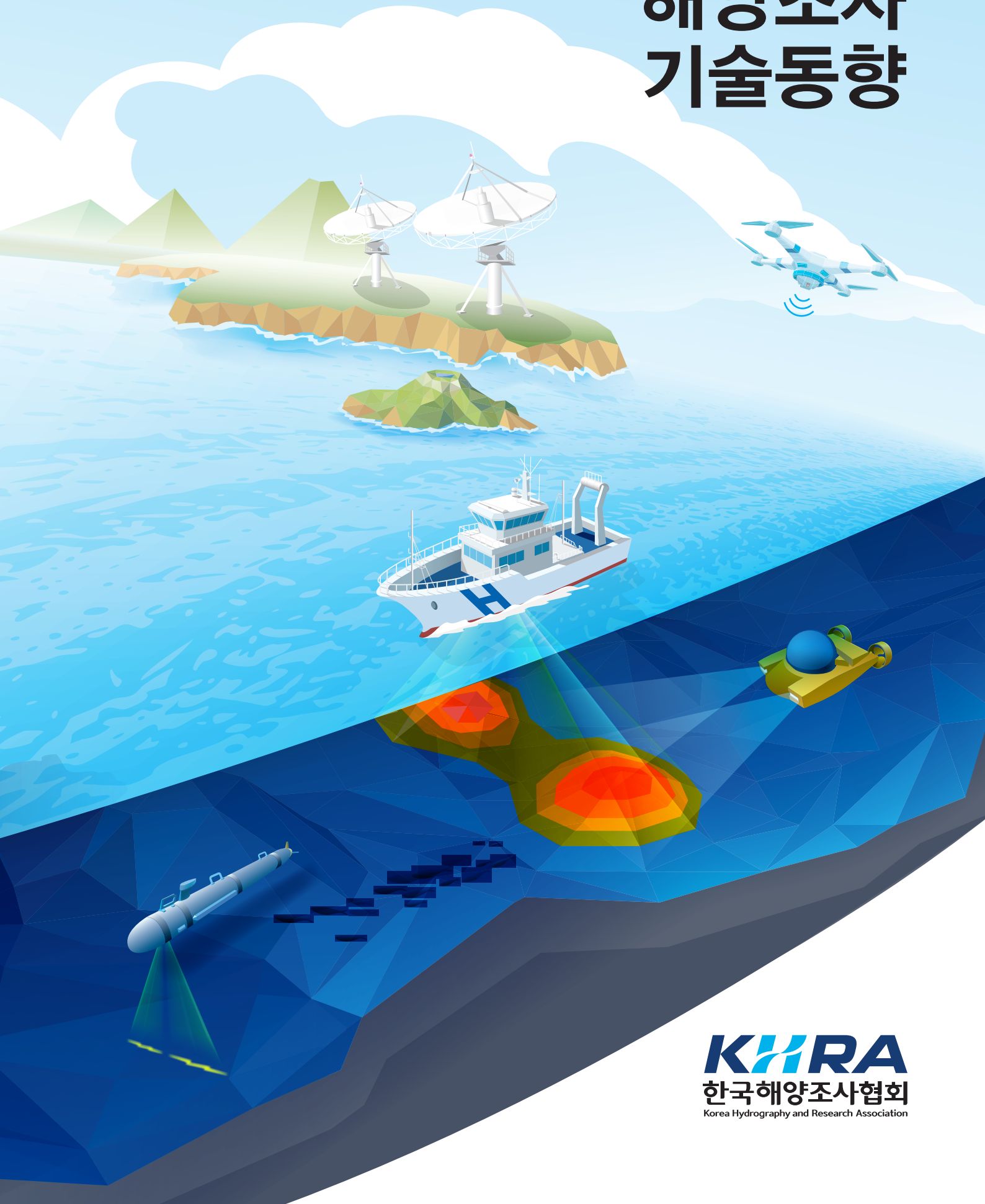
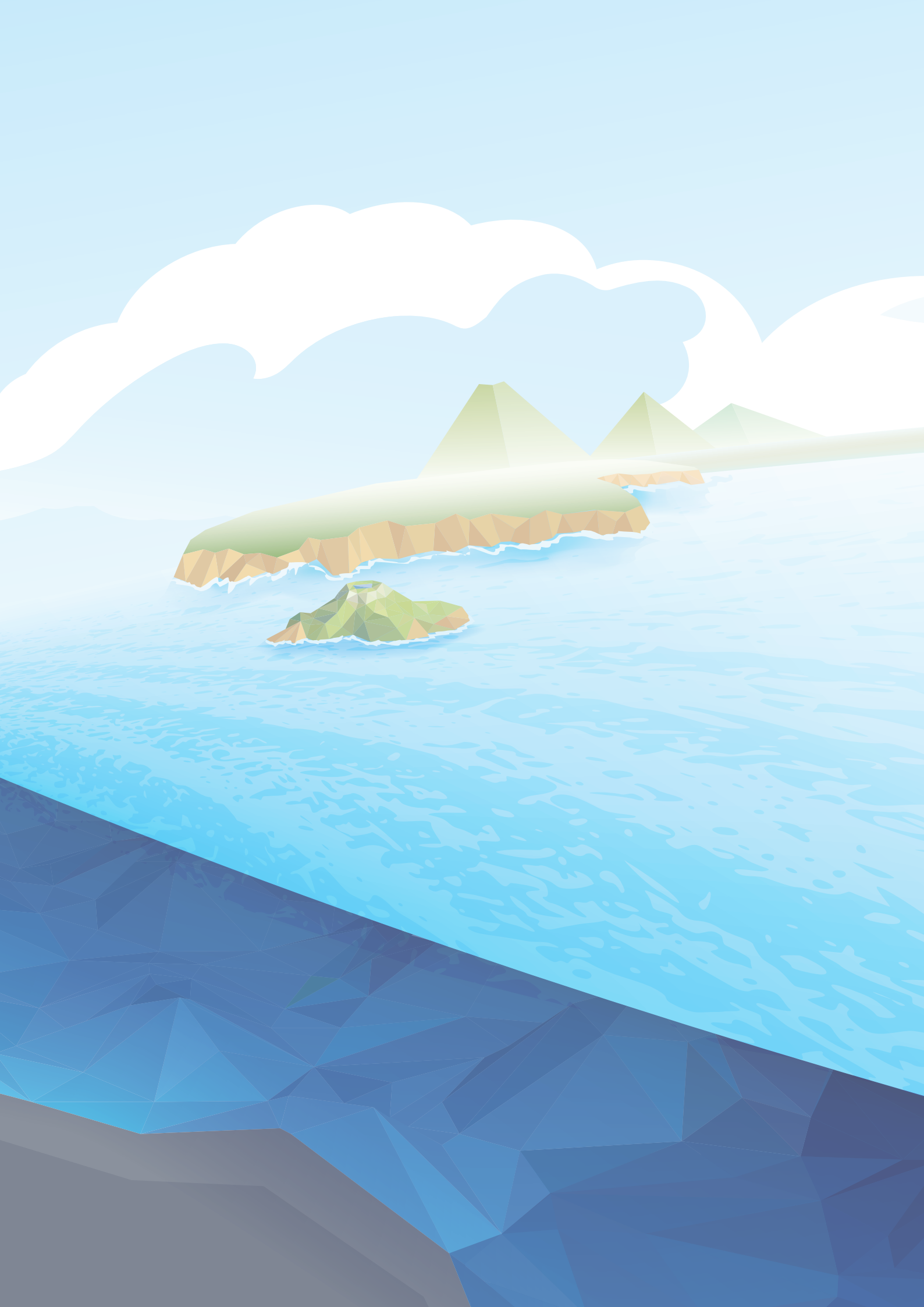
통권 제20호(2024-2호)

해양조사 기술동향



KHRA
한국해양조사협회
Korea Hydrography and Research Association



통권 제20호 수록 원고 목차

「해양조사 기술동향」 20호를 발간하면서 __ 4

1. 국제수로기구 Brief News __ 5
- 국제 전자해도 센터(IC-ENC) 기술 컨퍼런스 24-1
- 제19차 데이터품질 실무그룹(DQWG) 회의
- 2024 해양 10년 회의
  : 우리가 원하는 바다를 위한 2030년까지의 해양 10년 로드맵 구축

2. 수심데이터의 시각화 __ 13
-현재의 방법과 새로운 인터페이스에 대한 검토-

3. 제3회 해양조사의 날 기념행사 및 2024 한국수로학회 춘계학술대회 __ 25

4. 부니층(浮泥層) 매핑 __ 28
-부니가 존재하는 해저에서 신뢰구역범주 A1(CATZOC A1)에 해당하는 수로측량-

5. 항해사의 시각 측면에서 S-100 전자해도표시정보시스템(ECDIS)의 사용성 측정에 관한 연구 __ 33

6. 우리나라 주변 해안 해류모식도 연구 리뷰 __ 36

「해양조사 기술동향」 20호를 발간하면서

한국해양조사협회 창립 20주년 맞이 해양조사 기술동향지 20호 발간

공공기관으로서 산업발전과 사회적 책임 실현을 위한 최신 “기술 동향 공유”와
상생협력 발전포럼 운영 등 협력의 장 마련, 지속적인 관심과 지원 요청

올해는 한국해양조사협회가 창립 20주년을 맞이하는 해로, 우리 협회의 역할과 위상을 새롭게 정립할 수 있는 중요한 시기입니다. 이와 더불어, 해양조사 기술동향지 통권 제20호를 발간하게 되어 매우 뜻깊습니다.

최근 해양조사분야는 차세대 전자해도 도입, 자율운항선박 개발, 무인해양조사 및 해양조사 정보 디지털 전환 등 다양한 영역에 활용되고 있으며 급속하게 발전하고 있습니다.

이에 우리 협회는 해양조사 기술동향지를 통해 국·내외 최신기술 소개와 국제수로기구(IHO)의 국제표준 회의 결과 등을 제공하여 산·학·연 관계자가 최신 해양조사기술 정보를 손쉽게 접하고 활용할 수 있도록 노력해 왔습니다. 그 결과, 2019년 제1호부터 2024년 제19호까지 짧은 기간 동안 꾸준한 관심의 상승세로 2024년 7월 현재 전체 누적 조회수가 52만 건을 넘는 큰 성과를 이루었습니다.

앞으로 우리 협회는 해양조사 분야의 공공기관으로써 산업발전과 사회적 책임 실현을 위해 지속적인 최신기술 동향 공유와 상생협력 발전포럼 운영 등을 통한 협력의 장을 마련하겠습니다.

해양조사 기술동향지가 앞으로도 더 나은 기술과 지식의 원활한 소통을 위해 중요한 역할을 지속할 수 있도록 여러분의 지속적인 관심과 지원을 부탁드립니다. 그간 좋은 원고를 위해 자문해 주신 여러분들과 편집 담당자들께 깊은 감사의 말씀을 드리며, 앞으로도 많은 협조를 부탁드립니다.

감사합니다.

2024년 7월

한국해양조사협회 이사장

국제 전자해도 센터(IC-ENC) 기술 컨퍼런스 24-1

International Centre for Electronic Navigational Charts (IC-ENC)
Technical Conference 24-1

그리스 아테네, 2024년 3월 19일~21일

■ 개최 및 주관기관(국), 주요 참석자

국제 전자해도 센터(The International Centre for Electronic Navigational Charts: 이하 IC-ENC)는 전 세계 수로국(Hydrographic Office)의 절반 이상을 대표하는 최대 규모의 지역전자해도센터(RENC)이다.

IC-ENC는 회원 주도의 조직으로, 회원의 항행 데이터 제품이 국제 표준을 준수하고 국제해상인명안전협약(SOLAS)을 준수할 수 있도록 비용 효율적인 서비스를 제공한다. 또한 회원의 전자해도(ENC)가 글로벌 데이터 세트에서 일관성을 유지하고 승인된 서비스 제공업체를 통해 쉽게 사용할 수 있도록 보장하기 위해 노력하고 있다.

2024년 첫 번째 IC-ENC 기술 컨퍼런스(TC24-1)의 의장은 영국의 수 막스(Su Marks, IC-ENC 운영 부서 소속)가 맡았다. 이번 회의에는 50개 IC-ENC 회원국 중 44개국을 대표하는 74명의 대표단이 직접 회의에 참석했으며, 41개 온라인 회원국 중 3개 회원국이 화상으로 회의에 참석했다. 회의에 참석한 업계 대표로는 ESRI, 텔레다인 지오스페이셜(CARIS), SevenCs가 참여했으며, IIC는 전문 기여자 자격으로 회의에 참석했다. IHO 사무국은 기술 표준 지원 책임관(TSSO) 제프 우튼(Jeff Wootton)이 대표로 참석하였다.

■ 논의사항

기술 컨퍼런스는 그리스 해군 수로국 국장인 디미트리오스 에프스타티우(Dimitrios Efstathiou) 제독의 환영사로 시작되었다. 이어서 IC-ENC 의장인 부라키난(Burakİnan, 튀르키예)의 개회사가 이어졌는데, 그는 항행 데이터 제품과 서비스를 조율하고 일관되게 제공하는 데 있어 지역전자해도센터(RENC)가 중요한 역할을 하고 있으며 앞으로도 계속 수행할 것임을 강조했다.

국제 전자해도 센터(IC-ENC) 기술 컨퍼런스(TC24-1) 대면 참가자

이는 현재의 S-57/S-52 전자해도표시정보시스템(ECDIS) 환경에서 S-100 제품 및 서비스 제공으로 전환되는 과정에서 특히 중요할 것이다.

기술 컨퍼런스의 주요 주제는 IC-ENC 제품 지원 업데이트, S-101 포커스, S-102, S-104, S-111 및 S-128 서비스 개발과 회원들의 경험, 전자해도(ENC) 변환(S-57에서 S-101, S-101에서 S-57로), 광범위한 S-1xx 활동 등이었다. 2023년 11월에 진행된 싱가포르 랩의 전자해도(ENC) 변환 워크숍의 피드백도 IIC 및 IC-ENC 회원 참석자들에게 제공되었다. 컨퍼런스 둘째 날에는 ENC 변환 및 S-101 전자해도(ENC) 생산에 관한 워크숍이 진행되었으며, 회원들은 업계 전문가들과 함께 이 분야에서 지금까지의 경험을 논의할 수 있는 기회를 가졌다.

IHO 사무국의 제프 우튼(Jeff Wootton)은 S-101 Focus라는 주제를 소개하면서 S-100 이행 10년(2020-2030) 로드맵을 준수하기 위한 S-101 전자해도(ENC) 제품사양의 전반적인 개요, S-101 개발 현황, 제품사양의 S-101 제2.0.0판 발간 일정에 관한 설명이 이루어졌다.

이 프리젠테이션은 많은 IC-ENC 회원국 대표들로부터 호평을 받았으며, 일주일 내내 세션 토론을 통해 추가 정보를 얻고자 했다. 또한 제프 우튼은 IHO 간행물 S-65 부속서 B – S-57 전자해도(ENC)에서 S-101 변환 지침서 및 S-65 부속서 C – S-101에서 S-57 ENC로 변환 지침서 개발의 진행 상황과 IHO 지리공간정보(GI) 레지스트리를 이용한 S-100 데이터 생산자 코드 신청 절차에 대한 정보발표도 진행하였다.

요약해서 읽어보기

S-100 프레임워크가 안정되면서 연이은 파생 제품에 대한 표준이 마련되고 있으며, 현장에서 ECDIS에 여러 정보가 표현되기 위한 표준 적용사례가 공유되고 있다.

제19차 데이터품질 실무그룹(DQWG) 회의

19th Meeting of the Data Quality Working Group (DQWG)

화상회의(VTC), 2024년 3월 25일~26일

■ 개최 및 주관기관(국), 주요 참석자

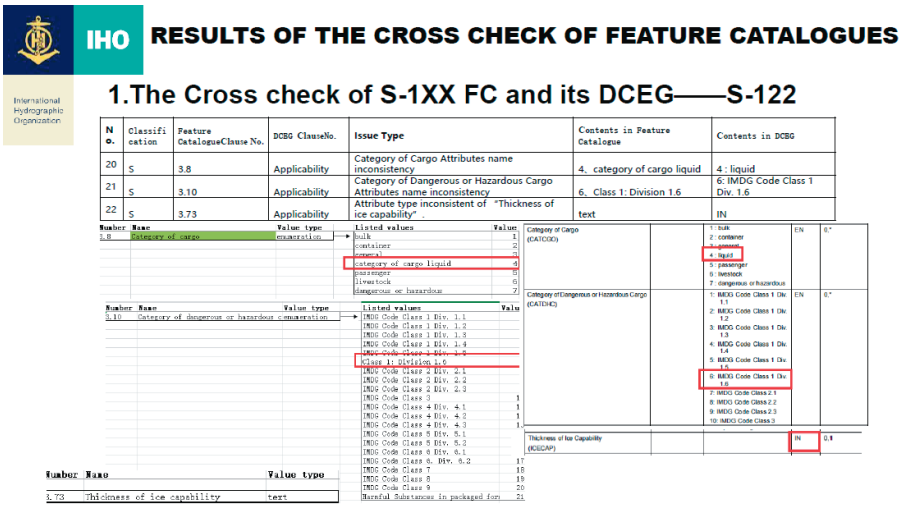
제19차 데이터품질 실무그룹(DQWG) 회의가 3월 25일부터 26일까지 모나코의 IHO 사무국에서 원격 화상회의(VTC)로 진행되었다. 이번 회의의 위원장은 중국의 링지 우(Lingzhi Wu)가 맡았다. 16개 회원국을 대표하는 32명의 등록 대표와 지역전자해도센터(RENC) 대표 1명, 전문가 참석자 5명이 회의에 참석했다. IHO 사무국은 이브 길람(Yves Guillam) 부국장이 대표를 맡았다.

■ 보고사항

데이터품질 실무그룹(DQWG)은 데이터 품질 문제에 대한 항해정보제공 실무그룹(NIPWG)과 조위, 해수면 및 해류 실무그룹(TWCWG)의 보고서에 주목했다. NIPWG는 S-1xx 제품사양을 2.0.0 판으로 전환할 때 S-97(S-100 제품사양 작성을 위한 IHO지침) 제C부를 사용하겠다는 의사를 확인했으며, S-102(수심격자면 제품사양)와 함께 적용될 수위 조정에 국한된 S-104(항해용 해수면정보 제품사양)에 초점을 둔 결과도 논의됐다. 위원장은 S-100 기반 제품사양의 데이터품질 장(chapter)에 대한 교차 점검 시행 결과 보고서를 발표하고, S-97을 준수하지 않거나 조화를 이루지 못하는 제품사양을 지적했다. 피드백은 적절하게 개발자에게 보고될 것이다.

위원장은 매우 포괄적인 발표를 통해 DQWG의 피처 카탈로그 소그룹(프랑스, 미국, SevenCs)의 작업에 대해 다시 설명했다. 소그룹(SubWG)은 S-121(해양의 한계와 경계 제품사양) 제1.0.0판, S-122(해양환경 보호구역 제품사양) 제1.0.0판, S-123(해양 무선 서비스 제품사양) 제1.0.0판, S-124(항행경보) 제1.0.0판, S-127(해양교통 관리를 위한 IHO 지리공간 표준) 제1.0.0판, S-128(항해제품 카탈로그) 제1.0.0판, S-130(전지구 해역구분) 제1.0.0판 및 S-131(해양 항만 인프라) 제1.0.0판의 피처 카탈로그 교차 점검을 수행했다.

또한 이전 제18차 데이터품질 실무그룹 회의(DQWG18)에서 보고된 S-1xx 피처 카탈로그의 검토 결과가 S-101 제1.2.0판에 따라 업데이트됐다.


IHO RESULTS OF THE CROSS CHECK OF FEATURE CATALOGUES

International Hydrographic Organization

1.The Cross check of S-1XX FC and its DCEG——S-122

No.	Classification	Feature CatalogueClause No.	DCEG ClauseNo.	Issue Type	Contents in Feature Catalogue	Contents in DCEG
20	S	3.8	Applicability	Category of Cargo Attributes name inconsistency	4, category of cargo liquid	4 : liquid
21	S	3.10	Applicability	Category of Dangerous or Hazardous Cargo Attributes name inconsistency	6, Class 1: Division 1.6	6: IMDG Code Class 1 Div. 1.6
22	S	3.73	Applicability	Attribute type inconsistent of "Thickness of ice capability" .	text	IN

■ 논의사항

회원국이 S-101 전자해도(ENC)로의 전환에 대비하여 관련 공간 객체에 대해 기존 S-57 전자해도(ENC)에서 적절한 위치정확도(POSACC)/수심정확도(SOUACC) 값을 채우도록 촉구한 수로업무표준위원회(HSSC)*에 대응하여 PRIMAR는 몇 가지 흥미로운 통계를 제공했다. DQWG는 PRIMAR의 이러한 조치에 감사를 표했지만, 가능하다면 제16차 수로서비스표준위원회(HSSC16) 이전에 인코딩 증가의 규모(예: 전체 음향 횟수)를 정량화하기 위해 몇 가지 추가 분석을 제안했다.

* HSSC 15/55를 참조

HSSC의 결정에 따라, 데이터품질 실무그룹(DQWG)과 전자해도 표준관리 실무그룹(ENCWG)은 마침내 하나의 단일 간행물로 통합된 S-66(전자해도 실상 및 탑재의무 요건)의 새로운 제안인 제2.0.0판을 작성했다: 즉, S-66(전자해도 실상 및 탑재의무 요건), S-67(전자해도의 수심정보 정확도에 대한 항해자 지침) 제1.0.0판, 의무적 ECDIS 사용자를 위한 기본 정보와 전자해도 및 항해용 래스터해도(RNC), ENCWG 정보 문서, ENC 및 ECDIS의 사이버 보안 지침을 통합한 것이다. ENCWG과 DQWG는 현재 2024년 5월 회의에서 HSSC의 승인을 받기 위해 제안된 S-66 제2.0.0판을 검토하고 있다.

위원장 주도하에 S-68(측량데이터에서 신뢰구역의 범주/해저지형 데이터의 품질값 할당*을 위한 수로국의 지침 및 권고사항)의 차기 제2.0.0판에 대한 작업계획을 설계하기 위해 제1.0.0판에 대한 유익한 논의가 있었다. 회의에서는 테스트 및 실험 단계가 완료된 것으로 간주할 수 없으므로 첫 번째 단계로 새로운 제1.1.0판 개발에 참여할 필요가 있다는 데 동의했다.** ENCWG 위원장은 향후 이 간행물이 S-65(전자해도 제작, 유지관리 및 배포에 관한 지침)의 부록으로 고려되어야 한다고 제안하기도 했다.

* 수심측량 데이터의 품질

** DQWG 회원국을 제외한 IHO 회원국의 피드백은 거의 없다.

향후 S-68 차기 개정판의 맥락에서, 체계적인 수로측량뿐만 아니라 크라우드소스 수심측량 데이터에서 신뢰구역의 범주(CATZOC) 값의 할당을 개선하기 위한 초기 제안이 이루어졌다. 회의에서는 덴마크 대표가 상세히 보고한 크라우드소스 수심측량 실무그룹(CSBWG)을 비롯한 여러 당사자의 의견에 주목하며, S-68에 포함되기 전에 더 많은 작업이 필요하다는 데 동의했다. 크라우드소스 수심측량 실무그룹(CSBWG, B-12 관리기관)과 수로측량 실무그룹(HSWG, S-44 관리기관)의 참여가 적극 권장되었다.

덴마크 지리 데이터 관리청(Danish Geodata Agency)***

*** DQWG, CSBWG, HSWG의 회원이기도 하다.

- 해도제작을 위한 크라우드소스 수심측량(CSB) 데이터의 품질을 평가하는 방법에 대한 가이드라인 작성을 지원한다.
- 가이드라인을 B-12(크라우드소스 수심측량 지침) 및 S-44(IHO 수로측량 표준) 간행물과 일

IHO 3.RECOMMENDATIONS

Sensor	Position				Data processing (Attitude Correction, Sensor Vertical Offset Correction, Draft Correction, Sound Speed Correction and Tide Correction)			Quality Control				Recommended CATZOC value
	GNSS Receiver		Horizontal Offset		Full Corrected	Partial	Uncorrected	Precision Meets Requirements		Accuracy Meets Requirements		
	Yes	No	Yes	No				Yes	No	Yes	No	
Multibeam echo-sounder system	√		√		√			√		√		A2
Multibeam echo-sounder system	√		√			√		√		√		B
Multibeam echo-sounder system	√			√		√		√			√	C
Multibeam echo-sounder system	√			√			√		√		√	D
Multibeam echo-sounder system	√			√			√		√		√	U
Single beam echo-sounder + Side scan sonar system	√		√		√			√		√		B
Single beam echo-sounder + Side scan sonar system	√			√		√		√			√	C
Single beam echo-sounder + Side scan sonar system	√			√			√		√		√	D
Single beam echo-sounder	√		√		√			√		√		C
Single beam echo-sounder	√			√			√		√		√	D

크라우드소스 수심 측량에 대해 DQWG가 제안한 내용

치시키기 위해 크라우드소스 수심측량 실무그룹(CSBWG)과 수로측량 실무그룹(HSWG)의 참여를 제안한다.

- 다양한 처리 단계의 품질에 미치는 영향을 탐구하면서 싱글빔 음향측심기(SBES)를 사용하여 수집된 크라우드소스 수심측량(CSB) 데이터에 중점을 두고 가이드라인을 작성할 것을 제안한다.

위원장은 S-97 제C부에 대한 개정안 검토와 함께 "S-100 제품의 데이터 품질 평가에 대한 권고안"에 대한 보고서를 발표했다. IHO 사무국과 S-101PT 위원장은 이 권고안이 최종 확정되면 S-158(S-101 ENC 품질검사 제품사양, 개발 중)에 포함될지 아니면 S-97(S-100 제품사양 작성을 위한 IHO지침)에 포함될지에 대해 질문을 제기했다. 이 내용은 제16차 수로서비스표준위원회(HSSC-16)에서 S-100 실무그룹(WG) 위원장과 공유될 예정이다.

자율운항선박(MASS)의 항법 기계 판독 가능 시스템에서 데이터 품질의 중요성은 잘 알려져 있다. 위원장은 DQWG가 자율운항선박(MASS) 프로젝트팀(PT)의 활동에 기여 가능성에 대한 의견을 제시했다. 그는 MASS 사용자의 관점에서 데이터 품질 평가를 구현하는 방법을 설명하는 가이드라인 문서 초안을 작성하기 위해 MASS PT와 이러한 문제를 논의할 소그룹을 설립할 것을 제안했다. 현재까지 이 소그룹에 가입한 회원은 없다.

■ 기타사항

중국 해사안전청(MSA)에서 공식 추천을 받은 링지 우(Lingzhi Wu)가 이번 회의에서 의사규칙에 따라 데이터품질 실무그룹(DQWG) 위원장으로 재선출되었으며(총회 후 1차 회의), 부위원장 자리는 공석으로 남아 있다(현재까지 후보자가 접수되지 않음). 참가자들은 차기 회의를 2025년 3월 11일부터 13일까지 중국에서 개최(날짜, 장소 및 장소는 2024년 9월까지 확정 예정)하겠다는 데이터품질 실무그룹(DQWG) 위원장의 잠정적인 제안을 환영했다.

DQWG-19 화상회의(VTC) 회의 참석자

요약해서 읽어보기

데이터 품질을 좌우하는 것은 수심측량부터 데이터 처리과정 및 기타 절차에 이르는 모든 과정으로, 이는 데이터 활용에 영향을 미친다. 따라서 크라우드소스 기반 작업반의 역할과 더불어 위치에 따라 상이한 품질 수준을 잘 정의해야 하며, 이를 위해 여러 작업반이 협업을 해야 하는 상황이다. 품질의 요소, 평가방법, 평가결과 및 공유범위 등이 표준화 되어 있지만, 실무 현장에서는 개념적인 품질관리가 아닌 실무적으로 손쉽게 적용할 수 있는 표준이 요구되므로 필수사항은 최소화하고 권고사항이 늘어나는 경향이 있다.

2024 해양 10년 회의: 우리가 원하는 바다를 위한 2030년까지의 해양 10년 로드맵 구축

The 2024 Ocean Decade Conference: Building the Ocean Decade Roadmap to 2030 for the ocean we want

스페인 바르셀로나, 2024년 4월 8일~12일

■ 개최 및 주관기관(국), 주요 참석자

스페인이 주최하고 UN 지속가능발전을 위한 해양과학 10년(2021-2030)의 조정기관 역할을 수행하는 유네스코 정부간 해양학위원회(IOC/UNESCO)가 공동 주관한 이번 회의는 약 124개국에서 1,500명 이상의 현장 참석자와 수천 명의 온라인 참가자가 참여하여 해양 10년 주간(4월 8일~12일)을 빛나게 했다. 과학계, 정부, NGO 및 시민사회, 자선단체, 산업계, 유엔 기관의 대표들이 모인 대규모 플랫폼인 이 행사는 해양보호와 보존을 둘러싼 모든 의견을 포괄하는 논의가 이루어졌다. 회의 토론에서는 역대 최대 규모의 글로벌 해양과학 이니셔티브인 해양 10년의 중요한 성과를 강력히 지지하고 해양 지식과 과학 발전을 위한 다음과 같은 미래의 우선순위를 확인했다.

IHO 마티아스 요나스(Mathias Jonas) 사무총장, 샘 하퍼(Sam Harper) 부국장, 사라 존스 쿠튀르(Sarah Jones Couture) 홍보·커뮤니케이션 담당자가 참석한 이번 회의에는 두 가지 부대 행사가 열렸는데, 하나는 해양 매핑(ocean mapping)을 주제로 한 OECD와 공동 주최한 위성행사이고, 다른 하나는 해양과학 분야의 양성평등(gender equality) 달성을 주제로 IMO의 세계해양대학과 공동 주최한 위성행사가 열렸다.

■ 발표 내용

1) 우리가 원하는 바다를 위해 필요한 해저 데이터

이 세션은 해양에 대한 이해를 증진하고 관련 활동에 대한 투자 증가의 중요성을 살펴보는 것을 목표로 했다.

2) 해양 10년을 위한 여성의 역량 강화: 해양 과학과 정책 결정에서 양성 평등 달성

이 세션은 세계해사대학-사사카와(WMU-Sasakawa) 글로벌 해양 연구소, 국제 해저기구(ISA), 국제수로기구(IHO)가 공동 주최했다. 이 행사에서는 여성이 평등하고 공정하게 참여할 수 있는 환경을 조성하는 방법을 모색했다.

■ 회의 요약사항

회의는 이틀간의 워크숍, 부대 행사 및 관련 문화 전시회에 이어 3일간의 본회의로 구성되었다. 6개의 본회의는 10가지 10년 도전 과제를 각각 달성하기 위해 수행되고 있는 작업을 검토하기 위해 구성되었다. 각 본회의는 10년 도전 과제를 달성하기 위한 로드맵과 진행 상황을 점검하기 위한 청사진을 제시하기 위해 작성된 비전 2030 백서의 구체적인 구성 요소를 검토하는 여러 개의 세션으로 구성되었다.

연안 복원력, 해양관측, 데이터 수집, 데이터 관리, 표준화 등 IHO와 해저 지형도 작성 공동체(the seabed mapping Community)와 관련된 여러 주제와 활동이 제시되었다. 해양 10년 데이터 전략, 데이터 2030 프로젝트, 해양의 디지털 트윈(DITTO, Digital Twin of The Ocean) 프로젝트에 대한 업데이트가 논의되었다. 이러한 활동 내에서 핵심 원칙 탐색은 데이터 저장소의 연합 시스템과 그러한 비전을 실현하는 데 필요한 표준, 정책, 커뮤니티의 동의를 얻는 것이었다. 이러한 접근 방식은 S-10x 제품사양의 실용화 사례에 대한 잠재적 기회를 제공할 뿐만 아니라, IHO 전략 목표 2(사회 이익을 위한 수로측량 데이터의 이용 증대) 및 전략 목표 3(해양의 지속가능한 사용 및 지식과 관련하여 국제 이니셔티브에 적극적으로 참여)과 직접적으로 관련이 있다.

회의는 다음과 같은 우선순위를 달성하기 위한 실질적인 첫걸음이 될 수 있는 획기적인 일련의 주요 발표와 약속이 이루어졌다.

- 해양 10년의 틀에서 연구 및 혁신을 위한 IOC/유네스코와 유럽집행위원회 간의 협력을 위한 로드맵 착수
- 지속 가능한 해양 계획과 아프리카의 지속 가능한 해양 관리에 관한 새로운 해양 10년 프로그램 착수
- 지속 가능한 해양 경제에 초점을 맞춘 10년 협력 센터를 개발하기 위한 바르셀로나 시와 항만 당국의 협력약속
- 10년 행동에 대한 자선기금 마련 기회를 강화하기 위한 오션 매처 도구(Ocean Matcher Tool) 출시
- 벨몬트 포럼을 통해 아프리카를 위한 새로운 자금 제공 기회를 마련하고, 아일랜드 해양 연구소를 통해 소도서 개발도상국(SIDS) 지원 착수
- 2025년 제1회 해양 10년 연안도시 회의 개최를 제안한 칭다오 시를 비롯해 연안 도시의 정책 및 의사결정에 과학 활용을 강화하기 위한 해양과 함께하는 도시 플랫폼 출범

폐회 세션에서 연사들은 생산적인 토론과 협업을 통해 통찰력과 피드백, 해결책을 도출한 3일간의 국제 모임이 성공적으로 마무리된 것을 축하했다. 이러한 논의는 지속 가능한 발전을 위한 혁신적인 해양 과학 솔루션을 촉진하고 2030년을 향한 비전을 제시하는 데 있어 해양 10년의 중추적인 역할을 강조했다. 이번 회의는 새로 출범한 2024 해양 10년 바르셀로나 성명을 통해 추가로 여러 기관이 함께 구체적으로 행동할 수 있도록 하는 분위기를 조성하는 것으로 마무리되었다. 이 성명서는 전 세계 해양 커뮤니티가 공유하는 통찰력을 바탕으로 향후 해양 10년을 위한 우선 행동 영역을 명시하고 있다. IOC/유네스코 사무국장 겸 유네스코 부국장인 비다르 헬게센(Vidar Helgesen)은 이를 실행 가능한 프레임워크로서 지역, 국가 및 글로벌 규모에서 기존 이니

셔티브는 물론 새로운 이니셔티브의 방향과 지침, 구체화를 위해 구현된 시나리오에 포함시킬 것을 요청했다.

다음 해양 10년 회의는 2027년에 개최될 예정이다.

요약해서 읽어보기

해양 10년 회의는 2030년까지 매년 최종 목표 달성을 위한 성과 공유, 목표 재설정, 조직 정비 및 행동강령을 구체화하는 이니셔티브로 해양관련 국제활동에 핵심이 되는 영향력 있는 회의이다. 올해 2024년에는 해저 매핑에 대한 발표가 주를 이루었다.

2024년 3분기 예정된 주요 IHO 회의

7

일	월	화	수	목	금	토
30	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

- 7.9~11, IMO, IALA , IHO - 항해 안전 강화를 위한 CB 워크숍 - 대한민국, 대전
- 7.17~18, IC-ENC 운영위원회 SC25 - 인도네시아, 발리(하이브리드)

8

일	월	화	수	목	금	토
28	29	30	31	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

- 8.7~9, 제14차 유엔 글로벌 공간정보관리전문가 위원회(UNGGIM) - 미국, 뉴욕
- 8.29. S-100(IHO 범용 수로정보 표준) SSPT - 화상회의

9

일	월	화	수	목	금	토
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	1	2	3	4	5

- 9.2~6, 제16차 세계항행경보서비스 소위원회(WWNWS-SC16) - 칠레
- 9.9~13, 제2차 IHO-IALA S-100 워크숍 - 미국, 메릴랜드주 아나폴리스
- 9.23~26, 제2회 극한 해양기상에 관한 WMO-IMO 심포지엄 - 영국, 런던
- 9.24~27, 제11차 항해정보제공 실무그룹 - 폴란드, 그디니아
- 9.30~10.4, 제7차 수로측량 우선 실무그룹(HSWG7) - 이탈리아, 프라스카티

수심 데이터의 시각화
–현재의 방법과 새로운 인터페이스에 대한 검토–

The International Hydrographic Review, 2023년 11월 30일

3D 측량 및 데이터 처리의 발전으로 수로 커뮤니티에서는 수심 데이터를 시각화하는 기존 방법의 한계를 생각하고 새로운 인터페이스 기술을 고려하게 되었다. 본 논문은 수로 시각화에 사용되는 기술과 인터페이스의 동향을 파악하고 문서화하는 것을 목적으로 한다. 먼저, 해도 제작의 관점에서 수심 데이터를 시각화하는 데 사용되는 현재의 플랫폼과 그 방법을 요약하였다. 두 번째로, 선정된 문헌에서 보고된 결과를 바탕으로 수심 데이터의 시각화를 개선하기 위한 새로운 도구와 인터페이스의 잠재적 유용성과 시사점에 대해 논하였다.
키워드: 수심측량 데이터, 혼합현실, 해저면 데이터 시각화, 가상현실, 시각화 인터페이스

서론

해양, 강, 호수와 관련된 여러 과학 분야 중에서, 수로학은 주목적인 항해와 기타 모든 해양 목적과 활동을 위해 바다와 연안 지역의 특징을 측정하고 묘사하는 응용 과학의 한 분야라고 국제수로기구(IHO)에서 정의하고 있다. 여기에는 연안 활동, 연구, 환경 보호, 예측 서비스 등이 포함되지만 이에 국한되지 않는다(IHO, 2005). 즉, 역사적으로 수로학은 해저 지형을 재현하는 데 필요한 데이터를 수집하여 시각화하는 역할을 해왔다.

수로 활동, 과학 및 데이터 제품은 더 나은 특성화, 분석 및 해석을 위해 해저 지형의 표현을 개선하는 쪽으로 수행된다. 여기에는 탐색하고, 확인하고, 의사소통하는 시각화 작업이 깊이 관련되어 있다. 수심측량 환경의 특성을 파악하는 것이 이러한 데이터가 존재하는 주된 이유이며, 생산 및 품질 관리 단계를 주도한다. 이러한 데이터 시각화는 수로 업무(분석 시각화, 해석, 공동 의사 결정, 커뮤니케이션 및 배포)의 본질적이고 기본적인 요소이므로, 수로 데이터 시각화를 생성하는 작업흐름이 어떻게 다른지, 이러한 차이가 어떻게 유사하거나 다른 표현 또는 운영 결과를 초래할 수 있는지 검토하는 것이 필수적이다.

데이터 시각화는 수집부터 처리가 끝날 때까지 수심측량 데이터 생성의 모든 단계에서 정확성과 품질을 결정하는 데 필수적이다. 수심측량 데이터 시각화는 원시 데이터 수집 단계, 데이터 처리 단계 또는 데이터가 이미 검증되어 데이터베이스에 보관되어 있는 경우 등 데이터 라이프싸이클의 어떤 단계에서도 수행될 수 있다. 수심측량 데이터를 보는 것은 사용되는 형식과 인터페이스에 있어 유연성이 있다.

고려사항 및 전략 검토

본 연구에서는 수로측량 시 데이터와 수로국의 기존 저장소에 축적되어 있는 수심측량 데이터

를 시각화하기 위한 기술 및 인터페이스를 검토하였다. 이는 2008년 발간된 수로측량을 위한 IHO S-44 표준 5판(IHO, 2022) 출시 이후의 시기를 가정하며, 수심측량 데이터의 수집, 처리, 저장을 위해 사용된 여러 종류의 장비, 소프트웨어, 기술을 다루었다.

이 리뷰의 참고문헌으로 사용된 논문의 검색은 국제 수로학 리뷰(The International Hydrographic Review, IHR)와 하이드로 인터내셔널(Hydro International)과 같은 수로학과 관련 주제의 모든 측면에 초점을 맞춘 저널에서 출판된 기사로 보완된 키워드 그룹을 사용하여 수행되었다. 영어와 포르투갈어로 작성된 연구가 고려되었다.

본 리뷰와 관련된 자료를 검색하기 위해 다음의 용어와 키워드를 개별 또는 조합하여 사용했다: 2D 시각화, 3D 시각화, 증강현실, 수심측량 데이터, 수심측량, 지도 제작, 데이터 수집, 데이터 처리, 지리시각화, 인터페이스, 수로학, 해양환경, 혼합현실, 해도, 의사 3D, 실제 3D, 가상현실.

사전문헌조사의 구조

이 기사에서는 수심측량 데이터의 시각화 형태를 수심측량 단계에 따라 세 그룹으로 나누었다. 첫 번째는 데이터 수집 단계에서 시각화하는 방법, 다음은 데이터 처리 및 분석 단계에서 시각화하는 방법, 마지막은 일반적인 측량 설계, 차트 작성 및 보고 데이터에 적용할 수 있는 데이터베이스에 저장된 데이터를 시각화할 수 있는 방법이다. 이 과정에서 대안적인(몰입형) 수심측량 데이터 시각화 방법을 제시하고, 가장 널리 사용되는 방법에 아직 완전히 통합되지 않은 다른 방법도 탐색한다.

수심측량 데이터 시각화에 사용되는 기술 및 인터페이스의 동향

국제해상인명안전협약(SOLAS) 및 기타 국제 규정에 명시된 요구사항에 따라 IHO가 제정한 프로토콜과 표준은 국제 수로 커뮤니티가 나아갈 방향을 제시하는 데 결정적인 역할을 해왔다. 1921년에 설립되어 모나코에 본부를 두고 있는 국제수로기구(IHO)는 약 100개의 회원국이 각국의 수로국(HO)을 대표하며 창립 100주년을 맞이하였다(IHO, 2022). 창립 이래, IHO는 회원국과 국제기구가 연계하고 관련 문제를 해결하며 협력 프로그램을 개발할 수 있는 포럼을 제공해 왔다.

오늘날 IHO는 해양 10년(Ocean Decade)의 수로 커뮤니티에서 주도적인 역할을 수행하며, 질적, 양적으로 해양 지식 전달의 향상을 지원하고 촉진하고 있다(Jonas, 2021). 이와 같이, IHO의 활동으로 가능하게 된 수로 커뮤니티 구성원들의 협력은 수로측량이 수행되는 방식에 영향을 미친다. 정부 간 기구인 IHO는 기술 표준화를 통해 수로 인프라의 개선과 확장을 지원하며, 수로 데이터 시각화에 사용되는 기술 및 인터페이스의 동향에 직간접적으로 영향을 미치고 있다.

데이터 수집시 시각화 현황과 동향

수심측량할 때 데이터의 시각화는 플랫폼의 특성과 사용되는 수집 방법에 따라 수행될 수도 있고 수행되지 않을 수도 있다. 경우에 따라, 물리적 공간의 가용성과 플랫폼이 자율적으로 작동하는지 여부에 따라 수집 중 데이터 시각화가 제한되거나 심지어 불가능할 수 있다.

현재에는 다양한 플랫폼, 장비 및 방법을 사용하여 수심측량 데이터를 수집하기 위해 여러 가지 접근 방식을 취하고 있다. 1970년 이

후 수집 방법은 다양화되어 왔지만, 지난 20년 동안 다양한 플랫폼, 장비, 수집 원리(음향, 광학 및 레이더)를 포괄하는 해양 매핑이 크게 성장했다(Smith Menandro & Cardoso Bastos, 2020; Ferreira et al., 2022). 수중 음향 데이터 수집은 현재까지 가장 많이 사용되는 기본 방법이며(Kenny et al., 2003; Smith Menandro & Cardoso Bastos, 2020), 라이다(Light Detection and Ranging, LIDAR) 및 위성기반 수심측량(Satellite-derived bathymetry, SDB; Churnside, 2013; Ponce, 2019), 항공기 기반 수심측량(Airborne Derived Bathymetry, ADB) 및 합성개구레이더(Synthetic Aperture Radar, SAR; Wiehle et al., 2019) 같은 다른 중요한 수심측량 데이터 소스로 보완되어 왔다.

LiDAR와 SDB는 선박 기반 시스템을 사용하여 수심측량 데이터를 수집하기 어렵고 위험할 수 있는 얕고 맑은 바다, 일반적으로 연안 환경에서 주로 사용되어 왔다(Wölfl et al., 2019). 적용 범위, 공간적, 시간적 해상도, 데이터 유형은 수심측량 수집 시스템의 다양한 범위에 따라 다르다(Kearns et al., 2010). 모든 경우에, 선택된 센서는 데이터가 다른 데이터 소스와의 통합을 위해 공간적으로 참조되고 지리 정보 시스템(Geographic Information System, GIS; Holland et al., 2016)에서 사용될 수 있도록 준비하기 위해 포지셔닝 소스와 연결되어야 한다.

항해의 안전을 위한 해도는 여러 소스와 다양한 시스템 및 센서에서 수집한 데이터를 다양한 절차를 통해 편집되며, 특히 수심이 얕거나 외딴 지역에서는 더욱 그렇다(Mavraeidopoulos et al., 2017). 아래 하위 항목은 각 센서(음향 센서, 항공 및 위성 원격 탐사)의 작동 원리로 구분된 수심측량 데이터 수집을 위한 현재 사례와 이러한 데이터가 수집되는 동안 시각화하는 방법을 제시한다.

음향 센서를 이용한 수심측량 데이터 수집시 데이터 시각화의 현황과 동향

전자기 방사에너지와 인공위성을 이용한 원격탐사의 기술적 발전으로 지표면 매핑이 향상되었고 지구와 다른 천체에 대한 고화질 탐사가 가능해졌다.(Smith & Sandwell, 1997; Bolton et al., 2020). 그러나, 전자기적 방사에너지의 강력한 물의 흡수와 감쇠로 인해 이러한 기술을 사용하여 깊거나 탁한 물 아래의 해저를 조사하는 것은 불가능하다(Allouis et al., 2007; Leeder et al., 2020). 즉, 바다, 호수, 강으로 덮인 지구 표면적의 거의 4분의 3을 매핑하려면 음향탐지기(SONAR)와 같은 음향 에너지를 기반으로 한 장비와 센서가 필요하다.

수심측량을 위해 선원들이 사용하던 원시적인 기술은 1920년대에 싱글빔 음향 측심기(SBES)로 대체되어, 효율성과 정확성이 눈에 띄게 향상되었고 데이터 시각화, 처리 및 분석의 복잡성이 증가하였다. 연구 장비로 사용되는 음향탐지기의 일종인 싱글빔 음향측심기는 수중 환경에서 음향 파동의 물리적 특성을 이용하여 수심값을 측정한다. 1960년 협대역 빔 음향측심기(narrow beam echosounder)와 멀티빔 주사폭 수심측량(multibeam swath bathymetry) 원리의 출현으로 수중 매핑 효율성이 더욱 확대되었다(Vilming, 1998). 하나의 트렌듀서만 사용하여 해저면을 매핑하는 싱글빔 음향측심기와 달리 멀티빔 음향측심기는 선박 바로 아래 공간과 양쪽 측면을 커버하는 부채꼴 모양으로 여러 개의 음향측심기 빔을 동시에 내보낸다. 멀티빔 음향측심기(MBES)는 수로측량 기관에서 측량을 수행하는 데 가장 많이 사용하는 음향측심기 기술이 되었으며,싱글빔 음향측심기와 측면주사 음향탐지기(SideScan Sonar, SSS; Ferreira et al., 2022)가 그 뒤를 잇고 있다(Brown et al., 2019; Smith Menandro and Cardoso Bastos, 2020).

승무원의 유무에 관계없이 소형 보트에서 대형 연구선에 이르는 선박은 음향 원격탐사시스템을 적절히 적용하고 대규모 해저면 매핑을 수행하는 데 있어 여전히 가장 일반적인 플랫폼이다(Connon, 2021; Ferreira et al., 2022). 최근 몇 년 동안 수로측량 업계에서 자율성과 로봇공학 사용에 대한 열의가 높아지면서, 해양 매핑을 개선하고 측량 능력을 높이기 위해 기관들이 선호하는 해결책은 유/무인 선박을 조합하여 능력(힘)을 배가시키는 것이다(그림 1; Holland et al., 2016; Van Wegen, 2022).

연구용 선박은 크기에 따라 일반적으로 데이터 수집 시스템을 설치할 수 있는 충분한 공간과 시스템 운영자를 위한 사무실 또는 회의실을 갖추고 있다(그림 2). 이러한 통제실에서 운영자는 콘솔 화면에서 데이터를 미리 보고 실시간으로 데이터 수집 시스템을 모니터링할 수 있다. 이러한 조건에서, 데이터는 원시 데이터 이전의 생성 단계에 있으며, 수집 소프트웨어에서 이용 가능한 자원에 따라 다양한 그래픽 형태로 표시될 수 있다. 예를 들어, 측량 계획 단계에서 표면만 시각화하려는 경우에는 시스템을 음향 펄스 방출 모드로 설정하고 데이터 기록을 켜지 않는 것이 일반적인 관행이다.

그림 1. 해양조사 선박 '비탈 데 올리베이라(Vital de Oliveira)'는 두 척의 수로측량 보트와 한 척의 원격조정선박(ROV)으로 수로측량을 수행할 수 있다(브라질 해군).

그림 2. 데이터 수집 통제실(브라질 해군)

또한 자율 잠수정(AUV)과 원격운용 잠수정(ROUV 또는 ROV, He et al., 2020), 자율 수상선박(ASV)의 두 종류로 구분되는 수로측량선, 무인 잠수정(UUV)과 같은 소형 연구 플랫폼을 운반하는 대형 선박에 널리 사용된다.

선박이 작을수록 일반적으로 측량시 보트 운영자를 겸하는 운영자가 사용할 수 있는 공간도 작아진다. 예를 들어, 보트나 팽창식 고무보트의 경우 공간이 좁고 외부 환경으로부터의 피난처 부족으로 인하여 수집 시스템을 모니터링하고 제어하는 데 사용할 수 있는 자원의 수가 감소한다. 시스템 운영자가 선박도 운전한다고 가정하면, 운영자의 주의는 동일하지 않은 세 부분으로 나뉜다. 첫 번째이자 가장 큰 부분은 항해에 관한 것으로, 탐사 라인을 통과하게끔 보트를 안전한 유도하는 것이다(Ternes et al., 2008). 둘째, 시스템을 모니터링하고 시스템이 올바르게 작동하는지, 경고 메시지나 오류가 자동으로 생성되는지 확인한다. 마지막으로, 운영자의 관심의 일부는 시스템 제어에 있다. 요컨대, 소형 선박에서 수심측량 데이터를 볼 수 있는 방법은 대형 선박에서 수행하는 방법과 동일하다. 차이점은 수집 시스템과 상호 작용할 수 있는 공간과 운영자가 없다는 점이다.

수면에서 제어되는 수중 테더링 로봇이라고

도 하는 원격운용 잠수정(ROV)은 수중 환경에서 산업 활동을 지원하는 플랫폼으로 등장했다(Macreadie et al., 2018). ROV는 선체 검사(Waszak et al., 2017)나 해저 샘플링(Mazzeo et al., 2022) 등 다양한 용도로 사용될 수 있으며, 일반적으로 잠수부의 안전이 보장되지 않는 경우 잠수부의 작업을 대신 수행한다(Wu, 2022). 연구 플랫폼으로서 크기와 구조에 따라 음향 측심기의 트렌듀서, 비디오 카메라 등과 같은 다양한 센서와 장비를 설치할 수 있다(Huvenne et al., 2018; Macreadie et al., 2018). 그러나 ROV는 한 명 이상의 자격을 갖춘 인간 운용자와 진수 및 제어 플랫폼의 지원이 필요하다(그림 3; Wu, 2017; Huvenne et al., 2018).

선박을 이용한 수집과 가장 큰 차이점은 트랜듀서가 선박의 선체가 아닌 ROV에 설치되어 있다는 점이다. 또한 송수신기(transceiver)와 수집 시스템의 모니터링 및 제어 콘솔은 선박에 있다. 따라서, ROV를 사용한 수집 단계에서 수심측량 데이터의 시각화는 센서와 수집 시스템이 모두 동일하기 때문에 연구선을 사용하는 것과 크게 다르지 않다.

수심측량 데이터의 수집, 전송, 처리를 자동화하고 수로측량에 소요되는 비용과 시간을 절감하는 새로운 개발 경향에 따라, 현재 자율수상선박(ASV)과 자율잠수정(AUV)을 중심으로 자율 시스템이 주목받고 있다(Wölfl et al., 2019). 두 자율 시스템(AUV와 ASV)은 모두 임무 매개변수로 사전 프로그래밍된 후, 인간 조종사 없이도 데이터를 수집할 수 있다(Huvenne et al., 2018). 점점 더 효율적인 배터리의 개발(Reader et al., 2002)과 다양한 센서의 가용성으로이러한 선박은 넓은 지역을 커버하고 안전하게 항해하며, 장애물을 피할 수도 있다(Wynn et al., 2014). 그러나 자율 주행 선박의 모든 자동화에도 불구하고, 특히 해안에서 멀리 떨어진 곳에서는 진수와 회수를 위한 지원 플랫폼에 여전히 의존한다.(Wynn et al., 2014; Ferreira et al., 2022). 자율 시스템은 일반적으로 수심측량 데이터 수집의 시각화 측면에서 ROV와 유사하다. 음향 측심기는 선박에 설치되지만, 선박과 통신이 가능한 경우에는 인간 제어자가 시스템을 모니터링할 수 있다(Giodini et al., 2016). 그러나 제한된 통신 기능으로 인해, 일부 자율 운항에서는 내부에 저장된 데이터에 접근하기 전에 선박으로 복귀해야 한다(Holland et al., 2016).

일반적으로 제조업체는 장비와 센서 외에 데이터 수집 및 처리를 위한 소프트웨어가 포함된 패키지를 제공한다. 하지만 다른 제조업체에서 개발한 소프트웨어를 사용할 수도 있다. 하이팩(HYPACK)과 같은 일부 회사는 수십 년 동안 수로 및 준설 산업을 위한 소프트웨어를 개발해 왔다. 이 회사의 소프트웨어는 세계에서 가장 널리 사용되는 수로측량 소프트웨어 중 하나다.

관할 구역에서 수행되는 측량을 처리하는 수로국에서 수행되는 작업에서 상당한 양의 프로젝트가 검증되고 잠재적으로 항해 문서의 작성 또는 업데이트에 사용해야 하는 경우, 시장에서 신뢰할 수 있고 확립된 소프트웨어의 사용이 필수적이다. 따라서 수로국은 엄청난 업무 수요에 대응하기 위해 선도 기업이 개발한 소프트웨어를 사용한다.

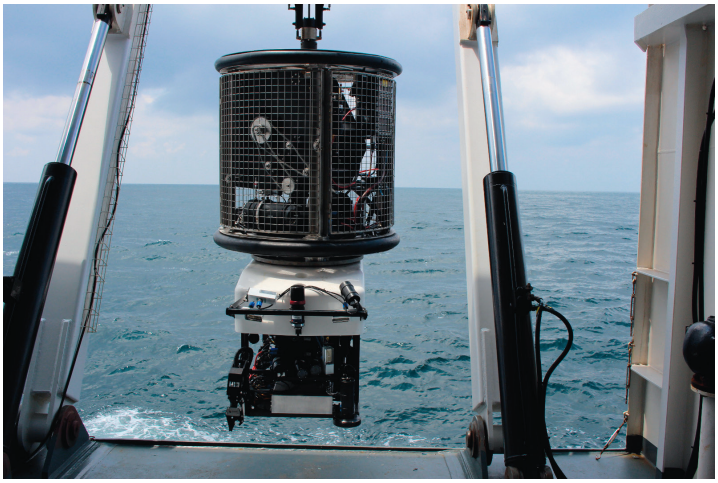


그림 3. 윈치와 A-프레임이 있는 ROV 진수 및 회수 시스템(브라질 해군)

항공 및 위성 원격탐사를 이용한 수심측량 데이터 수집시 데이터 시각화 현황과 동향

물에서 전자기파의 감쇠가 높음에도 불구하고, 멀티스펙트럴 밴드를 적용하는 원격탐사 방법은 물의 투명도에 따라 수심측량 매핑에 사용될 수 있다(Roberts, 1999). 얕은 물에서 선박 기반 시스템을 사용하여 수심측량 데이터를 수집하는 것이 심해 데이터를 수집하는 것보다 실제적으로 훨씬 시간이 많이 걸리고 위험이 수반되는 연안 환경에서 항공 및 위성 원격탐사는 특히 효과적이다. 또한 위성 영상을 활용하는 것은 수심측량 데이터를 신속하게 수집하기 위한 대안적인 기술임이 입증되어, 수로측량 활동을 계획하고 실행하는 데 상당한 이점을 제공한다(Panayotov, 2018).

이와 같은 맥락에서, 수심은 두 가지 시스템 유형을 사용하여 측량할 수 있다: 수중 바닥에서 자연적으로 이용 가능한 자연 에너지만을 측정하는 수동형(스펙트럼 반응 수심측량)과 레이저를 사용하여 해저까지의 거리를 측정하는 능동형. 수심측량의 원격탐사는 비이미징 방식과 이미징 방식으로 나뉘는데, 이미징 방식은 이미지의 픽셀 값을 기반으로 수심 추정치를 산출한다. 반면, 비이미징 방식은 단일 또는 이중 파를 사용하여 센서와 수면/해저 사이의 거리를 감지한다(Gao, 2009). 예를 들어, LiDAR와 레이더고도 측정 센서는 수심측량의 원격탐사 방법 중 능동형 및 비이미징 방식으로 분류된다. 반면 합성개구레이더(SAR)는 마이크로파 신호를 전송한 후 지표면에서 되돌아오거나 후방 산란된 신호를 수신하는 능동형임에도 불구하고 이미징 방식을 사용한다. 마지막으로 위성기반 수심측량(SDB)은 대기 및 수층을 통과한 빛 전달에 대한 경험적, 반(半)분석적 또는 분석적 모델링을 기반으로 하는 기법이다. 영상 데이터 처리는 대기 보정, 대기와 물의 경계면 보정, 역광학 모델 구현 등으로 구성된다(Mavraeidopoulos, Pallikaris 및 Oikonomou, 2017). SDB 센서는 수동형이며 이미징 방식을 사용한다(Hartman et al., 2017).

비행기, 헬리콥터, 드론, 위성, 심지어 소형 보트나 선박 등 원격탐사 장비를 설치할 수 있는 플랫폼은 유연성이 뛰어나다. 예를 들어, 무인항공기(UAV)는 원격이고, 소형이며, 국지적인 항공 라이다 수심측량(ALB)에 비용 효율적인 대안을 제공하였으며, 라이다 제조업체들이 이 시장에 적합한 더 가볍고 더 소형인 센서를 개발하도록 이끌었다(Quadros & Keysers, 2018). 수로측량에 사용되는 플랫폼에 따라 비행기와 같이 플랫폼 자체 내에 취득 시스템을 제어하는 작업자가 있을 수 있고, 드론과 같은 원격지에서 측량 플랫폼을 제어하는 작업자가 있을 수 있으며, 혹은 위성 및 자율 플랫폼의 경우 처럼 심지어 컨트롤러가 없을 수도 있다.

일반적으로 승무원이 탑승한 항공기나 무인 플랫폼의 장비를 사용하여 수심측량 데이터를 수집할 때는 일반적으로 동일한 관심사가 있다: 비행을 안전하게 수행하고 원하는 지역 전체를 커버하기 위해 계획된 경로를 따라 이동하는 것이다. 이러한 방식으로 해양 플랫폼에서 수심측량 데이터를 수집하는 것과 유사하게 취득되는 데이터의 시각화는 제시된 특징을 분석하기 위한 것이 아니라 그 무결성을 분석하기 위한 것이다. 신뢰할 수 있는 분석은 항상 원시 데이터가 아닌 처리된 데이터에 대해 수행된다는 점을 염두에 두고, 수집 단계에서는 주로 데이터가 완전하고 판독 가능하게 확보하려고 노력해야 한다.

처리시 수심측량 데이터 시각화의 현황과 동향

수심측량 데이터를 취득하는 데 사용되는 장비나 플랫폼에 관계없이, 이러한 원시 데이터는 일반적으로 노이즈 제거, 필터링(Zhang et al., 2016), 보정을 위한 기타 보완 데이터의 적

용, 데이터 축소(Wlodarczyk-Sielicka et al., 2019), 수치지형모형(DTM)의 생성 등과 같은 보정을 포함한 처리 단계를 거쳐야 분석 및 신뢰할 수 있는 정보를 추출할 수 있다. 예를 들어, 멀티빔 음향측심기(MBES)는 고도로 발달된 센서임에도 불구하고 모든 규칙과 권장 지침을 준수하여 신중하게 데이터를 취득하더라도, 다양한 외부 요인으로 인해 수집된 데이터에 원하지 않는 오류가 포함될 수 있다(Le Deunf et al., 2020; Wlodarczyk-Sielicka & Blaszczak-Bak, 2020; Šiljeg et al., 2022). 이는 항공 수심측량 라이다(Airborne Bathymetric LiDAR, ABL)에도 동일하게 적용된다. 항공 레이저 음향 신호 처리의 목적은 수신된 음향 파형에 일반적으로 환경 간섭과 시스템 회로로 인한 여러 잡음 또는 "잘못된 신호"가 포함된 경우 수신 시스템과 목표물 사이의 거리를 추정하는 것이다(Guo et al., 2022).

수심측량 데이터를 취득하기 위해 사용되는 장비와 구성이 매우 다양하다면, 이를 처리하기 위해 사용되는 방법과 기술의 범위에 대해서는 동일하다고 할 수 없다. 일반적으로 각 장비 제조업체는 자사 장비에서 획득한 데이터를 처리하기 위한 특허 소프트웨어를 구현하고 제공한다(Parnum & Gavrilov, 2011; Guo et al., 2022). Teledyne Geospatial의 HIP 및 SIPS(Teledyne, 2023), HYPACK Xylem의 HYPACK MAX(Xylem, 2023), Leica의 LiDAR Survey Studio(Leica, 2023), EIVA의 NaviSuite (Eiva, 2023) 등과 같은 여러 회사에서 다양한 형식의 수심측량 데이터를 처리하기 위한 소프트웨어를 개발한다. 일부 수로측량 처리 소프트웨어는 유사한 핵심 처리 작업을 공유하는 것으로 보이며(Boers, 2016), 어떤 소프트웨어는 측지학적 지원 기능, 데이터 시각화 형태(비행모드(fly-through) 지원, 면적 기반 3D 보기 및 편집, 4D 지원)과 같은 일부 보완적인 자원을 제공하지만 소프트웨어가 가져오고 내보낼 수 있는 데이터 형식, 소프트웨어의 최소 시스템 요구 사항 등의 잠재적 제한사항도 있다(Langhorst, 2022). 또한 일부 수심측량 데이터 처리 소프트웨어는 자동화된 처리 기능(Wölfl et al., 2019)을 제공하며, 이는 IHO S-44 표준(IHO, 2022)에서 권장하는 기능으로 상업적으로 이용 가능한 대부분의 자동 정제 방법이 의존하는 알고리즘인(Ferreira et al., 2019; Le Deunf et al., 2020) CUBE(Calder & Mayer, 2003; Makar, 2017)와 같은 것이다.

소규모 기업과 연구 그룹은 독점적인 상용 소프트웨어 처리 프로그램 이외에 오픈 소스 소프트웨어와 같은 저비용 해결책을 모색하고 있다(Zhang et al., 2016; Bobich, 2020). 수심측량 데이터 처리의 이러한 경향은 수로 커뮤니티가 수로측량이 전체적으로 어떻게 이루어져야 하는지에 대한 표준을 규정하는 국제수로기구(IHO)가 제정한 국제 규범을 준수하고(Wlodarczyk-Sielicka & Blaszczak-Bak, 2020), 시장이 이러한 요구 사항을 준수하는 제품을 개발하도록 이끈다는 사실에 의해 주도되고 있다.

수로측량에서 얻은 수심측량 데이터를 시중에 나와 있는 데이터 처리 소프트웨어를 사용하여 처리하는 방법을 설명하기 위해, MBES 시스템에서 취득한 원시 수심측량 데이터를 예로 들 수 있다. 일반적으로, 데이터 취득에 사용된 플랫폼과 장비에 대한 데이터는 소프트웨어에 입력되어 크기, 위치, 제조업체 데이터 등과 같은 특성을 알려준다. 원시 데이터도 소프트웨어에 입력된다; 소프트웨어에 따라 파일 형식의 변환이 필요하다. 음속 프로파일, 항해 데이터, 수집 플랫폼의 자세 및 조위 등과 같은 원시 데이터를 보정하기 위한 필수적인 데이터와 기타 보완적인 데이터도 소프트웨어에 입력된다. 소프트웨어는 입력된 모든 데이터를 결합하고, 이 값들의 불확실도를 계산한다. 비논리적인 데이터

는 수동적으로 또는 CUBE와 같은 알고리즘을 사용하여 처리할 수 있다. 마지막으로 품질 관리가 수행된다. 전체적인 과정은 노트북 컴퓨터 또는 데스크톱과 그 주변기기를 사용하여 수행할 수 있다.

수로국의 경우, 해도에 수심측량 정보를 업데이트하여 항해의 안전을 보장하는 것이 최종적인 목적이기 때문에, 수심측량 데이터를 처리하는 동안 잘못된 음향을 감지하고 정리하는 것을 확인하는 것은 매우 중요하다(Le Deunf et al., 2020). 또 다른 중요한 요소는 새로운 해도가 업데이트되는 속도이다(Pe'eri & Dyer, 2018). 이러한 상황은 측량에 사용할 수 있는 센서의 수, 자율 플랫폼의 사용 증가, 생성되는 데이터의 양, 이 모두가 해양 매핑을 빅 데이터 시대로 이끈 요소라는 점을 고려하면 더욱 확실해진다(Holland et al., 2016). 비전형적인 자료를 포함한 다양한 데이터 취득원에서 수집되는 수심측량 데이터의 양이 증가함에 따라(Pavic et al., 2020), 국가 수로국은 새로운 항목을 데이터베이스에 신속하게 공급하기 위해기관 자체 또는 소속 기관 또는 제3자가 수행한 연구에서 받은 데이터의 검증 및 편집을 최적화해야 하는 상황에 직면했다. 이는 항해 문서 업데이트에 도움이 될 수 있다(Ponce, 2019).

데이터 제품 업데이트를 위해 사용 가능한 원시 데이터의 처리, 분석 및 활용을 가속화하기 위한 다양한 노력이 진행 중이다(Wölfl et al., 2019). 최소한의 노력으로 최대의 생산성을 달성하는 절차를 찾기 위해서는 항상 이러한 목적을 위해 정확하게 개발된 시중의 데이터 처리 소프트웨어를 사용해야 한다. 즉, 생산 라인에서, 수심측량 데이터를 처리하는 동안 데이터 처리 소프트웨어에서 사용할 수 있는 시각화 기능을 활용하는 경우가 많기 때문에 기존 표준 생산 절차에서 채택한 소프트웨어와 통합되지 않은 다른 방법을 사용할 여지가 거의 없다.

그림 4. 주문형으로 제작된 종이 해도(de Almeida, 2023)

국가수로국 데이터베이스에서 데이터 열람의 현황 및 동향

수로측량은 지질학, 해양학, 고고학(Janowski et al., 2021), 환경 그리고 지구의 현상을 이해하는 데 기본이 되는 다양한 용도와 해안 및 항구 지역의 개발 및 건설 등 여러 분야에 적용할 수 있는 귀중한 수심측량 데이터를 얻기 위해 민간 기업과 정부 기관 모두에서 수행할 수 있다. 수심측량 데이터는 UN 해양법 협약에 따라 확장된 대륙붕의 한계를 설정하는 데에도 매우 중요하다(Alberoni et al., 2020; Suárez-de Vivero, 2013). 항해 목적으로 수심측량 데이터를 사용하는 것은 국가 수로국의 고유 권한이지만, 과학 연구와 같은 다른 활동을 위한 사용은 일반적으로 허가를 받아야 한다. 브라질 수로국(DHN)과 캐나다 수로국(CHS)과 같은 몇몇 국가 기관에서는 보관된 수심측량 데이터를 일부 제공한다. 글로벌 관점에서 일본 재단(The Nippon Foundation)과 같은 일부 조직은 해양 및 해저를 탐색하고 이해하는 능력을 전반적으로 확장한다는 의미에서 GEBCO Seabed2030 프로젝트와 같은 수심측량 데이터의 국제적 공유를 추진하고 있다(Mayer et al., 2018).

해도와 같은 항해 문서의 작성이나 갱신에 수심측량 데이터를 사용하는 경우, 일반적으로 수

로측량 데이터는 데이터의 검증 및 사용에 대한 정책을 가진 국가 수로국의 감수를 위해 제출된다. 어떤 경우든, 항해 문서를 편집하는데 효과적으로 사용되는지 여부와 관계없이 수신된 모든 데이터는 타당하기만 하면 보관된다. 이러한 방식으로 국가 수로국은 다양한 포멧으로 데이터셋을 수집하고 관할 해역에서 수행된 측량에서 얻은 여러 새로운 정보와 역사적 정보를 강력한 데이터베이스에 수집하여 수심측량 데이터의 대규모 저장소가 되는 것이 일반적이다(Maia et al., 2017).

수로국에서는 처리된 수심측량 데이터를 데이터베이스에 저장하는 것이 일반적인 관행이었으며, 일반적으로 이러한 목적으로 개발된 소프트웨어로 관리한다(Schwarzberg, 2019). 데이터베이스에 저장된 파일의 형식은 로컬 데이터 관리 정책과 사용하는 시스템에 따라 사무실마다 다를 수 있다. 그러나 일반적으로 파일을 기본 XYZ 파일 형식으로 변환할 수 있으므로 모든 도메인별 소프트웨어와의 원활한 통합이 가능하다. 이와 같이 데이터는 하나의 라이브러리에 통합되고 이 라이브러리는 해도와 같은 해양 제품 생산에 사용될 수 있는 유효하고 이용 가능한 모든 데이터를 수집하며, 수로 연구 또는 다른 연구 분야의 참고 자료로 사용할 수도 있다.

데이터베이스에서 데이터 시각화는 사용 목적에 따라 상당히 달라질 수 있다. 여러 수로측량의 데이터를 포함하는 넓은 지리적 영역은 이러한 규모가 필요한 연구 또는 실무 계획을 위해 시각화할 수 있다. 반면에 특정 연구나 검증의 경우 단일 수로측량 내의 작은 영역도 시각화할 수 있다. 예를 들어, 정박 가능 지역을 평가하는 과정에서 침몰한 선박, 비행기 또는 헬리콥터의 파편과 같이 해당 지역을 정박하기에 부적합한 특징이 있는지 확인할 수 있다.

해도 제작 과정에서 새로운 수심측량 면을 데이터베이스에 추가된 후, 이전에 비어 있던 영역이 채워졌는지, 이전 면과 겹치는지, 이미 저장된 오래된 측량에서 비롯된 것인지, 또는 두 가지 상황이 동시에 발생하는지를 검사한다(Le Deunf et al., 2023). 이러한 검증은 기본적으로 디스플레이 장치(일반적으로 평면 컴퓨터 화면)에 특정 위치의 면을 표시하여 시각적으로 수행된다. 신/구 수심측량 면을 중첩시키는 경우, 새로운 데이터가 더 나은 해상도를 나타내는지, 지리적 영역과 관련된 해도의 개정을 정당화하는 상당한 양의 변화가 있는지 확인하기 위해 비교를 수행한다(Kastrisios et al., 2023; Le Deunf et al., 2023).

마지막으로, 수로국은 IHO S-100 데이터 모델(Alexander et al., 2007; Ward et al., 2008; Schwarzberg, 2019)을 사용하여 "해양공간(hydrospatial)"(Ponce, 2019)으로도 알려진 수로 정보의 디지털화라는 실제적 물결에 적응했으며, 이는 디지털 데이터 서비스의 상당한 확장을 가져올 것이다. 이 모델은 지속적으로 새로운 정보 계층의 가시적 2차원 중첩 기술을 탐구한다(Jonas, 2023).

3D 데이터와 시각화의 중요성 증가 및 혁신적인 정보 경험을 지원할 수 있는 인터페이스 기술의 출현

3D 시각화 기술은 그 사용과 중요성이 증가해 왔으며, 지리 시각화(Bleisch, 2012), 지형학(Wang et al., 2020), 위기 관리(Lonergan et al., 2015; Rydvanskiy & Hedley, 2021), 실내 내비게이션(Lochhead & Hedley, 2019), 수중 채굴 작업(Bleier et al., 2019), 가시성 분석(Lonergan & Hedley, 2016) 등을 포함한 많은 응용 분야에서 유망한 도구로 여겨져 왔다.

수로학에서 최신 데이터 처리 소프트웨어는 다양한 시점에서 수심측량 데이터 셋을 지리 시각화할 수 있는 기능을 제공하여 공간 정보의 인

식과 이해에 기여하고 있다. 제공되는 시점 중 3D 객체 및 장면의 디지털 이미지를 생성, 시각화 및 조작하는 옵션은 탐색 및 데이터 분석의 3D 공간시각화 목적(MacEachren & Kraak, 2001; Bleisch, 2012)에 큰 잠재력을 가진 것으로 간주되며, 여기서 전문 사용자(수로기술자)는 고도의 대화형 기능을 활용하여 데이터셋에서 중요한 특징 또는 패턴을 인식하는 데 초점을 맞춘다. 2D 및 3D 디스플레이의 상호 작용과 탐색은 사용자가 컴퓨터 화면에서 모델을 회전하여 3D 인상을 받는 3D 지리 시각화에서 인사이트를 얻고, 폐색영역(occlusion)을 극복하거나 다양한 각도에서 데이터셋을 검토할 수 있도록 하는 데 필수적인 요소가 되었다(Lütjens et al., 2019).

공간 지식 습득과 인지적 시점에서, 선행 연구(Hedley et al., 2002; Shelton & Hedley, 2004)에서는 가상현실 및 증강현실과 같은 3D 시각화 기술을 활용하는 몰입형 환경이 제공하는 특정 메커니즘을 사용할 때의 이점에 대해 논의했다. 또한 인지 심리학 분야에서는 증강현실의 지각 및 인지 과정에 대한 많은 연구를 통해, 양안과 단안 표현에서 자극의 차이점을 탐구하고 있다(Dempo et al., 2022). 또한 다양한 형태의 3D 시각화는 인간의 행동과 인지 반응을 다른 유형을 자극할 수 있다; 예를 들어 인간의 감각 운동 및 상호작용 접근법, 인지 처리, 궁극적으로는 인간의 수행 능력에 영향을 미칠 수 있다(Juřík et al., 2020).

의사 3D(모노스코픽)와 실제 3D(스테레오스코픽) 시각화 비교

'3D'라는 약어는 일반적으로 널리 사용되며 다양한 의미를 가지고 있다. 3D 시각화의 유형은 3D 시각화가 구축되는 원리와 이를 표시하는 데 사용되는 기술에 따라 달라지며, 두 가지 주요 유형은 의사 3D(Pseudo-3D, 2.5D, Weak 3D)와 실제 3D(Real 3D, True 3D, Strong 3D) 시각화이다(Kjellin et al., 2010; Buchroithner, 2012). 실제 3D 시각화는 단안 및 양안 깊이(depth) 정보(특히 양안의 시차)를 사용하여 입체시를 구현한다(Juřík et al., 2020). 의사 3D 묘사는 모니터 화면과 같은 2차원 디스플레이 표면 또는 평면 미디어에서 원근-모노스코픽으로 시각화되며 자동적으로 입체화되지 않는다. 일반적으로 원근 왜곡을 의미하는 3D 지오메트리 투영이 필요하다(Seipel, 2013). 그림 5는 2D, 유사 3D 및 실제 3D 시각화 조건의 개념 설계를 나타낸다.

수심측량 데이터와 상호 작용하기 위해 진화하는 디스플레이 유형

몰입감을 제공하는 기술과 장비의 접근성이 좋

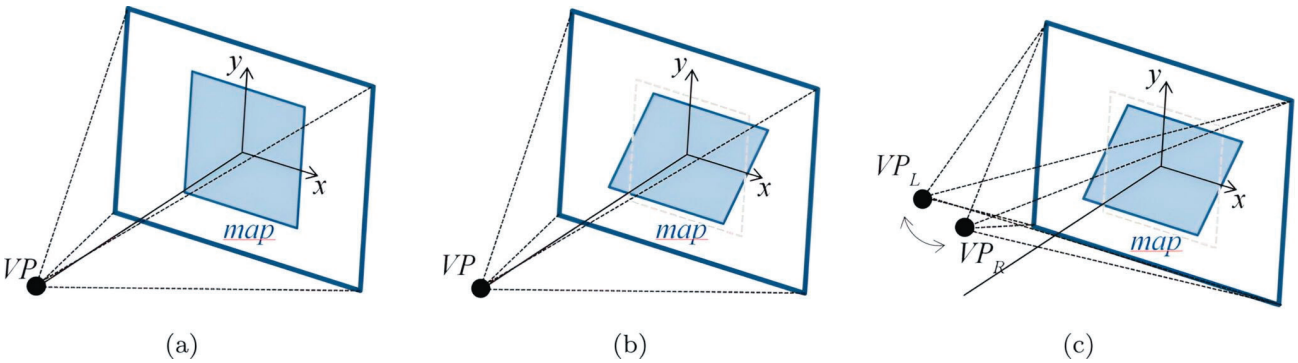


그림 5. (a) 시차 없는 평면에서 2D 지도 디스플레이, (b) 의사 3D 원근법을 사용한 3D 틸팅 맵(기울어진 지도), (c) 강한 원근법과 입체시를 사용한 3D 틸팅 맵(Seipel, 2013)

아짐에 따라, 수심측량 데이터 수집 및 처리와 항해 제품 업그레이드에 어느 정도의 확장현실을 적용하는 연구 프로젝트가 늘어나고 있다(Jonas, 2023). '확장현실(XR)'이라는 용어는 가상, 증강, 혼합현실(Virtual Reality, Augmented Reality, Mixed Reality) 몰입형 기술의 포괄적인 용어로 채택되었으며, 이는 공학, 컴퓨터 과학 그리고 인간-컴퓨터 상호작용(HCI) 연구자들이 연구하는 공간 인터페이스의 기술 및 개념적 명제를 의미한다. XR이 VR, AR, MR의 스펙트럼을 표현하기 때문에 이러한 용어 간의 설명은 여전히 모호하다(çltekin et al., 2020).

또한 수로 데이터를 취득할 때 항해 트랙 제어를 위한 3D 해도를 표시하는 데 VR을 사용하여 조타수의 공간 및 상황 인식을 높이고, 수로측량을 위해 원하는 트랙을 운행할 때 직관적이고 신속한 의사 결정을 가능하게 하는 것을 목표로 한다(Ternes et al., 2008). 수로 데이터 사용에 증강현실(AR)을 적용한 첫 번째 사례 중 하나는 선박의 조타실에 설치된 1세대 홀로렌즈(Hololens) 혼합현실 장치이다. 새로운 정보로 종이 해도를 정기적으로 개정하는 과정을 단순화하거나 신속하게 처리하고, 해도 개정 위치와 종이 해도에서 해당 위치를 확인할 수 있는지에 대한 기본적인 관찰을 한 것이다(Kokoszka et al., 2018). 이러한 초기 작업은 도움이 되지만, 새로운 인터페이스 기술이 수로 데이터 사용을 지원하고 강화하는 능력을 실증적으로 결정하기 위해서는 공간 인식 및 작업 분석의 공식적인 평가를 사용하는 상당한 추가 작업이 필요하다.

그러나 국가 수로국에서 수행되는 연구에서, 수심측량 데이터를 처리하고 조작하기 위한 일반적인 소프트웨어는 컴퓨터 모니터와 프로젝터 스크린을 포함한 기존의 2D 평면 매체를 사용한다. 실제로 수로 커뮤니티가 아날로그에서 전자 모델로 성공적으로 이동했음에도 불구하고 정보는 여전히 2차원으로 제공되고 있다(Jonas, 2023). 즉, 현재 수로 공동체가 수로측량사를 쓸모없게 만들지는 않지만 직접적인 활동을 상당히 줄일 수 있는 로봇 공학, 자율 및 무인 시스템, 기계 학습, 인공 지능 등의 기술 개발에 관심을 두고 있기 때문에, 이 시나리오는 변하지 않는 경향이 있다(Van Wegen, 2022).

현재 수심 데이터 연구 및 분석에 몰입형 시각화가 전혀 사용되지 않거나 최소한의 수준에서만 사용된다는 점에도 불구하고, 수로국 워크플로우에 AR과 VR의 적용은 2D와 비교할 때 묘사된 상황을 보다 빠르고 정확하게 이해하는 등 상당한 이점을 제공할 수 있다는 사실이 밝혀졌다. 결국, VR 및 AR과 같은 몰입형 환경은 실제 3D 시각화를 위한 몇 가지 기본 매개변수를 제공한다(Hedley & Lochhead, 2020; Lochhead & Hedley, 2021). 예를 들어, 자유도, 지각도, 몰입도는 3차원에 대한 지각의 자연스러움과 높은 연관성이 있다(Knust & Buchroithner, 2014). 그리고 정상 시력을 가진 사람의 시각적 인식은 입체적이기 때문에, 실제적으로 3차원으로 보기 위해 현대 기술을 사용하여 지리 시각화를 제공하는 것이 합리적이다(Knust & Buchroithner, 2014). 또한, 지리공간적 문제와 질문은 3D인 경우가 많지만, 데이터는 전통적으로 지도나 컴퓨터 화면과 같은 2D 면에 표시되어 사용자에게 인지적 문제를 야기한다(Lütjens et al., 2019). 수로측량 기술은 본질적으로 3D 데이터를 생성하기 때문에(Bleisch, 2012), 해석을 지원하기 위해 실제 3차원 데이터 시각화 환경과 3D 데이터 처리를 제공하는 도구가 고려되어야 한다.

2D 시각화와 비교한 실제 3D 시각화의 상대적 가치는 공간적인 해석을 연구하는 여러 저자에 의해 독립적으로 조사되었다. 그러나 수심측량 데이터 인식 및 작업 수행을 지원할 수 있는 이러한 인터페이스 시스템의 가능성에 대한 더 많고 지속적인 경험적 평가가 필요하다.

결론

이 기사를 통해 세계 각국의 수로국은 각각 특수성이 있음에 불구하고 많은 공통점을 가지고 있다는 사실을 확인했다. 국가 수로국은 일반적으로 육지에 근거지를 두고, 시중에서 판매되는 수집 시스템이 달려있는 데이터 수집 플랫폼(주로 선박)을 갖추고 있다. 국가 수로국은 IHO 표준에 따라 수로측량을 계획하고 수행한다. 이들은 시중에서 판매되는 처리 시스템을 사용하여, IHO 표준에 따라 데이터를 다시 처리한다. 처리된 데이터는 데이터베이스에 저장되고, 항해 문서 발판에 사용되며, 최종적으로 배포되거나 상용화된다. 통일성은 수로 커뮤니티의 강력한 특성이며, 아마도 IHO가 수립한 규범과 표준을 준수하겠다는 상호 약속에 의해 유지된다. 실무 그룹에 다양한 국적의 대표가 있기 때문에 IHO는 회원들과 함께 수로학에서 따라야 할 방향을 제시하고, 업데이트하고 공개적으로 논의해야 한다. 통일성은 해도의 정교화 및 업데이트와 같은 생산 라인에 이점을 제공하는 동시에 이는 대체 기술을 사용하고 수행된 프로세스를 혁신하려는 추진의지를 억제할 수도 있다. 주로 기존 표준이 구체적이고 상세하며 현재 방법이 잘 평가되고 만족스러운 것으로 간주된다.

현재의 데이터 분석 인터페이스는 비교적 성공적이지만 시간이 지남에 따라 기술이 발전하였기 때문에 인적 오류를 최소화하고 시간 소모적인 처리를 줄이기 위한 혁신이 필요하다. 인지과학과 심리학의 발전으로 인간의 지각의 강점과 한계, 그리고 우리 뇌의 타고난 능력에 대한 인식이 높아졌다. 새로운 몰입형 인터페이스의 사용은 이러한 지식을 활용하며, 분석가의 오류를 줄이기 위해 강점을 지원하고 한계를 최소화하도록 설계되어야 한다.

기존의 표현 방식은 수심측량 데이터를 최상으로 이해하지 못할 수 있다. 그 대신, 확장현실과 같은 방법과 인터페이스가 더 효율적일 수 있다. 확장현실은 데이터 기반 표현을 현실 세계와 직접 연결하는 새로운 방법을 제공할 수 있다. 따라서 가상, 혼합 또는 증강현실 기술은 사람들이 지리공간 데이터를 이해하고 활용하는 방식을 변화시켜 새로운 시각화 및 상호 작용 방법을 제공함으로써 비교할 수 없는 경험을 제공할 수 있다(Çöltekin et al., 2020). 향후에는 자극의 인지 처리에 큰 영향을 미칠 수 있는 상호작용적이고 진보된 지리공간 연구가 필요하다.

[저자 소개]

안드레 A. 아라우호(Andre A. Araujo)

- 브라질 해군 대학(Brazil Naval College)에서 해군 과학 학사 학위 취득
- 브라질 수로국(DHN)에서 IHO/FIG/ICA Cat. A 교육프로그램으로 인정받은 수로학 대학원 학위 취득
- 캐나다 사이먼 프레이저 대학교(SFU)에서 지리학 석사 과정 중

니콜라스 헤들리(Nicholas Hedley)

- 캐나다 사이먼 프레이저 대학(SFU)의 지리학과에서 지리 시각화, 인터페이스 연구 부교수
- 여러 분야의 공간 시각화, 공간 인터페이스 설계자/개발자/응용 과학자이며 SFU의 공간 인터페이스 연구소의 창립 이사
- 관심분야: 3D/4D 지리 시각화, 공간 인터페이스 연구, 공간 현실 캡쳐 및 이러한 방법을 지리적 현상에 적용하는 것

원문 출처: https://ihr.iho.int/articles/bathymetric-data-visualization-a-review-of-current-methods-practices-and-emerging-interface-opportunities/

※ 수록 과정 중 분량상의 이슈로 원문과 그림 캡션이 차이가 있습니다.

제4회 해양조사의 날 기념행사 및 2024 한국수로학회 춘계학술대회

대한민국 부산 국립해양조사원, 2024년 6월 20일~21일

제4회 해양조사의 날 기념행사

2024년 6월 21일 제4회 해양조사의 날을 맞이하여, “미지의 바다를 그리고, 미래의 희망을 펼치다”라는 주제로 기념식이 부산 영도구 국립해양조사원 일대에서 개최되었다.

본 행사는 국립해양조사원과 한국해양조사협회가 함께 주최하였다. 이 행사와 관련하여 강도형 해양수산부 장관은 “이번 행사는 해양조사의 가치와 중요성을 국민과 함께 공감하고 소통하는 자리”라며, “앞으로도 해양수산부 국립해양조사원은 국민의 안전하고 즐거운 해양 활동이 이뤄질 수 있도록 해양조사 기술 발전과 정확도 높은 해양정보의 생산 및 활용 확대를 위해 노력하겠다.”라고 말했다.

부대 행사로 해양조사·연구 학술대회, 해양쓰레기 줍기 등이 진행되었다. 특히 제4회 우리바다 사랑해(海) 사진공모전 수상작 전시, 해양조사장비 및 해도 전시, 해양 관련 기관·업체 취업박람회, 해양예보방송(온바다) 캐스터 일일체험, 기념사진 촬영부스가 마련되어 일반 국민 누구나 관람하고 참여할 수 있는 행사로 진행되었다.

2024 한국수로학회 춘계학술대회

제4회 해양조사의 날 행사와 함께 진행된 2024 한국수로학회 춘계학술대회는 특별세션, 특별강연과 스마트 항해정보 세션으로 나뉘어 진행되었다. 첫째 날 진행된 특별세션은 총 4개였으며, 국립해양조사원 별관인 정보화 교육장과 스튜디오 회의장에서 세션 진행이 이루어졌다. 첫 번째 세션은 S-100 기반 국가해양 GIS 핵심기술의 국산화 개발이 주제였으며, 두 번째 세션은 연안재해 기술개발에 관한 내용이 다루어졌다. 세 번째 세션은 스마트선박용 수로정보 표준제품 개발연구였으며, 마지막인 네 번째 세션은 갯벌공간정보 모니터링 기술개발 연구를 주

제4회 해양조사의 날 기념식 사진(출처: 한국해양조사협회)

2024 한국수로학회 춘계학술대회 사진(출처: 한국해양조사협회)

제로 발표가 진행되었다. 해양조사에 관한 산학연이 참석한 자리에서 주제에 관한 연구 성과를 공유하고, 관련 논의를 활발하게 이어나갔다.

이튿날 진행된 특별 강연에서는 한국해양과학기술원(KIOST)의 유신재 박사가 “해양 국제공동연구 동향의 2개 사례: SCOR와 UN Ocean Decade”를 주제로 관련 내용을 발표했다. 마지막인 스마트 항해정보 세션은 총 네 개의 발표가 있었다. “스마트 전자해도 구축과 활용(최원진 주무관, 국립해양조사원)”, “스마트항해정보서비스(김민환 부장, 한국해양개발)”, “항해정보 간행물관련 국제화 대응(우동식 부장, ㈜올포랜드)”. “GEBCO 지도제작과 의의(장은미 대표, ㈜지인컨설팅)”의 주제로 발표가 진행되었다.

특히 이 세션은 국제해사기구(IMO)와 국제 수로기구(IHO)에서 진행하는 차세대 수로제품 표준(S-100)의 도입에 따라, 전통적인 해도 제작 및 사용에서 벗어나 다른 체계로의 전환을 준비하는 단계에 대한 국내의 동향으로 볼 수 있었다. 앞으로 스마트 전자해도, 스마트항해정보서비스 등 새롭게 해양조사 분야를 선도하게 될 변화에 대한 동향 파악 및 지속적인 관심이 계속해서 중요해질 것이다.

해양 국제공동연구 동향의 2개 사례(유신재, KIOST)

이 발표에서는 바다는 하나의 덩어리로, 전 지구의 해양은 해류로 연결되어 있으며 대기와 상호작용하여 조절하므로 해양 연구에서 국제협력은 필요하다고 언급하였다. 바다는 특정한 물리적 경계 없이 하나로 연결되며, 해양생물이 이동하므로 국제적으로 협력이 필요한 것으로도 볼 수 있다. 가능한 국제협력의 분야로는 공동 조사, 공동연구(실무그룹, 프로젝트 등), 공동 보고서 작성, 계획수립, 관리 및 협약이 있다. 다양한 프로젝트가 있으며, 목적에 따라 IOC, PICES, ICES, SCOR 등의 다양한 기관이 있다.

UN에서 발표한 17개의 지속가능한 발전 목표 의제에 ‘14. Life below water’ 항목에서도 명시되어 있다. IOC와 유네스코는 이와 관련하여 해양 10년(Ocean Decade)을 개발하기 시작하였으며, 2017년에 지속가능한 발전을 위해 UN 총회에서 선포되었다. 해양 10년의 비전은 ‘우리가 원하는 바다를 위해 필요한 과학’이며, 자세한 사항은 그림 1에서 확인할 수 있다. 해양 10년을 혁신적인(Transformative) 단어와 이해관계자 간 협업(Collaboration among stake-holders)로 요약하기도 하였다. 원하는 해양 상태의 실제 결과가 중요하며, 과학 활동은 수요에 의해 주도되어야 한다고 설명하며 혁신적인 의미를 설명하였고, 공동 설계, 공동 개발 및 공동 행동을 이해관계자 간의 협업이 필요한 요소로 언급하였다.

2024년 6월을 기준으로 해양 10년에는 52개의 프로그램과 358개의 프로젝트가 있으며, 103개의 기여자가 있다고 발표하였다. 이에 참여하는 국가 중 상위국에 관해 언급하며, 한국의 참여 문제도 설명하였다. 실질적인 기여는 없고, 비활동성을 얘기하면서, 한국의 해양 10년 관련 활동을 언급하였다. 이번 발표를 통해 해양 분야에서 국제적인 협력이 필요한 이유를 확인하고, 관련 사례들과 현황을 통해 해양 분야의 국제 활동이 적극적으로 이루어질 필요가 있음을 알 수 있는 기회였다.

항해정보 간행물관련 국제화 대응(우동식 부장, ㈜올포랜드)

「국제수로기구 차세대 항해정보 서비스 도입에 따른 항해용 간행물 국제기술표준 대응 연구」에서는 전자해도 및 항해용 간행물의 관리와 공급을 담당하는 한국해양조사협회 차원에서 IHO, IMO 등 국제기구의 차세대 항해정보 서비스 도입에 따른 항해용 간행물 공급 관련 기술 표준에 대한 모니터링과 전략적 대응을 체계적으로

그림 1. 우리가 원하는 바다를 위해 필요한 과학(Implementation Plan, UN Ocean-Decade, 2020)

지원가능한 방안을 마련하고자 하였다. 이를 위해 S-100 표준(항해용 간행물 관련 문서 등)을 분석하고, 이러한 정보를 관리 및 공유할 수 있는 체계의 구축과 운영, 전문가 네트워크를 통한 기술협력 및 비즈니스 창출을 모색하는 방향으로 연구를 진행할 예정임을 발표하였다.

해양 관련 국제기구에서는 S-100 표준을 항해환경에 적용하기 위한 구체적인 계획을 수립하고 있다. IHO는 S-100 이행 로드맵에서 S-100 제품을 적용하여 1단계 항로 모니터링, 2단계 항로 계획을 위한 표준개발 계획을 수립하였다. 추가로 S-100 데이터를 항해장비에서 활용할 수 있도록 법적, 기술적 적용을 위해 IMO, IEC와 협력하여 2026년까지 적용 일정을 수립하였다고 언급했다.

이러한 국제적인 흐름에 따라 우리나라는 해양수산부에서 한국형 e-Navigation인 '바다내비게이션'을 추진 및 운영하고 있으며, 국립해양조사원에서는 IHO의 S-100/S-101 테스트베드에 참여하여 표준의 검증과 개발을 주도하는 등 적극적으로의 S-100 표준의 활용 및 전환을 준비하고 있다. 이를 위해서는 국제기구에서 논의되는 다양한 수로정보 표준화, 데이터 제작, 품질관리, 보안 등 광범위한 정책적, 기술적 의제를 파악하고 대응할 수 있는 방안이 필요할 것임을 설명했다.

제4회 해양조사의 날을 기념하여 해양조사 분야에서 우리나라의 기술 및 연구 진행 현황을 확인하고, 해양조사의 가치와 중요성을 국민과 함께 공감하고 소통할 수 있는 행사였다.

부니층(浮泥層) 매핑
–부니가 존재하는 해저에서 신뢰구역범주 A1(CATZOC A1)에 해당하는 수로측량–

Hydro International, 2024년 3월 4일

물 속에 부유하는 퇴적물의 존재한다는 것은 준설 업계에 상당한 도전 과제이다. 항행 가능한 수심을 결정하는 기존의 방법은 현장 밀도 또는 전단 강도 측정에 의존하는 수동적인 점 측량이거나 또는 저주파 단일빔 음향측심기 기록을 사용하는 방법이다. 하지만 단일빔 음향측심기는 최신 전자해도 제작에 필요한 신뢰구역의 범주(이하 CATZOC) A1 커버리지 기준을 충족하기 어렵기 때문에 시스템적으로 문제가 있다.
이 글에서는 80–400kHz의 초광대역 주파수 범위에서 작동하는 멀티빔 음향측심기를 사용하여 부니가 존재하는 해역에서 CATZOC A1을 획득하는 방법을 설명한다. 이 방법은 단일빔 시스템처럼 항행 가능한 최저 수심에 도달하며, 전 구역에 대한 고해상도 해저 지형도를 만들어 낼 수 있다.

문제 정의

다양한 연구에서 사용된 음향 방법은 서로 다른 주파수가 서로 다른 부니층에 어떻게 침투하는지 보여주었다.

일반적으로 200kHz 보다 고주파수 멀티빔은 부니층을 만날 때까지 수주를 통해 전파된다. 경우에 따라 고주파 신호가 부니를 무작위로 통과하고 결과 데이터가 바닥의 상층과 하층 사이에서 분리되어 수심 측량을 수행하는 소나 시스

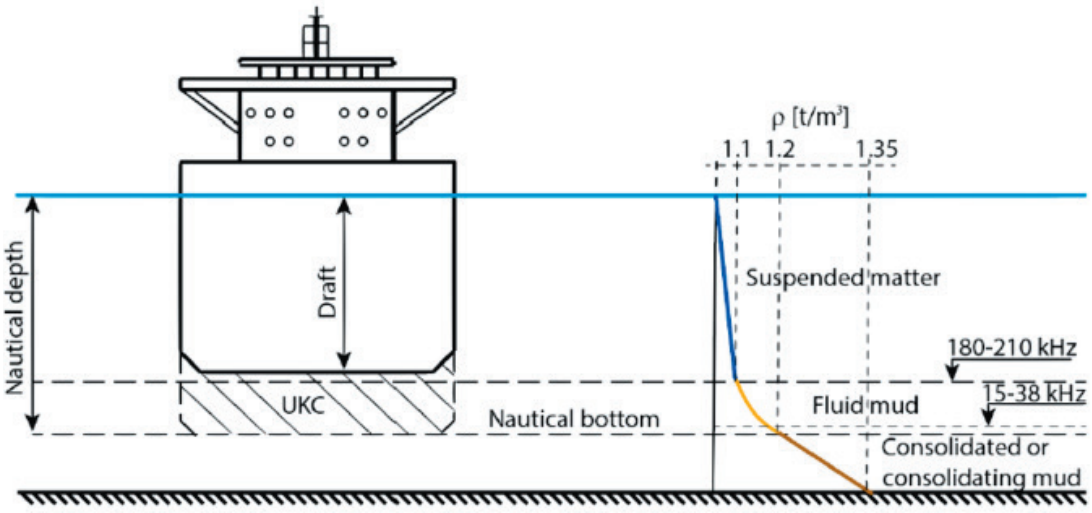


그림 1. 탐색 가능한 해저 및 부니층(참고 2에서 발췌)(이미지 제공: Kirichek et al, 2018)

템의 작동을 방해하기도 한다. 이 문제는 그림 2에 설명되어 있다.

따라서 본 연구의 과제는 각 층을 개별적으로 탐지하고 탐색가능한 지층에 도달하여 넓은 범위의 영역을 커버할 수 있는 해결책을 제시하는 것이다.

층화된 물질 탐지(LMD) 방법 - 부니를 매핑하는 방법

노르비트(NORBIT)는 이전에 다중 스펙트럼 후방 산란(MSB)이라고도 하는 초광대역 주파수 모듈화 작업을 도입하여 스펙트럼의 저주파와 고주파 대역에서 동시에 신호의 특성을 도출할 수 있게 했다. 이 기술을 층화된 물질 탐지(LMD)로 확장하면 80kHz에서 400kHz에 이르는 FM 신호를 활용하고 다양한 주파수 대역의 서로 다른 투과 깊이를 활용하여 층화 해저(stratified sea bottom)에 수심 측정을 추가로 용이하게 할 수 있다. 동시에, 정밀 해저 분석을 위해 층화 해저를 특성화하는 데 특수 설계된 초광대역 FM 신호를 최대한 활용하는 검증된 빔포밍(Beamforming)과 새로운 LMD 기술을 사용하여 고해상도 수심 측량 지도를 얻을 수 있다.

제안된 방법은 협대역 고주파 소나에서 발생하는 일반적인 문제를 피하면서, 두 층을 명확하게 식별하는 것이다. 이 방법은 동일한 광대역 신호 내에서 각각 다른 주파수 대역에서 두 개의 동시 탐지 프로세스를 사용하여 별도의 층을 식별하는 방식으로 운용된다. 서로 다른 주파수 대역은 층이 있는 매체의 서로 다른 깊이를 투과한다. 고주파 대역은 최상층 표면 근처의 부유 퇴적물을 탐지하는 데 더 효과적인 반면, 저주파 대역은 더 깊은 층까지 투과하여 해저의 각 지층을 효율적으로 특성화할 수 있다(그림 3 참조).

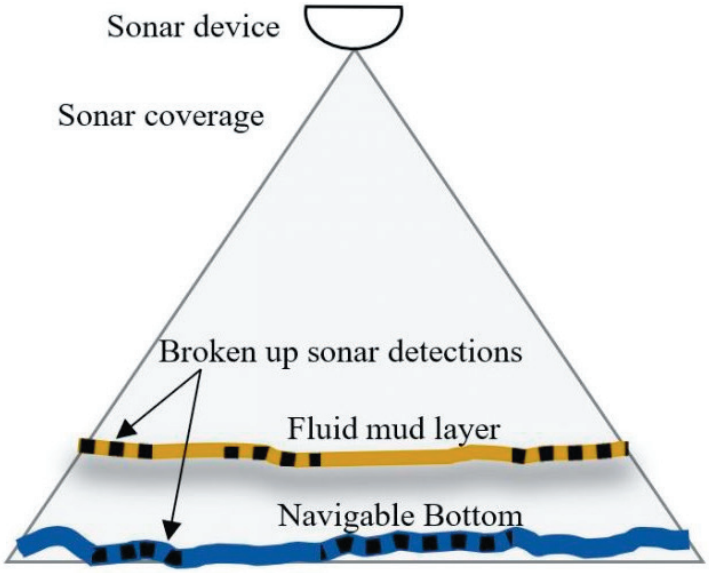


그림 2. 층과 층 사이에서 반복적으로 나타나는 전형적인 탐지 문제를 보여주는 부니층 문제

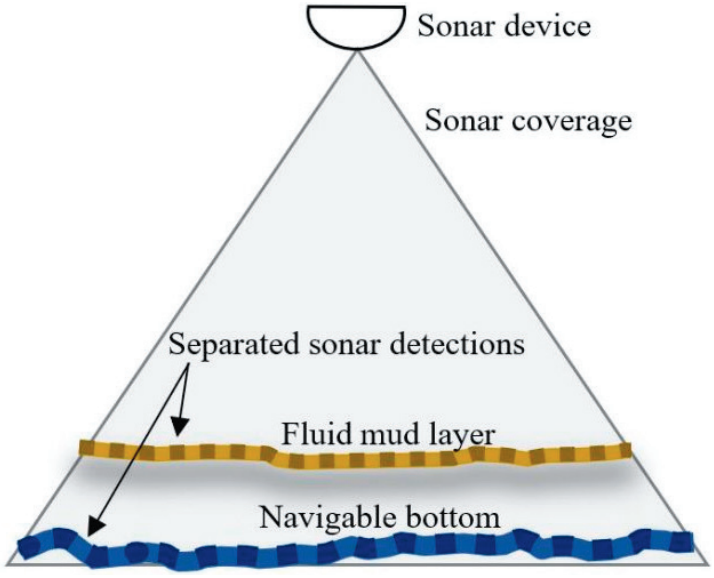


그림 3. 별도로 감지된 두 개의 층을 보여주는 층화된 물질 탐지(LMD) 방식

신호의 고주파 부분은 상층을 식별하는 데 사용되며(그림 1 참조), 이는 광대역 신호의 후속 저주파 영역에 대한 탐지 과정을 안내한다. 전체 신호 처리는 소나 하드웨어에서 동시에 이루어지며 수동 개입이 필요하지 않으며 실시간 작업에 원활하게 통합된다.

더 낮은 저주파수를 사용하면 시스템의 해상도를 본질적으로 낮추기 때문에, 주파수 선택과 시스템의 물리적 크기 사이에 신중한 균형이 필

요하다. 80kHz에서 120kHz 사이의 주파수는 음향 스펙트럼의 낮은 대역에 적합한 타협점으로 음향 해상도를 크게 손상시키지 않으면서도 적절한 침투력을 제공하는 것으로 입증되었다. 이는 특히 2×2도의 빔 각도와 약 0.5m 분해능을 갖는 시스템이 준설 작업에 적합하다.

현장에서의 층화물질 탐지

층화된 물질 탐지(LMD) 방식을 측심 시스템에 구현하는 것은 첨단 소나 플랫폼에서만 가능하다. 이러한 첨단 장치는 체적 신호 처리가 가능하며 음향 변환기 기술의 최신 성과로 생성된 초광대역 신호를 사용하여 작동한다. LMD 기술은 노르비트(NORBIT)가 i87S라는 강력한 윙헤드(WINGHEAD) 소나 플랫폼에서 개발했다. 이 소나는 초광대역폭(80~400kHz)의 고출력 FM 신호를 투사할 수 있어 LMD 방식의 작동이 가능하다.

위의 방법은 미국 항구와 항만의 여러지역에서 실제 투입되어 테스트되었다. 한 조사는 미국 사바나 지역의 킹스 아일랜드 인근에서 실시되었다. 이 지역은 부니가 있는 것으로 알려져 선택되었다. NORBIT i87S 시스템은 RheoTune 샘플러 및 28kHz 단일빔 음향측심기도 비교를 위해 함께 조사 선박에 설치되었다.

그림 4. 부니 조사에 사용되는 노르비트 윙헤드(NORBIT WINGHEAD) i87S

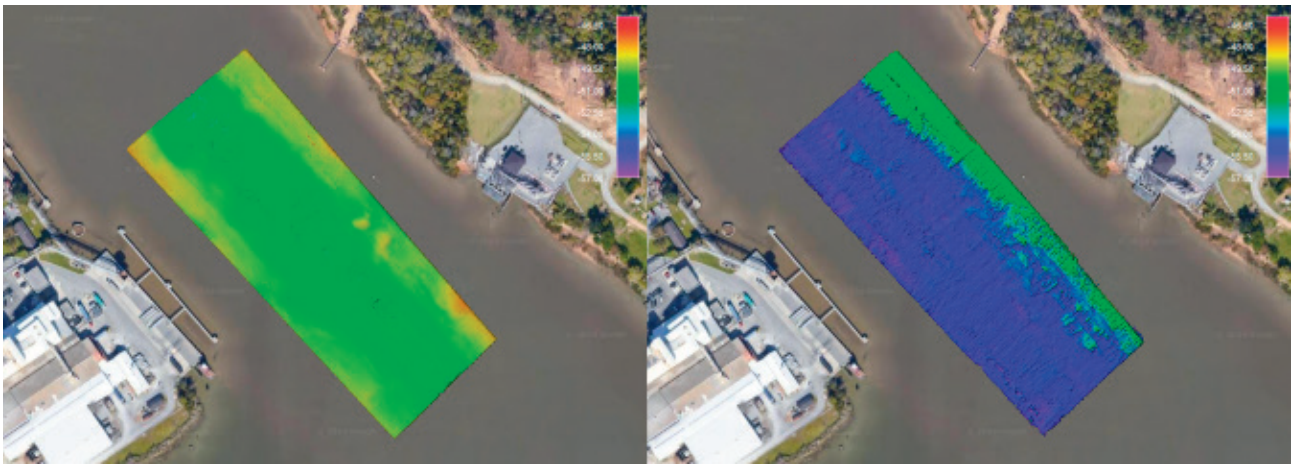


그림 5. 킹스 아일랜드의 해저 표면 결괏값, 왼쪽은 370kHz, 오른쪽은 80kHz. 색상 척도는 동일하다. 파란색과 녹색의 차이는 6피트이다.

이 시스템은 두 주파수 대역을 동시에 출력하도록 구성하여 고주파 멀티빔 소나를 사용한 일반적인 측량이 LMD 소나와 어떻게 비교되는지 보여주었다. 그림 5의 왼쪽은 370kHz 대역 처리에서 얻은 표면을, 그림의 오른쪽은 80kHz 대역의 처리 결과를 보여준다. 고주파 이미지에서 볼 수 있듯이, 유동성 진흙의 윗부분이 부서져 있고 일부 틈새가 산발적으로 진흙 윗부분을 뚫고 있는 것을 볼 수 있다. 전체 영역을 보여주기 위해 데이터를 정리하고 간격을 보간하였다. 여기에서는 대부분의 음파가 윗면에서 반사되어 아래층으로 침투하지 못하므로, 탐색할 수 있는 바닥을 볼 수 없다. 오른쪽에 저주파 스펙트럼은 부니 밑에 무엇이 있는지 보여준다. 이는 평균적으로 1.8m(6피트) 정도의 침투력을 보여주며, 더 깊은 부분에는 준설 흔적이 보이지만, 현재는 완전히 부니로 덮여 있어 일반적인 다중빔 소나에서 탐지할 수 없다.

터닝(Turning) 분지(그림 6)의 또 다른 인근 지역도 LMD 방식으로 조사했으며, 비교를 위해 저주파 및 고주파 대역의 데이터를 모두 출력하도록 소나를 구성했다.

범례 색상은 동일하며, 파란색과 주황색의 차이는 3m(10피트)이다.

앞의 경우와 마찬가지로, 고주파 대역 데이터는 부니 표면의 상단을 보여준다. 이 데이터는 상층과 하층을 번갈아 탐지하므로 분할되어 있으며, 표준 고주파 멀티빔 소나로 얻은 일반적인 데이터를 나타낸다. 그림 6의 오른쪽에 표시된 해저면은 평균 3m(10피트) 아래에 있는 탐지 탐색 가능한 해저면이다. 일부 더 깊은 영역(최대 15피트까지)도 볼 수 있는데, 이는 준설 작업 및 다른 형태학적 특징으로 추정되며, 단일빔 음향 측심기로는 낮은 샘플링 밀도와 분해능으로 인해 일반적으로 시각화하기 어렵다.

검증

층화된 물질 탐지(LMD) 방법으로 얻은 데이터를 검증된 28kHz 단일빔 음향측심기 측량과 비교하여 검증한 결과, 위에서 설명한 위치에서 부니가 존재하는 장소인 경우 잘 일치하는 것으로 나타났다.

i87S의 80kHz 대역과 28kHz 단일빔 음향측심기의 결합은 저주파 대역의 탐지 과정이 고주파 대역의 동시 처리에 의해 유도되는 강력한 멀티

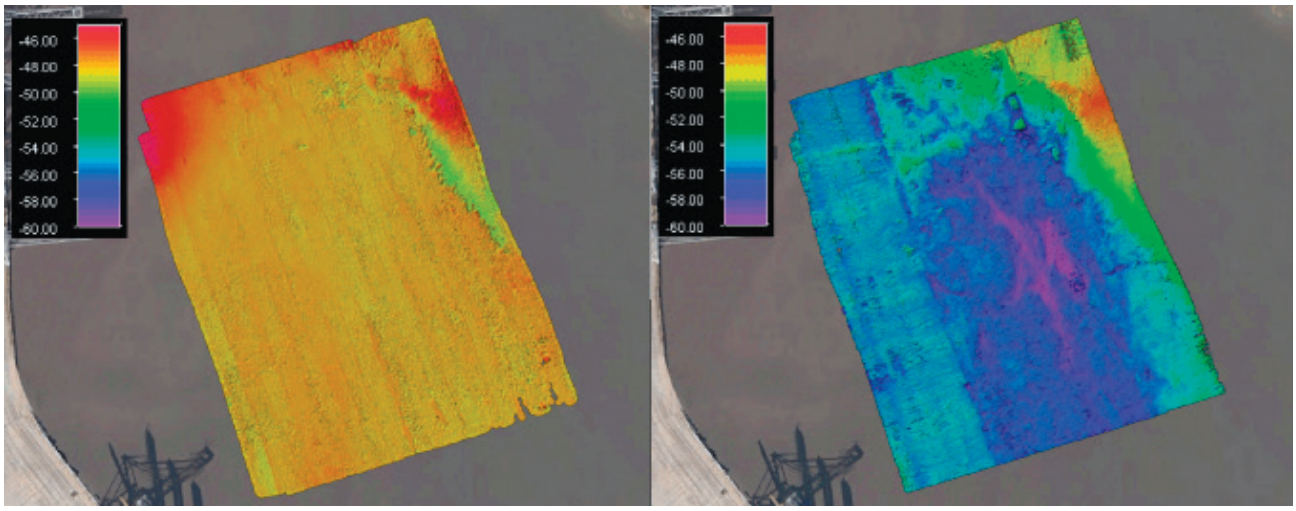


그림 6. 터닝 분지의 결과 해저표면으로 왼쪽은 370kHz, 오른쪽은 80kHz

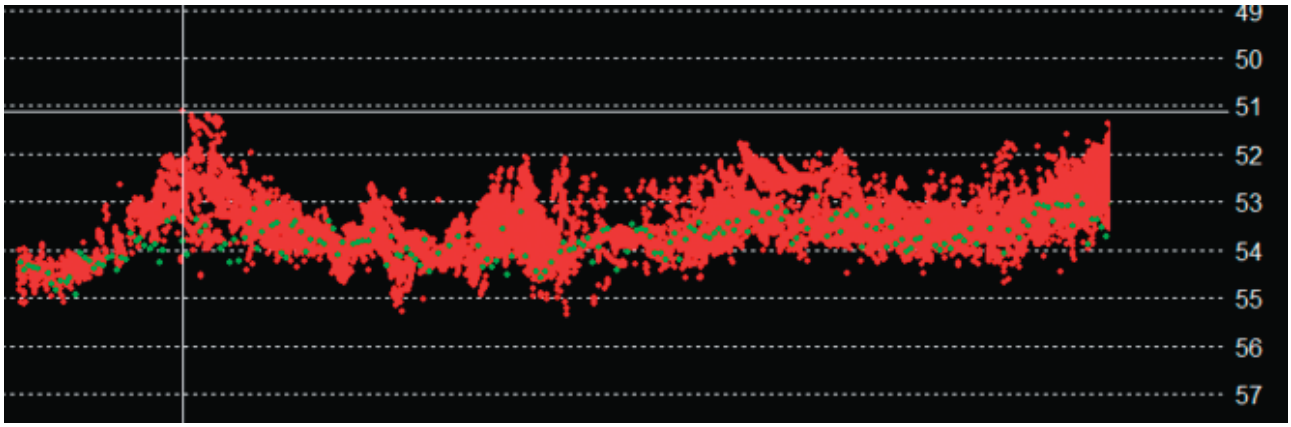


그림 7. LMD 비교: 빨간색 – i87S LMD, 초록색 – 28kHz 단일빔 음향측심기(눈금 단위는 피트임)

빔 시스템을 사용하여 부니를 투과하는 결과를 얻을 수 있음을 보여준다. 이러한 고주파 대역과 저주파 대역 간의 협력을 통해 조사 중에 넓은 지역을 커버하는 주사폭(swath) 수심측량 시스템을 사용하더라도 층층이 쌓인 해저를 성공적으로 강력하게 구별할 수 있다.

결론

부니의 조건에서 항행이 가능한 해저면을 매핑하기 위한 새로운 접근 방식은 층화된 물질 탐지(LMD) 방식을 사용하여 NORBIT i87S 소나 시스템에서 구현되었다. 이는 강력한 멀티빔 소나에서 생성된 초광대역 FM 변조 신호의 저주파 및 고주파 대역을 동시에 처리함으로써 달성할 수 있었다. 이 방식에서 이 두 대역을 동시 처리하는 상호 작용은 기존의 고주파 다중빔 소나와 같이 부니층의 간섭 없이 층을 이루는 해저를 효과적으로 구분하고 항행 가능한 해저를 탐지한다.

고유한 처리 능력과 최신 기능에도 불구하고, 소나의 크기와 무게를 최소화되었으며, 휴대용 설치 방식으로 한 사람에 의해 시스템을 설치하고 운영하는 것이 가능하다.

Present Practice of Using Nautical Depth to Manage Navigation Channels in the Presence of Fluid Mud, Timothy L. Welp and Michael W. Tubman, ERDC/TN DOER-D19, May 2017

Alex Kirichek et al., How navigable are fluid mud layers?, PIANC-World Congress Panama City, Panama 2018

E. Reincke, Determination of the nautical depth, a literature review, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

원문출처: https://www.hydro-international.com/content/article/mapping-through-fluid-mud

항해사의 시각 측면에서 S-100* 전자해도표시정보 시스템(ECDIS)의 사용성 측정에 관한 연구

Hydro International, 2024년 2월 20일

연구 배경

항해용 종이해도를 대신하여 컴퓨터로 해도정보와 주변 정보를 표시하는 항해장비를 전자해도표시정보시스템(ECDIS)이라고 한다. ECDIS는 항해안전과 운항 효율 증대를 목적으로 국제해사기구와 국제수로기구가 개발한 국제기준에 부합되도록 제작한 선박 운행 시스템이다. S-57(IHO 디지털 수로정보 전송 표준) 기반의 ECDIS는 3차원 정보나 해저 지형과 같은 다양한 수로정보를 전자해도 화면에 표현 할 수 없고, 항해서지 정보를 통하여 조석 등의 항해계획에 반영하고 있다. S-100 표준은 기본적으로 수로 데이터의 제품사양을 제정하기 위한 표준을 정의하며 수로 데이터 제작, 분석, 처리, 표현 등의 요구사항을 수용할 수 있도록 개발되고 있다(Oh et al., 2017). 이러한 S-100 표준이 차세대 ECDIS에 적용될 경우, 기존의 S-57 기반 ECDIS에서 제공되는 정보와 기능에 변화가 나타나고, ECDIS와의 상호작용 및 직무 수행에 변화가 나타날 것으로 예상된다. 본 연구에서는 S-100 표준 기반의 ECDIS의 효용성을 평가하기 위해 선박 항해사가 항해계획 수립 시 수행하는 업무에서 시각 특성의 영향을 분석하였다.

* IHO 범용 수로정보 표준

연구 방법

본 실험에는 총 10명(남자: 8명, 여자: 2명)이 참여하였다. 연령대는 20대 6명, 30대 4명으로 피실험자의 평균 연령은 30세이다. S-57 표준 대비 신규로 도입되는 S-100 표준 ECDIS 효용성 평가를 위해 2등 항해사 자격을 소지한 3년 이상의 항해경력의 항해사들로 선정하였다.

본 실험에는 평가 대상 장비로 기존 S-57과 차세대 수로 정보 S-100이 탑재된 두 대의 ECDIS 장비들이 사용되었다. 기존 장비인 S-57 ECDIS는 모니터가 1개 사용되었고, 차세대 장비인 S-100 ECDIS는 모니터가 2개 사용되었다. 본 실험은 피실험자들이 안구의 움직임을 추적하는 아이 트래커(Eye-tracker)** 장비를 착용한 후 과업을 실시하도록 하였다.

** Ergoneers GmbH 사의 DG3 Dikablis Glasses 3 모델을 사용하였다.

그림 1. 실험에 적용한 ECDIS와 아이 트래커

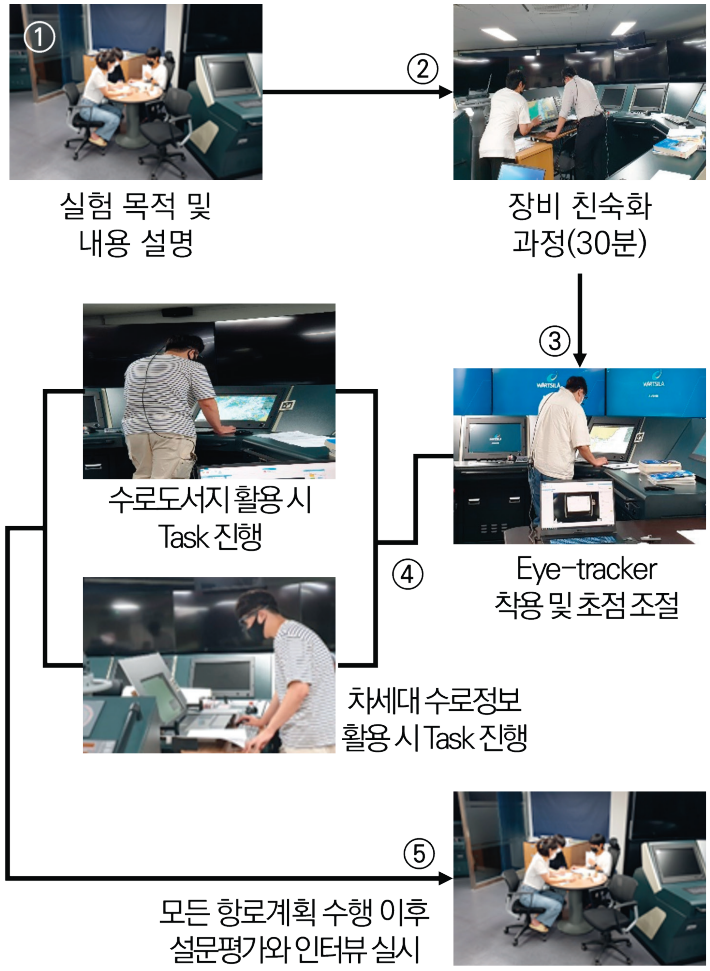


그림 2. 연구 과정

본 연구에 사용되는 실험 시나리오 작성을 실제 항해계획 과정과 동일한 과정으로 실험을 진행하기 위해 선박 항해사가 항해계획을 위해 참조하는 국제 기준서(ICS, Bridge procedures guide 등)를 분석하고, 항해 업무에 종사하는 종사자를 대상으로 항해계획 업무 사례를 조사하였다. 이를 통해 최종적으로 5가지 task의 실험 시나리오를 도출하였으며, 다음 표 1과 같다.

표 1. 실험 시나리오

업무 1	항해정보 소개정 확인	항해정보를 최신 정보로 업데이트
업무 2	항행경보 확인	항행경보 확인 후, 항해 시스템에 반영
업무 3	항로 계획	선종, 안전 수심 설정 및 항로 계획 후 적정성 확인
업무 4	도착지항의 조류 확인	조류표/조속표 활용하여 조류 및 조속 확인
업무 5	항로 최종 확인 및 저장	설계한 항로정보 최종 확인 및 저장

피실험자가 실험을 진행하기에 앞서, 실험 목적과 수행하게 될 항해 업무에 관한 내용 설명하였다. 본격적인 실험 시작 전에 피실험자가 2가지의 ECDIS에 대해 충분히 익숙해질 때까지 약 30분간 장비 친숙화 과정을 진행한 후, S-57 ECDIS, S-100 ECDIS와 인천항-평택항, 부산항-제주항* 항로에서 대해서 실험 순서를 무작위로 결정하였다. 피실험자는 결정된 순서에 따라 2가지 ECDIS에서 주어진 시나리오에 따라 항해계획을 수행하였다. 항해계획 수립 과업이 끝난 후 다음 과업 수행 전 5~10분 정도의 휴식을 취하도록 하였으며, 모든 항로 계획 수행이 종료된 후 S-57 ECDIS와 차세대 장비 S-100 ECDIS 활용 방식에 대해 설문 평가와 인터뷰를 실시하였다.

실험 결과

실험에서 측정된 지속시간(Duration Time)**, 고정횟수(Number of Fixation)***, 시선 이동 횟수(Number of Saccade)**** 데이터를 비교 분석하였고, 쌍체비교(Paired T-test)를 진행했다. 그 결과 유의수준 0.05 수준에서 유의미한 차이를 확인하였다($p-value<0.05$).

ECDIS 장비에 따른 Task 통합 데이터를 비교해 본 결과, Duration Time, Number of Fixation, Number of Saccades 데이터에서 모두 S-57 표준 기반 ECDIS 대비 S-100 표준 기반 ECDIS의 데이터가 더 작은 값으로 나타났다.

각 Task 별로 구분하여 데이터를 비교해 본 결

* 항해 난이도가 실험 결과에 영향을 미치는지를 확인하기 위하여 부산항에서 제주항으로 입항하는 항로와 인천항에서 평택항으로 입항하는 2가지 항로를 선정함

** 작업을 수행하는 데 걸린 시간으로 작을수록 작업을 빠르게 수행하는 것을 의미

*** AOI에서 시선이 고정되는 횟수로 작을수록 효율적으로 탐색/인지하는 것을 의미

과, 항로의 난이도에 상관 없이 주로 Task 1, 2, 4 상황에서 유의수준 0.05 기준 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 실험 결과를 바탕으로, 차세대 S-100 표준 기반 ECDIS의 효용성이 S-57 표준 기반 ECDIS 대비 높다라는 결론을 도출하였다.

결론 및 논의 사항

국제수로기구는 선박 운항에 필요한 수로 데이터를 표준화된 형식과 데이터 구조로 제공하기 위해 수로 정보 국제표준을 제정하였다. S-57 표준을 기반으로 한 현행 ECDIS에서는 전자해도 내의 추가 객체를 정의하거나 신규 제품표준을 개발하는데 한계가 있어, S-57 표준의 차세대 버전인 S-100 표준을 도입하게 되었다. 이러한 상황에서 신규 표준의 도입이 ECDIS을 이용하는 항해사의 업무와 선박 운항에 어떤 변화를 줄 수 있는지에 대한 연구가 필요하였다.

S-100 표준 기반 ECDIS의 도입이 선박운항에 미치는 영향을 평가한 선행 연구에서는 선박 항해 시뮬레이터를 통해 좌초 사고 상황을 재현해서 S-57 ECDIS와 비교하였다(Choi et al., 2020). 본 연구에서는 S-100 표준 기반 ECDIS의 효용성을 평가하기 위해서 항해사의 항해계획 업무에서 나타나는 시각적 특성을 조사하고 분석하였다.

연구 결과에서 Duration Time, Number of Fixation, Number of Saccades 데이터에서 모두 S-57 ECDIS 결과에 비해 S-100 ECDIS의 결과가 작게 나타났다. 이는 S-100 장비가 효용성이 더 높다는 결론으로 해석할 수 있다. 실험 후 인터뷰 과정에서 피실험자의 주관적 의견으로 원하는 정보를 확인하는 과정에서 S-57 장비 대비 S-100 장비가 체감할 수 있는 시간 감소를 느꼈다고 응답하였다. 또 원하는 정보를 인식하는 과정과 조작 측면에서도 확연한 편리함을 느끼는 것으로 확인되었다.

S-100 ECDIS에서는 기존 장비에서 제공되지 않는 항해와 관련된 모든 정보를 디스플레이 내에서 표기해야 하므로 표현되는 정보의 양이 많다. 따라서 S-100 장비에서 시각적 과부하가 예상되기 때문에 화면 정보량 평가 및 개선에 관한 추후 연구가 필요할 것으로 예상된다. 또한 인간공학 측면에서 텍스트 위주의 정보보다는 심볼을 이용하여 정보를 제공하는 것이 사용자가 정보를 인지하는 데 있어 더 효율적인 것으로 확인된다. 따라서 기존에 제공되는 Symbol의 직관성 평가 및 다양한 Text 정보들을 Symbol로 표현할 수 있도록 추후 연구가 필요할 것으로 예상된다.

**** 순간적으로 시선이 이동하는 횟수로 작을수록 시선의 이동이 적은 것을 의미

[저자 소개]

장준혁 한국선박해양플랜트연구소(KRISO)의 수석 연구 엔지니어로, 인체공학적 작업 공간 설계와 해양 안전을 위한 내비게이션 시스템의 유용성에 대한 연구 분야를 연구하고 있다.

박세길 한국선박해양플랜트연구소(KRISO)의 수석 연구 과학자로, 해상 교통 상황 인식을 연구해 왔으며, 주요 연구 분야는 확장 현실(XR), 시뮬레이션, 인공지능 등이다.

오세웅 한국선박해양플랜트연구소(KRISO)의 수석 연구 엔지니어로, 해양 데이터에 대한 지리 공간 표준을 연구해 오고 있으며 연구 관심 분야는 데이터 모델링과 해양 서비스 개발이다.

김이지 대한민국 국립해양조사원 해도과에서 국제협력 담당관으로 근무했다.

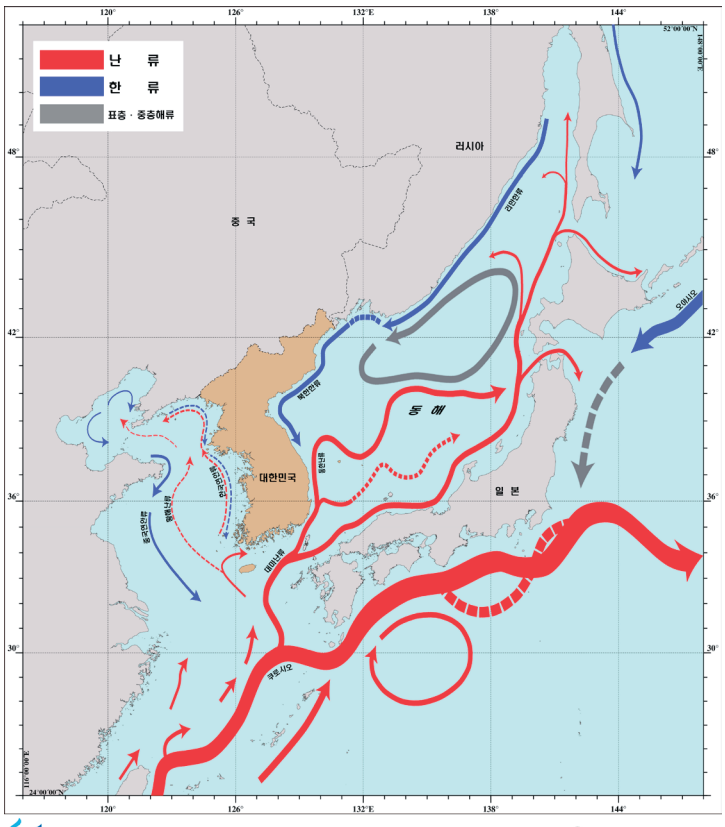
원문출처: https://ihr.iho.int/articles/the-effectiveness-of-s-100-ecdis-capable-of-ends-in-the-view-of-ship-officers-visual-characteristics/

우리나라 주변 해안 해류모식도 연구 리뷰

조예경[1], 장은미[2], 강호윤[3], 백공구[4], 변도성[5]

[1] ㈜지인컨설팅 연구원, [2] ㈜지인컨설팅 대표이사,
[3] 한국해양조사협회 기술교육연구소 연구개발팀 팀장
[4] 한국해양조사협회 기술교육연구소 소장, [5] 국립해양조사원 해양예보과

해류는 연중 거의 일정한 방향과 속도를 가지고 유동하는 바닷물의 흐름을 말하며, 일반적으로 해류는 수직 방향보다는 수평 방향의 흐름을 설명할 때 주로 사용한다. 해류는 형성 원인에 따라 크게 풍성순환과 열염분 순환으로 구분하며, 주로 표층해류를 형성하는 풍성순환은 바람의 영향에 의하여 형성되고, 심층 해수의 수온과 염분에 의한 밀도차로 형성되는 열염분 순환은 밀도 기울기가 큰 지역에서 나타난다. 해류는 바람과 밀도의 영향 외에도 중력·지구 자전 전향력·수압 경도력·원심력·지형·강물 유입 등 다양한 요인에 의하여 발생하기도 한다.



해양수산부 국립해양조사원 KHOA

국립해양조사원에서 제작한 해류모식도

해류는 각종 부유·용존 물질 운반해 해양 생태계에 어장 형성에 영향을 미치며, 열에너지를 운송함으로써 날씨와 기후에도 영향을 미친다. 즉, 물류, 운송, 수산업 등의 해양 활동과 밀접한 관련성이 있으므로 해류 연구의 중요성이 크다. 또한 장기적 관점에서 기후변화와의 연관성 규명을 위하여 해류 변동 정보의 필요성이 커지고 있다. 해류를 이해하고 해류의 변동을 예측하고 대비하기 위하여 해양조사원에서는 해류를 꾸준히 관측하고, 해류모식도를 제작하고 배포하는 등 다양한 활동을 지속해 오고 있다.

해류모식도 제작

국립해양조사원은 2011~2015년에 걸쳐서, 국내 최초로 관측을 기반으로 동해 및 황·동중국해, 북서태평양의 해류 흐름을 쉽게 도식화한 **'우리나라 주변해역 해류모식도'**를 제작하였다. 해류모식도는 최신의 관측 기술과 과학적 사실에 근거하여 정확한 해류 정보를 담기 위하여 대학(군산대·서울대) 및 연구기관의 해류전문가, 한국해양학회 회원들과 함께 자문회, 토론회, 설문 등을 통하여 제작하였다. 이 해류모식도는 광범위한 의견수렴과 검증 과정을 거쳐 완성도를 높였고, **최초의 과학적인 해류모식도**라는 대표성을 확보했다는 평가를 받았다.

2015년에 제작된 해류모식도는 실제에 가까운 해수 흐름을 나타내기 위해 선 굵기를 해류 세기에 비례하도록 표현하였으며 쿠로시오, 대마난류, 동한난류 등과 같이 연중 변동성이 적은 해류는 실선으로, 북한한류, 황해난류 등과 같이 수개월 또는 수년 단위의 변동성이 큰 해류는 점선으로 표현되었다.

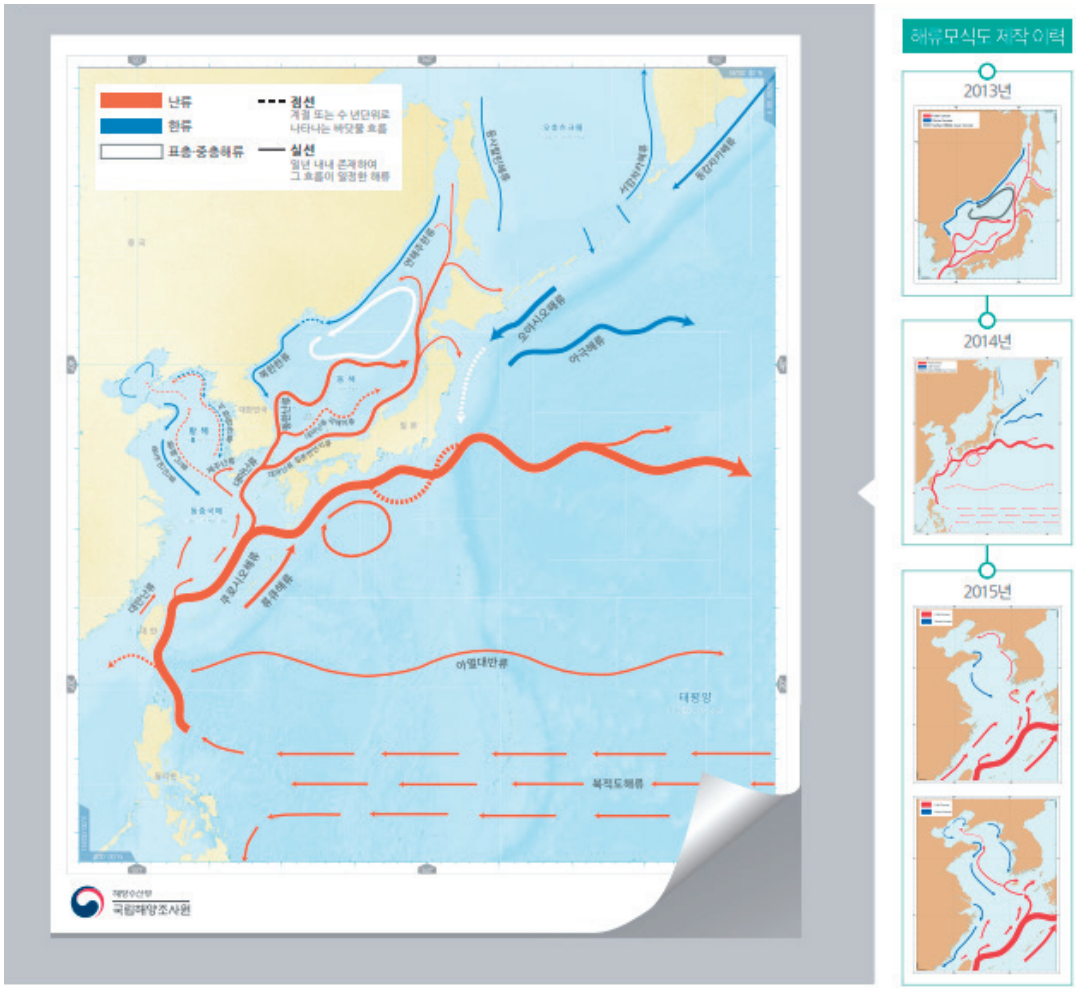
완성된 해류모식도는 우리나라 주변 해역의 통일된 해류 정보 전달을 위하여 백과사전, 웹 백과 등에 활용되었으며, 해류모식도에 대한 상세한 설명은 국립해양조사원의 바다누리해양정보서비스 사이트(http://www.khoa.go.kr/oceangrid/khoa/intro.do)에서 '해류모식도'를 검색하면 각 해류의 특징과 함께 확인할 수 있다.* 또한 각종 간행물 제작 시 발생할 수 있는 해류모식도의 왜곡을 방지하고 정확하고 간편한 제작을 위하여 수치 파일로도 제공되고 있다.

교육용 해류모식도 제작 및 교과서 게재

국립해양조사원이 제작한 해류모식도가 완성되기 전까지는 일본 해양학자 우다(宇田)가 1934년 소개한 해류모식도 또는 국내외 개별 연구자가 제시한 각기 다른 해류모식도가 초-중-고 교과서에 수록되었다. 이러한 기존의 해류모식도는 동일한 해류가 각기 다르게 표현되어 일반국민과 학생들이 우리나라 주변 해수 순환을 정확히 이해하는데 혼선을 빚어왔다.

국립해양조사원은 일반 국민과 중·고등학교 학

* http://www.khoa.go.kr/koofs의 해수유동자료>해류>해류모식도

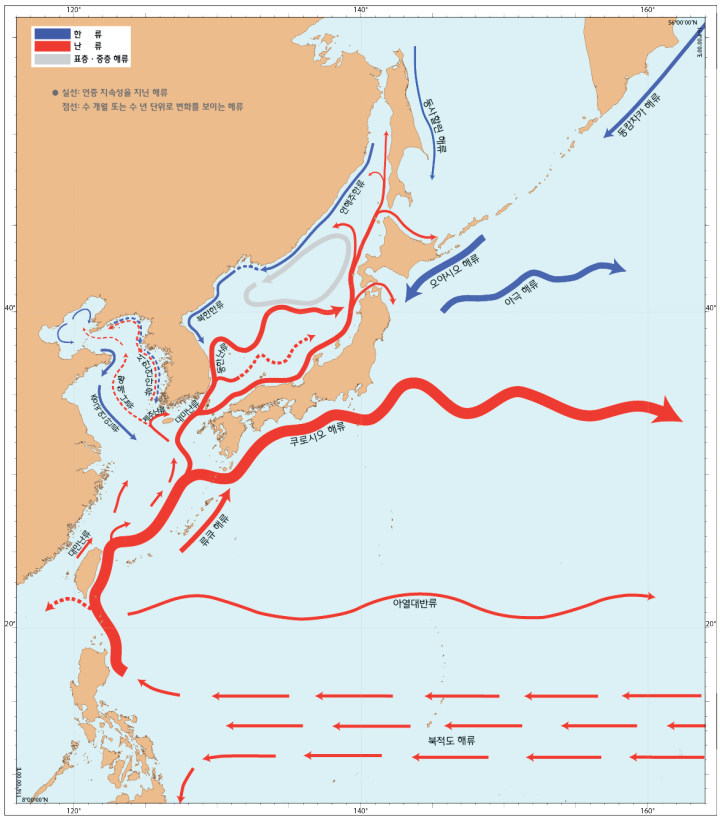


해류모식도 제작 이력

생들에게 정확한 해류 정보를 전달하기 위하여 한국해양학회 회원들과 국내·외 해류전문가, 현직교사 등이 참여하여 우리나라 주변 해역에 대한 통일된 해류 명칭과 **교육용 해류모식도**를 완성하였다.

정확한 해류모식도의 표현을 위하여 교육용 해류모식도 수치파일 제공과 함께 아래의 제작 지침을 마련하여 해류의 경로와 너비가 맞지 않게 그려지는 오류를 막고, 사용자의 목적에 따라 색상과 영역 표현에서의 활용성을 높이고자 하였다.

(1) 해류모식도의 색상, 영역 변경 등 재가공 시 수치파일을 사용
(2) 해류의 경로, 너비(세기), 명칭을 임의로 변경하지 않음
(3) 난류(빨강)와 한류(파랑)로 표기된 해류의 색상은 목적에 맞게 임의 변경 가능
(4) 사용 목적에 따라 해류모식도의 일부 해류 생략 가능



중등 교육용 해류모식도

* PEACE-8은 한국, 러시아, 일본, 중국 등 동아시아 주요국의 해양학자들이 참여하는 국제 학회

** 'Handbook of the Mathematics of the Arts and Sciences' (Springer 출판)

이를 토대로 국립해양조사원은 지난 2년간 교육부와의 협의로 통일된 해류 명칭과 해류모식도가 중·고등 교과서에 적용될 수 있도록 노력을 기울여 왔다. 그 결과, 2018년부터 적용될 일부 교과서에 국립해양조사원의 해류모식도를 게재하였다. 교육용 해류모식도는 해양 과학적 근거를 기반으로 국내외 다수의 전문가 의견이 충분히 반영되었으며, 이러한 내용들이 국제전문학회(PEACE-8*)에도 소개되어 그 필요성과 성과에 대해 외국 해양학자들에게도 큰 호평을 받았다.

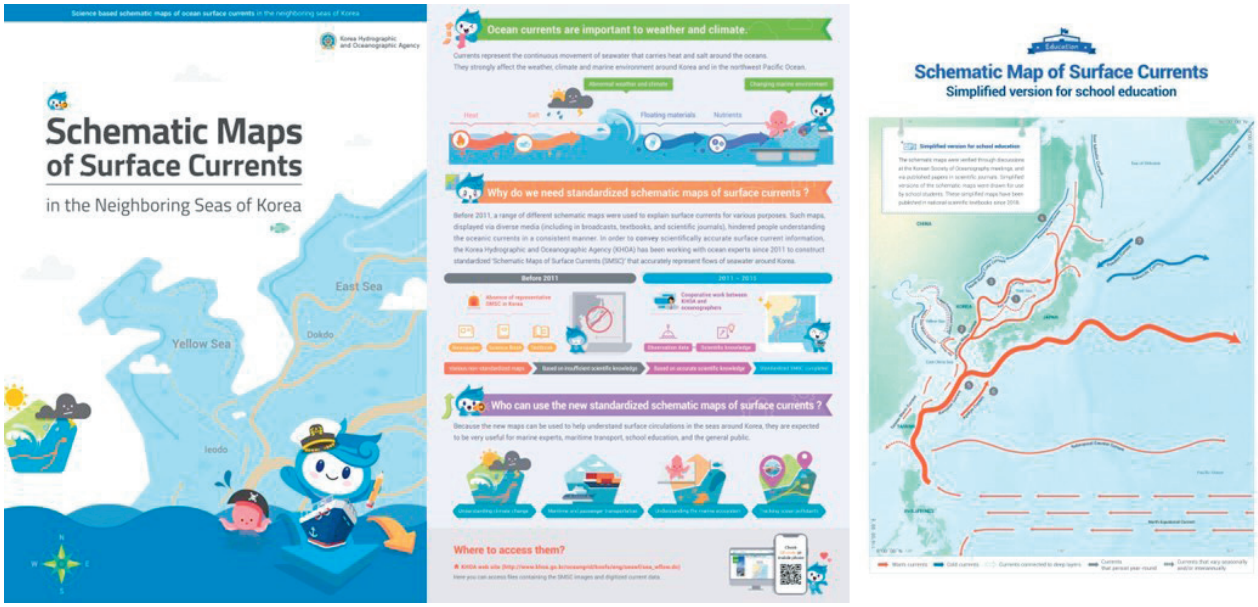
특히, 2019년에는 국제 전문 서적**에 해류모식도 제작 방법과 과정을 수록하여 해류모식도 제작에 관한 국제적 기준을 제시하기도 했다.

해류모식도의 영문 홍보물 제작 및 배포

해양학자들의 자문을 통해 해류모식도의 영문 홍보물을 제작하여 해외에 우리나라 해양영토를 알리는 데 적극 활용하고 있다. 영문 홍보물에는 자세한 해류모식도와 함께 한반도 주변의 주요 해류(동한난류, 북한한류, 대마난류, 연해주한류 등) 명칭과 특징을 소개하고, 해류가 날씨와 기후에 미치는 영향*, 해류모식도 활용 분야** 등에 대한 간단한 설명이 포함되었다.

해류모식도 영문 홍보물은 주요 대학과 연구기관은 물론 반크(VANK), 독도연구소 등 우리나라 해양영토를 알리는 민간 단체에도 배포되어, 현재 교육자료 및 국제회의 및 행사 등에서 홍보자료로 활용되고 있다.

우리나라 국·영문 해류모식도는 국립해양조사원 해양과학조사연구실(051-400-4361)에 문의하면 무료로 제공받을 수 있으며, 홈페이지(www.khoa.go.kr)에서도 확인할 수 있다.



영문 해류모식도 리플릿

마무리하며

해류에 미치는 영향은 요인은 다양하여 일반화하기가 쉽지 않다. 마치 속에 작은 소용돌이, 바람 등 여러 현상이 혼재하는 태풍 경로를 작성하여 모식도를 그리는 것과 같다. 해류모식도를 제작하고 여러 사용자에게 오프라인 및 온라인으로 공유하는 일은 각 사용자에게 해양환경의 변화를 인식하는 기반을 제공한다.

2024년은 해수의 평균온도가 관측상 최고점을 갱신하였으며, 해류가 점차 북상하고 있다고 보도되었다. 이러한 시점에서 해류모식도 제작은 교육뿐만 아니라, 오피니언 리더 그룹에서도 기후 위기를 인지할 수 있는 중요한 도구를 제공하였다는 데 의의가 있다.

본 기사에서는 2010년대에 나온 성과물을 수록하였지만, 향후 해류에 대한 지속적인 관측과 연구를 위하여 현재의 시점에서 한 번 더 공유가 필요하다고 판단하여 본 기사를 작성하였다. 해류와 해류모식도에 관한 추가적인 정보를 더 확인하고 싶다면 국립해양조사원 사이트와 바다누리 해양정보서비스에 접속하여 해류에 관한 더 많은 연구 자료 및 추가 정보를 확인할 수 있다.

국립해양조사원. (2013). 우리나라 주변해역 해류도 개선 연구(I)

국립해양조사원. (2014). 우리나라 주변해역 해류도 개선 연구(II)

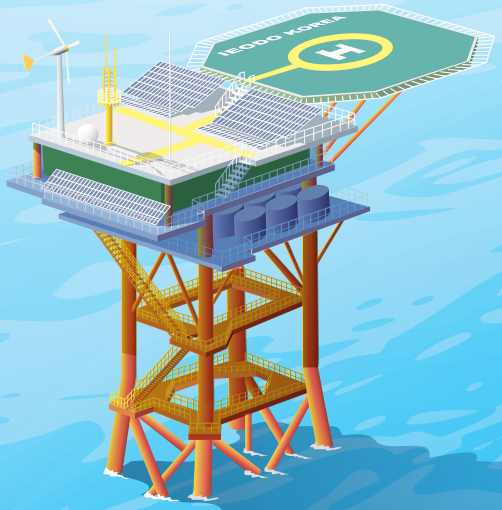
국립해양조사원. (2015, 12월 23일). 관측 기반 우리나라 주변 해류흐름 지도 완성. 국립해양조사원보도자료. https://www.khoa.go.kr/user/bbs/detailBbsList.do?bbsMasterSeq=BOARD_MST_0000000003

국립해양조사원. (2017, 1월 24일). 미리보는 중등 교과서용 해류모식도. 국립해양조사원보도자료. https://www.khoa.go.kr/user/bbs/detailBbsList.do?bbsMasterSeq=BOARD_MST_0000000003

국립해양조사원. (2018, 12월 23일). 국립해양조사원 완성 해류모식도, 중등 교과서 게재. 국립해양조사원 보도자료. https://www.khoa.go.kr/user/bbs/detailBbsList.do?bbsMasterSeq=BOARD_MST_0000000003

국립해양조사원. (2020, 7월 13일). 우리 '해류'는 우리 '지명(地名)'으로!. 국립해양조사원보도자료. https://www.khoa.go.kr/user/bbs/detailBbsList.do?bbsMasterSeq=BOARD_MST_0000000003

국립해양조사원, 국립해양조사원 홈페이지, 해양조사 용어사전, http://www.khoa.go.kr/khoa/pgmctrl/selectDictionaryList.do



해양조사 기술동향 통권 제20호(2024-2)

발간처: **한국해양조사협회** | 발간인: **김백수** | 발간일: **2024년 7월 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