

해양무인이동체산업 활성화를 위한 교육훈련체계 수립에 대한 연구

김진권* · 홍성화
한국해양대학교(교수)

A Study on the Preparation of an Education and Training System for the Revitalization of the Marine Unmanned Vehicles Industry

Jin-Kwon KIM* · Sung-Hwa HONG
Korea Maritime and Ocean University(professor)

Abstract

Marine unmanned vehicles, which are the culmination of the 4th industrial revolution technology, including marine drones, maritime autonomous surface ships(MASS), unmanned ships, and smart ships, are being applied and utilized in various industrial fields on land and at sea as an essential factor for innovative growth. In this regard, major developed countries are specializing in the marine sector based on the general unmanned vehicle industry, selecting it as a new growth driving industry in the future, and promoting policies for technology development, market preoccupation, and cultivation of professionals. Marine unmanned vehicles such as MASS, USVs, UUVs, wave gliders, sea gliders, and ROVs are required to have a future-oriented education and training system for professionals, which is the core of industrial development. Therefore, this study aims to establish and recommend the vision and strategy of education and training by comparing the macroenvironmental analysis(PEST) and the environment of internal education users/stakeholders after defining concepts related to various marine unmanned vehicles and analyzing technology trends of related companies.

Key words : Marine unmanned vehicles, Macroenvironmental analysis, Education and training system, USV, UUV

I. 서론

4차 산업혁명 핵심기술인 초연결, 맞춤형, 지능화 기술은 육상뿐만 아니라 해상에서도 선박, 항만, 각종 시설 등에 적용되고 있으며, 특히 해양드론, 자율운항선박, 무인선박, 스마트선박 등을 포함한 4차 산업혁명 기술의 집약체인 해양무인

이동체는 혁신성장의 핵심동력으로 육상과 해상의 다양한 산업분야에 접목 및 활용되고 있다(Park and Park, 2020; Kim and Lee, 2018). 이에 따라 주요 해양선진국들은 일반적인 무인이동체 산업을 기반으로 해양분야를 특화하고, 이를 미래 신성장 동력산업으로 선정하며 기술개발과 시장 선점 및 전문인력 양성 정책을 수립·추진하고

* Corresponding author : 051-410-4234, jinkwon@kmou.ac.kr

있다.

그 동안 정찰 및 공격 등 군수용으로 개발되어 왔던 육상의 무인이동체는 해사산업 전반으로 적용분야가 확대되면서 양식산업, 어장관리, 심해저 연구, 관광, 정보분석 등 관련 시장이 급성장하고 있다. 특히 해양무인이동체는 유인항공기 또는 헬리콥터로 접근할 수 없는 협소한 장소까지 접근이 가능하기 때문에 향후 틈새 물류산업 분야에 대한 활용도 가능할 것으로 전망된다(Choi et al., 2017).

특히 우리나라는 「해양수산부 2018년 업무계획」에 따라 국가물류체계 혁신의 관점에서 자율운항선박, 해상통신망, 스마트항만 등 스마트 해상물류체계를 구축하여 육상의 자율자동차, 인공지능, 무인이동체 등과의 협력체계를 구축하기 위한 연구를 확대하고 있으나, 해사분야의 규제, 법률, 보험 등 비기술적 문제 및 전문인력의 부족으로 인해 여전히 일부 시험선박의 운항 및 R&D 기반의 요소기술의 실증 수준에 머물러 있다. 그러므로 자율운항선박, 수상무인이동체(Unmanned Surface Vehicle, USV), 수중무인이동체(Unmanned Underwater Vehicle, UUV), 웨이브글라이더(Wave Glider), 수중글라이더(Underwater Glider), 원격조종체(Remotely Operated Vehicle, ROV) 등과 같은 해양무인이동체산업의 활성화를 위해서 해사분야의 비기술적 문제의 해결방안 모색과 더불어 패러다임을 바꾸는 촉매제로써 관련 산업의 전문인력 양성체계를 마련할 필요가 있다.

따라서 이 연구는 다양한 해양무인이동체와 관련된 개념을 정의하고, 관련 기업의 기술동향을 분석한 이후 거시환경분석(Political, Economic, Social, Technological: 이하 ‘PEST’ 분석이라 함)(Choi and Shin, 2021)과 내부교육수요자-이해관계자의 환경비교를 통하여 전략방향을 설정하고, 가상 실물 연동형 해상테스트베드에 기반한 전문인력 교육체계의 제시를 통해 우리나라 해양무인이동체와 관련된 산업의 글로벌 경쟁력을 확

보하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 개요

가. 해양무인이동체 산업의 개관

국내 해양무인이동체산업은 아직 성장 초기단계에 따라 육상기반의 무인이동체 제품시장과 서비스에 기반하여 해양의 특수성을 보강한 제품 및 틈새 수요가 존재하고 있다. 특히 자율운항자동차, 자율운항선박, 드론 등과 관련된 기술 상용화가 R&D를 통하여 발전되고 있음에도 국내 해양무인이동체산업의 기술적 성숙도는 여전히 낮은 수준을 유지하고 있으며, 관련 제품에 대한 지배적 디자인(Dominant design) 특허도 부재한 상태이다.

이러한 상황은 해양이라는 공간속에서 인공지능과 기계적으로 움직이는 해양무인이동체의 특성상 안전성과 신뢰성이 기본적으로 담보되어야 하며, 통신 및 건설 인프라가 필수적으로 필요한 상태이지만, 현실적으로 해상의 경우 육상과 비교하여 상대적으로 인프라 구축에 막대한 비용이 선행적으로 투자되어야 하는 한계가 있기 때문이다. 물론 한국형 e-Nav. 체계가 구축되고 있음에 따라 이와 연계한다면 일부 비용을 절감할 수 있는 기회가 있을 수 있으나, 대부분 기존 상선, 어선 등을 중심으로 추진하고 있기 때문에 제한적일 수밖에 없다(Choi et al., 2017).

나. 정의

무인이동체(UV)는 활동영역에 따라 항공(Aerial Vehicle), 해상(Marine Vehicle) 및 육상(Ground Vehicle)으로 구분된다. 그중 해양형의 무인이동체를 지칭하는 용어로서 ‘해양무인이동체(Autonomous Marine Vehicles, AMV 또는 Marine Unmanned Vehicle, MUV)’를 사용하고 있다. 즉 해양무인이동체는 해양에서 사람이 승선하여 조종하지 않아도 자율적으로 이동하거나 외부에서

무선 또는 유선으로 조종할 수 있는 이동체를 의미한다(Yoon HS et al., 2020). 특히 해양무인이동체는 자체적으로 외부환경을 인식하고 스스로 판단하여 이동하거나 외부에서 원격으로 조종할 수 있는 이동체를 광의적으로 포함하고 있으며(Yeom, 2018), 해양이라고 하는 특수한 외부환경, 해수면 하부에서 운동량의 탐지·인식능력, 지속적으로 다른 물체와의 통신을 통한 이동능력, 이동체의 조종, 임무수행, 육상원격 조종자와 통신능력 등이 종합적으로 기능화 되어야 한다.

그러나 해양무인이동체는 산업적 기술발달로 인하여 먼저 탄생하였기 때문에 법적인 정의 및 관련 규제가 존재하지 않으며, 단지 무인시스템(Unmanned System), 자율시스템(Autonomous System)이라는 용어와도 함께 사용되고 있다. 따라서 일부에서는 로봇을 포함하여 로봇자율시스템(Robotics and Autonomous System, RAS)이라는 용어와도 함께 혼용하여 사용하고 있다.

다. 유사용어에 대한 정의

이와 같이 해양무인이동체에 대한 법적인 모호성으로 인하여 현재 유사한 용어가 혼용, 남용 및 오용되고 있기 때문에 이에 대한 사항을 검토하고자 한다.

첫째, 자율운항선박과 관련하여 국제해사기구는 제99차 해사안전위원회를 통하여 “자율운항선박은 선박에 선원이 승선하지 않은 상태로 선박 스스로 운항할 수 있는 선박을 의미한다”라고 정의하였다(Chae et al., 2019). 물론 자율운항선박은 인공지능과 관련된 기술의 발전수준에 따라 육상의 원격통제소를 통한 원격운항 단계를 통하여 인공지능기반의 의사결정시스템에 의한 완전 자율운항 단계까지 다양하게 수준을 유지할 수 있다(Chun and Park, 2021).

둘째, 스마트선박과 관련하여 아직 공식적인 정의는 존재하지 않지만, 실무적으로 인공지능, 빅데이터 등이 융합되어 효율적인 운항을 지원하는 차세대 선박으로서 앞서 언급한 자율운항선박

의 전 단계의 선박을 지칭한다(Lech K, 2018).

셋째, 무인선박에 대한 정의와 관련하여 일반적으로 선박에 관한 국내법인 「선박법」, 「선박안전법」, 「해사안전법」, 「선박의 입항 및 출항 등에 관한 법률」 등에서는 아직 상용화 전 단계임을 고려하여 관련된 정의 조항 자체가 부재한 상태이다. 그럼에도 불구하고 문리해석을 하면, 선원이 승선하지 않는 선박으로 정의될 수 있다(Tomotsugu N, 2016).

넷째, 일반적으로 항공드론의 경우 「항공안전법」 제2조 제3호에 따라 “초경량비행장치 중에서 사람이 탑승하지 아니하는 것으로 연료의 중량을 제외한 자체중량이 150kg 이하인 무인비행기, 무인 헬리콥터 또는 무인 멀티콥터 등의 무인 동력비행장치를 말한다”라고 규정하고 있다. 그리고 「항공안전법 시행규칙」 제5조에서는 “무인비행장치가 사람이 탑승하지 않은 무인동력비행장치와 무인비행선을 포함한다”라고 명시하고 있다. 그러나 해양드론과 관련하여서는 아직 수중무인이동체 등과 같이 해저공간에서 자율 무인화 된 무인이동체로 정의할 수 있다(Yannick and Elisa, 2014).

2. PEST 방법론을 활용한 국내·외 해양무인이동체 관련 산업 현황

가. 국가 정책적 환경 분석(Political)

우리나라는 “무인이동체 기술개발 및 산업성장 전략” 후속조치로 관계부처 합동으로 세부 추진 계획을 수립하여 2016년부터 2020년까지 정부 투자 및 지원체계를 구축하였다. 대표적으로 2017년 무인이동체가 중심이 되는 4차 산업혁명 대응 계획을 관계부처 합동으로 수립하여 원천기술 개발을 통한 시장 선점과 초기 시장 창출을 지원하였다.

특히 이를 기반으로 육·해·공군은 무인이동체와 관련하여 탐지 및 인식, 유무선 통신, 인공지능, 동력원 및 이동, 인간-무인이동체간 인터페이스,

육상과 해상, 육상과 항공, 항공과 해상간의 시스템 통합을 위한 공통원천기술 및 차세대 플랫폼 개발에 대한 예비타당성 기획연구를 실시하고, 2021년 기준으로 관련 R&D를 진행하고 있다.

구체적으로 자율운항선박과 관련하여 최적항로 항해용 자율운항선박의 조기 도입을 위한 기반을 조성하고, 이를 통한 안전운항(충돌회피)·경제운항(최적항로) 등 핵심시스템(Bae SH et al., 2020)과 친환경·스마트 관련 핵심기자재의 개발 및 해상테스트베드 구축, 제어·관리 시스템 개발 등 항만 플랫폼 고도화 및 사이버 보안체계 구축, 관련 법제도 개선 등과 관련한 주제별 연구를 확대하고 있다.

나. 경제수요적 환경 분석(Economical)

Markets and Markets 2019, “Unmanned Aerial Vehicle(UAV) Market by Vertical, Class, System, Industry(Defense & Security, Agriculture, Construction & Mining, Media & Entertainment), Type, Mode of Operation, Range, Point of Sale, MTOW and Region - Global Forecast to 2025” 보고서에 따르면, 해양무인이동체 시장은 수상무인이동체(USV)와 수중무인이동체(UUV) 시장으로 구분되고, 수중무인이동체는 원격조종체(ROV), 수중자율이동체(Autonomous Underwater Vehicle, AUV)와 수중글라이더(UG)로 구분된다. 여기에서 수중글라이더는 기술적으로 구분되지만, 실무적으로 해상 또는 해저에서 자율적으로 운항되고 조종되기 때문에 시장을 분석할 경우 AUV에 포함하여 분석하고 있다.

특히 우리나라의 경우 무인이동체 시장은 군수용 시장에서 시작하여 농·수산업, 안전, 물류 등 민수용 시장을 중심으로 빠르게 성장하고 있다. 대표적으로 무인드론, 무인비행기 등 항공무인이동체 시장은 2017년에 약 20억 달러 규모로 향후에는 10년 간 연평균 성장률이 38.5%로 2026년에는 약 130억 달러 규모로 급성장할 것으로 예상되고 있고, 이 중에서 농·수산업과 물류분야가 전

체 상업용 항공 무인이동체시장에서 약 74%를 차지할 것으로 예상하고 있다(Kim, 2021).

다. 사회문화적 환경 분석(Socio-cultural)

무인이동체의 기술개발에 따른 저변 확대에 발맞추어 우리나라는 2021년 기준으로 경기도, 경상남도, 부산광역시, 거제시, 포천시 등과 같은 지방자치단체에서 관련 산업 육성 조례가 총 20개가 제정되어 시행되고 있고, 각종 진흥 및 육성 기본계획은 총 3개가 발표되어 시행되고 있다.

그러나 이 가운데 항공분야가 65.9%, 육상(로봇)분야가 25.0%를 차지하고 있으며, 2가지 이상 분야가 융합된 산업분야는 4.5%, 육상(자율주행자동차)분야와 해상(로봇)분야는 각각 2.25%를 차지하고 있다(Lee et al., 2018). 결국 최상위 개념의 무인이동체 산업에서도 해상분야의 기술개발 및 융·복합 투자, 제도적 준비, 지자체 차원의 추진 의지 등이 육상분야와 비교하여 상대적으로 부족한 상태이다.

라. 기술적 환경 분석(Technological)

첫째, 탐지 및 인식기술 분야와 관련하여 무인이동체의 기술은 센서를 통해 외부환경의 다양한 데이터를 얻고, 획득한 데이터를 가공하여 무인이동체에서 활용될 수 있는 형태로 만들어 무인이동체와 외부환경에 대한 정보를 인식하는 기술이다. 이 기술은 센서장비 기술과 인식기술로 구성되며, 전자는 무인이동체 내·외부의 물리량을 탐지하는 기술이며, 후자는 탐지된 신호를 가공해 주변 환경 및 사물을 인식하는 기술이다.

이와 관련된 센서기술은 탐지하는 대상과 물리량에 따라서 자신의 위치를 특정하기 위한 항행 센서 기술, 외부환경을 인식하고 장애물과의 충돌을 방지하기 위한 탐지 및 회피센서 기술, 무인이동체의 다양한 임무를 수행하기 위한 임무장비 센서 기술로 구분할 수 있다(Lee et al., 2018).

여기에서 항행센서 기술과 탐지 및 회피 센서 기술은 무인이동체가 3차원 공간에서 자신의 위

치와 자세를 정밀하게 예측하는 기술과 외부 물체의 위치 및 움직임을 탐지하고 회피하는데 필요한 하드웨어 기술과 알고리즘 기술로 구성되며, 임무장비 센서는 무인이동체의 임무수행을 위해 활용되는 센서를 총칭하는 개념으로 무인이동체 임무성격에 따라 다양한 종류의 센서가 활용될 수 있다(Lee et al., 2018).

둘째, 통신기술 분야와 관련하여 무인이동체 통신기술은 무인이동체가 안전하고 효율적으로 임무를 수행하기 위해 무인이동체와 지상통제시스템 간 또는 무인이동체와 통신인프라 간, 무인이동체와 무인이동체 간의 정보교환을 할 수 있게 하는 기술을 의미한다(Yoo H, 2019; Lee et al., 2018).

무인이동체에 활용되는 기술은 통신미디어 기술, 네트워크 기술, 통신보안 기술로 분류할 수 있으며, 통신미디어 기술은 거점 간 통신을 가능하게 하는 기술로 전파통신, 광통신 등의 기술로 세분화 될 수 있다. 네트워크 기술은 통신을 위한 기반망, 인프라에 대한 기술이며, 크게 무인이동체 간 직접통신을 수행하는 애드혹 네트워크와 기반시스템을 통해 통신하는 인프라 네트워크로 구분된다. 보안기술은 통신 사이의 감청이나 도청을 막는 네트워크 보안기술과 방해신호 및 가짜신호에 대응하는 기술인 재밍.스푸핑 방지 기술로 구분할 수 있다(Lee et al., 2018).

셋째, 육상-해상, 해상-해상 인터페이스 분야와 관련하여 무인이동체를 운용하는 관점에서의 HMI(Human Machine Interface)는 사람이 직관적인 명령으로 무인이동체를 조종할 수 있도록 하는 인터페이스 기술과 인간과 기계의 상호작용이 가능한 인터랙션 기술을 포함하는 개념이다.

인간-이동체 인터페이스 기술은 사람과 무인이동체가 보다 효과적이고 효율적으로 상호 간 정보를 교환하고 효율적인 임무를 수행할 수 있도록 상호작용을 보조하는 역할을 하는 기술이다(Lee et al., 2018). 이 기술은 인간친화적 사용자 인터페이스, 원격운용기술, 사용자 의도 추론 및

대응기술, 협력기술 등으로 구성된다. 인간-이동체 인터페이스 레벨은 무인이동체와 운용자의 상호작용 정도를 의미하는 것으로 단계가 높을수록 인간과 이동체가 동등한 관계에서 협력하며 임무를 수행할 수 있다는 것을 의미한다(Kim et al., 2007).

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 교육 수요 및 분석

가. 무인이동체의 해양수산분야 적용 가능성

국내의 경우 해양수산분야에 있어서 그 동안 해저지질의 관측과 조사 중 상당수는 R/V 온누리호, R/V 이사부호, R/V 이어도호 등과 같은 해저자원탐사선 선박과 일부 유인항공기로 진행되었다. 반면에 다목적 해양무인이동체를 활용한 사례는 거의 없었다.

대표적으로 유인항공기의 경우, 국토의 전반에 걸친 관측·조사대상을 선정하고, 전국적 단위의 적조발생 감독, 연안침식 관리, 해안선 측량, 연안양식 산업 및 피해확산 정도의 조사 등을 실시하고 있으나, 최근에는 낮은 해상도, 조사비용의 합리화, 라이다(light detection and ranging : LiDAR) 기술의 확대 등을 이유로 해양무인이동체를 활용할 가능성이 높아지고 있다(Lee, 2019).

예컨대, 항만, 어장, 양식장, 방파제, 등부표 등의 신규건설시 해양무인이동체를 활용하여 수치표고모형 및 3차원 수치영상의 제작, 준설토 투기장 선정, 각종 영상촬영 등으로 확대될 수 있으며, 무인이동체의 활용사례에 기반하여 대표적인 활용 가능성을 검토하면 다음과 같다.

(1) 무인이동체의 해양석유시설 등에 대한 확대 활용

2014년부터 글로벌 석유기업인 BP(British Petroleum)는 미국 Aero Vironment사의 무인항공기에 전기광학카메라, 적외선카메라, GPS 등을 설치하고, 알래스카 유전관리에 활용한 전례가

있다. 이를 통하여 BP는 해양플랜트의 유지, 보수, 점검 등에 대한 체계적인 관리를 효과적으로 진행하였다.

또한 미국의 Aeronautics사는 Aerostar Tactical UAV를 활용하여 2003년 이후 해양플랜트의 도난, 점거, 소형보트에 의한 시설 접근 등의 감시에 활용하였을 뿐만 아니라 적외선 카메라를 활용한 기름 누출 점검 등을 시행하고 있으며, Chevron Texaco의 경우 실제로 앙골라 해역의 해양플랜트에 대한 실적이 존재하고 있다(Therese, 2012).

(2) 무인이동체의 해양환경 모니터링, 어장관리 등에 대한 확대 활용

2007년 설립된 미국의 Liquid Robotics사는 위성통신, 스마트폰 기능, WiFi, 카메라, AIS, 자료 분석장비 등이 설치된 수중드론인 ‘Wave Glider’를 개발하여 2014년부터 미국 대기환경청(NOAA)과 협력하여 쓰나미, 태풍 등과 같은 기상정보, 어장관리, 대기오염물질의 확산 등과 같은 환경감시 등에 R&D 연구를 진행하고 있다.

(3) 무인이동체의 밀입국, 연안감시, 수색 및 구조 등에 대한 확대 활용

Aerosonde사는 무인이동체를 활용하여 국경순찰, 기상관측, 마약단속, 밀입국 및 수색·구조, 해양 동·식물 관리 등의 업무를 수행하고 있으며, 2007년의 경우 NASA, NOAA와 공동으로 허리케인 등의 기상데이터를 수집하는 데에도 활용된 사례가 있다. 향후 이를 기반으로 중대형 해양무인이동체의 경우 영해감시, 항만보안 등에도 유용하게 활용될 것으로 예상된다.

(4) 한계점 분석 및 요약

앞에서 살펴본 바와 같이 무인항공기와 드론을 중심으로 무인이동체의 산업활동과 사례는 지속적으로 축적되고 있는 반면에, 해양수산분야에 특화된 해양무인이동체를 활용한 사례는 여전히 부족한 것이 현실이다. 결국 해양무인이동체는 ‘해양’이라고 하는 장소적 한계로 인한 관리의

어려움, 활용의 기민성, 고비용 등의 문제를 극복하여야 할 것이다(Campbell et al., 2012).

그럼에도 불구하고, 5ton 미만의 해양무인이동체의 경우 「선박법」에 따른 선박등록의 대상이 아니고, 12kg 이하의 초경량 비행장치는 현재 소유와 운항 및 폐기 등에 대한 규제체도를 두고 있지 않기 때문에 이러한 해양무인이동체를 활용하여 만약 선용품 공급업자들이 각종 물품의 배송, 선체청소, 교통감시 등을 실시할 경우 항만공간의 활용에 혼란이 발생할 수 있는 여지가 있다.

따라서 향후 해양수산분야에서 해양무인이동체를 안정적으로 이용하기 위해서는 안전운항 및 관리규정이 마련·운용되어야 하며, 이를 통해 비효율적인 사용, 반사회적인 목적의 사용, 사고발생 등을 방지할 수 있는 법제도 개발도 병행되어야 할 것이다(Kim, 2014). 그리고 해양무인이동체 관련 전문인력의 양성, 훈련 및 교육 등을 확대하고, 해양무인이동체의 운영에 관한 규정을 정비하여 안전성 확보 및 관리에 체계성을 마련하여야 할 것이다.

나. 해양무인이동체 교육 및 훈련을 위한 SWOT 분석 및 방향 설정

(1) 가상-실물 연동형 해상테스트베드의 개념

가상-실물 연동형 해상테스트베드는 육상, 해양, 항공분야의 무인이동체를 시험할 수 있는 테스트베드를 구축하는 것을 의미한다. 가상 실물 연동형 해상테스트베드는 선박, 플랫폼, 해양시설 등을 활용하여 실질적인 해상환경에서 시제품의 테스트, 교육과 실습의 연계를 통하거나 관련 ICT 기술의 테스트 환경을 제공하는 장소적 기능을 의미한다.

군수용 시장에서 성장 기반을 마련한 무인이동체 시장은 높은 실용화 가능성을 바탕으로 점차 민수용 시장으로 확장이 예상됨에 따라 새로운 개념의 교육 인프라 구축이 필요하다. 이와 관련하여 북미와 유럽 연합 등은 무인이동체를 육상·

해양·공중 통합 교육으로 인프라 구축의 방향을 설정하고, 육·해·공 무인이동체 통합 운영시스템을 구축하여 무인 수색 및 구조를 위한 프로젝트 수행과 연계되어 발전되고 있는 상황을 참조하여야 할 것이다.

(2) SWOT 분석

첫째, 강점요인으로 우리나라는 동해, 남해, 서해의 자연적 환경으로 인해 다양한 해상탐도, 깊은 수심과 넓은 공유수면을 가지고 있으며, 지방자치단체 차원의 높은 제도마련 의지, 우수한 교육자원, 산업 인프라 및 R&D 역량 등이 있다.

둘째, 약점요인으로 우리나라는 자율운항선박과 관련한 대형조선소가 존재하는 것과 비견하여 상대적으로 해양무인이동체의 경우 영세한 기업

규모, 통합적인 플랫폼 중심 사업추진의 한계, 해양무인이동체 관련 산·학·연 네트워크 부재 등이 있다.

셋째, 기회요인으로 우리나라가 해양무인이동체산업을 미래 신성장동력으로 설정하였고, 해양관련 전문교육기관들이 클러스터 형태로 연계되어 있음에 따라 상호협력이 가능하며, 지방자치단체 차원에서 주도적으로 해양무인이동체산업과 관련된 행정적 지원 의지를 보이고 있는 점이다.

넷째, 위협요인으로 해양무인이동체산업 관련 법·제도의 부재, 해당 사업의 상업화에 대한 불확실성 등이 존재한다. 이를 종합적으로 도식화하면 아래의 <Table 1>과 같다.

<Table 1> SWOT analysis for marine unmanned vehicle education and training

Sortation	Strength(S)	Weakness(W)
Opportunity (O)	<ul style="list-style-type: none"> ○ SO Strategy ●S1. It has a manufacturing and testing market related to unmanned aerial vehicles. ●S2. Distribution of a number of universities to support the marine unmanned vehicle industry. ●S3. It is possible to preemptively support virtual real-life interlocking test beds related to marine unmanned vehicles. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ WO Strategy ●W1. Since most of the domestic companies are small in their introduction and growth period, continuous support is needed. ●W2. Most of them are in the prototype development stage and lack of practical demonstration projects. ●W4. The absence of a foundation for training professionals in marine unmanned vehicles. ●W5. Lack of basic plans, such as enacting ordinances related to marine unmanned vehicles, etc. ●W6. Limitations of network and cluster aggregation related to marine unmanned vehicles
	<ul style="list-style-type: none"> ○ ST Strategy ●O1. The central government has prepared a systematic strategy for marine unmanned vehicles.(5 year plan for unmanned aerial vehicle development) ●O2. Lack of willingness of local governments to expand marine unmanned vehicle-related projects. ●O3. Promotion of research related to marine unmanned vehicles based on policy judgment rather than the autonomy of researchers. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ WT Strategy ●T1. Cooperation with domestic specialized educational institutions. ●T2. The possibility of actual job reduction or low change due to the development of marine unmanned vehicle technology. ●T3. Various regulations hinder the development of the marine unmanned vehicle industry. ●T4. Due to the low welfare and wages of related companies, excellent talent cannot be secured.
Threat (T)		

(3) 교육방향성 정립

교육방향성 정립을 위해서는 국내 해양계 대학, 산업, 연구기관 간의 협력을 통해 정책 여건을 감안한 중장기 해양무인이동체 전문인력양성 방향 수립이 필요하다. 대표적으로 해양무인이동체 관련 산업체, 해양분야 전문교육기관, 지방자치단체 간의 전문인력양성 MOU를 통한 신뢰관계 구축 및 동반적 미래성장전략을 수립하는 것이 필요할 것이다.

더불어 가상-실물 연동형 해상테스트베드를 활용하여 우리나라만의 교육과 실습이 단일화된 교육과정을 통하여 해양무인이동체 전문인력양성 정책을 추진하는 것이 필요하다. 예컨대, 경상북도 항공클러스터 등과 같이 교육과 실습이 단일화된 해양무인이동체 관련 전문인력양성 발전전략 마련이 필요하다.

또한 우리나라의 경우 원활한 전문인력양성 정책을 추진하기 위해서는 공공과 민간의 역할을 분담하여 교육, 훈련, 실습 및 취업이 연계되도록 기획하는 전략도 필요할 것이다. 예컨대, 특정 지방자치단체가 관련 교육기관의 설립 및 인력양성 사업을 추진할 경우 해당 지역의 대학, 산업체, 기타 이해당사자들 간의 의견이 충분히 반영될 수 있도록 의견수렴에 대한 공식적인 절차, 단체 등의 협의체 구성 및 운영이 병행되어야 할 것이다.

다. 미국과 영국의 사례 분석

(1) 미국의 사례

미국은 상업적, 과학적 및 군사적 연구개발에 있어 수중로봇에 대한 연구개발 및 활용이 가장 활발한 국가이다. 대표적으로 1994년 해군해저전쟁센터(US Naval Underwater Warfare Center : NUWC)는 세계 최초로 군사용 무인잠수정 개발 계획을 발표하고, 2000년 UUV 종합계획 수립을 통하여 전투용 무인잠수정을 2050년까지 단계적으로 개발할 계획을 추진하고 있다(Ronald, 2021).

대표적으로 Stevens Institute of Technology의 공

학 및 과학교육혁신센터(Center for Innovation in Engineering and Science Education : CIESE)는 ‘Waterbotics’라는 교육과정을 개발하여 미국 전역의 중고등 학생들을 대상으로 수중로봇에 대한 설계, 생산, 시험을 연계할 수 있는 방과 후 교육과정을 운영함으로써 전문가뿐만 아니라 미래세대들을 위한 저변 확대 및 친숙화를 진행하고 있다.

특히 전문인력 양성의 관점에서 Oceaneering사는 1996년에 ROV Supervisor와 Pilot technician을 양성하는 세계 최초 ‘ROV Training Center’를 설립하고, ROV 시뮬레이터에 기반한 교육과 증서를 발급하고 있다. 이와 관련된 대표적인 지정교육기관은 International Maritime Contractors Association(IMCA), Louisiana Community & Technical College System(LCTCS), National Council for Occupational Education(NCOE), The American Society for Training and Development(ASTD) 등이 있다.

(2) 영국의 사례

영국의 사우스햄프턴 대학(The University of Southampton)은 해양탐사용 AUV인 Autosub개발 프로젝트를 기반으로 1996년에 Autosub-I을 개발하고, 1999년에 수심 16,000m 급 Autosub-2, 2007년에 6,000m 급 Autosub 6000을 개발하여 기술상용화에 대한 연구과 대학원 인력양성을 추진하고 있다.

그리고 영국국립해양센터(National Oceanography Center : NOC)는 Autosub 프로젝트와 연계하여 2005년 2월 남극 Fimbul 빙하해역을 탐사한 실적이 있으며, 다양한 형태의 AUV와 수중글라이더 등을 통합 활용하여 다양한 해양관측 연구를 진행하고 있다.

영국은 2020년에 Maritime Autonomous Surface ships UK code of Practice를 발간하고, 전문작업반(UK Maritime Autonomous Systems Regulatory Working Group : MASRWG)을 통하여 자율운항 선박과 관련한 교육과정의 개발을 위한 해사산업

의 원칙을 제시하고, 산업발전에 필요한 전문인력의 양성과 관련된 특정교육을 운영하도록 명시하고 있다.

(3) 시사점

4차 산업혁명으로 인한 다양한 형태의 자율운항선박 출현에 대비하여 미국 및 영국 등의 해양분야 선진국가와 기업의 연구기관 및 대학들은 관련 기술을 개발하기 위하여 많은 노력을 진행하고 있다. 그러나 해양무인이동체와 관련하여 국제적으로 공인된 전문교육과정 및 자격 취득에 관한 체계 또는 기반이 아직까지 부재한 상태이다. 그 이유는 아직까지 해양무인이동체와 관련된 산업구조가 군, 경찰, 연구분야에 편중되어 상업화가 제대로 안정화되지 않은 초창기 단계임에 따른 교육수요가 부족하기 때문이다.

더불어 국내외 교육기관들은 미래 기술개발 및 운영에 필요한 내용을 즉시성 있게 교육과정에 반영하여 산업의 요구수준을 충족시키지 못하는 문제, 즉 미국의 사회학자 W.F 오그번(Ogburn, William Fielding)이 주장하는 기술교육지체현상(technical- education lagging)도 동시에 존재하고

있다.

따라서 국내의 경우 해양무인이동체와 관련된 대학, 연구소, 교육기관 등이 협력하여 교육과정을 체계화하고, 전문화된 교육과정을 지속적으로 최신화하여 산업계에 제공하는 역할을 강화하여야 할 것이다.

2. 분석 결과에 따른 정책적 방향

가. 개요

분석결과를 종합하면, 해양무인이동체 관련 전문인력의 잠재수요에 대한 선제적 대응을 위하여 “한국형 해양무인이동체 전문인력양성사업”이 필요함을 시사하고 있다. 이를 통해 선제적으로 해양무인이동체 관련 산업분야의 필요 현장 실무인력을 양성하고 취업과 연계의 필요성이 있다.

이를 위해 해사분야 교육의 일반적인 체계를 준용하여 안전교육, 직무교육 및 양성교육으로 단계를 구분하고, 해양무인이동체 전문인력양성의 목표를 설정함과 동시에 관련 교육과정의 개발 및 운영을 준비하는 것이 바람직하다.

Field	Safety training	Job training (Virtual-real-life interlocking marine test bed)	Training (Safety&Job training+Marine test bed)
Development plan	<ul style="list-style-type: none"> Using the existing maritime training know-how Benchmarking overseas cases 	<ul style="list-style-type: none"> Securing professional instructors in Korea Benchmarking overseas curriculum 	<ul style="list-style-type: none"> Securing demand with domestic companies Using the marine test bed
Main content	<ul style="list-style-type: none"> International level of safety training 	<ul style="list-style-type: none"> Education for improving vocational skills of incumbent employees Training for prospective recruiters 	<ul style="list-style-type: none"> Domestic job training and safety training Training for field use training
Goal	<ul style="list-style-type: none"> Demand for education in Korea 	<ul style="list-style-type: none"> Support for vocational skills development 	<ul style="list-style-type: none"> Creating new jobs

[Fig. 1] The stage of training for safety/job/cultivation of professionals in marine unmanned vehicles.

나. 해양무인이동체 전문인력양성을 위한 정책적 방향 및 전략

첫째, 해양무인이동체 관련 특화 교육 전략의 수립이 필요하다. 해양무인이동체 전문인력양성에 필요한 교육은 기존 해사분야 교육을 기초로 국내 관련 기업, 연구소, 대학 등에서 교육수요에 기반한 맞춤형 특화교육을 해외전문교육기관과의 협업관계를 통하여 물적·인적 지원을 받아 교육과정을 개발하는 전략을 수립하여야 한다.

둘째, 해사클러스터와 연계한 해양전문교육기관과의 협력 체계 조성이 필요하다. 아직까지 국내에는 한국해양수산연수원을 제외하면 해양분야의 직무에 특화된 ROV교육, DP교육, 안전교육 등을 체계적으로 제공하는 해양전문교육기관이 부재함에 따라 해당교육기관의 유치를 희망하는 지방자치단체는 해사클러스터와 연계한 해양전문교육기관과의 협력을 통해 MOU 단계 → 원격캠퍼스 또는 분원설치 → 교육실시 → 해양무인이동체 산업지원으로 연계되는 플라이휠(Flywheel) 전략(Judith et al., 2018)을 단계적으로 실시하여야 할 것이다.

셋째, 현장 맞춤형 교육지원 체계 구축이 필요하다. 가상-실물 연동형 해상테스트베드를 활용하여 국내외 기업, 연구소, 대학 등에서 요구하는 이론·실습교육이 맞춤형으로 제공될 수 있는 육·해상 협업 교육지원체계를 형성하여야 한다.

넷째, 안전, 직무, 양성 종합교육프로그램을 패키지 형식으로 제공할 수 있어야 한다. ROV, UAV, UUV 등의 국제인증 수탁교육과 연계하여 통합교육을 VR/AR/XR/메타버스 기반의 온라인·오프라인 방식을 활용하여 교육수요자에게 제공하여야 한다.

다섯째, 국제수준의 표준교육체계의 구축이 필요하다. 기존 개별 기업, 연구소, 대학의 아카데미 또는 지정교육기관에서 보유하고 있는 인프라 운영 노하우를 반영하여 고용노동부 지원의 컨소시엄 교육, 국제해사기구의 IMO 모델코스, 국제인증교육과 연계 또는 맞춤형 수탁교육을 개발하

여 국제적 수준의 표준교육을 제공하여야 한다.

여섯째, 해양무인이동체 관련 교원의 양성 및 역량강화이다. 국내 해양무인이동체 전문인력의 안전교육, 직무교육 및 양성교육을 발전시키기 위해서는 우선적으로 국내 교원의 양성이 반드시 선행되어야 하기 때문에 단계적인 해외연수를 통하여 관련 전문가를 양성하여 교육으로 환류·발전시킬 수 있도록 유지되어야 한다.

그리고 장기적인 관점에서 교원양성 교육과정을 개발하여 지정교육기관이 교원양성기관으로서 해양무인이동체 관련 교원양성을 위해 공식적으로 구성한 교과과정과 이러한 교과과정을 통한 교육수요자의 학습과 경험을 축적할 수 있도록 구조화하여야 한다.

일곱째, 교육프로그램 품질관리 강화를 통하여 안전사고를 저감시켜야 한다. 해상에서 실험, 실습, 운영, 실증 및 검증 등이 다양하게 진행될 수밖에 없으므로 관련 인력에 대한 안전교육이 반드시 선행되어야만 안전사고를 예방할 수 있다 (Lee and Han, 2020).

그러므로 「선박직원법 시행령」 제16조의2 및 「선박직원법 시행규칙」 제21조의 규정에 의한 해기교육기관, 해기시험기관 및 해기자격발급기관의 해기품질관리체제와 해기품질평가에 관한 기준을 참조하여 지속적으로 해양무인이동체와 관련된 안전교육, 직무교육 및 양성교육의 품질을 문서화하고 제도화하여 안전사고 저감을 통한 산업경쟁력을 강화시켜야 한다.

IV. 결론 및 제언

최근 자율운항선박에 대한 관심이 증가하면서 자연스럽게 조선소, 선박기자재, 사이버 보안, 빅데이터, 무인, 스마트, 시스템 등으로 검색어가 연계되고 있다. 특히 드론의 경우 육상 중심으로 움직이고 있으나 최근 국내에서도 활발한 연구와 활용 사례가 나오고 있다. 예컨대, 해양경찰의 드

론을 활용한 해상감시 및 드론을 활용한 정박지 정박 선박에 선용품 공급 등이다. 또한 수중 드론, 수중 로봇, 수중 글라이더 등에 대한 연구가 실증단계로 고도화 되면서 점차 산업분야로 적용하려는 움직임도 증가하고 있는 것이 사실이다.

그러나 여전히 국내 산업환경을 수중, 수면, 공중 등 3차원으로 구분하여 분석한 결과 일부 대학 및 연구소, 국방 관련 대기업 및 조선소 등을 제외하면 대부분 중규모 또는 소규모의 영세한 기업규모를 유지하고 있고, 소재지 역시 중화학 육성정책에 따라 조성된 울산, 부산, 경남 등을 중심으로 위치하고 있어 지역적 근접성을 찾는 데 한계가 있다.

오늘날 우리는 자율운항선박, 무인드론 등과 같은 과학기술의 빠른 발전으로 인하여 교육, 문화, 사회 전반의 빠른 변화의 시대를 살고 있다. 특히 해양분야의 인공지능, 빅데이터, 네트워크 등과 연계된 과학기술의 발전과 더불어 해양무인 이동체의 기술발전에 따른 관련 전문인력을 교육 기관이 즉시성 있게 공급하여야 할 것이다.

물론 현재까지 무인선박, 자율운항선박, 수중로봇, 해양무인이동체 등에 대한 산업이 성숙화되어 있지 않기 때문에 관련된 전문인력에 대한 교육 수요도 매우 제한적인 것이 사실이다. 그럼에도 불구하고 미래 신해양산업인 자율운항선박을 비롯한 광의의 해양무인이동체 관련 산업을 발전시키기 위해서는 기본적으로 기존 산업의 인력에 안전교육, 직무교육, 양성교육을 국가 및 지방자치단체 차원에서 지속적으로 제공하여야 한다. 즉 중·장·단기적인 관점에서 국가 또는 지방자치단체는 가상·실물 연동형 해상테스트베드를 활용한 교육 및 훈련 비전과 전략 로드맵을 수립하여 추진하고, 국내 해양분야 전문교육기관과 협력을 통한 교육과정의 개발 및 캠퍼스 또는 분원 확보 전략을 병행한다면 단기적인 교육수요의 문제를 해결하고, 중장기인 신규수요를 창출할 수 있다.

끝으로 우리나라는 아직까지 해양무인이동체 산업 관련 통합적인 법령이 부재하고, 개별 분야별

로 법령만이 존재하고 있으며, 해양무인이동체의 선박성에 대한 명확한 규정이 없으며, 관련된 구체적인 통계 및 자료를 데이터화할 수 있는 연구, 단체, 협회 등이 부재함에 따라 향후 동 분야에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

References

- Bae SH, Jung M and Jang EK(2020). Development of Scenarios for Evaluating the Collision Avoidance Performance of Maritime Autonomous Surface Ships in the Ocean. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education* 32(5), 1115~1116. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2020.10.32.5.1115>
- Campbell S, Naeem W and Irwin GW(2012). A review on improving the autonomy of unmanned surface vehicles through intelligent collision avoidance manoeuvres. 36(2), *Annual Reviews in Control*. 268~269.
- Chae CJ, Kang SY, Kim CW and Ahn YJ(2019). A Study on Technology Development of Maritime Autonomous Surface Ship and Required Competences for Seafarers. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education* 31(3), 903~912. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2019.6.31.3.903>
- Choi SH, Lee HK, Jeon HM and Kan MH(2017). A Study on Establishment of Roadmap Using the Drone of Ocean & Fisheries. *Korea Maritime Institute*. 16-21, 56~66.
- Choi WS and Shin J(2021). Study on the Development Factors and Development Strategies of National Crisis Management Based on Artificial Intelligence by SPRO-PEST - SWOT Analysis. *Journal of Convergence Security* 21(1), 169~175 <http://dx.doi.org/10.33778/kcsa.2021.21.1.169>
- Chun JS and Park HS(2021). Legal Status and Major Issue of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) in International Law. *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety* 27(2), 256~265. <https://doi.org/10.7837/kosomes.2021.27.2.256>
- Judith T.M.G, Piety R and Martin M(2018). An assessment innovation as flywheel for changing

- teaching and learning. *Journal of Vocational Education & Training* 70(2). 212-220.
- Kim HT(2014), Utilization of drones in the marine and fisheries sectors, Korea Maritime Institute. 1-3.
- Kim HW, Kang KS, Seo HD, Jung MS, Choi JH, Kang JW and Kim SW(2007). Technology trends and future prospects for 5G and unmanned vehicles, *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 34(7), 55~60.
- Kim MJ(2021). A Study on the Characteristics and Policy Demand of the Unmanned Vehicle Industry in Gyeonggi-do. *Journal of the Economic Geographical Society of Korea* 24(3), 283~299.
<http://dx.doi.org/10.23841/egsk.2021.24.3.283>
- Kim WO and Lee CH(2018). A Study on the Development of Collision Prevention Support System for Autonomous Surface Ship. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education* 30(1), 227~228.
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2018.30.1.227>
- Lech K(2018). Smart ships - autonomous or remote controlled?. *Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin* 53(125).
- Lee IH, Park JH and Jang MH(2018). Development of Fundamental Technology for the Unmanned Vehicles. *KISTEP*. 82~102.
- Lee JE(2019). Technology Development Trends Analysis and Development Plan of Unmanned Underwater Vehicle. *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society* 20(9), 233~239.
<http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.9.233>
- Lee JH and Han KY(2020). A Study on the Development of Emergency Response Training of Ship. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education* 32(4), 1049~1058.
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2020.8.32.4.1049>
- Lee JW, Kang WG and Kim MJ(2018). A survey study on the Korean unmanned vehicle industries. *Korea Aerospace Industrial Technology Trends* 16(2). 28~32.
- Park SB and Park JH(2020). A Study on the Formation Control Algorithms of Multi-Obstacles Collision Avoidance for Autonomous Navigation of Swarm Marine Unmanned Moving Vehicles. *Journal of the KNST* 3(1), 56~61.
<http://dx.doi.org/10.31818/JKNST.2020.03.3.1.56>
- Ronald O(2021). Navy Large Unmanned Surface and Undersea Vehicles: Background and Issues for Congress, Congressional Research Service. 1~15.
- Therese S(2012). Unmanned Aircraft Systems for Civilian Missions. Brandenburg Institute for Society and Security. 17~18.
- Tomotsugu N(2016). Existing conventions and unmanned ships- need for changes?. *The Maritime Commons: Digital Repository of the World Maritime University*. 7~9.
- Yannick A and Elisa S(2014). Unmanned Underwater Vehicle(UUV) Information Study. *Defence Research & Development Canada*. 1~3.
- Yeom WG(2018). A Study on Laws and Regimes for the Revitalization of the Autonomous Marine Vehicles, LLM in maritime law, Korea Maritime and Ocean University. 64~65.
- Yoo H(2019). Development of Core Technology for Autonomous Cooperative Operation of Multiple-Heterogeneous Unmanned Vehicles. *Korea Aerospace Research Institute*. 20~30.
- Yoon HS, Lee SH, Kim MS and Jang SH(2020). A Study on the Quantitative Measurement of Underwater Objects Using Small Underwater Drone. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education* 32(6), 1409~1410.
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2020.12.32.6.1409>
-
- Received : 18 November, 2021
 - Revised : 22 December, 2021
 - Accepted : 27 December, 2021