

해양자원 개발 및 신산업정책 사례 연구

2020년 5월

해 양 수 산 부
임 창 현



목 차



| | |
|-----------------------------|-----|
| I. 서론 | 5 |
| II. 해양자원 개발 | 9 |
| 1. 해양수자원 개발·이용 | 9 |
| 2. 해양생물을 이용한 해양바이오·관광 | 21 |
| 3. 해양에너지 개발 | 42 |
| 4. 해양광물 채취 | 63 |
| III. 4차산업과 연계한 해양신산업 | 76 |
| 1. 친환경 선박 | 76 |
| 2. 스마트 항만 | 89 |
| 3. 첨단양식 산업 | 96 |
| IV. 우리나라 관련 정책 현황 | 104 |
| V. 시사점 및 정책 제언 | 107 |
| VI. 결론 | 109 |
| VII. 참고문헌 | 110 |

국외훈련 개요

1. 훈련국 : 미국
2. 훈련기관명 : 서던캘리포니아 대학교
(The University of Southern California)
3. 훈련분야 : 해양자원 개발 및 신산업정책 사례 연구
4. 훈련기간 : 2018.6.11. ~ 2020.6.10

훈련기관 개요

Southern California University(USC, SC 또는 Southern Cal)는 캘리포니아 로스앤젤레스에 있는 사립 연구 대학이다. 1880년에 설립되었으며, 캘리포니아에서 가장 오래된 사립 대학이다. 2018-19학년도에는 4년제 학부 과정에 20,500명의 학생들이 재학중이며, 비즈니스, 법률, 공학, 의학을 포함한 다양한 프로그램에 28,000명의 대학원생 및 전문 학생이 있다.

예술, 기술 및 국제 비즈니스의 글로벌 센터로서 USC가 제공하는 다양한 교과 과정은 학제 간 연구 및 고급 학습 레벨에서 주요 연구자들과의 협력 기회를 제공한다. 2020년 대학 종합 순위에서 월스트리트 저널과 Times Higher Education은 1,000 개 이상의 공립 및 사립 대학교 중 USC를 18위에 랭크하였다. 공립 및 사립을 포함한 모든 캘리포니아 기관 중 USC, Caltech 및 Stanford University만이 상위 20위 안에 들었고, 미국 서부 150개 대학 중 USC가 3 위를 차지했다.

USC는 미국에서 가장 풍부한 재정적 지원시스템을 가지고 있으며, 이를 통해 3억 3,700만 달러 이상의 장학금 및 지원을 제공한다. 4,000명의 혁신적인 학자, 연구원, 교사 및 멘토로 구성된 USC의 유명한 교수진은 5명의 노벨상 수상자 및 MacArthur "Genius" Award, Guggenheim Award, National Arts of the Arts, National Humanities Medal, 국가 과학상, 기술 혁신 상, 풀리처 상 등 다방면의 수상자를 배출해 왔다.

USC는 로스앤젤레스시에서 가장 큰 민간 고용주로 로스앤젤레스와 캘리포니아에 약 80억 달러의 경제적 영향을 미친다. LA 중심부에 위치한 USC의 University Park 캠퍼스는 교육·예술의 중심이며, 다운타운의 북동쪽에 있는 건강 과학 캠퍼스에는 USC의 Keck School of Medicine, 약학 대학, 3개의 주요 교수 병원, 직업 과학 및 산업 치료 및 생체 운동 및 물리 치료 프로그램이 있다. USC는 Marina Del Rey, Orange County, Sacramento, Washington, D.C., Catalina Island, Alhambra 및 Southern California 주변에 프로그램과 센터를 운영하고 있다. Keck School of Medicine의 USC 교수진이 근무하는 로스 앤젤레스 어린이 병원은 종종 USC의 세 번째 캠퍼스라고 불린다.

USC 가격 국제 공공 정책 및 관리 프로그램 (IPPAM)은 3년 이상의 경력이 있거나 국제적 환경에서 일하는 데 관심이있는 중급 국제 전문가 및 미국 전문가를 위해 설계된 석사 학위 프로그램이다. 학생들은 전국 및 지방 정부 기관, 비영리 서비스 제공 업체, 국제 비즈니스 회사, 교육 기관, 미디어 조직 등에서 폭넓게 참여한다. 매년 코호트 학생들은 중국, 대만, 일본, 한국, 카자흐스탄, 사우디 아라비아, 미국 등 10-12 개 국가를 대표합니다. 다른 국가로는 태국, 인도네시아, 필리핀, 미얀마, 아프가니스탄, 파키스탄, 이란, UAE, 쿠웨이트, 에티오피아, 칠레 및 콜롬비아가 있다.

IPPAM 커리큘럼은 분석 기술을 개발·결합하여 정책 결정 및 관리 기술을 평가하여 창의적인 정책과 프로그램을 구현하고 이를 선도한다. IPPAM 과정은 32개월로 구성되며 18개월에서 2년의 학습 기간을 이수 할 수 있다. 프로그램 기간은 개별 학생의 배경, 교육 목표 및 경력 경로와 학생이 처음 프로그램에 입학하는 학기에 따라 다르다. 학생들은 18 개 핵심 과정(통계, 경제, 정책 분석, 프로그램 및 정책 평가)과 14 개 선택 과목을 전문 분야에서 선택한다. 전문 분야는 특정 부문(보건 정책 및 관리, 환경 지속 가능성, 도시 인프라 관리, 교통 계획, 교육 정책 및 관리, 국제 개발 및 국제 무역) 또는 기술 개발 영역(공공 정책, 공공 재정, 협상 및 합의 구축, 분석 방법, 리더십 및 관리)을 포함한다.

IPPAM 프로그램은 또한 국제 공무원 및 기타 저명한 전문가와의 교류 기회, 멘토 교수의 지도 하에 학생 프리젠테이션을 갖춘 세미나, 경력 개발 활동, 팀 활동, 다른 유학생과의 교류 등 학문적이고 전문적인 활동을 제공한다. 이를 통해, 국가 또는 국가 차원에서 공공 정책을 개발하고 이행하는 데 관련된 과정을 이해하고, 정책 변화를 이끄는 힘과 공공 정책이 어떻게 구성, 구현 및 평가되는지 파악할 수 있는 능력을 배양한다. 다양한 국가의 인구 통계, 거버넌스 및 경제에 대한 비교 지식을 보유하고 이러한 차이가 국가 정책 및 시장 환경을 어떻게 구성하는지 이해한다. 시민과 기타 비 국가 행위자(기업, 미디어, 옹호 단체)가 프로세스에 미치는 영향을 고려하면서 국제 수준에서 정책 수립 및 협상의 역학을 이해하고 국제 포럼에서 국가를 대표 할 수 있게 된다. 아울러, 정책 문제를 식별 및 정의하고, 정책결정 요인과 결과, 정책 환경을 포괄적으로 이해하고, 대안을 설계·평가하며, 정책 의사 결정자에게 정보에 근거한 해결방안을 제시한다.

I. 서론

최근 세계는 기후 변화로 인한 환경 파괴와 이상기온 현상의 일상화, 코로나 바이러스의 발생과 확산, 미국과 중국의 무역전쟁 등 여러 가지 굵직한 사건들이 이어지면서 기존의 세계 질서가 새롭게 재편되고 있는 상황이다. 특히, 경제적인 분야에서도 AI 등 4차 산업혁명을 필두로 한 기술의 눈부신 발전은 기존 산업들과 직업을 완전히 재편할 수 있는 힘을 가지면서 각 국가와 기업, 국민들에 새로운 경제적 기회와 위기를 함께 제공하고 있다.

우리나라도 문재인 정부 출범과 함께 혁신 성장을 주제로 갈수록 치열해지는 국가 간 경쟁과 4차 산업혁명과 연계된 새로운 시장을 선점하기 위한 노력을 확대하고 있다. 4차 산업혁명은 전기자동차 등 새로운 분야의 발전 뿐만 아니라 자동차·에너지·조선·해운·항만 등 기존의 산업 분야에도 적용되어 생산성과 부가가치를 높이고 경제 성장의 동력으로 계속해서 경쟁력을 유지할 수 있게 만들 수 있다.

이러한 관점에서 지구 환경을 지키면서도 지속가능한 경제 발전을 이룩하고 새로운 혁신 성장의 보고로서 해양의 가치도 새롭게 주목받고 있다*. 미국, EU, 중국, 일본 등 세계 각국은 해양의 중요성을 재평가하고 있으며, 미래 성장동력으로 해양수산업을 전략적으로 육성하기 위한 국가 차원의 로드맵을 마련하고 분야별 정책적 지원을 대폭 확대하고 있다. 해양수자원, 광물자원, 해양생물 등 바다와 관련된 미래 자원을 보존하고 활용하기 위한 각국의 노력과 경쟁 심화되고 있는 상황이다.

* 세계 해양수산업의 부가가치는 '10년 약 1.5조 달러 → '30년 약 3조 달러 규모로 성장할 것으로 전망(OECD, '16)

이에 발맞추어, 문재인 정부와 해양수산부에서는 새정부 국정과제 등에서 “해양자원개발과 신산업육성을 통한 일자리 창출”을 주된 과제로 추진 중이며, 「해양수산 신산업 육성 종합대책」(14), 「해양수산 R&D 산업화 촉진전략」(16) 수립 등 정부 차원의 대책을 마련하고 신산업 발굴 및 산업생태계 조성 추진 중이다. 특히, 4차 산업혁명에 대비하여 해양자원에 대한 정부정책과 신산업 연계

사례를 연구·분석을 통해 산업영역 확대와 혁신성장, 해양수산업 관련 일자리 창출을 추진 중이다.

2020년 현재 해양 부문은 역사적인 변곡점에 있다. 새로운 도전과 기회에 직면하여, 해운항만 등 기존이 해양 산업은 미지의 바다에서 항해할 준비를 해야 한다. 지금으로부터 20년 후, 오늘날 건조된 선박들은 여전히 전 세계 바다를 항해하고 있을 것이지만, 규제, 배출 기준, 기술, 지정학, 연결성, 그리고 많은 다른 요소들은 크게 변화해 있을 것이다. 유엔 무역개발회의(UNCTAD)는 최근 발간된 2019년 해상교통심의회에서 이러한 예상 변화 중 일부를 상세히 설명했다. UNCTAD에 따르면, 지역화된 무역 흐름에 유리한 공급망 구조 조정, 물류에서의 기술과 서비스 분야의 비중 강화, 강화되고 빈번한 기후 관련 파괴 현상, 그리고 가속화된 환경 지속가능성 시대와 같은 추세에 의해 특징지어지는 '새로운 정상(new normal)' 현상 등이다.

예를 들어, 해운업과 관련하여 컨테이너 운송 분야는 독과점 구조가 더욱 심해지고 기업간 합병으로 인한 수직적 통합이 가속화되는 시장 불균형과 국제적 기준에 의해 점점 더 엄격해지는 배출 기준의 도전 등이 해운업계에 매우 큰 압박을 가하여 변화를 강제하고 있다. 기업 간 합병과 협약을 통해 선사는 선대 운영의 효율성을 높일 수 있으며 연구개발 분야에 대한 과감한 투자로 다른 선사들과의 경쟁에서 앞서 나갈 수 있다. UNCTAD 보고서에 따르면 해운업계는 통합의 길을 계속 갈 것으로 예측한다. 따라서, 앞으로 해운업이 살아남기 위해서는 환경적인 영향을 최소화하면서 변동성 있는 시장 상황에 유연하게 대응할 수 있는 운영 기술이 반드시 요구된다. 또한, LNG 선박에 대한 투자 등 미래 연료와 연소 저감 기술을 끊임없이 시험하고 개발해야 한다.

빅데이터에 기반한 데이터 연결과 항해기술의 발전은 미래 산업에 대응하는 효과적인 방법이다. 한 예로, 연결된 ECDIS(Electronic Chart Display and Information System)를 기반으로 개발된 FOS(Fleet Operations Solution)는 클라우드 컴퓨팅을 통한 운영 개선, 계획, 날씨 라우팅, 연료 소비 및 선박 속도를 최적화하기 위한 머신 러닝(Machine Learning), 데이터 분석, 육상 모바일 애플리케이션과의 호환 등을 통해 시장 경쟁력을 높인다.

국외훈련 국가인 미국은 해양자원관리의 전 세계적 선진국가로 체계적 계획 수립, 지원방안 등 관련 정부정책 선진 사례를 다수 보유하고 있어 해양자원개발의 전문지식과 노하우 습득과 산업계 연계 벤치마킹이 가능하다. 미국은 하와이 주립 자연에너지연구소(NELHA)를 중심으로 해양심층수 연구와 실용화단지가 형성되어 있어 고부가가치 극대화를 위한 기술과 제품개발이 활발하게 이루어지고 있고, 해양심층수 등을 활용한 다양한 제품이 출시*되어 기업에서 판매되고 있으며 심층수활용 에너지정책에도 적극 참여하고 있다.

* 코나디프(Kona Deep)가 대표적인 기업으로 해양심층수 미네랄 제품을 제조

미국, 유럽, 중국 등 세계 각국의 해양자원 개발과 이용·보존, 해양신산업 육성을 위한 다양한 정책을 연구하고, 다양한 선진국과 발전국가들의 사례를 분석하고 벤치마킹하여 우리나라 현실에 맞는 해양정책 수립에 활용할 수 있다.

해양수자원과 관련, 미국은 해양심층수자원을 활용하여 표층-심층 온도 차이를 이용해 전력을 생산하는 온도차 발전 연구, 새우, 조개, 흑전복 양식 활용연구 등이 활발히 이루어지고 있으며, 일본은 국가와 지자체 주도로 과학기술청과 일본해양과학기술센터에서 주도적으로 해양심층수 상품을 개발, 식품, 주류, 스파, 화장품 다양한 분야에 이전하고 있다. 대만은 심층수 제조산업 응용개발, 관광·레저단지(화렌단지) 조성, 고급 미네랄 추출을 위한 기술개발 등을 추진(미국, 스페인 등과 협력 추진)하고 있으며, 프랑스는 심층수를 통한 해수온도차 발전을 최초로 제안하고, 2008년부터는 해수온도차 연구전담팀을 구성하여 성능평가 실험을 시작하였으며 향후 실용화 플랜트 설치 및 남태평양 타이티 섬에 5MW해수온도차 발전 연구서 건설을 계획하고 있다.

해양광물자원 분야에서, 미국은 영국에 자회사를 설립(12)하여 망간단괴 독점 광구를 확보하고 상업개발을 추진하는 방법을 지속적으로 모색하고 있으며, 일본은 망간단괴 독점 탐사광구를 확보(87), 정밀 탐사를 지속수행중(10~15)이며 자국 EEZ내 해저열수광상탐사를 수행하고 상업화할 계획이다. 캐나다는 노틸러스社의 자회사 설립을 통해 망간단괴 독점광구를 확보하고, 파푸아뉴기니 EEZ내 해저열수광상 개발광구에서 상업개발을 추진할 계획(18)이며, 중국은 망간단괴 독점 탐사광구 및 해저열수광상 독점탐사광구를 확보(11)하여 지속적인 탐사

를 수행하였으며, 영국 심해저 채광로봇회사를 인수(15)하였다. 이 밖에도, 독일과 프랑스는 독점탐사광구 확보 이후 민관 컨소시엄을 통한 파일럿 채광시스템을 개발(~22)하고 있다.

해양신산업 육성과 관련하여 중국은 국가해양국에서 해양총생산의 GDP 점유율을 2020년 20% 수준까지 높인다는 계획을 세우고 관련 정책을 추진중이며, EU는 2010년 해양산업 부가가치액 4,850억 유로(약 725조원, 전체 GDP의 4%)를 2020년까지 5,900억 유로(약 787조원)까지 늘릴 계획이다.

이하 보고서에서는 해양수자원 관련 정부정책 사례와 스파, 레저, 관광, 의료 등 다양한 활용분야 발굴과 선진기업 기술개발 성공사례 등을 분석할 것이다. 또한, 심해저광물자원 관리와 상업화를 대비하기 위해 기 마련된 법·제도를 검토하고 실제 활용 사례 연구를 통해 해양자원에서 나아가 새로운 일자리 창출과 상업화 가능한 분야를 발굴하고 해양신산업 분야를 제시할 것이다. 해양신산업 육성과 관련한 주요 국가 사례를 분석하여 4차 산업혁명 기술과 연계한 해양자원 개발, 새로운 해양산업 분야 개척 등 관련 정책과 사례를 수집·분석하고자 한다. 이러한 사례들을 바탕으로 선진국 사례와 비교한 우리나라 해양자원 보존, 활용 정책 비교 및 문제점을 분석하고, 국제적인 협력과 경쟁 속에서 해양자원 개발과 활용, 해양신산업 육성에서 우리나라의 정책 방향을 제시할 것이다.

이러한 분석 자료를 통해 해양자원 개발 및 이용에 관한 선진사례를 벤치마킹하여 우리나라 해양자원 관련 정책을 진단하고 선진국 사례를 기반으로 기 수립된 정부정책의 미흡한 점을 보완하고, 새로운 단계로의 진입을 위한 향후 로드맵 설정에 활용할 수 있다. 신정부의 신재생에너지 정책에 부합하여 환경친화적인 전력 생산 방식인 해양신재생에너지의 선진 사례 연구와 활용이 가능하다.

4차 산업혁명과 연계한 신기술을 활용하여 수자원과 광물자원 등 관련 해양수산 신산업 사례 분석으로 새로운 산업영역 확대와 관련 일자리 창출에 기여할 수 있다. 아울러, 미국, 중국, 유럽 등 세계 각국이 해양자원 개발과 이용에 심혈을 기울이고 있는 상황에서 국제적인 주도권을 확보하고 국가 간 협력 증진에도 보탬이 될 것이다.

II. 해양자원 개발

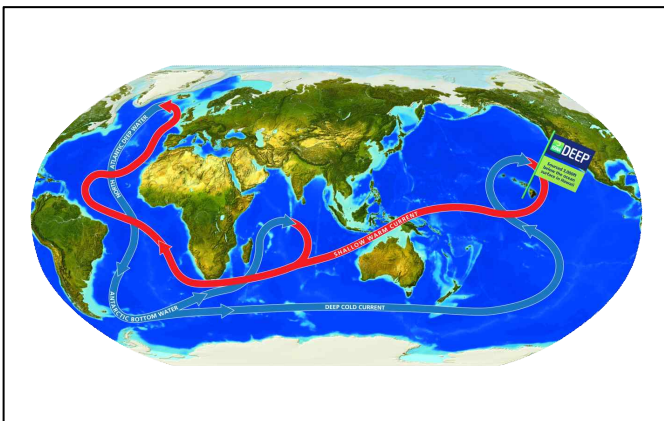
1. 해양수자원 개발·이용

심해수(Deep Ocean Water)는 지구의 대양 표면 아래에서 발견되는 차갑고 짙은 물을 통칭한다. 해수는 온도와 염분이 다르며, 따뜻한 지표수는 일반적으로 차갑고 염분이 심하다. 반대로, 극지방에서는 해수의 상층이 차갑고 신선하다. 심해의 물은 대양 부피의 약 90 %를 차지하며, 온도는 0~3도로 매우 균일하다. 또한, 해양학자들에 의하면 염분은 약 3.5% 또는 35ppt(1,000분의 1)로 평가된다.

대표적인 심해수로는 하와이 자연 에너지 연구소(Natural Energy Laboratory of NELHA)와 같은 특수한 장소에서 연구, 상업 및 상업 활동에 응용하기 위해 약 900 미터(3000ft) 깊이의 물을 지표면까지 끌어당긴다.

심해수와 표면 해양수의 차이를 보면, 심해류(Thermohaline Circulation이라고도 함)는 다음에 의해 발생한다.

< 해류의 흐름과 3,000ft 이하의 Deep Ocean Water >



(출처 : NELHA 홈페이지, <https://nelha.hawaii.gov>)

해수 밀도는 온도와 염도의 차이로 인해 세계적으로 다양하다. 지표수는 태양에 의해 가열되고, 따뜻한 물은 차가운 물보다 밀도가 낮다. 마찬가지로 담수는 짙은 물보다 밀도가 낮다. 북쪽 위도에서는 지표수가 극도로 차가운 공기로 냉각된

다. 이 시원한 물은 바닥의 물보다 더 밀도가 높아져서 가라앉을 수 있다. 많은 양의 시원한 물이 가라앉고 운반되면 열화상 순환이 일어나는데, 열화상 순환은 온도와 염도의 변화로 인한 밀도 구배에 의해 이루어진다. 지구의 자전 또한 깊은 해류에 영향을 미친다. 일반적으로 풍류(風流)가 상해를 지배하고 있으며, 열화상 순환은 심해의 이동을 견인한다.

그 결과 깊은 해류와 표면 해류가 섞이지 않는다. 심해수의 순도는 빛과 문명의 손길이 닿지 않은 상태로 남아 있으며, 열전선층(위나 아래의 층에서보다 깊이 있게 온도가 더 빠르게 변하는 큰 물체 속의 얇지만 뚜렷한 층)을 지나야만 접근할 수 있다.

심해수가 지표면으로 유입되면 다양한 용도로 사용될 수 있다. 가장 유용한 특성은 온도이다. 지구 표면에서 대부분의 물과 공기는 3도 이상인데, 온도의 차이는 에너지의 차이를 나타낸다. 에너지 차이가 큰 경우, 공학기술을 적용하면 인간이 생산적으로 사용할 에너지를 만들어 낼 수 있다. 냉수의 가장 간단한 사용은 냉방이다. 냉수 자체를 사용하여 공기를 식히면 압축기가 전통적인 냉장방식에 사용하는 에너지를 절약 할 수 있다. 또 다른 용도는 고가의 담수화 설비를 대체하는 것이다. 차가운 물이 습한 공기로 둘러싸인 파이프를 통과하면 결로 현상이 발생하고, 응축수는 순수한 물로 사람이 마시거나 농작물 관개에 적합한 물로 사용할 수 있다. 또한, 해양 열 에너지 변환이라는 기술을 통해 온도 차이를 전기로 전환 할 수 있습니다.

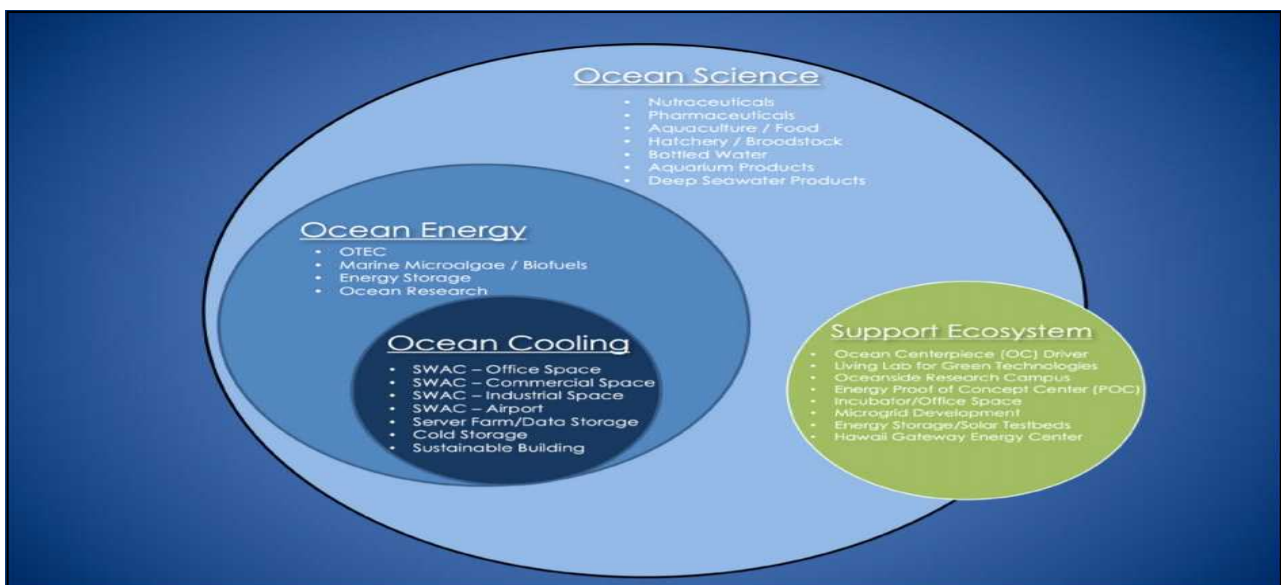
아래에서는 미국 내에서도 대표적으로 해양심층수를 생산하여 활용하고 있는 주정부 산하의 하와이 NELHA(National Energy of Hawaii Authority) 사례를 먼저 살펴볼 것이다. 그리고, 정부 차원의 연구와 지원을 통해 민간에서 해양심층수를 생산하고 상업화에 성공한 KONA Deep Water 사례를 들여다 볼 것이다. 그리고, 마지막으로 제3섹터인 ASDF(Americas Sustainable Development Foundation), 즉 미주지역의 지속가능발전재단에서 주요 임무중의 하나로 추진하고 있는 깨끗한 물 마시기 미션의 일환으로 해양심층수가 어떻게 추진되고 있는지를 알아볼 것이다.

(1) NELHA (정부)

하와이 주립 자연에너지연구소(NELHA)는 하와이 주, 특히 서부지역 하와이에 경제개발과 전략적 기획을 담당하는 임무를 맡은 해양과학기술 전문단지다. HOST Park은 하와이 섬의 카일루아코나에 있는 Keahole Point에 있는 870에이커로 구성되어 있다. NELHA는 키홀 포인트에 있는 실험실 현장의 고유한 자원을 이용하는 연구, 개발, 사전 상업 및 상업적 기업, 특히 태양의 조사뿐만 아니라 해안 가까이에서 접근 가능하고 깨끗하고 차가운 심해수 등을 개발하고 지원하기 위해 만들어졌다.

NELHA의 주요 임무는 해양심층수 등을 이용한 해양에너지 및 해양 관련 연구, 교육, 상업 활동을 위한 자원과 시설을 환경적·문화적·자연친화적인 방식으로 제공함으로써 미국 내 하와이 주의 경제를 발전시키고 다양화하는 것이다. 중점 분야는 해양과학, 해양에너지 및 저장, 해양냉각이다. 오늘날, 해수 시스템에 대한 다른 용도는 다른 주요 자원인 태양과 연계하여 필요한 프로젝트들을 포함하고 있다. 여기에는 주로 신약 및 어류/해저 부화에 대한 녹조 생산, 물 담수화, 태양열 에너지 생산과 같은 청정에너지 연구 개발, 바이오 연료에 대한 녹조 성장, 해수 에어컨 등이 포함된다.

< NELHA의 주요 임무 >



(출처 : NELHA 홈페이지, <https://nelha.hawaii.gov>)

기관의 역사를 살펴보면, 해양과학과 첨단 에너지의 경제개발 공간에 대한 "퍼스트 무버"로서 하와이 주, 연방 및 카운티 하와이 주에 의해 공동으로 투자·설립되었다. 특히, 하와이 주는 1974년부터 1억 달러 이상을 투자하여 신홍 재생 및 해양 기반 기술의 독특한 야외 시연 장소인 HOST Park를 만들었다. 동 지역은 미국 해안 지역에서도 태양의 일사량이 가장 높은 지역에 속하며, 3개 세트로 이루어진 파이프라인이 최대 3000ft 깊이에서 심해수와 청정해면수를 공급한다. 설립으로부터 약 30년이 지난 2000년대 초반부터 NELHA는 하와이 주 경제 발전을 위한 핵심 기관으로서의 본격적인 위상을 갖추게 되었다.

시설 면에서, NELHA의 자산은 광범위한 사업 연구, 상업 및 교육적 응용을 위한 지원 시설, 기반 시설, 청정·천연 자원 및 임대 가능한 토지의 고유한 권한을 포함한다. NELHA는 태평양 지역의 에너지 활용 연구, 실증, 시험 및 평가, 청정에너지 기술 보급 등을 위한 독특하고 독자적인 장소를 보유하고 있다. NELHA는 주요 임무와 관련한 최신 기술 연구를 위한 태평양 지역 국제적인 지원체계를 구축·유지하고 있으며, 하와이라는 전략적 위치는 해양자원을 활용한 이상적인 청정에너지 연구개발 장소로 위상을 확고히 하고 있다.

< NELHA가 가지고 있는 주요 시설 >

| | |
|-------|--|
| 주요 시설 | <ul style="list-style-type: none"> • 세계에서 가장 큰 해수 시스템 • 13만 gpm 이상의 해수 펌핑이 허용된 마스터 • 설치 용량은 90,000gpm • 최대 3,000ft 깊이까지의 심해 파이프라인 3개 • 80피트 깊이의 해수 파이프라인 3개 • 99.999%의 가동 시간 |
|-------|--|

NELHA는 세계 최대 규모의 해수 유틸리티를 운영하고 있으며, HOST Park 전역에 청정 지역과 심해 바닷물을 제공한다. 또한, 공원 전체에 걸쳐 3개의 주요 펌프실과 4개의 주요 백업 발전기, 그리고 광범위한 해수 파이프라인 분배 시스템을 운영·유지하고 있으며, 하와이 대학의 수중 연구소를 통해 모든 심해 배관을 3,000피트 깊이까지 조사하였다. 현재도 이 파이프라인이 정상적으로 작동하는지 확인하기 위해 5년마다 한 번씩 다시 조사한다.

< 주요 파이프라인 목록 >

| PIPELINE DESCRIPTION | DEPTH (ft) | SURFACE SEA WATER | DEEP SEA WATER |
|----------------------|------------|-------------------|----------------|
| 40-inch diameter | 2,210 | | 13,400 GPM |
| 28-inch diameter | 69 | 9,700 GPM | |
| 18-inch diameter | 2,060 | | 3,000 GPM |
| 24-inch diameter | 33 | 5,400 GPM | |
| 55-inch diameter | 3,000 | | 27,000 GPM |
| 55-inch diameter | 79 | 40,500 GPM | |

NELHA의 활동과 관련하여 가장 중요한 것 중의 하나는 민간 분야와 협력하여 사업성이 높은 분야를 적극적으로 발굴하고 상업화한다는 것이다. 대표적인 예로, 해양심층수와 관련하여 코요 USA는 2003년부터 NELHA에서 상업적으로



정수된 심해 식수를 생산한 최초의 세입자로, 상표가 붙은 NELHA 로고를 신규로 사용 허가해 100% 심해수원으로 인증하였다. 코요 USA는 현재 30에이커의 부지에서 100% 하와이 심해로 구성된 생수 제품 '마할로'를 해양심층수에 대한 수요가 높은 일본 소비시장 등에 수출하고 있다. 이

처럼, NELHA는 연구활동과 연계한 비즈니스 창출에 적극적으로 참여하고 기업들을 지원하고 있다. 아래 표와 같이, NELHA는 HOST Park에 있는 45개 이상의 비즈니스 분야 고객들에게 많은 서비스, 자원, 전문지식을 제공한다.

< NELHA의 비즈니스 제공 분야 >

| SERVICES | RESOURCES | EXPERTISE |
|--|--|--|
| NELHA services are tailored to fit each business in HOST Park. | NELHA is uniquely suited as a test bed for clean energy and ocean science opportunities | NELHA provides a wide variety of support to business in HOST Park. |
| Research Campus: Located near the shoreline on Keahole Point the six-acre Research Campus consists of over 4,000 square feet of laboratory space, outdoor wet laboratory, conference rooms, restrooms and both covered and open industrial storage space. | Site Conditions: Planned master permitted subdivision includes a full range of infrastructure: access roads, potable water, underground telecommunication/electric lines, ocean water, intake and distribution pipes, pumping stations, disposal systems, and groundwater quality monitoring wells. | Water Quality Laboratory: The Lab is staffed with a professional chemist and provides a commitment to excellence combined with a wide array of analytical instruments to generate data of maximum quality. The lab has become a benchmark for environmental water quality analysis for ocean water. |
| Ocean Water Systems: NELHA is a seawater utility and is master-permitted to pump over 100,000 gallons per minute of pristine surface and deep ocean water within HOST Park. | Ocean Environment: The steep ocean bottom gradient makes possible the tapping of deep, cold waters at depths ranging from 50 to 3,000 feet. This ocean water is of significant purity and has a high nutrient content. | Scientific and Cultural Support is provided in the fields of biosecurity, ocean sciences and ocean energy applications. In addition, there are established cultural and business links to Asia and other Pacific countries. |
| Office Space: Several buildings within the Research Campus and the Hawaii Gateway Energy Center along Queen Kaahumanu Highway provide office space for businesses located in Host Park. | High Solar Insulation: In the lee of three major mountains, NELHA receives approximately 10 inches of rainfall annually and offers the highest solar insulation of any coastal site in the United States. | Technical Support is provided by engineers, electricians and mechanics. In addition, NELHA works closely with the Friends of NELHA to offer educational tours and information on clean energy projects. |

최근에는 비에너지 관련 개발과 상업화 전략이 대폭 증가하고 있으며, 중심 분야는 바닷물의 2차 사용을 위한 다른 여러 용도를 개발하는 것이다. 이런 점에서 이들 해양과학 사업은 항상 HOST Park에서 중요한 역할을 담당하고 있다. 새로운 해양 과학 프로젝트는 열적 수족관, 부화관, 그리고 독특한 해수 시스템에 근거하여 전통적인 양식업이 불가능한 지역의 새로운 양식기법 개발 등 미래 잠재적인 고성장 분야이다.

HOST Park 전 지역은 사실상 무제한의 차가운 심해수와 따뜻한 바닷물을 이용할 수 있다는 점을 감안할 때 모든 양식업(마이크로알개, 매크로알개, finish, 조개)이 번창할 수 있는 조건을 갖추고 있다. 앞으로도 이 지역은 심해수, 교통, 고단열 등 HOST Park의 천연자산을 기반으로 하는 녹색기술의 세계적인 생활실험실이자 대표지가 될 전망이다.

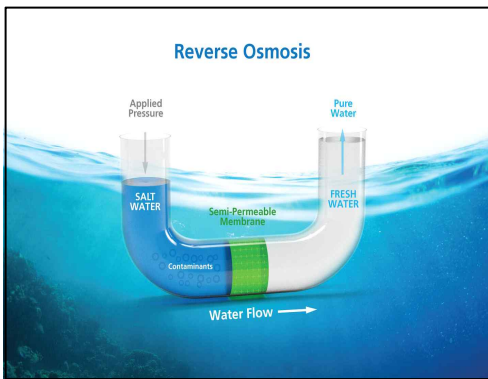
(2) KONA Deep Water (민간)

| |
|---|
| Deep Ocean Water responsibly harvested off the coast of Kailua-Kona, Hawaii 하와이 카일루아코나 해안에서 책임감 있게 수확한 심해수 |
|---|

KONA Deep Water는 인간 세계에서 가장 멀리 떨어져 있고 정부로부터 보호 받는 섬 중의 하나인 지역에서 수면 아래 3000ft 깊이의 해류에서 나오는 물을 이용한다. 이 심해류는 매우 느리게 이동하며, 1,000년이 넘는 시간 동안 세계 반 바퀴를 돌아 하와이 앞바다에 도착한다. 이러한 과정에서 이 깊은 바닷물은 해저 화산 분출물과 많은 양의 이온으로 충전된 전해질과 미량 광물을 흡수하게 되며, 이것이 코나 딥의 자연적인 생성 부분이다.

Big Islands 지역은 암초가 형성되지 않는 지형을 가지고 있고, 그 결과 코나 하와이 해안에서 바로 떨어진 해저면은 지표면 아래 3,000ft 이상으로 급격히 떨어진다. 코나에 있는 이 깊은 바닷물에 접근해서 그 근원에 가까운 물을 생수병을 넣을 수 있게 하는 것은 바로 이러한 지질 현상의 특성 때문이다.

코나 딥은 음료 경험이 없는 몇몇 하와이 사업가들과 함께 시작되었는데, 지구 환경이 급변하고 있는 상황에서, 한정된 육지 상수도를 바탕으로 미래 세대에 깨끗하고 안전한 식수를 제공하는 것이 어려울 수 있다는 인식에서 출발하였다. 전 세계 물의 97%가 바다로부터 왔고, 이 공급을 효율적으로 활용할 수 있는 방법을 찾았는데, 하와이에 있는 순수한 Deep Ocean Water에 접근할 수 있는 방식을 개발하여 이를 상업화한 것이다. 현재, 이 기업은 하와이의 현지 지역을 넘어 미국 본토에 전국적으로 분포하고 있으며 국제적으로 시장을 넓혀 나가고 있다.



(출처: KONA 홈페이지)

KONA 심해수는 하와이 코나에 있는 NELLHA 캠퍼스에 있는 시설과 연결되어 있으며, 자연 상태의 심해수를 병에 담기 전 소금을 제거하기 위해 역삼투증을 한 번 거치게 된다.

역삼투(RO)는 반투과성 막을 이용해 압력을 이용해 식수에서 이온, 분자, 더 큰 입자를 제거하는 정수 기술이다. 그 결과 용액은 막의 가압된

면에 유지되고 순수한 용제는 다른 면으로 통과할 수 있게 된다.

담수화 후 물은 대략 TDS(총 용해 고형물) 250 mg/l 상태로 대부분의 전해질 성능의 물과는 달리, 코나 딥은 어떤 것도 첨가되지 않는다. 전해질과 광물은 우리의 세포와 장기의 기능에 필수적이다. 코나 딥은 자연적으로 발생하는 심해 전해질과 미량 광물들이 독특하게 혼합되어 있어 몸을 깊이 수분을 공급하고 균형을 유지하며, 심해수가 가지고 있는 성질이 잘 발휘하도록 도와준다.

TDS가 약 250인 코나 딥은 미네랄 워터와 동일한 미네랄 숫자를 가지고 있다. 육지에 기반을 둔 대부분의 해역은 100 미만의 TDS를 가지고 있는 점과 비교하면 매우 높은 수치임을 알 수 있다. 심해수는 재생 가능한 자원이라는 점에서 큰 장점을 갖는다. 그러므로 코나 딥으로 건강한 물을 몸에 공급하면서, 순수하고 영구적인 모든 자연적인 공급물을 직접 이용할 수 있다.

전 세계으로 많은 담수화 공장이 있지만, 대다수는 인간이 마실 수 있는 안전한 물을 경제성 있게 생산하기 어렵다. 이는 일반적인 담수화 과정은 깨끗하지 않고 정화가 필요한 표면 바닷물을 이용하고 있기 때문이다. 이것은 에너지 집약적이고 비용이 많이 드는 과정이다. 심해수는 자연적으로 매우 순수하여 따로 정화시킬 필요가 없기 때문에 담수화하는데 더 적은 비용과 에너지를 필요로 한다.

코나 딥의 원천수는 NELHA에 의해 만들어진 믿을 수 없을 정도로 긴 파이프에서 나온다. 이러한 장비 덕분에 코나 하와이의 해저 3천 피트 아래 깊은 해류로부터 물을 끌어온다. 이 파이프는 원래 대체 에너지를 만들기 위해 지어졌고, 이후 양식장에서부터 깊은 바다 코나 딥에 이르기까지 많은 용도를 공급하기 위해 이용되고 있다.

KONA Deep Water에서 또 한가지 주목할 만한 점은 지속가능성에 중점을 두고 지구의 건강과 환경적인 영향을 고려한 장기적인 비전을 가지고 사업을 추진한다는 것이다. 즉, 인간이 사용하는 식수가 어디에서 나올 수 있는지에 대한 전 세계적인 관점을 고려하고, 지구 환경에 긍정적인 영향을 주는 것이다. 딥오션 워터(Dep Ocean Water)는 지구의 줄어드는 민물 공급에 대한 지속 가능한 대안을 제공함과 동시에 심해 광물로부터 자연적으로 발생하는 전해질을 통해 사람들에게 건강한 양질의 물을 제공한다.

이러한 기조 하에, 2017년 하반기에 NELHA 소속 연구 사업부와 외부 컨설팅 업체를 통해 KONA 사업의 모든 부품에 대해 환경 영향을 평가하고, 환경 친화적인 방식의 제품을 만들기 위한 구체적인 플랜을 만들었다. 심해수를 상업화하기 위해 사용하는 제품들을 중국 등 외국으로부터 수입하지 않고 미국 내에서 사용할 수 있는 제품을 이용함으로써 물류 과정에서 발생하는 환경 오염을 줄여 나간다. 즉, 완성된 병을 해외로부터 수입하는 것을 피한다.

지구 환경과 해양을 보존하기 위해 탄소 배출을 최소화하려는 노력을 지속적으로 추진한다. 탄소 배출을 최소화하는 병 재질을 만들고, 병은 생산 공장에서 300야드 이내에서 바로 생산하도록 한다. 더불어, 바다 보호와 해변 정화에 참여하는 기관과 협업과 금융 지원을 추진하고, 청소 작업에 회사가 직접 참여하도록 한다.

(3) Americas Sustainable Development Foundation (제3섹터)

ASDF(미주지역 지속가능발전재단)의 미주 전역의 지속가능발전 과제를 효과적으로 해결하기 위해 혁신적인 아이디어를 가진 사람들을 연결하는 비영리 독립 자문재단이다. 주요 임무는 미국 전역의 지역사회에서 지속가능한 발전을 향한 전환을 촉진하는 것이다. 비슷한 목표를 가지고 있는 비영리 단체, 정부, 민간 기업들과 광범위한 네트워크, 자원 및 오랜 경험을 보유하고 있다.

지속가능한 개발은 미래 세대가 자신들의 욕구를 충족시킬 수 있는 능력을 위태롭게 하지 않는 범위 내에서 현재 공동체의 요구를 고려한 개발 전략이다 (Brundtland Report). 지속가능발전과 관련 지속가능발전목표(SDG)의 개념은 우리 사회, 경제, 환경과 관련된 글로벌 과제를 종합적으로 분석하고 해결할 수 있는 적절한 틀을 제시한다. 지속가능성은 건강한 성장을 만드는 데 있어 정부와 민간 모두에게 없어서는 안 될 고려사항이 되었다.

ASDF는 공기, 물, 음식, 에너지, 자재관리 등 다섯 가지 핵심 중점 분야를 설정하고 이를 추진하고 있다. 즉, 사람들의 기본적인 욕구 해결에 필요한 자원에 집중함으로써, 이러한 욕구와 자연이 제공하는 자원의 보존 사이에서 올바른 균형을 이해하고 더 나은 방향으로 나아가고자 한다.

각 분야의 전문가들로 구성된 팀은 인간이 환경과 조화를 이루며 번영하는 세계에 대한 비전을 공유한다. 이를 달성하기 위해 공기, 물, 에너지, 식품, 물질 관리 과제를 해결하기 위한 실용적인 솔루션을 만들고 지원함으로써 혁신을 가져온다. 연구, 교육 및 역량 강화 노력과 더불어 실천적 이니셔티브의 이행에 대한 평가와 지원을 통해 이를 수행한다.

이러한 프로젝트가 최대한의 영향을 미치도록 하기 위해 같은 생각을 가진 파트너들과 강력한 제휴를 맺는다. 비영리 단체로서, 주로 국제 경쟁 보조금, 독립적인 자문 서비스, 교육 프로그램, 연구 출판물에서 비롯되는 자생적인 수입에 의존한다. 즉, 외부 보조금 비율을 줄임으로써 업무의 중립성과 객관성을 확보한다.

목표 달성을 위한 주요 전략으로 사람들의 인식 제고 촉진, 연구능력 확보 및 기관 간 협업 지원, 과학 데이터의 작성, 수집 및 배포, 정책 및 의사결정 주체에 대한 객관적인 지침 제공, 유사하거나 관련된 지속가능경영 목표를 추구하는 스타트업 및 기존 조직 지원, 전략적 민관 파트너십 및 기타 전략적 제휴 구축을 추진한다. ASDF는 해당 분야의 주요 통계를 분석·활용함으로써 지속가능성에 대한 기존의 주요 데이터 격차를 해소하고자 노력한다. ASDF는 시간 경과에 따른 규제 효과를 측정하고 평가하기 위해 의사결정자들이 실질적인 지속가능성 지표를 설정할 수 있도록 지원한다.

ASDF는 유엔 지속가능개발네트워크의 공식 회원으로서, 광범위한 네트워크를 기반으로 UN의 지속가능발전목표(SDGs)에 따라 지속가능발전통계의 저장소가 될 수 있도록 노력한다.

< ASDF의 주요 분야별 활동 >

| | |
|-------------|---|
| 연구개발 | 아메리카 전역에 걸쳐 지속 가능하고 혁신적인 아이디어에서 연구개발(R&D)을 활성화, 촉진 |
| 트레이닝 & 교육 | 모범 사례의 공유와 혁신의 진전을 가능하게 하는 훈련과 교육을 제공함으로써 격차를 해소하기 위해 노력 |
| 인지도 제고 | 지역 경험과 관련하여 지속 가능한 개발 이니셔티브의 중요성에 대한 인식과 아웃리치라는 창의적인 수단을 사용 |
| 이노베이션 & 디자인 | 친환경적인 디자인을 통한 혁신을 촉진하고 지속 가능한 제품과 서비스를 구축하여 미주지역 기업들이 보다 생산성과 경쟁력, 수익성을 높일 수 있도록 지원 |
| 비즈니스 개발 | 기업가, 스타트업 및 중소기업이 지속적으로 변화하는 글로벌 시장에서 번창할 수 있도록 새롭고 창의적이며 지속 가능한 솔루션을 제공 |
| 민관 파트너십 | 광범위한 네트워크를 통해 관련 커뮤니티의 지속 가능한 개발 프로젝트의 인수인계 확보를 위한 대화 및 전략적 파트너십 구축 |

해양심층수와 관련하여, 물은 ASDF의 매우 중요한 부분이다. 깨끗하고 음용 가능한 식수에 대한 접근은 지역사회의 기본적인 건강과 생존에 매우 중요하다. ASDF는 마을, 지자체, 도시 또는 국가의 물 균형을 평가하여 물 생산, 사용 및 폐기 개선 방법에 대한 도전과 기회를 파악하는 데 초점을 맞추고 있다. ASDF는 현재와 미래 세대를 위한 깨끗한 물 공급원에 대한 접근을 보장하기 위해 과도하고 지속 불가능한 물 사용과 오염의 원천을 제거하는 전체적인 관점으로 수자원의 필요성에 접근한다.

ASDF는 물의 흐름과 이용에 대한 연구를 바탕으로 수자원 추출과 음용, 생산 부문 및 기타 사용을 위한 공급을 식별하고 효과적으로 개선할 수 있고, 자연적인 공정으로 인간 생활에 필요한 물을 공급할 수 있다고 본다. 예방, 완화, 적응, 교정 및 보상은 지속 가능한 물 관리를 달성하기 위한 핵심 요소다.

특히, Deep Sea Water Industry Initiative는 최근 ASDF가 중점적으로 추진하고 있는 두 가지 중요 전략 중 하나이다. 이는 수 킬로미터 깊이의 물을 표면까지 펌핑하는 시스템을 이용하여 깊은 바다 깊숙한 곳에서 발생하는 차가운 물의 최적 사용을 찾아내는 것이다. 이 차가운 물은 많은 주거용과 상업용 건물을 친환경적이면서도 비용 효과적인 방법으로 식힐 수 있는 기회를 제공한다. 또한 냉각의 목적을 달성한 후에는 이른바 심해수(DSW)를 다양한 산업용 용도로 활용할 수 있다.

섬으로 이루어진 국가나 지역과 해안 지역의 신선하고 깨끗하고 저렴한 물, 에너지 및 음식에 대한 접근은 전 세계적으로 점점 더 어려운 과제가 되고 있다. 이에 따라, 섬이나 해안 지역이 순환적이고 지속 가능한 경제 산업이나 환경적인 역량을 갖출 수 있도록 하는 근본적인 시스템 개편이 요구되는 상황이다.

대표적으로 카리브해와 중앙아메리카의 많은 섬나라와 해안 지역은 지역 경제가 대부분 고가의 화석 연료에 의존하는 관광, 전력 및 운송의 지속적인 확대를 전제로 하기 때문에 상당한 수준의 지속 가능한 개발 문제의 도전에 직면하고 있다. 농업 활동과 식품 수입의 증가, 높은 해외 의존성, 천연 민물 공급원과 값비싼 물 처리, 세계 어업 감소의 영향을 받는 소규모 어업 산업, 혁신적인 경제

활동의 부족, 그 중에서도 특히 식품 수입에 대한 의존도가 높은 것은 근본적인 문제이다.

이러한 지속 가능한 개발 도전을 인식하고 있는 카리브해와 중앙아메리카의 섬과 해안 지역의 경제 주체들은 해양자원의 탐사와 착취에 적극 참여함으로써 이러한 과제를 해결할 수 있는 핵심적 지원자 역할을 할 수 있다. 반대로 시장 창출의 큰 기회가 되는 분야로는 해안에서 생산가능한 심해수로부터 1차 및 2차 생산 활동을 창출하고, 이 자원을 지속 가능한 방식으로 사용함으로써 섬이나 해안 경제의 일부로서 심해수 산업을 통해 부가가치를 창출하는 동시에 수익을 올리는 것이다.

< ASDF의 Deep Sea Water Industry 전략 >

| Deep Sea Water Industry | |
|-------------------------|---|
| Objective: | <ul style="list-style-type: none"> • Evaluate the feasibility of district cooling systems that use deep sea water and ocean thermal energy conversion systems in islands and coastal regions of the Caribbean and Central America; and • Explore the possibility of developing Deep Sea Water Industries in the region. |
| Challenges: | <ul style="list-style-type: none"> • Financing of research for the potential applications of cold deep-sea water for productive uses; • Determine the quality of the effluent and effect on the area where it flows back to the ocean; • The need to build technical capabilities; and • Determine necessary investments to achieve a functioning system. |
| Partners: | <ul style="list-style-type: none"> • Aruba - SWAC; • Ecopower International • DEVCCO • Local companies that will develop the technical infrastructure and future commercial platform |
| Partners: | <ul style="list-style-type: none"> • General awareness raising; • Conduct feasibility studies; • Develop business plans (investigate technical and economic aspects); and • Carry out socio-environmental impact assessments. |

(출처: Americas Sustainable Development Foundation 홈페이지)

이러한 결과를 가능하게 하기 위해서, 심해수와 관련하여 안전하고 친환경적인 방식에 대한 일련의 연구를 수행하고, 그 후에는 공학과 건설이 필요하며, 이어서 시설 운영이 필요하다. 수집된 지식은 최적화되어 아메리카 대륙의 다른 섬과 해안 지역으로 수출될 수 있다. 이를 통해 높은 수준의 일자리를 창출하고, 지속 가능한 신산업을 촉진하며 수출 잠재력을 높이는 동시에 해안과 해양 환경을 개선할 수 있다. ASDF는 이 분야에서 중요한 주체가 되고, 의사결정에 필요한 지식, 기술 및 정보의 개발에 기여하기 위해 헌신한다.

2. 해양생물을 이용한 해양바이오·관광

지구상의 모든 생명체의 많은 부분이 바다에 산다. 바다는 지구 표면의 약 71%를 덮고 있는 복잡한 3차원 세계이다. 해양 생물학에서 연구된 서식지들은 생물들과 비생물적인 입자들이 바다와 대기 사이의 표면 장력에 갇힐 수 있는 표면층에서부터 때로는 바다 표면 아래 10,000미터 또는 그 이상의 해저에 있는 해양 참호 깊은 곳까지 모든 것을 포함한다. 해양생물의 구체적인 서식지로는 산호초, 다시마 숲, 해안의 초원, 해마산과 열출구 주변, 조수풀, 진흙, 모래, 바위바닥 등이 있다. 이 유기체들은 미세한 식물성 플랑크톤과 동물성 플랑크톤에서부터 길이가 25-32미터(82-105피트)에 이르는 거대한 고래류까지 다양하다.

해양생물 종이 얼마나 존재하는지는 아직까지도 정확히 밝혀진 바가 없다. 지난 2000년부터 2010년까지 약 10년에 걸친 해양생물센서스(CoML, Census of Marine Life)에 따르면, 해양생물 센서스 프로그램 이전에 연구된 3천만 개 이상의 종 수준 자료를 수집하였으며, 프로그램을 수행하면서 새롭게 밝혀진 약 1,200종을 기재하고, 신종 가능성이 있는 약 5,000종을 비롯하여 1백만 개 이상의 자료를 추가하였다. 조사 대상 해양생물은 미생물부터 플랑크톤, 어류, 저서생물, 고래까지 모두 포함되었고, 지리적으로는 북극에서 열대 해역을 거쳐 남극까지, 연근해에서 원양까지, 수심별로는 표층부터 바닥까지 다양한 해양 환경에서 조사가 이루어졌다.

해양생물은 전 세계의 해양 레저와 관광을 지원하는 것 외에 식량, 의약품, 원자재를 제공하는 방대한 자원이다. 경제적·산업적인 차원을 떠나서 해양생물은 지구와 인간 활동의 근본적인 자원, 즉 산소 주기와 기후 조절 등에 관여한다. 해안선은 부분적으로 해양 생물에 의해 보호되며, 일부 해양 생물은 심지어 새로운 땅을 만드는 데 도움을 준다.

해양생물학 분야는 지난 40년 동안 거대한 도약을 이루었다. 특히, 해양 환경 분야에서 과학적이고 기술적인 몇 가지 혁신적인 연구가 행해졌다. 해양생물의 엄청난 폭과 복잡성을 밝혀낸 덕분에, 해양 생명공학은 공공과 민간 영역 모두를 포함하는 빠른 개발의 길을 걷기 시작했다.

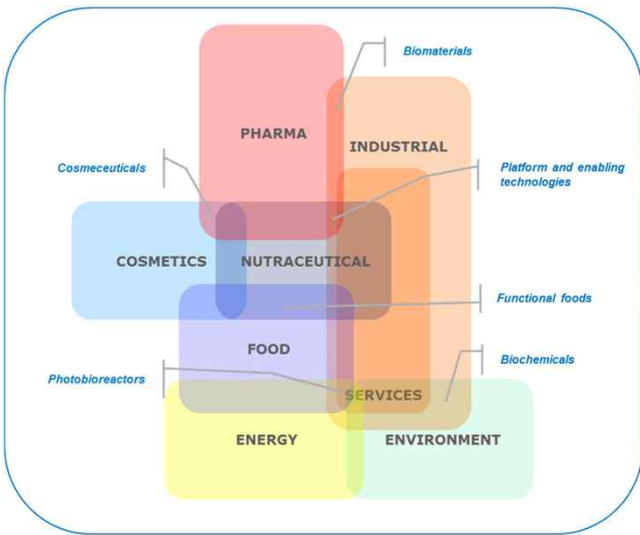
수중 탐사는 스쿠버 다이빙의 지속적인 발전으로 큰 발전을 이루었고, 더 최근에는 원격 운전 수중 차량(ROV), 무인 차량 및 글라이더(상대적으로 저렴한 비용)의 도입으로 큰 도약을 이루었다. 기술 발전은 유기체를 수집하는 새로운 방법을 열었고 새로운 발견을 가져왔다. 1970년대에 해양 생태계의 조사는 큰 생물(연화산호, 홍조류)의 채집과 함께 시작되었지만, 그 이후 기술의 발전에 따라 당시 접근하기 어려운 지역도 탐사가 이루어지고 미생물의 분류와 및 산업적 진화가 이루어졌다.

지상 생물에 비해 해양 생물은 그 종의 범위와 수에 있어서 비교할 수 없을 정도로 넓은 특징을 보인다. 이는 해양생물이 지구 활동과 인간의 경제 활동에 있어서도 엄청난 영향력을 가질 수 있음을 의미한다. 해양 환경에 대한 지식의 새로운 발전은 과학자들이 연구를 추구하는 방식을 바꾸었고, 새로운 이해관계자들에게 길을 열어주었다. 공공기관, 정부, 기업들은 시장에 내놓을 새로운 부와 새로운 발명품들을 창조하기를 희망하면서 이러한 자원의 잠재력에 큰 관심을 가지게 되었다.

그 중에서 최근 각광받고 있는 분야가 해양바이오효용한 「블루 바이오테크놀로지(Blue Bio-Technology)」이다. 블루는 바다를 상징하며, 해양의 분자와 물질을 사용하는 생명공학의 세계를 정의하는 것이다. 다른 생명공학 분야는 특정 산업(의약품의 경우 빨간색, 산업생명공학의 경우 흰색, 농업의 경우 녹색)의 사용 때문에 색상으로 정의되는 반면, 블루생명공학은 그 시장이 아니라 제품과 서비스의 제공에 관련된 자원에 의해 정의되는 유일한 분야이다.

블루산업에 속하는 회사들은 생명공학 회사들이다. 해양 생물과 그것으로부터 파생된 물질들은 의약품, 효소, 영양 첨가제, 화장품, 그리고 더 많은 제품과 서비스의 생산에 이용되고 있다. 현재 약으로 사용되도록 승인된 해양 분자는 9개(Adcetris, Vira-A, Retrovir, Prialt, Lovaza, Halaven)이며, 적어도 13개는 고급 임상 실험에 참여하고 있다. 여전히 형광 단백질(GFP)은 생물 의학 연구와 세포와 분자 생물학에서 최고의 응용을 찾는다. 전자파 스펙트럼의 적외선 영역에서 빛을 방출하는 마커로 작동하여 정상적인 빛에 보이지 않는 공정의 시각화를 가능하게 한다(Burgess, 2012). 시모쿠라, 찰피, 티엔은 해파리 아에코레아 빅토리아

(Arrieta et al., 2010)에서 설명된 단백질의 발견과 개발로 2008년 노벨 화학상을 받았다. 화장품 업계에서는 에스테 로더가 씨팬에서 추출한 항염증인 필로페로신(Philopterosin)을 이용한 피부관리 제품 '복원성'을 탄생시켰다. 천연 화합물은 원래 제약 부문을 위해 개발되었으나 스킨로션으로서 시장에 훨씬 더 빨리 도달했다(Martins et al., 2014).



해양바이오 시장에서 많은 "혁신의 찬스"는 약품, 화장품 그리고 다른 분야(제약, 식품)에서 발견될 수 있다. 시장조사 보고서 제공업체와 컨설팅 회사인 BCC리서치에 따르면, 해양 의약품 시장은 2011년부터 2016년까지 5년간 연평균 12.5%의 복합성장률(CAGR)로 시장 규모가 총 86억 유로에 달한다. 시장조사기관 글로벌인더스트리얼스10은 블루 바이오테크놀로지가 2018

(출처: Council of German BioRegions 홈페이지) 년까지 연평균 4~5%의 성장률을 보이며 35억 유로의 시장가치를 가진 것으로 보고하고 있다.

아래에서는 해양바이오 시장과 관련하여 우선, 각 국가의 동향을 살펴보고 독일 바이오 시장과 관련하여 공공 분야의 Council of German BioRegions 사례를 살펴볼 것이다. 그리고, 마지막으로 해양바이오를 활용한 하나의 사례로서 해양바이오 여름캠프 프로그램을 소개할 것이다.

해양바이오 시장은 바이오 분야에서도 미래 각광받는 주요 분야 중의 하나이다. 이에 따라, 세계 각국은 바이오 산업의 한 분야로서 해양바이오 시장을 육성하기 위한 전략을 마련하여 시행하고 있으며, 공공 분야와 민간 분야, 연구 분야가 상호 유기적인 연계를 가질 수 있도록 정책적인 지원을 강화하고 있다. 각 국가의 관련 정책과 동향을 살펴보고, 독일의 공공 분야에서 지역간 연합체인 Council of German BioRegions를 분석하는 것은 우리나라 해양바이오 산업 발전에도 의미가 있다.

(1) Marine Biotechnology by country

① 미 국

· (국가 바이오 전략) 2011년 9월, 오바마 대통령은 생물학적 연구 혁신을 활용하고 보건, 식품, 에너지 및 환경에서의 국가적 과제를 해결하기 위한 행정 전반의 단계를 상세히 설명한 국가 생물경제 청사진을 발표했다. 청사진은 2012년 4월에 공표되었다.

· (국가 해양바이오 전략) 미국에는 해양바이오에 대한 국가적으로 조율된 전략이 없다. 비록 해양생물공학이 국가생명경제 청사진에서 구체적으로 언급되지는 않았지만, 해조류 바이오디젤과 해양오염 바이오센서가 미국의 혁신 사례로 사용되고 해양자원의 보존과 관리가 중요 분야로 표현되고 있다.

· (프로그램) NSF(National Science Foundation)는 1950년 의회가 창설한 독립적인 연방 기관으로, 연간 약 69억 달러(2010)의 예산이 투입된다. 이 프로그램은 모든 비의료분야에서 공공기금이 지원되는 학문적 기초연구의 20%를 후원한다. 생물과학연구소(BIO)는 해양 생태학, 미생물학, 생명공학 등의 중요한 요소를 포함하는 미생물학 관측소(MO)와 미생물 상호작용 및 프로세스(MIP) 프로그램을 관리했다.

미국의 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)는 미국에서 적용된 해양 생명공학 연구의 대부분을 조정한다. 연구는 국가 계획인 'Meeting the Challenge'의 일환으로 국립 해양 생물공학 프로그램을 통해 지원된다. 이 프로그램은 미국 전역의 해안, 해양 및 해저 작업을 포함한 32개의 대학 기반 네트워크 프로그램으로 구성된다. 오션 익스플로러 프로그램은 생물자원 탐사 외에도 연구용 보트를 관리하고 광범위한 해양 데이터를 제공한다. 국립 해저 연구 프로그램에는 미시시피 대학에서 검사할 수 있는 2,000개 이상의 화합물이 있는 생물학적 발견, 생물학적 작용, 그리고 활성 유기물 저장소가 포함되어 있다.

에너지부 DOE는 ARPA-E 에이전시(Advanced Research Projects Agency-Energy)를 통해 해양 생명공학, 특히 녹조로부터의 바이오 에너지 생산을 지원하고 있다. 85만 달러를 들여 30개 이상의 알갈 기반 프로젝트가 지원되었다. 미국 정부는 미국의 바이오매스 프로그램 목표인 <1B 갤런의 알갈-원산 바이오 연료>를 2022년까지 달성할 수 있도록 돕기 위한 14M달러의 새로운 알갈 바이오 연료 개발 프로그램을 추진중이다.

- (인프라) ATCC(American Type Culture Collection)는 특히 특허를 얻을 수 있는 발명과 관련된 살아있는 물질에 대한 가장 중요한 저장소 중 하나이다. 유럽과 인도에서의 사업을 위해 LGC(영국)와 협력한다. HBOI는 CMBBR의 해양 약물 발견 프로그램 내에서 해양 무척추동물과 해양 미생물의 50,000개 샘플을 유지하고 있다.

- (민간 펀드) 네레우스 파르마, 알바니 분자, 에스테 로더는 해양 유래 제품 개발이나 마케팅에 관여하는 세 회사인데, 첫 두 회사는 건강을 위한 것이고 세 번째는 화장품 사용을 위한 것이다. 버클리 캘리포니아에 본사를 두고 칠레에 자회사를 두고 있는 바이오 아키텍처 랩은 노르웨이에 본사를 둔 국제 에너지 회사인 Statoil, 칠레 경제개발청 Innova-CORFO와 협력하여 에탄올, 재생 화학물질, 비료, 단백질 및 기타 천연 제품의 생산 공정을 개발하였다. Gale 바이오 연료의 혁신자인 Solazyme은 VW의 TDI Clean Diesel 엔진에서 바이오 디젤에 대한 평가를 위해 식물 기반 바이오 연료를 생산하는 또 다른 미국 회사인 Amyris, 독일의 폭스바겐과 파트너십을 맺고 있다.

② 중 국

- (국가 바이오 전략) 생명공학은 1986-1990년 제7차 5개년 계획에 처음으로 포함되었으며 과학기술부의 국가 생명공학 정책 개요를 통해 활성화되었다. 해양생명공학을 포함한 생명공학은 중국의 전략산업 분야 중 하나로 2010년 출범한 제12차 5개년 계획의 일환으로 향후 10년간 정부 보조금, 긍정적 세금 우대, 우대 정책 등의 혜택을 받는다. 그 일환으로, RMB 12B는 신약 발견과 연구에

사용될 것이다. 2012년 3월에 발표된 새로운 국가 하이테크 R&D 프로그램('863 프로그램')에는 비록 별개의 주제이긴 하지만 생명공학과 해양기술이 포함되어 있다. 5개년 및 R&D 계획 내에서, 특정 활동은 국가 핵심 프로젝트로 확인되며, 해양 생명공학은 생물 의학 및 환경 분야에서 이들 중 일부에 기여하고 있다.

· (국가 해양바이오 전략) 별도의 국립 해양 생명공학 전략은 없다. 그러나 해양 생명공학은 1996년 863 프로그램에서 구체적인 주제로 처음 언급되었고, 8차 5개년 계획 이후로는 점차 그 의미가 커지고 많은 지지를 받고 있다. CAS의 2050 중국해양과학기술 발전 로드맵은 해양생물자원이 수산, 바이오 기반 화학 물질, 해양미생물, 해양미생물 유전자원 등의 에너지효율, 배출감소, 개발에 전략적으로 기여할 수 있는 잠재력을 말하며 해양생물학과 생태계를 연계한다. 명목적으로 사회 발전을 위한 중국의 국가 전략 목표 중 하나는 MBt를 포함한 '과학기술을 이용한 해양의 활용'이다.

· (프로그램) 국가 과학기술 프로그램 내의 세 가지 국가 프로그램, 즉 국가 기초 연구 프로그램('973 프로그램')과 국가 주요 기술 연구개발 프로그램 및 863 프로그램 연구를 통합하였다. 2006년에는 973개 프로그램의 약 30%가 농업 생명공학에 적용되었고 863개 프로그램의 약 20%가 일반 생명공학에 적용되었다. NSFC(중국 국립자연과학재단)는 역량강화 및 기초연구 능력을 후원한다. MOST는 또한 2006년에 21백만 달러의 예산이 투입된 기술 기반 기업 IFT를 위한 혁신 기금을 제공한다.

이를 바탕으로 한 해양 생물학적 발견과 바이오 액티브 개발 및 상업 활동의 중심으로 4대 지역, 즉 상하이, 칭다오, 샤먼, 광저우를 선정하여 운영중이다. 예를 들어 2010년 칭다오(靑島)의 해양과학기술, 제약, 환경보호, 생물제품 등 해양 생물자원 관련 생산량은 2009년 85억 위안에서 1400억 위안으로 성장했으며 해양 연구개발(R&D)에 대한 투자도 지속적으로 증가하고 있다.

현재, 적어도 10개의 연구 기관이 해양 바이오의약품에 전문화되어 있으며, 특히 중국 오션 대학교, 제1 해양학 연구소, SOA, 해양학 연구소, 중국 과학 아카데미의 연구소 등이 있다. 해양 생명공학 분야의 연구와 교육을 실시하는 대학

내 핵심 연구실도 있다. 정부는 해양 생물 공학, 예를 들어, 다렌의 해양 바이오 프로덕트 엔지니어링 그룹, SILIBIOTEC와 UVTOX라는 두 개의 FP5 EC 컨소시엄에 참여하고 있는 EU와 협력 프로그램을 가지고 있다.

· (인프라) 2012년 출범한 '신수산물 생물산업 기술혁신 전략동맹'은 과학기술부, 농림부, 국가발전개혁위원회, 국무원 정책연구실, 국가해양국(SOA)의 지원을 받고 있으며, 미역 비료 회사인 레이리공, 중국 해역산업협회, 중국농업부 등이 참여하고 있다. 이 동맹은 해양 다당류, 단백질, 에스테르 등 해양 생물 산업 발전을 위해 해양 조류, 어류, 갑각류의 지속가능한 사용을 포함하는 모든 활동을 다룬다. 생명공학 접근법에는 효소 공학 및 생물학, 화학 및 발효 공학이 포함된다.

· (민간 펀드) 상하이 제위안 마린바이오텍은 클렐라사의 루테인, 아스타산틴 등 관련 제품의 개발 및 산업화, 이중영양성-희석화-사진유도화라는 참신한 순차 기법으로 새로운 미세조류 배양기술 연구개발을 진행하고 있다. 상하이제위안바이오도 새로운 미세조류 바이오재조합 기술 확립을 목표로 밀폐된 광생물체와 열린 연못을 확장하고 해양 미세조류의 대규모 광자생육을 최적화해 바이오액티브와 미세조류 바이오디젤을 생산하고 있다. 세계 최대 규모의 갈색 해조류 생산업체인 쑤산그룹은 미국 바이오건축연구소와 함께 산둥해안 앞바다에서 대규모 해조류 문화 및 생조류 사업을 진행하고 있다.

③ 독일

· (국가 해양바이오 전략) 독일의 해양 바이오테크놀로지 전략은 연방 차원의 바이오 육성 전략의 일부로서 행해지고 있다. 해양 생명공학은 다음의 전략·정책에서 나타나는 것처럼 생물경제 및 해양·해외 연구 전략의 일환으로 지원된다.

'국가연구전략 바이오경제 2030 : 바이오기반 경제로의 길'(BMBF)과 '국가정책 전략 바이오경제'(BMEL)를 채택하여 바이오 산업의 장기 비전과 발전전략을 마련하였다. 이후에도 독일 연방정부의 첨단기술 전략 2020, NMMT(Nationaler

Masterplan March Technologien), "바이오테크놀로지 2020+ - 차세대 생명공학 프로세스" 등 연방 차원의 방안을 마련하여 추진중이다. 지역 수준에서는 슐레스비히홀슈타인 주의 "바다 또는 미래" 이니셔티브 등이 있다.

· (프로그램) 해양 생명공학 연구 활동은 다음을 포함한 다양한 프로그램에 따라 지원될 수 있다. 국가연구전략 생물경제 2030, 연방교육연구부(BMBF)의 프로그램, 연방교육연구부(BMBF)의 건강 연구·보건 경제 프레임워크 프로그램, 차세대 해양 기술 연방 경제 기술부(BMWi) 프로그램, 지속가능발전을 위한 FONA(Framework Program Research for Sustainable Development) 줄리히(PJT)가 관리하는 연방교육연구부(BMBF) 프로그램, 재생 에너지 연방정부의 제6차 에너지 연구 프로그램의 일환으로 환경, 자연 보호 및 원자력 안전부(BMU)의 프로그램 등이 이에 해당한다.

· (인프라) 2015년 기준 유럽연구함정보기지에 등록된 33척의 연구선박 등 풍부한 자원을 갖춘 함대를 운영하고 있다. 6개의 글로벌 운영 연구 선박(Merian, Metal, Planet, Polarstern, Sonne, Sonne II; 길이 73-118m), 전세계 해양 13개 지역 연구 선박이 있으며, 또한 등록된 유럽 대형 교환 장비 데이터베이스에는 3대의 자율 수중 차량(3000~6000미터 깊이), 4대의 원격 작동 차량, 1대의 유인 잠수정, 1대의 견인된 카메라 시스템이 있다.

독일의 주요 양식 실험 및 연구 시설은 다음과 같다. 라이프니츠 열대 해양 생태 센터[MARE], 프룬호퍼 해양생명공학연구소[FH-EMB], 게셀샤프트 뒤르 해병 아쿠아쿨투르 mbH(GMA), BIO Deutschland(현대 생물과학에 기반한 혁신적인 경제 분야의 개발을 지원하고 촉진), Life Science Nord Management GmbH(북부 독일에서 생명과학 활동을 지원하는 함부르크와 슐레스비히 홀슈타인의 프로젝트 및 서비스 회사), 바이오콘 벨리(메클렌부르크-보르포메른의 생명과학과 건강 경제를 위한 이니셔티브), 프룬호퍼 해양생명공학연구소(뤼베크에 있는 프라운호퍼 기관으로 프라운호퍼-게셀샤프트 내 해양 바이오테크놀로지의 첫 번째 기관), Cyro-Brehm(독일 야생동물 세포은행은 야생동물로부터 전과 가능한 세포문화의 보관 극저온 저장에 특화된 바이오소재 은행), GEMAR I Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel(해양 과학 분야의 세계적인 연구소 중 하나) 등이 있다.

- (민간 펀드) 민간 펀드의 종류로는 크게 Volkswagen Foundation과 Fritz Thyssen Stiftung 2가지 종류가 존재한다.

- (민간 회사) 큰 규모의 회사로는 BASF, Evonik, Beiersdorf, Henkel, SternEnzym, Merck, AB Enzym, Symrise, Deutsche See가 있으며, 중소기업 규모로는 C-Lecta, Analyticon Discovery, B.R.A.I.N., Subitec, evocatal, BlueBioTech, Sea & Sun Technology 등이 있다.

④ 프랑스

- (국가 해양바이오 전략) 프랑스 과학기술정책은 국가연구계획법 및 국가연구전략(SNRI)에 기술되어 있으며, 2009년 '바다와 바다를 위한 국가전략' 블루북은 프랑스의 해양정책을 정립했다. 블루북은 경제적, 생태적 부의 원천인 광대한 해양 지역을 심층적으로 연구, 보호하고, 관리하려는 기본 방향을 정립하였다. 또한, 지구를 이해하기 위한 바다탐사는 2020년 해양과학 국가연구전략에 기여하였다.

- (프로그램) 해양 프로젝트는 주제별 및 블루 스카이 프로그램을 운영하는 프랑스 연구 위원회(ANR)에서 경쟁력 있는 연구 제안에 대한 자금을 지원할 수 있다. ANR 연간 예산의 약 10%가 해양 연구에 투입된다. 해양 생명공학 연구에 관련될 수 있는 국가 연구 기금 프로그램은 다음을 포함한다. ADEM(프랑스 환경 및 에너지 관리청)은 해양 과학(기후 변화, 바이오 연료에 대한 미세조류 바이오매스 등)과 관련될 수 있는 통화를 개시할 수 있다. 생태, 에너지, 지속 가능한 개발, 영토 계획(MEEDDAT)에서 관리하는 LITTAU(국가 프로그램 연안 관리) 프로그램은 다원적 접근과 이해관계자 참여를 통한 사회생태계 시스템(오염, 해양보호지역, 연안생태공학 등)을 다루면서 육해상 접점에서 과학기반 사업을 지원함으로써 바다와 해안지역 관리를 개선하는 것을 목표로 한다. LEFE 프로그램은 INSU에 의해 관리되며 해양, 대기 및 그 인터페이스의 역학과 변동성을 제어하는 물리, 물리, 화학 및 생물 지질 화학적 프로세스의 이해에 관한 연구를 지원하기 위한 것이다. 대기 화학, 생물 지질의 화학적 주기, 환경 및 자원, 운영 해양학, 대기, 얼음, 해양 사이의 상호작용, 수치적 방법 등이 주요 연구대상이다.

EC2CO Program(대륙 및 연안 생태권)은 INSU에 의해 관리되며, 생물지질화학, 수문학과 생태계 기능, 생태독성학과 오염물질 역학, 환경 미생물학, 리토랄 역학 등 4가지 조치를 통해 대륙 및 연안 생태권에 대한 주요 환경문제에 대한 학제간 연구를 지원한다.

· (인프라) Program Mer. AllenVI는 환경 연구 운영자 협회의 그룹으로 "The Marine Program: 해양 과학에서의 연구와 혁신의 재고와 과제"를 추진하고 있다. Biogenouest는 프랑스 서부지역의 생명과학 핵심 시설 네트워크로, 지역을 넘어 확장된 모든 이해 당사자들에게 개방된 해양 관련 요소들로 구성된다. 지역 차원의 클러스터에는 CapBiotek(Britany의 바이오테크놀로지에 있는 지역 클러스터), Blue cluster(Pay de la Loire의 바이오테크놀로지), Pole Mer Bretagne Atlantique(브리트니의 글로벌 경제 경쟁력 클러스터), Pole Mer Méditerranée(Provence-Alpes-Cote d'Azur의 글로벌 경제 경쟁력 클러스터), Europole Mer "Blue Network"(생명공학 관련 해양 유전체학 및 블루 화학에 대한 주제를 가진 약 20명의 회원으로 구성된 비공식 조정 구조) 등이 있다.

프랑스가 보유한 해양바이오 관련 주요 인프라에는 10m~30m, 36m(Antea) 각 1척, 56m(Le Suroit) 1척, 65m~12만5000m의 글로벌 선박 5척을 프랑스 해양전단 소속으로 운영하고 있다. 이 선박들은 유럽 연구 선박 Infobase에 등록되어 있다. 또한, 유인 잠수함과 원격 운전 차량, 유럽 대형 교환식 계기 데이터베이스에 등록된 자율 수중 차량 등 약 12대의 대형 해양 연구 장비를 운영하고 있다.

주요 양식 실험 및 연구 시설에는 Ifremer Station d'Aquaculture, Ifremer Labouratoire ARN, Station Biologique Roscoff, Observatoire Oceanologique de Banyuls sur mer, Oceanologique de Villefranche sur mer, Institut Universitaire Européen de la Mer, 마르세유 센터(Centre d'Océanologie de Marseille) 등이 있다.

· (민간 펀드) BPI France는 민간 부문 조직의 경제 발전을 위한 파이낸싱과 중소 기업에 대한 정부 지원 펀드이며, 해양바이오 분야도 이 펀드로부터 일정 지원을 받고 있다.

⑤ 캐나다

· (해양바이오 전략) 구체적인 해양 생명공학 전략은 별도로 없으며, 2002년 해양 전략(marine strategy)과 2007년 건강 해양 이니셔티브(Healthy Oceans Initiative)는 해양 생물 과학, 생물학 및 생물자원 요소의 사용을 포함하고 있다. 각 지방에서도 해양 생명공학 및 생물자원 개발을 위한 전략이나 행동 계획을 수립하고 있다. Québec은 해양 생물 공학, 양식, 해산물 가공 및 해양 기술에 클러스터가 있는 Niches of Excellence에 대한 실행 계획을 포함한 프로젝트 ACCORD(Action Concerté de Cooperation Régionale du Développement)를 마련하여 추진하고 있다.

· (프로그램) Fisheries and Oceans Canada(DFO)는 자원 프로파일링, 수중 동물 건강 및 생태계 건강을 다루는 수생 생명공학 및 게노믹스 분야의 강력한 R&D 프로그램을 보유하고 있다. DFO는 세인트 존즈 뉴펀들랜드의 CECSSR(냉수 산호초와 스폰지암초)과 몬톤 뉴브런즈윅의 CAAHRD(동물 건강 및 진단)를 포함한 여러 전문지식 개발을 지원한다. National Bioproducts Program은 캐나다 NRC, Agriculture and Agrifood Canada, 천연 자원 위원회의 공동 이니셔티브로 NRC(해양 생물 과학, 항공 우주 연구, 화학 처리 및 생명 공학 분야)의 팀들이 참여하는 캐나다산 algal biofuels의 용량 구축 검토 등의 프로젝트를 추진하였다.

정부 기관인 캐나다 국립연구위원회(NRC)는 20개 이상의 기관과 다수의 국가 프로그램을 담당하고 있으며, 일부는 해양 생물학 관련 프로젝트, 미세조류 생물학 및 바이오 연료, 바이오프로스펙팅, 해양 천연제품의 바이오의약품 사용 등을 연구한다. 이러한 프로그램은 고객과 파트너에게 혁신 지원, 전략적 연구 및 기술 서비스에 대한 접근을 제공하며, 캐나다의 현재와 미래의 산업 및 사회적 요구를 충족시키는 데 초점을 맞춘다. NRC는 수중 연구 활동과는 별도로 복잡한 연구 및 기술 과제를 해결하기 위해 다양한 분야의 화학자, 물리학자, 도량학자, 기술자 및 기술자가 참여하는 해양 연구를 수행한다.

2000년에 설립된 국가 조직인 게놈 캐나다(Genome Canada)는 독립적인 지역 게놈 센터(Genome Centres)와 연계되어 있으며, 과학적 산출, 기반구조 지원 및

연구 인재 측면에서 게놈 개발을 촉진하기 위한 국가 전략을 담당하고 있다. Genome Canada Enterprise는 캐나다에 중요한 주요 분야의 국가 및 국제 협력을 지원한다.

해양 바이오 분야에서는 게놈 캐나다와 지역 게놈센터가 분자 양식, 메타게노믹스, 높은 처리량 선별 등 다양한 게놈 애플리케이션을 지원한다. 게놈 캐나다는 게놈 브리티시 컬럼비아와 제휴하여 캐나다 주도의 국제 협업을 통해 현재 환경 요인, 병원균 및 오염물질에 대한 반응 조사와 브로드스톡 개발을 위해 사용되고 있는 연어류의 게놈 자원을 개발하였다. 이 투자를 바탕으로 게놈 브리티시 컬럼비아는 야생 어류 재고 관리 개선, 양식 산업의 선택적 사육, 식품 품질 확보를 위한 지식과 관리 도구를 제공하는 국제 연어 게놈 프로젝트에 협력하고 있다.

게놈 캐나다와 게놈 애틀랜틱은 민간 파트너십을 구축해 대서양 대구 양식업계에 도구와 자원을 제공해 마커 어시스턴스 선별을 위한 성장, 질병 저항성, 스트레스 내성과 관련된 특징에 대한 마커를 식별하고 있다. 게놈 캐나다와 온타리오 유전체학 연구소는 해양 생물 형태를 다루는 바코드 오브 라이프(iBOL)라는 국제 이니셔티브에 자금을 지원하고 있다. 이 기술은 현재 몇몇 나라의 시장과 음식점에서 생선의 라벨 표시를 규제하는 데 적용되고 있다. 게놈 캐나다, 게놈 애틀랜틱, 게놈 브리티시 컬럼비아 등도 해양 생명공학에 대한 경제협력개발기구(OECD) 활동의 파트너다.

· (인프라) 캐나다의 해양바이오 관련 주요 인프라로는 생태계, 이누이트 적응 및 산업 발전을 포함한 캐나다 북극 북부의 기후 변화와 현대화의 영향에 대해 연구·대응하는 네트워크인 북극넷(ArcticNet)이 있다. 북극넷은 140만달러의 창업 자금으로 12개국(덴마크, 핀란드, 프랑스, 그린란드, 노르웨이, 폴란드, 러시아, 스페인, 스웨덴, 영국, 일본, 미국)과 캐나다 대학 30개, 19개 연방 및 지방 기관 및 연구팀이 참여하고 있다. 이 밖에도 NEPCC(North East Pacific Culture Collection) 및 FWAC(Filent Algal Culture Collection)를 주최하는 CCCM(캐나다 미생물 문화 센터, NSERC의 Canadian Health Ocean Network, 해양 생물 다양성을 연구하는 Strategic Research 네트워크 등이 있다. 다마넷(DAMAMNet, Marine

Active Materials Network의 발견 및 적용)은 해양 생물학 분야의 여러 연구 프로젝트에서 해양조류, 새로운 생물중합체, 새로운 가공 및 분리 기술의 상용화 등 활용도가 낮은 해양 어획량 및 수산물의 부가가치를 높이는 작업을 진행하였다.

브리티시 컬럼비아의 NE 태평양 연안에 있는 ONC(Ocean Networks Canada) 천문대는 빅토리아 대학교에서 관리하고 있으며, 현재 세계에서 가장 중요한 지역 해양 관측 시설로서 원격 센서와 케이블에 의한 계측기를 인터넷과 연결하여 매우 광범위한 물리적, 화학적, 생물학적, 지질학적 변수를 연속적으로 동시에 측정할 수 있다. ONC 전망대는 열수분출계 및 기타 해저환경의 해양유전체학 연구를 포함하여 해저와 물기둥을 통한 해양실험에 있어 가장 우수한 방법으로 손꼽힌다.

· (민간 펀드) 해양생물자원을 이용하는 선도기업으로는 식이보충제 및 식품제조시장에 오메가-3 EPA/DHA 성분을 활용하는 세계 최대 공급사인 오션 영양 캐나다 리미티드(Ocean Industry Canada Limited), 미역을 식품, 생화학, 농업, 농화학제품으로 가공하는 아카디아 시플란트(Acadian Seaplants Ltd) 등이 있다. 이 밖에도, 마비성 조개 중독을 식별하기 위한 선별 검사를 하는 Jellett Rapid Testing, 애완동물 시장의 항염증 원료로 해산물의 부산물을 사용하는 세계 최대의 생선 젤라틴 제품 제조업체 Kenney & Ross, 그리고 새로운 해양바이오 제품의 발견과 지속성에 초점을 맞춘 Nautilus Bioscience Canada Inc가 사람과 동물의 건강과 웰빙에 응용한 해양 천연 제품을 상업적으로 활용하고 있다.

⑥ 일본

· (국가 바이오 전략) 생명 공학 전략 위원회에서 2002년 12월 Bio-Medical, Bio-Agricultural, Bio-Ecological과 Bio-Informatics 등 4가지 주요 바이오 테마를 융합시킨 BioStrategy를 발표하였다. 이 네가지 활동을 통한 해양바이오 시장의 육성을 통해 전체 일본 생명 공학 시장에 대한 기여는 8조 4000억엔에 이를 것으로 예상되었다.

· (국가 해양바이오 전략) 해양 생명 공학은 2002년 BioStrategy 지침에서, 해양 bioactives, 분자 양식업과 질병 예방의 배경과 기반 구조 지원 파트에 포함되었으며, 산업 육성 지원과 학제적 프로젝트 등의 지원 내용을 포괄하고 있다.

· (프로그램) 제3차 과학기술기본계획(STBP) 2006-2010과 제4차 STBP 2011-2015는 연구개발 지원에 대한 실질적인 접근방식에 대한 철학적 틀을 제공한다. 제4차 계획은 녹색 혁신과 생활 혁신을 두 가지 목표로 포함하고 있다. 과학기술 분야에서 국제활동의 전략적 방안을 다루는 정부의 STBP의 요소를 법제화하기 위한 전략국제연구협력 프로그램이 있다. 일본과학기술원(JST)은 정부 간 합의에 근거해 교육문화체육과학기술부가 지정한 전략국제연구협력 프로그램을 시행하고 있다. CNRS 프랑스와의 해양 생명공학, CNPq 브라질의 해양 미생물을 포함한 바이오 에너지, DIISR 오스트레일리아의 녹조를 포함한 해양 과학에 대한 협력 프로그램 등이 있다.

2004년 일본 재단 및 유엔은 연안 지역 관리와 해양 생활 자원의 보존 및 관리를 포함한 해양 관련 주제에 초점을 맞춘 정부 관리 및 기타 전문가들을 위한 일본 펠로우십 프로그램을 설립했다. 이 프로그램은 국제 해양 법률 및 관리 측면에 대한 지식과 역량을 높이기 위한 것으로, 해양 관련 부서와 해양법(UN DOALOS)에서 UN의 업무와 일치한다.

· (인프라) 해양 생명공학에 전념한 최초의 실질적 활동은 1990년 해양 생명공학 연구소의 설립으로, 일본 24개 기업과 국제무역산업성 MITI가 공동으로 제공한 180만 달러 이상의 10년 단위 프로젝트였다. 이 프로젝트를 통해 국립생물자원관 NBRC의 해양생물공학연구소 공동문화 컬렉션이 지속되고 있다. 미국 생명공학 연구소의 다른 센터에는 계놈 분석 센터(NGAC), 생명공학 개발 센터(NBDC) 및 특허 미생물 보관소(NPMD)가 있다.

JAMSTEC은 2009년에 해양생물을 위한 생물정보시스템인 BISMAL을 설립했다. 여기에는 일본 연구선 및 잠수함에 의해 수집된 정보에 기초한 해양 생물, 분포, 사진 및 비디오에 대한 공개 접근 가능한 데이터베이스가 포함된다. JAMSTEC은 또한 JAMSTEC 혈관에 의해 만들어진 수집에 대한 정보인 Marine Biological

Sample Database와 JAMSTEC의 극지 생물 집합의 시퀀스인 Extremeobase를 주 최한다. NBRP(National Bioresource Project)는 일본의 모든 생물다양성의 체계적 이고 완전한 집합체를 만드는 것을 목표로 한다. 국립환경과학원은 NBRP 녹조 프로젝트를 관리하며, Medaka와 zebrafish는 실험 생리학, 발생학, 분자생물학, 의약품 실험에 참여하기 때문에 NBRP에 포함된다. 일본의 해양 생명 공학 협회 는 화학 물질, 에너지와 건강 회사 등을 포함한 넓은 범위의 회원들을 보유하고 있다.

· (민간 펀드) 일본의 생명공학 분야는 오래전부터 국가와 민간 경제 활동의 주요 분야로 자리잡고 있으며, 2007년에 이미 약품, 식품, 화학 활동을 중심으로 약 20억 달러의 가치가 있으며, 1,000개 이상의 회사가 존재하는 것으로 파악되 었다. 2011년 11월 고지질 바이오 연료를 개발하기 위해 IHI, Gene Technology YK와 네오모건 연구소(Neo-Morgan Laboratory Inc), IHI NeoG Greency LLC라는 세 일본 회사 사이에 합작 회사가 설립되었다.

(2) Council of German BioRegions

독일 바이오지역협의회(Council of German BioRegions)는 바이오레지온스라는



지역별 독일 바이오클러스터의 연합체로 지역별 바이오 분야 연 구와 산업 발전 시책의 중심 네 트워크이다. 동 기구는 2004년 초 라이프치히에서 설립되었으며, 2009년 1월부터 베를린의 Bio Deutschland에 사무실을 두고 있 다. 오늘날 30개의 바이오레지온 들이 이 협의회를 통해 동맹을 맺고, 독일 생명공학의 이익을 위

(출처: Council of German BioRegions 홈페이지)

해 그들의 지역 활동을 최적화하

고 공동의 이익을 극대화하기 위한 여러 현안을 조정해 나가고 있다.

Bio Deutschland는 독일 바이오산업의 정치적·사회적 단일 기구로서 바이오 도 이칠랜드의 구축 및 소통을 목표로 하며, 생명공학 분야에서 활동하고 있는 모든 기업의 독립적·대표성을 확립하고자 한다. 독일 생명공학은 독일의 미래 경쟁력에 크게 기여하는 부문으로서 입지를 다져왔으며, 현대 생명과학을 바탕으로 독일 경제 내에서 혁신적이고 자금력이 풍부한 산업 부문을 설립하기 위한 지원 및 촉매제 역할을 담당한다.

또한, 독일 생명공학 분야의 국제적 입지를 확고히 다지고, 입법부의 국가 및 유럽 정치 로비 통로로 활용된다. 아울러, Bio Deutschland는 독일의 주요 바이오산업 발전 지역 간의 네트워킹과 활동을 지원한다.

< Members of the Council of German BioRegions >

| | |
|---|--|
| BMD GmbH Life Sciences Agency Sachsen-Anhalt | BioRegionUlm |
| bioanalytik-muenster | BioRegion Würzburg |
| BIO CITY LEIPZIG | BioRiver - Life Science im Rheinland e.V. |
| BioCologne | BioRN Network e. V. |
| BioCon Valley | biosaxony e. V. |
| BioIndustry e.V. | Cluster für Individualisierte ImmunIntervention e. V. (Ci3) |
| BioLAGO e.V. - the health network | Freiburg / BioValley |
| BioM / Munich Biotech Cluster | HealthCapital Berlin Brandenburg, Cluster Life Sciences / Healthcare Industries |
| BioNord | Hessen (Hessen-Biotech) |
| BIO.NRW Cluster Biotechnology North Rhine-Westphalia | Thuringia (InfectoGnostics Forschungscampus Jena e.V.) |
| BIOPRO Baden-Württemberg GmbH | Life Science Nord |
| BioRegio Regensburg | MedLife e.V. |
| BioRegio STERN Management GmbH | NanoBioNet e. V. |
| BioRegion | Technologiepark Heidelberg GmbH |

(출처: Council of German BioRegions 홈페이지)

BIO Deutschland의 핵심 기능과 주요 전문위원회의 활동은 다음과 같다.

- (바이오 IT, 빅데이터 및 E-health) 생명공학과 다른 산업과 중복되는 주제를 중점적으로 다루며 적절한 매개변수를 이용하여 복합적인 정책 대안을 만드는 것을 목표로 한다. 이를 위해 각 분야의 데이터를 축적하여 빅데이터를 구축하고, E-Health를 통한 건강 증진에도 주력한다.

- (기업가정신, 혁신 및 일자리) 바이오 분야의 중소기업 혁신 및 일자리 창출과 관련하여 회원사들과의 공조 하에 구체적인 쇼케이스 프로젝트를 개발함으로써 독일 연방정부의 하이테크 전략의 이행을 지원한다. 특히, 독일 경제 이니셔티브에 기여하기 위해 독일 산업 연합(BDI) 이니셔티브, 즉 혁신 전략과 지식 관리를 촉진하고 생명공학 시장의 로드맵 설계, CDU 경제 위원회 및 혁신 위원회와 협력하여 쇼케이스 프로젝트를 본격적으로 추진 중이다.

- (진단) 고성능 시퀀스 분석부터 유전자 진단과 체외 진단까지 진단 분야의 조건이 맞아떨어져야 독일 생명공학 산업이 지속적으로 성장할 수 있다는 인식 하에 진단기능 개발·발전을 주요 목표로 다양한 실험을 실행중이다.

- (자금 조달 / 세금) 주식 금융, 새로운 자금 계획의 공식화, 재정 프레임워크 구축 등 원활한 자금 조달과 재정 상황 유지를 위한 기법을 공유한다..

- (독일-중국 협력) 중국의 파트너, 고객 또는 직원들과 협력하거나 연구 협력 및 자금 조달의 맥락에서 발생할 수 있는 주제에 대한 공개적인 협력을 촉진하기 위한 네트워크를 구축하고 활발한 상호작용을 추진한다. 그 주된 목적은 독일과 중국간의 상호작용의 맥락에서 실질적으로 발생하는 문제에 대한 기술·경험의 교환과 협조방식을 확립하는 것이다.

- (독일-미국간 협력) 대서양 횡단 테마, 연락체계 확립 및 행사 계획과 관련된 실제 문제에 대한 정보·경험을 교환하고 이 과정에서 독일 미국 양 국가의 상공 회의소가 참여하여 실질적인 성과를 높인다.

· (보건 정책) 보건 정책에 관한 실무 그룹은 면허, 경로, 보상, 시장 접근 및 관리에서부터 바이오 의약품 제품에 대한 청구에 이르기까지 비즈니스 및 정치적 매개변수를 다룬다. 이러한 연구는 또한 바이오 기술과 관련한 장소로서 독일에 대한 법적 사업 정책과 건강 경제 정책 이슈를 분석하는 것을 포함한다.

· (산업바이오경제학) 산업 바이오경제 워킹그룹에서 바이오기업들은 화학회사, 생물학, 생물학자와 함께 생물경제의 중요성을 촉진하기 위한 대책에 대해 협력한다. 워킹그룹은 EU의 바이오경제 전략과 2030년 독일 국가연구전략 바이오경제 구현에 대한 지원을 제공한다.

· (보호 권한 및 기술 계약) 이 전문 위원회는 특히 "독일 및 유럽 전역에서 지속 가능하고 지속적인 혁신을 위한 보호권리의 확보" 문제에 초점을 맞추고 있다. 중요한 쟁점으로는 중소기업의 보호권 비용 절감, 기술 이전 분야의 현행 구조 혁신 등이 있다. 또한, 전문 위원회는 BIO Deutschland 회원들을 위한 다양한 워크숍을 계획하고 실행한다.

· (기술 이전) 기술 이전 실무 그룹은 기술 이전 기관, 기업, 바이오 산업과 관련한 지역 및 바이오 클러스터 대표들에게 기초연구와 생명공학, 생명공학 분야와 제약 분야 간 기술 이전 논의를 위한 포럼을 기획·제공한다. 또한 이 주제에 대한 회의와 웹 세미나도 조직한다.

2020년 3월 말, BIO Deutschland는 "BIO Deutschland China Network"라는 첫 번째 가상 네트워크를 시작했다. 이 네트워크는 쾰른에 있는 블루콘 바이오테크 GmbH의 알브레히트 뢰퍼 최고경영자가 이끌고 있으며, 2010년부터 독일 연방 경제 에너지부(BMWi)와 중국 정부가 주도하는 독일-중국 의료산업 및 생명공학 분야 실무그룹 산하 생명공학 분과그룹의 회장이 운영을 맡고 있다.

BIO Deutschland는 협회의 실무진이 다루지 않는 주제에 대해 추가 네트워크를 가상 교류 플랫폼으로 구축할 계획이다. 정책 입장과 생명 개발에 주력하는 워킹그룹과 달리 네트워크는 주로 경험을 주고받고 접촉을 유지하는 역할을 하게 된다.

(3) Marine Bio Summer Program

해양바이오에 대한 관심과 미래 전망성이 높아지면서 학문적인 분야에서도 해양바이오 관련 새로운 프로그램 개설과 운영이 계속해서 증가하고 있다. 그 중에서 그 지역의 다양하고 특별한 해양생물과 연계한 Marine Bio Summer Program으로 유명한 지역과 프로그램을 소개하고자 한다.

이 프로그램들은 해양 생물학을 해외에서 공부할 수 있는 기회를 제공한다. 바다의 과학은 물 속에서 가장 잘 이해된다. 대부분의 프로그램은 일반 강의식 수업과 함께 현장 연구 기회와 연구실을 제공한다. 그래서 해양생물학을 배우는 동안 말 그대로 바다에서 열대어, 극지방 생물 등 다양한 해양생물을 관찰하고 연구하고 경험할 수 있게 된다. 해양생물학과 학생들이 교실에서 배운 것을 가지고 실생활 상황에서 실제로 적용하기 위해 필요한 해양 생물과의 작업과 관련된 기술들을 배우게 된다.

해양바이오 관련 대학생들에게 제공되는 주요 프로그램들은 다음과 같다.

- (해양 생태학) 해양생물학의 한 분야로서 해양생물의 모든 상호작용을 자세히 살펴본다. 특히, 해양생물의 주요 서식지, 개체수, 그리고 그들이 어떻게 활동하는지 분석한다.
- (지속가능성) 다른 환경 기반 분야와 마찬가지로 지속가능성은 해양 생물학에서 기후변화와 더불어 가장 뜨거운 주제이다. 해양 오염, 온난화, 산성화, 남획, 또는 해양 지속가능성 등이 주요 연구대상이다.
- (휴먼 임팩트) 최근 코로나바이러스로 인해 사람들의 경제활동이 대폭 줄어들면서 역설적으로 지구의 환경은 개선되는 현상을 목격할 수 있다. 이처럼 인간의 활동이 해양 생태계에 어떤 영향을 미치는지 근본적으로 탐색하고 연구하는 것은 지구와 인간생활의 상호작용을 이해하는 데 매우 중요하다. 특히, 바다에는 아직까지 발견되지 않는 많은 새로운 해양생물의 존재할 수 있어 이들을 연구하는 것은 인간들의 활동과 미래에 있어 매우 중요한 의미를 갖는다.

- (열대 해양식물) 산호초와 같은 열대 식물과 그것들이 생태계에서 어떻게 작용하는지 연구한다.

이와 같은 해양바이오 프로그램을 제공하는 주요 국가 사례는 다음과 같다.

- (코스타리카) 코스타리카는 내셔널 지오그래픽에 의해 지구상에서 가장 "생물학적으로 임팩트있는" 장소 중 하나로 손꼽혀왔다. 이 중앙 아메리카 국가는 전세계 종의 4%, 50만 종이 넘는 생물이 서식하고 있다. 산호세, 산 라몬 등이 해양바이오로 유명한 지역이며, 열대 식물군과 해양 생물군을 관찰할 수 있다.

AIFS Study Outer와 같은 프로그램을 선택하면 홈스테이와 연계되어 숙박과 식사가 함께 제공되고, Broadreach 해양 생물학 프로그램에 참여하여 바다거북의 짝짓기, 먹이주기, 둥지 무늬 관찰 등 다양한 활동에 참여할 수 있다.

- (오스트레일리아) 퍼스, 시드니 등이 주요 해양바이오 프로그램을 제공하는 지역이며, 지속가능성, 해양 생물, 인간들이 해양생태계에 미치는 영향과 상호작용 등이 주요 연구과제이다. 그레이트 배리어 리프(Great Barrier Reef)는 해양 생물학에 있어서 매우 중요한 의미를 갖는 지역이다. 3,000개가 넘는 개별 암초 시스템, 1,500종 이상의 물고기, 134종의 상어와 광선을 가진 이 지역의 해양 생태계는 세계에서 가장 유명한 해양서식지 중의 하나이다.

이 지역 또한 해양오염으로 인한 해양생태계 파괴의 위협에 처해 있다. 인간 활동으로부터 나오는 오염 물질은 바다거북과 듀공을 포함한 몇몇 취약한 종의 서식지를 위협하고 있다. 대학생들을 위한 몇몇 해양 생물학 여름 프로그램들은 이러한 야생동물, 지속가능성, 그리고 지구의 자정능력 확대를 위한 노력을 지원할 수 있는 기회를 가지고 있다.

- (칠레) 비나 델 마르, 발디비아 등이 해양바이오 프로그램을 지원하는 유명한 지역이다. 칠레는 단지 여름 기간 뿐만 아니라 1년 내내 장기간의 해양바이오 관련 프로그램을 제공할 수 있는 여건을 가지고 있다. 기본적으로 칠레는 열대 해변, 사막, 기념비적인 산, 그리고 북극 이하의 바다 등 환경다양성 측면에서

매우 적합한 자원을 갖추고 있다. 칠레에서는 환경 지속가능성과 인간의 활동이 해양생태계에 미치는 영향 등을 연구하는 것이 유명하다.

특히, 인간의 영향과 지속가능성 연구와 관련하여 과거의 남획이 야생동물에게 영향을 끼쳐 야생동물과의 보다 책임감 있는 상호작용이 필요하다는 보고가 있었다. 이처럼 남획이 해양생태계에 미치는 영향을 분석하고 남획을 방지하기 위한 정책과 그 당위성에 대해 연구할 수 있는 기회가 부여된다.

· (스코틀랜드) 스코틀랜드는 자연적·인문적으로 숨막히는 풍경과 활기찬 도시, 그리고 과학적인 발전을 경험할 수 있는 기회가 제공된다. 스코틀랜드는 유럽에서 해양 포유류를 볼 수 있는 가장 좋은 장소 중 하나이며, 모든 면에서 해양생물학 연구에 적합한 환경을 가지고 있다. 스텔링, 애버딘 등이 해양바이오 연구로 유명한 도시이며, 인간 생활이 해양 생태계에 미치는 영향과 해양 생태학 등이 주된 연구 분야이다.

스코틀랜드는 북극의 차가운 물에서 서식하는 다양한 해양 생물을 관찰할 수 있으며, 지구의 역사와 함께 변화하는 해양 생태계를 연구하기에도 매우 적합한 장소이다. 더불어, 육지의 야생동물과 해양 생물의 상호 작용, 도시에서 발생하는 오염 물질이 해양 생태계에 미치는 영향에 대해서도 보다 선명하게 관찰하고 연구할 수 있다.

· (A BOAT ON) 이 밖에도 카리브 해, 지중해, 대서양, 버진 아일랜드, 도미니카, 프랑스, 호주 등 다양한 국가들은 선박에서 해양바이오 관련 학습을 진행할 수 있는 프로그램을 제공한다. 즉, 선박 안에 학생들을 교육할 수 있는 교육시설과 실습시설, 생활에 필요한 필수시설 등을 배치하고 일정 기간 해양바이오 관련 학습 프로그램을 운영하는 것이다.

이처럼, 여름방학 등 단기간에 해양바이오 관련 전공자 또는 비전공자 학생들을 유치하여 해양생물을 직접 탐사하고, 관찰·연구할 수 있는 기회를 제공하는 것은 미래 해양바이오 인력을 육성하고 산업을 확장시키는 데 있어 매우 중요한 기능을 수행할 수 있다.

3. 해양에너지 개발

해양 에너지 또는 해양 전력은 파도, 조수, 염도, 해양 온도 차이에 의해 운반되는 에너지를 말한다. 전 세계 대양에서 물의 이동은 운동 에너지, 즉 운동 에너지의 광대한 저장소를 만들고, 기술의 발전에 따라 이 에너지의 일부는 가정, 교통, 산업체에 전기를 생산하기 위해 사용될 수 있다. 해양 에너지라는 용어는 파동력, 즉 표면에서 움직이는 물의 운동 에너지에서 얻은 조력 모두를 포함한다. 다만, 해상풍력은 풍력 터빈이 물 위에 놓여 있더라도 풍력이 바람에서 파생되기 때문에 해양에너지의 형태가 아니다.

바다는 엄청난 양의 에너지를 가지고 있고, 해양 에너지는 전 세계적으로 상당한 양의 신재생 에너지를 제공할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 해양 온도차, 염분 함량, 조수의 이동, 조류, 파도의 변화로 발생하는 전기는 재생가능한 친환경 에너지로 미래 에너지 수요의 상당 부분을 담당할 수 있다. 한 예로, 2019년 4월 기준 미국 연안의 파도에 대한 이론적인 연간 에너지 잠재력은 2조 6,400억 킬로와트슈어(KW)에 달하며, 이는 2018년 미국 전기 발전량의 약 64%에 해당하는 것으로 추정된다. (U.S Energy Information Administration, 2019.4)

< 해양 에너지 종류 >

| 종 류 | 주요내용 |
|----------|--|
| 해양온도차 발전 | 물은 전형적으로 직사광선으로 데워진 표면에서부터 햇빛이 침투할 수 없는 더 깊은 곳까지 온도가 변한다. 이 차이는 열대 해역에서 가장 크며, 물의 위치 등에 따라 에너지량이 달라진다. |
| 조력 | 조력 또는 조력 에너지는 조수로부터 얻은 에너지를 유용한 형태의 전력, 주로 전기로 변환하는 수력 발전의 형태다. 조력 발전은 세 가지 주요 형태, 즉 조수 발전, 조수 배력, 동적 조력 발전으로 구성된다. 아직까지 널리 쓰이지는 않지만, 미래 전기 발전의 잠재력을 가지고 있다. 조수는 바람과 태양보다 더 예측 가능하며, 설계와 터빈 기술(예: 새 축력 터빈, 교차 유량 터빈) 등 최근의 많은 기술 발전에 힘입어 총 가용성이 높아지고 있다. |

| | |
|------------|---|
| <p>파력</p> | <p>태양에서 나오는 태양 에너지는 바람을 일으키는 온도 차이를 만든다. 바람과 수면의 상호작용은 파도를 만들어내는데, 파동이 쌓일 거리가 더 넓을 때 파도 에너지는 더 커진다. 파동에너지는 전지구적인 바람의 방향 때문에 서해안의 양쪽 반구에서 30도에서 60도 사이에서 가장 크다. 파동에너지 기술은 근해에서 주로 이루어지고, 파동에너지 변환기는 심층수, 중간수 또는 얕은물 등 특정 수심 조건에서 작동하도록 설계될 수 있다. 기본 장치 설계는 장치의 위치와 자원 특성에 따라 달라진다.</p> <p>파력 분야는 최근 상업성 확보의 중요한 전환점에 있으며, 더 발전된 전략 장치들은 단일 장치 시연 단계를 넘어 넘어 협력 개발 및 멀티 메가와트 프로젝트로 나아가고 있다. 주요 기업 간 후원과 제휴가 이루어지고, 추가적인 투자와 경우에 따라서는 국제적인 협력을 실현하고 있다.</p> |
| <p>해류</p> | <p>강한 해류는 온도, 바람, 염도, 해수, 지구의 자전으로부터 생성된다. 태양은 일차적인 추진력으로 작용하여 바람과 온도차를 일으킨다. 해류는 하천 등에서 큰 작은 변동만 있기 때문에 터빈 등 에너지 추출 장치를 배치하기에 적합하다.</p> |
| <p>삼투압</p> | <p>민물과 소금물이 섞이는 강 하구에서는 염도와 관련된 에너지를 역삼투 과정과 관련 변환 기술을 사용하여 전기를 생산할 수 있다. 또 다른 시스템으로는 바닷물에 담근 터빈을 돌려 담수 상승에 기반을 둔 전력 생산 방식이 있으며, 전기화학 반응을 수반하는 시스템도 개발 중에 있다. 일본, 이스라엘, 미국 등에서 일부 연구가 이루어졌으며, 유럽에서는 노르웨이와 네덜란드에 연구가 집중되어 있다.</p> |

해양 에너지 개발 현황을 살펴보면, 영국은 파력과 조력 발전에서 선도적인 역할을 수행해오고 있다. 2003년 영국 해양에너지 산업 발전을 위해 세계 최초로 해양에너지 시험시설이 설립되었고, 스코틀랜드 오크니에 본부를 둔 유럽 해양 에너지 센터(EMEC)는 세계에서 가장 큰 규모로 많은 파도와 조력 에너지 장

치의 배치를 지원해왔다. 이 센터는 스코틀랜드 정부, 관련 기업, 영국 정부, 스코틀랜드 기업, 유럽 연합 및 오크니 제도 이사회에서 약 3,600만 파운드의 자금을 지원받아 설립되었으며, 세계 유일의 해양 재생 에너지 인증 파도와 조력 테스트 센터이다. EMEC는 기기 테스트를 넘어 폭넓은 컨설팅과 연구 서비스도 제공하고 있으며, 해양 에너지 개발자의 동의 절차를 간소화하기 위해 마린 스코틀랜드와 긴밀히 협력하고 있다. EMC는 해양에너지 국제표준 개발의 선두에 있으며, 세계 해양 재생에너지 산업의 발전을 촉진하기 위해 전 세계에 지식을 수출하는 등 다른 나라들과 제휴를 맺고 있다.

해양에너지 개발에서 빼놓을 수 없는 주제는 해양 환경과 관련된 문제이다. 해양 에너지 개발과 관련된 일반적인 환경 문제는 다음과 같다.

해류는 전 세계 많은 지역의 기후를 결정하는데 중요한 역할을 한다. 해류 에너지를 대규모로 활용하는 것이 어떤 환경적 영향을 미칠 지에 대해서는 구체적으로 밝혀진 바는 없지만, 이러한 전력 생산 방식이 극지 환경에 미치는 영향은 중요한 환경적 우려를 가져올 수 있다. Blade strike, 해양 생물이 전기 생산기에 얽히는 문제, 전통적으로 음향적인 효과와 관련된 터빈 문제는 여전히 존재하며, 이러한 문제는 이동을 위해 해류를 사용하는 해양 생물 개체군이 매우 많기 때문에 문제가 더욱 심각해 질 수 있다. 에 있어 보다 다양한 개체군이 존재하기 때문에 확대될 수 있다.

이 밖에도, 해양 포유류와 물고기가 조력 터빈 날개에 부딪힐 위험, 해양 에너지 장치 작동에서 방출되는 전자파 및 수중 소음의 영향, 해양 에너지 프로젝트의 존재로 인해 해양 포유류, 어류, 바닷새의 행동 패턴을 변화시킬 수 있는 잠재력, 근거리 및 원거리 침전물 이동에 따른 해양 환경과 수질에 미치는 잠재적 영향 등 그 영향력과 파괴력은 매우 클 수 있다.

해양에너지는 기본적으로 재생가능한 에너지로 친환경 에너지 성격을 갖지만, 해양에너지 생산이 기하급수적으로 증가하는 경우 해양생태계와 해류 등에 근본적인 변화를 일으켜 지구 생태계를 위협시킬 가능성도 완전히 배제할 수 없다. 따라서 이에 대한 연구와 보완 방안도 지속적으로 마련되어야 할 것이다.

(1) EMEC (The European Marine Energy Centre Ltd)

2003년에 설립된 유럽 해양 에너지 센터(EMEC)는 파력과 조력에너지를 개발하고자 하는 기관, 사람, 투자자들에게 인가된 개방형 해상 시험 시설을 제공하는 세계 최초이자 유일한 센터이다. Orkney는 해양 에너지와 관련하여 강한 해양 파도, 강한 조류, 보호 항만 시설, 지역 사회 내에 존재하는 재생, 해양 및 환경 전문성을 갖춘 이상적인 근거지다.

EMEC에는 13개의 그리드 연결 시험 정박지 등 세계 어느 단일 현장보다 더 많은 해양 에너지 변환기가 배치되었고, 전 세계의 개발자들과 함께 가장 혹독한 해양 환경에서 해양에너지 생산을 달성할 수 있는 것을 증명해 왔다. 또한, 소규모 해양에너지 개발 장치 또는 개발 초기 단계에 있는 장치들이 실제 바다 경험을 얻을 수 있는 2개의 규모 시험장을 운영한다.

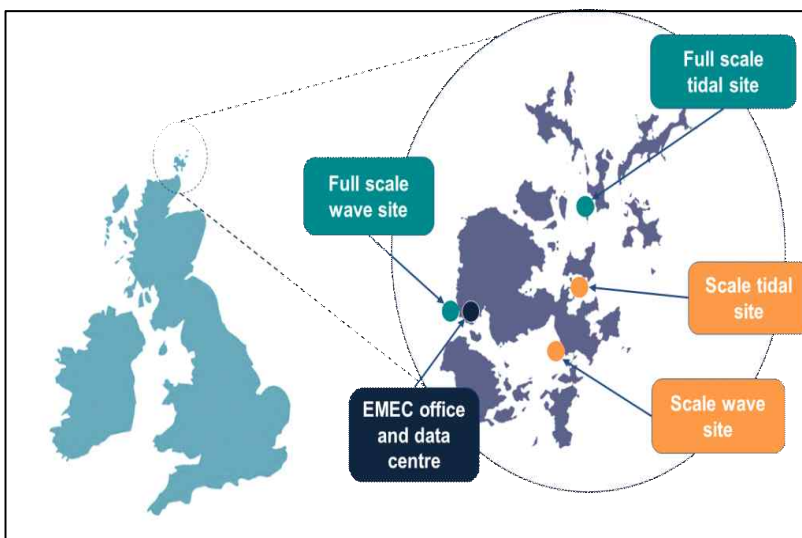
EMEC는 파도와 조력 현장 외에도 육지 수소 생산 공장을 가지고 있는데, 이 공장은 조력과 풍력에너지를 통해 녹색 수소를 생성한다. 수소경제 발전을 목표로, 오크니 지역에서 수소 신기술 실증 현장을 운영하는 것은 다양한 수소 연구 프로젝트의 핵심 요소다.

EMEC는 센터가 독립적으로 검증한 성능 평가를 제공할 수 있도록 관련 시험소 표준(ISO17025)에 따라 작동하며, ISO/IEC 17020에 인증되어 해양 에너지 변환기와 그 하위 시스템에 대한 독립적인 기술 검증을 제공한다. EMEC는 기술 시연과 테스트를 넘어 폭넓은 컨설팅과 연구 서비스를 제공하며, 스코틀랜드 정부와도 긴밀히 협력하여 관련 개발 절차를 간소화하고 있다.

최근에는 해양 에너지 개발과 관련하여 한 국가 또는 한 기업 내의 발전 뿐만 아니라 국제적인 협력이 갈수록 중요해지고 있다. 이와 같은 흐름에 호응하여, EMEC는 해양에너지 국제표준 개발의 선두에 있으며, 세계 해양 재생에너지 산업의 발전을 촉진하기 위해 전 세계에 지식을 수출하는 등 다른 나라들과 제휴 및 협력관계를 증진하고 있다.

EMEC의 주요 시설은 다음과 같다. 먼저, 세계 유일의 다용도, 다목적, 파도와 조력 에너지 변환기를 위한 개방형 해상 시험 시설을 제공한다. EMEC의 고객들은 최고 수준의 주요 파도와 조력 자원의 준비 및 비용 최소화를 위한 시험과 시연 시설을 이용할 수 있다. 기존 실험 결과와 결합하여 고성능 데이터의 완전한 기밀성을 바탕으로 기술 개발자가 이를 통해 최대한 쉽게 학습할 수 있도록 상당한 인프라 투자가 이루어졌다.

실험 시설은 Orkney 지역의 5개 사이트에 분산되어 있으며, Stromness,



Unthorn Orkney, Billia Croo 파동에너지 시험장, 에데이섬 앞바다의 전쟁성 조수에너지 시험장, 에데이의 칼데일 수소 생산 공장, 성 메리만 외곽의 Scapa Flow Scale Wave 시험장, 샤펜세이 사운드 스케일 조력 테스트 현장, 홀랜드 헤드 외곽 스트롬니스와 커크월의 사무실 등이 있다.

(출처: EMEC 홈페이지)

그리드 연결 인프라 관련, 그리드 연결 시험 현장에는 해저 케이블이 있으며, 해저 케이블은 해상의 각 시험 정박지로부터 육지의 변전소까지 운행되며, 여기서 생성된 전기를 영국 국가 그리드에 공급할 수 있다. 테스트 사이트에는 연안 11kV 제어 및 전환 스테이션, 영국 그리드에 연결된 13개의 해저 케이블(조력 에너지의 경우 Warness의 Fall of Warness, Wave Energy의 경우 Billia Croo에서 5개), 원격 액세스가 가능하도록 광섬유 케이블을 통한 데이터 전송, 테스트 장치의 미터링된 전원 출력, 실시간 모니터링이 가능한 포괄적인 SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition) 시스템, 파동, 조수 및 환경 기준 데이터 수집, 국가 표준에 따라 개발·수정된 MET 스테이션, 데이터의 완전한 기밀성을 보장하기 위한 보안 시설과 프로그램, CCTV 모니터링, 확장 테스트 사이트 인프라 등 최첨단 시설들이 포함되어 있다.

에데이의 칼데일 시험장에는 수소 생산 공장을 형성하는 조력 에너지 변환기와 풍력 터빈에서 나오는 초과 재생 에너지를 사용하여 수소 생성을 가능하게 하는 시설 등이 설치되어 있다. EMEC의 수소 인프라는 0.5 MW급 응답 PEM(Proton Exchange Mem) 전해기, 200bar에서 최대 500kg의 수소 저장이 가능한 현장 저장 실린더, 도로와 페리로 최대 250kg의 수소를 최종 사용자에게 전송할 수 있는 특수 설계된 이동식 저장 장치(MSU) 등이 운영중이다.

그리드 파력 테스트 시험장은 2003년에 지어졌으며 Stromness 외부의 Billia Croo에있는 오크 니 본토 서쪽 가장자리에 배치되어 있다. 이 지역은 북대서양의 강력한 힘을 받아 평균 유효 파고가 2~3 미터 인 유럽에서 최대 18미터 까지 도달하며, 가장 높은 파력 에너지 잠재력을 가진 지역이다. 이 지역은 약 2km의 해상 및 0.5km 떨어져있는 최대 70m의 수심에 5개의 케이블로 연결된 테스트 정박지로 구성된다.

이 외에도, 5 개의 11kv 해저 케이블은 주 배전반, 백업 발전기 및 통신 실이 있는 EMEC 변전소에 공급되며 시각적 영향을 최소화하도록 신중하게 설계되었습니다. 이 케이블은 현장에서 파도 에너지 변환기 테스트에 의해 생성 된 전기를 국가 그리드에 직접 공급한다. 파동 높이, 주기 및 방향을 측정하는 3 개의 파도 라이더 부표가 현장에 있으며, 특수 제작 된 기상 관측소가 현장에 대한 실시간 충족 데이터를 제공한다. 이 데이터는 정교한 SCADA(Supervisory, Control and Data Acquisition) 시스템에 공급되며, 실시간 데이터를 제공하고 웹 사이트에서 24시간 확인할 수 있는 시스템을 운영한다.

시험장 정박지는 해상 활동을 모니터링하기 위한 강력한 카메라로 개조 된 전 해안 경비대 감시소 인 블랙 크레이그(Black Craig)의 관측 지점에 위치한 CCTV에 의해 모니터링된다. 이는 데이터 센터 및 사무실 시설에서 원격으로 제어된다.

조력 시험장은 Eday 섬의 바로 서쪽에 위치해 있으며, Westray Firth와 Stronsay Firth 사이의 좁은 해협에 놓여있다. 이곳은 봄철 조수 때 초속 4m/초(7.8노트)에 육박하는 고속 해류가 지난다.

이 시험장은 가로 2km, 세로 약 4km 지역에서 12m에서 50m 깊이의 7개의 케이블로 구성되어 있으며, 11kv 해저 케이블은 메인 개폐장치, 예비 발전기 및 통신선이 있는 변전소로 공급된다. 변전소는 각 조력 장치로부터의 공급과 국가 그리드와의 연결을 통제한다. 인접한 하역 구역은 개발자들에게 전기를 발생시키는 수준에서 그리드 호환 전기로 변환하는 데 조건화 장비를 사용할 수 있는 기회를 제공한다. 현장에 있는 또 다른 건물에는 스코틀랜드와 에너지 변압기가 설치되어 있으며, 여기에서 11kv는 33kv로 변환된다. 이 케이블에는 전기 운송 외에도 개발자가 장치와 통신하고 모니터링 자료를 데이터 센터와 사무소로 다시 전송할 수 있는 광섬유도 포함되어 있다.

조수 및 파도 조건을 만족시키기 위해 다수의 미터기가 배치되었고, 육지에는 특별히 제작된 기상 관측소가 위치하여 현장에 대한 실시간 데이터를 제공한다. 이 데이터는 정교한 SCADA 시스템으로 전송되며, 웹사이트를 통한 실시간 데이터 피드백이 가능하다. 하역 구역 옆, 0.5MW 전해기는 조력 시험 현장에서 발생하는 조력 에너지로부터 높은 순도의 연료전지 등급 수소를 생산할 수 있는 장치다. 2017년 EMEC 수소 생산 공장은 세계 최초로 조력 생성 수소를 생산했다. EMEC 변전소 내부의 제어 개폐기는 조력 장치의 전력을 국가 그리드로 보낼지 아니면 전해기로 보내 수소를 발생시킬지를 결정할 수 있다.

EMEC는 EMEC의 그리드 연결 사이트 외에도 스카파 플로우(Scapa Flow)와 샤펬세이 사운드(Shapinsay Sound)라는 보다 완화된 조건의 실제 해상 테스트 사이트도 제공한다. 이 사이트들은 탱크 시험과의 격차를 좁히고 대규모 프로젝트를 위한 디딤돌 역할을 하는 보다 유연한 해양 공간을 제공한다. 이와 같이 접근 가능한 실제 해상 시험을 통해 해양 에너지 개발자와 공급자가 보다 저렴하게 실제 실험 결과를 얻을 수 있어 대형 선박이나 대형 플랜트의 사용으로 인한 대규모 비용 발생을 방지할 수 있다.

스캐파 유량 시험장은 커크윌 남쪽에 있는 스카파 플로우 지점으로 파고가 0.35m에 이르는 비교적 양호한 수역이다. 이 부지는 물 21m-25m, 가로 0.4km, 세로 약 0.9km의 지역아묘— 커크윌 북동쪽에 있는 샤펬세이 사운드(Shapinsay Sound)는 상당히 양속 해양 조류를 가지고 있으며, 최고 조류가 1.5m/s이다.

EMEC에서 제공하는 주요 서비스는 최대 규모의 파도와 조석 테스트 제공, 컨설팅 및 서비스, 리서치 기능 등이 있다. EMEC는 특히 해양 재생 산업 분야에서 특화된 기술을 바탕으로 통합된 솔루션을 제공한다. 데이터 수집 및 해석, 해양 자원 조사, 수중 음향 조사, 실제 바다 환경에서 특정 장비 또는 구성 요소의 운영 효율성을 테스트하기 위한 현장 활용 등 현장의 환경특성에 도전한 경험을 활용한 독특한 방법론을 사용한다.

해양 에너지 기술 평가 프로세스(TAP)의 핵심 내용은 초기 단계에 있는 파력과 조력 기술 개발자를 위한 통합 평가 및 개발 경로다. TAP는 새로운 파력 개발기술의 평가를 위한 표준화된 프레임워크와 조력 에너지 개발자들이 많은 핵심 영역에서 기술을 벤치마킹할 수 있도록 한다.



(출처: EMEC 홈페이지)

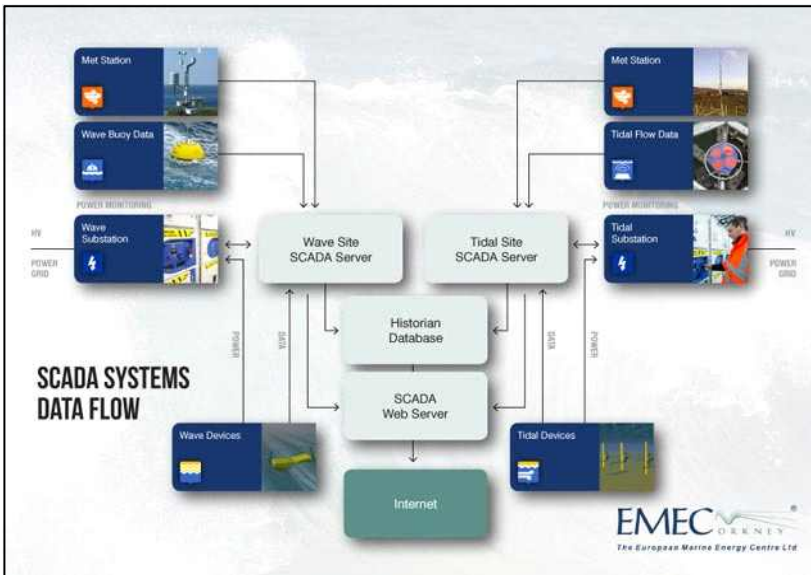
EMEC와 해양 재생 에너지(ORE) 전문가들은 성능 및 비용과 관련한 불확실성을 줄이기 위해 개발자들과 지속적으로 협력한다. 이 접근 방식은 기술을 프로토타입 테스트 단계에 도달하기 전에 위험성을 상당 수준으로 제거할 수 있으며, 개발자가 가장 중요한 영역에 집중할 수 있도록 하여 적은 비용과 빠른 속도로 집중적인 개발 경로를 생성한다.

TAP 방법론은 기술 아이디어가 개발의 한 단계에서 다른 단계로 진행됨에 따라 진행 상황을 추적하고 성과에 대한 증거를 공개적으로 분석하기 위해 설계되었다. 증거 기반 서류인 기술 여권(Technology Passport)은 개발 과정을 통해 개발자의 경로를 설계하고 분석하는 데 도움이 되며, 기술 상용화와 개발 지원 기회에 대한 입장을 확인할 수 있다.

개발자들은 이러한 TAP 관리를 통해 투입가능한 자원을 효율적으로 활용할 수 있게 되고, 집중력 및 리스크 관리 개선에 도움이 된다. 특히, 개발 초기 단계에서의 신뢰도 확보로 투자자와 펀드를 모집하는 데도 도움이 된다.

시험 대상 장치, 환경 매개변수, 전기 성능 및 자체 인프라에 관한 정보의 지속적인 흐름은 정교한 SCADA(Supervisory, Control and Data Acquisition) 시스템을 사용하여 관리·유지된다.

글로벌 표준 GE 제품을 기반으로 한 SCADA 시스템은 이해당사자들에게 검증 가능한 성과와 환경 보고서를 제공하는 데 도움을 주는 역사학 데이터베이스의



활용을 기반으로 한다. 이 시스템은 원전의 안전한 작업환경과 종합적인 평가, 안전한 운전이 가능하도록 24시간 실시간 상태정보, 동향, 알람, 원격제어 등을 제공한다.

데이터는 보안 네트워크를 통해 테스트 사이트에서 개발자와 사내 사용자에게

보안 인터넷 연결을 통해 확인, 처리 및 전달되는 데이터 센터로 전송된다. 이 시스템은 각 개발자에게 고전압(HV) 개폐장치, 전기 성능 및 통신 상태, 그리고 해당 장치에 공급되는 HV 회로 차단기의 원격 제어 등 발전소 상태에 대한 정보를 제공한다. 모든 데이터는 산업 표준에 따라 기록되고 보관된다.

Billia Croo에서는 다수의 정교한 계측 부표(와이더)가 국제 표준에 파장 높이, 방향 및 주기 데이터를 제공한다. Warness의 Fall, Shapinsay Sound, Scapa Flow 시험장에서는 계측 부표가 필요에 따라 파장 높이와 조석 흐름 정보를 제공한다.

이러한 환경 데이터 외에도, 기상 매개변수는 Billia Croo 및 Fall of Warness 사이트에서 측정되며, 고도의 보안 네트워크를 통해 데이터 센터에 연결되고 SCADA 시스템을 통해 개발자들에게 제공된다.

(2) DMEC (The Dutch Marine Energy Centre)

네덜란드 해양 에너지 센터(DMEC)는 국제 해양 에너지 분야의 서비스 제공업체다. 해양 에너지는 전세계 지속 가능한 에너지 체계에서 재생 가능하고 예측 가능하고 신뢰할 수 있는 에너지를 제공하는 데 중요한 역할을 할 것이다. 이를 실현하기 위해 DMEC은 해양 에너지 솔루션의 기술, 혁신 및 상용화를 가속화하는 것을 목표로 한다.

DMEC는 초기 제품 설계부터 국가 및 국제 상업 프로젝트의 실현에 이르는 전체 제품 개발 라이프사이클을 다루는 회사에 일련의 기술 및 상업 서비스를 제공한다. 이를 통해 잠재력이 높은 기업의 기술개발 계획과 성장전략을 빠르게 추적할 수 있게 된다. 공동의 혁신과 실증 프로젝트를 실행하기 위해, 여러 파트너와 부문간 네트워크를 하나로 모으고, 전략적인 국제적 협력을 구축함과 동시에 기술 개발자, 정책 입안자, 프로젝트 개발자, 역외 기업, 연구 기관 및 투자자로 구성된 중요한 이해관계자 그룹을 조정하여 물밑에서 새로운 프로젝트를 실현한다.

DMEC는 강력한 해양 에너지 시스템을 구축하는 데 전념한다. 우선, 연구개발(R&D)은 새로운 혁신 제품 개발의 중요한 첫 단계다. 그것은 기술 성능을 입증하기 위해 후속적으로 시험되는 작동하는 프로토타입으로 이어진다. DMEC는 연구개발 단계를 가속화하고 강력한 프로토타입을 개발하기 위해 기술개발자, 대기업, 대학, 연구기관 간의 국제적 협력을 구축한다. 서로 다른 조직의 고유한 전문지식을 결합함으로써, 새로운 해양 에너지 기술의 시장 출시 기간을 단축하는 것을 목표로 한다.

국제적 협력을 성공적으로 구축하기 위해서는 공동 소유의 비즈니스 사례를 개발하는 것이 중요하다. DMEC는 그러한 공동 비즈니스 사례를 구축하기 위해 공공 및 민간 금융 공급원을 끌어들이고, 필요한 공공 자금을 확보하기 위해 국가 및 유럽 보조금 신청을 조정한다. 또한, 민간 금융을 확보하기 위해 금융기관과 개인 투자자들의 네트워크를 이용한다.

2015년부터 2018년까지 실행된 DMEC Innovation Accelerator 프로그램 하에서 높은 잠재력을 가진 기술 개발자들은 국제 공공 및 민간 기관으로부터 가장 잘 이용 가능한 지원과 연결된다. 개발자들은 집중적으로 코칭을 받고, 기술 발전을 위해 맞춤형 지원 패키지를 받는다. 이와 병행하여 그들은 상업적인 사업 사례를 구축하도록 지원받는다.

다음으로, 기술의 타당성과 성능을 입증하기 위해서는 강력한 테스트가 필수적이다. 그 외에도 잠재적 투자자와 고객에게 기기의 생존 가능성을 입증하기 위한 테스트가 필요하다. DMEC는 아프슬루이트디크와 마스디프(Afsluitdijk and Marsdiep)에 두 개의 시험장을 가지고 있다. 두 사이트 모두에 대해 해양 에너지 장치 테스트를 위한 기술 지원 패키지를 설계하고 실행한다. 기술 개발자는 FOREASEA 및 MaRINET2 프로젝트를 통해 테스트 현장에서 테스트를 수행하기 위한 자금을 지원받을 수 있다.

테스트 외에도 잠재적 투자자를 유치하고, 상업적인 프로젝트 파이낸싱에 접근하며, 수출을 촉진하기 위해서는 인증이 중요하다. DMEC는 국제전기기술위원회(IEC) 산하 국제표준 및 인증제도 개발을 가속화하는 것을 목적으로 하는 MET-Certified 프로젝트를 조정한다. IFREMER 및 EMEC와 함께 IEC 인증을 준수하는 프로토콜에 따른 테스트를 제공한다.

환경과 계획 분야 또한 해양에너지 개발에 있어 필수적인 단계를 포괄한다. 상업적인 목적의 해양 에너지 프로젝트의 이행을 성공적으로 실현하기 위해서는 초기 단계에서 사업 계획을 개발·시행하고 미래 발생가능한 환경적 쟁점에 대한 연구와 이에 대비한 환경 영향 평가 및 대처 방안이 마련되어야 한다. 첫 단계로는 법적 요건을 준수하기 위해 필요한 모든 허가를 받아야 한다. 프로젝트 시행 중에는 여러 공공 및 민간 이해관계자를 효과적으로 관리하는 것이 핵심이다. DMEC는 모든 이해관계자가 지원하는 공통의 비전을 만들고 명확한 지배구조를 가진 실행 가능한 민관 사업 사례를 개발하는 데 도움을 준다. DMEC와 협력 관계에 있는 네트워크대학, 연구소와 함께, 프로젝트의 효과적인 실행을 지원하는 도구를 제공한다. 이러한 도구는 기술의 환경적 영향을 평가하고 운영 및 유지관리 활동을 위한 계획을 수립한다.

현 단계에서 해양에너지 개발은 국제화와 수출에 대한 계획이 필수적이다. 해양 에너지의 잠재력은 기술과 지리적 지역에 따라 다르다. 따라서, 잠재적 고객들과 사업 기회들은 다른 나라나 심지어 다른 대륙에서 발생할 수 있다. 국제 프로젝트를 실현하기 위해서는 현지 이해관계자들의 참여가 중요하다. 글로벌 네트워크를 활용함으로써, 새로운 기술의 시장 잠재력을 평가하고 이것을 상업적인 글로벌 전략에 반영한다.

DMEC는 네덜란드령 안틸레스와 카리브해의 해외 영토에 대한 OTEC 기술 시범 프로젝트를 실현하기 위해 서로 다른 이해당사자들을 조정한다. DMEC는 네덜란드의 파동에너지 기술 개발자, 여러 해외 회사 및 포르투갈의 테스트 사이트 간의 파트너십을 구축하여 파동에너지 장치를 시연한다. DMEC는 일본의 오션 에너지 협회와 어떻게 네덜란드 기술 일본에 배치될 수 있을지를 탐구하기 위한 양해 각서에 사인 했다.

DMEC의 주요 프로젝트는 다음과 같다.

① DMEC Innovation Accelerator

Innovation Accelerator 프로그램은 DMEC에 의해 설계, 개발 및 구현되며, 네덜란드 신 해양 에너지 기술의 개발과 배치를 가속화하는 것을 목표로 한다. 이 프로젝트에서는 여러 기술 개발자들이 동시에 기술개발과 투자사례를 구축할 수 있도록 지원된다. DMEC가 가진 기술 및 상업 서비스를 제공함으로써 네덜란드 해양에너지 부문이 새로운 혁신을 시장에 가져올 수 있도록 지원한다. 이 과정에서 개발자들에게 최고의 전문지식을 제공할 수 있도록 대학, 지식기관과 긴밀한 협력관계를 구축한다.

기술개발과 연구기관 고유의 지식과 기술세트를 결합함으로써, 초기 연구개발 단계에서 기술 구현에 대한 몇 가지 잠재적 장애물을 파악하여 해결한다. 이와 같이, 기관의 구체적인 지식과 노하우를 용맹화하여 구체적인 이행도구 형태로 시장에 내놓는다. 컨소시엄 내에서는 기술개발자와 지식기관 간 협업을 통해 4 가지 톨을 가진 패키지가 개발되고 있다. 하나는 해양 에너지 기술의 환경 영향

의 식별과 완화에 초점을 맞춘다. 또한 조수에너지 설비를 중심으로 수력역학 모델링 작업이 이루어진다. 세 번째 도구는 운영 및 유지보수 활동을 계획하는데 도움이 되며, 최종 도구는 사용자 중심의 혁신 프로세스를 분류하여 기술 개발을 안내하는데 도움을 준다. 이노베이션 액셀러레이터는 또한 첫 번째 기술 개발 단계를 통해 네 명의 초기 단계 개발자를 코칭하는 전용 창업 코칭 프로그램을 포함한다.

② FORESEA

FORESEA 프로젝트에서 DMEC는 다른 유럽 테스트 센터와 협력하여 해양 에너지 기술을 시장에 출시한다. 이 프로젝트의 파트너는 유럽 해양 에너지 센터(European Marine Energy Centre, 영국, 프로젝트 코디네이터), 스마트베이(SmartBay, 아일랜드), SEM-REV(프랑스)이다. FORESEA는 실제 해양 조건에서 혁신적인 해양 재생 에너지 기술을 시연할 수 있게 해주며, 이는 이러한 신제품을 시장에 출시하는데 필요한 투자를 활용하는데 도움이 된다. 테스트 센터는 브뤼셀에 본부를 둔 유럽 산업 협회 Ocean Energy Europe의 지원을 받는다.

유럽의 기술들이 해양 에너지 개발을 세계적으로 주도하고 있다. 이 리더십을 새로운 산업 분야로 전환하기 위해서는, 중요한 기술 집합체를 시장에 출시하기 위해 충분한 민간 투자를 받는 것이 필수적이다. 해양에너지 기술의 사전 상업적 시험과 실증 비용이 높고, 본격적인 운용 조건에서 기술이 입증될 때까지 투자자들은 투자에 신중하다. 그 결과 위험이 가장 높고 자본 요구사항이 가장 집중적인 지점(예: 오픈오션 테스트 및 시연 등)에서 기술 개발자들은 자금 조달벽에 부딪혔다.

FORESEA 프로그램은 장기적인 테스트와 기술 개발이 가능하도록 추가 투자를 활용하고 시장 투자 과정까지 일련의 과정을 관리해 준다. 테스트 사이트에 대한 접근은 2년마다 열리는 경쟁 상담 프로그램을 통해 FORESEA 프로젝트에 의해 지원되고 자금이 지원된다.

③ MaRINET2

MaRINET2 프로젝트는 성공적인 EU 자금 지원을 받은 MaRINET 인프라 네트워크의 두 번째 버전이다. 두 프로젝트 모두 아일랜드 대학교 코르크의 해양 및 재생 에너지 연구소(MaREI)가 조정하고 관리한다.

MaRINET2는 2017년부터 2020년까지 진행되는 1,050만 유로의 테스트 및 시연 프로젝트다. DMEC는 유럽과 전세계에서 가장 높은 해상 재생 에너지 시험 시설을 대표하는 38개 기관과 협력한다. 이 프로젝트는 유럽 전역의 강력한 국제 관계에 의존하며 13개국의 기관이 가지는 전문성과 참여에 의존한다. 이 협업을 통해 강력한 유럽 네트워크를 구축하고 일관된 테스트 서비스를 제공함으로써 기기 및 핵심 부품 개발에서 계량 가능하고 단계적인 진전을 보장할 수 있다. 기술 개발자는 세 번의 경쟁을 통해 MaRINET2의 테스트 사이트 중 하나에 대한 참여를 신청할 수 있다. (2018.11.1.~12.15, 2019.8.15.~9.30, 2020.6.25.~8.7)

④ MET-인증(MET-CERTIFIED)

MET-Certified(Marine Energy Technologies - Certified) 프로젝트는 해당 분야에서 국제적으로 인정된 표준과 적합성 평가를 발전시켜 보험에 가입할 수 있는 해양 에너지 프로젝트의 채택을 증가시키는 것을 목표로 한다. DMEC는 Interreg 2Seas 프로그램에 따라 자금을 지원하는 MET-Certified 프로젝트의 선도 파트너로서 기능한다.

제휴는 국제전기기술위원회(IEC) 산하에 해양에너지 기술의 표준 및 인증제도를 모델로 적극적으로 추진한다. 이 프로젝트는 해양 에너지 변환기에 대한 IEC 기술 규격 62600을 탱크 시험 및 공개 해상 시험 내의 시범 프로젝트에 적용하여 규격을 개발·유지하는 위원회에 피드백을 제공할 수 있다. DMEC는 하중 측정에 관한 새로운 기술 명세 개발을 주도하고 IEC RE에 따라 "인증 범위"에 대한 실무 그룹을 소집함으로써 IEC 활동에 기여한다.

이 프로젝트 컨소시엄은 유럽 4개국 10개 협력사를 모아 2016년부터 2020년까지 운영하며, 17개의 관찰자 파트너는 프로젝트 결과를 전파하는 데 협력하고 있다. 이 프로젝트는 은행과 보험사로부터 정부, 최종 사용자, 시험 시설, 분류국 등에 이르기까지 인증과 관련된 많은 이해관계자들에게 필요한 정보를 제공하고 상호 협력한다.

MET-Certified는 유럽 Interreg 2Seas 프로그램의 자금후원을 받고 유럽지역개발기금(ERFD)이 보조금 협정 No 2S01-020에 따라 공동 출자한다. 또한 네덜란드의 경제부, 사우스홀랜드 주, 노스홀랜드 주, 벨기에의 웨스트 플랜더 주 등이 이 프로젝트에 재정 지원을 하고 있다.

⑤ MEA(Marine Energy Alliance)

해양에너지동맹(MEA)은 DMEC가 조정하고 2018년 5월부터 2022년 5월까지 4년 동안 진행되는 사업이다. MEA는 Marine Energy 개발 분야의 기록과 함께 선두 조직의 지역적 전문 지식과 역량을 통합한다. 이 프로젝트에서 DMEC는 유럽 해양 에너지 센터(EMEC), 해양 및 재생 에너지 센터(MaREI), Ecole Centrale de Nantes, Experence, INNOSEA, 해양 연구소 네덜란드, 에든버러 대학교, 통신 파트너 Navingo와 협력한다.

MEA의 목적은 후속 시연 단계에서 기기 고장 위험을 줄이는 전반적인 목표를 가지고 초기 단계(TRL 3~4) 해양 에너지 기술 회사의 기술 및 상업적 성숙도를 높이는 것이다. MEA를 통해, 선정된 해양 에너지 기술 회사들은 그들의 목표를 실현할 수 있고, 보다 광범위하게 해양 에너지 산업의 일관성 있는 성장에 기여할 수 있는 맞춤형 전문가 서비스를 받게 될 것이다.

MEA 참여를 통해 기업들은 해양에너지 개발에 대한 파트너들의 세계적인 전문지식을 접할 수 있게 될 것이다. 수상 기업은 해양 에너지 전문가들로 구성된 초국가적인 팀과 협력하여 기술 발전뿐만 아니라 상업화 전략과 사업 계획의 개발에 대해 긴밀히 협력할 기회를 갖게 될 것이다.

이 프로젝트는 총 600만 유로의 예산을 가지고 있으며, 360만 유로의 ERDF 기금을 제공하는 Interreg North West Europe의 지원을 받고 있다. 이 프로젝트를 위해 DMEC는 또한 노스 홀랜드 주의 재정적인 지원을 받는다.

⑥ OPIN(Ocean Power Innovation Network)

해양발전혁신네트워크(OPIN)는 2018년 10월부터 2021년 12월까지 3년 동안 진행되는 사업이다. 이 프로젝트는 총 257만 유로의 예산을 가지고 있으며, ERDF 자금 154만 유로를 제공하는 인터레그 북-서유럽의 지원을 받고 있다.

이 프로젝트에서 DMEC는 아일랜드의 지속 가능한 에너지 당국(리드 파트너), 스코틀랜드 엔터프라이즈(영국), 해양 재생 에너지 캐터필트(BE), 시리스(BE), Ecole Centrale de Nantes(FR) 및 Fraunhofer-Gesellschaft Jur Förderung der Angandten for e.e.chung 등과 협력한다.

OPION의 목적은 해양 에너지 부문과 그 공급망을 가속화하는 데 있으며, 부문별(석유가스, 해상풍력 등)과 해양 에너지의 가장 핫스팟인 북유럽 국가 간 협력을 구축한다. 이 협업을 통해 해양 에너지 부문과 그 공급망은 다른 부문의 지식, 노하우 및 제품으로부터 상호 필요한 정보를 얻을 수 있다. 이 과정에서 해양 에너지 분야와 기타 분야에서 공통적으로 해결해야 할 과제가 확인된다. 예를 들어, 조직된 워크숍과 협업적 혁신 그룹은 새로운 솔루션의 아이디어화를 촉진하며, 이는 다시 새로운 제품으로 전환될 것이다. 지속 가능한 OPION 네트워크의 개발은 프로젝트 수명 이후에도 이러한 초국가적 및 부문간 협력을 지속할 수 있는 기회를 제공한다.

DMEC는 또한 기술 개발, 인프라 및 공급망에서 서로 다른 부문 간의 긍정적인 시너지 효과를 모색하기 위해 관련 파트너인 네덜란드 물 파트너십(NWP), 네덜란드 석유 가스 산업 및 해양 재생 산업 협회와 협력한다. OPION은 3년 후 30개 이상의 테스트 제품을 지원하였으며, 이 중 10개 제품이 TRL7로 개발되었다.

⑦ OESA(Ocean Energy Scale-Up Alliance)

OISA는 2019년 1월부터 2021년 12월까지 3년간 진행되는 프로젝트다. 이 프로젝트는 총 620만 유로의 예산을 가지고 있으며 310만 유로의 ERDF 기금을 통해 Interreg North Sea Region Program의 지원을 받고 있다.

지난 몇 년 동안 유럽 국가들은 해양 에너지 기술을 개발하고 북해 지역을 해양 재생 에너지의 중심 허브로 만들기 위해 많은 조치를 취해 왔다. 이러한 기술적 이점은 파도와 조력 에너지의 방대한 자원과 함께 재생 에너지 생산 증대를 통한 CO2 감소뿐만 아니라 경제성장의 잠재력을 높인다.

이러한 잠재력을 충족시키기 위해서는 기존의 파일럿 기술의 개발을 가속화하는 것이 필요하므로 경제적인 성공 가능성을 높이기 위해서는 경쟁력 있는 파일럿 기술의 개발이 필수적이다. 따라서, 대형 조종사들의 더 많은 배치를 수용함으로써 조력 에너지 터빈, 파동에너지 변환기 및 부유식 풍력에너지 구조와 관련된 다양한 기술에 대한 이해력을 높일 수 있다.

이러한 기술 개발에 대한 발전적인 통합력은 여러 국가의 다양한 연구자들에 의해 획득된다. 국제적으로 이러한 노력을 결합하고 해양에너지 관련 전문지식과 유럽 프로그램 내의 경험을 교환함으로써 정보 이용의 효율성을 높이고, 비용을 감소시킬 수 있도록 한다.

OESA는 전략적 제휴와 국제적 협력을 통해 해양 에너지 기술 개발을 가속화하고자 한다. 해양에너지 스케일업 얼라이언스(Ocean Energy Scale-up Alliance, OESA)는 대규모 해양에너지 조종사 개발 및 배치를 목표로 하는 액셀러레이터 사업이다. 네덜란드 해양에너지센터(DMEC)가 주도하는 초국가적 파트너십은 북해권 6개 유럽 국가의 전문성을 결합한 것이다.

OESA 내에서 13개 기관은 해양 공학, 시장 개발, 해양 에너지 테스트 및 기술 개발에 대한 전문 지식을 결합하며 이를 통해 강력한 국제 공조 네트워크 시스템을 구축한다. 이러한 협력 과정에 산업계에서 요구하는 사항들이 잘 반영되고

조정될 수 있도록 5명의 기술 개발자들이 이 동맹의 회원으로 참여하고 있으며, 8개 서비스 제공업체와 함께 기술 파일럿의 배치가 어떠한 서비스를 창출할 수 있는지를 분석하고 정의한다.

이 밖에도, 8개 서비스 파트너들은 그들의 전문지식을 결합하여 기술뿐만 아니라 상업적 서비스도 포괄하는 포트폴리오를 제공한다. 이는 시범개발의 즉각적인 성과로 이어질 뿐만 아니라 기술기업의 지속가능한 성장을 보장할 것이다.

⑧ 오션 데모(Ocean DEMO)

유럽의 기술들은 현재 해양 에너지 분야에서 세계를 선도하고 있으며, 많은 장치들이 이미 바다에서 광범위하게 시험되고 있다. 상용화를 향한 다음 단계는 단일 기계에서 다중 기기 생산체제로의 전환이다. 이러한 전환은 더 높은 자본 요건을 수반한다. 그러나 투자자들은 관여하기 전에 입증된 사업 사례를 필요로 하는 경우가 많다. 오션 데모(Ocean DEMO)는 유럽 최고의 개방형 해상 시험 센터 네트워크에 대한 무료 검증을 제공함으로써 다중 장치 생산체제로의 전환을 용이하게 할 것이다.

오션 데모(Ocean DEMO)는 13m의 Interreg North West Europe project다. 이 프로젝트는 서유럽의 세계 선도적인 테스트 센터 네트워크에 무료로 접속할 수 있게 함으로써 해양 재생 에너지 기술을 시장화하는 것을 돕는다. Ocean DEMO는 특히 다중 장치 해양 에너지 설비를 대상으로 하며, 이를 통해 개발자들은 그들의 기술을 상업적으로 최대한으로 증명할 수 있다.

Ocean DEMO는 해양 에너지 기술 분야에 종사하는 모든 기업, 연구 센터, 3급 교육 기관, 기업 또는 개인에게 개방된다. 신청자는 오션 데모(Ocean DEMO)의 4개 테스트 센터 중 하나에서 실제 바다 환경에서 자신의 기술과 서비스를 시연할 수 있다. 테스트 프로그램 적용 대상 기술로는 파동에너지, 조력에너지, 부유풍 등 신재생에너지 기술뿐 아니라 정보통신기술, 지원서비스, 공급망 기술 등이 있다.

(3) NHA (National Hydropower Association)

NHA(National Hydropower Association, NHA)는 깨끗하고 저렴한 미국 수력 발전의 성장을 도모하는 비영리 국가 협회다. 해양에너지 등 수력발전은 국가 환경·에너지·경제 정책목표를 견인하는 기후친화적이고, 재생가능하며, 신뢰할 수 있는 에너지원으로 에너지 정책의 중심이 되어야 한다.

NHA는 포춘지 선정 500대 기업부터 가족 소유 소기업까지 북미 수력 산업에서 200개 이상의 기업을 대표하고 있다. 회원은 공공 및 투자자 소유 공익 사업체, 독립 전력 생산자, 개발자, 제조업체, 환경 및 엔지니어링 컨설턴트, 변호사, 홍보 및 교육 전문가 모두를 포함한다. 협회는 다양한 북미 수력발전 공동체를 통합하여 미국의 정치권 등 의사결정자 집단, 일반 대중, 그리고 국제사회에서 강력한 목소리를 제공한다. NHA 활동을 통해 개인과 조직은 에너지와 관련한 규제 기관에 접근하고, 에너지 및 환경 정책에 대한 영향과 산업 내에서 가치 있는 정보를 교환할 수 있는 수단을 얻는다.

NHA 회원국들은 연방 및 비연방 수력발전 시설을 포함한 미국 수력 산업 전반에 걸친 프로젝트에 참여하고 있다. NHA 회원국들은 미국 내 대부분의 비연방 수력발전 시설을 소유하고 운영한다. NHA는 미국 최고의 수력 및 해양 에너지 행사인 Waterpower Week를 매년 워싱턴에서 개최한다. 산업 전문가들과 전력 생산자, 공급자들이 모여 수력주간을 개최하며, 수력주간은 NHA의 연례회의, 국제해양재생에너지회의(IMREC), 해양에너지기술심포지엄(METS) 등 3개의 공동 입장 컨퍼런스로 구성된다.

NHA가 추진하는 해양에너지 발전 및 일자리 창출 정책은 다음과 같다. 오늘날 수력 발전은 연방 에너지 규제 위원회, 연방 및 주 자원 기관, NGO를 포함한 많은 참여자들이 참여하는 포괄적인 규제 승인 프로세스에 직면해 있다. 이러한 규제들은 중복성과 비효율성을 포함할 수 있으며, 재생가능한 수력발전의 빠른 확산을 늦추고 이러한 과정에 필요한 환경 개선과 개발자들에 대한 혜택을 지연시킨다. 따라서, 규제 권한을 가진 규제권자와 규제 절차를 개선하는 것은 수력 발전 확대에 매우 중요한 과제이다.

수력발전과 해양에너지를 위한 조세 평준화 방안도 매우 중요하다. 전력 생산과 같이 대규모 자본 집약적인 프로젝트와 관련된 규제 및 개발 타임을 수용하기 위해서는 수력 프로젝트에 대한 생산세 공제와 투자세 공제의 장기 연장이 필요하다. 조세 감면 관련 클린에너지 제조세액공제 및 CREB(Clean and Renewable Energy Bond) 프로그램 연장 등을 통해 해양에너지 개발에 대해 추가 자금을 지원해야 한다.

에너지부의 모든 수력 기술(기존 수력 발전, 해양 및 수력 발전, 양수 저장)에 대한 지속적인 투자는 연방 및 비연방 수력 발전 시스템 모두에서 활용할 수 있는 장비와 환경 완화의 기술적 진전에 필요한 지원을 제공한다.

최근 미국 내 해양 에너지 사례를 보면, 미래의 차세대 재생 가능, 파도, 조석, 해상 기술은 예측 가능하고 일관되며 저렴한 청정 전력을 제공할 수 있다. 이러한 기술은 현재 다양한 연구, 개발 및 배포 단계에 있지만 업계는 90GW의 미국 해양 에너지 잠재력이 있다고 보고 있다. 플로리다 대학(University of Florida)의 연구에 따르면 플로리다에서만 4~10GW의 잠재력이 있는 것으로 추정된다.

급격한 성장하고 있는 해양 에너지 산업은 시장 가속화 및 기술 발전에 전적으로 집중되어 있다. 그리고 최근 업계는 여러 주요 이정표를 넘어섰다. 최초의 미국 그리드 연결 파력 에너지 테스트 시설은 2019.7월 하와이의 군사 기지에서 완전히 가동되었고, 태평양 해양 에너지 센터(Pacific Marine Energy Center)는 오레아 뉴 포트 해안에서 약 6 해리 떨어진 미국 최초의 해양 개방형 전력망 연결 파력 에너지 테스트 시설을 건설하기 위해 4 천만 달러의 자금을 지원 받았다. 오리건 주립 대학교, 워싱턴 대학교 및 알래스카 페어뱅크 대학교, 에너지부의 Wave Energy Prize : DOE의 Wave Energy Prize 경쟁은 약 100 개의 에너지 혁신 팀으로 구성되어 파도에서 전환 가능한 에너지의 임계 값을 두 배로 늘렸다.

해양 에너지 정책의 우선 순위는 다음과 같다. 연구, 개발, 테스트 및 배포에 대한 지원을 통해 해양에너지 기술 발전, 검증 및 승인을 위한 미국 에너지 부

의 수력 기술 사무소에 대한 자금 지원 확대, 초기 단계 및 시범 시범 해양 재생 프로젝트에 대한 규제 프레임 워크 구축, 필요한 기술의 빠른 발전을 위한 안정적이고 예측 가능한 인센티브 제도 설계, 민간 부문의 노력을 지원하는 대학 기반의 해양 에너지 기술 연구, 개발 및 테스트 센터에 대한 지속적인 자금 지원, 고객 및 금융 시장에 대한 신뢰를 제공 할 표준 및 인증을 포함하여 해양 에너지 기술 개발 및 배포에 관해 국내외에서 얻은 데이터에 대한 연방 기관의 조정 및 교육 등이다.

Tethys 환경 영향 지식 관리 시스템은 미국 에너지 부에 의해 개발된 것으로 국제 에너지기구의 해양 에너지 시스템 이니셔티브와 제휴하여 해상 풍력, 해양 및 유체 역학적 개발의 잠재적 환경 영향에 대한 정보 및 연구에 접근할 수 있는 데이터베이스 및 지식 관리 시스템이다. Tethys는 전 세계 MHK 환경 연구에 대한 정보를 수집하기 위한 국제 협력인 Annex IV의 데이터를 수집·활용한다.

이 밖에도, 경쟁력 있는 업계 주도의 연구 및 개발을 위해 산업 주도 기술 설계 발전 및 상용 시스템 구축, 잠재적인 시스템 및 구성 요소 테스트를 위한 지속적인 연방 투자를 지원한다. Wave Energy Test Site 및 기타 시설에서 장치 테스트 활동을 지원할 수 있는 자금 조달 기회에 대해 미 해군과 긴밀하게 조정하고, 미국이 중요하게 참여하는 국제 표준, 적합성 평가 절차 및 장치 검증 프로그램 개발에도 적극 참여한다.

National Marine Renewable Energy Centers의 산업 지원을 위한 연구 프로젝트 추진을 위한 자금을 지원하고, 경제 성장을 주도하는 데 적합한 전통적인 그리드 시장 및 비전통 신흥 시장에서 해양 에너지 시스템의 상용화를 위해 비용 효율적인 연구, 개발 및 테스트 활동을 지원한다. 이러한 활동에는 해양 에너지 시험 활동을 위한 허가 과정의 복잡성과 비용을 줄이기 위한 DOE 주도의 기관 간·관할 간 노력, 국내 기관간의 조정 및 커뮤니케이션, 국제 파트너십 및 지식 전달을 장려하는 이니셔티브 지원 등이 포함된다. 마지막으로, 잠재적인 환경적 위험의 감소와 해양 에너지와 관련된 데이터를 수집하고 제공하기 위해 주·지역 차원의 협력 노력을 적극적으로 지원함과 동시에 오프 그리드 전력 생산을 위한 새로운 시장 기회 창출을 위해 국방부, 미 해군 및 기타 연방 정부와 협력한다.

4. 해양광물 채취

심해 채굴은 해저에서 광물을 채취하는 작업을 의미하며, 해양 채굴장은 보통 해저 1,400~3,700m(4,600~12,100ft)의 다금속 결절이나 열수 분출구 주변에 있다. 분출구는 금, 은, 구리, 망간, 코발트, 아연과 같은 귀중한 금속을 포함하는 거대한 황화 침전물을 만든다. 채굴은 유압 펌프 또는 처리될 광석을 표면으로 가져가는 버킷 시스템을 사용하여 채굴한다.

모든 채굴 작업과 마찬가지로, 심해 채굴은 그것의 잠재적인 환경 영향에 대해 의문을 제기한다. 그린피스나 심해 채굴 운동(the Deep sea Mining Campaign)과 같은 환경 옹호 단체들은 심해 생태계의 손상과 중금속 적재 기계에 의한 오염의 가능성 때문에 세계 대부분의 해양에서 해저 채굴을 허용해서는 안 된다고 주장하고 있다.

1960년대 J. L. Mero의 바다 광물 자원 출판을 계기로 미국, 독일, 프랑스 등 여러 국가들에 의한 심해 채굴 붐이 일어났다. 그는 거의 무한한 코발트, 니켈, 그리고 다른 금속이 바다 전체에서 발견될 수 있다고 주장했다. 그러나, 심해 채굴 가능성의 초기 추정치는 훨씬 과장된 것으로 드러났고, 1982년까지 심해 광산은 거의 포기되었다. 1960년대부터 1984년까지 6억 5천만 달러로 추정되는 돈이 심해 채굴에 투입되었지만, 거의 아무런 수익도 내지 못했다.

2000년대 이후 전기자동차 등 전기 기반 정보와 교통 인프라로의 전환 추세는 코발트 등 심해 자원에 대한 수요를 확대시켰으며, 로봇 등 관련 기술의 발전은 심해 채굴의 새로운 지평을 열고 있다. 최근에는 자원의 주요 공급원으로 분산된 결절 대신 열수 분출구로 관심이 옮겨가고 있다.

열수분출광물 퇴적물에 대한 세계 최초의 '대규모' 채굴이 2017년 8~9월 일본에서 이루어졌다. 일본석유가스금속공사(JOGMEC)가 리서치 선박 하쿠레이를 이용해 채굴하였다. 파푸아 뉴기니 앞바다에서는 최고의 잠재 심해 현장인 솔와라 1 프로젝트가 발견된 이후 노틸러스 광물회사가 ROV(원격 작동 수중차량) 기술을 이용하여 최초로 광물 퇴적물의 본격적인 해저 발굴에 착수할 계획이다.

심해 채굴에 대한 국제법 기반 규정은 1973년부터 1982년까지 유엔 해양법 협약에 포함되어 있으며, 1994년에 발효되었다. 협약은 각국의 배타적 경제수역(해안 국가 주변 200해리 지역) 밖에 각국의 심해 채굴 사업을 규제하는 국제해사기구(ISA)를 설치하였다. ISA는 광산에 관심이 있는 국가들이 10년에서 20년에 걸쳐 광업 기술의 이전과 함께 두 개의 동등한 광업지를 탐사하고 하나는 ISA로 넘기도록 규정하고 있다. 미국은 1980년에 처음 작성된 심해 광물자원법을 준수하고 있다.

한 국가의 EEZ 내에서 해저 광산은 국가 법률의 관할 하에 있다. EEZ 내외의 광범위한 탐사에도 불구하고, 오직 몇몇 나라들, 특히 뉴질랜드만이 심해 광산의 미래 발전을 위한 법적 제도적 틀을 확립했다. 파푸아뉴기니는 심해 광물 탐사에 대한 허가를 처음으로 승인한 국가이다. Solwara 1은 환경 영향 면에서 상당한 결함을 발견했음에도 불구하고 면허와 환경 허가를 받았다.

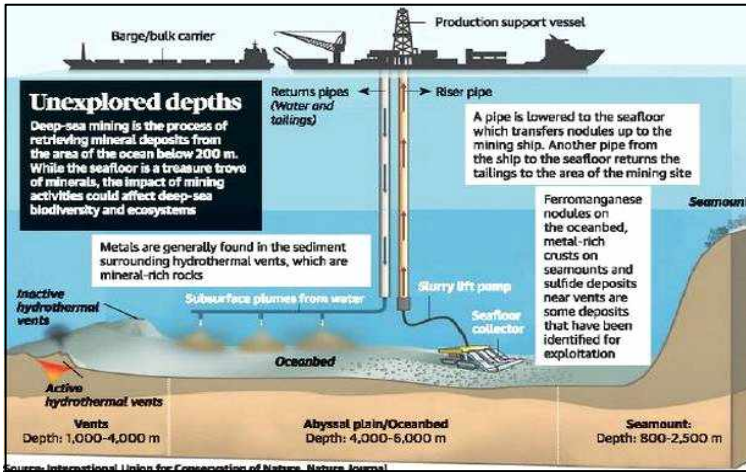
심해에는 금, 은, 구리, 망간, 코발트, 아연을 포함하여 추출할 수 있는 다양한 자원이 포함되어 있다. 이러한 원료는 해저에서 다양한 형태로 발견된다.

< 광물 및 관련 깊이 >

| 퇴적물 종류 | 평균 깊이 | 주요 자원 |
|---------|--------------|--------------------------|
| 폴리메탈 결정 | 4000~6000m | 니켈, 구리, 코발트 및 망간 |
| 망간 지각 | 800 - 2,400m | 주로 코발트, 일부 바나듐, 몰리브덴, 백금 |
| 황화물 | 1,400~3,700m | 구리, 납, 아연 일부 금과 은 |

최근의 기술 발전은 예상 광산 현장에서 광물 샘플을 채취하기 위해 원격으로 작동하는 차량(ROV)을 사용한다. ROV는 드릴과 다른 절삭 공구를 사용하여 분석할 샘플을 얻는다. 일단 부지가 발견되면, 그 지역을 채굴하기 위한 채굴선이나 정거장이 설치된다. 본격적인 운영을 위해 고려되고 있는 광물 추출에는 연속선 버킷 시스템(CLB)과 유압 흡입 시스템이라는 두 가지 형태가 있다. CLB 시스템은 선박이나 채굴 플랫폼이 원하는 광물을 추출해 바다로 돌아오는 해저에서 바다 표면까지 운행하는 컨베이어벨트 방식으로 운영한다. 유압 흡입 방식은

해저로 가는 파이프를 내리고, 이 파이프는 결절을 채굴선으로 옮긴다. 배에서 해저로 가는 또 다른 파이프는 미행을 채굴장 지역으로 돌려보낸다.



최근 몇 년간 가장 유망한 채굴 지역은 파푸아뉴기니 주변의 중부와 동부 마누스 분지와 동쪽으로는 코니컬 시마운트 분화구였다. 이 지역 황화 매장량(평균 26ppm)에서 상업성 있는 양의 금을 보여준 것이다. 1,050m의 비교적 얇은 수심은 금 가공 공장의 근접성과 함께 우수한 채굴장을 이룬다.

(출처: ISA(International Seabed Authority) Homepage)

연구에 따르면 심해 채굴 예정지역은 심연 동물들이 다수 서식하는 곳으로, 심해 채굴은 비교적 새로운 분야이기 때문에 이 생태계에 대한 본격적인 채굴작업의 완전한 결과는 아직 알 수 없다. 그러나 일부 연구기관과 환경보호단체는 해저의 일부를 제거하면 벤트 층에 장애가 발생하고, 물기둥의 독성이 증가하며, 침전물 플럼이 발생할 것으로 예측한다. 해저의 일부를 제거하면 장기적 효과를 알 수 없는 벤치 생물의 서식지에도 지장을 줄 수 있다. 광산의 직접적인 영향과는 별도로, 일부 연구자와 환경 운동가들은 광산의 화학적 구성을 변화시킬 수 있는 누출, 유출 및 부식에 대한 우려를 제기하고 있다.

이러한 심해 채굴의 '새로운 글로벌 골드러시'는 환경 및 사회적 영향에 대한 과소 평가, 채굴 지역 국가와 국민들의 권리 제한 등 과거 육지 지역의 광산 채굴과 비슷한 과정을 밟고 있다는 주장도 많이 제기되고 있다. 비스마르크와 솔로몬 해의 20개 공동체로 구성된 심해 채굴운동과 솔와라 전사의 동맹과 같은 단체들은 솔와라 1호 사업이 예정된 파푸아 뉴기니의 해저 채굴 금지를 모색하고 있다. 이들은 주로 심해 채굴에 대한 의사결정이 이로 인해 영향을 받는 지역사회와 사전에 충분히 논의하거나 지역민들의 동의를 받지 못했으며, 1982년 유엔 자연현장이 제안한 예방원칙을 준수하지 않았다고 주장한다.

(1) 최근 동향

최근 전기차 시장이 급속히 확장되고 미래 주력 시장이 될 것이라는 전망이 확대되면서 코발트 자원을 확보하기 위한 각 국가들의 경쟁도 치열해 지고 있다. 광석에서 채취되는 코발트는 전기차 배터리를 만드는 데 필수적인 재료로서 안정적인 공급원을 확보하는 것이 전기차 시장의 발전을 위해 반드시 선행되어야 한다.

현재 세계로 공급되는 코발트는 대부분 아프리카 중부 등에 있는 광산에서 채광된다. 특히 콩고민주공화국은 전 세계 코발트 공급량의 약 73%를 차지하고 있다. 중국은 일찍부터 콩고민주공화국에 대규모 투자를 해왔으며, 중국 광석채굴 업체 엔타이케에 따르면 중국 기업들이 전 세계 코발트 공급량의 약 26%를 좌우할 수 있게 될 것으로 예측된다.

반면, 예상 수요량 증가에 비해 생산량 증가율은 점차 둔화되고 있는 실정이다. BBC에 따르면 코발트 사용량은 올해 13만5000톤으로, 전년 대비 6.6% 증가한 반면, 2020년 코발트 생산량은 올해 생산량 14만3600톤에서 5000톤(3.5%) 정도 증가하는 데 그칠 것으로 전망된다.

이로 인해 심해 코발트 광석 채취에 대한 각국이 관심과 투자가 증가하고 있다. 코발트는 아프리카 외에도 태평양과 대서양 등 바다 깊은 곳에서도 채굴할 수 있기 때문이다. 중국과 유럽, 호주 등이 해상에 원격 조종 채굴기를 띄워 해저 5km의 코발트 광석을 퍼 올리는 실험을 진행 중이다. 스페인, 독일, 네덜란드, 영국 등은 ‘파란 덩어리’라는 이름의 코발트 채굴 프로젝트를 운영하고 있다. 스페인 남부 말라가 해안에서 해상 채굴기를 통해 코발트 등 광물을 채광하고 있으며, 스페인국립연구위원회(CSIS)가 수중 연구를 공식 지원하고 있다.

중국은 태평양 자국 해역 등에서 4.5km 수심의 코발트 채굴을 진행 중이고, 캐나다에서도 해양 광석채굴 업체 딥그린이 파푸어뉴기니 근처 해역에서 코발트 등 해양 광물에 닿는 데 성공했다. 그 외에도 글로벌 벤처기업들이 자국 해역 밖 광물채굴에 눈을 돌리고 있다.

BBC는 2025년까지 전 세계 1000만 대 전기차가 생산될 것이며, 이에 따라 코발트 소비량은 2020년 3만 톤에서 7만 톤까지 늘 것이라고 예상했다. 2050년까지 세계 국가가 목표한 전기차 보급률을 달성하려면 현재 코발트 생산량의 2배 이상이 필요하다.

세계에서 가장 큰 광물 회사들 중 많은 회사들이 수중 채굴 프로그램을 시작했다. 아프리카 서부 해안에서 드 비어스 그룹은 다이아몬드를 찾기 위해 전문 선박 선단을 사용하여 해저에서 기계를 작동하고 있다. 2018년에는 나미비아 연안에서 140만 캐럿을 추출했고, 2019년에는 드 비어스가 다른 선박보다 두 배 빨리 바닥을 긁어낼 수 있는 새로운 선박 건조에 착수했다. 또한, 노틸러스 광물 회사는 파푸아뉴기니 영해에서 귀금속을 채굴할 수 있는 수중 장치를 설치하고 있고, 일본도 자국의 해상 매장량을 착취하기 위한 국가적 프로젝트에 착수했다.

이러한 광업 회사들에게 가장 큰 관심사는 세계 해저의 절반 이상을 차지하고 모든 대륙을 합친 것보다 더 많은 광물을 함유하고 있는 공해에서 광물 채취 허가이다. ISA는 본부에서 1년에 한 번씩 자체 총회를 소집하여 약 일주일 동안 168개 회원국의 대표단이 모여 채굴이 허가될 장소를 선정하고, 채굴 회사에 면허를 발급하며, 수중 채굴 코드의 기술 및 환경 표준을 입안한다. 최근 논의되는 것은 해저 채굴을 금지하는 것이 아니며 그 피해를 완화하기 위한 것이다.

최근 ISA는 해양에서의 광물 채취 허가를 다수 허용하였다. 약 30명의 광물업체들은 이미 대서양, 태평양, 인도양에서 해양광물을 채취할 수 있는 면허를 가지고 있다. 플로리다에서 동쪽으로 약 2,300마일 떨어진 한 유적지에는 지금까지 발견된 것 중 가장 큰 규모의 수중 온천 시스템이 있으며, 또 다른 자원지는 태평양 4500마일, 즉 지구 둘레의 약 5분의 1을 가로지르고 있다. 이들 지역을 탐사할 수 있는 허가를 받은 회사들은 엄청난 금액의 벤처 자금을 조달하였고, 광물 채취를 위한 실험용 차량을 설계·시공해 해양 바닥을 탐사하고 있으며, ISA가 채굴과 관련된 지침을 완성하여 상업적 채취를 완전히 허가하기 까지 준설·채취 시험방법에 착수했다. ISA 회원국들은 해양쓰레기 처리와 해양생태 보존과 관련한 규제 체계를 만들기 위해 지속적으로 논의하고 있다.

해양광물의 상업적 채취 허가와 관련하여 가장 큰 이슈는 심해 광물 채취가 해양환경에 미치는 영향이다. 대규모 채굴 회사들이 연간 수천 평방 마일의 심해 채굴장을 준설하면, 다량의 광물 수집 차량이 해저의 상위 5인치를 긁어모으게 될 것이다. ISA가 발급한 면허의 대부분은 계약자들이 단일 심해 평야를 이용할 수 있도록 허가한다. 클라리온-클리퍼턴 존 또는 CCZ로 알려진 이 지역은 광업법이 승인되면 12개 이상의 기업이 CCZ에서 산업 규모 추출에 박차를 가할 것이다.

광물 채취를 위한 배와 로봇은 진공 호스를 사용하여 수천 파운드의 해저의 결절과 침전물을 빨아들여 금속을 추출하고 나머지는 물 속에 버릴 것이다. 그 물질 중 일부는 수은과 납 같은 독소를 함유할 것이고, 이것은 수백 마일의 주변 바다를 오염시킬 수 있다. 나머지는 인근 생태계에 정착할 때까지 물살에 떠내려갈 것이다.

스웨덴 왕립과학원(Royal Swedish Academy of Sciences)의 초기 연구에 따르면, 각 광산선은 매일 약 200만 입방피트의 방류량을 방출할 것이며, 이는 길이가 16마일인 화물열차를 가득 채울 수 있는 분량이다. 많은 해양 생물들이 그로 인해 영향을 받고, 지구 전체 공동체가 개인과 종의 손실로 인해 심각한 영향을 받을 것이라는 결론이다. 그린피스에 의해 편찬된 최근의 학술 연구에 대한 조사에서는 광산 폐기물이 "수백 킬로미터 또는 심지어 수천 킬로미터를 이동할 수 있다"고 결론지었다.

ISA는 지표면 근처에 버려진 침전물이 방출 지점에서 62마일 이하로 이동할 것이라는 추정치를 채택했지만 이는 불확실하다. 그린피스에 의한 최근의 학술 연구에 대한 조사에서는 광산 폐기물이 "수백 킬로미터 또는 심지어 수천 킬로미터를 이동할 수 있다"고 결론지었다.

2019년 ISA 회의에서는 대표단이 모여 해양광물의 상업적 채취를 위한 코드 초안을 검토하였으며, 빠르면 2020년 비준될 가능성도 있다. 채굴 코드의 특정 세부 사항, 즉 기술적 요건, 감독 절차, 이익 공유 모델에 대한 논란이 여전히 존재하며 이를 비준하기 위한 투표가 이루어져야 한다.

(2) 인도의 해양광물 채굴 정책

인도의 딥오션 미션은 2019년 말에 출범하였으며, 그 임무는 니켈, 코발트, 구리, 망간, 철의 원천으로서 다금속 결절이나 망간 결절을 탐사하는 것이다. 인도는 2002년에 인도양 중앙 유역의 75,000km² 지역에 걸쳐 ISA로부터 해저 탐사를 위한 15년 면허를 받았다. 면허는 2017년에 5년 더 연장되어 2022년까지 유효하다. 1982년 유엔 해양법협약에 따라 설립된 국제해사기구(ISA)는 심해 채굴을 위한 지역을 허용하고 있으며, 인도는 1987년 '선구적 투자자'의 지위를 받은 첫 번째 국가로 결절 탐사를 위해 중부 인도양 분지(CIOB) 지역의 면허를 취득하였다.

이 개발은 심해 탐사를 위한 단계로, 해양 광물을 찾기 위한 12톤 크롤러 기종을 만드는 것을 포함하며, 인도 중부에 6,000m 깊이의 해저에서 이 기구를 이용해 채굴을 진행할 계획이다. 인도 국립해양기술원이 관련 기술을 개발할 예정이다, 인도 파시오니아 지역의 3억 8천만 톤의 결절을 대상으로 탐사를 진행할 것이다.

이 임무의 주요 목적 중 하나는 다금속 결절을 탐구하고 추출하는 것이다. 이것들은 망간, 니켈, 코발트, 구리, 철 수산화물과 같은 광물로 구성된 작은 감자모양의 둥근 장식품이다. 지구과학부에 따르면 이 지역의 추정 폴리메탈 결절 자원 잠재력은 3억8000만톤(MT)으로 니켈 4.7M, 구리 4.29MT, 코발트 0.55M, 망간 92.59MT를 포함하고 있다. 이러한 다금속 결절은 인도양 바닥에 6,000m 깊이로 흩어져 있고 크기는 몇 밀리미터에서 센티미터까지 다양할 수 있다. 이 금속들은 전자기기, 스마트폰, 배터리 그리고 태양 전지판 등 다양한 목적으로 추출되어 사용될 수 있다.

인도 정부는 탐사 프로젝트에 11억 달러를 할당했다. 심해 채굴 시스템은 2019년 말부터 단계적으로 시험에 착수하였으며, 2022년까지 시제품을 출시하는 것을 목표로 한다. 인도 정부는 경제 성장을 위해 해양자원의 지속가능한 이용 측면에서 블루 경제에 초점을 맞추고 있다. 딥오션 미션은 블루경제를 활용하는데 큰 도움이 될 것으로 기대하고 있다.

지구과학부에 따르면, 인도 정부는 향후 10년 동안 10억 달러 이상을 투자하여 수중 기어 기계와 인간이 조종하는 잠수함 같은 심해 기술을 개발하고 시험할 계획이다. 이 장비가 작동하면 금속이 땅 퇴적물보다 15배 더 농축될 수 있는 최대 6km(3.7마일) 깊이의 심해에 도달할 수 있다. 인도는 지금까지 해양광물 채취에 앞서가는 나라는 아니었지만, 공해상에서 광산을 감독하는 유엔 기구인 국제해사기구(ISA)가 조만간 상업적 채취를 허용할 것이라는 예측 하에 본격적인 개발 절차를 추진하고 있다. 국립해양학연구소(NIO)에 따르면, 인도 해양 심층 탐사 프로그램은 20년 이상 거슬러 올라가며, 이 기간 동안 해저 조사를 하고 환경 영향을 시험해 왔다.

ISA에 따르면, 해양광물의 채취가 상업적으로 가능하기 위해서는 연간 최소 약 3백만 톤이 채굴되어야만 할 것이라고 보고 있다. 다만, 이는 정확한 추정은 아니며, 관련 기술과 추정의 효율성을 높일 수 있는 다른 연구들이 수행되고 있다. 인도는 산업 발전에 필요한 여러 원소와 자원들을 중국에 크게 의존하고 있다. 중국은 항공과 방산 제조에 쓰이는 희토류의 약 90%를 제공한다. 인도는 청정 에너지 분야에 관심이 크며, 구리와 니켈, 코발트 자원의 확보에 많은 관심을 기울이고 있다.

다만, 환경적인 논쟁은 여전히 부담이다. 국제자연보전연맹(IUCN)에 따르면, 인도양의 광물 탐사·채취 예정 지역은 적은 산소와 햇빛, 고압, 극도로 낮은 기온과 같은 조건에 적응한 독특한 종의 서식지로 작용한다. 이러한 지역에서의 광산 탐험은 그들을 멸종시킬 수 있으며, 심해 생물다양성과 생태계가 제대로 파악되지 않고 있는 상황에서 환경영향평가를 통한 적절한 가이드라인 마련 등 대책 마련이 쉽지 않다.

뉴델리에 본사를 둔 과학 및 환경 잡지 다운 투 어스(Down To Earth)에 따르면, 해저에는 야생 조류, 햇빛, 진동, 소음 없이 수백만년에 걸쳐 생성된 독특한 생태계가 존재하며 해양광물 채취는 이를 심각하게 위협할 수 있다고 보고 있다. 또한, 영국 국립해양조사소의 2017년 연구에 따르면 태평양 7개 지점의 채굴 실험에서 해양 생물의 양과 다양성이 "흔히, 심각하게, 오랫동안" 감소하는 것으로 나타났다.

(3) 딥그린(DeepGreen) 채굴회사

DeepGreen은 화석 연료 등 인류가 지금까지 주로 사용해오는 환경 피해적인 에너지 공급방식에서 벗어나 해양에서 얻을 수 있는 녹색 에너지로의 공급 전환을 주도하는 회사이다. 화석 연료로부터 멀어진다는 것은 향후 30년간 필요할 것으로 예상되는 10억 대의 자동차를 전기화하고 수만 개의 신재생 발전소를 새로 짓는 것을 의미한다.

이러한 녹색 전환은 테라와트 시간 이상의 새로운 배터리 생산 능력을 필요로 하며, 이는 구리는 물론 니켈, 코발트, 망간과 같은 수백만 톤의 새로운 배터리 등급 금속을 필요로 한다. DeepGreen은 해양 결절을 환경적, 사회적 피해를 최소화하면서 우리가 필요한 자원을 얻을 수 있는 가장 훌륭한 자원으로 본다. 또한, 최대한의 환경친화적인 운영을 통해 해양의 건강을 유지시키고, 제로 폐기물 처리를 통해 육지에 미치는 영향도 최소화하면서 세계적으로 인정 받는 청정 금속 회사를 모델로 한다.

DeepGreen의 목적은 환경적, 사회적 영향을 덜 받는 지속 가능한 미래를 위해 경제 생활에서 필요로 하는 금속을 생산하는 것이다. 특히, 최근의 기후변화는 구체적이고 근본적으로 인간 생활의 변혁을 요구하고 있다. 전기 자동차와 재생 에너지는 해결책의 일부지만, 이것을 전세계적으로 확장하는 것은 수억 톤의 새로운 금속을 필요로 한다. 이러한 배터리 금속을 심해에서 폴리메탈 결절로 생산하는 것이 인류와 사회를 위한 최선의 선택이라고 판단한다.

해저 위에 있는 폴리메탈 결절은 굴착이나 암석 또는 오물을 옮기지 않고도 채취할 수 있다. 폴리메탈 결절은 생산량이 점점 낮아지고 있는 육지에서 채취되는 광물에 비해 거의 100%의 사용 가능한 광물로 만들어진다. 이는 결절 수거가 육지 채굴에 비해 고형 폐기물이 99% 적으며, 독성 성분은 발생하지 않는다는 것을 의미한다. 필수 배터리 금속인 코발트, 니켈, 구리, 망간은 심해 바닥에 놓여 있는 폴리메탈리컬 결절에 들어 있으며, 수면 위로 끌어올려진 뒤에는 해안으로 이동하여 고체 폐기물을 거의 발생시키지 않고 심해 생태계의 완전성에 해를 끼치지 않는 방식으로 채굴할 계획이다.

화석 연료 등 지금까지의 전력 생산 방식에서 녹색 에너지로의 전환에 따른 비용을 생각해 보자. 인류는 매년 지구에서 거의 1천억 톤의 자원을 추출함으로써 기본적인 생활과 경제활동에 필요한 에너지를 얻고 있다. 이러한 지속적인 자원 소비는 육지, 바다, 대기를 포함한 지구의 미래 생존가능성에 대한 문제를 근본적으로 제기하고 있다.

인구 증가와 증가하는 생활 수준 외에도, 화석 연료로부터 전체 에너지, 교통, 산업 인프라 건설에 필요한 에너지를 어디에서 얻을 지를 근본적으로 결정해야 하는 시기가 왔다. 태양광과 풍력발전소 수만 곳, 테라와트 규모의 에너지 저장 용량, 전기차 배터리 수십억 대에 필요한 녹색 에너지로의 전환은 수억 톤의 금속을 필요로 한다.

10억대의 전기차 생산을 가정해 보면, 75KWh 배터리와 NMC 811(니켈-망간-코발트) 화학성분을 장착한 전기차는 전기 배선을 위해 니켈 56kg, 망간 7kg, 코발트 7kg, 구리 85kg이 필요하다. 약 13억대의 승용 자동차가 오늘날 지구를 가열시키는 이산화탄소와 공기를 오염시키는 NO_x와 SO_x를 내뿜는다. 10억 대의 가스를 많이 소비하는 자동차를 전기차로 대체한다면 8500만 톤(2019년 21Mt)의 구리, 5600만 톤의 니켈(2019년 3Mt), 망간 700만t(2019년 채굴 18Mt), 코발트 700만t(2019년 140Kt 채굴) 등이 필요할 것이다.

폴리메탈 결절은 거의 100%의 사용 가능한 광물로 만들어지며, 수확량이 점점 더 낮은(흔히 1% 미만) 육지에서 채굴되는 광석과 비교하여 유해한 원소의 독성 수준이 포함되지 않는다. 이것은 수십억 톤의 폐기물을 생산하고 토양과 수자원에 치명적인 독소를 누출시킬 수 있는 지상 채굴 과정과 달리, 결절에서 금속을 생산하는 것은 고체 형태의 폐기물이 거의 없고, 독성을 발생시키지 않을 수 있는 잠재력을 가지고 있다는 것을 의미한다.

두 금속의 출처인 육지의 광석과 심해에서 채취된 폴리메탈 금속의 영향을 비교하는 심층 라이프사이클 평가 연구 결과에 따르면, 심해 광물 채취가 환경적으로도 훨씬 우수한 것으로 분석된다. 이 연구는 EV 배터리 음극 및 배선에 사용되는 니켈, 코발트, 망간, 구리 등 4가지 금속을 중점적으로 연구하였다.

< 육지와 심해 자원의 환경적 영향 비교 >

| Environmental, social and economic impacts | | | |
|---|---------|---------|----------|
| Cradle-to-gate production of nickel sulfate, manganese sulfate, cobalt sulfate and copper cathode Serving size 1 billion electric cars | | | |
| | Land | Nodules | % change |
| Climate change | | | |
| GWP - CO ₂ equivalent emissions, Gt | 1.45 | 0.43 | -70% |
| Stored carbon at risk, Gt | 9.0 | 0.6 | -94% |
| Nonliving resources | | | |
| Ore use, Gt | 25 | 6 | -75% |
| Land use, km ² | 156,000 | 9,800 | -94% |
| Incl. Forest use, km ² | 66,000 | 5,200 | -92% |
| Seabed use, km ² | 2,000* | 508,000 | +99.6% |
| Water use, km ³ | 45 | 5 | -89% |
| Primary and secondary energy extracted, PJ | 24,500 | 25,300 | +3% |
| Habitat damage | | | |
| Solid waste, Gt | 64 | 0 | -100% |
| Terrestrial ecotoxicity, 1,4-DCB equivalent Mt | 33 | 0.5 | -98% |
| Freshwater ecotoxicity, 1,4-DCB equivalent Gt | 21 | 0.1 | -99% |
| Eutrophication potential, PO ₄ equivalent Mt | 80 | 0.6 | -99% |
| Human & wildlife health | | | |
| Human toxicity, 1,4-DCB equivalent Mt | 37,000 | 286 | -99% |
| SO _x and NO _x emissions, Mt | 180 | 18 | -90% |
| Human lives at risk, number | 1,800 | 47 | -97% |
| Megafauna wildlife at risk, trillion organisms | 47 | 3 | -93% |
| Biomass at risk, Mt | 568 | 42 | -93% |
| Biodiversity loss risk | Present | Present | |

(출처: DeepGreen / <https://deep.green/white-paper/>)

2019년 6월 딥그린은 Allsea와 전기차 수요의 급증에 부응하기 위해 심해 금속을 채취하는 파트너십을 맺었다. 해양 파이프라인 설치, 해비 리프트 및 해저 건설 분야의 글로벌 리더인 Allsea는 파트너십에 세계적인 해양 엔지니어링 자원과 현금 투자를 제공한다. 이 동맹은 니켈, 망간, 구리, 코발트를 포함한 광대한 고품질의 해저 결절 퇴적물로부터 얻은 해양광물의 채취와 함께 세계적인 해상 엔지니어링 능력도 함께 제공될 수 있음을 의미한다.

딥그린은 최근 맥쿼리캐피털과 피어리증권을 영입해 150만 달러 규모의 공동 투자를 이루어냈으며, 2023년 완공을 목표로 타당성 조사를 추진중이다. Allsea는 선도적인 전략적 투자자로 참여하는데, 이는 궁극적으로 DeepGreen이 태평양의 Clarion Clipperton Zone(CCZ)의 해저에서 결절을 모아 약 4~6.5km 상공의 표면 선박까지 운반할 수 있는 최첨단 다금속 결절기 및 라이저 시스템을 개발할 수 있게 할 것이다. 이를 통해 심해 환경에 최소한의 영향을 미칠 심해 결절 수확 시스템을 개발, 전기 자동차의 전력에 사용할 수 있는 청정 금속을 시장에 내놓을 수 있도록 주력할 예정이다.

전세계적으로 볼 때, 10억대의 전기 자동차(EV) 배터리를 만들기 위해 해양 결절을 사용하면 육지 광산의 광석을 사용하는 것보다 적어도 75% 적은 이산화탄소를 발생시킬 것이다. 사회적으로 볼때도, 해양 결절에서 금속을 조달하는 것은 그 장소가 근해, 공해, 아무도 살지 않는 심해에 있기 때문에 토착 민족이나 공동체에도 아무런 지장을 주지 않는다는 것을 의미한다. 그리고 기존의 많은 코발트 광산들과 달리, 심해 채굴은 어린이 노동 등 노동 착취나 작업의 안전성 측면에서도 훨씬 우월하다.

폴리메탈 결절은 이미 1세기 이상 전에 태평양 바닥에서 처음 발견되었으며, 1970년대에 네 개의 컨소시엄이 10억 달러 이상의 자금을 투입하여 관련 사업을 추진하였다. 검사 결과 당시의 기술로도 필요한 금속을 채취하고 가공할 수 있는 것으로 확인되었다. 그러나 심해, 특히 공해에서 환경보호를 위한 규정이나 통치 기구가 마련되어 있지 않았기 때문에 활동은 잠시 중단되었다. 국제해사기구(ISA)는 1994년 유엔에 의해 설립되었고, 2011년 딥그린은 다금속결절 탐사를 위한 첫 면허를 획득할 수 있었다.

딥그린은 ISA가 부여한 3개의 탐사 계약(NORY, Marawa, TOML)에 대한 권리를 보유하고 있다. 수중 드론을 이용한 조사와 박스 코어 샘플 채취로 탐사 지역의 광물의 다양성을 추정할 수 있다. NORI 계약 지역만 해도 1억 4천만 대의 전기 차량에 배터리 금속을 공급할 수 있을 만큼의 자원이 매장된 것으로 분석되어 상업적으로 충분히 큰 가능성이 있다.

딥그린은 클라리온 클리퍼턴 존의 바다 표면에서 지구상에서 가장 큰 사막인 심연평야까지 통합 연구 프로그램을 진행함으로써, 자원 탐사 뿐만 아니라 심해에 대한 사회적 지식의 확대에도 기여하였다. 이러한 연구는 표면에서 깊은 해저, 그리고 매크로 단위에서 미생물 수준에 이르기까지 모든 것을 연구하고 있기 때문에 이것은 현재까지 진행된 심해 연구 중에서 가장 엄격하고 포괄적이다. 수집한 데이터를 국제사회와 공유하고, 전 세계 연구소에 심해 표본을 제공함과 동시에, 해양환경적으로도 가능한 한 부정적 영향을 최소화할 수 있는 폴리메탈 결절 수집 기술을 개발하는 공학적인 방식도 채택하였다.

딥그린은 10년 넘게 축적되어 온 연구 결과를 ISA 및 여러 협력기구와 공유하고, 개방적이고 협력적인 접근법을 더욱 발전시키기 위한 연구방식을 고수하고 있다. 실시간 데이터를 클라우드로 전송하는 정교한 모니터링 장비를 사용하여 만들어진 심해 운영 환경을 시각적으로 분석할 수 있도록 한다. 특히, 이해관계자와 ISA에게 운영방식에 대해 실시간으로 시각적으로 확인 가능한 정보를 제공함으로써 매우 높은 수준의 투명성을 확보할 수 있게 할 것이다.

최근 몇 년 동안, 새로운 해양에서의 발견은 인류 역사에 새로운 지평을 제시하고 있다. 항바이러스 성질을 가진 해양 미생물에서 발견되는 화합물에서부터 오염된 토양과 물을 청소할 수 있는 가능성을 가진 해양 박테리아까지 해양에서 지속가능한 미래 발전의 열쇠를 발견할 수 있다. 이러한 사실이 알려주는 것은 딥그린이 제안한 해양광물 채취·이용 방식이 인류 활동과 미래에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다는 것이다. 이러한 예측과 전망은 광범위한 과학 프로그램 수행에 기반한다. 딥그린은 선도적인 연구기관들과 파트너십을 맺어 지속적인 과학적 발전을 도모하고 있으며, 심해 생물학 및 퇴적물 표본의 방대한 자료를 공유하고 있다.

현재 딥그린은 깊이 4.5km에 이르는 수중 기둥과 해저의 화학적, 물리적, 생물학적 특성에 대한 자료를 수집하고 있다. 이를 통해, 해양서식지 분포에 대한 보다 완벽한 그림을 그리고 있으며, 그것이 심해 생물체의 분포와 기능 그리고 그들의 지역사회의 전반적인 구조와 어떻게 관련되는지 연구하고 있다. 관련 연구로는 침전물 분석, 표면 생물학, 벤틱 생물학, 펠라직 생물학, ESIA 보조 연구 등이 있다.

딥그린은 최고 수준의 투명성과 모든 이해관계자들과 함께 일하는데 높은 가치를 두고 있으며, 중요한 환경 및 사회적 영향 평가(ESIA) 단계로 접어들면서 과학계, 환경보존 NGO, 학계, 정책 입안자 및 대중으로부터 이 과정에 필요한 의견과 정보를 확보하는 데 많은 노력을 기울이고 있다. 한 예로, 가장 최근의 ESIA 이해관계자 브리핑은 2020년 2월에 샌디에이고에서 열렸으며, 세계 각국에서 온 70명 이상의 사람들이 녹색 전환을 촉진하기 위한 필수 금속의 원천으로서 심해결절 수집의 기회와 도전에 초점을 맞춘 워크숍에 참가했다.

Ⅲ. 4차산업과 연계한 해양신산업

1. 친환경 선박

2008년 이후 선박의 공급 과잉으로 인한 해운시장 불황이 장기간 지속되면서 노후 선박에 대한 친환경 고효율 선박의 대체가 요구되는 상황이다. 또한, 해운시장 불황과는 별도로 관련 글로벌 환경규제가 강화되고 있다. 병커유에 대한 황 함량 기준 강화와 배출가스관제지역(ECA) 통제, 영국 해협, 북해, 발트해 등의 규제 등이 강화되고 있다. 따라서 해운시장 불황에도 불구하고 해운사들은 국제 환경규제에 부합하는 조치를 취해야 하는 상황에 처해 있다.

먼저 국제해사기구(IMO)의 환경규제가 점차 확대되고 있다. IMO 협약에 따르면 선박은 온실가스(GHG) 배출량을 15% 즉시 감축한 뒤 2020년까지 20%, 2025년까지 30% 감축하는 방식으로 추진된다. 또 IMO는 2009년 제59차 해양환경보호위원회(MEPC) 총회에서 GHG 규제에 대한 내부지침을 승인하고 2012년 7월 MEPC 제62차 총회에서 2030년까지 선박에서 배출되는 이산화탄소(CO₂) 배출량을 줄이기 위해 해양오염(MARPOL) 부속서 VI를 개정했다.

현재 친환경 선박은 IMO가 발행한 규정에 따라 상업화가 아직까지 활발히 이루어지지 못하고 있음에도 불구하고 국제항만 입항과 항만의 환경규제를 충족시키기 위해서 친환경 선박의 도입이 반드시 필요한 상황이 되었다. 상업성과 기술성이 담보되지 않는 친환경 선박의 개발은 높은 불확실성을 수반하며 이와 동시에 해운업계에서 가장 큰 운영비를 차지하는 병커유 교체도 이루어져야 한다.

한편, 친환경 선박은 환경규제 강화, 위반시 과태료, 선박 교체에 따른 인센티브 등이 통상 존재하므로 이런 부분에 있어서는 새로운 경쟁력이 있다고 볼 수 있다. 그래서 많은 해운사들이 이런 장점을 제공하는 친환경 선박을 준비하고 있다. 이에 따라 선박회사 입장에서 친환경 선박의 중요성은 환경적인 벌금, 규제, 각종 과태료, 세금 등을 피할 수 있는 전략적인 선박으로서의 역할과 함께 에너지 효율성에 있다. 조선·해운업계는 친환경 선박 건조로 연료소비를 줄이고 비용면에서 경쟁력을 갖추도록 기존 선박을 교체하는 작업을 추진하고 있다.

IMO의 환경 규제 강화와 관련하여, MARPOL 73/78은 선박 때문에 발생할 수 있는 해양 수질 오염과 해양 대기 오염을 막기 위한 환경 협약이다. 이 협약은 1978년 채택된 이후 지속적으로 개정되었다. 부속문서 6에는 황산화물(SO_x), 질소산화물(NO_x), 휘발성유기화합물(VOCs)의 배출을 제한하는 대기오염물질에 의한 오염방지에 관한 협약(IMO, 2016)이 수록되어 있다.

MARPOL 73/78의 규제 단계는 다음과 같다. 1단계는 MARPOL 73/78에 따라, 2010년 7월 1일부터 130 kW 이상의 디젤 엔진을 장착한 선박에 NO_x와 관련된 새로운 규정이 적용되었다. 2단계는 2011년부터 시작된 2차 규제, NO_x 배출량을 15%~20% 더 줄이는 것을 목표로 했다. 2016년부터 시작된 3차 규제안은 ECA 지역의 현재 배출량의 80%를 감축하도록 설계되어 있다.

IMO는 온실가스 배출을 줄이기 위한 세 가지 방법을 발표했다. 첫 번째는 온실가스 배출 감소의 기술적 척도인 에너지 효율 설계 지수(EEDI)이다. 두 번째는 에너지 효율 운영 지표(EEOI)와 선박 에너지 효율 관리 계획(SEEMP)으로 구성된다. 세 번째는 보완적 기술·운용적 대책(2016)의 관점에서 배출권 거래 시스템 등 탄소 시장을 고려한 시장 기반 대책(MBMs)이다. GHG 배출을 줄이기 위한 기술적 대책으로 EEDI를 MARPOL Annex VI에 추가하여 2013년 1월 1일부터 신규 선박 발주 시 적용하였다. EEDI의 주요 목적은 보다 효율적인 엔진과 선박의 개발을 장려하고 선박 크기 측면에서 CO₂ 배출 특성을 비교하는 것이다.

EEDI는 온실가스 배출을 줄이기 위해 2013년부터 신규 건축 발주에만 적용되는 기술규정이며, SEEMP와 EEOI는 기존 선박과 신규 선박에 적용되는 운용 수단이다. SEEMP는 2013년 1월 1일부터 GT 400톤 이상의 모든 선박을 대상으로 선박운항의 에너지 효율을 높이고 온실가스 배출량을 줄이는 것이 목적이다. SEEP 지침은 계획, 구현, 모니터링, 평가의 네 가지 단계를 통해 선박의 에너지 효율을 향상시킬 것을 권고하며 자발적인 성격을 가진다.

MBM의 기본 구상은 저탄소 방출 선박에 인센티브를 주고 고탄소 방출 선박에 불이익을 주는 것이다. 이를 통해, 선박의 GHG 배출량 증가를 줄이고, 고효율 선박 건조를 지원하며, 조성 자금은 개발도상국의 기후변화 대응에 사용된다.

최근 IMO 규제 변화 조치는 다음과 같다. 첫째, 적용 범위가 확대되고 기준이 강화되었다. 선박 운항 중 발생하는 기름과 유해물질에 의한 해양오염에서 인체에 유해하고 대기오염(SO_x, NO_x 등)에 의한 오염으로 오염감소 정책 방향이 바뀌었다. 둘째, 사고 예방에 관한 규정이 강화되었다. 기존 규정은 선박운항 중 사고로 발생하는 해양오염을 처리하는 경향이 강했다. 그러나 최근 몇 년간 선박은 설계 단계부터 해체 단계까지 전 생애주기 관점에서 규제와 관리가 이루어지고 있다. 마지막으로 적극적인 대응과 규제가 강화됐다. 선주 대신 해운사의 이익, 시민의 건강 보호, 자국 선박 제조업체의 이익 등을 고려해 항만 기반 통제가 이뤄지고 있다.

이러한 규제와 산업의 변화 흐름 속에서 주요 국가의 정책은 다음과 같다.

① 미 국

미국은 EU나 일본에 비해 상대적으로 세계 친환경 해운정책 참여에 소극적이지만 자체 내부 문제에서 적극적이다. 이는 MARPOL 부록 I의 부록 6에 있는 ECA에 북미 연안을 추가함으로써 알 수 있다. 미국의 녹색 해운 정책은 연방 정부 규제보다 지방 정부에 의해, 특히 캘리포니아 주 주변의 서부 정부에 의해 더 많이 규제되고 시행된다.

미국 선박에 의한 대기 가스(SO_x, NO_x) 배출 규제는 주로 MARPOL Annex VI와 ECA를 통해 이루어진다. 2009년 12월 연방 EPA는 청정공기법에 따라 미국 선박에 탑재된 실린더당 30리터 이상의 용량의 해상엔진(해상엔진 3종)에 대한 최종 배출 기준을 발표했다. 이 새로운 표준은 MARPOL 부록 VI 개정과 동일하며, 2011년 초에 적용된 신규축 엔진의 단기 표준과 2016년에 적용된 NO_x의 80% 감소가 요구되는 장기 표준의 두 단계를 가지고 있다.

EPA는 또한 범주 3 해양 엔진에 사용할 수 있도록 1,000ppm 이상의 황이 함유된 디젤을 생산 및 판매할 수 있도록 디젤 연료 프로그램을 변경했다. 따라서, 선박 사업자가 배출량 감소를 달성하지 못할 경우, 대부분의 미국 해양 수역은 해양 엔진의 생산과 판매를 규제하게 될 것이다.

② E U

2009년 10월 유럽위원회는 해운업의 온실가스 배출량을 2005년 수준 대비 2020년까지 20% 감축해야 한다고 제안했다. 최근 EU는 오염물질과 기술을 사용하는 소비자와 기업에 탄소세를 도입하는 내용을 담은 온실가스 대책에 적극 참여하고 있다. EU의 녹색 해운 정책은 선박에서 배출되는 배출량을 직접 줄이는 정책과 간접적으로 배출량을 줄이는 모달 시프트 정책으로 나눌 수 있다. 전 범주의 전형적인 정책은 해양 오염 통제 전략이다. 후자의 전형적인 정책은 마르코 폴로 프로그램이다. EU의 직접 규제는 IMO와 전반적으로 조화를 이루고 있지만, EU는 조선용 온실가스 감축과 쌍끌이 유조선 도입과 관련해 IMO보다 더 강력한 대응을 하고 있다.

첫째, 선박에서 배출되는 배출을 직접 줄이는 EU의 정책은 아황산가스 배출 규제를 시행하고 육상 전력 장비의 사용을 장려하고 있다. 이와 관련해 EU는 EU지침/2005/33/EC를 통해 선박에 사용되는 연료유의 황 함량에 대한 규제를 강화하기로 했다. 이 규정은 2010년 1월 1일부터 적용되었다. 규정에 따라 선박에 연료 오일 교환 절차와 장비 작동 매뉴얼을 제공해야 한다. 또한 유황 함량이 0.1% m/m 미만인 연료유의 사용과 연료유 변화 시간 및 EU 연료유 규정 적용에 대한 승무원 교육도 일지에 기록해야 한다. 연료유 사용을 규제할 장비는 모두 정박 상태에서 작동하는 선박의 엔진과 보일러다.

둘째, 1975년부터 유럽의 운송 정책은 도로 운송에서 철도, 내수, 연안 운송으로 이동을 장려했다. 당시는 현 상황이 유럽의 도로교통비중이 급증할 것으로 예측됐다. 이러한 위기를 극복하기 위해 복합운송을 위한 시범조치(PAC)가 도입되었다. 그러나, 실제 기대했던 결과를 전달하지 못한 EU는 학습한 교훈을 바탕으로 새로운 모달 시프트 정책인 마르코 폴로 프로그램을 도입했다. 마르코 폴로 프로그램은 PACT 프로그램에 비해 체계적이고 미래지향적으로 설계되었다. 유럽의회는 2003년 7월 22일 위원회 규정 1382/2003(규정(EC) 제1382/2003호)를 도입하고, 화물 운송 시스템의 환경 효율 개선을 위해 마르코 폴로 프로그램에 대한 재정 지원을 승인했다.

마르코 폴로 1 프로그램은 물류 시장에서 상업 서비스를 지원하는 것을 목표로 했으며, 수량화되고 검증 가능한 목표를 설정했다. 즉, 2010년의 차량 비율을 1998년 수준으로 유지하는 것이 목표였다. 이 프로그램은 연구, 개발, 인프라 구축이 아닌 상업용 물류 서비스 시장에 초점을 맞췄다. 연간 약 120억 t-km에 달하는 화물 운송을 도로에서 연안 해운, 철도, 내륙 수로 등으로 옮기는 것을 돕는 것이 최종 목표였다.

마르코 폴로 2 프로그램은 마르코 폴로 1세와 유사한 목적을 가지고 있다. 교통혼잡을 줄이고 복합교통체계의 환경효율을 높여 효율적이고 지속가능한 교통체계에 기여한다는 취지다. 마르코 폴로 II 프로그램은 두 개의 추가 자금 지원 프로젝트인 해상 고속도로와 혼잡 방지 프로젝트가 있다.

③ 중 국

중국의 해운업은 온실가스 배출을 효과적으로 줄이고 일정량의 다른 배출을 줄이기 위해 다양한 조치를 취하고 있다. 구체적으로, 관련 국제 협약, 규칙에 대해 심도 있는 연구를 바탕으로 적절한 시기에 관련 법과 규정을 제정했다. 또 국제적으로 지식을 교류하기 위한 기술, 관리, 운영 방안 등에 대한 연구도 강화하고 있다. 나아가 각 해운사의 개발 상황에 맞는 적절한 시장 메커니즘을 구축하여 온실가스 배출 감소와 해운산업의 양적 발전을 동시에 추진하고 있다.

중국 정부는 기후변화 대응 국가계획을 제출하고 에너지 절약과 온실가스 감축을 요구했다. 중국은 이 계획을 통해 자원절약, 환경친화적인 운송산업의 발전을 도모하고 있다. 또한, 이 계획은 2010년과 2020년에 해양 선박의 평균 에너지 소비 감소 목표를 2005년 수준과 비교하여 각각 11%와 20% 감소시켰다. 따라서 운송모드 개편은 단위 에너지 소비량이 많고 환경오염이 심한 선박의 운항을 제한하고 있다. 또 중국은 '노후해운 선박 운송관리규정'을 엄격히 시행·감독하고 선박 구조조정을 적극 추진한다. 그런 점에서 중국은 신조된 전문적인 함대의 성장을 추구하고 에너지 소비량이 많고 오염도가 높으며 안정성이 낮은 선박을 꾸준히 폐기하는 등 저탄소 경제의 도전에 적극 대응하고 있다.

중국에서 MARPOL 73/78 별관이 발효된 이후, 정부는 부속문서 6에서 요구하는 국내 입법 절차를 이행하기 위해 각 관련 기관과 시 정부의 강력한 규칙과 규정, 합의문을 잇달아 발표했다. 부속서 6호의 공간적 범위도 넓어지고 있다. 중국의 법과 규정의 제정은 중국의 해양 저탄소 시대가 도래할 것을 예견하고 있으며, 현장에서 중국에서의 녹색 해운의 발전은 매우 시급하다고 여겨진다.

④ 일본

일본은 섬나라로서의 지리적 특성 때문에 도로 교통을 연안 교통으로 바꾸는 변화에 주목했다. 이를 위해 일본은 모달 시프트 선박 건설을 촉진하고 인프라 정비, 규제 정비, 보조금 지급 등의 정책을 추진하려고 한다. 모달 시프트 선박의 건설을 용이하게 하기 위해, 일본의 철도 운송 기구는 공유 건설 시스템을 구축했다. 또 연안화물사업 진출을 용이하게 하는 허가제를 도입하기 위해 국내 여객선 사업에 대한 수급조정 규정을 폐지했다.

항만 부문도 GHG 배출량을 줄이고 항만을 중심으로 한 물류 시스템의 변혁을 촉진하는 정책을 실시하고 있다. 주요 정책은 우선 인프라를 개선하는 것으로, 예를 들어, 터미널 주변의 GHG 배출량을 증가시키는 게이트 주변의 교통 혼잡을 방지하고, EDI와 같은 IT 시스템에 의한 항만의 쉬운 이용을 촉진하기 위해 항만 근처의 도로를 개선하는 것이다.

더욱이 항만에서는 유희정류소라 불리는 육상용 전력공급장치를 도입하고 있다. 도쿄항은 2006년 접속 위치, 접속케이블의 형태와 취급, 유사시 대응 상황 등을 점검했다. 육상측 시설과 선박측 시설 간 연결 실험을 통해 배출가스 저감 효과도 점검했다. 최근 요코하마 항은 국제선 컨테이너선에서 배출되는 이 같은 배출에 대한 대응책으로 온실가스 배출 정책 도입을 검토하고 있다.

이와 함께 일본은 연안급유 서비스와 바지선 운송을 추진하고 있다. 에너지 절약형 화물 취급 장비, 하이브리드 이송 크레인, 전기 동력 포크리프트를 촉진하는 정책도 도입되고 있다.

(2) GSF(Green Ship of the Future)

GSF(Green Ship of the Future)는 해상에서의 환경 보호와 관련하여 회원들이 주도하고 자금을 조달하는 독립적인 비영리 단체다. GSF는 무배출 해상운송으로 가는 길을 모색하고 있다. 기존의 에너지 효율 기술의 사용을 촉진하고, 새로운 (디지털) 기술의 사용을 탐구하는 것이 주된 방법이다. 협업을 중요한 가치로 여기며, 이를 통해 보다 지속 가능한 해양 산업을 촉진하고 해양 가치 사슬을 통한 혁신을 촉진하는 도구로 믿는다.

GSF는 덴마크의 강력한 지원에 기반을 두고 있으며, 해양산업에 종사하는 모든 이해관계자들의 공개적인 협력과 협력을 바탕으로 설립되었다. 모든 프로젝트와 활동은 주제별로 임무 수행을 지원하고 에너지 효율이 높은 선박 설계부터 3D 프린팅 이상, 탈탄소화를 위한 디지털화에 이르기까지 광범위한 관련 주제를 다룬다. 지난 몇 년간은 다양한 이해관계자와 정부, 관련 주체간에 GSF의 협력 방식을 구축해 왔다.

GSF는 미래 연료, 에너지 효율 기술장비 증가, 디지털화를 통한 탈탄소화 등 3가지 핵심 핵심 영역을 통해 해양 운송을 무료로 하고 환경 및 재정적으로 지속 가능한 해양 산업으로 가는 길을 모색한다. 이를 위해 선주, OEM, 공급업체 및 분류 협회뿐만 아니라 기관과 당국, 연구 및 교육 기관 등을 아우르는 독립 네트워크를 구축하였다. GSF는 회원들이 자금을 조달하고 관리한다.

미래의 녹색 배(Green Ship)은 해양 산업을 위한 협업이 이루어지고, 녹색 기술과 혁신에 특별히 초점을 맞춘 강력한 전문가 네트워크, 산업 간 프로젝트 개발 및 참여를 위한 플랫폼, 친환경 기술 과제 내의 가시성, 국제적 협업과 가시성이 바탕이 되는 산업이 되어야 한다. GSF에서는 해양산업의 지속가능한 발전이 세계적인 이슈라고 본다. 그렇기 때문에 정기적으로 국제 해운 협회, 지속 가능한 해운 이니셔티브, 스마트 그린 해운 동맹 등 유사한 이니셔티브와 협력하거나 협력한다. 최근에는 25개국 150여 명의 대표단이 참석한 가운데 COP23 컨퍼런스 포부 1.5: 글로벌 해운의 액션 플랜을 공동 기획했다.

GSF의 이니셔티브는 덴마크의 4대 해양기업인 알보그인더스트리즈, A.P.몰러 머스크, MAN 디젤, 오덴세강조선소와 함께 해양산업에 내포된 환경생태적 책임을 인정받아 2008년 설립됐다. 당초 GSF는 블루덴마크 내 협업을 통해 배출량 감축에 대한 야심 찬 목표를 세웠다. 4년 후, 회원들은 성공적인 프로젝트와 강력한 전문 네트워크를 구축하였다. 이후, 환경 및 에너지 효율과 관련된 사회적 과제를 해결하는 EURO Blue INNOship 프로젝트. 블루이노십 프로젝트는 산학협력단 등 40여 개 협력사를 포용하고 있다. Blue INNOship 이후, 업계 내에서 높은 수준의 프로젝트 활동과 창의성이 지속되고 있으며, 이에 따라 새로운 녹색 프로젝트 이니셔티브의 장려와 조정이 필요해졌고, 이에 따라 2015년 4월 미래 녹색선박 내 협력사들은 동반자 관계를 부활시키기로 결정했다. 각기 다른 배경을 가진 Blue INNOship과 Green Ship of the Future는 현재 무료 이니셔티브로 블루 덴마크의 그린화를 지원하기 위해 공동 운영 중이다.

2019년에는 레트로핏(Retrofit) 프로젝트를 추진중이며, 이는 기존 글로벌 함대의 많은 점유율이 곧 변화될 수는 없지만, 그들의 환경적 영향을 설명하도록 하고, 선박 건조운영과 관련하여 향후 준수해야 할 사항과 일반 에너지 효율을 높일 수 있는 선박 개조를 권장한다. 이는 단기적인 운송에서 배출되는 배출물을 줄이기 위한 프로젝트 시리즈의 일환이며, 프로젝트의 목적은 대형 선박 유형의 에너지 절감에 크게 기여할 수 있는 개조 패키지를 개발하는 것이다. 가장 먼저 적용될 수 있을 예상되는 선박은 HAFNIA의 MR 유조선이다. 이 사례는 특정 선박의 실제 데이터와 운항 프로파일을 기반으로 하기 때문에 에너지 절약과 사업 사례에 대한 계산이 가능한 한 현실에 가깝게 유지될 것이다.

공급자 그룹은 연료 소비를 현저하게 감소시키고, 운영을 개선하거나 또는 다른 방법으로 선박의 에너지 효율을 증가시킬 수 있는 잠재력을 가진 관련 기술을 확인할 수 있게 될 것이다. 협업이 항상 GSF와 그 활동의 핵심이며 이 프로젝트도 예외는 아니다. 각 파트너는 개별 기술로부터 잠재적인 절감액을 계산할 수 있지만, 최적의 실험 상황을 보장하기 위해 공급업체 간에 정보를 교환하기도 한다. 또한 프로젝트 매니저인 MAN Energy Solutions와 Danish Energy Consulting은 선박의 총 에너지 균형과 기술 선택 간의 일관성을 평가하기 위해 시스템 레벨에 대한 공학적 계산을 수행한다.

GSF에 소속된 파트너들은 그린 선박의 개념 연구에 협력해왔다. 이 때, GSF 프로젝트의 다양한 가용 기술을 특정 선박에 구현하여, 새로운 선박의 설계 단계에서 기술을 적용하였을 때 전체적인 배출량 감소 가능성을 보여주었다. 개념 연구는 8,500 teu 컨테이너선과 35,000 dwt 크기의 벌크선 두 척에 대해 수행되었다. 속도 감소 없이, 두 개의 컨셉트 선박에 대해 상당한 배출 감소를 달성했다.

GSF의 전반적인 목표는 총 CO₂ 배출량 30% 감소, 총 SO_x 배출량 90% 감축, 총 NO_x 배출량 90% 감축이다. 개별 GSF 프로젝트는 CO₂ 25%, SO_x 98%, NO_x 80%의 개별 감소를 달성함으로써 이러한 목표를 거의 달성하거나 심지어 초과 달성했다. GSF 프로젝트 내에서 개발된 제품은 덴마크 선주로부터 40척의 선박에 도입되었다. 어떤 경우에는 이러한 녹색 선박 기술은 특히 기계 장비와 탑재 시스템과 관련하여 이미 표준 제품이 되었다.

덴마크 해양 클러스터는 배기가스를 최소화하는 환경적으로 책임지는 제품을 설계하고 개발하는데 중요한 역할을 담당한다. 덴마크 해양 클러스터는 미래의 녹색 선박과 함께 기후와 환경을 보호하기 위해 추가적인 노력을 기울이고 있다.

이와 관련한, 핵심 그린 테크놀로지스 기술들은 다음과 같다.

- (엔진) 몇몇 GSF 프로젝트는 배기가스를 줄이기 위해 엔진 효율을 최적화하는데 초점을 맞추고 있다. 보다 정밀하고 유연한 기술은 상당한 에너지 절약을 가져온다. 자동 조정된 엔진과 최적화된 저속 해양 엔진은 수동 조정을 전자 엔진으로 대체한다. 엔진 부하 및 작동 조건과 같은 요인을 지속적으로 조정하여 연료 소비량을 최대 3%까지 줄일 수 있다. 이러한 GSF의 혁신은 선택적 촉매 저감(SCR) 시스템도 해상 엔진에 적용시켰다. SCR 프로토타입은 SCR 없이 동일한 엔진에서 NO_x 배출량을 80% 절감했다.

- (연료) GSF 회원들은 연료 소비량을 줄이기 위한 즉각적인 해결책과 장기적인 해결책을 모색하고 있다. 기존 선박에 대한 탑재 연료 구성 분석은 특히 SO_x 배

출량을 줄이는 데 도움이 될 수 있다. 이와 함께 미래 대체 연료로 액화천연가스(LNG)를 연구하고 있다. 예를 들어 디젤에서 LNG로 이동함으로써 고속 페리를 이용하면 CO₂ 배출량을 25%, NO_x는 35% 줄이고 SO_x 배출은 완전히 제거할 수 있는 것으로 나타났다. 증유에서 LNG로 이동할 때 NO_x 배출 감소량은 자연적으로 85-90%가 감축되어 훨씬 더 높을 수 있다.

- (Waste Heat) GSF 파트너들은 폐열을 전력으로 복구하거나 화물 구역을 가열하는 데 사용하는 방법을 개발했다. 실용적이고 실현 가능한 해결책을 위해, 회원들은 배의 기본 설계를 유지하면서 폐열 회수/이용 시스템을 설치하는 방법에 초점을 맞추었다. 연료는 선박 운항 비용의 매우 큰 부분을 차지한다. 엔진에서 나오는 폐열을 이용해 화물 구역을 가열하면 선박 연간 총 연료 소비량의 최대 20%를 절약할 수 있어 CO₂ 배출량이 줄고 연료비도 절감된다. 또 폐열을 전력으로 복구하면 하루 42t을 사용하는 유조선의 경우 하루 최대 8t의 연료유를 절약할 수 있다는 연구결과도 있다. 시험에서 sms 낭비되는 열을 전력으로 복구하여 최대 14%까지 감소시켰다.

- (Scrubber Systems) 미세먼지는 환경을 오염시킨다. 여러 GSF 회원이 함께 PM을 최대 80%까지, SO_x 배출량을 최대 98%까지 줄이는 스크러버 시스템을 개발했다. 이 시스템은 저황 오일을 사용한 것처럼 황색 유출을 낮은 수준으로 줄일 수 있도록 한다. 덴마크 기업들은 GSF 파트너십을 통해 국제요건 충족은 물론 해수 등 친환경 소재를 활용해 성과를 내는 비용 효율적인 대안을 만들었다.

- (배기가스 재순환; Exhaust Gas Recirculation) GSF 이니셔티브를 통해 컨테이너선에 저속 2행정 엔진용 첫 배기 가스 재순환(EGR) 시스템을 설치했다. 테스트에서 NO_x 배출량은 최대 80% 감소하였다. 2016년 NO_x 배출에 대한 새로운 IMO 규제인 Tier III는 선박이 배출량을 80%까지 줄일 것을 요구할 것이다. 협력 개발을 통해 GSF의 파트너가 설계한 EGR은 이러한 요구사항을 완화시키고 SO_x 배출량을 최대 19%까지 감소시킨다.

- (Trim Optimization) 트림을 최적화하면 배기가스 배출도 줄일 수 있다. 최적의 트림으로 내수성을 최소화하고 연료 소모량을 줄인다. GSF 파트너사는 기계

가 아닌 최첨단 프로그래밍을 이용해 선박 운영자에게 연료 소비량, 트림 및 드래프트 간의 관계를 그래픽으로 표현할 수 있는 트림 매트릭스를 만들었다. 현재 검증되고 있는 연구는 특정 화학 유조선이 트림을 최적화하여 바다 항해 중에 최대 80%까지 연료를 절약할 수 있다는 것을 보여주었다. .

- (Cooling Systems) 냉각 시스템은 선박에 탑재된 더 큰 에너지 소비 장치 중 하나이다. 연구에 따르면 시스템을 최적화하고 주파수 제어 펌프를 사용하여 펌프를 구동하는 데 필요한 에너지의 최대 90%를 절약할 수 있다. GSF 회원은 선박의 개량을 위한 냉각 시스템 효율성의 개선 가능성을 논의하는 의사결정 패키지를 개발했다. 예를 들어, 7000 TEU 컨테이너선에 보다 진보된 자체 조정 제어 알고리즘을 갖춘 가변 속도 펌프를 설치하면 연간 최대 235톤, 즉 731톤의 CO₂가 절약되는 것으로 나타났다.

- (운영) 배출량을 줄이기 위해, 운영자는 에너지 절약을 극대화하기 위해 기계를 모니터링하고 연결하기 위한 적절한 도구를 필요로 한다. 새로운 선박 운영 시스템은 센서로부터 데이터를 수집하고 최적화된 성능과 에너지 효율을 가능하게 하는 수학적 모델을 사용한다. 지속적으로 기상정보와 저항 계산을 업데이트하는 효과적인 경로설정 소프트웨어와 함께, GSF 파트너들은 효과적인 운영 도구만으로도 연비를 최적화하고 CO₂배출량을 최대 4%까지 줄일 수 있다는 것을 입증했다.

- (Turbochargers) 터보차저는 연료 소비 효율에 근본적으로 영향을 미친다. GSF 파트너들은 터보차저를 이용해 배기가스를 줄이고 연비를 개선하는 비용 절감 방안을 개발하고 있다. 고효율 터보차저는 보다 완전한 연료 연소가 가능하여 에너지 효율을 향상시킨다. 이것은 NO_x 형성을 현저하게 감소시킨다. 마찬가지로, 터보차저를 절단하면 선박이 IMO 인증 한계 내에서 낮은 엔진 부하에서 연비를 최적화할 수 있다. 저부하 최적화는 해리당 최대 25%의 배출량을 감소시키고 CO₂ 배출량을 감소시킨다.

- (Biocide-free Paint) 구리나 트리부틸틴(tributyltin) 화합물처럼 유독성 바이오시드는 수생생물에게 해를 끼칠 수 있다. 또 선체를 오염시키면 선박 저항이 높

아저 연료 소모량과 CO2 배출량이 높아진다. GSF의 파트너 연구에 따르면 하이 드로젤 코팅이 적용된 바이오시드 프리 페인트는 오염물질을 바다 밖으로 내보 내지 않고 CO2 배출량을 줄여주며, 페인트가 저항을 줄이고 연료를 절약할 수 있게 도와준다. 선체 형태가 다른 광범위한 선박은 최대 8%의 연료절감을 달성 했다.

(3) 그 밖의 친환경 선박 제조 기술

- (노 밸러스트 시스템) IMO에 의한 밸러스트 워터 컨벤션은 선박 밸러스트를 통해 한 영토의 퇴적물과 미생물의 다른 영역으로의 운송을 줄이는 데 초점을 맞추고 있다. 이런 상황을 막기 위해 '발라스트 선박 금지'를 만드는 방안이 추 진되고 있다. 밸러스트 선박이나 이와 유사한 시스템은 이 문제를 획기적으로 줄일 수 있다.

- (Sulphur Scrubber) 선박 내 기존 연료의 단계적 사용은 현실적으로 불가능하 므로 배기에서 발생하는 황이나 SOx 배출을 줄이는 것이 미래에 광범위하게 사 용될 수 있는 해결책이다. 이는 엔진의 배기 가스에서 황이 배출되는 배기 가스 스크러버 시스템을 설치하여 다른 유해 입자와 함께 SOx를 최대 98%까지 감소 시킴으로써 달성할 수 있다.

- (침단 방향타 및 프로펠러) 잘 설계된 프로펠러와 유선형 방향타 시스템은 연 료 소비를 최대 4%까지 줄여 배출량을 줄일 수 있다. 프로펠러와 방향타 시스템 의 침단 설계가 개발되어 연료 소비량을 줄일 뿐만 아니라 선박의 속도도 향상 시키고 있다.

- (스피드 노즐) 일반적으로 소형 보급선이나 예인선에 속도 노즐을 사용하여 선박에 전력을 공급한다. 상선의 새로운 설계 특징과 함께, 약 5%의 전력을 절 약함으로써 배의 추진 효율을 향상시킬 수 있다.

- (선체 도장) 선박의 연료소비를 증가시켜 배출물을 배출할 수 있는 또 다른

중요한 요인은 선체 특성 개선이다. 올바른 선체 부위에 올바른 페인트를 칠하면 배의 마찰저항을 감소시켜 3-8%의 연료절감을 가져올 수 있다.

- (배기 가스 재순환) 이 시스템에서는 엔진 실린더에서 나오는 배기 가스의 재순환에 의해 연소실 온도를 낮추는 스캐빈지 공기로 엔진에서 배출되는 NO_x 배출량이 감소한다. 배기 공기의 일부는 다시 순환하여 엔진의 청소 공기에 첨가되어 연소 실린더의 온도와 함께 청소 공기의 산소 함량을 감소시킨다. 이 방법으로 NO_x를 최대 80%까지 줄일 수 있다.

- (연료 내 수분) 연소실에 주입하기 직전에 연료에 물을 첨가하면 실린더 라이너 내부의 온도를 낮출 수 있다. 이를 위한 효율적인 시스템은 NO_x를 최대 30-35%까지 감소시킬 수 있다.

- (개선된 펌프 및 냉각수) 파이프, 냉각기 및 펌프의 최적화된 냉각수 시스템은 유량에 대한 저항 저하를 초래할 수 있다. 이렇게 되면 선박의 전력 소비량이 최대 20% 절감되고 연료 소비량은 최대 1.5% 절감된다.

- (뚫 및 연 추진 시스템) 기존 추진 시스템과 함께 뚫과 연 추진 시스템을 사용하면 연료는 물론 NO_x, SO_x, CO₂ 배출량을 35% 줄일 수 있다.

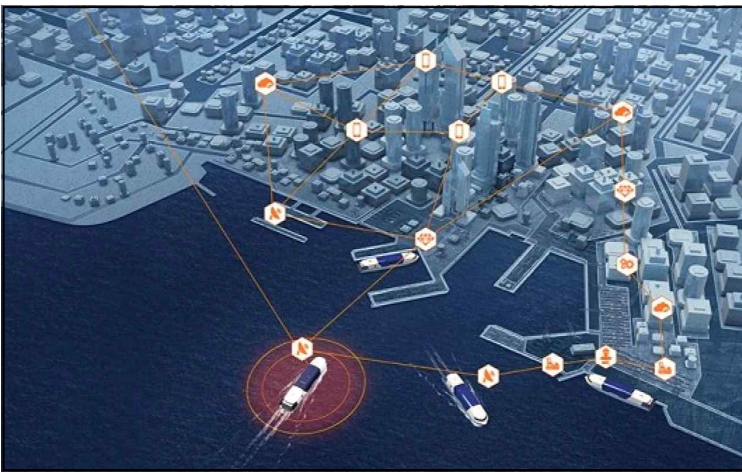
- (연료 및 태양전지 추진력) 연료전지 추진은 연료전지, 태양전지, 배터리 시스템의 조합에서 나오는 전력을 이용한다. 이는 온실가스 배출량을 크게 줄이는데 도움이 된다.

- (샌드위치 플레이트 시스템(SPS)) 폴리우레탄 엘라스토머 코어와 결합하여 두 개의 금속판을 퇴비화하는 과정이다. 이렇게 하면 보강이 필요하여 구조물의 무게가 가벼워지고 부식이 덜 일어나게 되는 강철의 사용을 피할 수 있다. 이 기술은 SPS 기능이 서비스 성능에서 우수하고 수명 유지보수를 통해 감소하는 등 녹색선박의 재활용 과정에서 효과적인 방식이 된다.

2. 스마트 항만

스마트 포트는 인공지능(AI), 빅데이터, 사물인터넷(IoT), 블록체인을 비롯한 스마트 기술 기반 방법을 활용해 자동화 및 혁신 기술을 활용해 성능을 향상시키는 포트다. 스마트 항만은 항구를 보다 환경적으로 지속가능하고 경제적으로 효율적이며 증가된 항만 트래픽을 처리할 수 있도록 함으로써 효율성, 효과성 및 보안을 높이기 위해 스마트 기술 솔루션을 채택하고 있다. 이는 환경 지속가능성을 높이고, 일련의 프로세스가 자동화되고 IoT를 통해 연결될 것이다.

항만 및 컨테이너 운송 산업은 통상 보수적이고 변화에 저항한다고 여겨지지만, 급격한 기술의 발전은 향후 몇 년 안에 이러한 인식을 변화시켜 전체 항만 부문을 보다 기술선도적이고 상호 연계된 형태로 이끌 새로운 기술, 시스템, 솔루션이 등장하고 있다. 세계 무역의 수요 변화에 따라 진화하고 "스마트"해야 할 필요성은 오늘날 훨씬 더 중요하다; 선박은 점점 커지고, 상품은 더 빨리 움직이고, 지정학적 갈등은 전 세계 항구에 새로운 도전을 만들어내고 있다.



(출처: <https://www.porttechnology.org>)

공간을 최적화하고 교통을 간소화할 수 있다. 센서, 카메라, 드론 및 기타 기술은 항만 소유자와 고객을 위해 날씨, 교통, 오염 데이터 등의 정보를 자동으로 수집하여 공유할 수 있다. 작업흐름을 최적화하면 추가 공간을 확보하거나 새로운 인프라와 장비에 투자할 필요 없이 용량을 두 배로 늘릴 수 있으며 동시에 운영 비용을 절감할 수 있다. 항구를 "스마트"하게 만드는 것은 항만 내부의 모

컨테이너, 운송, 크루즈선의 크기와 부피가 증가함에 따라 항구는 더 많은 물동량과 대형 선박의 처리로 새로운 도전에 직면하고 있다. IoT와 같은 기술은 창고 물류, 재고 관리 등을 개선하고 물품의 적재, 발송, 운송을 자동화할 수 있다. 스마트 포트에서는 제한된 공간을 보다

효율적으로 사용함으로써 주차

든 것을 디지털로 연결하는 것을 의미할 뿐만 아니라 정부 당국, 기업, 지역사회 및 기타 관련 당사자들 간의 복합적인 협력이 이루어져야 가능하다.

기술이 발전하고, 글로벌 공급망이 점점 디지털화됨에 따라, 그 인프라 내에서 항만도 디지털 거점이 될 필요가 있다. 디지털화를 통해 절감된 비용은 다른 곳에서 핵심 정비 및 인프라 프로젝트에 자금을 조달할 수 있어 항구의 운영 효율성도 향상시킬 수 있다. 산업 공정의 디지털화는 더 높은 효율성과 더 나은 자원 관리를 발전시키면서 상품과 서비스를 생산하는 방식을 변혁시키고 있다. 이러한 변혁은 이른바 '산업 4.0(Industry 4.0)'으로, 특히 사물인터넷(IoT)은 모든 산업 부문에서 정보를 포착하는 기본 틀로서 스마트 항만의 근간이 되는 기술이라고 볼 수 있다.

4차 산업혁명이 물길은 세계 주요 항만에도 급격히 변져 나가고 있다. 스페인 항구 시스템에 LTE Private Network를 최초로 배치하고 있는 알제리서라스 항구에 이러한 기술이 도입되었다. 로테르담항도 IoT 기술을 활용해 항만의 '디지털 트윈'을 만들고 있으며, 이러한 기술 덕분에 더 효율적인 의사결정을 내릴 수 있게 되었다. 마찬가지로 세비야 항구는 'FIWARE Platform'을 사용하여 컨테이너 추적을 위한 IoT 서비스를 전개하고 철도 교통을 관리하고 과달quiv르 강의 주요 매개변수를 감시하고 있다. 인공지능은 보안 점검과 자동화된 심사 과정을 지원할 수 있으며, 이러한 작업 기간을 표준화하고 단축함과 동시에 이를 더 안전하고, 더 신뢰할 수 있게 한다.

항만의 운영은 다양한 업무와 책임을 맡는 여러 주체들로 구성되며, 각 주체들은 항만개발에 있어 우선순위가 다르다. 현재 스마트 포트 개발과 접근방식은 정부 기관인 항만 당국이 수시로 추진하고 있다. 그러나 스마트 포트를 성공적으로 개발하려면 항만 이용자, 운영사, 국제적인 협력 등 다양한 수준에서 통합적인 접근이 필요하다. 또한, 스마트 항만은 빅데이터를 처리하고 감시해야 하기 때문에 데이터 프라이버시와 보안이 또다른 중요한 쟁점이다. AI 도입과 같은 항만 운영의 자동화는 인간 노동자의 대량 교체로 인한 실직 문제가 발생할 수 있으며, 이미 로스엔젤레스 항과 같은 곳에서는 이와 관련한 시위가 발생하고 있다.

현재 세계적으로 앞서가는 스마트 항만은 다음과 같다.

① 함부르크 항 (독일)

북해 개항으로부터 110km 떨어진 엘베 강에 있는 함부르크 항은 독일의 가장 큰 항구로 로테르담과 앤트워프에 이어 유럽에서 세 번째로 큰 항구다. 함부르크 항만청은 전세계적으로 고도로 연결되고 기술적으로 발전된 스마트 포트의 네트워크를 구축하기 위해 로스앤젤레스, 몬트리올, 로테르담, 앤트워프, 바르셀로나, 펠릭스스토위, 싱가포르, 부산과 같은 항구와 협력하여 스마트 포트의 개념을 공유하고 보급하기 위해 체인 PORT 이니셔티브를 시작했다.

2018.12월에는 항만 당국이 테슬라 창업자 일론 머스크의 미래형 하이퍼루프(Hyperloop) 시스템을 실험해 부두와 컨테이너 야드 사이의 부분 진공 튜브를 타고 시속 1000km로 운송하는 프로젝트에 착수했다. 항만물류업체 햄버거 하펜 언트(Hamburger Hafen) 로지스틱 AG(HHLA)와 미국계 리서치업체 하이퍼루프 운수기술(HTT)이 합작한 이 프로젝트는 머스크의 독창적인 하이퍼루프 개념에 기반한 운송 시스템을 개발하기 위해 결성됐다. HHLA는 함부르크 항에서 3개의 컨테이너 터미널을 운영하고 있다.

에어버스 컨소시엄이 있는 프랑스 툴루즈에는 사람과 물품을 수송하기 위한 하이퍼루프 테스트 트랙이 건설 중이다. 유럽에서 첫 시험운송이 2020년 이곳에서 열릴 예정이다. 함부르크 항만 당국은 시험용 환승역, 표준용기에 맞는 캡슐을 만드는 작업을 진행 중이다. 함부르크는 '스마트'라는 명칭이 해양산업에 불기 훨씬 전부터 항만 자동화의 선구자였다. 그것은 수년 동안 항구를 통해 컨테이너를 자동으로 처리해 왔다. 최근에는 도시 환경을 보다 스마트하게 활용하기 위해 IoT 기술을 접목해 확장을 경계했다.

5년 전부터 독일의 소프트웨어 장비 SAP와 함께 SAP HBA 클라우드 플랫폼을 사용한 일련의 '스마트포트 물류' 프로젝트에 대한 연구를 진행하였으며, 이는 산업 4.0 기술의 의미와 구현을 연구하는 것으로 광범위한 산업 분야에 적용할 수 있는 공통된 내용이었기 때문에 4차 산업혁명의 선구적 역할을 수행했다.

이렇게 개발된 항만 플랫폼 운영의 원칙은 항만 운영과 관련된 이해당사자를 연결하기 위한 LA 데이터 포털과 동일한 방식으로 연결되었으며, 함부르크의 해상, 도로, 철도를 통해 데이터를 축적하고 공유해 나갔다. 또한 공항의 항공 교통 관제 시스템과 같은 해상 교통 감시 시스템을 운영하고 있으며, 디지털 지도와 식별 데이터를 활용하여 교통 흐름, 기상 상태 및 기타 변수에 대한 지침을 제공하고 있다.

한편, 도이치텔레콤은 함부르크 항만지역에서 유럽연합(EU)의 5G MoNArch(이동통신망 아키텍처) 프로젝트의 일환으로 최소 1년간 5G 지원 IoT 애플리케이션을 시험해 왔다. 핵심 애플리케이션은 커넥티드 배송, 신호등 원격제어, 증강현실 등이다. 상주해 있는 선단은 실시간 위치, 이동 및 환경 데이터를 제공하는 센서를 장착했고, 휴대형 신호등은 교통 흐름에 보다 잘 반응하기 위해 항만 근로자에 의해 원격으로 작동되고 있다. AR 안경은 근로자들에게 3D 이미지로 기계를 조작하는 방법을 보여주고 있다.

② PORT OF LA (미국)

산 페드로 만에 있는 로스앤젤레스 항('America's Port')은 미국에서 가장 큰 규모로 전체 수입물량의 약 5분의 1을 처리하고 있다. 그러나, 이 항만의 디지털 전환은 다른 선진적인 항만에 비해서는 다소 늦는 편이다. 일반적으로 북아메리카의 해양 센터는 유로 중심 산업 4.0 이니셔티브 및 이와 관련된 서비스를 제공하는 업체들과 관련성이 높지 않다. 앤티워프나 발렌시아와 같은 유럽의 주요 항구들은 블록체인과 운전자 없는 보트 같은 첨단 기술을 접목하고 있지만 이 항구는 아직까지 도입되지 않고 있다.

그러나 로스앤젤레스는 전략의 명확성과 세계 최대 경제 대국의 주요 교역 터미널로서의 위치를 가지고 있기 때문에 유럽의 로테르담과 함부르크 항만과는 다소 다른 실용주의 노선을 견지하고 있는 것으로 판단된다. 포트의 디지털 변환은 공급적 측면에서 먼저 포트의 데이터를 축적하고 파악해야 하며, 가장 높은 수준의 가용 데이터를 필요로 한다. LA 항만도 2017년 8월 스마트 항만 스

타터 파일럿을 위한 디지털 추적기술을 클라우드로 소싱한 후 GE의 운송사업과 함께 공유 데이터 포털인 '포트 옵티마이저'를 출범하였다. 이는 화물 소유주, 선로, 터미널 운영자, 그리고 모든 다른 부두 운영 관련자들에게 항만과의 상호 작용을 관리하고 계획할 수 있는 방법을 제공하는 것이다. 이 방식은 통상 2주 간의 계획 기간을 가지고, 사전 예약 시스템과 함께 화물과 연관된 인바운드와 아웃바운드 공급망을 조직한다.

보안, 투명성 및 데이터 사용에 대한 우려는 항만청과 관련 기관들의 강력하고 협력적인 프로세스를 통해 해결되었다. 이후 로스앤젤레스 항과 GE는 로스앤젤레스 항구의 모든 컨테이너 터미널과 배송 라인을 포함하도록 프로그램을 확장했다. 그들은 또한 약 900만 TEU, 15,000개 이상의 트럭 공급업체, 수천 개의 화물 수입업체를 지원하면서 1,200만 달러에 달하는 상업적 계약을 발표했다. 이를 통해, 로스앤젤레스 항구는 8-12%의 효율성 향상을 예상하고 있다.

③ 상하이 항구 (중국)

상하이는 2010년 싱가포르를 제치고 세계 최대 컨테이너 항구의 본거지로 부상했다. 상하이 항은 강항과 심해항으로 이루어져 있다. 심층수 구간인 양산항은 대규모의 자동화 등 스마트 항만 시설의 대부분이 존재한다.

중국은 2025년까지 150개 자동화·지능형 스마트 물류 허브를 구축할 예정이며, 5G, 블록체인과 추적(스마트 포트를 위한 Marseille 모델), 노키아 등이 참여하여 LTE 네트워크를 조직할 예정이다. 시내 공영터미널 운영사인 상하이국제항만그룹(SIPG)은 2018년 초 21억5000만 달러(140억 위안)를 투입하여 축구장 312개 규모인 규모의 자동 화물부두를 심해부지에 열었다. 이 조치로 상하이의 항만 용량이 약 600만 피트 증가했으며, 모든 부두가 자동화되고 7개의 심해 정박 공간을 추가하여 도킹 공간을 30개의 정박장으로 만드는 등 1300만 TEU의 처리 용량을 확보했다. 상하이의 총 항만 용량은 이러한 시설들의 설치로 이미 4천만 개의 컨테이너를 넘어섰다.

SIPG는 에너지 소비량을 70% 줄이고, 현장에서 배출되는 배출량을 0%까지 줄이는 것을 목표로 하고 있다. 이 프로젝트의 핵심 요소는 맞춤형 터미널 운영체제(TOS)의 개발이다. 당시 SIPG는 자동화된 컨테이너 시스템을 운영하는 다른 모든 항만이 기존의 소프트웨어를 사용하고 있었기 때문에 항만 제어 시스템 운영에 다소 애로가 있었다. 이후, SIPG의 200명 규모의 R&D팀은 향후 중국 항만 자동화의 기초로 제시한 12개 표준을 정립하였고, 새로운 기술을 탑재한 기체는 세계 최대의 항만 기계 제조업체인 상하이 쟈화 중공업(ZPMC)에 의해 공급되었다. 이 두 회사는 그들의 공동 운영체제를 다른 항만 당국에 판매하기 위해 노력하고 있다.

④ 싱가포르 항구 (싱가포르)

싱가포르 해양항만공사(MPA, The Maritime and Port Authority of Singapore)는 2018년 4월 싱가포르 해양기술회의에서 항만 운영사 중 가장 진보적인 곳으로 선정되었으며, 생산성과 효율성을 최적화하기 위한 디지털 경로로 설정하는 전략을 발표했다.

일본 펜타오션, 한국 현대, 네덜란드 보스칼리와 체결한 11억 달러 규모의 새로운 계약은 싱가포르의 섬 서쪽에 2단계로 투아스 '메가 포트'(Tuas mega-port)를 설치하고 있다. 이 공사를 통해 2027년까지 매립지 387헥타르에 2,100만 TEU를 추가로 확보할 수 있고, 2040년에는 6,500만 TEU까지 증가시킬 것이다. 아울러, 거의 모든 항만 기능을 디지털화하여 싱가포르의 중앙 사업 지구에서 배치하고, 세계에서 가장 빠르고 자동화된 항구로 상하이항을 능가할 계획이다.

MPA는 메가 포트에 대한 지속적인 투자를 확인하는 것 외에도 싱가포르항에 대한 다른 항만 및 산업, 도시 기능과의 연결성을 높이기 위해 연구개발, 혁신에 초점을 맞춘 항만 운영을 위해 7개 파트너십을 맺었다. 이 중 프랑스와 노르웨이 출신의 ST 전자, 콩스버그 노컨트롤이 '차세대 선박 교통 관리 시스템'(NGVTMS)을 개발하기로 하였다. 이 사업에 항법 안전 및 보안 연구와 새로운 항만 운송 시스템의 운영 측면에 750만 달러를 투자하게 될 것이다.

이와는 별도로 핀란드 그룹 웨르칠레사와 제휴해 해양기술 스타트업, 대학 등과 함께 사이버 물리 보안과 지능형 항만운영 개발도 추진 중이다. MPA는 2018년 11월 초창기 기술 회사 17개사가 참석한 가운데 '스마트 포트 챌린지'를 개최했으며, 수상자인 해양화물거래소는 병커 탱커를 위한 웹 기반 스케줄러 시스템이다. MPA는 중앙 집중화된 애플리케이션 인터페이스 게이트웨이와 데이터 관리 기능을 갖춘 원스톱 데이터 저장소로 싱가포르 해양 데이터 허브(SG-MDH)도 개발하고 있다. 이 아이디어는 해양 산업을 위한 혁신적인 디지털 앱과 서비스의 개발과 테스트베드로서의 기능을 가능하게 하는 데 도움을 줄 것이다.

⑤ 로테르담 (NETherlands)

로테르담은 유럽의 해상 무역 중심지로서 이 지역의 산업 4.0 이니셔티브 실현의 중심지이다. 항만 운영의 디지털 전환을 위해 IBM, 시스코와 핵심 파트너십을 맺고 있으며, 2025-2030년까지 자율 선박 유치를 목표로 하고 있다. 이를 달성하기 위해, 42킬로미터의 항만 면적을 센서, 소프트웨어, 지능으로 증강시키고 있으며, 항만의 설치·운영 디지털 트윈을 만들어 해운의 움직임과 기반 시설에서 날씨와 수심까지 모든 것을 미리링, 추적하는 것을 추진하고 있다.

IBM과 Cisco는 각각 왓슨 IoT 시스템과 Kinetic IoT 플랫폼을 통합해 네트워크에서 데이터 처리와 인텔리전스를 개선하고, 자율적인 해운과 물류로의 흐름이 가능하도록 했다. IBM과 시스코는 이미 항구에서 풍향, 가시성, 조석 정보 등 환경 데이터를 수집해 선박의 출입과 통행을 위한 최적의 조건과 시기를 파악하고 있다. 또한, 선박의 통관 높이 지침을 제공하고, 이를 기준으로 선박의 용량을 증가시켜 입항하는 각 선박에 의해 발생하는 수익을 높인다.

또한, 로테르담 항은 항만 조선소에 로테르담 적층 제조 연구소(RAMLAB)라는 연구개발 시설을 신설했다. 이 3D 프린팅 설비는 인증된 배송 부품의 더 넓은 가용성을 가능하게 할 것이다. 로테르담 항은 매년 14만 척 이상의 선박을 처리하며, 고도로 조정된 환경 및 항법 지표는 화물 운송 사업자의 수익성을 향상시킬 것으로 기대된다.

3. 첨단양식 산업

(1) Norway 정부의 어업과 양식 관련 정책 방향

노르웨이의 어업 및 양식 관리 정책은 산업통상자원부가 미래에 대한 안목을 가지고 산업과 수산물 정책을 지정하는 책임을 가지고 있다. 노르웨이는 국가경제의 중요한 부분을 어업에 상당히 의존하고 있으며, 그래서 정책적인 측면에서도 수세기 동안 해안 공동체의 유지와 국가경제 발전을 위해 많은 지원을 해왔다. 특히, 장기적인 측면에서 양식 어업의 중요성과 환경의 지속가능성에 중점을 두고 정책을 추진해 왔다. 환경의 지속가능성을 높이는 것은 단기적으로는 산업계의 경제적 성과에 부정적인 영향을 미치지만, 장기적으로는 이러한 규제들이 환경 지속가능성을 확보하여 산업의 지속성과 발전가능성을 높여 준다는 정책 기조를 가지고 있다."

노르웨이는 북해, 노르웨이해, 바렌츠해, 로포텐 해역 등 지리학적으로 바다의 중요성이 매우 크고, 이 해역들에 대한 생태계 기반 통합 관리 계획의 중요성을 강조해 왔다. 모든 관련된 노르웨이 정부 부처들이 해역의 통합관리 계획에 따른 개발 방식에 협력했으며, 이러한 정책의 목적은 해양 지역에서 파생된 천연 자원과 생태계 서비스의 지속가능한 이용을 위한 틀을 제공하는 것이다. 동시에 해양 생태계의 구조, 기능, 생산성, 다양성을 유지하는 것이 중요하며, 생태계 기반 통합 관리 계획은 국가 전체적인 측면에서 환경 부문의 부정적 요소가 해양 환경을 위협하지 않도록 다양한 정책 부문간 협력 프레임워크를 제공한다.

해양환경의 통합관리를 위한 지식기반은 지도화, 연구, 모니터링을 통해 강화되어 왔다. 2006년 이후 노르웨이는 MARANO 프로그램을 통해 바다의 해저 지도 제작 프로그램에 많은 예산을 투입하였으며, 해저의 깊이와 지형, 침전물 구성, 오염물, 생물 공동체, 서식지, 그리고 물의 상태를 지도화하였다. 이러한 MAREANO 프로그램은 노르웨이 지역의 해양 생태계를 조사하고 이를 문서화하여 해양의 개발·이용·보전 등 해양 통합관리에 필요한 기초 자료와 지식을 제공하는 틀로서 기능하고 있다.

해양 생태계 보전과 관련하여 취약한 해양생태계(VME)와 비다르(Vidar)를 중심으로, 북대서양수산위원회(NEAFC)가 중심이 되어 예방적 접근과 생태계 접근에 따라 규정에 어업관리 조치를 채택해 왔다. 한 예로, 2004년 NEAFC는 산호, 해면 등 VME를 포함한 심해 자원 및 그 서식지를 보호하기 위한 예방 조치를 시행하였으며, 몇몇 지역에 대해서는 폐쇄 명령을 내린 바 있다.

2012년 NEAFC의 어업 규제에 대한 광범위한 검토가 이루어졌으며, 유엔 총회에서 FAO의 결의를 거쳐 2020년에 VME의 보호에 대한 새로운 권고안을 도출했다. 이 권고안에는 VME의 해양 보호에 관한 모든 일반 규칙과 기존 어업 구역에 포함되는 구역 및 어업 폐쇄 구역에 대한 세부 사항이 포함되어 있다. 이렇게 채택된 규정들은 구체적인 내용들을 담고 있으며, 이후 각 국가별 규정으로 수용하게 된다. NEAFC 권고안은 노르웨이에 의해 이행되고 채택되었으며, 노르웨이는 이 규정의 적용을 받는 해역에서 양식 등 어업활동을 할 때 반드시 이 규정들을 따르도록 하고 있다.

노르웨이 수산업에서 중요한 제도적 기반 중의 하나가 「생활해양자원관리법」이다. 이 법은 법은 해상에서 모든 어획 및 기타 해양생물 자원의 활용은 환경적인 영향을 최소화하기 위한 방향으로 수행되어야 한다고 규정하고 있다. 법은 물고기의 어획량과 방식을 규제할 뿐만 아니라 양식 산업의 환경적인 측면도 규제하고 있다. 노르웨이의 수산부와 양식부는 특정 지역에서 어획하는 것을 금지하거나 어획에 사용되는 장치를 규제할 수 있다. 이러한 법률의 제정은 환경적인 정책 디자인은 어업을 위한 환경 친화적인 미래를 만드는 데 중요한 부분이라는 인식에 바탕한다.

노르웨이 지속가능하고 발전된 어업과 양식 기법의 핵심은 오랜 기간 축적되어 온 지식과 정보에 근거한 지식 기반 관리 시스템이다. 노르웨이 산업통상자원부가 예방접근의 원칙을 가지고 올바른 정책을 추진해 올 수 있었던 것은 이러한 결정을 내릴 수 있는 지식에 근거한 것이며, 100년 이상의 과학적인 노력과 협력을 바탕으로 러시아와의 공동 경영과 협력이 이뤄낸 결과물이다. 앞으로 노르웨이는 유럽연합(EU)의 공동어업정책(CFP) 개정을 바탕으로 북해에서도 비슷한 성과를 거둘 수 있기를 기대하고 있다.

(2) 노르웨이의 첨단양식 기술

양식 어류는 수산물의 생산량을 안정적으로 증가시킬 수 있어 지구의 식량문제 해결에 큰 도움을 줄 수 있다. 비록 양식업이 해양환경에 부정적인 영향을 일부 줄 수 있지만, 노르웨이의 발전된 첨단 양식기술은 환경적 영향을 최소화 하면서 양식 생산량을 대폭 늘리고 효율적인 방식으로 생산할 수 있게 해준다. 현재 세계 인구는 70억 명을 넘어섰으며, 유엔은 2050년경에는 97억 명에 이를 수 있다고 예측하고 있다. 이런 측면에서도 양식 기법의 발달은 인류에게 매우 중요한 과제일 수 있다.

생선과 해산물은 동물성 단백질, 지방, 오메가-3 지방산의 가장 중요한 공급원이며, 이 중에서도 양식업은 육류 생산에 비해 탄소 배출이 현저히 적다. 그러나, 양식을 통한 어류의 대규모 생산은 사료 등을 통해 지역의 해양 환경을 오염시킬 수 있다. 한편, 양식 산업이 성장함에 따라 충분한 사료를 조달하는 것이 문제가 되었으며, 지난 10년간 어류식이나 어유 등 사료에 필수적인 해양성분 생산량이 절반으로 줄었다.

첨단 양식기술은 이러한 문제 해결에 근본적인 도움을 주고 있으며, 노르웨이가 그 길을 주도하고 있다. 생물학적으로 다양한 해안선과 수세기 동안 지속된 어업 전통으로 노르웨이는 양식기술 개발에 응용하고 있는 수산업과 어업 분야에 엄청난 전문지식을 축적해 왔다. 최근 노르웨이 양식산업에서 이용되고 있는 첨단양식 기법에는 다음과 같은 것들이 있다.

· (지속가능한 연안 양식장) 오늘날 대부분의 해양 양식 시설은 피오르드나 해안선을 따라 위치해 있다. 폐사료, 물고기 탈출, 고농도 기생충은 지역 환경과 야생의 어류 모두에게 부정적인 영향을 미친다. 살마르는 노르웨이 연안에 세계 최대 규모의 해양 양식장 오션팜 1을 건설했다. 넓게 트인 바다는 양식 어류를 생산하기 위한 더 많은 공간과 더 깊고 자연적인 물, 그리고 더 강한 물살을 제공한다. 특히, 해류는 파도가 높지 않은 해안의 해역에 쌓이는 기생충과 오염의 농도를 줄이는 데 효과적이다. 해안까지의 거리가 넓어질수록 야생 어류와의 상호작용과 이종교배와 같은 문제를 최소화할 수 있다.

· (혁명적인 어류 사료) 양식업자들 사이에서는 어류 사료용 해양 재료가 지속적으로 감소하여 이를 충당하기 어려울 것이라는 우려가 증가하고 있다. 특히 치어 단계에서 생선의 영양가를 높여 주는 고품질 사료는 고품질 생선을 생산하기 위해 필수적이다. 로티페라(Rotifera), 즉 바퀴 동물, 아르테미아 나우플리(Artemia nauplii), 브라인 새우(Brine suri)는 오늘날 유럽에서 양식업에 사용되는 가장 흔한 살아있는 사료 유기물이다. 건어물 사료에 사용하기 위해 상당량의 콩을 수입하지만, 이는 지역 생태계를 파괴시킬 수 있다.

이와 관련하여, C-Feed는 노르웨이의 육지 기반 시설에서 집중적으로 생산할 수 있는 환경 친화적인 라이브 스타터 사료를 개발했다. 코페포드는 세계 모든 바다에서 풍부하게 발견되는 동물성 플랑크톤으로, 그 지역에서 야생 바다 물고기와 새우 유충의 천연 먹이 유기물이다. 영양학적으로, 코페포드는 다른 종류의 사료보다 우수하다. C-Feed의 설비는 바이오세큐어로서 오염과 병원균의 위험을 제거하며, 코페포드는 CO₂ 흡수조류를 먹임으로써 탄소 생산량을 줄인다.

· (양식선) 환경비전 노르웨이(EVN)는 자율해상어 양식선을 개발했다. 이 선박은 잠재적으로 치명적인 해류로부터 더 작은 물고기들을 보호하는 독특한 구조의 자율 전류 디플렉터를 갖추고 있으며, 동시에 더 큰 물고기들이 더 강해고 더 깊이 헤엄칠 수 있게 해준다. 이 선박은 그들이 없는 지역에 정박하도록 설계되었으며 전 세계 대부분의 장소에서 사용하기에 적합하다.

· (지속 가능한 폐쇄 시스템 양식) 해안선을 따라 설치된 양식업과 관련된 환경 문제를 해결하는 또 다른 방법은 양식장을 외부 바다와 분리되도록 둘러싸는 것이다. 폐쇄된 시설은 어류가 빠져나가는 것을 방지하고, 야생 어류에 대한 위험을 제거하며, 폐기물을 방출하는 대신 수거할 수 있도록 한다. 또한, 폐쇄적인 방식은 바다 이 발생의 위험을 크게 줄인다.

øpd는 연어 양식업을 위한 수중 폐쇄 또는 반 폐쇄 시스템인 마린 도넛을 만들었다. 이 시설들은 최적의 수질을 보장하기 위해 깊은 물을 공급하며, 생산 후기에 특히 유용하다. 한편, FishGLOBE는 지구 모양의 완전히 밀폐된 이동형 양식 단위를 개발했다. 바닷물은 해상 벨트 아래 15m 이상의 깊이에서 탱크로 펌

핑된다. FishGLOBE 탱크는 양식 연어에게 더 깨끗하고 건강한 환경을 제공할 뿐만 아니라, 바다 이가 양식 연어의 피부에 부착되는 것을 막을 수 있다.

· (혁신적이고 지속 가능한 바다 이 예방) 바다 이는 양식산업이 직면한 가장 시급한 과제 중 하나이다. 이 기생충들은 그들의 알을 물 속으로 방출한다. 알은 어류에 달라붙어 생장을 늦추고 염분 밸런스를 흐트러뜨림과 동시에 질병과 포식증에 취약해지는 유충으로 발전한다. 지금까지는 약물과 화학 물질을 통해 이를 조절해 왔지만, 바다 이끼는 이러한 방류제에 대한 저항력을 얻기 시작했다.

노르웨이 회사들은 이 해충이 양식 어류를 공격하는 것을 막기 위해 첨단 기술을 이용한 창의적인 방법을 개발해 내었다. SFD는 SPG - Seafarm Pulse Guard®를 만들었는데, 이 제품은 물고기에 부착하기 전에 전기 펄스를 사용하여 해리를 비활성화한다. 이것은 이가 양식장 안으로 침입하는 것을 방지하고, 더 나아가 양식 물고기에 아무런 손상 없이 주변 환경으로 퍼지게 한다.

또 다른 회사인 스타레이 마린솔루션스는 레이저를 이용해 해리를 격추한다. 이 회사의 첨단 시스템은 AI 기술을 이용해 각각의 물고기에게 기생충을 찾아낸 뒤 레이저로 이를 하나씩 파괴한다. 이 방법은 물고기를 다루거나 옮기지 않기 때문에, 지속적·예방적으로 해리를 제거하고 조절하는 데 사용할 수 있다.

또 다른 예방법은 바다 이를 조기에 발견하는 것이다. Fishency Innovation은 수동 계산에 대한 첨단 기술 대안을 개발했다. 이 회사의 스마트퓨넬은 하드웨어와 첨단 기계 학습을 결합해 양식장 안에 수중으로 설치된다. 물고기가 깔때기 속을 헤엄치면서 360도 고해상도 이미지가 카메라에 찍힌다. 이 시스템은 데이터를 분석하여 몸에 해리의 흔적이 있는 물고기를 신속하게 식별한다. 그것은 또한 다른 물고기 복지 매개변수를 감시하는데 사용될 수 있다.

블루 리스는 애초에 바다 이가 양식장 안으로 들어가는 것을 막는 접근법이다. 이 시스템은 모기의 덩과 같은 역할을 하며, 유인원들의 조합을 통해 바다 이를 유인한 다음 그것들을 박멸한다. 이 시스템은 바다 이의 본능을 이용하여 연어보다 덩을 더 매력적으로 만든다.

(3) NELHA

하와이는 다양한 종과 기술에 대한 세계 양식 전문지식의 중심지로서, NELHA는 세계적인 양식 시설을 보유하고 있다. NELHA는 세계 최고의 해양과학기술단지로 앞으로도 오픈오션 양식장을 키우는데 큰 역할을 하고 있다.

하와이는 기후, 해양의 생물 순도, 그리고 다양한 온도에서 청정 바닷물에 쉽게 접근할 수 있는 등 천연적으로 양식에 매우 적합한 자연 조건을 가지고 있어 세계 30개 이상의 회사들이 NELHA에 양식업을 설립했다. NELHA에서는 공공 및 민간 연구 기관들이 다양한 해양 종을 위한 문화 시스템의 개발을 선도하고 있으며, 정기적으로 전 세계 기구들과 협의하고 있다. 해양새우, 해양핀치, 굴, 바지락, 전복, 해조류의 산란과 육성에 대한 전문지식이 풍부하다.

2017년, NELHA와 하와이 전략개발공사(HSDC)는 하와이의 상업적 양식산업 발전에 대한 주정부의 전략 하에 하와이에 대한 기업가 및 투자자의 관심을 끌기 위해 글로벌 관련 양식기업의 입지로서 첨단 양식산업 이니셔티브를 개발하기 시작했다. 이 계획은 세계 양식 산업의 최근 몇 가지 발전에 기반하고 있다. 이러한 요소들은 전 세계 양식업이 지속적인 성장과 팽창의 시기를 맞이할 준비가 되어 있음을 나타낸다. 하와이는 선구적인 산업 연구 노력과 세계 산업에 상당한 기여를 한 상업적 활동이 모두 있는 곳이다. 하와이가 세계 양식 산업에서 상업적 기회를 이용하려면 해양 양식 산업에서 세계적인 가시성을 높이기 위해 공동의 협력적인 노력을 기울여야 할 것이다.

첨단 양식산업 이니셔티브의 주요 내용과 추진 동력은 다음과 같다.

- 산업적인 측면에서 보다 혁신적인 대규모 양식업 운영에 대한 전 세계적인 수요가 분명히 존재한다. 특히 기존의 어획 어업이 증가하는 전 세계 수요를 충족시킬 수 있는 능력을 더 이상 갖추지 못함에 따라 양식에 대한 의존도는 갈수록 더욱 높아질 것이다. 이와 함께 식품 소비자들은 식품의 원산지와 안전성에 대한 추적성과 투명성을 더욱 강하게 요구하고 있다.

- 연방정부는 지속가능하게 양식된 해산물에 대한 수요 증가를 인식하고, 해산물의 심각한 무역적자를 완화하기 위해 미국 양식산업의 성장을 지원하기 위한 조치를 취하고 있다. 이러한 조치들에는 최근 태평양 제도 지역의 연방 수역을 상업적인 어업으로 개방하려는 노력이 포함된다.

- 하와이는 이 새로운 영역의 중심에 위치하며, 적절히 배치될 경우, 이 분야의 지적 재산과 시스템 역량 개발의 기반으로 성장할 수 있다.

- 이러한 환경 변화와 양식 연어 및 양식 새우 부문의 성공을 인식하여, 세계 자본 시장은 해양 양식업 분야에 대한 투자를 시작하고 있으며 양식업에 대한 투자자의 관심이 눈에 띄게 증가하고 있다.

- 하와이는 세계 새우 산업의 본고장이자 대양어 양식 분야의 선구자로서 입지를 다져 왔다. 많은 세계적인 산업주체들이 이미 NELHA에서 중요한 사업을 하고 있으며, 하와이의 지정학적 특성과 청정해역의 생물학적 성숙도를 고려해 하와이에 대한 입지 수요도 매우 높다. 하와이에서 생산된 양식 수산물은 국내 및 세계 해산물 소비자들에게 질병이 없는 유전 물질의 원천이자 고부가가치 제품으로 매력적일 것이다.

HCAS는 HOST의 기존 구조물을 용도 변경해 혁신기업이 제품이나 서비스를 상용화하고 성장을 위한 자금조달을 확보할 수 있도록 지원하는 시설과 프로그램을 만들 예정이다. 세계적으로 혁신적인 기업들을 모아, 기존 산업 전문가들을 개발에 참여시키고, 하와이를 새로운 사업의 개방으로 홍보하면, 하와이의 양식 산업에 투자 자본을 유치할 기회가 창출될 것이다. 이 프로젝트의 핵심 목표는 하와이에 양식업을 위한 후속 기금을 설립하는 것이다.

HOST Park의 기업들은 지속 가능한 해산물 공급을 개선하기 위한 새로운 접근법을 시연하고 있다. 수년간 많은 기업들이 전반적인 시스템 운영 비용을 줄이기 위해 기술, 여과 및 에너지 사용을 지속적으로 개선해 왔다. 수확량을 늘리고 재배되는 품종을 확대하기 위한 기존 기업과 스타트업의 노력, 새로운 시장 개척과 유통기회를 확대하기 위한 특정종의 성장 최적화 연구를 지속하고 있다.

(4) NOAA

2016-2020 NOAA Marine Aquaculture Strategic Plan에 따르면, 해양 양식 기술 개발 및 해양 양식 분야는 새롭게 확장되는 영역으로서 새롭고 역동적인 특성을 갖는다. 강력한 과학기술 개발에 기반한 첨단양식 기법의 혁신은 새로운 기회와 변화하는 환경조건에 적응하기 위한 지속적인 산업개선을 이끄는 가장 큰 동력이다.

산업 수요의 예로는 기존의 양식 어종에 대한 정제 배양 방법, 온라인으로 새로운 종을 데려오기, 해양 산성화 해결, 사료, 백신 및 백신 전달 시스템 개선, 해양 및 재순환 양식 어업을 위한 엔지니어링 솔루션, 유전자, 계놈 및 번식 프로그램 발전 등이 있다. 그리고 종을 정제하는 방법과 서식지 개선과 복원을 위한 방법 등이 포함된다. NOAA는 자원, 전문지식 및 역량을 활용하기 위해 대학, 산업, NGO, 주 및 부족 그룹의 연구자들과 자주 협력하여 산업 수요와 광범위한 양식 공동체를 지원하기 위한 기술개발 지원 및 과학서비스 제공을 위한 연구를 수행한다.

미국 해양 양식업을 지원하는 NOAA 보조금 프로그램에는 해양 대기 연구(OAR) 국립 해양 그랜트 대학 프로그램(Sea Grant)과 살톤스톨-케네디 그랜트 프로그램, 중소기업 혁신 연구(SBIR) 프로그램 등이 있다. 이러한 프로그램은 외부 연구자 및 기관과의 파트너십을 통해 NOAA 자원을 활용한다.

또한, NOAA는 공동 연구 개발 계약과 특허 및 라이선스 기술을 통해 양식 기술 개발에 관한 민간 부문과 공공 협력을 수행하고 있다. 해양 양식 기술 및 방법을 산업 파트너, 연안 공동체, 연안 관리자로 이관하여야 신기술을 효과적으로 활용할 수 있다. Sea Grant 에이전트는 이 단계에서 중요한 교육적 역할을 한다.

사내 연구, 협력업체에 대한 보조금, 연장 서비스 등 이 통합 모델은 미국 농무부의 지상 농업에 큰 성공을 거두었다. 해양 양식업을 위해 시행되고 있는 시스템은 지상 농업인들에 비해 광범위하지는 않지만, 수많은 국가 프로그램들은 여전히 귀중한 서비스를 제공하고 해안 지역 사회에 일자리를 창출한다.

IV. 우리나라 관련 정책현황

해양수산부는 국가 경제의 새로운 활력소이자 미래 발전의 근간으로서 바다의 중요성을 강조하고, 해양을 통한 신산업 발전과 일자리 창출, 해양환경 보호 등을 위해 2030 해양수산 비전을 마련하고 이에 근거하여 다양한 전략과 정책을 추진하고 있다. 특히, 해양신산업 분야는 해양에 서식하는 다양한 해양생물과 해양에너지 등 자연적인 자원을 활용하여 친환경적인 방식으로 지속가능한 발전을 도모할 수 있는 수단으로 주목받고 있다.

이에 정부는 과거 해양수산 신산업 육성 종합대책(14), 해양수산 R&D 산업화 촉진전략(16) 등을 통해 해양수산 분야 신산업 육성을 지원해 왔다. 그러나, 정부 정책과 현장에서 느끼는 정책의 체감도가 다소 떨어진다는 지적과 함께, 빅데이터에 기반한 AI, 가상현실, 드론 등 4차 산업혁명 기술이 빠른 속도로 발전하고 기존 산업과 일상 생활에 빠르게 자리잡음에 따라 이를 반영하여 신산업 육성 정책을 새롭게 마련할 필요성이 제기되었다. 이에, 해양수산부는 2019년 10월 해양수산 신산업 육성 대책을 새롭게 마련하여 발표하였다. 주요 내용은 다음과 같다.

해양수산 신산업을 통한 해양부국 실현이라는 비전 아래, 5대 핵심 해양신산업 육성, 주력 해양수산업의 스마트화, 해양수산 혁신 생태계 조성이라는 3대 전략을 추진한다.

먼저, 5대 핵심 해양신산업 육성과 관련하여, 정부는 해양바이오산업, 치유·생태관광 등 해양관광 신산업, LNG, 수소, 전기 등 친환경선박 연관산업, 첨단해양장비 산업, 해양에너지 산업을 5대 핵심 해양신산업으로 중점 육성한다.

첫째, 해양바이오 산업을 육성하기 위해, 유용 해양수산생명자원 탐사 범위를 연안에서 배타적 경제수역까지 확장하고, 해외 자원 확보를 위해 글로벌 협력거점도 확대한다. 또한, 해양바이오뱅크를 확대하고, 해양바이오 산업화 지원을 통해 기업 수요 중심의 고부가가치 바이오산업을 육성한다.

둘째, 해양관광 신산업 활성화를 위해 전국 연안을 특성에 따라 7대 권역으로 구분하고, 권역별 특성에 맞는 시설 조성, 관광코스 및 연계상품 개발을 추진한다. 특히, 독일, 프랑스 등에서 활성화되어 있는 해양치유관광 산업을 육성하기 위해 산업화 지원 법률을 제정하고, 우수 해양치유자원을 갖춘 지역에 치유센터를 건립한다. 아울러, 갯벌, 해양보호구역, 해양경관, 해양생물 등 우수한 해양환경자원과 연계한 해양생태관광 활성화를 추진한다. 특히, 해양보호구역이 지역발전을 견인할 수 있도록 해양생태정원의 개념을 도입한 국가해양정원을 시범적으로 도입할 계획이다.

셋째, 국제해사기구(IMO)의 환경규제 강화에 선제적으로 대응하고 규제에 인해 새롭게 성장하는 분야를 선점하기 위해 친환경선박 연관산업을 육성한다. 대기 오염물질 통합 저감장치, 수소 선박 연관 기술 및 전기 추진 선박 시스템을 개발하고, 친환경 공공선박 발주 확대, 민간의 친환경선박 발주 지원 등을 통해 연관 산업 활성화 여건을 조성한다.

넷째, 첨단해양장비 산업을 육성하기 위해, 이미 개발된 수중건설로봇의 실해역 운용을 통한 시장진출을 지원하고, 수중통신 시스템의 해군 수중무기 체계 활용을 추진한다. 또한, 해양오염 감시, 적조 모니터링 등 공공분야 해양드론 시범사업, 해양특화 드론 기술개발 등을 통해 해양드론 산업화 여건을 조성한다.

마지막으로, 해양에너지를 활용한 신재생에너지 시장 개척을 위해 발전 공기업과의 공동 투자를 통해 조류발전 시스템을 개발하고, 파력, 해수온도차 발전 등 핵심 기술개발, 실증 인프라 구축을 추진한다.

두 번째 전략으로, 해운·항만산업과 수산업에 4차 산업혁명기술을 접목하여 주력 해양수산업의 스마트화를 추진한다.

먼저, 자율운항선박, 스마트 항만, 지능형 해상교통 정보서비스 등 스마트 해상물류를 통해 해운항만 산업의 재도약을 추진한다. 지능항해, 항만 자동 이·접안 등 자율운항선박 핵심기술을 선제적으로 확보하고, 자율운항선박의 조기 상용화를 위해 시운전센터 구축 및 단계적 실증을 추진한다.

또한, 항만 자동화 설비 기술의 국산화와 5G, 사물인터넷 기반의 항만 운영 시스템을 개발하여 차세대 항만산업을 육성한다. 아울러, 초고속 해상무선통신망 구축, 운영센터 설립 등을 통해 스마트 해상통신 기반을 구축하고, 해상교통정보의 민간 제공을 통한 서비스 시장 창출을 지원한다.

수산업 분야와 관련하여 양식, 유통, 가공 등 수산업 전반에 정보통신기술(ICT)과 생명공학기술(BT) 등을 접목하여 수산업 혁신을 추진한다. 특히, 스마트 양식 산업을 육성하기 위해, 양식 빅데이터 구축, 인공지능 기술을 활용한 양식장 제어 시스템 개발 등을 추진하고, 스마트 양식장과 가공, 유통 등 연관 산업이 집적된 대규모 스마트 양식 클러스터를 조성한다. 또한, 참치펀드 등 양식산업 실물펀드 투자 확산을 지원하고, 사업 초기에 대규모 시설투자가 필요한 양식품목에 대한 기업 진입 확대를 추진한다.

세 번째 전략으로, 해양수산 신산업의 혁신 생태계 조성을 위해, 인프라, 기술, 제도, 인력의 4대 성장 기반을 구축한다.

공공 연구기관의 연구개발 자산, 유휴 항만시설 등 공공 인프라를 지역의 주요 신산업 육성에 활용하고, 국가 해양과학기술력 확보를 위해 현재 3.1% 수준인 정부 연구개발 중 해양수산 비중을 선진국 수준으로 확대한다. 신제품의 시장 진출과 해양수산 기자재 산업 육성을 위해 표준·인증 체계를 수립하고, 고교 특성화 교육 및 대학 석·박사 학위과정 지원 등을 통한 인력 양성도 추진한다.

해양수산 창업 지원 강화와 민간 투자 활성화 기반 마련을 통해 유망기업의 창업과 성장을 지원할 계획이다. 먼저, 해양수산 창업 콘테스트를 매년 개최하여 유망 스타트업을 발굴하고, 지역 창업투자지원센터 등을 통해 기업의 성장주기별로 맞춤형 창업 프로그램을 지원할 계획이다. 또한, 해양모태펀드, 수산모태펀드 등 정책펀드를 조성하여 유망기업의 성장에 필요한 자금을 지원한다.

정부는 이번 전략을 통해 2030년까지 약 11.3조 원의 해양수산 신시장을 창출하고, 20개의 오션스타 기업을 발굴하는 한편, 최고기술국 대비 95% 수준의 해양수산 기술력을 확보한다는 계획이다.

V. 시사점 및 정책 제언

공통적으로 바다와 접해 있는 국가들은 미래의 안전하고 친환경적이고 재생가능한 자원으로서 해양에 주목하고, 해양생물·해양에너지 등 해양 자원을 활용하여 경제성장의 새로운 동력으로 활용하고자 다양한 국가적 지원과 기업들의 활동이 이루어지고 있다. 특히 주목할 만한 점은 정부 정책과 기업 활동이 유기적으로 이루어지고, 장기적이고 미래지향적인 관점에서 해양환경에 미치는 영향을 고려하여 해양 산업 정책을 추진한다는 것이다.

먼저, 공공 분야의 연구활동과 정책적인 지원이 민간 분야의 산업화와 긴밀하게 연결되어 이루어진다. 예를 들어, 해양수자원과 관련하여 하와이 지역의 해양에 대한 연구를 위해 설립된 NELHA는 심해수의 특성에 대한 연구를 수행하고, 이를 사람들이 마실 수 있는 물로 이용할 수 있는 상업적 방안까지 연구한다. 특히, 민간에서 초기에 투자하기 어려운 최대 3,000피트까지 심층수를 가져올 수 있는 파이프라인을 설치함으로써 상업화의 기반을 마련하고, 이를 통해 KONA Deep Water와 같은 심층수 기업들이 이를 브랜드화하고 미국 뿐만 아니라 전세계에 수출할 수 있는 길을 열어주었다.

친환경 선박 기술과 관련한 GSF(Green Ship of the Future)의 활동과 이와 비슷하다. GSF는 기본적으로 해상에서의 환경 보호를 목적으로 하는 독립적인 비영리 단체이지만, 해양산업에 종사하는 모든 기관·단체들과의 협업을 가장 중요한 가치 중의 하나로 삼는다. 이를 통해, 기존에 사용하고 있는 선박이 해양환경에 미치는 부정적 영향을 줄일 수 있는 새로운 기술의 탐구를 함께 수행하고, 지속가능한 해양산업 발전과 해양가치 사슬을 유지하는 것을 주된 목적으로 한다.

또한, 해양에너지 관련 2003년에 설립된 유럽 해양 에너지 센터(EMEC)는 파력과 조력에너지를 개발하고자 하는 기관, 사람, 투자자들에게 인가된 개방형 해상 시험 시설을 제공함으로써 해양에너지 관련 테스트베드로서의 공적기능을 수행하고 상업화 실험에 큰 역할을 담당하고 있다.

이처럼, 해양신산업 육성을 위한 정부 정책은 정책의 기획 단계부터 반드시 이 분야에 종사하는 사람·기업들의 의견을 청취하여 정책 산출물이 기업들의 산업화와 유기적으로 연결될 수 있도록 하여야 한다. 신산업 분야는 연구개발(R&D)이 지원되어야 하며, 이 과정에서 기업들이 공동으로 참여하거나 의견을 개진할 수 있도록 하여 향후 산업화 과정에 필요한 기술들이 적기에 잘 개발될 수 있도록 하고 기업들로 하여금 기술 개발 이후의 상업화 과정을 준비할 수 있는 시간을 주어야 할 것이다.

두 번째로 중요한 시사점은 모든 해양수산 신산업은 해양환경에 미치는 영향을 반드시 사전에 고려하고, 부정적 영향을 최소화하는 대안을 우선적으로 고려해야 한다는 것이다. 최근 기후변화로 인한 지구 생태계의 위협, 해양쓰레기와 같은 공통의 해양환경 문제 인식 등으로 앞으로 해양환경에 악영향을 주는 해양산업은 점점 설 자리를 잃게 될 것이다.

최근 선박배출 규제와 관련한 IMO의 규제 강화 기조에서 볼 수 있듯이 해양의 개발과 이용으로 인한 해양환경 파괴를 야기하는 산업적 활동은 점점 강한 규제를 받게 될 것이다. 예를 들어, 해양광물 채취도 기술적으로 광물 채취가 가능한 시점에 이르렀지만 심해에서의 광물 채취 작업이 해양생태계에 미칠 수 있는 부정적 영향에 관한 연구가 아직까지 이루어지지 못했기 때문에 이를 상업화하는 결정을 내리기는 쉽지 않다.

또한, 해양심층수와 관련한 ASDF(Americas Sustainable Development Foundation), 해양에너지 개발·이용과 관련한 NHA(National Hydropower Association), 첨단양식 등 제3섹터 분야에서 해양환경 감시와 관련한 활동도 더욱 활발하게 이루어지고 있으며, 노르웨이 정부의 수 세기에 걸친 친환경적인 방식의 양식산업 육성은 많은 시사점을 던져주고 있다.

따라서, 앞으로의 해양신산업 정책과 기술은 반드시 장기적인 관점에서 해양환경에 미치는 영향을 최소화하는 방향으로 설계되어야 하며, 친환경적인 방식이 가장 경쟁력을 가진다는 방향성을 가지고 관련 정책을 추진해야 할 것이다.

VI. 결 론

올해 세계 경제는 코로나 바이러스 등의 영향으로 마이너스 성장률을 기록할 것으로 예측된다. 2020년 5월 신용평가기관 무디스에 따르면 올해 세계 주요 20개국(G20) 경제성장률은 -4.0%에 달하고, 우리나라는 -0.5%의 성장률을 기록할 것으로 예상하고 있다. 미국 -5.7%, 영국-7.0%, 프랑스 -6.3%, 일본 -6.5% 등 주요 경제대국이 모두 우리나라보다 큰 폭의 하락률을 보일 것으로 예측된다.

무역 의존도가 큰 우리나라의 경제 구조상 세계경제의 침체는 분명 위기로 작용할 것이다. 그러나 한편으로는, 우리나라가 코로나 방역의 대표적인 성공사례로 꼽히면서 국가 위상이 한층 올라가고 경제적인 측면에서도 새로운 도약의 계기로 작용할 것이라는 긍정적인 전망도 있다.

해양 산업은 해운물류 등 국가 기간산업의 하나일 뿐만 아니라 3면이 바다인 면서 해양 관할 면적이 육지의 4.4배에 달하는 우리나라의 지형적 특성상 그 중요성이 매우 크다. 또한, 수산업은 1인당 수산물 소비량이 세계 1위라는 지표에서 볼 수 있듯이 수산물은 우리 국민들에게 주요 단백질 공급원으로 국민 건강에 미치는 영향도 크다.

해양의 중요성은 과거보다는 지금이, 지금보다는 미래에 더 큰 영향력을 가질 것이다. 기후변화로 인한 환경적 재앙은 지구 곳곳에서 나타나고 있으며, 세계 각국은 해양에서 얻을 수 있는 친환경 자원과 에너지, 발전 가능성에 크게 주목하고 관련 기술 개발에 박차를 가하고 있다.

우리나라는 전통적인 해양 산업인 해운·항만, 수산, 양식, 해양관광 등에서 세계적인 수준의 경쟁력을 이미 갖추고 있으며, 해양수산부를 비롯한 정부의 정책적 지원도 계속해서 확대되고 있다. 본 보고서에서 제시한 각 분야별 여러 나라와 기관들의 사례를 바탕으로 미래 해양신산업 분야에서 우리나라가 선도할 수 있는 분야를 중점적으로 키워 나간다면 코로나바이러스 이후 새로운 세계 경제 질서 하에서 무한한 해양자원을 활용한 새로운 경제성장 동력을 얻을 수 있을 것이다.

VII. 참고 문헌

PAYAL BHATTAR, , Full steam ahead to the marine industry's new normal (2020.1.14) / Innovation Navigate through the digital era

NELHA(Natural Energy Laboratory of Hawaii Authority, 2020) 홈페이지 / <https://nelha.hawaii.gov/>

NELHA (2018), 2017 Annual Report / https://nelha.hawaii.gov/wp-content/uploads/2018/03/Annual.Report.2017.Final.Final.Final_.pdf

Ho-Shong Hou, Yih-Cheng Hou, Yen Lee (2010) / Study of Deep Ocean Water (DOW) cooling energy and DOW industry

KONA Deep Water (2020) / <https://konadeep.com/pages/our-water>

Douglas A. Keen, Eleni Constantopoulos & John P. Konhilas (2016) / The impact of post-exercise hydration with deep-ocean mineral water on rehydration and exercise performance

Front. Mar. Sci., (Jan 26, 2016) / Firms Plunge into the Sea. Marine Biotechnology Industry, a First Investigation / <https://doi.org/10.3389/fmars.2015.00124>

이혜정, 김가은, 유승훈 한국에너지학회 학술발표회 (2018) / Vol.2018(4), pp.154-154 Assessing the public value of developing marine bio-hydrogen technology

국가별 해양바이오 기술, Marine Biotechnology country survey (2016) / http://www.marinebiotech.eu/wiki/Marine_Biotechnology_in_Germany

Council of BioRegions in Germany (2009~) /

<https://www.biodeutschland.org/en/council-of-german-bioregions.html>

Council of BioRegions in Germany Association with China (2020.3월) /

<https://www.biodeutschland.org/en/news/association-launches-new-bio-deutschland-china-network.html>

Marine biology summer programs abroad (2018) /

<https://www.goabroad.com/articles/study-abroad/best-places-marine-biology-summer-programs-abroad>

Lynn, Paul A. Chichester, West Sussex, United Kingdom : John Wiley & Sons Inc.; 2014, Electricity from wave and tide : an introduction to marine energy

Pisacane, Giovanna, Frontiers in Energy Research, Oct 18, 2018 / Marine Energy Exploitation in the Mediterranean Region: Steps Forward and Challenges.

미국의 연간 파력 발전 생산량, 2019.4월 /

<https://www.eia.gov/energyexplained/hydropower/wave-power.php>

영국 해양에너지 사례 (2020.5월) / <http://www.emec.org.uk/>

네덜란드 해양에너지 사례 (2020.5월) / <https://www.dutchmarineenergy.com/>

미국 해양에너지 사례 (2020.5월) / <https://oceanenergy.ie/>

북미 비영리 수력발전 촉진 협회 (2020.5월) / <https://www.hydro.org/>

ISA(International Seabed Authority) Homepage / <https://www.isa.org.jm/>

Wil S. Hylton Jan/Feb 2020, article “20,000 Feet Under the Sea” /

<https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2020/01/20000-feet-under-the-sea/603040/>

인도의 해양광물 정책 동향, What is India's Deep Ocean Mission (2019.8.4) / <https://www.thehindu.com/sci-tech/science/why-is-india-pulled-to-deep-sea-mining/article28809029.ece>

Taehee Lee, Hyunjeong Nam (2017.12), A Study on Green Shipping in Major Countries: In the View of Shipyards, Shipping Companies, Ports, and Policies

Mohit, Technologies to Make the Ultimate Green Ship (2020.5.1) / <https://www.marineinsight.com/green-shipping/13-technologies-to-make-the-ultimate-green-ship/>

Green Ship of the Future: Towards zero, together (2020.5월) / <https://greenship.org/>

Matteo Natalucci, What is a Smart Port? (2019.8.9.) / <https://www.porttechnology.org/news/what-is-a-smart-port/>

James Blackman, Where digital transformation sets sail: The five smartest ports in the world (2019.1.4) / <https://enterpriseiotinsights.com/20190104/channels/fundamentals/five-smartest-ports-in-the-world>

NOAA, Marine Aquaculture Strategic Plan FY 2016-2020

The Explorer, Norwegian technology for sustainable aquaculture, (2019.8.14.) / <https://www.theexplorer.no/stories/ocean/norwegian-technology-for-sustainable-aquaculture/>

해양수산부 보도자료, 해양신산업 육성으로 해양부국 실현 (2019.10.10)

| 시 기 | 주요 내용 |
|------|--|
| 1974 | Natural Energy Laboratory of Hawaii, operated by the University of Hawaii, was established as a response to the first oil crisis. |
| 1979 | Mini-OTEC was anchored offshore of Keahole Point, demonstrating the world's first production of net electrical power via closed-cycle OTEC. |
| 1980 | Laboratory facilities and its first pipeline to draw deep seawater from 2,000 feet and surface seawater from 45-foot depths were completed. |
| 1981 | Shore-based OTEC research began with a project testing biofouling and corrosion countermeasures for the closed cycle OTEC process. |
| 1984 | Legislation authorized commercial activities, allowing the Laboratory to host new business ventures. |
| 1985 | Legislature authorizes NELH to assume the management responsibility of the Puna Geothermal Facility to NELHA. Facility consists of a 3 mW electric power plant and the Noi'I O Puna Research Center. |
| 1986 | Hawaii Ocean Science and Technology (HOST) Park was created on an adjacent 500+ acres and operated by the Hawaii Technology Development Corporation (HTDC). US DOE and HOST Park combine resources to install 40" deep seawater and 28" surface seawater system at Keahole Point. Laboratory building air conditioning system converted to deep seawater cooling. Legislature appropriates funds for 18" deep seawater pipeline. |
| 1987 | Heat and Mass Transfer Scoping Test Apparatus (HMTSTA) open cycle OTEC test tower constructed and operated by Pacific International Center for High Technology Research (PICHTR). |

| | |
|------|--|
| 1989 | Puna Geothermal Facility and HGP-A well shut down. The Aluminum Company of Canada (ALCAN) develops program at the Laboratory for testing “roll bonded” aluminum heat exchangers. |
| 1990 | NELH, operated by UH, and HOST Park, operated by HTDC, merge to become the Natural Energy Laboratory of Hawaii Authority. |
| 1992 | 210 kW open-cycle OTEC Net Power Producing Experiment (NPPE) constructed at NELHA and operated by PICHTR. |
| 1994 | Micro-tunneling begins to construct two 66” diameter tunnels under the shoreline and offshore reef as a pipeline protection crossing in preparation for NELHA’s new 55” warm and cold seawater pipelines. |
| 1995 | CEROS transferred from HTDC to NELHA. |
| 1998 | NPPE Open-cycle OTEC power plant decommissioned. |
| 2000 | Construction begins for NELHA’s new 55” offshore intake pipelines and pump station. Planning and design process started for new Hawaii Gateway Distributed Energy Center. |
| 2002 | Successful deployment of 55” deep seawater pipeline offshore and construction of initial phase of onshore pump station using specially designed fiberglass reinforced (FRP) intake canisters. First deep seawater desalinization project begins experimentation to develop bottled drinking water. |
| 2003 | NELHA tenant count reaches 34. Non-profit “Friends of NELHA” (FON) formed to assume basic public relations and outreach functions for NELHA. |
| 2004 | Construction of Hawaii Gateway Distributed Energy Center completed. |
| 2005 | 55” warm and cold seawater pump station and distribution pipelines completed. |
| 2006 | NELHA Foreign Trade Zone status granted by US Department of Commerce. Keahole Solar Power LLC begins construction of solar thermal research and demonstration facility. Five leases to desalinate deep seawater to produce boutique drinking water. |

| | |
|------|---|
| 2007 | Cellana in partnership with Royal Dutch Shell begins construction of a 6-acre micro algae to biofuels research center. |
| 2011 | Makai Ocean Engineering completes construction of corrosion lab and heat exchanger test tower to investigate the use of aluminum alloys for OTEC. |
| 2012 | UH Economic Research Organization (UHERO) completes first economic impact study regarding HOST Park. Results indicate economic impact and job creation is much higher than anticipated and is almost \$90 million annually and 600 jobs. Master Plan and Strategic Plans updated. Federal grants totaling almost \$3.5 million received for renovation of Main Administration building and micro-grid infrastructure for the Research Campus. |
| 2013 | HOST Park economic impact surges by 40 percent since 2010. Repairs offshore pipeline (\$5M) completed to extend life of pipeline by 15 years. |
| 2014 | NELHA receives almost \$12 million in CIP funding for new pipelines and road construction. National Lab relationships strengthened. |
| 2015 | NELHA begins construction of numerous projects including office incubator, 28-inch cross connector surface seawater pipeline to connect the north and south seawater systems and buildout of the SCADA system to monitor real-time use of seawater and electrical consumption. |
| 2016 | NELHA completed significant improvements to the Research Campus including of the main administrative building in the Research Campus and turned it into a 14,000 s.f. blue technology and advance energy incubator building with 17 offices, covered storage space, walkways and various smaller office buildings. |
| 2017 | NELHA begins major projects to open up the "Ocean CenterPiece" 80-acre economic driver including a \$10M road construction project and efforts to develop an exploratory well as a new freshwater source. |

< 심해 미네랄 워터를 섭취한 운동 후 수분공급과 운동 성능에 미치는 영향 >
(더글러스 A. 킨, 엘레니 콘스탄토폴로스 & 존 P. 콘실라스)

(1) 배경

장시간 운동으로 인한 탈수증은 체온조절, 지구력, 운동능력을 해친다. 동물과 인간의 연구에서 나온 여러 실험 결과는 담수화된 심해 미네랄 워터가 생리학적·병리학적 신체 조건에 긍정적인 영향을 미친다는 것이다. 이번 실험에서는 코나에서 915m 떨어진 수심, 해안에서 끌어온 심해 미네랄 워터가 산천수나 탄수화물 기반의 스포츠 음료에 비해 탈수 운동에 따른 신체적 능력 회복과 운동 성능을 향상시킨다고 가정한다.

(2) 실험방식

피실험자(n = 8)는 온열 조건(30°C)에서 운동-수화 프로토콜(역주 자전거)에 노출되어 3%(93.4 ± 21.7 총 운동 시간)의 에너지를 소비했다. 운동 후 회복 기간 동안 피험자는 체적 손실(kg 단위)에 해당하는 부피(L 단위)로 심해 미네랄 워터(코나), 산천수(스프링) 또는 탄수화물 기반 스포츠 음료(스포츠)를 받았다. 침 샘플은 운동과 운동 후 재수축하는 동안 정기적으로 채취되었다. 또한, 각 참가자는 하체 근육 성능의 척도로 피크 토크 무릎 확장을 수행했다. 리히터 기간 동안 코나를 받은 피험자는 스포츠 및 스프링 그룹에 비해 기준선 침윤성 대비 피크에서 감소 속도로 측정된 사전 운동(기본) 수화 상태로의 복귀가 현저히 더 빠른 것으로 나타났다. 또한, 피실험자들은 코나와의 재수축에 따른 하체 근육의 회복이 스포츠나 스프링 그룹과 비교하여 현저하게 개선된 것으로 나타났다.

(3) 결론

심해 미네랄 워터는 여타 스포츠 음료보다 더 우월한 최적의 리히터 공급원으로서의 가능성을 보여준다.

실험2.

(1) 배경

운동선수와 규칙적으로 활동하는 개인에게 고강도 운동은 일반적으로 탈수현상을 일으켜, 심할 경우 신체적 성과와 정신적 능력에 영향을 미친다. 더운 환경은 탈수증상을 증폭시킨다. 흥미롭게도, 담수화된 심해 광천수로 보충된 동물들은 생리학 및 병리학 조건에 대한 이점을 보여준다. 이와 유사하게, 최근의 한 연구는 대만 후렌 해안에서 채취한 심해수(662m)가 탈수운동에 따른 회복량을 증가시킨다는 것을 보여주는데, 이는 유산소능력의 빠른 회복, 하체 근력 성능의 증가, 그리고 실험 대상자에 대한 운동으로 인한 근육 손상 표지의 수치적 현저한 감소에 의해 입증된다.

이러한 데이터는 심해 미네랄 워터가 컨디션이 좋은 개인에게 고강도 운동을 한 후 성능을 위해 최적의 수분 공급을 제공할 수 있음을 시사한다. 따라서 효율적이고 최적의 방식으로 수분을 재공급하는 전략의 개발은 사람의 운동 중 신체적 능력 저하 방지에 효율적임을 보여준다. 이러한 추정을 더욱 탐구하기 위해 하와이 국립에너지연구소의 코나 HI(코나 딥™)에서 뽑아낸 심해수(915m)로 수분을 공급하면 산천수나 탄수화물 기반 스포츠 음료보다 운동 후 성능이 향상된다는 가설을 실험했다.

(2) 실험방법

알코올, 약물 또는 건강 설문지에 의해 결정된 주요 건강 관련 문제로부터 동일한 조건을 잘 갖춘 24명의 실험 대상을 선택하였다. 실험 대상은 코나(n = 6), 스포츠(n = 8), 스프링(n = 6) 등 3개 실험군 중 1개로 무작위화됐다. 표준 편차가 30인 실험 프로토콜의 시작(100mmol/kg)과 끝(150mmol/kg)에서 침엽수 삼물성을 보수적으로 추정하여 $\alpha = 0.05$ (6 이상)에서 0.8의 힘을 사용하여 표본 크기를 결정했다. 프로토콜에 따라 동의를 제공한 모든 피험자는 아리조나 대학교의 기관 검토 위원회가 승인한 지침과 헬싱키 선언에 따른 지침을 준수했다.

실험 대상자들은 연구 시작 24시간 전에 나트륨 함량이 높은 음식을 피하면서 정상적인 식단을 따르도록 요청받았다. Polar™ 심박수 모니터가 장착된 유수화 피험자는 따뜻한 환경(30°C)에서 땀 비율이 가장 높기 때문에, 실험 대상자는 정지된 자전거에서 150~200와트를 유지하도록 요구되었다. 대상 탈수증은 심해 미네랄 워터를 사용한 유사한 연구에서 상당한 운동 적자가 입증된 3%의 신체 적 손실이었다. 신체 질량 측정은 운동 전, 그리고 운동 시험 기간과 수분 흡수 중에 15분 간격으로 시행되었다. 또한 매 간격마다 자극된 침이 채취되고 수분의 측정으로 증기압 삼량계(Wescor model 5600[8])에 의해 침 삼몰성이 측정되었다.

적절한 신체 질량 손실에 도달하면 피험자는 1리터 = 1kg을 가정하여 총 섭취량이 신체 질량 손실과 같도록 신체 질량 손실에 일치하는 체중량을 소비해야 했다. 수분을 재공급하는 프로토콜에 필요한 용액의 부피 때문에 피험자는 고혈당을 예방하기 위해 두 단계로 흡수하도록 요청받았다. 1차 재수 단계에서는 피험자가 연습 프로토콜 완료 직후 전체 부피의 2분의 1을 소비했다. 초기 탈수 단계 이후 10분에서 시작하여 5분마다 염기샘플을 채취하였다. 초기 탈수 단계 이후 30분 동안 피실험자들은 나머지 탈수액을 소비했다. 살리바리 시료는 10분에서 시작하여 2차 탈수 단계 이후 5분에서 45분 간격으로 수집되었다.

연구 대상자는 운동 전, 운동 직후 및 최종 탈수 단계 후 최대 토크 연장을 측정하기 위해 바이오텍스™ 동력계를 사용하여 왼쪽 무릎 확장기의 최대 3회 수축 과정을 수행했다.

(3) 결과

모든 실험 그룹에서 수분은 운동 프로토콜 중 신체 질량 손실에 따라 증가했으며, 탈수 프로토콜 과정에서 신체 질량 손실률의 비율에는 큰 차이가 없었다. 이 연구에서는 3가지 종류 중 심해수 섭취가 몸 안에 쉽게 침투하는 삼투성이 가장 효과적인 지수라는 것을 보여준다.

| 시 기 | 주요 내용 |
|------|---|
| 2001 | Recommendation made by the House of Commons Science and Technology Committee to set up a wave and tidal energy test facility to kick start a marine energy industry in the UK. |
| 2003 | EMEC established |
| 2004 | <ul style="list-style-type: none"> ○ Wave test site at Billia Croo opened ○ Billia Croo: Pelamis 750 began testing and became the world's first floating wave energy device to generate electricity to the national grid ○ EMEC initiated development of industry standards |
| 2005 | <ul style="list-style-type: none"> ○ Billia Croo: AW Energy undertook mechanical testing in the shallower waters at the Billia Croo wave test site ○ UKAS(United Kingdom Accreditation Service) accreditation obtained ○ Fall of Warness: Land-based surface-visible wildlife observations programme began |
| 2006 | Tidal test site at Fall of Warness opened |
| 2007 | Awards: EMEC won the 'Commitment to Research and Development Award' at the Northern Star Business Awards |
| 2008 | <ul style="list-style-type: none"> ○ Fall of Warness: Open Hydro became the first tidal turbine to generate electricity to the grid in the UK ○ Fall of Warness: Acoustic baseline equipment and methodology developed for the Fall of Warness |
| 2009 | <ul style="list-style-type: none"> ○ Billia Croo: Aquamarine Power launched their near shore 'Oyster' device, which was the world's largest working hydro-electric wave energy device ○ Billia Croo: Land-based surface-visible wildlife observations programme at Billia Croo began |

| | |
|------|--|
| 2010 | <ul style="list-style-type: none"> ○ EMEC expanded its wave and tidal test sites, installing three new cables and fitting bespoke cable–end terminations to existing cables ○ Billia Croo: E.ON deployed the first second–generation Pelamis device – the P2–001 ○ Fall of Warness: Tidal Generation Ltd (TGL) began generating to the grid from their 500kW DeepGen tidal turbine & Atlantis Resources Corporation installed their AK–1000 tidal turbine, subsequently replaced by the AR–1000 ○ Billia Croo: Fisheries project established to investigate the possible effects of marine energy converter deployments on resident crustacean species at Billia Croo ○ Billia Croo: Acoustic baseline methodology and characterisation initiated at Billia Croo ○ Awards: EMEC, alongside Global Marine, J+S, and Draka, was awarded Most Effective Tidal Energy Project Development of the Year at the International Tidal Today Awards |
| 2011 | <ul style="list-style-type: none"> ○ New wave and tidal test sites opened at Scapa Flow and Shapinsay Sound for smaller scale test and demonstration activities ○ Billia Croo: Aquamarine Power installed their second generation Oyster 800 wave energy converter ○ Fall of Warness: ANDRITZ HYDRO Hammerfest installed their HS1000 tidal energy converter and Scotrenewables Tidal Power Ltd deployed their SR250 floating tidal turbine for the first time. ○ Shapinsay Sound: Flumill became the first developer to deploy at the newly opened tidal test site for smaller scale developers ○ Collaboration: Strategic alliances formed with Fundy Ocean Research Centre for Energy (FORCE), Canada and the Ocean University of China. ○ Collaboration: EMEC began a collaborative project working with 26 wave, tide and wind testing facilities around Europe in the Marine Renewables Infrastructure Network (MARINET) project ○ Awards: EMEC won the ‘Outstanding Contribution to the Scottish Environment’ award at the Scottish Green Awards |

| | |
|------|---|
| 2012 | <ul style="list-style-type: none"> ○ Collaboration: EMEC announced collaboration agreements with Japan , South Korea, USA, and Taiwan to support the development of marine energy test facilities across the world ○ Billia Croo: Wello Oy deployed their Penguin device on site for the first time; ScottishPower Renewables deployed its Pelamis P2–002 device on an adjacent berth to E.ON; and Seatricity began installation of their 'Oceanus' wave energy converter from their manufacturing base in Stromness ○ Fall of Warness: Alstom (formerly TGL) began work to replace its 500kW device with its 1MW 'DeepGen' tidal turbine ○ Scapa Flow: Nottingham University deployed its Energy Bag at the smaller scale wave test site ○ Fall of Warness: Integrated Marine Energy Measurement Platform, designed by EMEC, installed at the Fall of Warness ○ Awards: EMEC was awarded various accolades through the year include the ICE President’s Award for Energy Infrastructure at the British Construction Industry Awards, the Flagship Project of the Year at the British Renewable Energy Awards, and Best Renewable Energy (Offshore) Award at the Energy North ceremony. |
| 2013 | <ul style="list-style-type: none"> ○ EMEC celebrated its tenth anniversary, with a variety of events throughout the year. ○ Collaboration: EMEC hosted a Global Ocean Energy Symposium for marine energy test facilities in Orkney showcasing the world–leading work that is taking place at EMEC. This lead to the establishment of the International WaTERS Network. ○ Fall of Warness: Voith deployed their Hy–Tide 1MW turbine ○ Shapinsay Sound: EMEC welcomed Nautricity to Orkney with their CoRMaT tidal turbine ○ Collaboration: EMEC announced a collaboration agreement in Singapore to support the development of a scale testing facility in the country. ○ Awards: EMEC’s Neil Kermode awarded ‘Outstanding Contribution’ award at the Scottish Green Energy Awards. |

| | |
|------|---|
| 2014 | <ul style="list-style-type: none"> ○ Shapinsay Sound: Magallanes, a Spanish developer, deployed its 1:10 scale 'ATIR' floating turbine at EMEC's Shapinsay Sound test site ○ EMEC attained the International Standard ISO/IEC 17020 for verification of new environmental technologies to help bring new low-carbon technologies to market ○ Whitford begin testing high-performance coatings within the harsh oceanic conditions in Orkney to assess their suitability for applications within the marine renewables industry ○ Collaboration: EMEC and the Fundy Ocean Research Centre for Energy (FORCE) co-host 2nd International WaTERS (Wave and Tidal Energy Research Sites) network workshop in Halifax, Canada |
| 2015 | <ul style="list-style-type: none"> ○ Fall of Warness: EMEC Integrated Monitoring Pod at the Fall of Warness tidal test site in June, enabling real-time 24/7 data feeds to EMEC, and the developers testing on site. ○ Hydrogen: EMEC procured an electrolyser to convert power generated at EMEC's Fall of Warness tidal test site to hydrogen fuel to overcome local grid constraints. |
| 2016 | <ul style="list-style-type: none"> ○ Fall of Warness: Scotrenewables' SR2000 – the world's biggest and most powerful tidal turbine – arrived in Orkney in June, and was first installed at the Fall of Warness tidal test site in October. ○ Fall of Warness: Sustainable Marine Energy's (SME) PLAT-O arrived in Orkney and began wet-testing; SME subsea rock anchors installed at the Fall of Warness test site. ○ Collaboration: EMEC launch €11m FORESEA project bringing together Europe's leading ocean energy test facilities to help demonstration of tidal, wave and offshore wind energy technologies in real-sea conditions. The project is funded by the Interreg NWE (North-West Europe) programm. ○ Collaboration: EMEC hosts third International WaTERS (Wave and Tidal Energy Research Sites) workshop in Edinburgh with nine countries represented. |

| | |
|------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ Awards: EMEC named ‘Blue Economy Business of the Year’ at the European Commission’s Blue Economy Business Awards 2016. |
| 2017 | <ul style="list-style-type: none"> ○ Billia Croo: Wello Oy’s Penguin wave energy converter is successfully re-installed at Billia Croo as part of the CEFOW (Clean Energy from Ocean Waves) project. ○ Fall of Warness: Tocardo installed Temporary Foundation System (TFS) and are granted accreditation under the Renewables Obligation (RO) scheme for 1.4 MW deployment ○ Shapinsay Sound: EC-OG deploy Subsea Power Hub at EMEC's Shapinsay Sound scale test site. ○ Hydrogen: World's first tidal-powered hydrogen generated at EMEC's Fall of Warness tidal test site ○ Awards: EMEC win the ‘Marine and Hydro Energy’ award at the Rushlight Awards 2016-17. ○ Collaboration: The fourth meeting of the International WaTERS network, facilitated by EMEC, took place in Gran Canaria (Canary Islands), Spain, co-hosted by PLOCAN. |
| 2018 | <ul style="list-style-type: none"> ○ Scapa Flow: CorPower test C3 wave energy converter at EMEC Scapa Flow scale test site ○ Awards: EMEC highlighted by the Institution of Civil Engineers’ (ICE’s) 200th anniversary as one of the top 200 inspirational and world-changing projects from around the world. ○ Billia Croo: Wello Penguin survives one-year of continuous operation at Billia Croo, surviving waves of over 18 metres ○ Orbital Marine Power (formerly Scotrenewables Tidal Power) announce 3 GWh cumulative generation during one year of prototype testing at EMEC Fall of Warness tidal test site. ○ Hydrogen: EMEC announce €11 million Interreg North-West Europe funded ITEG project to develop an all-in-one solution for the generation of clean predictable energy, grid management, and the production of hydrogen from excess capacity. |

비 전

해양수산 신산업을 통한 해양부국 실현

목 표

- 해양수산 신산업 시장 11조원 달성 ('18, 3.3조원 → '22, 5.2조원 → '30, 11.3조원)
- 오션스타 기업 발굴 (매출 천억원 스타트업, '22, 5개 → '30, 20개)
- 선진국 수준의 신기술 확보 (최고기술국 대비 '18, 80% → '22, 86% → '30, 95%)

| 3대 전략 | 9개 과제 |
|----------------------------------|--|
| 1. 5대 핵심 해양신산업 육성 | ① 바이오경제를 주도하는 해양바이오 산업 육성 ② 치유·생태관광 등 해양관광 신산업 활성화 ③ LNG, 수소, 전기 등 친환경선박 연관 산업 육성 ④ 첨단 해양장비 산업 조기 상용화 ⑤ 해양에너지를 활용한 신재생에너지 시장 개척 |
| 2. 주력 해양수산업의 스마트화 | ① 스마트 해상물류를 통한 해운항만 재도약 * 자율운항선박, 스마트 항만, 스마트 해상통신 ② 스마트 기술 도입을 통한 수산업 혁신 * 스마트 양식·유통·가공·어장관리 |
| 3. 해양수산 혁신 생태계 조성 | ① 해양수산 신산업 성장기반 마련 ② 해양수산 스타트업 창업·성장 촉진 |