 혹은 간접적으로 참여하며 하나의 생태계를 구성하고 있으며, 이는 심해 해양자원 개발의 높은 기술적 복잡성과 글로벌 협업의 필요성을 단적으로 보여준다.

다음 절에서는 이러한 협력 체계가 요구되는 이유이자 기반이 되는, 심해 해양자원 개발의 밸류체인(Value-chain)별 기술적 특징과 난이도를 분석한다.

심해 해양자원의 밸류체인별 특징 분석

심해 해양자원 개발은 전통적인 자원 개발과 달리 탐사, 채광, 선광, 제련 등 전 과정이 수중 또는 해양 환경을 고려한 방식으로 수행되어야 한다. 특히 자원 유형별로 물리적 특성, 분포 형태, 금속 조성 등이 상이하기

〈표 6〉 광물 유형에 따른 밸류 체인 단계별 기술 특성

	탐사	채광	선광	제련
망간단괴 (수심 4~5km)	범위 넓음 굴착 불필요 품위 균질	흡입식 채광 연약지반 환경 파괴	불필요	추가설비 필요
열수광상 (수심 0.3~3.7km)	범위 좁음 시추 필요 품위 비균질	드릴식 파쇄/채광	부유선광 or 자력선광	불필요 (육상설비 유사)
망간각 (수심 0.8~2.5km)	범위 좁음 굴착 필요	드릴식 굴착/채광 지형 불균일 난이도 높음	선광 개발 중 맥석제거 어려움	추가설비 필요 (희토류 제련 기술 필요)

출처: Cronan, David S. (2024). Deep-Sea Minerals Developments in the 20th Century, Springer.
The International Seabed Authority Handbook 2019, <https://www.isa.org.jm/>

때문에, 각 단계에서는 차별화된 기술적 접근이 요구된다.^[24] 〈표 6〉은 밸류체인 단계별로 광물 유형에 따른 기술적 특성과 도전 과제를 비교한 것이다.

망간단괴는 가장 평탄하고 접근이 용이한 해역에 분포하며, 채굴 및 선광 기술의 개발 수준도 다른 자원 유형에 비해 비교적 진척되어 있는 편이다. 다만 연약지반의 훼손을 최소화할 수 있는 채굴 기술의 적용이 중요한 과제로 제기되고 있다.

열수광상은 고온환경에서 형성되며, 금·은·구리와 같은 고부가가치 금속을 포함하지만, 생태계 훼손 논란과 파쇄 기술의 제약이 있다. 망간각은 채굴이 가장 까다로운 유형으로, 해산 경사면의 위치, 얇은 두께, 고르지 않은 분포 등으로 기술적 진입장벽이 높다.

광종별 채굴 성공 사례 분석

실제 현장에서 채굴 기술이 실증된 사례는 아직 많지 않지만, 최근 몇 년간 일부 국가와 기업들이 제한된 조건에서 파일럿 채굴에 성공하며 상

〈표 7〉 광물 유형별 실증 연구 대표 사례

	망간단괴	열수광상	망간각
실증 사례	KRISO, GSR, COMRA, Impossible metals	JOGMEC	JOGMEC
대표 사례	2021.04. GSR사 C-C지역 4,500m 수심에서 Patania II 채굴 성공 독일 BGR사와 환경영향평가 모니터링 성공 완료	2017.08. JOGMEC 일본 EEZ 1,600m 수심에서 해저열수광상 연속 양광 채굴 성공 한 달간 16회 채굴, 총 16.4톤 채굴	2020.07. JOGMEC 일본 EEZ(Takuyo 제5해산)에서 망간각 채굴 성공 총 0.64톤 채굴 Takuyo 제5해산은 다량의 코발트(일본 88년 사용량), 니켈(일본 12년 사용량) 보유
			

사진 출처:
<https://www.offshore-energy.biz/gsr-reconnects-deep-seabed-mining-robot-patania-ii/>
<https://dsmobserver.com/2017/10/japan-first-mine-hydrothermal-deposit/>
https://www.jogmec.go.jp/english/news/release/news_01_000033.html

업화를 위한 실마리를 만들고 있다.

일본은 JOGMEC을 통해 열수광상과 망간각 모두에서 최초로 채굴 성공 사례를 보유하고 있으며, 특히 열수광상은 한 달간의 연속 채굴을 통해 상업화 가능성을 입증하였다^[15]. 벨기에의 GSR은 CCZ 해역에서 4,500m 수심에 위치한 망간단괴 채굴에 성공하며, 파일럿 장비 회수까지 완료하였다^[13]. 이외에도 2013년 KRISO의 수심 1,390m 채광 로봇 실험, 2018년 COMRA의 수심 500m 해저 채광 시스템 테스트 등이 있다. 이러한 성과는 향후 장비 신뢰성과 해저 운영 노하우를 확보하는 데 중요한 기반이 된다.

핵심 기업 및 국가의 상업화 전략 분석

심해 해양자원 개발이 본격적인 상업 단계로 전환되기 위해서는 기술 확보뿐만 아니라 정책, 제도, 민관 협력 등 종합적인 전략이 수반되어야 한다. 주요 국가들은 민간 기업과의 연계를 통해 상업화를 추진하고 있으며, 각국의 전략은 자원 보유 형태와 산업 기반에 따라 차별화된다.

- **일본(JOGMEC)**: 자국 EEZ 내 열수광상 및 망간각 개발을 중심으로 2027년 민간 상업화 참여를 목표로 하고 있다. 자원량 최소 5천만 톤 확보를 위한 지속적인 탐사 외에도, 부유식 선광 및 제련 기술을 개발하고, 해상 실증 시험과 환경평가를 병행하고 있다.
- **노르웨이(Green Minerals)**: Mohn's Ridge 해역에서 열수광상 및 망간각을 개발하기 위한 정밀 탐사를 진행 중이며, 2026년 채굴 시스템 파일럿 운영을 거쳐 2028~2029년 본격 상업 생산을 목표로 한다. 연 150만 톤 광석 생산을 위한 시스템을 구축하고 있으며, 국가 자금 및 기술기관과의 연계를 강화하고 있다.
- **북제도(GSR + CIIC)**: ISA 탐사권과 EEZ 내 개발을 병행하는 이례적인 모델을 구축하였다. GSR과 CIICSR 합작법인을 통해 제련 기술 공동개발 및 상업 채굴 준비를 진행 중이며, 2025년 상업화를 목표로 하고 있다.
- **중국(COMRA)**: 공해상에서 다수의 탐사권을 확보하고 있는 중국은 2028년 상업화를 목표로 채굴 장비, 제련 공정, 환경 평가 등을 동시 개발하고 있다. 국유기업 중심의 통합 개발 전략을 바탕으로 국제 규범에 대응할 수 있는 시스템을 구축하고 있다.
- **미국(TMC)**: TMC는 3개 탐사광구를 확보하였고, 미국의 해양 광물자

원 활성화 행정명령 발령에 TMC USA는 NOAA에 탐사 라이선스 2건과 상업 채굴 허가 1건을 공식 신청하였다. 글로벌 파트너십과 자본 조달을 통해 2025년 상업 채굴을 목표로 하고 있다.

- 미국(Impossible Metals):** Impossible Metals는 전통적인 절단, 폭파, 굴착 방식 없이, 망간단괴만을 정밀하게 식별·회수하는 방식으로, 해저 생태계의 교란을 최소화하여 반발을 줄이는 데 중점을 둔다. 자사의 시스템은 단괴의 약 60%를 해저에 그대로 남겨두며, 생물다양성 보존 및 생태적 균형 유지에 기여한다고 주장한다. 이와 함께, 육상 광물 채굴 대비 10배 빠르고, 10배 저렴하며, 10배 환경 영향을 줄이는 것을 기술 목표로 제시하고 있으며, 지정학적 경쟁국에 의존하지 않는 공급망 확보를 경쟁력으로 강조한다.



〈그림 3〉 Impossible metals 친환경 로봇 및 상용화 로드맵

출처: <https://impossiblemetals.com/blog/impossible-metals-reveals-their-roadmap-to-developing-the-best-available-technology-for-deep-sea-mining/>

이처럼 국가별 기업 전략은 자원 보유 여건, 제도 환경, 기술력 등에 따라 다양하게 나타나고 있으며, 향후 상업화 성공 여부는 단순 기술 확보를 넘어 국제 규범 준수, 시장 수요 대응, 생태계 보전의 균형 달성에 달려 있다.

| 우리의 현황과 대응 |

국내 현황

개발의 기술적 과제

심해 해양자원 개발은 극한 해양환경, 다금속 복합 조성, 생태계 보호 필요성 등으로 인해 여전히 기술적 난이도가 높은 분야이다. 한국은 일부 탐사 및 장비 성과를 보유하고 있으나, 상업화를 위한 전주기 기술의 통합적 고도화가 필요한 상황이다. 주요 필요 기술은 다음과 같다.

- **채광 기술의 정밀성 부족:** 망간단괴의 경우 5,000m급 집광로봇(Minero)을 개발하여 파일럿 테스트에 성공했으나, 열수광상 및 망간각은 해외 기술 도입이 불가피한 상황이다. 특히, 망간각은 경사진 해산에 존재하기 때문에 채광 기기의 고정성과 정밀 제어가 중요한 과제이다.
- **선광/제련 인프라 미비:** 망간단괴와 망간각은 다금속 함량이 높아 건식과 습식 제련을 모두 요구한다. 기존 국내 제련소(고려아연, 영풍 등)의 활용 가능성은 있으나, 희토류와 같은 특수금속 회수를 위한 독

립 설비 구축이 요구된다. 또한 망간단괴는 선풍 없이도 제련이 가능하나, 경제성을 위해서는 전처리 공정의 효율화가 중요하다.

- **환경 대응 기술 부족:** 침전물 확산 최소화, 해저 생태계 복원 가능성 확보, 실시간 환경 모니터링 등의 기술이 미흡하다. 세계적으로는 GSR, Impossible Metals 등이 친환경 채광 기술을 선도하고 있으나, 한국은 아직 초기 단계이다.
- **데이터 기반 설계 기술 부재:** 고심도 해역에서의 장비 운영과 채광 시나리오 설계를 위한 실시간 데이터 수집 및 해석 기술의 확보가 미흡하며, 시뮬레이션 기반 설계 역량의 내재화가 요구된다.

정책적 고려 사항

심해 해양자원 개발은 국제적인 제도와 규범의 틀 안에서 운영되며, 국내 법령과도 밀접히 연결된다. 특히 공해상 광구는 ISA(국제해저기구)의 승인 하에 활동이 이루어지며, 향후 채광 규정 발효에 따라 글로벌 경쟁이 촉발될 것으로 전망된다.

- **국제 규범 대응력 제고:** ISA는 채광 규정 확정을 보류 중이나, 여러 기업이 개발 신청을 준비하고 있어 이에 대한 능동적 대응이 필요하다.
- **국내 법제 정비 필요:** 해양개발법, 해양환경관리법 등의 체계가 단편적이며, 자원 개발을 위한 명확한 절차나 책임 구조가 부재하다 [25].
- **개발 전략 명확화:** 정부 주도 방식을 채택한 일본은 망간각과 열수 광상의 세계 최초 실증으로 기술 고도화를 달성하였다. 국제도는 합

작 법인 체제로 민관 협력 방식을 채택하였고, 미국은 민간 주도 방식으로 진행하고 있다. 한국은 중공업의 기반 산업과 정부출연연구기관의 기술력 모두 있어, 심해 해양자원 개발을 위한 전략을 명확히 할 필요가 있다.

- **민관 거버넌스 체계 강화:** 심해 해양자원 개발은 단순한 요소 기술 개발로 실행될 수 없는 구조이다. 탐사·채광·선광·제련의 분야별 요소 기술 개발, 제련·운송 인프라 구축, 법제 및 환경영향평가까지 아우르는 범정부 민관 협력 구조가 요구된다.

대응 방안

심해저 자원은 기후 위기 시대의 핵심 자원으로 주목받고 있으나, 아직 기술적·제도적·환경적 과제가 병존하는 고위험·고기회 영역이다. 한국은 다양한 광종에 대한 광구 보유국으로 상업화의 가능성을 가지고 있다. 특히, 한국은 CCZ 해역 약 75,000km² 규모의 탐사권과 함께 일부 채광 장비 개발과 실증 테스트를 수행한 경험이 있다. 그러나 2015년 이후 관련 기술 개발과 실증 연구가 중단되면서, 최근 이슈로 부상한 친환경 채광 기술에 대한 연구가 진행되지 않았으며, 선광 및 제련 등 후방 공정 기술 수준이 크게 미흡한 실정이다. 따라서, 상업화 경쟁에 본격적으로 참여하기 위해서는 전략적 선택과 집중적인 투자가 필요하다. 이에 따라, 다음과 같은 방향으로의 정책적 노력이 요구된다.

- 상업화 가능한 핵심 기술의 내재화를 위한 중장기 R&D 투자 확대
- 보유 광구에 특화된 자원 개발 로드맵 수립과 법제 정비를 통한 제도적 기반 마련

- 환경 보전과 개발 간 균형을 위한 저침전 채광, 실시간 생태 모니터링 기술 확보
- 민간의 참여를 촉진할 수 있는 공공-민간 협력 구조와 금융지원 체계 마련
- ISA 및 국제사회와의 협력을 통해 기술 표준과 규범 설정에 선도적으로 참여

심해저는 아직 완전히 개척되지 않은 프론티어이자, 자원 안보와 기술 주권의 시험대다. 지금이야말로 국가적 전략과 민관 협력이 결집되어야 할 시점이다.

참고문헌

- [1] 한국해양과학기술원(KIOST). (1998). 심해저 망간단괴자원의 지구통계학적 매장량 평가 모델 연구.
- [2] Sweetman, Andrew K., et al. (2024). "Evidence of dark oxygen production at the abyssal seafloor." *Nature Geoscience*.
- [3] Cronan, David S. (2024). *Deep-Sea Minerals Developments in the 20th Century*. Springer.
- [4] World Ocean Review. (2014). WOR3, Marine resources – opportunities and risks.
- [5] World Energy Investment 2024, IEA.
- [6] 핵심광물 수요 급증에 대비한 자원안보 확보 방안 연구. 2023. 에너지경제연구원.
- [7] The International Seabed Authority Handbook 2019. <https://www.isa.org.jm/>
- [8] The Metals Company Comments on ISA Council Decision and Intention to Deliver Final Rules, Regulations and Procedures for Exploitation. (2023). <https://investors.metals.co/news-releases/news-release-details/metals-company-comments->

isa-council-decision-and-intention

- [9] Norway to mine part of the Arctic seabed, (2024), European Parliamentary Research Service.
- [10] U.S. House Committee on Natural Resources, (2025), Hearing on “Exploring the Potential of Deep-Sea Mining to Expand American Mineral Production”, Oversight and Investigations Subcommittee.
- [11] <https://blueharvesting-project.eu/>
- [12] <https://investors.metals.co/>
- [13] Global Sea Mineral Resources NV DEME-Group, (2022).
- [14] <https://www.ciic.gov.ck/>
- [15] JOGMEC Report, integrated report 2024.
- [16] <https://www.dord.co.jp/english/index.html>
- [17] Hong, S., et al, "Technology achievements by means of 3rd pre-pilot mining test: Pilot lifting system," Proceedings of annual conference of Underwater Mining Institute, 2016.
- [18] Hearing of the House Committee on Natural Resources, Oversight and Investigations(Subcommittee-“Exploring the Potential of Deep-Sea Mining to Expand American Mineral Production), (2025).
- [19] <https://www.bgr.bund.de/EN/Home>
- [20] <http://www.comra.org/en/>
- [21] <https://www.offshore-energy.biz/nautilus-inks-funding-mandate-deal-with-dsmf/>
- [22] <https://greenminerals.no/>
- [23] <https://lokemm.com/>
- [24] Guo, Xingsen, et al, Deep seabed mining: Frontiers in engineering geology and environment, (2023), International Journal of Coal Science & Technology 10,1.
- [25] 국토해양부, (2013). 심해저 광물자원 개발사업 보고서: III. 법제도 분석.
- [26] Fontiers in Marine Science, (2025). Development of mining and its environmental impacts: a review, DOI: 10.3389/fmars.2025.1598584.
- [27] 한국지질자원연구원, (2013). 2013년도 광업·광산물 통계 연보.
- [28] Danovaro, R., Snelgrove, P.V.R., & Tyler, P. (2014). Challenging the paradigms of deep-sea ecology. Trends in Ecology & Evolution, 29(8), 465 – 475, DOI: 10.1016/j.tree.2014.06.002.

3장


해양, 넥스트 프런티어

해양에너지 · 바이오 · 양식 복합기술

스페인 아쿠아윈드

전기도 생산하고,
물고기도 기르는 신기술

박경일 교수
군산대학교



우리나라는 좁은 해상 공간에 다수의 이해 당사자가 밀집해 있어, 기존 이용자와 신규 이용자 간에 다양한 갈등이 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 해상풍력 단지와 양식장을 결합하는 공동 배치 접근법은 해상풍력에 대한 어업인의 수용성을 높이고, 해양 공간의 효율적 다중 이용과 함께 신재생에너지와 저탄소 식품 생산이라는 혁신의 장을 여는 중요한 기회이다. 현재 전 세계적으로 진행 중인 해상풍력-수산업 융합 파일럿 프로젝트의 긍정적인 성과는 이러한 모델의 기술적 실현 가능성을 보여주고 있다. 이는 앞으로 해상풍력의 수용성 향상과 기후 위기 속 수산업 현안을 해결할 강력한 해법이 될 것이다.

| 머리말 |

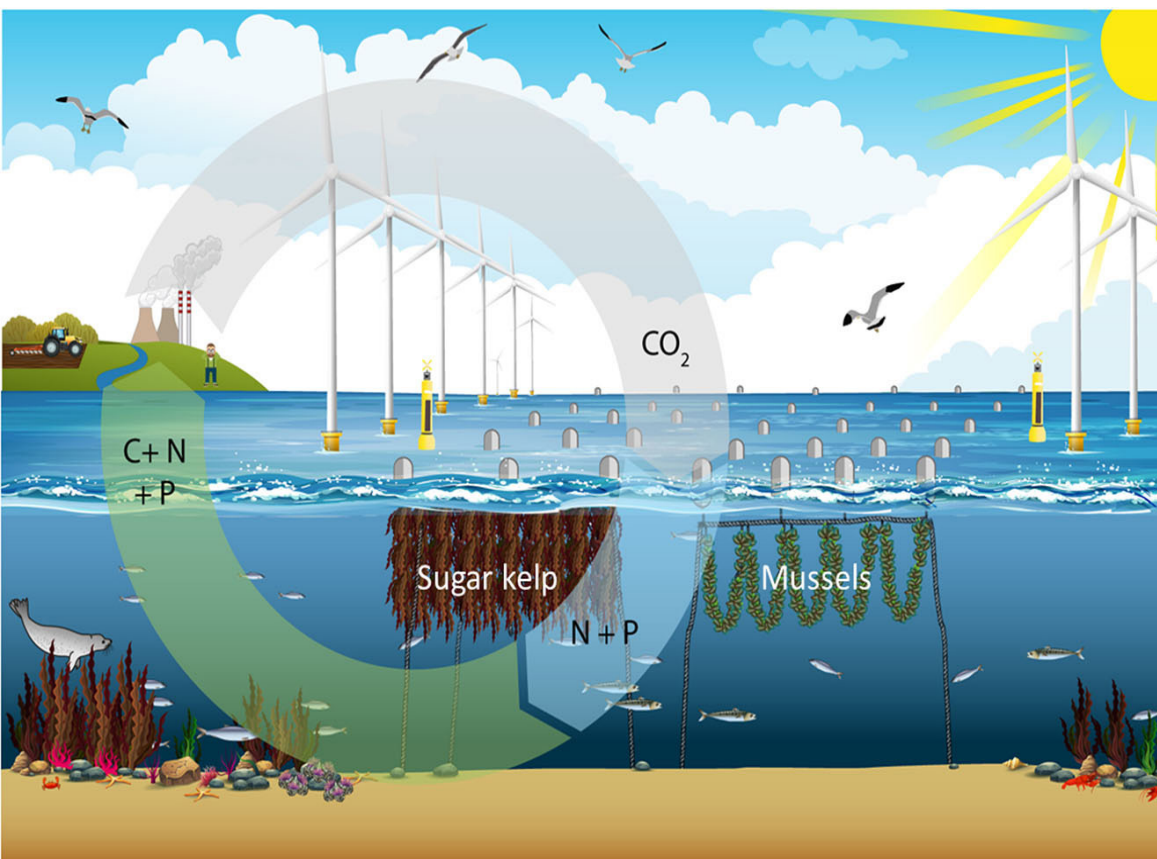
전 세계적으로 기후변화 대응과 탄소중립 실현을 위한 재생에너지 전환이 가속화되면서 해상풍력 발전은 핵심적인 역할을 맡고 있다. 국제재생에너지기구(IRENA)에 따르면, 해양 기반 재생에너지는 2030년까지 현재보다 20배 이상 성장할 잠재력을 보유하고 있으나, 해상풍력의 급속한 확산은 제한된 해양 공간에서 기존 해양산업과의 경쟁을 심화시키고 있다. 특히, 수산업계는 해상풍력 단지 건설로 인한 어업 구역 축소, 접근성 제한, 어업 활동 제약 등을 우려하며, 이는 해상풍력 개발의 사회적 수용성을 저

해하는 주요 요인으로 작용하고 있다.

최근에는 단순한 공존을 넘어 해상풍력과 수산업의 적극적인 융합을 통한 상생 모델이 주목받고 있다. 이러한 융합은 ① 공간적 공존(해상풍력 단지 내 제한적 어업 허용), ② 다목적 이용(풍력과 양식의 단지 내 병행), ③ 통합 플랫폼(단일 플랫폼 내 풍력과 양식 통합) 등 세 가지 형태로 구분된다. 공간적 공존은 풍력단지 내에서 발전 사업에 피해를 주지 않는 범위 내에서 어선을 이용한 어로 활동(catching)을 의미하며, 다목적 이용은 터빈과 터빈 사이 공간에 독립적인 양식 장치를 설치해 수산물을 생산하는 개념이다. 마지막으로 통합 플랫폼은 풍력터빈과 수산양식 장치를 물리적으로 결합한 일체형 복합장치를 의미하며, 주로 고부가가치 어류 양식에 활용된다. 본 글에서는 특히 풍력 터빈과 양식 장치를 통합한 복합장치를 중심으로 사례와 의의를 다루고자 한다.

한편, 해상풍력-수산업 융합은 단순한 갈등 해소를 넘어 블루이코노미(Blue Economy) 실현을 위한 핵심 전략으로 발전하고 있다. 블루이코노미는 “해양 생태계를 보호하면서 해양 자원의 지속가능한 이용을 통해 경제 성장, 생태계 개선, 일자리 창출을 동시에 추구하는 개념”이다. 그렇지만 이러한 융합을 추진하는 과정에서 여전히 많은 과제가 존재한다. 기술적으로는 해상풍력 시설이 해양 생태계에 미치는 영향에 대한 장기 연구가 부족하며, 융합 시스템의 안전성과 경제성 검증도 필요하다. 제도적으로는 일관된 규제가 부재하고, 어업인 보상 체계의 표준화가 요구된다. 사회적으로는 지역 사회의 수용성과 이해관계자 간 갈등 조정 모델 구축이 시급하다.

이러한 배경에서 해상풍력과 수산업의 융합에 대한 체계적이고 포괄적인 연구가 절실하다. 기존 연구는 개별 사례나 기술 중심에 머무르고 있



저위 영양단계 생물(해조류, 패류) 수산양식과 해상풍력단지를 결합한 다목적 활용 개념도

출처: Maar et al., 2023

어, 융합 모델 유형화, 성공 요인 분석, 정책적 시사점 도출 등을 포함한 종합적 연구가 필요하다. 따라서 해상풍력과 수산업의 융합을 통해 해양 공간 갈등을 해소하고, 기후변화 대응과 식량안보를 동시에 실현할 수 있는 기술·정책 전략을 제안하며, 글로벌 사례 분석을 통해 우리나라에 적용 가능한 발전 방향과 구체적 대응 방안이 필요하다.

| 글로벌 동향과 전망 |

해상풍력과 수산양식의 융합은 기후변화 대응, 식량안보, 해양산업 혁신을 동시에 달성할 수 있는 미래지향적 전략이다. 이미 여러 국가에서 실증과 상업화가 진행 중이며, 기술 발전과 정책적 지원이 이어진다면, 이 융합 산업 모델은 전 세계적으로 더욱 빠르게 확산할 것이다. 특히 우리나라의 경우 수산양식에 대한 산업적 필요성이 매우 높은 대신 해상풍력에 대한 어업인 수용성이 낮은 편이기 때문에 이 두 산업의 융합은 해상풍력발전의 정상적 진행과 지속적 수산업 발전이라는 두 가지 거대한 글로벌 명제에서 우리나라가 선두에 설 기회가 될 것이다.

유럽의 해상풍력-수산양식 통합 실증 사례

유럽에서는 해상풍력 단지 내에 수산양식 시설을 결합하는 다양한 실증 연구와 시범 사업이 활발히 이루어지고 있다. 북해와 발트해 지역에서는 해상풍력단지의 일부를 담치나 다시마 등 저위 영양단계(low trophic: 영양염이나 식물성플랑크톤 등 먹이사슬의 낮은 단계) 수산생물 양식에 활용하여 연간 헥타르당 18톤의 생산량을 달성할 수 있다는 시뮬레이션 결과가 보고되었다. 이러한 사업은 해양 공간의 효율적 사용, 탄소 포집, 부영양화 완화 등 환경적 이점을 제공하며, 글로벌 수산양식 생산량 증가에도 기여할 수 있는 잠재력이 크다. 특히 유럽연합의 UNITED 프로젝트 등은 실제로 해상풍력단지 내 별도의 구조물을 설치하고 이 시설에 해조류나 패류를 양식하며 각종 운영 데이터를 축적하고 있다.



2024년 6월 푸젠성 난리도(Nanri Island) 인근에 건설된
세계 최초의 풍력 어업 통합 부유식 플랫폼의 모습

출처: www.chinadailyhk.com

중국의 상업적 복합단지 실현

중국 룡유안 파워(Longyuan Power) 그룹은 푸젠성 난리도(Nanri Island) 인근에 세계 최초로 해상풍력과 양식업을 상업적으로 결합한 복합단지를 구축했다. 4MW급 부유식 풍력터빈과 태양광 패널, 그리고 어류 양식장을 결합한 구조이다. 이 복합 발전기는 하루 96,000kWh의 전력을 생산하며, 해상에서 신재생에너지와 양식 어류를 동시에 생산하는 새로운 산업 모델을 제시하고 있다. 이 시설에는 10,000㎡ 규모의 가두리 양식시설이 구비되어 있으며 원격 모니터링 및 무인 제어를 통해 양식 생물의 상태를 관찰할 수 있다.

한편, 터빈 제조 회사인 밍양 스마트 에너지(Mingyang Smart Energy)는 풍력 터빈 자켓 기초 구조물에 어류 양식장을 결합한 설비를 개발 중이며, 해당 양식장은 자동 급이, 양식장 내부 모니터링, 수확과 같은 원격 기능을 갖춘 지능형 양식 시스템을 탑재할 예정이다. 이 시설에는 5,000㎡ 규모의 가두리에서 15만 마리의 어류를 생산하는 것을 목표로 하며, 저층의 저온수를 표층으로 올려 최적 번식 조건을 조성함으로써 지속가능한 양식업을 도모하고 있다. 이 시스템에서 길러진 고품질 수산물은 자연산과 유사한 품질과 위생 조건을 만족할 수 있을 것으로 기대된다.

북유럽의 선도적 융합 모델

노르웨이, 덴마크, 스코틀랜드 등 북유럽 국가들도 해상풍력과 수산양식의 융합을 선도하고 있다. 노르웨이의 OffWoff 프로젝트는 Mareld 부유식 풍력단지 내 연간 6,000톤 규모의 12개의 친환경 가두리 양식장을 설치해 환경영향을 최소화하고 양식업의 에너지 비용을 절감하는 시범사업을 추진하고 있다.



노르웨이의 OffWoff co-location project에 의해 구상된
풍력단지 내 12개의 가두리 양식장이 배치된 개념도

출처: www.nordicinnovation.org

산업적·환경적 시너지와 성장 전망

해상풍력과 수산양식의 통합은 해양 공간의 효율적 활용, 에너지 자립, 운영비 절감, 환경부하 감소 등 다양한 시너지를 제공한다. 해상풍력 단지 내 양식시설은 기존 인프라를 공유함으로써 투자비와 운영비를 절감할 수 있다. 또한, 해상풍력 구조물의 인공어초 효과로 해양생태계 복원과 어류 자원 증가에도 기여한다.

글로벌 확산과 남은 과제

글로벌 해상풍력 시장이 급성장함에 따라, 수산양식과의 융합 모델도 빠르게 확산하고 있다. 유럽, 중국, 북유럽 등에서의 실증 결과와 정책적 지원이 확대되면서, 2030년 이후에는 해상풍력-수산양식 복합단지가 주요 해양산업 모델로 자리잡을 전망이다. 그러나 기술 표준화, 안전성, 규제 정비, 어업권 조정, 환경영향평가 등은 여전히 해결해야 할 과제로 남아 있다.

| 혁신기술 선도 사례_아쿠아윈드 |

아쿠아윈드 프로젝트 개요와 현황

아쿠아윈드(AquaWind) 프로젝트는 유럽연합(EMFAF)의 지원을 받아 진행되는 혁신적 다목적 해양 이용(Multi-Use) 실증 사업이다. 2022년 9월에 시작되어 2025년 8월까지 진행되는 이 프로젝트는 스페인 카나리아 제도 정부(GOBCAN)가 주도하며, 총 예산 133만 유로 중 80%를 EU에서 지원받고 있다. 아쿠아윈드의 핵심 목표는 부유식 해상풍력터빈 하부구조물에 첨단 수산양식 시설을 통합해 동일 해양 공간에서 에너지 생산과 수산업을 동시에 실현하는 새로운 산업 모델을 실증하는 것이다.

지난 2025년 6월, 스페인 라스팔마스 그란카나리아 항구에서 이 시설이 성공적으로 진수되었으며, 해상 설치 후에는 최대 6개월간 어류 성장률, 생존율, 시스템 내구성 등 다양한 성능을 평가할 예정이다. 이미 육상에서는 180일간 도미류(*Sparus aurata*)로 기존 양식장과 금번 개발 장치 간 비교 실험을 통해 스트레스 지표, 육질부의 생화학적 특성 등 어류 양식에



라스팔마스 데 그란 카나리아 대학교(ULPGC)에서 개발한 최첨단 양식 케이지와
부유식 이중 터빈 해상풍력터빈(W2Power)이 통합된 다목적 해상 플랫폼

<https://infoportos.com>

적합한 시설임을 확인한 바 있다.

아쿠아윈드 핵심 기술

아쿠아윈드의 기술적 혁신은 부유식 해상풍력 플랫폼(W2Power)과 첨단 수산양식 케이지의 통합에 있다. 풍력발전 플랫폼은 해상에서 에너지를 생산하는 동시에, 하부구조물에 양식 케이지를 결합해 해양 공간의 효율적 이용을 극대화하고 있다. 가두리 케이지는 8각형 구조로 내부 직경

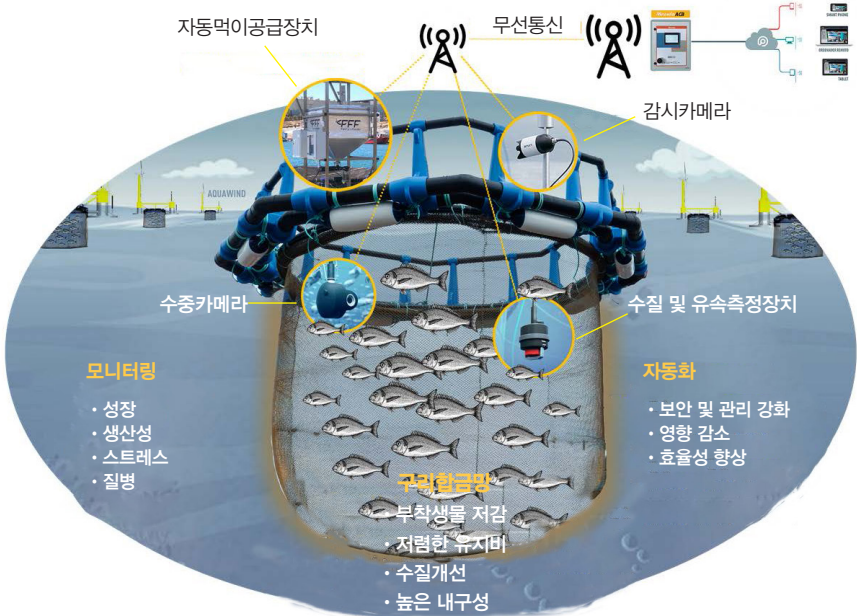
이 5m에 달하며, 내구성이 뛰어난 구리 합금(copper alloy) 그물(표면적 100㎡, 무게 700kg 이상)을 사용하고 있다. 구리 합금은 생물 부착을 억제하고 내구성을 높여 해상 환경에서 장기간 안정적으로 운영될 수 있도록 설계되었다.

또한, 양식 시스템 운영에 디지털 기술이 적극적으로 적용되어 있다. 예를 들어 원격 모니터링 시스템을 통해 양식장의 상태와 어류의 건강을 실시간으로 확인할 수 있으며, 자동 급이 및 이상 감지 시스템이 통합되어 운영 효율성을 크게 높였다. 이러한 스마트 양식 기술은 해상풍력의 에너지 공급과 양식장의 운영을 동시에 최적화할 수 있게 해준다. 실증 단계에서는 돔류(*Sparus aurata*) 외에도 방어류(*Seriola dumerilii*) 등 다양한 어종을 대상으로 추가 테스트가 진행될 예정이다. 향후 다양한 해양 생물 자원과 새로운 기술 융합을 통해 수익성을 극대화할 계획이다.

아쿠아윈드는 플랫폼 운영에 따른 해양 생태계 영향, 어류 복지, 바이오폴링(부착생물) 문제 등에 대해서도 과학적으로 평가하고 있다. 특히 어류 성장률, 스트레스 지표, 생물학적 품질 평가를 통해 해상 양식의 지속가능성을 검증하며, 이를 통해 해양 자원의 효율적 활용과 함께 이산화탄소 배출 저감 효과까지 검증하려는 시도가 진행 중이다. 이러한 접근은 환경 보호와 식량 생산을 동시에 고려한 혁신적 모델로 평가되고 있다.

경영 전략

아쿠아윈드의 경영 전략은 해상풍력과 수산양식 통합 플랫폼의 경제성과 운영 효율성을 실증 데이터로 입증하는 데 초점을 맞추고 있다. 해상풍력과 수산양식의 통합 운영을 통해 유지보수와 운영 비용을 절감하고, 해양 공간의 활용도를 극대화하는 것이 핵심이다. 이러한 실증 결과를 토대로 상용화 및 대규모 확장에 적합한 비즈니스 모델을 개발하고 있으며,



아쿠아윈드의 해상풍력 플랫폼(W2Power)에 적용된 수산양식장치의 제원과
원격 모니터링 및 양식 제어 장치

출처: <https://aquawind.eu/?na=view&id=8>

경제적 타당성 분석과 함께 투자 유치 전략도 병행하고 있다.

또한, 이 프로젝트는 스페인, 프랑스, 포르투갈 등 다양한 국가의 연구 기관, 기업, 지역 당국과 협력해 광범위한 이해관계자 네트워크를 구축했으며, 수산 관련 단체와의 협력을 통해 지역사회와의 소통 및 사회적 수용성 확보에도 주력하고 있다. 이와 더불어 유럽연합의 해양·수산 정책을 반영한 규제 선도 전략도 중요한 경영 방침 중 하나로 다목적 해양 이용 프로젝트의 법적·제도적 기반을 마련하는 데 적극적으로 기여하고 있다.



해상에 설치된 해상풍력 multi-use 플랫폼

출처: <https://aquawind.eu/>

시사점과 전망

아쿠아윈드 프로젝트는 해상 재생에너지와 수산업을 결합한 새로운 산업 모델로, 유럽의 블루이코노미의 확장과 기후 위기에 대응하는 선도적 사례로 평가받고 있다. 해상 실증 결과에 따라 상용화가 본격화될 전망이다. 에너지와 식량안보를 동시에 해결할 수 있는 혁신적 해법으로 주목받고 있다. 이러한 통합 플랫폼은 탄소 발자국을 줄이고 해양 공간의 활용도를 높여 지속가능한 해양 산업 발전에 기여할 것으로 기대된다.

규제·법규 대응 및 상업화 준비 로드맵 수립

단순한 기술 개발에 그치지 않고, 아쿠아윈드는 멀티유즈 플랫폼이 실제 상업화될 수 있도록 법적·제도적 장벽을 해결하기 위한 전략을 구축하고 있다. 이를 위해 유럽 해양 공간 계획(MSP)과 해상 규제 체계를 연구하고, 비즈니스 모델 개발과 경제성 분석을 병행하고 있다. 이를 통해 추후 상업화와 대규모 확장에 필요한 기반을 마련하고, 관련 정책과 규제에 대해 선제적으로 대응할 수 있는 로드맵을 구축하고 있다.

| 우리의 현황과 대응 |

국내 현황

한국에서도 해상풍력과 수산업의 갈등 해결을 위한 정책적·실증적 연구가 활발히 진행되고 있다. 해양수산부는 2022년부터 4년간 192억 원을 투입하여 ‘해상풍력 친화 수산업 융합기술개발’ 사업을 추진하고 있으며, 국립군산대학교를 중심으로 해상풍력-수산업 공존 기술 개발이 진행





군산대학교가 해양수산부로부터 연구비를 지원받아 운영 중인 해상풍력-수산업 공존 양식장 전경

되고 있다. 이와 더불어 어업인, 발전사업자, 수산전문가 및 지자체가 리빙랩을 통해 해상풍력-수산업 상생을 위한 기술 및 정책 개발에 협력하고 있다. 또한 산업통상자원부와 해양수산부가 공동으로 추진하는 다부처 협력사업을 통해 전력연구원 주관으로 해상풍력 개발자 관점의 공존단지 설계 기술과 수산업 관점의 융합 기술을 동시에 개발하고 있다. 이와 더불어 우리가 고려해야 할 사항 몇 가지 언급하고자 한다.

대응 방안

정책적 신뢰성 확보

이렇게 현재 우리나라에서도 해상풍력과 수산업의 융합을 위한 시도가 진행되고 있음에도 불구하고, 여전히 다양한 제도적·기술적 문제에 직면해 있다. 먼저, 제도적 측면에서 가장 큰 문제는 일관된 규제 체계의 부재로 지적된다. 해상풍력과 수산업 융합 사업은 해양, 환경, 어업, 에너지 등 여러 부처의 규제를 동시에 받으며, 입지 선정, 인허가, 이해관계자 의견 수렴 등 절차가 복잡하게 얽혀 있다. 또한, 지역이나 사업별로 적용되는 기준이 상이하여 사업자와 어업인 모두 예측 가능한 사업 추진이 어렵고, 그로 인해 분쟁이 반복되고 있다.

특히, 해상풍력 단지 조성으로 인한 어업인 피해 보상 기준이 명확하지 않아 지역별·사업별로 큰 차이가 발생한다. 보상 대상과 범위, 산정 방식, 집행 절차 등이 불명확하여 신뢰성과 투명성 문제가 지속적으로 제기되고 있다. 다행히 올해 「해상풍력 특별법」이 제정되어 이러한 문제점이 상당 부분 해소될 것으로 기대되지만, 후속 법안과 구체적 시행령이 마련

되기 전까지는 불확실성으로 인한 불필요한 갈등이 발생할 가능성이 있다.

기술적 한계 극복

기술적 측면에서는 해상풍력 시설과 양식 시스템의 공존 설계가 주요 과제로 부상한다. 해상풍력 단지 내에 해조류, 패류 등 양식시설을 설치할 경우, 풍력 터빈의 유지보수, 안전거리 확보, 선박 접근성 등과의 기술적 충돌이 발생할 수 있다. 양식 구조물이 터빈의 기초 구조물이나 해저 케이블에 미치는 영향, 양식시설의 고정 및 부유 방식에 따른 내구성과 안전성 확보도 중요한 문제로 지적된다.

또한, 해상풍력 단지 내 환경 변화(해수 유동, 소음·진동, 전자기장 등)가 양식 생물의 성장, 생존율, 품질에 미치는 영향에 대한 장기적 연구가 부족하다. 터빈의 회전 및 유지보수 활동이 양식장 운영에 미치는 영향에 대한 실증 데이터 역시 제한적이다.

수산양식 기자재 개발 및 양식 기술 선진화

해상풍력 단지과 양식시설 모두 태풍, 높은 파랑, 해빙 등 극한 해양환경에 노출될 수 있으며, 구조물의 내구성, 유지보수, 사고 예방을 위한 기술적 해소 방안이 요구된다. 특히 해상풍력 단지가 조성되는 해역은 고유 속, 고파랑 등으로 기존 수산양식이 전혀 이루어지지 않는 해역이었기 때문에 이러한 해역에 적합한 수산양식 기술이 전무한 상태이다.

따라서 이를 해소하기 위한 수산양식 기자재의 개발 및 이를 이용한 효율적인 양식 기술의 개발이 이루어져야 한다.

기후 위기 시대 외해 수산업

기존 우리나라의 수산업, 특히 양식업은 해안선과 가까운 내만의 정온 수역을 중심으로 발전해 왔다. 이러한 해역은 접근성이 뛰어나고 운영비가 저렴하다는 장점이 있다. 그러나 최근 해수 온도의 상승으로 양식 생물의 대량 폐사가 현실화되면서, 기후 위기에 대응할 수 있는 대체 어장 확보가 시급한 과제로 떠오르고 있다.

이러한 상황에서 먼 바다에 위치한 해상풍력 단지는 원활한 해수 유통, 일정한 염분, 높은 용존산소 등 내만보다 우수한 물리적 환경을 갖추고 있다. 따라서 해상풍력 단지와 수산업의 공간적 융합은 지속가능한 수산업 발전을 위한 새로운 어장으로서 큰 잠재력을 지니며, 이를 적극적으로 개발할 필요가 있다.

참고문헌

- <https://aquawind.eu>
- https://cinea.ec.europa.eu/featured-projects/aquawind-innovative-multi-use-prototype-combining-offshore-renewable-energy-and-aquaculture-atlantic_en
- https://blue-economy-observatory.ec.europa.eu/news/aquawind-project-offshore-platform-produce-electricity-and-food-2023-07-27_en
- <https://owcltd.com/media/news/aquawind-project-breakthrough-prototype-launch-complete/>
- <https://atlantic-maritime-strategy.ec.europa.eu/en/news/atlantic-success-story-aquawind-project>
- <https://enerocean.com/aquawind/>
- <https://plocan.eu/en/aquawind-progress-and-collaboration-at-the-mid-project-meeting>
- <https://consulta-europa.com/projects/aquawind/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=iuBmZY2t4XM>
- Maar, M., Holbach, A., Boderskov, T. et al, Multi-use of offshore wind farms with low-trophic aquaculture can help achieve global sustainability goals, Commun Earth Environ 4, 447 (2023), <https://doi.org/10.1038/s43247-023-01116-6>

3장

해양, 넥스트 프런티어

해양풍력 기반 그린수소 생산 기술

네덜란드 포스하이돈, 영국 돌핀 하이드로젠 프로젝트 등

탄소 중립시대, 차세대 청정 에너지 솔루션

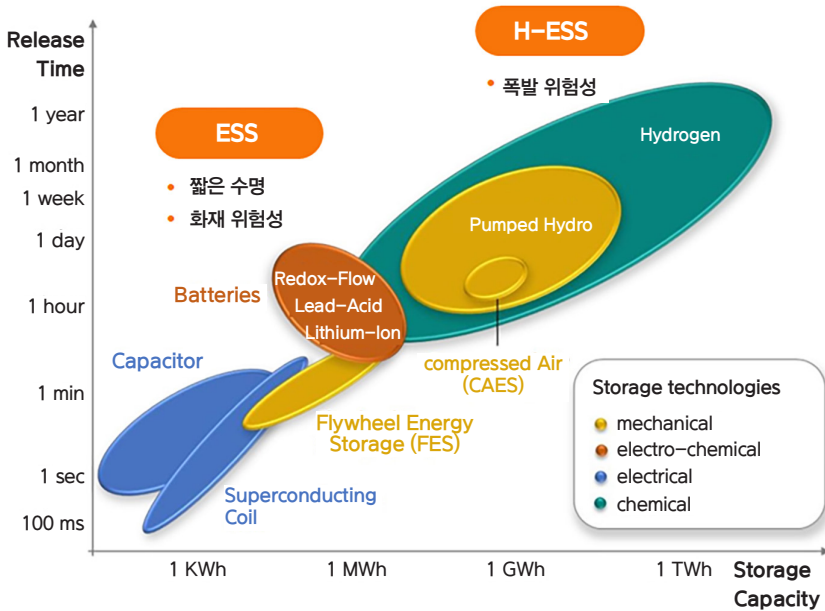
임창혁 박사
선박해양플랜트연구소

자원의 양과 질이 우수한 해상풍력 등의 해양에너지 개발 및 보급이 확대되고 있다. 하지만 기상 조건에 따라 발전량의 변동성을 가지며, 실시간 전력계통 운영에 부담을 줄 수 있어 출력이 제한될 수 있다. 특히 제주 지역은 계통 수용 능력의 한계로 인해 2015년 단 3건에 불과하던 출력제한 조치가 2023년에는 181건으로 증가할 만큼 빈번하게 발생하고 있다. 이에 따라 계통의 유연성을 확보하여 출력제한을 방지하고 미활용 전력을 효율적으로 활용하기 위해 해상에서 직접 수소를 생산하여 저장·활용하는 기술개발이 확대되고 있다.

| 머리말 |

재생에너지를 통해 생산된 미활용 전력을 수소로 전환하여 생산하는 그린수소는 생산과정에서 온실가스를 배출하지 않는 청정에너지로 주목받고 있다. 그린수소는 전기에너지 대비 높은 밀도로 저장이 가능하며 산업·수송·발전 등 다양한 분야에서 화석연료의 대체 가능하여 수요가 빠르게 증가할 전망이다. 세계적으로 태양광, 육상풍력발전 설비에 연계한 그린수소 개발 중심의 시장이 60% 이상 확대될 것으로 예상된다.

육상에서 생산되는 그린수소는 육상에 설치된 재생에너지에 연계하여 기존 구축된 육상 인프라에(계통설비) 직접 연결이 가능하여 운송·설치

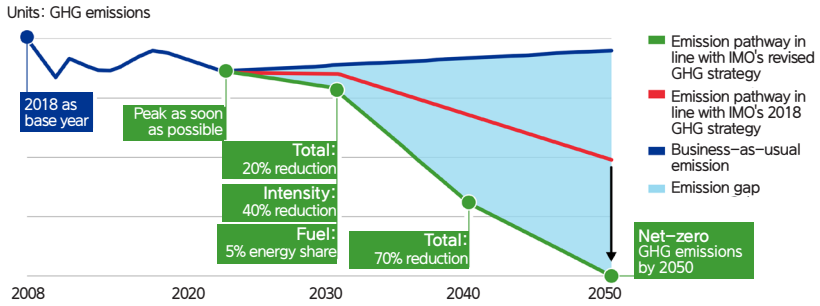


에너지 저장방식

출처: Yan, Huaguang et al., 2023 레퍼런스를 토대로 재작성

비용이 적고, 계통 대기전력 활용이 가능한 장점이 있다. 하지만 육상 내 재생에너지 및 그린수소 시스템 설치 공간 확보가 어려움에 따라 대단지 조성이 힘들며, NIMBY 현상 등으로 인해 주민수용성 확보가 어려운 문제가 있다. 최근 국내에서는 계통용량마저 포화상태가 되어 상당히 높은 계통연계 비용이 필요한 상황이다.

또한 국제해사기구(IMO)의 「선박 온실가스 감축 전략」에서는 해운 산업 전체의 이산화탄소 배출량을 2030년까지 최소 40%, 2040년까지 70~80% 수준으로 감축하여, 2050년까지 무탄소 달성을 목표로 하고 있



국제해사기구(IMO) 선박 온실가스 감축목표

출처: Maritime Forecast to 2050, DNV, 2023

다. 이러한 감축목표를 달성하기 위해서는 선박 연료의 대전환이 필수적이며, 대규모 온실가스 배출이 없는 연료(e-메탄올, 그린암모니아, 그린수소 등) 공급 체계 마련이 필요하다. 하지만, 현재 국내에서 소비되는 수소의 대부분은 천연가스 개질 등으로 생산되는 그레이수소이다. 청정수소의 경우 우리나라는 대부분을 해외에서 수입하는 것으로 계획하고 있어 국내 자체적인 재생에너지 기반의 청정수소 생산 체계는 미비한 실정이다.

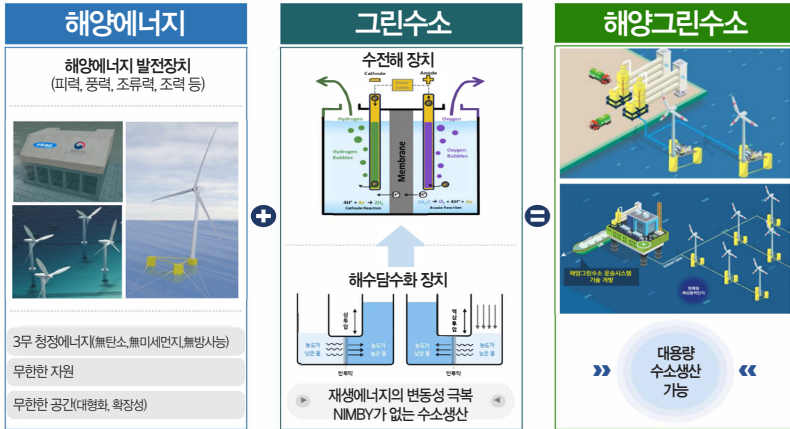
이러한 상황의 대응을 위해 운송 및 설치 비용이 높지만 주민수용성이 육상보다 상대적으로 양호하고, 대단지 조성이 가능하며, 자원량 및 질이 우수한 해상풍력발전 설비에 해상에서 직접 연계할 수 있다. 이에 따라 청정수소인 풍력발전, 태양광발전을 연계한 그린수소와 관련한 연구 및 기술개발이 활발히 이루어지고 있으나, 주민수용성, 공간확보 등의 어려움이 있어 해상에서 수소를 직접 생산하는 해양 기반 그린수소(해양그린수소) 생산 개발이 유럽을 중심으로 전 세계적으로 활발하게 이루어지고 있다. 따라서 해양그린수소의 글로벌 동향을 통해 실증 사례, 계획 등을 살펴보고, 국내의 개발 현황 및 연구개발 방향에 대해 제시한다.

| 글로벌 동향과 전망 |

해상에서의 수소 생산은 유럽을 중심으로 실해역 실증을 통한 기술개발이 확대되고 있다. 특히 네덜란드에서는 해상풍력 용량 10MW 연계를 통한 고정식 수소 생산 실증을 시작으로 2.5MW 수전해를 통한 ‘수소 생산 +배터리 저장’ 실증을 세계 최초로 수행하였다. 프랑스에서는 2MW 부유식 해상풍력에 연계한 1MW 수전해 부유식 수소 생산 실증과 영국에서는 바지선에 수전해를 탑재한 실해역 실증을 세계 최초로 수행하였다. 네덜란드, 벨기에, 독일, 영국, 프랑스, 중국에서는 대용량의 해상풍력을 연계한 고정식 및 부유식 플랫폼에서 수소를 생산하는 기술개발들이 이루어지고 있다. 해수를 담수화하지 않고 해수를 직접 수전해하는 기술, 해상풍력에서 생산된 전력과 변환한 수소를 육상으로 이송하는 하이브리드 방식, 해상에서 생산된 수소를 해저 탱크에 저장하는 기술 등에 대해 여러 생산·저장·활용에 대해 기술개발들이 수행되고 있다.

해양그린수소 정의

해양그린수소란 해상풍력, 파력발전, 조류발전 등 해양재생에너지를 연계하여 생산된 전력을 활용해 해수를 직접 담수화하고, 수전해 장치를 통해 해양에서 수소를 생산하는 시스템이다. 해양그린수소 생산기술은 해상풍력, 파력발전 등의 해양에너지에 연계하여 전력을 공급받아 설치된 해양구조물(플랫폼) 내에서 해수담수설비, 수전해설비, BOP(Balance of Plant) 설비들을 탑재하여 수소를 생산하는 기술이다. 이는 육상 계통의 전력 수용 한계를 완화하고, 재생에너지를 통한 대규모의 청정수소 생산이 가능하다. 특히 해수담수화 설비를 통해 직접 물 공급이 가능하며, 저온의



해양그린수소 정의
출처: 선박해양플랜트연구소

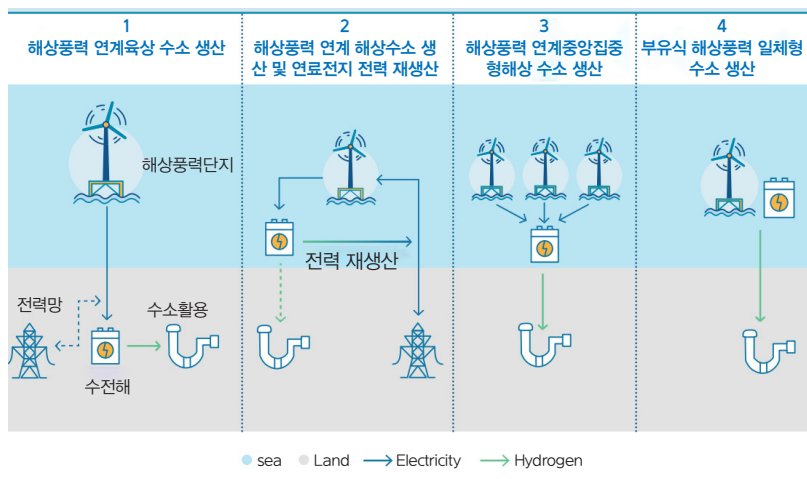
해수와 담수된 물을 이용해 수전해 설비, 전력변환설비 등의 수냉식 냉각이 가능한 장점이 있다.

해상구조물(플랫폼) 기술

해상에서 수소를 생산·저장을 하기 위해 구조물(플랫폼)이 필요하다. 구조물 형식에 따라 고정식, 부유식으로 구분할 수 있고, 고정식 생산 방식은 자켓 구조물 등을 이용한 해상 플랜트 방식과 도서지역을 활용한 에너지섬 방식이 있다. 고정식은 해상풍력 플랫폼에 수소 생산설비를 배치하거나 해상풍력단지 근처에 대형 고정식 플랫폼을 설치하고 수소를 생산하는 방식이다. 또한 인근의 도서지역에 대규모 수소 생산단지를 조성하여 해상풍력단지의 변동성을 제어하는 에너지섬이 있으며, 에너지섬은 풍력발전단지의 전력 허브 역할도 겸할 수 있고, 풍력발전의 유지보수 거점으로 활용 가능한 장점이 있다.

부유식 방식은 부유식 해상풍력 구조물 위에 수전해 설비를 배치하거나 FPSO(Floating Production Storage and Offloading)와 같은 대형 부유체 상부에 수소 생산설비를 탑재하여 수소를 생산·저장하는 방식이다. 이러한 방식을 이용하여 중규모의 용량을 파이프라인으로 수소 공급이 가능하며, 대용량을 수소운반선으로 원거리에 있는 항만에 수소를 운송하여 공급하는 방식이다.

수소 생산을 위한 구조물에서는 해상풍력에서 생산된 대용량의 전력을 송전하는 해저전력케이블의 구조물 연결부, 구조물 내 수소 생산·저장 설비들의 최적 배치에 따른 구조물 형태, 생산된 수소 운송을 위한 파이프라인 연결부, 운송선에 적하역 설비 기술 등이 연구개발이 필요하다고 볼 수 있다. 이러한 고정식 및 부유식 구조물의 설계·시공 기술은 해양그린수소 산업뿐만 아니라 해상변전소 및 해상풍력 분야에서도 필요한 부분이며, 향후 관련 전망은 매우 밝다.



해양그린수소의 생산 및 공급방식

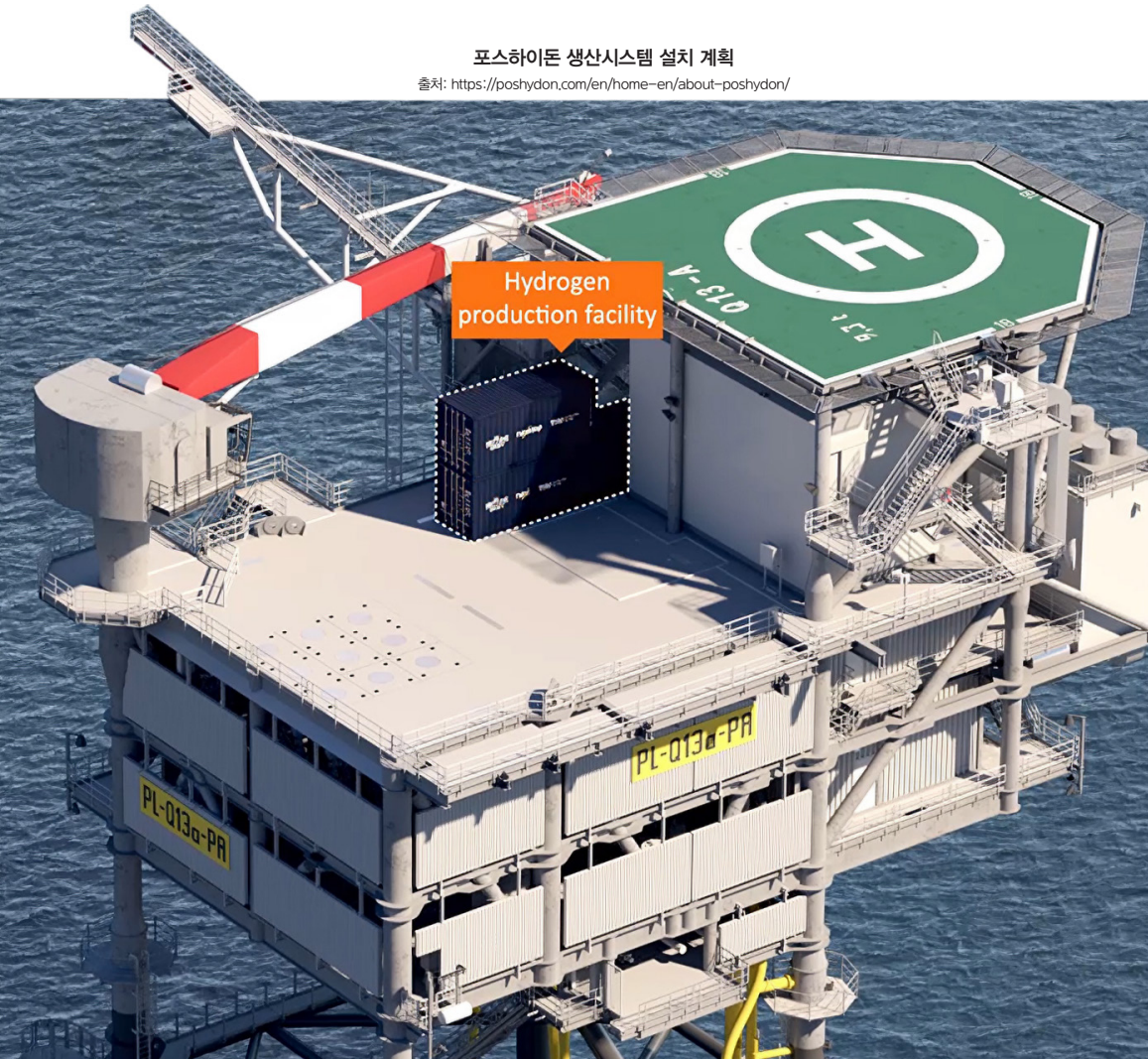
출처: Floating Offshore Wind Outlook, IRENA, 2024

해양그린수소 생산 기술

먼저 해상에서의 수소 생산을 위해 대용량의 해양재생에너지를 연계하여 해상풍력에서 생산된 대용량의 전력을 해저전력케이블 등을 통해 연결하는 기술이 필요하다. 이는 고정식 해상풍력에서 정적(Static) 해저전력케이블 연결 기술들이 개발되었지만, 부유식 구조물에 연결되는 동적(Dynamic) 해저전력케이블에 연결 기술에 대한 개발이 필요한 실정이다. 또한 해상에서 초순수를 만들기 위한 해수담수화 연계 및 해수를 직접 수전해하는 해수전해 기술이 개발되고 있다.

포스하이드론 생산시스템 설치 계획

출처: <https://poshydon.com/en/home-en/about-poshydon/>

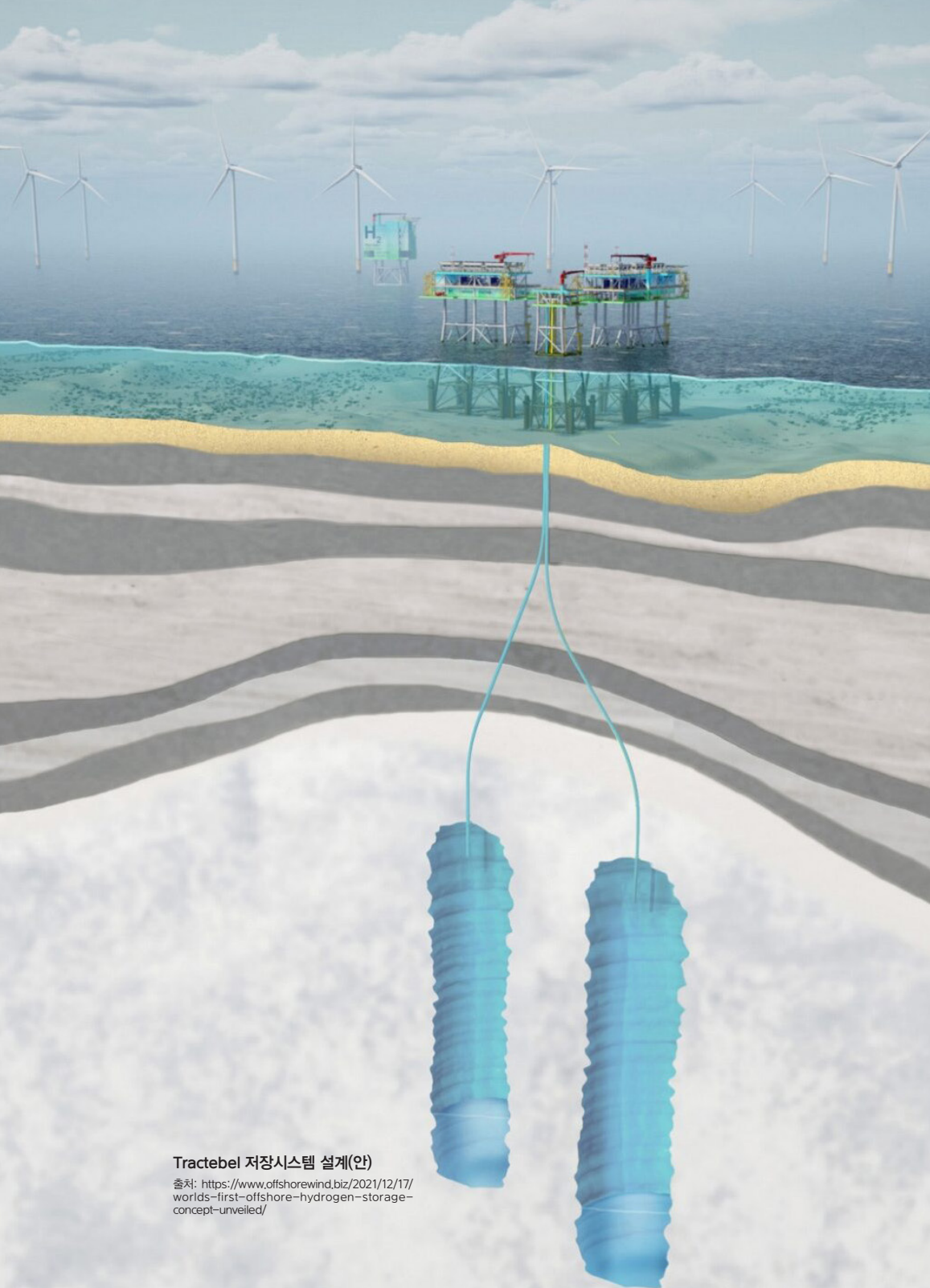


수소를 생산하기 위해서는 수전해 설비가 필수적이다. 수전해 종류로는 알칼라인(Alkaline) 방식, PEM(Proton Exchange Membrane) 방식, SOEC(Solid Oxide Electrolysis Cell) 방식 등이 있다. 일반적으로 알칼라인 방식의 기술개발 수준이 가장 높으며, 저비용으로 설치가 가능하고 내구성이 우수하다는 장점이 있지만 부피가 크다는 단점이 있다. PEM 방식의 경우 고순도 수소 생산이 가능하고, 변동성 대응이 비교적 우수하며, 소형화가 가능하다는 장점이 있지만 비싸다는 단점이 있다. 따라서 해상에 적합한 수전해 방식은 PEM 방식이 적합하다고 볼 수 있지만 열화 테스트를 비롯한 여러 방식의 기술개발 수준을 높여 해상에 적합한 수전해 타입을 정해야 한다.

해양그린수소 저장 기술

해상에서 수소를 저장하는 기술은 극한 환경에서의 안전성, 공간 효율성, 장기 저장성, 에너지 손실 최소화 등을 동시에 고려해야 하는 고도의 복합 기술이며, 크게 압축 수소 저장, 액화 수소 저장, 금속 수소 저장, 해저 저장, 화학적 저장 등의 방식으로 나뉜다. 압축 수소 저장은 기체상태로 350~700bar 범위에서 고압 탱크로 저장하는 보편적 기술방식이다. 액화 수소 저장은 액체 상태로 -235°C에서 극저온 저장하는 방식이며 에너지 소모가 크고, 제한적이다. 금속 저장은 고체 소재에 수소를 흡착하는 방식이며, 해저 저장은 기체상태로 해저지하 암반공간 또는 공동에 고압으로 저장하며 대규모에 적합한 방식이다. 화학적 저장은 암모니아, 메탄올 등으로 전환하여 화학물로 저장하는 방식이며, 전환 공정에 필요한 방식이다.

연계되는 해양에너지의 종류, 수심, 해저상태, 수소 생산량 등에 따라 수소를 저장하는 방식을 결정한다. 생산과 저장기술을 높이기 위해서는



Tractebel 저장시스템 설계(안)

출처: <https://www.offshorewind.biz/2021/12/17/worlds-first-offshore-hydrogen-storage-concept-unveiled/>

경제성 확보를 위한 최적 모듈화 설계, 부식방지를 비롯한 해상 환경 대응 설계 기술 등의 확보가 필요하며, 부유식 구조물의 경우 동요 중 상태에서의 생산 및 저장 설비의 안전성, 성능 등의 대한 기술개발 및 연구가 필요한 상황이다.

해상에서의 수소 저장기술은 단기적으로는 압축 저장이 주류이지만, 중장기적으로는 해저 저장이나 화학적 저장 솔루션이 대규모화를 위한 대안으로 연구되고 있다.

〈표1〉 국외 해양그린수소 대표 프로젝트

프로젝트명	PosHYdon	BLPH	Aqua Ventus	Dolphyn	Sealhyfe
국가/기관	네덜란드 /Neptune Energy	네덜란드 /Crosswind	독일 /RWE	영국 /ERM	프랑스 /Lhyfe
특징	1MW PEM 실증, 수소혼합 & 파이프 라인 운송	2.5MW PEM 실증, 1MW 연료전지 연결	1MW PEM 실증, 수소 향만 연결	1MW PEM, 부유식 해상풍력 일체화	1MW PEM, 부유식 플랫폼
계획	'24년 해상실증, '30년 4GW 해상풍력 연계	'25년 해상실증, '25년 795MW 해상풍력 연계	'25년 해상실증, '35년 10GW 해상풍력 연계	'24년 해상실증, '34년 4GW 해상풍력 연계	'23년 해상실증, '35년 3GW 수소 생산
대표 사진					

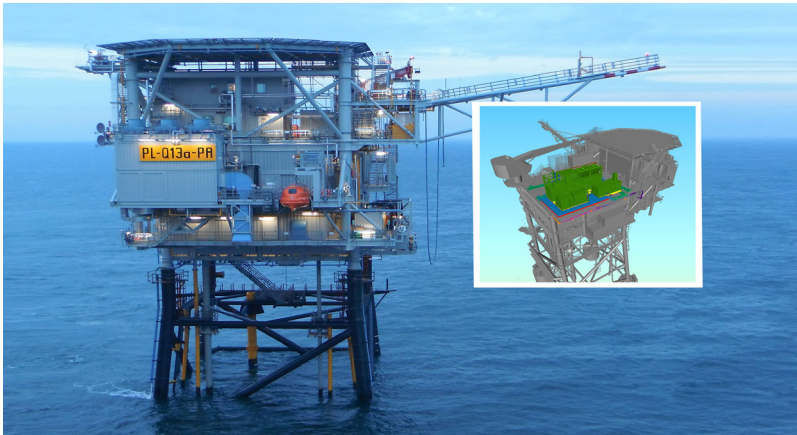
출처: 선박해양플랜트연구소

사진 출처:
 ·<https://hydrogentechworld.com/offshore-hydrogen-production-enables-far-offshore-wind-deployment>
 ·<https://www.crosswindkn.nl/news/2025/04/construction-of-the-base-load-power-hub-blph-hydrogen-production-battery-storage-platform-completed/>
 ·<https://www.erm.com/globalassets/sr2023/erm-sustainability-report-2023-tcd-disclosure.pdf>
 ·https://www.bw-ideol.com/sites/default/files/2023-08/BW%20Ideol_H1%2023%20presentation.pdf
 ·https://aquaventus.org/wp-content/uploads/2025/02/AquaVentus_5000x3540_High.png

| 혁신기술 선도 사례 |

포스하이돈 프로젝트

유럽을 중심으로 해상풍력과 수전해 기술을 결합한 해양그린수소 생산 프로젝트가 활발히 추진되고 있다. 네덜란드의 포스하이돈(PosHYdon) 프로젝트는 세계 최초의 상용 플랫폼 기반 해양그린수소 실증 프로젝트이며, 넵툰 에너지(Neptune Energy)가 주도하여 실험역 실증을 진행하고 있다. 해상풍력, 해상가스, 해양수소를 통합한 복합형 플랫폼 개념으로 추진되



포스하이돈 프로젝트

출처: <https://poshydon.com/en/home-en/news/>

고 있다. 해당 프로젝트는 해안에서 약 13km 떨어진 북해의 Q13a 플랫폼에 1MW급 PEM 수전해 장치를 설치하여 해양그린수소를 생산할 계획이다.

수전해 장치는 넬 하이드로젠(NEL Hydrogen)이 공급하였으며, 2024년 상반기 생산 모듈의 육상시험을 수행하고, 하반기에는 해당 모듈을 실해역 해상 Q13a 플랫폼에 설치되어 운용하였다.

본 프로젝트는 해상 플랫폼에서 담수화된 물을 통해 수전해하여 수소를 생산하고, 기존 가스관에 수소를 최대 0.5%까지 혼합해 육상으로 수송하는 기술을 개발하는 특징이 있다. 1MW 실증이 완료된 이후 수전해 용량을 최대 100MW 규모로 확대하고, 2030년까지 총 4GW 규모의 해상풍력과 연계된 수소 생산 및 운송 인프라를 구축하여 사업성 검증과 상용화 기반을 마련할 목표를 가지고 있다.

BLPH 프로젝트

BLPH(Baseload power hub)는 셸 네덜란드(Shell Nederland)와 에네코(Eneco)가 공동 설립한 CrossWind B.V.가 추진 중인 통합 해양에너지 실증 프로젝트이다. 본 프로젝트는 2023년 12월 상업 운전에 돌입한 네덜란드의 홀란즈 구스트 노르드(Hollandse Kust Noord) 해상풍력단지(설비용량 759MW)의 개발 및 운영, 수소 생산, 배터리 에너지 저장, 부유식 해상 태양광, 연료전지 통합 운용 등 다양한 재생에너지 기술을 융합하여 운용하는 것을 목표로 한다. BLPH 프로젝트는 특히 세계 최초 해상에서 수소-배터리 통합 플랫폼으로 해상 플랫폼 내에서 전력의 생산, 저장, 변환까지 과정이 통합적으로 이루어지는 복합 에너지 허브이다. BLPH 플랫폼에는 프랑스 엘로젠(Elogen)이 공급한 2.5MW급 PEM 수전해 시스템과 발라드 파워 시스템

(Ballard Power Systems)의 1MW급 연료전지가 설치되어 있다. 해상풍력으로 부터 발생하는 잉여 전력을 수소 형태로 변환·저장하여 해상풍력의 출력 변동성을 흡수하고, 필요시 연료전지를 이용하여 전력을 공급하여 전력 안정화할 수 있다. BLPH 프로젝트는 2025년 4월부터 플랫폼 건조가 완료되어 육상 시운전을 개시하였으며 배터리 에너지저장시스템(BESS), 수전해 설비, 연료전지 시스템을 복합적으로 통합 운용함으로써 계통 유연성 확보 및 해상 플랫폼의 에너지 자립성, 비상 전력 대응 능력을 종합



네덜란드 BLPH project

출처: <https://www.crosswindhkn.nl/news>

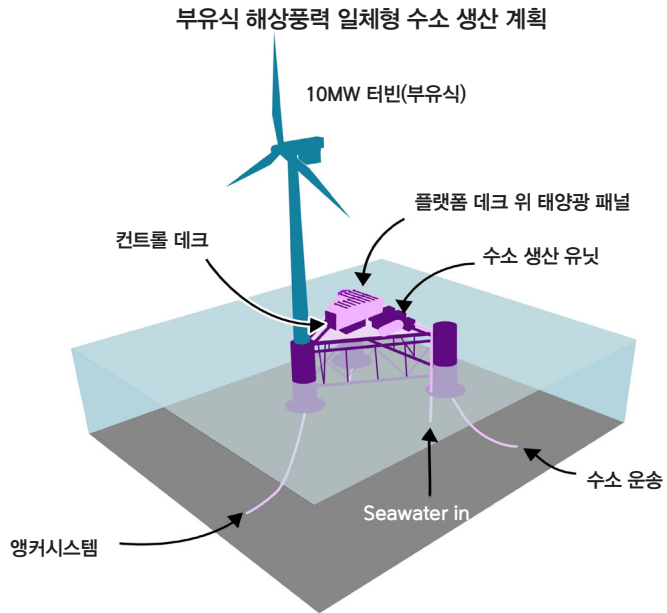
적으로 시험하고 있다. 해당 플랫폼은 2025년 말 네덜란드 북해 해상에 설치될 예정이다.

아쿠아벤투스 프로젝트

아쿠아벤투스(AquaVentus) 프로젝트는 독일 헬리고란드(Heligoland) 인근 북해에서 해상풍력 기반 수소 생산 및 수송을 목표로 하는 대규모 프로젝트이다. 아쿠아벤투스 프로젝트는 먼저 1단계 AquaPrimus 1~5MW 해상 실증을 수행하고, 2단계 Aquasector 대형 확장, 3단계 AquaDuctus 파이프라인 구축, 4단계 AquaCampus/Navis 보조 플랫폼 및 수소 운송 구축과 같이 단계별 전략을 수립하였다. 또한 다른 유럽 프로젝트들과 달리 AquaPortus라는 이름으로 항만(Heligoland) 내에서 저장 및 선박 연료화 목표까지 계획하고 있다. 100여 개 이상의 기업 및 연구기관이 참여하고 있으며, DNV와 같은 인증기관도 참여하여 기술개발 중에 있다.

돌핀 하이드로젠 프로젝트

영국의 돌핀(Dolphyn: Deepwater Offshore Local Production of HYdrogeN) 프로젝트는 ERM사가 주도하는 부유식 해상풍력 일체형 수소 생산 실증 프로젝트로, 해상풍력과 수소 생산 시스템을 통합하여 해상에서 수소를 직접 생산하고, 이를 해저 파이프라인을 통해 육상으로 수송하는 개념의 기술이다. 해상풍력터빈, PEM 수전해 장치, 해수 담수화 설비, 수소 압축·이송 시스템 등을 반잠수식 부유체에 일체화한 구조다. 수심 100m 이상의 원거리 해역에서도 독립적인 수소 생산이 가능하며, 전력 송전이 어려운 해역에서도 해양자원을 활용한 수소 생산 기반을 제공할 수 있다. 육상보다 해상 수소 생산이 더욱 경제성이 높은 이유는 해상변전소 설비 비용이 줄고



돌핀 하이드로젠 프로젝트

출처: <https://www.dolphynhydrogen.com/production-trials>



더불어 해저케이블 대비 해저파이프라인 설치 비용이 훨씬 저렴하기 때문이다.

돌핀 프로젝트 2024년 영국 웨일스 펴브로크(Pembroke) 인근 해역에서 해상 실증시험을 실시하여, 영국 최초로 해양에서 직접 해수를 담수화하고 PEM 수전해 장치를 활용한 수소 생산 실증을 수행하였다. 이 실증에서 해수 담수화, 수전해 시스템, 수소 계측 및 통합 제어 설비가 포함된 모듈형 수소 생산시스템의 변동 전력 조건과 해양 환경(파랑, 조류, 염도 등)에서의 성능을 시험하였다고 발표하였다.

시리페 프로젝트

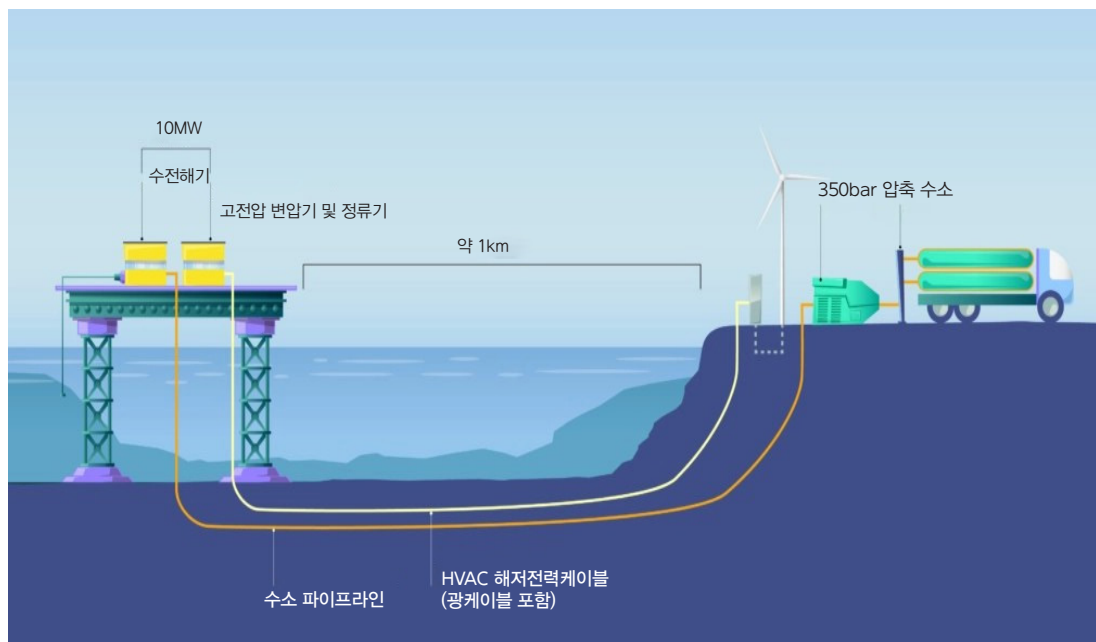
프랑스의 시리페(Sealhyfe) 프로젝트는 리페(Lhyfe)사가 추진한 세계 최



세계 최초의 부유식 해양그린수소 생산
실증 프로젝트 <Sealhyfe 프로젝트>
출처: <https://www.bluelineenergy.com/hydrogen/>

초의 부유식 해양그린수소 생산 실증 프로젝트로, 프랑스 대서양 연안의 SEM-REV 해상시험장에서 수행되었다. 본 프로젝트는 BW-Ideol사의 2MW급 부유식 해상풍력 플랫폼으로부터 전력을 공급받아, 1MW급 PEM 수전해 시스템(Plug Power, EX-425D)과 관련 유틸리티를 약 14개월간 해상에서 실증 운용하였다. 시리페 플랫폼은 전체 운영 시간 대비 약 70%의 가동률을 달성하였으며, 해상풍력의 간헐성과 변동성에 따른 실시간 전력 조건에서도 안정적인 수소 생산이 가능함을 입증하였다. 또한 해양 환경의 염도, 진동, 파랑, 풍속 등 복합 요소가 수전해 시스템의 성능 및 내구성에 미치는 영향을 확인하고, 수전해·담수화·제어·환기 등 핵심 장비의 원격 운영성과 연계 운용 안정성을 실증하였다.

벨기에의 HOPE(Hydrogen Offshore Production for Europe) 프로젝트는 후속 사



벨기에의 HOPE 프로젝트

출처: <https://www.bluefinenergy.com/hydrogen/>

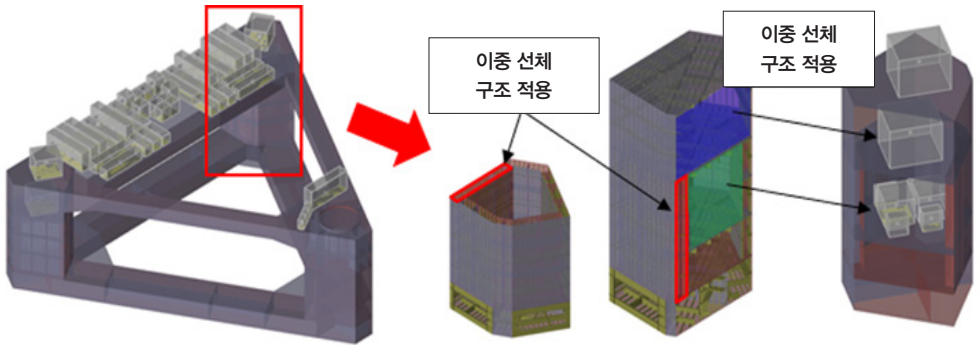
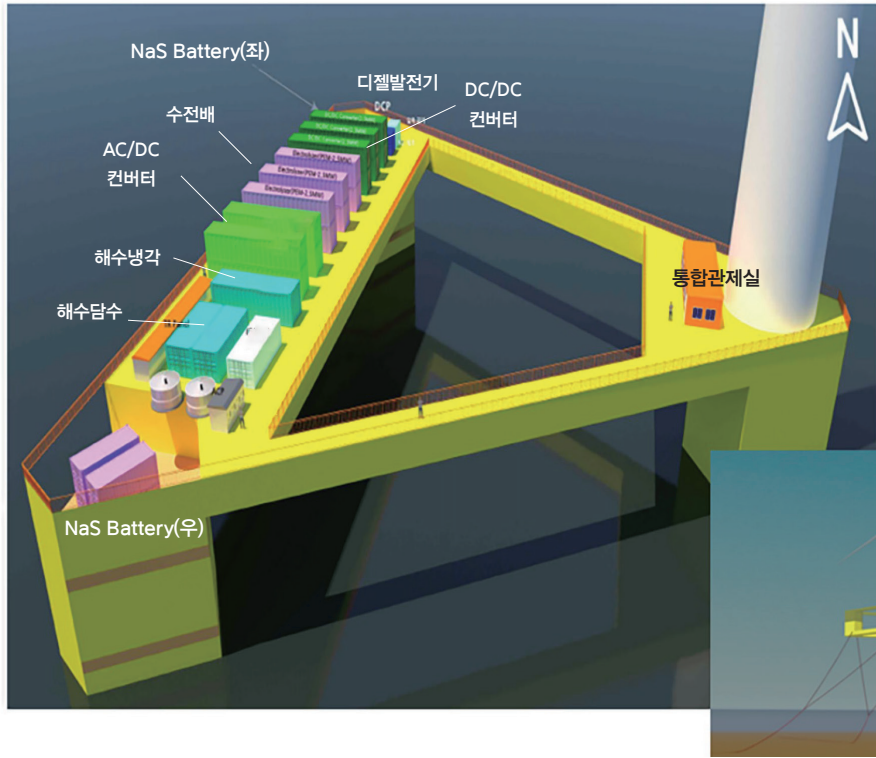
업으로 2026년까지 벨기에 오스텐드(Ostend) 인근 북해 해역에 10MW급 PEM 수전해 시스템을 설치하고, 해상에서 일 최대 4톤의 그린수소를 생산하여 Strohm사의 유연 복합 파이프라인(Flexible Composite Pipeline)을 통해 육상으로 이송하는 것을 목표로 하고 있다. HOPE 프로젝트는 현재 해상 수소 생산 플랫폼 설치를 위한 환경영향평가(EIA)와 공공 협의 절차를 진행 중이며, 2025년 플랫폼 제작과 설치를 하고 2026년 상반기에 시운전을 수행할 예정이다.

| 우리의 현황과 대응 |

국내 현황

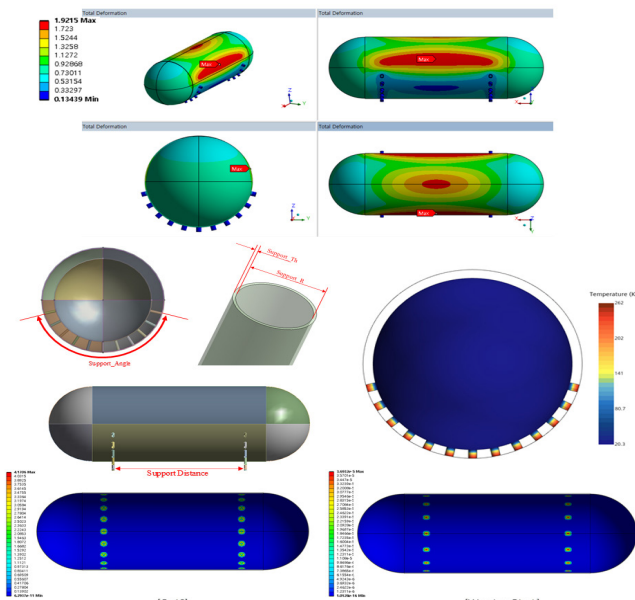
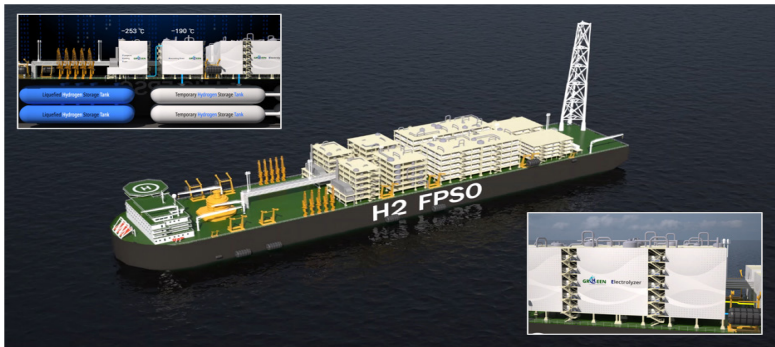
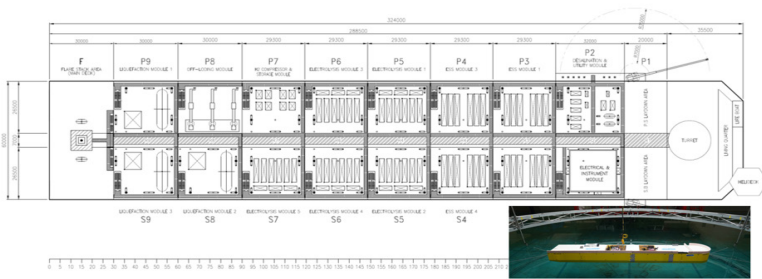
해양그린수소 관련 연구개발은 해양수산부 주도하에 선박해양플랜트 연구소에서 진행하고 있다. 해양그린수소 핵심원천기술 확보를 위해 중·소규모 용량의 도서지역 및 에너지 아일랜드의 공급이 가능한 부유식 해상풍력 발전기 일체형 수소 생산설비와 대용량 수소 생산이 가능한 FPSO 형태의 수소 생산·저장시스템을 개발하고 있다.

먼저 개발한 15MW급 부유식 해상풍력 플랫폼을 바탕으로 발전기 일체형 수소 생산시스템을 개발하였다. 해당 연구에서는 부유체의 구조적 안정성과 안정적인 수소 공급을 위한 수소 생산시스템의 설계, 동요 중 수전해의 안전성을 동시에 확보하는 데 중점을 두고 기술개발을 수행하였으며, 설계안을 기반으로 바지선을 이용한 소규모 실험역 실증을 준비하고 있다. 더불어 1GW 해상풍력단지와 연계가 가능한 부유식 대용량 집중형 해양그린수소 생산·저장 플랜트를 개발하고 있으며, 해수담수 초고



부유식 해상풍력 일체형 해양그린수소 생산시스템 개발

출처: 선박해양플랜트연구소



대용량 집중형 해양그린수소 생산·저장 플랜트 개발
출처: 선박해양플랜트연구소



고정식 해양그린수소 생산 실증시스템 운송, 전력변환설비, 해수담수·냉각설비 현장설치

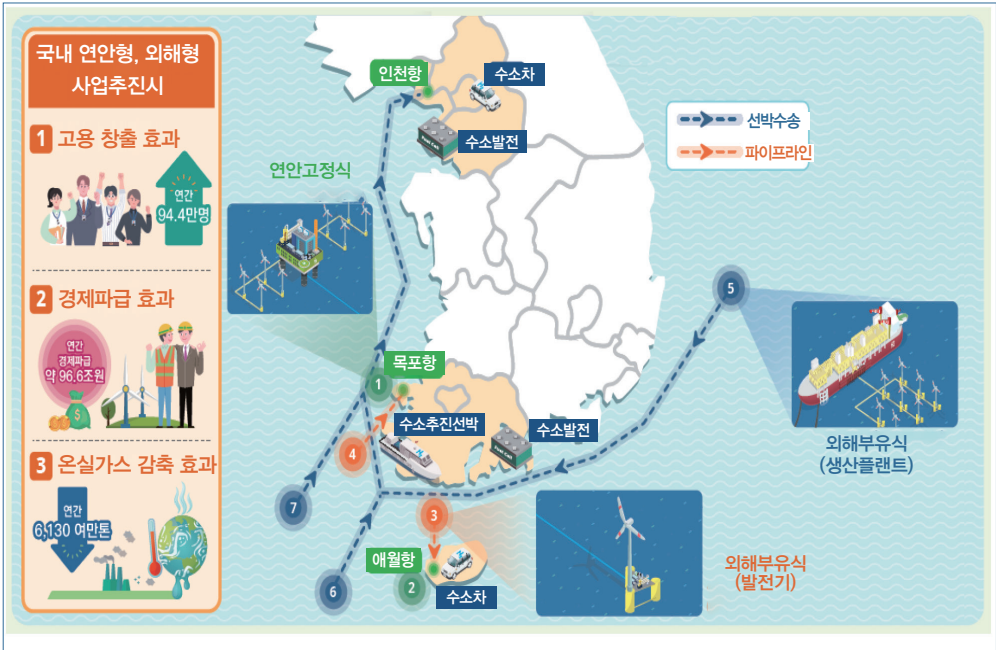
출처: 선박해양플랜트연구소

도농축 신복합공정 및 액화수소와 암모니아에 대한 집중형 전처리 공정 기술을 개발하여 다양한 환경조건에서 효율적인 수소 생산을 위한 해양 그린수소 생산·저장 플랫폼 설계를 수행하고 있다. 특히 해당 연구에서는 대용량의 수소 저장을 위한 액화수소 저장탱크에 대한 설계와 수소 저장 효율을 높이기 위한 단열기술도 개발하고 있다.

또한 국내 최초로 해양 재생에너지(해상풍력 및 파력발전)와의 연계가 가능한 고정식 수소 생산플랜트 실증 연구를 수행하고 있다. 현재 운용 중인 파력발전과 설치가 예정된 부유식 해상풍력 발전을 고려한 수소 생산시스템을 설계하여, 2024년 12월 제주 서부 해안에서 1.2km 이격된 파력발전



실해역 시험장 해상구조물에(수심 16m) 100kW급 PEM 수전해 시스템을 설치하여 시운전 및 실증을 수행하고 있다. 실증시스템은 해상 환경에서 안정적인 순수 공급을 위한 해수담수·냉각 시스템을 기술개발하여 적용하였으며, 발전량 및 수소 생산 예측이 가능한 디지털트윈 시스템을 개발하여 다양한 운영 환경에서의 시스템 성능을 실해역 실증을 통해 검증하고 있다. 본 연구는 해양에너지에 연계한 해양그린수소 실해역 실증을 통해 안전성 및 성능을 검증하고, 문제점과 미비한 점들을 보완하여 해양그린수소 생산시스템 핵심기술을 확보하는 것이 연구 목표이며, 설계·제작·설치·운용 기술을 확보하고자 한다.



해양그린수소 비즈니스 모델 예

출처: 선박해양플랜트연구소

이를 바탕으로 향후 확대되는 대규모 해상풍력단지에 연계가 가능한 수소 생산플랜트 기술을 제공하고 국가적으로 청정수소 공급에 기여 및 탄소중립사회 실현에 기여하는 것을 최종목표로 하고 있다.

대응 방안

해양에서 수소를 생산하는 기술개발이 육상에서 수소를 생산하는 것보다 비용이 많이 발생하다 보니 국내에서 국가 R&D 비용으로 기술개발이 이루어지고 있으며, 민간에서의 기술개발과 관심은 국외(유럽 중심)보다 적은 편이다. 유럽에 대등할 정도로 기술 수준을 높이기 위해서는 먼저 경제성 확보를 위한 최적 모듈화 설계 기술 확보가 필요하며, 해양환경에 적합한 수전해 타입 연구개발, 부유체 구조물에서의 수소 생산·저장·운송을 위한 동요 중 상태에서의 수전해 BOP 설비 내구성과 안전성 및 성능개발, 유연가스관 기술개발 등을 통해 경제성과 내구성 확보를 위한 지속적인 개발과 연구가 필요하다. 또한 통합 원격모니터링제어시스템(SCADA)을 통해 원격 제어 및 관리 기술이 필요하다.

해양그린수소 기술개발은 에너지 자급과 에너지 주권을 확보하는 중요한 역할을 할 것으로 기대되며, 우선, 해양재생에너지와 연계된 대규모·중규모 해양그린수소 생산기술을 개발하여 국가 차원의 에너지 안보를 강화하며, 이를 통해 해양환경에서 안정적이고 지속가능한 수소 생산 기반을 마련할 필요가 있다.

또한, 민간기업의 진입을 촉진하여 해양그린수소 분야에서의 기술개발과 투자를 활성화하고, 미래 신산업 및 신시장 창출을 유도해야 하며, 이를 위해 관련 인프라와 정책적 지원을 확대하여 산업 진입 장벽을 낮추는 데 집중할 필요가 있다. 신담수 및 초고도농축 기술과 같은 친환경 기

술을 확보하여 수소 생산 과정에서 발생하는 환경 영향을 최소화하며, 이를 뒷받침할 수 있는 안전기준 및 관리체계를 마련해야 한다. 수소시스템이 탑재되는 플랫폼 및 구조물의 설계 및 안전성 평가 기술개발을 통해 조선해양 분야의 그린수소 시장 진입을 촉진하고, 해양에너지를 이용한 대규모 발전단지 개발을 통해 수소 수입에 의존하지 않고 공급모델이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- IMO Net-Zero Framework – Draft Amendments to MARPOL Annex VI, Chapter 5, Draft approved at MEPC 83 (7 – 11 Apr, 2025); for formal adoption at MEPC ES.2 in Oct, 2025, London, IMO, 2025.
- Yan, Huaguang & Zhang, Wenda & Kang, Jiandong & Yuan, Tiejia. The Necessity and Feasibility of Hydrogen Storage for Large-Scale, Long-Term Energy Storage in the New Power System in China, Energies, 2023
- Maritime Forecast to 2050, DNV, 2023
- <https://poshydon.com/en/home-en/news/>
- <https://www.offshorewind.biz/2019/10/02/tractebel-unveils-hydrogen-producing-offshore-platform/>
- <https://www.lhyfe.com/press/lhyfe-reviews-the-results-of-the-sealhyfe-project-the-worlds-first-offshore-hydrogen-production-pilot-objectives-met-and-progression-to-an-unprecedented-level-of-operational-excellence/>
- <https://hope-h2.eu/>

3장

해양, 넥스트 프런티어

요트/보트 공유 플랫폼 개발·운영

영국 요트워크, 미국 갯마이보트

두 스타트업의
해양 레저 비즈니스 모델

김건우 대표
요트탈래

글로벌 레저보트 시장은 2024년 472억 달러로 추정되고, 향후 연평균 5.6%씩 성장하여 2034년에는 814억 달러로 성장할 전망으로 산업의 전후방으로 경제적 파급력이 매우 높다. 최근에는 요트·보트 공유 모델로 요트위크(yacht week)와 같은 요트여행 상품이나 젯마이보트(get my boat)와 같은 플랫폼 서비스가 콘텐츠의 다양화와 디지털화를 통해 폭발적으로 성장하고 있다. 이러한 새로운 추세는 요트산업의 대상을 40~60대에서 20~30대 MZ세대로 확장하고, 요트 차터산업의 현장 중심 소비패턴과 유통구조에 온라인-디지털화라는 변화를 가져왔다. 본 글에서는 요트위크와 젯마이보트 사례를 통해 우리나라 레저보트 산업의 성장 방안을 모색한다.

| 머리말 |

우리나라의 레저보트산업은 역사가 짧고 규모가 작아 통계나 DB가 부족하여 일반적으로 해양관광, 해양레저산업 전체를 대상으로 동향과 전망을 분석한다. 반면, 해외에서는 ‘레저보트산업(recreational boating)’을 세부 산업으로 통계를 기록·분석하고 있다. 레저보트산업의 시장 규모를 분석하는 주요 항목은 요트 및 보트의 제조, 판매 및 유통, 대여 및 공유서비스, 마리나 및 계류 인프라, 서비스 및 유지보수, 관광 및 체험 상품 등을 대상으로 한다.



보트 제조



판매 및 유통



대여 및 공유



마리나 인프라



유지보수



관광상품

출처:

- <https://www.boats.com/how-to/boat-building-construction-resin-fiberglass-cores/>
- <https://www.occc.net/About-Us-Media-Relations-Press-Releases/ArticleID/426/The-Orlando-Boat-Show-Cruises-into-the-Orange-County-Convention-Center-March-25-27>
- <https://www.discoverboating.com/renting-a-boat-guide>
- <https://magnummarine.com/what-to-consider-when-choosing-a-marina-or-yacht-club/>
- <https://www.keoweemarina.com/boat-repair-services/>
- <https://www.yachttale.com/PrivateTour>

서핑, 패들보드, 카약 등의 무동력 수상레저활동과 해수욕, 워터파크 등 일반적인 해양레저 활동은 레저보트산업의 대상에서 제외된다. 해외에서는 워터스포츠(water sports)라는 산업으로 별도 분류되고, 우리나라에서는 이를 모두 포함하여 해양레저산업으로 분류되고 있다.

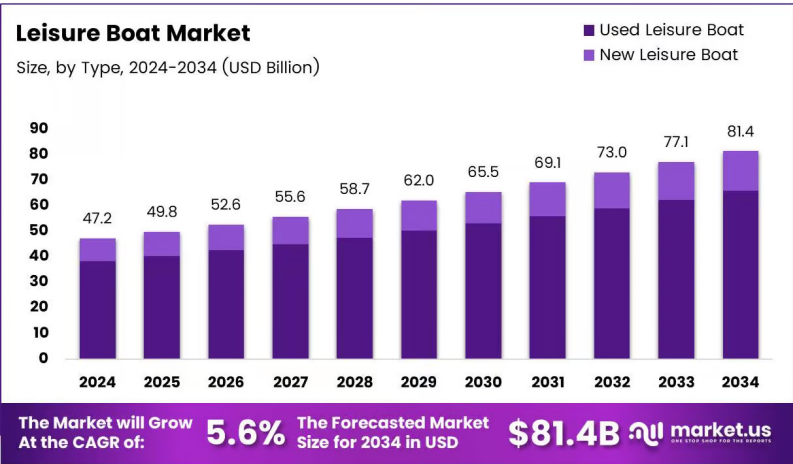
| 글로벌 동향과 전망 |

글로벌 레저보트산업의 규모

글로벌 레저보트의 전체 시장은 2024년 약 472억 달러로 추정된다. 향후 5.6%의 CAGR(연평균 성장률)을 유지하며, 2034년에는 814억 달러로 성장할 전망이다.

이는 글로벌 럭셔리 시계산업(약 500억 달러 이상)과 e스포츠산업(400~500억

레저보트산업 성장 추이



출처: <https://www.keoweemarina.com/boat-repair-services/>

달러), 홈피트니스산업(450~500억 달러) 등과 유사한 시장 규모로 상당히 큰 산업 규모를 가진 시장이다. 물론 각 산업의 규모를 파악하는 기준은 다소 상이할 수 있으나, 레저보트산업의 현재 450억 달러(한화 62조 원)에 달하는 글로벌 시장의 규모를 통해 국내에서도 성장 잠재력은 충분히 확인할 수 있다.

또한 전 세계 레저보트 등록대수는 2,000만~2,500만 척으로 추정되며, 이 중에서 동력 보트의 비중은 87.6%에 해당한다. 유통과 판매 시장에서는 중고보트 시장이 80.5%의 점유율로 신규 제조보다 훨씬 높은 시장 점유율로 우위를 점하고 있다.

주요 시장 지역별 동향

레저보트산업은 전 세계 지역별로 특징적인 모습을 가지고 있으며, 주요 대륙별로 산업의 동향은 아래 표와 같다. 특히 북미 지역은 212억 달러 규모로 44.8%의 점유율을 차지하며, 글로벌 레저보트 시장을 선도하고 있다. 오랜 기간 확립된 보트 문화, 높은 가처분소득, 풍부한 해양 인프라와 적극적인 정책 지원 등으로 시장 확장이 계속되고 있다.

국가별 레저보트산업 동향

국가	산업 동향
북미(미국 중심)	세계 최대 시장, 중소형 모터보트/PWC 중심, 전기보트 투자 확대
유럽(프랑스, 이탈리아 등)	세일 요트 전통적 강자, 친환경 보트 제조 규제 선도
아시아(중국, 한국, 동남아)	고성장 신흥시장, 마리나 개발 및 레저보트 수입 증가
호주/뉴질랜드	자연기반 해양레저 활성화, 고급 요트 수요 증가
중동(UAE, 사우디 등)	마리나 항만 개발, 럭셔리 요트 수요 증가, 거주식 마리나 개발

출처: ResearchAndMarkets.com 보고서를 기초로 재작성

레저보트산업의 트렌드 전망

레저보트산업의 트렌드를 세 가지로 전망할 수 있다. 환경 규제 강화 및 친환경 전환, 레저보트 공유 및 디지털 대여시장 육성, 지속가능한 해양관광 촉진 정책이다.

- **환경 규제 강화 및 친환경 전환:** IMO 및 EU 중심의 탄소배출 규제가 강화되고, 연료효율 개선, 친환경선박(전기추진, 수소추진, 하이브리드 등) 보트 보급이 확대되고 있다. 이를 위해 주요 국가의 배출 가스 인증제 및 친환경 보트 보조금 제도가 확산되고 있다.
- **레저보트 공유 및 디지털 대여시장 육성:** 규제 완화 및 플랫폼 육성 정책이 등장하며, 보트의 공유시대가 열렸다. 갯마이보트(Get My Boat), Samboat, Boatsetter 등 글로벌 민간 플랫폼의 등장 및 성장이 가장 큰 변화이다.
- **지속가능한 해양관광 촉진 정책:** 지속가능한 해양관광 개발(sustainable marine tourism)은 지난 30년간 해양관광 생태계에서 가장 중요한 키워드였으며, 마리나 및 항만의 친환경 인증제(Green marina Certification, Gold Anchor Marina)가 전 세계적으로 도입되고 있다.

레저보트산업의 성장 요인

스마트기술과 IoT 통합으로 레저보트 시장의 새로운 성장세가 뚜렷하다. 온보드 진단, GPS 내비게이션, 무선 제어와 같은 기능은 보팅 활동을 더욱 매력적으로 변화시켰다. 맞춤형 해양체험의 수요 증가로 럭셔리 및 소형 요트·보트의 렌탈 수요가 증가하면서 크로아티아 요트위크(Yacht Week), 프랑스 드림요트 월드와이드(Dream Yacht Worldwide), 영국의 선세일

(Sunsail), 터키의 블루 보야지(Blue Voyage) 등과 같은 요트 차터 회사가 각국을 중심으로 성장하고 있다.

또한 온라인 검색 및 구매가 일상화되면서 요트·보트에 대한 검색, 예약, 결제 등이 쉽고 빠르게 진행되고, 민간 스타트업의 지속적인 노력이 요트·보트 플랫폼 시장의 확장을 가져왔다.

| 혁신기술 선도 기업 |

요트위크_요트 여행 상품의 성장, 요트 차터 전문회사

요트위크(The Yacht Week)는 약 200만~300만 원의 비용으로 7일간 요트를 타고 섬과 도시를 항해하며 파티, 문화 체험, 해양 액티비티를 즐기는 체험형 여행 상품을 제공한다. 선장과 함께 요트를 임대하고, 팀 또는 개인 단위로 참가할 수 있다. 요트위크는 2006년 설립된 영국 기반의 민간 요트 차터 여행 회사로, 크로아티아를 중심으로 그리스, 터키, 카리브해 등에서 체험형 요트 투어를 운영하고 있다. 젊은 여행객을 중심으로 ‘파티·음악·세일링’을 융합한 일주일 단위 요트 여행 프로그램을 제공하며, 새로운 방식의 ‘세일링 페스티벌’로 각광 받는다. 글로벌 밀레니얼 대상 요트 관광 시장의 선도 브랜드로 연간 약 2만 명의 이용객을 확보하며 연 매출은 약 3천만 유로 수준으로 추산된다.

회사의 성장에서의 특징은 외부 투자 없이 자체 수익을 기반으로 성장 모델을 유지했다는 점이며, 회사가 직접 요트를 보유하기보다는 선주와 파트너 선박 회사를 통해 수백 척 규모의 요트를 임대해 운영한다는 점이다.

요트 예약 플랫폼 TOP 5

순위	플랫폼명	본사	등록 선박 수	주요 지역	특징
1	GetMyBoat	미국	160,000척+	전 세계 180개국	세계 최대 엔진제조사 Yanmar 전략 투자, 모바일 앱 강세
2	Click&Boat	프랑스	55,000척+	유럽 중심 100개국 이상	유럽 1위, 중고 요트 중개 병행, B2C·P2P 혼합
3	Boatsetter	미국	50,000척+	미국 중심, 중남미	보험·법률 시스템 강점, 미국 내 점유율 높음
4	Samboat	프랑스	약 40,000척	프랑스, 스페인, 지중해	프랑스 기반, Click&Boat와 유사 모델
5	Borrow A Boat	영국	약 35,000척	영국, 지중해, UAE 등	럭셔리 요트 중심, 고급 크루즈 확장 중

출처: chat gpt

요트위크는 단순한 요트 여행 상품을 넘어 글로벌 레저보트산업에 구조적·문화적 영향을 미친 대표적인 체험형 차터 브랜드로 평가되고 있다. 첫째, 요트산업의 대상이 ‘젊은 세대’로 전환되었다. 전통적으로 요트산업이 40~60대 고소득층의 소유형 모델에 집중되었다면, 요트위크는 20~30대 MZ세대 중심의 ‘체험’, ‘공유’형 모델을 제시했다. 요트는 더 이상 소유물이 아닌, 일주일간 비일상적 경험으로 재해석되었다.

둘째, 해양관광산업과 레저보트산업 간 접점의 확대이다. 단순한 항해(sailing)가 아닌 파티, 음악, 문화를 결합한 ‘콘텐츠형 해양관광 모델’ 구축으로 지역 경제 활성화 효과를 가져오고, 상생 생태계를 구축한 우수한 사례로 꼽힌다. 마지막으로, 요트 차터 산업 소비패턴 및 유통구조의 변화 촉진이다. 전통적으로 브로커, 현장 중심의 요트 차터 산업구조에서 온라인, 디지털 중심의 구조로 전환되었다. 영상과 사진이 SNS를 통해 확산하면서 요트 여행이 여행 트렌드 중 하나로 자리매김하게 되었다.



다양한 해양 체험 여행 상품을 제공하는 요트워크

사진 출처: <https://www.theyachtweek.com/media>

갯마이보트_온라인·디지털 시대로의 전환, 요트·보트 플랫폼

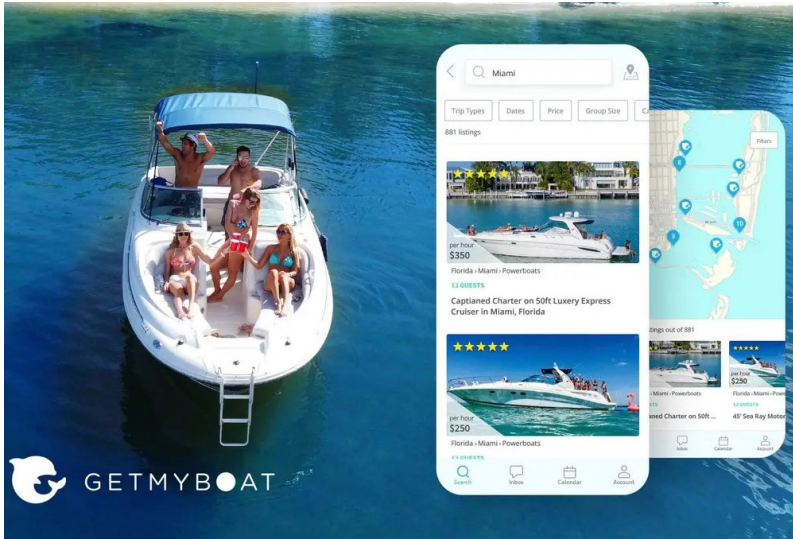
요트·보트 예약 플랫폼의 탄생

요트 및 보트 예약 플랫폼은 2010년대 초 공유경제 확산과 함께 등장하였으며, 갯마이보트(GetMyBoat, 2013), 클릭앤보트(Click&Boat, 2014) 등의 설립을 통해 산업 기반이 구축되었다. 스마트폰 기반의 실시간 예약 시스템은 보트 이용 접근성을 크게 낮췄고, 2020년 팬데믹을 계기로 프라이빗 해양 여행에 대한 수요가 폭발하면서 본격적인 글로벌 성장을 이루었다. 현재는 전기보트, 구독형 요트 서비스, 기업 전세 등으로 다각화되며, 디지털 해양레저 시장의 핵심 축으로 자리잡고 있다.

세계 최대 플랫폼 갯마이보트

갯마이보트(GetMyBoat)는 2013년에 미국 캘리포니아 샌프란시스코에서 Airbnb for Boats라는 컨셉으로 시작됐다. 공유경제 기반의 혁신적인 서비스를 통해 글로벌 레저보트산업의 디지털화를 선도하고 있으며, 미국 플로리다, 캘리포니아를 중심으로 선주와 이용자를 연결해주는 요트 대여서비스를 제공하고 있다. 2019년에는 유럽(지중해), 호주 지역으로 글로벌 확장을 시도하고, 창업 7년 만에 연간 거래 약 5천만 달러에 도달하는 지속적인 성장을 기록했다.

현재 전 세계 180개국, 9,000개 이상의 항구에서 16만 척 이상의 선박이 등록되어 있으며, 누적 이용자 수는 수백만 명에 달한다. 모바일 중심의 사용자 경험, 선장 포함 여부를 선택할 수 있는 유연한 구조, 실시간 예약 및 메시지 시스템 등은 보트 이용의 진입장벽을 대폭 낮추었고, 이를 통해 젊은 세대와 비정기 여행객 등 새로운 수요층을 대거 유입시키는 데



갯마이보트 어플

출처: www.businessinsider.com

기여했다.

갯마이보트는 단순한 중개 서비스에 머무르지 않고, 레저보트산업의 유통 구조를 ‘오프라인 중개형’에서 ‘디지털 플랫폼 중심 구조’로 전환하는 데 큰 역할을 했다. 특히 2022년에는 일본의 야마하 모터(Yamaha Motor)로부터 전략적 투자를 유치하였다. 이를 통해 선박 제조 및 전기보트 기술과의 융합 가능성을 넓혔으며, ESG 시대에 대응하는 지속가능한 수상레저 생태계 구축에도 발을 들이고 있다. 향후에는 전기보트 전용 카테고리 확대를 비롯해 AI 기반 예약 추천 시스템, 기업 대상 대여상품 등으로 영역을 확장하며 ‘글로벌 통합 해양레저 플랫폼’으로의 진화를 목표로 하고 있다. 이처럼 갯마이보트는 해양관광의 디지털 접근성을 높였을 뿐만 아니라, 세계적으로 확산 중인 요트 공유서비스, 플랫폼 경제, 친환경 레저



갯마이보트와 안마

출처: Yanmar and GetMyBoat deliver exceptional experiences on the water.

산업의 대표 사례로서, 향후 한국을 포함한 아시아 시장에서의 전략적 진출 가능성도 주목할 필요가 있다.

전통적 제조기업 일본 안마의 전략적 투자

최근에 가장 큰 이슈는 세계적인 레저보트 엔진 제조기업 안마(Yanmar)의 요트 예약 플랫폼에 대한 전략적 투자이다. 이는 레저보트산업의 구조 변화와 미래의 변화를 상징적으로 보여준다. 전통적 제조산업에서 서비스 산업으로의 전환, 소프트웨어와 마켓 플레이스 영역으로의 확장 등으로 해석될 수 있다. 즉, ‘제조사, 플랫폼, 대여사업자, 사용자 등이 통합된 가치사슬(Value Chain)’을 형성하여, 향후 보험, 정비, 금융 등 부가서비스와의 결합도 예상되어 산업적 통합을 이룰 것으로 기대된다.

| 우리의 현황과 대응 |

국내 현황

우리나라의 요트·보트산업은 ‘수상레저’라는 용어로 주로 정의되어 다루지고 있다. 그중에서도 ‘동력수상레저기구’가 바로 요트와 보트를 지칭한다고 할 수 있다. 물론 수상레저에 해수욕, 서핑, 카약 등 무동력 수상레저기구도 포함되지만, 우리나라의 요트·보트산업의 과거와 현재를 살펴보기 위해서는 수상레저 분야를 먼저 검토해야 한다.

짧은 레저보트산업의 역사 속에서 우리나라의 산업 성장 주기를 굳이 나눈다면, 요트·보트산업의 시작점은 1988년 서울 올림픽과 1992년 바르셀로나 올림픽 이후, 세일링 경기에 대한 관심이 증대되며 시작된 1990년대를 ‘태동기’라고 할 수 있다. 이후 수상레저 활동이 증가하여 2000년에 수상레저안전법 제정을 통해 국가 차원에서 산업을 제도적으로 발전시키기 시작한 시기를 ‘초기성장기’라고 볼 수 있다. 이어 2015년 마리나항만법상의 마리나서비스업 신설은 요트·보트산업의 ‘본격성장기’를 가져왔다고 할 수 있다. 특히 마리나항만의 조성 및 관리에 의한 법률(일명 마리나항만법)은 요트·보트산업을 중점적으로 다루는 특별법으로 면밀하게 살펴볼 필요가 있다.(법률 용어 마리나선박은 레저 목적의 요트·보트를 지칭하는 말로 사용된다.)

마리나 항만법 제정 및 시행

마리나항만법은 해양레저산업 육성과 마리나시설 관리를 위해 제정된 법률로 요트·보트산업의 중심 인프라인 마리나(marina)시설의 개발과 마리나 서비스업(마리나선박대여업, 마리나선박 정비업, 마리나선박 보관계류업)의 운영으로 요트·보트산업의 중심 하드웨어와 소프트웨어를 모두 다루고 있다. 특

마리나 서비스업 관련 지표

지표 항목	2015년	2024년 기준	증감
마리나선박대여업 사업자 수	10개 미만	350여 개	약 30배 증가
대여업 운영 마리나 수	2개소(공공 위주)	50개소 이상 (국가+지자체+민간)	대폭 증가
관련 고용 인원	약 300명 추정	5,000명 이상	직접 + 간접 고용 확대
국내 마리나 이용자 수	연간 2만~3만 명	연간 200만 명 이상	관광객 포함 급증

출처: 마리나 정보화 시스템 홈페이지(<https://infomarina.go.kr/>)

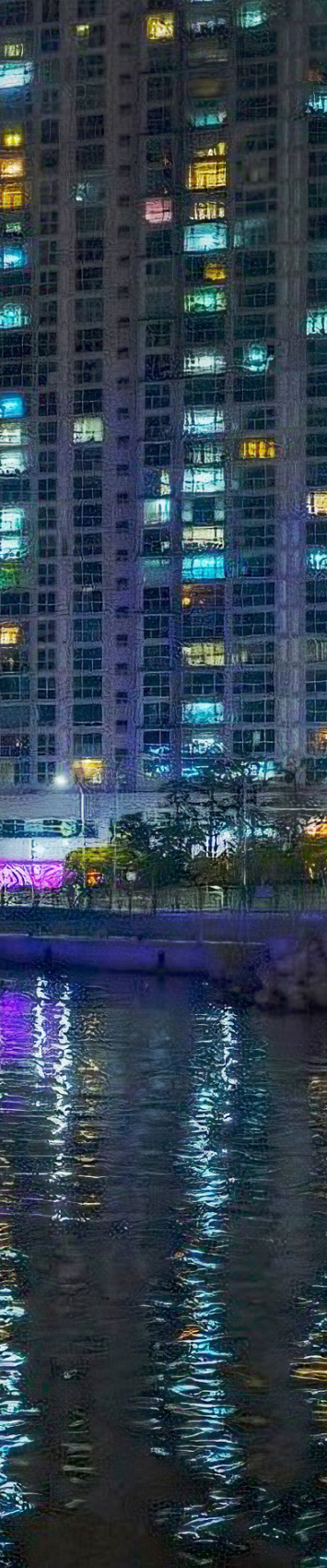
히, 마리나선박 대여업의 등장은 레저보트산업 활성화에 매우 실질적으로 기여한 지표는 위의 표와 같다.

마리나선박대여업 운영업체가 늘어날수록 요트관광 공급이 증가하면서 2015년 1인 5만~6만 원이었던 요금은 2024년에는 평균 2만~3만 원으로 50% 이상 줄어들었다. 이에 소비자의 심리적 진입장벽이 낮아지게 되면서 부산에만 100만 명 이상의 관광객이 요트를 이용하게 된 계기가 되었다. 요트관광 상품의 성장세는 자연스럽게 마리나선박 정비업과 보관계류업까지 연쇄적 성장으로 이어졌다. 정비업 등록업체는 전국 35개소(2025년), 보관계류업은 68개소로 증가하게 되었다. 특히 요트·보트 계류 보관에 대한 수요는 지속적으로 증가하여, 부산 수영만요트경기장의 경우, 수억 원의 권리금으로도 선석을 구하기 힘들 정도이다.

우리나라 레저보트산업 혁신 사례

우리나라의 요트·보트산업은 글로벌 시장과 비교하면 시작단계에 불과하지만, 요트위크나 갯마이보트와 같은 사례를 찾아볼 수는 있다. 부산 해운대를 중심으로 운영중인 요트탈래(YACHT TALE)는 사용하지 않는 요트





를 빌려서 요트에서 숙박가능한 체험상품인 요트스테이(yachtstay)를 개발하였다. 거제도와 통영 등 남해안 섬 지역을 중심으로 2박 3일 동안 요트를 타고 즐기는 한국형 요트워크 상품인 요트트립(yacht trip)을 운영하는 등 연간 10만 명 이상의 관광객을 유치하는 요트 여행 콘텐츠를 운영하는 대표 기업이다.

또한 국내에서도 요트 예약 플랫폼을 시도한 사례가 있었다. 2016년 커먼베이(common bay), 2018년 요트북(yacht book), 2020년 요트립(yachtrip) 등이 국내 요트 예약 플랫폼 시장 점유를 위해 도전했으나, 글로벌 시장에 비해 시장의 규모가 매우 작고, 이용 수요의 부족으로 성장하지 못하고 현재는 서비스가 운영되지 않는다. 하지만 이러한 실패사례를 경험으로 요트만 대상으로 하지 않고, 서핑이나 요트, 제트보트 등 다양한 해양레저 콘텐츠 전체를 대상으로 예약 결제 가능한 홀릭잼(holic jam) 앱을 출시하여 도전중이며, 요트 대여 요금 비교견적 서비스 하이요트(Hi-yacht)와 같은 서비스도 출시를 준비하고 있는 등 국내 레저보트산업의 디지털화가 계속하여 시도중에 있다.

대응 방안

앞으로 국내에서도 요트워크와 같은 대형 요트관광 운영사와 갯마이보트 같은 플랫폼이 성장하여 요

◀국내 대표기업 요트탈래에서는 요트트립 상품 등을 통해 연간 10만 명 이상의 관광객을 유치하고 있다.

출처: 요트탈래

트관광 규모 확대와 요트 시장의 디지털화를 통해 성장 가속화를 가져오기 위해서는 정부의 정책과 지원이 반드시 필요하다.

첫째, 마리나선박의 담보 가치 인정 기준 마련이다. 현재 우리나라는 선박법에 따라 등기된 20톤 이상의 선박을 제외하고는 20톤 미만의 요트 및 보트를 현행 금융권에서 담보로 인정을 받을 수 없다. 금융기관 입장에서 회수, 매각, 보관이 어려워 유동성이 낮은 자산으로 분류되고, 전문 감정평가 기관도 부재하여 마리나선박을 담보로 인정하는 금융사는 전혀 없다고 볼 수 있다. 이는 요트 구매에 가장 큰 걸림돌으로 작용하여, 전반적인 요트 및 보트 산업의 성장 속도가 늦을 수밖에 없는 요인이다.

따라서 정부 주도하에 마리나선박의 표준 감정기준(K-Boat Value Index)을 마련하고, 감정평가사 또는 선박 검사기관(KR, COMSA)과 연계하여 마리나선박 표준 감정보고서 제도화를 마련해야 한다. 또한 정부 보증형 선박 담보부 금융상품 출시를 유도하거나 정부의 보증자금 및 손실 보전제 등을 도입을 통해 선박 구매를 보다 쉽게 하여 보트 산업에 자금이 유입되고, 활성화되는 선순환 구조가 필요하다.

둘째, 플랫폼 산업 성장을 위한 규제 완화 및 제도 정비가 필요하다. 우리나라에서는 자동차의 ‘자차’ 보험과 같은 요트 보험 상품을 국내 보험사에서는 운용하지 않는다. 외국계 보험사에서 일부 운용하고 있으나, 가입 불가능할 정도로 비용이 높아 가입하는 선주는 거의 없는 실정이다. 보험 제도 없이는 선박의 대여는 현실적으로 불가능하므로 요트 대여 시장의 수요는 당연히 없을 수밖에 없고 국내 플랫폼의 성장 역시 어렵다. 또한 마리나대여업을 등록되지 않은 일반 선주의 요트도 안전검사와 책임보험이 가입되어 있는 경우에는 빌릴 수 있는 ‘개인 공유대여업자’와 같은 합법적 근거 마련이 필요하다.

우리나라의 레저보트산업은 이제 성장기를 넘어 도약기를 준비해야 한다. 글로벌 레저보트 시장은 공유경제 플랫폼의 성장, 전기보트 등 제조 산업의 전환기, 드라이스택과 같은 보관계류업의 자동화 시스템, 해양관광 융합 산업의 등장 등으로 산업의 성장기를 넘어 도약기에 들어선 지 오래이다. 글로벌 시장의 선형 사례를 바탕으로 다양한 정책지원과 제도 마련을 통해 고부가가치 산업인 레저보트산업의 성장을 견인해야 할 중요한 시점이다.

참고문헌

- 국내 관광청 및 해양수산부 발표 자료 (해양관광, 요트산업 관련)
- 해양수산부 마리나정보화 시스템 홈페이지
- App Store / Google Play - GetMyBoat 앱 사용자 수, 평점 등
- Allied Market Research: Boat Rental Market Outlook 2022 - 2031
- Business Insider: How GetMyBoat became the Airbnb of the sea
- Global Leisure Boat Market Size, Share, Growth Analysis By Type (Used Leisure Boat, New Leisure Boat), By Product (Motorized, Non-Motorized), By Region and Companies - Industry Segment Outlook, Market Assessment, Competition Scenario, Statistics, Trends and Forecast 2025-2034
- Forbes, Skift, BoatingIndustry.com 등
- Fortune Business Insights, Allied Market Research, ResearchAndMarkets, NMMA
- GetMyBoat 공식 웹사이트: <https://www.getmyboat.com>
- GetMyBoat Press Kit / Media Page (보도자료, 회사 개요 등)
- Google Trends: 글로벌 관심도 추이 비교 (GetMyBoat vs Click&Boat 등)
- IBISWorld: Boat rental & charter industry - Global trends & forecasts
- KOTRA 해외시장 뉴스 - 해양관광 및 레저산업 동향
- Pitchbook 및 Crunchbase: 스타트업 투자 내역, 인수·합병 정보 (GetMyBoat & 경쟁사)
- Statista: Global boat sharing platforms market size, revenue, and usage stats
- TechCrunch (2021): Yamaha acquires GetMyBoat to expand digital marine services
- Yamaha Motor USA 뉴스룸: <https://www.yamahamotorsports.com>
- YouTube / SNS: 사용자 후기 기반 보트 체험 콘텐츠



OCEAN TECH 2020

총론

해양수산 과학기술이 만드는 바다의 미래

1장 해양

상업용 나노위성 발사 성공이 필요한 시점
미래 탐사 장비의 핵심, 부품과 장비의 국산화
항만 유휴부지, 디지털 전환공간으로 활용
스마트한 바다를 위해 필요한 빅데이터 플랫폼
21세기 연금술, 홍합으로 생체접착재 만들다

2장 수산

세계 최초 외해 가두리 양식장 운영의 비결
리빙랩의 전략은 GPS 기반 플랫폼 개발로 모아진다
소비자의 마음을 읽는 데이터 기술, 유통 시스템 덕분에
재료에서 완제품까지 어구 시스템이 가능했던 까닭은
성공적인 비즈니스 플랫폼과 생태계 조성이 핵심이다
수산시장, 딜리버리 마켓에 올라타다

3장 물류

최고의 인력과 투자, 융복합 협업이 경쟁력이다
무인 자동화에 더해 항만 전용 에코 시스템까지
컨테이너는 랜선 위에서 움직인다
항만도시의 정체성과 가능성에 주목하다
미래 연료의 경제성은 탄소배출권과 탄소세가 좌우한다
거래비용 '제로(0)'로 랜선 위 컨테이너를 움직여라



OCEAN TECH 2021

총론

기술이 여는 바다의 미래 국내외 시장 동향 및 향후 전망

1장 해양수산업의 디지털전환

항만 장비, 자동화에서 자율화로
4차 산업혁명과 수산 양식업의 융합
암흑의 바다 속을 자유롭게 누비는 수중로봇
빅데이터로 선박의 문제를 사전에 예측하다

2장 지속가능한 해양환경과 신산업

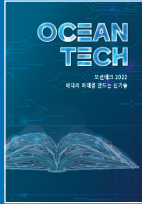
선박청소도 이제 자동로봇이
해양수산 부산물... 건강식품에서 암치료까지
세상에 없던 대체 수산물 시장을 만들다
바다의 쓰레기를 자원으로, 폐그물에서 나일론을 추출하다

3장 해양수산 정보와 플랫폼

생활 속으로 스며드는 메타버스 해양 정보
해운물류 플랫폼, 시장 지배력과 공정의 가치
신개념 선박의 등장과 메타버스 선원교육
새로운 수산물의 거래방식을 제시하다

4장 국내외 해양수산 스타트업

팽창하는 해양경제, 중심에 선 블루테크 클러스터(미국 서안)
환경규제를 새로운 기회로, ESG 해양 스타트업



OCEAN TECH 2022

특별기고

인류의 미래를 위한 해양과학기술

1장 편리한 바다를 만드는 기술

미래 해양·연안도시 개발 기술

해양·레저 장비 개발 선도 기업

세계 일주 자율운항선박 개발

수산업 종사자 안전 웨어러블 로봇 기술

2장 안전한 바다를 만드는 기술

첨단 해난사고의 구조기술·장비 운영블록체인 기술이

바꿀 물류의 미래

선박 데이터 기반 물류 플랫폼 개발

AI 기반 해양 재난·재해 예측 기술

3장 풍요로운 바다를 만드는 기술

수산물 가공·포장 로봇시스템 선도 기업수산물부산물 100%

활용 기술과 자원화미세조류로 의약품과 건강보조제

개발바이오경제시대를 여는 해양합성생명공학기술

4장 건강한 바다를 만드는 기술

연안침식 대응 기술과 적응사례

세계 최초 탄소제로 항만 개발

해양쓰레기 수거 처리 첨단 기술

e-DNA 활용 해양생태계 관리



OCEAN TECH 2023

특별기고

지금의 바다, 내일의 바다

1장 블루 이코노미

갯벌의 숨겨진 보물, 한국형 블루카본

오크니 제도에 해양실증센터를 둔 이유

21세기형 친환경 항만도시 재생사업

세계 최초 파력발전소, 스페인 무트리크

이것이 마린산업의 성공방정식이다

2장 블루 푸드테크

대구 갯길로 상채 피복제도 만들고

해조류 불모지에서 산업을 만든다

바이오마르 60년 성장 스토리를 읽다

인간과 지구를 살리는 청정수산물 크릴

파마마와 시젠의 바이오 신약 개발기술

10년 만에 수산 유니콘 기업이 되다

3장 오션 모빌리티

머스크 라인의 넷제로 기술과 경영전략

그 회사가 세계 최대 크루즈 조선소가 되기까지

빅테크 기업의 자율운항기술 개발과 상용화

칸델라의 전기 추진 보트가 특별한 이유

정지궤도 위성과 저궤도 위성의 동거시대



OCEAN TECH 2024

총론

해양수산 과학기술이 만드는 바다의 미래

1장 AI 활용과 미래 전망

터그 보트 시장으로 확대되는 친환경·자율운항 시스템
선박과 컨테이너 데이터를 비즈니스 모델로 만든 기업
수산 양식장에 밀려드는 인공지능(AI) 활용 기술
해양플랜트 서비스 시장의 절대 강자 테크닉 Energies 성장전략

2장 오션테크 혁신

400년 은광도시 기업은 어떻게 선박 디지털 선도 기업이 되었나
선박의 이상 유무를 미리 알려 드립니다
역발상 기술 비즈니스, 육상으로 올라간 요트 마리나
해양재생에너지를 이용한 그린수소 생산

3장 푸드·바이오테크 혁신

동물 복지에서 제품 생산까지 글로벌 퍼스트 무버가 되기까지
미 이용어를 이용하여 가정 배달 밀키트를 개발하다
탄소를 줄이는 글로벌 기업의 담대한 도전과 시범 프로젝트
산학연정이 주도하는 유럽연합 해조류 ‘그린 딜 프로젝트’

OCEAN TECH

바다의
미래를 만드는
신기술



9 781194 055020
ISBN 979-11-94055-02-0