

국외출장 결과보고서

구 분	내 역					
출장자	소속	해양연구본부	성명	전형모	직급	연구위원
	소속	해운물류·해사연구 본부	성명	김한나	직급	전문연구원
출장목적 (중복선택 가능)	☒ 현지조사(현장, 전문가 회의)			☐ 국제행사 주최		☐ 국제행사 참가
	☐ 국제회의(정부대표단) 참석			☐ 세미나, 교육, 훈련		☐ 기타 ()
	○ 출장목적 : 혁신클러스터 기반 해양데이터산업 활성화를 위해, 미국의 해양데이터 거버넌스 체계(IOOS) 및 이를 기반으로 한 데이터·AI 기업 성장생태계를 직접 방문하여, 해양데이터 공급-활용 구조, 클러스터 운영모델, 데이터기업 육성 정책을 종합적으로 조사·분석하고, 향후 협력 기반 조성					
	- 미국 해양관측 데이터 통합체계(IOOS)의 연방-지역 거버넌스 구조 및 데이터 공급 메커니즘 조사 — 해양데이터 기업이 활용 가능한 공공데이터 공급 기반 분석 - NOAA의 AI 기반 해양·기상 예측모델(Project EAGLE) 운영 사례 분석 — 공공 해양데이터가 AI 산업으로 연결되는 경로 파악 - IOOS 지역연합(Regional Association) 운영모델 조사 — 연구기관 내 데이터 조정기관 공존 모델(CeNCOOS-MBARI)의 데이터 기업 연계 구조 분석 - 해양 AI 파이프라인(FathomNet, Deployable AI) 등 해양데이터 기반 혁신 기술·비즈니스 사례 조사 - 시애틀 해양혁신 클러스터(Maritime Blue) 방문을 통해 해양데이터·BlueTech 기업의 성장을 위한 클러스터 운영구조 조사 및 협력체계 구축 방안 논의 - Maritime Blue 네트워크 내 해양 AI·데이터 분야 혁신기업 인터뷰 — 기업의 창업·성장 과정, 비즈니스 모델, 데이터 공급-수요 구조, 성공사례 분석 - 부산 영도 해양수산 산학연협력센터 운영모델 설계를 위한 Maritime Innovation Center(MInC) 벤치마킹					
관련사업 (예산항목)	- 「혁신클러스터 기반 해양데이터산업 활성화 사업」(일반사업) (사업기간 : 2026.01.01. ~ 2026.12.31.)					
출장기간	2026.06.21(일) ~ 2025.06.28.(일) (6박 8일)			출장지		미국(DC, 시애틀, 몬터레이)
출장일정	일자	방문지		주요업무		항공편 / 교통수단
	06.21(일)	김해공항 -> 인천공항 -> 워싱턴 DC(IAD) 공항		- 현지도착		대한항공 KE1402, 07:00 / 09:10 대한항공 KE093, 10:25 / 11:15
	06.22(월)	오전: NOAA IOOS HQ (Silver Spring)		- 미국 해양관측 데이터 연방-지역 통합 거버넌스(IOOS) 조사 - RICE 인증 및 DMAC 데이터 표준 체계 분석		워싱턴 DC
		오후 : NOAA EMC (College Park)		- 생성형 AI 기반 해양·기상 예측모델(AIGFS/GenCast/HAFS) 운영 사례 조사 - 공공 해양데이터→AI 예측 연결 파이프라인 분석		

	06.23(화)	오전	- 1차 회의정리 및 이동준비	델타항공 DL 786, 16:36 / 19:30
		오후 : 워싱턴(DCA)-> 시애틀(SEA)	- 시애틀로 이동	
	06.24(수)	오전 : NANOOS (Seattle, UW APL)	- IOOS 지역연합(RA) 운영구조 및 지역 이해관계자 조정 메커니즘 조사	시애틀
		오후 : Maritime Blue (Fishermen's Terminal)	- 해양 BlueTech 혁신클러스터 운영모델(MInC) 벤치마킹 - 해양 AI·데이터 혁신기업 인터뷰 및 성장생태계 분석	
	06.25(목)	오전	- 2차 회의정리 및 이동준비	델타항공 DL 3707, 14:30 / 16:50 렌터카이용
		오후 : 시애틀(SEA)-> 샌프란시스코(SFO) 샌프란시스코 -> 몬터레이	- 샌프란시스코로 이동 - 몬터레이 이동	
	06.26(금)	오전 : CeNCOOS + MBARI (Moss Landing)	- 민간 연구기관 내 정부인증 데이터 조정기관 공존 모델 조사 - 해양 AI 파이프라인(FathomNet, Deployable AI) 데이터→AI 연결 실증 사례 조사	렌터카이용
오후		- 몬터레이 -> 샌프란시스코 이동		
06.27(토)~ 06.28(일)	샌프란시스코 공항(SFO) -> 인천 공항 -> 김해공항	귀국	대한항공 12:40 / 17:20 (+1일) 대한항공 18:25 / 19:35	
출장성과	○ 주요성과			
	- 해양데이터 기업의 진입기반이 되는 공공데이터 공급구조 확인: IOOS가 17개 연방기관·11개 지역연합의 32,000여 개 센서 데이터를 무료·무로그인으로 개방하되 품질플래그 의무화와 국가 아카이빙으로 '연방 품질 동등성'을 보장함으로써, 기업이 별도 검증 없이 즉시 활용 가능한 데이터 기반이 형성되어 있음을 확인 - 관측 조달의 '서비스화'를 통한 민간시장 창출 경로 파악: 무인관측선 기업이 장비가 아닌 데이터·서비스를 판매하는 방식으로 공공 조달에 편입되고 저비용 관측센서가 공공망에 선제 도입되는 사례를 통해, 공공 관측예산을 '장비 구매'에서 '데이터 구매'로 전환하는 것이 해양데이터 기업의 초기 시장을 창출하는 직접적 수단임을 확인 - 공공 해양데이터가 AI 산업으로 연결되는 경로 확인: NOAA가 외부 개발 AI 모델을 자체 프레임워크에 탑재해 약 18개월 만에 운영 전환하고 MBARI가 라벨 데이터·학습모델을 전면 공개하여 외부 인재 경진대회로 해법을 조달하는 구조를 통해, 공공이 '문제·데이터·평가체계'를 공급하고 산업이 해법을 공급하는 역할분담 모델을 확보 - 연구기관 내 데이터 조정기관 공존 모델 및 지속가능 재원구조 분석: NANOOS(UW)와 CeNCOOS(MBARI)가 별도 법인 없이 기존 연구기관 내에 국가인증 조정기능을 두고 직접 관측 대신 지역 기관에 재위탁하며 5년 단위 협력협정으로 사업 지속성을 확보하고 있어, 3년 단위 단발 R&D 중심인 국내 데이터사업 구조의 대안 논거를 확보 - 자발적 참여를 이끄는 '지분형' 데이터 거버넌스 설계 확인: 데이터 제공을 강제하지			

	않고 협약 서명과 동시에 운영이사회 1석을 부여하는 방식으로 40여 개 기관 참여를 확보하고 산업 수요자를 자문이 아닌 의결 단위에 배치한 구조를 확인 - 수요자군별 데이터 서비스 분화 사례 확보: 2,000여 개 레이어 통합포털의 접근성 한계를 인정하고 참치어업·패류양식·페리운항 등 사용자군별 전용 서비스로 분화하는 전환 사례를 통해, 국내 해양수산 빅데이터 플랫폼을 수요자별 서비스로 재편하는 방향의 근거를 확보 - 해양혁신 클러스터의 운영구조 및 자원 자립 경로 벤치마크: Maritime Blue가 정규직 17명·연 운영예산 600만 달러로 140개 회원 간 '연결'을 회비(연 2.5만~25만 달러)로 상품화하고 정부재원 비중을 75%('19)에서 18%(현재)로 낮추면서 5년간 80개 기업 지원·5억 달러 투자유치를 달성한 구조를 확인 - 부산 Ocean X 운영모델 설계를 위한 MInC 벤치마킹 및 한-미 협력기반 조성: 3,300만 달러를 투입한 시애틀 혁신센터의 앵커-스타트업 개방형 공간설계를 확인하는 한편, '26.10월 국제 심포지엄 초청과 One Ocean Week 대표단 파견, 상호 공간이용 협정, 기관 간 연결 주선 등 후속 협력의제를 도출
향후계획	○ 출장 성과 공유 계획 - 기관 내 및 외부(해양수산부, 부산시, KHOA·KIOST·국립해양생물자원관 등) 공유용 요약자료 작성 및 배포 - '26.10월 해양데이터 국제 온라인 심포지엄 개최: 미국·일본·유럽 기관을 초청하여 국가별 해양데이터 거버넌스 및 데이터산업 육성정책 비교 세션 구성 - 산학연 대상 해양데이터산업 워크숍 개최: 공공데이터 공급구조·데이터 비즈니스 모델·AI 유즈케이스 발굴을 주제로 선사·조선·항만·수산·ICT 기업 참여 - Ocean X 개소('26.8.) 연계 프로그램으로 입주기업 대상 벤치마킹 결과 공유 및 One Ocean Week 참가기업 모집 ○ 정책화 등 활용 계획 - 해양데이터산업 활성화 정책과제 도출: 공공데이터 개방·품질보증을 기업의 데이터 조달비용을 낮추는 산업정책 수단으로 위치시키고, 민감데이터 등급 분류와 지연공개 등 중간지대 설계를 포함한 개방 원칙 정립 - 관측 조달방식 전환 검토: 공공 해양관측 예산 일부를 장비 구매에서 데이터·서비스 구매로 전환하여 국내 해양데이터 기업의 초기 시장 창출 경로 마련 검토 - K-Ocean Dataspace 설계원칙 확정: 단일 통합플랫폼 대신 국제표준 위 최소 확장의 연합형 구조로 정리하고, 참여 유인을 '협약 체결'이 아닌 '의사결정 지분 부여'로 설계 - 해양수산 빅데이터 플랫폼 개편 방향 제시: 통합포털 고도화 대신 수요자군별 서비스로 분화하고 서비스 계층은 민간기업이 담당하는 역할분담 구조 설계 - Ocean X 운영모델 구체화: 앵커기업 우선 확보, '연결'의 명시적 상품화, 앵커 대상 혁신 과제 진단·기술소싱 기능 탑재, 정부재원의 단계적 축소 로드맵을 결합한 운영모델 설계 - 국제협력 후속조치 이행: 10월 심포지엄 개최, One Ocean Week 대표단 파견, 상호 공간이용 협정 체결 검토, 국립해양생물자원관-FathomNet 연결 주선
참고 등 특이사항 (건의사항)	

* 주요업무 수행 결과 별지 작성 후 첨부

주요 업무내용 (계획(√), 결과())

업무유형	☒ 현지조사(현장, 전문가 회의) ☐ 국제행사 주최 ☐ 국제행사 참가 ☐ 국제회의(정부대표단) 참석 ☐ 세미나, 교육, 훈련 ☐ 기타 ()
업무①	6.22.(월) NOAA IOOS Program Office / NOAA Environmental Modeling Center (EMC) 미팅
수행계획	□ (오전) NOAA IOOS Program Office 미팅 및 현지 조사 - 개요: U.S. Integrated Ocean Observing System(IOOS)은 NOAA 산하 국가 해양관측 통합 시스템으로, 2009년 ICOOS Act에 의해 법적 권한을 부여받았음. 17개 연방기관과 11개 지역연합(Regional Association)을 조정하며, 32,000개 이상의 해양 센서 데이터를 FAIR 원칙에 따라 통합·공개하는 세계 최대 규모의 해양데이터 거버넌스 체계임 - 참석자: KMI 전형모 연구위원, 김한나 전문연구원, IOOS 담당자 등 3~5명 - 주요 논의 사항 · 11개 지역연합(RA) 및 17개 연방기관 간 데이터 조정 체계와 RICE 인증 메커니즘 확인 · DMAC 기술표준(ERDDAP, OPeNDAP, FAIR 원칙) 기반 사이버인프라 운영 구조 분석 · ICOOS Act(2009) 및 Evidence Act(2019)의 법적 기반과 실제 운영에 미치는 영향 조사 · AI·생성형 AI의 IOOS 데이터 활용 현황 및 정책 방향(NOAA 생성AI 가이드라인) 파악 · 민간 센서 데이터(Sofar, Saildrone 등)의 공공 시스템 편입 방식 조사 □ (오후) NOAA EMC 미팅 및 현지 조사 - 개요: NOAA EMC는 미국 기상·해양 수치예보 모델의 개발·운영을 담당하는 핵심 기관으로, 메릴랜드주 College Park의 NCWCP(National Center for Weather and Climate Prediction) 내에 위치함. 2025년 12월 Google DeepMind의 GraphCast 기반 AI 글로벌 기상예측모델(AIGFS)을 운영 시스템으로 전환하였으며, 기존 물리 모델 대비 컴퓨팅 자원을 99.7% 절감한 사례로 주목받고 있음 - 참석자: KMI 전형모 연구위원, 김한나 전문연구원, EMC 담당자 등 3~4명 - 주요 논의 사항 · GraphCast(GNN) 기반 AIGFS에서 GenCast(diffusion 기반 생성형 AI) 예측모델로의 전환 계획 확인 · HAFS(물리 모델)와 AIGFS(AI 모델) 하이브리드 운영 경험 및 해양 변수 적용 현황 분석 · 해양·기후 예측에서의 생성형 AI 적용 가능성 및 한계 조사 · 연구→운영(R2O) 전환 파이프라인 및 컴퓨팅 인프라(GPU/TPU) 요구사항 파악
수행결과	□ 6.22.(월) (오후) NOAA IOOS Program Office 미팅 및 현지 조사 (현지 사정으로 일정 변경) - 일시: 2026.06.22.(월) 13:30~15:00 - 장소: NOAA U.S. IOOS Office (Silver Spring, MD) - 참석자: KMI 전형모 연구위원, 김한나 박사 U.S. IOOS: Krisa Arzayus, Martin Yapurram, Becky Baltus, Micah Wengren, Hassan Moustapha, Gabrielle Cannizzo NOAA Research Jessica Snowden(GOMO 부국장) - 회의 결과 1) U.S. IOOS 개요 및 법·제도 기반 - 연방·비연방 관측 네트워크를 통합한 협력형 조정 네트워크('09년 출범), 기상예보·해상안전·해양건강 등 다목적 활용 데이터 제공

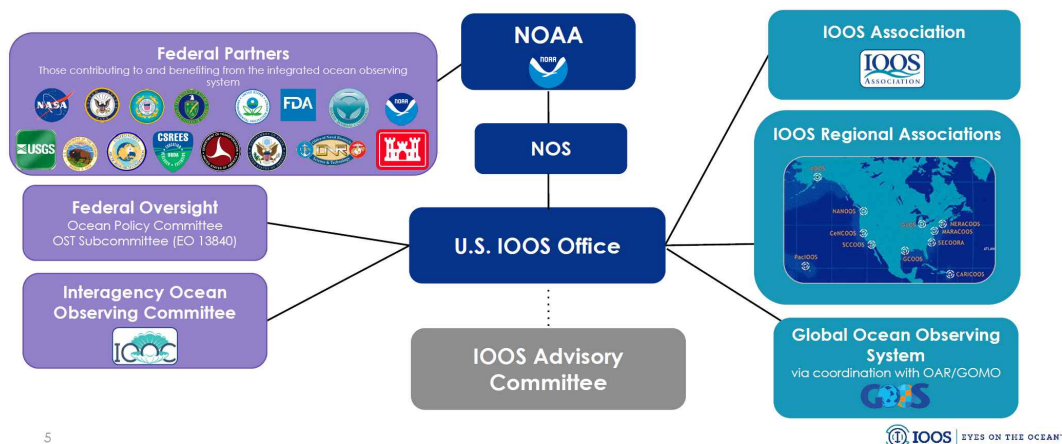
주요 업무내용 (계획(√), 결과())

- 법적 근거: ICOOS Act(P.L. 111-11, '09) 및 Coordinated Ocean Observations and Research Act(P.L. 116-271, '20)
- 재승인: 5년 시한 규정으로 현재 만료 상태, 초당적 재승인 법안이 '26.3. 하원 통과 후 상원 심의 중⇒ 의회 지시('99)에서 수권법 제정('09)까지 10년 소요, 제도화에 장기간 필요
- 2) 거버넌스 및 지역협회(RA) 인증제도
 - 구조: NOAA(NOS 산하 IOOS 사무국)가 연방 주관, 부처 간 조정은 IOOC, 지역은 11개 RA, 의회 대응은 비영리 IOOS Association이 수행
 - RCOS 인증: 비연방 관측기관이 거버넌스·데이터관리·품질보증의 연방 기준을 충족함을 NOAA가 공식 인정(11개 RA 전체 취득)
 - 인증 효과: 비연방 데이터의 정부 데이터 동등성 인정, MOA 명시자에 대한 연방 수준 책임 면책, 5년 MOA(중간 감사 가능)
 - 참여 유인: 예산 배분이 1차 유인이나, 실질적 통합은 자발적 참여 기반 실천공동체를 통해 달성⇒ '표준 준수 → 데이터 동등성 → 법적 면책 → 예산'의 패키지형 인센티브 설계

The IOOS Enterprise

Who and what is the IOOS Enterprise?

A cooperative, coordinated network of **federal** and **non-federal** observing networks since 2009



5

3) 데이터 접근 체계 및 DMAC 표준

- 단일 통합포털 없이 11개 RA 포털과 분야별 데이터조립센터(글라이더·ATN·HF레이더)로 분산, 국가 차원은 ioos.us('포털의 포털')·Sensor Map·Model Viewer 제공
- DMAC: 사람·프로세스·기술의 총체로 정의, 연간 1,300만 건 관측을 NOAA 예보망 및 WMO GTS로 전송
- 표준 계층구조: CF Conventions → ACDD → NCEI netCDF 템플릿 → IOOS Metadata Profile 순으로 국제표준 위에 최소 확장
- 주요 규정: 데이터셋당 단일 플랫폼 원칙, 전 변수에 QARTOD 품질플래그 부착변수 의무화
- 커뮤니티 운영: DMAC 연례회의, 코드 스프린트, 모바일라이제이션 워크숍 등 상향식 활동으로 표준 정착

4) AI 정책 및 활용 현황

- NOAA AI 정책(NAO 216-128) 회의 직전 주 공표, NCAI·NAIEC 거버넌스 설치. IOOS는 자체

주요 업무내용 (계획(✓), 결과())

정책 없이 NOAA 지침 준용, 국가 차원 AI 방향성은 정립 전 단계

- AI 준비 수준: ESIP 'AI-Ready Data Checklist'로 자체 점검 결과 기존 메타데이터-QC 체계만으로 최소요건 초과 충족, Zarr-Kerchunk 등 클라우드 포맷 전환 추진
- RA별 사례: WebCOOS(웹캠 영상 검출), HABscopeV2(유해조류 조기경보), IFCB 이미지 분류, FathomNet(해양생물 학습데이터·MBARI 협력 클라우드소싱), HF레이더 영상처리 등 분산 개발
- 해커톤: NVIDIA·OpenACC 해커톤에 '20년부터 매년 참여, '26년 CoastalFusionAI는 Neural Processes 기반 연안 재분석(수위) 개선
- 컴퓨팅: NOAA HPC는 운영모델링 중심, IOOS는 GPU 포함 'Cloud Sandbox' 보유. 대규모 연산은 NVIDIA 다중 GPU 활용 후 자체 환경으로 이전

5) 예산 구조 및 지속가능성

- FY26 의회 승인예산 4,750만 달러, RA별 300~400만 달러 배분(과거 특별배정 이력, 자산 구성, 해안선 길이에 따라 차등)
- 성격: RA 지원은 대부분 운영·유지 예산, COMT·OTT·Ocean Enterprise Accelerators(IRA 6천만 달러, 4개소)는 R&D 성격
- 대통령 예산안이 FY26-FY27 연속 전액 삭감을 제안했으나 의회가 초당적으로 전액 복원⇒ 수권법 + 지역 기반 수혜자 + 비정부 옹호조직의 3중 구조가 정권 변화와 무관한 예산 지속성의 원천

6) 클라우드·민감데이터 및 기관 간 협력

- 미국은 데이터 공개가 원칙이어서 클라우드 제약 없음. 실제 애로는 연방(고보안)-학계(개방형) 간 IT 보안경계로, Cloud Sandbox를 통해 최근 진전
- 제한 데이터: 수산 데이터(규제), 선박정보(상업적 이해관계)는 3일 지연공개(lag) 방식으로 보호. 한국은 안보상 해저지형·수심 등 비공개 제약 공유
- 기관 간 사일로: 동일 NOAA 내에서도 해양(NOS)-기상(NWS)이 사실상 별개 기관처럼 운영, 데이터 활용 피드백이 '블랙박스' 상태
- 성과 사례: 글라이더의 표층하 관측 데이터가 허리케인 강도 예측 개선에 기여한 점을 기상청이 공식 인정

7) 한-미 협력 및 후속조치

- 기존 협력: 국립해양조사원(KHQA)과 HF 레이더 MOU 이력, 최근 전파관측 운영자 워킹그룹 회의에 KHQA 관계자 참석 → 표층해류 분야 파트너십 확대 제안(미측)
- '26.10. 예정 데이터 국제 온라인 심포지엄에 일본·유럽과 함께 IOOS 초청, 미측 적극 수용 의사 표명
- 발표자료 및 관련 링크(AI-Ready 체크리스트 등) 송부, 데이터·AI 주제별 후속 실무 화상회의 개최 합의

8) 주요 시사점

- 지속성의 원천은 기술이 아닌 법·제도·수권법 → 인증제 → 예산의 연쇄 구조가 사업 존속 기반, 국내 해양관측·데이터 사업의 법적 근거 확보 필요
- 통합 포털이 아닌 표준 기반 연합. 단일 플랫폼 통합 대신 메타데이터 프로파일·품질플래그로 상호운용성 확보, 국내 플랫폼 통합 논의의 대안 모델

주요 업무내용 (계획(√), 결과())

- 표준은 신규 제정이 아닌 국제표준의 계층적 확장· K-Ocean Dataspace도 국제표준 위 최소 확장 원칙 적용이 합리적
- AI-Ready는 별도 사업이 아닌 기존 데이터체계의 연장선· QARTOD 품질플래그·메타데이터 프로파일이 곧 AI 준비도, ESIIP 체크리스트의 국내 진단도구 활용 검토
- 개방 원칙 여부가 클라우드·AI 전환 속도를 결정· 데이터 등급 분류 및 자연공개 등 중간지대 설계가 선결과제
- 조직 통합보다 데이터 연계 설계· NOAA 내부에도 사일로 존재, 부처 통합보다 데이터 흐름· 효용 피드백 구조 설계가 우선
- 유럽(Gaia-X)과의 접근법 대비· 유럽은 신뢰 프레임워크·주권 중심의 분산형, 미국은 예산·인증 중심의 연합형. 양자 절충(국제표준 기반 + 참여 인센티브 제도화) 검토 필요

□ 6.23.(화) (오전) NOAA EMC 미팅 및 현지 조사_(기관측 요청으로 일정 변경)

- 일시: 2026.06.23.(화) 10:00~11:00
- 장소: NOAA 기상·기후예측센터(NCWCP), College Park, MD
- 참석자: KMI 전형모 연구위원, 김한나 박사
NOAA EMC(NCWCP): Richard Bandy, Daryl Kleist, Jun Wang, Vijay Tallapragada, Sarah Perfater, Jacob Carley

- 회의 결과

※ (구)EMC에서 NCWCP(NOAA CENTER FOR WEATHER AND CLIMATE PREDICTION)로 변경되어 새로운 조직과 미팅



1) Project EAGLE(AI 기반 수치예보 프레임워크) 개요

- 정식 명칭: Project EAGLE(Experimental AI Global and Limited-Area Ensemble). NWS-OAR 산하 연구소·EMC·EPIC(지구예측혁신센터)의 공동 이니셔티브

주요 업무내용 (계획(✓), 결과())

- 성격: 특정 모델이 아닌 프레임워크. GraphCast, FourCastNet 등 어떤 알고리즘도 탑재 가능하며 다중 데이터셋·다중 응용을 지원
- 구성: 훈련 → 배포(운영 구현) → 자동 평가의 3단계. 자동 평가로 성능을 상시 진단하고 후속 개발 우선순위를 도출
- 목적: NOAA 내외 연구자가 개발한 AI 모델을 GFS·GEFS·HRRR·WoFS 등 기존 주력 시스템과 동일한 검증지표로 신속 비교·선별하고 준실시간 실증으로 연결
- 연혁: '24년 AI 수치예보 전담그룹 신설 → '25년 EAGLE 프로젝트 착수 → '25.12.9. 평가기간 개시, '25.12.17. 운영 적용 완료. 현재 추가 업그레이드 준비⇒ 그룹 신설에서 운영 전환까지 약 18개월, 프레임워크를 먼저 구축한 것이 초고속 R2O(연구→운영)의 관건

2) 훈련 파이프라인 및 데이터

- 훈련 파이프라인: 컴퓨팅·GPU 플랫폼과의 연동을 담당하는 구조로 자체 개발(Jun Wang 주도), 손실함수 등은 Python 기반 도구 활용
- 입력 데이터: GDAS(전지구 자료동화시스템) 분석장, 기반 모델은 Google DeepMind의 GraphCast를 NOAA 자체 GDAS 자료로 재훈련·미세조정
- 산출 변수: 전지구 모델에서 선별한 약 85개 변수(연직층별·지표·상층), 6시간 주기 운영 산출. 예단변수와 진단변수(강수 등)로 구분⇒ "훈련이 가장 중요하며, 관측·분석의 품질과 장기 관측자료 확보가 예보 성능을 좌우"라는 점을 반복 강조

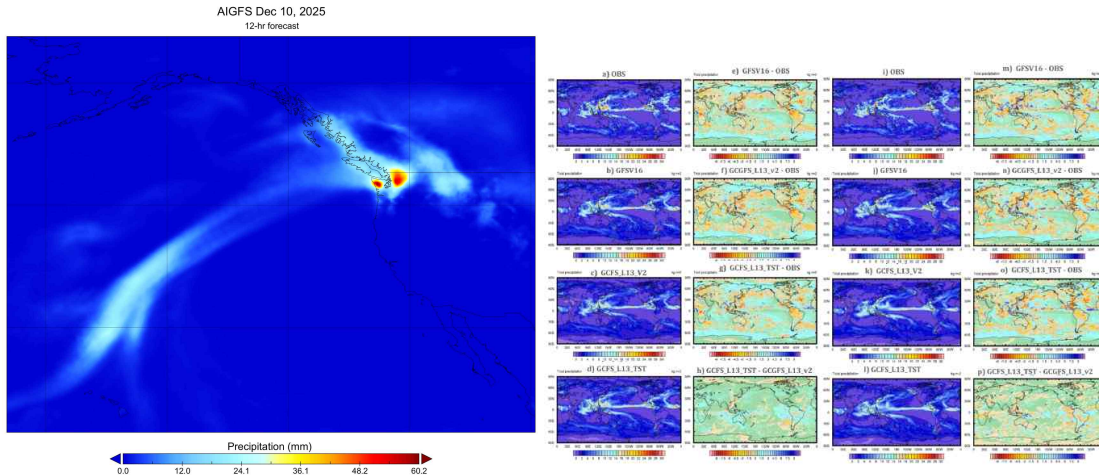
3) 성능 검증 결과

- 500hPa 지위고도 아노말리 상관 및 상층 바람에서 ML 모델이 통계적으로 유의하게 우수
- 대서양 및 서태평양 해역 태풍 진로오차 대폭 감소, 물리모델이 재곡을 조기 예측한 사례에서 AI 모델군은 관측 진로에 밀착
- 활용: AWIPS(예보관 시각화 시스템)를 통해 실시간 표출, 특보·경보 발령 판단에 활용
- 검증체계: 실시간 검증과 재현실험을 병행하는 상시 검증시스템 운영

4) 운영 모델 구성 및 하이브리드 앙상블

- AIGFS v1.0: GraphCast 기반 전지구 결정론 모델
- AIGEFS v1.0: 동일 기반의 31멤버 AI 앙상블. 자기회귀 훈련의 단계 수를 달리해 멤버를 생성하고 ERA5 재분석 등을 활용해 미세조정
- HGEFS: AIGEFS v1.0 31멤버 + 운영 물리모델 GEFSv12 31멤버를 결합한 62멤버 하이브리드 앙상블
- 성능: HGEFS가 주요 검증지표 대부분에서 물리(GEFS)·AI(AIGEFS) 단독 시스템을 모두 상회. 하이브리드 물리-AI 앙상블의 운영 도입은 NOAA 자평상 세계 최초
- 계산효율: 결정론 모델 기준 전체 자원의 1% 미만, 앙상블 기준 약 9%만 사용. 산출 소요 40분 이내(운영 물리모델 2시간 초과)⇒ 저비용 구조가 앙상블 규모 확대를 가능케 하여 확률예보의 표본공간을 더 완전하게 탐색, 예보관 판단시간 확보 효과도 발생

주요 업무내용 (계획(√), 결과())



5) 신규 훈련기법 및 향후 계획

- 개선 배경: '25.12. 운영 공표 시점에 허리케인-태풍 강도 예측을 잔여 과제로 명시, 금번 발표의 신기법이 그 해법에 해당
- 신기법: 구면조화 파수를 도입해 고파수 에너지를 보존, ML 모델 고유의 평활화 문제를 완화
- 성과: 진로 예측 정확도를 유지하면서 태풍 강도 예측오차 100% 이상 개선, 앙상블 스프레드도 개선. '26.7. 운영 반영 예정
- Nested EAGLE: 전지구예보시스템(GFS)과 북미 지역모델(RRFS)을 결합하는 기능 개발 중
- Warn-on-Forecast: 특정 위험기상 대응을 위한 서브킬로미터급 초고해상도 앙상블(확산모델 기반 생성형 AI 적용)
- 해양 확장: 파랑모델·이안류는 이미 AI 적용 중, 해양 컴포넌트(SSS·SSH 등)는 별도 아키텍처로 예비 연구 단계. 폭풍해일 모델의 AI 적용도 탐색 시작

6) 주요 질의응답

- AI의 위상: 현 시점에서 AI는 물리모델의 대체가 아닌 보완·증강 수단이라는 데 참석자 공통 인식
- 생성형 AI 구분: GraphCast는 그래프 신경망이며, Warn-on-Forecast에 사용되는 확산모델이 생성형 AI에 해당
- 컴퓨팅 인프라: 훈련은 대부분 클라우드 GPU 자원 활용, 운영 환경은 현재 전량 CPU 기반. 향후 1년 내 GPU 도입 예정
- 성능 비교의 함의: 상기 40분은 CPU 기준 수치이며, GPU 환경에서는 3~10분 수준으로 단축 가능
- KMI 관심분야 제시: 서해안 대조차(大潮差) 및 하계 태풍 대응, 조석-선박운항-연료소모-탄소 배출(EU-IMO 규제) 연계 응용을 위한 연안 AI 예측 R&D 기획 중

7) 협력 논의 및 후속조치

- 미측 입장: 별도 MOU 신규 체결은 곤란, 기존 기상청(KMA)과의 양자 협력 및 공동 워킹그룹 의제에 추가하는 방식 제안
- 담당자 연결: 전체 그림 이해를 도울 수 있는 접점 인사(POC) 소개 의사 표명
- 발표자료 및 관계자 이메일 송부 약속(미수령분)⇒ 국내 해양-기상 소관기관 분리 구조상, KMI가 기상청 채널을 경유하는 접근 경로 설계 필요

8) 주요 시사점

- 자산은 모델이 아니라 프레임워크·알고리즘·비중속 구조(훈련-배포-자동평가)를 먼저 구축했

주요 업무내용 (계획(√), 결과())

	기에 외부 모델(GraphCast 등)을 신속히 흡수·운영화. 해양수산 AX도 개별 모델 개발보다 파이프라인·검증체계 확보가 선행 과제 - 데이터 품질이 성능의 상한·관측·분석 품질과 장기 시계열 확보가 AI 성능을 결정. K-Ocean Dataspace의 데이터 정비·자료동화 역량 강화 논리로 직접 활용 가능 - AI는 대체가 아닌 보완·물리·AI 결합 앙상블(HGEFS)이 최적해. 국내에서 'AI가 물리모델을 대체한다'는 식의 오독을 방지할 필요 - 계산효율이 실질적 성과지표·자원 1~9%로 앙상블 규모를 대폭 확대한 사례로, GPU 센터 구축 성과지표를 '연산 보유량'이 아닌 '앙상블 규모·산출 소요시간 단축'으로 설정하는 방안 검토 - ML 고유의 평활화 한계와 도메인 물리 결합·극한현상 과소모의는 ML의 구조적 한계이며 구면조화 등 물리 기반 기법으로 개선. 해양 AI 모델 설계 시 동일 문제 발생 예상 - 운영 인프라와 연구 인프라의 분리·훈련은 클라우드 GPU, 운영은 CPU로 이원화 운영 중. 국내 GPU 센터 구축 시에도 연구용·운영용 자원 구분 설계 참고
업무②	6.24.(수) NANOOS 미팅 및 Washington Maritime Blue 미팅 □(오전) NANOOS 미팅 및 현지 조사 - 개요: NANOOS(Northwest Association of Networked Ocean Observing Systems)는 IOOS 11개 지역연합 중 하나로, 워싱턴주와 오리곤주의 태평양 연안 해양관측을 담당함. University of Washington Applied Physics Laboratory 내에 사무실을 두고 있으며, NOAA로부터 RICE(Regional Information Coordination Entity) 인증을 받은 비연방 데이터 조정 기관임 - 참석자: KMI 전형모 연구위원, 김한나 전문연구원, Jan Newton(NANOOS Executive Director) 등 3~4명 - 주요 논의 사항 · IOOS 지역연합(RA)의 실제 조직 구조, 인력 규모, 예산 운영 방식 조사 · 대학(UW) 내 정부인증 데이터 조정기관 공존 모델의 운영 실태 분석 · NVS 데이터 포털 운영 및 지역 이해관계자(어업, 연구, 산업, 정부) 조정 메커니즘 확인 · 5년 단위 NOAA Cooperative Agreement 재정 구조 및 지속가능성 분석 · 연방 표준 준수와 지역 특성 반영의 균형 방식 파악
수행계획	□(오후) Maritime Blue 미팅 및 Blue Hub/MInC 현지 조사 - 개요: Washington Maritime Blue는 시애틀 기반의 해양 BlueTech 클러스터 조직으로, Port of Seattle 및 워싱턴주 상무부와 협력하여 해양혁신기업 육성 프로그램을 운영함. Fishermen's Terminal 내 Maritime Innovation Center(MInC)는 Port of Seattle 과 워싱턴주가 총 3,300만 달러를 투자하여 1914년 건축 Ship Supply Building을 리노베이션한 시설로, Maritime Blue가 10년 장기임차 앵커 테넌트로서 인큐베이터·액셀러레이터 프로그램을 운영함 - 참석자: KMI 전형모 연구위원, 김한나 전문연구원, Joshua Berger(Maritime Blue CEO), Daniel Pulse(Chief Growth Officer), Bjorn Thorpe(Blue Hub Manager) 등 5~6명 - 주요 논의 사항 · MInC 운영모델 벤치마킹: 물리적 공간 구성, 테넌트 선정 기준, 기업 지원 프로그램 구조 조사 · Blue Ventures/One Ocean Accelerator 프로그램의 해양데이터·AI 기업 육성 사례 분석 · Port of Seattle·워싱턴주·Maritime Blue 간 공공·민간 협력 거버넌스 구조 파악

주요 업무내용 (계획(√), 결과())

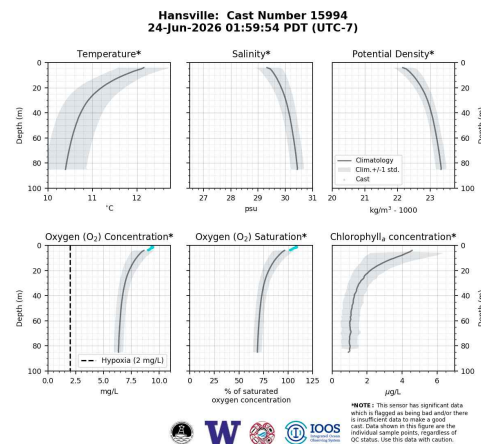
	· 해양 AI·데이터 분야 혁신기업 인터뷰: 창업·성장과정, 비즈니스 모델, 데이터 공급-수요 구조 분석 · 부산 영도 해양수산 산학협력센터 설계를 위한 한·미 협력 네트워크 구축 논의
수행결과	▣6.24.(수) NANOOS 미팅 및 현지 조사 - 일시: 2026.06.24.(수) 10:00~11:00 - 장소: University of Washington Applied Physics Laboratory (Seattle, WA) - 참석자: KMI: 전형모 연구위원, 김한나 박사 NANOOS: Dr. Jan Newton - 회의 결과 1) NANOOS 개요 및 IOOS 내 위상 - 위상: IOOS 11개 지역협회(RA) 중 하나로 태평양 북서부(워싱턴·오리건) 담당. 관할 범위는 미·캐나다 국경에서 캘리포니아 북부 Cape Mendocino까지 - 연혁: 2003년 사용자 주도 원칙으로 출범. 서안 3개 RA(NANOOS-CeNCOOS-SCCOOS) 중 최북단 위치 - 5대 지역 우선순위: ①해상운항(Maritime Operations) ②지역 수산 ③생태계 평가 ④연안 재해 ⑤기후. 회원기관 협의를 통해 설정되며 모두 연방이 하달하는 항목은 아님 - 사무국: UW 응용물리연구소(APL) 내 소재, 사무총장 Jan Newton 박사는 APL 수석해양학자 겸 UW 해양학부·해양환경학부 겸임교수이자 워싱턴 해양산성화센터 공동소장, 전지구해양산성화관측네트워크(GOA-ON) 공동의장 겸직 2) 대학 내 정부인증 데이터 조정기관의 공존 모델 - 구조: 별도 법인을 설립하지 않고 대학 부설연구소(APL) 내에 사무국을 두되, NOAA로부터 RICE(지역정보조정기관) 인증을 받은 비연방 데이터 조정기관으로 기능 - 인력 운용: 전임 조직을 대규모로 두지 않고 대학 교원·연구원이 겸직 형태로 참여. 사무총장 본인도 APL 연구직과 겸직 - 실행 파트너: 지역관측시스템(RCOOS)은 3개 대학·3개 주(州) 기관·1개 산업체 등 7개 파트너가 분담 구현 - 데이터관리(DMAC) 및 사용자제품(UPC) 팀은 UW, 오리건주립대(OSU), 오리건보건과학대(OHSU), 오리건주 지질광물산업국(DOGAMI) 인력으로 구성 - UW가 데이터센터와 포털 구현을 주도하되, 기능 우선순위와 신규 개발 범위는 파트너 협의로 결정⇒ '기관 신설 없이 대학 안에 국가인증 조정기능을 엮는' 구조 => 신규조직이 없는 구조로 국내에서 참고 가능한 사례로 판단됨 3) 회원·거버넌스 구조와 이해관계자 조정 메커니즘 - 회원: 40개 이상 기관이 운영 양해각서(MOA)에 서명. 연방·주·지방정부, 학계, 산업, 비영리가 고르게 분포 - 운영이사회: 회원기관당 1인이 참여하며, 연례회의를 통해 감독·정책지침 제시 및 관측시스템의 우선 적용분야 확정. 대외적으로 NANOOS를 대변하는 역할도 부여 - 산업계 참여: 태평양연안패류양식협회(PCSGA) 사무총장이 이사로 참여하는 등, 수요자가 의사결정 구조 내부에 상시 배치 - 참여 방식: 데이터 제공을 규제로 강제하지 않고 MOA 서명이라는 자발적 절차로 구성하되, 서명과 동시에 이사회 지분을 부여하여 참여 유인을 형성⇒ '연계 협약'이 아니라 '지분 부여'

주요 업무내용 (계획(✓), 결과())

로 참여를 확보하는 구조로, 마찬가지로 국내 기관 간 데이터 연계 협의체 설계 시 참고가능

4) NVS 데이터 포털 운영 및 사용자군별 분화

- NVS(NANOOS Visualization System): 데이터 탐색·시각화·접근을 담당하는 대표 응용시스템. 카운티 기관, 민간기업, 지역 파트너십, IOOS 연방 프로그램, 주 기관, 대학 등 이질적 제공자의 데이터를 통합
- 진화 경로: 정점 관측(부이·연안관측소) 실시간 데이터에서 출발하여 예측정보까지 확장. 2.0에서 데이터 수확·메타데이터 체계 정비, 3.0에서 개별 앱을 통합 프레임으로 일원화, 4.0에서 대화형 시계열·수심별 제어·모바일 플랫폼 데이터 지원
- 사용자군별 앱 분화: 참치어업, 패류양식, 보트, 해상운항, 고주파레이더, 쓰나미 대피, 기후평년, 글라이더, 데이터 탐색기 등
- 사례: 참치어업인용 앱은 알바코어 조업 적지 조건(수온 16~18°C, 표층 클로로필-a 0.2~0.4mg/m³)을 위성자료로 시각화하여 출항 판단을 지원. 패류양식 앱은 해양산성화 위험 수역 판단에 활용⇒ 단일 포털을 고도화하는 대신 사용자군별로 화면을 분리하는 방식



5) 5년 단위 NOAA 협력협정 및 재정구조

- 구조: NOAA IOOS와의 5년 단위 협력협정으로 핵심 재원을 조달하며, 만료 시 경쟁 제안서를 재제출하는 갱신 구조
- 규모·구성: 다수 기관이 참여하는 컨소시엄 형태로 20인 이상의 책임연구자(PI)가 참여하며, 제안 예산은 연 600만 달러 수준
- 배분 방식: 사무국이 직접 관측을 수행하기보다 각 파트너 기관에 재위탁하는 형태로, 기존 관측주체의 역량을 유지한 채 통합
- 지속가능성 리스크: 5년 주기 갱신은 예측가능성을 제공하는 반면 갱신 실패 시 지역 관측망 전체가 동시에 위험에 노출되는 구조적 취약성을 내포. 이에 다기관·다PI 분산으로 특정 기관 의존도를 낮추고, 주(州) 재원 사업 및 연구과제를 병행 수주하여 보완
- 제도 기반: ICOOS Act에 근거하며, 재승인 지연 시 재정 불확실성이 상존⇒ 국내 데이터 플랫폼 사업이 3년 단위 단발성 R&D로 편성되어 사업 종료와 함께 데이터가 정체되는 문제와 대비. 장기 협약형 재원구조의 필요성을 뒷받침하는 근거

6) 연방 표준 준수와 지역 특성 반영의 균형

- RICE 인증의 요건: ①거버넌스의 투명성 및 지역 우선순위와의 연계 ②참여 인력의 자격 ③데

주요 업무내용 (계획(✓), 결과())

	이터의 건전성. 조직 운영과 데이터 관리를 함께 심사 - 인증의 효과: NOAA 데이터 표준 준수를 통해 데이터의 신뢰성과 공개성이 보장되고, NOAA 국립환경정보센터(NCEI)에 자동 아카이빙 되어 장기 보존이 확보됨 - 이중 트랙: 데이터 형식·메타데이터·아카이빙은 연방 표준을 준수하되, 무엇을 관측하고 어떤 제품을 만들 것인지는 지역 우선순위와 이사회 결정에 따름⇒ '표준 준수'와 '지역 자율'을 층위로 분리한 설계 7) 주요 시사점 - 대학 부설형 국가인증 조정기관 모델: 별도 법인 설립 없이 대학 연구소 내에 국가인증 데이터 조정기능을 두고 겸직 인력으로 운영되며, 신규 조직 설립·정원 확보가 사실상 불가능한 국내 여건에서 K-Ocean Dataspace 운영주체 설계의 현실적 대안으로 고려가능함 - 참여 유인은 '지분'으로 설계되었으며, 데이터 제공을 강제하지 않고 MOA 서명과 동시에 이사회 1석을 부여하는 방식으로 40여 기관 참여를 확보하는 형태로, 국내 기관 간 데이터 연계에서 협약 체결 자체보다 의사결정 지분 설계가 중요함을 보여줌 - 수요자를 의사결정 구조 내부에 배치: 패류양식협회 사무총장이 이사로 참여하는 등 산업 수요가 자문이 아닌 의결 단위로 편입 - 단일 포털이 아닌 사용자군별 분화: 참치어업인·패류양식·보타·해상운항 등 사용자군별 앱으로 화면을 분리 - 장기 협약형 재원구조의 필요성: 5년 단위 협력협정에 다기관·20인 이상 PI가 참여하는 컨소시엄 구조로 3년 단위 단발 R&D로 편성되는 국내 데이터사업의 지속성 문제와 대비됨 - 표준과 자율의 층위 분리: 데이터 형식·메타데이터·아카이빙은 연방 표준을 준수하되 관측 항목·산출물은 지역이 결정. 국내 표준화 논의가 목적·항목까지 획일화되지 않도록 설계 원칙을 분리할 필요가 있음 □ 6.24.(수) (오후) Maritime Blue 미팅 및 Blue Hub/MInC 현지 조사 - 일시: 2026.06.24.(수) 14:00~16:00 - 장소: Maritime Innovation Center, Fishermen's Terminal (Seattle, WA) - 참석자: KMI: 전형모 연구위원, 김한나 박사 Washington Maritime Blue: Joshua Berger, Bjorn Thorpe, Camille Smith, Willow Battista, Leon Wang, Daniel Pulse, Sara Adams, Cassidy Fisher, Gonzalo Banda-Cruz - 회의 결과 1) 워싱턴주-한국 협력기반 - 워싱턴주는 미국 내 무역의존도가 가장 높은 주로, 미국 최고 수준의 주(州) 기후정책이 해양기반 기후솔루션에 대한 공공투자를 견인 - 한국과의 연결 가능성: ①태평양북서부-부산 녹색해운항로 ②서울-시애틀 기술이전 ③산업-기술 부문 연결에 대한 인식 공유 - 교류 실적: 주지사실·시장·항만 대표단의 다수 방한, KOTRA 협력을 통한 한국 후기단계 스타트업 미국 진출 지원 - 한국기업 진출 사례(CTNS): 삼성 지원하에 시애틀 선박운하 인근 배터리 제조시설 설립·양산 개시. 드론·소형선박·차량용 배터리로 해양 교두보시장 확보 목표. 국내매출 1천만 달러 달성 후 Maritime Blue 소프트랜딩 프로그램을 경유하여 진입
--	---

주요 업무내용 (계획(√), 결과())

- 해양기후 어젠다: 주지사가 세계해양산성화연합(GOA Alliance) 창립팀 참여, 니스 UN 해양회의 (UNOC)에 기술자 대표단 파견. 차기 UNOC의 한국 개최를 협력 확대 계기로 인식

2) Washington Maritime Blue 개요 및 운영철학

- 연혁: '17년 주지사 해양정책보좌관 구상 → 주정부 블루이코노미 전략 수립 → '19년 전략 발표와 동시 조직 설립 → '21년 초대 CEO 체제 전환. 노르웨이·샌디에이고·함부르크·포르투갈 혁신허브 벤치마킹 후 산업-정부-연구 결합형 모델 채택
- 위상: 미국 최대 해양·해운 클러스터, 회원 140개. 앵커는 Carnival, Trident Seafoods, MOL, Mitsubishi, DNV, Kongsberg, Saltchuk(미국 최대 Jones Act 선주), SSA Marine, Corvus Energy(해양배터리 세계시장 약 70%) 등



- 중점분야: 지속가능 어업 / 탈탄소 / 건강한 해양 / 해양재생에너지
- 전체시스템 접근: 정책 → 시장 이니셔티브 → 실증 → 초기혁신 → 인력양성 전 단계 담당. 당초 노르웨이식 공동혁신 프로젝트만 수행하려 했으나 미국에는 실증을 정당화할 시장 자체가 부재하여 시장 창출부터 착수
- 전문성 모델: 조직은 촉진자·중재자이며 실질 전문성은 회원(연구기관·선주)에 존재. 클러스터의 전문성은 "누구를 테이블에 앉힐지 아는 것"으로 정의
- 역량 관리: 정규직 17명, 연 운영예산 약 600만 달러. '거절하는 법'을 조직 과제로 인식하고 해양 CDR 등 신규 시장 진입을 시장성·속도·자원·파트너 기준으로 판단

3) 앵커기업 우선 전략

- 통상적 순서와 달리 스타트업이 아닌 앵커기업 확보를 우선. 클러스터 모델에 이미 익숙한 유럽 앵커(DNV, Wärtsilä, Kongsberg)를 초기 회원으로 확보하자 미국 대기업·정부 파트너의 참여가 뒤따름
- 앵커의 참여 동기 ①신시장 접근(앵커가 주도하고 클러스터는 신뢰받는 중개자 역할) ②실사 위원회 참여를 통한 신기술 우선 접근 ③혁신과제 정의 및 기술소싱 대행
- 특기사항: 대기업조차 글로벌 기술탐색 전담조직이 없고 자사 과제조차 정의하지 못하는 경우가 많아, 클러스터가 과제를 함께 정의하고 기술을 소싱하여 제시(구매·투자 의무 없음). 예)

주요 업무내용 (계획(√), 결과())

- Saltchuk Marine의 안전보건·선박정비, 수산기업의 알래스카 오지 가공공장 재생에너지
- 앵커 요건: 글로벌 기업이라도 지역 내 이해관계 보유 필수(MOL 기항, Kongsberg 설비). 지역기반 실증·확산 중심 원칙 유지
- 창업생태계 착수 계기: 시애틀 소재 해양 스타트업이 지역 내 30여 개 액셀러레이터에도 불구하고 로테르담 PortXL로 가는 상황을 목격. 단, 앵커 기반이 선행되었기에 성장 가능

4) 주요 사업 및 재원구조

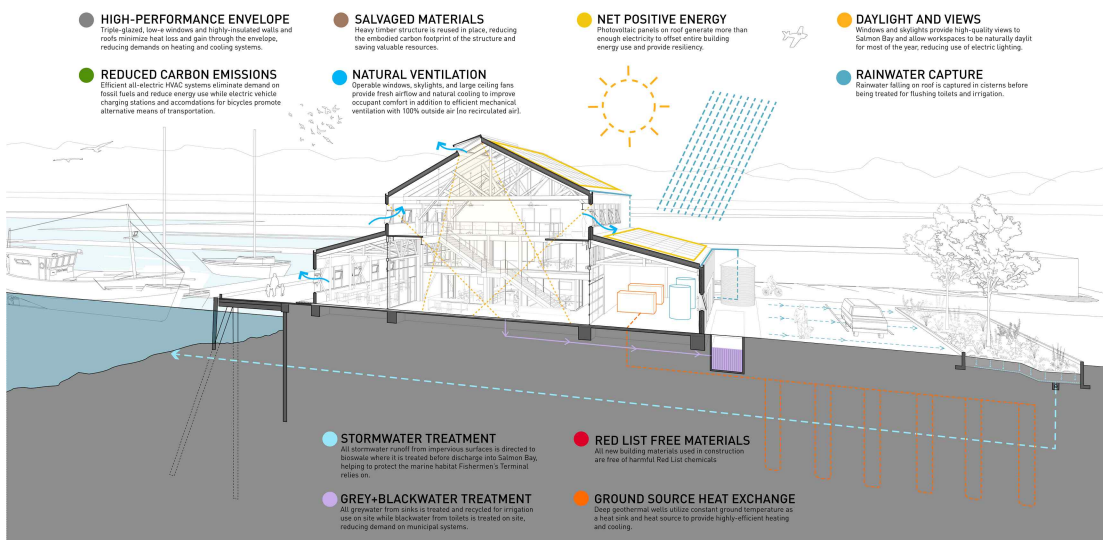
- 공동혁신 프로젝트: 노르웨이 NCE Maritime CleanTech 모델 차용. 회원이 주도하고 클러스터는 프로젝트 매니저 역할, 공공·민간 자원을 층위별 결합하여 개념에서 실증까지 연결
예시: Quiet Sound: 남방정주성 범고래 소음저감. 선주·해안경비대·부족·페리사·연구기관 리더십 위원회 구성, 하이드로폰·적외선카메라·데이터공유협약으로 고래 위치를 실시간 전파. 규제 없이 워싱턴 수역 상업선박 약 70%가 자발적 감속 참여, 우수선사 시상제 운영
- 스타트업 지원: 최근 5년간 80개 이상 지원, 누적 5억 달러 이상 투자유치. 후기단계 국제기업 대상 One Ocean Accelerator는 코호트가 아닌 기업별 맞춤형이며, 140개 회원(인허가기관·대학·국립연구소·잠재고객)에 대한 직접 접근권이 핵심 가치. 한국기업 CTNS, Muvine, GigaChips 등 참여
- 투자 구조: 자체 펀드 없이 성격이 다른 다수 펀드와 제휴(VC·촉매형·임팩트·비회석형). 투자자의 제휴 동기는 ①공공재원 접근을 통한 실증 리스크 경감 ②회원 자산(선박·부두) 활용한 실증 가속 ③정책·인허가 대응 지원
- 인력양성: 18~24세 사전도제 프로그램. 수당·초기훈련비·작업화·공구를 클러스터가 부담하고 회원기업에 취업 연계
- 재원 다변화: 정부재원 비중 75%('19) → 18%(현재), 민간·자선재원(Schmidt Foundation 등 패밀리오피스)이 공백을 대체하며, 회비는 규모·참여수준에 따라 연 2.5만~25만 달러 차등. 노르웨이도 Innovation Norway 재원을 점진 축소하며 앵커기업이 존속을 분담하는 추세
- 지역 생태계: 권역 내 유일한 해양전담 클러스터로 시애틀항이 일부 프로그램을 보조. TMA BlueTech(샌디에이고)·SeaAhead(보스턴) 등과는 협력적 경쟁 관계이나, 해양분야는 타 산업 대비 협력 문화가 강하다는 것이 미측 견해

5) 녹색해운향로 및 정책·산업용지 관련 논의

- 클러스터의 위상 논증: 부산·시애틀 e-메탄올 항로 → 연료 접근성 → 생산 인센티브 정책 → 선주 지불가능 가격 → 가격 인하 기술혁신의 연쇄를 제시하여, 항만 단독으로는 녹색해운향로 이행이 불가능하며 클러스터의 통합 작업이 전제조건임을 설득 → 항만의 클러스터 투자 확보
- 미측의 對한국 평가: 한국 연구계의 헌신도와 인센티브 기반 정책이 인상적. 미국에는 해양·해운 특화 인센티브가 부재
- 미국 내 해양산업 위상: 워싱턴주 기준 440억 달러 규모, 주내 3위 산업임에도 인지도가 낮아 구직자·창업자 유입이 미미하고 청정에너지·기후 논의에서 상시 배제
- 산업용지 문제: 항만 배후 산업용지가 호텔·경기장으로 전환되는 압력에 직면. 해양산업용지를 생태계에 통합하고 공공·민간 자금을 투입하는 부산 방식을 높게 평가
- 연방 측면: 1기 트럼프 행정부 기간에 성장했으며 현 행정부도 해양력에 관심, 조선 분야에서 한국과의 관계를 명시. 현대 아비커스의 회원 조선소 내 자율운항선박 구축, Everett 수리조선소·한국 조선소 간 제조역량 협력 등 사례 존재

주요 업무내용 (계획(✓), 결과())

6) Maritime Innovation Center 현지 견학



- 연혁: 1914년 조선소 기계공장 → 선용품점 → '01년 지진으로 사용금지 후 약 20년 공실. 주 정부 시드머니 투입 및 시애틀항의 부지 제공으로 사업화. 워싱턴주 항만은 독립 과세권을 보유한 공공개발기관으로 6인 선출직 커미셔너가 운영
- 이축·재건 공법: 건물을 절단·인양하여 주차장으로 이동 → 암반 150피트 깊이까지 26개 신규 파일 시공 → 원위치에 0.5인치 오차 이내로 복귀. 1914년 포스트앤빔 구조와 트러스만 원형 유지
- Living Building Challenge 인증 추진: 태양광으로 사용량 이상을 생산하여 계통 역송, 지열 히트펌프(약 50개 로드)로 냉난방 전담, 우수·오수 전량 현장 관리 및 재이용, 전 자재 무독성(음향패널은 해조류 소재), 센서 기반 채광창·창호 자동개폐, 기존 목재 재제재 후 바닥재 재사용. 개축 건물로서는 최초의 인증 사례 전망
- 시장전환 관점: 인증 초기 30%였던 공사비 초과분이 현재 10% 미만으로 하락. 무독성 요구가 카펫(Mohawk)·창호(Andersen) 산업 표준을 바꾼 전례를 근거로, 해양산업에서도 동일한 '시장 견인' 창출이 건물의 목적
- 공간 구성: 아트리움(최대 185명 행사, 주간 코워킹), 접이식 벽 강의실 겸 보드룸, 임차기업 전용 사무실 7실(Corvus Energy, IOCurrent, Green Marine), 스타트업 오픈데스크, 소회의실 6실. 전면 개방형 배치로 앵커회·강의·스타트업 활동이 상호 가시화되도록 설계

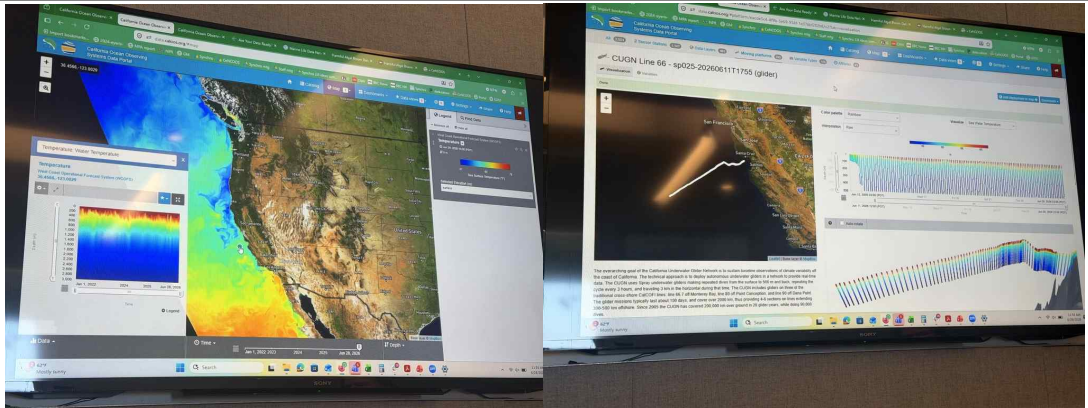
주요 업무내용 (계획(√), 결과())

	- 한계: R&D·경공업 공간이 부족한 행사·비즈니스·코워킹 중심 공간. 인근 재생 중인 구(舊)조선소와 워크숍 공간 제공을 협의 중 - 지역성: 원주민 예술 도입(마카족 어망 문양, 지역 언어 5종), 철골 색상을 인접 Ballard Bridge와 동일하게 조정, 대형 차고문 개방으로 가로와 연결 7) 협력 논의 및 후속조치 - One Ocean Week Seattle 초청('26.10.19~25): 베르겐 자매도시 파트너십 기반 연례 국제행사(전년 15개국 1,200명, 약 60개 부대행사). 제안 프로그램은 ①지속가능 해양연료 워크숍 ②부산 녹색해운항로·혁신생태계 발표 ③한-미 해양혁신 공동행사 ④스타트업 쇼케이스·전시. 북극 의제는 알래스카-워싱턴 연계 및 연례 북극항로 컨퍼런스를 근거로 편성 가능하다고 답변 - 대표단 파견 지원: 미측이 한국 영사관 및 KOSME와 직접 접촉하여 참가를 지원하겠다고 제안, 초청 세부내용 및 초청장 송부 예정 - 상호 공간이용 협정(MOA) 제안: 한국기업의 시애틀 방문 시 본 건물을 드롭인 업무공간으로, 미측 기업은 부산 Ocean X를 동일하게 이용하는 상호주의 협정 검토 - 미국시장 진출 경로: One Ocean Accelerator를 경로로 제시, 국제 경제개발기구(EDO) 제휴를 통한 참가비 일부 보조 가능성 있으며 최근 재원 여건이 개선되는 추세 - 글로벌 네트워크 소개: 1000 Ocean Startups Coalition(WEF·UN 고위급패널 발, 약 60개 기관, 공동 임팩트지표 Ocean Impact Navigator 운영, '26.9. 싱가포르 연례총회), BlueTech Cluster Alliance, 신규 형성 중인 해운 특화 글로벌 클러스터 연합 8) 주요 시사점 - '연결' 자체를 상품화한 조직 모델·기술도 자금도 직접 보유하지 않고 140개 회원 간 연결을 회비(2.5만~25만 달러)로 판매. Ocean X도 GPU·공간 제공을 넘어 연결의 가치를 명시적 상품으로 설계할 필요 - 공공재원 축소는 실증된 경로·75%→18%는 자연감소가 아니라 가치 실증 이후 민간이 유입된 결과. 부산시 설득 시 '축소 목표'가 아니라 '가치 실증 → 민간 유입'의 순서로 논리 구성 필요 - 앵커 확보가 창업생태계에 선행·유럽 앵커의 선(先)참여로 자국 산업계 신뢰를 확보한 후 스타트업 지원에 착수. Ocean X도 16개 중소기업만으로는 생태계 신뢰 형성에 한계가 있어 대형 선사·조선·항만운영사의 앵커 참여 설계가 선결과제 - 앵커의 실질 니즈는 '과제 정의' 자체·대기업조차 자사 혁신과제를 정의하지 못하며 전담 탐색조직도 없음. KMI의 정책연구 역량이 직접 기여 가능한 지점으로, 앵커 대상 '혁신과제 진단·기술소상'을 Ocean X 핵심기능으로 검토 - 규제 없이 70% 이행: 데이터가 행동을 유발하는 구조·Quiet Sound는 관측-데이터공유협약·실시간 전파-포상의 사슬로 자율 이행을 확보. K-Ocean Dataspace가 지향할 구조의 직접적 실증 사례 - 국가정책의 이행 전제조건으로 스스로를 위치시키는 논리 개발, "녹색해운항로는 클러스터 없이 이행 불가"라는 논리로 항만 투자를 확보. Ocean X도 해양수산부 정책목표의 이행 전제조건으로 자신을 위치시키는 논증 구조 필요 - 소수 인력 + 외부 전문성 조달·17명으로 전 영역을 담당하되 전문성은 회원에서 조달. Ocean X 운영인력 설계 시 '내부 전문가 확보'보다 '외부 전문성 연결 역량'에 우선순위 부여
업무③	6.26.(금) CeNCOOS 미팅
수행계획	□ (오전) CeNCOOS 미팅 및 현지 조사

주요 업무내용 (계획(√), 결과())

	- 개요: CeNCOOS(Central and Northern California Ocean Observing System)는 IOOS 11개 지역연합 중 하나로, 중부 캘리포니아 해역의 해양관측 데이터를 통합·공개하는 RICE 인증 기관임. MBARI(Monterey Bay Aquarium Research Institute) 캠퍼스 내에 사무실을 두고 있어, 민간 연구기관 내 정부인증 데이터 거버넌스 기관이 공존하는 독특한 운영 모델을 보유함 - 참석자: KMI 전형모 연구위원, 김한나 전문연구원, Henry Ruhl(CeNCOOS Director) 등 3~5명 - 주요 논의 사항 · 민간 연구기관(MBARI) 내 정부인증 데이터 조정기관(CeNCOOS) 공존 모델의 실제 운영 방식 조사 · RICE 인증 과정 및 운영상의 의무·혜택 분석 · 1,000건 이상 데이터셋 카탈로그 및 CalOOS 공동 포털 운영 구조 확인 · MBON(해양생물다양성), ATN(동물원격측정) 등 특수 네트워크 통합 방식 파악
수행결과	□ 6.26.(금) (오전) CeNCOOS-MBARI 미팅 및 현지 조사 - 일시: 2026.06.26.(금) 11:00~16:00 - 장소: MBARI (Moss Landing, CA) - 참석자: KMI: 전형모 연구위원, 김한나 박사 CeNCOOS: Henry Ruhl MBARI: Kakani Katija, Fred Bahr, Megan McKenzie - 회의 결과 1) CeNCOOS 개요 및 조직·재원 구조 - 위상: IOOS 11개 지역협회(RA) 중 하나로 오리건주 경계~LA 인근 관할, 22년간 운영 - 사무국은 MBARI 내 소재, 재정·고용상 소속은 콜로라도 볼더 소재 기관 [NCAR/UCAR 확인 필요]. 소수 인력으로 운영 - 재원구조: NOAA 그랜트를 연안 각지 대학·연구기관에 재위탁으로 배분하는 동시에, 타 기관이 이미 수행 중인 관측도 통합 대상에 포함하여 '자금지원'과 '데이터 통합'을 분리 운영 - 별도 조직 'Synchro': CeNCOOS가 실행하고 MBARI에 입주하되 자선재원 (Moore 재단, Oceanskind, Schmidt Marine)으로 운영. 기술 '개발'은 하지 않고 실행·실수조 '시험·평가'만 수행하며 기존 관측 플랫폼을 개발자에게 무상 개방. 정부재원은 규정 과다와 중도 소진의 한계가 있어 자선재원의 유연성이 결정적이라는 판단⇒ 기관 신설 없이 '재위탁 + 통합'의 이중 구조로 기존 관측주체를 연결. KMI가 지향하는 커넥션 전략과 동일 계열 2) 관측 통합 전략: 정확도 등급의 공존과 메타데이터 중심 전환 - 저비용 관측의 편입: NOAA 국가수위관측망(NWLON)은 고정밀이나 설치비가 높아 개소수가 제한. 반면 수천 달러 수준의 '접근가능 기술'은 이동통신망 실시간 전송이 가능하며, NOAA가 편입에 신중한 사이 IOOS가 선제 도입해 현재 수백 개소 규모 형성. 정확도는 명백히 다르나 일상 침수 대응에는 충분한 가치를 제공하며 공존 - 동물 텔레메트리: 코끼리물범 등에 센서 부착, 개체당 약 1만 달러로 수백 회 프로파일 확보. WMO-GOOS 프레임워크에 따라 메타데이터를 태깅하면 데이터레이크로 유입되어 실제 기상 예보에 반영

주요 업무내용 (계획(✓), 결과())



- 표준화 판단: 기관·국가 간 단일 표준 정렬은 사실상 불가능(유럽 집행위의 수십 년 시도도 여전히 불완전). 대안은 "내가 무엇을 받지만 알려달라"는 원칙 하의 메타데이터 투자
 - GOOS 필수해양변수(EOV): 변수별 사양서(무엇을, 어떻게 측정할지)와 메타데이터 스키마를 함께 정비 중이며, 미측은 이를 '정치와 공학을 잇는 준정치적 도구'로 규정
 - 생물 영역은 OBIS가 수용체계를 제공하나 분포·동정·크기·채집환경을 한 레코드로 결합하는 것이 최대 난제 ⇒ '표준 미달이므로 배제'가 아니라 '등급을 명시하고 용도를 분리'하는 접근
- 3) 사용자 중심 제품 운영 및 문서화 기반 신뢰 구축
- 제품 설계: 굴 양식 대시보드는 '고정 그래프 + 새로고침'만 원한다는 피드백을 그대로 반영. 해류 모바일 앱은 극도로 단순화하여 페리 운항사가 상시 활용. 반면 메인 포털은 약 2,000개 레이어를 보유하나 검색기능이 취약해 초심자는 즉시 길을 잃음
 - 이에 대형 포털(창고) 뒤에 목적별 소형 상점을 신설하는 방식으로 전환 — 해양산성화·해양보호구역(MPA)·유해조류(HAB) 전용 뷰어를 각각 운영하며 규제당국이 실시간 접근. 로그인 절차는 없으며, 데이터 이동 없이 서버 상에서 코드 노트북을 실행하는 연구 워크스페이스도 제공
 - AI SOP 공백: IOOS·NOAA 어디에도 AI 표준운영절차가 없고 전략문서 수준에 머무름(1일자 면담자 Hassan Moustapha가 자문하나 공식 요구사항 제시는 불가). 이에 규범을 기다리지 않고 계측기 운용·모델 실행·표출도구·해석방법 전 과정을 자체 문서화하여 전면 공개. "우리 데이터를 신뢰하는가"에 대한 실사(due diligence) 증거 제시가 목적이며, RICE 인증은 '18년 취득 후 5년 뒤 재인증
 - 실시간 사례: 산타크루즈 잔교 IFCB에서 유해조류 *Pseudo-nitzschia*가 '11년 이래 기록 대비 4~5배 대발생, 동시기 고래 폐사체 다수 표착(인과 미확정). 연안 정점 중 최근 180일 가운데 평년 이하가 4일에 불과한 사례도 발생. 상기 자료를 정부·연안 이해관계자에 주 단위 브리핑 ⇒ 국내에도 해양 AI 신뢰성·검증 규범이 부재. 규범 제정을 기다리는 대신 문서체계를 선제 작성하여 사실상 표준을 선점하는 전략 검토 필요
- 4) MBARI FathomNet 프로그램: 개방형 해양영상 AI 생태계
- 개요: 초기 Ocean Vision AI에서 발전. NSF 기술혁신파트너십(TIP) 이사회 재원으로 Kakani Katija 수석연구원의 Bioinspiration Lab이 추진. 해양과학계는 문제는 많으나 AI 전문가가 아니고 AI 전문가는 6개월 혁신주기로 움직여 장기 적용주기의 해양 문제에 고정되기 어려울 만큼, 양자를 잇는 '노드' 역할 자임
 - 개방 원칙: 데이터·모델 전면 공개. 이미 영리기업의 대형 파운데이션 모델 학습에 흡수되어

주요 업무내용 (계획(✓), 결과())

- 생산자 다수가 불편해하나, 그 결과 생산성과 자기 문제 적용성이 크게 향상
- 인력 기반: MBARI는 30년 이상 ROV 영상을 주석해 온 전문가 조직을 보유. 다만 기존 라벨링 방식이 AI에 부적합하여 지난 8년간 기존 도구 내부에 AI-Ready 라벨 생성기능을 구축한 후 그 부분집합을 DB로 이관
- 문제정의 방식: 사업 개시 시 학계·산업·정부 등 38개 사용자 그룹 심층 인터뷰(국제 포함)를 거쳐 협업 부재, 도구 접근성 결여, AI 지식 격차, 미주석 데이터 방치(NOAA의 수년치 테라바이트급), 데이터의 교차 가치를 도출. 이후 기능·파생 요구를 정의해 90%의 문제를 우선 해결하고 나머지 10%는 명시적으로 유예
- Kaggle 연례 경진대회: 명확한 문제 서술 + 평가지표 + 공개 데이터 + 비공개 검증데이터로 구성, CVPR과 공동 개최(3~4년차). 대규모 ML 전문가 집단에 데이터셋을 노출하고 우승 솔루션을 자체 인프라에 이식 가능. 미측은 이를 KMI 발표의 'AI-Ready 문제 패키지'에 대한 직접적 답변으로 제시하며, 자기 커뮤니티용 문제 서술보다 데이터과학자용 문제 서술이 훨씬 어렵다는 점을 강조
- 3대 솔루션 구조(대상별 분할)·데이터베이스: 공개 라벨 이미지 + 모델 저장소. 품질 검증은 커뮤니티 책임, 연 1~2회 재학습. 라벨 미보유 기관이 모델로 부트스트랩하고 그 대가로 데이터를 기여하는 '공유 문화'를 지향함
- 포털: 클라우드 기반 협업형 주석 도구. 공개·비공개 저장소를 모두 지원하고 데이터 소유자가 공개범위·이용조건을 결정하는 구조
- FathomVerse: 게이미피케이션 기반 시민참여 앱. 분류→위치지정→검증의 3단계로 진화했으며 로컬라이제이션 2개월분만으로 성능이 뚜렷하게 개선되었으며, 전문가 라벨을 문항에 섞어 이용자별 정밀도를 산출한 뒤 일정 수준 이상에게 검증 권한을 개방하고 있음.
- 누적 주석 500만 건 초과, 이용자 62,000명, 205개국 참여, 한국은 18위이며 서울·부산에 집중. '26.9~10월 дай버 영상 기여형 FathomVerse ID 출시 예정임.
- 실증 사례: Ocean Networks Canada가 자기 데이터를 기여하면 모델이 자기 데이터 분포에 근접해진다는 점을 인식하고 참여 → 실제 성능 개선 확인⇒ 소유권·공개범위 통제권을 소유자에게 남긴 채 연결만 제공하는 구조로, K-Ocean Dataspace의 참여 유인 설계에 직접 이식 가능



5) AI 인력·컴퓨팅 인프라 및 자율장비 실시간 추론

- KMI 경험 공유: AI 기업 외주 1년 후 산출물의 도메인 이해 결여를 확인하고 중단, 내부 학습 + 전문가 직접 채용으로 전환. 미측도 '판매는 쉬우나 해양 현장 적용 시 문제가 드러난다'는

주요 업무내용 (계획(✓), 결과())

데 인식 일치

- 협업의 휘발성: Meta FAIR 협업 시 약 3개월 주목 후 해당 연구그룹 자체가 해체. 영리기업 다수는 모델 비공개 원칙이어서 개방 원칙과 충돌하며, 기술력보다 미션 정합성이 관건. CeNCOOS 내에는 최소 6명 이상이 AI 모델 활용에 숙련
- 인프라: 온프레미스 GPU와 클라우드 병용. 즉시 학습이 필요하거나 데이터 규모가 큰 경우 클라우드, 시간 제약이 없는 경우 내부 GPU를 사용하며 단일 솔루션 종속은 시장 변화에 취약하므로 유연성 자체가 전략
- 자율장비 실시간 추론: 영상을 회수·전송해 사후 처리하는 대신 잠수정에서 실시간 추론하여 개체 계수만 전송, 계수가 증가하다 감소하면 잠수정이 스스로 심도를 되돌려 해당 구간을 재탐색하는 적응형 샘플링 구현(방문 직전 주 실증)함.

6) 협력 논의 및 후속조치

- 개방문화: KMI는 GitHub-Hugging Face를 통한 전면 공개가 국내 연구문화와 대비된다는 평가를 전달. 미측은 해양 문제를 내부 역량만으로 해결할 수 없다는 전제에서 출발한 의도적 문화 전환이라 설명하며, 최근 유럽의 데이터 국가주의 흐름을 장애 요인으로 지목
- 미측 구조 제안: IOOS처럼 전 세계에 노드를 두는 연합형 구조, 나아가 IOC-UNESCO 플랫폼화가 방향. 기술적으로는 API 기반이므로 라벨 데이터를 노출하는 API만 있으면 즉시 수집 가능. 아울러 정부재원 사업의 산출물은 공공이 비용을 부담했으므로 공개가 의무라는 점을 명시
- KMI 제안: ①국립해양생물자원관과의 연결 주선(해양생물 표본·종 데이터 다량 보유, AI 전환 모색 중) → 미측 수락 ②'26.10월 한국 개최 국제 심포지엄(온라인) 발표 초청 → 개인사정으로 참여 여부 검토, 불가 시 팀 내 대체 발표자 지명 의사 표명
- 미측 조치: 한국어 지원 추가 의사 표명(앱스토어 다국어 요청 증가), 교육자와 협업한 교실용 커리큘럼 개발 검토, 발표자료 이메일 송부 약속(미수령분). 동물 텔레메트리 담당자 브리핑 및 연구시설 참관 병행

7) 주요 시사점

- 개방이 곧 성능이라는 실증 논리: 데이터를 기여하면 모델이 자기 데이터 분포에 근접해져 성능이 개선된다는 Ocean Networks Canada 사례는 '개방=손실'이라는 국내 통념을 반박할 수 있는 드문 실증. K-Ocean Dataspace 참여 유인 설계의 핵심 논거
- 표준화 대신 서술력(메타데이터)에 투자: 단일 표준 정렬은 불가능하다는 판단 하에 메타데이터·사양서 체계로 전환. KMI의 연결 전략과 동일 결론이나 실체를 EOV 사양서·스키마로 구체화한 점이 참고 대상
- 규범 공백기의 문서화 선점: NOAA-IOOS조차 해양 AI 표준운영절차가 없어 현장이 자체 문서로 사실상 규범을 형성 중. 국내도 동일 공백 상태이므로 KMI가 선제 작성 시 국내 표준 형성의 주도권 확보 가능
- 'AI-Ready 문제 패키징'의 완성된 실행수단: Kaggle+CVPR 연례 경진대회는 KMI가 개념 수준으로 제시한 아젠다의 직접적 답변. 국내 해양 AI 경진대회를 문제정의 역량 훈련장으로 설계하는 방안 검토
- 단일 포털 고도화가 아닌 목적별 분화: 2,000개 레이어 포털의 검색 실패를 인정하고 목적별 소형 스토어프론트로 분화. 국내 해양수산 빅데이터 플랫폼 개편의 실질 대안이며, 정확도 등급이 다른 관측을 등급 명시 후 공존시키는 설계도 함께 참고

주요 업무내용 (계획(√), 결과())

	- 실행 가능한 단기 협력 3건 도출. ①국립해양생물자원관-FathomNet 연결 주선 ②FathomVerse 한국어 지원 및 교육 커리큘럼 공동개발 ③'26.10월 국제 심포지엄 발표 참여. 모두 '26년 내 착수 가능하며 ④은 해당 기관과의 사전 협의가 선행조건. 특히 이용자 62,000명·205개국 규모에서 한국이 18위라는 점은 별도 홍보 없이도 국내 잠재수요가 존재함을 시사
--	---

* 업무별 수행 결과는 각 700자 이내로 작성(관련 사진, 도표 필요시 추가)

* 보고서 총 분량은 10페이지 내외로 작성(필요시 조정)