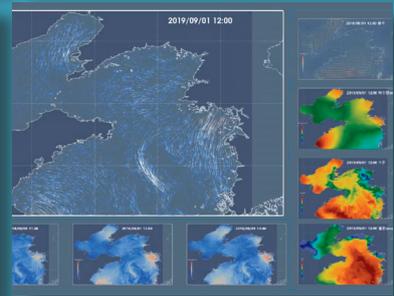
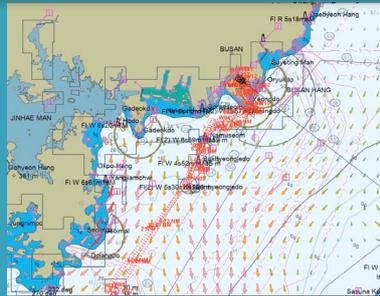
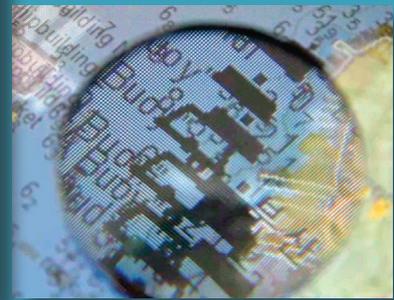


해양조사 기술동향

통권 제9호(2021-3호)





국제수로기구(IHO) Brief News

2021 3분기 주요회의 목차(Monthly Reports)

1. 제19차 국제수로기구 능력배양소위원회(CBSC19) 원격화상 회의
(19th Meeting of the IHO Capacity Building Sub-Committee (CBSC19) VTC meeting)
2. 제6차 국제수로기구 전자해도 표준관리 실무그룹(ENCWG) 온라인 회의
(6th Meeting of the IHO ENC Standards Maintenance Working Group Virtual Online Meeting)
3. 제13차 국제수로기구 지역간조정위원회(IRCC13) 화상회의
(13th Meeting of the IHO Inter-Regional Coordination Committee (IRCC13) VTC meeting)
4. 제1차 국제수로기구 해양조사실무그룹(HSWG-1) 화상회의
(1st Meeting of the IHO Hydrographic Surveys Working Group (HSWG-1) Virtual Online Meeting)
5. 국제수로기구 100주년 기념식
(IHO 100 years of international cooperation in hydrography IHO 100 Years)

2021년 4사분기 전후 예정된 주요 IHO 회의

2021. 10

일	월	화	수	목	금	토
26	27	28	29	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	1	2	3	4	5	6

- 10월 4~6일: 해양법자문위원회(ABLOS) 비즈니스 미팅, 웨비나
- 10월 19~21일: IHO 이사회(Council, C-5)
- 10월 25~29일: 유엔 글로벌 공간정보관리 전문가 위원회, 해양공간정보/해양공간데이터인프라 실무그룹 회의(UN-GGIM, WGMGI/MSDIWG)

2021. 11

일	월	화	수	목	금	토
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	1	2	3	4

- 11월 5일, 17일: 대양수심도 SCOPE 회의 (GEBSCO-SCOPE)
- 11월 16~17일: 제34차 해저지명소위원회 회의(SCUFN34 VTC)
- 11월 23일: S-100 프로젝트 그룹 회의 (S-100P CG2 VTC)

2021. 12

일	월	화	수	목	금	토
28	29	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	1

- 12월 7~15일: 국제해저기구(ISA) 총회 - IMO 32차 총회(킹스톤, 자메이카)
- 12월 14~18일: 30차 국제지도학회(ICA) 컨퍼런스(플로렌스, 이탈리아)

제19차 국제수로기구 능력배양소위원회(CBSC19) 원격화상 회의

(19th Meeting of the IHO Capacity Building Sub-Committee (CBSC19) VTC meeting)

2021년 6월 9일~10일 / 화상회의(VTC)

■ 제19차 국제수로기구 능력배양소위원회(CBSC19)가 의장인 에버트 플라이어(Evert Flier)의 주도로 지역수로위원회 대표 14명과 회원국 대표 15명이 참가하였으며, IHO 사무국에서는 루이지 시나피(Luigi Sinapi)가 대표로 참석하였고, 능력배양소위원회 사무국에서는 레오넬 맨테이가스(Leonel Manteigas)와 샌드린 브루넬(Ms Sandrine Brunel)과 박인성(CBSC 프로젝트관리관) 등 3인이 참석함.



제6차 CBSC 원격화상회의 참석자

- 의장의 인사말 이후, 신규 CBSC 멤버인 마르코 그라시 대령(Captain Marco Grassi, 이탈리아)에 대한 환영인사가 있었고, 레바논이 94번째로 국제수로기구 회원국이 되었음을 알림. 2020 국제수로의 날(World Hydrography Day) 주제인 “해양조사의 지난 100년의 국제협력”, 특히 선배들의 중요한 업적과 첨단기술발전을 기술하고 과거, 현재, 그리고 미래의 목표를 강조함. 국제수로기구 100주년 행사를 요약하고 새로운 IHO 홈페이지 개설을 알림.
- 각 지역 수로위원회로부터 보고를 받고 능력배양 조정관은 코로나 영향으로 일부 활동이 연기되어 다른 대안을 찾고 원격으로 훈련 방법을 변경하는 상황을 설명하면서, 한국이 IHO 이러닝 센터와 온라인 훈련을 제공하고자 하는 것은 커다란 발전이라고 하고 지대한 감사를 표했음. 원격활동을 통해 다른 지역에서 참석한 자들에게도 자원을 공유하고 더 많은 참여가 일어날 수 있도록 하는 것이 제한된 재원을 관리하는데 핵심이 되며, 세미나, 워크샵, 강의 코스와 같이 원격으로 수행하기 좋은 활동을 촉진시키고 능력개발 달력을 개발하기로 결정함.
- 스페인 대표는 타국의 학생들을 받을 수 있는 수로학 과정과 일부 장학금 수여에 관련한 발표를 하였고, 경험이 풍부한 교관들과 스페인어로 된 세미나, 강좌, 워크샵 등에 협력할 가능성을 언급함.
- 능력배양 프로젝트팀 전략 초안은 능력배양소위원회 웹페이지 CBSC19에 게시되어 있으며, IHO 전략 계획을 고려하여 CBSC 전략이 어디에 있고 어디로 가고 있는지 모니터링하기 위해 Gap 분석이 수행됨. 조정된 능력배양 전략 초안은 개발 업데이트 단계(잠재적으로 수로 관리에 대한 0단계 포함)와 효율성 측정(MoE)을 해결하기 위한 능력배양 전략(인식, 평가, 분석 및 조치) 프로세스의 5단계로 구성됨. 또한 가용 자원의 수준에 따라 균형을 유지해야 하는 CB 자원 할당 전략을 개발하는 것이 필요하며, 참여자들의 기여가 필요하다는 점이 언급되었고, 관련 작업은 서신을 통해 지속하기로 함.
- 능력배양 이러닝 프로젝트팀은 위임사항, 의사규칙 및 실행 계획의 개발에 대해 보고하고, 몇몇 회원국과 프로젝트팀은 이미 다른 워킹그룹에서 MSDIWG, IC-ENC, SANHO, KHOA, SHOM 및 UNESCO와 같이 교육 관련 콘텐츠와 경험을 공유했음. 가이드라인 초안, 센터 웹사이트 구축 등 2021년 계획된 활동 중 일부가 언급되었으며, 2022년에는 프레임워크를 마무리하고 회원국과 함께 웹사이트를 테스트할 계획임. 우리나라는 시스템의 아키텍처를 설명하고 IHO e-러닝 코스의 다양한 종류와 해당 요구사항 및 특성을 설명할 예정임.
- 확립된 성과지표 및 통계 그래픽, 능력배양기금의 가용성, 제출된 요구사항 및 수행된 프로젝트, 기술 방문, 능력배



양 활동 및 학생 수는 모두 2020년이 일반적인 해가 아니며 코로나의 영향을 많이 받는 것으로 파악됨. 차기 회기 회의에서는 향후 능력배양 전략과 능력배양 프로젝트팀 전략의 진행 상황을 고려하여 전략지표와 통계의 개정 등을 논의하기로 함.

- 능력배양 재무보고서를 발표하면서 2021년 지출은 감소될 것이고, 가용 자금과 현재 프로젝트의 대부분이 2022년으로 이월될 예정이며, 프로젝트 수행은 지난 몇 년보다 낮을 것이나, 2021년 프로젝트가 이월되면서 실행할 과제가 상당히 많을 것으로 예상됨. 2023년에 배정되지 못할 자금의 감소가 예상되며, 상황이 악화될 수 있으므로 자원과 프로젝트 내용을 공유하고, 원격활동에 투자하는 것이 매우 중요하다는 것을 인식함.
- 회의에서 2022 능력배양관리계획에 대한 논의가 있었고, 동일한 점수와 가용 자금이 있다는 것을 고려하여, 자금을 조달할 프로젝트를 선택하고 2022 능력배양 업무계획을 회의에서 승인함.
- 차기 회의는 2022년 6월 모나코를 백업으로 하여 인도네시아에서 개최하기로 하고, 2023년은 5월 또는 6월에 일본에서 그리고 2024년 5월 또는 6월에 에콰도르에서 개최하기로 예정하였으며, 2022년 2월 임시 화상회의를 통해 최종 결정하기로 하였음.

[우리나라가 갖는 의미]

국립해양조사원은 IHO 이러닝 센터 설립을 제안하고 지원할 것을 약속하고 실질적인 아키텍처 구성 및 개발 시나리오 등을 가지고 능력배양 활동을 주도하고 있으며, 그 역할을 감당하기 위하여 예산을 확보하고 전문가 그룹을 구성하여 만전을 기하도록 해야할 것임.

제6차 국제수로기구 전자해도 표준관리 실무그룹(ENCWG) 온라인 회의

(6th Meeting of the IHO ENC Standards Maintenance Working Group Virtual Online Meeting)

2021년 6월 15일~17일 / 화상회의

- 제6차 전자해도 표준관리 실무그룹(ENCWG) 회의가 2021년 6월 15일부터 17일까지 원격 화상 원격 회의(VTC)를 통해 개최됨. 회의에는 23개 회원국(호주, 벨기에, 브라질, 캐나다, 칠레)에서 온 66명의 대표와 기타 중국, 덴마크, 에스토니아, 핀란드, 프랑스, 독일, 인도, 인도네시아, 이탈리아, 일본, 대한민국, 네덜란드, 뉴질랜드, 노르웨이, 싱가포르, 스웨덴, 영국, 미국 및 14개 이해관계자 조직도 참석함. IHO 사무국은 IHO 이사 아브리 캠퍼(Abri Kampfer), 부국장 백용, 기술 표준 지원 책임자 제프 우튼(Jeff Wootton)이 대표로 참석함.
- 6차 전자해도 실무그룹 회의에서는 IHO 간행물 S-58 전자해도 유효성 검사(ENC Validation Checks)의 7.0.0판 초안 검토를 포함하여 2021 ENCWG 작업 프로그램에 포함된 항목에 대해 논의하였으며 그 목록은 IHO 간행물 S-57 부록 B.1, 부속 A의 4.2.0판 초안 - ENC용 객체 카탈로그의 사용; S-63 IHO 자료보호표준 초안; S-57에서 S-101로 전환하는 하위 그룹의 진행 상황 등임.
- 수로업무표준위원회 제13차 회의(HSSC13)의 권고에 따라, ENCWG은 전자해도의 수심 정보 정확도, ECDIS(전자해도표시시스템)의 ENC 일반화, 오버 스케일링 및 안전 검사 기능 등에 관한 Mariner 정보 문서를 S-67(전자해도 상 수심 정확도에 대한 항해자 지침) 및 S-65(전자해도 제작·유지관리 및 배포에 관한 지침) 등 현재 존재하는 문

서에 포함하기로 결정함. 또한 차기 HSSC14 회의에서 S-67의 명칭 변경을 제안하여 향후 이러한 정보문서를 보다 잘 수용할 수 있게 하기로 의결함. IHO ECDIS 프레젠테이션 라이브러리(Presentation Library)의 S-52(ECDIS상 해도정보 및 화면표시기준) 부록 A 4.0.(3)관이 발행된 이후, 관계자가 부분적인 기술 개선을 제안하였음. S-52 하위 그룹이 이러한 제안을 검토하고 적절한 경우 7차 ENCWG 회의를 위해 프레젠테이션 라이브러리의 새로운 명확화(Clarification) 4.0.(4)관을 준비하는 데 동의함.

- IHO 간행물 S-58 ENC 유효성 검사의 초안 7.0.0관이 회의에서 검토됨. 회의에서 제안된 추가 수정 사항에 대한 논의와 수정을 거쳐 최종 초안이 승인됨. S-58 Edition 7.0.0에 포함된 새로운 유효성 검사가 ENC 인코딩 지침과 일치하도록 하기 위해, IHO 간행물 S-57 부록 B.1 부속 A(ENC 객체 카탈로그의 사용)의 4.3.0관 초안 또한 회의에서 논의된 후 승인됨. 두 간행물은 모두 승인을 위해 HSSC14에 제출 예정임.
- S-57에서 S-101로의 전환을 위한 소그룹은 S-57에서 S-101로의 새로운 전환 지침 초안을 검토하는 과정에 있다고 보고함. 이 변환 가이드는 현재 개발 및 테스트 단계에 있는 S-101(전자해도 제품기준) 1.0.0관을 참조함. 이 문서는 S-101 2.0.0 판으로의 이동에 따라 가이드의 개발을 유연하게 관리하기 위해 IHO 간행물 S-65(ENC 제작, 유지관리 및 배포에 관한 지침)의 부록으로 포함되도록 제안되었고, 이 출판 계획은 HSSC14에 제안하기로 합의함.
- ECDIS 핵심 제조업체는 최근 ECDIS 핵심 버전에서 ENC 업데이트로 인해 주변 Group 1 객체가 삭제되거나 수정되어 해저 항해 위험(OBSTRN, UWTRC, WRECKS)을 표시하는 데 문제가 있다고 보고함. ENCWG는 항해 안전을 고려한 잠정 솔루션으로 이 문제의 영향을 받을 수 있는 ENC를 업데이트가 아닌 새 버전으로 발행하고, IHO에 등록된 모든 ECDIS OEM을 대상으로 추가 조사와 분석을 수행하도록 ENC 생산자에게 권장하는 ENC 인코딩 회보(ENC Encoding Bulletin)에 게시하기로 함. 그 결과는 올해 하반기 ENCWG 화상회의에서 보고될 예정이다.
- ENCWG는 현 의장인 토마스 멜러(Thomas Mellor)와 부의장인 리처드 파울리스(Richard Fowleas)를 다음 회기 동안 워킹그룹을 이끌도록 선출. ENCWG의 7차 회의는 2022년 10월 또는 11월에 뉴질랜드에서 열릴 예정이며, WG의 작업 프로그램 진행 상황을 논의하기 위한 중간 회의는 2021년 하반기에 화상으로 열릴 예정임.



제6차 ENCWG 원격화상회의의 참석자

[우리나라가 갖는 의미]

전자해도 표준 그룹은 S-100과 S-57을 동시에 지원하는 이중 연료 개념을 고수하고 있으며, 해양조사 기술이 뒤진 여러 국가의 수준 제고를 위한 방안을 모색하고 있음. 정확도 제고를 위한 세부 기술의 정의과정을 통해 S-101 표준의 준용이 확대될 수 있도록 관련 기술개발과 적용을 우리나라가 선도해야 할 것임.



제13차 국제수로기구 지역간조정위원회(IRCC13) 화상회의

(13th Meeting of the IHO Inter-Regional Coordination Committee (IRCC13) VTC meeting)

2021년 6월 23일~25일 / 화상회의

■ 제13차 IHO 지역간조정위원회(IRCC13) 회의가 2021년 6월 23일~25일에 가상회의로 개최됨. 회의의 의장은 토마스 델링(Thomas Dehling, 독일)으로 30개 회원국으로부터 80명이 참가하였으며, 모든 지역 수로 위원회(RHC) 및 IRCC의 하위 기관 대표가 참가함. IHO 사무국은 마티아스 요나스 사무총장(Dr Mathias Jonas, HCA 의장), 루이지 시나피 국장(Luigi Sinapi, IRCC 간사), 레오넬 멘테이 가스 부국장(Leonel Manteigas)이 참석함.



IRCC13 화상회의 참석자

- 회의는 토마스 델링 의장이 참석자들을 환영하고 의장은 2021년 6월 21일 모나코에서 하이브리드 형식으로 개최된 IHO 100주년 기념식과 수로의 미래를 위한 IRCC의 중요성에 대해 참가자들에게 연설함.
- 수로 업무 표준 위원회(HSSC) 의장은 S-100 구현의 중요성과 S-101 ENC와 기타 제품 간의 상호 운용성을 설명하고, IHO 전략계획과 관련하여 HSSC에 할당된 SPI(전략적 성과지표)를 조사하기 위한 매트릭스에 대한 합의가 언급됨. S-100 제품기준 개발, S-98 상호운용성 기준 및 S-100 항법 패키지에 대해 설명하고, “S-130 세계 해역 제품 기준의 다각형 경계”와 “해상 자율 수상 선박(MASS)”의 각각에 대해 2개의 새로운 프로젝트팀 구성을 설명하였음. 이중 연료 개념과 거버넌스 문서의 필요성, S-57 및 S-101의 병렬 생산과 같은 몇 가지 전략적 문제가 S-100에서 확인됨.
- 시나피 이사는 IHO 100주년 기념식과 함께 제2차 총회, 제4차 이사회 회의, IHO 지원 및 새로운 IHR(International Hydrographic Review) 웹사이트 개설의 가장 중요한 결과를 언급하면서 IHO 사무국 보고서를 제시함.
- RHC(지역수로위원회) 의장들은 “전략적 계획 및 격차 분석에 대한 작업”, “중요 결과” 및 “IRCC에 대한 제안” 등 세 가지 주요 주제의 보고서에 집중함. 주요 관심사는 지역 수준에서 SPI(전략적 성과지표)값 결정에 대한 지침의 필요성과 S-100 로드맵 구현의 협력 및 조정과 관련된 것이었음. 일부 RHC 의장은 회원국 간의 의사소통 문제, 원격화상회의(VTC)의 낮은 생산성, 신규 회원국 모집의 어려움, MSDI(해양공간데이터 인프라) 이니셔티브의 구현, 역량 강화 프로젝트의 연기, 영국 수로국에서 제공하는 온라인 과정과 같은 원격 교육의 중요성을 언급함.
- 세계항행경보서비스 소위원회(World-Wide Navigational Warning Service Sub Commity) 의장은 최근 회의에 대해 보고하고 여러 NAVAREA(세계무선항행경보시스템)에 기여한 국가 조정관의 비율을 그래프로 보여주었음. 그래프를 통해 MSI(해사안전정보) 역량 구축 과정의 효율성과 역량 구축 교육을 집중할 위치를 확인할 수 있었음. 또 다른 그래프는 WWNWS의 항행경보 발령과 관련하여 지난 5년간 증가 추세를 자세히 설명하고, 14%의 꾸준한 증가 추세를 보여주고 있음을 알림. 이는 자격을 갖춘 트레이너가 부족하므로, 교육 자료를 검토하고 트레이너에 대한 교육 과정을 제공하기 위한 것임.
- 능력배양소위원회 위원장은 능력배양(CB) 활동에 대한 코로나 대유행의 중대한 영향을 언급하는 CB 작업 프로그램

램(CBWP)을 발표하였음. CBWP 비 배정 프로젝트의 총 자금이 감소하여 자금 지원 프로젝트가 제한되었으나 한국과, 일본 Nippon Foundation의 관대한 재정 기부 및 수로학에서 여성 역량 강화 프로젝트에 대한 캐나다의 기여가 언급됨. CBSC는 참가자가 접근할 수 있는 가상 CB 활동에 대한 활동 달력을 준비하기로 결정함. 자금과 관련하여 거의 모든 2020 CB 프로젝트가 2021년과 2022년으로 이동되어 일시적으로 자금 지원 프로젝트 수가 증가할 예정임. CBSC는 새로운 IHO 전략과 현재의 CB 전략 간의 격차 분석을 수행한 CB 전략의 수정 프로젝트팀을 구성, 프로젝트팀은 효율성 지표(MoE)의 달성을 위해 “CB 전략 초안”, “개발 단계 업데이트” 및 “CB 전략 프로세스에 5 단계 추가(인식, 평가 및 분석, 실행)”라는 세 가지 업무를 도출함. IHO 이러닝 센터 프로젝트 팀은 일부 WG(실무 그룹) 및 기관으로부터 콘텐츠를 확보할 수 있다는 기대와 함께 위임사항 및 의사규칙을 만들. 가이드라인은 2022년에 IHO 회원국과 함께 운영 테스트를 시작하기 위해 내년 9월까지 완료될 것으로 예상함. 시나피 이사는 예측 가능한 IHO 예산 흑자로 인해 2021년 말에 증액 기회가 있을 수 있다고 언급하고, 또한, UKHO(영국수로국)의 온라인 과정과 같은 더 많은 이니셔티브를 장려함.

- 전세계 전자해도 데이터베이스 실무 그룹(Worldwide ENC Database Working Group, WENDWG) 의장은 모든 S-100 시리즈 제품에 (전혀) 적용되지 않을 수도 있는 WEND-100 원칙에 작업이 주로 집중되었다고 보고함. 구현 지침은 각 제품기준에 적용하는 방법을 결정할 것이며 WG는 또한 S-57에서 S-101로의 효율적인 전환을 보장하기 위해 S-101 ENC 계획 지침에 관한 작업을 시작함. HD ENC(전자해도 수로사전)에 대한 계획을 수립하기 위해 전자해도 생산자를 위한 설문지를 개발함. S-128(항해제품 카탈로그)을 사용하는 INTtoGIS III 계획을 환영하였고, WENDWG는 또한 S-57에서 S-101로의 전환을 지원하기 위한 지침을 개발하는 데 동의함.
- 이탈리아 수로국은 S-100 제품의 도입이 수로청에서 어떻게 인식되고 있으며 향후 몇 년 동안 제품에 어떤 영향을 미칠지에 대한 연구를 수행하기 위한 공동 노력의 일환으로 제노바 대학과 함께 개발한 설문지를 제출함. 이 연구는 S-100의 도입이 해운 회사와 해양 운영자에게 미칠 영향에 초점을 맞춘 광범위한 연구의 일부임.
- 해양공간자료 인프라 실무그룹(MSDIWG)은 3월에 열린 화상회의와 함께 작업을 재개했음. MSDI Ver.2.0의 개념이 제시되었고 RHC MSDI 협력의 롤 모델이 될 수 있는 거버넌스 모델로 Artic SDI가 언급됨. 목표 2.1과 관련된 전략적 성과 지표(해양 공간 데이터 인프라(MSDI)에서 지역 및 국제 협력을 지원하고 촉진하기 위한 포털 구축)가 회원국의 다양한 가능성과 요구사항을 조사하기 위해 논의되었음. MSDIWG도 지속 가능한 미래를 위한 해양 공간 계획(MSP) 및 유럽연합의 New BlueEconomy를 따르도록 임무를 받음. 마지막으로 유엔 글로벌 공간정보관리전문가 위원회 실무그룹(UN-GGIM-WG)과 해양지리공간 정보에 대한 긴밀한 작업에 대해 설명함.
- IHO-EU 네트워크 실무 그룹(IENWG)은 특히 EMODnet 포털과 EMODnet 수심 측정의 특정 사례에 중점을 두고 유럽 프로그램에 대한 IHO의 주요 기여에 대해 강조함. IENWG이 MSP(해양공간계획)에 대한 EC Member State Expert 하위 그룹의 옮겨버이기 때문에 해양 공간 계획은 또 다른 관심 영역임. 정부간해양학위원회 해양관측시스템의 일부인 EURO GOOS(유럽 해양관측시스템)와의 상호 작용은 과학 데이터의 상호 운용성 및 재사용에 대한 논의와 함께 언급됨. 공공 부문 정보의 재사용에 관한 유럽 지침 2019/1024도 설명되었는데, 데이터 외에 전자해도와 같은 제품에 대한 무료 배포도 포함될 수 있다고 언급됨.
- FIG/IHO/ICA가 구성한 국제 수로 측량사 및 해도 제작자 역량 기준 위원회(IBSC)는 IBSC43 회의에서 15건의 제출안이 검토되었으며, 1건만이 승인되었고 5건은 조건부로 승인되었다고 언급했음. 이사회는 회기간 10개의 수정안을 제안함. 2020년 말 기준 15건의 제출안 중 11건이 인정됨. 2021년 IBSC44에서는 14건의 제출안이 검토되었으며 1건만 인정되었고 3건은 조건부로 인정됨. 이사회는 회기간 9개의 수정안을 제안함. 주요 문제는 초기 제출안의 품질이 좋지 않아 수정 작업이 반복되어 IBSC에 과도한 작업 부하를 초래한다는 것이며, 코로나로 인해 IBSC



작업 및 회의에 부정적인 영향을 미치는 교육 전략 수정 및 원격 학습 전략 개발이 필요함.

- 크라우드 소스 수심측량 실무그룹(Crowdsourced Bathymetry Working Group, CBSG)은 지난 회의와 새로운 부의장 선출에 대해 보고했음. 회람 서한(IHO CL 21/2020 및 IRCC CL 1/2020)은 회원국에게 CSB 데이터 제공에 대한 입장을 표시하도록 요청했으며 30개국으로부터 긍정적인 응답을 받음. 현재 CSB의 노력과 프로젝트에 대한 정보가 회의에서 언급됨. 지원활동으로 제10차 CSBWG 회의에서 RHC(지역수로위원회) 및 수로국(HO)과의 협력을 개선할 수 있는 방법에 대해 논의함. CSB 요약 가이드 초안과 IHO B-12(크라우드소스 수심측량 지침) 업데이트 내용을 설명함.
- 제대로 조사되지 않았거나 조사되지 않은 지역에서 데이터를 수집하는 CSB 이니셔티브의 목표와 초점을 많은 연안 국가들이 계속해서 오해하고 있음을 강조함. 또한 디지털 수심 측량을 위한 IHO 데이터 센터(DCDB)를 통해 이용할 수 있는 데이터를 처리하기 위해 각 국가의 수로국 내에서 사용할 수 있는 전용 리소스의 명백한 부족에 대한 우려가 제기됨. 다른 IHO 기관과의 연락의 중요성과 작업 항목을 진행하기 위한 업계와의 적절한 참여는 계속해서 이 프로젝트의 핵심 요소임. 지난 몇 년 동안 데이터 품질이 크게 향상되어 현재 60TB가 넘으며 센터에는 185척의 협력 선박으로부터 온 약 25GB의 CSB 데이터가 있음 DCDB는 관할 지역의 CSB 데이터 수집에 대한 회원국의 입장을 고려하여 지리적 필터를 구현하였고 그 결과 아카이브된 데이터를 검색할 수 있는 DCDB 뷰어를 통해 현재 13개 CSB 지원 국가의 데이터에 액세스할 수 있음. 이제 DCDB는 일반 대중이 정보를 검색, 확인 및 다운로드할 수 있는 웹 도구인 GEBCO 지명집(Gazetteer)을 함께 제공함. IHO 회원국 및 이해 관계자는 출처 또는 수집 이유에 관계없이 수심 데이터 제공에 기여하고 이를 장려하도록 권장함.
- GEBCO 운영 위원회는 허용 가능한 최소 데이터 범위가 6%에서 21%로 증가했다고 언급했는데, 이는 여전히 전체 육지에 대한 100%의 10m급 DEM 범위와 비교할 수 없음. 지속 가능한 개발을 위한 UN 해양 과학 10년은 해저에 대한 포괄적인 대양수심도를 완성할 필요성을 분명히 밝힘. 미래 세대의 해양 과학자 및 수로학자에 대한 투자자의 중요성과 뉴햄프셔 대학과의 GEBCO 교육 프로그램이 강화됨. 이 성공적인 기존 프로그램과 연계하고 다른 해양 지도 작성 프로그램을 식별하고 연결하기 위해 교육 및 훈련에 관한 새로운 소위원회를 설립하기로 결정함. GEBCO 활동의 핵심은 지역 및 국가적으로 파트너십을 구축하는 것이며 몇 가지 예가 언급되고, GEBCO의 가장 큰 두 가지 과제는 정부, 기관, 민간 산업 및 계약업체가 기존 수심 측정 데이터를 더 많이 공유하고, 지도화되지 않은 해저의 나머지 80%에 대해 해저지형도를 작성하는 것임.
- 해저2030 프로젝트는 최근 IOC부터 지속 가능한 개발을 위한 UN 해양 과학 10년의 활동으로 승인받음. 이 프로젝트의 복잡한 조직은 현재 20.6%에 달하는 데이터 수집 및 매핑 커버리지와 함께 설명됨. 이 프로젝트는 Ocean Frontier Mapping, Crowdsourced Bathymetry 및 Technology Innovation의 세 가지 이니셔티브로 격차를 메우는 데 중점을 두고 있음. 전체 해저의 매핑을 촉진하고 정부 및 민간 조직이 데이터를 사용할 수 있도록 장려하는 것이 필요하다고 언급됨. Shell 사는 자사 선박을 운영하는 곳과 발표자료를 제공함. 또한 선박 통과 시 멀티빔 음향측심기 데이터가 수집되는데, Shell은 데이터를 수집하지만 국가의 명시적인 사전 허가 없이 이를 공유/기부할 수 있는 권한이 없고 허가를 구하는 프로세스 또한 복잡하다고 말함. 해저2030에 대한 기여를 위해 국가 해양조사기관과 천연자원 규제 기관 간의 협력을 개선하고, 각국의 배타적 경제수역 통항에 대한 허가 요건을 간소화하거나 줄이는 것을 권장함.
- IHO-싱가포르 혁신 및 기술 연구소의 총 책임자는 목표, 기구의 구조 및 위임사항 등에 대해 발표함. 프로젝트는 IHO가 단독 또는 이해관계자와 협력하여 다른 국제기구 및 IHO 회원국과 공유함. 4월 28일 제1차 관리이사회가 열렸고 IHO 이사인 캠퍼(Kampfer)가 의장으로, 페리 오에이(Parry Oei, 싱가포르)가 총 책임자로 임명됨. “S-57

에서 S-101로의 자동화된 변환” 및 “S-131 데이터베이스”라는 두 가지 프로젝트가 이미 제출되었고, 연구소는 2021년 10월 공식 출범할 예정이다.

- 그는 IRCC 의장이 격차 분석, S-100 실행 전략 및 전략적 성과 지표에 대한 논의를 하기 위해 지역 및 하위 기관 회의에서 시간을 갖는 것이 중요하다고 언급하고, 전략 계획과 관련하여 전략과 경험을 교환하는 것이 중요하다고 함. 제18차 남서태평양 수로위원회는 다른 RHC(지역수로위원회)의 모범이 되는 탁월한 껍 분석을 제공했다고 언급함. 협력은 RHC 내부 및 국제적으로 경험 공유와 함께 필수적으로 간주함. 의장은 지역수로위원회를 성과지표 측정에 참여시킬 필요가 있다고 보고, HSSC(수로서비스표준위원회) 템플릿을 사용하여 관련 IRCC 기관에 성과지표 할당을 제안함. 관련된 IRCC 기관은 IRCC14에서 이에 대해 다시 보고하도록 요청함. IHO 전략계획과 성과지표의 구현에 대해 2021년 9월/10월 중에 워크숍 개최를 제안함. 의장은 또한 IRCC 수준에서 RHC 회의, IRCC 및 위원회의 순서를 지정하고, 화상회의 및 대면 회의를 활용하여 전략적으로 작업하는 방법과 전략적 문제가 일반적으로 위원회에 반영될 것이라는 사실에 대해 논의함.
- PRIMAR사는 PRIMAR 교육 포털에서 제공되는 S-100/S-101 과정에 대한 발표자료를 제공함. 의장은 IHO 이러닝 센터를 위해 PRIMAR 및 IC-ENC에 교육기회를 찾는 등 연계하도록 능력배양위원회에 요청함.
- 다음 지역간 조정위원회 회의는 2022년 5월/6월에 인도네시아에서 열릴 예정(모나코의 지원 포함)이고, 차차기 회의는 일본(2023년)과 에콰도르(2024년)에서 개최될 예정이다.

[우리나라가 갖는 의미]

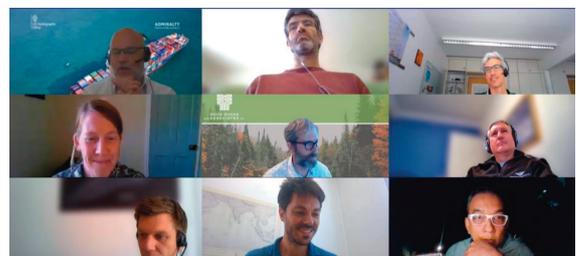
우리나라는 S-100 시리즈 표준을 구현하는 과정에서 핵심역할을 감당하고 IHO 이러닝 센터 구축에 많은 힘을 쏟고 있으며, 그 성과를 확인하는 회의가 되었음. 전략적으로 각 프로젝트를 지속적으로 관찰하는 과정에 UN 및 연안국 그리고 다른 이니셔티브와의 연계성을 강화해야 하며, 성과지표를 중심으로 국제수로기구에서 선도적 기여를 할 수 있도록 전략적 사고와 판단이 필요함.

제1차 국제수로기구 해양조사실무그룹(HSWG-1) 화상회의

(1st Meeting of the IHO Hydrographic Surveys Working Group (HSWG-1) Virtual Online Meeting)

2021년 6월 29일~30일 / 화상회의

- 해양조사실무그룹(HSWG)은 2021년 6월 29일부터 30일까지 화상회의를 통해 첫 번째 회의를 개최함. 그룹의 의장은 데이비드 파커(David Parker, 영국)이며 IHO 회원국 대표 44명과 전문가가 참석하였고, IHO 사무국에서는 IHO 이사 아브리 캠퍼(Abri Kampfer)가 대표로 참석함.
- 의장은 참가자들을 환영하고 실무그룹의 첫 번째 회의 진행을 위한 무대를 마련하며 회의를 시작함. 그는 수로업무 표준위원회(HSSC)와 지역간 수로위원회(IRCC)의 결과에 대한 피드백을 제공하고, FIG/IHO/ICA의 수로 측량사 및海道 제작자 역량기준위원회(IBSC)와의 추가 상호 작용에 대한 자신의 의도를 분명히 밝힘.
- 회의에서는 IHO 간행물 S-44(수로측량 표준) 6.0.0판의 현재 상태를 검토하고 향후 에디션에서 따라야 할 업데이트



Some of the participants at the HSWG-1 meeting



트 메커니즘 및 프로세스에 대해 논의함. 소수의 회원국 대표만이 지금까지 S-44 Ed 6.0이 해당 국가 표준에 포함되었음을 확인하고, 질적으로 개선된 버전의 S-44를 더 널리 사용하도록 더 많은 노력을 기울여야 한다는 데 동의함. HSSC는 해양조사실무그룹(HSWG)에 SPI 2.2.2(수로 측량 표준(S-44)의 새 버전의 새로운 적용 수)를 달성하기 위해 S-44의 활용을 측정하고 평가할 가능성을 고려하도록 지시함. 회의에서는 중간 측정이 S-44의 다운로드 수에 따라 이루어져야 한다는 데 동의했지만 이는 IHO 웹사이트가 이 기능을 제공하고, 측정이 S-44 Edition 6.0의 다음 개정판에서 시작되는 경우에만 가능할 것으로 판단함.

- 부의장인 메건 그린웨이(Megan Greenaway, 미국)는 IHO 간행물 C-13(IHO 수로측량 매뉴얼)의 업데이트 및 유지 관리에 대한 토론을 주도하고, C-13 간행물의 업데이트에 집중하기 위해 수로측량 매뉴얼 프로젝트 팀(HMPT)을 구성하기로 합의. HMPT는 승인을 위해 개정판을 HSWG에 제출해야 하며, 출판물의 폭넓은 활용과 학술적 활용을 고려하여, C-13의 이상적인 형식에 대해 논의함. HMPT의 리더십과 작업 계획은 그러한 하위 IHO 기구에 대한 공통 규정에 따라 최종 결정되어야 함.
- 회의는 또한 위성 기반 수심측량 모범 사례 프로젝트 팀(SDBPT)의 설립에 합의함. 차기 회의는 현재 진행 중인 코로나19 상황에 따라 변경될 수 있으나 대면회의로 진행될 예정이며 장소와 날짜는 추후 확정 예정임.

[우리나라가 갖는 의미]

S-44 6판의 표준의 전 세계 도입을 목표로 처음으로 열린 신설 프로젝트 그룹으로 우리나라에서는 수로측량 담당자들이 신경을 써서 확인하고 C-13 수로측량 매뉴얼의 개정상황을 모니터링 할 필요가 있음. 2021년 3월에 업무규정이 개정되었지만 2021년 측량예산은 2020년에 수립이 되어 S-44 표준이 적용이 되지 않았으나, 2022년 이후에는 새로운 S-44 표준에 의한 특별 등급 측량이 주요 항만과 항로지점에서 수행될 예정임.

국제수로기구 100주년 기념식

(IHO 100 years of international cooperation in hydrography IHO 100 Years)

2021년 6월 29일~30일 / 화상회의

- 국제수로기구(IHO)는 2021년 6월 21일에 100주년을 맞아 축하 행사를 모나코에서 온라인으로 생중계함.
- 기념식의 일환으로 HSH 모나코의 알버트 2세 왕자는 바다에 대한 우리의 지식을 높이기 위한 국제협력의 중요성을 강조하면서 “바다와 해양의 사용과 보존을 조화시키는 것은 우리의 약속입니다.”이라고 함.
- 마티아스 요나스 박사는 IHO의 역할이 수십 년 동안 어떻게 발전해 왔는지 강조하고, “해운이 이러한 정보의 유일한 사용처는 아니며, 해양 환경을 보존하면서 해양 자원을 사용하려면 정확한 데이터가 필요하다.”고 강조함. 이는 “효율적인 해양 재생 에너지를 개발하고, 해양 매개 변수를 활용하여 어업 및 양식업의 생산성을 향상시키기 위한 것이며, 이러한 활용은 일부에 불과하다.” 라고 강조함.
- 다른 참가자들 또한 그의 메시지에 화답하고 유엔 사무총장 해양특사 피터 톰슨 대사는 “우리에게 필요한 데이터, 우리가 원하는 과학, 우리가 원하는 해양을 제공하기 위해 내년 UN 해양 회의에서 나올 혁신과 솔루션의 혼합에서



수로학이 잘 드러나도록 기대한다”라고 전함.

- IHO 창립 회원국 중 하나인 이탈리아는 이탈리아 해군의 대형 선박인 Amerigo Vespucci호를 모나코로 보냈는데 이 선박은 생도를 위한 훈련선 역할을 하며, 바다를 항해하는 모든 사람들에게 수로학의 지속적인 연관성을 보여주었음.
- 축하 행사는 과거의 성과를 검토하는 것 외에도 미래를 살펴보았는데, 수로 및 해양 데이터를 얻기 위한 현대적인 측량 기술을 선보이기 위하여 수중 음향 측정 장치를 탑재한 여러 자율 차량과 드론이 모나코에 배치되었고, HSH 알버트 2세 왕자는 IHO 사무국 옥상에서 원격으로 모나코 항구에 대한 조사를 시작함.



- 마르세유 근처 라 시오타에 위치한 iXblue 사는 원격 제어 및 감독 자율 작업을 모두 수행할 수 있는 7.7m의 자율 수상 차량인 Drix를 시연했으며 또한 Drix는 모나코의 Hercule 항구 입구에서 해상 시험을 보여줌.
- ECA 그룹은 A18D 자율 수중 차량(AUV)을 포트 헤라클레스의 Digue에 있는 레이니어 III 부두에 전시하였고, A18D는 길이가 5.5m이고 24시간의 내구력을 가지고 있으며 최대 6노트의 속력을 낼 수 있으며 수심 3000m까지 작동할 수 있는 것임.
- Laurent Kerléguer, 프랑스 수로국(SHOM) 국장은 “예를 들어, 수로 기술자는 빅 데이터를 처리하기 위해 인공 지능과 관련된 기술을 배워야 하며, 이 일이 시작되고 나서 모든 것이 자동화 처리를 통해 가장 반복적인 작업에서 우리가 벗어날 수 있음을 알려준다.”라고 말함.
- 오후에는 수로학의 의미와 미래에 대한 웨비나가 진행되었고 IHO 회원국 대표 및 업계 파트너와의 패널 토론이 포함되었으며 다음 토론자들이 참석함.
 - Dr Geneviève Béchar, 캐나다 국립 수로국장이자 IHO 이사회 의장
 - Bjorn Jalving, Kongsberg사 기술 수석 부사장
 - Emma Wise, SevenCs/ChartWorld International 영업 이사
 - Peter Heffernan 박사, 전 아일랜드 해양 연구소 CEO, 해양 대사

[우리나라가 갖는 의미]

IHO 100주년 행사에서 우리나라는 지난 100년의 해양조사 기술의 변혁과 미래 희망을 담아내는 기념 비디오를 작성하여 제공한 바 있으며, IHO 요나스 사무총장의 의견을 사전에 조율하여 20여 개국의 해양조사 사진, 비디오, 기타 해도 등의 정보를 받아서 기록물로서의 비디오를 작성하여 제공한 바 있음. 미래의 해양조사 관련 비전 정립 과정에서 우리나라가 S-100 표준을 비롯하여 선도적 위치에서 역할을 할 수 있음도 비디오 내에 포함을 시켰으며 신기술 접목을 통한 개선된 해양조사와 그 성과물의 활용을 강조한 바 있음. 해양수로조사 산업체들에게도 미래의 해양조사에 필요한 신기술 접목 필요성을 강조한 만큼 우리나라의 해양조사 업체들의 시야가 좀 더 확대되고 필요한 역량을 갖추어 가야 할 것으로 사료 됨.



2020년 제6판 IHO S-44 수로측량 표준 소개: 제3장 수심, 측량 범위, 물체 및 해저 저질

S-44 6판 제3장

해상 선박의 항해는 수심(depth)과 물체(features)의 정확한 지식을 요구한다. 선저여유수심(underkeel clearance)이 잠재적으로 문제되는 곳은 측량 범위(bathymetric coverage)가 최소한 100% 되어야 하며, 물체 탐지(feature detection)도 적절하게 하여야 하고, 수심 불확실도는 엄격히 통제되고 이해되어야 한다. 고객 맞춤과 항해안전을 증진시키기 위하여 매트릭스(matrix, 행렬)로부터 요구된 표준의 값을 선택함에 따라 측량 등급 또는 기타 적용이나 측량 표준(criteria)이 정해질 수 있다(제7.5절 및 부록A 참조).

수심(Depth)

수심측정(Depth Measurement)

수심은 잘 정의된 수직기준면내에서 갱정수심(reduced depth)으로 이해되어야 한다. 물체(feature)의 수심은 그 물체의 최소수심(minimum depth)으로 표현된다. 하구와 같이 아주 탁도(turbidity)가 높은 해역에서는 이 최소수심은 바다속에서 퇴적물 집중을 기반으로 결정될 수 있다. 예외적인 상황하에서, 항해안전 목적을 위하여 수로국 또는 관련 당국이 생각하는 고정밀방법(예; 기계적인 소해)의 사용은 하나의 해역 또는 물체와 물체 위의 안전수심(safe depth)을 확인하고 검증하는데 사용할 수 있다. 이러한 경우, 수직 측정의 불확실도는 인용되는 측량 등급을 정의할 것이다.

간출 높이(Drying Heights)

넓은 조간대 지역에서 고조시 동안 조간 대역(drying zone)이 종종 항해가 가능할 수 있으며, 조간 대역의 표고 역시 철저히 측정되어야 할 필요가 있다. 여건과 이용 가능한 장비에 따라, 간출 높이는 해저지형적으로 또는 육상 지형적으로 측정될 수 있다. 그러나 측량방법과 관련하여, 간조 대역의 바깥쪽 수몰된 해역에 대한

최대 불확실도는 정해진 것을 초과하지 않아야 한다.

최대 허용 수직 불확실도(Maximum Allowable Vertical Uncertainty)

수심 독립적(depth-independent) 오차이거나 수심 종속적인(depth-dependent) 오차 출처들은 수심측정에 영향을 미치는 것을 인지하며, 최대 허용 수직측정 불확실도를 계산하기 위해 아래의 공식이 사용된다.

최대 허용 총수직 불확실도(TVU)를 계산하기 위해 수심 “d”와 함께 매개변수(parameter) “a” 및 “b”가 아래 공식에 적용되어야 한다.

$$TVU_{max}(d) = \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$$

- a: 수심에 따라 변하지 않는 불확실도 부분을 표현
- b: 수심에 따라 변하는 불확실도 부분을 표현한 계수
- d: 수심

표 1은 각 측량 등급에 대해 갱정 수심(reduced depths)의 최대 허용 총수직 불확실도(TVU)를 계산하기 위해 매개변수 “a” 및 “b” 값을 명시한다. 95% 신뢰수준으로 계산된 수심측정의 총수직 불확실도(TVU)는 이 값을

초과하지 않아야 한다.

물체 탐지(Feature detection)

물체 탐지(feature detection)에 대한 최소 기준은 표 1에 규정되어 있다. 입방체(cubic) 물체가 물체탐지(feature detection) 능력시스템에 대한 기본 외형(basic shape) 참조로 사용되며, 정육면체의 체계적인 3-D 형상을 암시한다.

측량시스템의 물체 탐지(feature detection) 능력을 평가함에 있어, 장비, 방법론, 절차 및 인력을 포함하여 완전한 측량시스템이 평가되어야 한다. 중요 물체 (significant feature)를 탐지하기 위하여 어떤 제안된 측량시스템의 능력을 평가하는데 필요한 데이터를 수집하는 것은 수로국과 관련당국의 책임이다.

명시된 물체 탐지(feature detection)능력은 어떤 것이 항해에 위험을 구성하는 요소가 된다는 맹목적 결정이 아니다. 어떤 경우, 표 1에서 명시된 크기보다 작은 중요 물체(significant feature)가 항해 위험으로 분류될 수 있다. 그러므로 발견되지 않은 위험물로부터 항해의 위험을 최소화하기 위해 수로국과 관련 당국에서는 보다 작은 중요 물체(significant feature)를 탐지할 필요가 있다고 생각된다.

그러나 단일 측량만으로 모든 물체의 탐지를 보장할 수 없다. 만약 한 해역 내에 측량시스템으로 탐지되지 않는 항해 위험물이 존재하는 경우, 대체 측량시스템(alternative survey system)의 사용을 고려하여야 할 것이다.

물체 탐색(Feature Search)

물체 탐색(feature search)에 대한 최소 기준은 표 1에 명시되어 있다.

1a 등급에서, 100% 물체 탐색(feature search)는 측정되지 않은 수심을 측량시스템으로 확인할 수 있다. 이러한 상황에서, 독립된 수심측량 시스템으로부터 탐지된 중요 물체(significant feature)에 대해 최소수심(least

depth) 측정이 요구된다. 가능하다면, 100% 측량 범위(bathymetric coverage)와 결합하여 100% 물체 탐색(feature search)가 수행되는 것을 권고한다.

이 기준에 명시된 크기의 모든 물체를 탐지할 목적으로 100%와 동등하거나 더 크게 물체 탐색(feature search)가 계획되고 수행되어야 한다. 100% 물체 탐색(feature search) 보다 더 큰 것이 요구되는 곳은 독점적 등급(exclusive order)에 대한 200% 물체 탐색을 포함하여 하나의 측량내에서 적절한 중첩의 수집방법 또는 하나 이상의 독립된 데이터셋을 취득하는 방법으로 수행될 수 있다.

측량 범위(Bathymetric coverage)

측량 범위(bathymetric coverage)의 개념은 독립된 기술표준을 만들기 위하여 S-44의 이번 판에 소개되었다. 측량 범위(bathymetric coverage)의 취득은 수심을 측정하고 기록하는 센서(sensor)의 사용이 필요하다. 표 1은 각 측량 등급에서 달성되어야 할 최소 측량 범위(minimum bathymetric coverage)를 명시하고 있다.

100% 측량 범위(Bathymetric coverage)

100% 측량 범위(bathymetric coverage)는 “완전한(full)” 측량 범위로 해석하여야 한다. 100% 측량 범위는 수심측정이 별개이고, 고유의 물리적 측량기기의 한계를 기반으로 하기 때문에 계속적으로 수심측정을 보증하지 않는다.

100% 보다 낮은 측량 범위(Bathymetric coverage)

100% 보다 낮은 측량 범위(bathymetric coverage)는 측량구역 전역에 걸쳐 수심데이터의 균일한 분포를 최대화하도록 체계적인 측량 형태를 따라야 하며, 측량 범위가 5%보다 더 낮게 되지 않아야 한다. 추가적으로 표 1에 따라 최소 요구조건을 달성해야 하는 반면, 그 해역에서 해저의 상태(예; 거칠기, 형태 경사)와 해상의 항해 안전에 요구되는 사항은 측량방식(survey pattern)이 항



해안전의 요구에 맞게 적절히 채택되었는가를 결정하도록 미리 검토되어야 한다. 100%보다 낮은 측량 범위가 정해진 곳에서 측량이 시스템적으로 이행되는가를 확인하기 위하여 등록된 수심 위치간의 수평거리는 평균 수심의 3배 또는 25미터보다 크지 않아야 한다(두 개 값중에서 큰 값).

1a 등급에서 100%와 동등하거나 보다 낮은 측량 범위는 모든 중요 물체 위의 최소수심이 얻어지고, 수심이 해저지형 상태의 적당한 묘사를 제공하는 만큼 적절하다. 측량 범위의 시스템 독립 매개변수(퍼센트로 표현)는 모든 등급에 사용된다. 제5판에서 측심선 간격은 2등급과 1b등급에 사용되었다.

측심선 간격에서 측량 범위에 대한 퍼센트로의 전환은 8~12°의 빔폭을 가진 단빔과 수심의 3~4배의 측심선 사이 간격이 실제적 참고로 사용되었다.* 그러므로 5%는 2등급 및 1b 등급 측량 범위의 요구에 대한 적절한 값이다.

100% 보다 더 큰 측량 범위(Bathymetric coverage)

최상 등급에 대한 200%를 포함하여 100% 보다 더 큰 측량 범위(Bathymetric coverage)는 하나의 측량내에서 적절한 중첩의 수집방법 또는 하나 이상의 독립된 데이터셋을 취득하는 방법으로 수행될 수 있다.

항해 위험물(Hazards to Navigation)

수로국과 관련당국은 항해 위험물을 평가할 때 일반적인 수심 구성과 마찬가지로 예상되는 지역적 통항(예; 선박 흘수)을 고려하여야 한다. 표 1에서 적절한 등급의 최소 요구조건을 충족하는 한, 적절한 방법으로 적당하게 결정된 최소수심과 위치를 확인하기 위하여 잠재적

*예: 빔폭 8°의 단빔 음측기에 대해 주측심선은 수심의 3~4배 간격, 검측심선은 주측심선의 10배로 하여 공식에 대입해 보면, 측량 범위=측심 구역/전체구역=(밑넓이 직경 × 전체 측심선 길이)/전체구역=2×tan(8÷2)×((1÷3)+(1÷(3×10)))= 0.05=5.1%로 된다. 이 공식은 사례로서 제공된 것으로 이 기준의 부분으로 구성되지 않는다.

항해 위험(예; 침선 또는 장애물)이 되는 물체 위로 충분한 데이터가 취득되어야 한다.

현재의 선박명세를 보면, 40미터 보다 더 깊은 최소수심의 물체는 해상 항해에 위험을 주지 않을 것 같다. 그러나 이러한 설명은 지역 상황과 그들의 잠재적 변경을 기반으로 항구적으로 재평가되어야 한다.

측량 품질에 책임이 있는 수로국과 관련 기관은 상세한 해저 조사를 넘는 수심 한계를 정의할 수 있으며, 따라서 물체의 검사(examination)는 요구되지 않는다.

해도화된 객체 확인 및 반증(Charted Object Confirmation and Disproval)

이전에 해도, 문서, 전자간행물 또는 데이터베이스에 기록되거나 표현된 객체에 대하여, 암초, 침선, 장애물, 항로표지, 의심스런 데이터와 같이 해도화된 객체의 존재에 대해 확인(confirmation) 또는 반증(disproval)을 하도록 권고된다. 발견물은 측량보고서에서 강조되어야 한다.

의심스런 데이터는 제한없이 데이터에 포함되며, 보통 해도상에는 PA(Position Approximate), PD(Position Doubtful), ED(Existence Doubtful), SD(Sounding Doubtful) 또는 보고된 위험(reported danger)으로 표시된다. 해도화된 객체는 상대적인 해도상의 위치를 확인 또는 반증하여야 한다.

모든 상황을 망라할 수 있는 탐사구역을 정의하는 경험적인 공식은 없다. 객체의 확인 및 반증을 위하여 탐사반경은 보고된 위험에 대한 추정 위치불확실도의 최소한 3배가 되어야 하는 것이 권고된다. 만약 해도화된 객체가 탐사 반경내에 위치 또는 지시되지 않으면, 해도화된 객체는 반증된 것으로 권고된다. 따라서 해도로부터 삭제하기 전에 해도화된 객체를 충분히 반증하였는지를 평가하기 위해 데이터를 수집하는 것은 수로국 또는 관련당국의 책임이다.

해저 저질(Nature of Bottom)

해저 저질은 잠재적인 투묘구역, 기타 위험 구역에서 결정되어야 하며, 그러한 구역의 해저 상태는 요구되는 물체탐지에 상당한 영향을 미치는 것으로 의심되는 구역이다. 저질 특성 묘사방법은 물리적인 표본(PHY)의 시각적 확인(VIS), 연구실(LAB) 분석, 다른 센서(예; 후방산란, 반사율)로부터 추론기술(INF) 또는 물리적 실제 표본(INF w/GT)의 추론기술과 시각(VIS) 확인 및 연구실(LAB) 분석 등이 포함된다.

저질 표본채취 빈도는 의도된 제품, 해저 지질 및 어떤 추론기술로 지상검증(ground truth)의 요구대로 충분한 간격이 되어야 한다. 추론기술의 지상검증을 위한 저질

표본채취는 정기적인 표본채취 형태나 거리에 포함되지 않는다. 표본간의 거리에 대해 평균값, 최대값이 사용될 수 있다. 만약 저질 표본채취가 묘박구역, 측량된 구역의 다른 관심지역과 같이 특정해역에서 실시되면, 표본채취 구역의 한계가 기록되어야 한다.

현재 저질 특성 표시 방법 또는 해저 표본 빈도에 대한 IHO 안전항해 표준은 없다. 그러나 어떤 작업 수행과 같이 과업과 분류에 매트릭스(matrix)가 사용될 수 있다. 그러한 변수에 대해 어떤 것이 적절한 것인가는 그 해역의 의도된 사용과 같이 해저 저질과 상태를 기반으로 크게 변한다. 측량자는 그 해역을 적절하게 특성화하도록 적절한 해저특성 표시방법과 저질 표본 빈도를 결정하는 판단을 연습해야 한다.

표 1. 원문은 S-44 7장에 수록된 수로측량의 최소 기준이며 하단의 표(수로측량 업무규정 중 별표 1. 수로측량의 최소기준'을 요약)로 대체.

구분	최상 등급 (Exclusive Order)	특 등급 (Spacial Order)	1a 등급 (Order 1a)	1b 등급 (Order 1b)	2 등급 (Order 2)
해역 설명	최소 선저통과수심 및 선박조종성능이 엄격히 요구되는 해역	선저통과 수심이 중요한 해역	선저통과수심이 덜 중요한 해역으로 선박 운항에 관련된 물체가 존재할 수 있는 해역	선박통항이 예상되거나 선저통과수심이 중요하지 않는 해역	해저면의 일반적인 묘사로 충분한 해역 (수심 200m를 초과하는 해역에서 권장하는 등급)
수심 수평위치(THU)	1m	2m	5m+수심의 5%	5m+수심의 5%	20m+수심의 10%
수심 수직위치(TVU)	a=0.15m b=0.0075	a=0.25m b=0.0075	a=0.5m b=0.013	a=0.5m b=0.013	a=1m b=0.023
물체 탐지 (Feature Detection)	> 0.5m ²	> 1m ²	> 2m ² (수심 40m이하) 수심의 10% 크기 (수심 40m초과)	-	-
물체 탐색 (Feature Search)	200%	100%	100%	-	-
측량 범위 (Bathymetric Coverage)	200%	100%	≤ 100%	5%	5%

※ 불확실도(uncertainty)는 총수평불확실도(THU)와 총수직불확실도(TVU) 2개 요소로 구성되며, 95% 신뢰수준으로 평가한다.



지속 가능한 해양경제를 위한 과학 발전 - UN 지속 가능한 해양과학 10년(2021~2030)

2021년 2월 2일

유엔의 지속 가능한 개발을 위한 해양과학 10년(Ocean Decade for Sustainable Development, 약칭 Ocean Decade) 2021-2030이 곧 시작될 예정이다. 해양과학 10년은 건강하고 탄력적이며 안전하고 생산적인 바다를 달성하는 데 필요한 혁신적인 조치를 위한 지식을 창출하고 활용하고자 한다. 우리가 원하는 바다에 필요한 과학을 수행하기 위해 모든 부문과 지역 사회 간의 국제 협력을 강화할 수 있는 일생의 한 번뿐인 기회이다.

민간 부문, 특히 수로 산업은 현재와 미래 세대의 번영을 위해 필요한 트렌드를 반전시키고 튼튼하고 탄력적인 블루 이코노미(Blue Economy) 발전에 크게 기여하기 위해 주도적인 역할이 요구된다. 민간 부문, 특히 수로 산업은 현재와 미래 세대의 번영을 위해 필요한 트렌드를 뒤집고 튼튼하고 탄력적인 블루 이코노미 개발에 크게 기여하기 위해 지도자의 역할을 맡도록 요청받는다.

해양과학 10년은 무엇인가?

지속 가능하고 공정한 경제 발전을 포함한 인간의 건강과 웰빙은 건강하고 안전한 세계 해양에 달려있다. 바다는 사람들에게 식량을 제공하며, 30억 명이 넘는 사람들의 생계를 지원한다. 이는 기후 변화에 맞서 싸워야 하는 필수적인 이유이다. 재생 에너지, 해양 유전 자원 및 심해 광물을 포함한 새로운 서비스들은 상당한 이익을 창출할 수 있는 잠재력을 가지고 있으나, 취약한 생태계에 대한 위험과 해양에 의해 발생하는 이익에 대한 공정한 접근에 대해 의문이 제기된다. 경제적인 관점에서 볼 때 바다는 엄청나게 중요하다. 2010년에 해양 경제는 3천만 개 이상의 직접적인 정규직 일자리를 창출했으며, 코로나-19 대유행 이전에는 해양 경제 생산량이 2030년까지 3조 달러에 이를 것으로 예측되었다.

해양 10년은 지속 가능한 개발을 위해 해양 과학 및 지식 공유를 가속화 시키고 정책 및 솔루션 제공을 위한 혁신적 과학 기반 활동을 위한 혁신적인 파트너십을 육

성하며, 보다 폭넓게 잘 작동하고 생산적이며 탄력적인 바다를 지원하는 것을 목표로 한다. 해양과학은 해양 10년 프레임워크의 핵심에 위치해 있다. 2030 의제를 달성하는 데 필요한 정보, 조치 및 솔루션을 도출하기 위해 모든 수준에서 모든 이해 당사자들의 연구 노력을 활용하고, 적극적으로 격려하며, 조정하기 위해 노력하고 있다. 또한 지식 생성자를 최종 사용자에게 연결하고 공동 설계 및 공동 행동 제공을 장려하는 등 능동적 참여를 지원할 수 있는 여건을 조성하는 데 초점을 맞출 것이다. 이와 함께, 적극적인 참여와 지속적이고 영향력 있는 솔루션을 지원하는 데 필수적인 인프라, 데이터, 용량 및 기술 개발을 살펴볼 것이다.

해양 10년의 성공을 뒷받침하는 데이터 수집 및 데이터 관리

해양 10년의 결과(산출물)의 핵심 요소는 데이터와 정보이다. 디지털화, 액세스, 관리, 그리고 가장 중요한 해양 관련 데이터, 정보, 지식의 사용이 성공의 초석이 될

것이다. 이러한 목표는 해양 기반 솔루션을 추진하는 데 사용할 수 있는 데이터 및 지식 공유를 크게 개선하는 것이다. 사회 경제적 특성을 포함하여 전체 해양 시스템을 대표할 수 있는 분산형 다중 구성요소 디지털 네트워크의 집합적 설계 및 구축에 초점이 맞춰질 것이다.

해양 10년: 해양 산업을 위한 일생에 한 번뿐인 기회

최근의 팬데믹은 세계 경제에 큰 영향을 미쳤지만, 그것은 또한 보다 지속 가능한 COVID 이후의 '뉴 노멀(new normal)'을 구축하기 위한 해양의 역할을 강화했다. 해양 산업은 세계 경제에 계속해서 크게 기여할 것이며, 해운, 해저 석유와 가스, 어업, 관광, 해저 광산, 항만 및 재생 에너지와 같은 많은 사업들이 해양의 주요 상업적인 이용자로서 해양 공간 및 자원으로의 접근과 이러한 자원의 지속적인 생산에 직접적으로 의존할 것이다. 심해 석유와 가스, 해저 광업, 재생 에너지, 조선, 수로 및 해양 기술, 해산물 가공업체, 해양 안전 및 감시, 해양 생명 공학 및 해양 선급협회와 같은 신산업 분야뿐만 아니라, 보험, 금융, 법률 같은 기타 지원 산업들 또한 이러한 해양 산업에 의존하고 있으며, 성공적인 해양 기반 경제 활동을 가능하게 하는 서비스를 제공한다.

해양 10년의 목표를 달성하려면 모든 이해 관계자들 사이에 모든 수준의 학문적 노력이 필요하다. 집단 자원을 사용하여 빠르게 변화하는 해양과 매우 필요한 해결책을 이해하고 모니터링한다면 변화하는 기후에서 공정하고 지속 가능한 해양 산업 발전을 위한 토대가 마련될



2021 United Nations Decade
of Ocean Science
2030 for Sustainable Development

지속가능한 개발을 위한 유엔 해양 과학 10년

것이다. 해양과학의 발전은 비용 절감, 운용 효율성, 시장 점유율 증가, 예측 가능하고 안정적인 공급망, 이해 관계자와의 관계 강화, 시장과 고객에 대한 접근성 개선, 새로운 투자 유치 등 민간 부문에 수많은 혜택을 제공할 수 있다.

따라서, 해양 산업은 새로운 비즈니스 기회를 추구하는 것 외에도 조치(actions)를 개발하고 확장하기 위해 주도적인 역할을 맡을 수 있는 좋은 위치에 있다. 민간 부문은 위험 완화 및 성장에 대한 기업의 투자가 되어, 지속 가능한 미래를 위해 혁신적 변화를 이끌 수 있는 전문 지식, 경험, 존재감, 역량 및 자원을 보유하고 있다.

과학과 산업이 협력함으로써 공동 설계에서 공동 제공에 이르기까지 학문 간 및 분야 간 해양 과학에 대한 사고에 도전하고, 기술 혁신을 주도하여 지속 가능한 개발에 대한 영향을 가속화 할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 과학-산업 협력은 과학적 지식에 대한 접근 및 활용을 개선하고, 비즈니스 위험을 줄이고 새로운 기회를 창출하는 데 기여하고 혁신적인 생태계를 자극하며 기술 이전을 가속화 한다. 또한 적절한 조건에서 이러한 종류의 협력은 위험을 감수하고, 정부가 초기에 관여하지 않을 수 있는 대담한 솔루션을 제안할 수 있다. 이를 통해 정부는 길을 닦고, 구매를 촉진하고 투자를 확대할 수 있다.

항만 및 해안 관리, 해도 작성, 해안 공학, 연안 개발 활동 등에서 중요한 역할을 수행하는 것을 고려할 때, 해양 10년 동안 수로 조사를 지원하는 산업은 중요한 역할을 담당하기에 적합하다. 많은 사례 중 산업계는 해양 10년이 꿈꾸는 디지털 생태계를 개발하는 데 필요한 데이터 수집 및 공유의 혁신을 지원할 수 있다. 참여 범위는 2030년까지 세계 해저 지도를 작성하는 것을 목표로 하는 Seabed 2030과 같은 기존 이니셔티브에 참여하는 것부터 새로운 개발을 주도하는 것(예: 혁신적인 수로 기술의 활용을 촉진하는 것)까지 다양하다.

어떻게 참여할 수 있는가?

해양 10년은 다양한 해양 이해 관계자들을 위해 구현될



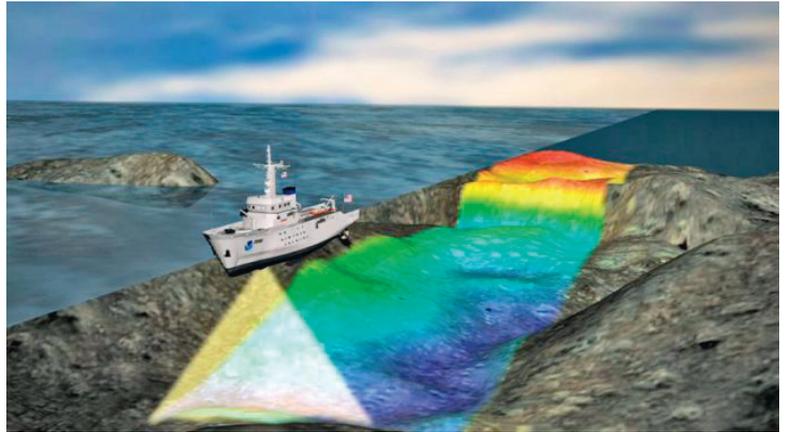
것이며, 이들의 강력한 참여가 성공을 좌우할 것이다. 또한, 각 부문과 분야 그리고 이해관계자 그룹 전반에 걸쳐서 새로운 파트너십을 촉진하기 위한 다양한 플랫폼과 및 참여 메커니즘을 제안할 것이다.

10년 동안 행동에 대한 요청(Call of Actions)이 정기적으로 있을 것이다. 행동은 다양한 형태와 규모를 가질 수 있으며, 지속 가능하고 건강한 바다에 적합한 지식과 솔루션을 제공하기 위해 각각의 이해관계가 협력적이고 혁신적인 과정에서 조정될 수 있는 다

양한 이해 관계자 그룹을 포함할 것이다. 첫 번째 행동(Action)은 2021년 1월 15일까지 진행되며, 글로벌 프로그램과 10년(Decade) 조정 기능에 대한 대규모 기여에 초점을 맞추고 있다. 대부분의 참여 메커니즘은 향후 12개월 동안 시작될 것이며 과학 기반의 혁신과 해양 기반의 솔루션 개발을 위한 이해 관계자의 생태계를 제공할 것이다.

다음과 같은 구체적 행동을 실행할 수 있다.

- Seabed 2030과 같이 지속적인 이니셔티브를 기여, 활용 및 가속화하기 위한 파트너가 되는 것
- 10년 행동 요청에 대한 응답으로 10년 행동에 대한 공동 설계를 시작 혹은 참여하는 것
- 이행 파트너가 되어 국제 행사를 개최 또는 참석하는 것(모든 상세 정보는 oceandecade.org에서 확인할 수 있음)
- 네트워킹, 자원 유통 및 영향력을 통해 해양 10년에 대한 대규모 약속을 촉진하는 가시적인 플랫폼을 제공할 **해양 10년 연합체(Ocean Decade Alliance)**에 대한 정보를 얻는 것. 이는 Alliance 회원들의 약속을 구조화하고 자원을 연계하여 10년의 우선적 요구를 충족하는 메커니즘과 적절한 플랫폼을 제공할 것임(해양 10년 연합체에 가입하고자 하는 단체들은 oceandecade@unesco.org에 관심을 표명 바람).
- 해양 10년의 최신 뉴스와 이벤트를 살피고 이해관계자 포럼을 통해 토의에 참여하는 것



항만 및 연안 관리, 해도 작성, 해안 공학, 연안 활동 개발 등을 지원하는 데 있어 중요한 역할을 고려할 때 수로 측량을 지원하는 산업은 해양 10년에서 중요한 역할을 하기에 적합하다. (사진 제공: NOAA)

해양 10년에 참여하고 헌신함으로써 리더십을 발휘하는 것은 우리가 가진 바다에서 우리가 원하는 바다로 변모하는데 필요한 추진력을 증가시킬 수 있다. 종합적으로, 세계의 산업, 정치 및 과학 분야의 지도자들과 협력하여 지속 가능한 미래를 건설하는 것이 가능하다.

결론

해양 10년은 기존 및 신흥 산업들의 위협을 줄이고 지속 가능한 해양 경제에서 성장을 위한 새로운 기회를 모색할 수 있도록 과학 중심의 솔루션을 제공할 것이다. 해양과학 분야에서 산업의 리더십을 강화하면 능력배양 기술 이전, 금융, 자금 지원, 정보 및 데이터 생산, 전문가 및 비즈니스 파트너의 귀중한 네트워크 구축 등을 통하여 의 구체적이고 실행 가능한 행동으로 이어질 것이다. 민간 부문은 해양 시스템을 강건하게 하고 저하된 기능을 되돌리기 위한 노력을 기울이고 혜택을 주는 세계 지도자들과 함께 할 전례 없는 기회를 얻었다. 수로 산업은 해양 데이터 수집 및 공유 문제에 대응하여 기여하고 혁신하는 데 앞장서고 있다.

해양 10년은 공동체가 지속 가능한 미래를 구축하기 위한 약속을 만들어 공동체의 목을 입증할 수 있는 길이다. 답송을 환영한다!

원문 출처: <https://www.hydro-international.com/content/article/advancing-science-for-a-sustainable-ocean-economy>

멀티빔 수심 측량 성과에 대한 CUBE 수심의 채택에 관하여 - 해외 수로기관의 최적화 사례 소개 -

일본 해양정보부 연구보고 제58호 2020.3.19
-일본 해양정보부 마사노 스미요시 외 7인-

선진 해양조사 기관들은 최근 멀티빔 수로측량 결과에서 CUBE 수심을 채택하고 있다. 본 논문에서는 일본 이외의 지역에서 수행된 수로측량 결과로 CUBE 수심을 기반으로 한 CUBE 알고리즘과 멀티빔 측량의 기대 효과를 분석한다. 또한, 멀티빔 수로측량의 배경에서 기본적인 아이디어의 몇 가지 변화에 대해 논의한다.

(※본 원고는 일본 해양정보부 연구보고 제58호를 요약 게재하였음.)

서론

일본 연안 해역에서의 수심측량 기술은 1995년 일본 해상보안청에서 천해역의 멀티빔 측심을 시작한(고쿠다·나가노, 1996) 이후 비약적인 진전을 이루고 있으며, 최근에 일본 국토교통성이 추진하는 i-Construction 항만에 있어서 정보통신기술 도입의 일환으로서 수로측량과 관련이 깊은 준설공사에서도 2018년도부터 천해 멀티빔 측심의 본격적 운용이 시작되었으며(국가 국토교통성, 2016), 민관에 관계없이 앞바다와 연안에서 수로측량의 멀티빔 측심이 항만까지 널리 보급되어 있다.

이와 같이 멀티빔 측심은 현대의 수심측량의 주역이 되고 있는 반면, 멀티빔 측심 데이터 처리, 수심측량 성과의 기본 방향에 관해 노이즈(noise) 처리의 대폭적인 효율화와 객관적인 노이즈(noise) 처리의 추진, 상대적으로 저품질 측심 데이터의 해도 적용 방지, 수심측량 성과 가시화 등 극복해야 할 본질적인 과제가 있다. 특히 멀티빔 측량에 의해 생기는 노이즈(noise) 데이터(그림 1)를 편집하여 제거하는 노이즈(noise) 처리는 수로측량뿐만 아니라 멀티빔 측심에서 가장 많은 시간이 소요된다.

싱글 빔 측심기를 사용할 때부터 실시해온 측선마다 전

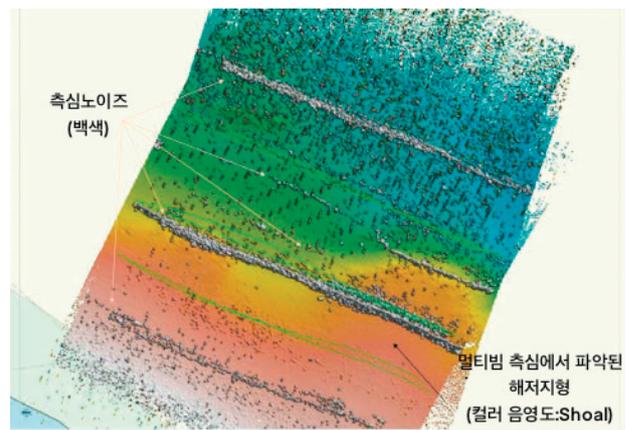


그림 1. 멀티빔 측심 데이터(가장 얇은 수심)에서 볼 수 있는 측심 노이즈(noise)의 전형적인 예시

체 측심점 데이터를 육안으로 점검·편집하는 전통적인 노이즈 처리방식은 멀티빔 측심 결과에 적용할 경우, 직하 빔(빔이 해저면과 닿는 각도가 수직에 가까운)과 경사 빔 면에서 품질에 큰 차이가 있는 멀티빔 측심(일반적으로 직하 빔 부분이 고품질, 경사 빔 부근이 저품질)에서는 데이터의 품질이 균일한 단일 빔 측심에 비해 장애물 노이즈 판별에 데이터 처리자의 경험과 이해에 기초한 고도의 기술이 필요하기 때문에 더욱 시간이 걸리고, 결과 판별에 어려움이 있다.

안전한 선박 교통의 실현을 목적으로 한 해도 작성의 관점에서 천해역의 수로측량, 특히 선저 여유수심(UKC:



Under Keel Clearance)이 중요한 수심 40미터 이하 수역의 수로측량은 장애물의 누락을 방지하고 동시에 항행 가능성을 저해하는 과도한 안전 측면의 사고방식에 기초하여 부당하게 얇은 측심 데이터의 해도 채택을 방지할 필요가 있어서 더욱 엄격한 장애물 및 노이즈 관별이 요구된다.

특히 직하 빔(빔이 해저면과 닿는 각도가 수직에 가까운)과 경사 빔 면에서 품질에 큰 차이가 있는 멀티빔 측심(일반적으로 직하 빔 부분이 고품질, 경사 빔 부근이 저품질)에서는 데이터의 품질이 균일한 단일 빔 측심에 비해 장애물 노이즈 관별이 곤란하여 앞서 말한 전통적인 노이즈 처리 기법에 의한 장애물 및 노이즈 관별을 해도 작성에 필요한 수준까지 완수하기 위해서는 데이터 처리자 개인의 경험과 이해에 기초한 고도의 기술이 필요하다. 특히 데이터 처리에 미숙한 사람의 경우, 노이즈 처리가 완료될 때까지 숙련된 사람에 비해 더 많은 시간을 소비하게 된다. 또한, 숙련자의 경우에도 장애물과 노이즈 관별이 쉽지 않은 경우가 많이 있으며, 그 판단은 데이터 처리자의 주관에 달려있다.

멀티빔 측심의 경우 전체 측심점 데이터에서 해도(海圖)를 위한 수심 선택(선박 안전을 위해 얇은 곳을 빠뜨리지 않는 제일 얇은 점 선택)을 적용하게 되면, 해도에서 전체 측심점 데이터 중에서 상대적으로 경사 빔의 저품질인 측심 데이터만이 우선적으로 선택되기 쉽다. 이로 인해 멀티빔 측심 데이터가 본래 갖는 품질에 비해 해도에 사용되는 수심의 품질이 상대적으로 나빠지게 되는 근원적인 우려가 있다.

이와 같이 우연히 얇게 기록된 경사 빔 부분의 데이터가 우선적으로 해도 수심으로 선택되어 버리기 때문에 결과적으로 해도 수심은 직하 빔 부근과 비교해서 소해 폭(Swath)의 양 끝 부근(경사 빔)의 품질이 낮은 측심 데이터에서 선택되는 경향이 있다. 이러한 경향은 미국 NOAA 연안측량국(OCS: Office of Coastal Survey)의 수심측량 원도(原圖)에서 확인되고 있다. 스미스 등

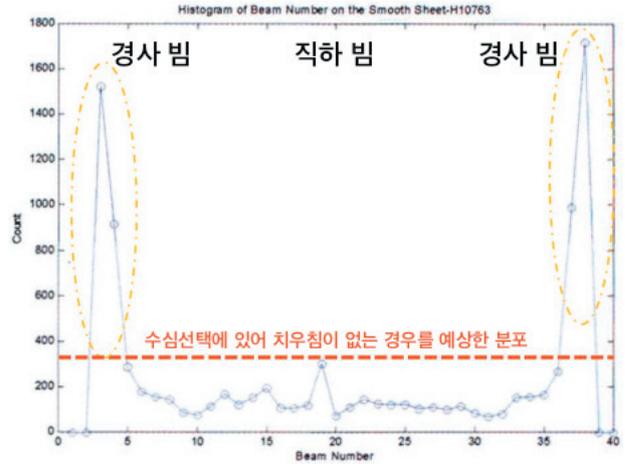


그림 2. 미국 NOAA의 측량 원도(原圖)에 적용된 직하·경사 빔 지역에서 측정된 측량 빔 적용 분포 그래프

(Smith et al., 2002)에 따르면, 멀티빔 측심의 전체 측심점 데이터에서 선택된 수심측량 원도(原圖)의 수심은 상대적으로 저품질이고 얇은 경사 빔에서 측정된 수심이 고품질의 직하 빔에서 측정된 수심에 비해 압도적으로 많아 경사 빔 부근의 데이터가 우선적으로 사용되고 있음이 보고되었다(그림 2).

이는 고품질의 직하 빔 데이터가 상대적으로 저품질의 경사 빔 데이터에 의해 “덮어쓰기” 되어버리는 것을 의미하고 있으며, 가령 장애물의 가장 높은 위치를 확실하게 파악하기 위해서 재측정하는(고품질의 직하 빔 데이터를 재취득) 모범적인 멀티빔 측심 작업을 실시했다고 해도, 전체 측심점 데이터에서 가장 얇은 수심을 선택하게 되어 본래보다 과도하게 얇은 측심 데이터가 우선적으로 해도 수심에 사용되어 버릴 우려가 있음을 의미한다. 이러한 우려를 불식시키기 위해서는 해도 작성을 위해 선택되는 멀티빔 수심 측량 성과를 단순한 전체 측심점 데이터로 하는 것이 아니라 멀티빔 측심의 특성인 각 측심점 데이터의 품질 차이를 고려하여 작성된 성과를 채택하는 것이 요구된다.

현재 수심측량 성과는 데이터 범용성이 높은 전체 측심점 데이터의 경위도 수심 파일(이하 LMD 파일)이 사용되고 있다(해상보안청, 2019). 과거 수로 측량 성과였던 수심측량 원도(原圖)에서 LMD 파일로 변경함으로써 디

지털화의 장점인 고밀도 수심측량 성과 재이용 가능성을 원칙적으로는 담보할 수 있게 되었다. 한편, 수심측량 성과 자체는 수심측량 원도(原圖)와는 달리, 누가 보더라도 데이터 자체를 직관적으로는 이해할 수 없기 때문에 재이용 시에는 시간이나 소프트웨어 비용 등을 가시화하는 수고를 한 이후에야 비로소 재이용 여부를 판단할 수 있다. 이와 같이, 해도 작성을 위해서나 다른 목적의 용도로서, 성과를 쉽게 재활용할 수 있도록 하기 위해서는 모든 측심 점 데이터인 LMD파일의 데이터 범용성과 수심측량 원도(原圖)가 가진 누구나 직감적으로 이해할 수 있는 데이터 시각성을 겸비한 고밀도인 수심측량 성과의 새로운 방식이 요구된다.

이러한 문제의 해결책의 근간이 되는 아이디어가 미국 뉴햄프셔 대학에서 개발된 CUBE(Combined Uncertainty and Bathymetric Estimator; Calder & Wells, 2007)이다. CUBE 알고리즘은 멀티빔 측심의 특성인 직하와 경사 빔의 데이터 품질의 차이를 고려한 후에 데이터가 대용량인 것을 활용한 통계적 알고리즘으로서, 관측값인 전체 측심점 데이터와 각각의 불확실도(Uncertainty)를 입력값으로 하여 고밀도 수심(이하 CUBE 수심) 등을 산출하는 것이다. 미국·캐나다·영국 등의 수로측량 기술의 선진국에서는 2002년부터 CUBE 알고리즘이 수로측량에서 사용되고 있으며, 시행착오를 거쳐 CUBE에 기초한 수로측량의 사양 표준 지침을 갱신해왔다. 현재, 이들 선진국의 수로측량에서는 CUBE 알고리즘의 사용을 전제로 한 멀티빔 수심측량이 성숙한 경지에 이르고 있으며, 측심 노이즈가 적은 데이터 취득부터 천소의 가장 얇은 수심에 대해 육안 판단에 의한 마무리 작업이 이루어진 CUBE 수심의 수심측량 성과를 적용하기까지의 효율적이고 객관성이 높은 일련의 데이터 워크플로우가 이미 패키지화되어 있다(NOAA, 2018; CHS, 2012).

일본에서도 2009년도부터 CUBE 알고리즘의 도입이 논의되었으며, 2014년도 무렵에도 CUBE 알고리즘의 도입이 검토되었으나 본격적인 실현에는 이르지 못했다.

최근에는 기쿠치(2015)가 일본어 문헌으로 CUBE 알고리즘을 다루고 있다.

본 논문에서는 멀티빔 측심에 의한 수로측량의 여러 문제를 배경으로 고안된 CUBE의 기본 개념에 대하여 설명하고, 해외 해양조사기관의 수심측량 성과로 CUBE 수심이 채택되고 있는 사례를 소개한다. 또한, 이들 해외 사례를 다른 논의로서 CUBE 수심의 채택이 앞서 기술한 수로측량의 멀티빔 측심에 관한 여러 문제를 해결하는 솔루션임을 설명하고, 수심측량 성과를 CUBE 수심으로 이행하게 된 배경을 설명한다.

CUBE 알고리즘

CUBE(Combined Uncertainty and Bathymetric Estimator)란 멀티빔 측심으로 얻어진 대용량의 전체 측심점 데이터(Soundings)와 불확실도(Uncertainty)로부터 통계적으로 의미있는 고밀도의 CUBE 수심(Depths)을 도출하는 알고리즘이다. 여기서는 Calder & Wells(2007)에 근거하여, 저자의 1년간의 미국 뉴햄프셔 대학 유학(Nippon Foundation / GEBCO Training Program 2016-2017)에서 얻은 해당 지역에 대한 지식도 반영하면서, CUBE 알고리즘에 대해서 설명한다.

CUBE에서 사용하는 불확실도(Uncertainty)은 통상 국제수로기구에서 간행하는 S-44 제5판(IHO, 2008)에 의해 정해진 각 측심점의 정밀도 평가 지표인 총전과 불확실도(TPU: Total Propagated Uncertainty)가 사용된다. TPU는 측심 오차의 확률적 기대값의 추정으로서, 수직 불확실도(Total Vertical Uncertainty, TVU)와 수평 불확실도(Total Horizontal Uncertainty, THU)로 구성되며, 음향측심기(SONAR)의 측심 정밀도, 음속 프로파일의 관측 정밀도, 조위의 관측 정밀도, 측위·동요인 계측기의 측위 정밀도 등의 오차 요인이 고려된다. CUBE 수심은 TPU에 기초한 가중치 함수를 이용한 통계 처리에서 얻어지므로 멀티빔 측심의 특성인 직하 빔과 경사 빔의

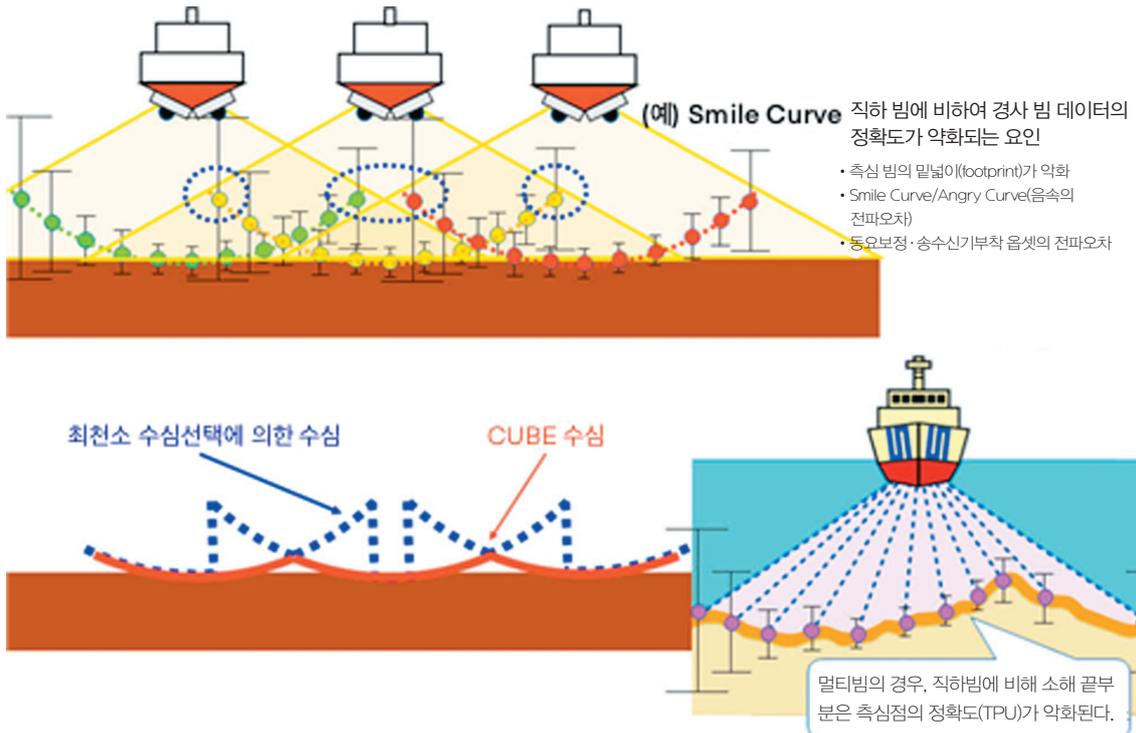


그림 3. 직하 빔과 경사 빔의 데이터 정확도 차이 및 CUBE 수심(데이터 품질을 고려하여 추정)과 가장 얇은 수심의 차이에 대한 개념도

데이터 품질의 차이가 자동적으로 고려된다. 결과적으로 전체 측심점 데이터의 가장 얇은 곳을 선택하는 처리 방식과는 달리, 상대적으로 품질이 떨어지는 경사 빔 부근의 데이터가 부당하게 우선 채택되는 것을 방지할 수 있다(그림 3).

CUBE 알고리즘에서는 전 측심점과 TPU에 기초한 가중치 함수로부터 CUBE 수심을 얻을 때 노드(Node)라 불리는 그리드화된 격자의 마디를 설정할 필요가 있으며, CUBE 수심은 각 노드 상에서 요구된다. 이 CUBE 수심을 구하는 프로세스에서는 우선 각 노드 상에서 범위에 포함되는 측심점과 각 점의 가중치 함수를 통해 가설 수심(Hypothesis)을 통계적으로 계산한다.

$$\sigma_p^2 = \sigma_v^2 \left(1 + \left[\frac{\text{dist} + \text{hes} \times \sigma_b^2}{\text{node_spacing}} \right]^{de} \right)$$

여기서 σ_p^2 는 각 측심점의 전과 불확실도(역제곱 가중치 함수)로 어떤 노드에서의 캡처 거리에 포함된 측심점에 대해 계산된다. σ_v 는 각 측심점의 TVU, σ_b 는 각 측심점의 THU, node_spacing은 노드의 간격(격자 크기),

dist는 임의의 노드로부터의 각 측심점까지의 거리, hes (horizontal error scalar)와 de(distance exponent)는 매개변수로, 기본 설정은 hes=2.95(99% CL), de=2.0을 사용한다. 그러나 미국의 NOAA에서는 장애물의 가장 얇은 수심이 CUBE 가설 수심으로 파악되도록 hes=1.96(95% CL)을 채택하였다(NOAA, 2014).

대부분의 경우 각 노드마다 하나의 가설 수심을 얻고, 이 계산된 가설 수심이 CUBE 수심으로 사용된다. 한편 노드 근처의 측심점이 통계적으로 유의하게 다른 여러 집단으로 나뉘면, 한 노드에 복수의 가설 수심을 얻게 된다. 이 때, CUBE 수심을 자동적으로 얻기 위해서는 복수의 가설 수심 중에서 하나의 유력한 가설 수심을 선택할 필요가 있으며, 노드의 가설 수심에 속하는 측심값이나 노드 주위의 가설 수심으로부터 가장 유력한 값을 선택한다(그림 4). 이 가설의 자동 선택 방식을 모호성 제거라고 한다.

이와 같이 CUBE 수심을 구하는 통계 처리에서는 측심 데이터 중의 극단적인 특이값(Outlier)의 영향을 배제할

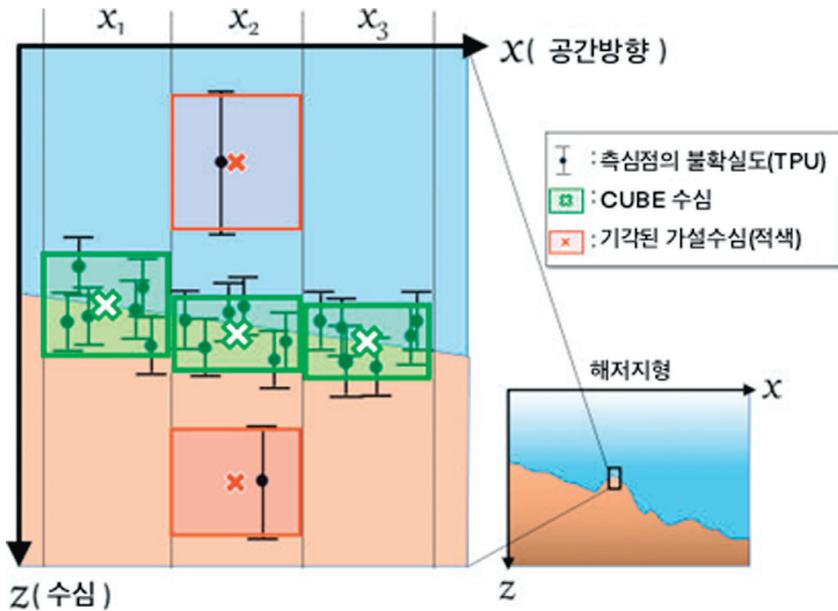


그림 4. CUBE 가설 수심과 모호성 제거

수 있으므로, 단순한 통계 평균과는 달리 깊은 기록으로 된 측심 노이즈의 영향에 의해 수심이 본래보다 깊게(항행의 안전성을 위협하는 방향으로) 산출되거나 반대로 얇은 측심 노이즈로 인해 수심이 부당하게 얇게(항행 가능성을 저해하는 방향으로) 산출되지 않게 된다. 즉, 멀티빔 측심에 적합한 산출 결과를 갖게 된다. 이상과 같이 고도의 통계처리로 얻을 수 있는 CUBE 수심은 멀티빔 측심의 데이터 처리 결과로서 적합한 성질을 가지고 있어 지금까지 수동으로 삭제할 필요가 있었던 작은 측

심 노이즈의 대부분을 삭제하는 번거로움이 없다는 큰 장점이 있다. 이러한 이유로 이미 세계 각국에서 CUBE 알고리즘이 사용되고 있다. 특히 미국·캐나다에서는 최천소 수심에 대해 육안 판단으로 마무리 작업이 이루어진 CUBE 수심이 수심측량 성과로 선택되고 있다(NOAA,2018; CHS, 2012).

또한, CUBE 수심은 그리드 격자의 노드 상에서 계산되므로 수심 데이터임에도 불구하고 벡터 형식(수심 점군) 뿐만 아니라 래스터 형식(이미지)으로

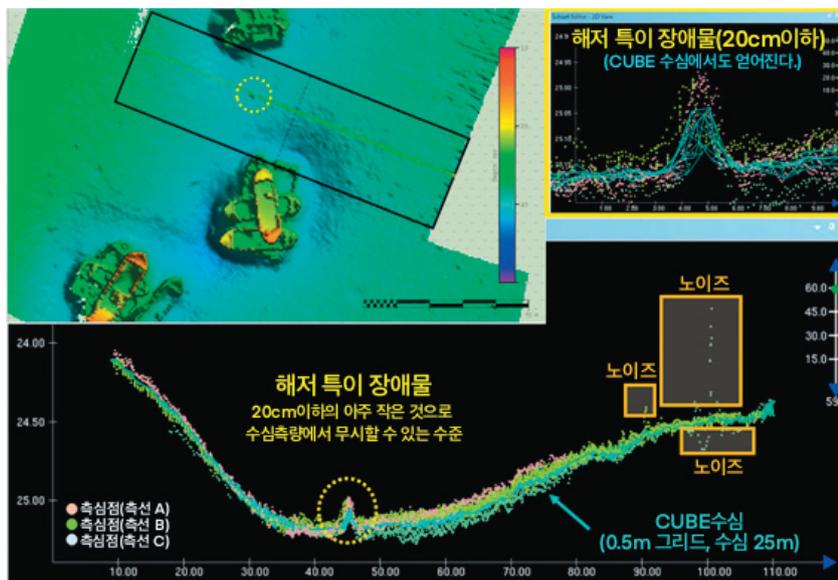


그림 5. 측량선 '하마시오'가 취득한 CUBE 수심과 CUBE 수심을 추정하는 기초가 된 전체 측심점(노이즈 처리 미실시)

데이터 보존이 가능하다. 이러한 특성으로 인해 CUBE 수심은 GIS 측면에서 쉽게 가시화가 가능하므로, 수로 측량에 필요하고 충분한 수준의 장애물 및 노이즈 관별의 효율을 달성함과 동시에 수로측량 성과로서의 CUBE 수심의 재이용이 촉진된다. CUBE 알고리즘은 천해역의 수로측량에 있어서도 채택 가능한 수심 성과를 통계 방법을 사용하여 자동 처리하여 얻을 수 있기 때문에, 멀티빔 데이터 처리의 효율을 크게 향상하는 도구가 되었으며, 캐나다 Teledyne CARIS社의 HIPS & SIPS, 미국 HYPACK社의 HYPACK, 일본의 (주)해양첨단기술의 Marine Discovery, 네덜란드 QPS社의 Qimera, 미국 Chesapeake Technology社의 SonarWiz 등 수 많은 상용 소프트웨어에서 이미 구현되어 있다.

CUBE 알고리즘의 이점을 실제 데이터로 확인하기 위해, 일본 제3관구 해상보안본부 소속의 측량선 「하마시오」에 탑재한 멀티빔 측심 장치(천해용; 요시자와 외, 2019)에서 취득한 초해폭(swath) ±55°, 중첩률 100% 고품질 측심 데이터에서 노드 간격(격자



크기) 0.5m의 CUBE 수심을 산출했다 (수심은 대략 25 m).

그림 5의 CUBE 수심은 수동에 의한 노이즈 처리는 전혀 하고 있지 않으나 중복된 침선과 어초의 자세한 형태까지 가시화할 수 있었다. 또한, CUBE 수심과 측심점을 동시에 띄우면, CUBE 수심은 미세한 측심 노이즈에 영향을 받지 않고, 여러 측선에서 포착된 비고(比高, 두 지점의 높이차) 20cm 정도의 아주 작은 장애물이 CUBE 수심에서도 포착되고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 고품질·고밀도 데이터를 취득하면 육안 판단에 의한 처리를 하지 않고 수로측량의 최종 성과로 바로 사용할 수 있는 수준의 CUBE 수심을 얻을 수 있다. 이어서 CUBE 알고리즘에서 CUBE 수심을 산출할 때 필요한 설정값 중 중요한 파라미터에 대해서 기술한다.

노드 간격(격자 크기)

각 노드 상의 CUBE 수심을 산출할 때는 노드 간격(Node Spacing/Resolution; 격자 크기와 같은 의미)을 지정할 필요가 있다. 이 노드 간격은 CUBE 수심의 격자 해상도를 결정하는 가장 중요한 파라미터이다.

충분한 독립 데이터 수(노드당 적어도 몇 점 이상)를 얻을 수 있도록 적절한 노드 간격을 설정할 필요가 있다. 멀티빔 수심 측량에서, 측심 데이터의 공간 해상도는 주로 측심기의 빔 폭과 수심에 비례하는 해당 공간(송수파 빔의 밑넓이(footprint)보다 작은 장애물은 분해할 수 없어, 장애물 검출은 원칙적으로 곤란)에 의해 결정되기

때문에 직하 빔의 밑넓이를 기준으로 노드 간격을 설정하는 것을 고려할 수 있다. 또한, 현대의 멀티빔 측심기에서는 적절한 소해폭(swath 폭, 발신티클과 소해 밀도)과 중첩률을 이용한 고밀도 측심 측량 실시로 송수신 빔의 밑넓이(footprint)에 몇 개 정도의 측심점 밀도를 얻는 것은 비교적 쉽게 실현이 가능하다.

구체적으로 빔 폭 1도의 측심기 직하 빔의 밑넓이(footprint, 평탄한 해저면을 가정)는 수심 20m에서 0.35m, 수심 40m에서 0.7m이다(표 1). 해외 사례에서는 수심 영역에 따라 고정 격자 크기(노드 간격)를 적용하고 있다. 미국 NOAA의 연안측량국에서는 수심 0~20m에서 0.5m, 수심 18~40m에서 1m로 적용하고 있고(NOAA, 2018), 캐나다 수로국(CHS)에서는 수심 0~15m에서 0.25m, 수심 15~25m에서 0.5m로 규정되어 있다(CHS, 2012).

캡처 거리(Capture Distance)

각 노드 상의 CUBE 수심을 산출할 때는 각 노드로부터 어느 정도 떨어진 범위 내의 측심점을 이용할 것 인가를 정할 필요가 있으며, 이 설정값을 캡처 거리(Capture Distance)라고 부른다. 원칙적으로는 노드 간격과 다른 값을 설정할 수 있으나, 각 노드의 격자 내 측심점과 실제 CUBE 수심을 구할 때 사용한 측심점을 가능한 일치시키는 것이 직감적이고 합리적으로 편리하다. 미국 NOAA 연안측량국에서는 캡처 거리는 노드 간격의 0.707배(=1/√2 배)로서, 각 노드의 격자 내의 측심점과 CUBE 수심을 구할 때 사용한 측심점을 거의 동일시할

표 1. 멀티빔 측심의 직하 빔 footprint

수심	빔 폭		
	1도	1.5도	2도
20m	0.35m	0.52m	0.70m
40m	0.70m	1.0m	1.4m
80m	1.4m	2.1m	2.8m
160m	2.8m	4.2m	5.6m
320m	5.6m	8.3m	11m

표 2. 미국 NOAA의 CUBE 수심 그리드

수심대역	그리드(노드 간격)
0~20m	0.5m
18~40m	1m
36~80m	4m
72~160m	8m
144~320m	16m

표 3. 캐나다 CHS의 CUBE 수심 그리드

수심대역	그리드(노드 간격)
0~15m	0.25m
15~25m	0.50m
25~50m	1.00m
50~100m	2.00m
> 100m	> 5.00m

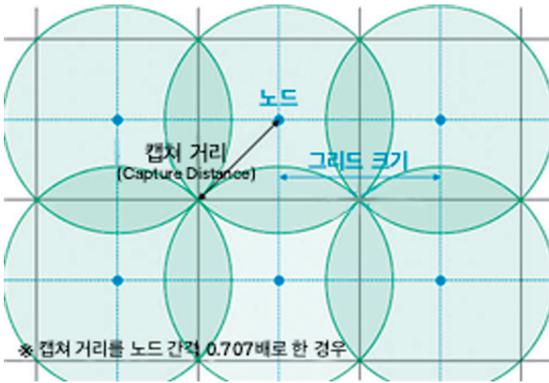


그림 6. 노드 간격의 0.707배로 설정된 캡처 거리

수 있도록 정하고 있다(그림 6).

모호성 제거

CUBE 알고리즘 과정에서 복수의 가설 수심(Hypothesis)을 얻을 경우, 복수의 가설 수심 중 하나의 유력한 가설 수심을 자동으로 선택하는 프로세스를 모호성 제거(Disambiguation)라 부르고 있다. 자동 선택 프로세스의 주요 옵션 세 가지로는 (1)Density(밀도), (2)Locale(현장), (3)Density & Locale(밀도와 현장)의 세 종류가 있다. (1)에 대해서는 노드의 측심점이 가장 많이 포함된 가설 수심을 채택하는 것, (2)에 대해서는 주위의 노드와 가장 모순 없는 가설 수심을 선택하는 것, (3)에 대해서는 (1)과 (2)를 조합한 종합적으로 가장 확실한 가설 수심을 선택한다(그림 7). 미국 NOAA 연안측량국에서는 (3) Density & Locale 방식을 채택하고 있다(NOAA, 2014).

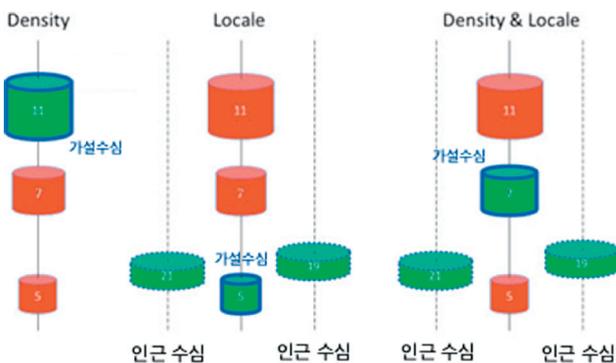


그림 7. CUBE 알고리즘의 모호성 제거 방법에 대한 개념도. 각 가설의 숫자는 측심 점수를 나타냄

미국에서의 CUBE 수심의 성과 채택

수로측량 기술의 선진국인 미국·캐나다에서는 멀티빔 수심 측량 성과로서 CUBE 수심이 채용되고 있다(NOAA, 2018; CHS, 2012). 여기에서는 해외 사례 중에서도 특히, CUBE 수심의 사용이 성숙한 미국 NOAA 연안측량국의 사례를 통해 수심측량 성과로 CUBE 수심의 채택을 전제로 한 멀티빔 수심측량에 대해 소개한다(NOAA, 2014; NOAA, 2018).

멀티빔 측심 작업

CUBE 수심에 노이즈가 남지 않도록 하기 위해 가능한 한 측심 노이즈가 발생하지 않는 데이터를 취득하는 작업이 이루어졌다. 구체적으로는 소해(swath)폭이 대략 $\pm 60^\circ$ 로 설정되었고 경사 빔 부근의 질 낮은 데이터가 취득되지 않도록 고려되었다. 또한 악천후시에는 노이즈가 많은 데이터가 취득되므로, 긴급한 상황을 제외하고 무리해서 측량 작업을 하지 않는 것도 인상적이었다. 더구나 0.5m 고해상도의 CUBE 수심을 취득해야 하므로, 리얼 타임 키네마틱(RTK)과 Applanix사의 POSPac MMS라고 하는 전용 소프트웨어에 의한 후처리 키네마틱 등의 고정밀도 측위를 사용하고 있다.

CUBE 수심의 산출

멀티빔 측심을 통해 취득한 데이터에 음속 프로파일·조위·측위 동요 등의 각종 보정 데이터를 적용하여, 통합된 측심점과 불확실도(TPU)를 계산한다. 이러한 전체 측심점과 TPU에서 CUBE 수심을 산출한다. CUBE 수심의 노드 간격(격자 크기)은 표 2와 같이 수심에 따라 정해져 있다(NOAA, 2018). 특히 수심 0~20m에서 0.5m, 수심 18~40m에서 1m로 정해져 있는 이유는 IHO S-44 제5판(IHO, 2008)에서 언급된 표준 장애물 크기인 1m/2m 입방체를 검출하기 위한 격자 크기의 필요 조건이 각 입방체의 절반 크기(0.5m/1m)이기 때문이다. 또, 앞장에서 서술한 CUBE 수심을 산출하기 위



한 설정 매개 변수(캡처거리, horizontal scale error 등)는 NOAA(2014)에서 정해져 있다. 지금까지의 처리는 입력 파일(측심 데이터나 각종 보정 데이터 등)의 반영이나 각종 매개변수(TPU 계산을 위한 계측 정밀도·관측 정밀도나 CUBE 수심을 산출하기 위한 설정 파라미터 등)의 설정을 제외하면 모두 컴퓨터가 자동으로 수행하는 작업이지만, 노이즈가 적은 측심 데이터를 취득하는 것으로 인해 이 시점에서 대부분 노이즈가 제거된 CUBE 수심을 얻을 수 있다. 현재 미국 NOAA 연안측량국에서는 데이터 처리 소프트웨어로 CARIS사의 HIPS & SIPS가 사용되고 있다.

CUBE 수심의 육안 판단에 따른 마무리 작업

앞 절에서 얻은 CUBE 수심은 장애물, 특히 공간 스케일이 작은 장애물이나 복잡한 형상의 장애물에 대해 천소의 상부가 눌러있지 않은 경우가 있다. 또한 이 시점의 CUBE 수심은 대체로 노이즈는 제거되나 일부 장소에서는 측심 노이즈에 영향을 받아 CUBE 수심에 스파이크와 같은 노이즈 수심이 생기고 있다. 자동으로 얻어진 CUBE 수심을 그대로 수심측량 성과로 사용하기에는 특히 안전한 선박 교통이 중요한 천해역에는 적합하지 않다. 그래서 가시화한 CUBE 수심 격자를 점검하여 CUBE 수심의 이상 부분에서만 측심점 취득 시점으로 돌아가 육안에 의한 장애물 노이즈 관별을 실시할 필요가 있다. CUBE 수심의 이상 부분을 특정할 때

에는 CUBE 수심 격자의 Color Range나 높이 확대 기능(Vertical Exaggeration) 등을 변경하면서 수심 대역에 따른 크기의 장애물을 놓치지 않을 정도의 적당한 확대 스케일로 가시화한 CUBE 수심을 눈으로 점검하는 것이 기본이다. 또, CUBE에서 계산되는 CUBE 수심 이외의 속성정보 역시 CUBE 수심의 이상 장소 파악에 유용하다. CUBE 수심을 구할 때 사용한 측심점의 표준편차(Std_Dev), 선택된 가설 수심의 신뢰도(Hypothesis_Strength), 사용한 측심점 밀도(Density) 등이 특히 유의한 정보이다(그림 8).

또한 HydrOffice QcTools의 Flier Finder라 불리는 CUBE 수심의 이상 부위를 발견하는 보조 툴이 개발되었다(Masetti et al., 2019). 본 보조 툴은 미국 뉴햄프셔 대학과 NOAA가 개발한 공개 툴로서, CUBE 수심 속에 포함된 스파이크 위치(Flier라고 불린다)나 단차 부분을 자동 검출하는 것이다(그림 9). 이 보조 툴을 이용한 CUBE 수심의 이상 부분 추출에서는 작업의 객관성이 높아지기 때문에 기존 전 측심점의 육안 점검에 의한 주관적 작업에 의해 놓쳐진 장애물도 발견되는 경우가 있으며, NOAA에서는 이 툴을 적극적으로 사용하고 있다. 그러나 이 보조 툴이 매우 유용하지만 만능은 결코 아니다. 예를 들어, 비고(比高) 1m 이하에 달하는 작은 장애물 검출이 필수적인 경우에는 데이터의 품질에 따라서는 자동 검출 부분이 급격히 증가하여 눈으로 봐야 할 부분을 좁힐 수 없다는 등의 과제도 있어, 아직 개선의

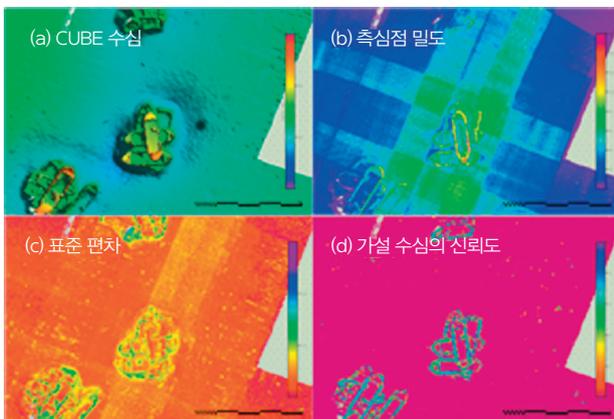


그림 8. CUBE 수심 및 기타 속성 정보 레이어. (a) CUBE 수심 (b) 측심점 밀도 (c) 표준 편차 (d) 가설 수심의 신뢰도

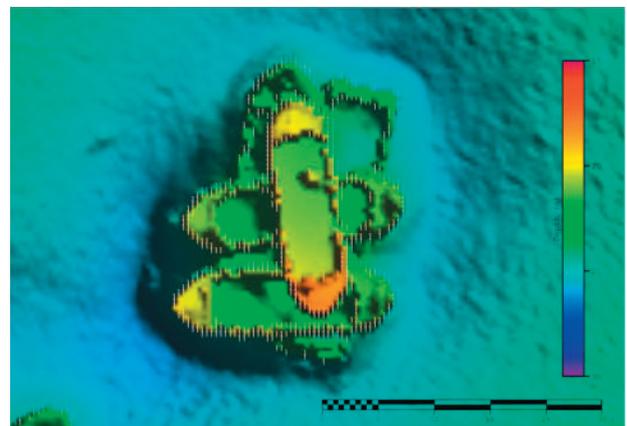


그림 9. CUBE 수심의 침선 및 어초와 HydrOffice QcTools를 적용한 결과(핑크색 숫자 플래그)

여지가 남아있다.

CUBE 수심에서 볼 수 있는 노이즈 부분에 대해서는 해당 장소의 측심점을 눈으로 확인한 후, 측심점 노이즈의 수동 삭제 및 CUBE 수심의 재계산을 함으로써 CUBE 수심이 갱신되고, 노이즈가 발견된 위치에서도 올바른 CUBE 수심을 얻을 수 있게 된다. CUBE 수심 이상 장소의 장애물·노이즈 판별에서 장애물이 발견되었을 경우, 해당 장소의 측심점으로 돌아가 육안 점검을 실시하고, NOAA의 판단 기준에 따라(NOAA, 2018), 천소수심 보호 작업(Designated flag 부여)을 적절히 실시한다. 현재 NOAA에서는 모든 장애물에 Designated flag를 부여하는 것이 아니라, 통계적으로 유의미한 천소가 누락된 경우(각 측심점의 정밀도 한계를 고려한 후, 데이터 정밀도를 넘어 장애물의 천소 상단이 유의하게 누락되었다고 판단되는 경우)에만 천소수심의 보호 작업을 하게 된다.

CUBE 수심 및 기타 속성 정보를 이용한 전체 이상 부위에서의 장애물 및 노이즈 판별과 천소수심 보호 작업이 종료된 후, CUBE 수심을 최종 결정하면 CUBE 수심이 Designated Flag로 부여된 측심값으로 치환되어 마무리 작업이 완료된다.

수심측량 성과 포맷

천소수심의 상부에 대해 육안 판단에 의한 마무리 작업이 이루어진 CUBE 수심의 성과 포맷은 CARIS 독자적인 CSAR 형식이 아니라 오픈 포맷인 속성화된 수심격자(Bathymetric Attributed Grid; BAG)형식이다(NOAA, 2018). BAG형식(Calder et al., 2013)은 래스터, 수심 레이어, 불확실도 레이어, 수심측량에 관한 메타정보로 구성된다. 또한 BAG 형식은 ArcGIS와 같은 범용 GIS 소프트웨어에서도 사용가능하다. 또한 수로측량 데이터의 지리공간정보의 국제표준을 정하는 IHO S-100 시리즈의 하나로 고밀도 수심 격자의 국제표준인 IHO S-102(IHO, 수심 격자면 제품 기준, 2012)는 BAG 형식을 바

탕에 따라 일부 변경하여 만들어진 포맷으로 기본적인 구성은 거의 동일하다고 볼 수 있다.

논의

앞선 서론과 본문에서 언급된 멀티빔 측심 결과의 솔루션에서의 CUBE 알고리즘 사용과 해도 작성을 위한 수심측량 성과로 CUBE 수심을 채택한다는 아이디어는 일본의 멀티빔 수심측량을 크게 전환시킬 수 있다. 관련하여 해외 사례를 분석한 결과, 지금까지 해결이 곤란하다고 생각했던 이러한 여러 문제를 한꺼번에 해결하는 돌파구가 될 것임은 틀림없다. 특히 CUBE 수심을 성과로 잘 다룰 수 있다면 지금까지 가장 고생했던 멀티빔 측심 데이터의 노이즈(noise) 처리를 획기적으로 간소화할 수 있게 되어, 성과의 객관성도 높아지게 된다.

그러나 CUBE 수심을 성과로 채택한다는 뛰어난 아이디어는 만능이 결코 아니다. 측심 노이즈(noise)가 많은 저품질의 데이터를 취득했을 경우, CUBE에 의한 통계 처리가 효과적으로 작용하지 않기 때문에 CUBE 수심 마무리 작업에서 육안으로 판단해야 할 이상 부분이 극적으로 증가하게 되어, 결과적으로 데이터 처리에 막대한 시간이 소요되게 된다.

CUBE에 의한 통계 처리가 효율적으로 기능하기 위해서는 고품질의 멀티빔 측심데이터를 취득함에 더 중점을 둘 필요가 있다. 고품질 측심 데이터의 취득을 위해 지켜야 할 중요한 포인트는 소해(Swath)폭을 너무 넓히지 않고 대체로 $\pm 55^\circ$ 까지로 고정하며, 중첩률 100%를 기본으로 하는 것이다. 소해 폭을 너무 넓히지 않고, 대체로 $\pm 55^\circ$ (최대 $\pm 60^\circ$ 까지 아주 얇은 해역에서는 $\pm 65^\circ$ 까지)로 고정함으로써 측심 노이즈(noise)가 적은 데이터를 취득할 수 있고 음파 발신 비율도 높은 고밀도 측심이 가능하다. CUBE에 의한 통계 처리가 효과적으로 기능하여 육안 판단에 의한 마감 처리의 번거로움이 크게 감소한다. 게다가 직하 빔의 밑넓이(footprint)의 작은 빔 측심 데이터가 증가하므로 장애물 검출 능력도 향



상되어 장애물을 선명히 파악할 수 있게 된다. 소해 폭을 최대한 넓히고 측심한다는 기존 사고방식에서 크게 벗어나야 한다.

측선 간격을 넓게 설정하지 않고, 중첩률 100%를 기본으로 하여 장애물이 인접한 2개의 측선에서 여러 번 관측되기 때문에 객관적인 판단이 가능해져, 결과적으로 효율적인 장애물 및 노이즈(noise) 판별이 가능하다. 또한, 바로 직하 빔 부근의 고품질 측심 데이터가 증가하기 때문에 CUBE 의한 통계 처리가 유효하게 기능하게 된다.

CUBE 수심의 성과를 채택함에 있어 수심 대역에 따른 격자 크기(노드 간격)를 적절하게 규정하는 것이 매우 중요하다. CUBE 수심의 격자 크기는 안전한 선박 교통을 확보하기에 필수적인 장애물의 검출 한계에 관련된 중요한 지표이다. IHO S-44 제5판이 정한 표준 장애물(1m/2m 입방체)을 검출하려면 적어도 장애물 크기의 절반 크기인 격자 크기(0.5m/1m 격자 크기)의 CUBE 수심이 필요하다는 사실은 수로측량에 있어서 중요하다. CUBE 수심의 그리드 크기를 규정할 때는 멀티빔 측심기의 장애물의 검출 한계(수평 해상도)를 나타내는 직하 빔의 밑넓이(footprint, 빔폭과 수심에 비례하여 커지는 성질을 가진다)에 입각하여 정함으로써 멀티빔 측심 데이터가 본래 가지고 있는 장애물 검출 능력을 최대한까지 끌어낼 수 있다. 또한 더 작은 장애물의 검출을 용이하게 하기 위해서는 작은 격자 크기 CUBE 수심측량 성과를 작성해야 하기 때문에 고밀도 측심의 중요성이 더욱 높아지는 것도 잊어서는 안된다.

장애물과 노이즈(noise) 판별을 수반하는 CUBE 수심의 육안 판단에 의한 마무리 작업은 CUBE 수심을 해도 작

성을 위한 수심측량 성과로 채택하기 위하여 필수 불가결한 작업이다. 현 시점에서의 최선책은 CUBE 수심이나 그 이외의 속성정보를 이용한 육안 판단에 의한 기법과 동시에 미국의 QcTools를 비롯한 CUBE 수심의 이상 부분의 자동 검출 도구도 적극적으로 사용해 나가는 것이라고 생각된다. 해외의 동향을 주시하면서 보다 효율화를 위해 독자적인 자동검출 도구를 개발해 나가는 것도 하나의 선택사항으로서 생각된다. 또, 후자인 CUBE 수심의 이상 부분의 자동검출 도구는 점검 장소의 한정과 조작 측면 등에서 개선할 여지가 남아있다. 해외의 동향을 주시하면서 보다 효율화를 위해 독자적인 자동검출 도구를 개발해 나가는 것도 하나의 선택사항으로서 생각된다.

수심측량 성과 포맷은 현재의 LMD 파일을 입력으로 한 해도 작성 절차를 감안할 때 BAG 형식으로 이행하기 위해서는 시간이 걸릴 것으로 생각된다. 기존의 수심측량 성과 포맷으로부터의 원활한 전환을 의식하면서 미래에는 GIS에서 빠르게 시각화할 수 있고 래스터의 이점을 누릴 수 있는 BAG 형식을 지향하는 것이 바람직하다.

멀티빔 측심 기술이 해마다 진보하고 있는 상황에서, 안전한 선박 교통을 보장하는 해도를 위해 수로측량이라는 변함없는 가치를 계속 유지하기 위한 필수적인 변화라고 할 수 있다. 앞으로는 CUBE 수심을 성과로 채택할 수 있는 멀티빔 수심측량의 도입하여, 직접 겪으며 시행착오를 통해 수로측량 기술자가 공유해야 할 이러한 새로운 생각의 도입을 목표로 하면 좋을 것이다.

※ 본 논문을 요약 소개하는 이유는 우리나라의 수로측량에서도 수심측량성과에서 미국과 여러 해양선진국이 도입하고 있는 기술을 고려할 필요가 있다는 판단에서 면밀한 검토와 시험 측량 이후 검증이 된 이후에 적용가능성을 타진하고자 함이다.

해양 GIS 핵심 기술의 국산화 연구 소개

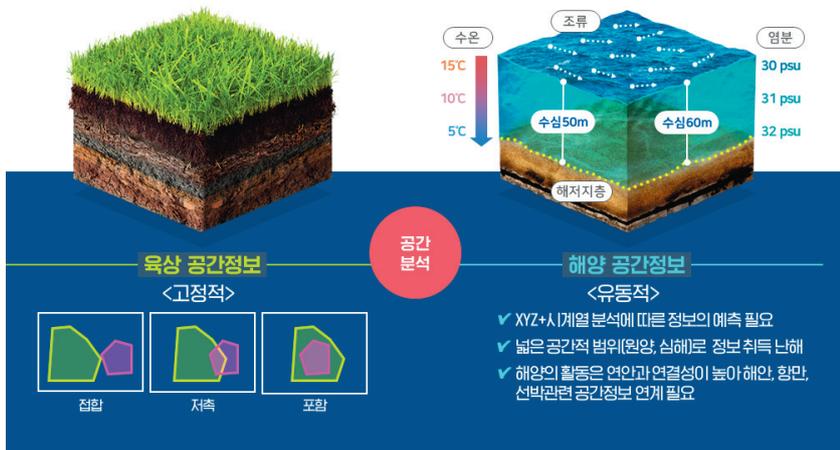
주식회사 올포랜드

미래학자인 앨빈토플러는 미래 정보사회 문제는 정보의 홍수이며, 그 문제를 해결하는 방법은 기존정보와 위치정보를 결합하는 공간화 기술이라고 했다. 올포랜드는 이러한 공간정보의 융복합을 통한 서비스를 목적으로 2012년 해도제작 업무를 시작으로 해양산업에 발을 디게 되었으며 그 후 해양측량, 해양관측 및 해양예보 정보의 생산 및 분석까지 업무를 확대하였다. 현재는 이러한 해양정보의 특성을 파악하여 해양정보의 서비스 및 활용을 위한 해양 SI 사업의 선두주자로 자리매김하고 있으며 해양 GIS 산업에서 또 하나의 도전을 시작하고 있다. 현재까지 해저지형(수심정보) 정보의 처리에서 해도제작까지 이르는 과정을 모두 외국산 S/W에 의존하여 매년 많은 외화가 해외로 유출되고 있는데, 올포랜드는 대한민국의 기술자립의 미래를 앞당기고자 해양 GIS SW 국산화에 도전하고 있다.

공간정보의 현재와 미래

전세계 ICT 산업의 선두주자인 구글은 매년 2조원 이상을 공간정보산업에 투자하여 구글어스 및 자율주행차 등에 접목하여 전 세계 공간정보산업의 70%를 차지하고 있어 시사하는 바가 크다. 우리는 4차 산업혁명 시대에 살고 있으며 기존 IBM, SONY, 파나소닉 같은 제조기반 산업은 쇠퇴하고 구글, 마이크로소프트, 아마존과 같은 정보기반 산업으로 급격히 탈바꿈하고 있다. 이처럼 공간정보는 GIS라는 기술을 바탕으로 공간 데이터를

분석하고 가공하여 지구상의 모든 공간에 대한 인프라를 인류 실생활에 활용할 수 있도록 최적화되었으며 현재는 GPS만 있으면 누구든지 활용할 수 있는 수준에 와 있다. 하지만 이는 인류가 주로 생활을 영위하는 육상공간에 대한 서비스 수준을 말하며 해양공간에 대한 GIS 기술은 아직 일부 선진국들이 주도해 나가는 실정이다. 해양공간이라는 것이 육상공간처럼 2차원 평면의 고정적인 것이 아니고 해수라는 매질의 움직임이 포함되는 3차원 세계의 특수성과 원양과 심해까지 포함하는 넓은 공간적 범위에 대한 정보분석의 한계성 때문일 것으로 판단된다.



육상공간정보와 해양공간정보

해양 GIS 핵심기술 연구

육상 GIS 산업시장은 연 약 5,4조원 규모이지만 해양분야는 GIS 운용 제약 등으로 산업 시장 규모가 1,350억 원 정도로 저조한 실정이다. 또한 우리나라는 차세대 전자해도 제작의 국제표준화를 선도하고 있지만 해도제작부터 해양정보 활용까지 외산 소프



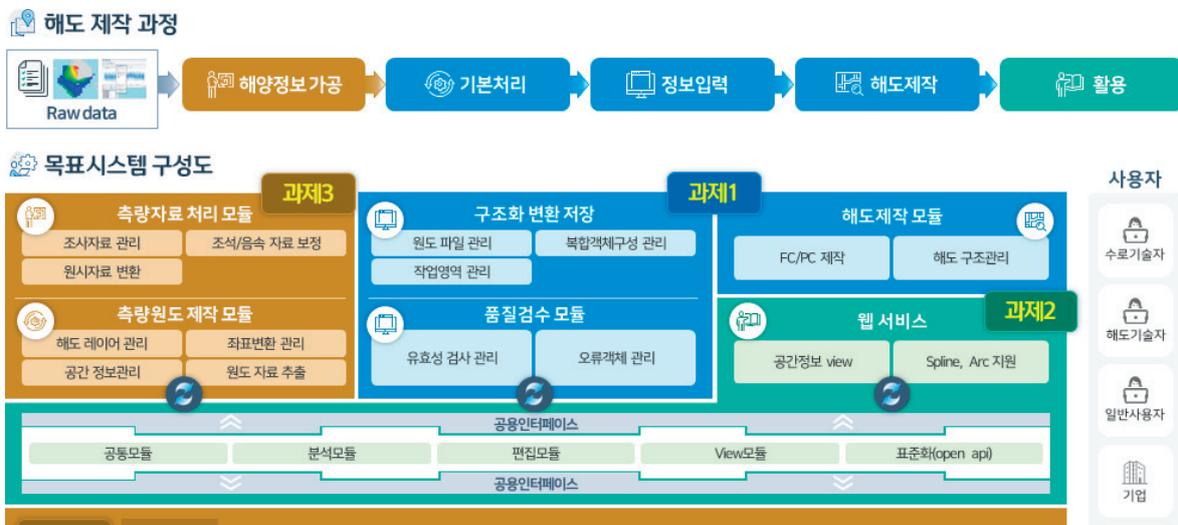
트웨어가 장악하여 국산 GIS분야 소프트웨어 비중이 외산제품에 비하여 2% 정도 밖에 안되는 실정이다. 따라서 해양 GIS의 기술자립을 위해서 한국형 핵심기술 연구를 시작하였다. 특히 해양경계 설정에 반드시 필요한 근거자료로써 해도와 해역 특성을 구현, 분석할 수 있는 제작 도구는 향후 해양경계획정 분쟁에 대비해서 과학적 자료를 수집하고 구축하는데 일조를 할 것이다. 핵심기술 연구는 해저지형정보의 자료처리에서 원도제작, 구조화 변환 및 해도제작까지 전 과정에 대한 SW 핵심기술과 한국형 해양 GIS 표준을 정립함으로써 해양산업 활성화에 기여하고 장기적으로 해양 GIS 서비스 활용 시장을 조성할 수 있는 기반이 될 것이다.

공간정보 융복합 MapPrime(맵프라임) 솔루션

일찍이 국토공간정보에 대한 한국형 SW 개발 및 표준화에 대한 연구는 2015년 중반부터 시작되었다. 이러한 연구의 결실은 2019년 소재·부품·장비에 대한 기술독립에 대한 사회적 이슈에 발맞춰 2020년에 전격적으로 국산 SW로 대체·보급되게 된다. 이때 전국 지자체 약 70%에 해당하는 솔루션을 올포랜드 공간정보 SW(맵프라임 제품)로 대체함으로써 기술력을 입증받게 되었다. 이러한 기술력은 해양 GIS 핵심기술 연구로 이어지게 되었다. 맵프라임 솔루션은 맵프라임 Editor, 맵프라임 GIS Web Server, 맵프라임 Server Manager, 맵프라임



해양 GIS 핵심기술 연구 배경



해양 GIS 핵심기술 연구 개념도



- OGC 국제 표준 서버, 클라이언트, 타일맵 도구 제공
- OS 지원(UNIX, Windows, Linux)
- ActiveX를 사용하지 않고 웹브라우저 표준을 준수한 서비스 구축 가능

- 국토교통부**
- 공간빅데이터 체계 구축
 - 공간객체등록번호 부여
- 기획재정부**
- 국유재산 통합관리
- 한국철도시설공단**
- 철도시설 유지보수이력 데이터베이스 구축 및 공간정보시스템 시험 구축
- 지방자치단체**
- 전라북도 외 20여개 지방자치단체 납품



- 과학기술정보통신부의 '글로벌 SaaS 육성프로젝트(GSPI)'를 통해 국내 최초로 개발된 GIS기반 SaaS
- 클라우드형 공간정보 제작, 분석, 공유, 배포 서비스 제공

- 과학기술정보통신부**
- 글로벌 SaaS 육성프로젝트 (GSP)
- 해양수산부**
- 해양수산정보 공동활용 체계 구축
 - 해양공간 관리 계획 구축
- 한국국토정보공사**
- LX 빅데이터 플랫폼 구축
 - 경기콘텐츠진흥원
 - 지속가능한 빅데이터 분석서비스 구축
- 이화여자대학교**
- 현장학습 사후관리시스템 서비스
- 미국 Meharry 의과대학**
- 헬스케어 시각화 서비스

공공기관 데이터 수집

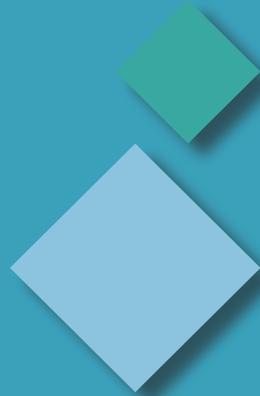
맵프라이미 2D 및 Cloud 소개 예시

GIS Server로 나뉜다. 특히 이 솔루션은 2D, 3D 공간정보는 물론 360 파노라마 영상을 이용한 실내외 공간정보를 관리하는 맵프라이미 Metric 360°와 클라우드형 공간정보 제작, 분석, 공유 및 배포 서비스를 제공하는 맵프라이미 Cloud도 포함되어 있어 공간정보 융복합을 통한 스마트기술의 가치창출을 위한 도구로 자리매김하고 있다.

올포랜드 해양사업그룹은 앞으로 해양정보의 꽃으로 불리는 해수자체 유동정보 및 물성정보에 대한 GIS 표준 정립과 이를 활용하고 서비스를 하기 위한 연구도 계획하고 있다고 한다. 이를 위해서는 육상 공간정보와 달리 3차원 정보로서 정의하고 구현해야 하기 때문에 3차원 디지털 트윈 기반 기술이 적용되어야 하며, 또한 시공

간적인 예측도 가능해야 하므로 이에 대한 추가 연구 등 고려해야 할 항목이 무궁무진 할 것으로 내다본다.

올포랜드(www.all4land.com/김병기 대표이사)는 '2013 국토교통부가 선정한 국산 공간정보 SW산업 활성화 기업'으로 '정직한 경영과 기업 운영'을 모토로 회사를 찾는 고객의 가치창출에 의의를 두는 기업이다. 올포랜드는 회사 설립 후 GIS DB 생산, 응용 솔루션 개발 및 모바일 기술 개발 등을 통하여 다양한 분야의 공공서비스 능력을 높이고자 전문 기술 확보에 총력을 기울이고 있다. 또한 전통적인 GIS 시장에 머무르지 않고, 융·복합되어 가는 SI시장의 경제적 흐름에 발맞춰 3D, 스마트 기술, 클라우드 서비스, 빅데이터 처리 등 최신 기술 개발에 열성을 다하고 있다.



• 차례 •

국제수로기구 Brief News ... 2

2020년 제6판 IHO S-44 수로측량 표준소개: 제3장 수심, 측량 범위, 물체 및 해저 저질 ... 12

지속가능한 해양경제를 위한 과학발전 ... 16

멀티빔 수심측량 성과에 대한 CUBE 수심의 채택에 관하여 ... 19

해양GIS핵심기술의 국산화 연구소개 ... 29

해양조사 기술동향 통권 제9호(2021-3)

발간처 한국해양조사협회 발간인 황 준 발간일 2021년 10월 8일

감수 김영배, 김옥수, 김연수 번역 및 편집 책임 (주)지인컨설팅

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