

August 2025

Vol. 12 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
 - 2025년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 개최
 - 2025년 한국해양공학회 춘계학술대회 개최 안내
 - 제 21대 회장 선출
 - 제 11기 선출직 평의원
 - 한국해양공학회지 Scopus 등재 및 ESCI 등재
 - 한국해양공학회 제5기 학생기자단 선정 및 OT 개최
 - 시상 : 과학기술우수논문상, 미래해양과학기술인상, 춘계학술대회 우수논문상
- 10 연구회 소식
 - 한국수중·수상로봇기술연구회 '춘계학술대회' 개최
 - 해양플랜트설계연구회 '춘계워크숍' 개최
 - 부유식해상풍력연구회 '춘계워크숍' 개최
- 13 학생기자단 취재기사
 - IMO 환경규제에 따른 국내기업 대체연료
 - 바다 위의 미래 에너지, 부유식 해상풍력발전기
 - 해상교량과 항만시설의 안전 지킴이, 해상충돌방지공의 모든 것
 - 해양 구조설계, 디지털 기술로 세계를 거누다
 - 망간단괴 중심의 심해저 자원 연구 동향
 - 기후변화 시대의 연안 파래 대발생 현상과 대응방안 연구
- 36 칼럼
 - 조선업 정책담당부서 해수부 이전 신중 필요
- 38 안내 및 홍보
 - 국제학술대회 및 관련 행사
 - 회비납부
 - 한국해양공학회지 39권 3, 4호 내용
- 41 신입회원

한국해양공학회 뉴스레터

발행일 : 2025 8월 31일

발행인 : 허동수

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.

■ 2025년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 개최



지난 2025년 5월 8일~10일 3일 동안 한국해양과학기술협의회가 주최하고 우리 학회를 비롯한 6개 유관학회의 공동주관으로 공동학술대회를 부산 BEXCO에서 개최하였다.

- 주제 : 지능형 바다의 시대, 탄소중립을 향한 해양과학기술
- 주관 : 한국해양공학회, 대한조선학회, 한국항해항만학회, 한국해안·해양공학회, 한국해양학회, 한국해양환경·에너지학회,
- 행사일자 : 2025.05.08.(목) ~ 10.(토), 3일간 ※10일 테크니컬 투어
- 행사장소 : 부산 BEXCO
- 프로그램 : 공동심포지엄, 학회별 논문발표, 공동워크숍, 미래해양과학기술인상 시상식, 해양과학기술 관련 기기 전시회, 취업박람회, 커리어콘서트, 테크니컬 투어 등
- 공동워크숍 :
 - 〈기후변화 및 탄소중립에 대응하기 위한 해양과학기술〉 강연주제
 - ‘기후변화에 대응 가능한 연안 및 항만 방재 실태형 실험인프라 구축’, ‘국내외 해양에너지 개발

현황 및 탄소중립에 대한 기여’, ‘국제해운 탈탄소화를 위한 IMO 온실가스 중기조치와 주요 대응기술 전망’, ‘CO2를 흡수하는 바다숲: 한국 바다숲의 블루카본 잠재력’

〈인공지능과 조선해양 산업〉 강연주제

- ‘AI를 활용한 조선업의 Value UP’, ‘한화오션의 생산 AI 적용 사례 및 방향성 소개’, ‘삼성중공업 AI를 이용한 업무 자동화/무인화 사례 소개’, ‘조선해양 특화 AI 에이전트의 의미와 기회’, ‘진동 시계열 데이터 고장 진단을 향상을 위한 연구: DAE 기반 노이즈 제거 및 ViT 기반 진단’, ‘선박 운항성능 고도화를 위한 IMO 2세대 복원성 평가기술에 관한 연구: 파라메틱 롤링’

■ 2025년 한국해양공학회 추계학술대회 개최 안내



- 행 사 명 : 2025년도 한국해양공학회 추계학술대회 및 정기총회
- 개최기간 : 2025.10.29.(수) ~ 31.(금)
- 개최장소 : 휘닉스아일랜드 제주
- 발표신청 : 2025.07.01.(화) ~ 08.20.(수)
(기획세션 포함)
- 원고제출 : 2025.07.01.(화) ~ 09.19.(금)
- 전시모집 : 2025.07.01.(화) ~ 08.29.(금)
- 사전등록 : 2025.09.08.(월) ~ 10.10.(금)
- 등 록 비 : 사전등록 (일반회원 20만원, 학생회원 10만원, 비회원 22만원)
현장등록 (일반회원 22만원, 학생회원 12만원, 비회원 25만원)
- 이 벤 트 : 10.29.(수) 저녁 Networking 장으로 좌장 및 발표자 대상 Reception 개최, 모든 참가자 대상 추천하여 경품 지급, 최다 논문 발표자 식음료 쿠폰 지급

■ 제 21대 학회장 선출

우리 학회 선거관리위원회는 8월 20일~22일까지 3일간 전자투표를 통한 차기 학회장 선거결과에 따라, 제 21대 학회장으로 선박해양플랜트연구소 성홍근 회원이 당선되었음을 확인하였다. 총 선거인 수 평의원 83명 중 68명이 투표하여 81.93%의 투표율을 보였으며, 유효 투표수 100% 찬성으로 당선 되었다. 성홍근 회원은 2026년 1월부터 2년간 학회장을 맡게 된다.

한국해양공학회 제21대(2026-2027년) 회장 선거

전체	투표	미참여	투표율
83명	68명 (기권:0명)	15명	81.93%



성홍근

찬성		반대	
득표수	68명	득표수	0명
득표율	100.00%	득표율	0.00%

■ 제 11기 선출직 평의원

지난 7월 14일~16일 3일간 평의원 선거를 통하여 제 11기 선출직 평의원으로 30인이 선출되었다. 정회원의 투표로 선출된 평의원은 그 임기가 2025년 8월 1일부터 2027년 7월 31일까지 2년간이며, 당연직 평의원과 함께 학회장 선출 및 이사회의 승인, 학회 운영 관련 각종 규정과 학회 내 조직의 승인에 관한 사항을 심의·의결하게 된다.

〈제 11기 선출직 평의원 명단〉

제11기(2025.08.01.~2027.07.31.) 선출직 평의원 당선자 명단

No.	성명	소속	No.	성명	소속
1	강희진	선박해양플랜트연구소	16	박일룡	동의대학교
2	구남국	국립부경대학교	17	박준범	국립한국해양대학교
3	권순철	부산대학교	18	백광준	인하대학교
4	김경환	선박해양플랜트연구소	19	부승환	국립한국해양대학교
5	김국현	국립창원대학교	20	서대원	국립군산대학교
6	김도균	서울대학교	21	신승호	선박해양플랜트연구소
7	김영훈	경남대학교	22	윤상준	고등기술연구원
8	김유일	인하대학교	23	윤현규	국립창원대학교
9	김윤희	선박해양플랜트연구소	24	이강희	한국조선해양기자재연구원
10	김진하	선박해양플랜트연구소	25	정재환	선박해양플랜트연구소
11	김현성	삼성중공업(주)	26	최영명	부산대학교
12	남보우	서울대학교	27	최종수	선박해양플랜트연구소
13	박병원	선박해양플랜트연구소	28	홍기용	선박해양플랜트연구소
14	박병재	선박해양플랜트연구소	29	황성철	선박해양플랜트연구소
15	박선호	국립한국해양대학교	30	황세윤	경상국립대학교

■ 한국해양공학회지 Scopus 등재 및 ESCI 등재

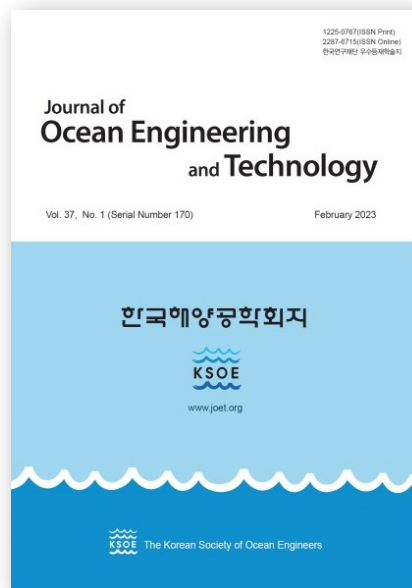
우리 학회가 발간하는 한국해양공학회지 (Journal of Ocean Engineering and Technology, JOET) 가 **KCI 우수등재학술지 유지**에 이어 **Scopus 등재** 와 더불어 **ESCI 에도 등재** 되었습니다!!

JOET는 학문적 기여도와 국제적 인지도를 더욱 향상시켜 SCI(E) 등재를 위해 나아가고자 합니다. 전 세계 많은 연구자들이 관심 갖고 인용할 우수한 논문을 투고하여 주시기 바랍니다. 적극적인 관심과 참여가 SCI(E) 등재에 필요한 요소입니다.

JOET는 모든 논문을 영어로 게재하고 있으며, 저자에게 다음의 혜택을 드리고 있으니, 회원 여러분들의 많은 관심과 우수한 논문 투고 바랍니다.

- 영문 원고 투고하여 최종 출판될 경우, 게재료 할인 또는 동등 수준 혜택 제공
- 국문 원고 투고하여 채택된 경우, 영문 번역 및 원어민 교정 지원

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



■ 한국해양공학회 제5기 학생기자단 선정 및 OT 개최

한국해양공학회는 2025.05.07.(수) ~ 2025.05.31.(토)까지 약 한 달간 전국 해양공학 관련 학과 학부생 대상으로 학생기자단 5기를 모집하였다. 활동기간은 2025.09.01.(월) ~ 2026.08.31.(월) 1년 간이며, 학회 홍보대사 및 해양공학 관련 기관 탐방, 주요 인사 인터뷰 기사 작성 등의 활동을 할 예정이며 6개의 학교에서 총 12명이 선정되었다.

첫 공식 활동으로 07.17.(목) 포포인즈 쉼라톤 서울역에서 제5기 OT가 진행되었으며, OT에서는 위촉장 및 기자증 수여와 학생기자단 활동내용 소개, 질의응답 시간을 가졌다.

〈제5기 학생기자단〉

번호	성명	소속	학과	조
1	이선호	국립목포대학교	조선해양공학과	1조
2	김주원	국립목포대학교	조선해양공학과	
3	이종현	국립한국해양대학교	해양공학과	
4	신성찬	한양대학교	국방지능정보융합공학부	
5	이명재	부산대학교	조선해양공학과	2조
6	이은원	인하대학교	조선해양공학과	
7	이예원	한양대학교	해양융합공학과	3조
8	김민지	국립부경대학교	해양공학과	
9	이재용	국립부경대학교	해양공학과	
10	이승현	한양대학교	해양융합공학과	
11	홍정민	국립한국해양대학교	해양공학과	4조
12	서준우	부산대학교	조선해양공학과	



■ 수상



정 광 호 (부산대학교 조선해양공학과 교수) **회 원**
제35회 과학기술우수논문상 수상

- 논문명: Study for Filling Missing Wave Data in Geomundo Ocean Buoy Using Artificial Neural Networks
- 저 자: 신성윤, 박성현, 정광호, 박성부



이 창 민 (경상국립대학교 해양토목공학과 박사과정) **회 원**
미래해양과학기술인상 해양기술부문 우수상 수상

- 논문명: Effects of solitary wave breaking on the hydrodynamic performance of a submerged horizontal plate: A physical modeling study
- 저 자: 이창민, 김태윤, 황태건, 이우동



이 순 현 (인하대학교 조선해양공학과 박사과정) **회 원**
미래해양과학기술인상 해양기술부문 우수상 수상

- 논문명: A numerical study of added resistance performance and hydrodynamics of KCS hull in oblique regular waves and estimation of resistance in short-crested irregular waves through spectral method
- 저 자: 이순현, 김철호, 백광준, 김형준, 전장호

■ 2025년도 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 우수논문발표상 (정회원, 학생)

〈2025년도 공동학술대회 정회원 우수논문발표상 수상자〉

수상자	대학교	발표논문
최진우	한화오션	서플탱커 추력기 배치가 DP 성능에 미치는 영향 검토
전윤주	서울대학교	액화 이산화탄소 화물 탱크와 화물창 관리 시스템의 결합 모델링을 통한 운송 온실가스 집약도 평가
김경화	한국선급	연료전지선박 설계 가이드선 플랫폼(FC-Sail) 소개 및 활용방안

수상자	대학교	발표논문
송승우	서울대학교	변환 모델 활용을 위한 베이지안 기반 센서결함 탐지기법에 대한 연구
주수찬	한양대학교	다중 스케일 수리모형실험을 활용한 식생 기반 하이브리드 구조의 월파 저감효과 분석
김재훈	홍익대학교	15MW급 터빈을 탑재한 부유식 수직축 풍력터빈의 동적 거동 특성
양동원	계명대학교	제한된 화각의 3차원 멀티빔소나를 이용한 수중 SLAM 프레임워크 개발

■ 한국수중·수상로봇기술연구회 ‘춘계학술대회’ 개최

[회장 최현택(KRISO), 총무 홍성훈(계명대)]



- 장 소 : 대양전기공업 R&D 센터
- 일 시 : 2025.06.12.(목)
- 주 최 : (사)한국해양공학회 산하 한국수중·수상로봇기술연구회
- 내 용 : 본 학술대회에는 산/학/연/군 관계자 47명이 참석하고, 총 2개의 세션으로 구성되어 25편의 학술 및 연구논문이 발표되었다. “해양탐사와 수중로봇”이라는 주제로 선박해양플랜트연구소 이관묵 박사의 특별강연과 서울대학교 오민환 교수의 “Reinforcement Learning Algorithms for Efficient Exploration”, 해양과학기술원 박요섭 박사의 “Field Robotics 30yrs”의 초청강연도 이어 진행되었다. A세션에서는 “이점 분해 기반 멀티 에이전트 강화학습을 활용한 무인수상선 편대 제어 시뮬레이션” 등의 주제로 11개의 논문이 발표되었고, B세션에서도 “언리얼 엔진5 기반 시뮬레이터의 개발과 이를 활용한 소나 연구” 외 10개의 논문이 발표되었다. 자세한 내용은 한국수중·수상로봇기술연구회 홈페이지(www.korea-uuv.org)를 통하여 확인할 수 있다.

■ 해양플랜트설계연구회 2025년도 ‘춘계워크숍’ 개최

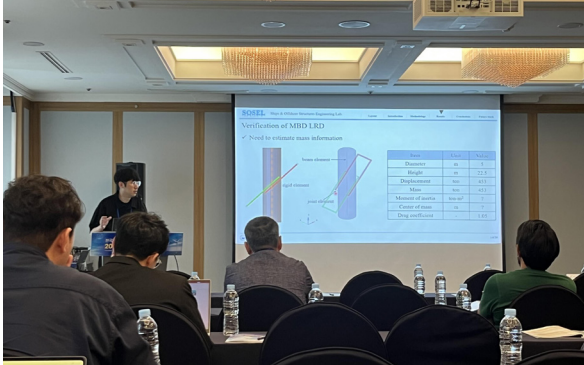
[회장 민준호(삼성중공업), 총무 정영현(삼성중공업)]



- 장 소 : 거제, 삼성중공업 DT 캠퍼스
- 일 정 : 2025.05.29.(목) ~ 30.(금)
- 주 최 : (사)한국해양공학회 산하 해양플랜트설계연구회
- 주 관 : 삼성중공업(주)
- 내 용 : 본 워크숍은 해양플랜트산업 발전을 위한 학계 및 관련기관 상호간의 노하우 공유 및 소통을 위한 목적으로 개최되었으며, 산/학/연 관계자 90여 명이 참석하였다. 1일차에는 기자재 세션 초청강연을 시작으로, 설계/풍력 세션에서는 “FPSO Riser Support System and configuration” 외 4편의 논문이 발표되었고, 친환경/AI 세션에서는 “친환경 고효율 솔루션 소개 및 에너지 진단 경험 공유” 외 4편의 발표가 진행되었다. 2일차에는 설계 및 풍력, 해석 등 4개 세션으로 나누어 발표가 진행되었으며, “3D model을 활용한 해양 구조상세 설계”, “상방식 복원력 부이를 이용한 하이브리드 계류시스템 설계”, “해양 반 잠수식 구조 대상 파랑 하중 기반 변형 모드 충적법 적용”, “FLNG Cryogenic Risk Analysis 소개” 등 19편의 연구논문이 발표되어 총 33편의 연구논문 및 발표가 진행되었다.

■ 부유식해상풍력연구회 2025년도 ‘춘계워크숍’ 개최

[회장 송강현(한국선급), 발기인대표 정준모(인하대학교)]



- 장 소 : 제주 메종글래드
- 일 정 : 2025.06.16.(월) ~ 18.(수)
- 주 최 : (사)한국해양공학회 산하 부유식해상풍력연구회
- 내 용 : 본 학술대회에는 풍력에너지 관계자 40여명이 참석하고, 총 3개의 세션에서 13편의 논문이 발표되었다. ‘부유식 해상풍력단지 유지보수 전략의 분석 및 운영 효율성 향상에 대한 고찰’ 외 4개의 논문이 첫 번째 세션에서 발표되었고, “10MW 및 15MW 부유식 해상 풍력기 파랑응답 비교” 외 3개 논문이 두 번째 세션에서 진행되었다. 마지막 세션에서는 “AHP를 통한 해상풍력 입지 설정 연구” 등 3개의 연구논문이 발표되었다.

IMO 환경규제에 따른 국내기업 대체연료



김영희, 정성훈 (인하대학교 조선해양공학과)

김채은 (한양대학교 해양융합공학과)

IMO의 탄소 감축 목표에 따라 여러 친환경 대체 연료들이 개발되고 이 연료들로 대체하기 위한 노력들이 많이 진행되고 있는 추세이다. 암모니아, 메탄올, 수소 등이 존재한다. 이 중 메탄올은 SOx, NOx, CO₂ 배출을 대폭 줄일 수 있고, 액체 연료로 저장과 취급이 용이하며, Dual-fuel 엔진 적용이 가능해 기존 인프라와 호환성이 높다는 점이 주목받고 있다.

메탄올 연료(Methanol fuel)는 휘발유와 혼합하거나 단독으로 사용 가능한 대체 바이오 연료로, 내연기관과 다양한 엔진에 적용할 수 있다. 에탄올보다 독성이 강하고 휘발유보다 에너지 밀도는 낮지만, 생산 비용이 저렴하고 환경오염이 적으며, 연소 시 엔진 내부의 이물질 축적을 방지하고 냉각제 역할도 수행한다. 고옥탄 성질로 인해 출력 성능이 우수하고, 인화점이 높아 화재 위험이 낮은 점도 장점이다. 간단한 소프트웨어 조정과 연료 라인 개조만으로 대부분의 최신 엔진에 적용 가능하며, 증기 폐색 방지를 위한 첨가제 혼합도 용이하다. 메탄올은 천연가스, 석탄, 바이오매스 등의 자원에서 생산되며, CO₂와 수소를 이용한 친환경 합성 경로도 개발되고 있다. 현재는 주로 화석연료 기반으로 생산되지만, 최근 친환경 메탄올 투자와 프로젝트가 확대되면서 해양 산업을 비롯한 다양한 분야에서 채택이 증가하는 추세이다.

Maersk는 2023년 세계 최초의 메탄올 추진 피

더션 'Laura Mærsk'를 도입한 이후, 2024-2025년까지 총 18척의 대형(16,000 TEU급) Dual-fuel 메탄올 컨테이너선을 현대중공업 등 한국 조선소에서 완공했다. 그중 첫 항모형인 'Ane Mærsk'는 아시아-유럽 노선에 투입되어 바이오·그린 메탄올을 기반으로 CO₂ 배출을 약 2/3 수준까지 줄였다. 또한 덴마크에 개장된 세계 최초 상업 규모 e-methanol(전력 기반 청정 메탄올) 생산 공장에서 Maersk는 주요 수요자로 참여하며 연간 생산량 일부를 장기 공급 계약으로 확보했다. 해당 공장은 연간 약 42,000 톤의 e-methanol을 생산하며, Maersk는 이를 자사 선박에 활용할 예정이다.

국내에서는 HD현대중공업 계열사 현대미포조선이 세계 최초 2,100 TEU급 메탄올 추진 피더션 'Laura Maersk'를 건조하며 기술적 선두에 있다. 이 선박은 메탄올과 벙커C유 병용 가능한 Dual-fuel 엔진이 장착된 선례로, 2023년 덴마크에서 명명식을 가졌다. 현대미포조선은 이외에도 3,500 TEU급 선박 3척(옵션 포함)을 수주하였으며, Maersk 전체 메탄올 추진선 발주량 중 약 36%를 차지하고 있다.

메탄올 연료가 효과적인 대체 연료 중 하나로 인식되고 있으나 해결해야 할 문제들이 존재한다. 현실적으로 green methanol 생산은 아직 초기 단계이고, 대부분의 메탄올이 기존 화석연료 기반 생산 방식에 의존하고 있다. 또한 생산 단가가

일반 중유보다 높아 경제성 확보가 필요하다. 메탄올의 독성 및 인화성 위험성으로 인해, 항만 병커링 시설과 선박 내부, 모두에서 엄격한 안전 및 운영 프로토콜이 요구된다.

국내 조선업계의 암모니아 추진 선박 개발과 수주 현황

국제해사기구(IMO)의 친환경 규제가 강화되면서 암모니아는 이산화탄소를 배출하지 않는 대표적인 탄소중립 연료로 각광받고 있다. 이에 따라 국내 주요 조선사들도 암모니아 연료 추진 기술 개발 및 관련 선박 수주에 박차를 가하고 있다.

1. HD현대중공업

HD현대중공업은 한국조선해양을 중심으로 암모니아 추진 기술을 선도하고 있다. 세계 최초로 암모니아 추진 초대형 컨테이너선의 기본 인증(AIP)을 획득한 바 있으며, 두산퓨얼셀, 한국가스공사 등과 협력하여 암모니아 연료전지 기반 추진 시스템도 개발하고 있다. 유럽 선주와의 계약을 통해 암모니아 추진 탱커 2척을 수주한 것은 이 기술의 상업적 가능성을 입증한 사례이다.

2. 삼성중공업

삼성중공업은 암모니아 추진 선박 기술 개발에 있어 글로벌 수준의 기술력 확보를 목표로 다양한 프로젝트를 진행 중이다. 특히 세계적인 엔진 제조사인 MAN Energy Solutions와 협력하여 암모니아 이중연료 엔진 기술을 공동 개발하고 있으며, 이를 선박에 실제 적용하기 위한 시뮬레이션, 연료공급 시스템 설계 및 안전성 평가에 집중하고 있다. 이 외에도 암모니아의 독성과 부식성을 감안하여 연료 저장 탱크의 내식성과 이중 차단 시스템 등 선박 내부 시스템의 안정성을 확보하는 기술도 자체적으로 개발 중이다.

3. 한화오션

한화오션은 한화그룹에 편입된 이후 친환경 조

선 부문에서의 경쟁력 강화를 핵심 전략으로 삼고, 암모니아 추진 선박 분야에서도 활발한 행보를 보이고 있다. 특히 대형 암모니아 추진 컨테이너선의 개념 설계부터 안전성 평가, 실증 테스트까지 포괄하는 종합적인 기술 개발 프로젝트를 진행 중이며, 한국선급(KR), 미국선급(ABS) 등 주요 국제 인증기관들과 협력하여 인증 절차를 신속히 추진하고 있다.

또한, 한화그룹 내 에너지 계열사인 한화솔루션과 연계하여 'Green Ammonia Value Chain'을 구축하려는 시도도 주목할 만하다. 이는 단순히 암모니아 추진 선박을 건조하는 것에 그치지 않고, 암모니아의 생산(그린 암모니아), 저장, 해상 운송, 병커링까지 포괄하는 해양 친환경 물류 시스템을 완성하려는 전략이다. 이 같은 수직계열화는 향후 수익성과 안정성을 동시에 확보할 수 있는 기반이 될 것으로 평가받는다.

향후 전망

암모니아와 메탄올 모두 아직 생산과 인프라 면에서 해결해야 할 과제가 남아 있지만, 각각의 특성과 장점을 바탕으로 해운 산업에서의 입지를 넓혀가고 있다. 메탄올은 저장 및 운송이 용이하고 기존 인프라와 호환성이 높다는 점에서, 암모니아는 탄소 배출 '제로' 연료라는 점에서 특히 주목받는다. 앞으로의 방향은 단일 연료 선택이 아니라 선박의 종류, 항로, 운항 방식에 따른 맞춤형 연료 선택이 될 가능성이 높다. 국내 조선업계는 이러한 변화 속에서 기술 선도와 수주 확대를 통해 지속적인 경쟁력을 확보해 나가야 할 것이다.

IMO Net Zero 목표 맞춰 '수소연료' 부상...국내 조선업계도 발빠르게 대응

국제해사기구(IMO)가 2050년까지 온실가스 순배출을 제로(Net Zero)로 줄이겠다는 강력한 목표를 밝히면서 해운업계 전반에 변화의 바람이 불고 있다. 기존의 중유 중심 연료 사용에서 벗어

나 탈탄소 전략이 본격화되는 모습이다. 국내 주요 조선사들도 LNG, 메탄올을 넘어 수소연료 사용을 위한 기술 개발과 협업에 속도를 내고 있다.

IMO의 최신Net Zero 전략과 환경규제 강화

IMO는 지난해 개정된 ‘온실가스 전략’을 통해 앞으로의 감축 로드맵을 구체화했다. 2030년까지 배출량 최소 20%, 2040년 70%, 2050년에는 사실상 ‘제로’ 달성을 목표로 단계적 규제를 적용하기로 했다.

이와 함께 에너지효율설계지수(EEDI)와 탄소 집약도지수(CII) 기준도 강화되면서, 선박 설계와 운영 방식 모두 대대적인 전환이 불가피해졌다.

특히 연료 부문에서는 탄소중립 실현을 위해 LNG, 메탄올 외에 암모니아, 수소 등 다양한 대체연료의 경쟁이 본격화되고 있다.

수소연료, ‘꿈의 연료’ 될까...장점은 뚜렷하지만 현실은 ‘진행 중’

수소는 연소 과정에서 이산화탄소를 전혀 배출하지 않아, 해운업계가 주목하는 대표적인 ‘무탄소 연료’다. 특히 태양광이나 풍력 재생에너지를 활용해 생산한 그린수소는 생산부터 사용까지 전 과정에서 탄소 배출이 거의 없다는 점이 ‘궁극의 친환경 연료’로 평가받는다.

하지만 기대만큼 넘어야 할 장벽도 분명하다.

가장 큰 난관은 저장 방식이다. 액화수소는 영하253도 라는 초저온 상태에서 저장해야 하며, 기체 형태로 저장할 경우에는 높은 압력이 필요해 안전성과 공간 확보가 숙제로 남는다. 실제 해운업계도 이 기술적 제약이 단기간에 해소되기 어렵다고 보고 있다.

또 하나의 문제는 높은 에너지 밀도다. 동일한 항속 거리를 확보하려면 기존 중유선보다 더 큰 부피의 수소가 필요해, 선박 설계에 큰 변화가 요구된다.

여기에 공급 인프라도 초기 단계다. 현재 세계 항만 대부분에서는 수소 충전 시스템을 아직 제대로 갖추지 못해, 실제 상용화까지는 시간이 걸릴 수밖에 없다는 지적이 나온다.

이런 이유로, 선박이 수소만 단독으로 적용되기보다는 LNG나 메탄올과 혼합 사용, 또는 연료 전지와 결합 형태가 현실적 선택지로 거론된다. 조선사들 역시 현 기술 수준에서 최적의 효율을 찾기 위한 연구를 이어가고 있다.

〈참고 문헌〉

- IMO 해양환경보호위원회(MEPC) 문서 및 자료
<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Greenhouse-Gas-Emissions.aspx>
- IEA - The Future of Hydrogen Report
<https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>
- 현대미포, 세계 최초 메탄올 연료 PC선 인도
https://www.hd-hmd.com/ad/news_view.jsp?crp=3&news_num=323&utm
- 머스크 사의 메탄올 기반 선대 구축
<https://www.maersk.com/news/articles/2024/01/26/maersk-names-first-vessel-of-its-large-methanol-enabled-fleet-ane-maersk?utm>
- 삼성중공업 암모니아 설비
https://www.samsungshi.com/Ko/Notice_news_view.aspx?no=180&page=3&keyfield=&keyword=#pageTop
- 한화오션 암모니아 계획
https://www.hanwha.co.kr/newsroom/media_center/news/news_view.do?seq=8555

바다 위의 미래 에너지, 부유식 해상풍력발전기



노 유 정 , 박 예 결 (한 양 대 학 교 해 양 용 합 공 학 과)

김 규 리 (인 하 대 학 교 조 선 해 양 공 학 과)

최근 전 세계적으로 탄소중립과 에너지 안보에 대한 관심이 높아지면서, 바다에서 전력을 생산하는 해상풍력발전이 주목받고 있다. 특히, 기존 고정식 구조물로는 설치가 어려웠던 수심이 깊은 해역까지 활용할 수 있는 부유식 해상 풍력 발전기에 대한 관심이 빠르게 커지고 있다. 유럽과 일본, 미국 등은 이미 부유식 풍력 기술을 실증하거나 상용화 단계로 전환하고 있으며, 우리나라 또한 울산과 전남 해역을 중심으로 부유식 풍력 단지 조성에 나서고 있다. 이와 함께 국내 조선·해양 기업들이 풍력 플랫폼, 계류 시스템, 설계 기술 등을 바탕으로 시장 진출을 확대하고 있다. 풍부한 바람 자원과 조선업 기반을 가진 한국에 부

유식 풍력은 기회이자 도전이 될 수 있다.

이에 부유식 해상풍력발전기의 특징, 국내의 기술 현황, 기술적 장단점 등을 소개하고, 이어서 관련 분야 전문가인 인하대학교 정준모 교수님의 인터뷰를 통해 한국이 직면한 과제와 향후 전망에 대해 소개하고자 한다.

부유식 해상풍력발전기란?

부유식 해상풍력발전기(Floating Offshore Wind Turbine)는 수면 위에 떠 있는 부유 구조물에 풍력 터빈을 설치하여 전기를 생산하는 설비를 말한다.

부유식 해상풍력발전기의 특징은?

1. 수심 50m 이상의 해역에도 설치가 가능하여 고정식 풍력보다 설치 가능한 장소의 제약이 적다.
2. 풍속이 높은 먼바다에서 발전 성능이 뛰어나 전력 생산량이 더 높을 수 있다.
3. 육지에서 멀리 떨어져 설치되므로, 소음·경관 훼손에 따른 주민 민원이 적다.
4. 해양플랜트 기술(플로팅 플랫폼, 계류, 해상송전 등)이 융합된 고난이도 구조물로, 고정식보다 복잡한 기술적 요건이 요구된다.

〈부유식 해상풍력발전기〉



(출처 : 국제에너지기구(IEA) 사이트)

부유식 해상풍력발전기의 국내 현황은?

국내 부유식 해상풍력발전기의 대표적 사례로는 울산의 ‘반딧불이(Bandibuli)’ 프로젝트가 있다. 이 사업은 2020년부터 노르웨이 국영 에너지 기업 에퀴노르(Equinor)가 주도해 추진 중이며, 울산 앞바다 동쪽 지역에 750MW 규모의 부유식 풍력 단지를 조성하는 계획이다. 에퀴노르는 2022년까지 풍황 계측, 해양 조사 등 사전 절차를 마쳤고, 2023년에는 산업통상자원부로부터 전력구매계약(PPA) 제안을 받아 2027년 상업 운전을 목표로 투자 심사에 착수했다. 이외에도 ‘귀신고래’ (TotalEnergies · SK에코플랜트, 1.5GW), ‘해울이’(CIP · COP, 1.5GW), ‘문무바람’(Hexicon, 750MW) 등 다수의 부유식 풍력 프로젝트가 울산 해역에서 추진 중이다. 또한 전라남도 신안 해역에서는 고정식과 부유식을 포함해 총 8.2GW 규모의 해상 풍력 사업이 계획되어 있으며, 일부 지역은 신재생에너지 집적화 단지로 지정되어 개발이 진행 중이다.

부유식 해상풍력발전기의 장단점은?

장점으로는 설치 가능한 입지의 확대(수심 제한 극복), 풍속이 높은 외해에서의 발전 효율 향상, 소음 및 경관 훼손 최소화로 인한 사회적 수용성 향상, 탄소중립 기여 및 에너지 안보 확보, 조선 · 해양플랜트 산업과의 연계 발전 가능성 등이 있다.

단점으로는 설비 제작 및 설치에 따른 높은 초기 비용, 파랑 · 태풍 등 해양 환경에 대한 구조적 안정성 확보 필요, 계류 · 전력송전 등 고난이도 해양 기술 요구, 운영 · 유지보수의 복잡성, 해양 공간 이용 및 법 · 제도 미비 등 행정적 제약 등이 있다.

이러한 부유식 해상풍력발전기에서 가장 중요한 기술 중 하나는 바로 ‘하중해석기술’이다. 부유식 구조물은 바다 위에 떠 있기 때문에 다양한 환경적 요인에 의해 지속적으로 하중을 받게 된다. 이 하중은 바람, 파도, 그리고 물의 움직임에 의

해 발생하며, 이 하중에 의해 구조물이 변형되거나 손상될 수 있다. 따라서 이를 정확히 예측하고 관리하는 하중해석 기술이 매우 중요하다.

다음으로 오랫동안 부유식 해상풍력발전기에 대해 관심을 가지고 끊임없이 연구해오신 인하대학교 조선해양공학과 정준모 교수님과의 인터뷰를 통해 더욱 자세히 알아보하고자 한다.

Q. 부유식 해상풍력발전기에서 하중해석기술이 중요한 이유는?

A. 부유식 해상풍력발전기에서 가장 중요한 기술 중 하나는 바로 하중해석기술이다. 부유식 구조물은 바다 위에 떠 있기 때문에 다양한 환경적 요인에 의해 지속적으로 하중을 받게 된다. 특히 바람과 파도, 해양 환경이 지속적으로 구조물에 영향을 미친다. 이 하중이 부유체에 미치는 영향을 정확히 예측하고 관리하는 기술이 없으면 구조물의 안정성이 위협을 받을 수 있기 때문에 하중해석기술은 매우 중요하다. 하중해석기술은 바람과 파도, 구조물의 거동을 실시간으로 시뮬레이션하여, 발전기의 안전성을 보장하고 설계 최적화를 돕는다. 이를 통해 부유식 구조물의 내구성을 높이고 불필요한 유지보수 비용을 절감할 수 있다. 이 기술은 에어로다이나믹스(Aerodynamics), 하이드로다이나믹스(Hydrodynamics), 그리고 구조 동역학(Structural Dynamics) 등 여러 역학적 요소들이 결합되어야 하므로 그 기술적 복잡성이 매우 높다.

Q. 하중해석기술은 어떻게 작동하며, 어떤 기술들이 결합되어야 하는가?

A. 하중해석기술은 바람과 파도, 구조물의 거동을 실시간으로 시뮬레이션하여 발전기의 안전성을 보장하는 역할을 한다. 이 기술은 여러 역학적 요소들이 결합되어야 하며, 에어로다이나믹스는 바람이 터빈 날개에 미치는 영향을 분석하고, 하이드로다이나믹스는 파도가 부유

체에 미치는 영향을 분석한다. 마지막으로 구조 동역학은 이 하중이 구조물에 전달되어 발생하는 응력과 변형을 예측하고 해결하는 역할을 한다.

부유식 해상풍력발전기에서 또 하나의 중요한 기술은 바로 ‘터빈’이다. 터빈은 풍력 발전의 핵심 부품으로 바람의 에너지를 전기 에너지로 변환하는 역할을 한다. 부유식 해상풍력발전기에서 사용되는 터빈은 육상 풍력발전기보다 ‘더 크고 강력’해야 한다. 이유는 해상에서는 바람의 세기와 방향이 육상과 달리 더 강하게 변화하며, 파도와 바람의 영향을 동시에 받기 때문이다.

Q. 부유식 해상풍력발전기에서 사용되는 터빈의 특징은?

A. 부유식 해상풍력발전기의 터빈은 육상의 풍력발전기보다 더 크고 강력해야 한다. 왜냐하면 해상에서는 바람의 세기와 방향이 육상과 달리 더 강하게 변화하며, 파도와 바람의 영향을 동시에 받기 때문이다. 최근에는 15MW급 대형 터빈이 주류가 되고 있으며, 터빈의 날개도 매우 커지고 출력도 증가하여, 보다 많은 전기를 생산할 수 있게 되었다.

터빈의 크기와 성능은 발전기의 효율성에 직접적인 영향을 미친다. 그러나 터빈이 크고 무거워지면 구조물에 대한 하중이 커지므로, 내구성과 비용 효율성을 동시에 고려한 설계가 중요하다.

Q. 터빈 기술에서의 주요 도전 과제는?

A. 부유식 해상풍력발전기의 터빈 기술에서 가장 큰 도전 과제는 바로 ‘제어 시스템’이다. 해상에서 바람의 세기와 방향이 끊임없이 변하므로 날개의 각도를 자동으로 조정하여 최대 효율을 낼 수 있는 제어 시스템이 필요하다. 또한 제어 시스템은 터빈이 지나치게 강한 바람에 의해 손상되지 않도록 보호하는 역할도 한

다. 이 기술은 터빈의 성능을 높이고, 발전기의 장기적인 수명을 보장하는 데 필수적인 요소이다.

하중해석기술과 터빈 기술은 부유식 해상풍력발전기의 핵심 기술로, 이들의 발전이 부유식 해상풍력의 상용화에 큰 영향을 미칠 것이다. 하중해석기술은 해상 환경에서의 안전성을 보장하고, 터빈 기술은 효율적인 전력 생산을 가능하게 한다. 향후 기술 개발이 이루어지면서 이 두 기술은 더욱 정교해지고, 비용 효율적이며, 신뢰할 수 있는 기술로 발전할 것이다.

Q. 고정식과 비교했을 때, 부유식 해상풍력발전기가 갖는 장점은?

A. 부유식 해상풍력발전기는 고정식에 비해 여러 가지 실질적인 장점을 갖고 있다. 큰 강점 중 하나는 유지보수 측면에서의 효율성이다. 고정식 해상풍력의 경우, 블레이드나 터빈에 문제가 발생했을 때 기상 조건에 따라 수리 일정이 지연되기 쉽고, 바다 위에서의 작업도 비용과 시간이 많이 소요된다. 반면 부유식은 발전기를 계류선에서 분리한 후 육상으로 끌고 와서 비교적 짧은 시간 안에 정비할 수 있어 OPEX(운영비용)을 절감할 수 있는 장점이 있다. 또한 부유식 해상풍력은 수심이 깊은 해역에도 설치가 가능하다는 점에서 고정식보다 설치 입지의 제약이 적다. 얕은 바다는 이미 어업 활동 등으로 인해 이용 가능 구역이 제한되어 있지만, 부유식은 어업권의 간섭이 비교적 적은 깊은 바다에서도 활용할 수 있어 앞으로 확장성 측면에서도 유리하다. 이용률 측면에서도 부유식 풍력은 높은 가능성을 보인다. 실제로 세계 최초의 부유식 해상풍력 프로젝트인 노르웨이의 '하이윈드(Hywind)'의 경우 약 10년 동안의 운영에서 55%에 달하는 높은 이용률을 기록한 바 있다. 이는 고장이 적고 안정적으로 운영되었음을 보여주는 사례로, 부유식

풍력이 향후 주요 에너지원으로서의 가능성을 갖고 있음을 시사한다.

Q. 향후 부유식 해상풍력발전기의 기술적, 산업적 전망은?

A. 부유식 해상풍력발전기는 중장기적으로 매우 발달할 가능성이 높다. 노르웨이의 사례를 보면 분명하다. 과거 최빈국이었던 노르웨이는 1970년대 해상에서 석유가 발견되면서 산유국이 되었고, 지금은 재생에너지 선도국 중 하나다. 노르웨이는 석유를 아무렇게나 캐지 않고 미래 세대를 위한 기금으로 전환해 사용한다. 석유를 적게 캐면서 체계적이게 재생에너지로 넘어가는 전략은 산업 전환의 좋은 본보기다. 하지만 화석연료 시대는 쉽게 끝나지 않는다. 이미 석유 산업은 정치, 경제, 산업 전반에 걸쳐 단단히 얽혀 있는 구조이므로 쉽게 변화를 주는 것은 어렵다. 셰일가스(shale gas) 등 관련 산업 종사자들이 먹고살 길이 걸려 있기 때문에 급격한 전환은 어렵다. 대신 석유 가격을 낮춰 자연스럽게 시장에서 도태되도록 유도하는 방식이 가장 현실적이다. 따라서 화석연료에서 재생에너지로 전환하는 것은 매우 오래 걸릴 수밖에 없다.

결론은 부유식 해상풍력발전기의 미래는 기술적으로나 산업적으로나 매우 밝다고 볼 수 있다. 하지만 화석연료와의 싸움은 장기전이 될 수밖에 없다. 에너지 체계의 전환은 기술의 문제가 아니라 구조의 문제이며, 인내와 정책적 일관성이 요구되는 장기적인 과제다.

Q. 부유식 해상풍력발전기 외에 여러 해양 재생에너지는 어떻게 생각하시는지?

A. 부유식 해상풍력 외에도 해양 재생에너지에는 조력, 조류, 파력, 수력, 해상 태양광 등이 있다. 하지만 이들 대부분은 한국의 지형적, 환경적 조건과 잘 맞지 않아 실질적인 에너지원으로 보기 어렵다. 조력 발전은 시화호

처럼 조수간만의 차를 이용한 방식이지만, 댐을 만들 수 있는 적절한 입지가 많지 않고 설치 비용도 많다. 조류 발전은 울돌목처럼 유속이 빠른 지역에 설치되지만, 실제로는 선박 통행이 많은 지역이 대부분이라 설치 자체가 어렵고 유지·보수가 힘들어 결국 철거된 사례가 많다. 파력발전은 더욱 어렵다. 파도가 형성하려면 바람의 세기, 바람이 부는 시간, 그리고 바람을 받을 수 있는 충분한 면적이 모두 충족돼야 하는데, 한국은 동해는 일본에, 서해는 중국에 막혀있어 큰 파도가 지속적으로 발생하기 힘들다. 장기적으로 보면 제주도 남쪽 해역 정도만 부분적으로 가능할 수 있지만, 전국적 확대는 사실상 불가능하다. 수력발전 역시 한국에서는 실효성이 떨어진다. 한국에 있는 댐들은 대부분 농업용수, 공업용수, 식수 공급을 위한 용도이며, 수력발전 자체를 목적으로 하는 경우는 많지 않다. 노르웨이나 영국처럼 지형적 조건이 좋은 나라들과는 다르게 한국은 수력 자원이 제한적이다. 해상 태양광은 기술적으로 여전히 많은 제약이 있다. 태양광 패널은 넓은 면적이 필요하고, 바다 위에 대규모로 설치하기에는 유지보수와 내구성 문제가 크다. 가장 넓은 태양광 단지인 새만금도 전체 용량으로 봤을 때 제한적이며, 이 역시 육상이 아닌 해상으로 확장하려면 극복해야 할 기술적 과제가 많다.

결국 현실적으로 보면 한국에서 해양 재생에너지 중 실질적으로 활용할 수 있는 것은 풍력, 그중에서도 부유식 해상풍력밖에 없다. 다른 해양 에너지원도 연구와 개발은 계속되어야 하지만 당장 재생에너지 공급원으로는 풍력 외에는 대안이 없다는 점이 현실이다.

이처럼 부유식 해상풍력발전은 탄소중립 실현과 에너지 안보 확보를 위한 핵심 기술로 주목받고 있다. 특히 수심 제약을 뛰어넘는 설치 유연성과 높은 발전 효율은 미래 재생에너지 시장에서의 전략적 가치를 더욱 높이고 있

다. 하중해석기술과 대형 터빈 제어 시스템 등 고도화된 기술은 여전히 극복해야 할 과제이지만, 동시에 우리나라 조선·해양 산업의 강점을 활용할 수 있는 절호의 기회이기도 하다. 향후 정부의 일관된 정책 지원과 민간의 기술개발 노력이 함께 이루어진다면, 부유식 해상풍력은 한국이 재생에너지 강국으로 도약하는데 있어 결정적인 발판이 될 것이다. 탄소중립이라는 글로벌 목표를 향해 나아가는 길에서, 바다 위의 풍력은 단순한 발전 설비를 넘어 기술 혁신과 산업 전환을 이끄는 상징이자 해답이 될 수 있다.

〈참고 문헌〉

- 한국에너지기술평가원 『부유식 해상풍력 기술개발 로드맵』, 2021 / IEA Offshore Wind Outlook, 2019
- Carbon Trust, Floating Wind Joint Industry Project Phase II Report, 2021 / 산업통상자원부 『제2차 해상풍력산업 발전전략』, 2023
- 산업통상자원부 보도자료(2023.09), 한국에너지기술연구원 해상풍력 추진 현황, 2023
- 산업통상자원부 『제2차 해상풍력산업 발전전략』, 2023 / DNV 『Floating Wind: The Next Five Years』, 2023 / Carbon Trust, 2021
- 산업통상자원부(2023), Equinor 공식 자료, 한국에너지기술평가원

해상교량과 항만시설의 안전 지킴이, '해상충돌방지공'의 모든 것



김라희 (국립한국해양대학교 해양공학과)
손현기 (국립부경대학교 토목공학과)
강현준 (경상국립대학교 해양토목공학과)

해상 구조물 보안의 사각지대를 드러낸 대형 선박 충돌 사고

2024년 3월 26일 새벽, 미국 메릴랜드주 볼티모어. 싱가포르 선적 컨테이너선 MV Dali호가 전력 이상으로 조타력을 잃은 채 키 교량 교각에 충돌했다. 이 사고로 교량 중앙부가 붕괴되고, 교량 위에서 작업 중이던 근로자 6명이 목숨을 잃었다. 볼티모어 항만은 11주 이상 기능이 마비되었고, 미국 동부 물류에도 큰 타격을 입혔다.

같은 해 2월에는 중국 광저우의 Lixinsha 교량이 바지선과 충돌하면서 상판 일부가 강으로 무너졌고, 차량 4대가 추락해 5명이 사망하는 참사가 발생했다. 두 사건 모두 공통적으로 충돌 완충 장치의 미흡과 설계 단계의 구조적 취약성이 치명적인 결과로 이어졌다는 점에서, 해상 구조물 보안에 대한 근본적인 재검토를 요구하고 있다.

이와는 대조적으로, 2007년 미국 샌프란시스코 베이브리지 사고에서는 보호 펜더(fender)가 충격을 효과적으로 흡수하며 교량 본체의 손상을 막아냈다. 해당 사례는 충돌방지공(Marine Collision Protection System)이 단순한 부가 시설이 아닌, 인명과 구조물을 보호하는 핵심 안전장치임을 입증했다.

현재 한국의 해상 인프라는 이러한 위협에 충분히 대비하고 있는가?

국내 주요 해상교량에도 방지공이 점차 적용되고 있으나, 표준화된 설계지침 부재, 충분한 위험도 분석 부족, 환경 및 유지관리 고려 미흡 등 여러 한계가 지적되고 있다. 본 기사에서는 해상 충돌방지공의 구조적 역할과 기술 동향을 살펴보고, 해외 사례를 통해 얻은 교훈을 바탕으로 한국 해상 인프라의 보안 체계가 나아가야 할 방향성을 조명하고자 한다.

해상충돌방지공이란?

해상충돌방지공은 해상교량, 방파제, 항만시설 등은 대형 선박과의 충돌 시 심각한 구조적 손상을 입을 수 있으며, 이는 인명 피해로도 이어질 수 있다. 이러한 위협에 대응하기 위해 설치되는 장치이다. 선박이 해상 구조물에 접근하거나 충돌할 때, 그 충격을 흡수하고 분산시켜 구조물과 선박 양측의 피해를 최소화하는 방호 시스템이다. 국내에서는 충돌방지공, 충격완화장치, 부유식 방호장치 등 다양한 명칭으로 불리며, 그 역할과 중요성은 점점 더 강조되고 있다.

해상충돌방지공은 구조 및 기능에 따라 크게

부유식, 고정식, 그리고 복합형 세 가지로 나뉜다. 먼저, 부유식 충돌방지공(Floating Fender)은 외피가 고강도 합성고무나 폴리에탄으로 제작되며, 내부에는 공기나 고밀도 발포체가 충전되어 충격을 흡수하는 방식이다. 이 장치는 해양 환경의 변화에 따라 위치를 유동적으로 조정할 수 있어 다양한 선박 크기와 접안 조건에 효과적으로 대응할 수 있다. 유지보수가 용이하고 반복 충돌에도 높은 내구성을 가지며, 실제로 인천대교나 광안대교 일부 구간, 일본의 아카시해협대교, 미국의 체서피크 베이 브리지 등 다양한 국내외 해상 구조물에 적용되고 있다.

〈부유식 충돌방지공〉



고정식 충돌방지공(Fixed Fender System)은 해저에 고정된 구조물로 설치된다. 주로 콘크리트 케이슨이나 돌핀(dolphin) 구조물로 구성되며, 돌핀은 원주형 강관이나 콘크리트 기둥 형태로 교

〈고정식 충돌방지공〉



량 주탑이나 항만 주변에 설치되어 충돌 에너지를 완화한다. 케이슨형은 대형 콘크리트 박스로 충돌 에너지를 직접 흡수하는 방식이다. 고정식 시스템은 매우 높은 구조적 안정성을 제공하며, 대형 선박의 고에너지 충돌에 효과적으로 대응할 수 있다. 단점으로는 초기 설치비가 크고, 유지보수에 시간과 비용이 많이 소요된다는 점이 있다.

복합형 충돌방지공(Hybrid Fender System)은 부유식과 고정식 시스템의 장점을 결합한 구조다. 외곽에 돌핀이나 케이슨 같은 고정식 구조물을 설치하고, 그 사이에 부유식 펜더를 연결하여 충격 에너지의 분산과 흡수를 동시에 수행할 수 있도록 설계된다. 이 시스템은 다양한 선박 규모와 충돌 조건에 유연하게 대응할 수 있으며, 충격 흡수 성능과 구조적 안정성을 모두 확보할 수 있어 해상교량이나 대규모 항만시설에 적합하다. 초기 설치 비용은 높지만, 장기적으로는 내구성과 효율성이 뛰어나다. 일본과 유럽 일부 해상교량에서 이미 적용되고 있으며, 국내에서도 복합형 시스템의 설계 및 적용에 관한 연구가 진행 중이다.

해상충돌방지공 설계

해상충돌방지공의 설계는 단순한 구조물 설치를 넘어서 고도의 공학적 고려가 필요한 과정이다. 설계 시에는 선박의 동역학적 특성, 충돌 각도와 위치, 해양환경 조건(조류, 파랑, 풍속 등)을 반영한 다중 시나리오 기반의 설계 방식이 적용된다. 최근에는 인공지능(AI)을 활용한 위험도 평가 기법이 도입되어 선박 통행 데이터를 분석하고, 이를 바탕으로 충돌 빈도와 위험도를 예측한 후 설계에 반영하는 사례가 늘고 있다. 이러한 데이터 중심 설계 방식은 기존의 경험적 접근보다 훨씬 과학적이고 안전한 설계를 가능하게 한다.

구조 해석 단계에서는 비선형 재료 모델과 충돌 해석 알고리즘이 사용되어 보다 정밀한 예측이 이루어진다.

예를 들어 부유식 펜더의 경우, 외피 재료의

점탄성 특성을 반영한 비선형 변형 해석이 수행되며, 고정식 및 복합형 시스템의 경우에는 구조물과 지반 간의 상호작용을 고려한 해석이 필요하다. 또한, 반복적인 충돌에 따른 피로거동 분석과 극한 하중에 대한 파괴해석도 병행되어 장기적인 내구성을 확보한다.

고정형 충돌방지공 디지털 트윈 기술 적용 사례

기술의 진보에 따라 해상충돌방지공은 점점 더 스마트해지고 있다. 최근에는 IoT 센서를 방호장치에 부착하여, 충돌 시 발생하는 충격력, 진동, 변형 등의 데이터를 실시간으로 수집하고 클라우드 서버로 전송하여 유지관리 계획에 반영하는 스마트 시스템이 도입되고 있다. 디지털 트윈(Digital Twin) 기술을 활용하여 가상 공간에서 방호 성능을 시뮬레이션하고, 실제 해양환경의 변화에 대응하는 최적의 운영 시나리오를 도출하는 연구도 활발히 이루어지고 있다. 이러한 기술은 해상구조물의 전 주기 안전성을 확보하고, 설계부터 유지관리까지 통합적인 관리체계를 가능하게 한다.

해상충돌방지공은 해양 인프라의 안전 확보를

〈고정형 충돌방지공 디지털 트윈 기술 적용〉

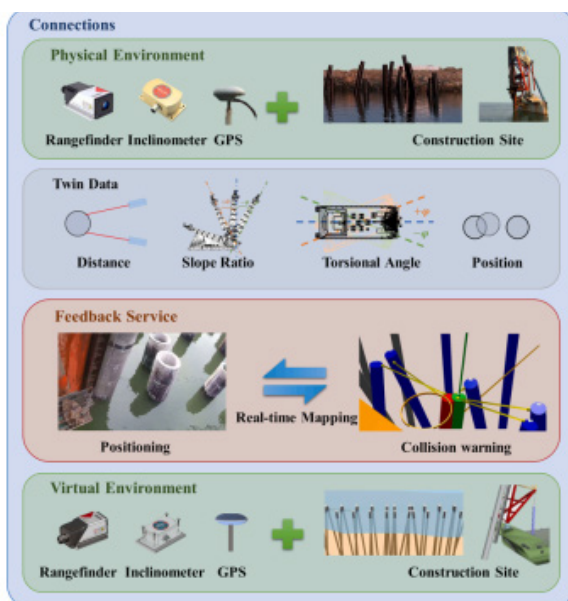


Fig. 3. Five-dimensional model of DT-enabled marine piling.

위한 필수 장치다. 부유식, 고정식, 복합형 시스템 각각의 특성과 장단점을 정확히 이해하고, 충돌 조건에 맞는 최적의 시스템을 도입하는 것이 중요하다. 국내에서도 지속적인 기술 개발과 해외 사례의 벤치마킹을 통해 보다 안전하고 효율적인 해상충돌방지공 시스템의 구축이 기대된다.

한국의 해상충돌방지공 설치 현황

우리나라의 해상교량 건설은 2000년대 이후 급격히 증가하였으며, 이에 따라 선박 충돌로 인한 교량 및 선박 피해를 예방하기 위한 충돌방지공 설치가 점차 확대되었다. 광안대교는 국내 최초로 안벽식 및 섬식 방지공을 적용한 대표적 사례로, 대형 선박의 충돌 에너지를 흡수하도록 설계되었다. 이후 인천대교, 거가대교, 북항대교, 부산 광안대교 등 주요 해상교량에 방지공이 연이어 설치되며 적용 범위가 확대되었다.

2024년 해상수산부 자료에 따르면, 전국적으로 143개 해상교량과 3곳의 해양 풍력발전 단지에 총 370여 개의 방지공 및 항로표지 시설이 운영 중이다. 이는 선박 교통량 증가에 따른 선제적 안전 조치로 볼 수 있다. 그러나 국내 설치 현황을 분석하면 몇 가지 한계점이 존재한다. 첫째, 통일된 설계 및 설치 기준의 부재로 인해 교량별 방지공 형태와 규모가 다르다. 둘째, 일부 사례(예: 인천대교)에서는 방지공 설치 이후 교각 주변 세굴(Scour) 현상이 심화되어 최대 2.4m까지 침식이 발생한 것으로 보고되었다. 셋째, 유지관리 체계의 미흡함으로 인해 방지공의 장기적 성능평가와 보강 및 교체 주기 설정이 명확하지 않은 실정이다.

해외의 해상 충돌 방지공 설치 현황

미국, 유럽, 중국 등 주요 해상교통 국가들은 보다 체계적이고 표준화된 시스템을 기반으로 방지공을 운영하고 있다. 미국의 경우, 연방 교통부(USDOT) 교량 선박 충돌 방지 가이드라인(Bridge Design Guide for Vessel Protection)을 발간하여 주

요 항만 교량에 방지공 설치를 의무화하였다. 샌프란시스코 베이브리지 등 대형 교량에서는 원형 및 부력식 방지공을 적용해 대형 컨테이너선 충돌 시 피해를 최소화하고 있다.

유럽은 네덜란드, 독일을 중심으로 빅데이터 기반 해상교통 위험 분석 시스템(SAMSON)을 운영한다. 해당 시스템은 AIS(Automatic Identification System) 데이터와 해상 교통량, 사고 이력을 종합 분석해 충돌 고위험 구역을 식별하고 방지공 설계에 반영한다. 또한 설계 단계에서 CFD(Computational Fluid Dynamics) 해석 및 환경 영향평가를 의무화하여 세굴, 침식 등 부작용을 최소화한다.

중국은 양쯔강 하구 및 주요 교량(룽양대교 등)에 대형 방지공을 설치하고, 선박 통항량 급증에 맞추어 국가 표준 설계 매뉴얼을 제정하였다. 이는 교량 설계 초기 단계부터 방지공을 포함한 일체형 구조물 설계를 가능하게 하여 효율성을 높이고 있다.

한국과 해외의 해상충돌방지공 운영 차이

해외는 국가 차원의 표준화된 설계지침을 갖추고 있으며, IMO(국제해사기구) 기준을 반영해 방지공의 형태, 크기, 충격 흡수 성능을 명확히 규정한다. 반면 한국은 교량별 설계자의 자율에 맡기는 방식이 많아, 구조물마다 설치 기준이 달라지는 문제가 있다.

데이터 활용 수준도 차이를 보인다. 해외는 AIS 선박 위치 데이터, 항로 교통량, 사고 통계를 통합 분석해 충돌 위험을 사전에 평가하고, 그 결과를 방지공 설계에 반영한다. 한국은 아직 이러한 데이터 기반 분석 체계가 초기 단계에 머물러 있다.

환경 영향 평가와 유지관리 체계에서도 격차가 크다. 해외는 설계 단계부터 CFD 해석과 수리모형 실험을 진행하고, 세굴이나 해양 생태계 영향까지 고려한 설계를 의무화한다. 설치 후에도 주기적인 성능 평가와 보수·교체 계획이 체계적으로 관리

된다. 반면 한국은 주로 정기 점검 중심의 관리에 그치고 있으며, 장기 성능 저하에 대한 대비는 부족한 실정이다. 이러한 차이를 극복하기 위해 한국은 네 가지 정책적 방향을 설정해야 한다.

첫째, 국가 표준 설계 가이드라인을 마련해 설계 일관성을 확보해야 한다. 둘째, AIS 데이터와 사고 이력을 바탕으로 한 위험도 분석 체계를 도입해야 한다. 셋째, 방지공 설치 전후로 환경 및 안정성 평가를 의무화해야 한다. 넷째, Life cycle 관리 기반의 유지·보수 체계를 구축해 장기적인 구조물 안전성을 확보해야 한다.

설치에서 체계로

결론적으로 2024년 볼티모어 키 교량 붕괴 사고는 단순한 사고가 아닌, 해상 구조물 보안 체계 전반의 경고였다. 선박의 대형화와 복잡한 항로 환경 속에서, 이제 해상충돌방지공은 단순한 충격 흡수 장치를 넘어, 국가 해양 인프라의 핵심 안전 설비로 자리매김하고 있다.

한국 역시 주요 해상교량을 중심으로 방지공 설치를 확대하고 있으나, 설계 기준의 비일관성, 데이터 기반 위험 분석 부족, 환경 및 유지관리 체계의 미비라는 구조적 한계를 안고 있다. 해외 선진 사례들은 이를 이미 넘어서고 있다. 미국은 가이드라인을 통해 설치를 제도화했고, 유럽은 빅데이터 기반 위험도 분석 시스템을 운영 중이며, 중국은 교량 설계 단계에서부터 방지공을 일체형으로 포함시킨다.

이제 한국도 “얼마나 과학적이고 지속가능하게 운영되는가”라는 기준으로 접근해야 한다. 표준화된 설계지침, 데이터 기반의 위험 분석 플랫폼, 환경 영향에 대한 사전·사후 평가, 그리고 전 생애 주기 기반의 유지관리 체계를 마련해야 한다. 해양 인프라는 단절될 수 없는 국가의 생명선이다. 더이상 위기 상황에서의 “왜 없었나”를 반복하지 않기 위해, 우리는 지금부터 예방을 위한 체계적 투자를 시작해야 한다.

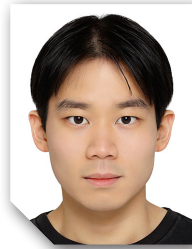
〈참고 문헌〉

- 한국도로공사. (2018). 해상교량 충돌방지시설 설계지침 (연구보고서 No. KEC-2018-05). 한국도로공사.
- International Maritime Organization. (2020). Guidelines for the design and construction of marine collision protection structures (IMO MSC.215(82)). International Maritime Organization.
- 이계희. (2016). 파일형 선박충돌방호공에 대한 간이 충돌모델의 개발과 검증. 한국해안·해양공학학회논문집, 28(1), 7-12.
- Evergreen Maritime. (2023). Floating pneumatic rubber fenders. Evergreen Maritime Group.
- Li, M., Ren, Q., Li, M., Kong, T., Li, H., Tian, H., & Liu, S. (2024). Digital twin-enabled collision early warning system for marine piling: Application to a wharf project in China. Advanced Engineering Informatics, 59, 102269.
- Nordic Fender. (2024). Joining forces for advanced smart fenders [Smart fender with IoT sensor].
- Trelleborg Marine & Infrastructure. (2024). Fixed fenders.
- 해양수산부. (2024). 전국 해상교량 및 항로표지 안전 점검 보고서. 세종: 해양수산부.
- 이명재, 김홍식, 박진호. (2014). 선박충돌방지공의 계획 및 위험도 분석. 대한토목학회지, 34(4), 44-53.
- 국토해양부. (2010). 인천대교 건설 백서. 서울: 국토해양부.
- 한국도로공사. (2015). 거가대교 및 북항대교 충돌 방지공 설계 자료집.
- 김태훈, 정현수. (2019). 해상교량 방지공 설치 후 세굴 영향에 대한 수리학적 분석. 한국수리학회논문집, 52(2), 115-127.
- U.S. Department of Transportation (USDOT). (2012). Bridge Design Guide for Vessel Collision Protection. Washington, D.C.: Federal Highway Administration.
- PIANC. (2015). Guidelines for the Design of Fenders and Ship Collision Protection Systems. Brussels: The World Association for Waterborne Transport Infrastructure.
- MARIN. (2021). SAMSON: Ship Traffic Risk Analysis System Overview. Netherlands: Maritime Research Institute Netherlands.
- Yao, T., & Yuan, J. (2018). Design and Performance of Ship Collision Protection Structures for Long-span Bridges in China. Ocean Engineering, 162, 73-85.
- Pedersen, P. T. (2010). Review and Application of Ship Collision and Grounding Analysis Procedures. Marine Structures, 23(3), 241-262.
- Sadlock, J. (2024). Francis Scott Key Bridge collapse calls for structures to protect against big ships.

■ 한국해양공학회 뉴스레터, 제12권 제2호

해양 구조설계, 디지털 기술로 세계를 겨누다

- 디지털 전환과 친환경 전환을 선도하는 K-부유체 설계기업 '마린테크인'을 만나다



하 준 수 (국립한국해양대학교 조선해양시스템공학부)

박 비 성 (국립창원대학교 스마트조선모빌리티공학과)

이 주 혁 (국립군산대학교 조선공학과)

해양 산업은 지금, 근본적인 변화의 한가운데에 서 있다. 탈탄소화와 디지털 전환, 대형화라는 구조적 흐름은 해양 구조물의 설계 방식 자체를 다시 묻고 있으며, 이와 함께 기존의 기술 전송 방식이나 업무 프로세스에 대한 반성도 이어지고 있다. 특히 반복되는 프로젝트마다 설계 초기부터 새로 시작해야 하는 비효율은 오랫동안 문제로 지적됐다.

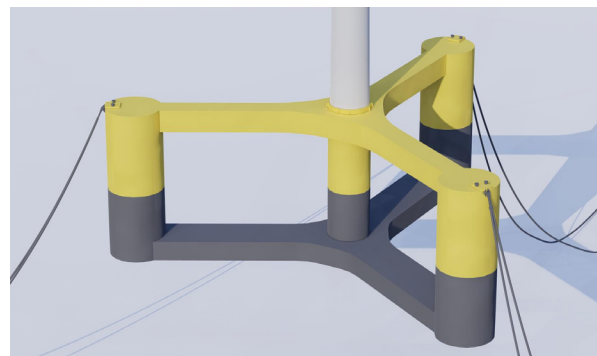
마린테크인은 변화하는 해양산업의 배경 속에서 설계 기술의 단절을 줄이고, 프로젝트 경험과 비결을 체계적으로 축적하는 데 집중해 온 소프트웨어 기반 기술 기업이다. 디지털 트윈을 활용한 해양 구조물 설계 및 해석 통합 기술 개발에도 주력하고 있으며, 수치해석 기반 접근법을 바탕으로 해상풍력 등 신재생에너지 분야로도 활동을 넓히고 있다.

기술 전환기의 흐름 속에서, 새로운 설계 접근이 어떻게 현장에 구현되고 있는지를 확인하고자 마린테크인의 'K-부유체' 사례를 K-부유체 설계 실무를 담당한 마린테크인 김정빈 팀장과 인터뷰 하여 들여다보았다.

Q. K-부유체 설계 시 가장 핵심적으로 고려한 요소는?

- 동해 해역에 최적화된 하중 분산과 진동 억제 설계

〈부유식 해상풍력발전기〉



▲ 마린테크인의 부유식 해상풍력 플랫폼 'K-부유체'
(자료 제공: 마린테크인)

A. K-부유체는 해상풍력 터빈의 대형화 흐름에 대응하기 위해 개발되었다. 마린테크인은 10MW급 이상 터빈이 구조물에 가하는 고하중을 안정적으로 분산하고, 동적 환경 하에서의 진동을 억제하는 기술을 설계의 중심에 두었다. 이를 위해 POSCO가 개발한 고성능 강재를 기반으로, 마린테크인이 이를 설계에 적용하여 구조 성능을 확보했다.

설계는 이론적 안정성에 머무르지 않는다. 마린테크인은 구조적 안전성뿐만 아니라 제작 공정의 현실성과 설치 단계의 용이성까지 고려한 전주기형 설계 전략을 통해 실질적 해상 적용 가능성을 높였다. 복잡한 해상 작업에서의 시행착오를 줄이기 위해 초기 설계 단계부터 시공성 검토를 병행한 것이다.

적용 해역은 동해, 그중에서도 울산 앞바다를 기준으로 설정되었다. 깊은 수심, 일정한 조류, 높은 파고 등 부유식 구조물에 적합한 조건을 갖춘 해역으로, 마린테크인은 해당 지역의 수치해석 데이터를 기반으로 공진 주파수 회피 설계, 계류 안정성 확보 등을 체계화했다. 향후 남해·서해 진출 시에는 해역별 조석차, 파랑 조건 등을 반영한 설계 조정이 이뤄질 예정이다.

Q. K-부유체만의 기술력 차별점은?

— 디지털 기반 해석 기술과 설계 국산화의 결합

마린테크인의 기술력은 단순한 구조설계를 넘어선다. 이들은 설계-해석-검증 전 과정을 국내 기술진이 주도하고 있으며, 외산 톨과 인력에 의존하지 않는 디지털 트윈 기반 통합 해석 기술을 개발하여 설계 의도에 즉각적으로 대응할 수 있는 체계를 구축했다.

포스코와의 협력을 통해 고하중 대응 강재를 공동 개발했고, 이러한 기술적 성과는 DNV 인증이라는 글로벌 신뢰로 이어졌다. 특히 향후 15~20MW급 터빈 적용을 위한 구조 보강, 계류재설계, 고성능 해석 자동화도 준비 중이며, 일부

표준화를 적용한 '반모듈화 전략'으로 양산 가능성도 모색하고 있다.

Q. K-부유체는 어떤 기술적 강점을 바탕으로 경쟁력을 확보하고 있으며, 향후 어떻게 확장될 수 있나?

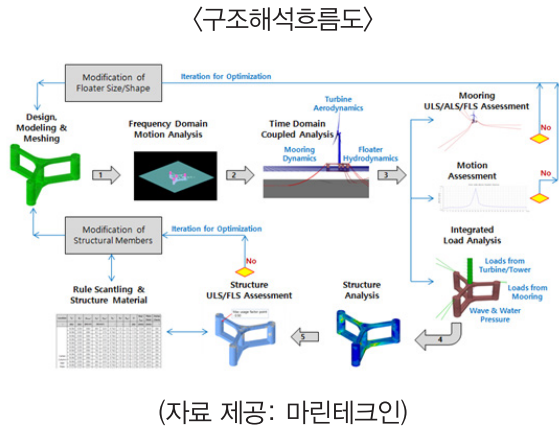
- 국내 해역 조건에 최적화된 독자 설계 구조
- 고강도(고성능) 강재 적용 및 자체 해석 체계
- 수치 해석-실증-인증까지 통합된 검증 절차
- 초대형 터빈 대응 위한 구조 보강 및 해석 자동화 병행
- 해역별 조정이 가능한 반모듈화 전략 기반 양산성 확보

K-부유체는 해외 설계 방식과 구분되는 국내 해양 조건 맞춤형 구조설계를 기반으로 개발되었다. 해외에서는 파이프 기반의 고정식 플랫폼이 일반적인 반면, K-부유체는 다양한 수심과 조류 조건에서도 안정적으로 작동할 수 있도록 설계되었으며, 울산 앞바다 등 실제 해역 조건을 반영한 수치해석 데이터를 기반으로 구조 형상을 최적화했다.

설계, 해석, 실증까지 전 과정은 국내 기술진이 주도했으며, 포스코와의 협력을 통해 고하중 대응이 가능한 고강도 강재를 공동 개발하여 구조적 안정성과 내구성을 확보했다. 특히 디지털 트윈 기반 통합 해석 기술을 자체적으로 구축함으로써 설계 의도에 대한 즉각적 피드백과 반복 개선이 가능하다. 이는 단순한 자재 국산화를 넘어, 설계 데이터와 해석 역량의 내재화를 통해 구조설계 전반의 기술 자립도를 높이는 방향과도 맞닿아 있다.

K-부유체의 성능과 신뢰성은 SESAM, Orcaflex 기반 수치 해석, 제주대·KAIST와의 산학협력, 수조 실험 및 시계열 하중 시뮬레이션 등 다층적 검증 절차를 거쳐 입증되었으며, DNV 인증 획득을 통해 국제적 기준에서도 안정성을 공식적으로 인정받았다. 인증 과정에서는 운동 특

■ 한국해양공학회 뉴스레터, 제12권 제2호



성, 계류 안정성, 터빈 작동 안전성 등이 중점적으로 평가되었다.

향후 15~20MW급 초대형 터빈 적용을 위해서는 구조물의 강성 확보, 형상 최적화, 계류 시스템 재설계 등 기술적 보강이 필요하다. 또한 환경 하중 조건이 기하급수적으로 늘어남에 따라, 해석 자동화 및 고성능 해석 인프라(HPC) 확보 역시 병행되고 있다.

다양한 해역 적용 가능성을 고려해 K-부유체는 완전한 모듈화 대신 '반모듈화 전략'을 채택했다. 플랫폼 구조는 표준화하되, 터빈 용량이나 계류 방식 등은 해역 특성에 맞게 조정함으로써 설계 기간 단축, 제작 효율 향상, 양산 가능성까지 염두에 두고 있다.

Q. 마린테크인의 글로벌 진출 전략은?

— 기업·산학 기술 협력을 바탕으로 유럽·동남아 진출 도전

마린테크인은 포스코, SK에코플랜트와의 공동개발 K-부유체를 설계하며 설계부터 제작까지의 기술 역량을 내재화했다. 이 과정에서 확보한 실증 경험과 기술 검증 결과는 글로벌 시장 진출의 교두보가 되었고, DNV 인증을 통해 국제 프로젝트 입찰에 필요한 기술 신뢰성 또한 공식적으로 인정받았다.

현재 마린테크인은 유럽과 동남아시아 해상풍

력 시장을 중심으로 해외 진출 전략을 수립 중이며, EPC 기업 및 풍력 디벨로퍼와의 협력 가능성을 다방면으로 검토하고 있다. 특히 국내 대기업과의 연계형 진출 구조를 통해 설계 기술을 중심으로 한 기술 파트너 역할을 강화하는 방식으로, 실질적 진출 기회를 넓혀가고 있는 단계다.

Q. 국내 구조설계 산업이 지속 가능하려면 어떤 조건이 필요하나?

— 인력, 인프라, 정책 연계의 삼각 축이 핵심

마린테크인은 국내 구조설계 산업의 지속 가능성을 위해서는 전문 인력, 산업 인프라, 인증 체계라는 세 가지 축이 균형 있게 구축되어야 한다고 설명했다. 특히 해양환경에 대한 이해와 수치 해석 역량을 동시에 갖춘 설계 인력은 수요에 비해 매우 부족하며, 단기 교육보다는 실증 기반의 실무형 인재 양성 체계가 필요하다고 강조했다.

구조설계가 단순 해석에 머물지 않고 제작, 설치, 운영까지 연결되는 산업의 전 주기를 통합해야 한다는 점에서, 설계-제작 간 연계 인프라와 데이터 기반 인증 체계의 정비도 함께 요구되고 있다.

마린테크인은 실제로 K-부유체 개발 과정에서 제주대, KAIST, KRISO 등과의 산학연 협력을 통해 수치해석 정확도를 높이고 해상 환경 데이터의 실증 검증 체계를 구축해왔다. 단순 기술 검증을 넘어, 학계-기업 간 설계 체계 공유와 해석 기술 고도화의 기반으로 작용하고 있으며, 향후에는 정책, 교육, 산업이 연계된 구조적 대응 체계로 발전되어야 한다고 덧붙였다.

Q. ESG 관점에서 구조설계 기업은 어떤 기여를 할 수 있나?

— 설계 단계에서의 자원 절감과 지역사회 협력이 구조설계 기업의 ESG 기여 방식

마린테크인은 구조설계 기업의 ESG 실천은 설

계 과정에서부터 시작된다고 설명했다.

고강도 소재의 적용을 통해 자재 사용량을 줄이고, 구조물의 유지보수 주기를 연장함으로써 에너지 소비와 수명 주기 비용을 동시에 저감할 수 있다는 것이다. 또한 설계 자동화와 일부 표준화 적용을 통해 제작 공정에서의 낭비를 최소화하고, 불필요한 자원 소모를 줄이는 것도 환경적 측면에서 중요한 기여로 보고 있다.

사회적 측면에서는 지역 대학과의 산학협력, 기술 교육 참여 등을 통해 인재 양성과 기술 환원에도 힘쓰고 있다. 단순 고용이나 교육 기부를 넘어, 실제 산업 과제를 기반으로 한 실무 중심의 협업 체계를 통해 지역사회와의 접점을 넓히고 있다는 설명이다.

더 나은 해양 구조설계를 위한 항해는 계속된다

K-부유체는 단일 구조물 개발을 넘어, 국내 구조설계 기술이 디지털 전환과 자립화라는 두 가지 흐름에 어떻게 대응하고 있는지를 보여주는 사례다. 디지털 기반의 통합 설계-해석-검증 체계, 고강도 강재의 적용, 해역별 최적화 설계 전략은 단순한 기술 구현을 넘어 전주기 기술 축적의 가능성을 시사한다.

이번 인터뷰를 통해 마주한 인상적인 지점은 기술 자체의 우수성뿐 아니라, 그것을 어떻게 내재화하고 축적하며, 누구와 연결해 나갈 것인가에 대한 조직적 고민이었다. 산학·연 협력을 통한 수치해석 검증, 설계-제작 간 연계 인프라 확보, 그리고 구조설계의 국산화를 기술 주도권 확

보의 관점에서 접근하는 시도는 구조설계 산업의 지속 가능성과도 직결되는 지점이다.

마린테크인의 사례는 국내 해양 구조설계 기술의 현재 좌표를 가늠할 수 있는 하나의 기준점이자, 향후 해상풍력 시장 확대에 따라 요구될 준비의 방향을 다시 묻게 하는 출발점이다. 기술의 진보만으로는 시장을 견인할 수 없으며, 구현 가능한 구조로 연결하기 위한 전략과 체계 또한 함께 구축되어야 한다는 점이다.

〈마지막 취재 사진〉



망간단괴 중심의 심해저 자원 연구 동향



이재준 (한양대학교 해양융합공학과)



이영민 (인하대학교 조선해양공학과)

지속 가능한 성장을 위한 핵심 자원인 금속광물은 현대 산업 전반에 필수적인 요소다. 하지만 이러한 자원의 주요 공급처였던 육상 광물자원의 고갈과 공급 불균형이 갈수록 심화되고 있으며, 일부 국가에 매장량과 생산이 편중되어 있어 자원 확보의 지정학적 불안정성 또한 커지고 있다.

특히 니켈, 코발트, 희토류와 같은 전략 금속은 배터리, 전기차, 재생에너지 설비 등 친환경 산업에서의 수요가 급증하면서, 안정적인 확보 없이는 미래산업 기반 자체가 흔들릴 수 있다는 우려도 나온다.

이러한 위기의식 속에서 심해저 광물자원, 그 중에서도 망간단괴를 포함한 해양광물자원이 육상 자원의 대체 공급원으로 주목받고 있다. 심해에는 산업적 가치가 높은 금속들이 다량 분포하고 있을 뿐 아니라, 자원 개발 과정에서 고도 기술과 해양 융합 연구의 진전을 이끌어낼 수 있는 가능성 또한 내포하고 있다.

이에 본 기사는 해양 자원 개발의 최전선에 서 있는 ‘한국해양과학기술원 대양자원연구부’의 활동을 심층적으로 조명하고자 한다. 이를 위해 대양자원연구부의 인터뷰와 망간단괴를 중심으로 한 심해저 자원 탐사 및 연구 동향, 그리고 그 기술적·경제적·환경적 의의에 대해 자세히 다뤄 보고자 한다.

Q. 대양자원연구부의 역할은?

A. 대양자원연구부는 원양에서의 광물 자원을 확보하고 이를 활용할 수 있는 기술을 개발하며, 신자원 발굴을 위한 대양 및 극한지 탐사를 주도적으로 수행한다. 또한 전략 금속 자원을 장기적으로 확보하고 해양 경제 영토를 확장하기 위해 심해저 광물 자원 탐사를 진행하고 있으며, 급격히 변화하는 해양환경에 대응하기 위해 새로운 해양 생물 자원을 발굴하고 그 이용성을 극대화하는 기술 개발에도 힘쓰고 있다. 나아가 해양·극한 생물의 생명현상을 이해함으로써 생명공학 원천기술과 해양 생물 유래 신소재를 개발하고, 해양의 지속가능한 이용을 위해 자연적·인위적 요인에 의

〈해양과학기술원 전경〉



(출처 : 해양과학기술원)

한 해양환경 변화를 감시하고 평가하는 연구도 수행한다.

Q. 대양자원을 연구하는 목적은?

A. 육상 광물 자원의 공급 불균형과 고갈 문제가 본격적으로 대두되면서, 안정적인 자원 확보가 지속적인 경제 성장의 핵심 과제로 떠오르고 있다. 이에 따라 심해에 존재하는 고부가가치 해양 광물 자원의 개발 필요성이 크게 증가하고 있고, 1970년대 말 망간단괴 탐사를 시작으로 해저산 지역의 망간각, 중앙해령, 후열도 확장대의 해저열수광상까지 탐사 대상이 확장되어 왔으며, 최근에는 도서국 EEZ 내 해저열수광상에 대한 상업 개발도 본격화되고 있다.

우리나라는 1994년 국제해저기구로부터 북태평양 망간단괴 탐사광구를 확보한 데 이어, 남서태평양의 망간각과 해저열수광상 유망 지역을 선정하고 독점 탐사권을 확보함으로써 자원 개발 다변화를 추진하고 있다. 이는 중국, 러시아에 이어 세계에서 세 번째 사례이고, 해양 광물 자원에는 최근 첨단 산업과 녹색 산업의 수요 증가로 주목받고 있는 희토류 및 희유 금속이 다량 함유되어 있어서 기존 금속 자원들과 함께 개발할 경우 그 가치가 더욱 높아질 것으로 기대된다.

해양 광물 자원 탐사는 심해라는 극한 환경을 대상으로 지구물리, 해저지질, 광상, 심해환경 등 다양한 학문적 접근이 요구되며, 이를 통해 신규 자원을 탐지하고 자원 평가를 수행한다. 독자적인 탐사 및 평가 기술을 확보하기 위한 지속적인 연구 개발이 반드시 필요하며, 나아가 대양 및 심해의 지질 구조와 환경을 기반으로 한 탐사와 개발은 해양바이오, 고해양학, 기후변화 연구 등 다양한 융합 연구로 확장될 수 있고, 심해잠수정 등 첨단 해양 장비의 개발 기반도 함께 마련할 수 있다.

Q. 주요 심해 광물자원의 특징과 그 활용성은?

A. 현재 전 세계적으로 주목받고 있는 대표적인 심해 광물자원은 망간단괴, 망간각, 해저열수광상의 세 가지다. 이들은 각각의 지질학적 조건과 형성 메커니즘, 포함 금속 종류 및 함량, 경제적 가치 등이 서로 다르며, 용도 또한 상이하다.

〈망간단괴〉



(출처 : 해양과학기술원)

망간단괴는 수심 약 4000~5000m의 저위도 해저평원에서 해저 퇴적물 위에 형성된 감자 모양의 금속 덩어리로, 해수 속 금속 이온이 오랜 시간에 걸쳐 응집되며 생성된다. 주요 성분은 망간, 니켈, 코발트, 구리이며, 이들 금속은 전기차 배터리, 철강, 초합금 등 첨단 산업의 핵심 원료로 쓰인다.

우리나라는 북태평양 공해 상에 위치한 7.5만 km² 규모의 탐사광구에서 약 5억 6000만 톤의 자원량을 파악했으며, 정밀탐사까지 완료한 상태다. 망간단괴는 추출 및 집광 기술이 비교적 안정화 단계에 들어서 있어, 가장 빠르게 상업화가 가능한 자원으로 평가받고 있다.

망간각은 해저 화산체의 사면에 수백만 년에 걸쳐 서서히 침착되는 단단한 금속 피복층이다. 주로 해저 300m~3700m 해산 경사면에 분포하며, 특히 코발트 함량이 망간단괴보다 3~5배가

량 높아 ‘고코발트 망간각(Co-rich crust)’로 불리기도 한다.

형성 메커니즘은 해수 중 2가 망간과 2가 철이 심해 저층류와 만나면서 산화환경이 조성되고, 미생물의 산화작용과 자가촉매 반응을 통해 망간각이 성장하는 것이다. 이 과정에서 망간, 철, 코발트, 니켈, 희토류 등이 농축된다.

〈망간각〉



(출처 : 해양과학기술원)

망간각 자원 탐사에서 중요한 평가지표는 피복률, 두께, 비중, 화학 성분이며, 3차원적으로 경사도와 두께를 함께 고려해야 하는 점에서 평가방식도 복잡하다. 미국의 해양지질학자 J. Hein 박사는 경제성이 있는 망간각 광구의 조건으로 수심 1~1.5km 이내, 해류 유속이 빠르고 모암이 20Ma보다 오래된 지역이며, 화산구조가 커다란 환초와 암초에 덮혀 있지 않은 지역 등을 제시한 바 있다.

우리나라는 서태평양 공해상에 0.3만km² 규모의 탐사광구를 보유하고 있으며, 약 2000만 톤의 자원이 존재하는 것으로 추정된다. 망간각은 기술적 난이도가 높지만, 코발트 및 희토류의 고함량 자원으로서 전략적 가치가 매우 크다.

열수광상은 해저 화산활동이 활발한 중앙해령,

후열도 확장대 등에 존재하며, 지하에서 분출된 고온의 열수가 해수와 만나면서 금속광물이 급격히 침전되어 형성된 광상이다. 일반적으로 구리, 아연, 금, 은 등의 금속이 고농도로 포함되어 있어 경제성이 매우 높다.

〈열수광상〉



(출처 : 해양과학기술원)

우리나라는 인도양 공해(1.0만km²) 및 통가·피지 EEZ 해역에 총 3.7만km²의 탐사광구를 보유하고 있으며, 총 약 2400만 톤의 자원이 존재하는 것으로 평가된다. 특히 열수광상은 금, 은 등 귀금속의 회수 가능성이 높아 상업성이 뛰어난 것으로 분석되며, 생물 다양성 보호 등 환경적 고려가 함께 요구된다.

이 세 자원 모두 차세대 배터리, 재생에너지, 반도체, 철강, 군수 산업 등 다양한 첨단 산업에서 핵심적으로 활용되는 금속 자원을 함유하고 있다. 특히 전 세계적으로 니켈, 코발트, 희토류 등의 수요가 빠르게 증가하고 있고, 특정 국가에 매장 및 생산이 편중되어 있는 상황에서, 심해저 자원은 지정학적 리스크를 줄이고 자원 안보를 확보하는 대안으로서 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

기후변화 시대의 연안 파래 대발생 현상과 대응방안 연구



양 하 영 (목포해양대학교 환경생명공학과)

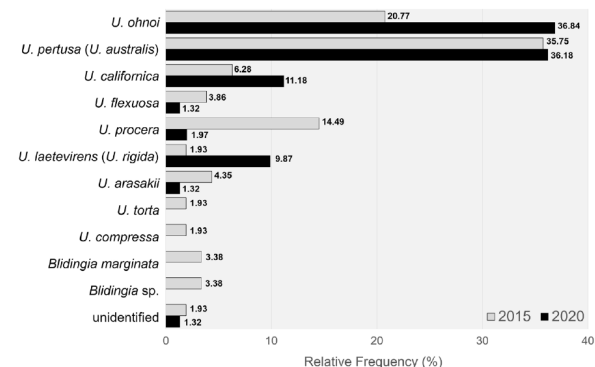
제주의 에메랄드빛 바다가 녹색 카펫으로 뒤덮이고 있다. 중국 옌타이시 근해에서는 파래가 해변까지 점령하여 모래사장이 보이지 않을 정도의 대발생이 일어났으며, 인근 장쑤성 사양현에서만 3만톤을 수거하는 대규모 제거 작업이 진행되었다. 우리나라 또한 현재 경포호, 제주도, 낙동강 등 곳곳에서 파래 대발생이 일어나며 ‘녹조와의 전쟁’이 매년 반복되고 있다.

2015~2025년 한국 연안의 녹조 대발생 현상은 주로 제주도 연안에서 두드러지게 나타나고 있다. 특히 제주 동부 해안(신양리 방두만 등)은 2000년대 초반부터 거의 해마다 대규모 갈파래류 번성이 반복되어 왔으며, 단위 면적당 연간 최대 7kg(습중) 이상의 해조생물량이 생성되고 있다.

제주 연안의 녹조 대발생은 보통 봄철(4월 말)에 시작하여 여름철(6~7월)에 최대 규모에 이르렀다가 늦가을까지 지속되며, 일부 지역에서는 연중 상시 잔존하는 경향도 관찰된다. 최근에는 이러한 현상이 남해안과 동해안의 일부 국지적 해역에서도 보고되기 시작하여 분포 범위가 확대되고 있다.

DNA 바코딩 분석 결과 제주 연안에서는 갈파래속 7종이 확인되었으며, 이 중 큰갈파래(36.84%)와 구멍갈파래(36.18%)가 주요 우점종으로 나타났다. 특히 주목할 점은 2015년 대비

〈Temporal variation in the *Ulva* community structure (relative frequency) between 2015 and 2020 on the coast



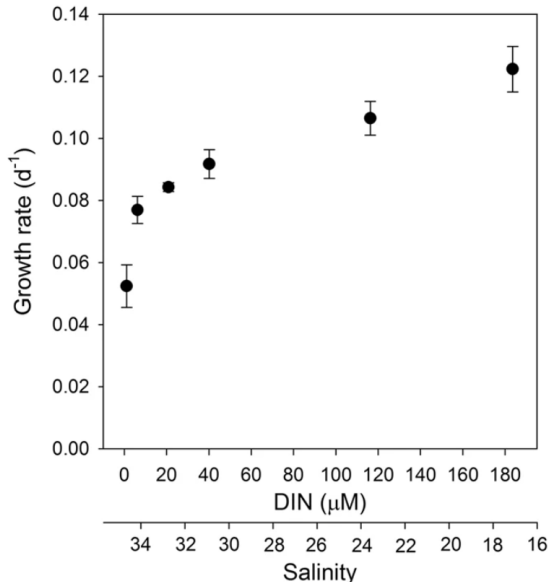
(출처: DNA 바코드를 이용한 제주도 연안 파래대발생 (green tide)을 형성하는 갈파래 (genus *Ulva*) 군집구조 및 주요 종 구성의 시간적 변이, 박혜진 외 3인, 2022)

2020년에 큰갈파래의 우점도가 20%에서 37%로 증가하였다.

대발생의 주요 원인으로는 기후변화와 부영양화의 복합작용에 의하며 파래 대발생의 근본 원인은 부영양화된 환경에서 기인한다. 제주도의 경우 화산섬 특성상 빗물이 땅속으로 스며든 뒤 해저지하수(SGD) 형태로 배출되는데 이 담수성 지하수에 농경지 비료 성분이 용해되어 다량의 질소·인이 연안으로 유입된다.

실제로 조천항에서 지하수로 공급되는 용존 무기질소(DIN) 농도가 외해 대비 10배 이상 높게 나타났으며, 메조코즘 실험에서 지하수 유입으로

〈The growth rate of *U. pertusa* as a function of DIN concentrations and salinities by adding different amounts of fresh groundwater〉



(출처: Submarine groundwater discharge as a source of green tide development in a coastal harbor, Jeju Island, 권영일 외 3인, 2017)

질소 농도가 증가하자 갈파래 성장률이 160% 급증한 결과가 확인되었다.

또한 기후변화 시대가 도래하며 해수온 상승, 강수 증가 및 유입수 증가, 산성화 등의 현상들이 일어나 파래의 증식에 적합한 환경이 만들어지고 있다.

지구온난화로 연평균 해수온이 상승하면서 제주 연안의 녹조 발생이 점차 조기화·장기화되고 있으며, 아열대 기원의 종들이 번성하는 환경이 조성되고 있다. 큰갈파래의 우점도 증가는 이러한 고온 적응력과 직접적으로 연관되어 있다.

현재 국내 대부분 해안에서는 인력 기반의 수거 작업이 이뤄지고 있으며, 제주 지역의 경우 연간 약 4천 톤의 파래를 수거하는 데 약 10억 원의 예산이 투입되고 있다. 수거된 파래의 상당수는 임시 적치 또는 해양 재투기 되고 있어 2차 부패 악취 유발, 수질 재오염, 침적토 문제로 이어지고 있다.

이와 같은 상황을 보다 정확하게 이해하고 현

장 실태를 짚어보기 위해, 해양수산자원연구소 수산팀 정양섭 과장을 만나 제주 연안을 중심으로 한 국내 갈파래 대발생 현황과 특징에 대한 자세한 견해를 들어보고자 한다.

Q. 최근 파래 대발생이 국내 해역에서는 어떤 양상을 보이는가?

A. 최근 국내 해역에서는 여름철을 중심으로 파래(녹조류)의 대규모 발생 현상이 관찰되고 있다. 해양수산자원연구소는 해남, 신안, 광양 등지에서 파래 군락이 방형구를 가득 채울 정도로 분포하고 있음을 확인하였다. 특히 경성 조간대 및 연성 조간대에서 파래가 우점종으로 나타나는 경향이 강하게 포착되었다.

Q. 파래 대발생의 주요 원인은 무엇인가?

A. 일반적으로 녹조류 발생은 해양 오염, 영양 염류의 과다 유입, 수온 상승, 해수 교환의 정체 등이 복합적으로 작용한 결과로 해석된다. 특히 제주 지역에서는 이러한 환경 요인들이 맞물려 문제를 악화시키고 있다.

Q. 외부 요인(엘니뇨, 중국발 조류 확산 등)의 영향에 대한 평가는?

A. 파래는 약 15~25도 사이에서 빠르게 성장하는 생물종으로 해수온의 상승은 파래의 성장을 더욱 촉진시키는 조건이 된다. 또한 중국 연안에서 부영양화된 해수가 조류와 엘니뇨 등의 기후 현상을 통해 한반도로 유입되면서 국내 해역에서의 파래 대규모 확산에 영향이 있는 것으로 예상된다.

Q. 지속적으로 발생하는 이상 현상에 대하여 기후위기 대응 차원에서 필요한 연구 및 정책은?

A. 연안 해역에서 관찰되는 파래의 대규모 증식은 수산업에 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 이에 따라 기후변화로 인해 발생하는 이상 현

상에 대응하기 위해 수산자원 관리, 양식업 적응 기술 개발 등 지속 가능한 수산업 육성을 위한 연구와 정책 개발이 필요하다.

이와 같이 해양수산자원연구소 정양섭 과장은 파래의 대량 증식이 수산업에 끼치는 위협을 짚으며, 기후위기 대응 차원에서 구조적 접근이 필요하다고 강조했다. 이어 단기적 피해 대응과 더불어 파래를 자원으로 활용하려는 시도 역시 중요하다고 덧붙였다.

파래가 대발생 시 대응 방안으로는 파래를 폐기물이 아닌 자원으로 보는 것이다. 파래는 풍부한 생리활성 물질과 무기질, 항산화 성분을 포함하고 있어 항염, 항노화, 면역 강화, 피부 재생 등 다양한 효과를 보이기에 기능성 화장품과 건강기능식품, 의공학 분야에서 활용 가능성을 보인다. 실제로 파래 1kg에서 약 20g의 고기능성 원료를 추출할 수 있으며, 이 원료는 주름 개선, 피부 노화 방지, 항산화 작용 등을 통해 고급 화장품에 활용되고 구멍갈파래는 전복 치패용 배합사료로 개발되어 상용화 가능성을 보인다. 또한 바이오에탄올의 원료로 사용될 경우 옥수수나 사탕수수보다 더 높은 에너지 수율을 기록하는 것으로 나타났다. 이외에도 파래를 이용한 액상·고체 형태의 유기농 비료, 아토피·피부염 완화 성분 개발, 수질 오염 진단 키트 개발 등 다양한 기술이

연구 단계에 있다.

파래 대발생 문제는 단순한 해양 쓰레기 수거의 차원을 넘어 해양 환경 변화와 기후위기의 신호탄이자 우리가 마주한 생태·산업 구조의 경고이기도 하다.

지금 필요한 것은 반복되는 피해에 소극적으로 대응하는 것이 아니라 해양 생태계 교란 생물을 산업 자원으로 전환하려는 선제적 접근이다. 수거-폐기 중심의 한계에서 벗어나 기술 개발과 정책 지원을 통해 파래를 ‘버리는 대상’에서 ‘살리는 자원’으로 전환해야 한다.

제주의 바다를 푸르게 되돌리는 길은 어쩌면 파래를 새로운 미래 성장 자원으로 다시 바라보는 데서 시작될지 모른다.

〈참고 문헌〉

- DNA 바코드를 이용한 제주도 연안 파래대발생 (green tide)을 형성하는 갈파래 (genus *Ulva*) 군집구조 및 주요 종 구성의 시간적 변이, 박혜진 외 3인, 2022
- Submarine groundwater discharge as a source of green tide development in a coastal harbor, Jeju Island, 권영일 외 3인, 2017
- Seasonal distribution and biomass of *Ulva* spp. in southern Korea, 박철민 외 3인, 2015
- 해양생태계의 오염을 유발하는 파래류의 산업적 활용기술 기획, 정영훈 외, 2023

조선업 정책담당부서 해수부 이전 신중 필요



김영훈 (경남대학교 조선해양시스템공학과 교수)

최근 국내 조선사들이 높은 기술경쟁력을 바탕으로 글로벌시장에서 LNG운반선 등 고부가선종의 수주량을 늘리며 선전을 하고 있다. 국내 조선업이 제2의 조선산업 부흥과 디지털 산업으로의 호기를 맞고 있다. 또한 미국 트럼프정부가 미국 함정수리, 자국 조선산업 생태계 재활을 위해 요청한 한미조선산업 협력도 조선해양 엔지니어를 배출하는 교수로서 가슴 뛰는 일이다. 특히 신정부 들어와 축소된 R&D지원 확대 계획은 우리 조선업이 안정적으로 지속 성장하는 기반이 될 것으로 기대된다.

산업생태계 구조전환기의 안정성 유지가 우선

해양수산부의 부산 이전은 지역균형발전차원에서 충분히 이해가 되지만 조선산업 정책부서를 갑자기 해양수산부로의 이관 계획은 좀 더 신중해야 할 것으로 사료된다. 지금은 기존 조선산업의 전통적 선박 건조방식, 선박기능 등 산업핵심 요소기술을, ICT기반의 혁신적 스마트야드, 친환경·스마트선박으로 탈바꿈해야 하는 전환기적 중요한 시기이다. 지금 턱 밑까지 따라온 중국을 두고 조선산업정책 주력부서의 이전은 산업정책적 집중력을 약화시킬 수 있어 걱정되기도 한다. 다음 몇가지 큰 틀에서 살펴보아도 조선산업 정책부서를 그대로 유지하는 것이 현시점에서 좀 더 안정적이라고 본다.

국가적 수출주도형 성장을 리드하는 산업통상

자원부의 역할 : 부존자원이 부족한 우리나라는 수출주도형 육성전략이 기본방향이고, 이러한 핵심 정책은 주로 산업통상자원부에서 리드하고 있다. 누구나 잘 아는 바와 같이 우리나라 조선업은 수출선이 95% 이상 차지하는 수출주도형 대표산업이며, 글로벌 시장점유율도 30~40%까지 차지하면서 높은 국제경쟁력을 갖추고 있는 효자산업이다. 향후에도 산업구조 고도화를 통해 지속 성장 가능성이 여전히 높다.

조선업은 전후방 산업의 긴밀한 연계가 중요

제조, 엔지니어링 기반의 조선산업은 철강산업, 기계산업, 에너지산업, 기술개발, 인력양성, 국제협력·통상, 무역 등 다양한 산업영역 및 핵심적 정책요소들이 연계되어 있다. 이들과 관련한 주요 정책 기능은 대부분 산업통상자원부에 있으며, 그래서 수천개의 조선업 관련업체에 대한 지원업무적 효율성이 충분히 고려되어야 할 것이다.

해운업 대비 상호영향력과 국가정책적 우선 순위가 높은 조선업

현재 조선업의 산업규모, 국가 영향력은 해운업에 비해 훨씬 높으며, 국가 정책적 우선순위도 조선업이 높다고 생각된다. 즉, 해양수산부에서 앞서 지적인 조선업 관련 모든 정책을 수용하기에는 현시점에서 혼란과 정책추진 지연 등 우려스러운 결과를 초래할 가능성을 배제하기 어렵

다. 일본의 사례를 보자, 일본은 국토교통성에서 조선업과 해운업 뿐만 아니라 철도, 자동차분야 등 수송 관련분야를 모두 관장하고 있다. 일본은 과거와 달리 조선업보다는 I-shipping이라는 전략으로 해운업을 기반으로 조선업을 유지하는 경향을 보이고 있다. 즉 글로벌 해운업과 연계한 내수 선박의 조달측면에 정책적 포인트가 높은 상태로, 제조기반 수출주도 정책을 근간으로 하는 우리나라와는 산업정책적 환경이 매우 다르다. 경쟁국인 중국도 제조업 특성을 고려하여 조선업을 공업정보화부(MIIT)에서, 해운업은 교통운수부(MOT)에서 분리하여 주관하고 있다.

제조, 지원정책의 조선업과 서비스, 규제정책의 해운업

조선업은 선박을 건조하는 제조업 기반인데 반해 해운업은 선박운항의 서비스업 기반이다. 즉, 조선업은 선박과 관련해 산업발전, 수출확대, 기술개발 지원 등 선박 제조에 따른 진흥, 지원업무의 강도가 높은데 반해, 해운업은 해상물류, 항

만, 해양관리 등 선박 운항과 관련하여 글로벌 트랜드라 할 수 있는 해양환경 보호 등 규제업무의 성격이 강한 것으로 판단된다.

하나의 정책부서에서 진흥기능과 규제기능을 관리하는 것이 상호보완적이고 효율성도 높일 수도 있을 것이다. 그러나 일본 사례에서 보듯이 국내 선박 건조량의 내수 비중이 50% 이상으로 국내 해운업의 상대적 영향력이 높아지는 경우에 추진하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 그래서 지금은 조선업의 국제경쟁력 강화 및 디지털 기반 산업구조로의 안정적 전환하도록 수출확대 제조산업 국가지원정책에 집중할 때이다. 지금의 호기는 두 번 다시 오지 않을 것이다. 기억하자, 우리에게 사양산업은 없다. 오로지 사양화하는 산업이 있을 뿐이다.

※ 본 자료는 파이낸셜뉴스 2025.07.24.에 기고한 글을 바탕으로 수정, 보완 및 재구성한 것임을 밝힌다.

● ● 해양공학 관련 국제학술대회 및 행사 안내 ● ●

■ Defence Aviation Safety 2025

- Place : London, United Kingdom
- Date : 2025. 10. 6 ~ 7
- <http://www.defencesafety.com/coms>

■ Floating Offshore Wind Conference

- Place : London, United Kingdom
- Date : 2026. 03. 03
- <https://offshorewindconference.com/>

■ MRST — Maritime Reconnaissance and Surveillance Technology

- Place : London, United Kingdom
- Date : 2026. 01. 27 ~ 28
- <http://www.maritime-recon.com/coms>

■ Offshore Technology Conference 2026

- Place : Houston, Texas, United States
- Date : 2026. 05. 4 ~ 7
- <https://2026.otcnet.org/>

● ● 2025년도 한국해양공학회 회비 납부 안내 ● ●

회원구분		2025년 연회비	납부 방법
정 회원		50,000원	1. 전자결제-신용카드, 계좌이체 : www.ksoe.or.kr > 회원안내 > 회비납부 2. 인터넷 지로납부 : www.giro.or.kr > 일반지로 납부 > 지로번호: 6998462 / 한국해양공학회 3. 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	
		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).



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

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

● ● 한국해양공학회지(JOET) 최신호 ● ●

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

Vol. 39, No. 3 (2025. 6)

■ Original Research Articles

1. Estimation of Maneuvering Coefficients of the KCS Using Captive Model Test Simulations in the OpenFOAM Framework
(Minsu Cho, Theo Descamps, Benjamin Bouscasse and Young-Myung Choi)
2. Time Domain Stress and Fatigue Life Evaluation for the Connector of a Floating Multi-Body in Waves by Total Beam and Local Shell Analyses
(Byoung Wan Kim, Sa Young Hong and Kangsu Lee)
3. Structural Response Evaluation of Krylov Subspace-Based Reduced-Order Model for Real-Time Structural Health Monitoring and Prediction of Container Ships
(Kichan Sim, Byoung Wan Kim, Jeong Sam Han and Kangsu Lee)
4. Optimal Coverage Path Planning for Unmanned Surface Vehicles Using Flexible Formation Tracking Control
(Minsung Park and Bo Woo Nam)
5. Analysis of Bunkering Procedures for Establishing Safety Regulations for Ammonia-Fueled Ships
(Sangmin Ji, Yujin Cheon, Dongho Jung and Jinkwang Lee)
6. Statistical Properties of Low-Cycle Fatigue Data of Type 316L Stainless Steel
(Sae-Hee Oh and Seon-Jin Kim)
7. Dynamic Power Cable Layout Design for 15MW Floating Offshore Wind Turbines: Part 1 – Configuration Analysis and Optimization
(Doyoung Kwon, Hyun Kyung Kim and Joonmo Choung)

■ Technical Articles

1. Structural Safety Evaluation of a Fairlead Chain Stopper for the Disconnectable Mooring System of Floating Offshore Wind Turbines
(Youngjae Yu, Sang-Hyun Park, Youngsik Jang and Sang-Rai Cho)

Vol. 39, No. 4 (2025. 8)

■ Original Research Articles

1. Numerical Study on the Working Safety of LNG-fueled Ship and LNG Bunkering Ships During Simultaneous Operations in Waves
(Kyeonguk Heo, Byoungjae Park, Dongho Jung)
2. Numerical Analysis of the Dynamic Effects of Ballast Tank Water Discharge on Submarine Motion Stability During Emergency Rising
(Jae Sang Jung, Sung wook Lee, Ji Hwan Shin)
3. Optimal Shipyard Model Selection for Kutaraja Fishing Port, Aceh, Indonesia Using Fuzzy AHP and TOPSIS
(Thaib Rizwan, Sayyid Afdhal El Rahimi, Razali Thaib, Muhammad Arif)
4. Optimization of Input Variables for Salinity Modeling in the Nakdong River Estuary Using Exploratory Data Analysis
(Jung-A Yang, Su Hong Min, Jihoon Kang, Mandeuk Lee, Jong-Sung Yoon)
5. Random Forest Model for Salinity Prediction in the Nakdong River Estuary Reflecting Spatio-temporal Lag Effects
(Su Hong Min, Ji Hoon Kang, Joon Hun Kim, Jong-Sung Yoon)
6. Long-Term Shoreline Change Analysis using Optical Satellite Images of the East Coast of the Korean Peninsula
(Miyoungh Yun, Byung Youn Mo, Jinah Kim, Kideok Do)
7. Ductile-to-Brittle Transition Characteristics by Charpy Impact Test of Shot-Peened Low Alloy Steel
(Jungsik Kim, Seok-Hwan Ahn)
8. Dynamic Power Cable Layout Design for 15 MW Floating Offshore Wind Turbines: Part 2 – Evaluation of Ultimate Limit State Performance
(Doyoung Kwon, Dong Suk Hong, Joonmo Choung)
9. Experimental and Numerical Study on the Motion Response of a Hybrid Wind-Wave Energy Platform with Different WEC Arrangements
(Pyeongseung Jang, Sanghwan Heo, Weoncheol Koo)

■ Technical Articles

1. Numerical Study on Air-Intake Louver for Polar Ships
(Seongjong Park, Yunhan Lee, Jonghyeon Son, Junhwan Jeon, Seoyoon Choi, Youseong Yang)
2. Operational Strategies for ROVs in Underwater Search and Rescue During Large-Scale Marine Disasters
(Myoungsoon Kim, Minoh Song, Kyeongbeom Cheon, Taeyoon Kim, Woo-Dong Lee)
3. Study on the Basic Design Method for Deployment of a Deep-Sea Buoyancy Engine Module
(Taehwan Joung, Chong-Moo Lee, Yongkap Lee, Jonggil Yum)

■ Corrigendum

1. Corrigendum to: Dynamic Power Cable Layout Design for 15 MW Floating Offshore Wind Turbines: Part 1 – Configuration Analysis and Optimization
(Doyoung Kwon, Hyun Kyung Kim, Joonmo Choung)

■ 정(종신)회원

1	253591	김동환	정회원	국립재난안전연구원
2	253592	김지훈	정회원	한국해양과학기술원 해양신산업연구본부/책임
3	253593	성용욱	정회원	한화에어로스페이스 연료전자개발팀/수석
4	253595	문기돈	정회원	오션테크 사업부/부장
5	253596	이근화	정회원	세종대학교 해양융합시스템공학과/교수
6	253599	차정은	정회원	한국에너지기술연구원 수소실증연구센터/선임
7	253612	이재철	정회원	경상국립대학교 조선해양공학과/교수
8	253613	우정재	정회원	한국선급 연구본부/수석
9	253614	이상봉	정회원	(주)랩오투원/대표이사

■ 학생회원

1	253594	오재진	학생회원	충남대학교 자율운항시스템공학과/석사과정
2	253597	류승걸	학생회원	인하대학교 조선해양공학과/석사과정
3	253598	윤정현	학생회원	경상국립대학교 해양토목공학과/석사과정
4	253600	김정민	학생회원	서울대학교 조선해양공학과/학부생
5	253601	김정민	학생회원	서울대학교 조선해양공학과/석사과정
6	253602	김정훈	학생회원	서울대학교 조선해양공학과/석박통합과정
7	253603	고영관	학생회원	홍익대학교 Floater Dynamics Laboratory/석사과정
8	253604	이창원	학생회원	홍익대학교 기계시스템디자인공학과/학사
9	253605	김자현	학생회원	홍익대학교 기계시스템디자인공학과/학사
10	253606	김가인	학생회원	한양대학교 해양융합공학과/학부생
11	253607	김영훈	학생회원	경상국립대학교 기계시스템공학과/석사과정
12	253608	박세환	학생회원	한국해양대학교 기계시스템공학과/석사과정
13	253609	이주현	학생회원	충남대학교 자율운항시스템공학과/석사과정
14	253610	한승재	학생회원	공주대학교 건설환경공학과/석사과정
15	253611	한세희	학생회원	공주대학교 건설환경공학과/석사과정

〈한국해양공학회 특별회원〉



한국해양공학회 특별회원 가입방법은 학회홈페이지(www.ksoe.or.kr)의
입회안내를 참고하시고, 기타사항은 학회 사무국으로 연락주시기 바랍니다.

August 2025

Vol. 12 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>