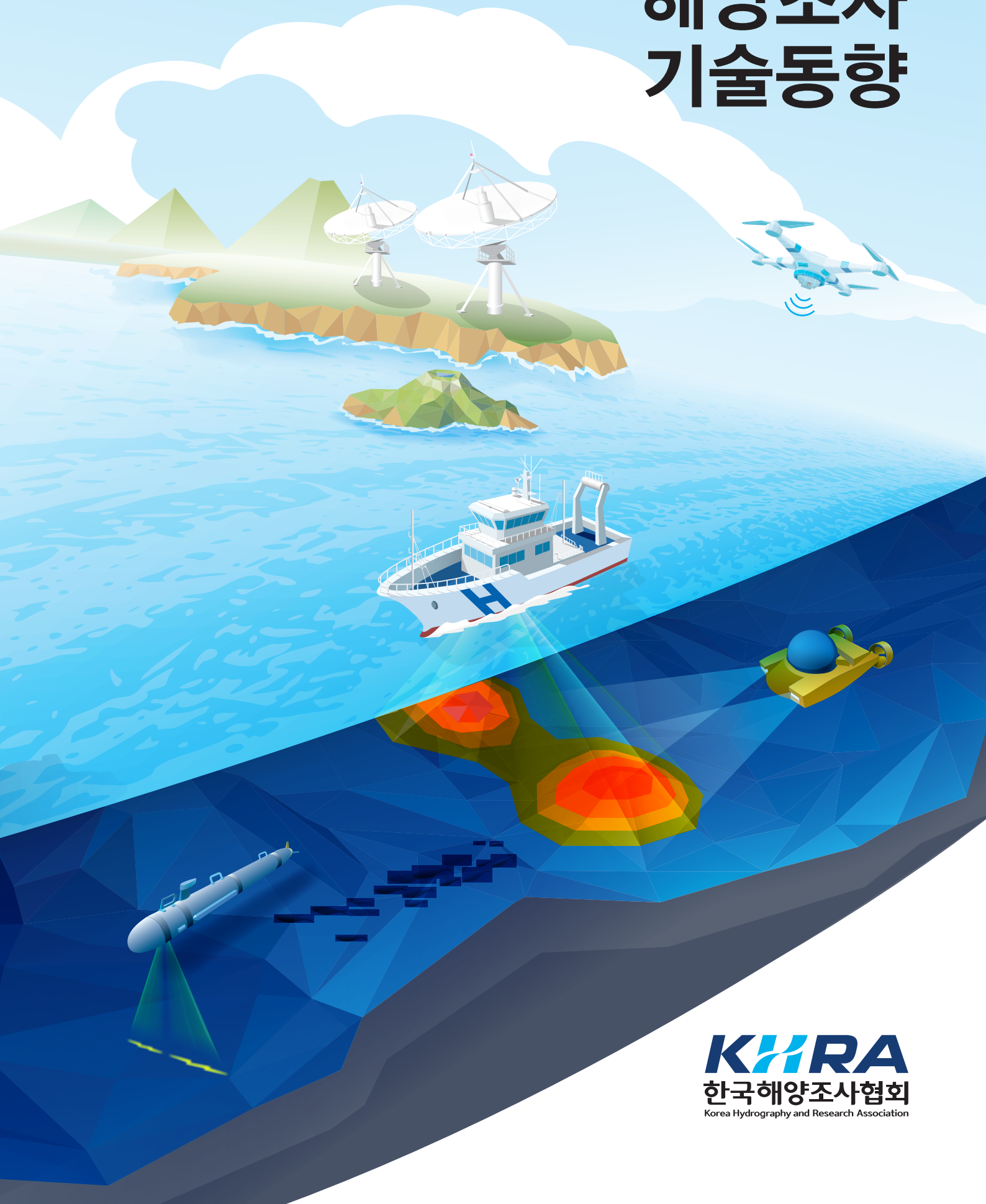
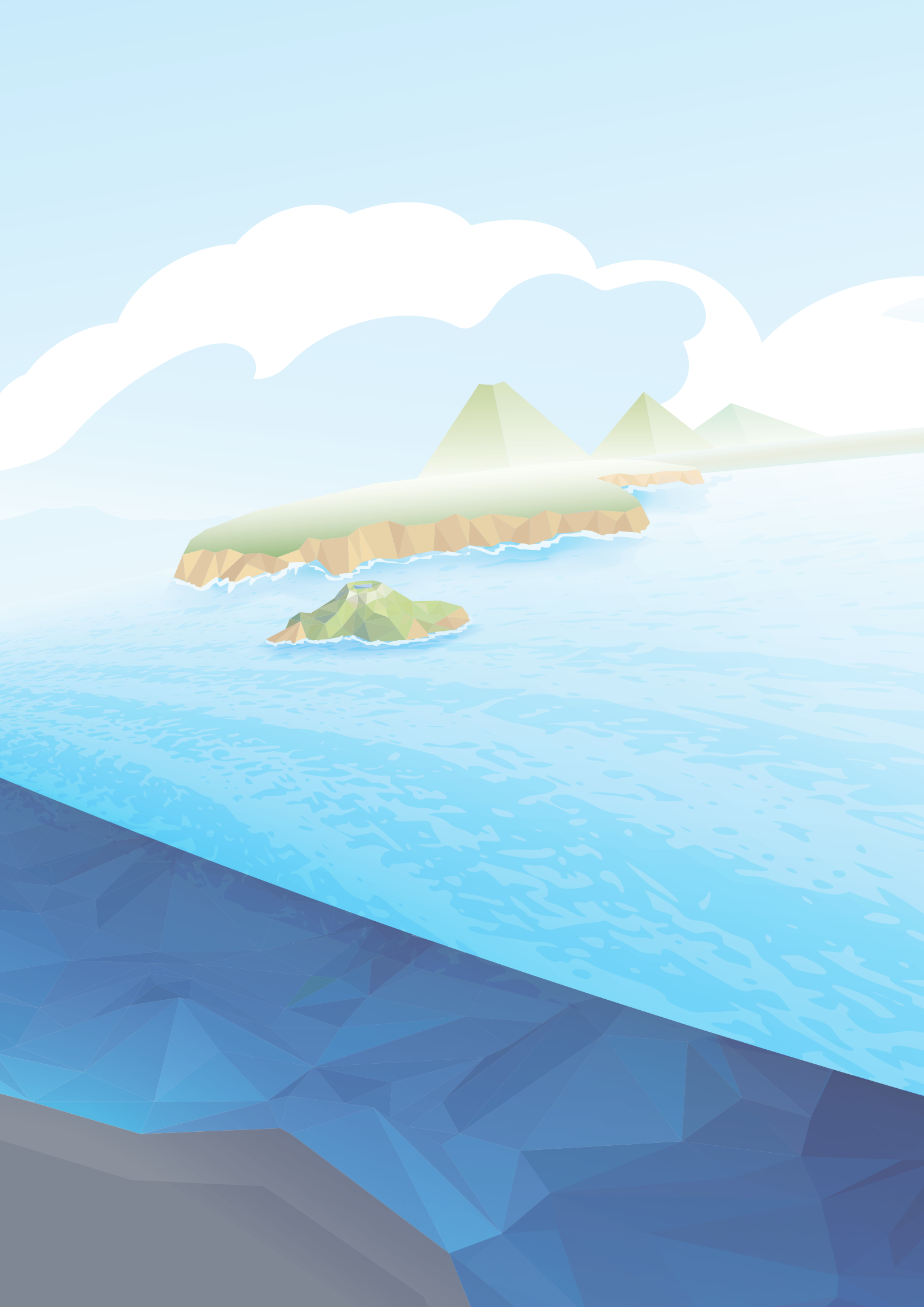


통권 제21호(2024-3호)

해양조사 기술동향





통권 제21호 수록 원고 목차

1. 국제수로기구 Brief News __ 4

- 제14차 IHO-EU 네트워크 실무그룹 회의(IENWG-14)
- 제16차 수로업무표준위원회 회의(HSSC-16)
- 제22차 능력배양기술 위원회 회의(CBSC-22)
- 제16차 지역간 조정위원회 회의(IRCC-16)
- 제13차 S-101 프로젝트팀(S-101PT) 회의
- 제37차 IHO-IOC 대양수심도 해저지명소위원회 회의(SCUFN-37)

2. 지형/수심측량 기술이 수로학에 미치는 영향 __ 25

- 무인 항공 시스템과 센서 소형화가 지형/수심측량 분야를 어떻게 변화시키는가?

3. AI를 활용한 이안류 자동탐지 기술 __ 30

4. 해양 분야의 국제 표준화 동향 __ 33

- 제129차 OGC 회의와 제58차 ISO/TC 211 총회

5. 해상 풍력 발전소 소음의 영향 __ 36

- 해상 풍력 발전소 운영 소음이 해양 환경에 미치는 영향에 대한 이해도 향상



제14차 국제수로기구(IHO)-유럽연합(EU) 네트워크 실무그룹 회의(IENWG-14)

14th meeting of the IHO-EU Network Working Group (IENWG-14)

2024년 5월 29일, 덴마크 스벤드보리

■ 개최 및 주관기관(국), 주요 참석자

제14차 국제수로기구(IHO)-유럽연합(EU) 네트워크 실무그룹(IENWG) 회의가 2024년 5월 29일 덴마크 스벤드보르에서 덴마크 지리데이터청(GST)의 주최로 스벤드보르 호텔에서 개최되었다. 이 회의는 피에르 이브 뒤푸이(프랑스)가 위원장을 맡았으며 9개 IHO 유럽 회원국(현장 및 원격)과 유럽위원회-해양수산사무국(DG MARE)에서 17명의 참가자가 원격으로 참석했다. 루이지 시나피 IHO 국장은 IHO 사무국을 대표했다. 덴마크 스벤드보르에서 회의가 열리면서 참석자들은 2024년 5월 30일과 31일의 유럽위원회/스벤드보르시/덴마크 해양청이 주최하는 유럽 해양의 날(EMD)에 참가할 수 있었으며, IHO 합작 법인인 Seabed2030은 유럽위원회-해양수산사무국(DG MARE)의 지원을 받아 유럽 해양관측데이터 네트워크(EMODnet)가 주최하는 부스에서 홍보 자료를 배포했다.



제14차 IHO-EU 네트워크 실무그룹 회의 참가자

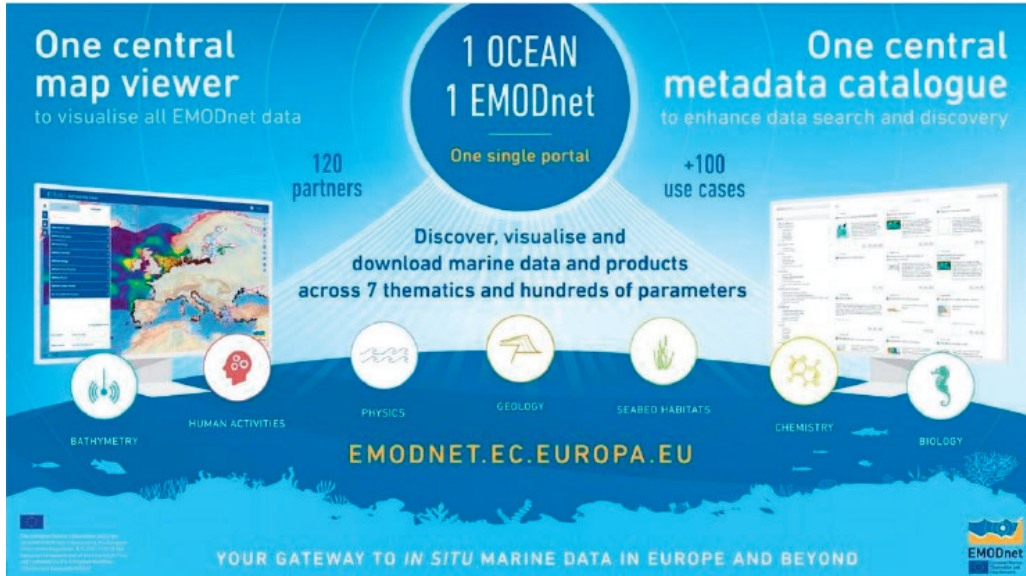
■ 논의사항

덴마크 지리데이터청(GST)의 부서장 앨런 이드 젠슨(Allan Idd Jensen)과 IHO 루이지 시나피(Luigi Sinapi) 국장은 회의를 시작하며 IHO와 유럽 이사회(EC) 간의 관계를 강화하고 S-100 발전, 역량 강화 및 데이터 수집과 같은 공통 관심 분야에서 전략을 개발하기 위한 의제 주제의 중요성을 강조했다. IENWG 위원장은 회의 의제를 발표하며 IHO의 관심 분야인 EU 정책과 프로젝트를 강조했다.

다음의 주제가 논의되었다:

- **EU 해양 정책:** IHO와 EU 국가 수로국의 이익을 위해 EU 해양 정책의 발전을 모니터링하고 영향을 미치는 활동을 지속하기 위한 방안. EU 규정 2023/138의 승인에 따른 “모든 해양 관측 프로젝트”, “GreenData4all 및 GreenDeal Data Space(유럽연합 공공 및 민간간 환경정보 공유계획)” 및 “고부가가치 데이터셋(HVD) 조사 결과”가 고부가가치(해양) 데이터셋에 미치는 영향에 대해 논의하였다.
- **데이터 수집:** 수로국 지역 간 및 호라이즌 유럽(Horizon Europe) 프로그램*의 지원을 받아 EU 해양 구역에서 수심측량 데이터의 공동 수집 캠페인을 목표로 개발한다. 유럽 해양관측

* 유럽연합(EU)에서 수행하는 R&D 프로그램



유럽 및 그 외 지역의 현장 해양 데이터로서의 유럽 해양관측데이터 네트워크(EMODnet)

데이터 네트워크(EMODnet) 비전 2035 초안 작성 그룹 설립과 EMODnet 수심측량에 대한 업데이트와 GEBCO 및 일본재단 Seabed2030 프로젝트와의 협력사례가 제시되었다.

- 유럽에서의 S-100 수로 제품 및 서비스 개발: S-100의 해상 안전 및 감시 프로젝트에 대한 잠재적 사용 및 코페르니쿠스 해안 비상관리 서비스의 진화를 EU 해양수산사무국(DG MARE) 및 교통국(DG MOVE)에 촉진한다. “안전한 운송을 위한 해양데이터 체계(MaDaMe)”와 “발트해 e-nav Interreg 프로젝트”의 최신 개발현황이 발표되었다. 후자에 대해 스웨덴이 프로젝트 결과물을 중점적으로 소개했다:

A. 산출물 1 – 발트해 E-Nav Base 패키지를 통해 사용 가능

- 발트해의 주요 항로를 완벽하게 커버하는 S-101 차세대 전자해도
- S-102 고밀도 수심측량 해저정보 제품은 충분한 품질의 수로측량 데이터를 사용할 수 있는 대부분의 관련 통항로, 항로 및 항구 접근로를 다룸
- 보정 데이터 세트인 S-104 해수면 및 S-111 표층 해류 제품 사양

B. 산출물 2 – 발트해 수로위원회(BSHC)에 따라 지역적으로 채택된 지침으로, 이러한 제품과 서비스가 국경을 넘어 각국의 책임에 따라 어떻게 조화를 이루어야 하는지를 규제

- 역량 강화: EU 및 EU 외부의 해양조사 능력 향상을 위한 역량, 전문성, 교육 및 수단을 개발하는 프로그램을 촉진한다. 유럽과 동아시아 및 아프리카 간 해상 통신선(SLoC)의 보안과 전 세계 해양조사 능력 개발간의 강력한 연관성이 제시되었으며, 세계 경제의 기본이 되는 탄력적인 해상 통신선(SLoC) 네트워크, 안전한 항해를 가능하게 하는 신뢰할 수 있는 해도(INT, S-57, S-1XX) 및 글로벌 해양 접근성을 보장하기 위한 다른 지역의 해양조사 능력배양에 대한 투자의 필요성을 확인했다. 벨기에의 주도 하에 IENWVG가 “해양조사 능력배양을 위한 제3국에서의 IHO 및 EC 협력”에 대해 논의한 제안은 IHO 우선순위와 EC 국제개발 우선순위가 시너지 효과를 발휘하여 기관간 협력을 강화함으로써 상호 이익의 가능성을 제시하는 강력한 사례로 평가받았다. 이 제안은 IRCC와 최근 출범한 IHO 기금 조성 프로젝트 팀에 대한



IENWG 보고서의 일부로, 차기 제16차 IRCC회의에 제출되어 기존 및 단기 옵션과 장기 전략 옵션에 기반한 반복적인 기금 조성 기회를 파악할 예정이다.

- EU에서 진행 중인 IENWG의 관심 프로젝트: EU 차원의 수중 소음 임계값을 설정하기 위한 “기술 그룹 NOISE”, “해양 관측의 표준 및 모범 사례”, 코페르니쿠스 사용자를 위한 개방 연안 해양예측 및 관측에 관한 “FOCCUS” 프로젝트, 해양공간계획(MSP)의 모니터링 및 평가를 검토 및 평가하는 “ReMAP” 프로젝트와 SHOM이 수행한 MSP에 IHO 표준 적용 연구에 대해 논의되었다.

“해양관측: 조정 및 시너지 활성화”에 대한 해양수산사무국(DG MARE) 국장의 발표에 이어, 실무그룹은 다음 단계의 협력을 위한 네 가지 과제를 기반으로 논의했다: 해양정책, 데이터 수집, 전자항법 표준(IHO S-100 제품 및 서비스) 및 역량 강화로, DG MARE를 통해 유럽 사무총장(EU DG) 및 기관에 전달할 주요 메시지를 개발했다. 2024년 마지막 분기/2025년 1분기 이전에 새로운 유럽위원회(European Commission)가 구성되면 IENWG는 유럽위원회와 4가지 과제를 논의하기 위한 고위급 회의 개최를 준비할 예정이다.

회의가 끝날 무렵 피에르 이브 뒤푸이(Pierre-Yves Dupuy)가 향후 3년간 IENWG 위원장으로 확정되었다. 다음 회의는 2025년 아일랜드 코크에서 열리는 유럽 해양의 날(정확한 날짜 미정)과 연이어 개최될 예정이다.

2024년 5월 30일과 31일, IENWG-14 참가자들은 유럽 해양의 날(EMD) 및 관련 워크숍에 참석하여 블루 이코노미, 해양환경, 해양안보 및 유럽 관심 지역의 발전 방안에 관한 글로벌 이슈에 대해 논의했다.

제16차 수로업무표준위원회 회의(HSSC-16)

16th Meeting of the IHO Hydrographic Services and Standards Committee (HSSC-16)

2024년 5월 28일~31일, 일본 도쿄

■ 개최 및 주관기관(국), 주요 참석자

제16차 수로업무표준위원회(HSSC16) 회의는 일본 해상보안청 해양정보부가 주최하고 31개 회원국이 참석했다. 또한 6개의 국제 지리정보 관리기관(NGIO)과 PRIMAR 및 기타 초청된 전문가가 참석했다.

회의의 위원장은 스웨덴 국립수로국장인 매그너스 월하겐(Magnus Wallhagen)이 맡았으며, 그는 HSSC16 의제가 IHO HSSC가 처한 중요한 시기를 잘 나타낸다고 하며 회의의 시작을 알렸다. HSSC 부위원장인 프랑스의 나탈리 레이딩거(Nathalie Leidinger)와 IHO의 존 니버그(John Nyberg) 국장, 백용 부국장이 월하겐 위원장을 지원했다.

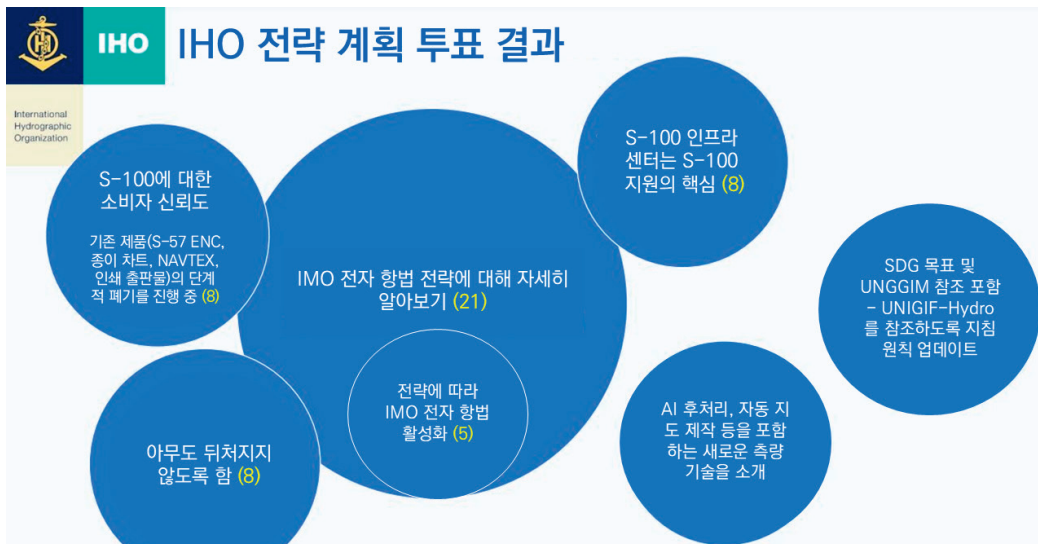
개회사는 일본 해양정보부장 후지타 마사유키(Masayuki Fujita) 박사가 맡았으며, 그는 도쿄를



HSSC-16의 참가자

방문한 IHO와 회원국 대표들을 열렬히 환영했다. 그는 HSSC가 하는 일에 대한 강력한 지지와 위원회 및 실무그룹의 의제를 진전시킬 수 있도록 회의가 성공적으로 끝나길 응원했다.

■ 논의사항

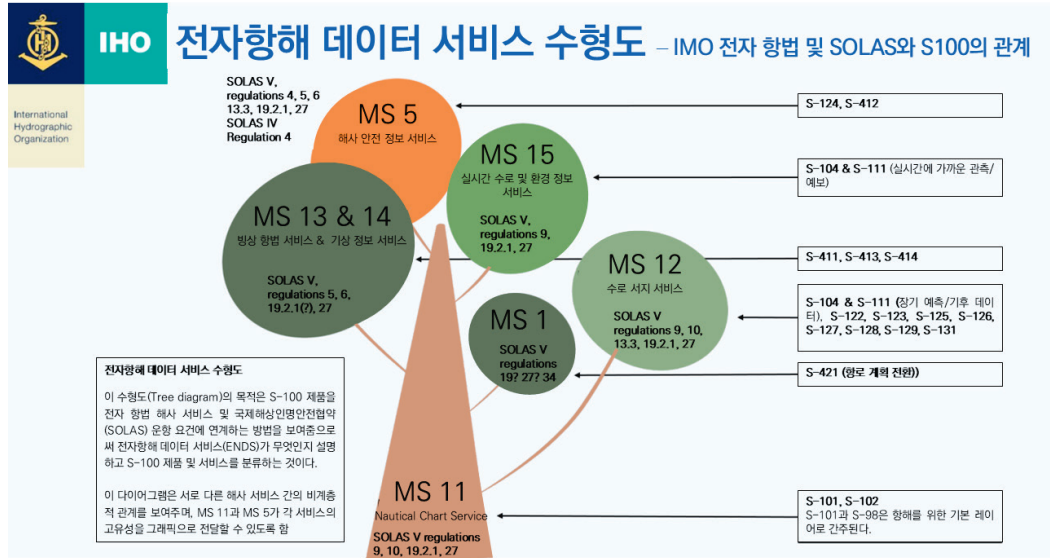


IHO 전략계획 투표 결과

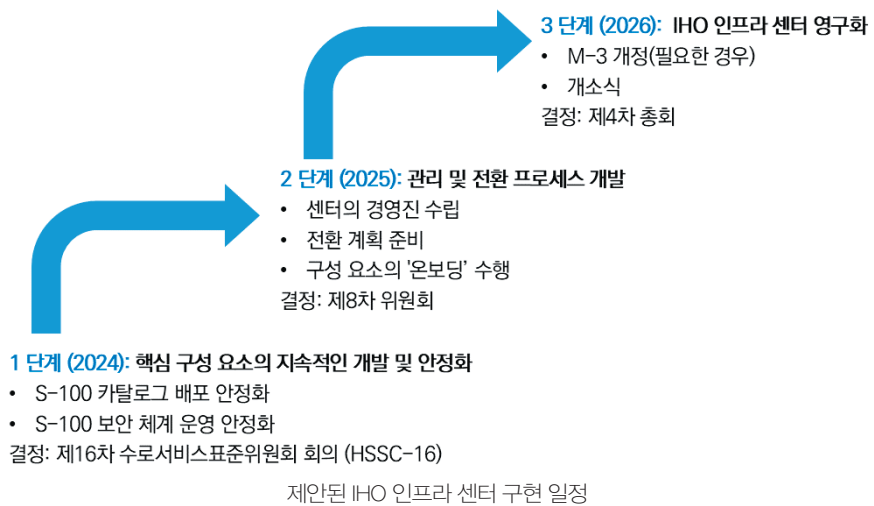
월하겐(Wallhagen) 위원장과 니버그(Nyberg) 박사는 IHO 전략계획에서 실무그룹 위원장들이 일부 수정이 필요하다는데 합의한 영역에 대한 정제된 요약본을 발표했다. 이어서 각 회원국이 IHO 전략적 방향의 중요한 항목에 대해 세 가지 우선순위 투표를 제출할 수 있는 목록을 제시하기로 하였다. IHO와 국제해사기구(IMO)의 관계가 매우 중요하다고 보았다.

IMO와의 관계와 밀접한 관련이 있는 항해정보제공 실무그룹(NIPWG)은 보고서의 일부로 전자항해 데이터 서비스(ENDS) 수형도(Tree Diagram)를 발표했다. 회의에서는 이 다이어그램이 S-100 제품과 서비스 간의 관계를 IMO 전자항해 서비스(MS) 시리즈에 전달하기 위한 중요한 도구라고 보았다. 또한 이 다이어그램은 특히 IMO 감독과 같은 경우에 수로국이 업무의 중요성을 전달하는 데 유용한 도구가 될 수 있다는 점도 언급되었다.

또한 위원회는 2025년 런던에서 열리는 IMO 회의와 연계하여 업계 이해관계자 세션을 개최하기 위해 IMO와 협력하기로 합의했다.



전자항해 데이터 서비스(ENDS) 수형도(Tree Diagram)



위원회는 강력한 전략적 의제를 통합하기 위한 수로업무표준위원회(HSSC)의 변화에 발맞춰 인프라 센터 설립 프로젝트 팀(ICE PT)의 보고서와 프로젝트팀 위원장인 벤자민 헬(Benjamin Hell) 박사의 발표를 검토했다. 센터의 명칭은 “IHO 인프라 센터(IHO Infrastructure Centre)”로 합의되었으며, 센터의 일반적인 역할 및 책임과 함께 이행 일정이 합의되어 이사회에 제출되었다. 중요한 것은 ICE PT가 M3(IHO 결의안)를 분석하여 어떻게 조정해야 할 것인지를 검토하는 임무를 맡았으며, IHO 보안 스키마가 센터 책임의 필수적인 부분이 되어야 한다는 점도 인정되었다. 위원회는 센터의 위치가 대한민국 내 부산 또는 인천이 될 가능성이 높다는 데 동의했다.

IHO-싱가포르 공동 혁신 및 기술 연구소는 S-57에서의 S-101 변환 지침, S-102(수심격자면 제품 사양) 및 104(해수면 정보 제품 사양) 검증, S-124(항행정보 제품 사양) 및 S-125(항해서비스 제품 사양) 해상 검증 등 현재 진행 중인 모든 프로젝트에 대한 진전 상황을 발표했다. 또한 주요 국제항로에서 이중 공급(dual fuel) 전자해도(S-57/S-101) 데이터셋의 테스트 및 운영, 해수면 상승 모니터링을 위한 해상 및 육상 데이터의 통합 등 향후 프로젝트에 대해서도 발표했다.

S-63/S-100 보안 체계 프로세스에 관한 IHO 프로세스 및 절차 업데이트에 초점을 맞춘 IHO 보안체계 세션이 개최되었다. 보안체계 프로젝트팀은 주문자 생산방식(OEM) 및 데이터 서버 계약의 계약 프로세스 업데이트에 대한 진행 상황을 발표했다. 해당 계약은 법률 검토가 필요했으며 IHO의 법적 정보 유출을 줄이기 위해 이미 수정되었지만, IHO와 계약 서명자 모두를 위해 계약 조건을 개선하기 위한 추가 검토가 이루어질 예정이다.

실무그룹(WG) 및 프로젝트팀(PT) 보고서에는 많은 부분에서 성과가 강조되어 전달되었다. 전반적으로 가장 중요한 WG/PT의 성공은 2024년 말 합의된 날짜까지 1단계 제품 사양의 운영 버전을 완료하기 위한 광범위한 조정과정이다. 이러한 IHO의 조정된 노력으로 전 세계 수로국은 1단계 S-100 기반의 완전한 생산을 시작할 수 있게 될 것이다. 위원회는 S-98(S-100 항법시스템의 데이터 제품 상호운용성)과 S-164(ECDIS의 IHO 검증 데이터셋) 모두 2025년 제2.0판 기한을 맞추지 못할 위험이 중간 정도인 임계경로에 있다고 지적했다. 이는 S-100 ECDIS의 형식승인 절차에 영향을 미칠 수 있다.

이번 회의에서는 데이터 배포에 대한 상당한 논의가 이루어졌으며, 특히 S-100 기반 제품과 서비스의 보안교환통신(SECOM)에 대한 관심이 높았다. S-100 데이터 배포는 아직 더 많은 테스트와 고려가 필요하지만, SECOM은 S-100 기반 서비스의 안전한 전송을 위한 가장 유력한 수단으로 제시되었다. 또한 위원회는 S-100에 대한 시스템 전자해도(SENC) 제공 허용에 대한 논의도 진행했다. 대다수의 IHO 회원국(MS)은 S-100에 SENC 제공이 필요하지 않으며, 수로국에서 공급망을 통해 전자해도표시정보시스템(ECDIS)으로 디지털 서명을 전달하는 능력에 영향을 미칠 수 있다는 데 동의했다. 위원회는 S-100 제15부(데이터 보안체계)가 S-100 데이터 배포에 적합한지 여부를 결정하는 데 추가 테스트의 중점을 두어야 하며, 생산자에서 최종 사용자 시스템까지 디지털 서명이 유지되도록 해야 한다는 데 동의했다.

향후 S-98 버전에 S-401 내륙 ENC를 포함하는 것에 대한 논의를 포함하여, IHO S-100 1단계 이행 외에 특히 관심을 끄는 몇 가지 항목이 있었다. HSSC는 S-401(내륙 ENC 제품 사양)을 S-98 또는 S-98의 내륙 버전과 조화시키기 위한 향후 솔루션에 대해 내륙 수로용 전자해도 조화 그룹(IEHG)을 지원하기 위한 추가 논의가 필요하다는 데 동의했다. HSSC는 또한 해상안전정보(MSI)의 중요한 부분인 S-412(해양기상정보 제품 사양)의 기상 및 과도경보에 우선순위를 두고 기상 관련 S-100 제품 개발에 대한 WMO(세계기상기구)의 참여와 현황 업데이트를 환영했다.

유엔 해양 및 해양법 담당국(DOALOS)의 요청에 따라, 위원회는 유엔 시스템에 해양경계를 설정하는 유엔 프로세스를 지원하기 위해 S-121(해양한계와 경계 제품 사양) 프로젝트팀의 활동을 재개해야 한다는 데 동의했다.

HSSC는 제8차 이사회에서 해상 자율수상선박(MASS) 프로젝트팀을 실무그룹 지위로 격상하는 제안을 제출하는 데 합의함으로써 MASS PT의 전략적 중요성을 인정했다. 위원회는 세인트로렌스 강*을 “IHO 캐나다 해양 시험구역”으로 인정해 줄 것과 함께 전 세계에 공식 해역을 추가로 지정할 수 있는 가능성을 IHO 이사회에 요청하기로 합의했다. 캐나다는 검증 목적으로 6개월 동안 세인트로렌스 해역에 대한 데이터를 무료로 공유하기로 동의했다. 1단계 S-100 제품사양의 운영 버전이 구현을 향해 나아감에 따라 모든 이해관계자가 참여하는 검증을 위한 보다 구조화된

* 캐나다 동부 몬트리올 주변을 지나는 대하천



신속한 검증 전략 구축의 필요성

테스트 및 실험 접근 방식이 ISO 9001 Cell의 작업을 기반으로 합의되었다.

전략적 의사결정에 상당한 주의로 관심을 표명한, HSSC 이사회는 2025년 HSSC 회의를 만나 절 더 연장하여 IHO/IMO/WMO/IALA/CIRM 관계 관리, 세계 전자해도데이터베이스 실무그룹 (WENDWG)과의 상호작용, 자원 및 우선순위 사용, 위원회가 HSSC ISO Cell을 포함한 검증된 정보를 기반으로 결정을 내릴 수 있도록 노력하는 것을 포함하여 전략적 초점을 맞추는 것이 적절하다는 결정을 내렸다.

제17차 수로업무표준위원회 회의(HSSC17)는 2025년 5월 5일부터 9일까지 노르웨이에서 개최 될 예정이다.

제22차 능력배양기술 위원회 회의(CBSC-22)

22nd Meeting of the Capacity Building Sub-Committee (CBSC-22)

에콰도르 갈라파고스 산타크루즈 섬, 2024년 6월 5일~7일

■ 개최 및 주관기관(국), 주요 참석자

제22차 능력배양기술 위원회(CBSC) 회의가 2024년 6월 5일부터 7일까지 에콰도르 갈라파고스 산타크루즈 섬에서 국방부 주최로 찰스 다윈 연국소 내에 있는 해군 해양 및 남극 연구소 (INOCAR)에서 개최되었다. 이번 회의는 노르웨이의 에버트 플리어(Evert Flier)가 위원장을 맡았으며, 15개 지역수로위원회(RHC) 중 10개 RHC를 대표하여 18명이 참석하였고, 호주와 일본은 옵서버로 참석하였다. IHO 사무국에서는 루이지 시나피(Luigi Sinapi) 국장과 레오넬 만테이가스(Leonel Manteigas) 부국장이 대표로 참석했다.



찰스 다윈 연구소의 CBSC-22 참가자

INOCAR의 안드레스 파즈미뇨 만리케(Andrés Pazmiño Manrique) 대위는 참가자들을 환영하며 항해 안전과 해양 영역 보호에 기여하기 위한 국제 수로 공동체의 능력배양(CB)의 중요성을 강조했다. 또한 에콰도르는 환경 보호에 대한 오랜 역사를 가지고 있으며, 진화 생물학을 연구하기 위한 보호구역이자 해양 연구 및 지속 가능한 관광을 위한 중요한 지역인 갈라파고스 제도를 형성하는 복잡한 지질학적 및 생물학적 과정을 이해하고 있다고 밝혔다. 에버트 플라이어(Evert Flier) CBSC 위원장은 전 세계 지속 가능한 관리의 모범이 되는 이곳에서 CBSC-22 회의를 개최한 것에 대해 INOCAR에 감사를 표했다. 그는 능력배양(CB) 작업 프로그램에 추가 자금을 제공하기 위해 취한 조치들, 즉 지역간 조정위원회(IRCC) 산하의 IHO 프로젝트 이니셔티브 기금 조성 프로젝트 팀의 설립, 지역전자해도센터(RENC)의 지원, 일본 재단과 한국의 아낌없는 지원에 대해 언급했다. 루이지 시나피 국장은 이번 회의가 새로운 역량 강화 전략을 이행하고, S-100 이행 로드맵을 지원하며, 아직 IHO의 회원이 아닌 연안국에 새로운 수로 역량을 구축하는 데 기여하기 위해 유용한 기회를 제공한다고 강조했다.

■ 논의사항

능력배양(CB) 코디네이터들의 발표에서 몇 가지 주목할 만한 양상이 나타났는데, 이는 지역수로위원회(RHCs)가 S-100 로드맵의 구현과 밀접하게 관련된 CB 전략 3단계 활동을 포함하여 회원에게 CB 제공을 확대하기 위해 사용 가능한 모든 기회를 모색하고 있음을 보여준다. 이와 관련하여 CB 코디네이터들은 “ENC 품질 평가 워크숍”을 위해 “IC-ENC Opt In Fund”으로 자금을 지원받아 지중해 및 흑해 수로위원회(MBSHC)에서 수행한 것과 유사하게, “ENC 품질 평가 및 전환 과정”이라는 이름으로 IC-ENC에 제출할 구체적인 3단계 활동을 준비했다.

호주는 프로젝트팀(PT)의 회원국으로서 지역간조정위원회(IRCC) 산하 IHO의 기금 조성 프로젝트팀의 주요활동을 능력배양기술 위원회(CBSC)에 보고하고 자금 지원이 필요한 작업과 활동 목록에 대해 업데이트하였다. IRCC 의장은 PT에 대한 기여로서 EU 내·외부의 해양조사 능력을 향상시키기 위한 역량, 전문성, 교육 및 도구 개발을 위한 프로그램을 홍보하기 위해 IHO-EU 네트워크 실무그룹(IENWG, IHO Expert Network Working Group)에서 준비한 “IHO 및 EC의



제3국 해양조사 역량 개발 협력”에 대해 소개하였다.

IHO e-러닝 센터 운영위원회 위원장인 톰 리처드슨(Tom Richardson)은 지금까지의 성과와 센터가 직면하고 있는 과제를 강조하며, IHO e-러닝 센터에 대한 발표를 진행했다. 이 센터는 다른 기관과 국제/정부 간 기구에서 제공하는 e-러닝 강좌의 허브 역할도 수행할 예정이다.

수로학에서의 여성의 역량 강화(EWH) 프로젝트의 경우, 수로에서의 성별 균형에 관한 이사회 의 행동(C7/24)을 이행하기 위해, 지금까지 EWH 프로젝트에 참여한 주요 이해관계자들이 참여하는 프로젝트팀을 설립하고, 2024년 말까지 IRCC에 제안할 IHO 결의안 제안을 통해 이러한 사회적 주제에 대한 지속적인 활동을 위한 규제 프레임워크(M-3)를 정의하기로 결정했다. 일부 IHO 회원국(벨기에, 캐나다, 덴마크, 프랑스, 노르웨이, 영국, 미국)이 최근 시행 중인 이니셔티브와 관련한 기부금(재정 및 현물)에 대한 관심이 집중되었다.

■ 결정사항

PRIMAR은 IHO 회원국들이 CBSC를 통해 신청하면 PRIMAR 교육 포털에 접근할 수 있도록 IHO와 의향서(Letter of Intent)를 체결하였다. 또한, 매핑 플랫폼, 센서 및 운영 개념의 발전을 응용으로 전환하는 활동의 중심역할을 하고, 국가의 해양 및 오대호 매핑 목표를 향상시키는 데 민-관 파트너십을 활용하는 메커니즘을 제공하기 위해 NOAA에 설립된 뉴햄프셔 대학의 해양 및 오대호 매핑 운영 센터(Center of Excellence for Operational Ocean and Great Lakes Mapping)에 특별한 관심을 불러 일으켰다.

2024년 대한민국은 2025년 비공식 활동에 대한 기금 중 상당 부분을 증액해 왔다. 2023년 재정 보고서(CCL 02/2024 참조)에 따르면, 2023년 IHO 예산 잉여금 중 4만 유로가 2024년 역량강화 기금에 배정될 예정이다. 3개년 업무 계획이 제시되었고, CB 절차 4에 따라 2025년에 표시되지 않은 활동의 우선순위가 정해졌다. 모든 제출물(총 29개)의 요구사항을 충족하려면 577,000유로의 자금이 필요하다. 2025 CB 작업 프로그램에 할당된 자금은 현재 189,061유로이다. 2024년에 CB 기금에 추가 자금이 확보되는 경우 해당 자금은 2025 능력배양업무프로그램(CBWP)에 배정될 것이다.

■ 기타사항

2025년 능력배양(CB) 관리 계획을 작성할 때 개정된 능력배양 전략 2022년도(Capacity Building Strategy Ed. 2022)에 따라 1단계와 관련된 활동에 우선순위를 부여하고, 아직 IHO 회원국이 아닌 연안국(RHC 회의 전 기술 방문 및 수로학에 대한 인식 제고 세미나)에 관심을 기울였다. 3단계와 관련된 활동에 자금을 지원하기 위해 “IC-ENC Opt In Fund”를 통해 IC-ENC로부터 받을 수 있는 잠재적 지원이 고려되었다. 호주와 협력하는 USCHC CB 코디네이터는 CB 관리 계획에 포함된 CB 활동을 시각화하기 위해 GIS 옵션을 탐색할 것이다.

INOCAR는 친절하게도 참가자들에게 산타크루즈 섬에 위치한 도서 부속 기지를 방문할 수 있는 기회를 제공하면서 갈라파고스 제도에서 주로 수행되는 활동에 대한 발표를 하였는데, 특히 갈라

파고스 배타적경제수역(EEZ)의 수로 조사, 국제기구와 협력하여 수행하는 환경 모니터링 프로젝트, 조류 측정 및 해양학 분야의 활동에 중점을 두었다. 마지막으로 6월 7일 오전에는 CBSC 참가자들이 찰스 다윈 연구기지 내부를 견학하였다.

2025년 2월 6일에 VTC(원격화상) CBSC 중간 회의가 계획되어 있다. 다음 CBSC 회의는 2025년 5월 28일부터 30일까지 모나코(모나코 공국)의 IHO 사무국에서 개최될 예정이다. 후속 회의는 페루(2026년 5월/6월), 나이지리아(2027년 5월/6월), 호주 또는 뉴질랜드(2028년 5월/6월 - 장소 미정), 덴마크(2029년 5월/6월 미정)에서 개최될 예정이다.

제16차 지역간 조정위원회 회의(IRCC-16)

16th Meeting of the IHO Inter-Regional Coordination Committee (IRCC-16)

에콰도르 산타크루즈 섬, 2024년 6월 10일~12일

■ 개최 및 주관기관(국), 주요 참석자

제16차 지역간 조정위원회 회의(IRCC-16)*가 2024년 6월 10일부터 12일까지 에콰도르 갈라파고스 산타크루즈 섬에서 에콰도르 국방부 주최 하에 해군 해양 및 남극 연구소(INOCAR) 주관으로 산타크루즈 섬 푸에르토 아요라의 찰스 다윈연구소에서 개최되었다. 이 회의는 독일의 토마스 데를링(Thomas Dehling)이 위원장을 맡았으며 16개 회원국에서 40명이 직접 참석했다. IHO 사무국에서는 루이지 시나피(Luigi Sinapi) 국장과 레오넬 만테이가스(Leonel Manteigas) 부국장이 대표로 참석했다.

* 회의 내용 중 제 21호 동향지에 수록되는 다른 회의와 중복되는 내용은 삭제하여, 기존 원본 문서와 차이가 날 수 있음

토마스 데를링(Thomas Dehling) IRCC 위원장은 회의를 시작하며 에콰도르가 두 번 연속 회의를 개최한 것에 대해 감사를 표하고, IRCC의 단합과 국제성을 강조했다. 해군 해양 및 남극 연구소(INOCAR)의 소장 안드레스 파즈미뇨 만리케(Andrés Pazmiño Manrique) 대령은 회의 개최에 대한 감사와 영광을 표하며 참가자들을 환영하고, 갈라파고스의 생태적, 역사적 중요성을 언급하며 IRCC 회원들에게 영감을 주는 잠재적 원천이라고 말했다. 루이지 시나피(Luigi Sinapi) IHO 국장은 해양조사, 항해용 해도제작, 능력 배양, 대양 해저지형도 제작(Ocean Mapping) 등의 분야에서 공동의 관심사를 달성하는 데 있어 지역 수로위원회(RHC)와 IRCC의 소중한 지원에 감사를 표했다. 토마스 데를링 IRCC 위원장은 IRCC 보고서를 통해 제15차 IRCC 회의 이후의 활동, 제7차 IHO이사회(C-7)의 조치 및 결정, IRCC에 전달된 A-3(S-100 구현) 결정, 특히 IHO 전략계획 검토에 중점을 둔 내용을 강조했다



그림 1. IRCC16 참석자



다. 루이지 시나피 IHO 사무국장은 국제 및 정부 간 기구와의 협력 이니셔티브, 향후 제8차 IHO 이사회(C-8) 회의 주제, IHO 전략계획 검토를 위한 새로운 전략계획 검토 실무그룹(SPRWG) 일정, IHO 홍보 활동의 성과를 강조하는 IHO 사무국 보고를 발표했다.

■ 논의사항 및 결정사항

지역수로위원회(RHC)와 남극수로위원회(HCA) 위원장(그리고 회의에 참석하지 않은 위원장들을 대신하여 발언하는 사람들)은 가장 중요한 지역의 주요성과, 연구결과 및 교훈에 초점을 맞춰 보고했다. 논의된 주요 주제는 다음과 같다:

- IHO 전략계획 개정
- 모든 사회경제적 혜택을 포함한 S-100 제품 및 서비스(예: 탈탄소화, 항해 최적화, 녹색 통항로 및 기타 친환경/지속가능 이니셔티브)의 조화로운 개발 및 이행
- 회원국 간 기술, 경험, 워크숍 및 세미나 교환 등 다양한 방법을 통해 S-100 데이터 이전 준비의 진전 가속화
- S-101 및 S-102 제작을 시작하기 위한 추가 자원 할당과 서브-전자해도표시정보시스템(ECDIS) 고객에게 더 안정적이고 경제적이며 접근하기 쉬운 전자항해 제품을 제공할 수 있는 방법 모색
- S-57과 S-101 전자해도의 병행 제작으로 인한 이중 공급 기간동안 S-101 설계의 어려움과 높은 작업량 발생 가능성
- 수로측량 기술 개발 및 향후 해도의 동기화 구현
- IHO 디지털수심자료센터(DCDB) 및 대양수심도(GEBCO)와의 제한된 데이터 공유
- 능력배양 프로그램의 제한된 기금 가용성은 지역수로위원회(RHCs) 간 협력을 강화하는 것이 연안국가 간의 협력에 매우 유익하다는 것을 입증함
- 기술방문과 고위급 기술방문은 연안국의 수로측량 및 해도제작 활동을 활성화하는 데 매우 적절함
- 일부 RHC에서 수로측량 부문의 성별 균형을 개선하는 데 상당한 성과를 거둠

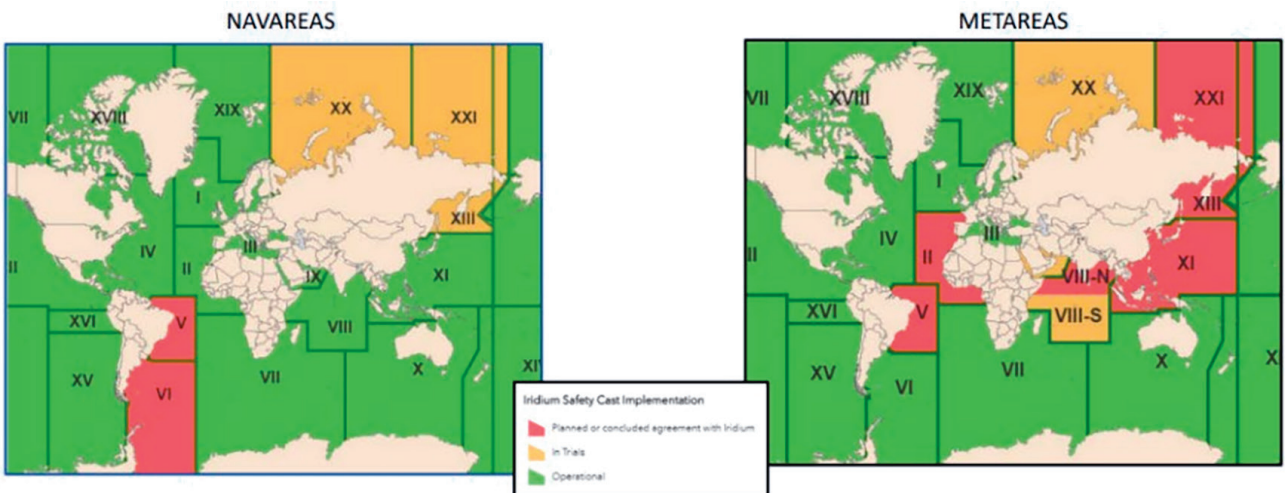


그림 2. 이리듐 세이프티캐스트(Iridium SafetyCast) 구현 2024

- 북극은 멀리 떨어져 있고 광활하며 얼음이 가득한 해역으로 인해 해저지형도를 작성하기가 어렵지만, 남극에서도 남극수로위원회(HCA)의 활동이 기후 변화의 영향에 초점을 맞춰야 함

세계항행정보서비스 소위원회(WWNWS-SC) 위원장은 지난 제15차 세계항행정보서비스(WWNWS15) 회의와 논의된 구체적인 주제[SPI(전략계획지표), C-55(세계 수로측량 및 해도제작 현황), 이리둠 세이프티캐스트 이행, 역량 구축 및 S-124(항행정보 제품 사양) 개발]에 대해 알렸다. 전반적으로, 2024년 WWNWS는 해사안전정보(MSI) 연안국의 역량을 89.2%(2026년까지 IHO SPI 3.1.1 목표치는 90%)로 평가했다. S-124 버전 2.0.0은 WWNWS의 동의를 받고, HSSC의 승인을 위해 제출되었다. S-124 문서 인코딩 가이드 초안 버전이 완성되었으며 계속 개선되고 있다. 제108차 IMO 해사안전위원회(MSC) 회의는 해양 안전정보에 관한 업데이트된 IMO/IHO/WMO 합동 매뉴얼을 승인했다. WWNWS는 CBSC(능력배양소위원회)와 협력하여 C-55 GIS 프로젝트를 진행 중이며, 해사안전정보(MSI) 역량을 갖추고 MSI 전략 이행 지표(SPI)를 충족하는 국가와 그러한 역량을 갖추지 못하고 MSI SPI를 충족하지 못하는 국가를 고려하고 있다. 다음 단계는 웹 지도를 IHO의 ArcGis 온라인 서버로 옮기고 WWNWS 웹 페이지에 링크를 추가하는 것이다. IHO CB(능력배양) 전략 1단계에 따라 WWNWS에서 제공하는 MSI 코스가 제시되었다. WWNWS는 무선항행정보구역(NAVAREA)과 해양기상정보구역(METAREA)에서 이미 이리둠 세이프티캐스트 시스템을 완전히 구현한 지역(그림 2 참조)뿐만 아니라 아직 시험 중인 지역과 아직 구현하지 않은 지역까지 모든 IMO 이동식 위성 서비스(RMSS)를 의무적으로 사용해야 한다는 데 동의했다. 관련 회원국이 IMO가 인정하는 모든 모바일 위성 서비스를 구현하도록 관련 회원국에게 WWNWS 및 IRCC 위원장의 서한이 발행될 예정이다.

두 지역전자해도센터(RENC) 모두 CB(능력배양) 작업 프로그램에 대한 기여 계획을 발표했다: IC-ENC는 “Opt in fund(사전동의 펀드)” 이니셔티브(이 새로운 펀드로 자금을 지원받은 첫 번째 CB 활동은 지중해 및 흑해 수로위원회(MBSHC)가 성공적으로 주최한 전자해도(ENC) 품질 평가 및 변환 과정)에 대한 기여 계획을 제시했으며, PRIMAR는 5개 비RENC 회원국을 대상으로 전체 e-러닝 패키지에 대한 액세스를 제공하고 있다. 지난 몇 년 동안 지속적으로 낮은 수준의 무기명 능력배양 기금의 IHO CB 예산은 한국의 기여금과 IHO 예산의 잉여금으로 일부 보전되었다. 완료되지 않은 자금 지원 활동은 더 이상 다음 연도 작업 프로그램으로 이월하지 않기로 합의했다. IHO e-러닝 센터에 대한 개요가 제공되었으며, 총괄 관리자 그룹이 설립되었다는 점이 강조되었다. 시스템 관리자는 또한 한국이 제공하여 시스템 유지보수, e-러닝 사이트 개선을 해오고 있으며, 운영위원회에서 e-러닝 센터 플랫폼에 추가할 회원국 및 파트너 기관의 e-러닝 자료를 지속적으로 모색하고 있다.

세계 전자해도데이터베이스 실무그룹(WENDWG) 위원장은 WENDWG의 최근 성과에 대해 보고했다. WEND-100 원칙은 목표를 달성하기에 충분한 것으로 간주되었다. 이 원칙의 이행에 관한 지침의 개정안과 IHO 전략계획의 개정을 위한 의견을 준비하기 위해 임시 초안작성 그룹이 설립되었다. 통합지리(공간)정보 프레임워크(IGIF) 매트릭스는 아직 S-100 서비스가 예정되어 있지 않은 수로국(HO)에게 중요한 것으로 간주되었지만, RHC에 의한 WEND-100-IGF 매트릭스의 향후 연간 완성은 선택 사항으로만 간주되었다. 2023년 가을에 발표된 새로운 준비 수준



설문조사에 따르면, 기본 통계적 접근법을 사용한 S-100 준비 수준 추정치는 53%(SPI 1.3.1)로 나타났다. 몇몇 RHC에서 S-100 코디네이터가 부족하다는 점이 지적되었고, IHO 사무국은 RHC의 S-100 조정과 관련하여 이용 가능한 정보를 수집하는 데 앞장섰다. 격자(grid)가 정렬되지 않거나 과도하게 중첩된 위험 범위 문제가 존재함에도 불구하고, 글로벌 공통 격자 체계를 추구하기 위한 공통 기반은 발견되지 않았다. WENDWG는 S-11 - 제C부 임시 초안작성 팀을 구성하여 2025년 승인을 위해 제출할 S-11 - 제C부 “S-100 전자항해 데이터 서비스(S-101 ENC 제외) 개발의 조정 및 관리를 위한 지침” 버전 1.0.0 제안서를 개발했다. 일부 RHC의 5단계(항만)와 2단계에서 일부 심각한 중복이 제시되었으며, RHC는 회원들에게 중복 해결을 위해 양자 간 협의를 하도록 권장했다. WENDWG는 2026년부터 향후 몇 년간 S-100 기반 제품 및 데이터 서비스의 준비 상태와 예상되는 지리적 범위를 다루는 최종 사용자, 제조업체, IMO에 대한 커뮤니케이션 전략 개발을 고려하여 차기 이사회에서 논의 및 조치를 취할 필요가 있음을 확인했다.

프랑스는 “S-100 1단계 제품의 새로운 유통 모델과 전자항해 데이터 서비스(ENDS) 및 의사 결정 제안과 관련된 WENDWG 권고안”에 관한 논문을 발표하여, 최초의 S-100 ECDIS가 출시되는 대로 S-101 ENC를 넘어 S-100 제품 범위를 제공하기 위한 접근 방식을 지원했다. 지역 전자해도센터(RENC)는 수로국(HO)를 대신하여 전 세계 제품 유통에서 강력한 역할을 수행해 왔기 때문에 S-100 유통의 핵심 자산이다. 프랑스는 ENDS가 무엇인지 명확히 할 필요성을 강조하고, 국제해상인명안전협약(SOLAS)에 따라 해기사에게 항해용 제품의 보급을 위해 수로국의 책임과 함께 S-100 제품을 위한 새로운 유통 모델을 개발하도록 WENDWG에 요청할 것을 IRCC에 요청했다. S-100 제품의 보급은 RENC를 기반으로 해야 하며, 데이터 무결성을 확보하고 데이터 생산자 서명을 최종 사용자까지 유지하기 위해 IHO 데이터 보호체계(S-100 제15부)를 사용해야 한다.

해양공간데이터인프라 실무그룹(MSDIWG) 위원장은 “효과적이고 통합된 해양 공간정보 관리”에 대한 세미나를 포함하여 UNGGIM 및 OGC와 함께 개최한 마지막 회의에서 발표했다. 국가,



그림 3. OGC 연합 MSDI 시범 프로젝트

RHC 및 전문가 기여자의 발표를 통한 지식 교환, 해양공간데이터인프라(MSDI) 관점에서의 IHO 전략 및 목표, 특히 IHO 전략계획 목표 2.1 “포털 구축...”, UN-GGIM WG-MGI 및 OGC 해양 DWG와의 협력에 대한 논의가 이루어졌다.

행동조치 C7/44에 따라, IRCC는 MSDIWG의 임무를 “비항해 목적에 대한 S-122(해양보호구역 제품 사양)의 이점을 입증하기 위해 IMO가 채택한 공해 및 해양환경 보호구역(MPA)에 중점을 둔 S-122 보호해역 시범 프로젝트를 모니터링하고 지원을 제공하는 것”으로 수정해야 한다고 제8차 이사회(C-8)에 보고할 예정이다. 지난 제15차 MSDIWG 회의와 별도로 개최된 UN-GGIM WG-MGI - 6차 전문가 회의 및 OGC 회의와 관련하여 UN-IGIF Hydro, 육상/해양/지적 도메인 통합 및 OGC 연합 MSDI 시범사업 이행에 대해 논의했다(그림 3 참조). MSDIWG와 IRCC 위원장은 MSDI 대사를 지명하지 않은 RHC에 서한을 보내 MSDI 대사 지명을 권고하고 연락처 정보를 MSDIWG에 보고하도록 할 것이다.

2022년에 개최된 유럽위원회(EC)와 IHO의 10주년 기념 회의와 2024년 유럽 해양의 날(EMD)을 계기로 개최된 마지막 제14차 IHO-EU 네트워크 실무그룹(IENWG14) 회의에 유럽위원회와 개최국 덴마크가 주관하고 IHO 사무국 및 Seabed2030이 유럽 해양관측데이터 네트워크(EMODnet)의 대표로 참여한 가운데 발표했다. 수로국(HO)과 관련된 EU 해양 정책 및 프로젝트, S-100 제품 개발 및 역량 개발, 수로측량 등 해양 데이터 수집 보고 및 조정에 관한 EU 이니셔티브, 데이터 및 IHO 표준과의 상호운용성을 높이기 위해 유럽 그린딜(GreenData4All)을 위한 데이터의 필요성 등이 발표되었다. 유럽위원회는 EMODnet의 비전 2035를 위해 새로운 그룹을 구성했고, IHO-EU 네트워크 실무그룹(IENWG)의 대표를 회원으로 초청했다. IENWG는 EC와의 역량 강화에 대한 시너지 효과를 연구하고 “제3국에서의 IHO 및 EC 협력 - 해양조사 역량 강화를 위한 제안”에 대한 문서를 작성하여 IENWG와 EC 간의 상호작용을 늘리고 EU 및 EU 외부의 해양조사 능력개발을 위한 역량, 전문성, 교육 및 수단 개발 프로그램을 촉진하는 방안을 모색했다.

FIG-IHO-ICA 국제 수로측량사 및 해도제작사 역량표준위원회(IBSC) 위원장은 지난 제4차 IBSC 회의에서 17건의 제출물이 접수되었으나 2건은 인정되지 않았고, 나머지 15건은 제출물에 상당한 결함이 있어 이사회가 회기 간 수정을 제안했다고 발표했다. 제출물 검토와 네 가지 표준의 개정을 마무리하기 위해서는 두 차례 연례 회의가 필요하다. 이사회는 2024년 2학기에 워크숍을 개최하여 교육기관이 이사회에 제출할 자료 준비에 대해 명확히 설명할 예정이다. 이사회는 교육과목 인증에 대한 수수료를 정의했다. EWH(수로분야 여성권한 부여) 프로젝트의 인턴들이 보여준 긍정적인 성과에 힘입어, IBSC는 새로운 인턴들에게 홍보 및 표준 개정을 위해 IBSC와 함께 일할 것을 요청할 것이다. IBSC는 향후 C47(수로측량 및 해도제작 교육과정) 간행물의 유지관리를 위해 CBSC(능력배양소위원회)와 제휴할 것이며, 2025년 IRCC에 그 결과를 발표할 예정이다.

클라우드소스 수심측량 실무그룹(CSBWG) 위원장은 제15차 지역간조정위원회(IRCC15) 회의 이후 개최된 세 차례의 실무그룹 회의에 대해 보고했다. B-12(클라우드 소스 수심측량지침) 제3.0.0판의 발표 이후, CSBWG는 그룹의 운영 임무를 비판적으로 검토하여 10개의 우선순위가 높은 작업 영역을 식별하고 다각적인 작업 계획을 수립하는 데 중점을 두었다.



UN 10년 계획에 제출할 초안을 작성하기 위해서는 먼저 'IHO 클라우드소스 수심측량(CSB) 이니셔티브'를 보다 공식적으로 정의할 필요가 있다는 지적이 있었다. IHO 사무국은 IHO CSB 이니셔티브의 개발 및 거버넌스를 CSBWG 작업계획에 통합하는 방법에 대한 제안을 제시했다. IHO CSB 이니셔티브는 표준화, 정책 및 기술 지침의 중심점 역할을 할 것이며, CSBWG가 조정하고 관리하는 CSB 프로젝트(예: 그레이트 베리어 리프 프로젝트, IHO와 모나코 요트 클럽의 공동 프로젝트 등)가 CSBWG 외부에서 관리되고 있는 다양한 CSB 프로젝트에 반영되거나 이를 통해 도출될 것이다. 2024년 4월 26일, 50개 이상의 연안 국가에서 107명이 참가한 클라우드소싱 수심측정에 관한 IRCC 워크숍이 CSBWG와 IHO 사무국이 주최하고 주관하여 개최되었다. 이 워크숍은 이러한 유형의 참여의 가치를 재차 강조하고 CSB의 다양한 측면에 대한 이전의 소통 방식이 항상 명확하지 않았다는 점을 강조했다.

디지털 수심측량을 위한 IHO 데이터 센터(DCDB) 소장은 지난 한 해 동안의 DCDB 성과를 보고했다. 현재 DCDB는 수로, 해양학 및 기타 선박이 측량 중 또는 항해 중에 수집한 70테라바이트(TB) 이상의 비압축 해양 음파 데이터를 아카이브하고 있다. 2023년 6월 이후 93개의 새로운 멀티빔 수심측량 조사가 아카이브되었다. DCDB에 가장 많은 데이터를 제공하는 기관은 작년에 55개의 측량을 아카이브한 미국 학술연구함대(ARF)이다.

대양 해저지형도 작성(Ocean Mapping) 개발을 위한 학제 간 센터(CIDCO), 해저 2030, 국제항해사 협회, 해양 매핑 및 혁신 기술 센터(COMIT)와 함께 새로운 클라우드소스 수심측량(CSB) 데이터 수집 파이프라인을 최종 확정했다. DCDB에 제공된 수심측량 데이터는 DCDB 웹 지도 뷰어(https://www.ncei.noaa.gov/maps/iho_dcdb/)를 통해 검색 및 액세스할 수 있다. 새로운 수집-보관 데이터 파이프라인은 신뢰성 향상, 자동화, 새로운 데이터 수집의 용이성, 진화하는 수심측량 기술에 허용되는 데이터 형식의 유연성, 오류 처리 및 알림, 복잡한 데이터 세트와 대량의 데이터를 더 잘 처리하고 클라우드에 대응하도록 해줄 것이다. 클라우드소스 수심측량(CSB) 연안국 검토 신청서(CSRA)는 2023년 말에 테스트를 마쳤으며, 곧 정식으로 운영되어 CSB 데이

Key #1	Maintain the 3 main goals but update and refine targets to better align with strategic objectives
	<i>Action 1:</i> Be clear that Goal 1 is still the current priority
	<i>Action 2:</i> Goal 2 is a good statement, however update "how and why" to be more specific
	<i>Action 3:</i> Add mention of climate change (i.e.: "hydrography as an underpinning data layer for climate modelling")
	<i>Action 4:</i> Goal 3 - There's a need to build public awareness about ocean governance and activities and why they are important (i.e.: "Provide hydrographic data in support of safety of efficient maritime use")
Key #2	Targets to be measurable and identifiable with clear responsibilities assigned
	<i>Action 1:</i> Measure what we CAN measure, not necessarily what we NEED to measure.
Key #3	SPIs should be objectively reviewable and applicable for all MS
	<i>Action 1:</i> Enhance discoverability and governance for SPIs for MS, external stakeholders, tracking and newcomers
	<i>Action 2:</i> Make the metrics dynamic and automatic; structure national reports to extract that data directly from them
Key #4	Conduct capacity building by IHO and RHCs for technical training and examination on how to develop the S-100 products

그림 4. IHO 전략계획 검토에 대한 브레인스토밍 결과의 예

터의 사전 승인을 요청한 모든 연안국에 연락하여 교육과 CSB CSRA에 대한 액세스를 제공할 예정이다. 디지털 수심측량을 위한 IHO 데이터 센터(DCDB)는 일반인이 3,800개 이상의 해저 지형에 대한 정보를 검색, 열람, 다운로드할 수 있는 웹 도구인 GEBCO (해저)지명집(gazetteer)를 개발하여 IHO를 대신하여 호스팅하고 있다. Gazetteer v4.3.7은 <https://www.ngdc.noaa.gov/gazetteer/>에서 확인할 수 있다. 해저 지형 명칭에 관한 GEBCO 해저지명소위원회(SCUFN)는 지명집의 주요 이해관계자이다.

GEBCO 운영위원회(GGC) 위원장은 지난 GGC 회의의 활동과 2024년 피지에서 열리는 차기 GEBCO 회의의 조직에 대해 발표했다. 새로운 GEBCO 전략과 GEBCO 거버넌스 검토 보고서가 IRCC의 승인을 받았다. GGC는 곧 GEBCO 전략의 이행(여부, 방법, 우선순위)과 GEBCO 거버넌스 검토에 포함된 권고사항을 체계화하기 시작할 것이다. 2023년 11월 모나코 해양박물관에서 개최된 ‘Maps the Gaps’ 심포지엄의 결과는 해저 지식, 기후 모델링 개선, 해양 생물 다양성 발견 및 모니터링, 해상 풍력 계획 프로세스에 중점을 두고 발표되었다. 고해상도 제품에 대한 요청, GEBCO 제품의 범위 확대에 대한 관심, 더 나은 시각화 도구를 포함한 다양한 파일 형식에 대한 요청이 IRCC의 관심을 끌었다. 전 세계 해양의 24.9%를 직접 측정하고 해저형을 작성한 일본 재단 GEBCO Seabed2030 프로젝트, UN 10년 팀 및 기타 글로벌 이니셔티브와의 협력, 최초의 RHC로서 북해수로위원회(NHC)와 체결한 14건의 신규 MoU, 2023년 7월 도쿄에서 개최되는 일본 재단 GEBCO UNH 교육 동문 컨퍼런스 등도 발표되었다. 새로운 전략을 통한 GEBCO 소위원회 간의 협력/조화 개선과 GEBCO 프로그램이 직면한 자금 조달 문제가 마지막으로 강조되었다.

IRCC는 IHO 전략계획의 발전 축에 대한 토론을 시작했다. “전략계획 구조”, “거버넌스 및 IRCC의 역할”, “측정 시스템(전략계획지표)”, “RHC 및 IRCC 기구 관련 측면”에 대한 브레인스토밍을 위해 3개 그룹이 구성되었다. 브레인스토밍 세션의 예시 결과(그림 4 참조)는 제8차 이사회(C-8)에 발표될 예정이다.

덴마크는 A-3(S-100 구현) 및 제7차 이사회(C-7) 회의의 결과로 설립된 “IRCC 산하 기금 조성 프로젝트팀”의 결과를 발표했다. 두 번의 회의가 열렸고 위원장과 부위원장이 지명되었다. PT의 초기 초점은 우선순위 활동 목록을 개발하고 이 목록을 검증하기 위해 IRCC와 HSSC의 검토를 구하는 것이며, 이후에는 기존 및 단기 옵션인 범위 1과 장기 전략 옵션인 범위 2의 두 가지 범위에 따라 반복적인 자금 조달 기회를 식별하는 데 초점을 맞출 것이다. PT의 위임사항은 IRCC에서 조정 및 승인되었다.

■ 기타사항

다음 IRCC 회의는 2025년 6월 3~5일 모나코의 IHO 사무국에서 개최될 예정이다. 그 다음 회의는 페루(2026년 5월/6월), 나이지리아(2027년 5월/6월), 호주 또는 뉴질랜드(2028년 5월/6월 - 장소 미정), 그 다음 덴마크(2029년 5월/6월)에서 개최될 예정이다.



제13차 S-101 프로젝트팀(S-101PT) 회의

13th Meeting of the S-101 Project Team (S-101PT)

스웨덴 스톡홀름, 2024년 6월 17일~19일

■ 개최 및 주관기관(국), 주요 참석자

제13차 S-101 프로젝트팀(S-101PT) 회의는 스웨덴 스톡홀름에서 2024년 6월 17일부터 19일 까지 개최되었으며, 주로 대면 회의로 진행되었지만 원격 참석자를 위한 라이브 스트리밍도 제공 되었다. 회의는 영국의 토마스 리차드슨(Thomas Richardson)이 위원장을 맡았으며, 공동 부위원장인 스웨덴의 클라스 외스터그렌(Klas Östergren)과 호주의 알바로 산체스(Alvaro Sanchez)가 참석했다. 17개 회원국을 대표하는 26명의 대표단을 포함하여, 총 42명이 회의에 직접 참여했다. 국제전자기술위원회(IEC) 및 국제항로표지협회(IALA)의 외부 연락 대표와 12명의 전문가도 참석했다. IHO 사무국에서는 백용 부국장과 S-101PT 간사를 맡고 있는 제프 우튼(Jeff Wootton) 기술표준 지원 책임관이 대표로 참석했다.

스웨덴 국립 수로국장이자 수로서비스표준위원회(HSSC)의 위원장인 매그너스 월하겐(Magnus Wallhagen)은 개회사를 통해 스웨덴을 방문한 참석자들을 환영하고, S-100 로드맵과 IMO 개정 전자해도표시정보시스템(ECDIS) 성능 표준 결의안에 명시된 S-100 일정에 맞추기 위해 S-101 전자해도(ENC) 개발의 일정표(roadmap)를 달성하는데 있어 이번 회의가 중요하다고 강조했다. 그런 다음 S-101PT 위원장은 회의를 시작하면서 주요 의제를 강조했다며, 주로 S-101 제품사양의 운영 버전이 필요한 기한까지 제출될 수 있도록 미해결 문제에 중점을 두었다. 이 제출은 2024년 7월 26일까지 완료되어야 2024년 말까지 S-100 실무그룹 및 HSSC 승인과 회원국 채택을 위한 제출 일정을 충족할 수 있다.

■ 결정사항

- 제13차 S-101 프로젝트팀(S-101PT) 회의는 몇 가지 중요한 기술적 결정과 조치를 마무리했다.
- **S-101 유효성 검사:** 제16차 수로서비스표준위원회 회의(HSSC-16)의 결과에 따라 2025년 발행 예정인 S-101에 대한 유효성 검사 사양에 제품사양 번호 S-158이 할당되었다.
 - **S-100 ECDIS 전자해도(ENC) 업데이트 표시:** S-101 제2.0.0판 및 S-100 ECDIS 초기 구현의 경우, 전자해도 업데이트에 포함된 전자해도 변경 사항을 표시하는 기능이 S-57/S-52 ECDIS와 마찬가지로 구현될 예정이다. 업데이트 정보 기능은 처음에는 선택 사항으로 제공되며, 단계적으로 S-100 실무그룹 및 HSSC에서 이 기능을 기존 ECDIS 기능을 대체하도록 의무화할 수 있다.
 - **상호운용성 식별자(ID):** S-101 제2.0.0판의 모든 메타 및 지리 기능에 상호운용성 ID 속성(해양자원이름(MRN) 형식)을 포함하면 다른 S-1xx 제품에 포함된 해당 기능 간의 효율적인 상호연결이 용이해진다는 데 동의했다. 상호운용성 ID에 관한 지침은 모든 S-100 제품사양에 걸쳐 조화로운 접근 방식을 위해 S-97(S-100 제품 사양서 작성을 위한 IHO 지침)에 포함될 예정이다

IHO

FINALISATION OF 2.0.0

International Hydrographic Organization

- The S-100 WG chair has set a deadline of 26th July 2024 for the submission of a final product specification the scope of this is as follows
- Main Document, DCEG, FC*, PC* and Validation Checks (Catalogues will be unsigned at this stage)
- To achieve this after the PT 13 meeting priority tasks are as follows
 1. Preparation of the 1.4.0 DCEG (Jeff W) 25th June
 2. Preparation of the 1.4.0 Feature Catalogue (KHOA) 3rd July
 3. Preparation of the 1.4.0 Portrayal Catalogue (NIWC) 19th July
 4. Preparation of the 1.4.0 Validation Checks (Klas O) 19th July

Separately based on FC 1.4.0 Test Datasets will be updated and open Github issues resolved [Issues - iho-ohi/S-101-Test-Datasets \(github.com\)](https://github.com/iho-ohi/S-101-Test-Datasets)

S-101 버전 제2.0.0판 마무리 일정



제13차 S-101 프로젝트팀(S-101PT) 회의 참가자

다. S-101PT 위원장은 S-97에서 더 자세한 지침을 개발하기 위해 S-100 실무그룹에 이 문제를 제기할 것이다.

- **수직 데이텀 정보:** 회의에서는 S-101에 S-100 ECDIS에서 선원에게 제공되는 수직 및 측심 데이텀 정보는 메타 기능에서만 파생될 것이라는 설명에 동의했다. 전자해도 데이터셋 식별자 헤더(DSID)에 채워진 측심을 위한 수직좌표 기준시스템은 이러한 목적으로 사용되지 않는다.
- **전자해도(ENC) 지원 파일:** “ENC 지원 파일”과 “시스템 지원 파일”이라는 용어는 최종 사용자 시스템 구현에 필요한 카탈로그 파일과 같은 파일과 전자해도 데이터셋 내의 속성에 의해 참조되는 파일을 구분하기로 합의되었다.
- **S-101 제2.0.0판 제품사양 확정:** S-100 실무그룹 위원장은 최종 제품사양 제출 기한을 2024년 7월 26일로 정했으며, 이를 위해서는 아래와 같이 S-101 문서(메인 또는 데이터 분류 및 인코딩 지침(DCEG)), 피쳐 카탈로그와 포털 카탈로그를 완성해야 한다.

추가 제기된 이슈와 S-101 제2.0.0판의 승인 절차를 고려하여 올해 하반기에 필요에 따라 일련의 S-101PT 원격 회의가 개최될 예정이다. S-101PT의 다음 대면 회의는 2025년 하반기에 전자해도 표준관리 실무그룹(ENCWG)과 합동 회의로 예정되어 있으며, 날짜와 장소는 확정되지 않았다.



제37차 IHO-IOC 대양수심도(GEBCO) 해저지명소위원회(SCUFN) 회의

37th Meeting of the IHO-IOC GEBCO Sub-Committee
on Undersea Feature Names (SCUFN)

대한민국 제주, 2024년 6월 24일~28일

■ 개최 및 주관기관(국), 주요 참석자

제37차 IHO-IOC 대양수심도 해저지명소위원회(SCUFN) 회의가 6월 24일부터 28일까지 대한민국 제주에서 국립해양조사원(KHOA)과 한국지질자원연구원(KIGAM)의 공동 주최로 열렸다. 일본 해양정보부(JHOD)의 야스히코 오히라 박사(IHO 대표)가 주재한 이번 회의에는 SCUFN 10명의 회원과 12개 회원국을 대표하여 약 60명이 참석했다. * IHO에서는 이브 길람(Yves Guillam) 부국장(SCUFN 간사)이 사무국을 대표했다.

* 한국은 국립해양조사원과 (주)한국해저정보에서 참석하였음

한국지질자원연구원의 김세준 부원장은 제주도의 지질에 대해 설명하고, 제주도의 역사적 지명을 소개하며 인류와 인류 문화, 자연의 관계를 명확히 확인할 수 있는 증거이자 인류 사회와 해양 환경을 연결하는 해저지명소위원회(SCUFN)의 구체적인 역할에 관해 언급하였다. 또한 “바다를 탐험하다”라는 뜻을 가진 새로운 최첨단 물리탐사 연구선인 탐해호**의 취항을 발표했다. 백경화 외교부 영토해양과장은 환영사를 통해 SCUFN의 목표에 대한 대한민국의 강력한 지지를 표명하며 SCUFN 개최하게 된 것을 매우 영광스럽게 생각한다고 밝혔다.

** (주)한국해저정보(KOSBI)

■ 논의사항

국립해양조사원의 임관창 수로측량과장이 참석한 공식 만찬에서 SCUFN 사무총장은 특히 대한민국과 국립해양조사원의 지속적이고 탁월한 지원을 해준 것에 대해 감사 인사를 하였다. 국립해양조사원이 운영하는 SCUFN 운영 웹 서비스(OWS)는 여러 가지 상호 의존적인 구성요소를 포함한다.

*** 시운전 전 개발의 마지막 단계에 있음

- 제출 인터페이스***
- 검토 인터페이스, SCUFN 회원이 회의 세션 전에 명명 제안을 검토하기 위해 사용할 수 있는 매우 효율적인 인터페이스임
- 저장소와 SCUFN 아카이브, 그리고
- NOAA에서 운영하는 GEBCO (해저)지명집과의 상호 운용성 개선

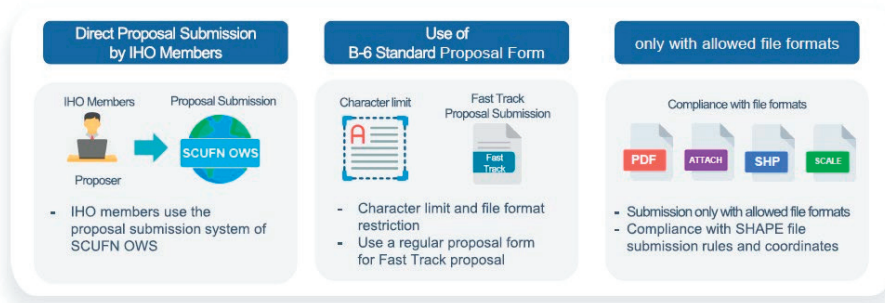
■ 결정사항

SCUFN 회원들은 회의 기간동안 140개의 새로운 명명 제안을 검토했다. 그 중 108건은 수락되었으며, 일부는 일반적인 용어에 약간의 변경이 있었다. 4건은 보류되었으며, 제안자들에게 보완 자료를 제출하도록 요청하였다. 28건은 승인되지 않았다.

해저지명 제안서 검토를 위한 세션이 시작될 때, 말레이시아는 중국, 말레이시아, 필리핀, 베트남

5. Future Plans

2 Proposal of B-6 Revision



⇒ B-6 and Annex A need to be revised in line with the on-line submission environment.

새로운 제출 인터페이스가 완전히 운영되면 간행물 B-6을 수정해야 할 필요성에 대해...

남 등 이해 당사국들의 남중국해 지명 관련 논의 진행 상황을 공유하였다. 이어서 같은 이해 당사국들이 지형지물을 명명하는 데 있어 SCS를 여전히 동결해야 할 필요성을 확인하는 공식 성명을 발표했다. 필리핀을 제외하고는 “... SCUFN에 남중국해 동결(frozen)을 긴급히 해제하고 해저 지형에 대한 명명 제안을 검토 및 승인하는 작업을 재개할 것을 촉구했다...”. 남중국해에 대한 공동 제안 방안이 SCUFN에 제출되지 않은 상황에서 SCUFN은 2023년 SCUFN-36(결정 SCUFN36/04.6/01)에서 내린 결정을 계속 유지하기로 합의했다.

지원 기관(NOAA, KHOA)과 미국 해저지명위원회(ACUF) 및 해양 분야의 관련 전문가가 매우 유용한 업데이트를 제공했다. KHOA와 한국해저정보(주)의 개발자들은 SCUFN 운영 웹 서비스(OWS)의 새로운 온라인 제출 인터페이스에 대한 훌륭한 데모를 제공했다. 이 새로운 구성요소는 제안자가 직접 명명 제안을 쉽게 업로드할 수 있도록 하는 것을 목표로 하며, 제안의 규정 준수 및 품질관리뿐만 아니라 사무국 자원, KHOA 직원의 효율성을 크게 개선할 것이다.

IHO 데이터 센터(DCDB) 국장의 주도하에 해저지형 명칭의 GEBCO (해저)지명집을 NOAA/NCEI*가 지속적으로 유지 관리하고 있는 점도 높이 평가되었다. 관련 수심측량 데이터를 IHO DCDB에 제공한 (명명) 제안자들에 대한 현황 보고서가 제공되었지만 개선의 여지가 있다는 데 동의했다.

* 미 국립환경자료 센터

■ 기타사항

SCUFN 사무국장은 SCUFN 회의에서 처음으로 오만 술탄국의 참여자를 환영하는 시간을 가졌다. UN 지명전문가그룹(UNGEGN) 회보 N°67에 게재된 오만의 우수한 기사에 대해 참가자들의 관심을 끌면서 “UNGEGN 전략 계획이 SCUFN 및 IHO와 어떻게 연계되는지”를 설명하는 시간을 가졌다.



제37차 IHO-IOC 대양수심도(GEBCO) 해저지명소위원회(SCUFN) 회의 참가자

2023년 회의에서 확인된 근본적인 주제인 SCUFN의 미래와 관련해서는 다음과 같은 중요한 진전이 있었으며, SCUFN 사무국장이 보고한 바에 따르면 다음과 같다.

- 국제전문연맹의 별 이름에 관한 실무 그룹 설립자와 연락을 통해 모범 사례, 절차 규칙 및 명명법을 벤치마킹
- 제37차 IHO-IOC 대양수심도 해저지명소위원회 회의에서 참조 약관을 승인하고 SCUFN 하위 그룹 Naming 2023을 신설
- 데이터 모델링 분야 전문가(Marine Regions, NOAA와 캐나다)를 포함한 새로운 회원들이 이 하위 그룹에 가입하고 기여하겠다는 의사를 발표

SCUFN은 해양 10년 캐나다-대양수심도(GEBCO) 프로젝트 이행 계획에 대한 SCUFN 의장의 서명에 주목했다. 해저지형 탐사가 이미 SCUFN-36에서 발표된 바 있다.

의장과 간사는 대한민국이 일주일간 보여준 뛰어난 환대와 준비 과정에서의 훌륭한 지원, 그리고 효율적인 준비에 감사를 표했다. 또한 차기 회의를 2025년 11월 10일부터 14일까지 인도네시아 발리에서 개최하겠다는 인도네시아(해군 수로해양학 센터)의 제안을 환영했다.

2024년 10월 예정된 주요 IHO 회의

10	일	월	화	수	목	금	토	
	29	30	1	2	3	4	5	
6		7	8	9	10	11	12	• 10.7~9 제31차 해양법자문위원회(ABLOS-31) - 브라질(상세 일정 미정)
13		14	15	16	17	18	19	• 10.8~10 제9차 전자해도 표준관리 실무그룹 (ENCWG-9) - 덴마크 올보르, 덴마크
20		21	22	23	24	25	26	• 10.14~17 국제무선해사위원회(CIRM) 연례회의 - 대한민국, 부산
27		28	29	30	31			• 10.15~17 제8차 이사회 회의(C-8) - 모나코, IHO 사무국

- 10.18 국제수로기구-국립해양조사원 제2차 기술 조정 위원회(IHO-KHOA TCB2)
- 10.21 제9차 S-130프로젝트 팀(S-130PT-9) 화상회의
- 10.23~24 해양조사용어사전 대응그룹-IHO 공간정보 레지스트리(HDCG - GI Registry) 워크숍 - 모나코, IHO 사무국

지형/수심측량 기술이 수로학에 미치는 영향 - 무인 항공 시스템과 센서 소형화가 지형/ 수심측량 분야를 어떻게 변화시키는가?

Hydro International, 2024년 3월 8일

지구의 수면 아래 숨겨진 미스터리를 풀기 위한 탐구에서 지형/수심측량 기술은 혁신의 신호탄으로 떠오르고 있다. 그 중에서도 무인항공기(Uncrewed Aerial System)에 탑재된 라이더(Light Detection And Ranging)와 소나(sonar) 센서는 가능성의 한계를 뛰어넘고 있다. 수중 지형 매핑에 전례없는 정밀도를 제공하는 이러한 기술은 수로학, 환경 모니터링 및 연안관리에 혁신을 일으키고 있다. 이 글에서는 수중 환경을 이해하고 보호하는 데 있어 중요한 역할을 하는 지형/수심측량 라이더(topobathymetric Lidar)와 소나의 최신 발전상황을 자세히 살펴보았다. 라이더의 기원부터 미래 잠재력까지, 라이더 기술이 어떻게 전례없는 방식으로 수심을 측정하는지 살펴보았다.

수중 지형을 연구하는 수심측량은 항해, 과학연구 및 환경관리를 지원하기 위해 해저를 매핑하여 다양한 분야에서 중요한 역할을 한다. 여기에는 항해에 사용되는 상세한 해도를 만들고, 생물해양학을 위한 해저 프로파일 연구, 해안 침식 평가 및 해수면 상승 모니터링을 위한 데이터 수집이 포함된다. 이 데이터는 홍수나 하천 침식과 같은 자연재해를 안전하게 관리하고, 항해 가능한 수로를 확보하며, 항만, 항구 및 도시계획의 설계와 유지관리를 지원하는 데 매우 중요하다. 지형 정보와 수심 정보를 통합한 지형/수심측량 데이터는 육상과 수중 환경에 대한 이해를 더욱 향상시킨다.

최신 수심측량 기술 동향

수심측량 데이터를 수집하기 위해 수년간 다양한 기술이 사용되었다. 여기에는 수로측량, 선박이나 보트 기반 소나, 항공 지형/수심측량 라이더, 위성기반 수심측량(Satellite Derived Bathymetry), 첨단 지형 레이저 고도계 시스템(Advanced Topographic Laser Altimeter Systems), 최근에는 무인 항공수심측량 라이더 및 무인 수심측량 음향측심기/소나 등이 포함된다. 또한 해양 선박에는 멀티빔 음향측심기(MBES)와 싱글빔 음향측심기(SBES) 구성을 모두 갖춘 소나 시스템이 장착되어 있다. 의미 있는 계도 음향 해저 매핑의 발전은 이제 다중 주파

수 멀티빔 소나를 사용하여 단일 조사에서 다양한 주파수의 해저면 데이터를 동시에 수집할 수 있게 되었다. 이러한 기술은 특히 심해에서 수중 지형을 정밀하고 면밀하게 특성화할 수 있는 능력을 크게 향상시킨다. 또한 자율잠수정(Autonomous Underwater Vehicles), 원격수중탐사선(Remote Operated Vehicles), 무인선박(Unmanned Surface Vehicles)도 수심측량 데이터를 수집하는 데 활용되고 있다. 소나 기술은 우수한 침투력과 상세한 데이터 수집 능력으로 심해 조사에 탁월하다. 그러나 얕은 수심에서는 신뢰할 수 있고 접근 가능한 기술에 대한 옵션이 제한적이다. 무인항공 라이더 및 무인항공 소나와 같은 최신의 기술은 이러한 문제

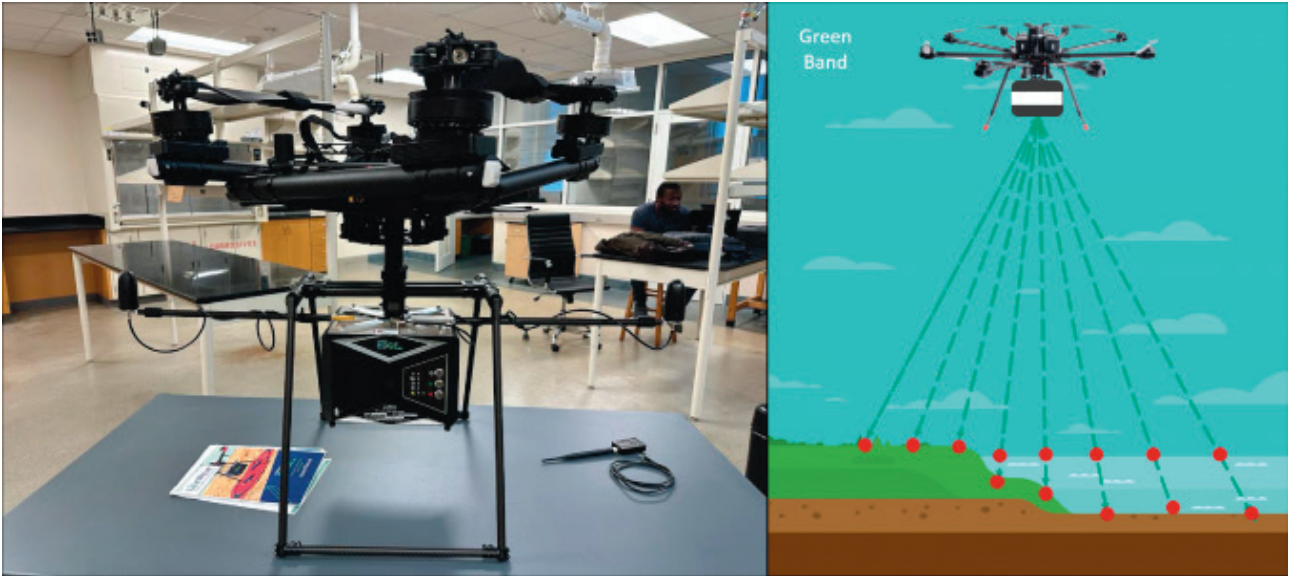


그림 1. 무인항공기에 장착된 그린-밴드 라이다 센서

점을 해소하여 얇은 수심에서 데이터를 수집하는데 유망한 진전을 보이고 있다.

기술의 장단점

다양한 수심측량 데이터 수집 기술은 저마다의 장점과 문제점을 가지고 있다. 수동 수로측량은 정확하지만 노동 집약적이고 인적 오류가 발생하기 쉬우므로 넓은 지역을 효과적으로 조사하기 어렵다. 선박이나 보트 기반 소나는 대규모 조사에 이상적이지만, 얇은 수심에서는 한계가 있고 비용이 많이 들며 전문 교육이 필요하다. 항공 지형/수심측량 라이다는 빠르게 데이터 수집이 가능하지만, 효율성을 위해 맑은 물이어야 하고 특히 연안지역 조사에서 접근성과 비용 문제로 제약을 받는다. 또한 위성기반 수심측량은 보다 넓은 공간적 범위를 제공하며, 대부분 연안해역에 적합하지만 멀티빔 음향측심기와 싱글빔 음향측심기에 비해 수심 정확도가 낮고, 예측 알고리즘에 크게 영향을 받는다.

ICESat-2에 탑재된 ATLAS(Advanced Topographic Laser Altimeter Systems)를 사용한 근해 수심측량에서는 최대 38m까지 거의 세기

깊이(Secchi depth)를 측정하는 것을 보여주며 수심측량에서 그 잠재력이 강조되었다. 그러나 이 기술을 사용하려면 데이터의 지리적 위치 분해능(해상도)을 향상시켜야 한다.

자율잠수정(AUV)은 자율운항 능력이 있어 심해 열수분출구 또는 극지방의 빙하 아래 지역과 같은 까다로운 환경을 탐사하는 데 매우 적합하다. 자율잠수정은 멀티빔 음향측심기나 사이드스캔소나와 같이 선박에 탑재되는 시스템과 원격수중탐사선(ROV)에 탑재되는 시스템간의 공간 해상도 격차를 메꿔서 전반적인 데이터 수집 능력을 향상시킨다. 최대 6,000m까지 잠수할 수 있는 심해 자율잠수정은 해저에서 탁월한 공간 해상도와 향해 정밀도를 제공하며 사이드스캔소나 및 카메라와 같은 기존의 수면측량이나 견인식 측량 장비를 능가하여 과학 탐사의 중추적인 역할을 한다. 자율잠수정이나 원격수중탐사선은 실시간 데이터를 수집할 수 있지만, 운영에는 비용이 많이 들고 운용이 복잡하다.

무인항공기(UAS)를 이용한 그린-밴드 라이다와 음향측심기 기술의 발전으로 얇은 수심 측량 능력이 크게 향상되고 있다. 드론 기술을 활용

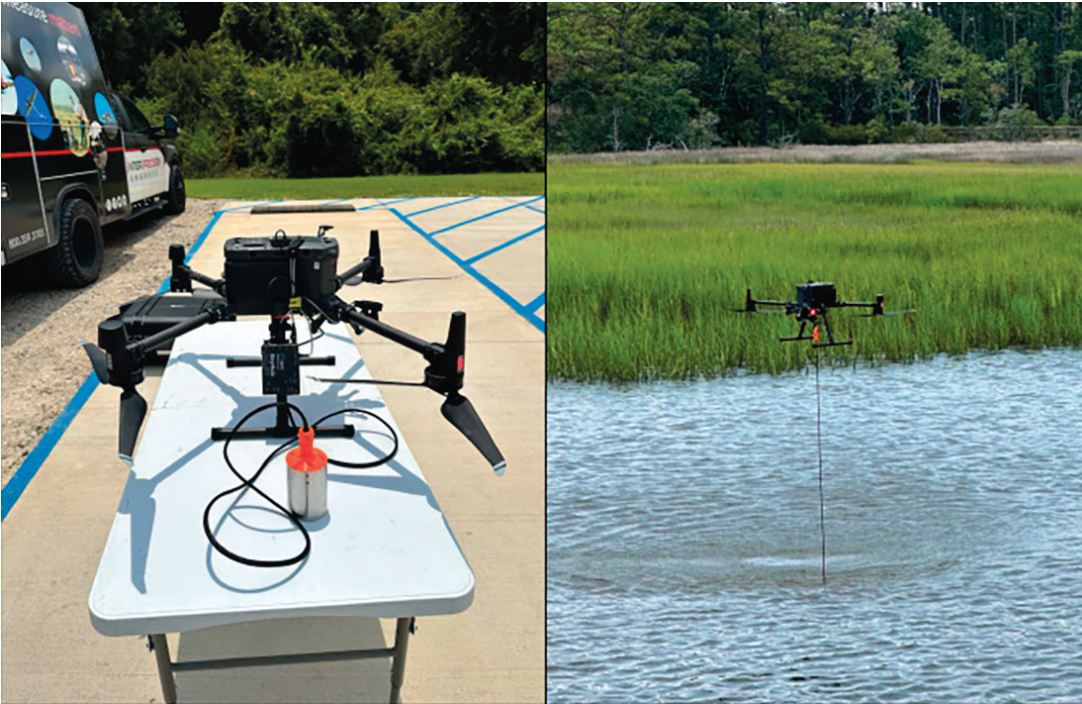


그림 2. 무인항공기에 장착한 음향측심 프로브(probe)를 사용한 소나 데이터 수집, 노스캐롤라이나주 윌밍턴의 연안 내 수로

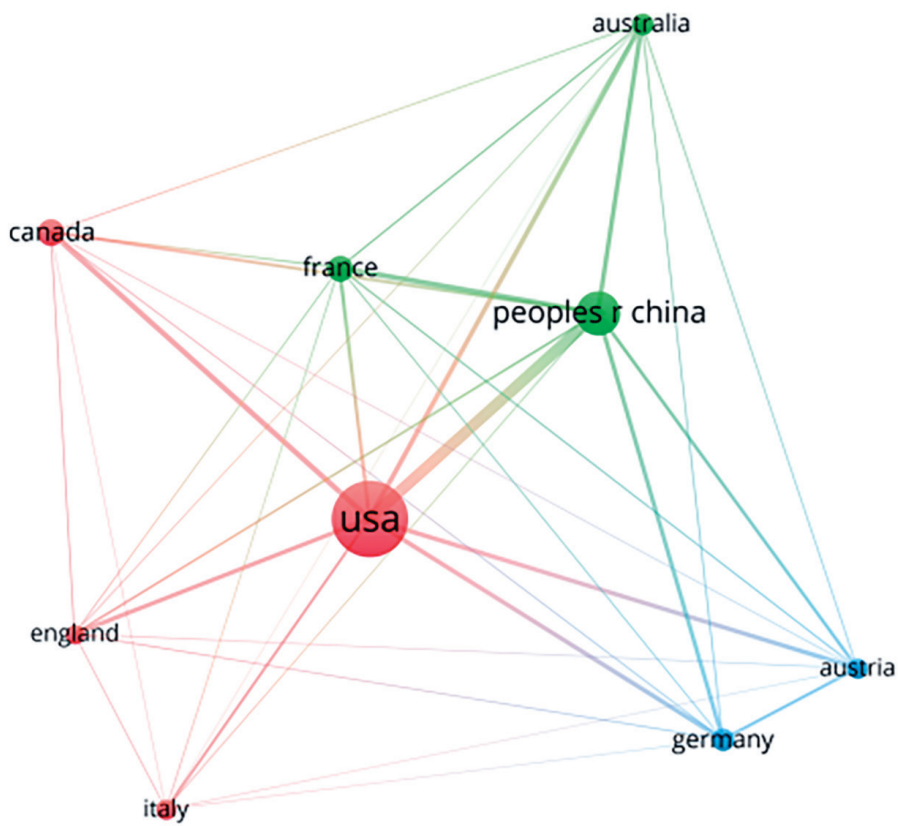


그림 3. 수심측량 관련 발간물 수에 따른 세계 국가 순위, 상위 9개 국가 중 출판물 수가 가장 많은 국가는 미국이다. 원이 클수록 발간물 수가 많음을 나타낸다.



할 때 그린-밴드 라이더는 수중 지형을 매핑하는 데 효율적이고 비용 효과적인 수단을 제공하지만, 그 유효성은 아직도 최적화중인 물의 투명도와 투과 능력에 따라 달라진다. 반대로, 개발 중인 무인항공기 음향측심기는 경량 설계와 우수한 수중 투과 능력으로 수중 데이터 수집에 혁신을 일으킬 것으로 기대되며, 잠재적으로 무인항공기 그린-밴드 라이더를 능가할 것이다.

체계적인 문헌 검토를 통해 수심측량 연구가 가장 많이 발표되고 있는 국가를 보여주는 그림 3에서 볼 수 있듯이 많은 국가, 대학, 정부, 비정부기구가 수심측량 연구에 적극적으로 참여하고 있다.

무인항공기 수심측량 기술 현황

CZMIL(Coastal Zone Mapping and Imaging Lidar)은 미국 공병단(USACE)의 NCMP(National Coastal Mapping Program)의 기술 요구사항을 충족하는 포괄적인 라이더-이미지 하드웨어-소프트웨어 제품군이다. 이 실험에서는 지형/수심측량 라이더 센서, 디지털 카메라, 초분광 센서가 탑재된 단일 항공기 시스템의 능력을 보여준다. 그 결과 이 시스템은 탁한 물에

서는 7~8m, 맑은 물에서는 최대 41m의 수심을 정확하게 측정하는 것으로 나타났다. CZMIL은 시장에서 선도적인 그린-밴드 항공 라이더 시스템으로 두각을 나타내고 있다. 그러나 CZMIL을 무인항공기 시스템과 통합하는 것은 플랫폼의 무게로 인해 어려운 문제에 직면해 있다. 그럼에도 불구하고 그린-밴드 라이더 기술을 무인항공기 및 드론 애플리케이션에 더 콤팩트하게 적용하려는 분명한 움직임이 있다. 주목할 만한 예로는 Mapper4000U system, TDOT GREEN, VQ-840-G, photon-counting bathymetric Lidar, ASTRALiTe EDGE Lidar, YellowScan에서 새로 출시된 Navigator Lidar sensor 등이 있다. 그린-밴드 라이더는 단일 스캔으로 지형/수심측량 데이터를 수집할 수 있어 별도의 데이터 통합이 필요하지 않다는 점에서 주목할 만하다. 수질은 무인항공기 그린-밴드 라이더에 큰 영향을 미치며, 탁도 및 투명도와 같은 수질 특성은 이 기술이 얼마나 잘 작동하는지에 큰 영향을 미친다. 놀랍게도 대부분의 무인항공기 지형/수심측량 라이더 시스템은 현재까지 5~10m보다 깊은 수심을 평가할 수 없었다.

현재 개발 중인 새로운 기술은 무인항공기 소

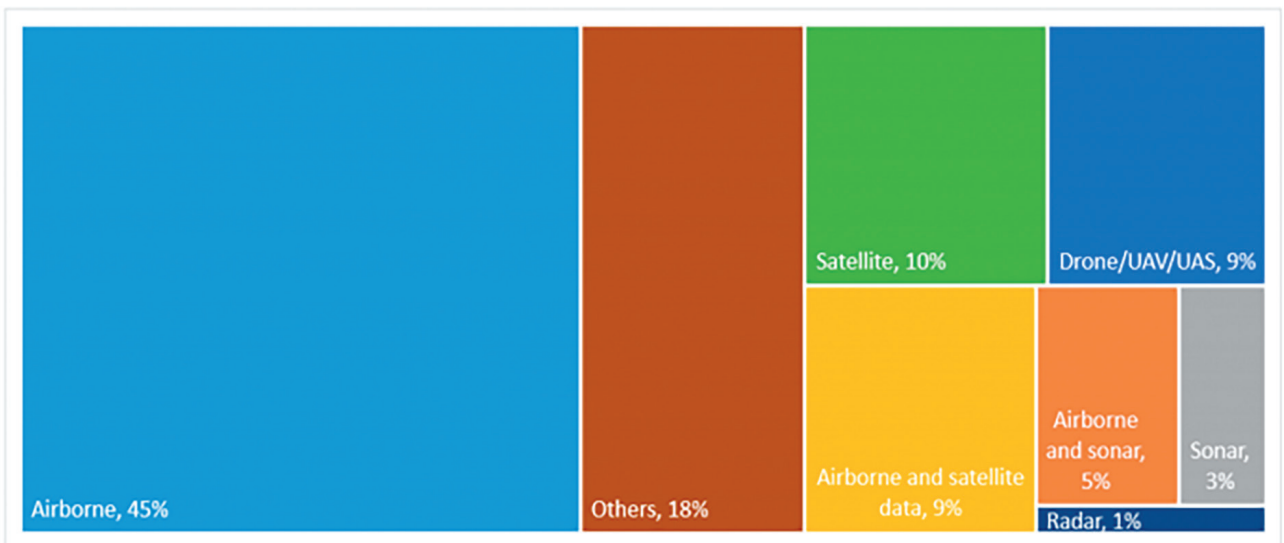


그림 4. 문헌 검토에 기반한 지형/수심측량 기술의 분포(Pricope and Bashit, 2023 참조).

나/음향측심기 시스템이다. 예를 들어, 플로리다 대학교에서는 수중 매핑을 위한 혁신적인 드론 기반 시스템인 배시드론(Bathydron)을 개발했다. 이 시스템은 다운 스캔, 사이드 스캔, 첩 기능을 수행할 수 있는 정교한 소나(sonar) 장치가 탑재된 소형 선박에 드론을 연결한 것이 특징이다. 이 시스템은 GPS 기준 소나 데이터를 실시간으로 기록하여 수중 탐사 및 매핑 기능을 향상시킨다. 가벼운 선박이기 때문에 심해의 파도 환경에서는 어려움이 있다.

SPH 엔지니어링은 음향측심기와 상용 무인항공기 시스템을 통합하는 기술을 개발하고 있다. SPH 엔지니어링이 개발한 무인항공기 음향측심기는 고품질 데이터를 생산하는 것으로 인정받고 있다. 그러나 여전히 광범위한 연구, 개발 및 정확도 평가가 필요하다. 이 기술은 무인항공기 그린-밴드 라이다에 비해 수중 투과 능력이 뛰어나 수중 탐사 및 매핑에 상당한 이점을 제공한다.

프라이코프(Pricope)와 바싯(Bashit)은 수백 편의 논문을 대상으로 체계적 문헌 고찰을 실시한 결과, 지형/수심측량 기술 영역에서 항공기를 이용하는 방법이 45%의 사용률로 선두를 달리는 반면 레이더(radar)는 1%로 활용도 가장 낮은 것으로 추정되었다. 드론, 무인항공기가 9%를 차지하여 이 분야에서 무인 항공기의 중요성이 커지고 있음을 알 수 있다. 또한 '기타' 항목은 18%를 차지하여 주요 기술 외에도 혁신적이고 다양한 하이브리드적인 접근이 이루어지고 있음을 보여주며 측량 방법의 다양성을 보여준다.

지형/수심측량 매핑의 미래

무인항공기/드론에 장착된 음향측심기와 라이다의 등장은 수심측량 데이터 수집에 있어 탁월한 유연성과 효율성을 제공하는 중요한 도약을 의미한다. 이러한 기술은 수중 지형을 신속하고 정밀하게 매핑할 수 있는 작지만 강력한 센서의 배치를 가능하게 하여, 기존 측량 방법에 비해 비용 효율적인 대안을 제시한다. 또한 드론은 까다롭거나 위험한 지역에 대한 접근이 용이하여, 수중 환경 전반에 걸쳐 데이터 수집 속도, 접근성 및 안전성을 향상시킨다. 중요한 것은 이러한 도구의 실시간 데이터 전송 기능은 최신 수심측량 애플리케이션에서 그 가치를 분명히 보여주어 지형/수심측량 매핑 작업을 발전시키는 데 있어 학제간 협업과 데이터 공유의 중요한 역할을 한다는 것이다.

결론

해양 안전, 인프라 및 홍수 방지에 있어 수심측량 데이터의 필수적인 역할에 대한 연구로 무인항공기 그린-밴드 라이다 및 무인항공기 음향측심기 기술의 최근 발전이 주목받고 있다. 우리는 현재의 수심측량 방법의 장점과 문제점을 짚어보고, CZML과 같은 장비의 발전과 소형화 추세를 강조하였다. 수로학 분야에 종사하는 전세계 연구자들은 전례없는 효율성과 정밀도로 수중 매핑을 재정의할 준비가 된 무인항공기 탑재 기술의 혁신적인 미래를 구상하고 있다. 이러한 진전은 해양 안전 강화와 신속하고 정확한 지형 매핑의 새로운 시대를 약속하며, 수문학적 응용 및 연구에 중대한 발전을 예고한다.

원문출처: <https://www.hydro-international.com/content/article/the-impact-of-topobathymetric-technologies-in-hydrography>



AI를 활용한 이안류 자동탐지 기술

진상엽¹⁾, 이승호²⁾, 백공구³⁾, 장은미⁴⁾

¹⁾ ㈜지오시스템리서치, ²⁾ 국립해양조사원,
³⁾ 한국해양조사협회, ⁴⁾ ㈜지인컨설팅

개발 배경

피서철 해수욕장 안전사고 발생의 가장 위험한 원인 중 하나로 인식되고 있는 이안류는 해안에서 외해 방향으로 나타나는 강하고 좁은 해수의 흐름으로, 완만한 경사의 넓은 면적을 가진 해변에서 주로 발생한다. 이안류는 단시간에 발생 후 소멸되고, 기상 상태가 양호한 경우에도 빈번하게 발생하기 때문에 연안에서의 직접관측이 어려워 이안류 발생 특성 규명하는 데에 어

려움이 있다.

이에 국립해양조사원은 실시간 이안류 감시 체계를 운영 중인 지역을 대상으로 최근 AI 및 컴퓨터 비전 분야에서 주목받고 있는 객체탐지(Object Detection) 및 이미지 분류(Image Classification) 기술을 적용하여 실시간 영상으로부터 발생하는 이안류를 판별하고, 발생 상황에 대한 정보를 모니터링 요원에게 전달함으로써 즉각적인 대응이 가능하도록 AI를 활용한 이안류 자동탐지 기술 개발을 진행하였다(그림 1).



그림 1. 실시간 이안류 감시 체계 운영지역

이안류 자동탐지 기술개발

이안류 자동탐지 기술개발은 실시간 이안류 감시 체계 운영지역 중 이안류 발생이 빈번하여 실제 인명피해 사례가 다수 존재하고, 발생 양상이 뚜렷하게 나타나는 해운대 해수욕장을 대상으로 진행하였다.

본 기술은 실시간 이안류 감시 체계의 CCTV 영상을 기반으로 Ultralytics의 YOLOv8(You Only Look Once, version 8) 객체탐지 모델을 적용하였다. YOLOv8은 기존 객체탐지 모델들이 이미지 내의 관심 영역을 여러 번 슬라이딩 윈도우(Sliding window)로 탐색하거나, 영역 제안(Region proposal) 방식으로 여러 후보 영역을 검토하는 것과 달리 이미지 전체를 한 번에 보고 객체를 탐지함으로써 기존 모델 대비 탐지 속도가 크게 향상되어 실시간 객체 탐지에 적용 가능한 장점이 있다.

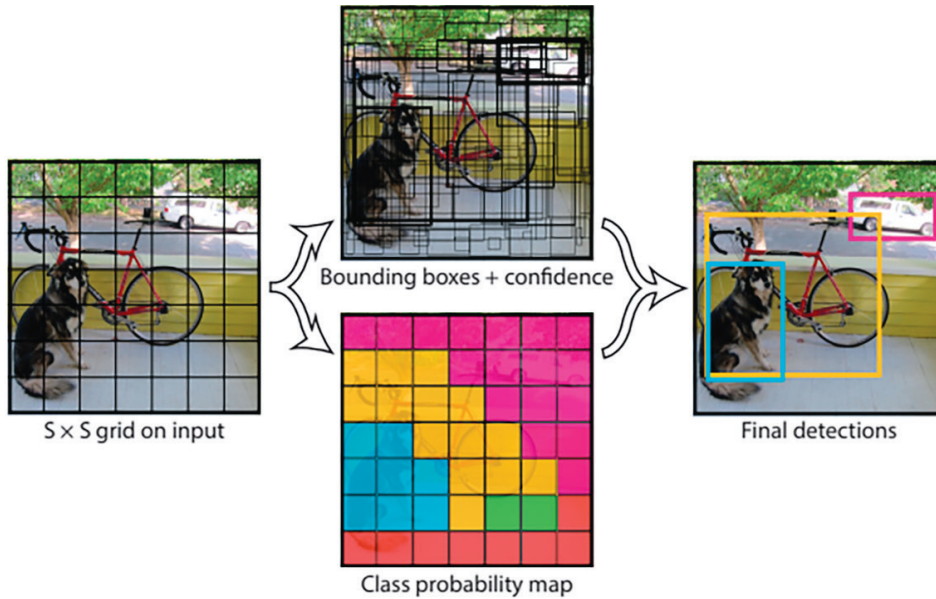


그림 2. YOLO 모델의 기본 동작 원리(출처: Redmon et al., 2016)

YOLOv8의 동작 원리는 다음과 같다(그림 2).

- 이미지 분할(Grid Division): 입력 이미지를 $N \times N$ 그리드로 나누는 과정으로 각 그리드 셀은 이미지 내에서 객체가 존재할 가능성에 대하여 판단
- 바운딩 박스 예측: 각 그리드 셀은 여러 개의 바운딩 박스와 각 박스의 신뢰도 점수 예측
- 클래스 확률 예측: 각 바운딩 박스가 특정 객체 클래스에 속할 확률 예측
- Non-Maximum Suppression(NMS): 겹치는 박스 중에서 가장 높은 신뢰도를 가진 박스를 남기고 나머지를 제거하여 최종 탐지 결과 도출

해당 YOLOv8 모델이 이안류를 탐지할 수 있도록 하기 위해서는 이안류가 발생한 이미지 및 이안류에 대한 정보를 모델에 학습시켜주는 과정이 필요하다. 학습 데이터 구축을 위해 해운대 해수욕장에 위치한 4대의 CCTV로부터 3년 치 자료를 확보하고 이안류 발생 영상을 Rip_Current, Rip_Doubt 두 개의 클래스(Class)로 나누어 데이터 라벨링(Labeling)을 진행하였다. Rip_Current는 이안류가 뚜렷하게 발생하여 밖으로 빠져나가는 물의 흐름이 명확히 보이는 것

을 말하며, Rip_Doubt는 이안류 형태가 불분명하지만 진행되는 파봉이 끊기거나 두 개 이상의 파봉이 교차하는 등 이안류 발생에 유리한 쇄파 형상이 관측되었을 때 이안류 발생으로 의심되는 것을 말한다. 또한, 이안류가 발생하지 않는 상황에서 이안류를 잘못 탐지하는 것을 방지하기 위한 이안류 미발생 이미지를 백그라운드(Background)로 추가하였다.

최종적으로 구축된 데이터셋은 총 58,000여 장으로 구성되었으며, 학습, 검증, 테스트를 위해 일정 비율로 나누고 학습과 검증 데이터를 이용해 YOLOv8 모델을 학습하고, 테스트 데이터를 이용해 최종 성능을 평가하였다.

성능 평가는 객체인식 성능 검증에 주로 사용되는 정밀도(Precision), 재현율(Recall), mAP(mean Average Precision)을 산출하여 진행하였다.

- 정밀도: 예측한 것 중에서 실제로 맞춘 비율로 A라고 예측한 객체 중 실제 A일 확률을 나타냄
- 재현율: 실제로 맞아야 할 것들 중에서 얼마나 많이 맞췄는지를 의미하며, 실제 A라는 물

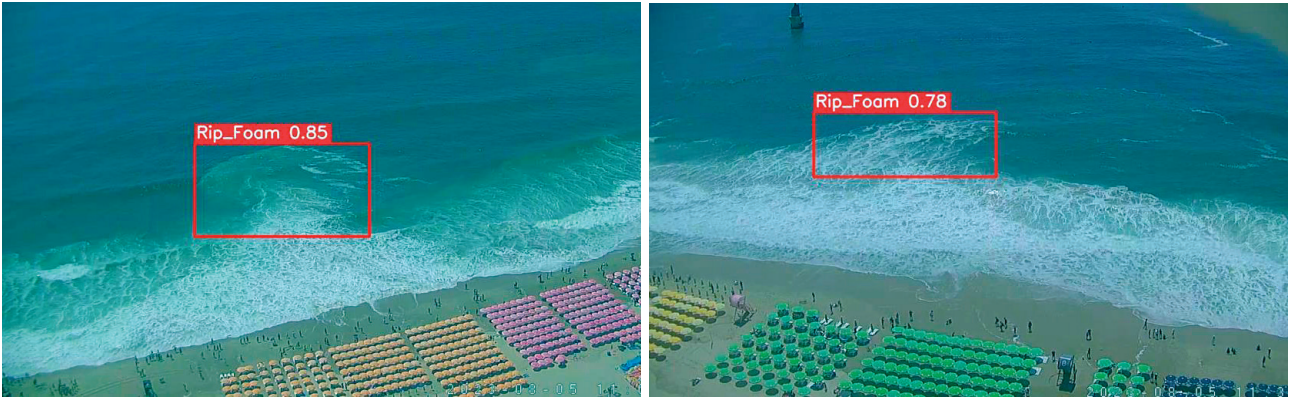


그림 3. 해운대 해수욕장 이안류 탐지 예시

체가 여러 개 있는 이미지에서 몇 개를 A라고 예측했는지를 나타냄

- mAP: 여러 범주에서 평균적인 정밀도를 계산한 값으로, 모델이 다양한 클래스(Rip_Current, Rip_Doubt)에서 얼마나 정확하게 예측했는지를 평가하는 지표임

4대의 CCTV 영상에 성능지표를 산출한 결과 정밀도는 0.903(90.3%), 재현율은 0.917(91.7%), mAP는 0.950(95.0%)로 모두 90% 이상의 우수한 검증성능을 나타내었으며, <그림 3>에 이안류 탐지 예시를 제시하였다.

앞선 과정을 통해 구축된 모델을 이용하여 이안류 자동탐지 프로세스를 구축하였다. 실시간으로 수신되는 CCTV 영상에 매 프레임별 이안류 탐지를 수행하고, 이안류 탐지가 8초 미만 지속되는 경우 '미탐지', 8~11초 동안 지속되는 경우 '예비 탐지', 11초 이상 지속되는 경우 '본 탐지'로 하여 화면상 이안류 지속 발생시간을 표시하고 테두리를 깜빡이도록 하여 모니터링 요원의 주위를 환기할 수 있도록 하였다.

마무리하며

발생 예측이 어려운 이안류는 해변에서 발생하는 위협적인 자연 현상으로, 순간적으로 인명 사고를 유발할 수 있다. 이러한 이안류를 신속하게 감지하고 정확하게 분류하는 기술은 해양

안전에 필수적이다. 이 연구를 통해 개발된 이안류 자동탐지 기술을 실시간 이안류 감시 체계의 실시간 영상과 결합함으로써 이안류 발생에 대한 보다 정밀하고 신속하게 대응할 수 있는 체계가 마련되었다. 앞으로 더 많은 해수욕장과 해양 환경에 적용하여 데이터를 축적하고, 구축된 모델의 성능을 지속적으로 개선해 나간다면 이안류로 인한 인명 피해를 줄이고, 보다 안전한 해양을 조성할 수 있을 것으로 기대된다.

[저자 소개]

진상엽(지오시스템리서치)

충남대학교에서 해양환경과학을 전공하고, 2020년 10월 지오시스템리서치에 입사하여 인공지능 및 딥러닝 기술을 활용한 예측자로 생산 및 CV 영상 분석 업무를 수행하고 있음

이승호(국립해양조사원)

2020년 국립해양조사원 입사. 현재 해양예보과에서 실시간 이안류 감시체계 운영 및 이안류 자동탐지 기술 개발 업무를 담당하고 있음

백공구(한국해양조사협회)

국립해양조사원에서 30년 간 근무한 후 2022년에 한국해양조사협회 기술교육연구소 소장으로 취임하였음

장은미(㈜지인컨설팅)

칸사스대 지리학과 박사, ㈜지인컨설팅 대표이사 겸 서울시립대 겸임교수. 현재 대양수심도회의 홍보분과 부위원장을 맡고 있음

해양 분야의 국제 표준화 동향

- 제129차 OGC 회의와 제58차 ISO/TC 211 총회

(주)지인컨설팅 작성

제129차 OGC 회의는 2024년 6월 17일부터 6월 21일까지 “글로벌 과제를 위한 협력을 가능하게 하는 표준”이라는 주제로 캐나다 몬트리올에서 개최되었다. 이 회의에서는 기후, 재난, 해양, 인공 지능/머신 러닝 등의 기술 및 영역을 중심으로 논의가 이루어졌다. 또한 제58차 ISO/TC 211 총회는 2024년 6월 22일부터 26일까지 영국 런던에서 개최되었으며, Standard in Action 세미나에서 다룬 해양 표준을 중점적으로 모니터링하였다. 이에 OGC 회의 및 ISO/TC 211 총회의 논의 내용을 바탕으로 해양 분야의 표준화 동향을 정리하였다.

제129차 OGC 회의

OGC(Open Geospatial Consortium)는 개방형 공간정보 컨소시엄으로, 지리 공간정보 데이터의 호환성과 기술 표준을 연구하고 제정하는 비영리 민간 참여 국제기구이다. 회의 셋째 날에는 해양 분야 도메인 실무그룹(Marine DWG)이 진행되었다. 해양 DWG는 안전 항해 이외의 목적으로 해양 데이터를 광범위하게 사용하는 데서 비롯되었으며, 이는 해양 공간 데이터 인프라(MSDI)라는 용어로 포괄적으로 표현할 수 있다. 해양 영역의 지리공간 데이터는 수년 동안 수로 기관에 의해 항해 목적으로 성공적으로 표준화되어 왔다. 이번 해양 DWG에서는 5개의 발표가 진행되었고 그중 일부를 수록하였다.

제15차 해양 공간자료 인프라 실무그룹(MSDI-WG) 발표

ESRI의 라파엘(Rafael)과 OGC의 트래버(Trevor)는 2024년 3월 4일부터 8일까지 인도네시아 발리에서 개최된 제15차 해양 공간자료 인프라 실무그룹 회의의 결과와 다음 실행 단계에

대해 발표했다. 회의 결과로, 육지-해양 주제의 지속에 관해서 여러 기관에서 작업을 수행하는 방법, 실제 실험 문제, 더 큰 글로벌 투자자와 미래의 도전을 위한 무대 마련에 대해 발표하였다. 또한 연안 침식, 육지-해양 요소가 포함된 연쇄 재해, 식량 안보(양식업, 수산업 등), 정확한 폭풍 해일 모델링을 포함한 잠재적인 시나리오에 대해 간단히 설명하였다.

마지막으로, 이전 OGC 파일럿 결과를 기반으로 한 영국수로국(UKHO)의 논의에 대해 설명하였다. UKHO는 영국의 여러 기관 간의 상호 운용성에 중점을 두고 육상-해상 데이터 공유



그림 1. 제15차 해양 공간자료 인프라 실무그룹(MSDI-WG) 회의



체계를 발전시키고 실증하고 있다. 예로, 연안 지역(항구 인프라 환경, 케이블) 및 중요 인프라 환경을 구축하고, 연안 환경에 관한 연구를 진행하고 글로벌 모범 사례를 만들기 위한 논의 문서 초안을 작성하고 있다.

해양 도메인 실무그룹(Marine DWG) 발표

미국 국립기상청(National Weather Service)의 셰인 밀(Shane Mill)과 스티븐 올슨(Steven Olson)은 OGC API 환경 데이터 검색의 Pub-sub 프로토타입 포털 데모와 관련하여 발표하였다. OGC API - 환경 데이터 검색(Environmental Data Retrieval, EDR) 이슈는 #318로 “컬렉션에서 제공하는 데이터가 업데이트 되었을 때 사용자에게 알려주는” Pubsub에 대한 지원을 요청한 것이다. Pubsub을 OGC API에 적용하는 방법에 대한 일반적인 접근 방식을 설명하는 토론 문서가 게시되었다. 사용가능한 프로토콜, 채널/토픽 및 메시지 페이로드를 설명하는 AsyncAPI이었다. 이러한 일반적

인 접근 방식은 OGC API - EDR 제2부의 일부 (<https://github.com/opengeospatial/ogcapi-environmental-data-retrieval/issues?q=is%3Aissue++pubsub+> 참조)이다.

Pubsub의 사용 사례는 수치 기상 예측 모델 데이터와 관련있으며, 사용 사례에 적합한 NWP 모델 데이터의 예로는 고행상도 신속 고침 모델(HRRR)을 들 수 있다. 이 프로토타입에서는 로컬 데이터 관리자(LDM)로 구동되는 데이터 피드를 구성(<https://www.unidata.ucar.edu/software/ldm/> 참조)한다. 이 피드를 사용하면 grib2 파일이 Lustre 파일 시스템에 채워지며, 각 파일은 모델 실행 시간, 예측 시간 및 날씨 요소와 연결된다. 그런 다음 이러한 파일은 OGC API - EDR 컬렉션 내에서 ‘항목’으로 표시된다.

이번 해양 도메인 실무그룹 회의를 통하여, 전 세계 해양 데이터의 표준화가 ISO/TC 211과 OGC와 공조하면서 진행되며, 다양한 응용모델과 연계를 중요시하고 있음을 알 수 있었다. 또

한 Github를 이용한 프로토타입 개발과 API 활용을 통해 데이터 활용 확산에 기여하고 있으며, 해양 분야의 디지털 트윈이 빠르게 진행되고 있음을 알 수 있었다.

제58차 ISO/TC 211 총회

ISO/TC 211은 국제표준화기구(ISO)의 기술위원회로, 디지털 지리정보 분야의 표준화와 관련된 활동이 이루어진다. 동향을 검토한 이번 제58차 ISO/TC 211 총회는 영국표준협회(BSI) 주관하에 영국 런던에서 개최되었다. 이중 회의 셋째 날에 진행된 Standard in Action 회의

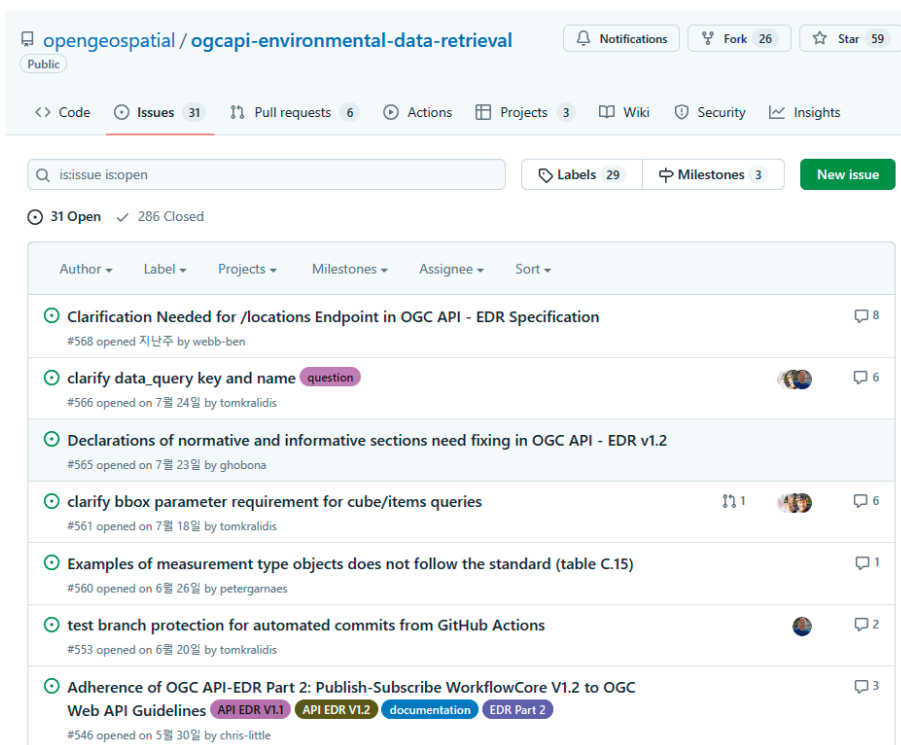


그림 2. OGC API - 환경 데이터 검색(EDR) 예시

의 세션 1에서 해양 표준에 관한 발표(Marine Standards in Action, UKHO, UN-GGIM, and MEDIN)를 간략하게 정리하였다.

국제수로기구(IHO)의 제임스 카레이(James Carey)가 영국 수로국의 유엔 글로벌 공간정보관리전문가 위원회(UN-GGIM)와 MEDIN에서의 해양 표준을 주제로 발표를 진행하였다. 해양공간정보는 “해양 공간 데이터 인프라(Marine Spatial Data Infrastructure, 이하 MSDI)”로 데이터, 거버넌스, 표준, 기술 분야에서 적합한 도구를 제공한다. 우주 분야가 방대한 만큼 해양도 비슷하다. 해양은 경계를 정의하기 어려우므로, 사람, 표준, 기술, 데이터의 조화가 적절히 이루어져야 한다. 이는 C-17 문서를 이루는 요소로, 이에 따라 작업반을 운영하고 있다.

C-17은 주로 MSDI 개발 및 관리의 모든 단계에 있는 수로국(HO)을 위한 지침서 역할을 하고 있다. 지리공간 데이터의 가치, 수요 및 활용이 증가함에 따라 이 간행물은 MSDI의 관리자

를 넘어 해양 공간 데이터 생태계와 관련된 더 넓은 대상과도 연관 지을 수 있다. 수로학을 위한 통합 지리 정보 프레임워크(IGIF-H)를 구성하고 안전한 항해, 해양 공간 계획, 환경 보고, 재해 탄력성 확보, 블루 이코노미를 지원하고 있다.

UN-GGIM과 IHO와의 관계를 정의한 상세 로드맵은 그림 1과 같다. OGC와 함께한 프레임워크가 MSDI 이니셔티브에서 커뮤니티에 조직 모델을 제안하여 성숙도 모델을 제시하고, 실제 구현을 영국 수로국에서 시행하였다. MEDIN은 해양 환경 데이터 및 정보 네트워크로, 메타데이터 아카이브 센터(DACs)를 구성하였다. 데이터 주제는 해양 수산, 역사 환경, 기상-해양, 지질 및 지구 물리, 수심, 종과 서식처로 7개이다. MEDIN의 메타데이터는 영국 해양 표준이 가장 좁은 범위의 프로파일 표준이며, 영국의 국가표준인 GEMINI 2, 유럽의 INSPIRE 표준, ISO/TC 211 19115 표준을 포괄하여 준수하고 있다.

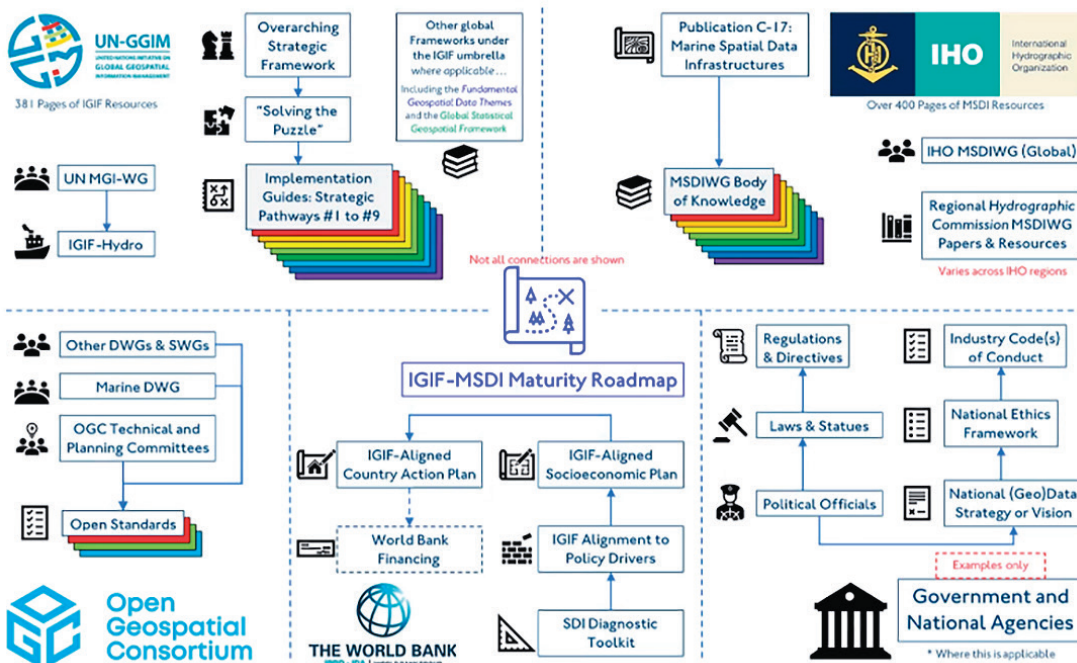


그림 3. IGIF-MSDI 성숙 단계 로드맵



해상 풍력 발전소 소음의 영향 - 해상 풍력 발전소 운영 소음이 해양 환경에 미치는 영향에 대한 이해도 향상

Hydro International, 2024년 6월 10일

해상 풍력 발전소에서 발생하는 소리는 해양 환경에 인위적인 소음을 발생시키는 주요 원인 중 하나이다. 유럽 해역에서 30년 동안 해상 풍력 발전 단지가 운영되었지만, 운영기간 동안 해양 생태계에 미치는 영향에 대한 이해는 제한적이다. 이에 7개국의 11개 기관이 힘을 합쳐 '해양 환경에서의 수중 소음'을 주제로 한 JPI Oceans 이니셔티브의 자금 지원을 받아 PURE WIND 프로젝트를 진행하고 있다. 목표는 방사되는 소음과 이로 인한 생물학적 영향을 더욱 깊이 이해하고 적절한 규제 맥락에 맞게 분석하는 것이다.

지속 가능한 블루 이코노미는 기후 변화의 원인을 완화하는 데 중요한 기여를 한다. 한 가지 실행 방안으로, 해상 터빈의 급속한 개발에 대한 관심이 점점 커지고 있다. 해상 풍력 발전 단지(OWF)는 바다에서는 장애물이 없어 육지보다 더 빠르고 일정한 속도로 불기 때문에 바람의 힘을 이용하여 청정하고 재생 가능한 에너지를 제공할 수 있다.

중요한 것은 이것이 해양 생물 다양성에 부정적인 영향을 미치지 않는다는 것이다. 그러나 현재의 기술 발전은 환경 영향을 신뢰할 수 있게 평가할 수 있는 우리의 능력을 넘어섰다. 따라서 터빈의 설치 및 운영으로 인한 소음이 불러올 수 있는 해양 생태계에 미치는 원치 않는 영향을 테스트할 필요가 있다.

퓨어 윈드(PURE WIND)

퓨어 윈드는 먹이 사슬의 최하위 구성 요소와 최상위 포식자를 포함하여 해상 풍력 발전 단지가 중장기적으로 해양 생태계에 미치는 영향을 심층적으로 분석하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 연구진은 북유럽 연안 지역의 해상 풍력 발전 단지에서 수집한 과거 수동 음향 측정 데이터 및 바람 통계를 분석하고, 카나리아 제도에서 부유식 발전단지 건설 및 설치가 해양 생태계에 미치는 영향을 분석하기 위해 프로젝트 내에서 특별히 수집한 데이터를 시험하는 장소로 활용할 것이다.

운영 중인 풍력 발전 단지에서 얻은 데이터를

분석하면, 기존 풍력 플랫폼(고정 터빈)의 장기적인 패턴을 검증할 수 있으며, 새로운 데이터 수집을 통해 신기술이 지역의 소음환경에 미치는 영향을 파악할 수 있다. 이 데이터는 터빈에서 발생하는 환경 소음을 예측하기 위해 바람의 강도를 기반으로 한 모델을 개발하는 데 기초가 된다. 이를 통해 우리는 환경의 생물군에 미치는 음압(sound pressure)의 수준을 파악할 수 있다.

이 분석은 풍력 발전소가 운영 중인 북유럽과 카나리아 제도 해역과 같은 다양한 해양 지역뿐만 아니라, 풍력 터빈이 없는 지중해와 노르웨이 등에서도 진행될 것이다.

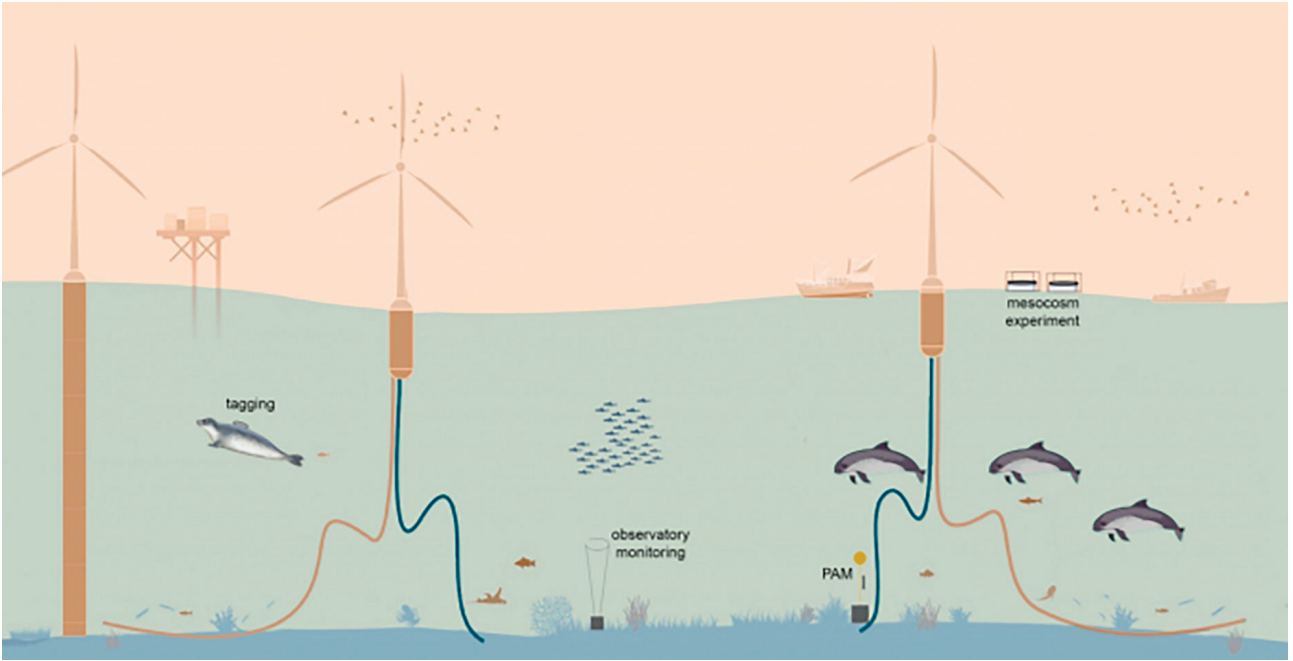


그림 1. 해상 풍력 발전소 운영이 해양 먹이사슬에 미치는 영향을 연구하기 위한 접근법 모식도. (맥스웰 외, 2022에서 발췌)

먹이사슬에 미치는 음향의 영향

수중 소음이 해양 생태계에 미치는 영향은 주로 먹이 사슬의 정점에 있는 해양 포유류와 어류에 미치는 영향에 대하여 연구되어 왔다. 동물성 플랑크톤에서 시작하여 먹이사슬의 하위 생물에 미치는 영향에 초점을 맞춘 연구는 아직 초기 단계에 있다.

퓨어 윈드에 참여한 연구자들은 산업 활동에 의해 방해받지 않는 지역과 인공 어초 역할을 하여 새로운 서식지를 제공하고 수산 자원에 영향을 미칠 수 있는 해상 풍력 발전소가 운영되는 지역에서, 해양 환경 소음이 동물 플랑크톤과 상위 포식자 및 어업 활동을 연결하는 먹이사슬에 미치는 영향을 관찰하려고 시도할 것이다. 공해에 풍력 발전 단지를 건설하면 지역 해양 환경 체계에 영향을 미칠 수 있으며, 이러한 변화가 해수의 상승/하강 현상(upwelling/downwelling episodes)과 식물 플랑크톤 번성 및 동물 플랑크톤 풍부도에 어떤 영향을 미치는지는 아직 완전히 밝혀지지 않았다.

퓨어 윈드 연구진은 해저 계류장이나 기존 연구 인프라에 설치된 하이드로폰(Hydrophone)에서 수집한 수중 환경 소음 데이터를 분석한다. 이 데이터는 현재 북유럽에서 운영 중인 풍력 발전 단지과 카나리아 제도에서 테스트 중인 프로토타입 근처는 물론 리구리아 해(Ligurian Sea)와 노르웨이 피요르드(fjords)처럼 환경 소음이 주로 자연적인 원인(바람, 비, 해양 동물)과 해상 교통으로 인해 발생하는 지역에서 수집된다.



그림 2. 해상 풍력 발전 단지 근처 지역에서 하버 물범의 움직임을 추적하고 물범이 서식하는 지역에서 먹이 활동을 조사하기 위해 하버 물범에 부착된 태그. (이미지 제공: D. Nachtsheim, ITAW)



두 조건(풍력 발전소 유무)에서 환경 소음의 시간적 변화와 통계적 특성을 음향 후방 산란 관측에서 얻은 바이오매스 데이터와 비교하여, 다양한 바람 영역과 소음 임계값에 따른 동물 플랑크톤의 행동을 집중 조명할 것이다. 특히 동물성 플랑크톤의 수심, 일일 이동 주기 및 풍부도의 변화를 분석할 것이다.

모델링

풍력 발전 단지에서 발생하는 수중 소음의 영향을 연구하려면, 특정 풍력 터빈 유형과 지역 기상 조건, 특히 풍속과 풍향이라는 무작위 변수와 관련하여 인위적인 사운드 스펙트럼의 특징과 그 압력 수준을 예측할 수 있는 능력이 필요하다. 이를 위해 프로젝트 파트너가 수집한 음향 데이터를 기반으로 바람의 변화에 따른 음향 영향을 예측할 수 있는 통계적 학습 기법을 사용하여 모델을 구축하고자 한다.

풍력 터빈이 작동하는 동안 발생하는 수중 소음은 몇 가지 구성 요소로 특징지어진다. 이 중 가장 큰 소음은 기계 부품의 움직임에 의해 발생하거나 철탑이나 계류 라인의 바람에 의해 유발되는 진동이다. 이외에도 해수면 가까이에서 회

전하는 블레이드 상부 구조물에 부딪히는 바람에 의해 발생하는 휘파람에 의한 소음도 발생한다.

특정 음원에 대한 주파수에 따른 에너지 분포인 스펙트럼은 특히 저주파, 특히 1kHz 이하에 집중된 의미 있는 내용을 가지고 있으며, 여기에는 다양한 기계 부품의 회전 주파수에 위치한 조성 성분과 그 복잡함이 추가된 연속 성분(광대역 잡음이라고 함)으로 구성되어 있다. 즉, 스펙트럼의 형태가 고정식 풍력 발전기의 경우 터빈의 크기, 풍속, 철탑 또는 계류선의 유형 및 전체 발전기를 지탱하는 기초 구조물에 영향을 받는다는 것을 의미한다.

최근 몇 년 동안 터빈에서 발생하는 수중 소음은 여러 차례 측정되고 특성화되었다. 안타깝게도 측정 조건이 다르고 공통 프로토콜이 없었기 때문에, 터빈의 특정 특징을 비교하고 공통 모델을 개발하기가 어려웠다.

해상에서 장기간에 걸쳐 측정한 음향 측정값의 광범위한 가용성이 증가하고, 이에 상응하는 환경 데이터가 수반되어 기계학습(ML) 알고리즘에 기반한 블랙박스 모델을 개발할 수 있게 되



그림 3a. 연구선 벨지카의 갑판에 포유류의 특징적인 울음소리를 감지하기 위해 배치 준비가 완료된 패시브 음향 모니터링 장치. (이미지 제공: S. Paoletti, RBINS)



그림 3b. 호파보겐 만의 NTNU 연구 현장에 설치된 메소코즘(Mesocosms). (이미지 제공: Tanguy Soulié, MARBEC)

었다. ML 기술은 일반화 및 보간 기능 덕분에 에너지 변환 플랜트의 동작과 관련된 변수를 작동 조건에 연결하는 것과 같은 유사한 문제에 이미 성공적으로 사용되어 왔다.

바다표범 인식표

북해를 비롯한 전 세계에서 해상풍력발전단지의 확산이 가속화됨에 따라, 우리는 이러한 인프라의 운영 단계가 서식지 이용과 작은 바다표범, 물개 및 기타 해양 동물의 먹이 사냥 성공에 어떤 영향을 미치는지 더 잘 이해할 필요가 있다. 이 문제를 해결하기 위한 다양한 현장 노력이 북해에서 계속되고 있다. 그중 하나는 독일 북해 항구의 어미 물범과 어린 회색 물범에게 GPS 휴대폰 태그를 부착하는 것이다. 이 태그는 개별 물개에 부착되어 최대 4개월 동안 북해의 공간적 이용을 파악하고 수면 위로 올라오는 위치와 먹이 활동을 기록한다. 이는 이전의 태그 데이터와 결합하여, 풍력발전소 지역에 대한 바다표범 서식지의 점유 수준을 계산할 수 있다. 또한 항구 돌고래에 대한 장기적인 수동 음향 모니터링도 계속 진행하여 운영중인 풍력발전소 지역 내에서 이들의 먹이 행동을 평가할 것이다.

메조코즘(Mesocosm) 실험

노르웨이 트론데임피오르덴에서 운영 중인 풍력 발전소를 대상으로 소음이 없는 개방된 수역에서 현장 메조코즘 실험이 진행될 예정이다. 메조코즘은 자연에 가깝지만 통제된 조건에서 원양 및 저서생물 종과 군집을 조사할 수 있

는 실험적이고 (반)밀폐형 시스템이다. 생물학적 및 비생물학적 조건을 조작할 수 있으므로 생물학적 상호 작용과 과정에 대한 외부 요인의 교란과 영향을 시뮬레이션할 수 있다. 메조코즘 접근법은 온도, 용존 이산화탄소, 영양분, 빛 또는 소음 같은 외부 요인을 조작하고, 시간에 따른 종과 군집의 반응을 분석할 수 있기 때문에 지구 변화의 생태학적 원인과 결과를 해결하는데 이상적인 도구로 간주된다. 풍력발전소 소음에 대한 플랑크톤 군집이 어떻게 반응하는지 알아보기 위해 재생 실험을 실시할 예정이다.

결론

퓨어 윈드는 해상 풍력 에너지 개발을 위한 인프라가 해양 생태계에 미치는 영향을 연구하고자 한다. (1) 풍력 발전 단지에서 발생하는 소음이 먹이 사슬의 다양한 분류군(동물성 플랑크톤부터 대형 포식자까지)의 행동에 미치는 영향 분석과 (2) 특정 해양 지역을 공간적으로 정의하는 여러 해양 보고 단위 내에서 고려될 수학적 모델을 사용한 시뮬레이션을 통해 풍력 에너지 발전 과정의 기여도에 대한 누적적 영향을 조사한다. 그런 다음 이러한 결과를 현장 측정과 비교한다.

또한 이 프로젝트를 통해 얻은 과거의 경험과 지식을 바탕으로 지속 가능한 발전(그린 이코노미 발전)을 위한 권고안을 작성하여 정책 개발 과정에 기여하고자 한다.

원문출처: <https://www.hydro-international.com/content/article/impact-of-sound-from-offshore-wind-farms>



해양조사 기술동향 통권 제21호(2024-3)

발간처: 한국해양조사협회 | 발간인: 김백수 | 발간일: 2024년 9월 25일

감수: 김영배, 김연수, 전형섭 | 번역 및 편집 책임: (주)지인컨설팅

주소: 서울특별시 금천구 가산디지털1로 70 호서대벤처타워 1305호 | 전화: 02-2166-3300 | 팩스: 02-2672-4614