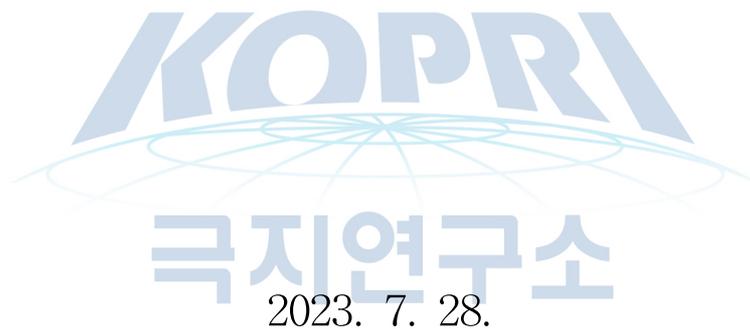


해양무인이동체 기술개발 로드맵 기획 연구

Research Planning for a Roadmap of Maritime Unmanned
Vehicle Technology Development



한 국 해 양 과 학 기 술 원
부 설 극 지 연 구 소



제 출 문

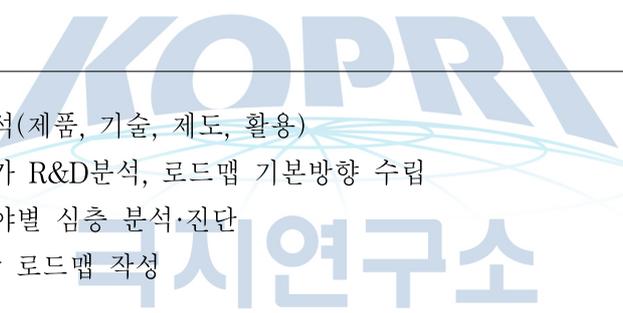
극지연구소장 귀하

본 보고서를 “해양무인이동체 기술개발 로드맵 기획” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2023. 7. 28.



보고서 초록

과제관리번호	PE22640	해당단계 연구기간	4개월	단계 구분	1/ 1
연구사업명	중 사업명				
	세부사업명	극지연구소 기본연구사업(고유사업)			
연구과제명	중 과제명				
	세부(단위)과제명	효율적인 극지 연구 활동 지원을 위한 소형 육상 로봇 개발 기획 연구			
연구책임자	정창현	해당단계 참여연구원수	총 : 10 명 내부 : 10 명 외부 : 명	해당단계 연구비	정부: 20,000 천원 기업: 천원 계: 20,000 천원
연구기관명 및 소속부서명	한국해양과학기술원 부설 극지연구소 기술지원실		참여기업명	해당 없음	
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위탁연구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약					보고서 면수
<div style="text-align: center; font-size: 2em; opacity: 0.3; pointer-events: none;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> - 해양무인이동체 환경분석(제품, 기술, 제도, 활용) - 해양무인이동체 관련 국가 R&D분석, 로드맵 기본방향 수립 - 해양무인이동체 기술 분야별 심층 분석·진단 - 해양무인이동체 기술개발 로드맵 작성 					
색인어 (각 5개 이상)	한글	해양무인이동체, 무인수상선, 무인잠수정, 수중로봇, 해양드론			
	영어	maritime unmanned vehicles, USV(unmanned surface vehicle), UUV(unmanned underwater vehicle), underwater robot, ocean drone			

요 약 문

I. 제 목

- 해양무인이동체 기술개발 로드맵 기획 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

○ 연구 개발 목적

- 국내외 해양무인이동체 활용 분야 및 트렌드, 법·정책 동향, R&D 현황, 산업·시장 현황을 조사하고, 국내 해양무인이동체 활용 실태를 진단함으로써 해양무인이동체 활용 공공 서비스 정책방향 수립 및 연구개발 사업 추진방향 도출

○ 연구 개발의 필요성

- 해양무인이동체 정책, 시장, 기술 동향 분석 기반 기술개발 근거 및 당위성 확보
- 해양무인이동체 기술개발 로드맵 수립을 통한 기술의 체계적 연구개발 가능
- 부처간 차별화 전략 수립으로 국가 R&D 투자 효율성 제고

III. 연구개발의 내용 및 범위

- (정책, 활용 현황 및 전망) 국내외 해양무인이동체 관련 활용분야 예측, 법·정책 동향, R&D 현황, 산업·시장 현황 및 향후 활용전망*에 대해 조사·연구, 비교

* 활용분야는 해수부의 국토관리 서비스 분야에 따름

- 세계산업·시장분석은 주요기업과 제품 중심의 사례분석과 정량적 규모 분석을 추진하고, 국내는 해양 무인이동체 활용 공공기관 인터뷰 또는 설문조사를 통한 해양 무인이동체 활용 수요 현황 분석 추진
- 국내 정책 및 R&D 투자와 산업 현황간 매칭·추진전략 등 분석·연구
- (플랫폼 선정 및 국내기술 진단) 해양 무인이동체 플랫폼 분야별 주요기술동향 및 해외 주요국 대비 국내 기술수준/격차에 대해 분석*

▪ 플랫폼의 선정

로드맵 작업에 참여하는 연구기관과 이해관계자 수요조사를 통한 플랫폼 선정

▪ 기술수준 진단

해양무인이동체 핵심기술 선정 및 해당 분야 특허 분석을 통한 기술수준 진단

- 기술 분야별 국내 경쟁력 분석을 통해 R&D 추진 중점 분야를 도출

** R&D 중점추진 분야 도출 및 핵심기술 발굴은 3대 연구기관 중심(top-down)으로 추진하고, 타부처 추진 기술을 포함한 종합적 로드맵을 수립하되 타부처와의 차별화 및 협력 방안 마련

○ (기술로드맵 수립 등) 해양무인이동체 활용 공공 서비스 활성화를 위한 로드맵 수립

IV. 연구개발결과

○ 신정부 국정목표 달성을 위한 국가 R&D 기술개발 전략 확보

○ 해양수산부 해양장비 및 인프라구축 사업 후속 기술개발 방향 설정

○ 정책, 시장, 기술 동향 분석 기반 해양무인이동체 기술개발 근거 및 당위성 확보

○ 해양무인이동체 기술개발 로드맵 수립을 통한 기술의 체계적 연구개발 가능

○ 부처간 차별화 전략 수립으로 국가 R&D 투자 효율성 제고

V. 연구개발결과의 활용계획

○ 해양수산부 및 본-부설 기관의 해양무인이동체 기술개발 계획 수립 근거 자료로 활용

○ 해양무인이동체 플랫폼 및 요소기술 개발 연구사업 기획의 근거 자료로 활용

○ 해양수산부 해양무인이동체 활용 및 서비스 제공 계획 수립에 활용



SUMMARY

I. Title

Research Planning for a Roadmap of Maritime Unmanned Vehicle Technology Development

II. Purpose and Necessity of R&D

○ Purpose of R&D

- Investigate domestic and foreign maritime unmanned vehicle utilization areas and trends, law/policy trends, R&D status, industry/market status, and diagnose the domestic maritime unmanned vehicle utilization status to establish public service policy directions for maritime unmanned vehicles and promote research and development projects deduction

○ Necessities of R&D

- Securing grounds and legitimacy for technology development based on maritime unmanned vehicle policy, market, and technology trend analysis
- Possible systematic research and development of technology through the establishment of a roadmap for development of maritime unmanned vehicle technology
- Improvement of national R&D investment efficiency by establishing differentiated strategies between ministries

III. Contents and Extent of R&D

- (Policies, utilization status and prospects) Investigation, research, and comparison of domestic and foreign maritime unmanned vehicle-related application field predictions, law/policy trends, R&D status, industry/market status, and future application prospects*

* The application field is in accordance with the land management service field of the Ministry of Maritime Affairs and Fisheries

- For global industry/market analysis, carry out case analysis and quantitative scale analysis centered on major companies and products, and in Korea, analyze the demand for marine

unmanned vehicles through interviews or surveys with public institutions using marine unmanned vehicles.

- Analysis and research on matching and implementation strategies between domestic policy and R&D investment and industry status
- (Platform selection and domestic technology diagnosis) Analysis of major technology trends by field of maritime unmanned vehicle platform and domestic technology level/gap compared to major overseas countries*

▪ **Selection of platform**

Platform selection through research institutes and stakeholder demand surveys participating in the roadmap work

▪ **Diagnosis of skill level**

Selection of core technology for marine unmanned vehicles and diagnosis of technology level through patent analysis in the relevant field

- Derived R&D focus areas through analysis of domestic competitiveness by technology sector
- ** Derivation of R&D focus areas and discovery of core technologies are carried out centering on the three major research institutes (top-down), and a comprehensive roadmap including promotion technologies from other ministries is established, while differentiation and cooperation measures are prepared with other ministries.
- (Establishment of technology roadmap, etc.) Establishment of a roadmap for vitalizing public services using marine unmanned vehicles

IV. R&D Results

- Securing national R&D technology development strategies to achieve the new government's national goals
- Set the direction of development of follow-up technology for the maritime equipment and infrastructure construction project of the Ministry of Maritime Affairs and Fisheries.
- Securing grounds and justification for development of maritime unmanned vehicle technology based on policy, market, and technology trend analysis
- Possible systematic research and development of technology through the establishment of a roadmap for development of maritime unmanned vehicle technology
- Improve national R&D investment efficiency by establishing differentiated strategies between ministries

V. Application Plans of R&D Results

- Used as basis for establishment of maritime unmanned vehicle technology development plan by Ministry of Oceans and Fisheries and headquarters-affiliated organizations
- Utilize as basis data for planning research project for development of marine unmanned vehicle platform and element technology
- Utilization of maritime unmanned vehicles by the Ministry of Maritime Affairs and Fisheries and utilization of plans for service provision



목 차

[요 약 문]	1
I. 서론	31
1.1. 추진배경 및 필요성	33
1.2. 추진경과	35
1.3. 무인이동체의 정의 및 분류	36
II. 해양무인이동체 환경분석	39
2.1. 국내외 해양무인이동체 정책동향	41
2.1.1. 해외 정책 동향	41
2.1.2. 국내 정책 동향	57
2.1.3. 국내 정부R&D 현황	65
2.2. 국내외 해양무인이동체 산업동향	67
2.2.1. 해외 산업 동향	67
2.2.2. 국내 산업 동향	79
2.3. 국내외 해양무인이동체 개발·활용동향	90
2.2.1. 해외 개발·활용동향	90
2.2.2. 국내 개발·활용동향	101
2.4. 시사점	107
III. 해양무인이동체 활용실태 및 수요조사	109
3.1. 해양무인이동체 활용실태	111
3.2. 해양무인이동체 수요조사	116
IV. 해양무인이동체 기술로드맵	121
4.1. 기술로드맵 개요 및 방향	123
4.2. 해양수산 공공임무 무인이동체 도출	127
4.3. 해양무인이동체 기술분류체계	132
4.4. 해양무인이동체 기술로드맵	138
4.4.1. 플랫폼 관점 로드맵	138
4.4.2. 기술 관점 로드맵	143
4.4.3. 플랫폼 개발 순서도	147
V. 결론 및 제언	151
붙임	165



요 약 문

1. 추진 배경 및 필요성

- 해양수산 첨단화, 해양경제의 성장, 해양안전, 어촌공동화 등 해양 무인이동체의 활용 필요성이 증가 중이나, 실사용에는 부진
 - 해양수산 환경의 변화에 따라 해양무인이동체의 역할이 부각되고 있으나, 그간 개발한 우수한 기술성과의 현장 활용은 부진
 - * 해양무인이동체 국가R&D투자 : (2012) 122.6억원 → (2015) 380.4억원 → (2020) 531.6억
 - ** (활용여부 조사) 활용중 42%, 비활용중 58% / (개선필요 여부) 개선필요 49% (핵심 개선 필요사항) 기술 개선 84%(현장사용 불편의견 多) / 제도 개선 16%
 - 해외 주요국은 해양무인이동체 적용을 다양화하고 있으나, 국내는 무인이동체 적용 영역이 협소
 - * 미국 카네기大/HEBI 로보틱스 등은 기존 AUV를 뱀처럼 움직일 수 있도록 개발(HUMRS) 하여 선박사고 장소를 유연하게 이동하며 사고대응이 가능한 해양무인이동체를 개발
 - ** 그 외 기름유출사고, 양식어장 관리, 심해조사 등 임무특성에 맞는 개발이 이루어지는 중

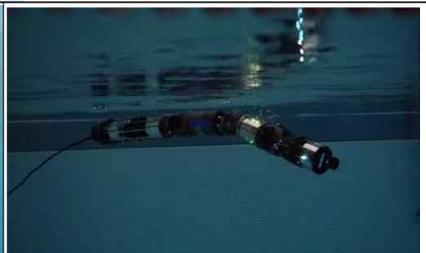
[해외 해양무인이동체 현장활용 사례]



기름유출사고 투입(프랑스, 2021)



어장관리(뉴질랜드, 2022)



선박사고 대응(미국, 2021)

- 해양무인이동체 개발 방향을 수요자 중심으로 전환하여 우수한 기술성과의 활용을 제고하고, 해양수산 환경변화에 대응하는 플랫폼 개발 필요
 - 우리 해양수산 업무에 무인이동체를 확산하기 위해 연구개발과 현장 적용의 선순환을 유도할 수 있는 수요자 중심 R&D로 전환 필요
 - 연구개발과 현장적용의 선순환 유도를 위해 해양수산 공공임무 현장의 수요를 활용하고, 현장수요의 특성을 반영하여 로드맵 마련 필요

2. 추진 경과

- 해양무인이동체 기술 분석 및 기술개발 정책/전략 분석 과업착수 ('22.10.18)
- 착수보고 및 로드맵 수립 방향설정 ('22.11.02)
 - * 해양수산업 수요를 중심으로 해양무인이동체의 적용 확대를 목표로 기술로드맵 수립
 - ** 현재 적용중인 해양무인이동체를 효율화하는 기술과 미래에 해양수산업 영역에 적용가능한 차세대 플랫폼 도출
- 현재/미래수요 설문조사 및 분석 ('22.11.14 ~ 12.26)
 - 해양수산업 산하 기관, 해양무인이동체 연구자 등 대상으로 해양수산업에 활용성 향상 수요, 신규 요구 플랫폼, 미래형 플랫폼의 수요를 접수
- 수요 플랫폼 선별 및 유형화 ('23.02.04 ~ 02.28)
 - 수요 플랫폼 요구기능, 개발 가능성, 중복성 등을 고려하여 플랫폼을 분류하고 유형화
- 기술분류체계 수립 및 기술도출 ('23.03.02 ~ 04.30.)
 - 수요 플랫폼 기반 해양무인이동체 기술분류체계를 수립, 이를 바탕으로 플랫폼별 핵심기술 도출
 - * KRISO, KIOST, KOPRI 연구자 참여
 - 도출한 핵심 기술의 단위를 조정하고, 유사·중복기술을 통합·이관하여 핵심기술 정리
- 기술로드맵 수립 ('23.05.01 ~ 05.30.)
 - 플랫폼 중요도, 기술개발 선후관계 등을 고려하여 기술로드맵 수립
 - * KRISO, KIOST, KOPRI 연구자 참여

3. 대내외 환경분석

3.1 정책동향

□ (국외) 미국, 영국, 일본 등 해양무인이동체를 적용하기 위한 계획과 추진전략을 통해 실사용을 고려한 기술개발에 투자를 확대하고 있음

* EU는 ICARUS(Integrated Components for Assisted Rescue and Unmanned Search) 프로젝트를 수행하면서 무인 SAR(Search And Rescue)을 위한 USV(Unmanned Surface Vehicle) 개발

○ 통합운용, 수요기반 접근 등을 통해 활용 확대를 염두에 둔 기술개발 정책을 추진 중

* (美) 육해공 통합운용을 강조, 단일 플랫폼보다 통합운용을 통해 임무효과 향상

** (日) SSAP4는 무인선박 적용확대를 위해 조선사, 해운사(수요), 선급, 기자재 업체, ICT 전문가 등이 벨류체인별 주체들이 개발에 참여하고 연구개발 데이터를 공유

< 국내외 해양무인이동체 주요 정책(단위별 비교) >

구분	한국	미국	영국	일본
계획	<ul style="list-style-type: none"> 해양수산 발전기 본계획 등 6개 계획 	-	<ul style="list-style-type: none"> 해양 5개년 계획 (Maritime 5-year plan for the UK) 	<ul style="list-style-type: none"> 4기 해양기본계획 (2023-2027)
추진전략	<ul style="list-style-type: none"> 해양수산 5대 기술혁신 전략 스마트 해운물류 확산 전략 2030 항만정책 방향과 추진전략 	<ul style="list-style-type: none"> Unmanned Campaign Framework 	<ul style="list-style-type: none"> Maritime 2050 	<ul style="list-style-type: none"> 산업경쟁력 강화에 관한 실행계획
로드맵	<ul style="list-style-type: none"> 자율운항선박 규제혁신로드맵 	<ul style="list-style-type: none"> Unmanned Systems Integrated Roadmap 	<ul style="list-style-type: none"> The National Marine Facilities (NMF) Technology Roadmap 2020/21 	<ul style="list-style-type: none"> 자율주행 선박 실현을 위한 일본 로드맵 Smart Ship Application Platform 4 Project (SSAP4)

* 미국의 해양수산 분야는 교통부의 해사청에서 관할하고 있어 계획단위의 정책은 부재한 것으로 보임

- 특히 주요국은 기술개발 확대 뿐 아니라 사후 운용(MRO)도 체계화하여 현장 활용성을 강화 중

* (英) NMF 기술로드맵을 수립하여 자율 장비를 배치·복구 및 서비스 제공

* (싱가포르) '해운항만 R&D 로드맵 2030'에서 차세대 항만 건설과 보안·안전시스템을 구축하는 등의 선박 MRO 서비스 연계

□ (국내) 해양무인이동체 기술개발 및 경쟁력 향상을 위한 R&D 정책을 추진 중이나 현장확대를 위한 기술로드맵이 부재

○ 제3차 해양수산업발전 기본계획, 제1차 해양수산업과학기술 육성 기본계획 등 정책을 통해 해양무인이동체 및 첨단해양장비 개발을 추진하고 있으나, 활용확대를 위한 전략 및 정책은 부재한 상황

* 개별 정책 및 사업추진에서 해양무인이동체 및 첨단해양장비 개발을 추진 중이나, 이를 확대하는 종합 정책이나 지침은 부재하여 활용확대 관점의 로드맵을 확보하여 각 정책을 통해 개발한 성과의 확산을 강화할 필요 있음

○ 한편, 국내 무인이동체 연구개발 투자는 지속적으로 증가하고 있으며, 이에 따른 기술수준 및 경쟁력도 강화되고 있음

* (무인이동체 기술수준) 세계 최고국 대비 ('17) 60% → ('22) 80%, 무인이동체기술로드맵 1.0&2.0

[무인이동체 분야 정부 R&D투자 현황('12~'20)]



- 확보한 기술력을 바탕으로 현장 적용성을 강화한다면 해양수산업 영역의 무인·첨단화를 통한 해양수산업의 다양한 난제* 해결에 기여 가능

* 해양사고, 어촌 공동화, 극지 및 심해연구, 해양 경계 강화, 해양오염, 기후위기 등

※ 정책동향 시사점

- ◆ 해외의 경우 해양무인이동체의 활용 확대를 염두에 둔 기술개발 정책을 추진하며 통합운동, 수요기반 접근을 강화하고 있음
- ◆ 또한, 사후운영체계에 대한 정책적 지원을 통해 개발한 해양무인이동체 및 해양장비가 현장에서 활용될 수 있도록 하고 있음
- ◆ 한편, 우리나라는 해양무인이동체 기술개발을 강화하며 투자를 확대하고 있으나, 해양무인이동체 확대에 대한 전략 및 정책은 부재
- ◆ 개별 정책에서 추진하는 해양무인이동체 개발을 활용확대 관점에서 체계화한 기술로드맵 필요

3.2 시장 · 산업동향

- (국외) 해양무인이동체 적용이 확대되며 시장이 성장중이며, 기술개발이 상용화로 연결되는 산업구조를 형성하여 연구개발과 수요가 선순환
- (시장) 해양무인이동체 시장은 방산중심으로 성장 중이나, 공공·민간용의 확대가 전망되며, 공공분야 성장을 바탕으로 민간 확산 필요
 - * 한편, 성장률 측면에서는 공공·민간용 17.7%로 군수용(10.1%)보다 가파른 성장세를 보이고 있음
- 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 로봇공학과 같은 첨단 기술의 성장은 해양무인이동체 시장을 성장 유발
 - * 또한, 어촌 고령화, 전문인력 부족 등 해양수산인력 부족으로 해양무인이동체 적극 도입중

< 해양 무인이동체 글로벌 시장규모(단위 : 십억 달러) >

연도	' 23	' 24	' 25	' 26	' 27	' 28	' 29	' 30	' 31	' 32	CAGR
전체	43.4	48.2	53.7	59.6	66.1	73.5	81.7	90.8	101.1	112.6	11.2%
군수용	38.6	42.5	47	51.7	56.9	62.6	68.9	75.8	83.4	91.8	10.1%
공공용	2.6	3.0	3.6	4.2	4.9	5.8	6.8	8.0	9.4	11.1	17.7%
민간용	2.2	2.7	3.1	3.7	4.3	5.1	6.0	7.0	8.3	9.7	17.7%

* 출처 : Mordor Intelligence, Global Unmanned Marine Vehicles Market 2021, 2020 무인이동체 산업실태조사 결과보고서를 바탕으로 BASS 모형을 적용하여 추정

- (산업) 기술 및 플랫폼 개발이 상용화로 연결되는 산업구조의 형성으로 해양무인이동체 활용 확대 중
 - * (해외 산업구조) 기술/부품개발 → 플랫폼 개발/제조사 → 운영유지 전문기관 → 최종사용자
- 산업 내 통합과 제휴협력이 활발하여 현장 수요중심 경쟁력 있는 해양무인이동체를 개발하고 이를 활용한 서비스 제공 중
 - * Kongsberg Digital社は 디지털 솔루션 기능의 개선을 위해 해양자원 개발기업 Aker BP 계약을 체결, 실시간 클라우드 기반 데이터 접근, 의사결정 지원 등 데이터 관련 서비스 경쟁력 강화
 - ** ThayerMahan社は 관성 항법, 해저 포지셔닝, 수중 이미징 등 기술을 보유한 Ixblue社와의 제휴를 통해 무인 해양측량 서비스를 제공
 - *** Houston Mechatronics社は 해조 조사 서비스 전문기업 Stinger Technology AS社와 협업을 통해 노르웨이 석유 및 가스시장 진출

□ (국내) 공공부문을 중심으로 시장이 형성되어 있으며, 성장세를 보이나, 연구개발과 수요의 순환이 어려운 산업구조를 형성 중

○ (시장) 국내 해양 무인이동체 시장은 '20년 기준 407억원으로 '15년 대비 연평균 107% 성장률을 나타내며, 공공중심의 시장*이 형성되어 있음

* 국내 무인이동체 수요처는 정부 43%, 공공기관 23.5%, 민간기업 23.5% 수준

< 해양 무인이동체 국내 시장규모(단위 : 백만원) >

연도	' 15	' 16	' 17	' 18	' 19	' 20	CAGR
시장규모	1,076	21,570	10,405	15,662	15,907	40,686	107%

* 출처 : 2020년 무인이동체 산업실태조사 결과 보고서, 한국항공우주연구원 ('21.11)

○ (산업) 방위산업, 선박제조사 등을 중심으로 기술혁신 중이나, R&D와 실사용자간 거리 발생으로 개발한 해양무인이동체의 현장 활용이 부족

* (국내 산업구조) 기술/부품개발 → 플랫폼 개발/제조사 → 최종사용자

- 국내는 플랫폼 운용을 전문으로 하는 기관·기업이 부족하여 최종 활용자가 해양무인이동체를 활용하기 어려운 구조로 개발 이후 활용으로 연결되는데 한계 존재

* 실태조사 결과 국산 해양무인이동체가 있음에도 유지보수가 어렵고 해외 전문기관의 원활한 운용으로 인해 외산 무인이동체를 활용한다는 응답도 존재

- 또한, 해외와 달리 산업 내 이해관계자 간 협력이 부족하여 수요자 중심의 R&D 구현에 한계가 존재

* 외국은 해양무인이동체 제조사와 해양조사 서비스 기업, 해양측량 기업, 해양인프라 관리 기업 등이 제휴협력을 통해 실제 활용에 있어 경쟁력 있는 해양무인이동체를 개발 중

※ 산업동향 시사점

- ◆ 해양무인이동체는 해양이라는 특수한 환경에서 운용하는 점에서 실사용자가 활용할 수 있도록 현장화가 중요하며, 운영 및 유지보수의 역할도 중요
- ◆ 해외의 경우 운영 및 유지보수 전문 기관들이 현장 활용성을 향상시키는 한편, 기업간 협력이 활발하여 기술의 상용화가 활발히 진행되고 있음
- ◆ 한편, 국내는 운영 및 유지보수에 공백이 있어 현장 활용에도 어려움이 존재
- ◆ 아울러 공공중심의 시장이 형성되어 있고, 민간의 생태계 조성이 부족한 국내 실정에서 공공중심의 수요를 창출하여 민간의 혁신역량을 향상시킬 필요 있음

3.3 개발 · 활용동향

- (국외) 공급자(개발자) 중심에서 수요자 중심으로 R&D 트렌드가 전환되고 있어 해양수산 공공임무, 해양난제에 무인이동체 활용 확대
 - (해양수산 비전과 연계개발) 해양분야 미래 대비를 위한 국가 전략에 필요한 해양무인이동체를 사전 식별하여 대응하기 위한 로드맵을 수립
 - * 영국은 국가해양시설 기술로드맵(2021)을 통해 해양과학 비전 달성에 필요한 연구용 수중무인이동체 개발 프레임워크를 제시
 - (수요자 중심 R&D) 현장 수요와 수행 임무를 고려한 해양무인이동체 개발로 해양수산 업무에 활용 확대 중

< 해외 수요자 중심 해양무인이동체 개발 및 활용 사례 >

국가	해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
미국	 HUMRS(2021)	카네기 멜론대학	AUV	선박수리	<ul style="list-style-type: none"> • 뱀 모형으로 설계된 해양 사고 대응 용 수중 드론 HUMRS개발 • 협소하고 어두운 사고선박 및 선저 하부를 탐색할 수 있어야 한다는 현장 수요(DoD)를 반영
프랑스	 젤리피시봇(2021)	이야디스	AUV	해양 폐기물 수집	<ul style="list-style-type: none"> • 해양을 이동하며 쓰레기 수거 • 기름 유출 사고에도 투입 • 여행 가방과 같은 크기로 구석 사이를 손쉽게 이동하여 기름 유출 현장에서 활용도 제고
뉴질랜드	 수중드론(2022)	캔터베리 대학교	AUV	어장관리	<ul style="list-style-type: none"> • 뉴질랜드에서 개발한 최초의 자율 수중 드론 • 홍합과 가리비 양식 산업에서 유용하게 쓰일 수 있는 새로운 ‘자율 수중 드론’을 개발
영국	 SPIDER ROV(2017)	Nexans	ROV	해양 건설	<ul style="list-style-type: none"> • 해저용 원격조정 굴삭기 • 6개의 수중카메라 시스템과음파센서, 압력센서, 기압센서 등의 여러 센서 시스템을 구비 • 해상의 조종사는 화면을 통하여 전송되는 데이터를 바탕으로 100~200mm의 정밀도로 굴삭기를 조정

□ (국내) 공공분야를 중심으로 우수한 기술력을 확보하였으나, 공급자 중심의 R&D가 지속되어 현장 활용에는 한계

○ 기술혁신을 통한 기술경쟁력*을 제고 중이나, 해양환경의 특수성을 고려하여 수요자 중심 R&D가 진행되어야 하나 부족한 실정

* (무인이동체 기술수준) 세계 최고국 대비 ('17) 60% → ('22) 80%, 무인이동체기술로드맵 1.0&2.0

- 확보한 기술력을 바탕으로 우수한 해양무인이동체를 개발 중이나, 실사용자의 수요반영이 부족

* (활용여부 조사) 활용중 42%, 비활용중 58% / (개선필요 여부) 개선필요 49% (핵심 개선 필요사항) 기술 개선 84%(현장사용 애로의견 多) / 제도 개선 16%

< 국내 해양무인이동체 개발 및 활용 사례 >

국가	해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
한국	 크랩스터(2016)	선박해양플랜트연구소	ROV	해저조사	<ul style="list-style-type: none"> 해저탐사를 위한 다관절 복합이동 해저중로봇으로 천해용(200m급) 크랩스터 CR200('13)에 이어 '16년 심해용(6000m급) CR6000 개발
	 Ocean Cleanup Robot(2022)	한국생산기술연구원	USV	해양 폐기물 수집	<ul style="list-style-type: none"> 쓰레기가 밀집된 좁은 구역에서는 운영자가 원격 조종하고, 상대적으로 넓은 구역에서는 스스로 GPS 기반의 항법시스템을 활용해 자율적으로 이동하며 작업을 수행
	 아라곤	선박해양플랜트연구소	USV	어장관리	<ul style="list-style-type: none"> 양식장 감시선 기능을 탑재하여 ▲양식장 주위 순찰 ▲침입 선박 탐지 ▲도주 선박 추적 등 해상실증 수행

※ 개발·활용 동향 시사점

◆ 개발자 중심에서 수요자 중심으로 R&D 트렌드가 전환 중인 해외와 달리 국내는 개발자 중심의 R&D 지속

◆ 국내도 충분한 기술수준을 확보하고 있는 점에서 해양무인이동체 실제 활용자의 의견과 사용성을 고려한 수요자 중심 R&D 추진 필요

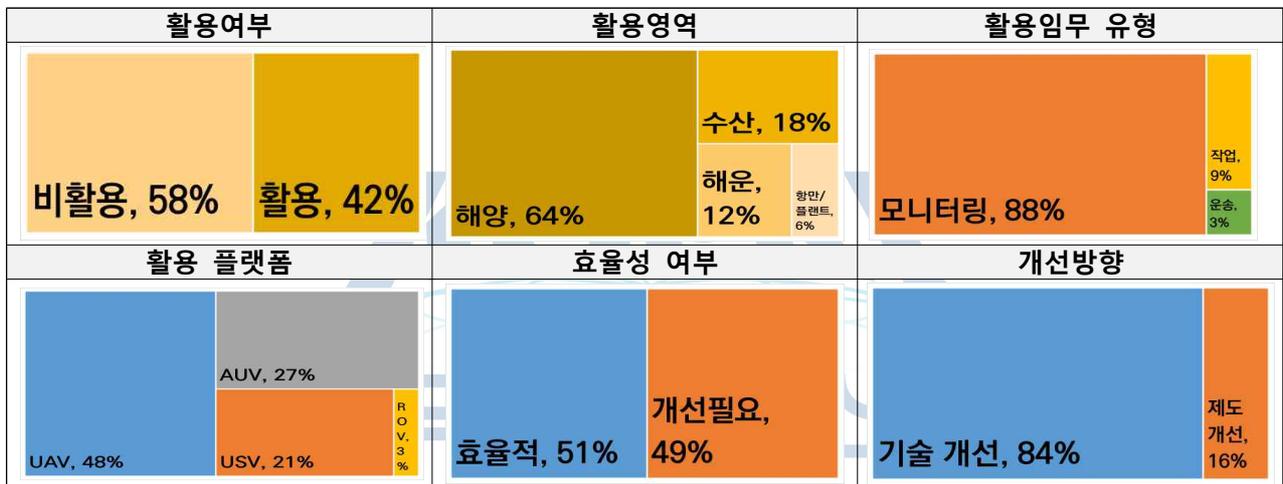
3.4 국내 활용실태

※ 실태조사 개요

- (목적) 해양무인이동체 기술로드맵 수립 방향을 설정하기 위해 활용실태와 수요조사를 실시
- (대상) 무인이동체 활용중 또는 활용 가능성 있는 해수부 내외부 관계기관 실무부서 (250개 실/과/팀)
- (기간/회수율/조사방식) 2022.11.14. ~ 2022.12.16. / 30% / 설문조사
- (조사내용) 해양무인이동체 적용여부, 적용시 애로사항, 기존 유인업무에 적용가능성 및 적용방안

□ (활용실태) 해양무인이동체를 개발하고 있으나, 현장 활용에 있어 부족한 실태, 특히 적용분야 및 임무가 협소하고, 실사용자의 운용 환경에 맞게 기술적 개선이 요구되고 있음

< 국내 해양무인이동체 활용 실태조사 >



□ (활용실태) 현재 해양무인이동체가 적용되지 않는 해양수산 업무에는 인력이 직접 투입되고 있으며, 무인이동체 활용이 가능할 것으로 보임

* (현재 유인업무에 해양무인이동체 투입가능여부) 가능 55% / 불가능 45%

※ 활용실태 조사 핵심 시사점

- ◆ (현장 활용성 제고 필요) 해양무인이동체의 현장 활용은 42% 수준이고, 현장 활용 중인 해양무인이동체의 경우도 기술적 해결사항 다수 존재, 이에 따라 현장 수요를 반영하여 이미 활용 중인 해양무인이동체를 고도화할 필요 있음
- ◆ (적용임무 확대 필요) 활용중인 해양무인이동체는 대부분 해양 조사 및 모니터링 중심이며, 향후 해수부의 다양한 공공임무에 적용할 수 있도록 해양 무인이동체가 적용되지 않는 공백 영역에 대한 수요를 발굴하여 개발 필요
- ◆ (MRO 기반 마련 필요) 해양무인이동체에 대한 기술적 한계와 함께 운영 및 유지보수의 한계점도 제기되고 있으며, 향후 현장 활용성 확대를 위해서는 기술개발과 함께 운영·유지(MRO) 기반도 마련 필요

4. 시사점 및 로드맵 방향

□ 대내외 환경분석 시사점

구분	해외	국내
정책 동향	<ul style="list-style-type: none"> · 해양환경 변화, 해양수산 업무 효율화를 위해 해양무인이동체 기술개발과 활용을 연계 <ul style="list-style-type: none"> - 해양수산 비전과 업무와 연계한 해양 무인이동체 개발 · 기술개발 정책에 MRO까지 포함함으로써 현장 활용성 제고 	<ul style="list-style-type: none"> · 기술개발에 지속적인 국가R&D 투자 확대로 기술력 향상 중 · 기술개발계획과 활용계획과 연계를 강화하여 해양수산분야가 직면한 이슈들에 무인이동체 적용 확대 필요
산업 동향	<ul style="list-style-type: none"> · 기술/플랫폼 개발이 상용화로 연결되는 산업구조 <ul style="list-style-type: none"> - 기술개발 → 플랫폼 개발 → 운영유지 전문기관 → 최종사용자 · 산업 내 통합과 제휴협력이 활발하여 현장 수요중심의 경쟁력 있는 플랫폼 개발 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · R&D와 시장의 거리 발생 <ul style="list-style-type: none"> - 기술개발 → 플랫폼 개발 → 최종사용자 · 공공중심으로 플랫폼 개발이 이루어지고 있으나, 산업 내 주체들간 협력이 부족하여 공급자 중심 플랫폼 개발로 현장 활용성 부족
개발/활용 동향	<ul style="list-style-type: none"> · 공급자(개발자) 중심에서 수요자 중심으로 R&D트렌드 변화 <ul style="list-style-type: none"> - 해양 난제 및 임무 설정 후 R&D · 다양한 분야로 해양무인이동체를 활용하고 현장소통을 통해 상용화 	<ul style="list-style-type: none"> · 공공분야를 중심으로 우수한 기술력은 확보하였으나, 공급자(개발자) 중심의 R&D 지속하여 현장활용에 한계 · 해양수산 현장과 협업 부족 · 활용 영역 다양화 한계

핵심 시사점

□ 임무 및 현장수요 기반 해양무인이동체 개발 필요

- 해양무인이동체는 해양이라는 특수한 환경에서 운용되고 있어 **현장 맞춤형 개발**이 필요
- 주요국은 해양의 난제, 현장업무를 목표로 임무 맞춤형 개발을 강화하며 해양수산 비전, 현장 문제를 기술개발과 연계하고 있음

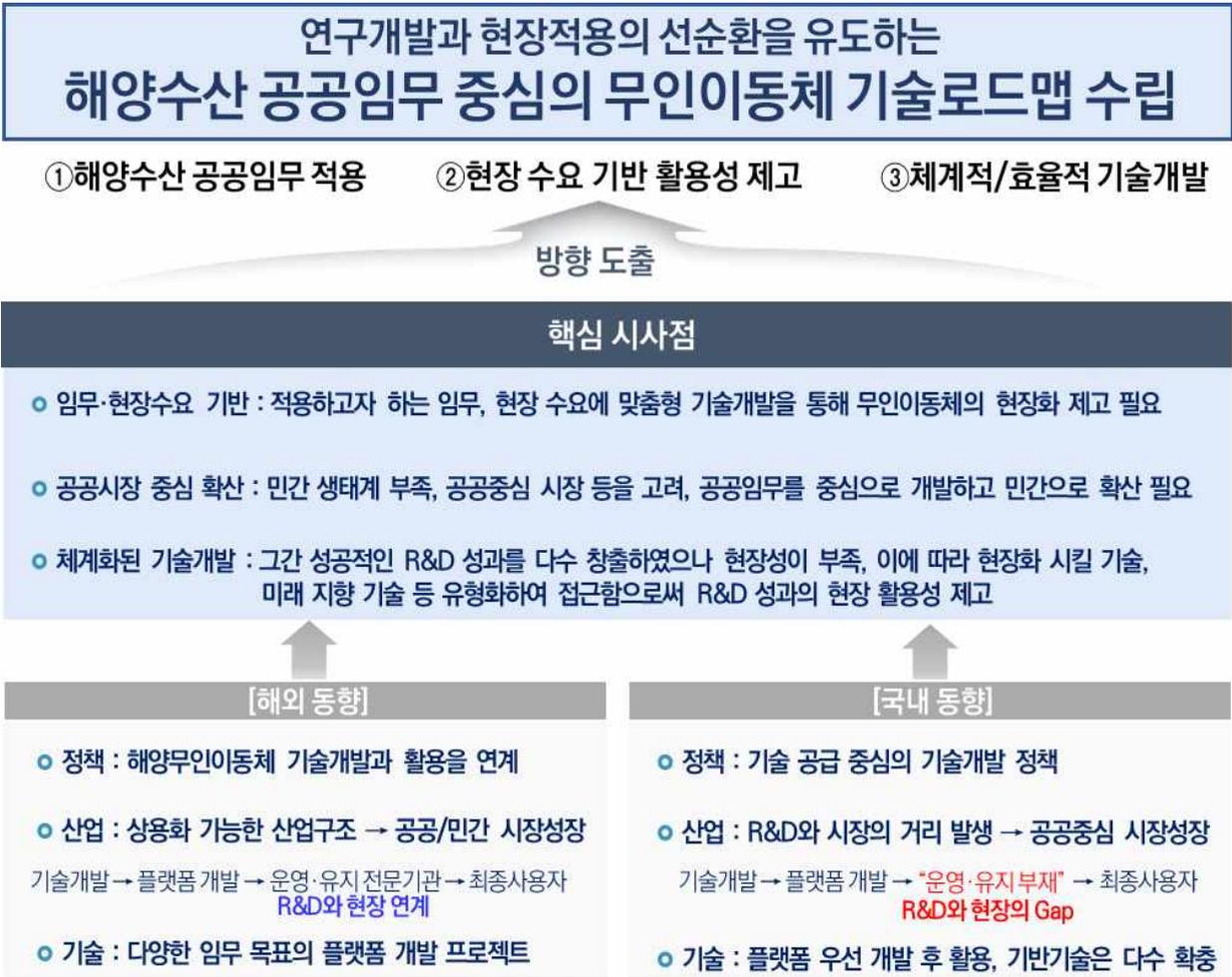
□ 공공시장 중심의 확산 필요

- 민간 중심의 협력 생태계가 조성된 해외와 달리 국내는 공공중심의 기술혁신과 공공시장을 중심으로 성장 중
- 이에 따라 그간 달성한 공공 기술혁신 성과를 해양·수산 공공분야에 적용하고 민간으로 확산하는 모델 창출 필요

□ 체계적/효율적 기술개발

- 그간 국내 연구진들이 달성한 기술혁신 성과를 해양수산 영역에 활용하기 위해 수요를 유형화하고 적합한 기술 전략을 수립하여 체계적 기술개발이 필요

□ 해양무인이동체 기술로드맵 수립방향



[수립방향 ①] 해양수산 공공임무 적용

[현황] 민간 생태계 부족 및 공공분야 현장 적용 애로

- 국내의 경우 해외와 같은 민간 중심 상용화 생태계를 단기간 조성 하는 것에 한계, 공공중심의 상용화 체계를 우선 조성 필요
 - * (해외생태계) 기술개발 → 플랫폼 개발 → 운영·유지 전문기관 → 최종 사용자
 - (국내생태계) 기술개발 → 플랫폼 개발 → 최종 사용자
- 해양무인이동체 시장도 공공 중심으로 성장 중
- 해양수산 공공분야에 무인이동체의 기대 역할이 다양함에도 현장화된 개발 부족으로 공공임무 적용 부진
 - * 수요조사 결과 인력의 직접 수종업무로 인한 사고위험, 해양 시설 및 항로표지 등 인력점검에 따른 사고, 어촌 공동화 등 공공분야 적용 확대 필요

[방향] 해양수산 공공임무 지향적 플랫폼 식별 및 핵심기술 도출

- 해양수산 공공임무 현장의 무인이동체 활용실태 및 애로사항 발굴하여 현장화를 향상시킬 수 있는 핵심기술 도출
 - * 해양수산부 산하 공공기관 대상 무인이동체 현장 수요발굴
- 해양무인이동체가 적용될 수 있는 해양수산 공공임무를 발굴하여 해양수산 공공임무 플랫폼 및 핵심기술 식별

[수립방향 ②] 현장 수요기반 활용성 제고

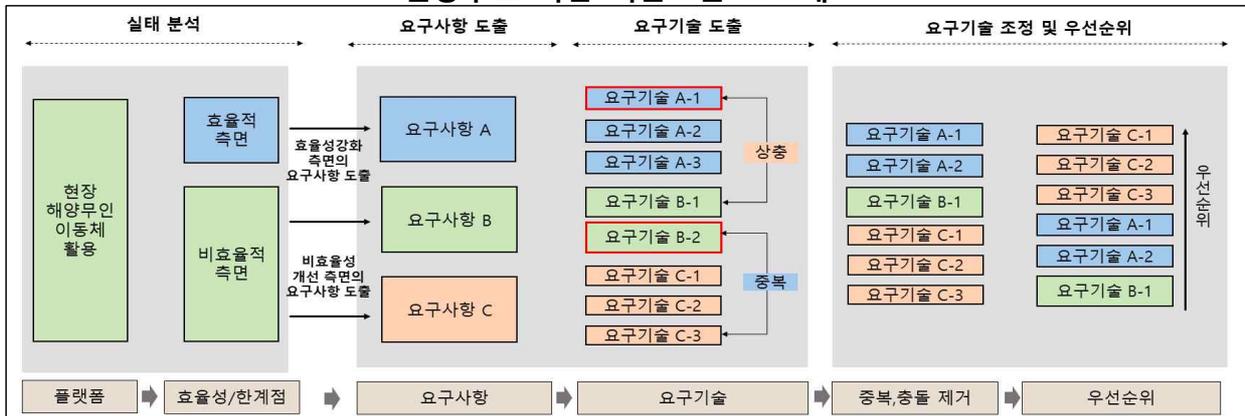
[현황] 공급자 중심의 기술개발로 현장 활용성 부족

- 무인이동체 R&D 투자는 지속적 증가, 기술력의 향상과 경쟁력 있는 해양무인이동체 개발 중이나, 현장 활용성에 한계
- 해양 무인이동체 현장 적용 한계사항 다수 식별, 기술적 개선 방안을 통한 활용성 제고 필요
 - * (해양무인이동체 활용 현장부서 의견) 효율적 51%, 개선필요 49%

[방향] 기술개발과 현장적용이 병행될 수 있는 현장 수요기반 체계

- 해양수산 공공분야 현장으로부터 기술 고도화 및 플랫폼 개발 수요를 조사하여 기술로드맵 수립
 - * 60여개 해양수산 공공분야 현장 수요 발굴
- 현장수요를 바탕으로 기술개발 전문가가 기술 및 플랫폼을 구체화

<현장수요 기반 기술도출 프로세스>



[수립방향 ③] 체계적/효율적 기술개발

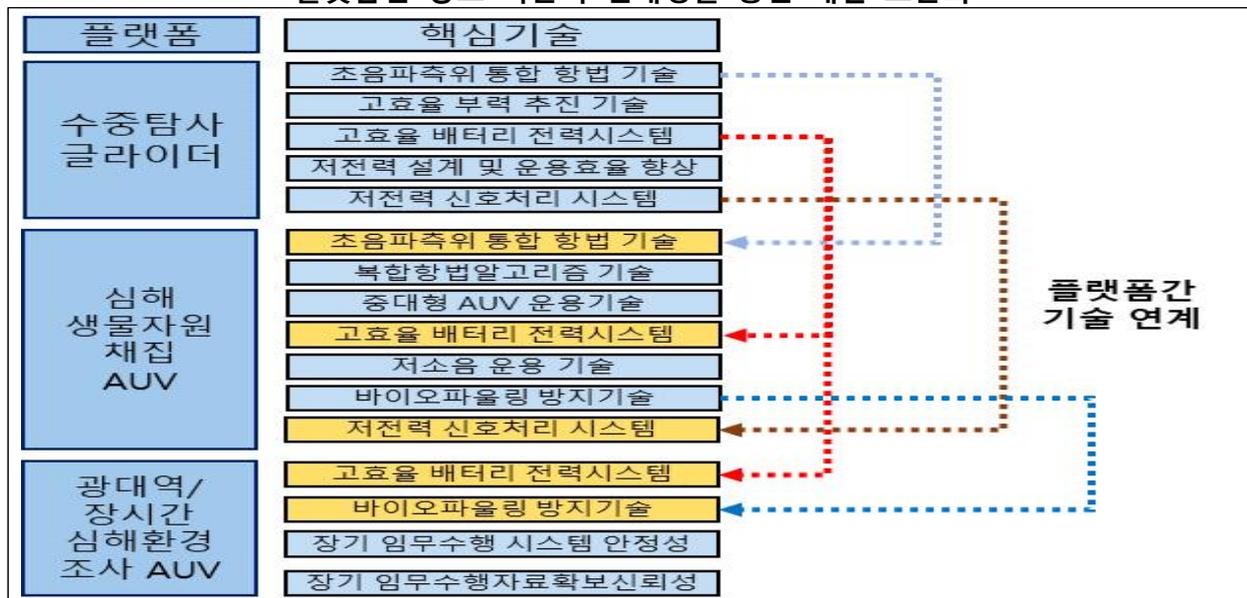
[현황] 해양수산 업무 ↔ 플랫폼 Gap, 플랫폼 간 Gap

- 해양수산 업무와 플랫폼 간 Gap으로 인해 현장 활용성 부족, 현장의 특성을 고려한 체계화된 기술개발 필요
- 플랫폼 간 개별 개발로 인해 효율성 부족, 핵심 플랫폼간 기술적 연계성을 고려한 효율화 필요

[방향] 기술 고도화, 미래형 기술 등 기술개발 유형화

- 수요 유형에 따라 기술 및 플랫폼 개발을 유형화하여 체계화
 - (고도화수요) 해양수산 공공임무에 활용 중인 플랫폼을 고도화하여 현장 활용성을 높여 임무의 원활한 수행을 가능하게 하는 기술개발
 - (현재수요) 해양수산 공공임무 중 무인이동체가 미적용 중이나, 적용 가능한 공공임무에 활용할 수 있는 신규 플랫폼에 대한 개발
 - (미래수요) 현재 기술로는 어려우나 미래에 해양수산 공공임무에서 요구되는 차세대 플랫폼 개발
- 플랫폼 간 상호 연계성 확보하여 효율적 개발

<플랫폼간 상호 기술적 연계성을 통한 개발 효율화>



5. 해양무인이동체 기술로드맵

※ 기술로드맵 수립 개요 및 절차

- (목적) 해양무인이동체의 현장확산과 체계화된 수요기반 개발을 위해 기술로드맵 수립
- (방법) 해양수산 업무영역 수요조사, 문헌조사, 기획위원회 운영
- (절차) 수요 기반 해양무인이동체 도출 → 기술분류체계 수립 → 핵심기술 도출 → 기술로드맵 수립

□ 해양수산 공공임무 무인이동체 도출 (도출결과 본문 참조)

○ (해양수산 현장수요) 해양수산 관련 공공기관 실/과/팀으로부터 고도화·현재·미래 수요 플랫폼 66개 발굴

○ (임무중심 통합) 중복/유사 임무를 중심으로 통합하여 40개 플랫폼으로 조정

※ 플랫폼 통합과정에서 개발 필요성있는 기술은 유지되었음(ex. 디지털트윈 기반 항만관리 플랫폼의 가상운용, 시뮬레이션 기술 등이 수소추진 수중무인이동체 플랫폼과 통합하며 기술은 유지)

○ (기술중심 조정) 기술적 유사성, 개발 가능성 등을 평가하여 22개 플랫폼으로 최종 조정하여 도출

[해양수산 공공임무 무인이동체 도출 절차]



□ 해양무인이동체 기술분류체계 수립

- (목적) 해양무인이동체 수요 플랫폼별로 핵심기술 도출을 위해 기술 분류체계 수립
- (방법) USV, AUV, ROV 등 해양무인이동체 연구개발 경험이 풍부한 전문가를 대상으로 수요 플랫폼을 검토하여 기술분류체계 수립
- (구조) 해양무인이동체가 무인으로 이동하며 주어진 임무를 수행하기 위한 기술·기능을 대·중분류의 구조를 갖추어 체계화

[해양무인이동체 기술 분류체계]

대분류	중분류	대분류	중분류
항법	위성항법 기술	원격 운용	원격 관제 기술
	관성항법 기술		관제인프라 기술
	SLAM 기술		인터페이스(HMI) 기술
	수중음향항법 기술		운용 시뮬레이터 기술
	지형정합항법 기술		동력원 기술
	지상파항법 기술		추진 기술
자율운항	탐지추적 기술	플랫폼/ 체계통합	최적형상설계 기술
	경로추종 기술		최적배치설계 기술
	충돌회피 기술		M&S 기술
	경로생성 기술		시험평가 기술
지능제어	상태인식 기술	임무/작업	진회수 기술
	고장진단 기술		해양조사 기술
	시스템제어 기술		정보감시정찰 기술
	운동제어 기술		수색구조 기술
통신	지상파통신 기술	임무/작업	수중탐사 기술
	위성통신 기술		수중작업 기술
	수중광통신 기술		기타 임무 및 작업기술
	수중음향통신 기술		지능협업 기술
	이동통신 기술	복합체계	수상군집운용 기술
	네트워크통신 기술		수중군집운용 기술
	통신보안 기술		수상/수중 복합체계 기술
			유무인 복합체계 기술

□ 해양무인이동체 기술로드맵

○ 플랫폼 관점

* 기술확보방안 : 황색은 선행기술이 존재하여 플랫폼에 맞게 고도화, 녹색은 신규개발

플랫폼 유형	수요 유형	플랫폼 명	핵심기술	단기			중기			장기								
				Y	Y+1	Y+2	Y+3	Y+4	Y+5	Y+6	Y+7	Y+8	Y+9					
USV	고도화	연안해양조사 USV	소형 해양 부유물 탐지 및 회피 기술	■	■	■												
			폐어망/어구 감김 방지 추진 시스템	■	■													
			무인선 선체 기술	■	■													
			해양조사장비 탑재 모듈화 기술	■	■													
			해양조사선 진회수기술	■	■	■												
			연안 해양조사 경로 생성기술			■												
			해양조사센서통합 미들웨어 기술	■	■	■												
		해양조사장비 원격운용·모니터링기술	■	■														
		해저지층조사 무인선박	수진기 예인 무인선 탐사선 추종 기술	■														
			수진기 예인 무인선 운동제어 기술	■	■													
			수진기 예인 무인선단 운항 관제기술		■	■	■											
			무선 네트워크 기술	■	■													
			무인선 선체기술	<연안해양조사 USV - 무인선 선체 기술 연계>														
			수진기 예인 무인선 진회수 기술	<연안해양조사 USV - 해양조사선 진회수기술 연계>														
	수진기 예인무인선단 경로 계획 기술				■	■	■											
	미래	연안도서 교통물류용 무인선	저시정 상황인식 기술	■	■	■												
			소형 부표 탐지 및 회피 기술	<연안해양조사 USV - 소형 해양 부유물탐지 및 회피 기술 연계>														
			파랑중 자율운항 기술	■	■	■												
			무인선 이접안 유도/계류 시스템 기술	■	■	■												
			자율이접안 기술	■	■													
			주변 항행선박 및 VTS 와의 교신기술	■	■													
			비상 대응 기술	■	■	■												
			연안도서 교통물류용 무인선 관제 기술			■	■	■										
			관제요원 훈련용 시뮬레이터	■	■	■												
			연안도서 교통물류용 무인선 추진 기술				■	■	■									
			연안도서 교통물류용 인선 선형 설계 기술	■	■													
화물창/승객 선실 배치 기술		■	■															
나선추진 수륙양용 무인 이동체	앱기반 무인선 탑승/화물운송 예약 및 운항 관리 기술						■	■	■									
	시스템 설계 기술			■	■													
		수륙양용 로봇기술	■	■	■													

플랫폼 유형	수요 유형	플랫폼명	핵심기술	단기			중기			장기						
				Y	Y+1	Y+2	Y+3	Y+4	Y+5	Y+6	Y+7	Y+8	Y+9			
AUV	고도화	수중탐사용 글라이더	초음파측위 통합 항법 기술													
			소비전력 고려 운항 계획기술													
			고효율 부력추진 기술													
			고효율 배터리 전력 시스템 기술													
			저전력 설계 및 운용 효율 향상 기술													
			저전력 신호처리 시스템 기술													
				초음파측위 통합 항법 기술	<수중탐사용 글라이더 - 초음파측위 통합 항법 기술 연계>											
				복합 항법알고리즘 기술												
				중대형 AUV 운용기술												
				모선 정밀 위치 제어 알고리즘 기술												
				자동 운항 및 항행 제어 알고리즘 기술												
				ROV 중계 AUV 무선통신 기술												
				심해 생물자원 채집 및 환경자료 획득 UUV	고효율 배터리 전력 시스템 기술	<수중탐사용 글라이더> - 고효율 배터리 전력 시스템 기술 연계										
					저소음 운용 기술											
				저전력·경량 플랫폼 하드웨어 설계 및 제작 기술												
				바이오 파울링 방지 기술												
				심해 AUV용 다물체 영상취득장치 개발												
				자동 시료 인식 알고리즘 기술												
				시료 채취 작업기술												
				극지 채집시료의 온도·압력 유지 기술												
				저전력 신호처리 시스템 기술	<수중탐사용 글라이더 - 저전력 신호처리 시스템 기술 연계>											
		현재	해역 연직단면 관측 UUV	수중센싱기술												
	순항/호버링 기술															
고효율 부력 제어 기술																

플랫폼 유형	수요유형	플랫폼 명	핵심기술	단기			중기			장기					
				Y	Y+1	Y+2	Y+3	Y+4	Y+5	Y+6	Y+7	Y+8	Y+9		
ROV	고도화	해양 탐사 ROV	다중센서융합 수중정밀항법기술												
			동적 위치/자세 유지 제어기술												
			주변상황 인식기술												
			수중 정밀 매핑기술												
			경유점 추종제어기술												
		해양 건설 ROV	다중센서융합 수중정밀항법기술	<해양탐사 ROV - 다중센서융합 수중정밀항법기술 연계>											
			동적 위치/자세 유지 제어기술	<해양탐사 ROV - 동적 위치/자세 유지 제어기술 연계>											
			주변 상황 인식 기술												
			경유점 추종제어기술												
			고용량 탑재전력 기술												
	미래	천해 양식장 오염 퇴적물 처리로봇	천해 양식장 오염퇴적물 조사 및 제거 로봇 기술												
			오염퇴적물 친환경적 이송 및 처리시스템 기술 개발												
			양식장 내 로봇 제어 및 실시간 환경영향 평가 기술 개발												
		양식장 관리 ROV	정밀 위치 추정 기술												
			자율 운용 기술												
			양식장 환경 인식/인지기술												
			동적 물체 파지 제어 기술												
		극지 빙저탐사 ROV	빙저면 항법 기술												
			극저온 대응기술												

플랫폼 유형	수요 유형	플랫폼명	핵심기술	단기			중기			장기				
				Y	Y+1	Y+2	Y+3	Y+4	Y+5	Y+6	Y+7	Y+8	Y+9	
UAV	고도화	해양 UAV	비가시 환경에서 무인이동체 운용을 위한 네트워크 및 자기장계 응용 관성복합항법기술											
			경유점 및 물체 자동 추종 기술 개발											
			운용자 상황 인식 지원 기술											
			무인이동체 제어용 통신에 대한 항재밍 통신 기술 개발											
			AI 기반 포유류 자동 탐지/추적 기술 개발											
융복합	미래	Flying AUV	수중-공중 및 과도 구간 자율운용 기술											
			수중-공중 임무수행 지원을 위한 무선통신 기술											
		USV-ROV 협력형 수중작업 시스템	수중작업 인간-ROV 제어기술											
			하이브리드 운용시스템 기술											
		USV-UAV 복합체계	USV-ROV 플랫폼 설계 기술											
			USV-UAV 협업임무 계획 및 관리 기술											
			USV-UAV 유도 제어 기술											
			USV-UAV 협력 탐사/작업 기술											
		USV-AUV 해양무인 복합캐리어	USV-UAV 이착륙 장치 기술											
			AUV용 장거리 무선통신 기술											
			AUV 진회수 기술	<USV-UAV 복합체계 - USV-UAV 협업임무 계획 및 관리 기술 연계>										
			USV와 AUV 협력 제어 기술	<연안해양 조사 USV - 해양조사장비 탑재 모듈화 기술 연계>										

○ 기술 관점

* 기술확보방안 : 황색은 선행기술이 존재하여 플랫폼에 맞게 고도화, 녹색은 신규개발

대	종	소	단기			중기			장기				
			Y	Y41	Y42	Y43	Y44	Y45	Y46	Y47	Y48	Y49	
항법	SLAM 기술	선체표면 위 상대위치 추정 및 운동 제어 기술											
		비가시 환경에서 무인이동체 운용을 위한 네트워크 및 자기장계 응용 관성복합항법기술											
	관성항법 기술	다중센서융합 수중정밀항법기술											
		동적 위치/자세 유지 제어기술											
		정밀 위치 추정 기술											
	수중응향항법 기술	복합 항법알고리즘 기술											
		초음파측위 통합 항법 기술											
		Hybrid-AUV 도킹 유도를 위한 Inverted-USBL 기술											
	지형정합항법기술	초소형 UUV 위치추적·항법 기술 (소형화하는 기술로 연계하여 활용)											
		영상 및 이미지를 통한 주변 환경 인지 기술											
자율인항	탐지추적 기술	빙저면 항법 기술											
		소형 해양 부유물 탐지 및 회피 기술											
		수진기 예인 무인선 탐사선 추종 기술											
		저시정 상황인식 기술											
		파랑중 자율운항 기술											
		주변상황 인식기술											
		수중 정밀 매핑기술											
	경로추종 기술	물체 자동 추종 기술 개발											
		경유점 추종제어기술											
		수중-공중 및 과도 구간 자율운용 기술											
지능제어	자율 임무 계획/관리 기술	USV-UAV 협업임무 계획 및 관리 기술											
	상태인식 기술	소비전력 고려 운항 계획기술											
		수중센싱기술											
		Hyb-ES 스마트 상태 추정기술											
		스마트 상태식별 기술											
	시스템제어기술	무인선 이접안유도/계류 시스템 기술											
		멀티모드 자율제어 테스트베드 기술											
		자율 운용 기술											

대	종	소	단기			중기			장기			
			Y	Y41	Y42	Y43	Y44	Y45	Y46	Y47	Y48	Y49
	운동제어 기술	수진기 예인 무인선 운동제어 기술										
		자율이접안 기술										
		고효율 부력추진 기술										
		순항/호버링 기술										
		고효율 부력 제어 기술										
원격운용	원격관제 기술	수진기 예인 무인선단 운항 관제 기술										
		주변 항행선박 및 VTS 와의 교신기술										
		비상 대응 기술										
		연안도서 교통물류용 무인선 관제 기술										
		중대형 AUV 운용기술										
		모선 정밀 위치 제어 알고리즘 기술										
		자동 운항 및 항행 제어 알고리즘 기술										
		수중작업 인간-ROV 제어기술										
		USV-UAV 유도 제어 기술										
	관제인프 라기술	가상통합제어기술										
		하이브리드 운용시스템 기술										
	인터페이 스(HMI) 기술	운용자 상황 인식 지원 기술										
		운용시물 레이터기 술	관제요원 훈련용 시뮬레이터									
	가상운용 디지털 플랫폼 기술											
수소추진 무인이동체 운용체계 설계 기술												
통신	수중음향 통신기술	ROV 중계 AUV 무선통신 기술										
		빙저수중공간에서의 수중통신 기술										
		AUV용 장거리 무선통신 기술										
		수중-공중 임무수행 지원을 위한 무선통신 기술										
	네트워크 통신기술	무선 네트워크 기술										
통신보안 기술	무인이동체 제어용 통신에 대한 항재밍 통신 기술 개발											
플랫폼/ 체계통합	동력원기 술	고효율 배터리 전력 시스템 기술										
		저전력 설계 및 운용 효율 향상 기술										
		수중용 대형 전력공급장치 기술										
		Hyb-ES HILS 평가기술										
		스마트 전력변환·제어기술										

대	종	소	단기			중기			장기					
			Y	Y41	Y42	Y43	Y44	Y45	Y46	Y47	Y48	Y49		
임무/작업	추진기술	페어망/어구 감김 방지 추진 시스템												
		연안도서 교통물류용 무인선 추진 기술												
		시스템 설계 기술												
		저소음 운용 기술												
		보행/트랙 제어기술												
	최적형상 설계기술	무인선 선체 기술												
		연안도서 교통물류용 무인선 선형 설계 기술												
		저전력·경량 플랫폼 하드웨어 설계 및 제작 기술												
		바이오 파울링 방지 기술												
		극지 탐사용 Hybrid-AUV 제작 및 운용 기술												
	최적배치 설계기술	무인이동체 소형화 기술												
		해양조사장비 탑재 모듈화 기술												
	시험평가 기술	화물창/승객 선실 배치 기술												
		저온환경 성능평가 기술												
	M&S 기술	모델링·시뮬레이션 기술												
		해양조사선 진회수기술												
	진회수기술	수신기 예인 무인선 진회수 기술												
		AUV 진회수 기술												
		연안 해양조사 경로 생성기술												
해양조사 기술	해양조사센서 통합 미들웨어 기술													
	해양조사장비 원격 운용/모니터링 기술													
	수진기 예인무인선단 경로 계획 기술													
	실시간 지층 조사결과 모니터링 기술													
	AI 기반 포유류 자동 탐지/추적 기술 개발													
	USV-UAV 협력 탐사/작업 기술													
	수중탐사 기술	심해 AUV용 다물체 영상취득장치 개발												
자동 시료 인식 알고리즘 기술														
수중작업 기술	시료 채취 작업기술													
	작업용 로봇팔/툴 제어 기술													
	극저온 대응기술													
	양식장 환경 인식/인지기술													
	동적 물체 파지 제어 기술													
	천해 양식장 오염퇴적물 조사 및 제거 로봇 기술													
	오염퇴적물 친환경적 이송 및 처리시스템 기술 개발													
	양식장 내 로봇 제어 및 실시간 환경영향 평가 기술 개발													

대	종	소	단기			중기			장기				
			Y	Y41	Y42	Y43	Y44	Y45	Y46	Y47	Y48	Y49	
	기타	앱기반 무인선 탑승/화물운송 예약 및 운항 관리 기술											
		수륙양용 로봇기술											
		극지 채집시료의 온도·압력 유지 기술											
		저전력 신호처리 시스템 기술											
		장기 임무 수행을 위한 시스템 안정성											
		장기 임무 수행 후 자료의 확보 신뢰성											
		빙홀 시추 응용 머신 기술											
		USV-UAV 이착륙 장치 기술											
복합체계	수상군집 운용기술	수진기 예인 무인선단 상황인식 기술											
	유무인 복합체계 기술	USV-ROV 플랫폼 설계 기술											
	지능협업 기술	USV와 AUV 협력 제어 기술											

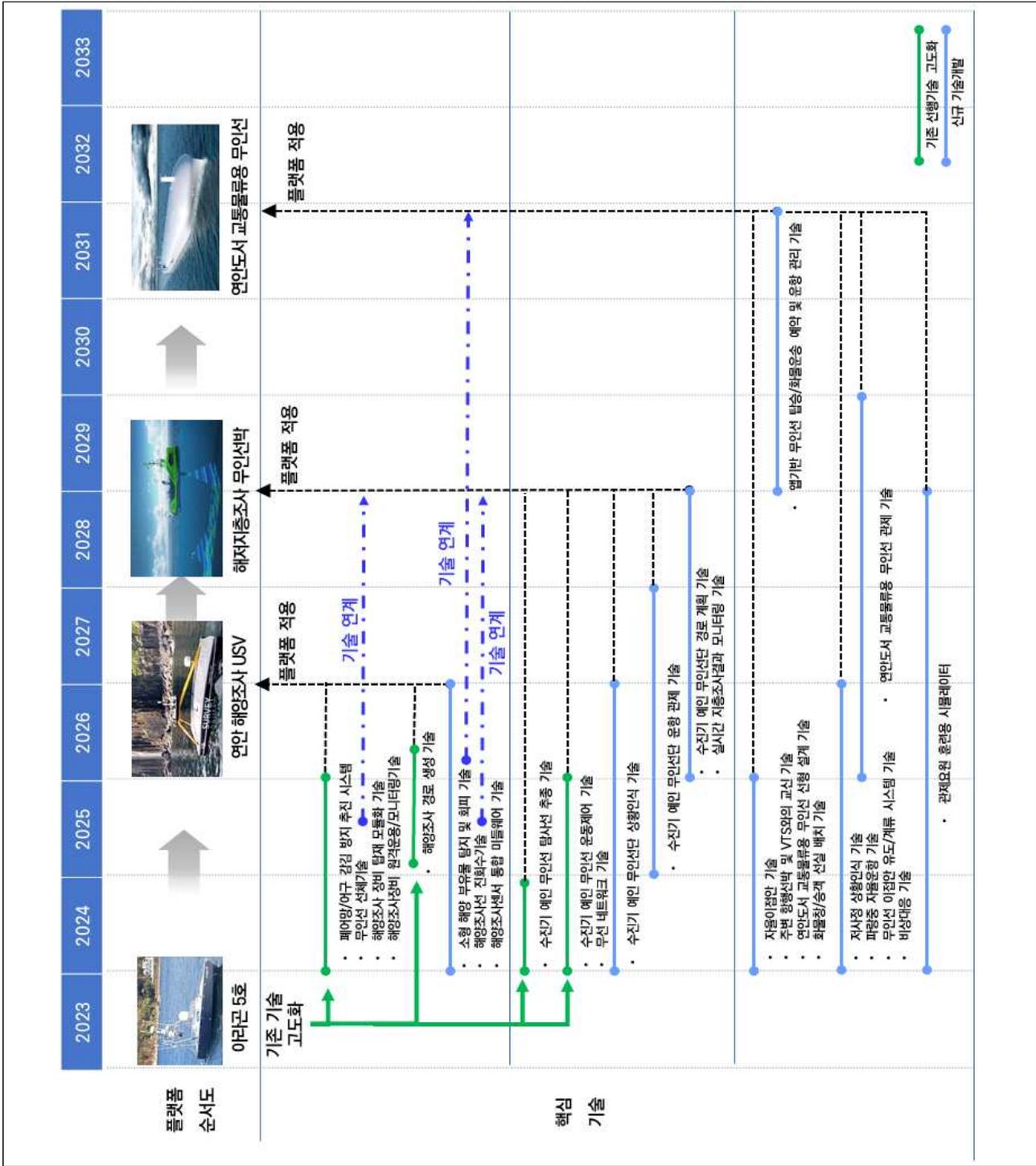
극지연구소

○ 플랫폼 개발 순서도

구분	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	수행임무	
U S V	 아라곤 5호 고도화	연안해양조사 USV	해저지층조사 무인선박	연안도서 교통물류용 무인선	연안도서 무인선박	<ul style="list-style-type: none"> 연안 해양 정밀 조사 연안 장시간 모니터링 해양 사고 대응 해저지층 조사 무인선단 군집 운용 연안 도서 화물/승객 이송 무인도서 점검관리 갯벌 및 인근 지역 생태관리 부두 없는 지역 물자공급 고립지역 인명구조 							
					나선형 추진 수륙양용 무인이동체	<ul style="list-style-type: none"> 태풍 강화 원인분석 수중 정밀 조사 							
	 고도화	수중탐사용 글라이더	심해생물자원 채집 및 환경자료 획득 UUV	<ul style="list-style-type: none"> 수중 장시간 감시 심해 환경 조사 									
	 고도화	해역 연직단면 관측 UUV	신저하부 점검 UUV	신저하부 점검 UUV	신저하부 점검 UUV	신저하부 점검 UUV	신저하부 점검 UUV	신저하부 점검 UUV	신저하부 점검 UUV	신저하부 점검 UUV	신저하부 점검 UUV	신저하부 점검 UUV	<ul style="list-style-type: none"> 연직단면 수직이동하며 관측 신저하부 지층점검 수중 광대역 심해 환경 조사
												<ul style="list-style-type: none"> 크지빙저호 연구 	
												<ul style="list-style-type: none"> 장거리 수색 및 정보 획득 	
												<ul style="list-style-type: none"> 협소 해역 정밀 조사 	

구분	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	수행일부
R O V	 URI 고도화 고도화	해양탐사 ROV 고도화	해양건설 ROV 기술연계									<ul style="list-style-type: none"> • 해저침저 쓰레기 관측 • 해저자원 탐사 • 해양건설, 유지보수 • 수중 정밀 작업
							천해양식장 오염퇴적물 처리로봇					<ul style="list-style-type: none"> • 천해양식장 오염물 조사제거 • 양식장 환경 영향 평가
							양식장 관리 ROV					<ul style="list-style-type: none"> • 양식장 어패류 모니터링 • 양식장 유지관리 • 어망 보수 작업
U A V	 고도화											<ul style="list-style-type: none"> • 해양 감시 및 시설 점검 • 선박 운항지원
												<ul style="list-style-type: none"> • 방저환경 정밀 탐사
영 페 합												<ul style="list-style-type: none"> • 해양 사고 발생 신속 대응
												<ul style="list-style-type: none"> • 수중 정밀/정시간 작업
												<ul style="list-style-type: none"> • 해양 전역 감시 및 모니터링
												<ul style="list-style-type: none"> • 수상/수중 무인 조사 • 수상/수중 연계 감시

[플랫폼 개발 순서도(상세) 예시]



6. 결론 및 제언

- (결론) 해양수산 환경변화에 따라 부각되는 해양무인이동체의 확산을 위해 수요자 중심 R&D로 전환이 요구되고, 공공시장 중심의 국내 환경을 고려하여 해양수산 공공임무 중심 해양무인이동체 기술로드맵을 수립함
 - 국내는 확보한 기술수준에도 불구하고 공급자 중심의 기술개발로 인해 해양무인이동체의 활용이 부족하며, 수요자 중심 R&D로 전환 필요
 - * 해외는 기술개발과 응용분야간 협업이 활성화되어 있고, 국가차원에서 공공임무와 기술개발을 연계하고 있음
 - 해양환경 변화, 어촌공동화, 해양사고 등 해양수산 임무에 대응하기 위해 국내 부족한 활용*을 개선이 필요하여, 수요자 중심 기술로드맵을 수립함
 - * 해양수산영역의 해양무인이동체 활용은 42% 수준이며 개선 필요하다는 의견 다수
 - 22개 플랫폼별로 임박한 수요와 기술적 가능성을 종합 고려하여 개발 우선도를 수립하여 향후 해양무인이동체가 해양수산 공공임무에 체계적으로 수요에 맞게 개발되어 현장에 투입될 수 있기를 기대
 - * 본 로드맵의 플랫폼 및 기술개발은 정부정책, 수요처의 상황, 예산규모 등에 따라 착수 시점이 조정 가능하며, 세부 별도 과제 기획을 통해 추진 필요
- (제언) ①해수부·범부처 비전과 무인이동체 개발을 연계, ②MRO체계 및 정책기반 마련, ③수요기반 해양무인이동체 R&D 추진
 - ① 해양수산에는 폭넓은 무인이동체 활용영역이 존재함에 따라 해양수산 중장기 비전에 해양무인이동체 활용계획을 연계하여 해양수산 난제·미션 해결에 기여할 필요 있음
 - * 영국 등 해양 선진국은 해양분야 미래 대비를 위한 국가 전략에 필요한 해양무인이동체를 사전 식별하여 대응하기 위한 로드맵을 수립 (英 국가해양시설 기술로드맵 2021)
 - ② 해양무인이동체의 현장 활용성 제고를 위해 현장화된 무인이동체 개발뿐 아니라 현장에서 전문적 운용과 유지보수를 지원할 수 있는 지원체계 마련 필요
 - * 실태조사 결과 국산 해양무인이동체가 있음에도 유지보수가 어렵고 해외 전문기관의 원활한 운용으로 인해 외산 무인이동체를 활용한다는 응답도 존재하였음
 - 아울러 공공기관 현장 실사용자가 국내 개발 제품을 활용할 수 있기 위한 관련 법률 및 부처 지침을 마련하는 등 정책기반 마련도 필요

- ③ 본 로드맵을 통해 발굴한 해양무인이동체의 수요는 고도화 수요, 현재수요, 미래수요로 분류 가능하며 이를 기반으로 수요기반 해양무인이동체 R&D 추진하여 해양무인이동체 활용성을 제고할 필요 있음

예시 : 해양무인이동체 수요중심 R&D 과제

□ 과제 ① : 해양무인이동체 첨단기술 고도화 기술개발

- (목적) 해양무인이동체의 현장 활용성을 제고하기 위해 이미 보급된 해양무인이동체를 현장 임무 중심으로 고도화 개발
- (내용) 해양무인이동체 활용처와 연구개발기관이 공동으로 해양무인이동체 현장한계를 발굴하고 이를 고도화하기 위한 기술개발
 - 해양무인이동체 현장활용자와 연구개발자의 공동기획 및 현장요구를 지속적으로 피드백 하며 기술개발 진행
- (본 로드맵 예시) 현재 활용중인 아라곤을 고밀도 연안 환경에서도 운용할 수 있도록 고도화하고, 조사 및 관리 기능을 고도화

□ 과제 ② : 해양수산 현장수요 기반 무인이동체 개발

- (목적) 해양무인이동체가 적용되지 않는 신규수요를 발굴하여 새로운 플랫폼을 개발하여 적용함으로써 해양무인이동체에 의한 해양수산 업무 효율 확대
- (내용) 해양무인이동체가 적용될 수 있는 신규영역을 발굴하고 현장 요구를 반영한 개발과 함께 최종 현장 실증
- (본 로드맵 예시) ①현재 사람이 직접 관측하고 있는 해역 연직단면을 무인이동체를 통해 관측할 수 있도록 대체, ②인력을 투입하여 선저하부를 점검하는 것을 AUV로 대체

예시 : 해양무인이동체 수요중심 R&D 과제

□ 과제 ③ : 미래도전 해양무인이동체개발

- (목적) 해양환경의 변화와 어촌의 공동화 등 미래 해양수산 분야 해결할 임무와 비전에 대응하는 해양무인이동체를 개발
- (내용) 해양수산 미래 비전 달성을 위한 해양무인이동체의 역할을 발굴하고 미래임무를 위한 해양무인이동체 개발 추진
 - 해양수산의 중장기 비전으로부터 무인이동체의 임무를 도출하고, 이를 달성하기 위한 미래기술과 차세대 플랫폼을 개발
- (본 로드맵 예시과제) 어촌공동화 및 관리인력 부족으로 인한 양식장 관리 ROV 개발, 극지 빙저호 수중환경을 탐사할 수 있는 AUV, 미래해상 교통 및 물류를 자율화하는 무인선 개발 등

극지연구소

I. 서론



- 1.1. 추진배경 및 필요성
- 1.2. 연구추진 경과
- 1.3. 무인이동체 정의 및 범위



I. 서론

1. 추진 배경 및 필요성

- 해양수산 영역 첨단화, 해양경제의 성장, 해양안전 등을 위해 해양 무인이동체의 활용 필요성이 증가
- 주요국은 해양경제를 Blue Growth의 원천으로 활용하기 위한 정책을 강화 중이며, 정책의 한 축으로 해양 무인이동체 개발 및 활용 중
 - * (美) Blue Economy 가치 제고를 위한 성장전략('21) : 무인 수상 선박을 상업용 선박의 안전한 운용을 보장하는 해도를 생성
 - (프) 해양산업 재건 목표('20) : CMF(French Maritime Cluster)는 자율 선박 프로그램을 제시
 - (日) 해양산업 육성 포함 기본계획 수립('18) : 인구감소, 고령화 등 인적 자원에 기인하는 과제를 극복하기 위해 자율형 무인 탐사기 (AUV21) 등의 무인 장비와 관련된 기술 개발
- 이러한 해양무인이동체 필요성 향상으로 해양무인이동체 시장규모 증가
 - * 시장규모 : ('20) 719억\$ → ('25) 1,255억\$ → ('30) 2,275억\$ (MarketsandMarkets 등)
- 국내도 해양, 수산, 해운, 항만 영역에서 사람의 접근이 어렵거나 선박 내 가스 및 위험검사 등 안전에 대한 위험성을 내포한 다양한 업무*에 무인이동체 적용하여 효율적인 해양수산 업무 수행이 가능
 - * 양식수산물 모니터링, 쓰레기 탐지, 해양자원 탐사, 화물 운송, 항만 건설 등

[그림 1-1] 해양수산분야 활용 해양무인이동체 예시



- 주요국은 해양무인이동체를 다양한 임무에 적용하기 위한 대응전략을 마련하여 추진하고 있으며, 적용에 필요한 ①기술 확보, ②투자 확대, ③사후 운용(MRO) 생태계 구축
 - * (美) 육해공 통합관점에서 기술개발, 2019년 75억불을 투자하여 2016년 대비 65% 투자 증가
 - ** (英) 해양5개년계획의 무인이동체 구현을 위해 2년 단위의 해양장비기술로드맵(20)을 수립하여 R&D 확대
 - *** (日) 무인선박의 현장 활용성을 위한 스마트쉽 적용 프로젝트 추진('21)
- 우리 해양수산분야도 무인이동체 적용을 추진 중이나, 기술공급자 중심의 R&D 지원으로 인해서 활용영역과의 Gap이 발생하여 적용확대 부진
 - 해양무인이동체 분야의 기초·원천기술 확보를 중심으로 기술개발이 추진되어 활용영역의 괄목할 만한 성과를 나타내기 어렵고, 무인이동체의 운용성을 강화하기 위한 MRO 체계도 미흡
- 공공중심의 시장성장을 기반으로 다양한 해양수산 업무영역에서 적용되는 해양무인이동체를 효율적으로 개발 및 확산하기 위한 발판 마련 요구
 - 해양무인이동체 시장은 공공개발 및 기업펀드 등 공공을 중심으로 성장 중
 - * 국내 무인이동체 수요처는 정부 43%, 공공기관 23.5%, 민간기업 23.5% 수준
 - ** 무인이동체 활용 공공서비스 추진(해양쓰레기 현장정보 수집), 스마트선박 등 해양 무인이동체 기업육성 펀드 신설하여 공공자금 지원 (해양모태펀드)
 - 이에 따라 공공영역이 해양무인이동체 활용 확대를 견인할 필요 있음
- 국내 해양 무인이동체의 해양수산 공공영역 적용확대와 차세대 플랫폼 기술개발을 위한 수요 기반의 로드맵을 수립하여 체계적 R&D 지원 필요
 - 해양수산 공공영역 임무 수행에 있어 수요기반의 무인이동체를 개발하여 활용측면에서 성과창출 필요
 - 기존 해양무인이동체 기반기술을 활용하여 단기간 응용 가능한 현장형 플랫폼 개발 필요
 - 또한, 미래의 해양수산 분야에서 현재 기술력으로 적용이 어려우나 미래에 적용 가능한 차세대 플랫폼의 선제적 개발도 요구됨

1.2. 추진경과

- 해양무인이동체 기술 분석 및 기술개발 정책/전략 분석 과업착수 (‘22.10.18)
- 착수보고 및 로드맵 수립 방향설정 (‘22.11.02)
 - * 해양수산업 수요를 중심으로 해양무인이동체의 적용 확대를 목표로 기술로드맵 수립
 - ** 현재 적용중인 해양무인이동체를 효율화하는 기술과 미래에 해양수산 영역에 적용가능한 차세대 플랫폼 도출
- 현재/미래수요 설문조사 및 분석 (‘22.11.14 ~ 12.26)
 - 해양수산부 산하 기관, 해양무인이동체 연구자 등 대상으로 해양수산에 활용성 향상 수요, 신규 요구 플랫폼, 미래형 플랫폼의 수요를 접수
- 수요 플랫폼 선별 및 유형화 (‘23.02.04 ~ 02.28)
 - 수요 플랫폼 요구기능, 개발 가능성, 중복성 등을 고려하여 플랫폼을 분류하고 유형화
- 기술분류체계 수립 및 기술도출 (‘23.03.02 ~ 04.30.)
 - 수요 플랫폼 기반 해양무인이동체 기술분류체계를 수립, 이를 바탕으로 플랫폼별 핵심기술 도출
 - * KRISO, KIOST, KOPRI 연구자 참여
 - 도출한 핵심 기술의 단위를 조정하고, 유사·중복기술을 통합·이관하여 핵심기술 정리
- 기술로드맵 수립 (‘23.05.01 ~ 05.30.)
 - 플랫폼 중요도, 기술개발 선후관계 등을 고려하여 기술로드맵 수립
 - * KRISO, KIOST, KOPRI 연구자 참여

1.3. 무인이동체 정의 및 범위

- (정의) 무인이동체란 외부환경을 인식해 스스로 상황을 판단하여 이동하고, 필요시에는 작업을 수행할 수 있는 이동체로 정의
 - 외부 환경, 자체 운동량 등을 탐지하고 인식할 수 있는 능력을 보유하고, 스스로 및 타 물체를 움직일 수 있는 능력을 보유해야 함
 - 주어진 계획에 따라, 임무를 수행하며, 조종자와 교류할 수 있는 능력을 보유해야 함

- (운용환경에 따른 분류) 무인이동체는 운용환경에 따라 공중·육상·해양 무인이동체로 분류, 해양무인이동체는 다시 수상환경과 수중환경에 따라 하위분류로 구분
 - (공중무인이동체(UAV)) 조종사를 태우지 않고, 공기역학적 힘에 의해 부양하여 자율적으로 또는 원격조종으로 비행을 하며 무기 또는 일반화물을 실을 수 있는 일회용 또는 재사용할 수 있는 동력 비행체
 - (육상무인이동체(UGV)) 이동체 내부 및 외부의 컴퓨팅 시스템에 의한 자율제어 및 원격조정으로 이동과 임무 수행이 가능하며, 차륜이나 궤도, 관절 등 지면과의 접촉(마찰)을 통해 이동 작업하고 탑재된 임무 장비를 활용하여 목표 임무를 수행하는 이동체 및 운용 관리 시스템
 - (해양무인이동체(UMV)) 수상 또는 수중 등에서 운용되는 모든 무인이동체를 통칭하며, 수상에서 운용되는 무인이동체를 무인수상선박(USV)이라 하고, 수중에서 자유롭게 이동하면서 주어진 임무를 수행하는 무인이동체를 수중로봇(UUV)이라고 함
 - (무인수상선박(USV)) 황천 중 작업처럼 위험하거나, 해양 감시, 해양 조사 등과 같이 장시간 임무를 대체하여 사용
 - (무인로봇(UUV)) 케이블이 연결되어 외부와 통신하고 전원을 공급하는 ROV(Remotely Operated Vehicle), 무선으로 운용되며 자체적으로 미션을 수행하는 AUV(Autonomous Underwater Vehicle)가 있음

[그림 1-2] 운용환경에 따른 무인이동체 분류



□ (사용목적에 따른 분류) 무인이동체는 사용목적에 따라 운송, 농수 산업, 인프라 관리, 오락 및 스포츠 등으로 분류

[그림 1-3] 사용목적에 따른 무인이동체 분류

이동체의 운용 환경과 사용목적에 따른 분류							
		육상		공중		해양	
운송							
농수산업							
인프라 관리							
오락 및 스포츠							



II. 대내외 환경분석



- 2.1. 국내외 해양무인이동체 정책동향
- 2.2. 국내외 해양무인이동체 산업동향
- 2.3. 국내외 해양무인이동체 개발·활용동향
- 2.4. 시사점



II. 해양무인이동체 대내외 환경 분석

2.1. 국내외 해양무인이동체 정책동향

2.1.1 해외 정책동향

- 미국, 영국, 일본 등 해양무인이동체를 적용하기 위한 계획과 추진 전략을 통해 실사용을 고려한 기술개발에 투자를 확대하고 있음
 - * EU는 ICARUS(Integrated Components for Assisted Rescue and Unmanned Search) 프로젝트를 수행하면서 무인 SAR(Search And Rescue)을 위한 USV(Unmanned Surface Vehicle) 개발
- 통합운용, 수요기반 접근 등을 통해 활용 확대를 염두에 둔 기술개발 정책을 추진 중
 - * (美) 육해공 통합운용을 강조, 단일 플랫폼보다 통합운용을 통해 임무효과 향상
 - ** (日) SSAP4는 무인선박 적용확대를 위해 조선사, 해운사(수요), 선급, 기자재 업계, ICT 전문가 등이 밸류체인별 주체들이 개발에 참여하고 연구개발 데이터를 공유

<표 2-1> 국내외 해양무인이동체 주요 정책(단위별 비교)

구분	한국	미국	영국	일본
계획	<ul style="list-style-type: none"> • 해양수산발전기 본계획 등 6개 계획 	-	<ul style="list-style-type: none"> • 해양 5개년 계획 (Maritime 5-year plan for the UK) 	<ul style="list-style-type: none"> • 4기 해양기본계획 (2023-2027)
추진전략	<ul style="list-style-type: none"> • 해양수산 5대 기술혁신 전략 • 스마트 해운물류 확산 전략 • 2030 항만정책 방향과 추진전략 	<ul style="list-style-type: none"> • Unmanned Campaign Framework 	<ul style="list-style-type: none"> • Maritime 2050 	<ul style="list-style-type: none"> • 산업경쟁력 강화에 관한 실행계획
로드맵	<ul style="list-style-type: none"> • 자율운항선박 규제혁신로드맵 	<ul style="list-style-type: none"> • Unmanned Systems Integrated Roadmap 	<ul style="list-style-type: none"> • The National Marine Facilities (NMF) Technology Roadmap 2020/21 	<ul style="list-style-type: none"> • 자율주행 선박 실현을 위한 일본 로드맵 • Smart Ship Application Platform 4 Project (SSAP4)

* 미국의 해양수산 분야는 교통부의 해사청에서 관할하고 있어 계획단위의 정책은 부재한 것으로 보임

- 특히 주요국은 기술개발 확대 뿐 아니라 사후 운용(MRO)도 체계화하여 현장 활용성을 강화 중

□ 주요국이 해양무인이동체 및 해양장비 관련 기술개발 로드맵을 마련하여 추진하고 있음

○ 해양무인이동체 기술개발 로드맵을 마련하여 해양수산 정책의 비전 달성을 위해 활용하는 점에서 해양무인이동체의 활용이 제고

<표 2-2> 국내외 해양무인이동체 관련 활용 영역별 주요 정책

구분	해양	수산	해운	항만·플랜트
USV 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> · (한국) 해양조사기본계획을 통해 기후변화 대응을 위한 해양현상 감시 및 연구 · (한국) 남극 연구활동 진흥 기본계획을 통해 종합적 남극 환경·생태연구 역량확충 · (美) 육해공 공동 무인이동체 로드맵 수립을 통해 핵심기술 개발 · (美) UCF 수립으로 수상에서는 씨헌터, 오버로드, 중대형 무인수상정 등을 활용하여 기술 개발·시연 · (중국) 14.5 규획을 발표하여 심해 및 극지 탐사와 같은 과학기술 국경분야를 지원 	<ul style="list-style-type: none"> · (한국) 해양수산물발전 기본계획을 통해 해양수산업 종사자의 안전하고 건강한 작업환경 조성 · (한국) 양식수산물 청정생산 기반 강화 · (한국) 양식산업발전 기본계획을 통해 스마트 양식산업을 육성하고, 양식 어장 관리 강화 	<ul style="list-style-type: none"> · (한국) 스마트 해상물류 체계 구축전략('19)을 통해 자율운항과 스마트 항만, 해상통신 상호연계 방안을 포함한 전략 제시 · (EU) EU 집행위는 SAR을 위한 USV를 개발하여 무인 수색 및 구조 수행 · (영국) Maritime 2050을 제시하여 자율 선박에 대한 영국 입법 프레임워크를 개발하고 국제 규제 프레임워크를 구축 · (일본) 해양기본계획을 수립하여 무인운항선 및 자율주행선박 관련 기술개발 표준화 촉진 · (일본) 미래투자전략에 자율운항선박의 사회 도입을 통한 해상물류의 고도화 	<ul style="list-style-type: none"> · (한국) 항만기본계획에서 항만과 연관산업이 함께하는 고부가가치 항만 육성을 발표 · (한국) 신항만건설기본계획을 통해 4차 산업혁명시대를 선도하는 스마트항만 도입 · (영국) Maritime 2050을 제시하여 로봇 공학 및 인공지능과 같은 새로운 기술을 적용하여 스마트 항만 구축 · (싱가포르) R&D 로드맵을 수립하여 효율적이고 지능적인 세계적인 수준의 차세대 항만 구축
UUV 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> · (美) UCF 수립으로 수중에서는 소형 및 중형 무인잠수정, 대형 무인잠수정 등을 이용한 해군 새로운 작전 개념 수립 · (영국) NMF 기술로드맵을 수립하여 고출력 해양 자율 시스템 플랫폼, 고성능 AUV 심화개발 · (영국) 국가전략보고서에 자율해상 로봇을 구축해져 인프라 검사 및 조사 · (일본) 방위력 강화를 위한 우선사항 중 무인수중기(UUM)를 포함한 수중·수상능력 강화 	-	<ul style="list-style-type: none"> · (EU) EU 집행위는 무인 수색 장치와 구조 장치 간의 로봇 협업, 개발된 무인 수색 및 구조 팀에 대한 훈련 지원 및 지원 시스템 개발 · (영국) 해양 5개년 계획을 발표하여 수중 자율 선박의 시장 리더로 선도하기 위해 AI 분야를 활용하여 자율 기술 확장 	<ul style="list-style-type: none"> · (한국) 항만기본계획에서 ELWLXJF·스마트항만 건설 및 고효율·친환경 항만운영 시스템 구축
MRO 분야	<ul style="list-style-type: none"> · (한국) 선박관리산업육성 기본계획을 통해 선박관리산업 육성 · (영국) NMF 기술로드맵을 수립하여 자율 장비를 배치·복구 및 서비스 제공 · (영국) 국가전략보고서에 자율해상 로봇을 구축해 수리 및 유지 보수 	-	<ul style="list-style-type: none"> · (중국) 선박 및 해양 엔지니어링 장비 산업의 혁신과 발전을 촉진하기 위한 14차 5개년 계획 발표 · (일본) 자율운항선박 로드맵의 1단계로 부품 이상 자율 점검 수행 	<ul style="list-style-type: none"> · (싱가포르) '해운항만 R&D 로드맵 2030'에서 차세대 항만 건설과 보안·안전 시스템을 구축하는 등의 선박 MRO 서 비스 연계

<표 2-3> 해외 해양무인이동체 관련 정책 동향(1)

구분	Unmanned Systems Integrated Roadmap (2017-2042)	Unmanned Campaign Framework	ICARUS (Integrated Components for Assisted Rescue and Unmanned Search)	Maritime 2050 : Navigating the future
작성주체	미 국방부(DoD)	미 해군(DoN)	유럽연합 집행위원회	영국 교통부(DfT)
시기	2018	2021	2016	2019
작성목적	<ul style="list-style-type: none"> 국방부와 산업이 협력하여 무인시스템의 잠재력을 더 확대할 수 있는 주요 영역을 개괄하기 위한 로드맵 수립 	<ul style="list-style-type: none"> 국가안보 차원에서 기술적 경쟁 우위를 확보하기 위해 기술 발전 속도에 맞춰 통합 관리가 가능한 역량 중심의 해군 무인 체계로 전환이 필요해 해군 무인 체계 프레임워크 수립 	<ul style="list-style-type: none"> 육상·해양·공중 무인이동체 통합 운영시스템 프로젝트, 무인 수색 및 구조를 위한 프로젝트 수행 	<ul style="list-style-type: none"> 2050년까지 해상전략을 통해 영국 해양부문의 미래에 대한 정부의 비전과 야망 제시
목표	<ul style="list-style-type: none"> 육상·해양·공중 무인이동체의 공통적으로 해당되는 핵심기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 통합 환경에서 빠른 속도로 운용 가능한 지속가능한 해군 무인체계 구축 해상 임무지원 역량 강화 	<ul style="list-style-type: none"> 인명 감지 센서가 장착된 보조 무인 항공, 육상, 해상 차량을 이용하여 생존자를 찾고 구조 작업을 처리하는데 도움이 되는 통합 구성 요소 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 스마트 해운·항만, 자율 운항선박 및 블록체인, 전자선박 등록 등 해양 디지털화 기술전략 추진을 통해 해양의 미래의 도전과 기회에 대처할 수 있는 능력과 역량 개발
추진내용	<ul style="list-style-type: none"> (상호 운용성) 유인 및 무인 시스템의 개방적이고 일반적인 시스템 구성을 통해 시너지 효과극대화 (자율성) 유인 및 무인 시스템의 자율성을 통해 효율성을 극대화하여 전투에서 전략적 이점 제공 (네트워크 보안) 무인 시스템의 중단이나 조작을 방지하기 위해 네트워크 취약성 해결 (인간-기계 협업) 인력과 기계를 한 팀으로 구성할 경우 기계를 중요한 팀원으로 인식 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 무인체계 프레임워크*를 기반으로 시범사업을 통해 기술투자과 개발 진행 * 해양무인체계(Unmanned Maritime System, UMS)는 일반적으로 수상(Surface)과 수중(Undersea) 환경에서 운용 해양 무인체계의 경우, 수상에서는 씨헌터, 오버로드(Overload), 중대형 무인 수상정(M/LUSV) 등을 활용하여 기술 개발·시연 및 해군 함대 운용 실험에 필요한 프로토타입 작업 수행 수중에서는 소형 및 중형 무인잠수정(S/MUUV), 대형 무인잠수정(XLUUV) 등을 이용한 해군 새로운 작전 개념 수립 및 무인·유인 합정을 통합하는 신기술개발을 통한 해저 작전 모색 	<ul style="list-style-type: none"> (탐지 및 인식) 사람을 감지할 수 있는 광센서 개발 (무인이동체 개발) 무인 SAR(Search And Rescue)을 위한 UAS(Unmanned Aerial System) 개발, 무인 SAR을 위한 UGV(Unmanned Ground Vehicle) 개발, 무인 SAR을 위한 USV(Unmanned Surface Vehicle) 개발 (통신) 네트워크 상호 운용성을 보장하는 자체 구성 무선 통신 네트워크 개발 (시스템 통합) 무인 수색 및 구조 도구의 C4I 시스템 통합 (인간-이동체 인터페이스) 무인 수색 장치와 구조 장치 간의 로봇 협업, 개발된 무인 수색 및 구조 팀에 대한 훈련 지원 및 지원 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 자율 선박에 대한 영국 입법 프레임 워크를 개발하고 국제 규제 프레임 워크를 구축 * 국제 비즈니스를 유치하고 영국 영해에서 테스트를 허용하기 위해 자율 선박에 대한 국내 프레임워크를 입법화 세계 우수 대학, 해양 중소기업(SME) 및 글로벌 기업의 새로운 해양 기술을 통한 해양 혁신 * 로봇 공학 및 인공 지능과 같은 새로운 기술에 숙련된 인력을 활용을 위해 해양 인력 양성 해양 인프라에 대한 수십억 파운드 규모의 상업적 투자 지원 정부, 해양 부문 및 학계가 협력하여 영국을 선도하는 해양 클러스터 제공 촉진
주기	2년	-	-	-

<표 2-4> 해외 해양무인이동체 관련 정책 동향(2)

구분	해양 5개년 계획 (Maritime 5-year plan for the UK)	The National Marine Facilities (NMF) Technology Roadmap 2020/21	UK Marine Industries Technology Roadmap 2015
작성주체	영국 교통부(DfT)	영국 NOC(National Oceanography Centre)	영국 해양산업연합 (UK Marine Industry Alliance) * Innovate UK가 자금지원
시기	2019	2020	2015
작성목적	<ul style="list-style-type: none"> ‘해상전략(Maritime 2050)’의 일환으로 영국의 해상 사업촉진을 위해 ‘해양 5개년 계획(Maritime 5-year plan for the UK)’을 발표 	<ul style="list-style-type: none"> 해양장비 인프라의 중요성과 방향성 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 영국 해양산업의 글로벌 트렌드와 기회를 조명하는 갱신된 기술 로드맵 마련 필요
목표	<ul style="list-style-type: none"> 해양산업 서비스, 조선, 항만 인프라, 해양 엔지니어링, 해양운송 및 자율주행 선박 등 분야의 경쟁력 제고 	<ul style="list-style-type: none"> 첨단 해양과학연구선 확보 효율적 연구시설 배치조정 파트너십 등을 통한 연구결과의 통합, 전문성 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 영국 해양 산업의 지속적인 글로벌 경쟁력 유지 2025년까지 해군 및 상선 자율 시스템의 지휘 및 통제, 통합 및 운영 분야에서 글로벌 리더 부상
추진내용	<ul style="list-style-type: none"> (자율 선박) 24미터 이하로 설계된 소형 수상 및 수중 자율 선박의 시장 리더로서 영국은 이 분야에서 혁신의 첫 번째 물결에 있으며 시 분야의 우수한 실적을 활용하여 해상 자율 기술을 확장 (해양 과학) 해양 과학 분야에서 영국의 역량을 증진하면 내부 투자 및 협력 파트너십의 기회를 창출하고 글로벌 해양 커뮤니티가 직면한 문제에 대한 솔루션을 제공 (해양 전문가 및 비즈니스 서비스) 새로운 수출업자를 장려하고 시장 접근을 지원하고 무역 및 시장 정보에 대한 장벽을 극복하고 해당 부문에 대한 더 많은 외국인 직접 투자를 유치 	<ul style="list-style-type: none"> 국가해양시설 기술로드맵은 국가 해양시설 (NMF)이 향후 몇 년 동안 선박 장착 계측 및 관련 지원 기반 시설을 포함하여 NMEP(National Marine Equipment Pool)를 어떻게 개발할 것인지에 대한 정보를 제공 * 고출력 해양 자율 시스템(MAS) 플랫폼, 고성능 무인 수중체(AUV) 심화개발 등 장기적으로 차세대 반자율 연구선은 새로운 에너지원, 배전 시스템 및 추진 방법은 물론 로봇, MAS, 통신 시스템 및 첨단 제조 기술을 활용 * 기술 로드맵의 5년 범위 내에서 연구 선박은 계속해서 데이터 수집 및 물리적 샘플링을 가능하게 하는 주요 수단으로, 자율 장비를 배치·복구 및 서비스할 뿐만 아니라 플로트, 글라이더 및 자율 수중 차량(AUV)과 같은 MAS를 더 자주 배치 및 복구 	<ul style="list-style-type: none"> 2030년까지 자율운항선박 관련 영국 해양산업 기술 추진을 위한 로드맵 제시 *2011/12년 해양 산업 기술 로드맵을 기반으로 작업 로드맵은 7가지 주요 기회 영역을 식별 <ul style="list-style-type: none"> - ①전체 선박 시스템의 통합, ②무인자율 선박 및 시스템의 설계, 통합, 건조 및 운영, ③수퍼요트, 초고성능 파워보트 및 항해용 요트의 설계, 건조 및 수리, ④복합소재 및 기타 신소재의 활용 확대, ⑤해양 에너지 및 해군 분야에 활용될 특수 선박의 설계 및 건조, ⑥수리 및 변환을 포함한 선박의 장기 운영, ⑦선박 운영 의사결정 지원 시스템 이 중 ‘무인자율 선박 설계와 의사 결정 지원 시스템’ 관련, 공통의 기본 정보 아키텍처 표준과 함께 완전한 개별 선박 자율성을 이끄는 안전, 신뢰성, 내구성, 통신 및 규제개발 필요
주기	5년	2년	4년

<표 2-5> 해외 해양무인이동체 관련 정책 동향(3)

구분	4기 해양기본계획 (2023-2027)	자율주행 선박 실현을 위한 일본 로드맵 (The Japanese Roadmap to Realize Autonomous ships)	중기방위력정비계획 (中期防衛力整備計画) (2019-2023)	일본 성장전략 2017
작성주체	일본 종합해양정책본부	일본 국토교통성	일본 방위성	수상관저
시기	2022	2020	2018	2017
작성목적	<ul style="list-style-type: none"> 해양의 개발이용을 통한 경제성장, 자연재해 대응 및 환경 보호, 미지 탐사를 위한 주요 연구인프라 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 로드맵 단계별 기술개발, 실증, 법제도 개선 방안 마련 	<ul style="list-style-type: none"> 우주, 사이버, 전자파 이용의 급증과 이를 활용한 하이브리드전의 확대, 중국 및 북한의 군사적 능력 강화 등 새로운 안보환경 위협상황 대응 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 산업경쟁력 강화를 위해 4차 산업혁명과 밀접하게 연계된 성장 분야를 선정하여 집중 육성
목표	<ul style="list-style-type: none"> 해양 산업의 경쟁력 강화 	<ul style="list-style-type: none"> 자율주행 선박 실현 * 선박 완전 자율운항 성공 후 2025년 완전 자율운항 화물선의 상업운항 시작, 하고 2040년 일본국적 선박 절반 이상에 완전자율운항 기술 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 다차원통합방위력 구축을 통한 자위력 강화 	<ul style="list-style-type: none"> (이동혁명 실현) 2025년 까지 자동운항 시스템을 신형 선박 250척에 탑재
추진내용	<ul style="list-style-type: none"> 무인운항선 및 자율주행선박 관련 기술개발 표준화 촉진, 국제적 규정 정비 주도, 수소 암모니아 연료 선박 등 기술개발 촉진 일본 내 해양자원 개발: 메탄하이드레이트의 장기적·안정적 생산을 위한 기술개발, 석유 및 천연가스 조사 지속 등 해양데이터 활용: 해양상황표시시스템 데이터 확충, 해저관측 등에 의한 데이터를 바탕으로 지진 및 쓰나미 예측 가능성 제고 해양인재 육성: 첨단기술을 창출하는 연구자의 전략적 육성, 기술 및 전문성을 향상시키는 재교육 등 해양의 친환경화: 탄소중립에 대한 기여(해상풍력, CCS), 해양환경 보호 - 해양안보 확보 및 지역활성화: 영해, 배타적 경제수역 관리 강화, 낙도 활성화, 해양질서 유지 및 강화 	<ul style="list-style-type: none"> “자율운항 선박 로드맵”은 단계별 기술개발, 실증, 법제도 개선 방안 등 3단계로 구성·제시 (1단계) IoT활용 선박, 센서를 통해 수집된 데이터 분석, 최적항로 추천, 부품 이상 자율 점검 등으로 의사결정 지원. 현재 일부 선박에 도입 중(20년 이후 본격 보급 예상) (2단계) 탑승 선원의 결정에 따라 선상 장비 인공지능이 선상 장비 조작. '25년까지 자율 수준 점진적 개선할 계획. 내항선 실증을 통한 요구사항 발굴 계획 (3단계) 완전 자율운항 단계 기술과 함께 선박 운항 관련 권한·책임 문제 등 중장기적 종합 검토 	<ul style="list-style-type: none"> 2013년 방위대강을 개정된 문서로, 향후 10년의 안보환경 변화를 고려해 일본 방위정책의 기본 방향과 방위력 증강 수준을 제시 - ① 취지 및 일본의 안보 환경, ②일본 방위의 기본방침, ③ 방위력 강화 우선사항, ④ 자위대 체제 등으로 구성 자위대의 자위체제 강화, 미·일동맹 강화, 호주·인도·한국 등 타국과의 협력 강화를 기본방침으로 함 방위력 강화를 위한 우선사항 중 무인수중기(UUV)를 포함한 수중·수상능력 강화를 포함 	<ul style="list-style-type: none"> 4차 산업혁명 추진을 위해 집중투자할 5대 성장 전략 분야 중 하나로 ‘자동운항 선박’ 관련 내용을 포함한 ‘이동혁명 실현’을 제시 구체적으로 2025년까지 자동운항 선박 실용화를 위해 선박의 설비 등과 관련된 국제 기준의 2023년 합의를 목표로, 사전에 국내 기준을 정비 2018년부터 국제 기준 마련을 위한 선내 기기 등 데이터 전송과 관련된 국제 표준의 일본 주도 개발에 착수 일본 선박 및 해운회사와 발을 맞추어 2025년까지 자동운항 시스템을 신형 선박 250척에 탑재
주기	5년	-	5년	1년

<표 2-6> 해외 해양무인이동체 관련 정책 동향(4)

구분	Smart Ship Application Platform 4 Project (SSAP4)	중국 14차 5개년 계획 (2021~2025)	중국제조 2025 (2015~2025)	싱가포르 해양 연구 개발 로드맵 2030 (Singapore R&D Roadmap 2030 - Maritime Transformation)
작성주체	일본선박기계협회(JSMEA)	국무원	국무원	싱가포르 해양연구소
시기	2021	2021	2015	2019
작성목적	<ul style="list-style-type: none"> 선박 장비 데이터에 쉽게 접근하고, 선박의 사물인터넷 기술을 향상시키기 위해 SSAP(Smart Ship Application Platform) 프로젝트를 통해 선박 IoT 응용 서비스를 위한 플랫폼 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 조선산업은 중국 해양강국 전략의 중요한 일환으로 정부 차원에서 조선산업의 발전을 위하여 정책 발표 	<ul style="list-style-type: none"> 중국의 제조업은 '크지만 강하지 않은' 상황으로 새로운 시장 환경 변화에 대응하고 '제조강국'으로 발돋움의 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 해양 산업 내에서 더 큰 가치 공동 창출을 위해 R&D 노력과 자원을 최적화하는 내용의 공동의 해양 R&D 로드맵 마련
목표	<ul style="list-style-type: none"> 빅데이터와 IoT 기술을 통한 해양산업 혁명 	<ul style="list-style-type: none"> 스마트 선박, 친환경 에너지 절약 선박 중점 조선산업 발전 	<ul style="list-style-type: none"> 제조업IT 경쟁력 강화를 통한 세계 제조업대국 위상 확보 및 첨단기술 선박 부문 세계 선도 	<ul style="list-style-type: none"> 싱가포르를 경쟁력 있는 선도적인 해양 국가로 변화시키고 역동적이고 혁신적인 생태계를 개발 * 스마트 함대 운영 및 해상 자율 수상 선박(MASS) 기술의 선도적 허브 구현
추진내용	<ul style="list-style-type: none"> 일본 조선사와 해운사, 선급, 기자재 업체, 대학 및 연구기관 등 59개 기관이 참여하여 스마트선박 시스템의 기본이 되는 플랫폼을 개발할 목적으로 다단계 프로젝트를 수행 이전 "SSAP3"이 연구한 4개 항목의 ISO 표준화에 대한 후속 조치와 IT, OT 및 IoT 분야의 공통 문제에 대한 연구 수행하기 위해 새로운 연구 그룹 "SSAP4"를 설립 * 자율운항선박 기술 분야 ISO 국제표준 개발 방안 마련 집중 2050년까지 약 250척의 스마트 자율운항 선박을 운항할 예정 	<ul style="list-style-type: none"> 선박 및 해양 엔지니어링 장비 산업의 혁신과 발전을 촉진하고, 선박 분야의 전체 산업 체인의 경쟁력을 강화하고, 크루즈 선박, 대형 액화천연가스(LNG) 선박 및 심해 석유 및 가스 생산 플랫폼과 같은 R&D 응용 프로그램 추진 * 심해 및 극지 탐사와 같은 과학기술 국경분야를 지원하고, 관련 중앙부처 및 지방정부는 특별 계획을 수립하고, 지원 정책 및 지원 조치를 이행하는 등 제 14차 5개년 선박산업의 고 품질 개발 계획 	<ul style="list-style-type: none"> 본 계획은 2015~2045년까지 총 30년, 3단계에 걸쳐 시행되며, 각 단계별 10년 단위로 진행하여 산업구조를 고도화시킬 계획으로 「중국제조 2025」는 그 첫 단계 10년간의 계획에 속함 향후 10년간의 중국제조 전략의 5가지 기본 지침은 혁신구동, 품질우선, 친환경 제조, 산업구조 최적화, 인재역량 중심 스마트 자율운항 선박은 혁신구동 부문에 포함 중국제조 2025 10대 산업 주요 발전계획에서 "해양 장비 및 첨단기술선박"으로 분류되어 스마트 자율운항선박 관련 기술의 확보에 대한 발전전략 제시 - 해양 탐사, 자원 개발 및 이용, 해상작업 설비 등 핵심 시스템 및 전용 설비 개발 - 크루즈, 액화 천연가스 선박 등 첨단 선박기술의 글로벌 경쟁력 제고 	<ul style="list-style-type: none"> 싱가포르 해양의 장기적 경쟁력을 강화하고 유지하기 위해 새로운 역량을 확장 및 구축할 수 있는 기회 영역을 계획 * 로드맵은 싱가포르 해양 연구소(SMI), 싱가포르 해양항만청(MPA), 싱가포르 해운산업 혁신지도(ITM)의 세 가지 국가 수준 이니셔티브에 의해 긴밀하게 공동 개발 '스마트 함대 운영 및 자율 운항 선박' 등을 비롯해 5가지 주요 전략으로 구성 ① 효율적이고 지능적인 세계적 수준의 차세대 항만, ② 전략적인 해양 공간 및 해운 교통 관리, ③ 스마트 함대 운영 및 자율운항선박, ④ 효과적인 해양 안전 및 보안, ⑤ 지속 가능한 해양 환경 및 에너지 (스마트 함대 운영 및 자율 선박 전략) 지역 항만 선박 운항을 위한 원격 기술과 원양 항해 자율 선박의 수신 기능 실험
주기	2년	5년	-	-

가. 미국

□ Unmanned Systems Integrated Roadmap (2017-2042) ('18, DOD)

- 미국방부(DOD)에서 '07년부터 수립한 육·해·공 무인이동시스템 통합로드맵으로서, 기술의 표준화 및 기술과 정책의 통합을 목표로 격년 주기 갱신
- '19년 통합로드맵 기준, '42년까지 4대분야 14개 핵심기술 개발

4대분야	핵심기술
상호운용성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 공통/개방형 시스템(오픈 아키텍처) ○ 모듈화 및 부품 호환성 ○ 순응/시험, 평가, 검증(Verification) 및 검정(Validation) ○ Data Strategies ○ 데이터 권한(Data Rights)
자율성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자율지능 및 기계학습 ○ 효율 및 유효성 증대 ○ 신뢰성 ○ 무기화
보안 네트워크	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사이버 작전 ○ 정보 보증(Information Assurance) ○ 전자기 스펙트럼 및 전자전
인간-기계 협력	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인간-기계 인터페이스 ○ 인간-기계 팀링

- 대테러 작전 수행시 소형전술 UAS 및 지상/해양 무인 플랫폼을 통해 실시간 비디오 및 데이터를 수집·전달로 의사 결정 지원

□ Unmanned Campaign Framework ('21, DON)

- 해군은 '21년 3월 무인 선박과 잠수함 기술을 개발하고 전개하는 프레임워크를 발표하여 다양한 시범 사업을 통해 기술 투자와 개발에 나서고 있음
- 해군은 무인 선박이나 잠수함이 미래의 위협에 대응하는데 필수적이라고 판단하고, 향후 5년 동안 무인 해양 시스템에 40억 달러(약 4조 9,000억원)를 투자하는 방안을 발표
 - 현재 무인 운송 선박* 2척과 오버로드선 2척이 완성되었으며, 중대형 무인 선박이 계획중이고 무인 잠수함이 건설 중

* Sea Hunter/Seahawk Medium Displacement Unmanned Surface Vessel

나. 유럽연합

□ ICARUS ('16, EC)

- EU는 인명 수색 및 구조를 위한 육·해·공 무인이동체 통합 운영시스템 개발 프로젝트(ICARUS*)를 진행('12~'16년, 1,750만 유로)

* integrated components for assisted rescue and unmanned search

- ICARUS(지원 구조 및 무인 수색 작업을 위한 통합 구성 요소) 프로젝트는 유럽 10개국의 24개 파트너가 참여하는 대규모 유럽연구 프로젝트

- 무인수상차량(USV), 무인항공기(UAV), 무인지상차량(UGV) 개발과 인간을 탐지 및 위치 파악, 수색 및 구조 기술에 집중

- 무인선과 무인항공기 협업에 의해 재난 사고에 대응할 수 있는 무인시스템을 개발 중

- 미해군은 다수의 무인체계를 이용하여 전세계 해양환경 관측에 활용하고 있으며 무인체 관리 및 활용 기술 확보 및 실제 해양 작전 해역에서 운용 중에 있음

다. 영국

□ Maritime 2050 : Navigating the future ('19, DfT)

- 영국 해양산업은 영국 경제에 약 461억 파운드를 기여하며 100만개의 일자리를 창출하고 있으며, 특히 해양 엔지니어링·과학분야(MES)와 해양운송 분야의 경제기여도가 높음
 - 해양운송의 경우 영국 수출입 운송의 95%(매년 5000억 파운드 규모)를 담당하여 영국의 글로벌 무역을 촉진하는 중요한 역할을 맡고 있음
- 이에 영국 해양부문의 미래에 대한 정부의 야심찬 계획을 제시하며, 해양강국 위상강화, 해양성장주도, 해양혁신 등 10가지의 포부와 7개 세부분야에 따른 단기, 중기, 장기 목표를 설정
- 영국의 경쟁 우위를 유지하기 위한 혁신, 미래 기술개발 주도와 이를 활용할 수 있는 인력양성, 해양항만 인프라 혁신을 위한 투자와 동시에 사이버 테러를 포함한 테러 위협 대비 등을 강조

<표 2-7> Maritime 2050'의 10대 추진 목표

전략	추진 내용
경쟁력 우위 부문 강화	해양법, 금융, 보험, 경영에 있어 영국의 경쟁 우위를 유지하고 강화하며 해양 전문 서비스에 대한 힘을 극대화
청정 해운산업 성장 추진	얼리 어답터나 패스트 무버(fast mover)가 되어 경제적 이익을 누리면서 깨끗한 해양 성장에 대한 조치를 취하는 길을 선도
대학·기업중심 해운기술 혁신	세계 유수의 대학, 해양 중소기업(SME) 및 글로벌 기업을 통해 새로운 해양 기술로부터 영국에 대한 혜택을 극대화함으로써 해양 혁신에 대한 영국의 명성을 강화
해운안전·안보의 글로벌 리더	전 세계적으로 해양 안전 및 보안 표준과 전문지식의 글로벌 리더로 계속 인정 지속
해운 인력 고도화, 전직 훈련	해양 인력을 키우고 다양성을 변화시켜 해양 교육과 훈련의 제공에서 세계적인 리더로서의 명성을 높임
해운부문의 교역 자유화 촉진	영국 해양 분야에 최대한의 이익을 제공하는 자유 무역 체제를 촉진
해운 항만 인프라 투자 강화	영국이 모든 해양 사업의 세계적으로 매력적인 목적지로 만드는 해양 인프라에 대한 수십억 파운드 규모의 상업적 투자를 지원
IMO·ILO 등에서 주도권 확보	국제해사기구(IMO), 국제노동기구(ILO) 및 모든 국제기구(IGO)의 선도국으로서 영국의 명성을 강화하고 향상시켜 같은 생각을 가진 국가들과 함께 일하기 위한 활동을 전개
해운물류 클러스터 구축 확대	영국이 해양 사업을 할 수 있는 곳으로 만들기 위해 정부, 해양 부문 및 학계가 협력하여 영국을 선도하는 해양 클러스터 제공을 촉진
해운산업 홍보 쇼 케이스 전략	영국의 해운, 서비스, 항만, 엔지니어링 및 레저 해양을 포함한 해양 분야의 모든 부분을 홍보하고, 런던 국제해운위크(LISW)를 통해 선도적인 글로벌 해양 이벤트로서의 위상을 유지

- 이 밖에도 화석연료(fossil fuel) 축소, 대체에너지(alternative energy) 증대, 대기오염방지장치 확산, 에너지 효율(energy efficiency) 등 환경을 강조

□ Maritime 5-year plan for the UK ('19, DfT)

- ‘Maritime 5-year plan for the UK’ 는 Maritime 2050에 명시된 비전에 대해 영국의 해양분야의 해외진출을 지원하는 데 초점
- 해양 5개년 계획에는 해양산업 서비스, 조선, 항만 인프라, 해양 엔지니어링, 해양운송 및 자율주행 선박 등 분야의 경쟁력 제고 방안이 포함
- 특히 조선과 관련해서는 한국 조선업체와의 협업을 통해 3가지 분야*에 중점을 두겠다고 강조
 - * 해당 분야는 1) 스마트 선박 기술, 첨단기술 센서, 빅데이터 분석 및 위성통신기술, 2) 친환경 운송 (Ballast Water Treatment Systems 등), 3) LNG 선박, LNG 플랜트, LNG CCS(Cargo Containment System) 기술 등

□ The National Marine Facilities (NMF) Technology Roadmap 2020/21 ('20, NOC)

- 국립해양학센터(National Oceanography Center)는 현재의 역량을 요약하고 해양과학의 미래를 내다보는 국가해양시설(NMF) 기술 로드맵 2020-21을 발표
- ‘해양장비인프라’의 중요성과 방향성을 제시하며 첨단 해양과학연구선 확보, 효율적 연구시설 배치조정, 파트너십 등을 통한 연구결과의 통합, 전문성 확보
- 북극과 남극 탐사용 수중글라이더의 지하 항법 정확도 개선, 향상된 시스템 안정성, 공통 센서 인터페이스 등을 개발하기 위한 프레임워크 제공
- 글라이더 유지 보수로 함대 수명 연장과 함께 노후화 미연 방지

□ UK Marine Industries Technology Roadmap 2015 ('15, 영국 해양 산업연합)

- 영국 해양산업연합(UK Marine Industry Alliance)이 영국 해양산업의 글로벌 트렌드와 기회를 조명하는 갱신된 기술 로드맵을 발표
 - 80개 가량의 조직이 선박 건조 및 수리, 해양장비 공급 및 서비스, 해양 과학 분야 등을 대표하여 로드맵 작성에 기여
- 기회가 보장되는 7개 주요 분야*가 기술 로드맵에서 제시
 - * ① 전체 선박 시스템의 통합, ② 무인자동선박 및 시스템의 설계, 통합, 건조 및 운영, ③ 수퍼요트, 초고성능 파워보트 및 항해용 요트의 설계, 건조 및 수리/개장, ④ 복합소재 및 기타 신소재의 활용 확대, ⑤ 해양 에너지 및 해군 분야에 활용될 특수 선박의 설계 및 건조, ⑥ 수리 및 변환을 포함한 선박의 장기 운영, ⑦ 선박 운영 의사결정 지원 시스템
- 이외에도 선박 설계 및 건조 기술, 전자제품, 센서, 통신 및 제어, 데이터 관리 및 빅 데이터 분석, 에너지 효율 분야 및 환경보호 기술, 구조 및 재료 분야, 자동화 시스템 등 5개 기술 분야에 대한 투자를 권장

극지연구소

라. 일본

□ 4기 해양기본계획(2023-2027) ('22, 종합해양정책본부)

- 일본은 「해양기본법」에서 정한 바에 따라 5년 주기로 해양기본계획을 수립·시행하고 있으며, 「해양기본법」 제정과 함께 ‘제1차 해양기본계획’이 수립 이후 지금까지 모두 4차례에 걸쳐 계획 발표
- 종합적 해양안보와 함께 탄소중립 실현을 목표로 한 지속가능한 해양구축을 새로운 중점추진사항으로 선정
 - 중국 선박이 일본 영해를 반복적으로 침입하고 있다는 점을 언급하고, 일본의 해양에 관한 국익은 어느 때보다 심각한 위협에 직면해 있다는 위기의식 표명
 - 수소 및 암모니아를 대량으로 수입·저장할 수 있는 항만 「탄소중립항」의 계획적 정비 추진 등 포함
- 해양의 개발이용을 통한 경제성장, 자연재해 대응 및 환경보호, 미지탐사를 위한 주요 연구인프라 제시
 - * 차세대 해양자원 조사시스템, 해양에너지 및 광물자원 생산, 환경영향평가 관리시스템, 극지심해 탐사장비 등 추가 언급
- AUV 등의 첨단기술을 육성하여 공공부문과 민간부문에서 활용도를 높여 해양과학기술 진흥

□ 자율주행 선박 실현을 위한 일본 로드맵 ('20, 국토교통성)

- 국토교통성에서 3단계로 구성되어 단계별 기술개발, 실증, 법제도 개선 방안을 담은 “자율주행 선박 로드맵” 제시

<표 2-8> 일본 자율운항선박 로드맵

단계	추진 내용
1단계	IoT활용 선박, 센서를 통해 수집된 데이터 분석, 최적항로 추천, 부품 이상 자율 점검 등으로 의사결정 지원. 현재 일부 선박에 도입 중('20년 이후 본격 보급 예상)
2단계	탑승 선원의 결정에 따라 선상 장비 인공지능이 선상 장비 조작. '25년까지 자율 수준 점진적 개선할 계획. 내항선 실증을 통한 요구사항 발굴 계획
3단계	세계 유수의 대학, 해양 중소기업(SME) 및 글로벌 기업을 통해 완전 자율운항 단계 기술과 함께 선박 운항 관련 권한·책임 문제 등 중장기적 종합 검토

□ 일본 중기방위력정비계획(中期防衛力整備計畫, 2019-2023年 ('18, 방위성)

- 일본 정부는 2013년 외교 및 국방의 포괄 지침인 「국가안전보장 전략(國家安全保障戰略)」을 발표하고, 이를 근거로 중기방위력정비계획(이하 '중기방')이 개정되고 있음
 - 중기방은 일본 외교안보정책의 핵심문서이며 ①기본 방침, ②기간 부대의 변경, ③자위대의 능력강화를 위한 주요사업을 제시
 - * 중기방의 기본방침은 '다차원통합방위력' 구축을 목표로 방위력을 강화하되, 인구 및 재정 상황 등을 고려하여 자원의 효율적·중점적 배분 및 자위대의 통합운영 가속화
- 일본은 방위력 강화를 위해 중기방위력정비계획으로 무인 장비의 활용을 추진하며, 경계감시 능력 등 다양한 임무에 적용 가능한 무인 잠수기술 확립
 - * 일본 방위성은 중기방에 의거해 길이 10m가 넘는 대형 수중드론의 연구·개발
 - ** 2021년 운영이 시작되는 야마구치(山口)현 이와쿠니(岩國)시의 시험평가 시설에 길이 35m, 폭 30m, 깊이 11m의 특수 대형수조를 만들어 음파탐지 실증시험을 할 계획

□ 일본 성장전략 2017 ('17, 수상관저)

- 일본 정부는 미래투자회의에서 차세대 신성장전략 초안을 마련하여 4차 산업혁명 發 첨단기술을 향유할 수 있는 소사이어티 5.0 사회 실현 청사진을 제시
 - 스마트 사회로의 이행을 거듭 강조하며 핵심 5대 전략투자 분야 중 하나로 이동혁명을 선정
- 자율운항선박에 의한 물류의 효율적 이동 서비스를 고도화하여 교통사고의 감소, 지역인력부족이나 이동약자를 해소 기대
 - 자동운항 시스템에서는 IoT를 통해 수집된 해상 기상 등 관련 데이터를 바탕으로 AI가 안전한 최단 항로를 안내해 주어 연료비 절약 및 신규 환경규제 대응에도 도움이 됨
 - * 연간 2000건에 달하는 해난사고를 절반으로 줄일 것으로 기대

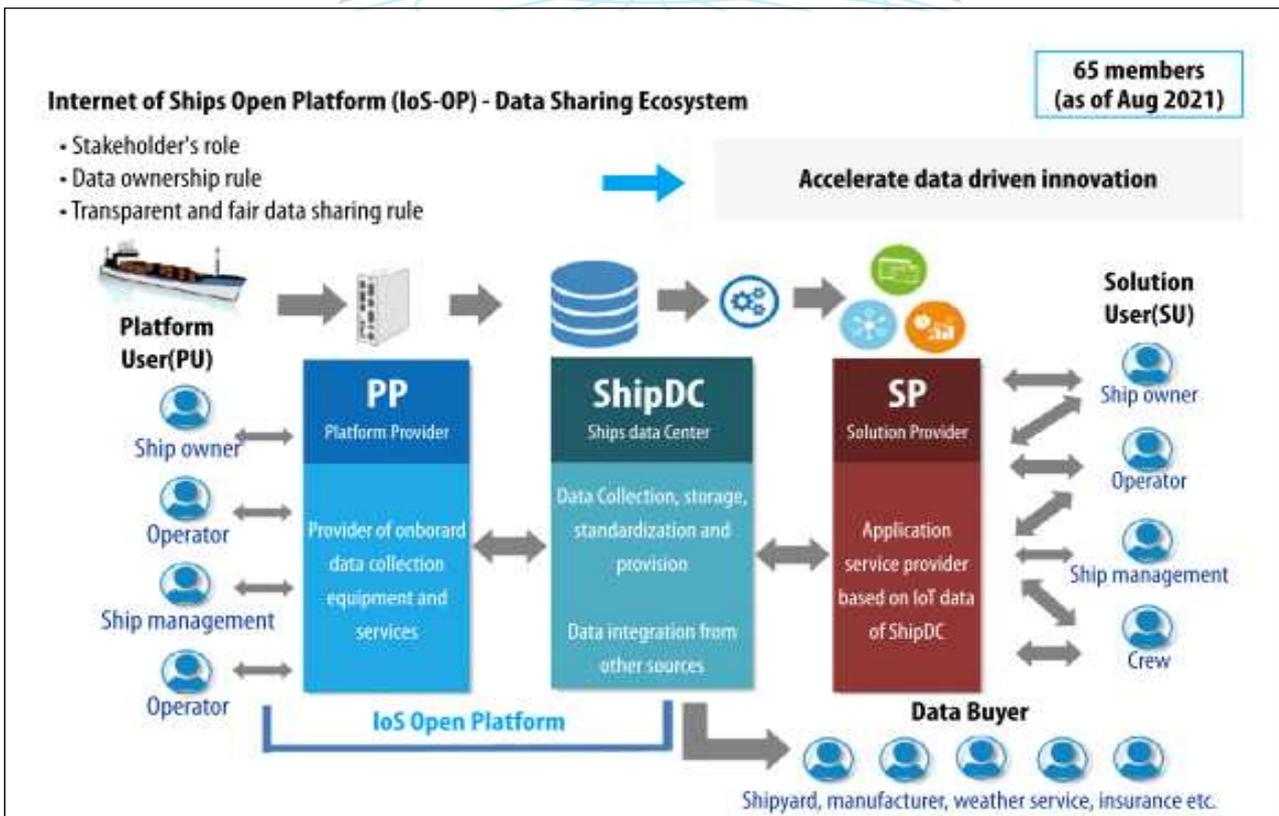
□ Smart Ship Application Platform 4 Project (SSAP4) ('21, JSMEA)

- 선박 장비 데이터에 쉽게 접근하고, 선박의 사물인터넷 기술을 향상시키기 위해 SSAP(Smart Ship Application Platform) 프로젝트를 통해 선박 IoT 응용 서비스를 위한 플랫폼 개발
- 일본 조선사와 해운사, 선급, 기자재 업체, 대학 및 연구기관 등 59개 기관이 참여하여 스마트선박 시스템의 기본이 되는 플랫폼을 개발할 목적으로 단계별 프로젝트 수행

<표 2-9> 일본 SSAP 프로젝트

단계	추진 내용
1단계	선상데이터서버 사양설계, 선상데이터서버 구축, 선박-육상 기기의 IoT 활용을 위한 개방형 플랫폼 설계, 개발플랫폼의 국제표준 제안(ISO)
2단계	국제표준화 추진, 시스템개발 및 시험
3단계	선박-육상간 데이터 통신 국제표준, 선상데이터서버 국제표준, 데이터모델과 포맷 국제표준, 선박 내 장비네트워크 국제표준 개정 등 프로젝트 성과 국제표준 주도

[그림 2-1] 일본 SSAP 프로젝트에서 개발한 선박-육상간 정보흐름



마. 중국

□ 중국 14차 5개년 계획(2021~2025) ('21, 국무원)

- 중국은 미국의 강력한 대 중국 기술규제로 인해 과학기술혁신 부분을 최우선 전략 과제로 선정하고 기술자립 지원을 위한 국가 차원의 로드맵 추진
 - <14.5 계획>의 핵심 내용은 ‘기술자립’ 과 ‘내수확대’ 등 중국 경제의 내실화를 통해 자립경제 체제를 구축하는 것
- 14.5계획 중 해운·항만·물류 분야에서 디지털 산업화와 디지털 전환, 신형 인프라 건설, 자유무역지역 네트워크 구축, 공급사슬 현대화 수준 제고 등을 추진
 - 이외에도 해양산업 분야에서는 해양경제 발전공간 개척, 원천기술 선도기술 강화 및 현대 에너지 시스템 구축 추진

□ 중국제조 2025 (2015-2025) ('15, 국무원)

- 제조강국으로 발돋움하기 위해 혁신구동, 친환경제조 등을 포함한 5가지 전략을 발표하고, 전략분야로 조선산업을 포함하여 정부 주도의 기술개발 및 실증 환경 조성 중
 - 중국 제조 2025의 해양장비 및 첨단기술선박 항목 내에서 자율운항선박 관련 기술개발과 발전 전략을 제시
- (Green-Dolphin 프로젝트) 정부 지원으로 국영 조선그룹인 CSSC* 를 중심으로 해운, 조선 기업 클러스터로 진행된 프로젝트로 에너지 절감과 환경 규제 충족에 초점을 맞춘 자율운항 화물전용선 개발

* 중국선박공업집단(China State Shipbuilding Corp.)

바. 싱가포르

□ 싱가포르 해양 연구 개발 로드맵 2030 ('19, 해양연구소)

- 싱가포르 해양연구개발 로드맵은 국가 계획인 ‘ITM’, ‘IMC 2030’, ‘NGP 2030’에 기반을 두고 수립
 - * ITM(Sea Transport Industry Transformation Map)은 연계성 강화, 생산성 향상과 혁신을 통한 성장 추진, 미래를 대비하는 해양 인력 개발 등을 전략으로 추진
 - ** IMC(International Maritime Centre) 2030은 싱가포르를 연계성, 혁신, 재능을 위한 글로벌 해양 허브로 발전시키는 비전 아래 여러 전략을 추진
- 해양 산업 내에서 더 큰 가치 공동 창출을 위해 R&D 노력과 자원을 최적화하는 내용의 공동의 해양 R&D 로드맵 마련
 - 스마트 항만 분야에 대한 체계적인 연구개발 계획과 체계를 갖추고 있고, 도전적인 연구개발을 진행
 - 스마트 함대 운영 및 해상 자율 수상 선박(MASS) 기술의 선도적 허브 구현
- 로드맵의 5가지 주요 전략은 ① 효율적이고 지능적인 세계적 수준의 차세대 항만 ② 전략적인 해양 공간 및 해운 교통 관리 ③ 스마트 선대 운영 및 자율운항선박 ④ 효과적인 해양 안전 및 보안 ⑤ 지속 가능한 해양 환경 및 에너지로 구성

2.1.2 국내 정책동향

- 국내의 경우 해양수산분야 무인이동체를 적용하기 위한 계획을 수립하고 있으나, 기술의 선제 확보 및 기술개발을 통한 적용 확대를 위한 기술로드맵이 부재한 상황
 - 4차 산업혁명을 기반으로 무인 자율운항 선박·스마트 항만 기술 개발과 첨단 해양 장비 등 다양한 신산업의 발전으로 눈부신 해양 수산업을 실현하고자 다양한 업무에 해양 무인이동체 활용 제시
 - 특히, 주요국가들(노르웨이, 덴마크 등)은 이미 자율운항 선박의 시범운항 등을 수행하고, '21년 실제운항을 목표로 추진 중에 있으나 국내는 이제 연구초기 단계에 머물러 있음
 - * (EU) 유럽연합은 이미 2012년부터 'MUNIN(Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks)'이라는 연구개발 프로젝트에 착수하여 자율운항선박을 개발 (노르웨이) 2014년부터 YARA 프로젝트 및 ReVolt 프로젝트를 착수하고, 2021년 말에 세계 최초의 무인 자율운항 화물선인 YARA Birkeland의 첫 운항을 계획 (덴마크) 2017년 롤스로이스와 글로벌 예인선 업체인 스비처가 수도 코펜하겐에서 세계 최초 원격조종 상선인 '스비처 허모드'의 시범 운항을 실시
 - 이에 따라 공공 서비스 영역에서 해양 무인이동체의 빠른 적용과 기 개발된 무인이동체를 해양 업무에 맞게 고도화하여 업무 발전에 기여 필요
 - 해양, 수산, 해운, 항만 영역에서 다양한 업무*에 무인이동체를 적용하고 있어 공공 서비스 영역의 무인이동체 활성화를 위한 체계적인 기술개발 로드맵 수립 필요
 - * 양식수산물 모니터링, 쓰레기 탐지, 해양자원 탐사, 화물 운송, 항만 건설 등

<표 2-10> 국내 해양무인이동체 관련 정책 동향(1)

구분	제3차 해양수산발전 기본계획	제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획	제4차 남극 연구활동 진흥 기본계획
소관 부서	해양정책과	해양수산과학기술정책과	해양개발과
근거	해양수산발전기본법	해양수산과학기술육성법	남극활동 및 환경보호에 관한 법률
비전	2030 해양한국 비전: 전환의 시대, 생명의 바다 풍요로운 미래	풍요롭고 안전한 바다 실현을 위한 해양수산과학기술 육성	남극 연구 10대 선도국 그룹 진입
목표	<ul style="list-style-type: none"> 안전하고 행복한 포용의 바다 디지털과 혁신이 이끄는 성장의 바다 세대와 세계를 아우르는 상생의 바다 	<ul style="list-style-type: none"> (기술수준) 80%→90% (최고기술보유국대비) (산업화) 산업혁신 생태계 조성 (혁신형 창업기업 50개 육성) (공공분야) 해양사고 30% 저감 재해 예측시간 30% 단축 (12시간→8시간) (인력분야) 연간 전문인력 800명 이상 양성 	<ul style="list-style-type: none"> 남극 연구 역량을 강화하여 현안 해결에 기여하는 남극 거버넌스 선도 국가 도약
추진 전략	<ul style="list-style-type: none"> 해양수산업의 안전 강화 머물고 싶은 여촌·연안 조성 해양수산업의 디지털 전환 해양수산업의 질적 도약 환경 친화적·합리적 해양 이용 국제협력을 선도하는 해양강국 	<ul style="list-style-type: none"> 신산업 육성 및 좋은 일자리를 위한 해양수산 과학기술 집중 육성 사회문제 해결을 위한 해양수산과학기술 기반 확보 정부의 연구개발 지원체계 혁신 해양수산과학기술의 지속 발전을 위한 생태계 조성 	<ul style="list-style-type: none"> 차세대 이슈 주도를 위한 핵심 연구 인프라 확보+현안 해결에 기여하는 남극 연구 역량 강화=남극 거버넌스 입지 확대
추진 내용	<ul style="list-style-type: none"> 해양수산업 종사자의 안전하고 건강한 작업환경 조성 안전·안심 해양레저관광 활동환경 조성 선박 및 해양교통 안전관리 선진화 감염병 대응 해운·항만 방역체계 강화 양식수산물 청정생산 기반 강화 투명한 품질관리 유통체계 구축 데이터기반 자연재해 예측 평가 능력 강화 자연재해 사전 예방적 연안·해양공간 조성 해양수산 통합형 재난관리체계 구축 해양레저·생태체험 관광 특화 공간 확대 차세대 해운 항만 시스템 구축 해상 수출입물류 디지털 경쟁력 강화 수산업 전주기 디지털화 	<ul style="list-style-type: none"> 4차 산업혁명 기술 융합 분야 집중 육성 전략산업 육성을 위한 상용화 기술 확보 국민생활 문제 해결을 위한 과학기술 혁신 국제 사회에 기여하는 과학기술 선도 해양수산과학기술 연구개발의 전략성 제고 연구개발 지원 및 수행·관리 체계 개편 민간의 연구개발 역량 강화 지원 해양수산 기업 혁신 및 창업 지원 확대 	<ul style="list-style-type: none"> 남극 내륙 연구 3대 거점 확보 내륙탐사 지원기반 고도화 국내 남극 협력 연구 활성화 여건 조성 미래 기후변화 대응 연구 강화 종합적 남극 환경·생태연구 역량 확충 남극 특성화 응용 기술 개발 국제협력 이슈 주도 인재 양성과 국민 인식 증진
주기	10년(2021~2030)	5년(2018~2022)	5년(2022~2026)

<표 2-11> 국내 해양무인이동체 관련 정책 동향(2)

구분	제2차 신항만건설기본계획	제3차 해양조사기본계획	제4차 항만기본계획	제5차 해운산업 장기발전 계획
소관부서	항만개발과	해양영토과	항만정책과	해운정책과
근거	신항만건설 촉진법	해양조사와 해양정보 활용에 관한 법률	항만법	해운법
비전	글로벌 물류를 선도하는 미래 혁신항만 구현	스마트 종합해양정보 제공으로 해양강국 국민행복을 견인	글로벌 경쟁력을 갖춘 고부가가치 스마트 항만 실현	글로벌 해운산업 리더국가 실현
목표	<ul style="list-style-type: none"> • (스마트혁신) 수동·재래식 →자동화·지능화 (물동량 18.5억톤/년) • (서비스혁신) 단순하역·보관→LNG·수리조선·제조·물류 (배후부지+40백만㎡) • (친환경혁신) 미세먼지·소음→오염물질 최소화 (항만미세먼지50%↓('22)) • (지역상생혁신지역) 항만 단절 →지역별특화된항만전략 (항만 부가가치65조원) 선점하기 위한 기술 확보 	<ul style="list-style-type: none"> • 해양예보 정확도 향상 및 해양사고 지원체계 강화 • 4차 산업혁명 디지털시대에 맞는 해양정보 제공 • 스마트 기술 접목으로 선진국 수준의 해양조사·정보 인프라 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 항만물동량 19.6억톤 달성 • 항만생산유발 83조원 달성 • 항만부가가치 28조원 달성 • 항만일자리 55만개 달성 	<ul style="list-style-type: none"> • 해운매출액(조원) '20 -36 '25 -51 '30- 70 이상 • 원양'건' 선복량(만TEU) '20-78 '25- 120 '30 -150이상 • 지배선대(백만DWT) '20-89 '25-101 '30-140이상 • 연안여객선이용객(만명) '20-1,000 '25-1,600 '30-1,800 • 외항선 친환경 비중(%) '25-5 '30-15 • 자율운항선박 시장점유율(%) '25-25 '30-50
추진전략	<ul style="list-style-type: none"> • [혁신성장] 항만경쟁력을 강화하는 인프라 및 서비스 혁신 • [특화전략] 지역과의 상생혁신을 통한 글로벌 경쟁력 강화 • [추진체계] 지속가능한 사업 추진체계 확립 	<ul style="list-style-type: none"> • 디지털 해양정보 활용을 통한 해양 신산업 창출 (Economy) • 국민행복을 위한 맞춤형 해양정보 제공(Communication) • 전 해양을 아우르는 3차원 관측과 예측(Harmony) • 국민안전을 위한 문제해결형 대응체계 구축(Ocean safety) • 해양조사 글로벌 기여를 위한 국제협력 강화(Global) 	<ul style="list-style-type: none"> • 최첨단 친환경, 고부가가치 디지털 항만 구축 • 항만과 물류, 서비스를 선도하는 특화 항만 구축 • 지역과 함께 하는 상생 항만 구축 • 시민과 국가, 해양 영토수호를 위한 안전 항만 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 전략 1국적선사 성장기반 확충 • 전략 2 동반성장 생태계 조성 • 전략 3 디지털·그린 역량 확대 • 전략 4 지속가능성 제고
추진내용	<ul style="list-style-type: none"> • 4차 산업혁명시대를 선도하는 스마트항만 도입 • 선박·기업·사람이 모이는 다양한 항만서비스 제공 • 쾌적하고 안전한 친환경·재해방지 항만 조성 • 기존 교통망과의 네트워크 강화를 위한 배후수송망 정비 • 부산항 신항을 동북아 Mega-Port로 육성 • 광양항을 아시아의 로테르담 모델로 개발 • 서해권을 신남방·대중국 교역 중심항만으로 구축 • 동해권을 대북방 경제 전진기지로 육성 • 연동계획 수립을 통한 기본계획의 실효성 확보 • 민간투자 유치를 위한 투자 매력 제고 	<ul style="list-style-type: none"> • 모바일(안전해) 기반 생활밀착형 해양정보 제공 • 항해안전을 위한 해양정보 제공 • 3차원 해양관측망 구축 운영 • 관할해역에 대한 체계적 해양조사 • 한반도대수조(해양디지털트윈) 구축 기반 마련 • 해양사고 예방 및 대응을 위한 해양정보 제공 • 기후변화 대응을 위한 해양현상 감시 및 연구 • 해양조사 영역 글로벌 확대 	<ul style="list-style-type: none"> • 디지털·스마트항만 건설 및 고효율친환경 항만운영시스템 구축 • 항만과 연관산업이 함께하는 고부가가치 항만 육성 • 친환경·신산업이 조화된 지속가능한 에너지 항만 구축 • 권역별 거점항만 인프라 개발 및 서비스 혁신으로 항만경쟁력 강화 • 배후수송망 및 교통체계 구축을 통한 네트워크 강화 • 연안 도서지역 SOC사업 확대를 통한 지역 지원 확대 • 시민과 지역산업 상생을 위한 항만 도시 및 해양공간 재창조 • 해양레저·관광 활성화를 통한 사람중심의 문화항만 조성 • 재난·재해로부터 안전한 항만시설 방재시스템 구축 • 해양영토수호 강화에 대비한 안보항만 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 해운 연관산업 활성화 • 연안해운 공공성 강화 • 선원 근로조건 및 복지 개선 • 스마트·디지털 전환 • 친환경 해운 주도 • 미래형 해운물류 전문인력 양성 • 해상운송시장의 경쟁질서 확립 • 해운 제도 선진화 • GVC 변화 대응 물류 네트워크 구축
주기	필요시(2019~2040)	5년(2021~2025)	10년(2021~2030)	5년(2021~2025)

□ 제3차 해양수산발전 기본계획 ('21, 해양정책과)

- 해양수산부와 문체부, 환경부 등 15개 부처가 함께 수립한 「제3차 해양수산발전 기본계획*」은 ‘전환의 시대, 생명의 바다 풍요로운 미래’라는 비전 아래 3대 목표** 제시

* 해양수산발전기본계획은 향후 10년의 정책환경 변화와 해양수산 정책수요를 전망해 정책 기본방향을 제시하는 해양수산 분야 최상위 국가계획

** ①안전하고 행복한 포용의 바다, ②디지털과 혁신이 이끄는 성장의 바다, ③세대와 세계를 아우르는 상생의 바다를 3대 목표

- 향후 10년의 해양수산 정책 기본방향으로 ①생명·안전 중시, ②해양수산업의 디지털 전환, ③친환경·탈탄소 정책 강화를 제

- (첨단해양 장비) 심해, 극한지 등에서 고난이도 임무수행이 가능한 수중건설로봇, 강한 풍속 등 해양환경에 최적화된 해양드론 등 첨단 해양장비와 조사장비* 기술 개발

* 수중 드론 및 무인선박, 초소형 위성 및 광학영상장치 등

- 장시간·실시간 수중통신이 가능한 장비 개발 및 시스템 구축, 수중 이동장비 간 정보교환이 가능한 수중이동통신 기술 개발

- (스마트 항만) 스마트 항만 구축과 연계하여 자율운항선박(해상물류), 자율주행트럭(육상물류) 등 타 운송수단 연결 체계 마련

- 물류연계형 항만 구축을 위한 지능형 해상교통관리체계, 자율운항선박 시스템, 물류 정보 플랫폼 등 개발 예정

* 항만물류인프라 스마트 기술개발('21) → 자율운항선박 및 시스템 개발('23) → 현장검증('25)

- (자연재해 대응) 점차적으로 강도가 높아지는 태풍, 지진 등에 대응, 항만·어항 설계기준 개선, 디지털 트윈, 드론 등을 활용한 상시적 모니터링 체계 구축 등 기술적 예방체계 마련

□ 제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획 ('18, 해양수산과학기술정책과)

- 해양수산부가 마련한 ‘제1차 해양수산과학기술 육성 기본계획('18~'22)’은 「해양수산과학기술 육성법」 제5조에 따른 해양수산 분야 과학기술 정책의 최상위 계획임

- ‘풍요롭고 안전한 바다 실현을 위한 해양수산과학기술 육성’이라는 비전 아래, 4대 전략과 8대 추진과제를 제시
 - * (4대 전략) ① 신산업 육성 및 좋은 일자리를 위한 해양수산과학기술 집중 육성, ② 사회문제 해결을 위한 해양수산과학기술 기반 확보, ③ 정부의 연구개발 지원 체계 혁신, ④ 해양수산과학기술의 지속 발전을 위한 생태계 조성
- (과학기술 육성) 해양수산업 분야에의 파급효과가 크고 상용화 가능성이 높은 자율운항선박, 스마트 양식, 스마트 해운항만 집중 육성
 - (추진방향) 운항제어, 해운항만 운용서비스 등 핵심기술 확보부터 기술 상용화를 위한 실증 및 제도개선까지 일괄 지원
- (해양 첨단장비) 우리나라는 최근 수중건설로봇 기술 확보에 성공했으나 실해역 검증 및 운용 인력 확보 미흡으로 시장 진출은 어려운 상황
 - * 중작업용 ROV 로봇 등 수중건설로봇 3종 개발 완료('19)
 - (추진방향) 해양첨단장비 기술의 상용화 조기 진입을 위해, 전략적 핵심기술 개발 및 실해역 검증 지원
- 빠른 시일 내 산업화가 기대되는 해양에너지, 해양바이오, 해양장비·로봇, 친환경 해사산업, 고부가 수산양식 등 5대 분야의 기술 개발에 전략적 지원 강화

□ 제4차 남극 연구활동 진흥 기본계획 (22, 해양개발과)

- ‘남극 연구 10대 선도국 그룹 진입’이라는 비전 아래 관계부처들과 함께 「제4차 남극 연구활동 진흥 기본계획(2022~2026)」을 국가과학기술자문회의 심의회에서 최종 확정
 - 4차 계획에서는 내륙 연구 인프라를 구축하고, 남극 기후변화와 생태 환경 등 주요 이슈에 대한 연구 역량을 강화해 남극 거버넌스에서 우리나라의 입지를 확대하는 것을 목표로 함
- 극지 산업으로 분류할 수 있는 시장은 형성되지 않은 단계이나, 극한지에 특화된 신기술 개발은 활발히 이루어지고 있어 우리나라도 미래에 대두될 신산업에 대비

- 남북극의 극저온과 강풍 등 극한환경을 극복하는 통신 기술과 무인 이동체, 건설기술(모듈러 등) 등 독자적인 남극 내륙 연구 수행 실시
- (내륙탐사 고도화) 사물인터넷(IoT) 및 무인이동체 기술을 활용한 스마트 관측 스테이션을 설치('25)하여 '극한지 환경정보 빅데이터 시스템' 구축('26)으로 내륙 탐사 지원기반 고도화

<그림 2-2> 무인이동체, IoT 기술 활용 스마트 관측 체계



* 출처 : 제 4차 남극 연구활동 진흥 기본계획, 관계부처 합동 ('22.4)

□ 제2차 신항만건설기본계획 ('19, 항만개발과)

- 해양수산부는 제86차 국정현안점검조정회의에서 전국 12개 신항만에 대한 중장기 개발계획을 담은 「제2차 신항만건설기본계획(2019~2040)」이 확정
- 2차 기본계획은 1997년 최초 고시 이후 20년 만에 수립된 기본계획으로 스마트혁신·서비스혁신·친환경혁신·지역상생혁신을 목표로 하는 다양한 정책 제시
- IT와 물류기술이 결합하여 물류흐름이 자동화·정보화·지능화되어감에 따라 자율운항선박·트럭, 항만자동화 등 물류 공급망 혁신을 통한 기업의 대형화, 물류체인 통합 등 전망
- (물류연계) 마트선박(해상물류), 자율주행트럭(육상물류) 등의 다른 운송체계들을 연결시킬 수 있는 물류연계체계 구축
- 해상 통신망과 정보 플랫폼을 활용하여, 항만-선박을 연결하는 지능형 해상교통관리체계 + 자율운항선박 시스템 + 물류정보 연계 구축

□ 제3차 해양조사기본계획(2021~2025) ('20, 해양영토과)

- ‘제3차 해양조사기본계획’은 「공간정보관리법」 제30조에 따라 5년마다 수립하는 법정 계획으로, 신규 제정된 「해양조사정보법」 제7조*에 확대되어 승계

* 「해양조사정보법」 제7조(해양조사기본계획 및 시행계획) ① 해양수산부장관은 다음 각 호의 사항이 포함된 해양조사기본계획을 5년마다 수립하여야 한다. (이하 생략)

- 스마트 종합해양정보 제공으로 해양강국·국민행복을 견인이라는 비전 아래, 해양예보 정확도 향상 및 해양사고 지원체계 강화, 4차 산업혁명 디지털시대에 맞는 해양정보 제공, 스마트 기술 접목으로 선진국 수준의 해양조사·정보 인프라 구축 목표 제시

- (무인해양조사) 4차 산업혁명 및 급속히 발전하는 신기술에 대응하여 신규 장비 도입 및 해양조사 기술 관련 연구·개발 추진

- 무인관측장비*를 활용한 주기적 해저지형 모니터링 및 관측 사각지대 보완한 입체적 상시 해양관측체계 구축

* 웨이브글라이더, 수중글라이더, 무인파력선 및 무인조사선 등

□ 제4차(2021~2030) 전국 항만기본계획 ('20, 항만정책과)

- 해양수산부는 2021년부터 2030년까지의 항만개발 및 운영 계획을 담은 「제4차(2021~2030) 전국 항만기본계획」을 확정

* 항만기본계획은 전국에 있는 60개의 무역항과 연안항에 대해 항만의 효율적이고 체계적인 개발과 운영계획을 수립하는 정부 상위계획

- 자율운항 선박, 초고속 해상통신망, 스마트 항만을 연계하는 세계적인 항만모델을 구축하여 글로벌 해상물류시장을 선도할 계획(18.3)을 밝힘

- 이에 따라 해양수산부, 국토교통부, 과학기술정보통신부 등 관계부처 합동으로 스마트 해상물류 구축을 위한 세부전략과 추진과제 도출(19.1)

- (한국형 스마트항만) 한국형 스마트항만 구축을 위해 스마트항만 테스트베드('23~'26)를 구축하고, 이를 통해 부산항 등 국내 주요 항만에 자동화, 지능화 추진

- 부산항과 인천항에서는 항만지능화 및 주체간 연계와 관련된 터미널간 화물운송정보 처리기술 등을 도입하고, 향후 항만자동화와 연계 발전

* 항만물류인프라 스마트 기술개발('21)→자율운항선박 및 시스템 개발('23)→현장검증('25)

- 스마트항만 구축과 연계하여 자율운항선박(해상물류), 자율주행트럭(육상물류) 등 타 운송수단 연결 체계 마련

□ 제5차 해운산업 장기발전계획(2021~2025) ('21, 해운정책과)

- 「해운법」 제37조에 따라 수립·공고해야 하는 법정계획이자 해운산업 육성 지원에 대한 종합적인 국가계획인 제5차 해운산업 장기발전계획은 글로벌 해운산업 리더국가 실현을 위한 비전 아래 4대 추진전략, 13대 중점 과제를 제시

- (스마트·디지털화) 운항효율성을 극대화할 수 있는 자율운항시스템 등 기술개발 및 실증 추진('20~'25, 해수부·산업부)

- 부분 자율운항선박(IMO Level3) 개발(~'25)을 거쳐, 완전 자율운항선박(Level4) 개발 추진

- 자율운항선박의 항만 기항에 대비하여 AI 도선지원 시스템 및 지능형관제시스템(VTS) 등 기술 개발

- 국내 기술의 국제표준 반영 등을 위해 국제협력(IMO 규제식별논의 등) 적극 추진

- 자율운항선박 도입 및 상용화 촉진을 위해 선제적으로 규제사항을 발굴·정비

- 자율운항선박 기술 개발 및 실증 지원, 전문인력 양성 등 체계적 지원을 위해 '자율운항선박 개발 및 상용화 촉진법' 제정 추진

* 자율운항기술 개발 및 상용화 촉진을 위해 실증, 인프라 구축 및 제도개선 등의 지원을 위한 법적 기반 마련 필요

2.1.3 국내 R&D 투자동향

- 정부의 해양 무인이동체 분야 R&D투자 금액은 20년 기준 531억원으로 20%의 성장률*을 나타내며 플랫폼과 기술을 지속적으로 개발하고 있음에도 불구하고, 실제 해양업무 적용에 부진**

* 해양 무인이동체 투자규모 : ('12) 122.6억원 → ('16) 151억원 → ('20) 531.6억원

** 국내 해양무인이동체 활용 애로사항 조사결과 공통기능 중심의 개발로 인해 해양 업무환경에서 활용에는 미흡하고, MRO 부재로 활용성이 떨어지는 것으로 파악

- (정부 R&D 투자규모) 투자규모는 '12년 122.6억원에서 '20년 531.6억원으로 약 4.3배 확대

<표 2-12> 해양 무인이동체 연도별 R&D 투자액('12~'20)

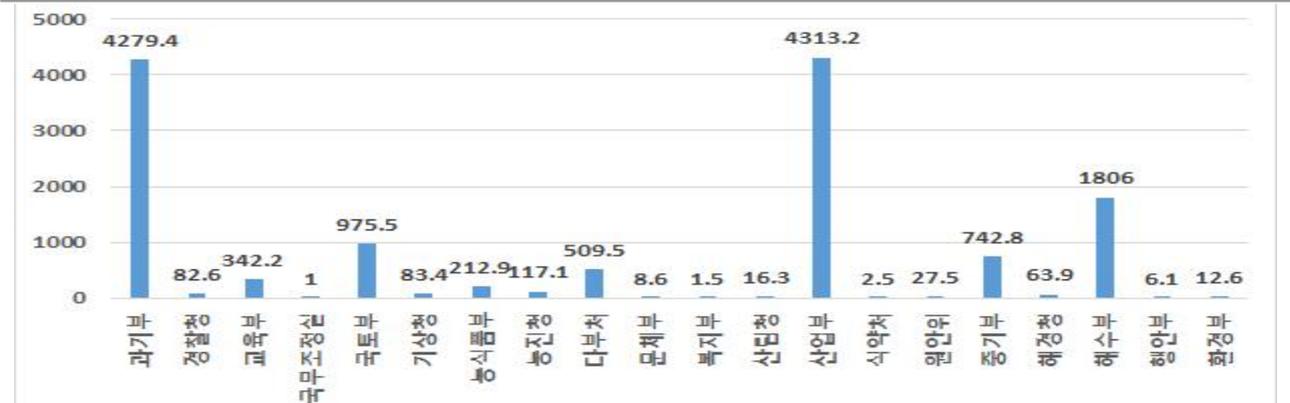
(단위: 억원)

구분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2012-2020 총합계
해양	122.6	142.6	225.0	380.4	151.0	279.7	286.2	212.9	531.6	2331.9

- 정부의 무인이동체 분야 R&D투자 금액은 339.2억('12)→3,800.99억('20)으로 35%의 성장률을 나타내며 지속적 증가 추세('12~'20년 기준)
- (정부 R&D 투자규모) '12년 339.2억원에서 매년 꾸준히 증가하여 '20년 3800.99억원으로 약 11.2배 확대
- 20개 부처가 무인이동체 관련 R&D에 투자하고 있으며, 부처별 무인이동체 R&D투자 금액은 산업부(4,313.2억), 과기부(4,279.4억)가 전체 R&D 투자금액의 63%의 비중을 차지
- 식약처(2.5억), 복지부(1.5억), 국무조정실(1.0억)은 5억 이하로 낮은 R&D투자를 진행하고 있는 것으로 나타남

<표 2-13> 부처별 무인이동체 R&D투자 금액

부처별	금액(억원)	비중
과기부	4279.4	31%
경찰청	82.6	1%
교육부	342.2	3%
국무조정실	1.0	0%
국토부	975.5	7%
기상청	83.4	1%
농식품부	212.9	2%
농진청	117.1	1%
다부처	509.5	4%
문체부	8.6	0%
복지부	1.5	0%
산림청	16.3	0%
산업부	4313.2	32%
식약처	2.5	0%
원안위	27.5	0%
중기부	742.8	5%
해경청	63.9	0%
해수부	1806.0	13%
행안부	6.1	0%
환경부	12.6	0%
총합계	13604.6	100%



○ 정부의 무인이동체 분야 R&D 투자는 부처별 협업을 통해 원천기술-부품개발-실증기 등 쏠주기적 지원을 강화*

* (과기정통부) 원천기술, (국방부) 국방특화기술, (산업부) 실증기 개발, (국토부) 인프라 조성

[그림 2-3] 무인이동체 분야 정부 R&D투자 현황('12~'20)



2.2. 국내외 해양무인이동체 산업동향

2.2.1 해외 산업동향

(1) 시장동향

- (시장규모) 해양무인이동체 시장은 현재 방산중심으로 성장 중이나, 공공·민간용의 확대가 전망되며, 공공분야 성장을 바탕으로 민간 확산 필요
- 23년 해양무인이동체 시장규모는 434억 달러이며, 군수용 시장이 386억 달러로 전체 시장의 89% 비중이고, 공공용 시장이 26억 달러(6%) 수준
 - 한편, 성장률 측면에서는 공공·민간용 17.7%로 군수용(10.1%)보다 가파른 성장세를 보이고 있음

<표 2-14> 해양 무인이동체 글로벌 시장규모

(단위 : 십억 달러)

연도	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	CAGR
전체	43.4	48.2	53.7	59.6	66.1	73.5	81.7	90.8	101.1	112.6	11.2%
군수용	38.6	42.5	47	51.7	56.9	62.6	68.9	75.8	83.4	91.8	10.1%
공공용	2.6	3.0	3.6	4.2	4.9	5.8	6.8	8.0	9.4	11.1	17.7%
민간용	2.2	2.7	3.1	3.7	4.3	5.1	6.0	7.0	8.3	9.7	17.7%



* 출처 : Mordor Intelligence, Global Unmanned Marine Vehicles Market 2021, 2020 무인이동체 산업실태조사 결과보고서를 바탕으로 BASS 모형을 적용하여 추정

- (성장동인) 첨단기술의 성장으로 인한 해양부문 적용 확대와 해양인력 부족으로 인한 무인이동체 도입 가속화 등으로 시장 성장
 - (첨단기술 성장) 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 로봇공학과 같은 첨단 기술의 성장은 해양무인이동체 시장을 성장 유발
 - * 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT)의 발달로 지휘, 통제, 통신, 컴퓨터, 정보, 감시 및 정찰(C4ISR)기능의 통합이 확대되어 복잡한 다중임무 수행의 가능에 따라 시장이 성장
 - 몇 년 동안 기술 및 시스템 비용을 상당한 수준으로 절감될 것으로 예상, 이에 따라 해양무인이동체 도입이 증가할 것
 - (해양수산인력 부족) 선박을 안전하고 효율적으로 운항해야 하는 전문인력으로 수급에 어려움이 있어 무인이동체 도입을 촉진
 - 어촌의 고령화 등으로 수산 분야로도 수요확대가 이어져 민수용 시장의 성장이 가속화 될것으로 전망

※ 참고 : 해양수산인력 부족 실태

◆ 발틱국제해운거래소(BIMCO)/국제해운회의소(ICS)가 공동 조사/발표하는 '해운 인력 보고서'에 따르면, 2015년 해기사 인력 부족률은 2.1%이며, 2025년에는 부족률이 18.3%로 치솟을 것이라고 전망*

* 국내외 자율운항 선박 최근 동향과 시사점(2021, IITP) 재인용

- (민군협력) 해양무인이동체를 통한 작전을 확대하기 위해 주요국은 국방예산을 확대하며, 해양 전력 투자를 강화
 - * 미국은 2020년 국방에 7,250억 달러를 지출
 - ** 중국의 국방예산은 2020년 1,790억 달러에서 2021년 2,090억 달러로 증가
 - 해양무인이동체를 활용한 군사력 증강을 위해 민군협력이 활발하며, 주요국은 국방예산을 통한 해양무인이동체 R&D 투자가 활발
 - * 英 국방과학기술연구소의 R&D 투자로 ASV社 신기술 테스트베드 제공하는 등 군 주도 중

- (제품동향) 해양 생태계 조사 등 전통적 활용영역에서 벗어나, 자율항행, 해양건설 등 활용영역이 확대되며 자율운항, 협력운용 등 첨단기술이 제품에 적용 중이며, 임무가 다양화되고 필요에 따라 대형화 소형화 중
- (상업 분야) 탑승 승무원 없이 원격으로 통제되는 선박들은 스스로 선체의 안정성을 점검하고, 관리자가 결정을 내릴 수 있게 주변환경을 파악하고 정보를 전송하도록 하는데 주안점을 두고 있음
 - IMO와 기술개발업체 등은 완전 자율화 선박이 실현할 이익을 목표로 자동화, 통신, 항법, 사이버 보안에 대한 공통의 국제표준을 설정하고 개발하기 위해 투자를 하고 있음
 - * (Wärtsilä) 완전 자동항해 및 컨테이너 작업이 가능한 바지선 개발 프로젝트 진행 중

[그림 2-4] Wärtsilä社의 친환경 무인 바지선 개념도



* 출처: 해당 회사 홈페이지 참조

- (연구 분야) 해양무인이동체는 연안바다에서 산업 활동의 영향 연구차 수행되는 해양 생태계 모니터링에 적합하며, 임무 기간 및 내구성 향상, 임무 반복성과 운영 비용 절감을 목표로 개발되고 있음
 - 해양탐사를 위한 투자확대와 해양 오염 연구 및 완화의 필요성은 글로벌 연구용 시장의 수요를 견인할 것으로 전망
 - * 노르웨이 해양연구소(IMR)는 해양환경과 자원에 대한 탐사와 관리를 디지털화하기 위한 장기 전략의 일환으로 KONGSBERG社의 USV 2대와 AUV 2대를 활용할 것을 발표
 - '21년 5월, IBM이 기술 파트너 해양 연구기관 ProMare의 연구팀이 인공지능과 태양에너지에 의해 움직이는 세계 최초의 지능형 선박을 건조함
 - * (IBM-ProMare) 황천시 자율항해는 능력을 아직 갖추지 못하여 관련 기술개발 중

- (임무확대) 해양무인이동체의 핵심기술 고도화에 따라 수행가능한 임무의 범위가 확대되고 있음
- (대형화) 미 해군은 정보정찰감시(ISR), 전자전(EW), 전자지능 시스템 등의 다양한 payload를 장착하여 다양한 임무를 수행할 수 있도록 중형무인수상이동체(MUSVs)*의 개발 및 실전배치를 목표로 진행 중

* Medium Unmanned Surface Vehicles

<표 2-15> 군수용 해양 무인이동체 개발 사례

터키 Aselsan社, 무인장갑수상함(ASUV)	러시아해군, 포세이돈(Царыч-6) UUV
	
<ul style="list-style-type: none"> - 최대항속거리 600NM, 80시간 기동, 36knt 속력 목표로 함 - 에어버스社 A400M 여객기로 수송 가능을 목표로 함 - 수상전투, 대잠수함전(ASW)임무 수행 목표로 함 	<ul style="list-style-type: none"> - 핵추진 UUV겸 핵폭탄 탑재 어뢰 - 최대항속거리 1만km, 스텔스 항행 및 급가속 가능 - 목적지까지 자율항해, 목적지에서 표적 획득-추격 수행 - 잠수함에 탑재 후 어뢰발사관을 통한 사출 - 대잠수함전(ASW)임무, 심해 감시 장비 설치 등 활용 가능

(2) 산업구조

- 해양무인이동체 산업은 “시스템/부품 공급社 → 플랫폼 제조社 → 플랫폼 운용社”의 가치사슬을 형성하고 있음

[그림 2-5] 글로벌 해양무인이동체 산업 가치사슬



* 출처 : GLOBAL UNMANNED MARINE VEHICLES MARKET, Mordor Intelligence, 2021

- (시스템 / 부품 공급社) 선박 및 잠수함을 무인·자율화하기 위한 시스템 공급社와 부품 공급社로 구성되어 있음
- (플랫폼 제조社) 대형 제조社를 중심으로 경쟁 관계가 형성되어 있으며, 정부, 해운사, 연구기관 등 최종 플랫폼 운용社의 요구에 부합하는 플랫폼을 개발·설계·제조하여 공급
- (플랫폼 운용社) 대학, 연구기관, MRO기업 등으로 구성되어 있으며, 최종 활용요구에 맞추어 플랫폼을 운영하고, 운용 특성에 따라 제조社에 성능 요구를 하여 플랫폼을 조달하거나, R&D 자금을 지원하기도 함

* 英 국방과학기술연구소의 R&D 투자로 ASV社 신기술 테스트베드 제공, 버지니아 공대는 Dive Technologies社와 차세대 무인수중이동체 공동개발

※ 참고 : 국내 플랫폼 운용 기관 및 기업 부족

- ◆ 국내는 플랫폼 운용을 전문으로 하는 기관·기업이 부족하여 최종 활용자가 해양무인이동체를 활용하기 어려운 구조
- ◆ 이에 따라 해양무인이동체의 개발 이후 활용으로 연결되는데 한계 존재

(3) 핵심플레이어 동향

- 대형 플랫폼 제조사 중심의 통합화가 진행되어 소수 제조사의 산업 내 지배력이 강화되고 있으며, 주요 부품/시스템 기업은 플랫폼 제조부문의 진출이 활발
 - (플랫폼 제조사) 글로벌 주요 제조사의 인수합병으로 대형 기업 중심으로 산업 통합화 중이며, 주요 기업들의 핵심기술 확보 경쟁 심화
 - (통합화) 주요 제조사의 활발한 인수합병으로 소수 대형 기업 중심 통합화가 진행되고 있어 소수 플랫폼 제조사의 산업 내 지배력 강화 중
 - 글로벌 해양무인이동체 선도기업 Kongsberg사는 무인화물선 제조사 Rolls-Royce Commercial Marine사 합병, 선박 모니터링 시스템 공급사 COACH Solutions사 인수
 - * 글로벌 해양무인이동체 선도기업인 Kongsberg사는 유인 및 무인 화물선 선도기업인 Rolls-Royce Commercial Marine사를 2019년 합병하여 30개국 이상에 걸친 서비스 네트워크와 롤스로이스의 해양 추진, 데크 기계, 자동화 및 제어 등 핵심기술을 확보
 - ** 선박모니터링 시스템 공급사 COACH Solutions사 인수를 통해 에너지 효율화 및 선박 관리 디지털화 기술 확보
 - Huntington Ingalls Industries사는 Hydroid(UUV 제조사), Alion S&T (시스템 공급사), Spatial Integrated Systems(자율지능 개발) 등을 인수합병
 - L3 Harris사는 USV 제조사 ASV GLOBAL을 인수하여 무인 off-board 센서, 수상/수중 선박 통합운영 등 역량 강화
 - (기술경쟁) 글로벌 해양무인이동체 시장은 제조사들의 기술혁신 및 플랫폼 개발이 활발히 진행되고 있어 시장 경쟁 치열
 - Reach Subsea사, CHC Navigation사, Airmar Technology사 등 주요 수상무인이동체 제조사는 조사·탐사, 화물 등 제품 포트폴리오를 다양화하며 시장 내 영향력 확대 중이며, 태양열 구동, 정밀센서 등 기술혁신을 통해 경쟁력 강화 중

<표 2-16> 글로벌 해양무인이동체 산업 기술혁신 동향

기업	기술혁신 및 플랫폼 개발 내용	
수상무인이동체	Reach Subsea	<ul style="list-style-type: none"> • 2022년에 2척의 무인 수상 선박(USV)을 출시하고 2025년까지 USV의 전체 서비스 포트폴리오를 제공할 계획 • 2021년 해저 서비스를 위한 새로운 지속 가능한 솔루션을 도입하고, 측량, 검사 및 조명 수리 프로젝트 전용 무인 수상 차량(USV)을 출시
	CHC Navigation	<ul style="list-style-type: none"> • 신형 USV ‘아파치3’를 발표, 호수, 강, 해안 등에서 조사 및 탐사 활동에 활용, 경량급 수상 로봇으로 쉽게 운반 가능
	Airmar Technology	<ul style="list-style-type: none"> • SmartBoat 시스템의 도입(2021) • USV 및 유인 선박용 센서 관리 솔루션이며 모든 주요 해양 센서 프로토콜 및 네트워크 유형과 함께 작동
	SeaRobotics Corporation	<ul style="list-style-type: none"> • SeaRobotics Corporation은 차세대 유틸리티 클래스 ASV인 SR-Utility 3.0을 발표(2021)
	Ocean Aero	<ul style="list-style-type: none"> • 장기적인 해양 관찰 및 데이터 수집을 위해 태양열로 구동되는 USV를 설계, 제작, 테스트 및 제조
	Titan Surveys	<ul style="list-style-type: none"> • 새로운 기함 Teledyne RESON SeaBat T51 Dual Head MBES로 수로 측량선 Titan Endeavour를 업그레이드하기 위한 R&D 투자(2021)
	Mayflower	<ul style="list-style-type: none"> • AI와 태양 에너지로 구동되는 수상무인이동체(Mayflower Autonomous Ship)를 개발하여 해양에서 장시간 데이터를 수집·분석할 수 있음
수중무인이동체	General Dynamics Mission Systems	<ul style="list-style-type: none"> • 전체 수심 측량 기능이 있는 사이드 스캔 소나, 고화질 머신 비전 카메라, 온도 및 압력을 측정할 수 있는 기능이 있는 음속 센서, 탁도 센서 및 형광 측정 기능을 포함한 새로운 UUV Bluefin-9 개발(2018)
	UUV Aquabotix Ltd	<ul style="list-style-type: none"> • 마이크로 UUV SwarmDiver 출시(2018) • 국방 및 보안 응용 프로그램 외에도 연구, 항만 관리 및 해양학에 배치 • 2kg 미만, 75cm, 50m 수직 잠수 기능, 무선 데이터 피드백 등의 기능 내재
	Houston Mechatronics	<ul style="list-style-type: none"> • 해저 로봇 인 아쿠아넷을 발표(2018) • Aquanaut는 30초 이내에 AUV에서 ROV로 변환
	Kawasaki 중공업	<ul style="list-style-type: none"> • AUV의 생산, 판매 및 판매 후 서비스를 전문으로 하는 새로운 자회사인 Kawasaki Subsea 설립(2019) • 개발한 SPICE AUV는 자율지능 기능을 바탕으로 물류 파이프라인 등 해저 자산 검사 작업에 투입되고 있음(2021)
	ThyssenKrupp Marine Systems	<ul style="list-style-type: none"> • 2024년까지 수소 연료 전지와 리튬 이온 배터리로 구동되는 공기 독립적인 연료 전지 추진(AIP) 시스템이 장착되어 있는 UUV 개발 발표

* 출처 : 각 회사의 홈페이지 기재 내용, 관련 기사 등을 참고하여 작성

- (시스템/부품 공급사) 해양 운용환경에 맞는 부품 및 시스템의 중요성이 증가하고 있으며, 이에 따라 주요 공급사는 기술개발에 집중하고 있으며, 플랫폼 제조로 사업영역을 확대 중
- (핵심부품 기반 제조진출) 수상 및 수중의 특수한 환경에 적합한 부품 및 시스템 수급의 중요성이 증가하고, 이에 따라 주요 부품 및 시스템 공급사는 기술개발에 집중하여 경쟁력 있는 제품을 출시
 - * Cambridge Pixel, Sonardyne International 등 주요 부품기업들은 ASV(L3), BAE Systems, SEA-KIT, Kawasaki Heavy Industries 등 다수 글로벌 제조사에 부품 공급 중

<표 2-17> 주요 해양무인이동체 부품기업 동향

기업	동향
Cambridge Pixel	•USV용 레이더 소프트웨어, 센서 처리 및 디스플레이 솔루션 선도기업
Sonardyne International	•USV, AUV, ROV의 추해양 음향, 관성, 광학 및 수중 음파 탐지기 기술의 선도적인 글로벌 공급업체
FarSounder	•3D 전방감시 수중 음파 탐지기(FLS), 수중 네비게이션 공급사
SubCtech	•해양 모니터링 시스템 및 해저 배터리 공급사
SeeByte	•해상 지휘 및 제어 시스템, 해양 자치 SW
Sea Machines	•해양 제어 시스템, 자율 명령 시스템

- 주요 부품 및 시스템 공급사는 차별화된 성능을 갖춘 플랫폼 제조로 사업영역을 확대하고 있음

<표 2-18> 주요 해양무인이동체 부품기업 플랫폼 제조 현황

기업	동향
Dynautics Ltd	•USV 및 UUV용 통신 시스템 및 프로토콜 모뎀 부품 공급업체로 UUV 플랫폼 Phantom 개발
Blue Robotics	•수중추진기, 수중 음파탐지기, 수중 센서 공급업체이며, 해양 원격 운영차량(ROV) BLUEROV2 개발
CHC Navigation	•GNSS Positioning, Navigation Systems 공급사로, USV 플랫폼 APACHE 6 제조
iXblue	•관성 내비게이션 솔루션, 수중 통신, AI 솔루션 등 해양 무인이동 시스템 공급사로, USV 플랫폼 기반 DriX 출시

○ (MRO) Fugro社, C&C Technolog社, DOF Subsea社 등이 해양무인 이동체 MRO 기업이 수요자에 맞춤형 서비스를 제공 중

- Fugro는 수요자 맞춤형 서비스를 제공하기 위해 무인이동체를 활용한 다양한 실증을 수행하며 솔루션을 개발하는 등 MRO기업이 해양 무인이동체 적용과 확산을 주도하는 생태계가 형성되어 있음

* 2021년 해저 파이프라인 점검에 수중무인이동체를 적용하는 솔루션을 실증

<표 2-19> 글로벌 해양무인이동체 MRO 기업 동향

MRO 기업		기업 동향
1	Fugro	<ul style="list-style-type: none"> • 네덜란드에 본사를 둔 해양 및 해저 조사 전문 기업으로 해양무인이동체를 활용하여 서비스 제공 • 서비스 : 해양조사, 지질조사, 인프라 조사, 환경 모니터링 등
2	C&C Technology	<ul style="list-style-type: none"> • 북미에 위치한 해양 조사 및 공간 데이터 서비스를 제공하는 기업으로 무인잠수정을 활용한 해양 자원 탐사, 해양 구조물 조사, 해양데이터 수집 등 솔루션을 제공
3	DOF Subsea	<ul style="list-style-type: none"> • DOF Subsea는 ROV 및 AUV를 사용하여 해저 조사, 구조물 검사, 해양 환경 모니터링 등을 수행
4	UTEC	<ul style="list-style-type: none"> • UTEC는 영국에 위치한 해양 조사 및 공간 데이터 서비스를 제공하는 국제적인 기업 • ROV, AUV, 항공 LiDAR 등의 기술을 활용하여 해양 서비스를 제공
5	Subsea 7	<ul style="list-style-type: none"> • Subsea 7은 국제적인 해양 공학 및 건설 기업으로, 해양 리소스 산업을 위한 종합적인 서비스를 제공하는 회사 • ROV, 잠수정, 잠수 작업 장비 등을 사용하여 정확한 데이터 수집과 해양 구조물 설치 등을 수행
6	NCS Survey	<ul style="list-style-type: none"> • 해양 조사 및 측량 서비스를 제공하는 전문 회사로 해양무인이동체를 활용하여 해양 자원 탐사, 해저 구조물 조사, 해양 환경 모니터링, 해양 건설 및 공간 데이터 수집 등에 관련된 다양한 프로젝트를 수행
7	Offshore	<ul style="list-style-type: none"> • 해양무인이동체를 활용해 해양 자원 탐사, 해양 구조물 설치, 유전 및 가스 생산, 해양 신재생 에너지 등 서비스 제공

* 출처 : 각 회사의 홈페이지 기재 내용, 관련 기사 등을 참고하여 작성

□ 제품 경쟁력과 함께 서비스 경쟁력을 통해 산업 경쟁력을 강화하기 위해 기업 간 협력이 활발하게 진행되고 있음

○ (수상무인이동체) 수소 에너지, 자율운항 강화 등을 위해 기업간 공동개발 및 기술협력이 활발히 진행 중

- Acua-Ocean社は 하리움산업社와 함께 수소 무인선을 공동개발 중

- Sefine Shipyard社は Aselsan社の 자율시스템, 통신 등의 기술을 제공에 대한 기술협력 제휴를 체결

<표 2-20> 글로벌 수상무인이동체 산업 기업협력 동향

협력기업		협력내용	협력유형
1	Acua-Ocean 하리움산업	<ul style="list-style-type: none"> 수소 무인선박에 필요한 수중 액화수소탱크, 파워팩을 제조하는 하리움산업과 제휴하여 수소 무인선 개발(2021) 	공동개발
2	Wärtsilä HAROPA DeltaPort	<ul style="list-style-type: none"> Wärtsilä는 MAGPIE(sMArt Green Ports as Integrated Efficient multimodal hubs)라는 연구 프로젝트를 통해 자율무공해 바지선을 개발 중(2021) 	공동개발
3	Thales L3Harris	<ul style="list-style-type: none"> 탈레스와 L3해리스는 함께 새로운 종류의 대잠수함용 USV를 개발(2021) 4년의 기간 동안 4,000시간의 시험 자율 엔진, 기뢰 탐지 및 분류, 실시간 데이터 전송 가능 	공동개발
4	Sefine Shipyard Aselsan	<ul style="list-style-type: none"> Sefine Shipyard는 USV 건조를 주도하고 Aselsan은 자율 시스템, 통신, 전자 광학 센서 및 원격 제어 무기 스테이션(RCWS)에 대한 전문성을 기여(2021) 	기술협력

* 출처 : 각 회사의 홈페이지 기재 내용, 관련 기사 등을 참고하여 작성

- (수중 무인이동체) 주요 기업들은 서비스경쟁력을 제고하기 위해 기업간 기능제휴를 활발히 추진 중
 - Kongsberg Digital社는 디지털 솔루션 기능의 개선을 위해 해양자원 개발기업 Aker BP 계약을 체결, 실시간 클라우드 기반 데이터 접근, 의사결정 지원 등 데이터 관련 서비스 경쟁력 강화
 - ThayerMahan社는 관성 항법, 해저 포지셔닝, 수중 이미징 등 기술을 보유한 Ixblue社와의 제휴를 통해 무인 해양측량 서비스를 제공
 - UST社는 해양무인이동체 인공지능 기술개발 기업인 Charles River Analytics社와 제휴하여 국방, 상업 운송, 석유 및 가스, 해상 풍력, 지리 조사 등의 서비스 경쟁력 강화
 - Houston Mechatronics社는 해조 조사 서비스 전문기업 Stinger Technology AS社와 협업을 통해 노르웨이 석유 및 가스시장 진출
- Boxfish Research社는 수중 자산관리 부문 경쟁력을 제고하기 위해 해저조명 전문회사 Transmark Subsea社와 기술협력 및 기체 공동 설계를 하여 서비스 부문 경쟁력 제고 중

<표 2-21> 글로벌 수중무인이동체 산업 기업협력 동향

협력기업		협력내용	협력유형
1	Kongsberg Digital	<ul style="list-style-type: none"> • 디지털 솔루션을 개선하기 위해 Aker BP와 새로운 연장 계약을 체결 • 실시간 클라우드 기반 데이터 접근을 가능하게 하고 의사 결정을 지원 	기능제휴
	Aker BP		
2	ThayerMahan	<ul style="list-style-type: none"> • ThayerMahan과 Ixblue가 협력하여 무인 해양측량 서비스를 제공 • 해양 재생 에너지, 석유 및 가스, 수로 측량, ISR, 모니터링 및 추적 작업에 사용 	기능제휴
	Ixblue		
3	NORTHROP GRUMMAN	<ul style="list-style-type: none"> • 호주의 Marand Precision Engineering과 Moorabbin 시설에서 AQS-24B 견인 지뢰 찾기 시스템의 구성 요소를 제조 	기능제휴
	Marand Precision Engineering		
4	UST	<ul style="list-style-type: none"> • UST(Unmanned Systems Technology)는 UUV, USV 및 기타 무인이동체용 지능형 기술 개발자인 Charles River Analytics와 제휴 • 다양한 분야에 적합한 UUV 솔루션을 시연 	기능제휴
	Charles River Analytics		

협력기업		협력내용	협력유형
5	Houston Mechatronics Inc.	<ul style="list-style-type: none"> • Stinger Technology AS와 협업 계약 • 노르웨이 석유 및 가스 시장 내에서 IRM 운영을 목표로 하고, 이에 필요한 AUV/ROV 및 필요한 서비스를 제공 	기능제휴
	Stinger Technology AS		
6	Ocean Infinity	<ul style="list-style-type: none"> • ExxonMobil과 자율 수중 이동체(AUV) 공급 계약을 체결 • 연구용 데이터 수집에 활용 	기능제휴
	ExxonMobil		
7	HII Technical Solutions	<ul style="list-style-type: none"> • Spatial Integrated Systems Inc.와 제휴 • 정보, 감시, 정찰, 항만 순찰, 고부가가치 부대 호위 임무, 탑재물 운반, 지뢰 제거 서비스 고도화 	기능제휴
	Spatial Integrated Systems Inc.		
8	Boxfish Research	<ul style="list-style-type: none"> • Boxfish Research는 수중 자산의 지속적인 모니터링을 위해 해저 조명 전문회사 Transmark Subsea와 협력하여 기술협력 및 공동 기체 설계 	기술협력
	Transmark Subsea		

* 출처 : 각 회사의 홈페이지 기재 내용, 관련 기사 등을 참고하여 작성

2.2.2 국내 산업동향

(1) 시장동향

□ (시장동향) 해양무인이동체 시장은 '20년 급성장하고, 공공개발 및 기업펀드 등 공공을 중심으로 성장 중

- * 국내 무인이동체 수요처는 정부 43%, 공공기관 23.5%, 민간기업 23.5% 수준
- ** 무인이동체 활용 공공서비스 추진(해양쓰레기 현장정보 수집), 스마트선박 등 해양 무인이동체 기업육성 펀드 신설 (해양모태펀트)

○ (시장규모) 국내 해양 무인이동체 시장은 '20년 기준 407억원으로 '15년 대비 연평균 107% 성장률을 나타냄

- (수요처별 시장규모) '20년 해양 무인이동체 수요처별 시장규모는 해외 수출*이 222억원으로 가장 많았고, 공공기관이 86억원, 민간기업이 72억원, 일반소비자 20억원, 정부부처가 6억원 등으로 나타남

- * 해양 무인이동체의 해외 수출의 경우 2018년 1.5억원, 2019년 53억원, 2020년 222억원으로 3년간 약 148배 증가함

<표 2-22> 해양 무인이동체 국내 시장규모

(단위 : 백만원)

연도	'15	'16	'17	'18	'19	'20	CAGR
해양	1,076	21,570	10,405	15,662	15,907	40,686	107%



* 출처 : 2020년 무인이동체 산업실태조사 결과 보고서, 한국항공우주연구원 ('21.11)

○ (민군협력) 무인이동체 최대 수요처인 군과 민의 겸용 표준 제정을 통해 공공부문 활용성을 극대화함으로써 산업체가 대량생산할 수 있는 기반을 강화하고, 군 및 공공부문은 원활한 획득과 유지보수를 보장

- * 한화시스템에서 개발한 '아우라(AURA)'는 무기체계뿐만 아니라 무인 양식장 감시, 해상구조물 자율점검 등 민간 분야에서도 활용

핵심플레이어 동향

- 국내 해양무인이동체 산업은 한화시스템과 LIG넥스원 등 방위산업 중심으로 수중 무인이동체 기업이 기술혁신을 하고 있으며, 로보스택(ROV), 기가알에프(USV), 세이프텍리서치(USV) 등 기업도 기술혁신을 통해 경쟁력 제고 중
 - 한화시스템은 군집 수색자율 무인잠수정 개발을 위해 선박해양플랜트연구소, 한국로봇융합연구원, KAIST, 한국해양대 등과 산학연 컨소시엄을 구성, ‘군집수색 자율무인잠수정 및 운용시스템 개발’
 - 군집제어, 정밀탐색, 실시간 통제 기술을 적용해 수색 능력을 강화시켜 인명구조의 골든타임을 사수하는 것을 목표로 개발
 - LIG넥스원은 해양작전용 수상무인이동체 Sea Sword3과 수중자율기뢰탐색체 개발로 해양무인이동체 제품라인을 강화
 - 로보스택, 영풍산업 등 중소 해양무인이동체 제조기업도 제품경쟁력 강화를 위해 실증시험을 하는 등 기술혁신 중
- 삼성중공업, 대우조선해양 등 국내 조선사는 세계 일류 조선기술을 바탕으로 무인선박 선진국을 추격을 위해 적극 투자
 - 삼성중공업은 자율운항선박의 핵심 기술인 자율항해시스템과 항로, 연료, 컨테이너 상황 등의 데이터 수집 솔루션 플랫폼 기술을 독자 개발하여 각각 SAS, S-VESSEL로 기술 명명
 - 자율운항 선박의 S-VESSEL 플랫폼을 통해 항로, 연료 등 각종 데이터를 수집하고, SAS가 해상 환경변화에 스스로 대응하는 방식으로 운행하는 구조
 - 삼성중공업의 1세대 원격자율운항 모형선인 EasyGo를 실증하여 시장 진출 가속화

- 대우조선해양은 2019년 9월부터 현대상선과 협력해 자율운항선박 기술개발에 박차를 가하고 있으며, 최적 운항 경로를 제안해 운항 비용을 절감할 수 있는 ‘스마트 내비게이션’ 시스템도 개발하여 기술경쟁력에 우위를 차지하고 있음

<표 2-23> 국내 해양무인이동체 제품

구분	한화시스템	LIG넥스원	로보스텍	삼성중공업
	군집수색 무인잠수정	Sea Sword3	ROVO-3	EasyGo
제품				
특징	<ul style="list-style-type: none"> • 한화시스템이 주축이 되어 산학연 컨소시엄 개발 중 • 수중에서 군집운항을 통해 신속한 작전 수행 	<ul style="list-style-type: none"> • 해양 범용 작전용 수상무인이동체 • 인공지능 기반 자율항법/장애물 회피기술을 장착 • 8명의 인원이 탑승가능하며 4일간 항해 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 제품은 최대 150m까지 잠수가 가능 • 수중 시설물 점검, 해저 케이블/파이프 라인 점검, 선박의 선체 검사 등에 활용 	<ul style="list-style-type: none"> • 목적지를 입력하면 최적인항 경로를 스스로 탐색해 항해하면서 주변 장애물까지 피하는 자율운항 가능 • 원거리 제어

* 출처 : 각 회사의 홈페이지 기재 내용, 관련 기사 등을 참고하여 작성

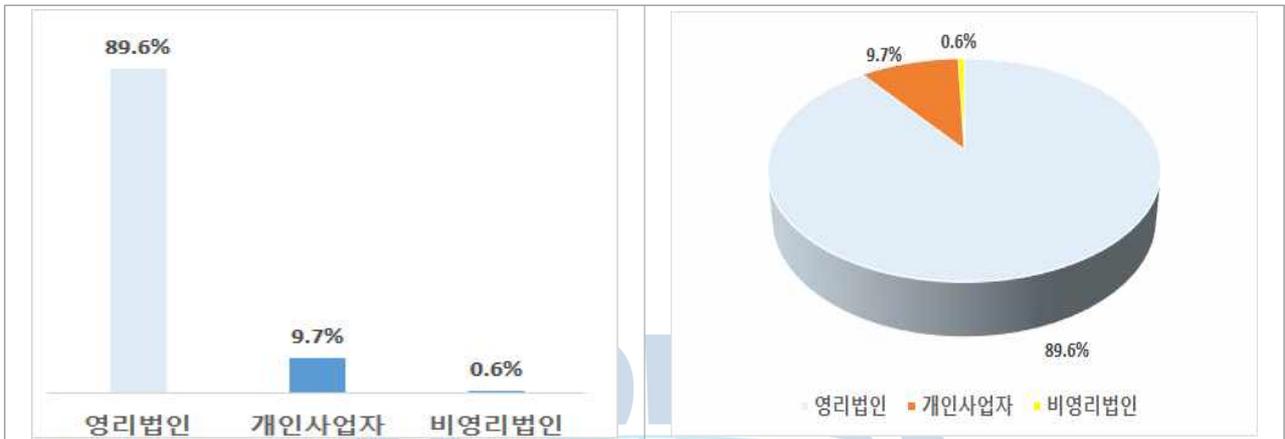
- 국내에서도 해양무인이동체 유지보수를 강화하기 위한 시도들이 진행되고 있으나, 해외와 같이 산업생태계를 형성하지 못하고 공공에서 주도하고 있음
 - 경상북도와 KIOST는 심해연구를 위한 운영지원센터를 설립하여 심해연구용 장비 및 무인이동체의 운영관리를 지원 중
 - * ROV, AUV, 해저케이블 등 장비를 보유하여 해양연구활동을 지원
 - 선박해양플랜트연구소는 해양무인이동체 운용을 위한 디지털 트윈 기술을 개발 중
 - 민간이 해양무인이동체를 여러 분야에 적용하고 솔루션을 개발하는 해외와 달리 국내는 공공기관 중심의 MRO 생태계가 형성되고 있음

국내 산업실태

□ 국내 산업동향

- (조직형태) '20년 기준으로 영리법인이 276개(89.6%)로 큰 비중을 차지, 그 다음으로는 법인 등록 없는 개인사업자가 30개(9.7%), 비영리법인이 2개(0.6%) 순으로 나타남

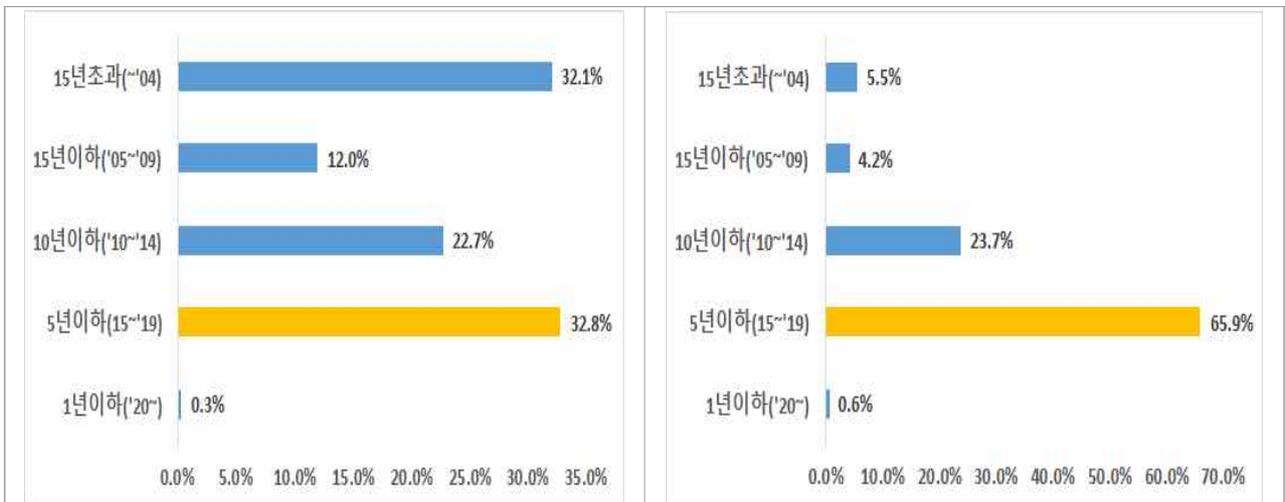
[그림 2-6] 국내 무인이동체 기업 조직 형태



* 출처 : 2020년 무인이동체 산업실태조사 결과 보고서, 한국항공우주연구원 (2021)

- (업력) 무인이동체 산업을 영위하는 기업체의 업력은 5년 이하('15~'19) 기업이 65.9%로 3분의 2로 가장 많았으며, 다음으로 10년 이하된 기업('10~'14)이 23.7%를 차지

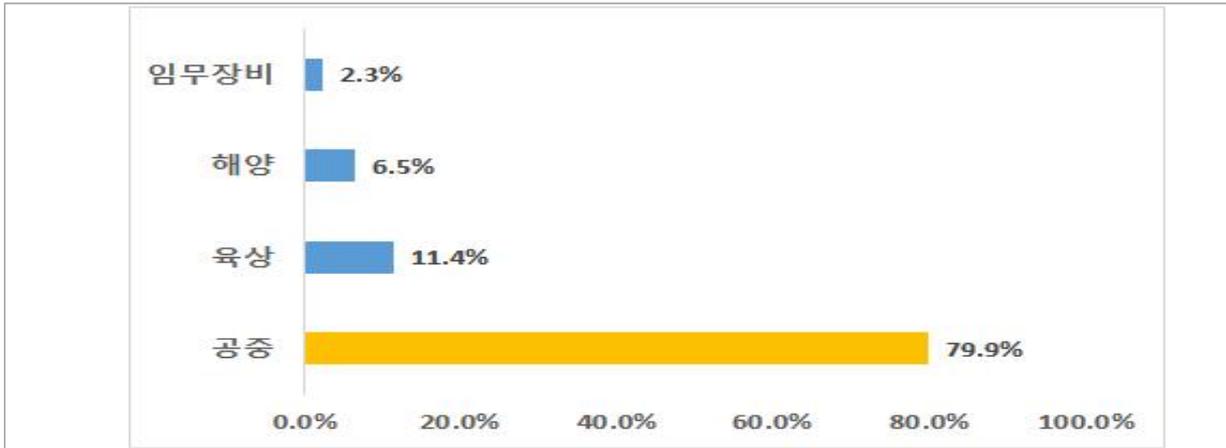
[그림 2-7] 국내 무인이동체 사업 참여 개시연도별 업력



* 출처 : 2020년 무인이동체 산업실태조사 결과 보고서, 한국항공우주연구원 (2021)

- (종사 분야) 246개 기업(79.9%)이 공중(UAV) 분야에 종사하며, 35개 기업(11.4%)이 육상(UGV), 20개(6.5%)의 기업이 해양(USV/UUV), 7개(2.3%)기업이 임무장비에 종사하는 것으로 조사됨

[그림 2-8] 국내 무인이동체 관련 종사 분야



* 출처 : 2019년 무인이동체 및 드론활용 실태조사 보고서, 한국항공우주연구원 (2020)

- (기업체) 국내 무인이동체 산업을 영위하는 사업체 수는 2020년 기준 308개로, 2015년(44개) 이후 연평균성장률 48% 수준으로 증가
- 2020년 기준 공중플랫폼 기업체 수가 246개로 79.9%를 차지하며 가장 많고, 육상 35개(11.4%), 해상 20개(6.5%), 임무장비 7개(2.3%) 순서로 기업체가 분포하고 있음

<표 2-24> 국내 무인이동체 기업체 수

구분	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	비중 (2020기준)	CAGR
공중	33개	43개	82개	184개	212개	246개	79.9%	49%
육상	8개	2개	11개	29개	32개	35개	11.4%	34%
해상	2개	8개	14개	19개	20개	20개	6.5%	58%
임무장비	1개	-	25개	1개	6개	7개	2.3%	48%
총계	44개	53개	132개	233개	270개	308개	100%	48%



□ 무인이동체 인력현황

○ (기업규모별) 무인이동체 관련 종사인력은 '15년 521명에서 '20년 3,131명으로 증가하고, 이중 대기업이 671명, 중소기업이 2,460명으로 나타남

- 종사인력은 연평균 43%의 증가율로 나타남

<표 2-25> 국내 무인이동체 기업규모별 종사인원

(단위 : 명)

구분	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
기업규모별 종사인원						
대기업	-	652	621	643	918	671
중소기업	618	556	1,019	2,100	2,168	2,460
총계	618	1,208	1,640	2,743	3,086	3,131



○ (플랫폼별) 플랫폼 유형별로 보면 UAV의 종사인력이 '20년 기준 2,342명으로 전체 종사자의 75% 수준이며, 전체 플랫폼 유형별로 종사인력은 증가 중임

<표 2-26> 국내 무인이동체 플랫폼별 종사인원

구분	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	비중 (2020기준)	CAGR
공중	302명	1,085명	1,435명	2,116명	2,342명	2,342명	74.8%	51%
육상	176명	31명	117명	432명	522명	626명	20.0%	29%
해상	35명	71명	62명	173명	166명	124명	4.0%	29%
임무장비	8명	21명	26명	22명	56명	39명	1.2%	37%
총계	521명	1,208명	1,640명	2,743명	3,086명	3,131명	100.0%	43%

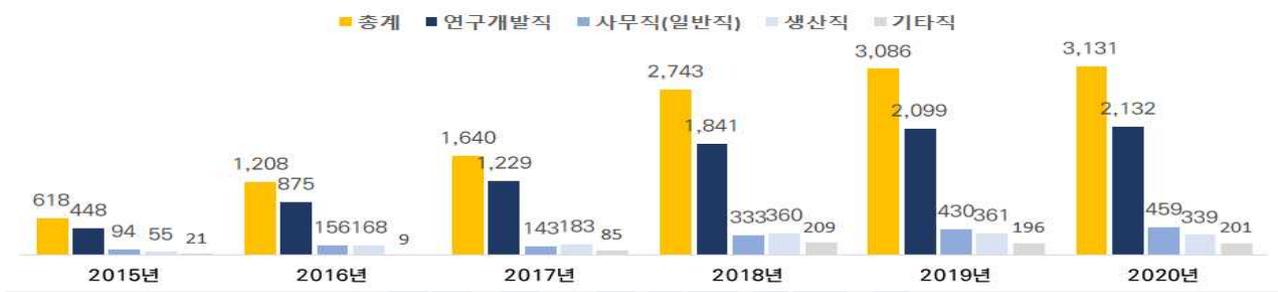


- (직무유형별) 직무유형별로는 '20년 기준 연구개발직이 2,132명(71%)으로 가장 크며, 사무직 459명(15%), 생산직이 각각 339명(11%), 기타직 201명(6%)으로 나타남

<표 2-27> 국내 무인이동체 직무별 종사자인원

(단위 : 명)

구분	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
연구개발직	448	875	1,229	1,841	2,099	2,132
사무직	94	156	143	333	430	459
생산직	55	168	183	360	361	339
기타직	21	9	85	209	196	201
총계	618	1,208	1,640	2,743	3,086	3,131



□ 무인이동체 매출액 추이

- (매출액) 국내 무인이동체 산업의 매출액은 2015년 53,675백만원에서 2020년 678,352백만원으로 증가하여 연평균 66% 성장률을 나타냄
- 한편, 기업당 매출액은 2020년 기준 2,202백만원으로 연평균성장률은 13%로 전체 매출액 성장에 비해 적은 수준으로 나타나 매출이 발생하는 소수기업들이 산업 매출액 성장을 견인하고 있음

<표 2-28> 국내 무인이동체 산업 매출동향

(단위 : 십억 달러)

구분	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	CAGR
공중							
매출액	38,668	207,580	240,322	279,759	378,890	548,406	70%
기업당매출액	1,171.76	4,827.44	2,930.76	1,520.43	1,787.22	2,229.29	14%
육상							
매출액	1,076	21,844	10,405	68,577	61,208	81,081	137%
기업당매출액	134.50	10,922.00	945.91	2,364.72	1,912.75	2,316.60	77%
해상							
매출액	13,931	2,020	2,400	15,662	15,907	40,686	24%
기업당매출액	6,965.50	252.50	171.43	824.32	795.35	2,034.30	-22%
임무장비							
매출액	-	-	-	-	6,920	8,179	-
기업당매출액	-	-	-	-	1,153.33	1,168.43	-
총매출액	53,675	231,444	253,127	363,998	462,925	678,352	66%
기업당매출액	1,219.89	4,366.87	1,917.63	1,562.22	1,714.54	2,202.44	13%



○ (기업규모별 매출액) 대기업과 중소기업의 매출액 편차는 '19년 이후 비슷한 규모로 나타나지만, 기업수를 고려하면 대기업의 기업당 매출이 높음

<표 2-29> 국내 무인이동체 기업규모별 매출액 현황

(단위 : 백만원)

구분		2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
기업 규모별 매출	대기업	-	43,695	109,134	231,813	225,618	339,226
	중소기업	53,675	187,749	144,033	132,185	237,307	339,126
	총계	53,675	231,444	253,167	363,998	462,925	678,352

■ 대기업 ■ 중소기업

단위 : 백만원



⇒ 국내 무인이동체 산업의 양적 성장(기업체수, 종사자수, 매출액)은 진행되고 있으나, 각 기업이 역량을 갖추는 질적성장 필요

□ 무인이동체 교역 추이

- (교역규모) 국내 무인이동체 산업 교역규모는 2020년 60,714백만원으로 2015년(17,914백만원) 대비 28% 성장하였으며, 해외교역에서 수출액이 69%, 수입액이 31% 비중을 차지하고 있음
 - 수출금액은 증가하고 있으나, 수입금액의 증가도 병행되고 있어 교역금액에서 수출액 비중은 정체되어 있음
 - 국내 무인이동체 산업의 글로벌 경쟁력이 상승하였으나, 해외 주요국에 대한 수입의존도 지속되고 있는 것으로 나타남

<표 2-30> 국내 무인이동체 산업 교역규모

(단위 : 백만원)

구분	2015년		2016년		2017년		2018년		2019년		2020년		CAGR
	금액	비중											
수출액	12,870	72%	15,975	72%	10,209	40%	14,354	40%	25,118	54%	41,705	69%	27%
수입액	5,044	28%	6,118	28%	15,535	60%	21,735	60%	21,457	46%	19,009	31%	30%
총계	12,870	100%	15,975	100%	10,209	100%	14,354	100%	25,118	100%	41,705	100%	28%

- (수출) 무인이동체 수출액은 '20년 기준 41,705백만원이고, 매년 수출액 및 수출기업은 증가추세이나, 17년 이후 무역수지 적자 지속 중
 - 플랫폼별로는 '20년 기준 UMV의 수출액이 가장 크게 나타나 22,204백만원(53%)이며, UAV, UGV 순서임
 - 다만, '19년 이전까지 UAV의 수출액이 가장 큰 비중을 차지하고 있었음
- (수입) 수입액은 지속 증가중이나, '20년 소폭 감소하여 19,009백만원으로 나타나며, UAV에 대한 수입액이 가장 큰 비중을 차지하고 있음
 - 플랫폼별로는 '20년 기준 UAV의 수입액이 가장 크게 나타나 16,142백만원(84%)이며, UMV, 임무장비, UGV 순서임

<표 2-31> 국내 무인이동체 수출수입액 및 기업수

(단위 : 백만원, 개)

구분		2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
수출액	UAV	7,345	15,957	10,186	9,719	16,175	15,714
	UGV	3,865	18	23	4,485	3,597	3,787
	UMV	1,660	-	-	150	5,346	22,204
	임무장비	-	-	-	-	-	-
	수출계	12,870	15,975	10,209	14,354	25,118	41,705
	수출기업수	4	6	9	19	23	26
수입액	UAV	4,406	5,526	14,746	18,705	19,007	16,142
	UGV	235	545	312	1,205	930	589
	UMV	403	47	477	825	490	1,293
	임무장비	-	-	-	1,000	1,030	985
	수입계	5,044	6,118	15,535	21,735	21,457	19,009
	수입기업수	19	17	27	80	63	61

○ (수요처 비중) 2020년 기준 국내 무인이동체 산업의 수요처별 매출액은 정부부처 291,691백만원(43%), 공공기관 159,413백만원(23.5%) 민간기업 135,670백만원(20%) 등의 순서로, 정부 및 공공기관 수요에 의존하고 있음

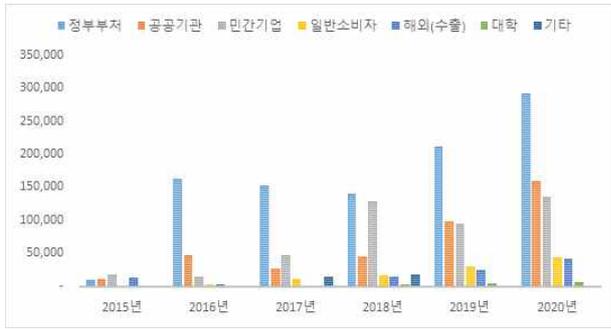
- 정부 및 공공기관 수요 비중은 2016년 이후 지속적 감소하고 있고, 민간기업 수요와 일반소비, 해외수출도 지속 증가하고 있으나, 여전히 정부 및 공공기관 수요 비중이 산업 매출의 과반이상임

<표 2-32> 국내 무인이동체 산업 수요처 현황 및 비중

(단위 : 백만원)

구분	2015년		2016년		2017년		2018년		2019년		2020년		CA GR
	금액	비중	금액	비중	금액	비중	금액	비중	금액	비중	금액	비중	
정부부처	9,961	19%	161,791	70%	151,599	60%	139,902	38%	211,072	46%	291,691	430%	13%
공공기관	11,711	22%	47,253	20%	26,001	10%	44,427	12%	98,043	21%	159,413	235%	28%
민간기업	17,703	33%	14,663	6%	47,210	19%	129,185	35%	94,219	20%	135,670	200%	56%
일반소비자	-	0%	3,381	1%	11,672	5%	16,095	4%	29,972	6%	43,415	6.4%	67%
해외(수출)	12,870	24%	2,968	1%	1,228	0%	14,354	4%	25,098	5%	41,379	6.1%	69%
대학	279	1%	1,388	1%	1,422	1%	2,171	1%	4,521	1%	6,105	0.9%	34%
기타	1,151	2%	-	0%	14,035	6%	17,864	5%	-	0%	678	0.1%	-
총계	53,675	100%	231,444	100%	253,167	100%	363,998	100%	462,925	100%	678,352	100%	24%

<연도별 수요처별 매출액>



<수요처별 비중>



- ⇒ 국내 무인이동체 산업의 성장은 공공부문의 수요가 견인하고 있으며, 이러한 양상은 주요국에서도 비슷하게 나타나고 있어 민간시장 활성화 전까지 공공부문 수요를 통해 시장을 유지하고 국내기업 경쟁력을 강화시켜야 함
- ⇒ 민간시장의 성장을 위해 제도개선이 진행(드론3법 개정, UAM 로드맵 등)되고 있으며, 제도개선에 맞추어 시장성장을 견인할 핵심기술 개발과 국내 산업 경쟁력 제고가 요구됨

※ 산업동향 시사점

- ◆ 해양무인이동체는 해양이라는 특수한 환경에서 운용하는 점에서 실사용자가 활용할 수 있도록 현장화가 중요하며, 운영 및 유지보수의 역할도 중요
- ◆ 해외의 경우 운영 및 유지보수 전문 기관들이 현장 활용성을 향상시키는 한편, 기업간 협력이 활발하여 기술의 상용화가 활발히 진행되고 있음
- ◆ 한편, 국내는 운영 및 유지보수에 공백이 있어 현장 활용에도 어려움이 존재
- ◆ 아울러 공공 중심의 시장이 형성되어 있고, 민간의 생태계 조성이 부족한 실정에서 공공중심의 수요를 창출하여 민간의 혁신역량을 향상시킬 필요 있음

2.3. 국내외 해양무인이동체 개발·활용동향

※ 주요 동향

- ◆ (해외) 해저면조사, 폐기물 수집, 건설, 감시 등 다양한 임무 중심의 플랫폼 개발로 실용화 가능성이 높아지고, 해양수산업무 수행을 위한 무인이동체 활용성이 증가
- ◆ (국내) 무인이동체의 점진적 기술혁신을 통해 고성능·고신뢰성 등 성능 고도화를 이루고 있으나, 특정한 해양 임무에 개발한 플랫폼 적용성은 부족
 - 이에 따라 해외에서 개발한 플랫폼을 국내로 도입하여 해양조사에 적용하는 활용 사례*도 존재하여, 국내도 다양한 해양 업무와 활용도를 목표로 플랫폼 개발 필요
 - * 美, Liquid Robotics社의 자율항해 시스템을 갖춘 수중무인탐사체(웨이브 글라이더) 이용하여 원거리 해역인 울릉도나 독도 부근 해역의 해저 지형 관측, 파고 및 파향 등의 정밀자료를 획득하는데 활용

2.3.1 해외 개발·활용동향

(1) 해양분야

- (해양조사) 해양조사를 위한 무인선박, 잠수정, 수중로봇 등의 무인이동체 개발로 활용성을 높여 해저 생태계 관찰, 환경데이터 수집 등 해저 지형탐사 수행

<표 2-33> 해외 해양무인이동체의 해양조사 업무 개발 및 활용

국가	해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
미국	 오르페우스(2021)	우즈홀 해양 연구소	AUV	해저 조사	<ul style="list-style-type: none"> • 해저생태계관찰 및 2만피트(약 6,000미터) 해저지대를 3D지도로 구현하기 위한 250kg의 자율운행 UUV
	 Glider(2020)	美 해양 대기청	AUV	해저 조사	<ul style="list-style-type: none"> • 기후위기 및 허리케인데이터 수집을 위한 수중 무인이동체 • 해수면 아래 0.5마일(약800미터) 이내를 유영

국가	해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
	 오징어로봇(2015)	캘리포니아대	ROV	해저 조사	<ul style="list-style-type: none"> 산호나 해양 생물을 해치지 않고 수중 환경을 탐험하기 위한 목적으로 물 분사로 스스로 움직이는 오징어 로봇 개발 몸을 압축해 에너지를 방출하고 물 분사를 사용해 추진하는 방식
중국	 주하이원호(2021)	남해 과학 공학 광동 연구소	USV	해저 조사	<ul style="list-style-type: none"> AI를 이용, 실시간 3차원 해양 관측 데이터 획득이 가능한 세계 최초 지능형 무인 선박 개발 10여개의 다양한 관측장비 탑재 가능
영국	 맥스라이머(2019)	SEA-KIT	USV	해저 조사	<ul style="list-style-type: none"> 대서양 무인운항에 성공, 깊이약1km인 대륙붕 1000km² 이상 해역의 해저지도 제작
호주	 세일드론(2018)	Saildrone	USV	해저 조사	<ul style="list-style-type: none"> 기후위기 대응차원에서 해양 및 기후 연구를 목표로 해양에서 장시간 무인 운용 가능한 USV 풍력, 태양열 등으로 최대 12개월간 무인운행 가능
	 PROD(2005)	Benthic Geotech Pty LTD	USV	해저 조사	<ul style="list-style-type: none"> 해저 지반조사 로봇 해저 착저식으로 운용되는 해양지반 조사 전용 장비

□ (해양관리) 주요국에서는 해양 환경 개선과 건설을 위한 특정 임무용 플랫폼을 개발하여 해양 환경을 관리

- 해양 쓰레기 정보를 수집·수거하는 무인 청소로봇과 기름 유출 대응 무인선 등의 정화활동으로 해양환경을 관리하고, 강한 조류에도 투입 가능한 수중건설로봇을 활용하여 파이프라인 등 구축

<표 2-34> 해외 해양무인이동체의 해양관리 업무 개발 및 활용

국가	해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
프랑스	 젤리피시봇(2021)	이야 디스	AUV	해양 폐기물 수집	<ul style="list-style-type: none"> • 해양을 이동하며 쓰레기 수거 • 기름 유출 사고에도 투입 • 여행 가방과 같은 크기로 구석 사이를 손쉽게 이동
	 SPIDER ROV(2017)	Nexans	ROV	해양 건설	<ul style="list-style-type: none"> • 해저용 원격조정 굴삭기 • 6개의 수중카메라 시스템과음파센서, 압력센서, 기압센서 등의 여러 센서 시스템을 구비 • 해상의 조종사는 화면을 통하여 전송되는 데이터를 바탕으로 100~200mm의 정밀도로 굴삭기를 조정
미국	 Chinook Inspection ROV(2021)	SEAMOR Marine	AUV	해양 폐기물 수집	<ul style="list-style-type: none"> • 바다 속으로 추락한 수송기 잔해조사 및 수거
	 MARCO skimming vessel(2019)	Sea Machines Robotics	USV	해양 폐기물 수집	<ul style="list-style-type: none"> • 세계 최초 자율 기름 유출 대응 무인선
	 Freedom AUV(2019)	Oceanering	AUV	해양 건설	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 직경의 파이프라인에 대한 저고도 검사 및 조사를 수행 • 고해상도 측량 데이터를 제공하는 해저에서 3-5m 고도 사이에서 파이프라인을 추적 • 정찰 및 해저 매핑을 위해 8m 고도에서 파이프라인을 추적
덴마크	 WasteShark(2021)	RanMarine Technology	USV	해양 폐기물 수집	<ul style="list-style-type: none"> • 덴마크 오르후스항 인근에 떠다니는 유막과 부유물 수거 등 해안 환경 개선을 위한 쓰레기 수거용 수상 드론 • 일 16시간 동안 최대 500kg의 폐기물 수거 가능

□ (해양감시) 미국, 러시아, 중국 등 다양한 플랫폼을 군사용 목적으로 활용하여 정찰, 지뢰 제거와 같은 해양감시 임무 수행

<표 2-35> 해외 해양무인이동체의 해양감시 업무 개발 및 활용

국가	해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
미국	 Riptide Micro-UUV(2018)	Riptide Autonomous Solutions	UUV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> 특수 목적의 감시정찰, 천해 지역 기뢰 무력화, 대테러, 시설보호, 통신 네트워크를 제공하는 용도
	 Echo Voyager(2011)	The Boeing Company	UUV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> 지속적인 감시정찰, 매복형 대잠전, 장거리 해양조사, 특수작전용 이송 등의 목적
	 Sea Hawk(2022)	RIMPAC	USV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> 유인 플랫폼 및 해당 기능과 직접 협력하여 추가 감지 기능 및 분산 감지 기능을 제공 표적화 관점에서 치사율을 높이고, 적에 대한 역표적 기능을 제공
	 RiptideTM(2021)	BAE Systems	UUV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> 9인치 직경 플랫폼은 큰 탑재량과 전력 용량, 쉬운 발사 및 복구 물류로 인해 임무 수행에 권장
	 Manta Ray UUV(2021)	DARPA	UUV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> Manta Ray Project)를 통해 전익기 스텔스기 형태를 갖춘 자율형 무인 수중드론(UUV)의 개발 추진 드론이 바다 밑바닥에서 해류를 이용하는 시스템을 내보내 배터리를 스스로 충전하는 방식으로 스스로 에너지를 조달해 장시간 임무 수행이 가능한 것이 특징
	 ACTUV(2016)	Leidos	UUV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> 미 해군연구소(NRL)와 합작으로 잠수함을 지속적으로 추적하는 무인선박 '액튜브(ACTUV, ASW Continuous Trail Unmanned Vessel)' 개발 드론 쉽(Drone Ship)이라고 알려진 ACTUV은 대잠전을 목표로 개발

국가	해양무인이동체	개발기관	플랫폼	활용분야	주요 내용
	 Snakehead(2022)	NUWC	UUV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> • 모듈식 LDUUV '스네이크 헤드'는 핵 추진 잠수함 안에 실려 있다가 작전이 시작되면 물속에 발사하는 형태 • 아군 잠수함 주변에 있는 적 잠수함이나 구축함 등을 정찰하는 데 활용될 예정
	 GhostSwimmer(2014)	Boston Engineering	AUV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> • 외형이나 헤엄치는 방법까지 실제 물고기를 닮은 수중 로봇 드론 • 꼬리지느러미를 이용해 추진이나 방향 제어가 가능하며 90m까지 잠수를 할 수 있고 수심 25cm에 불과한 곳에서 유영을 통해 적 함대 정찰 임무 등 수행
	 MUSV(2020)	L3Harris Technologies	USV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> • 해군의 분산 해양작전전략지원을 위한 무인 수상차량에 대한 해군의 첫 번째 프로그램인 중형 무인 수상차량 프로그램 추진
	 workboat(2019)	SeaRobotics	AUV/USV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> • 연안 및 근해 작업에 적합한 하이브리드 자율운항 보트(ASV workboat) 발표
	 CRACUNS(2016)	APL	UUV/USV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> • 최장 두 달 동안 바닷물 속에 가라앉은 채 대기가 가능하며, 임무가 끝나면 수면 위로 떠오를 수 있는 드론 • 바다 수질 조사와 정찰업무 등에 사용될 수 있을 것으로 예상
	 Orca(2017)	보잉&록히드 마틴	UUV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> • 3200km 항해 가능한 미사일 발사 등 군사용 목적으로 활용될 초대형 수중드론(XLUUV)
	 Bluefin-12 UUV(2019)	Bluefin Robotics Corporation	UUV	보안	<ul style="list-style-type: none"> • 대기뢰전, 항만 감시정찰
러시아	 Aurora(2021)	심해드론 연구 및 생산센터	UUV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> • 러시아 소형 심해 다목적 모듈형 자율 무인 드론 '오로라(Аврора)'가 러시아 국방부용으로 국가 테스트를 위해 출시

국가	해양무인이동체	개발기관	플랫폼	활용분야	주요내용
영국		BAE Systems	UUV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> 수중 지뢰 제거를 위한 무인잠수정 길이 4.5m, 너비 2.5m, 중량 1,000kg 이하인로 운용수심이 3~300m이며 운용시간은 12~24시간 기뢰를 제거할 수 있는 일회용 MDV인 Archerfish를 최대 4개까지 탑재 및 발사 가능
	Talisman M(2009)				
프랑스		ECA Robotics	UUV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> 정보, 감시 및 정찰, 대기뢰전, 검사 및 식별 임무 등 다양한 작업에 활용 가능한 경량형(길이 2~2.5m, 직경 0.23m, 중량 70~100kg) 무인잠수정 얕은 수심 및 소형 선박에서 진수되어 기뢰대응 작업을 수행 가능
	A9(Alister 9)(2017)				
중국		Power Vision	UUV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> 수심 30m까지 내려가 물속을 관찰할 수 있는 수중 드론 이끼와 통신용 안테나를 장착하고, 4K UHD 카메라를 탑재해 스마트폰으로 수중의 온도 데이터, 어류의 위치정보 등을 실시간으로 전송가능하며 스마트폰으로 파워 레이의 움직임을 제어
	Power Rey(2017)				
		중국 과학원	AUV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> 어뢰 모양으로 길이 약 3m, 무게 200kg 달하는 수중 2,000m 이하까지 잠수 가능한 무인 수중 잠수정 남중국해에서 37일간 쉬지 않고 2,011km 거리 실험 운항 성공
	씨-웨이일 2000(2019)				
		-	USV/ UUV/ UAV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> 50m급 수중 항해, 5kg의 적재능력 및 양호한 공중 운동 능력 등을 갖춘 신개념 해공양용 무인이동체 수중글라이더의 설계 컨셉과 드론의 설계 구상을 유기적으로 융합했으며 수직 이륙·착륙과 공중 정지, 수평 비행, 수중글라이더 등의 다양한 기능을 통합
	Nezha(2021)				
스웨덴		Saab Dynamics AB	AUV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> 전술용 감시정찰, 은밀 정찰, 잠수함 기만, 연안 접근 기반 해양 조사 등의 목적
	AUV62-MR(216)				

국가	해양무인이동체	개발기관	플랫폼	활용분야	주요내용
터키		SEFINE/ ASELSAN	USV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> 연안 해역 외에 작전을 위해 설계 분산구조에 적합한 유연한 임무자율 및 항행자율 설계, 단일 또는 집단 작업과 호환 가능, 전자전 패키지를 갖춘 세계 유일의 무인 지상 차량
	MARLIN(2022)				

□ (해양자원) 해양 환경 발전과 생태계 보존을 위한 시료채취 장비 개발로 다양한 생물 자원 채집과 자료 획득

<표 2-36> 해외 해양무인이동체의 해양자원 업무 개발 및 활용

국가	해양무인이동체	개발기관	플랫폼	활용분야	주요내용
미국		Williamson & Associates	UUV	시료채취	<ul style="list-style-type: none"> 수심 4,000m, 심도 50m 대상 시료채취 장비
	ACS(2015)				
미국		GREGG	UUV	시료채취	<ul style="list-style-type: none"> 수심 3,000m, 심도 150m에 적용할 수 있는 해저면 착저식 로봇 (시료채취 및 원위치 시험)
	SDS(2012)				

□ (극지탐사) 미국과 영국 등 주요국에서는 극지 미답지 개척 및 탐사를 위한 플랫폼 개발로 해저 자원 수집과 수온, 염분, 난류 등의 데이터 획득

<표 2-37> 해외 해양무인이동체의 극지탐사 업무 개발 및 활용

국가	해양무인이동체	개발기관	플랫폼	활용분야	주요내용
미국		우즈홀 해양연구소(WHOI)	UUV	해양자원	<ul style="list-style-type: none"> 북극 바다 해저 탐사 그리스 산토리니 섬 해저 활화산인 콜롬보 화산에서 북극 해저 바닥에서 자라고 있는 희귀한 해저 자원에 대한 생생한 영상을 전송
	NUI(Nereid Under Ice)(2020)				
영국		국립해양센터(NOC)	UUV	해양자원	<ul style="list-style-type: none"> 최고 6개월 동안 6,000km 운항 가능한 무인 자율 잠수정 2016년부터 개발에 돌입하여 2019년 남극 조사에 투입, 남극 수중 180킬로미터를 항해하면서 수온, 염분 및 심해 난류 등에 대한 데이터를 수집
	Boaty McBoatface(2019)				

(2) 수산분야

- (어장관리) 양식장 분포 현황과 작황 상태 파악 등을 위한 무인이동체 개발이 활발하며 뉴질랜드에서는 홍합과 가리비 양식산업을 위한 수중 드론을 개발하여 어장관리에 활용

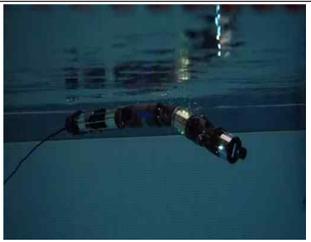
<표 2-38> 해외 해양무인이동체의 어장관리 업무 개발 및 활용

국가	해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
뉴질랜드	 - (2022)	캔터베리 대학교	AUV	어장관리	<ul style="list-style-type: none"> • 뉴질랜드에서 개발한 최초의 자율 수중 드론 • 홍합과 가리비 양식 산업에서 유용하게 쓰일 수 있는 새로운 '자율 수중 드론'을 개발

(3) 해운분야

- (선박수리) 카네기 멜론 대학교에서는 선박, 잠수함 및 기타 수중 인프라의 손상 여부를 검사하거나 유지 보수를 지원하는 것을 목표로 수중 모듈형 로봇 뱀 개발

<표 2-39> 해외 해양무인이동체의 선박수리 업무 개발 및 활용

국가	해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
미국	 HUMRS(2021)	카네기멜론대학	UUV	선박수리	<ul style="list-style-type: none"> • 뱀 모형으로 설계된 해양 사고 대응용 수중 드론 HUMRS(Hardened Underwater Modular Robot Snake) 개발 • 선체에 손상을 입은 선박이나 수리가 필요한 해양플랜트 굴착기의 상태를 기존 대응 체계보다 효율적으로 확인 가능

- (운항지원) 영국에서는 대서양을 횡단하는 AI 자율선박을 통해 횡단 항해 중 예상되는 선박, 부표, 기타 해양 위험물 등을 안전하게 항해하기 위해 카메라, AI, 엣지 컴퓨팅 시스템을 사용하여 안전 운항지원

<표 2-40> 해외 해양무인이동체의 운항지원 업무 활용동향

국가	해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
영국	 Mayflower(2020)	Marine AI, IBM, 프로메어	USV	운항지원	<ul style="list-style-type: none"> 인공지능(AI) 자율항해 시스템이 내장된 무인자율선박 '메이플라워(Mayflower)' 개발, 대서양 횡단 성공

□ (운송) 주요국에서는 해운분야에서 화물의 운송, 관리, 지원 등을 위한 무인 플랫폼을 개발하고 있으며, 일본과 핀란드는 완전자율 운항 선박 시험운항까지 성공하였음

<표 2-41> 해외 해양무인이동체의 운송 업무 개발 및 활용

국가	해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
미국	 Mariner X(2019)	Argeo	USV	운송	<ul style="list-style-type: none"> 길이가 9m인 Mariner X는 장거리 운송을 위한 플랫폼 항구에서 발사하여 근해로 운송하거나 선박 기반 대빛에서 배치
중국	 근두운0호(筋斗云0号)(2019)	우한(武漢)이공대	USV	운송	<ul style="list-style-type: none"> 홍콩-마카오 구간에 자율주행 2~3단계에 해당하는 '근두운0호(筋斗云0号)'의 시범 운항(첫 무인선박 시험항해) 성공(2019.12)
영국	 -(2017)	SEA-KIT International	USV	운송	<ul style="list-style-type: none"> 1만 해리 이상 주행이 가능한 자율주행 무인 선박
일본	 카페리 Soleil호(2020)	미쓰비시조선, 신니혼카이페리	USV	운송	<ul style="list-style-type: none"> 일본재단은 완전 자율 선박 개발 촉진 프로젝트의 일환으로 '세계 최초' 완전 자율 선박 항법시스템 시연 222m 길이로 선내 선회 및 후진이 가능한 자동 항법장치와 최대 26노트 속력을 낼 수 있는 고속 항법장치를 갖췄으며, 적외선 카메라를 이용해 야간에도 다른 선박을 탐지

국가	해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
	 미카게(Mikage) 호(2022)	MOL	USV	운송	<ul style="list-style-type: none"> 일본 선사인 MOL이 세계 최초로 무인 컨테이너선 시험운항에 성공 시험운항에서 AIS(선박자동식별장치)와 레이더, 가시광카메라와 야간 대응 적외선 카메라와 인공지능(AI)을 활용해 선박이 다른 선박을 인식하고 충돌을 회피하는 기술을 실험
노르웨이	 아라 버클랜드(Yara Birkeland)	아라인터 내셔널, 콩스버그	USV	운송	<ul style="list-style-type: none"> 길이 80m, 폭 14.8m 규모의 세계 최초 완전자율운항 무인 화물선(전기 자동화 컨테이너선)인 '아라 버클랜드(Yara Birkeland)'호(20피트 컨테이너 120개 적재 가능)가 노르웨이 오슬로 피요르드에서 첫 운항에 성공
핀란드	 Falco(2018)	롤스로이 스피페리	USV	운송	<ul style="list-style-type: none"> 길이 53.8m, 폭 12.3m의 세계 첫 완전자율운항 여객선 '팔코(Falco)'가 승객 80명을 태우고 핀란드 남부 발트해 연안에서 50km를 왕복하는 시험운항에 성공 자율운항 5단계 중 가장 마지막 단계인 완전자율운항 선박

□ (구조) 영국 해군에서는 선박 이탈자 구조를 위한 드론 수색 및 구조 테스트를 시행하고 있으며, 특히 수상이 아닌 수중으로 빠진 선원을 탐지하는 임무를 수행

<표 2-42> 해외 해양무인이동체의 구조 업무 개발 및 활용

국가	해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
영국	 미네르바 T-150(2021)	Malloy Aeronautics/Planck Aerosystems	UAV	구조	<ul style="list-style-type: none"> 선박 이탈자 구조를 위해 수중으로 빠진 선원 탐지 및 식별이 가능한 미네르바 T-150 드론 테스트 시행 최대 68kg까지 적재 가능

(4) 항만분야

□ (이송) 싱가포르에서는 혼잡한 항만환경 개선을 위해 항만 예인선 프로젝트를 진행하여 선박을 원격으로 자율 제어하는데 성공

<표 2-43> 해외 해양무인이동체의 이송 업무 개발 및 활용

국가	해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
싱가포르	 Maju 510호(2021)	케펠 조선소/ ABB	USV	이송	<ul style="list-style-type: none"> 싱가포르 해양항만청의 항만 예인선 프로젝트 지원의 일환으로 싱가포르 해양항만청(MPA) 해양혁신연구소(MIL)에 위치한 해안지휘소에서 원격으로 예인선을 조종하는 시험이 2021년 4월 성공적으로 진행 스위스의 ABB가 싱가포르 케펠 조선소와 함께 남아시아 최초로 싱가포르항에서 조이스틱으로 예인선 원격 제어에 성공

□ (안전/보안) 벨기에에서는 항만의 경비/보안/순찰의 기능을 위해 드론을 통한 지속 감시로 보안을 유지하고, 항만수심 측량을 위한 USV 등 개발

<표 2-44> 해외 해양무인이동체의 안전/보안 업무 개발 및 활용

국가	해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
벨기에	 Echodrone(2018)	dotOcean	USV	수심	<ul style="list-style-type: none"> 트위프항은 항만 내 모든 곳의 수심을 측정하기 위해 기존의 수심측량선을 보조할 자율운항 수심측량선 기존의 탑재된 센서에 의존하여 운항하는 자율운항선과 달리 항만에서 생성되는 모든 데이터를 클라우드에서 선별적으로 분류·분석한 자료를 독립적으로 이용하여 자율운항의 성능을 향상
	 - (2021)	Port of Antwerp/ DroneMatriX	UAV	안전	<ul style="list-style-type: none"> 앤티워프 항, 안전 유지를 위해 자율드론 배치(2021) 웹 플랫폼에서 중앙 집중식으로 관리되는 지능형 도킹 스테이션을 통해 자체적으로 충전가능 인프라 검사, 감시 및 모니터링, 사고 관리, 정박지 관리, 기름 유출 또는 표류 폐기물 감지

2.3.2 국내 개발·활용동향

(1) 해양분야

□ (해양조사) 기반기술인 소나 기술 고도화로 해저면 조사를 수행하고, 심해탐사를 위한 데이터 전송체계 구축

<표 2-45> 국내 해양무인이동체의 해양조사 업무 개발 및 활용

해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
 HW200 UUV(2014)	한화시스템(주)	UUV	해저조사	<ul style="list-style-type: none"> 수중탐색용 /해저면 조사를 위하여 좌우 측면에 측면주사 소나를 장착 전방 감시를 위한 멀티빔 소나, 장애물 회피 소나, 광학 카메라 등이 선수부에 탑재
 해미래(2007)	선박해양플랜트연구소	ROV	해저조사	<ul style="list-style-type: none"> 세계에서 4번째로 개발('13)된 해저 6000m급 수중로봇으로 심해탐사와 채집 등 업무수행 (중량 3660kg에 길이 3.3m, 높이 2.2m로 심해 6000m까지 잠수 가능) 바다 속에서 원격 조정이 가능하며 해상으로 바닷속 정보를 전송해주는 장치, 6개의 전동추진기를 이용하여 모든 방향으로 이동이 가능하고 모선으로부터 유선을 통해 원격조종
 크랩스터(2016)	선박해양플랜트연구소	ROV	해저조사	<ul style="list-style-type: none"> 해저탐사를 위한 다관절 복합이동 해저중로봇으로 천해용(200m급) 크랩스터 CR200('13)에 이어 '16년 심해용(6000m급) CR6000 개발

□ (해양관리) 국내 조업 구역 관리 및 불법 조업하는 것을 감시하기 위해 선박, 무인 헬기 등을 활용하고, 수중로봇을 통한 해양 내 쓰레기 수거로 깨끗한 해양환경을 조성

○ 이외에도 ‘수중건설로봇 개발사업('13~'18)’을 통해 경작업용 URI-L, 중작업용 URI-T, 트랙기반 중작업용 URI-R을 개발하고, 성능개선 및 현장실적 확보를 진행

<표 2-46> 국내 해양무인이동체의 해양관리 업무 개발 및 활용

해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
 <p>URI-L, URI-T, URI-R(2020)</p>	해양로봇 실증센터	ROV	해양건설	<ul style="list-style-type: none"> 수중 건설 로봇/ 여러 외부 조건과 상관 없이 장애물을 처리하고 공사를 진행
 <p>Ocean Cleanup Robot(2022)</p>	한국생산 기술연구 원	ROV	해양 폐기물 수집	<ul style="list-style-type: none"> 원격 조종과 자율 이동이 모두 가능한 '자율·무인 해양 부유쓰레기 수거로봇'을 개발하고 실증 성공 섬유 강화플라스틱 소재로 무게 250kg으로 가벼우면서도 강하고, 초속 1~2m의 속도로 4~6시간 정도 운용 가능 쓰레기가 밀집된 좁은 구역에서는 운영자가 원격 조종하고, 상대적으로 넓은 구역에서는 스스로 GPS 기반의 항법시스템을 활용해 자율적으로 이동하며 작업을 수행
 <p>청향선 '씨크린호' (2018)</p>	(주)수상에 스티	USV	해양 폐기물 수집	<ul style="list-style-type: none"> 부산지사, 무인비행장치(드론) 이용 해양 부유물 모니터링 실시 청향선을 이용한 해양부유물 수거 시 순찰이 어려운 저수심 해역과 순찰 취약, 사각지대인 해안가 등의 부유쓰레기 수거에 한계를 보완하고자 드론 운영 드론을 통한 해상 부유쓰레기의 소재 파악과 적기의 선박투입으로 효율적인 해상부유쓰레기 수거 가능
 <p>코봇 (2022)</p>	KOAI, KIST, 한국해양 대학교, KIOST	USV	해양 폐기물 수집	<ul style="list-style-type: none"> 스스로 항해해 기름이나 오염물질을 회수하는 '무인작동 유회수 로봇' 기름 유출지 1km 내외에서 띄운 드론으로부터 좌표를 받아 스스로 오염된 현장을 찾아가고, 주변에서 기름을 포착하면 기름을 포집해 저장
 <p>아라곤 2호 (2017)</p>	선박해양 플랜트연 구소	USV	해양 폐기물 수집	<ul style="list-style-type: none"> 불법 조업감시, 해양 관측과 조사, 오염방제, 수색구조 등 다양한 분야에 이용

해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
	해경	UAV	조업관리	<ul style="list-style-type: none"> '무인헬리콥터' 운용 및 불법조업 외국어 선 감시·단속에 드론 활용
무인 헬기(2022)				

□ (해양감시) 소나기술, 수중 카메라, 자율제어 기술 등의 중점 연구로 해양감시·정찰을 수행

<표 2-47> 국내 해양무인이동체의 해양감시 업무 개발 및 활용

해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
	경북대	UUV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> 고품질의 종합적인 해양관측자료 수집을 위해 19일 동안 자체 전력으로 수중을 항해하며 바닷 속을 관측할 수 있는 수중드론 적조생물, 유류유출, 해양생태조사, 태풍예측, 지진탐지, 불법어업과 잠수함 감시 등 한반도 동해를 종합적으로 탐사
수중 글라이더(2017)				
	해양ICT 융합연구 센터	수공양용형 AUV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> 해난사고 발생 시 즉각 현장 투입 가능한 공중·수중 기동 Flying AUV 기술 개발 및 '수중 로봇 공용 플랫폼 개발' 연구를 통해 개발 KIO-가온은 HD급 수중 카메라를 통해 지속적인 광학 관측데이터를 확보 소나를 비롯한 수심, 온도, 압력, gyro, USBL 등의 센서가 장착
KIO-가온(2022)				
	베셀에어로스페이스	UAV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> 해양불법어업 감시·관리, 해양재난 방재 및 해양 주요 제반 시설을 감시하고 수산생태계 감시·분석 등 수행을 위한 전장 3.9m, 전폭 5.0m, 최대이륙중량 185kg, 최고속도 180km/h 성능의 해양임무용 수직이착륙 무인기 개발
MVUS(2017)				
	LIG 넥스원	UUV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> 해군의 기뢰 대항작전 능력을 크게 강화할 기뢰탐색용 수중 자율 드론개발 수중에서 계획된 위치로 자율기동하면서 수중에 부설된 기뢰 탐색, 수중물체에 대한 감시·정찰 임무 수행 등이 가능 수백m 깊이의 바닷속에서 20시간 이상 자율주행하면서 소나, 수중 초음파 카메라 등을 활용해 기뢰를 탐색
수중자율기뢰탐색체(2022)				

해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
 LDUUV-INP(2022)	국방과학 연구소	UUV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> 대형급 수중드론 '수상·수중 협업기반 무인잠수정 자율제어 기술', '무인잠수정 수중 장기체류 에너지원 기술', '무인잠수정 전용 대잠수함 탐지 소나기술'을 중점 연구
 해검 (2020)	UG 넥스원	USV	해양감시	<ul style="list-style-type: none"> 해양감시·정찰 용도로 개발 수상뿐 아니라 수중 감시정찰을 동시에 연동·운용할 수 있는 통합 운용제어기술을 개발
 아우라(2019)	한화시스 템즈	USV	운항지원	<ul style="list-style-type: none"> 충돌회피 기술을 적용해 전방의 장애물을 자율적으로 회피할 수 있어 수중에서 기뢰를 스스로 탐색할 수 있으며, 기뢰가 있다고 판단되면 수면 위로 부상해 함정에 정보를 전달 무기체계뿐만 아니라 무인 양식장 감시, 해상구조물 자율점검 등 민간 분야에서도 활용

□ (해양자원) 기개발한 채수용 드론(16)*을 개선하여 채수통(2리터)을 드론 몸체에 고정하고, 채수용 호스를 내려 바닷물을 빨아올리도록 설계한 드론(19)을 활용하여 채수를 수집하고, 심해에 있는 해양자원을 채집

* 수산과학원에서 개발한 채수용 드론은 줄에 매달린 통(1리터)을 해수면에 내려 채수하는 방식으로 사용해 바람이 불면 무게중심을 잡는데 한계

<표 2-48> 국내 해양무인이동체의 해양자원 업무 개발 및 활용

해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
 다목적 드론 (2019)	국립수산 과학원	UAV	시료채취	<ul style="list-style-type: none"> 해양오염 지역의 바닷물 채수를 위한 다목적 드론 자체 개발(16) 후 개선 모델 추가 개발(19)
 미내로(2007)	선박해양 플랜트연구 소	ROV	채광	<ul style="list-style-type: none"> 심해 광물을 캐내는 채광 수중로봇

□ (극지탐사) 3차 남극 세종과학기지 부근 해양조사를 위해 무인조사선, 무인항공기 등 무인장비를 적극 활용

* 국립해양조사원은 극지연구소의 쇄빙연구선인 아라온호를 활용하여 '17년 남극 장보고과학기지 부근의 수심, 해수흐름, 조석 등에 대한 해양조사를 시작하였으며, '19년부터는 세종과학기지 부근까지 확대

<표 2-49> 국내 해양무인이동체의 극지탐사 업무 개발 및 활용

해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
 아라온호 (2021)	극지연구소	USV	극지탐사	<ul style="list-style-type: none"> 무인조사선 2대를 도입('21)하고 남극 세종과학기지 부근 해양조사 등에서 활용 기존 조사선으로는 접근하기 어려웠던 알은 해역까지 조사하기 위해 무인해양조사선박에 다중빔음향측심기를 탑재하여 수심을 측량

(2) 수산분야

□ (어장관리) 개발된 중형 무인기를 활용하여 불법어업 관리를 위한 기술개발을 추진하고 있고, 수산양식장 감시용 자율운항 선박을 활용하여 어장 관리 수행

<표 2-50> 국내 해양무인이동체의 어장관리 업무 개발 및 활용

해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
 무인 항공기(2019)	(주)베셀	UAV	어장관리	<ul style="list-style-type: none"> 중형 무인기를 이용한 해양수산재난 신속 대응 및 불법어업 관리를 위해 무인항공기 기반 해양안전 및 불법어업/수산생태계 관리 기술개발 과제 수행 중('19~'22)
 아라곤 3호(2007)	선박해양플랜트연구소	USV	어장관리	<ul style="list-style-type: none"> 경남도, 양식장 감시용 '완전 무인화 자율운항 선박' 아라곤 3호 국내 첫 해상 실증 성공('21.10) 양식장 감시선 기능을 탑재하여 ▲양식장 주위 순찰 ▲침입 선박 탐지 ▲도주 선박 추적 등 해상실증 수행

(3) 해운분야

- (운송) 대우조선해양의 단비 실증/해상 시험으로 자율운항 레벨3 수준까지의 기술력을 확보하였으며 해운분야의 운송 패러다임 전환 기대

<표 2-51> 국내 해양무인이동체의 운송 업무 개발 및 활용

해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
 단비(2021)	대우조선해양	USV	운송	<ul style="list-style-type: none"> • 지난 2021년 미래 선박 기술을 선도하고 입증할 자율운항 시험선 '단비' 실증/해상 시험을 통해 자율운항 솔루션 기술검증 진행 • 단비는 대형 상선을 모사한 자율운항 전용 테스트 선박으로, 실제 대형 선박과 유사한 운항데이터를 확보할 수 있어 대형 상선용 자율운항 시스템 검증 가능

(4) 항만분야

- (안전/보안) 부산항의 보안·안전 사고 예방을 위해 드론을 이용한 항만보안감시 강화

<표 2-52> 국내 해양무인이동체의 안전보안 업무 개발 및 활용

해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
 드론(2022)	-	UAV	보안	<ul style="list-style-type: none"> • 움직이는 대상을 추적하고 야간에도 감시할 수 있게 적외선카메라 기능 탑재

- (건설) 인간을 대신해 해저 자원 개발을 위한 파이프라인 매설, 암반 파쇄와 같은 해저 작업을 수행하는 수중 건설 로봇 우리를 개발

<표 2-53> 국내 해양무인이동체의 건설 업무 개발 및 활용

해양무인이동체	개발 기관	플랫폼	활용 분야	주요 내용
 우리(URI)(2022)	-	ROV	건설	<ul style="list-style-type: none"> • 수중 건설 로봇 '우리(URI)'는 해저 2,500m 극한 환경에서 사람을 대신해 수중 건설 임무 수행

2.4. 시사점

구분	해외	국내
정책 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 해양환경 변화, 해양수산 업무 효율화를 위해 해양무인이동체 기술개발과 활용을 연계 <ul style="list-style-type: none"> - 해양수산 비전과 업무를 연계한 해양 무인이동체 개발 • 기술개발 정책에 MRO까지 포함함으로써 현장 활용성 제고 	<ul style="list-style-type: none"> • 기술개발에 지속적인 국가R&D 투자 확대로 기술력 향상 중 • 기술개발계획과 활용계획과의 연계를 강화하여 해양수산분야가 직면한 이슈들에 무인이동체 적용 확대 필요
산업 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 기술/플랫폼 개발이 상용화로 연결되는 산업구조 <ul style="list-style-type: none"> - 기술개발 → 플랫폼 개발 → 운영유지 전문기관 → 최종사용자 • 산업 내 통합과 제휴협력이 활발하여 현장 수요중심의 경쟁력 있는 플랫폼 개발 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • R&D와 시장의 거리 발생 <ul style="list-style-type: none"> - 기술개발 → 플랫폼 개발 → 최종사용자 • 공공중심으로 플랫폼 개발이 이루어지고 있으나, 산업 내 주체들간 협력이 부족하여 공급자 중심 플랫폼 개발로 현장 활용성 부족
개발/활용 동향	<ul style="list-style-type: none"> • 공급자(개발자) 중심에서 수요자 중심으로 R&D트렌드 변화 <ul style="list-style-type: none"> - 해양 난제 및 임무 설정 후 R&D • 다양한 분야로 해양무인이동체를 활용하고 현장소통을 통해 상용화 	<ul style="list-style-type: none"> • 공공분야를 중심으로 우수한 기술력은 확보하였으나, 공급자(개발자) 중심의 R&D 지속으로 현장활용에 한계 • 해양수산 현장과 협업 부족 • 활용 영역 다양화 한계

핵심 시사점

□ 임무 및 현장수요 기반 해양무인이동체 개발 필요

- 해양무인이동체는 해양이라는 특수한 환경에서 운용되고 있어 **현장 맞춤형 개발**이 필요
- 주요국은 해양의 난제, 현장업무를 목표로 **임무 맞춤형 개발**을 강화하며 해양수산 비전, 현장 문제를 기술개발과 연계하고 있음

□ 공공시장 중심의 확산 필요

- 민간 중심의 협력 생태계가 조성된 해외와 달리 국내는 **공공중심의 기술혁신과 공공시장을 중심으로 성장** 중
- 이에 따라 **그간 달성한 공공 기술혁신 성과를 해양·수산 공공분야에 적용**하고 민간으로 확산하는 모델 창출 필요

□ 체계적/효율적 기술개발

- 그간 **국내 연구진들이 달성한 기술혁신 성과를 해양수산 영역에 활용**하기 위해 수요를 유형화하고 적합한 기술 전략을 수립하여 **체계적 기술개발**이 필요



III. 해양무인이동체 활용실태 및 수요조사



3.1. 해양무인이동체 활용실태

3.2. 해양무인이동체 수요조사



Ⅲ. 해양무인이동체 활용실태 및 수요조사

3.1. 해양무인이동체 활용실태

□ 개요

- (조사목적) 해양무인이동체 기술로드맵 수립 방향을 설정하기 위해 국내 해양무인이동체 활용실태와 해양무인이동체 수요를 조사
 - (조사대상) 무인이동체 활용중 또는 활용 가능성 있는 해수부 내외 부 관계기관 실무부서 (250개 실/과/팀)
 - (조사기간) 2022년 11월 14일 ~ 12월 16일
 - (조사방식) 설문조사
 - (회 수 율) 30% (78개)
 - (조사내용) 담당 중인 해양수산 업무에 해양무인이동체 적용여부 및 적용시 애로사항, 업무 적용 가능 여부 및 적용 방안 등 조사
* 설문조사지는 붙임2 참조
- ① 해양·수산 업무에 해양무인이동체 적용 여부 및 상세 활용 내용
 - ② 해양·수산 업무에 해양무인이동체를 적용한 경우 효율성과 애로사항
 - ③ 해양·수산 업무 적용 중인 해양무인이동체의 애로사항을 해결하기 위한 방안
 - ④ 해양·수산 업무에 해양무인이동체가 현재 적용 중이지 않으나, 적용 가능 여부와 적용 방안

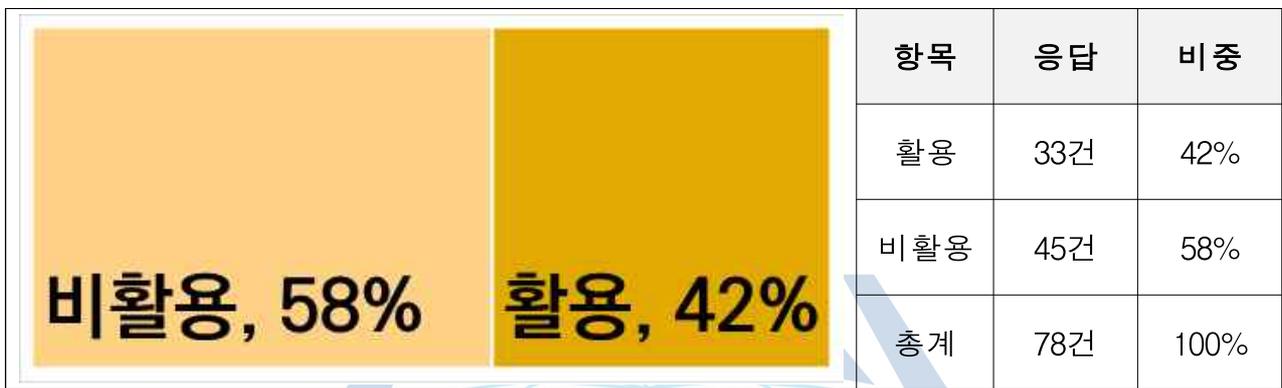
□ 활용실태 분석

○ (활용여부) 공공영역 해양·수산 업무에 무인이동체 활용은 약 42% 수준으로 나타났음

- 업무의 특성, 해양환경의 제약 등으로 인해 해양무인이동체를 비활용되고 있으며, 해양무인이동체

* 부유물이 많은 해양의 특수성, 원양에서의 운용 제약 등으로 활용에 제약

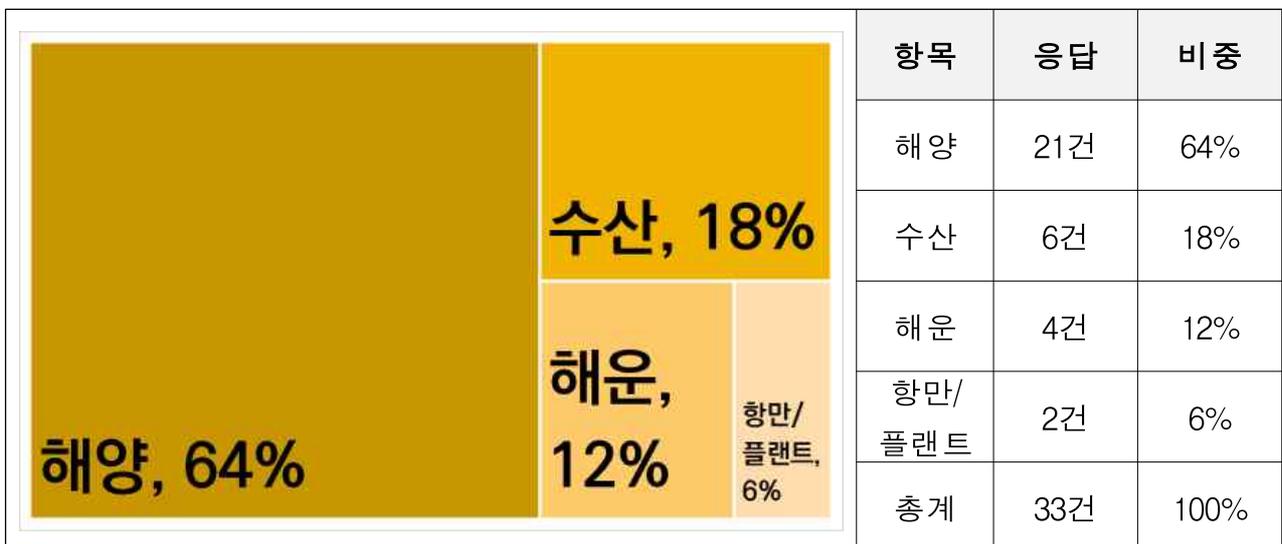
[그림 3-1] 공공영역 해양·수산 업무 무인이동체 활용 여부



○ (활용영역) 공공영역 해양·수산 업무 중 해양분야에서 가장 많은 활용을 하고 있으며, 수산, 해운, 항만/플랜트 등의 순으로 활용

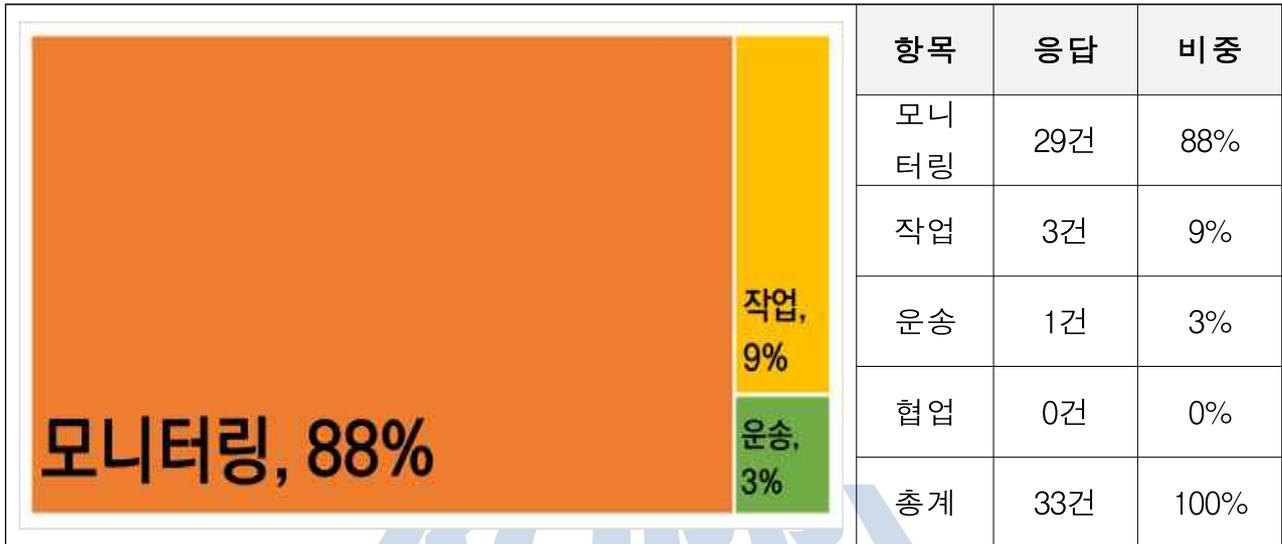
- 해양·극지 조사, 등 연구활동, 시료채취, 경계감시 등에 활용이 가장 많음

[그림 3-2] 공공영역 해양·수산 업무 무인이동체 활용 영역



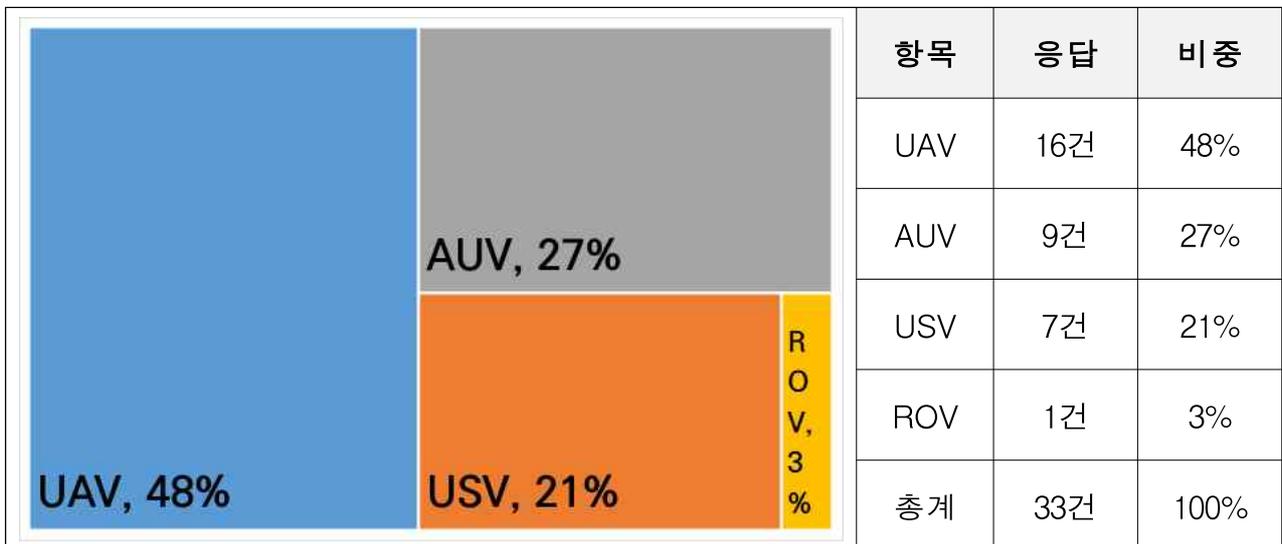
- (활용임무 유형) 활용 임무로는 해양 조사활동 및 감시 등 모니터링이 88%로 가장 많은 활용을 보이고 있음
- 작업, 운송 등은 기술력 및 제도 제약으로 활용이 낮은 수준

[그림 3-3] 공공영역 해양·수산 업무 무인이동체 활용 임무유형



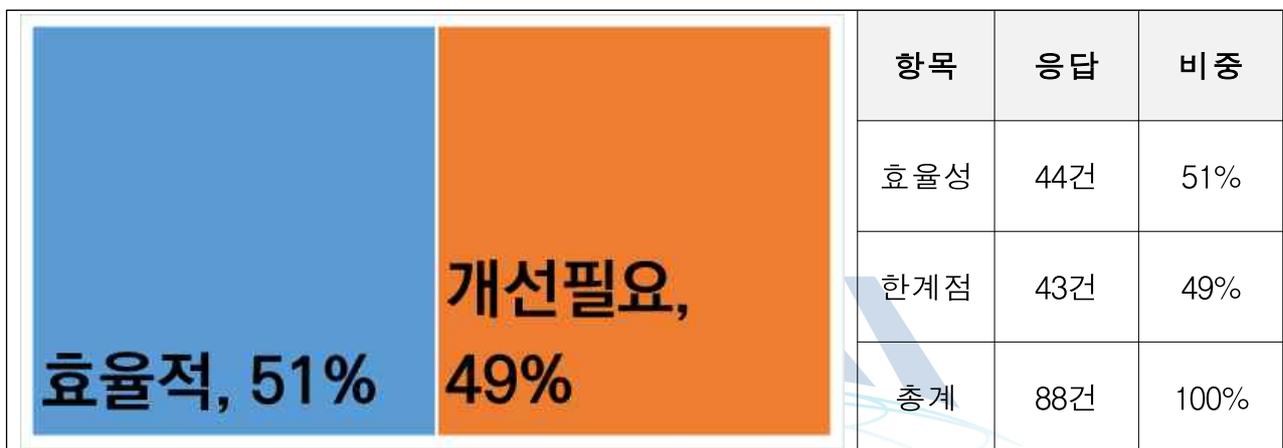
- (플랫폼) 활용 플랫폼은 UAV가 48%로 가장 많으며 AUV(27%), USV(21%) 등의 순서로 나타나며, UAV의 경우 해양 시설물 점검이 용이하여 가장 많이 활용되는 것으로 나타남

[그림 3-4] 공공영역 해양·수산 업무 무인이동체 플랫폼 유형



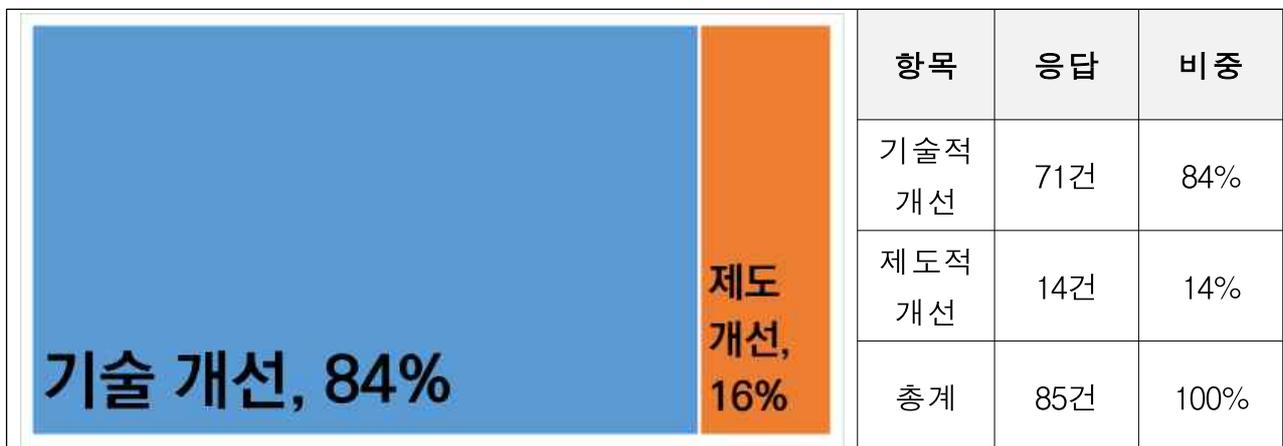
- (효율성/비효율성) 해양무인이동체 현장 활용성에 대하여 효율성은 51%, 개선이 필요한 사항에 대하여는 49%
 - 사람의 직접 작업 대비 경제적이고, 사고예방, 심해 작업 가능 등 현장의 효용이 존재하는 것으로 판단
 - 조류, 강풍 등 해양 환경에 최적화되어 있지 않다는 점과 운용에 어려움이 있어 개선사항이 필요하다는 의견

[그림 3-5] 공공영역 해양·수산 업무 무인이동체 적용 효율성 여부



- (개선방안) 개선이 필요한 사항에 대하여 기술적 개선의 경우 84%, 제도개선의 경우 16%로 현장의 확산을 위해 제도개선도 요구되나, 현장 맞춤형 기술개발이 필요

[그림 3-6] 공공영역 해양·수산 무인이동체의 개선 방향

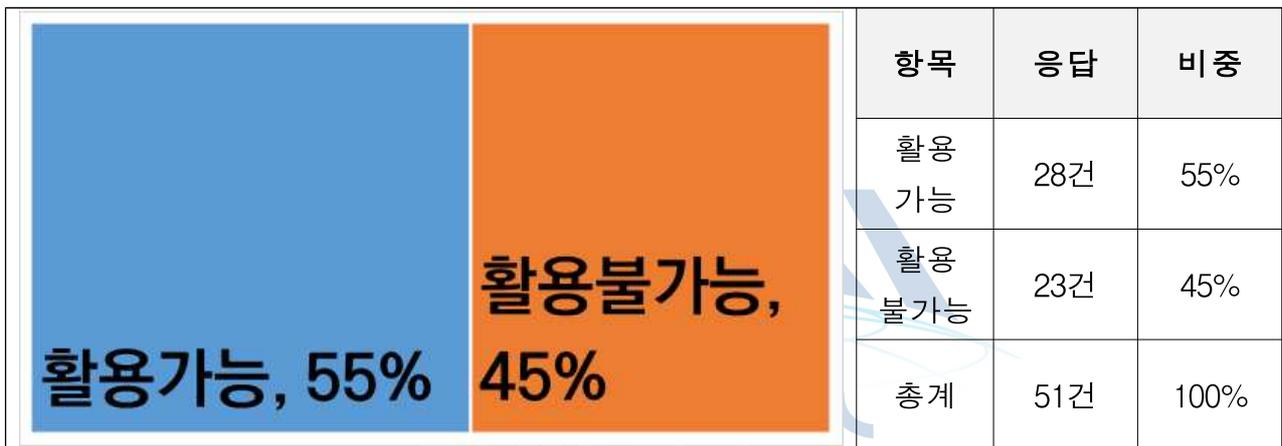


* 주) 현재 활용중인 해양무인이동체별로 복수의 개선방안이 제기됨

□ 활용가능 여부 분석

- (현재 업무 방식) 무인이동체가 적용되지 않는 분야에 대한 현재 업무 방식은 유인 장비를 활용하고, 해양점검, 수중작업의 경우 인력이 직접 투입되고 있음
- (활용 가능 여부) 현재 유인으로 운용되는 공공영역 해양·수산 업무에 무인이동체의 활용 가능 여부에 대하여 활용 가능하다는 응답이 과반수이며, 활용 불가능 의견의 경우 45% 수준

[그림 3-8] 무인이동체 비적용 해양·수산 업무에 무인이동체 활용 가능성



※ 활용실태 조사 핵심 시사점

- ◆ (현장 활용성 제고 필요) 해양무인이동체의 현장 활용은 42% 수준이고, 현장 활용 중인 해양무인이동체의 경우도 기술적 해결사항 다수 존재, 이에 따라 현장 수요를 반영하여 이미 활용 중인 해양무인이동체를 고도화할 필요 있음
- ◆ (적용임무 확대 필요) 활용중인 해양무인이동체는 대부분 해양 조사 및 모니터링 중심이며, 향후 해수부의 다양한 공공임무에 적용할 수 있도록 해양 무인이동체가 적용되지 않는 공백 영역에 대한 수요를 발굴하여 개발 필요
- ◆ (MRO 기반 마련 필요) 해양무인이동체에 대한 기술적 한계와 함께 운영 및 유지보수의 한계점도 제기되고 있으며, 향후 현장 활용성 확대를 위해서는 기술개발과 함께 운영·유지(MRO) 기반도 마련 필요

3.2. 해양무인이동체 수요조사

□ 수요조사 개요

- (조사목적) 해수부 업무영역에서 ①무인이동체의 활용 실태와 애로사항 파악, ②신규 활용영역 발굴하고, ③차세대 무인이동체 발굴
 - ① (고도화수요) 해수부 업무영역에 활용 중인 플랫폼의 고도화 수요
 - ② (현재수요) 해수부 업무영역에 적용 가능한 신규 플랫폼 수요
 - ③ (미래수요) 현재 기술로는 어려우나 미래에 수요가 예상되는 차세대 플랫폼
- (조사기간) 1차 - '22.11.14 ~ 12.6, 2차 - '22.12.12 ~ 12.16
- (회신설문) 현재 적용 및 비적용 영역 74개 (회신율 : 30%)
차세대 플랫폼 19개 (KRISO, KIOST, KOPRI 대상)

□ 수요조사 결과

- (고도화 수요) 해양·수산·해운·항만/플랜트 등 해수부 업무영역을 대상으로 총 26개 플랫폼 분석
 - * (분야) 해양 20개, 수산 1개, 해운 2개, 항만/플랜트 3개의 고도화 수요가 접수
 - ** (임무) 모니터링 20개, 작업 3개, 운송 1개, 협업 0개로 모니터링에 주로 활용중
- 각 플랫폼의 효율성/비효율성 측면에서 요구사항 도출, 향후 기술 전문가 검토를 통해 고도화 기술개발 구체화 예정

※ 운용시스템 고도화 요구

- 애로사항으로 해양무인이동체 운용시스템 구축 및 외산 대여로 인한 비용 지출 등 R&D 외 이슈를 제기하고 있는 수요 10건 파악
- 운용시스템의 미구축으로 현장에서 요구되는 대응에 미흡, 고가 해외장비 임차로 금전적·행정적 비용 부담, 운용인력의 부족 및 역량미흡, 플랫폼에 대한 유지보수 체계화 등 요구 존재

- (현재수요) 해수부 업무영역에 적용 가능한 신규 플랫폼 44개가 확인되었으며, 현재수요 및 고도화 수요와 중복여부를 점검한 결과 23개 플랫폼* 도출

* 플랫폼 유형 및 임무 측면에서 중복되는 플랫폼 제외

- 기술전문가 검토 후 최종 플랫폼 확정하고, 플랫폼 선별을 위한 전문가 설문조사 추진 예정

※ 중복수요 검토

- 현재수요는 해수부 업무 및 연구분야 종사자들을 대상으로 진행하여 응답자들이 제시한 신규 플랫폼 중 이미 해수부 업무 영역에 활용되고 있는 수요도 다수 존재 (44개 중 23개 수요)
- 해당 수요는 고도화 수요와 중복검토하여 고도화 수요로 편입시켰음

- (미래수요) 해양무인이동체 연구자 대상 차세대 플랫폼 수요조사 결과 19개 플랫폼 수요 도출

- 현재 무인이동체 활용 영역은 모니터링에 집중되어 있으나, 미래에는 작업, 협업, 운송 영역으로 임무 유형이 다각화

* (현재) 모니터링 85%, 작업 12%, 운송 4%, 협업 0%로 모니터링에 주로 활용중

** (미래) 모니터링 53%, 작업 26%, 운송 12%, 협업 12%로 모니터링 외 임무로 다각화

- 현재수요와 유사한 플랫폼이 존재하나, 운용환경 및 기능 측면에서 미래성을 보이고 있음

분야1 : 고도화수요 플랫폼

대분류(플랫폼)	중분류(임무유형)	소분류(수요플랫폼)
USV	해양탐사	해저면 수심측량용 무인선박
		수온 관측용 무인선박
		태풍강화 원인분석 Wave Glider
		연안지역 해저면 조사 USV
		수중생물 관측 및 갯벌/연안 지형 파악 플랫폼
		해저지형 및 지층조사 무인선박

대분류(플랫폼)	중분류(임무유형)	소분류(수요플랫폼)
ROV	해양탐사	해저침적 쓰레기 관측 ROV
	해양 건설	URI-L, URI-T, URI-R
AUV	해양탐사	심해 생물자원 채집 및 환경자료 획득 UUV
		실시간 수층 관측용 글라이더
		광물자원 탐사 무인잠수정
		태풍강화 원인분석 Underwater Glider
		해저 및 광물자원 시료 획득 ROV/AUV
		해양환경조사 플랫폼
		환경 측정 및 실시간 해양환경조사 UUV
		해양환경변화 관측 수중글라이더
	해양감시	해양환경 및 데이터 관측 무인 수중 글라이더
		해저면 수심조사 및 이상물체 관측 UUV 수중 표적탐지 및 소음측정 수중글라이더
UAV	해양탐사	해양포유류 분포조사 UAV
	해양감시	해안지역 플라스틱 관측 UAV
	해양관리	항로표지 감시 및 관리 UAV
	레저(수상·수중)	해양치유 드론
	관리·단속	연·근해 불법어업감시 무인비행체
	구조(인명)	조난자 구조 UAV

□ 분야2 : 현재수요 플랫폼

대분류(플랫폼)	중분류(임무유형)	소분류(수요플랫폼)
USV	해양탐사	항만/연안 준설량 산정 USV
	해양감시	해양 유해사태 감시용 공중/수상 협업 플랫폼
		등부표 및 등대 야간점검 USV
	해양관리	무인도서 점검/관리 USV
		항로표지 설치 현장조사 USV
	관리·단속	불법선박 현장포착 USV
구조(인명)	항만 관제지원 USV	
AUV	해양탐사	해양사고 골든타임 대응 고속 USV
		초소형 수중 관찰 UUV
		광대역/장시간 심해환경 조사 플랫폼
	관리·단속	해역 연직단면 관측 UUV
		표층 이동추적용 플랫폼
해양관리	디지털트윈 연동형 연안안전관리 플랫폼	
UAV	해양감시	선저하부 점검 UUV
	운항지원	수중안벽 점검 UUV
	해양 건설	자력계 활용 잠수함 탐지용 UAV
융복합	해양탐사	해상교통 지원 UAV
	해양관리	해양건설 안전점검 UAV
	관리·단속	해양오염 정화 공중/수상 협업 플랫폼
		항로표지 점검용 수상/수중 양용 플랫폼
		선박 입출항 지원 공중/수중 협업플랫폼

□ 분야3 : 미래수요 플랫폼

- 미래수요 플랫폼은 임무중심보다 차세대 유망기술 관점에서 제기된 수요로 여러 임무에 적용*될 수 있는 플랫폼인 점에서 임무기반 기술도출보다 유망기술을 도출하는 것이 적절하여 임무기반 분류(중분류)를 제외함

* 해양무인복합캐리어, 수소추진 수중무인이동체, Flying AUV 등

대분류(플랫폼)	소분류(수요플랫폼)
USV	수중 데이터 수집 USV
ROV	인간기계인터페이스(HMI) 기반의 해저자원개발 작업로봇
	수중 구조물 상시 유지관리용 자가 충전식 로봇시스템
	극지 빙저 탐사 ROV
	원격조정 무인잠수정(ROV)
	양식장 관리 AUV / ROV
	천해 양식장 오염퇴적물 처리로봇
	해저 보행형 탐사 및 작업시스템
	빙하(빙하, 해빙) 하부 이동 수중 로봇
AUV	수중 이동식 대수심 착저형 지반조사 로봇 시스템
	수소추진 수중무인이동체
	극지 빙저호의 수중 환경 탐사 AUV
	극지 무인 해수시료 채집 및 실시간 환경 감시정
융복합	Boat Sharing Service를 위한 전기추진 수중익 무인이동체
	USV-ROV 협력형 수중작업시스템
	해양무인복합캐리어
	나선형 추진 방식의 수륙양용 무인이동체 플랫폼
	공중이동이 가능한 자율무인잠수정(Flying AUV)



IV. 해양무인이동체 기술로드맵



- 4.1. 기술로드맵 수립 개요
- 4.2. 해양수산 공공임무 무인이동체 도출
- 4.3. 해양무인이동체 기술분류체계
- 4.4. 해양무인이동체 기술로드맵



IV. 해양무인이동체 기술로드맵

4.1. 기술로드맵 수립 개요 및 방향

4.1.1 로드맵 수립목적 및 방법

□ 로드맵 수립목적

- (현장 확산) 플랫폼 개발 즉시 수요처와 공동으로 현장화 연구를 하여 상용화 유도하기 위해 현장 수요 플랫폼 및 핵심 기술을 사전 식별
- (기술개발 체계화) 즉시 고도화, 단기 개발 후 현장화, 중장기 개발 후 현장화 등으로 현장 수요를 유형화하여 로드맵을 수립함으로써 현장 수요중심 체계화된 기술개발 지향
- (기술개발 효율화) 현장 수요를 기반으로 식별한 핵심기술을 플랫폼 간 연계성 있게 로드맵을 수립하여 기술개발의 효율성 확보

□ 로드맵 수립방법

- (현장수요 반영) 해양수산부 산하 공공기관의 250개 실/과/팀^{붙임2} 대상으로 무인이동체 현장 활용실태 및 플랫폼 수요조사
 - * 미래형 플랫폼은 해양무인이동체 R&D경험이 풍부한 기술전문가를 통해 수요조사 병행
- (기획위원회 운영) 해양무인이동체 개발·적용 전문가*로 구성된 기획위원회^{붙임1}를 구성하여 현장 수요를 구체화·현실화하여 로드맵 수립
 - * (무인이동체 개발) KRISO, (무인이동체 적용/활용) KIOST, KOPRI
- (해양수산 공공임무 플랫폼 도출) 현장수요 플랫폼을 바탕으로 임무의 유사성, 기술의 유사·중복성 등을 고려하여 플랫폼 도출
 - * (현장수요) 66개 플랫폼 → (임무중심 통합) 40개 플랫폼 → (기술중심 조정) 최종 22개 플랫폼
- (핵심기술 도출) 최종 도출한 공공임무 플랫폼을 대상으로 기술분류 체계 수립 및 핵심기술 도출
- (기술로드맵 수립) 도출한 핵심기술을 플랫폼 관점, 기술관점에서 조정하여 개발 우선순위에 따라 기술로드맵 수립

4.1.2 로드맵 수립 방향

연구개발과 현장적용의 선순환을 유도하는 해양수산 공공임무 중심의 무인이동체 기술로드맵 수립

- ①해양수산 공공임무 적용 ②현장 수요 기반 활용성 제고 ③체계적/효율적 기술개발

방향 도출

핵심 시사점

- 임무·현장수요 기반 : 적용하고자 하는 임무, 현장 수요에 맞춤형 기술개발을 통해 무인이동체의 현장화 제고 필요
- 공공시장 중심 확산 : 민간 생태계 부족, 공공중심 시장 등을 고려, 공공임무를 중심으로 개발하고 민간으로 확산 필요
- 체계화된 기술개발 : 그간 성공적인 R&D 성과를 다수 창출하였으나 현장성이 부족, 이에 따라 현장화 시킬 기술, 미래 지향 기술 등 유형화하여 접근함으로써 R&D 성과의 현장 활용성 제고

[해외 동향]

- 정책 : 해양무인이동체 기술개발과 활용을 연계
- 산업 : 상용화 가능한 산업구조 → 공공/민간 시장성장
기술개발 → 플랫폼 개발 → 운영·유지 전문기관 → 최종사용자
R&D와 현장 연계
- 기술 : 다양한 임무 목표의 플랫폼 개발 프로젝트

[국내 동향]

- 정책 : 기술 공급 중심의 기술개발 정책
- 산업 : R&D와 시장의 거리 발생 → 공공중심 시장성장
기술개발 → 플랫폼 개발 → "운영·유지 부재" → 최종사용자
R&D와 현장의 Gap
- 기술 : 플랫폼 우선 개발 후 활용, 기반기술은 다수 확충

[수립방향 ①] 해양수산 공공임무 적용

[현황] 민간 생태계 부족 및 공공분야 현장 적용 애로

- 국내의 경우 해외와 같은 민간 중심 상용화 생태계를 단기간 조성하는 것에 한계, 공공중심의 상용화 체계를 우선 조성 필요
 - * (해외생태계) 기술개발 → 플랫폼 개발 → 운영·유지 전문기관 → 최종 사용자
 - (국내생태계) 기술개발 → 플랫폼 개발 → 최종 사용자
- 해양무인이동체 시장도 공공 중심으로 성장 중
- 해양수산 공공분야에 무인이동체의 기대 역할이 다양함에도 현장화된 개발 부족으로 공공임무 적용 부진
 - * 수요조사 결과 인력의 직접 수증업무로 인한 사고위험, 해양 시설 및 항로표지 등 인력점검에 따른 사고, 어촌 공동화 등 공공분야 적용 확대 필요

[방향] 해양수산 공공임무 지향적 플랫폼 식별 및 핵심기술 도출

- 해양수산 공공임무 현장의 무인이동체 활용실태 및 애로사항 발굴하여 현장화를 향상시킬 수 있는 핵심기술 도출
 - * 해양수산부 산하 공공기관 대상 무인이동체 현장 수요발굴
- 해양무인이동체가 적용될 수 있는 해양수산 공공임무를 발굴하여 해양수산 공공임무 플랫폼 및 핵심기술 식별

[수립방향 ②] 현장 수요기반 활용성 제고

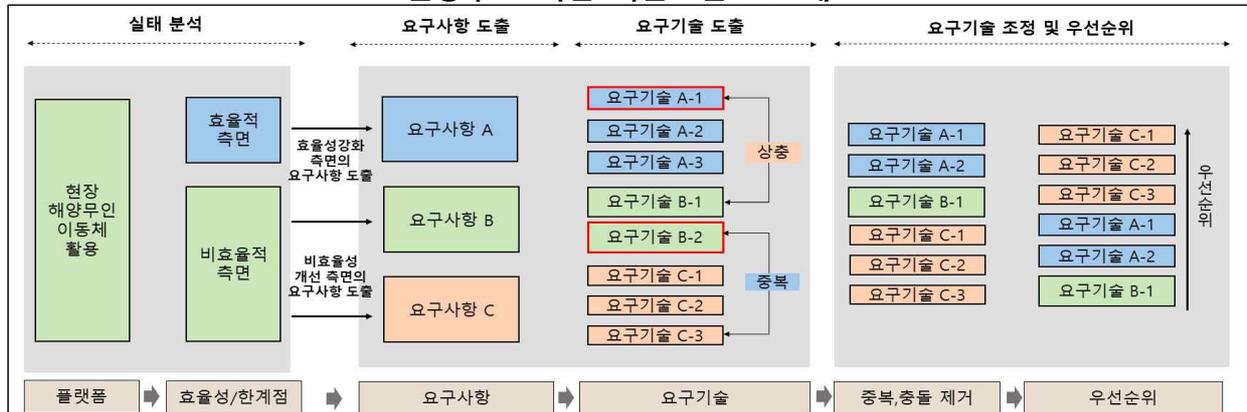
[현황] 공급자 중심의 기술개발로 현장 활용성 부족

- 무인이동체 R&D 투자는 지속적 증가, 기술력의 향상과 경쟁력 있는 해양무인이동체 개발 중이나, 현장 활용성에 한계
 - * (R&D 투자동향) ('12) 122.6억원 → ('16) 151억원 → ('20) 531.6억원
- 해양 무인이동체 현장 적용 한계사항 다수 식별, 기술적 개선 방안을 통한 활용성 제고 필요
 - * (해양무인이동체 활용 현장부서 의견) 효율적 51%, 개선필요 49%

[방향] 기술개발과 현장적용이 병행될 수 있는 현장 수요기반 체계

- 해양수산 공공분야 현장으로부터 기술 고도화 및 플랫폼 개발 수요를 조사하여 기술로드맵 수립
 - * 60여개 해양수산 공공분야 현장 수요 발굴
- 현장수요를 바탕으로 기술개발 전문가가 기술 및 플랫폼을 구체화

<현장수요 기반 기술도출 프로세스>



[수립방향 ③] 체계적/효율적 기술개발

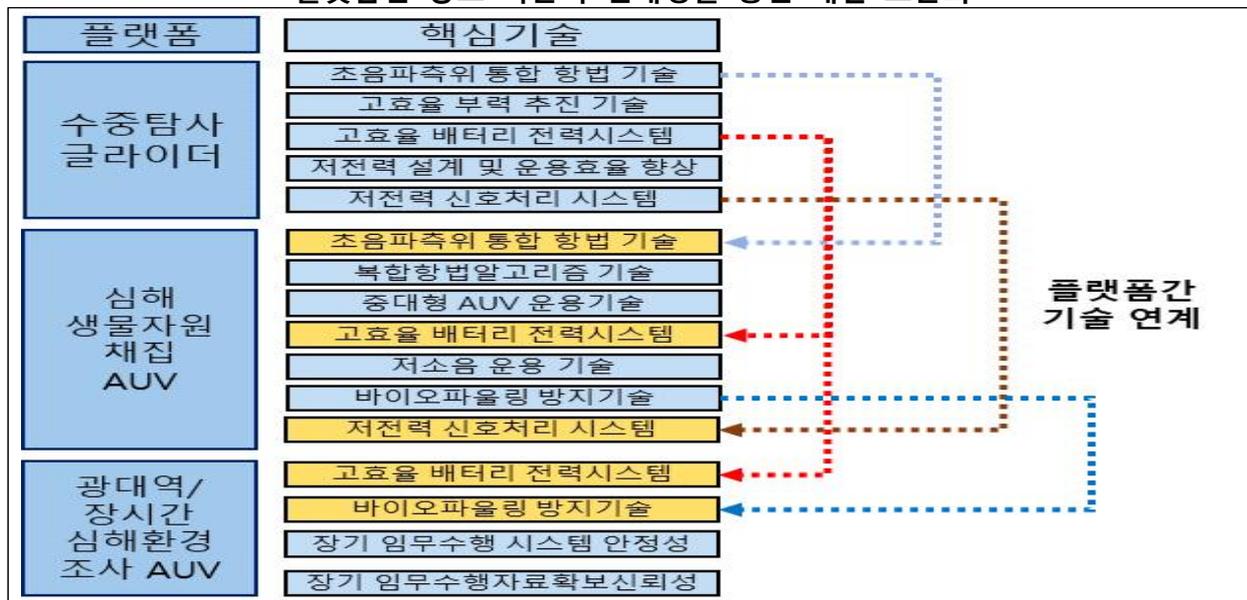
[현황] 해양수산 업무 ↔ 플랫폼 Gap, 플랫폼 간 Gap

- 해양수산 업무와 플랫폼 간 Gap으로 인해 현장 활용성 부족, 현장의 특성을 고려한 체계화된 기술개발 필요
- 플랫폼 간 개별 개발로 인해 효율성 부족, 핵심 플랫폼간 기술적 연계성을 고려한 효율화 필요

[방향] 기술 고도화, 미래형 기술 등 기술개발 유형화

- 수요 유형에 따라 기술 및 플랫폼 개발을 유형화하여 체계화
 - (고도화수요) 해양수산 공공임무에 활용 중인 플랫폼을 고도화하여 현장 활용성을 높여 임무의 원활한 수행을 가능하게 하는 기술개발
 - (현재수요) 해양수산 공공임무 중 무인이동체가 미적용 중이나, 적용 가능한 공공임무에 활용할 수 있는 신규 플랫폼에 대한 개발
 - (미래수요) 현재 기술로는 어려우나 미래에 해양수산 공공임무에서 요구되는 차세대 플랫폼 개발
- 플랫폼 간 상호 연계성 확보하여 효율적 개발

<플랫폼간 상호 기술적 연계성을 통한 개발 효율화>



4.2. 해양수산 공공임무 무인이동체 도출

□ 해양수산 공공임무 무인이동체 도출 과정

- (해양수산 현장수요) 해양수산 관련 공공기관 실/과/팀으로부터 고도화·현재·미래 수요 플랫폼 66개 발굴
- (임무중심 통합) 중복/유사 임무를 중심으로 통합하여 40개 플랫폼으로 조정
- (기술중심 조정) 기술적 유사성, 개발 가능성 등을 평가하여 22개 플랫폼으로 최종 조정하여 도출

[그림 4-1] 해양수산 공공임무 무인이동체 도출 절차



□ 해양수산 공공임무 무인이동체 도출 결과

플랫폼 유형	수요 유형	플랫폼명	플랫폼 정의	플랫폼 요구 공공임무
USV	고도화	연안해양조사 USV	<ul style="list-style-type: none"> 연안에서 해수 유동/수질 특성, 해저지형 등의 조사 임무를 육상/모선에서 원격 수동/자동 제어로 수행할 수 있는 무인선 	<ul style="list-style-type: none"> 해저면 수심, 수온, 준설량 등 연안 해양정보 조사 연안 및 항만 환경 장시간 모니터링 등부표, 등대, 항로 표지, 무인 도서, 시설물 등 연안 전반에 대한 자율점검 해양 유해 사태 발생시 골든 타임대응을 위해 고속이동 고밀도 연안 환경내 자율운항 및 제어
		해저 지층조사 무인선박	<ul style="list-style-type: none"> 탐사선에서 발사하여 해저면에서 반사되는 탄성파를 수신할 수 있는 수신기(streamer)를 예인할 수 있는 다수의 무인선 선단, 군집운용 시스템 및 실시간 해저 지층 분석 시스템 	<ul style="list-style-type: none"> 해저 지층조사 장애물이 많은 환경내 자율 운항 및 제어
	미래	연안 도서 교통물류용 무인선	<ul style="list-style-type: none"> 10톤 이하(승객/화물 운송 겸용) 친환경 추진 무인선 	<ul style="list-style-type: none"> 연안 도서 지역에서 소규모 화물 운송 및 승객 운송용 무인선 앱을 통한 탑승 및 화물 운송예약과 무인선 배정 자율운항에 의한 승객/화물 운송
		나선형 추진 방식의 수륙양용 무인이동체 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> 갯벌과 수상면에서 자유롭게 이동할 수 있는 나선형 추진 방식을 이용하여 서해 갯벌지역을 24시간 감시하고, 조난자 구조와 응급품을 공급할 수 있는 무인이동체 플랫폼 	<ul style="list-style-type: none"> 서해의 갯벌 지역에서 어업 및 양식에 필요한 물자공급 혹은 폐기물 수거 갯벌과 인근 연안해역의 해양감시, 오염원과 생태계의 관리에 활용 나선형 추진 방식으로 극지방상주행차량으로 활용하고 있음 부두가 없는 섬에 물자를 공급하고, 갯벌에 고립된 선박의 인명구조와 긴급 물자 공급
AUV	고도화	심해 생물자원 채집 및 환경자료 획득 UUV	<ul style="list-style-type: none"> 심해 투입이 가능하도록 내압성능을 갖추었고, 장시간 임무를 수행을 위한 적절한 에너지 지원과 요구되는 임무 센서가 탑재 가능한 자율무인잠수정 플랫폼 	<ul style="list-style-type: none"> 수중에서 장시간 감시 임무 수행(수중음향 정보 획득) 연구를 위한 목적에 부합하는 기능과 성능이 탑재 악기상 조건중에도 운용 가능
		수중탐사용 글라이더	<ul style="list-style-type: none"> Strong anchoring, Advanced navigation, Energy management, Emergency response plan이 가능하도록 robustly designed 글라이더 플랫폼 	<ul style="list-style-type: none"> 태풍강화 원인분석(대기-해양간 에너지 플렉스 이동 관측) 기존 Underwater Glider보다 장시간 수중에 잔류하며 조사 수중 장애물(어선, 그물 등) 및 악기상으로 인한 운용 제약을 극복

플랫폼 유형	수요 유형	플랫폼명	플랫폼 정의	플랫폼 요구 공공임무
	현재	광대역/ 장시간 심해환경 조사 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> 장거리 AUV 플랫폼 	<ul style="list-style-type: none"> 수중에서 광대역 및 장기간 운용으로 심해 환경을 조사 가능
		해역 연직단면 관측 UUV	<ul style="list-style-type: none"> 수직 추진기와 부력 제어를 이용하여 상하 수직 운동을 주로 하며, 연직단면에 대한 계측을 하는 플랫폼. 	<ul style="list-style-type: none"> 연직단면을 관측하기 위해 수직으로 상하이동 수온, 염분, 유속 등 다양한 해양 환경에 대한 물리학적 변수를 측정할 수 있는 장비 탑재
		선저하부 점검 UUV	<ul style="list-style-type: none"> 대형 선체 표면을 따라 이동하며, 흠집 등을 검사하거나, 표면 부착생물을 제거하는 플랫폼 	<ul style="list-style-type: none"> 선저 하부의 상태를 점검하고, 특이사항을 보고하거나 간략한 조치 임무 수행 선저하부 점검을 위해 광학 카메라 및 조명, 초음파 이미징센서 등 임무 장비 탑재 요구 최소3자유도운동, 실시간 통신, 선저하부에서도 항법이 가능해야 함 간단한 조치 및 작업을 위한 매뉴플레이터 구비
	미래	수소추진 수중무인이동체	<ul style="list-style-type: none"> 장시간 정밀탐사를 위한 수중용 하이브리드 에너지원 시스템(수소연료전지+2차전지)을 사용하여 수심 2,500m에서 360시간(15일) 동안 멀티모드(순항모드+호버링모드) 운용이 가능한 수소추진 수중무인이동체 	<ul style="list-style-type: none"> 수중용 하이브리드에너지원 시스템(수소연료전지+2차전지) 사용하여 수심 2,500m에서 360시간(15일) 동안 멀티 모드(순항모드+호버링모드) 운용 가능 동력원의 변경(배터리→수소)으로 장거리 운용이 가능 수색/수중 정보 획득중에 수상에서 모선이 대기할 필요없이 운용이 가능 호버링 모드 수행으로 정밀한 해저 지형 정보 획득
		극지 빙저호의 수중 환경 탐사 AUV	<ul style="list-style-type: none"> 빙권과 수권의 양계에 해당하는 빙저호의 수질 검사, 퇴적물 조사, 생명체 관찰 등 수중 환경 탐사를 위한 AUV로 작동 반경 5km 범위 이내 이동하며 극저온 환경에서 있는 장기간 활용할 수 있는 저전력 AUV 	<ul style="list-style-type: none"> 무인·무선 이동체만 탐사 가능한 빙저호에 투입하여 호수 환경 모니터링과 해저면 조사로 극지연구에 활용 극저온 저전력 사용 AUV 개발을 통해 해빙아래 해수면 지역, 2km깊이 이상의 심해 지역에 활용할 수 있음 수중 모니터링으로 빙저호의 만조/간조주기 파악이 가능하며, 빙저호-빙하유동 속도의 관계를 통해 해수면 상승 예측 등 극지 연구 가능

플랫폼 유형	수요 유형	플랫폼명	플랫폼 정의	플랫폼 요구 공공임무
		초소형 수중 관찰 UUV	<ul style="list-style-type: none"> 길이 1m이내, 직경 17cm 이내의 소형화로 협소한 지역에서 해양 조사를 수행하는 수중 무인이동체 	<ul style="list-style-type: none"> 소형화를 통해 통해 조사선 운영이 불가능한 해역에서 자료를 획득 모선에서 자선으로 사출하여 조사 지역에서 자료를 획득하여 모선으로 데이터 전송
ROV	고도화	해양 탐사 ROV	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 해양 탐사 임무에 투입 가능한 기능을 보유한 유삭식 원격 조종 유영이 가능한 수중 로봇 	<ul style="list-style-type: none"> 해저 치적 쓰레기를 관측, 해저자원 탐사, 수중안벽점검 등 해양에서 조사 및 탐사 임무 수행 가능 해저 보행 및 빙저하부 이동기능을 포함하여 불규칙적 해저 지형에서 이동 가능 DP모선을 개발하여 ROV 작업범위를 확대 가상 현실 기반으로 운용자가 작업 로봇에 탑승하는 현실감 재현하는 인터페이스
		해양 건설 ROV	<ul style="list-style-type: none"> 수중에서 다양한 건설 및 유지 보수 작업을 수행하기 위한 유삭식 원격 조종이 가능한 유영형/보행형/트랙형 수중로봇 	<ul style="list-style-type: none"> 해양 건설 및 유지보수 등 임무수행 가능(건설 및 유지보수에 필요한 작업장치 탑재) 기존 ROV보다 장시간 수중 작업 필요
	미래	극지 빙저 탐사 ROV	<ul style="list-style-type: none"> 극지의 빙저 수중환경을 정밀탐사하기 위해 쇄빙선에서 ROV를 운용하는 방식으로 ROV으로 NUI 운용방식을 통해 빙저 밑 수평반경 50km 범위까지 이동하며 빙저 수중환경을 정밀탐사할 수 있는 플랫폼 	<ul style="list-style-type: none"> 빙하가 많은 극지해양 환경에서 쇄빙선에 케이블로 연결된 ROV를 운용하여 광범위한 빙저 환경을 정밀 탐사 NUI 운용 방식을 통해 빙저 밑 수평반경50km범위까지 이동
		양식장 관리 ROV	<ul style="list-style-type: none"> 어촌의 고령화 · 인력난을 해결하기 위한 상시 자율 모니터링이 가능하고 어망 관리 및 유지보수가 가능한 로봇팔이 달린 양식장 전용 플랫폼 	<ul style="list-style-type: none"> 양식장 내 · 외부에서 어패류의 상시 자율 모니터링 및 어망 청소 수행 양식장 그물파손, 해수 오염등의 문제 발생시 사용자에게 알림전달 그물망 부분 훼손, 어망 꼬임, 어패류의 어망 간섭시 보수 작업 수행
		천해 양식장 오염퇴적물 처리로봇	<ul style="list-style-type: none"> 목표 수심 50m 이내의 천해 양식장 오염퇴적물 조사/수거/이송용 수중로봇 및 처리시스템 	<ul style="list-style-type: none"> 천해 양식장 오염퇴적물 조사 및 제거 오염 퇴적물 친환경적 이송 및 처리 시스템 양식장내 로봇 제어 및 실시간 환경 영향 평가 가능

플랫폼 유형	수요 유형	플랫폼명	플랫폼 정의	플랫폼 요구 공공임무
UAV	고도화	해양 UAV	<ul style="list-style-type: none"> 해양환경에서 탐사, 모니터링, 운항 등을 수행하며, 시공간에서 정밀한 이 가능한 공중 이동체 	<ul style="list-style-type: none"> 해상조건에서 UAV가 안전 항행하며 자율적으로 모니터링, 탐사, 유지보수, 선박운항지원 등 임무를 수행할 수 있어야 함
융복합	미래	USV-ROV 협력형 수중작업시스템	<ul style="list-style-type: none"> USV와 ROV가 협력을 통해 해양 무인조사 및 모니터링, 탐색 및 경작업이 가능하며, 수산(양식장), 항만/플랜트 등 유지보수 기능을 수행하는 융복합 체계 	<ul style="list-style-type: none"> 무인수상선(USV)과 원격조정무인잠수정(ROV)으로 구성되어 USV에 탑재된 ROV를 진회수할 수 있고 케이블을 통해 원격 제어 육상의 운용자는 USV와 무선으로 통신하고, USV와 ROV는 유선으로 통신하여 운용자가 ROV를 원격 조종하고 ROV로부터 카메라 등의 정보를 수신하는 체계 ROV와 USV가 임무를 수행하기 위해 필요한 임무 장비 및 작업 장치를 탑재할 수 있어야 함
		USV-AUV 해양무인복합캐리어	<ul style="list-style-type: none"> USV와 AUV가 협력을 통해 해양 무인조사 및 모니터링, 탐색 및 경작업을 하는 해양무인복합체계 	<ul style="list-style-type: none"> 무인수상선 내에 AUV가 탑재된 해양무인복합장비 플랫폼임 AUV는 넓은 영역 탐사, 조사 등의 임무 수행과 함께 무인 수상선에 도킹을 통한 정보 전달 및 전력 충전을 함 AUV, USV가 임무를 수행할 수 있도록 임무 장비를 탑재할 수 있어야함
		USV-UAV 복합체계	<ul style="list-style-type: none"> USV와 UAV가 협력하여 해양 무인조사 및 모니터링 등 임무를 수행하는 해양무인복합체계 	<ul style="list-style-type: none"> 무인수상선(USV)과 무인비행체(UAV)로 구성, UAV와 USV가 이동하며 통신하고 협력하여 임무를 수행하고 UAV는 필요시 USV에 도킹하여 충전 및 임무 재설정
		공중이동 가능한 자율무인잠수정(Flying AUV)	<ul style="list-style-type: none"> 해난사고 시 1시간 내 전 해상 목표물의 광학 정보를 전송하고, 목표물 침몰시 최대 ***m 수심 조건에서 최대 **knots 속도로 이동하여 타겟 추종 후, 침몰 좌표와 획득한 광학·소나 정보를 전송하고 원 지점으로 복귀하는 수공 양용 해양로봇 	<ul style="list-style-type: none"> 사고 발생시 1시간 내 이동하기 위해 수중과 공중을 넘나들며 효과적으로 이동 사고 현장에 대한 광학·소나 정보를 구조기관에 전송 후 복귀

4.3. 해양무인이동체 기술분류체계

□ 개요

- (목적) 해양무인이동체 수요 플랫폼별로 핵심기술 도출을 위해 기술 분류체계 수립
- (방법) USV, AUV, ROV 등 해양무인이동체 연구개발 경험이 풍부한 전문가를 대상으로 수요 플랫폼을 검토하여 기술분류체계 수립
- (구조) 해양무인이동체가 무인으로 이동하며 주어진 임무를 수행하기 위한 기술·기능을 대·중분류의 구조를 갖추어 체계화

□ 해양무인이동체 기술분류체계 (8대 기술)

대분류	중분류	대분류	중분류
항법	위성항법 기술	원격 운용	원격 관제 기술
	관성항법 기술		관제인프라 기술
	SLAM 기술		인터페이스(HMI) 기술
	수중음향항법 기술		운용 시뮬레이터 기술
	지형정합항법 기술		동력원 기술
	지상파항법 기술		추진 기술
자율운항	탐지추적 기술	플랫폼/ 체계통합	최적형상설계 기술
	경로추종 기술		최적배치설계 기술
	충돌회피 기술		M&S 기술
	경로생성 기술		시험평가 기술
지능제어	상태인식 기술	임무/작업	진회수 기술
	고장진단 기술		해양조사 기술
	시스템제어 기술		첩보감시정찰 기술
	운동제어 기술		수색구조 기술
통신	지상파통신 기술	임무/작업	수중탐사 기술
	위성통신 기술		수중작업 기술
	수중광통신 기술		기타 임무 및 작업기술
	수중음향통신 기술		지능협업 기술
	이동통신 기술	복합체계	수상군집운용 기술
	네트워크통신 기술		수중군집운용 기술
	통신보안 기술		수상/수중 복합체계 기술
			유무인 복합체계 기술

□ 분류항목별 정의

○ 항법

대분류		중분류	
기술명	기술정의	기술명	기술정의
항법	무인이동체가 자신의 위치와 자세를 인식하기 위한 하드웨어 및 데이터 처리 알고리즘 기술	위성항법 기술	무인이동체의 위치정확도를 향상시키기 위해서, 위성 신호를 획득하여 항법성능을 향상하는 기술
		관성항법 기술	무인이동체가 관성센서(가속도계, 자이로스코프 등)를 이용하여 이동체의 위치와 방향을 인식하여 운용하는 기술
		SLAM 기술	무인이동체가 기체의 위치와 주변 환경을 인식하고 지도를 만들어 내는 기술로, 실제 환경에서 자율적으로 이동할 수 있도록 하는 기술
		수중음향 항법기술	수중음파를 이용하여 무인이동체가 자율적으로 이동하며 목표물을 탐지하고 추적하는 기술
		지형정합 항법기술	무인 이동체가 지형을 인식하고 지형 정보를 활용하여 이동하는 기술로, 무인 이동체가 지형 환경을 인식하고 이를 기반으로 이동하며, 장애물을 피하거나 탐지하여 항행
		지상파항법 기술	무인이동체가 지상의 비콘 등 지상파 신호를 통해 위치를 인식하여 항행하는 시스템

○ 자율운항

대분류		중분류	
기술명	기술정의	기술명	기술정의
자율운항	무인이동체가 스스로 주행 경로를 설정하고 주변 환경을 감지하며 안전하게 자율적으로 운행할 수 있는 기술	탐지추적 기술	인이동체가 3차원 공간에 존재하는 외부 물체의 위치 및 운동을 탐지하고 이동체를 추적하고 이동경로를 예측하는데 필요한 기술
		경로추종 기술	무인이동체가 미리 설정된 경로를 따라 이동하면서 주변 환경을 감지하고 분석하여 자동으로 경로를 수정하거나 장애물을 피하면서 이동하는 기술
		충돌회피 기술	무인이동체가 센서를 사용하여 이동체의 주변 환경을 감지하고, 이를 분석하여 이동체의 위치, 속도, 방향 등을 파악하여 충돌 가능성 예측 및 방향/속도/가속도 등을 조절하여 충돌을 회피하는 기술
		경로생성 기술	무인이동체가 데이터를 수집하여 주변 환경을 파악하고, 지도나 다른 위치 정보를 활용하여 경로를 계획하거나, 무인이동체의 현재 상태(고장 등) 및 작업 요구사항을 고려하여 경로를 생성하는 기술

○ 지능제어

대분류		중분류	
기술명	기술정의	기술명	기술정의
지능제어	무인이동체가 스스로 외부·자가 진단하고 시스템 및 운동을 제어하여 지능적으로 이동·작업을 하는 기술	자율임무 계획/관리기술	지능형 자율제어를 지원하기 위한 임무 계획 및 관리 기술
		상태인식 기술	무인이동체가 주변 환경과 자신의 상태를 파악하고 이를 활용하여 이동을 결정하는 기술
		고장진단 기술	운용 중 오작동이나 사고를 방지하기 위하여 인공지능을 활용하여 고장을 감지하는 기술
		시스템 제어기술	무인이동체가 인식한 환경 및 결정사항에 따라 지능적으로 기체를 구성하는 각 시스템을 제어하는 기술

○ 원격운용

대분류		중분류	
기술명	기술정의	기술명	기술정의
원격운용	원격으로 다수 무인이동체를 운용하기 위한 관제기술과 운용자 인터페이스 및 시뮬레이션 기술	원격 관제 기술	자율적으로 운용되는 다수의 무인 이동체를 원격으로 관제하는 기술
		관제인프라 기술	무인이동체를 원격관제하기 위해 기반이 되는 운항 준비, 관리 등 인프라 기술
		인터페이스(HMI) 기술	사람과 무인이동체 간에 보다 직관적인 인간 중심의 인터페이스를 구축하고, 이를 바탕으로 사람과 무인이동체가 상호작용하여 보다 안전하고 효율적으로 임무를 수행하기 위한 기술
		운용 시뮬레이터 기술	무인 이동체의 운용 환경을 가상으로 구현하여 시뮬레이션하는 기술

○ 통신

대분류		중분류	
기술명	기술정의	기술명	기술정의
통신	무인이동체의 안전하고 효율적인 임무 수행을 위해 무인이동체와 통제시스템, 무인이동체와 통신 인프라, 무인이동체 간 정보 교환을 수행하는 기술	지상파통신 기술	지상에 위치한 안테나를 통해 전파를 발신하고 이를 무인이동체가 수신하여 통신하는 시스템
		위성통신 기술	무인이동체가 특정 지점에서 위성으로 정보를 보내거나, 위성에서 무인이동체가 있는 지점으로 정보를 전송하는 기술
		수중광통신 기술	광섬유 케이블을 사용하여 수중에서 무인이동체로 데이터를 전송하는 기술
		수중음향통신 기술	수중에서 음파를 이용하여 무인이동체에 정보를 전송하는 기술
		이동통신 기술	무인이동체가 이동통신 단말기를 통해 음성이나 영상, 데이터 등을 장소에 구애받지 않고 통신하는 기술
		네트워크 통신 기술	무인이동체가 통신 네트워크에서 서로 통신하고 데이터를 교환하도록하는 기술
		통신보안 기술	통신 및 네트워크 보안과 재밍, 스푸핑 방지 등으로 구성, 무인이동체의 안전한 운용을 위해 해킹을 방지하는 통신 및 네트워크 보안 기술, 무인이동체의 불법적·악의적 이용을 막기 위한 불법행위 억제 기술, 무인이동체의 제어용 신호와 GPS 신호 수신에 대한 무선 전파방해 방지기술, 가짜신호 방지기술, 불법 무인이동체 탐지 및 방지 기술

○ 플랫폼/체계통합

대분류		중분류	
기술명	기술정의	기술명	기술정의
플랫폼/ 체계통 합	요소 기술이나 시스템을 플랫폼 특성에 맞게 통합하는 체계 기술	동력원 기술	이동체가 움직일 수 있는 구동/추진 장치에 에너지를 제공하고, 임무장비 및 구동용 서브시스템에 전원을 제공하기 위한 에너지원에 해당되는 기술
		추진 기술	동력원으로부터 에너지를 공급받아 임무를 수행하기 위한 장소로 움직이기 위한 기술
		최적형상 설계 기술	무인이동체가 요구하는 성능을 갖춘 가장 효율적인 형태로 설계하는 기술
		최적배치 설계 기술	무인이동체의 제한된 크기 내에서 구성품을 최적 배치하는 기술
		M&S 기술	무인 이동체의 동작원리 및 제어시스템, 물리적 특성을 모델링하고 가상 환경에서 테스트하기 위한 개발 기술
		시험평가 기술	다양한 형태와 목적을 갖는 무인 이동체의 기술적 성능을 평가하는 기술
		진회수 기술	무인이동체를 모션에서 진출하고 운용 이후 회수하는 기술

○ 임무/작업

대분류		중분류	
기술명	기술정의	기술명	기술정의
임무/작 업	무인이동체의 임무수행을 위해 활용되는 운용기술, 장비, 센서 등을 총칭	해양조사 기술	무인이동체가 해양 환경, 자원 등을 탐사 및 조사하기 위해 필요한 임무기술과 장비
		첩보감시 정찰 기술	무인이동체가 임무 영역을 감시하고, 경계지역을 주기적으로 정찰하는 등 첩보감시정찰에 요구되는 운용기술, 장비, 센서 등
		수색구조 기술	무인이동체가 해양에서 조난자 등을 수색하고 위기에 있는 사람을 구조하기 위한 운용기술 및 장비, 센서 등
		수중탐사 기술	수중, 해저면, 극지 등 수중환경을 탐사하기 위한 임무 운용기술, 장비, 센서 등
		수중작업 기술	무인이동체가 수중에서 직접 작업을 할 수 있는 기술 및 장치
		기타	기타 무인이동체의 원활하고 효율적인 임무를 수행하기 위한 기술, 장비, 센서 등

○ 복합체계

대분류		중분류	
기술명	기술정의	기술명	기술정의
복합 체계	다수/이기종 무인이동체 간 또는 유무인 체계가 지능 협업하고, 군집운동하는 하는데 필요한 기술	지능협업 기술	다수의 무인이동체가 서로 협력을 통해 효율적인 임무 수행을 하는 기술
		수상군집 운동 기술	수상의 다수 무인이동체가 군집을 이루어 이동 및 임무를 수행하는 기술
		수중군집 운동 기술	수중의 다수 무인이동체가 군집을 이루어 이동 및 임무를 수행하는 기술
		수상/ 수중 복합체계 기술	수상 무인이동체와 수중 무인이동체가 협업을 통해 수상과 수중의 복합적인 임무를 수행하는 기술
		유무인 복합체계 기술	유인이동체와 무인이동체가 협업을 하기 위한 기술

극지연구소

4.4. 해양무인이동체 기술로드맵

4.4.1 플랫폼 관점 로드맵

* 기술확보방안 : 황색은 선행기술이 존재하여 플랫폼에 맞게 고도화, 녹색은 신규개발

플랫폼 유형	수요 유형	플랫폼 명	핵심기술	단기			중기			장기																			
				Y	Y+1	Y+2	Y+3	Y+4	Y+5	Y+6	Y+7	Y+8	Y+9																
USV	고도화	연안해양조사 USV	소형 해양 부유물 탐지 및 회피 기술																										
			폐어망/어구 감김 방지 추진 시스템																										
			무인선 선체 기술																										
			해양조사장비 탑재 모듈화 기술																										
			해양조사선 진회수기술																										
			연안 해양조사 경로 생성기술																										
			해양조사센서통합 미들웨어 기술																										
		해저지층조사 무인선박	해양조사장비 원격운용·모니터링기술																										
			수진기 예인 무인선 탐사선 추종 기술																										
			수진기 예인 무인선 운동제어 기술																										
			수진기 예인 무인선단 운항 관제기술																										
			무선 네트워크 기술																										
			무인선 선체기술	<연안해양조사 USV - 무인선 선체 기술 연계>																									
			수진기 예인 무인선 진회수 기술	<연안해양조사 USV - 해양조사선 진회수기술 연계>																									
	미래	연안도서 교통물류용 무인선	수진기 예인무인선단 경로 계획 기술																										
			실시간 지층조사결과 모니터링 기술																										
			수진기 예인 무인선단 상황인식 기술																										
			저시정 상황인식 기술																										
			소형 부표 탐지 및 회피 기술	<연안해양조사 USV - 소형 해양 부유물탐지 및 회피 기술 연계>																									
			파랑중 자율운항 기술																										
			무인선 이접안 유도/계류 시스템 기술																										
			자율이접안 기술																										
			주변 항행선박 및 VTS 와의 교신기술																										
			비상 대응 기술																										
			연안도서 교통물류용 무인선 관제 기술																										
			관제요원 훈련용 시뮬레이터																										
			연안도서 교통물류용 무인선 추진 기술																										
연안도서 교통물류용 인선 선형 설계 기술																													
화물창/승객 선실 배치 기술																													
나선추진 수륙양용 무인 이동체	앱기반 무인선 탑승/화물운송 예약 및 운항 관리 기술																												
	시스템 설계 기술																												
			수륙양용 로봇기술																										

플랫폼 유형	수요 유형	플랫폼명	핵심기술	단기			중기			장기			
				Y	Y+1	Y+2	Y+3	Y+4	Y+5	Y+6	Y+7	Y+8	Y+9
AUV	고도화	수중탐사용 글라이더	초음파측위 통합 항법 기술										
			소비전력 고려 운항 계획기술										
			고효율 부력추진 기술										
			고효율 배터리 전력 시스템 기술										
			저전력 설계 및 운용 효율 향상 기술										
			저전력 신호처리 시스템 기술										
		초음파측위 통합 항법 기술	<수중탐사용 글라이더 - 초음파측위 통합 항법 기술 연계>										
		복합 항법알고리즘 기술											
		중대형 AUV 운용기술											
		모선 정밀 위치 제어 알고리즘 기술											
		자동 운항 및 항행 제어 알고리즘 기술											
		ROV 중계 AUV 무선통신 기술											
	심해 생물자원 채집 및 환경자료 획득 UUV	고효율 배터리 전력 시스템 기술	<수중탐사용 글라이더> - 고효율 배터리 전력 시스템 기술 연계										
	저소음 운용 기술												
	저전력·경량 플랫폼 하드웨어 설계 및 제작 기술												
	바이오 파울링 방지 기술												
	심해 AUV용 다물체 영상취득장치 개발												
	자동 시료 인식 알고리즘 기술												
	시료 채취 작업기술												
	극지 채집시료의 온도·압력 유지 기술												
	저전력 신호처리 시스템 기술	<수중탐사용 글라이더 - 저전력 신호처리 시스템 기술 연계>											
	현재	해역 연직단면 관측 UUV	수중센싱기술										
			순항/호버링 기술										
고효율 부력 제어 기술													

플랫폼 유형	수요 유형	플랫폼명	핵심기술	단기			중기			장기			
				Y	Y+1	Y+2	Y+3	Y+4	Y+5	Y+6	Y+7	Y+8	Y+9
AUV	현재	광대역/ 장시간 심해 환경 조사 플랫폼	수중용 대형 전력공급장치 기술	<수중탐사용 글라이더 - 고효율 배터리 전력 시스템 기술 연계>									
			바이오 파울링 방지 기술	<심해 생물자원 채집 및 환경자료 획득 UUV - 바이오 파울링 방지 기술 연계 >									
		장기 임무 수행을 위한 시스템 안정성											
		장기 임무 수행 후 자료의 확보 신뢰성											
		선저하부 점검 UUV	선체표면 위 상대위치 추정 및 운동 제어 기술										
			영상 및 이미지를 통한 주변 환경 인지 기술										
	미래	극지 빙저호의 수중 환경 탐사 AUV	Hybrid-AUV 도킹 유도를 위한 Inverted-USBL 기술										
			빙저수중공간에서의 수중통신 기술										
			극지 탐사용 Hybrid-AUV 제작 및 운용 기술										
			저온환경 성능평가 기술										
		빙홀 시추 용융 머신 기술											
		수소추진 수중무인 이동체	초소형 수중 관찰 UUV	UUV 위치추적·항법 기술									
	무인이동체 소형화 기술												
	수소추진 수중무인 이동체		Hyb-ES 스마트 상태 추정기술										
			스마트 상태식별 기술										
			멀티모드 자율제어 테스트베드 기술										
			순항/호버링 기술	<해역 연직단면 관측 UUV - 순항/호버링 기술 연계>									
			가상운용 디지털 플랫폼 기술										
			가상통합제어기술										
			수소추진 무인이동체 운용체계 설계 기술										
Hyb-ES HILS 평가기술													
스마트 전력변환·제어기술													
모델링·시뮬레이션 기술													

플랫폼 유형	수요유형	플랫폼 명	핵심기술	단기			중기			장기									
				Y	Y+1	Y+2	Y+3	Y+4	Y+5	Y+6	Y+7	Y+8	Y+9						
ROV	고도화	해양 탐사 ROV	다중센서융합 수중정밀항법기술																
			동적 위치/자세 유지 제어기술																
			주변상황 인식기술																
			수중 정밀 매핑기술																
			경유점 추종제어기술																
		해양 건설 ROV	다중센서융합 수중정밀항법기술	<해양탐사 ROV - 다중센서융합 수중정밀항법기술 연계>															
			동적 위치/자세 유지 제어기술	<해양탐사 ROV - 동적 위치/자세 유지 제어기술 연계>															
			주변 상황 인식 기술																
			경유점 추종제어기술																
			고용량 탑재전력 기술																
	미래	천해 양식장 오염 퇴적물 처리로봇	천해 양식장 오염퇴적물 조사 및 제거 로봇 기술																
			오염퇴적물 친환경적 이송 및 처리시스템 기술 개발																
			양식장 내 로봇 제어 및 실시간 환경영향 평가 기술 개발																
		양식장 관리 ROV	정밀 위치 추정 기술																
			자율 운용 기술																
			양식장 환경 인식/인지기술																
			동적 물체 파지 제어 기술																
		극지 빙저탐사 ROV	빙저면 항법 기술																
극저온 대응기술																			

플랫폼 유형	수요 유형	플랫폼명	핵심기술	단기			중기			장기				
				Y	Y+1	Y+2	Y+3	Y+4	Y+5	Y+6	Y+7	Y+8	Y+9	
UAV	고도화	해양 UAV	비가시 환경에서 무인이동체 운용을 위한 네트워크 및 자기장계 응용 관성복합항법기술											
			경유점 및 물체 자동 추종 기술 개발											
			운용자 상황 인식 지원 기술											
			무인이동체 제어용 통신에 대한 항재밍 통신 기술 개발											
			AI 기반 포유류 자동 탐지/추적 기술 개발											
융복합	미래	Flying AUV	수중-공중 및 과도 구간 자율운용 기술											
			수중-공중 임무수행 지원을 위한 무선통신 기술											
		USV-ROV 협력형 수중작업 시스템	수중작업 인간-ROV 제어기술											
			하이브리드 운용시스템 기술											
		USV-UAV 복합체계	USV-ROV 플랫폼 설계 기술											
			USV-UAV 협업임무 계획 및 관리 기술											
			USV-UAV 유도 제어 기술											
			USV-UAV 협력 탐사/작업 기술											
		USV-AUV 해양무인 복합캐리어	USV-UAV 이착륙 장치 기술											
			AUV용 장거리 무선통신 기술											
			AUV 진회수 기술	<USV-UAV 복합체계 - USV-UAV 협업임무 계획 및 관리 기술 연계>										
			USV와 AUV 협력 제어 기술	<연안해양 조사 USV - 해양조사장비 탑재 모듈화 기술 연계>										

4.4.2 기술 관점 로드맵

* 기술확보방안 : 황색은 선행기술이 존재하여 플랫폼에 맞게 고도화, 녹색은 신규개발

대	종	소	단기			중기			장기			
			Y	Y41	Y42	Y43	Y44	Y45	Y46	Y47	Y48	Y49
항법	SLAM 기술	선체표면 위 상대위치 추정 및 운동 제어 기술	Yellow	Yellow								
		비가시 환경에서 무인이동체 운용을 위한 네트워크 및 자기장계 응용 관성복합항법기술	Yellow	Yellow	Yellow							
	관성항법 기술	다중센서융합 수중정밀항법기술	Yellow									
		동적 위치/자세 유지 제어기술			Yellow							
		정밀 위치 추정 기술	Yellow									
	수중응향항법 기술	복합 항법알고리즘 기술	Yellow									
		초음파측위 통합 항법 기술	Yellow									
		Hybrid-AUV 도킹 유도를 위한 Inverted-USBL 기술				Yellow						
		초소형 UUV 위치추적·항법 기술 (소형화하는 기술로 연계하여 활용)		Yellow								
	지형정합항법기술	영상 및 이미지를 통한 주변 환경 인지 기술	Yellow									
빙저면 항법 기술		Green										
자율운항	탐지추적 기술	수진기 예인 무인선 탐사선 추종 기술	Yellow									
		주변상황 인식기술	Yellow									
		수중 정밀 매핑기술	Yellow									
		물체 자동 추종 기술 개발	Yellow		Yellow							
		소형 해양 부유물 탐지 및 회피 기술	Green									
		저시정 상황인식 기술	Green									
		파랑중 자율운항 기술	Green									
	경로추종 기술	경유점 추종제어기술	Yellow									
		수중-공중 및 과도 구간 자율운용 기술	Yellow						Yellow	Yellow	Yellow	
지능제어	자율 임무 계획/관리 기술	USV-UAV 협업임무 계획 및 관리 기술	Green	Green	Green	Green	Green					
	상태인식 기술	소비전력 고려 운항 계획기술	Yellow	Yellow								
		수중센싱기술	Yellow									
		Hyb-ES 스마트 상태 추정기술		Green		Green						
		스마트 상태식별 기술			Yellow	Yellow						
	시스템제어기술	무인선 이접안유도/계류 시스템 기술	Green	Green	Green							
		자율 운용 기술	Yellow	Yellow	Yellow							
		멀티모드 자율제어 테스트베드 기술	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow						

대	종	소	단기			중기			장기				
			Y	Y41	Y42	Y43	Y44	Y45	Y46	Y47	Y48	Y49	
	운동제어 기술	수진기 예인 무인선 운동제어 기술											
		자율이접안 기술											
		고효율 부력추진 기술											
		순항/호버링 기술											
		고효율 부력 제어 기술											
원격운용	원격관제 기술	모선 정밀 위치 제어 알고리즘 기술											
		주변 항행선박 및 VTS 와의 교신기술											
		비상 대응 기술											
		수중작업 인간-ROV 제어기술											
		자동 운항 및 항행 제어 알고리즘 기술											
		수진기 예인 무인선단 운항 관제 기술											
		중대형 AUV 운용기술											
		연안도서 교통물류용 무인선 관제 기술											
		USV-UAV 유도 제어 기술											
	관제인프 라기술	하이브리드 운용시스템 기술											
		가상통합제어기술											
	인터페이 스(HMI) 기술	운용자 상황 인식 지원 기술											
		수소추진 무인이동체 운용체계 설계 기술											
	운용시물 레이터기 술	관제요원 훈련용 시뮬레이터											
		가상운용 디지털 플랫폼 기술											
수중-공중 임무수행 지원을 위한 무선통신 기술													
통신	수중음향 통신기술	ROV 중계 AUV 무선통신 기술											
		빙저수중공간에서의 수중통신 기술											
		AUV용 장거리 무선통신 기술											
	네트워크 통신기술	무선 네트워크 기술											
	통신보안 기술	무인이동체 제어용 통신에 대한 항재밍 통신 기술 개발											
플랫폼/ 체계통합	동력원기 술	저전력 설계 및 운용 효율 향상 기술											
		고효율 배터리 전력 시스템 기술											
		스마트 전력변환·제어기술											
		수중용 대형 전력공급장치 기술											
		Hyb-ES HILS 평가기술											

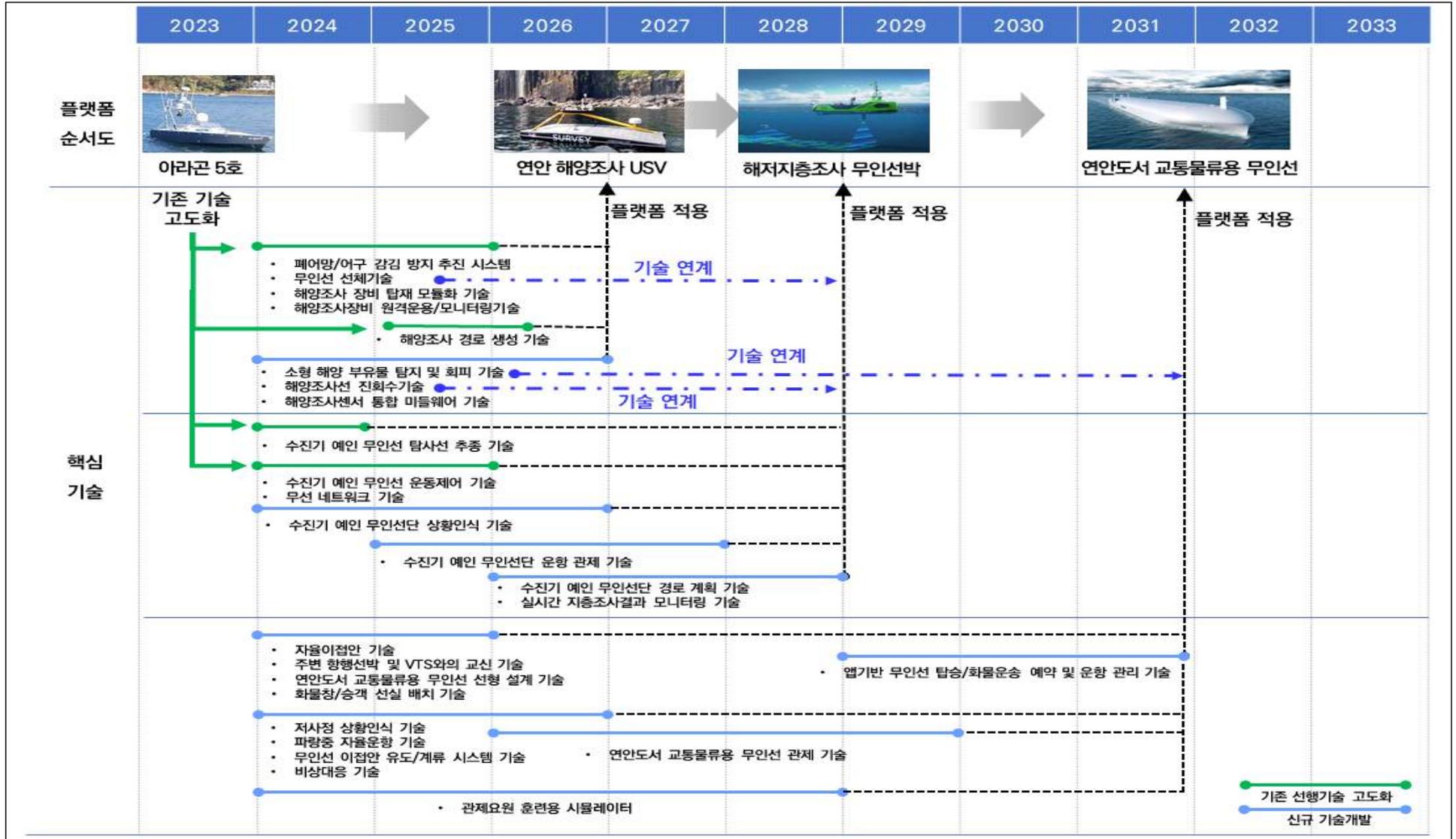
대	종	소	단기			중기			장기				
			Y	Y+1	Y+2	Y+3	Y+4	Y+5	Y+6	Y+7	Y+8	Y+9	
	추진기술	페어망/어구 감김 방지 추진 시스템											
		시스템 설계 기술											
		연안도서 교통물류용 무인선 추진 기술											
		보행/트랙 제어기술											
		저소음 운용 기술											
	최적형상설계기술	무인선 선체 기술											
		연안도서 교통물류용 무인선 선형 설계 기술											
		저전력·경량 플랫폼 하드웨어 설계 및 제작 기술											
		극지 탐사용 Hybrid-AUV 제작 및 운용 기술											
		무인이동체 소형화 기술											
		바이오 파울링 방지 기술											
	최적배치설계기술	해양조사장비 탑재 모듈화 기술											
		화물창/승객 선실 배치 기술											
	시험평가기술	저온환경 성능평가 기술											
	M&S 기술	모델링·시뮬레이션 기술											
	진회수기술	해양조사선 진회수기술											
		수신기 예인 무인선 진회수 기술											
		AUV 진회수 기술											
	임무/작업	해양조사기술	해양조사장비 원격 운용/모니터링 기술										
해양조사센서 통합 미들웨어 기술													
USV-UAV 협력 탐사/작업 기술													
수진기 예인무인선단 경로 계획 기술													
실시간 지층 조사결과 모니터링 기술													
AI 기반 포유류 자동 탐지/추적 기술 개발													
연안 해양조사 경로 생성기술													
수중탐사기술		심해 AUV용 다물체 영상취득장치 개발											
		자동 시료 인식 알고리즘 기술											
수중작업기술		작업용 로봇팔/툴 제어 기술											
		시료 채취 작업기술											
		천해 양식장 오염퇴적물 조사 및 제거 로봇 기술											
		오염퇴적물 친환경적 이송 및 처리시스템 기술 개발											
		극저온 대응기술											
		양식장 환경 인식/인지기술											
		동적 물체 파지 제어 기술											
양식장 내 로봇 제어 및 실시간 환경영향 평가 기술 개발													

대	종	소	단기			중기			장기				
			Y	Y41	Y42	Y43	Y44	Y45	Y46	Y47	Y48	Y49	
	기타	수륙양용 로봇기술											
		장기 임무 수행 후 자료의 확보 신뢰성											
		극지 채집시료의 온도·압력 유지 기술											
		저전력 신호처리 시스템 기술											
		장기 임무 수행을 위한 시스템 안정성											
		USV-UAV 이착륙 장치 기술											
		빙홀 시추 응용 머신 기술											
		앱기반 무인선 탑승/화물운송 예약 및 운항 관리 기술											
복합체계	수상군집 운용기술	수진기 예인 무인선단 상황인식 기술											
	유무인 복합체계 기술	USV-ROV 플랫폼 설계 기술											
	지능협업 기술	USV와 AUV 협력 제어 기술											



구분	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	수행임무		
ROV	URI 													
	고도화	해양탐사 ROV										<ul style="list-style-type: none"> • 해저침저 쓰레기 관측 • 해저자원 탐사 		
	고도화	해양건설 ROV										<ul style="list-style-type: none"> • 해양건설, 유지보수 • 수중 정밀 작업 		
			천해양식장 오염퇴적물 처리로봇										<ul style="list-style-type: none"> • 천해양식장 오염물 조사제거 • 양식장 환경 영향 평가 	
			양식장 관리 ROV										<ul style="list-style-type: none"> • 양식장 어패류 모니터링 • 양식장 유지관리 • 어망 보수 작업 	
			극지 빙저 탐사 ROV									<ul style="list-style-type: none"> • 빙저환경 정밀 탐사 		
UAV		고도화	해양 UAV									<ul style="list-style-type: none"> • 해양 감시 및 시설 점검 • 선박 운항지원 		
융합														
												Flying AUV	<ul style="list-style-type: none"> • 해양 사고 발생 신속 대응 	
													USV-ROV 협력형 수중작업시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 수중 정밀/장시간 작업
													USV-UAV 복합체계	<ul style="list-style-type: none"> • 해양 전역 감시 및 모니터링
													해양무인복합 캐리어	<ul style="list-style-type: none"> • 수상/수중 무인 조사 • 수상/수중 연계 감시

[그림 4-2] 플랫폼 개발 순서도(상세) 예시





V. 결론 및 제언



5.1. 결론

5.2. 정책제언



V. 결론 및 제언

5.1. 결론

□ 해양무인이동체 개발 방향 조정 필요

- 해양수산 환경의 변화에 따라 해양무인이동체의 역할이 부각되고 있으나, 그간 공급자 중심 R&D로 우수한 기술성과의 현장활용 부진
 - * 해양무인이동체 국가R&D투자 : (2012) 122.6억원 → (2015) 380.4억원 → (2020) 531.6억원
- 해외 주요국은 해양무인이동체 적용을 다양화하고 있으나, 국내는 무인이동체 적용 영역이 협소
 - * 미국 HUMRS는 기존 AUV를 뱀처럼 움직일 수 있도록 개발하여 선박사고 장소를 유연하게 이동하며 사고대응이 가능한 해양무인이동체를 개발
 - ** 그 외 기름유출사고, 양식어장 관리, 심해조사 등 특성에 맞는 개발이 이루어지는 중

[그림 5-1] 해외 해양무인이동체 현장적용 사례



- 이에 따라 해양무인이동체 개발 방향을 공급자 중심에서 수요자 중심 R&D로 전환하여 우수한 기술성과를 현장화·상용화하여 해양수산 환경변화에 대응하는 무인이동체 역할을 제고할 필요 있음
- 아울러, 국내 무인이동체의 주요 수요처인 공공분야가 현장확산을 주도하고, 현장화 성과를 민간으로 확산하는 기술혁신 모델 필요

□ 현장 활용 확대 필요

- 국내 해양수산 분야의 무인이동체 활용은 42% 수준이며, 활용되고 있는 무인이동체도 고도화 필요
 - 특히, 제기된 고도화 방안 중 84%가 기술적 개선방안인 점에서 현장 수요를 바탕으로 활용중인 무인이동체를 고도화가 필요함
- 또한, 기술적 개선과 함께 해양무인이동체의 현장 활용 전문성을 강화하기 위해 MRO 체계 마련, 제도 개편 등이 요구되고 있음
 - 향후 공공분야의 업무를 무인이동체를 활용하여 지원하기 위해 해양 무인이동체 운영지원을 강화할 필요가 있음
- 한편, 해양수산 분야로부터 현장의 수요가 반영된 해양무인이동체 수요조사를 진행한 결과 66개의 현장수요 플랫폼이 도출되었음
 - 현장수요 플랫폼은 해양무인이동체의 이동성뿐 아니라 임무수행을 고려한 이동, 작업, 협업, 운용의 특징을 나타내고 있음
 - * 해양수산 임무를 수행하기 위해 소형화·대형화할 뿐 아니라 이동의 특성도 반영(수직 이동, 수륙양용, 심해장기체류 등)
 - 또한, 해양무인이동체 현장수요를 조사한 결과 현재 운용중인 플랫폼의 편의성, 임무지향성을 향상시키는 고도화 수요, 현재 해양무인이동체가 적용되지 않고 있는 신규 영역에 대한 수요인 현재수요, 미래 해양수산 공공임무를 수행하기 위한 미래수요로 구분됨

□ 해양수산 임무·기술 고려한 로드맵 수립

- 본 로드맵은 우리 해양수산 업무에 무인이동체를 확산하기 위해 연구개발과 현장적용의 선순환을 유도하기 위해 수립
 - 연구개발과 현장적용의 선순환 유도를 위해 해양수산 공공임무 현장의 수요를 활용하고, 현장수요의 특성을 반영하여 로드맵을 수립함

- 본 로드맵에서 현장의 다양한 수요를 바탕으로 유사 임무를 가진 플랫폼을 통합하고 기술적 특성과 개발 가능성에 따라 22개 플랫폼을 최종 선정함
 - * 수요 플랫폼에 대한 조정 및 통합 과정에 개발 및 활용 기관 전문가가 참여
- 22개의 플랫폼의 핵심기술을 식별하기 위해 해양무인이동체 기술 분류체계를 수립
 - * 해양환경의 특수성을 고려하여 해양무인이동체를 위한 별도 기술분류체계가 필요함
- 해양무인이동체 기술분류체계에 기반하여 105개의 핵심 기술을 도출하였으며, 도출한 기술은 체계적·효율적 개발을 위해 조정
 - (체계화) 해양무인이동체 수요의 유형에 따라 체계화하여 플랫폼과 적용 임무를 설정하고 기술 도출 및 조정함
 - * 수요 유형을 고려하여 기술확보 전략을 수립(기존 기술 고도화 및 신규개발 전략)
 - (효율화) 22개 플랫폼별 기술적 연관 관계를 고려하여 기술확보 계획을 연계하여 효율적 기술개발이 가능하도록 함
- 22개 플랫폼별로 임박한 수요와 기술적 가능성을 종합 고려하여 개발 우선도를 수립하여 향후 해양무인이동체가 해양수산 공공임무에 체계적으로 수요에 맞게 개발되어 현장에 투입될 수 있기를 기대
 - 본 로드맵의 플랫폼 및 기술개발은 정부정책, 수요처의 상황, 예산 규모 등에 따라 착수시점이 조정 가능하며, 세부 별도 과제 기획을 통해 추진 필요

5.2. 정책제언

- 해양수산부 중장기 비전과 무인이동체 개발 연계
 - 해양수산부는 해양정책, 수산, 어촌개발 및 수산물 유통, 해운·항만, 해양환경, 해양조사, 해양수산자원개발, 해양과학기술연구·개발 및 해양안전 심판에 관한 사무를 관장하여 폭넓은 무인이동체 활용 영역이 존재
 - 이에 따라 변화하는 해양수산 환경에서 비전을 제시하고 중장기 미션을 수행함에 있어 해양무인이동체 개발 및 활용 계획을 연계 하여 해수부의 난제·미션 해결에 기여할 필요 있음
 - 영국 등 해양 선진국은 해양분야 미래 대비를 위한 국가 전략에 필요한 해양무인이동체를 사전 식별하여 대응하기 위한 로드맵을 수립
 - * 국가해양시설 기술로드맵(2021)을 통해 해양과학 비전 달성에 필요한 연구용 수중무인이동체 개발 프레임워크를 제시
- 해양무인이동체 운영·유지 지원체계 마련
 - 해양무인이동체의 현장 활용성 제고를 위해 현장화된 무인이동체 개발뿐 아니라 현장에서 전문적 운용과 유지보수를 지원할 수 있는 지원체계 마련 필요
 - 실태조사 결과 국산 해양무인이동체가 있음에도 유지보수가 어렵고 해외 전문기관의 원활한 운용으로 인해 외산 무인이동체를 활용한다는 응답도 존재하였음
 - * 해외의 경우 최종 사용자보다 전문 운영 및 유지보수 기관이 운영하고 있어 활용도가 제고 되고 있음
 - 국내의 경우 단기간 민간 운용유지 지원 생태계 구축에 한계가 있으므로 국가의 지원을 통해 해양수산 공공분야 무인이동체 운영 유지 지원체계가 마련된다면 활용성이 제고될 것으로 판단
 - 국내 제작사들의 해외 정비 외주비용이 높고, 제작된 해양무인이동체의 개발 난이도가 높은만큼 운용유지 분야의 생태계 구축을 위해 해양 무인체계 MRO 관련 전문인력 양성기관 설립 필요

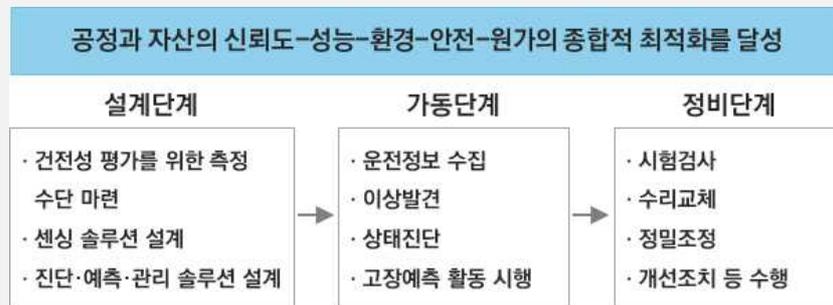
- * 대부분 제작사에 요청을 하여 수리를 수행하고 있지만, 현실적으로 제작사도 영세하거나 해외 도입장비가 많아서 적기에 정비지원이 어려움

※ 무인체계운용 신뢰도 향상을 위한 MRO 육성정책 발굴 필요

가. 건전성 예측관리(고장예측)

- 4차 산업혁명의 도래와 함께 다양한 산업군에서 건전성 예측관리 (PHM) 기술이 신뢰성과 가동 효율을 높이는 핵심기술
- (건전성 예측관리(PHM)) 기계, 항공, 발전소 등 고장 발생 시 손실이 매우 큰 설비나 시스템에 주로 적용되고 있으며, 상태 정보를 수집하여 시스템의 이상상태를 감지하고 분석 및 예지진단을 통하여 고장 시점을 사전에 예측함으로써 설비 운영과 관리를 최적화 하는 기술

[건전성 예측관리 단계 개념]



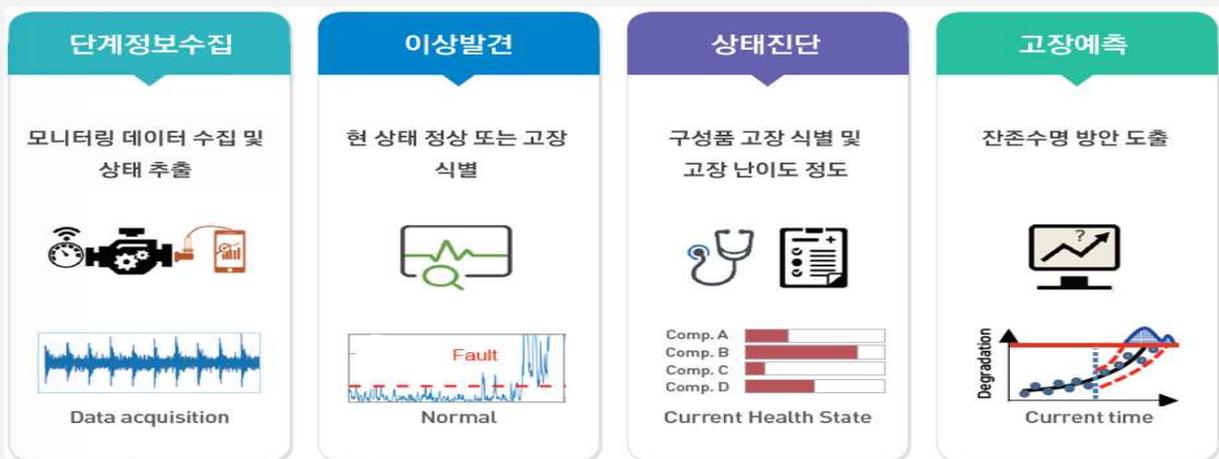
(1) 건전성 예측관리 종합 최적화

- 건전성 예측관리에 의한 종합 최적화는 신뢰도(Reliability), 성능(Performance), 환경(Emission), 안전(Safety) 및 원가(Cost) 요소로 구분
- (신뢰도) 공정(Process)과 자산(Asset)이 건전한 상태를 유지하도록 이상징후를 사전에 발견하고 고장을 예방
- (성능) 최소의 비용으로 공정.자산 목표성능(예: 효율)을 달성하도록 최적화
- (환경) 공정.자산의 오염배출 상태를 진단하고 개선조치를 취함으로써 환경기준치 초과를 방지
- (안전) 안전에 영향을 미치는 위험설비와 작업자의 생체 및 환경을 대상으로 상태를 진단하여 사고를 예방
- (원가) 공정.자산의 신뢰도-성능-환경이 생산원가에 미치는 영향을 종합적으로 분석하여 운영과 유지보수 정책을 결정

(2) 실행단계

- 건전성 예측.관리 실행을 위한 단계는 ①단계정보수집(Sensing & Feature extraction), ②이상발견(Anomaly Detection), ③상태진단(Dignostic), ④고장예측(Prognostic)로 적용
- (정보수집) 센서로부터 데이터를 수집하고 잡음제거 및 신호처리를 통해 결함 관련 특징신호를 추출
- ((이상발견) 운전신호를 측정하여 정상운전 데이터와 비교하고 정상범위를 벗어날 경우 이상경보(alarm)를 발령
- ((상태진단) 상태정보를 이용하여 공정.자산의 이상유무, 결함발생원인 및 심각도 등 건전성상태를 종합평가하고 정상화에 필요한 정보를 제공
- ((고장예측) 현재까지의 건전성 평가결과를 토대로 향후 운용 가능시간을 예측함으로써 정비계획 수립에 활용

[건전성 예측.관리 실행단계]



(3) 신뢰도중심정비 기술

- 공정.자산의 효율적 유지관리를 위한 신뢰도중심정비(RCM)는 예방정비(PM), 예측정비(PdM), 고장정비(CM)로 구성
- 해양무인체계 관리구성은 운전관리(Operation), 정비관리(Maintenance), 기술관리(Engineering)로 이루어지며 이들은 건전성 진단과 정상화를 담당
- 관리는 가동 중에 고장 발생 징후를 조기에 발견하는 것이 주된 업무이며, 기능과 성능을 정상화하기 위해 인력, 장비, 솔루션 등을 활용
- 정비 중에는 다양한 기술을 이용하고 시험(Test), 검사(Inspection)를 통하여 잠재 고장요인을 식별하며 정비와 조정으로 기능을 정상화

- 신뢰도중심정비(RCM)에서는 이상발견, 상태진단, 고장예측 등에 대하여 서술하고 있으나 구체적인 방법론은 다루지 않고 있지 않아서, 신뢰도중심정비(RCM) 기법이 해양무인체계에 실행력을 가지기 위해서는 각 단계별로 기능을 구현할 수 있는 기술이 필요하며, 건전성 예측.관리(PHM) 기술로 수행

(4) 무인수상정 건전성 예측.관리 체계

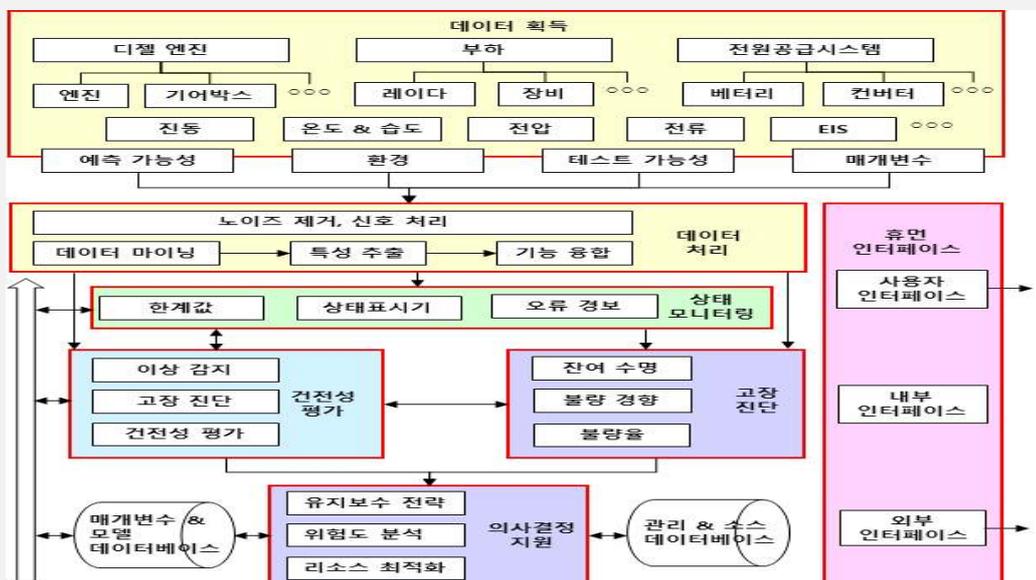
- 무인수상정(USV)의 건전성 예측·관리(PHM) 체계는 크게 세 부분*으로 나뉨
 - * 첫번째는 엔진부, 두 번째는 각종 전자부하, 마지막으로 배터리팩과 컨버터를 기반으로 한 전원공급부로 구성
 - ** 전체 건전성 예측.관리(PHM) 체계를 구축하기 위해 상태기반정비-개방형구조(OSA-CBM)의 적용이 효과적
- 세 가지 유형의 건전성 예측.관리(PHM)는 각각 7가지 단계(①데이터수집, ②데이터분석, ③상태모니터, ④상태평가, ⑤고장예측, ⑥의사결정 지원, ⑦휴먼인터페이스) 연구를 필요로 한다. 모니터링 대상과 특성에 따라 각각의 수준에 맞는 연구방법을 적용
 - * 상태모니터링, 의사결정 지원 및 휴먼인터페이스의 구현은 보편적

< 건전성 예측.관리 7가지 단계 >



- 진동, 온도, 습도 데이터는 다양한 형태의 센서에 의해 수집되며, 데이터분석 이후 호스트 컴퓨터로 전송되어 상태모니터, 상태평가, 고장예측 및 의사결정 지원은 호스트 컴퓨터의 소프트웨어를 통해서 실행

[무인수상정 건전성 예측·관리 시스템 구조도]



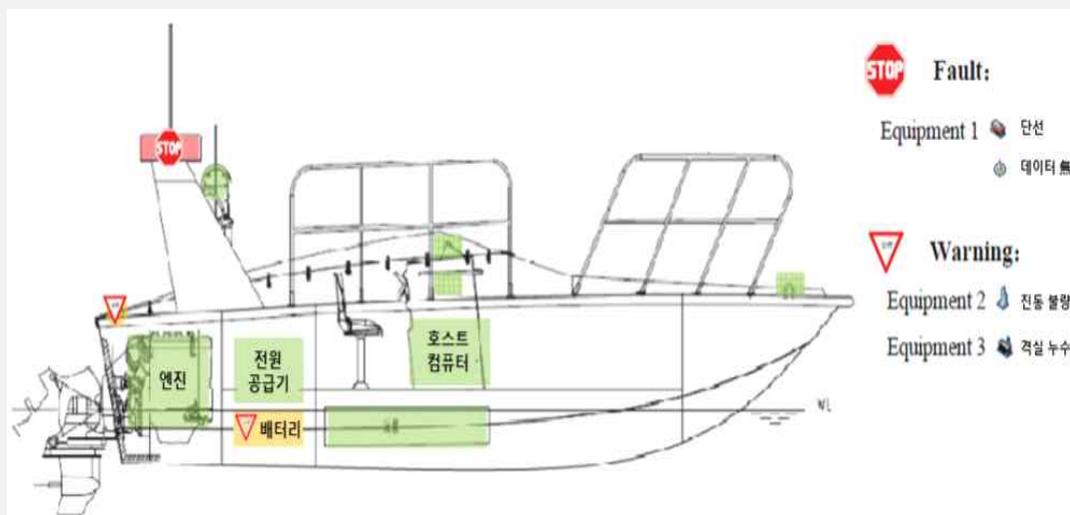
○ 부하 건전성 예측·관리

- 무인수상정(USV)의 전기적 부하는 통합전자시스템을 구성하는 모든 장비들이며, 위에서 설계된 전원공급시스템에 따르면 시스템 내부의 각 부하와 모듈에 대한 전압과 전류를 측정
 - * 신호 특성을 얻기 위해 해당 데이터에 대한 통계 분석의 수행 및 분석 데이터의 최적화가 필요
- 고온, 다습, 염수로 인한 전기적 부하의 고장은 상태평가단계에서 진단되고 해당 위치를 찾고, 임무에 대한 요구사항, 고장진단 및 예측 결과에 따라 임무 위험 모델이 설정
 - * 시스템에 오류가 발생하면 부하 전원이 차단되어 전원공급시스템 및 기타 전기장치가 안전을 확보

○ 전원공급시스템 건전성 예측·관리

- 전원공급시스템의 건전성 예측·관리(PHM)는 주로 배터리 팩(Pack)을 대상으로 하며 배터리 팩의 전압, 전류, 온도 등을 측정
- 측정된 전압 및 전류는 충전상태를 추정하는 데 사용할 수 있으며, 고장유형 영향 및 치명도 분석(FMECA)을 사용하여 시스템의 이상 영향을 분석 후 건전성 대한 포괄적인 평가결과를 도출
 - * 작업 일시중단 및 유지보수 기간 동안 테스트를 수행하여 충전상태를 추정
- 테스트 결과는 배터리 성능 저하 상태를 표시하고 배터리 팩 내부에서 발생한 결함을 예측하고 찾는 데 사용할 수 있으며, 이로 인해 배터리 팩의 건전성 추정 결과를 도출
- 호스트 컴퓨터는 위의 방법에 따라 각 하위 시스템 및 구성 요소의 건전성 예측·관리(PHM) 결과를 저장하며, 무인수상정(USV)의 현재 상태는 모니터에 전시

[건전성 예측·관리 모니터 방안]



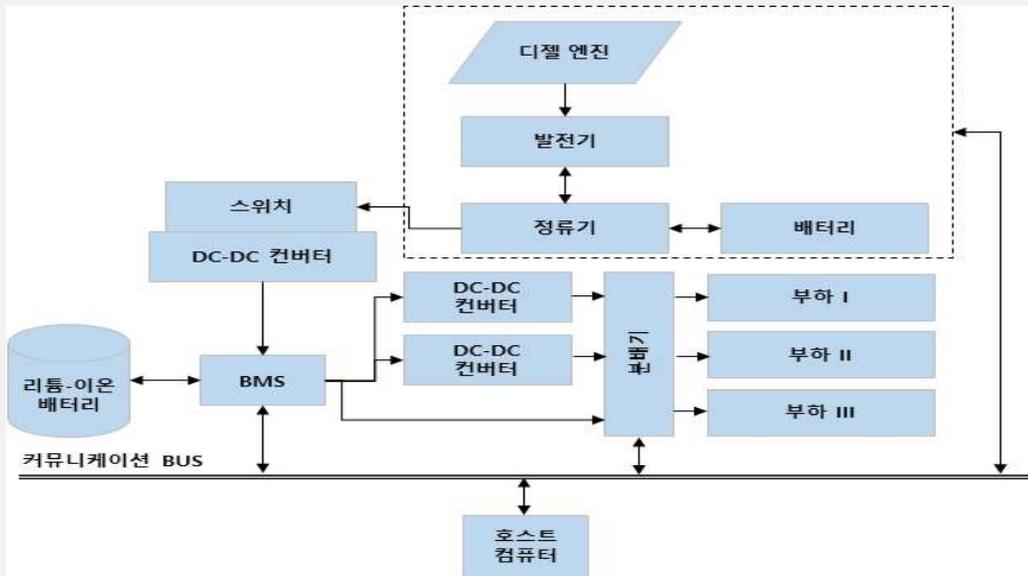
< 무인수상정 건전성 예측.관리 기술 적용 방안 >

구분	격실	부하	전원공급시스템
데이터 획득	온도, 습도, 진동, 압력 등	전압, 전류, 온도	전압, 전류, 온도
데이터 분석	웨이브릿 변환	통계분석, 압자무리 최적화	샘플 엔트로피
상태 모니터	임계값 비교, 고장 감지, 이상치 경보		
건전성 분석	퍼지 C-평균 클러스터링	베이지안 네트워크	고장유형 영향 및 차등도 분석
고장진단	누적 손상	자기회귀이동평균	입자 필터링
의사결정 지원	전문가 시스템, 규칙 기반 추론		
휴먼 인터페이스	유무선 데이터 전송, 호스트 컴퓨터 모니터링		

(5) 민간 무인수상정 건전성 예측.관리 사례

- 민간영역에서의 무인수상정(USV)은 해양환경 모니터링에 널리 사용되고 있으며, 전원공급시스템의 안전성과 신뢰성이 매우 중요
 - 무인수상정(USV)의 안전성과 신뢰성 확보를 위해 주 제어장치로 사용한 전원공급시스템의 건전성 예측.관리(PHM) 적용방안을 검토
 - 전원공급장치의 전압, 전류 등의 정보를 획득하여 고장진단, 고장위치 및 고장배제를 구현하였으며 더불어 무인수상정(USV)의 온도, 습도, 진동 및 기타 정보를 수집하여 전체 무인수상정의 건전성 예측.관리(PHM) 수행이 가능
 - * 전원공급시스템 사례로서 무인수상정(USV)은 복잡한 전기부하를 지니고 있으므로 전원공급시스템의 모니터링, 관리 및 보호가 중요하며, 효율적인 운영유지를 위해 건전성 예측.관리(PHM) 적용방안이 필요
 - ** 건전성 예측.관리(PHM)는 유지보수 개념 및 방법의 개발된 일종의 신기술이며, 향후 유지보수 관리를 위해 상태기반정비(CBM)로 전환
 - 무인수상정(USV)의 전원공급시스템 설계 시 건전성 예측.관리(PHM) 기술을 접목시켜 무인수상정(USV) 운영유지의 가동률을 높이고 있고, 무인수상정(USV)의 전원공급시스템 블록 다이어그램은 다음과 같음

[전원공급시스템의 블록 다이어그램]



- 무인수상정(USV) 건전성 예측.관리(PHM) 체계를 적용하여 설계하고, 중요 구성품인 전원공급시스템의 모든 전기적 부하, 전압, 전류, 온도 등을 각종 센서로 측정하여 전원공급시스템 데이터의 모니터링과 무인수상정(USV)의 다양한 부분의 온도, 습도, 진동 및 해수 유입 정보에 대한 데이터 모니터링을 기반으로 건전성 예측.관리(PHM)를 구현
- 건전성 예측.관리(PHM)의 설계적용을 통해 무인수상정(USV) 전원공급시스템을 보다 안정적으로 운영유지 할 수 있으며, 장치의 오류 진단 및 상태 평가를 통해 유지관리 전략 수립이 가능

□ 수요기반 해양무인이동체 R&D 추진

- 본 로드맵을 통해 발굴한 해양무인이동체의 수요는 고도화 수요, 현재수요, 미래수요로 분류 가능하며 이를 기반으로 수요기반 해양무인이동체 R&D 추진하여 해양무인이동체 활용성을 제고할 필요 있음

예시 : 해양무인이동체 수요중심 R&D 과제

□ 과제 ① : 해양무인이동체 현장확산 기술개발

- (목적) 해양무인이동체의 현장 활용성을 제고하기 위해 이미 보급된 해양무인이동체를 현장 임무 중심으로 고도화 개발
- (내용) 해양무인이동체 활용처와 연구개발기관이 공동으로 해양무인이동체 현장한계를 발굴하고 이를 고도화하기 위한 기술개발
 - 해양무인이동체 현장활용자와 연구개발자의 공동기획 및 현장요구를 지속적으로 피드백 하며 기술개발 진행
- (본 로드맵 예시) 현재 활용중인 아라곤을 고밀도 연안 환경에서도 운용할 수 있도록 고도화하고, 조사 및 관리 기능을 고도화

□ 과제 ② : 해양수산 현장수요 기반 무인이동체 개발

- (목적) 해양무인이동체가 적용되지 않는 신규수요를 발굴하여 새로운 플랫폼을 개발하여 적용함으로써 해양무인이동체에 의한 해양수산 업무 효율 확대
- (내용) 해양무인이동체가 적용될 수 있는 신규영역을 발굴하고 현장 요구를 반영한 개발과 함께 최종 현장 실증
- (본 로드맵 예시) [㉠]현재 사람이 직접 관측하고 있는 해역 연직단면을 무인이동체를 통해 관측할 수 있도록 대체, [㉡]인력을 투입하여 선저하부를 점검하는 것을 AUV로 대체

예시 : 해양무인이동체 수요중심 R&D 과제

□ 과제 ③ : 미래도전 해양무인이동체개발

- (목적) 해양환경의 변화와 어촌의 공동화 등 미래 해양수산 분야 해결할 임무와 비전에 대응하는 해양무인이동체를 개발
- (내용) 해양수산 미래 비전 달성을 위한 해양무인이동체의 역할을 발굴하고 미래임무를 위한 해양무인이동체 개발 추진
 - 해양수산의 중장기 비전으로부터 무인이동체의 임무를 도출하고, 이를 달성하기 위한 미래기술과 차세대 플랫폼을 개발
- (본 로드맵 예시과제) 어촌공동화 및 관리인력 부족으로 인한 양식장 관리 ROV 개발, 극지 빙저호 수중환경을 탐사할 수 있는 AUV, 미래해상 교통 및 물류를 자율화하는 무인선 개발 등

극지연구소

붙임



붙임1. 기획위원회 명단

붙임2. 수요조사지 및 조사대상



순번	소속	이름	직책
1	선박해양플랜트연구소	전봉환	책임연구원
2	한국해양과학기술원	장인성	단장
3	극지연구소	정창현	책임기술원
4	선박해양플랜트연구소	김형우	책임연구원
5	선박해양플랜트연구소	김선영	박사
6	선박해양플랜트연구소	손남선	박사
7	선박해양플랜트연구소	이판묵	박사
8	선박해양플랜트연구소	박진영	박사
9	선박해양플랜트연구소	여태경	박사
10	선박해양플랜트연구소	홍섭	박사
11	선박해양플랜트연구소	김기훈	박사
12	이후 보고서 제출문 참조		

[질의사항 1]

- 귀하께서 담당하고 있는 업무는 아래의 영역 중 어느 영역을 대상으로 하고 있습니까? (복수응답 가능)

[해양 영역] 연안, 근해, 원양, 극지 등 해양을 대상으로 하는 업무 영역				
공통	<input type="checkbox"/> 해양건설	<input type="checkbox"/> 해저면조사	<input type="checkbox"/> 폐기물 관련	<input type="checkbox"/> 시료채취
	<input type="checkbox"/> 해양감시	<input type="checkbox"/> 통신중계	<input type="checkbox"/> 기타 ()	
근해	<input type="checkbox"/> 조업관리	<input type="checkbox"/> 어군탐지	<input type="checkbox"/> 독도경비	<input type="checkbox"/> 무인도서 관리
	<input type="checkbox"/> 기타 ()			
원양	<input type="checkbox"/> 해양자원 탐사	<input type="checkbox"/> 플랜트 관리	<input type="checkbox"/> 해적감시	<input type="checkbox"/> 기타 ()
연안 육역	<input type="checkbox"/> 레저지원(수상·수중)	<input type="checkbox"/> 낚시	<input type="checkbox"/> 갯벌관리	<input type="checkbox"/> 기타 ()
극지	<input type="checkbox"/> 극지탐사 및 연구		<input type="checkbox"/> 기타 ()	
[수산 영역] 수산물 양식을 지원 및 관리하는 업무영역				
양식	<input type="checkbox"/> 어장 관리 (수질관리 등)		<input type="checkbox"/> 어장 탐지 (신규 어장 등)	
	<input type="checkbox"/> 수산물 모니터링 (어패류 등 생육관리)		<input type="checkbox"/> 기타 ()	
[해운 영역] 선박을 관리하고 해상운송을 지원하는 업무영역				
선박 관리	<input type="checkbox"/> 선박안전 (선박 수중검사 등)		<input type="checkbox"/> 선박수리 (선박 수리보수)	
	<input type="checkbox"/> 기타 ()			
해상 운항	<input type="checkbox"/> 운항지원 (접안, 항해 지원 등)		<input type="checkbox"/> 운송 (여객화물운송, 도서지역 물품운송 등)	
	<input type="checkbox"/> 구조 (조난자 구조, 긴급용품 공급 등)		<input type="checkbox"/> 기타 ()	
[항만·플랜트 영역] 항만 및 플랜트를 운영·유지·관리하고 신규항만 및 플랜트를 건설하는 업무영역				
운영	<input type="checkbox"/> 하역	<input type="checkbox"/> 항만내 이송	<input type="checkbox"/> 운송관리	<input type="checkbox"/> 보관 업무
	<input type="checkbox"/> 기타 ()			
안전	<input type="checkbox"/> 안전관리(장비 검사 등)		<input type="checkbox"/> 보안(감시 등)	<input type="checkbox"/> 기타 ()
환경	<input type="checkbox"/> 항만/플랜트 지역 대기질 측정관리		<input type="checkbox"/> 항만/플랜트 지역 수질 측정관리	
	<input type="checkbox"/> 항만/플랜트 지역 교통상황 모니터링		<input type="checkbox"/> 기타 ()	
건설	<input type="checkbox"/> 항만/플랜트건설	<input type="checkbox"/> 항만/플랜트유지 (시설물 점검, 안벽검사 등)		<input type="checkbox"/> 기타 ()

[질의사항 2] - 응답내용이 추가되는 경우 양식을 복사하여 응답

- 귀하께서 [질의사항 1]에서 체크한 업무에 무인이동체 적용 여부를 묻는 질의입니다. 아래 질의사항을 응답하여 주시기 바랍니다.

2-1	귀하께서 질의 1-1에서 체크한 업무에서 무인이동체가 적용되고 있습니까?			
	<input type="checkbox"/> 적용되고 있음 (2-2, 2-3, 2-4, 2-5 응답)		<input type="checkbox"/> 적용되지 않고 있음 (질의사항 3 이동)	
2-2	귀하께서 체크한 업무에서 무인이동체가 적용되고 있다면 간략한 설명을 부탁드립니다. (질의사항1에서 다수 영역을 체크한 경우 각각에 대하여 기입 부탁드립니다, 칸이 부족하면 칸을 추가하여 작성 부탁드립니다.)			
	사용분야	활용처	운용 예산	활용 내용
	응답예시) 폐기물	응답예시) 해수부	응답예시) 000천원	응답예시) 무인선박을 통해 해상영상을 실시간으로 분석하여 해상 부유물을 인지하고 폐기물인 경우 처리하는 해양청항선 운영
2-3	위에서 소개해주신 무인이동체의 활용은 효율적이었습니까? 효율적이라면 효율적이었던 의견을, 비효율적이라면 비효율적이었던 의견을 간략하게 작성 부탁드립니다.			
	효율적이었던 의견 제시)			
	비효율적이었던 의견 제시)			
2-4	위에서 소개해주신 무인이동체 적용시 애로사항은 무엇입니까?			
2-5	위에서 소개해주신 무인이동체 적용시 애로사항을 해결하기 위한 방안은 무엇이라고 생각하십니까?			

[질의사항 3] - 응답내용이 추가되는 경우 양식을 복사하여 응답

- 귀하께서 [질의사항 1]에서 체크한 업무에 무인이동체 적용되지 않고 있는 경우 향후 적용 가능 여부에 대한 질의입니다.

3-1	귀하의 관련 업무는 현재 어떻게 이루어지고 있습니까?			
	응답예시) 인력이 투입되어 어장을 관리하고, 무단침입 선박을 발견하면 직접 추적하여 대응하고 있음			
3-2	귀하의 관련 업무에 해양 무인이동체 적용이 가능할 것을 생각되십니까? (기존 인력이 투입하던 업무에 무인이동체의 투입이 가능한지 여부 등을 고려)			
	<input type="checkbox"/> 적용 가능 (3-3 응답)		<input type="checkbox"/> 적용 불가능 (3-4 응답)	
3-3	적용이 가능하다고 생각하신다면, 적용 방안이나 사례를 간략히 소개해주시기 바랍니다. (칸이 부족하면 칸을 추가하여 작성 부탁드립니다.)			
	사용분야	수요부처	플랫폼운영형태 (수중 또는 수상)	활용 방안
	응답예시) 어장관리	응답예시) 해수부	응답예시) 수상	응답예시) 야간 시야 확보와 추적을 할 수 있는 열화상 카메라 및 통신장비를 활용해 양식장 주변을 감시하고, 무단침입 선박 발견 시 신속하게 해경에 신고하고 도주 선박 추적
3-4	적용이 불가능하다면 그 이유는 무엇이라고 생각하십니까?			

□ (미래수요) 해양무인이동체 활용 실태조사지

차세대 해양무인이동체 플랫폼 수요조사

안녕하십니까? 귀하/귀기관의 무궁한 발전을 기원합니다.

해양수산부에서는 국내 해양무인이동체의 **활용현황**을 조사하고, 공공 및 **차세대 해양무인 이동체 개발**을 위한 기술로드맵을 수립하고 있습니다.

이에 **한국해양과학기술원, 선박해양플랜트연구소, 극지연구소에 소속되어 있는 연구자분들**로부터 **차세대 해양무인이동체 플랫폼 수요**를 조사하고자 합니다.

본 설문 문항은 ①차세대 플랫폼의 개요, ②차세대 플랫폼의 개발필요성, ③차세대 플랫폼의 활용 분야 및 활용내용 등에 관한 내용입니다.

- **질의사항1** : 차세대 플랫폼의 개요
- **질의사항2** : 차세대 플랫폼의 개발 필요성
- **질의사항3** : 차세대 플랫폼의 활용내용 (붙임1의 해양수산 업무영역 참고)

본 설문조사표에 의한 통계는 **통계법 제3조**에 근거한 일반통계이며, 응답내용은 동법 제 13조에 따라 통계목적 이외에는 사용되지 않고 **응답자 비밀은 철저히 보호**됩니다.

귀 하의 소중한 자료는 국내 해양수산 분야 및 해양무인이동체 발전에 중요한 자산이 될 것임을 약속드립니다.

조사와 관련하여 문의사항이 있으신 경우 아래로 연락 주시면 성실히 답변해 드리겠습니다.

[주관기관 / 담당자] : 선박해양플랜트연구소 / 담당자 김형우 박사

[조사기관 / 담당자] : 인터젠컨설팅 / 김재정 책임

[조사기관 / 회신처] : 인터젠컨설팅 / 신수경 전임

2022년 11월 25일

※ 응답해 주신 설문지는 위의 담당자 이메일로 **12월 1일** 까지 회신하여 주시기 바랍니다.

[작성자 기본 정보]

소속기관		부서/팀	
성명		직위/직책	
이메일		연락처	

〈차세대 해양 무인이동체 플랫폼 수요조사〉

- * 미래에 유망할 것으로 예상되는 차세대 해양 무인이동체 플랫폼의 예시와 같이 제시해주시시오.
- * 제시하고자 하는 플랫폼이 2개 이상인 경우 양식을 복사하여 활용해주시시오.
- * 차세대 플랫폼은 현재 기술 수준으로 구현 불가능하거나 미래에 수요가 예상되는 플랫폼

차세대 플랫폼	차세대 플랫폼 활용 도메인 (해당란에 ● 표시)	수상 (USV)	수중(UUV)			융복합 (해+공 or 수상+수중 등 융복합형태 기술)	기타
			AUV (Autonomous Underwater Vehicle)	ROV (Remotely Operating Vehicle)	UG (Underwater Glider)		
차세대 플랫폼 개요	차세대 플랫폼명	예시) 극지 빙저 탐사 AUV					
차세대 플랫폼 개요 (플랫폼에 대한 간략한 소개)	차세대 플랫폼 개요	예시) 극지의 빙저 수중환경을 정밀탐사하기 위해 쇄빙선에서 ROV를 운용하는 방식으로 ROV으로 NUI 운용방식을 통해 빙저 밑 수평반경 50km 범위까지 이동하며 빙저 수중환경을 정밀탐사할 수 있는 플랫폼					
차세대 플랫폼 개발 필요성	차세대 플랫폼 개발 필요성	예시) 극지 빙저 수중환경을 광범위하게 탐사할 수 있는 플랫폼의 개발을 통해 극지연구의 효율성을 향상시켜 온난화에 따른 해수면 예측, 자원탐사 등 극지연구에 대한 연구성과 제고를 위해 광범위한 영역을 탐사할 수 있는 심해저 탐사 AUV 개발이 필요					
차세대 플랫폼 활용 내용 (붙임1 참조)	차세대 플랫폼의 활용영역 (해당란에 ● 표시)	해양		수산	해운	항만/플랜트	기타 (직접기입)
	차세대 플랫폼 상세 활용영역 (해당란에 ● 표시)	●					
	활용유형 (해당란에 ● 표시, 복수체크 가능)	모니터링		작업		운송	협업
	차세대 플랫폼 상세 활용 내용 기재 (위의 활용영역에서 플랫폼의 상세한 활용 내용 기술)	●					
		예시) 빙하가 많은 극지해양 환경에서 쇄빙선에 케이블로 연결된 ROV를 운용하여 광범위한 빙저 환경을 정밀 탐사하여 극지연구에 활용할 수 있음					

□ (조사대상) 20개 해수부 소속기관 64개 과/팀

소속기관	과/팀
국립수산과학원	고래연구센터
	기후변화연구과
	병리연구과
	사료연구센터
	생명공학과
	수산공학과
	수산식물품종관리센터
	수산자원연구센터
	식품위생가공과
	양식산업과
	양식연구과
	어장환경과
	연구기획과
	연구지원과
	연구협력과
	연근해자원과
	원양자원과
	자원환경과
	첨단양식실증센터
해역이용영향평가센터	
국립수산물품질관리원	강릉지원
	검역검사와
	목포지원
	부산지원
	서울지원
	수산물안전과
	수산방역과
	여수지원
	완도지원
	인천공항지원
	인천지원
	장항지원
	전주지원
	제주지원
	통영지원
	평택지원
	포항지원
	품질관리과
	국립해양조사원
수로측량과	
측량과	
해도수로과	
해양과	
해양과학조사연구실	
해양관측과	
해양예보과	

소속기관	과/팀
국립해양측위정보원	측위기술과
	측위정보과
군산지방해양수산청	선원해사안전과
	항로표지과
	항만건설과
	항만물류과
	해양수산환경과
남해어업관리단	안전정보과
	어업지도과
대산지방해양수산청	선원해사안전과
	항로표지과
	항만건설과
	항만물류과
	해양수산환경과
동해어업관리단	안전정보과
	어업지도과
동해지방해양수산청	선원해사안전과
	항로표지과
	항만건설과
	항만물류과
	해양수산환경과
마산지방해양수산청	선원해사안전과
	어항건설과
	항로표지과
	항만건설과
	항만물류과
	해양수산환경과
목포지방해양수산청	선원해사안전과
	어항건설과
	항로표지과
	항만건설과
	항만물류과
	해양수산환경과
부산지방해양수산청	계획조사과
	선원해사안전과
	제주해양수산관리단
	항로표지과
	항만개발과
	항만물류과
	항만정비과
해양수산환경과	
서해어업관리단	어업지도과
여수지방해양수산청	선원해사안전과
	어항건설과
	항로표지과
	항만건설과
	항만물류과
	해양수산환경과
울산지방해양수산청	선원해사안전과

소속기관	과/팀
	항로표지과
	항만건설과
	항만물류과
	해양수산환경과
인천지방해양수산청	계획조사과
	선원해사안전과
	항만개발과
	항만물류과
	항만정비과
	해양수산환경과
중앙해양안전심판원	심판관
	조사관
평택지방해양수산청	항로표지과
	항만건설과
	항만물류과
	해양수산환경과
포항지방해양수산청	선원해사안전과
해양수산인재개발원	교육운영과
	교육지원과





주 의

1. 이 보고서는 극지연구소에서 수행한 기본연구사업의 연구결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 극지연구소에서 수행한 기본연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.