

August 2026

Vol. 13 No. 2

KSOE The Korean
Society of
Ocean
Engineers

NEWS LETTER



사단
법인 **한국해양공학회**
The Korean Society of Ocean Engineers

KSOE

The Korean Society of Ocean Engineers

NEWS LETTER

Contents

- 03 학회 소식
 - 2026년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 개최
 - 한국해양공학회 창립 40주년 기념 2026년도 추계학술대회 안내
 - 한국해양공학회지 SCOPUS 등재 유지 안내
 - 한국해양공학회 제6기 학생기자단 선정 및 OT 개최
 - 시상 : 과학기술우수논문상, 미래해양과학기술인상, 공동학술대회 우수논문발표상(정회원, 학생)
- 09 연구회 소식
 - 한국수중·수상로봇기술연구회 '춘계학술대회' 개최
 - 한국수중·수상로봇기술연구회 명칭 변경
 - 해양플랜트설계연구회 '춘계워크숍' 개최
 - 부유식해상풍력연구회 '춘계학술대회' 개최
- 12 학생기자단 취재기사
 - 2026년도 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 참관기
 - 해상 에너지 시대, 해저 전력 케이블의 구조 건전성을 말하다
 - 정밀타격을 넘어 무인수상정으로... LIG가 그리는 미래 해양전
 - AI가 찾은 해양쓰레기, 실제 수거로 이어질 수 있을까?
 - 기후변화 시대, 달라지는 바다에 답하는 해양공학
 - AI가 바꾸는 선박 설계의 미래
- 35 칼럼
 - Opinion: 2020년 이후 중국 조선산업 산업생태계 변화와 주요기업 사례
- 40 안내 및 홍보
 - 국제학술대회 및 관련 행사
 - 회비납부
 - 한국해양공학회지 40권 3, 4호 내용
- 43 신입회원

한국해양공학회 뉴스레터

발행일 : 2026년 8월 31일

발행인 : 성홍근

편집인 : 안석환, 김영훈, 김아름

발행소 : 사단법인 한국해양공학회
(48821) 부산광역시 동구 중앙대로180번길 13, 1302호

전 화 : 051-759-0656, 070-4290-0656

팩 스 : 051-759-0657

E-mail : ksoehj@ksoe.or.kr

본 뉴스레터에 게재된 기사는 (사)한국해양공학회의 공식입장이 아닙니다.

■ 2026년 2026년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 개최



- **주최** : 지능형 해양을 넘어, 미래를 여는 바다
- **주관** : 한국해양공학회, 대한조선학회, 한국항해항만학회, 한국해안·해양공학회, 한국해양학회, 한국해양환경·에너지학회
- **행사일자** : 2026.05.27.(수) ~ 29.(금), 3일간 ※ 27일 테크니컬 투어
- **행사장소** : 제주국제컨벤션센터
- **프로그램** : 공동심포지엄, 학회별 논문발표, 공동워크숍, 미래해양과학기술인상 시상식, 해양과학기술 관련 기기 전시회, 취업박람회, 커리어콘서트, 테크니컬 투어 등
- **공동워크숍** :
 - 〈해양신재생에너지(해상풍력, 그린수소)의 기술개발 현황과 미래〉 강연주제
 - ‘부유식 해상풍력 기술동향 및 개발전략’, ‘해상풍력 발전단지 조성을 위한 해양구조물, 계류시스템 및 해저케이블 이송설치(T&I) 기술’, ‘해상 대규모 부유식 플랫폼 계류시스템의 설계 및 시공 사례’, ‘해상풍력 디지털라이제이션과 해양공학기술의 융합’, ‘해양과 연계한 수소산업 생태계 구축’

■ 한국해양공학회 창립 40주년 기념 2026년도 추계학술대회 안내



- **행 사 명** : 한국해양공학회 창립 40주년 기념
2026년도 추계학술대회
- **주제** : 해양공학 40년, 미래를 선도하는 해양공학
- **개최기간** : 2026.10.14.(수) ~ 16.(금)
- **개최장소** : 부산 BEXCO, 제2전시관
- **발표신청** : 2026.07.10.(금) ~ 08.30.(일)
(기획세션 포함)
- **원고제출** : 2026.07.10.(금) ~ 09.11.(금)
- **전시모집** : 2026.07.10.(금) ~ 09.11.(금)
- **사전등록** : 2026.08.31.(월) ~ 09.28.(월)
- **등 록 비** : 사전등록
 - 일반회원 20만원, 비회원 25만원
 - 학생회원(대학원) 15만원
 - 학생회원(학부) 8만원현장등록
 - 일반회원 22만원, 비회원 27만원
 - 학생회원 17만원

- **이벤트** : 10.14.(수) Networking의 장으로 좌장 및 발표자 대상 Reception 개최, 모든 참가자를 대상으로 추첨하여 경품 지급, 최다 논문 발표자 식음료 쿠폰 지급

■ 한국해양공학회지 SCOPUS 등재 유지 안내

한국해양공학회지(JOET)가 2023년 12월 28일 Scopus 등재 승인 후 2026년 현재까지 변함없이 등재 자격을 유지하고 있음을 안내 드립니다.

Scopus 등재 유지를 발판 삼아 학문적 기여도와 국제적 인지도를 더욱 향상시켜 SCIE 등재를 위해 나아가고자 하오니 회원 여러분들의 적극적인 관심과 논문 투고 바랍니다.

- 저널 홈페이지: <https://www.joet.org>
- 논문투고시스템: <https://submit.joet.org/>

〈Scopus 사이트 내용 발췌〉

Scopus Preview

Author Search Sources

Source details

Feedback >

Journal of Ocean Engineering and Technology

Open Access ⓘ

Years currently covered by Scopus: **from 2023 to 2026**

Publisher: Korean Society of Ocean Engineers(KSOE)

E-ISSN: 2287-6715

Subject area: Engineering: Ocean Engineering

Source type: Journal

View all documents > Set document alert Save to source list

CiteScore 2024: 0.7

SJR 2024: 0.314

SNIP 2024: 0.797

CiteScore CiteScore rank & trend Scopus content coverage

CiteScore 2024 ⓘ

0.7 = 48 Citations 2021 - 2024
70 Documents 2021 - 2024
Calculated on 05 May 2025

CiteScoreTracker 2025 ⓘ

1.3 = 170 Citations to date
130 Documents to date
Last updated on 05 April 2024 • Updated monthly

■ 한국해양공학회 제6기 학생기자단 선정 및 OT 개최

우리 학회는 2026.05.04.(월) ~ 05.31.(일)까지 약 한 달간 전국 해양공학 관련 학과 학부생 대상으로 학생기자단 6기를 모집하였다. 활동기간은 2026.09.01.(화) ~ 2027.08.31.(화) 1년이며, 학회 홍보대사 및 해양공학 관련 기관 탐방, 주요 인사 인터뷰 기사 작성 등의 활동을 할 예정이며 7개의 학교에서 총 10명이 선정되었다.

첫 공식 활동으로 07.16.(목) 르메르디앙 서울 명동에서 제6기 OT가 진행되었으며, OT에서는 위촉장 및 기자증 수여와 기자단 활동내용 소개, 질의응답 시간을 가졌다.

〈제6기 학생기자단〉

번호	성명	소속	학과	조
1	김예인	국립목포대학교	기계조선해양공학부	1조
2	성의창	인하대학교	조선해양공학과	
3	이윤서	국립창원대학교	스마트조선모빌리티공학과	2조
4	정은후	동아대학교	조선해양공학과	
5	김성찬	부산대학교	조선해양공학과	3조
6	이준하	국립한국해양대학교	해양공학과	
7	김규민	인하대학교	조선해양공학과	4조
8	김용우	부산대학교	해양학과, 조선해양공학과 (복수전공)	
9	박서준	한양대학교	해양융합공학과	
10	권준형	한양대학교	해양융합공학과	



■ 수상



도 기 덕 (국립한국해양대학교 해양공학과 교수) **회 원**
제36회 과학기술우수논문상 수상

- 논문명: Long-Term Shoreline Change Analysis using Optical Satellite Images of the East Coast of the Korean Peninsula
- 저 자: Miyoung Yun, Byung Youn Mo, Jinah Kim, Kideok Do



심 기 찬 (UST-KRISO스쿨 박사과정) **회 원**
미래해양과학기술인상 해양기술부문 우수상 수상

- 논문명: Structural Response Evaluation of Krylov Subspace-Based Reduced-Order Model for Real-Time Structural Health Monitoring and Prediction of Container Ships
- 저 자: 심기찬, 김병완, 한정삼, 이강수



지 상 민 (경상국립대학교 기계융합공학과 박사과정) **회 원**
미래해양과학기술인상 해양기술부문 우수상 수상

- 논문명: Design and thermodynamic evaluation of onboard NH₃ BOG re-liquefaction systems for ocean-going NH₃ Carriers
- 저 자: 지상민, 박세준, 서영균, 최민수, 이진광



강 태 빈 (인하대학교 조선해양공학과 학사) **회 원**
미래해양과학기술인상 KMI 특별상 수상

- 에세이: 무인수상정을 위한 상반회전추진기 유동분석에 관한 연구

■ 2026년도 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 우수논문발표상 (정회원, 학생)

우리 학회는 공동학술대회에서 발표하는 회원을 대상으로 ‘우수논문발표상’을 선정하여 시상하고 있다. 포상위원회는 포상 선정 기준에 따라 정회원 1명과 학생회원 6명을 우수논문발표자로 선정하였으며, 정회원에게는 상패와 상금, 학생회원에게는 상장과 상금을 학회 추계학술대회 시상식에서 수여할 예정이다.

〈2026년도 공동학술대회 우수논문발표상 수상자〉

구분	수상자	대학교	발표논문
정회원	송형도	KRISO	무인쌍동선(USV)의 실해역 동적위치유지(DP) 시험 기법 개발
학생 회원	정용대	부산대학교	헤드 형상과 Ullage Gas 연성을 반영한 Type-C 극저온 탱크 종방향 슬로싱 고유주기의 물리기반 준해석 예측
	Raisya Azzahra	한양대학교	연안 하이브리드 구조에 대한 파랑 감쇠 및 월파 저감 효과에 대한 Scale Effect의 실험적 분석
	이민혁	중원대학교	강의 표면개질에 미치는 WPC 표면처리 횟수의 영향
	응우옌 썩 카이	부산대학교	Modelling and simulation of a MW-class PEMFC power plant for a zero-emission domestic ferry
	윤시교	국립한국해양대학교	무인수중글라이더의 운동모델 해석 및 수조실험

■ 한국수중·수상로봇기술연구회 2026년 '춘계학술대회' 개최

[회장 김진환(KAIST), 총무 홍성훈(계명대)]



- 장 소 : 한국과학기술원 (KAIST) 본원, KI빌딩 2층 매트릭스 홀
- 일 시 : 2026.06.25.(목) 13:00~18:00
- 주 최 : 사)한국해양공학회 산하 한국수중·수상로봇기술연구회
- 내 용 : 본 학술대회에는 산/학/연 관계자 44명이 참석하고, 총 2개의 세션으로 구성되어 15편의 학술 및 연구논문이 발표되었다. “선박해양유체역학에 기반한 자율운항기술 고도화에 관한 연구”라는 주제로 서울대학교 남보우 교수의 초청강연과 “무인 수상선의 자율주행을 위한 멀티레이더 센싱 기술” 강연자인 서울대학교 김아영 교수의 초청강연도 진행되었다. A세션에서는 “AUV 전방 및 측면 배치 FLS를 활용한 Pose Graph SLAM” 등의 주제로 7개의 논문이 발표되었고, B세션은 “물리 정보 신경망을 이용한 무인 수상정 시스템 모델링” 외 6개의 논문이 발표되었다. 자세한 내용은 한국수중·수상로봇기술연구회 홈페이지(<http://kmrts.org>)를 통하여 확인할 수 있다.

■ 한국수중·수상로봇기술연구회 명칭 변경

한국수중·수상로봇기술연구회는 연구 분야의 확장과 해양로봇 분야의 통용성을 반영하여 ‘한국해양로봇기술연구회’로 명칭을 변경하였다. (2026. 7. 16, 제2차 평의원회의 승인)

이번 명칭 변경은 기존 수중로봇 중심에서 자율운항선박을 비롯한 수상로봇 분야까지 연구 활동이 확대된 점을 반영한 것으로, 국제적으로 통용되는 ‘해양로봇공학 (Marine Robotics)’ 분야와의 정합성을 높이고, 연구회의 정체성을 보다 명확히 하기 위한 것이다. 또한 한국로봇학회 산하 해양로봇연구회와의 명칭 통일을 통해 향후 공동 행사 및 학술 교류 활성화에도 기여할 것으로 기대된다.

■ 해양플랜트설계연구회 2026년 ‘춘계워크숍’ 개최

[회장 민준호(삼성중공업㈜), 총무 정영현(삼성중공업㈜)]



- 장 소 : 국립한국해양대학교 해양과학기술관 (D1)
- 일 정 : 2026.05.21.(목) ~ 22.(금)
- 주 최 : 사)한국해양공학회 산하 해양플랜트설계연구회
- 주 관 : 삼성중공업(주), 국립한국해양대학교
- 내 용 : 본 워크숍은 해양플랜트산업 발전을 위한 학계 및 관련기관 상호간의 노하우 공유 및 소통을 위한 목적으로 개최되었으며, 산/학/연 관계자 60여 명이 참석하였다. 1일차에는 특수선 설계, 전략 규정 등 4개 세션으로 나누어 발표가 진행되었으며, “Hi-Float 예인 경로 안정성 분석”, “R&D 전주기 사업화”, “FLNG Winterization for LQ Piping” 등 14편의 발표가 진행되었다. 2일차에도 동일하게 4개 세션으로 구분하여 발표가 이루어졌으며 “FPSO 계류시스템 실시간 장력 및 피로 예측 시스템 개발”, “전계장 Overfill Zero화를 향한 설계 고도화”, “FPU Topside 구조해석 및 설계” 등 16편의 연구논문이 발표되어 총 30편의 발표가 진행되었다.

■ 부유식해상풍력연구회 2026년 ‘춘계워크숍’ 개최

[회장 송강현(한국선급), 간사 김경태(한국선급)]



- 장 소 : 제주 메종글래드
- 일 정 : 2026.06.22.(월) ~ 24.(수)
- 주 최 : 사)한국해양공학회 산하 부유식해상풍력연구회
- 내 용 : 본 학술대회에는 풍력에너지 관계자 45여명이 참석하고, 총 3개의 세션에서 16편의 논문이 발표되었다. ‘부유식 해상풍력발전단지 적용을 위한 공유형 석션앵커 시스템 최적 설계 및 경제성 평가’ 외 5개의 논문이 첫 번째 세션에서 발표되었고, “15MW급 부유식 해상풍력단지 배치 및 발전량 특성 분석” 외 4개 논문이 두 번째 세션에서 진행되었다. 마지막 세션에서는 “제작 효율 및 경제성 확보를 위한 모듈러 하이브리드 해상풍력 부유체 개발” 등 4개의 연구논문이 발표되었다.

2026년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 참관기



이 선 호 (국립목포대학교 조선해양공학과)



이 종 현 (국립한국해양대학교 해양공학과)

2026년도 한국해양과학기술협의회 공동학술대회가 5월 27일(수)부터 29일(금)까지 제주국제컨벤션센터에서 사흘간 열렸다. 이번 공동학술대회에는 한국해양공학회, 대한조선학회, 한국항해항만학회, 한국해안·해양공학회, 한국해양학회, 한국해양환경·에너지학회 등 6개 학회가 한자리에 모이는 국내 해양 분야 최대 규모의 행사로, 우리는 둘째 날인 28일(목)에 행사장을 찾았다.

행사장의 가장 큰 특징은 그 규모였다. 건물 크기 뿐 아니라 내용의 규모도 엄청났다. 6개 학회의 세션이 시간대별·강의실별로 빼곡히 채워져 있었는데, 1층에서 5층까지 30개에 이르는 홀에서 동시에 수십 개의 세션이 병렬로 진행되었다. 28일 하루만 해도 약 90여개의 세션이 오전부터 오후까지 계속 이어졌고, 참가자가 자유롭게 관심있는 세션을 선택하는 방식으로 진행되었다.

한국해양공학회의 경우 친환경 연구 및 병커링, 수중로봇 기술발전, 공정/안전 등 주제 단위로 세션을 묶었다. 규모가 큰 만큼 발표 주제의 폭도 넓었다. 녹색해운항로 구축, 해상풍력, 해양에너지, 위험·유해물질(HNS) 관리 등 산업정책도 포함되었다.

개인적으로 가장 인상 깊었던 공간은 1층 포스터 세션장이었다. 이곳에는 물리, 생물, 지질, 화학, 기획 등 5가지로 분류된 공간에 각자 연구결과

를 포스터로 전시해 놓은 공간이었다. 놀라운 점은 저자 대부분이 학생이었다는 점이다. 정해진 시간에 발표장이나 홀에서 진행되는 세션의 분위기와는 다른 관람자가 자유롭게 오가며 관심있는 연구를 살펴볼 수 있는 공간이었다.

〈포스터 세션〉



특히 이번 학술대회는 단순한 연구 성과 공유를 넘어, 현재 조선해양산업이 직면한 탈탄소화와 디지털전환이라는 거대한 패러다임의 변화를 체감할 수 있는 현장이었다. 그중에서도 전공 지식과 맞물려 가장 흥미로웠던 것은 단연 ‘친환경 선박 및 녹색해운항로 구축’과 ‘해상풍력’ 세션이었다.

현재 글로벌 해사 환경 규제가 대폭 강화되면서 LNG를 비롯해 암모니아, 수소 등 친환경 대체 연료 추진 시스템의 도입이 가속화되고 있다. 학술대

회에서 심도 있게 다뤄진 벙커링 기술이나 친환경 연구들은, 학부 과정에서 다루는 열역학 및 유체역학적 설계 최적화 지식이 실제 산업 현장에서 어떻게 직결되는지 확인할 수 있는 훌륭한 교보재였다. 또한 해상풍력 세션에서는 단순한 부유식·고정식 구조물 설계를 넘어, 해양공간 전체를 활용한 친환경 인프라 융합의 가능성을 엿볼수 있었으며, 이는 향후 첨단 해양플랜트 사업과도 밀접하게 맞닿아 있음을 느꼈다.

미처 다 둘러볼 수 없을 정도로 큰 학술대회의 규모는 해양 분야 연구가 그만큼 다양한 영역에 걸쳐 진행되고 있음을 확인시켜주었다. 28일 하루만 참관하였기 때문에 듣지 못한 발표가 훨씬 많았지만, 그 하루만으로도 공동학술대회의 취지를 충분히 이해할 수 있었다. 내년에는 아예 이틀동안 머물며 더 많은 세션을 여유롭게 돌아볼 수 있기를 기대한다.

해양신재생에너지의 기술개발 현황과 미래

2026년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 현장에서 해양신재생에너지의 미래를 진단하는 의미 있는 발표가 진행되었다. 정부의 탄소 중립 및 수소 정책에 발맞추어 국내 해상풍력 발전이 급격한 확대 추세에 있으나, 이면에는 국내 전력망에 상당한 부담과 불안정성을 초래 할수 있다는 경고의 목소리가 나오고 있다.

해상풍력 확대의 그늘

해상풍력의 주 생산지는 서남해 및 동해인 반

면, 전력 대규모 수요처는 수도권에 집중되어있다. 이로 인해 수도권으로 전력을 보내기 위한 장거리 전력망 구축이 필수적이다. 이러한 전력망 구축에는 기본 9년이 소요된다. 현재 세계 각국에서 2050 탄소중립 정책(Net-Zero)에 맞춰 해상풍력 사업을 확대하고 있지만 이렇게 시간이 오래 걸린다면 자연스럽게 글로벌 해상풍력 사업에서 경쟁력을 잃어 ‘골든타임’을 놓칠수 있다.

정부도 이러한 문제를 인지하고 해상풍력 특별법을 제정하여 설치 인허가에 들어가는 서류처리 단계를 원스톱 처리하여 해상풍력기 설치에 박차를 가해주고 있다.

돌파구는 바다 위 ‘해양수소’ 생산

이러한 해상풍력의 물리적 한계를 극복할 궁극적인 해결책으로는 ‘해양수소’ 생산 거점이 주목받고 있다. 해상풍력으로 발전한 잉여 전력을 무리하게 육상 전력망에 연계하는 대신, 바다 위에서 즉시 수소로 전환하여 에너지를 저장하는 방식이다. 해양수소 생산 거점을 구축하면 전력망 집중 관리 및 집약을 통해 막대한 송전 비용을 절감할수 있다. 또한 고질적인 출력제한 문제를 극복해 전력 불안정성을 해결할 수 있다.

결과적으로 해상풍력 유지보수 비용 및 궁극적인 전력망 구축 비용을 대폭 낮춰 경제성을 확보하고 나아가 국내 해상풍력의 안정적인 확대를 가능하게 하는 핵심 열쇠가 된다.

해상 에너지 시대, 해저 전력 케이블의 구조 건전성을 말하다



서 준 우 (부산대 학교 조 선 해 양 공 학 과)

1. 해저 전력 케이블의 부상

AI 데이터센터의 전력 수요 증가와 해상풍력 확대가 동시에 진행되면서, 해상에서 생산·소비되는 전력을 안정적으로 연결하는 해저 전력 케이블의 중요성이 커지고 있다. 기존 데이터센터는 막대한 전력 공급과 냉각 설비를 필요로 하기 때문에 육상 전력망 접속 지연, 부지 부족, 냉각수 사용 문제와 같은 제약에 직면하고 있다. 이에 따라 최근에는 해수를 냉각원으로 활용하고 해상 재생에너지와 연계할 수 있는 부유식 데이터센터 개념이 주목받고 있다. 동시에 해상풍력 발전 역시 세계적으로 확대되고 있으며, ‘세계풍력에너지위원회(GWEC)’는 전 세계 해상풍력 설비용량이 2035년 말 420GW까지 증가할 것으로 전망하고 있다. 이러한 흐름 속에서 해저 전력 케이블의 역할은 더욱 중요해지고 있다. 즉, 해저 전력 케이블은 단순한 전력 전달 장치를 넘어 해상풍력, 해상 데이터센터, 육상 전력망을 연결하는 핵심 인프라로 부상하고 있다. 따라서 해양 환경에서 장기간 운용되는 해저 전력 케이블의 구조 건전성 평가와 모니터링 기술에 대한 검토가 필요하다.

2. 해저 전력 케이블의 구성

2.1. HVAC와 HVDC의 적용 특성

해저 전력 케이블은 전류 방식에 따라 크게

HVAC(High Voltage Alternating Current)와 HVDC(High Voltage Direct Current)로 나눌 수 있다. HVAC 케이블은 해상풍력 발전기와 육상 전력망이 모두 교류 기반이라는 점에서 단거리 및 중거리 송전에 유리하다. 별도의 AC/DC 전력변환소가 필요하지 않아 초기 설비 구성이 비교적 간단하고 경제적이기 때문이다. 반면 HVDC 해저 케이블은 양 끝단에 AC/DC 전력변환소가 필요해 초기 비용은 크지만, 직류 송전 특성상 장거리에서 송전 손실이 낮다는 장점이 있다. 따라서 원거리 해상풍력 발전단지나 국가 간 전력망 연계와 같이 장거리 송전이 필요한 경우에는, 송전 용량 감소와 손실 증가 문제를 완화하기 위한 대안으로 HVDC가 적합하다.

〈HVAC와 HVDC의 특성 비교〉

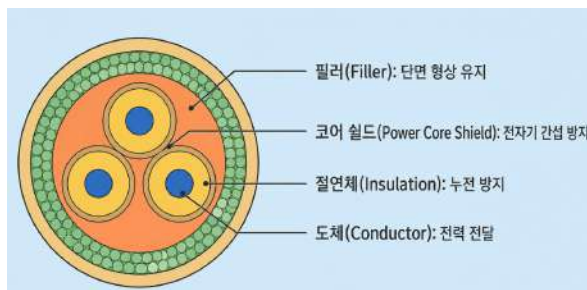
케이블 종류	초고압 교류 송전 (HVAC)	초고압 직류 송전 (HVDC)
사진		
송전 방식	교류 송전	직류 송전
코어(도체)개수	3 코어	1 코어
송전 거리	단,중거리	장거리
적용 분야	근해 해상풍력단지	대륙간 송전

(출처: 대한전선)

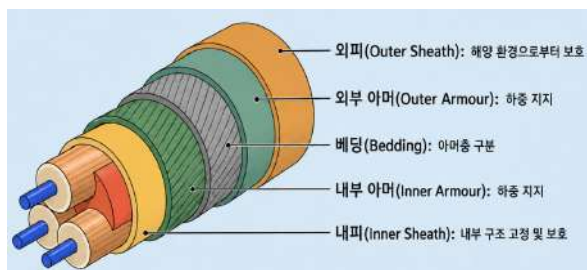
2.2. 기본 구조

해저 케이블의 단면은 크게 네 가지 주요 구성 요소로 구분할 수 있다. 가장 중심에는 전력을 전달하는 도체가 위치하며, 그 바깥에는 누전을 방지하기 위한 절연체가 배치된다. 절연체 외부에는 전자기 간섭을 방지하는 코어 쉴드가 놓이고, 코어 사이의 빈 공간에는 단면 형상을 유지하고 내부 공간을 채우기 위한 필러가 배치된다

〈해저 케이블의 단면〉



〈해저 케이블의 층별 구조〉



해저 케이블의 층별 구조는 바깥쪽에서 안쪽으로 외피, 외부 아머, 베딩, 내부 아머, 내피 순으로 구성된다. 외피는 마모, 부식 및 외력으로부터 케이블을 보호하는 역할을 하며, 아머층은 케이블에 작용하는 기계적 하중을 지지한다. 베딩은 아머층 사이를 구분하고 완충하는 역할을 하며, 내피는 내부 구조를 고정하고 보호하는 기능을 수행한다.

3. 구조 해석의 어려움

해저 전력 케이블의 구조 설계가 어려운 이유는 케이블이 단순한 원통 구조가 아니라, 다층의 동심 구조와 나선형 부재가 결합된 복합 구조물이기 때문이다. 이로 인해 케이블은 단순한 굽힘 하중만

받는 것이 아니라, 인장, 비틀림, 굽힘이 동시에 작용하는 복합 하중을 받게 된다. 특히 압축과 반복 굽힘이 함께 작용할 경우 아머 와이어의 측면 좌굴이 발생할 수 있다. 즉, 해저 전력 케이블의 구조 건전성 평가는 하나의 대표 응력만으로 판단하기 어렵고, 국부 와이어 수준에서 발생하는 좌굴, 마모, 피로까지 함께 분석해야 한다.

두 번째 이유는 층간 접촉과 마찰이다. 해저 케이블 내부에는 도체, 절연체, 필러, 베딩, 아머, 외피 등 여러 구성요소가 서로 맞물린 상태로 존재한다. 이때 굽힘이 커지면 각 층이 완전히 일체화되어 움직이는 것이 아니라, 일부 구간에서 상대 미끄러짐이 발생하거나 ‘stick-slip’ 현상을 보일 수 있다. ‘Stick-slip’ 현상은 마찰로 인해 접촉면이 처음에는 붙어 있다가, 일정 하중 이상에서 순간적으로 미끄러지는 반복적인 비선형 거동을 의미한다. 이러한 내부 접촉 문제로 인해 해저 전력 케이블의 국부 굽힘 해석은 여전히 도전적인 과제로 남아 있다.

4. 주요 손상 메커니즘

4.1. 피로 파괴

해저 전력 케이블은 운용 중 지속적인 반복하중을 받는다. 아머층은 케이블의 주요 하중 지지 부재이므로 피로 평가에서 가장 우선적으로 고려되어야 하며, 도체 역시 단순히 전기를 전달하는 부재가 아니라 반복 굽힘과 내부 상대운동의 영향을 받는 요소이다. 최근 피로 연구에서는 전역 해석을 통해 시간 이력 하중을 산정한 뒤, 이를 국부 해석에 적용하여 각 금속 부재의 위치별 피로 수명을 평가하는 방식을 사용한다.

4.2. 마모

해저 전력 케이블의 도체는 여러 개의 세부 와이어가 꼬여 있는 나선 구조로 이루어져 있으며, 반복 굽힘과 인장하중이 작용하면 와이어 접촉부에서 미세한 상대운동이 발생한다. 이러한 접촉부의 마찰과 마모는 피로 수명에 큰 영향을 미친다.

특히 ‘부분 미끄러짐 상태(접촉면의 일부 구간만 미끄러지는 상태)’에서는 접촉부의 응력 집중과 균열 발생이 심화되어 피로 수명이 짧아질 수 있는 반면, ‘완전 미끄러짐 상태(접촉면 전체가 미끄러지는 상태)’에서는 국부 응력 집중이 완화되어 오히려 피로 수명이 길어질 수 있다. 따라서 최근 해석에서는 단순한 응력 수준뿐만 아니라 접촉력, 미끄러짐 정도, 마모의 진행 과정까지 함께 고려한다.

〈도체 와이어의 나선 구조〉



4.3. 전기적 트리잉

절연체 내부에 공극이나 균열이 존재하면 해당 부위 주변에 국부적인 전기장이 집중될 수 있다. 이로 인해 작은 영역에서 부분방전이 발생하고, 이러한 방전이 반복되면서 절연체 내부에는 가지 모양의 열화 경로인 전기적 트리가 성장하게 된다. 전기적 트리가 점차 확대되면 절연 성능이 저하되며, 최종적으로는 절연 파괴로 이어질 수 있다.

5. 모니터링 기술

5.1. 광섬유 센서 기반 구조 모니터링

해저 케이블 모니터링에서 가장 많이 언급되는 기술은 광섬유 센서이다. 광섬유 내부를 통과한 빛은 산란되어 되돌아오며, 이때 나타나는 신호의 세기나 주파수 변화는 온도, 변형률, 진동 변화와 관련된다. 이러한 방식은 전자기 간섭에 강하고, 수 km에서 수십 km에 이르는 긴 구간을 연속적으로 모니터링할 수 있다는 장점이 있다. 특히 광섬유

센서는 케이블의 굽힘, 인장, 응력 이력을 추적하는 데 유용하다.

5.2. 고주파 센서 기반 부분방전 모니터링

HVAC와 HVDC 케이블의 부분방전 모니터링에는 주로 고주파 센서가 활용된다. 부분방전이 발생하면 매우 짧은 시간 동안 고주파 전류 펄스가 흐르며, 이러한 펄스를 감지하는 센서를 통해 케이블의 절연 상태를 모니터링한다. HVAC 케이블에서는 지속적인 부분방전 신호가 비교적 뚜렷하게 나타나기 때문에, 고주파 센서 기반 모니터링은 초기 결함 탐지에 효과적인 방법으로 활용될 수 있다. 반면 HVDC 케이블은 부분방전의 위상 정보가 존재하지 않기 때문에, 부분방전의 발생 조건과 신호 해석 방법이 HVAC와 다르다. 따라서 HVDC 케이블 시스템에는 HVAC와 구분되는 부분방전 평가 기준이 필요하며, 현재는 HVAC에 비해 해석 체계가 충분히 확립되지 않아 활발한 연구 분야로 다뤄지고 있다.

6. 해저 전력 케이블 연구의 한계와 발전 방향

6.1. 설치 단계 거동 분석의 한계

최근 연구에서는 동적 케이블의 피로, 구성 배치, 전역-국부 해석 절차 등을 주로 다루고 있다. 그러나 실제 프로젝트에서 자주 문제가 되는 설치 중 과도한 굽힘과 같은 운용 단계의 거동 분석은 상대적으로 충분히 정리되어 있지 않다. 따라서 향후에는 설치 시나리오를 보다 정교하게 모델링하고, 필요할 경우 소성 기반의 국부 해석까지 포함하여 케이블이 어느 수준의 하중까지 견딜 수 있는지를 평가하는 한계상태 분석이 강화될 필요가 있다.

6.2. 광섬유 계측 신뢰도 개선 필요성

광섬유 기반 계측은 내장된 광섬유의 위치와 실제 해저 케이블 위치 사이의 유격으로 인해 계측 위치에 불일치가 발생할 수 있으며, 이를 보정

하는 과정이 필요하다. 또한 케이블의 변형이 보호 피복층을 거쳐 광섬유에 전달되기 때문에 실제 구조 응답과 계측값 사이에 차이가 생길 수 있다. 여기에 계면 미끄러짐과 장기 점탄성 거동까지 영향을 미치면 센서의 계측 정확도는 더욱 저하될 수 있다. 따라서 향후 연구에서는 센서 위치별 변형률 민감도 분석을 보다 정교하게 수행하고, 광섬유가 측정한 변형률을 실제 아머 와이어의 응력으로 변환하는 해석 체계를 더욱 정밀하게 구축할 필요가 있다.

〈참고 문헌〉

1. 김영제 외 4인, 「해상 재생에너지 인프라용 해저 전력 케이블의 구조 건전성 평가 기술 리뷰」, 『한국해양과학기술협의회 공동학술대회 발표자료』, 2026.
2. 대한전선, 「해저케이블」, 대한전선 공식 홈페이지
3. 한국전기연구원, 「전기기기 연구」, 한국전기연구원 공식 홈페이지
4. 한국전기연구원, 「스마트그리드 연구」, 한국전기연구원 공식 홈페이지
5. Juan Carlos del-Pino-López, Pedro Cruz-Romero, and Luis Carlos Sánchez-Díaz, “Loss Allocation in Submarine Armored Three-core HVAC Power Cables,” arXiv preprint, arXiv:2401.13268, 2024.
6. Sakiko Mishima, Yoshiyuki Yajima, Noriyuki Tonami, Tomoyuki Hino, Shugo Aibe, Junichiro Saikawa, and Koji Mizuguchi, “Monitoring Exposure-Length Variations in Submarine Power Cables Using Distributed Fiber-Optic Sensing,” arXiv preprint, arXiv:2604.24880, 2026.

정밀타격을 넘어 무인수상정으로... LIG가 그리는 미래 해양전



이 선포, 김 주 원 (국립목포대학교 조선해양공학과)

이 종 현 (국립한국해양대학교 해양공학과),

신 성 찬 (한양대학교 국방지능정보융합공학부)

세계 곳곳에서 포성이 잦아들지 않으면서 각국의 안보 패러다임이 급변하고 있다. 이러한 글로벌 국방비 증액 트렌드속에서 K-방산의 위상이 높아지고 있는 가운데, 그 중심에서 절대 빼놓을 수 없는 기업이 있다. 바로 대한민국 자주국방의 역사와 궤를 같이하며 세계적인 정밀타격 명가로 발돋움한 'LIG 디펜스&에어로스페이스'이다.

LIG는 그동안 해상 전장의 핵심이 되는 첨단 무기 체계 분야에서 독보적인 성과를 쌓아 올렸다. 대한민국 해군의 핵심 전력인 함대공 유도무기 '해궁'의 성능을 세계적으로 인정받으며 최근엔 말레이시아에 1400억원 규모의 해궁을 수출하는데 성공하였다.

정밀타격을 넘어 미래로, LIG의 '끝없는 해양 혁신'

하지만 LIG는 기존 해상무기 분야의 화려한 성과에 안주하지 않는다. 인구 감소에 따른 병력 부족과 인명피해 최소화라는 전 세계적 화두속에서, 사람이 직접 탑승하지 않고 해상 임무를 수행하는 무인수상정(USV) 기술을 끊임없이 개발하며 미래 해상전의 판도를 바꾸고자 하고 있다.

나아가 LIG의 대표적인 요격무기와 정밀유도 체계를 넘어, 방산 시장의 지형을 흔들고 있는 또

다른 강력한 해상무기에 주목하고자 한다.

LIG는 국제해양방위산업전(MADEX) 2025에서 HD현대중공업과 부스를 공동 마련하고 무인체계와 스텔스 함정을 선보였다. 이 자리에서 공개된 무인수상정 '해검-X'는 통신·드론·위성 등과 연계해 다양한 통제 방식으로 군집 작전을 수행할 수 있고, 피탐 범위를 최소화한 스텔스 디자인에 다기능 레이더(MFR)를 탑재해 입체적인 탐색 성능을 갖췄다.

해검-X의 핵심은 유연함이다. 대함전·대잠전·대드론전 등 전장 환경에 맞춰 20mm 원격 무장체계(RCWS), 2.75인치 유도로켓 '비궁', 경어뢰 '청상어', 공격 드론자폭용 무인기 등 소형·경량화

〈해저 케이블의 단면〉



(출처: LIG 홈페이지)

된 무장 모듈을 결합해 유동적으로 대처할 수 있도록 설계됐다. 임무에 따라 무장을 바꿀 수 있다.

자폭용 무인수상정

특히 눈길을 끄는 것은 자폭용 무인수상정이다. 이 소형 자폭정은 3D 프린팅 방식으로 제작되는데, 이를 통해 비용 절감과 대량 생산, 신속한 제작이 가능해져 해군 무인화 전력 강화에 크게 기여할 것으로 보인다. 소재는 불포화 폴리에스테르 수지와 유리섬유의 복합체인 FRP(Fiberglass Reinforced Plastic)로, 자폭이 전제된 무인정인 만큼 선체 내구성보다는 기본적인 운항 성능에 초점을 맞춰 개발되고 있다.

무인수상정 선체 재료

무인수상정 선체 소재로는 탄소섬유 강화플라스틱(Carbon FRP)이 널리 쓰인다. 한국해양과학기술원이 개발한 해양특화 전력 공급 무인수상정 사례를 보면, 선체는 탄소섬유 강화플라스틱을 기반으로 한 초경량 고내구성 구조로 제작됐으며, 이 소재는 철의 4분의 1 수준의 무게에도 강도는 오히려 2배, 탄성률은 4배에 달하고 내마찰성·내마모성까지 갖췄다.

강화플라스틱의 이점

선체를 3D 프린팅이나 탄소섬유 강화플라스틱으로 제작할 때의 이점은 크게 세 가지로 정리할 수 있다.

- 경량화에 따른 운용 효율 향상 : 철 대비 4분의 1에 불과한 무게 덕분에 추진에 필요한 전력 소모가 줄어들고, 그만큼 배터리 등 탑재 전력원의 운용 시간을 늘리는 데 유리하다.
- 부식 저항성 : 금속 선체는 해수에 상시 노출되면 녹이 슬 수밖에 없지만, 플라스틱 복합재는 이러한 부식 문제에서 비교적 자유로워 장기간 해상 운용에 적합하다.
- 제작 방식의 유연성 : 3D 프린팅을 활용하면 마스터폴드 금형 제작 없이도 빠르게 시제품을

찍어낼 수 있어, 대량 생산과 비용 절감, 신속한 전력화라는 실질적 이점으로 이어진다. 실제로 LIG의 자폭용 무인수상정도 이러한 방식으로 제작돼 해군 무인화 전력 확대에 기여할 것으로 기대되고 있다.

레이더 반사 단면적

레이더 반사 단면적(RCS)은 레이더가 송신한 전자파가 표적에서 반사되어 되돌아오는 신호의 세기를 나타내는 값으로, 무인수상이 얼마나 은밀하게 움직일 수 있는지는 RCS에 달려있다고 볼 수 있다. 특히 감시·정찰이나 침투 임무를 수행하는 스텔스형 무인수상정에서는 RCS를 얼마나 줄이느냐가 곧 피탐지 확률을 낮추는 문제로 직결된다.

RCS 최소화 방안

전파가 세계 반사되는 부분은 선체가 아닌 마스트나 안테나 같은 부분이었다. 배 몸체의 경우 비스듬한 형태라 전파가 다른 방향으로 반사될 확률이 높지만, 안테나처럼 전파와 벽면이 직각으로 만나는 지점은 전파를 정면으로 반사할 확률이 높기 때문이다.

그래서 마스트의 위치와 각도를 조정하는 것만으로도 스텔스의 효과를 더욱 높일 수 있었다. 이처럼 RCS 감소는 마스트 위치를 바꾸는 것과 같은 형상 최적화만으로도 어느 정도 성과를 낼 수 있지만, 아직 시제품 단계인 만큼 선체에 전파흡수 소재를 덧입히는 등의 연구를 진행할 예정이다.

소나(SONAR)의 개념과 USV 체계에서의 중요성

소나(SONAR)는 파동을 이용해 물속의 물체를 탐지하고 거리를 측정하는 체계로, 운용 방식에 따라 음파를 송신해 반사경로를 재는 능동 소나와 타함정이나 잠수함이 발생하는 소음을 수신만 하여 위치를 특정하는 수동 소나로 구분된다. 수중 전파가 어려운 전자기파 대신 음파를 사용하는 것이 특징이다. 미국, 중국 등 주요 해양 강국들의 무인수상정(USV) 기술 발전 속도가 매우 빠른 가운데,

LIG의 무인수상정의 소나 체계가 지니는 독자적인 설계 경쟁력과 기술적 우위는 ‘고성능 잠수함 소나 기술의 소형·일체화 역량’에서 확인할 수 있다.

LIG의 핵심 소나 기술력: 곡면배열소나와 소음 제거 S/W

LIG가 보유한 기술적 우위의 핵심은 곡면배열 소나 기술이다. 이 기술은 장보고-III Batch-II급 장영실함에 장착되었으며, 서방 국가 중 네 번째로 적용되었을 만큼 높은 기술적 희소성을 가진다. 기존에 주로 사용되던 원통형 배열의 함수소나(CAS)는 거대한 소나돔 내부에 수납되어야 하므로 탑재함의 배수량이 커야 한다는 물리적 한계가 존재했다. 반면 곡면배열소나는 이러한 한계를 극복하여 배수량의 증가 없이도 기존 CAS 대비 2~3배 넓은 소나 탐지 면적을 활용할 수 있다. 또한 기존 장보고-II/III급의 측면배열소나(FAS)가 선체 외부에 돌출된 형태로 장착되어 수류 저항과 유체 소음을 유발하던 문제를 해결하기 위해, LIG는 잠수함의 원통형 선체와 완전히 밀착되는 일체형 FAS를 개발해 수류 저항을 큰 폭으로 줄였다. 더불어 선체 측면(Flank)을 따라 길게 배열되는 FAS의 구조적 특성상 추진기 및 선체 마찰 소음에 노출되기 쉽다는 고질적 약점을 보완하고자, 내부에서 발생하는 자함 소음을 소프트웨어적으로 제거(노이즈 캔슬링 효과)하여 신호 탐지 능력을 대폭 향상시켰다.

무인수상정 적용 시의 독특한 설계적·기술적 경쟁력

그렇다면 대형 함정에서 검증된 이 기술들이 무인수상정(USV)에 적용될 때 어떠한 경쟁력을 발휘하는가에 대해 알아봐야 한다. USV는 선체가 작고 배수량이 제한적이어서 거대한 소나를 그대로 장착할 수 없다. 만약 기술력이 부족해 기존의 돌출형 소나를 장착할 경우, 수류 저항이 급증하여 기동성이 떨어지고 유체 소음으로 탐지력까지 저하된다. 하지만 LIG는 곡면 배열 및 선체

일체화 기술을 활용해 USV 선체 하부와 측면 면적을 최대한 활용하면서도 수류 저항을 최소화하는 고속·저항 최적화 소나 설계 경쟁력을 확보했다. USV는 수면 위에서 거친 파도와 고속 엔진 구동에 노출되므로 극심한 마찰·추진 소음이 발생한다. 여기에 LIG가 축적한 자함 소음 제거 소프트웨어를 적용하면, 물리적으로 불가피한 선체 소음 간섭을 소프트웨어 단에서 효과적으로 걸러낼 수 있다.

결과적으로 LIG의 USV는 한정된 공간에서 탐지 면적을 극대화하는 ‘설계 기술’과 고속 기동 속에서도 미세한 표적 신호를 추출해내는 ‘신호 처리 소프트웨어 기술’을 결합함으로써, 거친 해상 환경과 예측 불가능한 운용 조건 속에서도 타국 체계 대비 압도적인 수중 탐지 신뢰도와 경쟁력을 가지게 된다.

LIG의 숨은 주력 어뢰 체계

LIG 하면 대표적으로 요격미사일 ‘해궁’을 떠올리기 쉽다. 하지만 LIG의 기술력은 하늘 위 요격미사일에 그치지 않는다. 빗조차 닿지 않는 수중이라는 극한의 환경에서도 독자적인 어뢰 개발 역량을 갖추고 있으며, 세계적 수준의 유도무기 기술력을 입증하고 있다. 이번에는 LIG의 주력 어뢰 체계 두 가지, ‘범상어’와 ‘홍상어’를 집중 조명한다.

〈범상어미사일〉



(출처: LIG 홈페이지)

잠수함 주력무기 중어뢰 범상어

범상어는 수중 생태계 최상위 포식자의 이름을 딴 중어뢰로, 잠수함에 탑재되어 적 함정과 잠수함을 정밀 타격하는 핵심 전략무기다. 고속 추진력과 뛰어난 표적 탐지 능력을 갖췄으며, 고정밀

항법·유도·조종 기술이 적용되어 우수한 수중 유도 성능을 자랑한다. 특히 사운드 디텍션(Sound Detection) 기술을 통해 목표물을 정확하게 추적할 수 있다.

하늘을 날아 수중을 타격하는 대잠로켓 경어뢰 홍상어

홍상어는 수상함정에서 적 잠수함을 타격하기 위해 운용되는 개량형 경어뢰로 세계에서 두 번째로 개발된 대잠 로켓미사일이다. 경어뢰의 사거리 한계를 넘어선 원거리 대잠수함전 수행을 목적으로 수상함에서 수직 발사되며 추력 방향 조종(TVC) 기술을 적용해 전방위 공격이 가능하다. 유도탄(미사일)과 경어뢰가 결합된 복합무기체계로 유도탄에 어뢰를 탑재해 잠수함 예상 위치까지 공중·해상으로 이동시킨 뒤 입수시켜 표적을 타격하는 방식이다. 이를 통해 대잠수함 작전 수행 능력을 크게 향상시켰다.

무인수상정과 수중 유도무기의 결합... 글로벌 해양 방산 선도할 '넥스트 스텝'

LIG는 하늘을 지키는 해군의 화려함 뒤에서, 가장 은밀하고 위협적인 바닷속을 방어하는 어뢰체계, 그리고 적의 은밀함을 역으로 공격하는 대잠유도무기까지 갖추며 독보적인 수중 타격 역량을 완성했다.

나아가 이 모든 무기 체계와 시너지를 낼 무인수상정(USV) 개발로 다가올 무인 시대까지 열며, 글로벌 방산 무대를 선도할 LIG의 다음 행보가 더욱 주목된다.



Q. LIG 진해 사무소는 해군 기지와 연관해서 무엇을 하나?

A. 기본적으로 방산 사업은 '설계 및 개발 - 시스템 제작 및 통합 - 운용 유지보수'의 형태를 띈다. 진해의 경우 각종 해군의 핵심 전략 거점이다 보니 해군 기지와 가장 가까운 현장에서 운용 유지보수나 지원을 담당한다. 구체적으로는 해군 함정에 탑재된 물자들에 대한 기술 지원과 정비를 수행한다.

Q. 타 방산기업과 구별되는 독자적인 개발은?

A. 개방적인 협업을 병행하고 있다. 함정 사업에서 조선사가 선체를 짓는다면 그 안의 엔진, 무기, 레이더 같은 요소들을 채우는 것은 조선사가 다 하지 않는 것처럼 각 분야에 특화된 기업들간 협력을 통해 개발한다.

Q. 연구를 하면서의 마음가짐은?

A. 우리가 개발하는 무기체계의 완성도가 우리 국군 장비의 생명과 국가 해양 주권 수호로 직결된다는 막중한 책임감을 잊지 않아야 한다. 상용 기술과 달리, 방산 기술은 거친 해상 환경과 실전 상황에서도 100%에 가까운 안정성을 보장해야 하며 타협하지 않는 철저한 검증 태도가 필요하다.

〈참고문헌〉

1. LIG 디펜스&에어로스페이스 홈페이지
2. 무인수상정의 RCS 해석 및 감소 방법에 대한 연구
3. 2026 디펜스타임즈 7월호
4. 한국정보전자통신기술학회논문지(jkiiect)'19-8 Vol.12 No.4
5. 해양특화 전력 공급 장치가 적용된 무인수상정 개발 연구

AI가 찾은 해양쓰레기, 실제 수거로 이어질 수 있을까?



이명재 (부산대학교 조선해양공학과)



이은원 (인하대학교 조선해양공학과)

해양은 지구 생태계를 유지하는 핵심 환경이지만, 육상에서 발생한 플라스틱과 폐어구 등 다양한 해양쓰레기가 해안과 해상에 축적되면서 생태계와 인간 모두에 영향을 미치고 있다. 해양생물은 쓰레기에 얽혀 다치거나 플라스틱을 먹이로 오인해 섭취하며, 미세플라스틱은 어류를 거쳐 인간의 식탁까지 유입될 수 있다. 이에 해수면과 수중, 해변을 대상으로 한 모니터링과 수거 기술이 개발되고 있지만, 선박이 접근하기 어렵거나 사람이 직접 조사하기 힘든 넓은 해안과 해상의 사각지대는 여전히 한계가 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 드론과 수상 로봇에 인공지능(AI) 객체 탐지 기술을 적용해 해양쓰레기를 자동으로 탐지하는 연구가 진행되고 있다. AI는 영상에서 쓰레기를 식별하고 드론의 GPS 정보와 연계해 실제 위치를 계산함으로써 조사와 수거의 효율을 높인다. 반면 파도와 거품, 해조류로 인한 오탐지와 위치 오차, 탐지 결과를 수거 작업으로 연계하기 위한 기술은 해결해야 할 과제로 남아 있다. 본 기사에서는 국내 KCI 등재 논문을 바탕으로 해양쓰레기 탐지 AI의 작동 원리와 활용 사례를 정리하고, 현장 적용 과정에서 나타나는 기술적 한계와 과제를 분석한다.

AI가 찾은 해양쓰레기, 실제 수거로 이어질 수 있을까

객체 탐지와 위치 좌표화, 수거 연계의 기술적 과제

해양환경공단이 공개한 현황에 따르면 2023년 국내에서 수거된 해양폐기물은 총 13만 1,930톤이다. 이 가운데 해안가폐기물이 9만 5,530톤으로 가장 많았고, 침적폐기물은 2만 5,770톤, 수면에 떠 있는 부유폐기물은 1만 630톤이었다. 공단은 국내 60개 정점을 대상으로 연 6회 국가 해안폐기물 모니터링을 진행하고 있지만, 넓은 해안과 사람이 접근하기 어려운 구역을 모두 직접 조사하는 데에는 한계가 있다. 특히 테트라포드 사이에 끼어 있거나 수면 위를 이동하는 쓰레기는 발견과 수거가 어렵고 구조물 사이의 높이 차이가 커서 추락 위험이 있다. 부유쓰레기는 파도와 바람, 조류에 따라 계속 움직이기 때문에 한 번 발견하더라도 수거선이 도착했을 때는 위치가 달

〈연간 해양폐기물 수거량 (단위: 톤)〉



(출처: 해양환경공단)

라질 수 있다.

이러한 한계를 보완하기 위해 최근에는 드론과 CCTV 영상에 인공지능을 적용해 해양쓰레기를 자동으로 탐지하는 연구가 진행되고 있다. 일부 연구는 탐지된 쓰레기의 위도와 경도까지 계산해 지도에 표시한다. 그러나 화면에서 쓰레기를 찾는 것과 실제 수거 장비가 쓰레기에 접근해 회수하는 것은 별개의 문제다.

국내 연구들은 해양쓰레기 탐지 기술이 어디까지 발전했으며, 탐지 결과가 실제 수거로 이어지기 위해 무엇이 더 필요한지를 보여준다.

영상 속 쓰레기를 어떻게 구분할까

해양쓰레기 탐지에는 크게 객체 탐지와 의미론적 분할 방식이 활용된다.

객체 탐지는 영상에서 페트병이나 비닐, 스티로폼 등의 위치를 찾아 물체 주변에 사각형을 표시한다. 개별 쓰레기의 종류와 개수, 대략적인 위치를 빠르게 파악할 수 있다는 장점이 있다.

전승배 · 김주완 · 김정범 · 정명훈 연구팀은 2024년 「YOLO 모델 기반 해양 쓰레기 탐지 및 성능 비교」에서 두 객체 탐지 모델을 비교했다. 연구 결과 YOLOv8 기반 모델은 mAP 79.9%, YOLOv5 기반 모델은 67%를 기록했다. mAP는 모델이 물체의 종류와 위치를 얼마나 정확하게 찾아냈는지를 종합적으로 평가하는 지표다.

반면 의미론적 분할은 영상의 각 픽셀이 물인지 쓰레기인지를 구분한다. 쓰레기를 사각형 안에 포함하는 대신, 실제로 쓰레기가 차지하는 형태와 영역을 표시할 수 있다.

김영민 등은 2024년 「CCTV 영상과 의미론적 분할 모델을 이용한 재해성 하천기인 부유쓰레기 탐지」에서 U-Net 모델을 적용했다. 연구 결과 mIoU 0.69, 정밀도 0.87, 재현율 0.77, F1 점수 0.80을 기록했으며, CCTV와 딥러닝 모델을 활용한 지속적인 부유쓰레기 탐지 가능성을 확인했다.

두 방식의 목적은 조금 다르다. 개별 쓰레기의 위치를 수거 대상으로 지정하려면 객체 탐지가

유용하다. 반면 어느 구역에 쓰레기가 집중돼 있는지, 수면에서 얼마나 넓은 면적을 차지하는지를 판단하려면 의미론적 분할이 적합할 수 있다.

다만 두 연구의 성능 수치를 직접 비교해서는 안 된다. 객체 탐지와 의미론적 분할은 평가 대상과 지표가 다르고, 사용한 영상과 쓰레기 종류가 달라, 높은 수치만으로 어느 방식이 실제 해안에서 더 우수하다고 단정하기보다는 조사 목적에 맞는 기술을 선택해야 한다.

높은 정확도는 실제 바다에서도 유지될까

실험 영상에서 성능이 높은 모델도 실제 해상에서는 다른 결과를 보일 수 있다. 바다에서는 햇빛이 수면에 반사되고 파도와 거품의 형태가 계속 바뀐다. 흰색 스티로폼은 파도 거품과 비슷하게 보일 수 있고, 젖은 비닐은 물과 경계가 불분명해질 수 있다.

박수호 · 장선웅 · 김홍민 · 김탁영 · 예건희 연구팀은 2023년 「딥러닝 기반 육상기인 부유쓰레기 탐지 모델 성능 비교 및 현장 적용성 평가」에서 여러 객체 탐지 모델의 현장 적용성을 비교했다. 일반적인 영상에서는 세 모델 모두 높은 성능을 보였지만, 과노출이나 강한 태양광 반사가 발생한 영상에서는 쓰레기를 놓치거나 하나의 쓰레기를 중복 탐지하는 사례가 나타났다.

정량평가에서는 YOLOv7의 mAP@0.5가 0.940으로, 각각 0.922를 기록한 YOLOv5s와 YOLOv8s보다 높았다. 영상의 색상과 고주파 성분을 왜곡한 실험에서도 YOLOv7의 성능 저하 폭이 상대적으로 작았다. 앞선 연구에서 최신 모델이 더 높은 성능을 보인 것과 달리, 현장 조건을 반영한 연구에서는 다른 모델이 더 안정적인 결과를 나타낸 것이다.

이는 두 연구가 서로 모순된다는 의미가 아니다. 학습 데이터와 촬영 장소, 쓰레기의 종류, 영상 품질, 성능평가 방식이 달라지면 같은 모델도 다른 결과를 낼 수 있다. 해양쓰레기 탐지에서 중요한 것은 단순히 최신 모델을 사용하는 것이 아

나라, 실제 운용 환경과 비슷한 데이터를 충분히 학습시키는 것이다.

현장 데이터의 중요성

현장 데이터의 중요성은 테트라포드를 대상으로 한 드론 연구에서도 확인된다.

하상현 · 최은성 · 김지연 · 오성훈 · 정석찬 연구팀은 2023년 「드론을 활용한 수거사각지대 해양쓰레기 탐지 및 위경도 매칭 방법에 관한 연구」에서 사람이 접근하기 위험한 테트라포드 구역을 드론으로 촬영했다. 연구 목적은 쓰레기를 발견하는 데 그치지 않고, 탐지한 쓰레기의 위치를 계산해 지도에 표시하는 것이었다.

연구진은 AI Hub의 생활폐기물 이미지와 실제 테트라포드 현장에서 촬영한 영상을 함께 사용했다. 부족한 현장 데이터는 회전과 명암 조절 등의 방법으로 늘려 학습용 이미지 5만 1,587장과 검증용 이미지 7,335장을 구성했다.

초기 모델은 테트라포드의 표면과 구조물을 쓰레기로 잘못 인식했다. 연구진은 쓰레기 종류를 세분화하고, 쓰레기가 있는 영상뿐 아니라 쓰레기가 없는 테트라포드 영상도 학습시켰다. 그 결과 모델의 mAP는 0.801에서 0.958로 향상됐다.

쓰레기가 없는 현장 영상도 중요한 학습자료가 된 것이다. 일반폐기물 이미지만 학습한 모델은 테트라포드에 적힌 글씨나 표면의 얼룩, 구조물 사이의 그림자를 쓰레기로 오인할 수 있다. 반면 실제 배경을 함께 학습하면 구조물과 쓰레기를 구분하는 능력이 향상된다.

그러나 다른 테트라포드 지역에서 촬영한 영상을 적용했을 때는 여전히 오인식이 발생했다. 특정 장소의 데이터를 이용해 정확도를 높이는 것과 서로 다른 해안 환경에서 안정적으로 작동하는 모델을 만드는 것은 별개의 과제라는 의미다.

높은 탐지 정확도가 정확한 위치를 보장하지는 않는다

연구진은 국립한국해양대학교 진입로의 테트

라포드 구역을 격자로 나누고, 드론의 위치와 탐지된 쓰레기의 계산 좌표를 표시했다. 실험 결과 계산된 좌표와 실제 쓰레기 위치 사이에는 차이가 발생했다.

연구진은 중량 250g 미만의 가벼운 드론이 바람에 밀리고, 기체와 카메라가 흔들린 것을 주요 원인으로 설명했다. 드론이 정면으로 움직이도록 조작해도 옆으로 밀리면서 위치 계산에 영향을 준 것이다.

이 결과는 탐지 정확도와 좌표 정확도가 서로 다른 성능이라는 점을 보여준다. 인공지능이 쓰레기를 정확하게 찾아도 드론의 GPS나 자세 정보가 부정확하면 최종 좌표에는 오차가 생긴다.

해당 논문은 위치 오차가 발생했다는 사실과 원인은 제시했지만, 평균 오차와 최대 오차를 미터 단위로 구체적으로 제시하지 않았다. 따라서 계산된 좌표가 작업자를 쓰레기 근처까지 안내하는 수준인지, 수거로봇이 바로 접근할 정도로 정밀한지는 추가로 검증해야 한다.

실제 수거를 목적으로 한다면 탐지 모델의 mAP뿐 아니라 평균 위치 오차, 최대 위치 오차, 촬영 고도와 바람에 따른 오차 변화도 함께 평가할 필요가 있다.

위치를 알면 바로 수거할 수 있을까

쓰레기의 위치를 지도에 표시했다고 해서 수거 과정이 완성되는 것은 아니다.

기현승 · 김현식 연구팀은 2015년 「부유물 수거용 수상로봇 개발」에서 해양 부유물을 회수하기 위한 수상로봇을 개발하고 전후진 운동인 Surge, 방향 회전인 Yaw, 부유물 수거 시험을 수행했다. 연구 결과는 수상로봇을 이용한 실제 수거 가능성과 함께 추가 연구의 필요성을 보여줬다.

그러나 이 수상로봇 연구와 드론 위치좌표 연구는 각각 수거장비와 탐지 · 좌표화 기술을 따로 검증한 것이다. 드론이 계산한 쓰레기 좌표를 수상로봇에 전달하고, 로봇이 해당 지점까지 자율적으로 이동해 쓰레기를 회수하는 전 과정을 하

나의 시스템으로 시험한 것은 아니다. 이는 두 연구를 비교해 얻을 수 있는 해석이다.

실제 수거로 이어지기 위해서는 드론이나 CCTV가 생성한 좌표를 수거로봇의 웨이포인트로 전달해야 한다. 수거로봇은 GPS와 자세 센서를 이용해 목표 지점으로 이동하고, 목표 지점에 도착한 뒤에는 카메라나 라이다로 쓰레기를 다시 찾아야 한다.

부유쓰레기의 이동도 고려해야 한다. 테트라포드 사이에 끼어 있는 쓰레기는 위치가 비교적 고정돼 있지만, 수면 위 쓰레기는 바람과 파도, 조류에 따라 이동한다. 탐지 시점과 수거 시점 사이에 시간이 지나면 처음 계산한 좌표가 더 이상 유효하지 않을 수 있다.

하상현 연구팀도 향후 과제로 위치좌표 오차의 물리적·알고리즘적 원인을 구분하고, 탐지 정보를 수거 장비와 내비게이션에 연동하는 연구가 필요하다고 밝혔다.

잘 찾는 AI에서 실제로 수거하는 시스템으로

검토한 연구들은 해양쓰레기 탐지 기술이 단순한 이미지 분류를 넘어 객체 추적과 위치정보 생성 단계까지 발전했음을 보여준다. 객체 탐지는 개별 쓰레기를 찾고, 의미론적 분할은 쓰레기의 분포 영역을 구분한다. 객체 추적은 중복 집계를 줄이며, 드론의 GPS와 영상 정보를 결합하면 탐지한 쓰레기를 지도에 표시할 수 있다.

그러나 높은 탐지 정확도가 실제 수거 성공을 의미하지는 않는다. 촬영 장소와 날씨가 달라지면 오탐지가 발생할 수 있고, 드론의 위치와 자세 오차는 쓰레기 좌표의 신뢰도를 낮춘다. 부유쓰레기는 발견된 뒤에도 계속 이동하며, 수거로봇은 목표 지점 근처에서 쓰레기를 다시 찾아 정밀하게 접근해야 한다.

현재 연구는 AI가 발견한 쓰레기를 수거에 활

용할 수 있는 위치정보로 바꾸는 단계까지는 도달했지만, 탐지부터 자율이동과 실제 회수까지 연결된 통합 시스템은 충분히 검증되지 않았다.

앞으로는 특정 영상에서 더 높은 정확도를 기록하는 것뿐 아니라 다양한 해안과 날씨에서 성능을 유지하는지 확인해야 한다. 계산된 좌표의 오차를 정량적으로 제시하고, 그 좌표가 실제 수거 장비의 이동과 회수 작업에 사용할 수 있는지도 검증해야 한다.

AI는 이미 사람이 접근하기 어려운 장소의 해양쓰레기를 찾아낼 수 있다. 이제 남은 과제는 화면 속 탐지 결과를 신뢰할 수 있는 좌표로 바꾸고, 그 좌표를 실제 수거 작업으로 연결하는 일이다.

해양쓰레기 탐지 기술의 최종 성과는 앞으로 얼마나 정확하게 찾았는가뿐 아니라 발견한 쓰레기를 실제로 얼마나 수거했는가로 평가돼야 한다.

〈참고문헌〉

1. 전승배·김주완·김정범·정명훈, 「YOLO 모델 기반 해양쓰레기 탐지 및 성능 비교」, 『해양공간정보학회지』, 제13권 제2호, 2024, 21-31쪽.
2. 김영민·장선웅·김흥민·박수호·이승현·유지원·정태환, 「CCTV 영상과 의미론적 분할 모델을 이용한 재해성 하천기인 부유쓰레기 탐지」, 『한국해양환경·에너지학회지』, 제27권 제2호, 2024, 111-120쪽.
3. 박수호·장선웅·김흥민·김탁영·예건희, 「딥러닝 기반 육상기인 부유쓰레기 탐지 모델 성능 비교 및 현장 적용성 평가」, 『대한원격탐사학회지』, 제39권 제2호, 2023, 193-205쪽.
4. 하상현·최은성·김지연·오성훈·정석찬, 「드론을 활용한 수거사각지대 해양쓰레기 탐지 및 위경도 매칭 방법에 관한 연구」, 『한국빅데이터학회지』, 제8권 제1호, 2023, 73-82쪽.
5. 기현승·김현식, 「부유물 수거용 수상로봇 개발」, 『한국지능시스템학회 논문』
6. 해양환경공단 해양폐기물관리센터, 「국가 해안폐기물 모니터링 및 연간 해양폐기물 수거량」

기후변화 시대, 달라지는 바다에 답하는 해양공학



김민지, 이재용 (국립부경대학교 해양공학과)

이예원, 이승현 (한양대학교 해양융합공학과)

콘크리트 장벽을 넘어, 생태적 회복력으로 향하는 해양공학

지구온난화로 인한 기후변화는 해양 환경의 지형을 근본적으로 바꾸어 놓고 있다. 해수면 상승 속도가 빨라지고 태풍과 강풍에 의한 고파랑 발생 빈도가 늘면서, 전 세계 연안은 극심한 침식과 침수 피해에 노출되어 있다. 국내 연안도 예외는 아니어서, 특히 동해안을 중심으로 해안선 후퇴와 백사장 유실이 심각한 사회적·경제적 문제로 떠올랐다.

지금까지 이러한 해양 재해에 맞선 대응은 대부분 호안벽, 방파제, 삼각블록(Tetrapod) 같은 콘크리트 중심의 인공 구조물, 이른바 하드 엔지니어링(Hard Engineering)에 의존해 왔다. 이 방식은 구조물 후면의 파랑 에너지를 단기적으로 차단하는 데는 효과적이었지만, 장기적으로는 명확한 한계를 드러냈다. 수직 구조물에 부딪힌 입사파는 강한 반사파를 만들어 구조물 기초부의 세굴을 가속화하고, 파동 에너지를 자연스럽게 소산시키지 못한 채 인접 연안으로 그대로 전가해 주변 지역의 침식을 오히려 심화시키는 부작용을 낳았다. 여기에 조류와 물질 순환 체계까지 가로막으면서 수질 악화와 생태계 훼손이라는 또 다른 문제도 함께 불거졌다.

이런 한계는 해양공학 분야에 새로운 질문을 던진다. 파도의 힘을 억지로 막아서는 강제 중심의 방어선 구축에서 벗어나, 생태적 접근과 공학적 설계 기술을 함께 고려하는 융합적 해양공학으로 전환해야 한다는 것이다. 자연의 역학적 프로세스를 이해하고 이를 그대로 활용하는 이 새로운 시각은 기후위기 시대 연안 방재의 핵심 대안으로 주목받고 있다.

연안을 살리는 자연기반해법(NBS)과 친환경 연안 구조물

자연기반해법과 리빙쇼어라인

자연기반해법(Nature-based Solutions, NBS)은 자연 생태계의 기능과 구조를 보존·복원하거나 모방해 기후변화와 연안 재해에 대응하는 기술을 뜻한다. 네덜란드를 중심으로 발전한 'Building with Nature' 개념도 같은 맥락에 있다. 자연의 동역학적 메커니즘을 억누르는 대신 공학적 수단으로 흡수하고 활용하는 접근으로, 파랑과 조류 같은 물리적 흐름, 퇴적물 이동, 생물 서식지 복원을 하나의 유기적인 연안 시스템으로 통합한다.

이 개념이 가장 뚜렷하게 구현된 사례가 리빙쇼어라인(Living Shoreline)이다. 콘크리트 수직 옹벽 대신 염생습지, 자갈, 갯벌, 굴 패각 등

〈굴 패각 리프〉



(출처: Martin County, Florida, Public Works – Coastal Management)

(Oyster Reef) 같은 자연 소재와 생물적 요소로 해안 경계면을 완만하게 조성하는 기법이다. 수직 호안에 부딪힌 파도가 에너지를 상쇄하지 못하고 해저 모래를 그대로 쓸어가는 것과 달리, 완만한 경사는 파랑이 쇄파되는 구역을 넓게 만들어 단위 면적당 에너지 소산율을 높인다. 굴 패각 둑은 투과성 인공 리프 역할을 하며 파랑의 투과율을 낮추고, 해안선 근처의 마찰 저항을 높여 정체수역을 형성함으로써 부유 물질의 침전을 유도한다.

식생과 생태 블록의 역할

염생식물, 잘피 같은 해조류, 망그로브 등 연안 식생 군락을 활용하는 방식도 널리 연구되고 있다. 물속의 식생 줄기와 잎은 흐름에 저항하는 항력을 작용시켜 유속을 줄이고, 식생의 밀도와 유연성에 따라 파고 감소율이 커진다. 뿌리 매트릭스는 바닥 전단응력을 낮춰 침식을 막고 퇴적물을 고정하는데, 이 과정에서 이산화탄소를 흡수·저장하는 블루카본 자원으로서의 가치도 함께 지닌다.

완전히 자연 소재만으로 대응하기 어려운 고파랑 해역에는 기존 콘크리트 구조물에 생태적 기능을 더한 생태 블록이 활용된다. 표면이 매끈한 일반 삼각블록과 달리, 생태 블록은 표면 거칠기를 의도적으로 높이고 미세 포켓과 다공성 구조를 만든다. 파랑이 부딪힐 때 미세 난류가 다량

〈생태 블록〉



(출처: Surfaces Reporter)

발생해 에너지가 효과적으로 분산되고, 알칼리성을 낮춘 친환경 콘크리트 소재는 해조류와 부착생물이 정착하기 쉬워 구조물 자체가 하나의 인공 리프로 기능하게 된다.

침식 저감과 생태계 복원, 두 마리 토끼

이러한 친환경 연안 구조체들의 가치는 방재 기능에만 그치지 않는다. 파랑 에너지를 구조물의 파괴 위험 없이 자연스럽게 소산시켜 연안 구조물의 안정성을 장기적으로 유지하고, 유속 감소는 유입된 모래와 미세 퇴적물의 재유출을 막아 자연적인 지형 안정화를 돕는다. 동시에 복원된 습지와 식생 구조체는 해양 생물의 산란·서식 공간이 되어 생물다양성 회복에 기여하며, 수온과 염도, 물질 순환을 가로막지 않아 하드 엔지니어링이 낳았던 수질 악화 문제도 최소화한다.

콘크리트 구조물 중심의 전통적 대응은 반사파에 의한 세굴과 침식 전가라는 명확한 한계를 드러냈다. 이에 대한 대안인 자연기반해법(NBS)과 'Building with Nature'는 자연의 역학적 흐름을 억압하지 않고 방재의 동력으로 활용하는 해양공학의 패러다임 전환이다. NBS는 쇄파 유도, 항력을 이용한 유속 감소, 난류 발생을 통한 에너지 소산 등 정밀한 유체역학적 메커니즘에 기반한다. 이를 통해 파랑 에너지 감쇄, 퇴적물 포집을 통한 지형 안정화, 블루카본(Blue Carbon) 격리라

는 삼중의 시너지를 동시에 달성한다. 향후 대한
민국 해양공학은 동해의 고파랑과 서남해의 갯벌
등 국내 연안 특성에 맞춘 한국형 NBS 설계 기준
수립과 장기 수리·생태 모니터링 기술 고도화로
나아가야 한다. 자연을 통제 대상이 아닌 동반
자로 삼는 이 전환이야말로 기후위기 시대 연안
을 지속 가능하게 지켜낼 해양공학의 본질이다.

보이지 않는 바다를 읽다: 수면 아래의 변화를 예측하는 해양공학

여름철 수온이 오르고 해수의 성층이 강해지
는 동안, 저층에서는 산소 공급이 줄어든다. 육상
에서 유입되거나 표층에서 생성된 유기물이 바닥
으로 가라앉아 분해되면 남아 있던 산소도 빠르
게 소모된다. 그렇게 형성된 빈산소수괴는 뚜렷
한 흔적을 남기지 않은 채 해저 생태계와 수산생
물의 생존을 위협한다.

자연기반해법이 파랑과 침식으로부터 연안의
경계를 지키는 기술이라면, 수면 아래에서 진행
되는 변화를 미리 파악하는 일은 또 다른 해양공
학의 과제다. 넓고 끊임없이 움직이는 바다를 한
정된 관측 정점만으로 계속 살피기는 어렵다. 그
렇다면 직접 내려다볼 수 없는 바닷속 변화를 어
떻게 더 넓고 빠르게 알아낼 수 있을까.

국립부경대학교 해양산업개발연구소 박성식
박사는 이 질문에 답하기 위해 위성 원격탐사와
기계학습을 활용해 저층 용존산소를 예측하는 연
구를 진행했다. 위성은 바다의 표면을 관측하지
만, 그 표면에는 수온과 식물플랑크톤, 유기물처
럼 저층 환경과 이어지는 여러 정보가 담겨 있다.
박성식 박사는 이러한 표층 정보와 현장에서 측
정한 저층 용존산소 자료를 연결해 두 자료 사이
의 관계를 기계학습 모델이 학습하도록 했다. 직
접 관측하기 어려운 바다 밑의 상태를 표층 자료
로 예측하고자 한 것이다.

그 보이지 않는 변화를 놓치지 않기 위해, 오
랜 시간 바다가 남긴 흔적을 따라 빈산소수괴를
살펴온 박성식 박사. 바다 깊은 곳에서 일어나는

현상에 어떻게 다가갔고, 그 과정에서 어떤 가능
성을 발견했는지 그의 이야기를 들어보았다.

Q. 빈산소수괴는 어떤 현상이며, 표층이 아닌 저층 용존산소에 주목한 이유는 무엇인가?

A. 빈산소수괴는 해수의 용존산소(Dissolved
Oxygen, DO) 농도가 해양생물이 정상적으
로 살아가기 어려운 수준까지 낮아진 수괴
를 의미한다. 여름철 수온 상승과 일사량 증
가로 성층이 형성되면 표층과 저층 사이의 해
수 혼합이 억제되어 저층으로의 산소 공급이
감소한다. 여기에 육상에서 유입되거나 표층
에서 생성된 유기물이 저층에 쌓이고, 미생물
이 이를 분해하는 과정에서 산소가 소모된다.
이러한 상태가 장기간 지속되면 저서생물의 폐
사와 서식지 훼손으로 이어지고, 양식업과 어
업에도 피해를 줄 수 있다. 빈산소수괴가 주로
저층에서 발생하기 때문에 이를 조기에 탐지하
려면 실제 발생 지점인 저층의 용존산소 농도
를 파악하는 것이 중요했다.

Q. 기존 관측 시스템에는 어떤 한계가 있었으 며, 이를 보완하기 위해 기계학습을 활용한 이 유는 무엇인가?

A. 기존 현장 관측은 사람이 선박을 이용
해 고정된 정점에서 직접 조사해야 하므
로 시간과 비용이 많이 소요된다. 관측
할 수 있는 시기와 공간도 제한적이기 때
문에 넓은 해역에서 시시각각 변하는 빈
산소수괴에 신속하게 대응하기 어렵다.
이를 보완하고자 천리안 해양관측위성의 해상
색 센서(Geostationary Ocean Color Imager, GOCI)
자료를 활용했다. 다만 해양의 용존산소 농도
는 수온과 성층, 유기물, 생물 활동 등 여러 요
인의 영향을 복합적으로 받는다. 단순한 모델
만으로는 이러한 관계를 충분히 설명하기 어려
워 복잡한 해양자료에 유연하게 대응할 수 있
는 기계학습 모델을 도입했다. 그중에서도 가

우시안 과정 회귀(Gaussian Process Regression, GPR)를 활용해 저층 용존산소 농도를 예측하고자 했다.

Q. 표층 위성자료로 저층 환경을 예측할 수 있다는 가능성은 어디에서 확인했는가?

A. 연구를 시작할 당시에는 표층자료만으로 저층의 상태를 얼마나 설명할 수 있을지 확신하기 어려웠다. 위성이 관측하는 것은 바다의 표면이고, 알고자 했던 것은 직접 보이지 않는 저층의 환경이었기 때문이다. 처음에는 가능성을 확인해 보자는 생각으로 연구를 시작했다. 그러나 본격적인 모델 개선 이전의 초기 단계에서도 예상보다 높은 예측 성능을 확인할 수 있었다. 수면의 정보가 바다 밑의 변화를 모두 설명할 수는 없더라도, 그 변화를 추적할 단서가 될 수 있음을 확인한 것이다. 이후 자료를 정리하고 예측변수와 모델을 단계적으로 다듬으며 연구를 본격화했다.

Q. 이러한 가능성을 실제 모델로 구현하는 과정에서 가장 많은 노력이 필요했던 부분은 무엇인가?

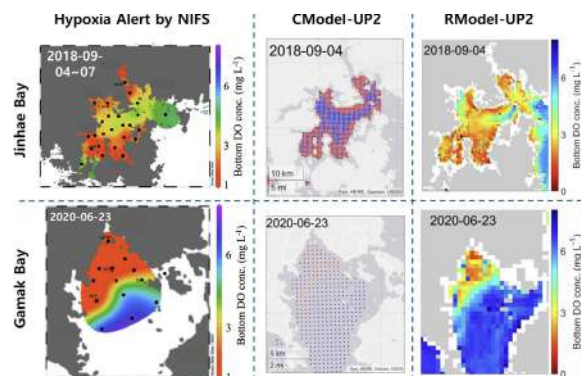
A. 가장 많은 시간이 필요했던 것은 위성자료를 수집하고 전처리하는 과정이었다. 천리안 위성과 Aqua-MODIS 자료는 파일의 수와 용량이 방대하지만, 당시에는 필요한 기간의 자료를 한 번에 내려받을 수 있는 환경이 충분하지 않았다. 자료 제공 사이트에 접속해 필요한 파일을 하나씩 내려받았던 기억이 남아 있다. 이후 서로 다른 시간과 공간에서 수집된 위성자료를 통합하고, 현장 용존산소 관측 정점과 날짜에 맞춰 Mapping해야 했다. 관측 조건에 따라 발생한 결측치를 걸러내고 실제 모델 학습에 사용할 수 있는 하나의 자료로 만드는 과정에도 많은 시간이 들었다. 최종적으로 드러

나는 것은 모델의 성능이지만, 그 결과에 도달하기까지는 방대한 자료를 반복해서 확인하고 정리하는 과정이 필요했다.

Q. 이렇게 구축한 자료를 바탕으로 어떤 모델을 개발했으며, 주요 결과는 무엇인가?

A. 최종적으로 두 가지 모델을 개발했다. 첫 번째는 저층 용존산소 농도를 연속적인 값으로 예측하는 GPR 회귀모델이며, 두 번째는 용존산소 농도 3 mg/L를 기준으로 빈산소수괴의 발생 여부를 판별하는 신경망(Neural Network) 분류모델이다. GPR 모델은 예측변수 최적화와 해석별 분리 학습을 거쳐 결정계수(R^2) 0.79를 기록했다. 분류모델에는 빈산소 발생 자료의 비율이 낮은 문제를 보완하기 위해 합성 소수 클래스 과표집 기법(Synthetic Minority Oversampling Technique, SMOTE)을 적용했으며, 빈산소 발생 탐지 정확도는 85.7%로 나타났다. 회귀모델은 저층 용존산소의 전반적인 분포와 변화를 파악하고, 분류모델은 빈산소수괴의 발생 여부를 직접 판별한다. 하나의 모델로 모든 문제를 해결하기보다, 예측하려는 대상과 활용 목적에 맞춰 각각의 모델을 개발한 것이다.

〈분류 · 회귀모델의 빈산소수괴 예측 결과〉



(출처: Park et al., 2026)

Q. 정확도를 높이는 과정에서 기억에 남는 시행착오는 무엇인가?

A. 회귀모델의 정확도를 높이기 위해 국내 연안을 5개 생태해역으로 나누어 각 해역의 자료를 별도로 학습시켰고, 실제로 성능이 크게 개선되었다.

이 결과를 바탕으로 분류모델에도 같은 해역별 분리 학습을 적용하고자 했지만, 자료의 분포가 제약으로 작용했다. 예를 들어 동해 자료에는 관측 기간 동안 빈산소수와 발생 사례가 없어 발생과 미발생을 구분하는 분류모델 자체를 학습시킬 수 없었다. 회귀모델에서 효과적이었던 방법이 분류모델에서는 자료의 조건 때문에 적용되지 못한 것이다. 아쉬움은 남았지만, 동시에 어떤 해역에서 어떤 자료를 더 확보해야 하는지도 분명해졌다. 향후 다양한 해역에서 빈산소 발생 자료가 충분히 축적된다면 다시 시도해 보고 싶은 과제로 남아 있다.

Q. 이 기술이 현장에 적용된다면 현재의 모니터링 방식은 어떻게 달라질 수 있을 것으로 보는가?

A. 가장 큰 변화는 관측의 시공간적 한계를 보완하고, 현장 조사에 필요한 시간과 비용을 획기적으로 줄일 수 있다는 점이다. 기존에는 연구진이 직접 선박을 이용해 고정된 정점에서 관측해야 했기 때문에 넓은 해역의 변화를 연속적으로 파악하기 어려웠다. 반면 위성자료를 활용하면 더 높은 시공간적 해상도(Spatiotemporal Resolution)로 넓은 해역에서 시시각각 발생하는 저층 용존산소의 변화와 빈산소수괴의 발생 가능성을 실시간에 가깝게 파악할 수 있다.

이를 통해 관리가 필요한 해역을 보다 효율적으로 선정하고, 빈산소수괴에 더욱 신속하게 대응할 수 있다. 궁극적으로는 생태계와 어

업 피해를 줄이기 위한 조기경보 시스템(Early Warning System)의 기반 기술로 발전할 수 있을 것으로 생각한다.

Q. 이번 연구가 해양공학 분야에서 갖는 의미는 무엇이라고 보는가?

A. 전통적인 해양 관측 방식이 가진 물리적·시공간적 한계를 인공지능(Artificial Intelligence, AI)과 위성 원격탐사(Satellite Remote Sensing) 기술의 융합으로 보완했다는 데 의미가 있다. 이는 기존 현장 관측만으로는 시도하기 어려웠던 고해상도 저층 해양환경 예측을 수행함으로써, 넓은 해역의 저층 용존산소 분포를 살펴보고 연안 빈산소수괴를 선제적으로 모니터링할 수 있는 기술적 기반을 마련했다고 볼 수 있다. 나아가 관측이 어려웠던 저층 해양환경을 새로운 방법으로 살펴볼 수 있었다는 점에서도 의미가 있다고 생각한다.

Q. 앞으로의 연구 계획과 해양공학 연구자를 꿈꾸는 학생들에게 전하고 싶은 말은 무엇인가?

A. 현재는 기후변동과 이상해황, 그리고 이러한 변화가 해양환경과 생태계, 어업에 미치는 연쇄적인 영향을 연구하고 있다. 전 지구적인 기후변동은 지역별 기상과 해양환경을 변화시키고, 이는 다시 해양생물의 생존과 분포에 직접적인 영향을 미친다. 이러한 영향은 궁극적으로 어업 활동과 지역 경제, 나아가 우리의 삶으로 이어진다. 앞으로는 기후·해양·생태계의 반응을 하나의 흐름으로 이해하고, 그 연쇄적인 영향을 종합적으로 예측하는 연구로 확장해 나아가고자 한다.

해양공학을 공부하는 학생들이 전통적인 지식과 새로운 기술 가운데 어느 한쪽에만 치우치지 않았으면 한다. 역학과 현장 실험에 대한 지식은 바다를 이해하는 단단한 기초가 되며, 인공지능과 데이터 분석(Data Analysis)은 이전에

는 접근하기 어려웠던 문제를 살펴볼 수 있게 하는 새로운 도구이자 무기가 될 수 있다. 즉, 전통적인 지식에 새로운 기술을 더해 바다의 문제에 접근한다면, 바다를 더 깊이 이해하고 새로운 가능성을 열어갈 수 있다고 생각한다.

〈참고 문헌〉

- Temmerman, S., et al. (2013). "Ecosystem-based coastal defence in the face of global change." **Nature**, 504(7478), 79-83.
- de Vriend, H. J., et al. (2015). "Building with Nature: Contemporary Dutch coastal engineering policy and practice." *Journal of Hydro-environment Research*, 9(1), 160-172.
- IPCC (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report (Chapter 3: Oceans and Coastal Ecosystems)*.
- Mendez, F. J., & Losada, I. J. (2004). "An empirical model to estimate wave attenuation due to vegetation over a sloping bed." *Coastal Engineering*, 51(11-12), 1103-1118.
- Möller, I., et al. (2014). "Wave attenuation over coastal salt marshes under storm surge conditions." *Nature Geoscience*, 7(10), 727-731.
- Nepf, H. M. (2012). "Flow and transport in vegetated riverine and coastal waters." *Journal of Hydraulic Research*, 50(3), 262-279.
- Scyphers, S. B., et al. (2011). "Oyster Reefs as Natural Breakwaters Mitigation of Shoreline Erosion in Low-Energy Environments." *PLoS ONE*, 6(8), e22396.
- Gittman, R. K., et al. (2016). "Engineering away our natural defenses: an analysis of shoreline hardening in the US." *Ecological Applications*, 26(3), 764-777.
- Firth, L. B., et al. (2014). "Between a rock and a hard place: Environmental opportunities offered by coastal defence structures." *Journal of Applied Ecology*, 51(5), 1215-1223.
- Strain, E. M., et al. (2018). "Eco-engineering of coastal infrastructure for biodiversity and ecosystem services." *Global Ecology and Biogeography*, 27(1), 72-85.
- Duarte, C. M., et al. (2013). "The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation." *Nature Climate Change*, 3(11), 961-968.
- Macreadie, P. I., et al. (2019). "The future of Blue Carbon science." *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(1), 63-74.
- Park, S., Lee, T., & Kim, K. (2026). High-resolution spatio-temporal monitoring of coastal hypoxia using machine learning models and GOCI-MODIS satellite data. *Marine Pollution Bulletin*, 222, 118871.
- 박성식, & 김경희. (2024). 기계학습 기법과 해석 위성 자료를 이용한 실시간 저층 용존산소농도 산출기술 개발 연구. *Journal of the Korean Society for Marine Environment & Energy-Vol*, 27(2), 71-78.
- 박성식, & 김경희. (2023). 천리안 위성과 가우시안 과정 회귀를 이용한 COVID-19 팬데믹에 따른 식물성 플랑크톤의 대량 증식과 용존산소 농도 변화 모니터링. *Journal of the Korean Society for Marine Environment & Energy-Vol*, 26(1), 57-65.

AI가 바꾸는 선박 설계의 미래



서 준 우 (부산대학교 조선해양공학과)



홍 정 민 (국립한국해양대학교 해양공학과)

1. 선박 설계 분야의 AI 도입 배경

선박설계는 개념설계, 기본설계, 상세설계, 생산설계로 이어지는 긴 반복 과정이고, 각 단계에서 선형, 배치, 구조, 추진, 안전, 환경 규정을 동시에 만족시켜야 한다. 이 때문에 CFD, 구조해석, 규정검토, 생산성 검토를 모두 사람이 수행하면 계산비용과 검토 시간이 크게 증가한다. 실제로 해양공학 분야의 최적설계에서는 선박, 프로펠러, 선수/선미 형상 등에서 시뮬레이션 기반 최적화가 광범위하게 활용되고 있으나 계산 부담이 여전히 큰 병목이고, 선박설계 디지털 전환 관련 문헌도 설계-해석-제작 데이터의 단절을 핵심 문제로 지적한다.

AI가 특히 강점을 보이는 지점은 '반복이 많고, 데이터가 쌓이며, 빠른 대안 비교가 필요한 구간'이다. 예를 들어 초기설계에서는 수백~수천 개 대안을 검토해야 하는데, 이때 AI 대리모델이 CFD나 구조해석 일부를 대신하면 탐색 속도를 크게 높일 수 있다. 실제로 국내 연구에서는 HEEDS의 SHERPA 알고리즘과 STAR-CCM+를 연계해 소형 쌍동선의 주요 치수를 최적화한 이력이 있다.

2. 국내 주요 조선사 (HD현대중공업, 삼성중공업, 한화오션)의 AI 도입 현황

2.1. HD현대중공업

HD현대는 'Twin FOS(Future Of Shipyard)' 기반 설계, 생산 일관화 통합 플랫폼, 지능형 설계 시스템, 맞춤형 3D 정보 서비스, 디지털 트윈, IoT 기반 생산/물류 스마트화를 제시했다. 또 설계부터 생산, 공급망, 품질, 유지보수까지를 3D 단일 데이터로 통합하는 차세대 마린 플랫폼 및 설계, 생산 통합 플랫폼을 강조했다. 즉 HD현대의 특징은 'AI 설계 단품'보다 '설계-생산 일관화 전체 체계'에 가깝다.

2.2. 삼성중공업

삼성중공업은 2019년부터 설계, 생산, 업무 전 분야 스마트화를 추진해 왔고, 대화형 설계 챗봇 SBOT, 설계, 구매, 생산을 연결하는 S-EDH, 설계 자동화 플랫폼 S-EDP를 전개하고 있다. S-EDP는 디지털 정보를 자동 저장, 공유하고, 도면, 문서, 계산서 자동 작성과 실시간 협업을 지원하며, 2030년까지 설계 자동화율을 2배 이상 높이는 것이 목표로 제시되었다. 동시에 배관 설계부터 물류, 가공, 용접까지 통합하는 파이프

로보팩은 설계데이터와 AI, 로봇 생산을 직접 연동한 사례다.

2.3. 한화오션

한화오션은 AI, IoT, 빅데이터 기반 스마트야드, 디지털 트윈 기반 생산체계, 그리고 특수선/함정 중심의 AI 기반 전산설계, 시뮬레이션 방향을 제시하고 있다. 2020년에는 전 세계 조선업 최초로 열간가공 작업에 AI 기술을 접목한 로봇 ‘곡누리’를 개발, 현장에 적용했다. 작업 환경을 개선하면서 표준화된 빅데이터와 AI 기술을 활용해 저숙련자도 고품질 제품을 생산할 수 있는 인공지능형 로봇이다. 따라서 한화오션은 ‘상용 설계 SW 브랜드’보다 ‘스마트야드와 함정 설계, 운용, MRO 통합 AI’ 쪽에 무게가 실려 있다고 볼 수 있다.

〈초소형 용접 로봇 ‘캐디’〉



(출처: 한화오션)

3. 부산대학교 선박설계생산연구실 인터뷰

산업계의 AI 도입 사례에 이어, 실제 연구 현장에서 선박 설계와 AI의 융합이 어떻게 이루어지고 있는지 알아보기 위해 부산대학교 선박설계생산연구실 소속 대학원생과 인터뷰를 진행하였다.

Q. AI의 핵심이 되는 알고리즘 또는 이론은?

A. AI 설계에서는 알고리즘도 중요하지만, 가장 기본이 되는 것은 데이터이다. AI는 데이터를 기반으로 학습하기 때문에 어떤 데이터를 입력하느냐에 따라 결과의 품질이 크게 달라진다. 원하는 답에 가까운 결과를 얻으려면 단순

히 많은 데이터를 확보하는 것뿐만 아니라, 정확하고 편향이 적으며 목적에 적합한 양질의 데이터를 구축해야 한다.

활용되는 알고리즘에는 DNN, CNN, GNN, 강화학습 등 여러 종류가 있다. 최근에는 LLM을 기반으로 사용자의 입력을 이해하고 필요한 작업을 수행하는 AI 에이전트 기술도 활발하게 연구되고 있다.

따라서 모든 AI 설계에 공통으로 적용되는 하나의 핵심 알고리즘이 따로 있다고 보기는 어렵다. 각 알고리즘마다 특성과 장단점이 다르기 때문에, 연구자는 해결하려는 문제와 데이터의 형태를 분석한 뒤 가장 적합한 알고리즘을 선택하거나 여러 알고리즘을 결합하는 전략을 세워야 한다. 결국 AI 설계의 핵심은 양질의 데이터를 확보하고, 문제의 목적에 맞는 알고리즘을 적절하게 선택하고 조합하는 데 있다고 생각한다.

Q. 연구실에서 진행된 'AI 기반의 일원화된 선박의 선형, 구획, 기본계산, 적하지침 설계시스템 기술개발' 국책 과제에 대한 주요 내용은 무엇인가?

A. 과제의 목표는 선박 설계 및 시스템 개발 전문기업과 선박 분야의 인공지능 적용 기술 및 오픈소스 기반 성능해석 핵심기술을 보유한 대학이 공동연구개발을 통해 인공지능 기반의 일원화된 선박 기본설계 시스템을 개발하는 것이다. 구체적으로는 선형설계, 성능해석, 구획설계, 기본계산, 적하지침 소프트웨어를 하나의 시스템으로 통합하여 고가의 외산 소프트웨어를 대체하고, 비교적 저렴한 비용으로 공급할 수 있는 고성능 선박 기본설계 시스템을 개발하는 것을 목표로 한다.

또한 소프트웨어 공인인증, 시스템 적용 결과에 대한 유효성 검증, 국내 조선사와 선박설계업체를 대상으로 한 기술지원 방안 마련 등을 함께 진행했다. 최종적으로는 소프트웨어 플

랫폼을 구축하고, 이를 활용한 기술적, 경제적 사업화 모델을 제시하는 것을 목표로 했다.

이 과제의 주관 연구개발기관이었던 마린테크인은 선박 설계, 해석 지원과 관련 시스템 개발을 수행하는 기업이다. 실제 선박의 기본설계 과정에 필요한 타와 추진기 등의 개략 사양 도출, 중량 추정 및 경하중량 분포 산정, 중앙 횡단면도 생성, 단면계수 계산 등의 기능을 추가로 개발했다.

Q. AI 시대에 선박설계 엔지니어에게 필요한 역량은?

A. AI 시대의 선박설계 엔지니어에게 가장 먼저 필요한 역량은 선박에 대한 전문지식이라고 생각한다. 최근 선박 설계 분야에도 AI 기술이 활발하게 도입되고 있지만, AI가 제시한 결과를 실제 설계에 적용하고 그 타당성을 판단하려면 선박 구조, 유체역학, 선박계산, 생산설계 등 전공 분야에 대한 기본적인 이해가 반드시 필요하다. 선박 설계는 어느 한 분야의 지식만으로 수행되는 것이 아니라 여러 분야의 엔지니어가 협업하여 완성하는 업무이다. 따라서 선박설계 엔지니어가 되기 위해서는 각각의 전공과목을 개별적으로 공부하는 것뿐만 아니라, 과목에서 배운 내용이 실제 설계 과정에서 어떻게 연결되고 활용되는지를 종합적으로 이해하는 것이 중요하다.

이제는 선박 설계 업무에서도 AI를 배제하기 어려운 시대가 되었기 때문에 AI의 기본 원리와 활용 방법을 이해하는 역량도 필요하다. 반드시 석, 박사 수준으로 AI 모델을 직접 연구하거나 개발하지 않더라도, ChatGPT와 같은 생성형 AI 도구를 업무에 적절히 활용하는 것 역시 하나의 중요한 능력이라고 생각한다. 질문에 어떤 정보와 조건을 포함하느냐에 따라 답변의 품질이 달라질 수 있으므로, 원하는 결과를 얻을 수 있도록 구체적으로 질문하고 결과의 정확성을 검토하는 능력이 필요하다.

선박설계 엔지니어가 직접 AI 시스템을 개발하는 경우도 있지만, 조선소에서 대학이나 전문기업에 기술 개발을 의뢰하거나 협업해야 하는 경우도 있다. 이때 AI 기술의 특성과 적용 가능성을 어느 정도 이해한 상태에서 요구사항을 전달한다면 더욱 정확하고 효율적인 협업이 가능하다. 결국 선박에 대한 전문지식을 바탕으로 AI 기술을 이해하고 적절히 활용할 수 있는 사람이 산업 현장에서 실질적인 도움을 줄 수 있는 선박설계 엔지니어가 될 수 있다고 생각한다.

〈참고 문헌〉

1. HD현대중공업 공식 홈페이지
2. 삼성중공업 공식 홈페이지
3. 한화오션 공식 홈페이지

Opinion: 2020년 이후 중국 조선산업 산업생태계 변화와 주요기업 사례



김영훈 (경남대학교 기계공학부 교수)

2020년 이후 중국 조선산업은 세계 조선시장에서 생산량과 수주량을 확대하는 동시에 산업생태계의 질적 구조에서도 상당한 변화를 보이고 있다. 과거 중국 조선산업은 중국선박그룹(CSSC)을 비롯한 대형 국유조선그룹과 벌크선·탱커·컨테이너선 등 범용 상선의 대량 건조를 중심으로 성장하였다. 그러나 2020년대 들어서는 대형 민간자본의 조선업 신규 진입, LNG·메탄올·CO₂ 운반선 등 친환경·고부가가치 선박 확대, 배터리·전력전자기업의 조선기자재 시장 진입, 전문 엔지니어링기업의 육성, 조선전용 CAD·PLM 등 산업소프트웨어의 독자개발이 동시에 진행되고 있다.

OECD는 중국 조선산업을 단순 조선소 생산능력 뿐만 아니라 무역·금융·재정·산업정책이 상호 연결된 산업구조로 분석하고 있다. 특히 2023년 이후 중국은 CGT 기준 세계 선박 인도의 약 절반을 차지하고 있으며, 2025년에는 세계 수주잔량의 약 60%를 차지할 정도로 생산기반이 확대되었다.

또한 글로벌 해운시장에서의 탈탄소화가 본격화되면서 선박의 경쟁요인이 선체 건조가격뿐 아니라 대체연료, 에너지관리, 배터리, 전력시스템 및 디지털 운항기술로 확대되고 있다. UNCTAD

는 2025년 신규 발주선박 총톤수의 절반 이상이 대체연료를 사용할 수 있는 선박으로 전환됐다고 분석한 바 있다. 2020년 이후 중국 조선산업 산업생태계의 주요 특징적 변화를 기업 사례를 통해 보면 다음과 같다고 판단된다.

첫째, 산업생태계의 폭이 확대되고 있다. 과거 조선소와 전통적 기계 기자재업체 중심이던 생태계에 배터리, 전력전자, 산업소프트웨어, AI, 해상풍력, 탄소포집·저장 등 새로운 산업이 참여하고 확장되고 있다. 둘째, 생태계의 연결성이 강화되고 있다. CATL 전기선박기술(CATL Electric Ship Technology Co., Ltd., 宁德时代电船科技有限公司)의 사례에서 나타나듯 배터리 제조기업이 단순 제품판매에서 벗어나 전기추진, 조선소, 충전·교환 인프라, 운항관리와 클라우드를 하나의 시스템으로 연결하고 있다. 셋째, 제품구조가 고부가가치·친환경 선박으로 이동하고 있다. 형리중공업의 초대형 가스선·VLCC, 다렌선박해양공정의 LCO₂ 운반선 등이 대표적이다. 특히 LCO₂ 운반선의 시리즈 건조는 중국 조선산업이 새로운 CCS 해상운송시장에서도 생산경험을 축적하기 시작했음을 보여준다. 넷째, 경쟁력의 기반이 하드웨어 생산능력에서 설계·SW·시스템 통합까지 확대되고 있다. CSSC 하이저우시스템

기술의 珊瑚 Marine 및 虎魄 PLM 개발은 이러한 변화를 대표적으로 보여준다. 즉, 우선 조선산업 생태계에서의 주요 변화로는,

대형 국유조선소 중심에서 민간 대기업의 신규 진입으로 확대

2020년 이후 나타난 주요 특징으로는 우선 기존 국유조선그룹 중심의 생산구조에 대규모 민간 제조기업이 새롭게 참여하고 있다는 점이다. 대표적인 사례는 형리중공업(Hengli Heavy Industry, 恒力重工)이다. 형리그룹은 본래 섬유·석유화학을 주력으로 성장한 중국의 대형 민간기업으로, 2022년 기준 STX다렌조선소 자산을 활용하여 본격적으로 조선산업에 재진입하였다. 이후 1단계 생산시설인 해양공장(海洋工厂)에 이어 2단계 미래공장(未来工厂)을 건설하면서 조선 생산능력을 빠르게 확대하였다. 2단계 미래공장은 17개의 초대형 생산공장과 200만㎡ 이상의 건축면적을 갖추고 초대형 컨테이너선, VLCC, 초대형 액화가스운반선 및 고부가 해양플랜트 생산을 목표로 하고 있다. 또한 형리중공업은 자체 설계·개발한 30.6만DWT급 VLCC 건조에도 진입하였다. 2026년 6월 현재까지 61척을 인도하였고, 2026년 8월초 기준 361척, 약 1,346만CGT의 수주잔량을 확보하고 있다. 이중 초대형액화암모니아운반선(VLAC) 8척이 포함되어 있다. 이는 민간기업의 신규 진입이 단순 범용선 생산능력 확대가 아니라 초대형·고부가 선박 생산으로 연결되고 있음을 보여준다. 즉, 이 사례는 중국 조선산업의 산업생태계가 기존의 ‘국유조선그룹 중심’에서 국유조선그룹과 대형 민간제조기업이 병존하는 구조로 변화하고 있음을 보여주는 대표적인 사례라 할 수 있다.

범용 상선 중심에서 친환경·고부가가치 선박으로 확대

조선산업 산업생태계측면에서 주요한 변화는 기존 벌크선·탱커·컨테이너선 중심의 생산기

반을 유지하면서 LNG·LCO₂·메탄올 등 친환경·특수선으로 생산영역을 확대하고 있다는 것이다. 대표적인 기업은 다렌선박해양공정(Dalian Shipbuilding Offshore Engineering Co., Ltd., 大连船舶海洋工程有限公司)이다.

동 회사는 기존 해양플랜트사업 기반을 승계한 기업으로, Jack-up, Semi-submersible, Drillship, FPSO 등의 해양플랜트 기술을 기반으로 최근에는 액화CO₂운반선 등 친환경 특수선으로 사업영역을 확대하고 있다. 대표적인 기술개발 사례가 7,500m³급 액화CO₂운반선으로 약 130m 길이와 21.2m 폭을 가지며, 특수재료로 제작된 전압식 C타입 액화CO₂화물탱크를 적용하였다. 또한 LNG와 Marine Gas Oil을 사용하는 이중연료엔진, 수·글리콜 화물계통, Rotor Sail, Air Lubrication, 촉발전기 및 배기가스 모니터링 기술 등을 적용하여 EEDI Phase III 기준에 대응하도록 설계되었다. 2026년 현재까지 7,500m³급 액화CO₂운반선을 총 5척 인도하였다. 이는 중국 조선산업이 LCO₂운반선과 같은 새로운 탄소포집·저장(CCS) 관련 선박에서도 시제품 단계에서 시리즈선 반복건조 단계로 이동하고 있음을 보여준다. 따라서 중국 조선산업의 제품구조는 종전의 범용 상선 중심에서 벌크선·탱커·컨테이너선 → LNG·LPG선 → 메탄올·대체연료선 → CO₂운반선·해양에너지선으로 확대되는 방향을 보이고 있다. 다음 조선기자재분야에서의 산업생태계 변화로는,

전통 기계 기자재에서 배터리·전력전자 기자재로 확대

과거 조선기자재 산업은 엔진, 프로펠러, 펌프, 밸브, 발전기, 갑판기계 등 기계장비 중심으로 구성되어 있었다. 그러나 전기추진선과 친환경선박이 확대되면서 최근에는 배터리, 전력변환장치, 전동기, 에너지관리시스템 및 운항데이터 플랫폼 등이 새로운 핵심 기자재로 등장하고 있다. 이러한 변화를 대표하는 기업이 CATL전기선

박기술(CATL Electric Ship Technology Co., Ltd., 宁德时代电船科技有限公司)이다. CATL은 자동차용 배터리를 중심으로 성장한 기업이지만 2022년 선박 전동화 전문법인을 설립하면서 조선산업에 본격 진입하였다. 이 회사가 의미 있는 이유는 자동차 배터리를 단순히 선박에 공급하는데 그치지 않고, 선박용 배터리와 전력·추진시스템을 하나의 통합시스템으로 개발하고 있기 때문이다.

2025년 CATL은 세계 최초라고 자사가 소개한 ‘선박-육상-클라우드(船-岸-云)’ 통합 전기선박 솔루션을 발표하였다. 선박 측에는 이중 회로 Box-type Power Source를 적용하고, 육상에서는 충전·배터리 교환 및 ‘Battery Bank’ 사업 모델을 구축하며, 클라우드에서는 배터리 상태와 선박 운항을 통합관리하는 구조이다. 해당 선박용 전원시스템은 CCS 뿐만 아니라 ABS, DNV, RINA, BV 등의 선급 인증을 확보했다. 구체적인 실증사례로는 ‘6006’순수전기 다목적화물선으로 길이 67.6m, 폭 12.66m, 약 2,000t급으로, 총 3,919kWh의 배터리시스템을 탑재하고 있다. 1회 충전으로 약 230km를 운항할 수 있고 약 15분 내 배터리 교환이 가능한 시스템을 적용하였다고 한다. 이러한 사례는 중국의 조선기자재 산업이 기계장비 공급 → 전기추진시스템 → 에너지 인프라 → 데이터 서비스로 확대되고 있음을 보여준다.

기자재기업의 플랫폼 사업자화

CATL 사례의 중요한 의미는 조선기자재 기업의 역할 자체가 변화하고 있다. 즉, 기존 조선기자재 공급관계는 일반적으로 기자재업체 → 조선소 → 선주의 선형적인 구조였으나 새로운 전기선박 생태계에서는 배터리 제조 → 전력·추진시스템 → 조선소 → 항만 충전·교환 → 선박운항 → 클라우드 데이터관리가 하나의 시스템으로 연결되고 있다. 따라서 중국에서는 향후 배터리기업과 조선소, 항만, 물류기업 및 전력회사가 하

나의 전기선박 산업생태계를 형성할 가능성이 높다. 이는 단순 기자재 국산화를 넘어 새로운 산업 간 융합을 통한 조선산업 외연의 확대라는 점에서 의미가 있다고 본다. 설계·엔지니어링 및 산업소프트웨어분야에서의 생태계변화를 보면,

국가급 종합 엔지니어링 플랫폼의 등장

2020년 이후 중국에서는 조선소 내부 또는 CSSC 산하 연구소에 집중되어 있던 설계·엔지니어링 기능과 별도로, 종합 시스템 엔지니어링을 담당하는 전문회사가 출범하고 있다. 대표적인 기업은 중국해양공정장비기술발전유한공사(China Offshore Engineering Equipment Technology Development Co., Ltd., 中国海洋工程装备技术发展有限公司)이다. 2021년 12월에 설립된 이 회사는 해양공정 개발의 선두이자 해양산업 생태계 집적자로 설명하고 있다. 즉, 단순 선박설계회사가 아니라 조선·해양, 에너지, 해운 및 장비기업의 기술을 결합하여 해양플랜트 전체 시스템 설계, 시스템 통합, 핵심장비 개발, 친환경 해양에너지, 심해 해양자원 개발 등을 수행하는 플랫폼형 엔지니어링 기업이라는 것이다. 이는 중국 조선산업의 기술개발 방식이 기존의 개별 조선소 자체개발에서 전문엔지니어링 플랫폼과 기업 간 공동개발로 확대되고 있음을 보여준다.

전문 선박설계기업의 고부가가치화

지역 기반 전문 설계회사에서도 변화가 나타나고 있다. 대표적인 기업은 장쑤 선박·해양공정 설계연구원(Jiangsu Ship and Offshore Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., 江苏船海工程设计研究院有限公司)을 들 수 있다. 이 회사는 최근 일반 상선설계 비중을 줄이고 풍력터빈 설치선(WTIV), 심해 해저케이블 포설선, 고부가 해양특수선 등으로 설계영역을 확대하고 있다. 2026년 상반기에는 10개 프로젝트, 총 42척의 설계계약을 확보했으며, 고부가 선종이 전체

계약의 28.5%를 차지하고 있다. 또한 AI를 적용한 선박설계 및 자동도면 생성(智能出图) 기술의 시험적 적용도 추진하고 있다. 이는 중국 전문선박설계업체의 역할이 기존의 상세·생산설계 지원에서 기본설계 → 고부가 특수선 설계 → 시스템 엔지니어링 → AI 활용 설계로 확대되고 있음을 보여준다.

조선 산업소프트웨어 생태계의 형성 : 독자적 조선용 CAD·PLM 개발

또한 산업생태계 변화에서 주목할 부분으로 조선산업용 소프트웨어를 독립적 전략산업으로 육성하기 시작했다는 점이다. 대표적인 기업이 CSSC하이저우시스템기술(CSSC Haizhou System Technology Co., Ltd., 中国船舶集团海舟系统技术有限公司)을 들 수 있다. CSSC가 2021년말 설립하여 조선산업의 독자 소프트웨어 개발을 통합 추진하기 시작하였다. 2024년 12월에는 珊瑚 Marine 2.0, 虎魄 PLM 2.0, 海星 Foundation 1.0의 자체 소프트웨어 제품을 개발하여 장난조선, 보하이조선, 우창조선 등 12개 기관과 적용협력 계약을 체결하였다. 2026년 현재 珊瑚 Marine이 '실험용 CAD'에서 실제 선박 생산설계로 진입(다렌조선이 1년 이상 실제 선박프로젝트에 적용)하고, 설계에서 '설계-생산 데이터 연결'로 확대 및 구조설계에서 의장전문분야로 확대되고 있다. 海星 Foundation 1.0의 확대형태로 2025년부터 '개별 SW'에서 '산업소프트웨어 공통 플랫폼' 전략으로 2025년 11월 중선하이저우는 중앙기업 산업소프트웨어 공통 기반 플랫폼(中央企业工业软件通用底座平台)을 새롭게 발표하였고 中石化石油工程设计有限公司, 武汉长江船舶设计院, 招商重工(江苏), CSSC 산하 7개 주요 기관이 공동 활용하고 있는 것으로 보인다. 이는 PLM과 CAD를 포함한 중선하이저우 제품군이 CSSC 내부 조선소 → 외부 설계원·해양공정기업으로 확대되고 있다는 의미이다. 이러한 움직임은 궁극적으로 CAD → CAE → CAM → PLM → 생산관리 →

Digital Twin으로 이어지는 조선설계·생산정보체계를 자국 산업소프트웨어 중심으로 구축하려는 전략으로 해석할 수 있다. 중국 조선산업의 경쟁력이 종전의 설비·생산능력 뿐만 아니라 설계데이터와 산업소프트웨어 분야까지 확대되고 있다는 점에서 중요한 의미를 갖는다.

해양에너지산업과 조선산업의 융합

이 외에 2020년 이후 중국 조선산업은 해상풍력, 해저케이블, 해양자원개발 및 탄소포집·저장 산업 사이의 경계도 빠르게 약화되고 있다.

UNCTAD에서는 해운 탈탄소화가 선박 자체뿐 아니라 연료생산, 저장, 항만, 선박설계, 엔진 및 운항방식을 연결하는 ecosystem approach를 필요로 한다고 설명한 바 있다. 즉, 대체연료의 선택은 선박설계, 엔진 및 탱크 구성뿐 아니라 항만과 운항체계까지 영향을 미친다. 중국에서도 이러한 변화에 따라 조선기업과 해양장비업체의 사업영역이 선박 → FPSO → 해상풍력 → 해저케이블 → CO₂ 운반·저장 → 해양에너지 설비로 확대되고 있다고 보인다.

결언

2020년 이후 중국 조선산업의 변화는 단순한 생산능력 확대나 세계시장 점유율 증가만으로 설명하기 어렵다. 보다 중요한 변화는 조선산업을 구성하는 기업의 종류와 기술영역, 그리고 기업 간 연결구조 자체가 확대되고 있다는 점이다. 과거 중국 조선산업의 성장모델이 대형 국유조선소, 범용상선, 낮은 생산비와 대규모 설비에 상대적으로 크게 의존하였다면, 2020년 이후에는 형리중공업과 같은 대형 민간자본의 신규 진입, CATL과 같은 배터리기업의 선박시장 참여, 중국 해양공정장비기술발전유한공사와 같은 시스템 엔지니어링 플랫폼의 설립, CSSC 하이저우시스템 기술의 독자 CAD·PLM 개발 등이 동시에 나타나고 있다.

즉, 중국 조선산업의 핵심적인 구조변화는 '생

산능력의 확대'보다 '산업생태계의 폭, 연결성 및 기술적 깊이의 확대'로 정의하는 것이 보다 적절하다. 이는 향후 중국 조선산업의 경쟁력이 기존의 가격·대량생산 중심에서 친환경 추진, 고부가 선박, 기자재, 엔지니어링 및 산업소프트웨어를 포함하는 종합적인 산업생태계 경쟁력으로 전

환될 가능성을 보여준다. 반면에 우리나라 조선산업은 대형조선소 중심의 특정 고부가 선종에 대한 집중 전략을 구사하고 있다. 과거 글로벌 조선시장에서 국제경쟁력이 유럽에서 일본으로, 일본에서 우리나라로 전환되었던 경쟁전략을 고려해 보면 노파심의 우려를 하지 않을 수 없다.

● ● 해양공학 관련 국제학술대회 및 행사 안내 ● ●

■ Defence Aviation Safety

- Place : London, United Kingdom
- Date : 2026. 10. 5 ~ 6
- <http://www.defencesafety.com/coms/>

■ JCCME2026-5th International Joint Conference on Civil and Marine Engineering

- Place : Dalian, China
- Date : 2026. 11. 20 ~ 22
- <https://www.jccme.org/>

■ APCOW2026-The 3rd Asia-Pacific Conference on Offshore Wind Technology

- Place : Inha University, Incheon, Korea
- Date : 2026. 12. 13 ~ 17
- <https://apcow.org/2026>

■ Offshore Technology Conference 2027

- Place : Houston, Texas, United States
- Date : 2027. 5. 3 ~ 5
- <https://2027.otcnet.org/>

■ OMAE2027-46th International Ocean Offshore & Arctic Engineering Conference

- Place : The Hague, Netherlands
- Date : 2027. 6. 13 ~ 17
- <https://event.asme.org/OMAE>

■ ISCSEE2027-5th International Summit on Civil & Environmental Engineering, Smart Infrastructure for Sustainable Cities

- Place : Hamburg, Germany
- Date : 2027. 7. 14 ~ 15
- <https://civilengineering2027.spectrumconferences.com/>

● ● 2026년도 한국해양공학회 회비 납부 안내 ● ●

회원구분		2026년 연회비	납부 방법
정 회원		50,000원	1. 전자결제-신용카드, 계좌이체 : www.ksoe.or.kr > 회원안내 > 회비납부 2. 무통장 입금 : 국민은행: 123-01-0060-831 (예금주: 한국해양공학회)
종신회원		500,000원	
학생회원		15,000원	
단체회원		100,000원	
특별 회원	특급	6,000,000원 이상	
	1급	3,600,000원 이상	
	2급	2,400,000원 이상	
	3급	1,200,000원 이상	
	4급	600,000원 이상	
	5급	360,000원 이상	

- 정관 제9조 제4항에 따라 회비를 이유 없이 계속 2년 이상 미납 회원은 탈퇴됩니다.
- 회원정보의 변동사항 발생 시 반드시 학회로 알려주시기 바랍니다(ijoseys@ksoe.or.kr).

● ● 한국해양공학회지(JOET) 최신호 ● ●

※ 한국해양공학회지는 [www.joet.org]에서 열람이 가능합니다.

Vol. 40, No. 3 (2026. 6)

■ Original Research Articles

1. Development of a New Index for a Ship Considering Ship–Oriented Life Cycle Greenhouse Gas Emissions
(Soye Choung, Hongkyoung Shin, Ijun Jeong, Jungmin Kim, Youngsub Lim)
2. FRAM Integrated Fuzzy FMEA Risk Analysis For Natural Gas Systems
(Fatih Ozturk, Emin Tarakci, Israfıl Ceylan)
3. Real–Time Weather Data–Driven Decision Support System for Safe Crane Operations in Shipyard
(Jinhyuk Lee, Jaewon Jang, Sungbin Hong, Inil Kim, Daekyun Oh)
4. Numerical Investigation of Maneuverability in Barge Transportation Using Towing and Pushing Operations
(Jeong Hyeon Kim, Ji Young Seo, Bo Woo Nam)
5. From Offshore to Harbor: An Integrated Multi–Scale Framework for Wave Transformation at Larache (Morocco)
(Sara Chagdali, Laila Mouakkir, Hassan Laarabi, Mostafa Rachik)
6. Coastal Vulnerability Assessment using AHP and Weighted Linear Combination: A Case Study of Subang Regency in Indonesia
(Olga Pattipawaej, Yosafat Pranata, Robby Tallar)
7. Assessment of Secondary Collision Hazards Induced by Tsunami Bores Using a Coupled NWT – LS–DYNA Framework
(Taegeon Hwang, Sang–Yeop Lee, Yeonjoong Kim, Taeyoon Kim, Woo–Dong Lee)
8. Hydrodynamic and Morphodynamic Assessment of Low–Crested Breakwaters Using Geotube for Coastal Protection at Kilo 5 Beach, Banggai Regency, Indonesia
(Irwan Lakawa, Fikri Aris Munandar, Vickky Anggara Ilham, Syamsuddin, Hujiyanto)
9. Real–time Collision Avoidance Considering Ship Position Uncertainty Based on AIS Data
(Won–Jun Yoo, Kwang–Jun Paik, Mu–Yeong Seo)

■ Review Article

1. Mobility–Oriented Multiphysics, Insulation and Evidence Frameworks for Liquid Hydrogen Storage Tanks
(Jong–Chun Park, Hyungju Kim)

■ Technical Articles

1. Optimization of a Floating Marine Radiological Monitoring System with Integrated Seawater Sampling and In Situ Gamma-Ray Spectrometry
(Young–Yong Ji, Wanook Ji, Sungyeop Joung, Myoung Jung Kim, Kun Ho Chung)

Vol. 40. No. 4 (2026. 8)

■ Original Research Articles

1. Numerical Study on Wave–Absorption Performance of Wave–Absorbing Plates in an Ocean Engineering Basin
(Kyeonguk Heo, Dong-Min Park, Seok-Kyu Cho)
2. Feasibility Assessment of Alternative Fuel Use for a Green Shipping Corridor on the Korea – U.S. Route
(Jaewon Jang, Bong-Gi Choi, Jung-Hyung Park, Yun-Ho Kim)
3. Passive Control of Heave Motion in an Offshore BLSRP for Enhanced Operational Safety
(Srinivasan Chandrasekaran, Shyba Arakkan)
4. Investigating Passing–Ship–Induced Loads on Moored Ships in Confined Waters Using Computational Fluid Dynamics
(Seongjin Song, Dongho Jung, Jae Hwan Jung)
5. Effects of Mooring–Design Parameters and Layout Configuration on the Dynamic Responses of Modular Floating Structures
(Min Ju Maeng, Dong Hee Choi, Bo Woo Nam)
6. Modeling and Simulation of an Underwater Tether Cable Trajectory on Uniform Current and Constant Moving Vehicle
(Anh Khoa Vo, Muhammad Sulman, Hyeon Kyu Yoon)
7. Experimental Study of Flow–induced Pressure Fluctuations in Horizontal Straight Pipes with Single– and Two–phase Flow
(Gang Nam Lee, Jae Hong Kim, Quang Khai Nguyen, Kuk-Su Kim, Kwang Hyo Jung)
8. Robust Underwater Object Detection and Relative Navigation Using Simulation–Aided Sonar Image Translation
(Eunsu Kim, Seonghun Hong, Sukmin Yoon)
9. Task Composition Method for Behavior–Based Control of Uncrewed Surface Vehicles
(Uijong Kim)

■ Technical Articles

1. Design Considerations for CO₂ Liquefaction in Onboard Carbon Capture and Storage Systems
(Yeonji Choi, Youngkyun Seo, Eunyoung Park, Meangik Cho)

■ 정(종신)회원

1	263776	송형도	정회원	선박해양플랜트연구소 친환경해양개발연구본부/선임
2	263777	최동민	정회원	선박해양플랜트연구소 친환경해양개발연구본부/연구원
3	263779	예툃묘	정회원	포스코인터내셔널 미얀마 가스전운영실/연구원
4	263780	이승률	정회원	삼성중공업 글로벌기본설계그룹/연구원
5	263782	김의중	정회원	국방과학연구소/연구원
6	263783	최병철	정회원	호서대학교 기계공학과/교수
7	263784	이아영	정회원	한국해양교통안전공단 안전연구실/연구원

■ 학생회원

1	263775	박정원	학생회원	부산대학교 조선해양공학과/석사과정
2	263778	홍석준	학생회원	계명대학교 로봇시스템공학과/석사과정
3	263781	전병산	학생회원	동아대학교 조선해양플랜트공학과/석사과정



한국해양공학회의 회원이 되고자 하시는 개인 및 단체는 학회 홈페이지를 참조하시거나,
학회사무국으로 연락주시기 바랍니다.

- 입회원서 다운로드 : www.ksoe.or.kr > 회원안내 > 입회원서
- 학회 연락처 : Tel. 070-4290-0656, ijoseys@ksoe.or.kr

August 2026

Vol. 13 No. 2

KSOE

The Korean
Society of
Ocean
Engineers

NEWS LETTER



사단
법인

한국해양공학회
The Korean Society of Ocean Engineers

부산광역시 동구 중앙대로180번길 13, 1302호
Tel. 051-759-0656 / Fax. 051-759-0657
<http://www.ksoe.or.kr>