

# 자율운항선박 도입에 따른 해기사 직능 변화와 인력양성에 관한 연구

임성주\* · † 신용준

\*한국해양수산연수원 과장, † 한국대학교 해양경영경제학부 교수

## A Study on the Changes in Functions of Ship Officer and Manpower Training by the Introduction of Maritime Autonomous Surface Ships

Sung-Ju Lim\* · † Yong-John Shin

\*Manager, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Busan 49112, Korea

† Professor, Div. of Maritime Management and Economy, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

**요 약 :** 본 연구는 제4차 산업혁명 기술에 의해 선박의 자동화와 지능화가 진전되면서 자율운항선박이 도입되게 됨에 따라 해기사 인력수요 축소와 직능 전환 등의 문제가 대두되는 상황에서 해기사의 직무변화와 이에 따른 요구 역량을 분석하고 이를 배양하기 위한 인력양성 방향을 제시하였다. 선행연구 검토와 전문가 집단의 브레인스토밍과 AHP 설문조사를 통해 자율운항선박의 해기사 직무와 역량 요인을 도출하고 그 중요도를 평가하였다. 해기사 승선 자율운항선박의 해기사 직무 중에서 안전 운항과 비상시 대응 그리고 화물의 안전운송 관련 직무요인이 중요한 것으로 나타났으며, 자율운항시스템의 제어 및 운용 역량의 중요성이 매우 높으며 이를 뒷받침하기 위한 육·해상 커뮤니케이션과 AI 및 Big Data 분석 역량이 필요한 것으로 나타났다. 완전자율운항선박의 해기사 직무는 예상하지 못한 비상상황에 대비하여 선박을 안전하게 원격운항시키는 비상상황대처, 원격운항제어, 선박정비·관리 직무 순으로 중요도가 높으며, 해기사 역량에서는 자율운항시스템 제어와 운용 그리고 이를 수행하기 위한 Big Data 와 AI 활용 역량들의 중요도가 매우 높은 것으로 분석되었다. 이러한 요인들의 직무역량 함양을 위한 해기사 인력 양성 방향과 규모는 기술의 진보에 따라 크게 달라질 수 있는 점을 고려하여 자율운항선박 도입단계별로 필요한 해기사 교육 프로그램과 직무교육 내용 그리고 핵심역량 함양을 위한 교육인프라 구축 방안을 제시하였다. 이 연구는 자율운항선박의 해기사 직무 및 역량 요인을 실무적 관점에서 체계적으로 도출하였으며, 관련 전문가별 인식도를 분석함으로써 자율운항선박 도입에 대한 전문가 차원의 대응 방안을 진단하였다는데 연구의 의의가 있다.

**핵심용어 :** 자율운항선박, 해기사 직능, 교육훈련, AHP, 인식도 조사

**Abstract:** This study aims to investigate changes in the demand for ship officers in response to changes in the shipping industry environment in which Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) emerge according to the application of the fourth industrial revolution technology to ships, and it looks into changes in the skill of ship officer. It also analyzes and proposes a plan for nurturing ship officers accordingly. As a result of the degree of recognition and AHP analysis, this study suggests that a new training system is required because the current training and education system may cover the job competencies of emergency response, caution and danger navigation, general sailing, cargo handling, seaworthiness maintenance, emergency response, and ship maintenance and management, but tasks such as remote control, monitoring diagnosis, device management capability, and big data analysis require competency for unmanned and shore-based control. By evaluating the importance of change factors in the duties of ship officers in Maritime Autonomous Surface Ships, this study provides information on ship officer educational institutions' response strategies for nurturing ship officers and prioritization of resource allocation, etc. The importance of these factors was compared and evaluated to suggest changes in the duties of ship officers and methods of nurturing ship officers according to the introduction of Maritime Autonomous Surface Ships. It is expected that the findings of this study will be meaningful as it systematically derives the duties and competency factors of ship officers of Maritime Autonomous Surface Ships from a practical point of view and analyzed the perception level of each relevant expert to diagnose expert-level responses to the introduction of Maritime Autonomous Surface Ships.

**Key words :** MASS(maritime autonomous surface ships), function of ship officer, MET(maritime education and training), AHP(analytic hierarchy process), degree of recognition

† Corresponding author : 종신회원, yjshin61@kmou.ac.kr 051)410-4382

\* 정회원, forceisj@naver.com 051)620-5773

(주) 이 논문은 대표 저자의 박사 논문을 바탕으로 작성하였으며, “자율운항선박 도입에 따른 선원직능 변화와 인력양성에 관한 연구”란 제목으로 “2021년도 한국항만항해학회 추계학술대회(울산 전시컨벤션센터 및 온라인 웨비나, 2021.11.18.-19, pp.78-80)”에 발표되었음.

## 1. 서 론

제4차 산업혁명 기술이 선박에도 적용됨에 따라 선박의 자동화와 지능화가 진전되면서 선박 운항 및 기술여건이 변화하게 되고, 승무정원은 줄어들게 될 것이다. 국제적으로 자율운항선박의 기술개발(MUNIN, Rolls-Royce, 노르웨이 Kongsberg & Yara International, 핀란드 Finferries, 일본 NYK 등)과 제반 제도 구축을 위한 연구들(KMI, 2020; Park et al., 2018; Park, 2019)이 진행되고 있는데, 가장 중요한 이슈는 선원 특히 해상 전문직인 해기사의 미래 고용의 변화에 따른 다양한 이론적, 실무적 해결을 위해 연구가 될 것이다. 4차 산업혁명의 진전에 따라 인간노동의 대체에 따른 일자리 감소 문제가 세계경제포럼(2016)에서 제기된 이후 자율운항선박 도입에 따른 해기사 인력수요 축소 및 직능 전환 등의 문제가 발생할 것이다. 그러나 이러한 자율운항선박의 해기사 직무환경과 직능 변화에 관한 연구는 거의 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

본 연구는 제4차 산업혁명 기술이 선박에도 적용됨에 따라 자율운항선박이 출현하는 해운산업 환경 변화에 대응하여 해기사의 직능의 변화와 이에 따른 요구 역량을 분석하고 이를 배양하기 위한 인력양성 방향을 제시해 보고자 한다.

기존 국내외 문헌에서 제시한 자율운항선박 운항에 영향을 미치는 요인들을 검토하여 이러한 요인들에 의해 향후 자율운항선박을 운용하는 해기사의 직무와 요구역량에 어떤 변화를 가져오게 되는지를 선원 양성 및 관리 분야의 전문가들이 참여하는 토론 및 설문조사를 통해 분석하고, 이에 따른 해기인력 양성 방향을 제시하도록 한다.

본 연구는 STCW, SSU(2017), Jeon et al.(2020), Choi(2018) 등의 연구에서 제시된 자율운항선박의 해기사 직무요인과 역량 요인들의 내용을 진화성에 따라 재분류 및 구조화하여 도출하고, 개별 직무요인들의 중요도를 AHP 분석을 통해 평가하여 자율운항선박의 해기사 직무요인의 변화와 중요 직무를 규명하고자 한다. 또한, 이들 직무에 요구되는 해기사의 역량을 평가하여 자율운항선박의 해기사의 역할과 가치를 재조명하고 나아가 자율운항선박 출현에 대비한 경쟁력 있는 해기인력의 육성을 위한 정책적, 실무적 방안을 모색하고자 한다.

## 2. 선박의 기술진보와 자율운항선박

선박은 인류의 역사와 함께 변화되어 왔으며, 육지와 육지를 연결하는 중요한 교통수단으로서 과거부터 중요하게 인식되었다. 선박의 역사는 ‘추진방식’에 따라 변모하였으며, 선박의 기술진보와 가장 밀접한 관계가 있다. 이러한 선박의 변화는 선박에서 일하는 선원과 역할에 많은 변화를 주었다.

제4차 산업혁명이란 2016년 세계경제포럼(WEF)의 클라우스 슈밥 회장 등 주최자들이 “인공지능, 사물인터넷, 빅데이터, 모바일 등 첨단 정보통신기술이 경제, 사회, 산업 전반에 융합되어 혁신적인 변화가 나타나 세상을 크게 변화시키는 제

4차 산업혁명으로 발전해 나갈 것”이라고 주장하였다.

제4차 산업혁명에 따라 시작된 패러다임의 변화는 해운(Shipping 4.0), 항만(Port 4.0), 조선(Smart ship 4.0) 및 해양(Marine 4.0) 등 전 산업분야에 걸쳐 진행되고 있다. 제4차 산업혁명 기술이 선박에도 적용됨에 따라 자율운항선박의 경우 자율운항기능, 경제운항기능, 안전운항기능, 원격제어기능을 포함하여 선박의 운항·제어기술이 크게 발전할 것으로 전망했다. 기존 선박의 제어기술은 항해사의 의사결정 지원을 위한 보조적 수단으로서 장비 및 기술이 활용되고 있으나, 자율운항선박은 상황인지, 상황판단, 인공지능 등의 정보통신기술을 활용하여 선박의 자율운항 및 안전운항이 가능하게 될 것이다. 그리고 기존선박은 기상, 해양 환경여건 등의 정보를 기반으로 항해사가 항로를 결정하고 상황에 따라 변경하고 있으나, 자율운항선박은 기상, 항로 여건, 연료소비량 등 빅데이터 기반의 경제운항이 가능해 질 것이다. 또한 기존 선박은 선박의 위치, 상태, 정보 등에 대한 원격 모니터링이 가능하지만, 자율운항선박은 운항조정상황실 등 육상에서 모니터링이 가능하고, 비상시 원격제어 및 조종이 가능할 것으로 예상했다(KMI, 2018).

향후 자율운항선박 개발이 진행되면 선원들의 일자리는 더욱 축소될 위협에 직면하게 된다. 즉, 기존의 선원들의 수작업에 의해서 진행되던 많은 단순 반복 작업들은 전산화, 디지털화, 자동화로 인하여 유지 및 관리 업무를 전담하는 유능부원 또는 해기사 이외의 비숙련 인력은 불필요하게 되는 인력구조가 형성되게 될 것이다(Jatau, 2002).

## 3. 자율운항선박 출현에 따른 선원 수요와 역할 변화

### 3.1 선원인력수요 예측 분석

선원 수요는 해상 물동량, 선복량, 선박당 승선인원으로 설명할 수 있다. 즉, 해상 물동량의 변화는 선복량의 변화를 가져오고, 이에 따라 선원 수요가 변화하게 된다. UNCTAD(United Nations Conference on Trade and Development), ICS(International Chamber of Shipping), BIMCO(Baltic and International Maritime council)의 선행연구에서도 선원 수요를 상기의 내용들로 구성하여 설명하고 있다.

세계화된 경제는 해상무역 성장의 긍정적인 요소가 존재함에 따라 해상 물동량은 지속적으로 증가할 것으로 보이며, 이에 따라 세계 상선대는 2025년까지 17.7%가 증가할 것으로 예측했다. 세부적으로 살펴보면 세계 상선대는 2025년까지 일반 화물선은 연간 0.66%가 증가하는 반면, LNG는 426척에서 790척으로 연간 10%, 여객선은 연간 1.04%, 벌크선은 연간 2.97%, 컨테이너선은 연간 1.97%, 원유 운반선은 2.84% 증가하는 등 전체적으로 연간 1.86%의 증가 추세를 보일 것으로 예측하고 있다(ICS & BIMCO, 2015).

세계 상선대 증가에 따른 해기사 수요 증가는 Table 1과 같이 2015~2020년간 91,000명(12%)이며, 2020~2025년간 71,000명(8%)의 증가가 예상된다. 향후 해기사 공급은 매년 3,065명의 해기사가 신규 배출되는 것으로 예측되었으며, 매 5년마다 15,500명씩 10년 동안 총 31,000명(4%) 증가하나, 2025년까지 해기사의 수요 대비 공급은 147,500명이 부족할 것으로 분석되었다.

Table 1 Forecasting of global demand, supply and shortage of seafarers

Year	2015	2020	2025
Demand	790,500	881,500	952,500
Supply	774,000	789,500	805,000
Shortage(%)	-16,500(2.1%)	-92,000(11.7%)	-147,500(18.3%)

Source : ICS & BIMCO(2015), 「MANPOWER REPORT」

국내 상선대 증가에 따른 해기사 수요 증가는 Table 2와 같이 2015~2020년간 2,209명(13.9%)이며, 2020~2025년간 235명(1.3%)의 증가가 예상된다. 향후 해기사 공급은 매년 약 900명의 해기사가 신규 배출되는 것으로 예측하였으며, 2025년까지 해기사의 수요 대비 공급은 2,411명이 부족할 것으로 분석되었다.

Table 2 Forecasting of domestic demand, supply and shortage of seafarers

Year	2015	2020	2025
Demand	15,883	18,092	18,327
Supply	13,616	16,071	15,916
Shortage(%)	-2,267(14.2%)	-2,021(11.2%)	-2,411(13.2%)

Source : Ministry of Oceans and Fisheries(2018), 「Research on seafarer supply & demand plan and seafarer policy basic plan establishment」 & 「Korea seafarer's statistical year book」

자율운항선박은 운영 및 프로세스의 최적화와 효율적인 자원관리를 통해 해상운송에 변화를 주어 2017년부터 2025년까지의 기간 동안 연평균 12.8%의 성장률을 보일 것으로 예상하고 있다. 글로벌 자율운항선박 시장의 수익을 살펴보면 2016년 총 568억\$ 중 부분적 자율운항 552억\$ 대비 완전 자율운항 16억\$로 부분적 자율운항 시장이 매우 우세하나, 2025년에는 총 1,551억\$ 중 부분적 자율운항 762억\$보다 완전 자율운항이 789억\$로 완전 자율운항 시장이 우세할 것으로 전망하고 있다(Acute Market Reports, 2020).

한편, Acute Market Reports 2020에 따르면 자율운항선박의 세계 시장 규모는 2025년까지 12.8% 성장할 것을 전망함에 따라 자율운항선박의 출현으로 선원의 수요가 줄어들어야 함에도 세계 해기사 수요와 국내 선원 수요는 높은 것으로 나타났다. 이는, 2025년까지 일부 선원의 감소와 자율운항 등을 목표로 하고 있으나, 발표된 계획보다는 선원 인력시장의 흐름이 다소 늦어지고 있는 것으로 추정된다.

WMU(World Maritime University)는 2019년 「Transport 2040」 보고서를 통해 2040년까지 자율운항선박 도입에 따른

전 세계 선원 수요를 예측했으며, 시뮬레이션 결과는 Fig. 1과 같다.

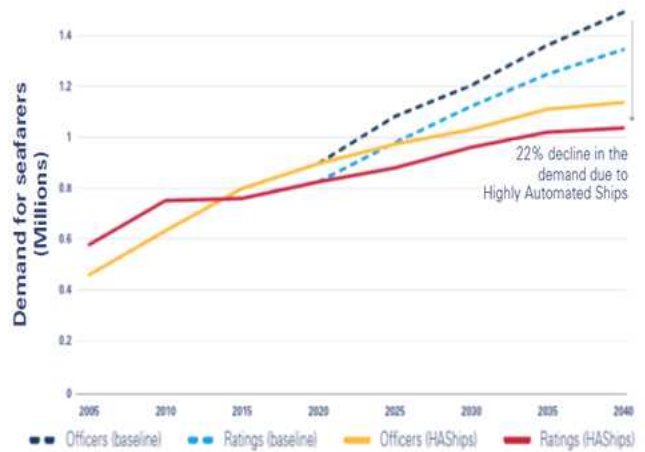


Fig. 1 Simulations for the demand for seafarers

Source : WMU(2019), 「Transport 2040\_Automation Technology Employment」, pp.92

시뮬레이션에는 ICS & BIMCO의 「MANPOWER REPORT 2015」 데이터를 활용했다. HASHips(Highly Automated Ships, 국제 항해를 수행하는 고도로 자동화 된 선박을 의미)가 도입되지 않을 경우 전 세계 선원의 수요는 우측 최상단에 있는 점선과 같이 2040년까지 지속적으로 증가하나, HASHips의 도입으로 우측 최하단에 있는 선과 같이 전 세계 선원의 수요는 22% 감소할 것으로 예측했다. 그리고 HASHips가 도입되더라도 2040년까지 전 세계 선원의 수는 감소하지 않을 것으로 예상했다.

이상에서 국내외 선원 수요예측 사례를 살펴본 바와 같이 향후 자율운항선박이 출현하더라도 선원의 수요는 증가할 것으로 예측되며, 해기사 부족 추세는 지속될 것으로 예상할 수 있다.

따라서 자율운항선박의 출현으로 선원의 일자리와 해운인력의 변화가 예상되는 만큼 해기사 수요에 맞는 원활한 공급과 유지를 위해 현재 승선하고 있는 선원들에 대한 경력개발을 촉진하고, 추가적인 해기사 양성을 위해 정부와 해운산업 이해관계자들의 종합대책 수립 등 집중적인 노력과 함께 새로운 해기인력 양성시스템 구성이 요구된다.

### 3.2 자율운항선박 출현에 따른 선원역할 변화

자율운항선박은 해운, 항만, 물류, 선박관리 등 해양산업 전반에 걸친 패러다임의 변화를 가져올 것으로 예상되며, 선원 관련 비용 절감 등을 통해 대륙 간 화물 운송에서 무인화의 가치가 높아질 것으로 보인다.

무인선박을 이용한 화물운송 개념은 2014년 Rolls-Royce를 중심으로 제안되었으며, 이에 따라 자율운항선박 출현에 대비한 선원의 직무 및 수요와 관련된 연구를 진행하고 있다.

영국 Solent 대학에서는 자율운항등급을 참조하여 현재부터 2040년까지의 업무를 구분하여 직급과 선내 업무에 따른

인간 의존도를 Fig. 2와 같이 표시하고 있다.

2020~2025년까지 AL3단계로 반자율운항선박으로서 선원이 개입하고, 2025~2030년까지 AL4단계로 선박은 선원의 감독 하에 자율적으로 작동하며, 2030~2040년까지 AL5단계로 완전자율운항선박이나 인간의 통제를 받으며, 이후 AL6단계로 완전자율운항선박으로 나타내고 있다(Choi, 2018).

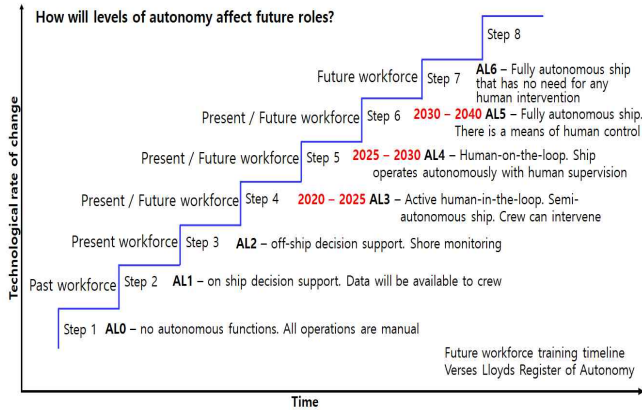


Fig. 2 The expected time of practical use according to the levels of autonomy  
Source : Choi, Y. W. “A Study on the Change of the Role of Deck Officer in Maritime Autonomous Surface Ships(MASS) by Analysis of Standards of Competence“, 2018, p.42.

Jeon et al.(2020)의 연구에서는 자율운항선박, 스마트 선박과 선원의 역량을 Table 3과 같이 제시하였다.

Table 3 Competencies Autonomous Ships seafarers

Stage	Degree of autonomy	Seafarers competency	Ship control entity
1	Partial automation and decision support ship	Current decommissioning Competencies under the STCW Convention	Seafarer
2	Seafarers boarding + Remote control	Technical competency, Teamwork, Technical awareness, Communication, Language ability	Seafarer e-farer
3	Seafarers unboarded + Remote control	Technology awareness, Technology competency, Computer utilization & Information processing, Environment/Sustainability Awareness/Interest	e-farer
4	Autonomous Ships	Technology awareness, Technology competency, Computer utilization & Information processing, Environment/Sustainability Awareness/Interest	e-farer

Source : Yeong-wo, Jeon, et al.(2020), 「A study on the necessity and method of fostering the next generation of marine experts」, pp.173

자율화등급 1단계는 일부 자동화 및 의사결정지원 선박으로 선원의 역량은 STCW 협약에 의한 현재 해기역량을 요구하고 있으며, 선박의 제어 주체는 선원이다. 자율화등급 2단계는 선원 승선 및 원격제어를 하는 단계로서 선원의 역량은 기술역량, 팀워크, 기술인식, 의사소통, 언어능력을 요구하고 있으며, 선박의 제어 주체는 선원과 e-farer(내일의 선원, ‘전통 유인 선박의 해기사가 아닌 새로운 기술을 보유하고 선박 운

항을 통제한다는 의미’)이다. 자율화등급 3단계는 선원 미승선 및 원격제어를 하는 단계로서 선원의 역량은 기술인식, 기술역량, 컴퓨터활용 및 정보처리, 환경/지속가능성인식/관심을 요구하고 있으며, 선박제어 주체는 e-farer이다. 자율화등급 4단계는 완전자율운항선박으로서 선원의 역량과 선박제어 주체는 자율화등급 3단계와 같다.

미래에 요구되는 선원의 역량으로 운항관리와 정보처리, 돌발 상황이나 비상상황에 대한 처리 기술, 의사결정 등으로 분석하였고, 전통적으로 사용해왔던 ‘선원’이라는 용어에서 새로운 용어로 대체될 것을 예상했다. 아울러 선원은 선박에 한정되는 용어였다면 앞으로 스마트 선박과 무인화 선박시 선원의 승선 수는 점차 감소할 것이며, 자율화 선박이 상용화가 되면 육상제어담당자 혹은 운항책임자의 역할이 선원에 비해 더 커지게 됨에 따라 이에 따른 새로운 선박운항의 책임자에 대한 역할과 역량은 새로이 식별해야 할 것을 강조했다. Kim & Yang(2019)은 자율운항선박 시대의 핵심기술은 상황인지 및 인공지능 판단 등 선박 자율운항 기술, 운항·관제 통합 연계기술, 군집운항을 위한 협력조종(collaborative control)기술이 될 것으로 예측하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 자율운항선박의 출현으로 선원 직무의 대부분이 육상의 원격제어 또는 자동화로 전환됨은 물론, 항해사와 기관사 직무의 구분이 없어지므로, 이에 대응하여 미래 해기인력 양성시스템을 준비할 필요가 있다.

#### 4. 자율운항선박의 해기사 직무와 역량 분석

본 연구에서는 자율운항선박 도입 단계를 크게 해기사가 승선하는 자율운항선박(승선 해기사 및 원격운항 해기사)과 완전자율운항선박(원격운항 해기사 및 인공지능)으로 구분하여 이에 따른 해기사 직무와 역량을 분석해 보고자 한다.

##### 4.1 자율운항선박의 해기사 직무 변화 분석

###### 4.1.1 해기사 승선 자율운항선박의 해기사 직무 변화 분석

자율운항선박의 승선 해기사 직무요인들을 추출하기 위해 STCW 협약과 선행연구를 통하여 요인들을 선별하고, 이를 계층·구조화하였다. 먼저, STCW 협약에서 요구하는 해기능력과 자율운항선박의 해기사 직무에 관한 SSU(2017)와 Jeon et al.(2020) 그리고 Choi(2018) 등의 연구에서 제시한 요인들 토대로 해기사가 승선하는 자율운항선박의 해기사 직무요인 66개를 1단계에서 도출하였다, 이중 표현상의 차이만 존재할 뿐 실질적인 내용이 중복된다고 판단되는 요인들을 제외하고, 선사 및 선박관리업체와 선원양성 교육기관의 담당자들과의 3차례의 브레인스토밍을 거쳐 내용상으로 유사성을 갖는 요인들을 정제하여 2단계에서 25개의 요인으로 축약하였다. 그리고 이를 다시 친화도법을 이용하여 3단계에서 직무 요인 13개로 압축하고, 최종적으로 요인들의 속성들을 대표할 수 선박 운항, 선박관리, 화물관리 3개의 그룹으로 군집화하였다. 이

과정에서 자율운항선박의 선내 운용시스템은 자체적 결정 및 조치가 가능해질 것임에 따라 기관사의 업무는 축소될 것으로 예상되어 기관사의 업무는 취합하여 단순화시켰다. 이러한 요인의 정제과정은 Table 4와 같다.

Table 4 The extration processs of seafarers functions of seafarer on board Autonomous Ships

Stage	Job function		
1	Plan and conduct a passage and determine position	Ensure compliance with pollution prevention requirements(Deck, Engine)	Inspection and reporting of defects and damage to cargo spaces, hatch covers and ballast tanks
	Maintain a safe navigational watch	Maintain seaworthiness of the ship(Deck, Engine)	Monitoring of loading, loading, binding, and unloading of cargo and management of cargo during voyage
	Arrangement of Watchkeeping and establishment of procedures	Prevent, control and fight fires on board(Deck, Engine)	Berthing cargo management
	Use of radar and ARPA to maintain safety of navigation	Knowledge of classes and chemistry of fire	Cargo handling when berthing
2	Respond to emergencies(STCW)	Operate lifesaving appliances	Cargo plan at berthing
	Respond to a distress signal at sea	Control trim, stability and stress	Hull management when berthing
	Search and rescue	Monitor and control compliance with legislative requirements and measures to ensure safety of life at sea, security and the protection of the marine environment	Rope management when berthing
	Weather forecast and sea conditions	Maintain safety and security of the ship's crew and passengers and the operational condition of lifesaving, firefighting and other safety systems	Navigation management during voyage
	Use the IMO Standard Marine Communication Phrases and use English in written and oral form	Organize and manage the seafarer(Deck, Engine)	Care during the voyage and Cargo handling
	Transmit and receive information by visual signalling	Organize and manage the provision of medical care on board	Inspection of the hull during voyage
	Manoeuvre the ship	Maintenance and management of ship engine systems including control systems	
	Manage the operation of propulsion plant machinery	Operation of AC generator, DC generator and control system	
	Development of emergency and damage control plans and handling of emergencies(Deck, Engine)	Practical application of medical guidelines and radio advice	
	Maintenance of operating conditions for the safety and convenience, survival, firefighting and other safety systems of the ship, seafarer and passengers	Monitoring compliance with legal mandates	
	General voyage	Planned and Phased Voyage	
	Caution voyage	Starting and stopping main and auxiliary machinery, including related systems	
3	Dangerous voyage	Operation, monitoring and evaluation of engine performance and capacity	
	Confirmation	Maintenance of machinery, systems and service safety Management of fuel and ballast operation	
	Determination of navigation route	Use of internal communication system	
4	Emergency Response	Operate electrical, electronic and control systems	
	Search and rescue operation	Manage troubleshooting, restoration of electrical and electronic control equipment to operating condition	
	Anchor&Up anchor	Manage safe and effective maintenance and repair procedures	
2	General voyage	Detect and identify the cause of machinery malfunctions and correct faults	Cargo planning
	Navigational watch	Ensure safe working practices	Cargo area management
	Manoeuvre the ship	Control of trim, stability and stress	Cargo loading and unloading
	Caution voyage	Knowledge of national legislative measures for the implementation of international agreements and conventions	Cargo inspection
3	Dangerous voyage	Medicine	Cargo hull management
	Determination of navigation route	International convention	Cargo defect damage assessment measures
	Remote control operation	Life-saving&fire extinguishing	
	Emergency Response	HR management	
4	Search and rescue operations	Maintain stability	Cargo Handling
		Life-saving&fire extinguishing	Care cargoes
		HR management	Cargo area hull inspection
		Maintain stability	
3	General voyage	Management of shipping supplies and medicines	
	Caution and Dangerous Voyage	Life-saving equipment and life-saving fire extinguishing management	
	Determine position and navigation route	Articles for ship	
	Emergency Response	Deck equipment	
4	Ship operation	Ship management	Cargo management

이와 같이 3개 대표속성의 13개 직무요인으로 도출된 자율운항선박의 해기사 직무요인의 변화 정도와 중요도를 평가하

기 위하여 선사 및 선박관리업체, 선원양성 및 교육기관의 전문가43명을 대상으로 2021년 4월 19일부터 동년 5월 6일까지 약 1개월간에 걸쳐 설문조사를 실시하였다.

설문응답자의 인구통계적 특성은 Table 5와 같다

Table 5 Competencies Autonomous Ships seafarers

Items		Frequency	Items		Frequency
Gender	Male	42	Current Job	Corporation	16
	Female	1		Educational Institution	27
Age	30~39	10	Working years	10 or less	7
	40~49	23		11~15	17
	50~59	8		16~20	8
	over 60	2		over 21	11
Total		43	Total		43

해기사 승선 자율운항선박의 해기사 직무변화에 대한 인식 분석결과, 비상대응 직무변화가 4.88점, 주의 및 위험항해 직무변화가 4.86점, 일반항해 직무변화가 4.84점 순으로 변화가 그리 크지 않는 것으로 나타났다. 승선 해기사에 의해 수동항해가 이루어지며 육상의 운항관리자가 원격운항을 지원하기 때문에, 해기사가 승선하여 선박의 운항과 관리를 담당하는 기존의 해기사 직무와 큰 차이가 없는 것으로 분석되었다.

Table 6 Total importance of seafarers functions of seafarer on board Autonomous Ships

Items	AHP Importance	Sub-items	Job change (Likert 7Scale)	AHP	
				Importance	Ranking
Ship operation	0.431	General voyage	4.84	0.044	12
		Caution & Dangerous Voyage	4.86	0.153	1
		Determine position and navigation route	4.56	0.072	7
		Emergency Response	4.88	0.098	4
		Search and rescue	4.58	0.065	8
Ship management	0.279	Maintain stability	4.37	0.106	3
		Deck and engine equipment management	4.60	0.051	10
		Management of shipping supplies and medicines	4.47	0.022	13
		Life-saving equipment and life-saving fire extinguishing management	4.56	0.046	11
Cargo management	0.290	Compliance with international conventions	4.28	0.053	9
		Cargo Handling	4.53	0.119	2
		Care cargoes	4.49	0.098	4
		Cargo area hull inspection	4.49	0.073	6

해기사 승선 자율운항선박의 해기사 직무요인들의 중요도를 AHP(Analytic Hierarchy Process)를 통해 분석한 결과, 선박운항 0.431, 화물관리 0.290, 선박관리 0.279로 나타나 선박운항이 자율운항선박의 해기사 직무 요인에 있어 가장 중요한 요인으로 나타났다.

그리고 세부항목의 중요도 평가결과, 주의 및 위험항해가 0.153으로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로는 화물취급이 0.119, 감항성 유지가 0.106 순으로 나타났으며 비상대응과 화

물관리가 0.098로 동일한 순위로 나타났다. 그리고 화물구역 선체 점검, 선위 확인 및 항로 선정, 수색구조, 국제협약 준수, 갑판 및 기관 기기 관리, 구명설비 및 구명소화 관리, 일반항해 순으로 분석되었으며, 선용품 및 의약품 관리가 가장 낮은 14순위로 나타났다. 해기사 승선 자율운항선박에서 소수의 해기사가 승선하고 육상에서 원격운항 지원하므로, 선박의 안전운항과 비상시 대응 그리고 화물의 안전운송 관련 직무가 중요한 것으로 조사되었다.

4.1.2 완전 자율운항선박의 해기사 직무 변화 분석

완전자율운항선박은 승선 해기사 직무가 없어지고 육상의 원격운항 해기사로 대체되기 때문에 육상의 원격운항 해기사의 관점에서 해기사 직무를 통합하여 추출하였다. 완전자율운항선박의 해기사 직무는 해기사 승선 자율운항선박의 직무중에서 승선 해기사에 의해 실행되는 요인을 제외한 40개 요인을 추출하고 이를 전문가 브레인스토밍을 통해 10개 요인으로 정제하고, 이를 최종 6개 요인으로 압축하였다. 완전자율운항선박의 직무요인 정제과정은 Table 7과 같다.

Table 7 The extration processs of seafarers functions of seafarer on board Autonomous Ships

Stage	Job function		
1	- Personnel qualification	- Occupational responsibilities defined by the company	- Computer utilization and information processing
	- Cargo handling	- Failure diagnose	-Environment/Sustainability Awareness/Interest
	- Manual securing of vessel or anchoring	- Condition based maintenance	- Man-machine interface mass information processing capability
	- Standard operation	- Repair planning	- Ability to focus on critical issues
	- Emergency response	- Project management	- Remote operator and business performance capability
	- Passage planing	- Collaborative discussion	- Situation control capability
	- Berthing	- Survey requirements	- Ability to understand the limitations of automation and problems that depend on automation
	- Anchoring	- Performance and efficiency monitoring	- Change management capability
	- Collision avoidance	- Dry dock	- Continuous learning ability
	- Cold Ship to port stan-by	- Expert assistance	- Ability to overcome stress
	- Maneuvering to commencement of passage at sea	- Technical competency	- Effective communication skills
	- Commencement of passage at sea	- Teamwork	- Leader competency
	- Safe education of personnel	- Technology recognition	
	- Communication	- Language ability	
2	- Ship remote control	- Maintain stability	- Cargo handling
	- Dangerous situation	- Remote repair	- Cargo monitoring
	- substitution control	- Establishment of voyage plan	- Cargo status diagnosis
	- Establishment of voyage plan		
3	- Emergency response	- Ship maintenance and management	- Cargo loading and unloading management
	- Remote operation control	- Establishment of voyage plan	- Transport cargo management

완전자율운항선박의 육상 원격 운항 해기사 직무변화에 대한 인식 분석결과, 비상상황대처가 6.19점, 원격운항제어가 6.09점, 화물적·양하 관리가 6.05점, 운송화물관리 5.86점, 선박정비 및 관리 5.79점, 항해계획수립 5.74점으로 해기사 직무변화가 매우 클 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 기술 진보에 따라서 육상에서 선박을 원격운항하는 해기사의 직무는 원격운항 제어, 비상상황 대처 그리고 운송 화물관리 중심으로 직무를 수행하게 된다는 것을 나타내고 있다.

Table 8 Total importance of seafarers functions of Autonomous Ships

Sub-items	Job change (Likert 7Scale)	AHP	
		Importance	Ranking
Remote operation control	6.09	0.159	2
Emergency response	6.19	0.417	1
Establishment of voyage plan	5.74	0.109	4
Ship maintenance and management	5.79	0.128	3
Cargo loading and unloading	6.05	0.095	5
Transport cargo management	5.86	0.092	6

완전자율운항선박의 원격운항관리자 직무의 상대적 중요도 평가결과는 Table 6과 같다. 비상상황대처 0.417가 가장 높으며, 다음으로 원격운항제어, 선박정비·관리, 항해계획수립, 화물 적·양하관리, 운송화물관리 순으로 나타났다. 이러한 결과는 해기사가 승선하지 않는 완전자율운항선박의 특성상 비상상황대처가 가장 중요하며, 다음으로 원격운항 제어가 주요하고, 운송화물관리는 무인화로 인해 그 중요성이 다소 낮은 요인으로 분석되었다.

4.2 자율운항선박의 해기사 역량 인식 분석

STCW 협약과 SSU(2017), Jeon et al.(2020), Choi(2018) 등의 연구에서 제시한 해기사 역량요인을 바탕으로 자율운항선박에 적용될 수 있는 44개 요인을 추출하고, 전문가 집단의 브레인스토밍을 거쳐 18개 요인으로 정제하였으며, 친화도법을 이용하여 최종 7개 요인을 도출하였다. 이러한 요인의 정제과정은 Table 9와 같다.

Table 9 The extration processs of seafarers competencies of Autonomous Ships

Stage	Job function		
1 1	- Respond to emergencies(STCW)	- Operate electrical, electronic and control systems	- Technology recognition
	- Respond to a distress signal at sea	- Manage safe and effective maintenance and repair procedures	- Language ability
	- Use the IMO Standard Marine Communication Phrases and use English in written and oral form	- Detect and identify the cause of machinery malfunctions and correct faults	- Environment/Sustainability
	- Transmit and receive information by visual signalling	- Ensure safe working practices	- Awareness/Interest
	- Manoeuvre the ship	- Knowledge of national legislative measures for the implementation of international agreements and conventions	- Teamwork
	- Manage the operation of propulsion plant machinery	- Emergency Response	- Communication
	- Monitor and control compliance with legislative requirements and measures to ensure safety of life at sea, security and the protection of the marine environment	- International convention	- Computer utilization and information processing
	- Organize and manage the seafarer(Deck, Engine)	- HR management	- Man-machine interface mass information processing capability
	- Organize and manage the provision of medical care on board	- Cargo plan at berthing	- Ability to focus on critical issues
	- Practical application of medical guidelines and radio advice	- Occupational Responsibilities Defined by the Company	- Remote operator and business performance capability
	- Monitoring compliance with legal mandates	- Project Management	- Situation control capability
- Operation, monitoring and evaluation of engine performance and capacity	- Collaborative Discussion	- Limitations of automation and dependence on automation	
- Use of internal communication system	- Survey Requirements	- Ability to understand problems	
2	- Ability to use navigation equipment	- Expert assistance	- Continuous learning ability
	- Emergency response capability	- Technical competency	- Effective communication skills
	- Communication skills		- Change management capability
	- Remote control ability		- Ability to overcome stress
	- Ability to familiarize yourself with international conventions		- Leader competency
3	- HR management skills		
	- Ability to respond to remote control of autonomously operated ships in emergency situations		
	- Land-Sea communication skills		
	- Ability to operate autonomous navigation equipment and devices		
	- Autonomous equipment, device monitoring and diagnosis capabilities		

자율운항선박의 해기사 역량에 대한 인식 분석결과 Table 10과 같다. 해기사 승선 자율운항선박의 해상 및 육상의 해기사 역량은 자율운항 원격제어 및 대처 능력이 5.56점, 장비 및 기기 모니터링 및 진단 능력이 5.53점, 운용능력과 정비 및 교체 능력이 5.51점, 육해상 커뮤니케이션 능력 5.44점, 인공지능 학습능력 5.30점, 선박운항 Big Data 분석 능력 5.05점으로 나타났다. 향후 해상 및 육상의 해기사는 선박의 자율운항시스템의 제어, 운용, 모니터링, 정비 등의 역량이 중요하며, 자율운항시스템을 이해하고 운영하기 위한 의사소통과 AI 및 Big Data 관련 역량을 갖추어야 할 것이다.

Table 10 Results of analysis on the recognition of seafarers competencies of Autonomous Ships

seafarers competencies	seafarer on board Autonomous Ships	Fully Autonomous Ships
1. Land-Sea communication skills	5.44	5.14
2. Artificial intelligence(AI) technology learning ability	5.30	6.30
3. Ship operation big data analysis ability	5.05	6.35
4. Ability to operate autonomous navigation equipment and devices	5.51	6.42
5. Autonomous equipment, device monitoring and diagnosis capabilities	5.53	6.30
6. Ability to maintain and replace autonomously operated equipment, devices, and parts	5.51	5.72
7. Ability to respond to remote control of autonomously operated ships in emergency situations	5.56	6.35

원전자율운항선박의 해기사 역량에 대한 인식 분석결과, 자율운항 장비 및 기기 운용 능력 6.42점, 원격제어 및 대처 능력과 선박운항 Big Data 분석 능력이 6.35점, 모니터링 및 진단 능력과 AI 학습능력이 6.30점, 정비 및 교체 능력이 5.72점, 육해상 커뮤니케이션 능력이 5.14점으로 나타났다. 육상에서 자율운항선박을 원격운항하는 해기사는 자율운항시스템을 제어하고 운용하며 기기 및 장비를 모니터링하는 능력이 해기사로서의 가장 중요한 역량이며, 이를 잘 수행하기 위한 Big Data 와 AI 관련 지식 및 기술의 활용 능력도 매우 높은 수준에서 요구된다. 자율운항선박의 기기 및 부품 정비 및 교체 능력의 중요도는 자율운항시스템 운용 능력에 비해 조금 떨어지며, 육-해상 커뮤니케이션 능력은 무인자율운항선박과의 통신으로 그 중요성이 가장 낮은 것으로 분석되었다.

## 5. 자율운항선박 해기사 직무 변화에 따른 인력 양성

### 5.1 자율운항선박 시대에 지향할 해기교육시스템

향후 자율운항선박 해기사의 실질적인 양성규모는 기술의 진보에 따라 크게 달라질 수 있는 점을 고려하여 유연하게 대처하여야 하며, 해기인력 양성도 항해·기관 통합직무를 수행할 수 있는 원격운항 해기사를 양성하는 방향으로 변화되어야 한다. 선원의 수급은 세계 해운경기의 등락과 이에 대응하는 선주의 구인 전략 그리고 세계 선원인력 시장의 공급 능력 등에 의해 영향을 받으므로, 자율운항선 도입에 따른 이러한 변화요인에 능동적으로 대처할 수 있는 해기인력 양성시스템을 갖추도록 하여야 할 것이다.

해양계 지정교육기관은 상호 협력을 통하여 해양산업계에 필요한 해기사를 적기에 필요한 만큼 공급할 수 있는 체계를 구축해 나가는 것이 필요하다.

자율운항선박에서 기존 해기사와 원격운항 해기사를 구분하여 각각 다른 관리 주체와 정책논리에 따라 해기인력 양성시스템을 구축해야 하겠다. 기존 해기사 중 원격운항 해기사로 진출하고자 하는 해기사를 제외하고, 모든 선원이 자율운항선박 운항을 위한 기본교육과 심화실습을 할 수 있도록 여건과

제도를 만들어야 할 것이다. 자율운항선박 도입을 대비하여 조기에 교육환경을 조성하기 위한 더 많은 노력이 필요하다.

국내 정규 해운계 교육기관은 해기사 승선 자율운항선박 도입시까지 기존의 해기사의 수요가 지속될 것이므로 현행 해기사 양성체제를 유지할 필요가 있다. 그러나 해기사 승선 자율운항선박 진입시점에서 각 교육기관은 원격운항 해기사 교육을 준비하여야 하며, 이때 각 교육기관의 학제와 수업시수가 다를 수 있으므로 해사계 대학은 교육과정의 개편을 통해 원격운항 해기사 교육을, 해사계 고등학교는 기존 해기사 교육을 분담하는 정책을 마련할 필요가 있다.

한편, 정규 교육기관의 양성인력만으로는 상선 해기사의 수요가 공급에 미치지 못할 수가 있으므로, 단기적 해기사 공급 방안으로 한국해양수산연수원이 행하고 있는 오션폴리텍 단기 해기사 양성과정을 확대하여 필요한 해기사의 인원만큼 추가로 모집하여 시행하는 것이다. 기본 학제는 IMO STCW 요건을 충족하는 총 1년 6개월(6개월 좌학+3개월 실습선 실습+9개월 해운선사 실습)을 기본으로 하며, 시행주체는 현재로서는 선박직원법상 한국해양수산연수원만이 시행할 수 있도록 되어 있으므로 법령을 개정하지 않는 이상 한국해양수산연수원을 중심으로 시행할 수밖에 없는 현실이다. 이 방안은 필요에 따라 예산만 반영되면 즉시 이행할 수 있는 유연한 방안이나, 현재 한국해양수산연수원의 역량만으로는 추가 인력을 상당한 규모로 양성하는 데에는 한계가 있을 수 있으므로 필요시 정규 양성교육기관이 역할을 분담하게 할 수 있다.

해기사 승선 자율운항선박과 완전자율운항선박의 원격운항 해기사 양성은 정규 교육기관에서 정규 교육프로그램으로 진행해야 하겠다. 자율운항선박과 관련된 미래지향적인 새로운 교육과정의 개발은 각 정규 교육기관에서 면밀하게 장단점을 분석하여 현실에 맞게 자율적으로 편성하는 것이 바람직 할 것이며, 각 정규 교육기관의 교육목표에 맞게 그리고 예비 해기사들의 졸업 후 희망 진로에 맞게 선도적, 시범적으로 운영하면서 발전시켜 검증해야 한다.

아울러 중·장기적 해기사 공급 방안으로 향후 기술의 진보와 산업계의 요구에 따라 정규 교육기관을 주축으로 양성인원을 분담해야 하겠다. 또한, 기존 선원이나 일반인에게 직업 교육의 일환으로 접근이 쉬울 수 있는 방안을 마련하여 인재 풀을 확보해야 하겠다. 이러한 방안으로는, 해사고 졸업생에게 실무경험을 바탕으로 한 체계적인 상위 교육의 기회를 제공함과 동시에 학사과정을 마칠 수 있도록 선원직업의 매력을 제공, 부원선원과 일반인에게 해기사가 될 수 있도록 문호를 개방하는 등 기회를 부여, 선원에 대한 평생학습 기회 등을 제공해야 하겠다.

그리고 자율운항선박이 취항할 시점에서 기존의 해기사가 자율운항선박에서 직무를 맡을 수 있는 역량을 갖춘 교육기회를 제공할 기회가 있다. 기존 해기사의 자율운항선박 전환교육은 정규 교육기관과 재교육기관이 분담할 수 있다. 정규 교육기관은 다학기제 운영, 사이버교육, 원격교육을 활용할 수 있도록 편성 및 운영해야 하겠다.

우리나라 선원재교육은 대부분 한국해양수산연수원에 집중되어 있으므로, 기존 해기사를 대상으로 원격운항 해기사로의 전환을 위한 교육제도, 자격인증, 교육 인프라 등은 한국해양수산연수원에서 준비하도록 한다.

## 5.2 자율운항선박 해기교육 내용

지금까지 선원에 대한 교육은 기술의 진보가 법과 제도적인 시스템의 변화를 가져온 이후 공공교육과 산업계로 확대되는 특성을 가지고 있기 때문에 현시점에서 자율운항선박 관련 해기사 교육의 변화는 나중에 이루어질 것으로 보인다.

그러나 미래의 해기사 교육은 인식도 조사와 AHP 분석결과에 근거해서 자율운항선박의 기존 해기사와 원격운항 해기사로 구분하여 교육내용을 마련할 필요가 있다. 기존 해기사의 직무는 비상대응, 주의 및 위험항해, 일반항해, 화물취급, 감항성 유지, 비상상황대처, 선박정비·관리 등이 필요하고, 향후 원격운항 해기사의 직무는 원격제어, 모니터링 진단, 기기운용능력, 빅데이터 분석 등이 필요하다. 즉, 교육내용의 중점은 자율운항선박 관련 직무교육과 제4차 산업혁명 시대에서 요구하는 핵심역량이 될 것이다.

해운산업에서의 제4차 산업혁명 선도를 위해 유럽의 일부 대학교와 국내의 해양대학교에서 자율운항선박 미래 인재육성은 이미 진행 중에 있다. 해외 및 국내 대학에서는 공통적으로 자율운항선박의 기술과 관련된 전문지식을 교육하고 있으며, 제4차 산업혁명 시대에서 요구하는 인재상에 따른 핵심역량으로 융복합적 사고를 요구하고 있다.

따라서 자율운항선박의 기존 해기사와 원격운항 해기사의 직무능력 향상을 위한 직무교육 내용과 핵심역량 함양을 위한 방안을 구상하면 Table 11과 같다.

Table 11 Seafarers training innovation to prepare for the Autonomous Ships era

Items	Seafarer on board Autonomous Ships		Fully Autonomous Ships
	Boarding navigator/engineer	Autonomous Ships seafarer	Autonomous Ships seafarer, Pilot
Competency	Emergency response, caution and danger voyage, general voyage, cargo handling, Maintain stability, emergency response, ship maintenance and management		Remote control, monitoring diagnosis, device operation capability, big data analysis
Education context	STCW Convention education + 6 core technologies of autonomous ships * (Basic course ) + IT technology education such as IoT, cloud computing, big data, and artificial intelligence	6 core technologies of autonomous ships (Intermediate course )	6 core technologies of autonomous ships (In-depth course )

\* 6 core technologies of autonomous ships : Autonomous ship, test operation center, ship/test operation center link system, autonomous ship/port link system, operation control room for remote control of autonomous ship in port, autonomous ship operation service



5.3 자율운항선박 해기교육 인프라

자율운항선박 운항에서 요구되는 역량과 인재상에 따른 핵심역량으로 융복합적 사고를 함양하기 위해서는 해기사 교육·공간의 혁신이 필요하다. 이를 통해 전통적 해기사 교육에서의 수업 방식도 학습 공간의 공유가 활발히 일어나고, 체험 중심의 학습이 확대되며, 교육시스템은 상호 연결되고, 학문간 융합이 일어날 것이다. 결국 해기사 교육은 정해진 법정 교육 수료의 역할에서 벗어나 학습공동체로의 역할로 확대될 것이다. 즉, 융복합적 역량을 길러내기 위해서는 학습공동체의 경험을 제공해 주고, 선원들의 적성과 흥미가 고려된 선택적 교육과정을 확대시키며, IoT, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, 인공지능 등 IT 기술의 적극적인 도입으로 효율성을 도모해야 하겠다. Table 12는 핵심역량 함양을 위한 해기사 교육·공간의 혁신 방안을 제시한 자료이다.

Table 12 Seafarers training & space innovation to develop core competencies

Items	Space	Characteristic	Requirements
Education innovation (Advanced learning environment)	Platform	Teaching/learning /administration integrated platform	- Contents·Learning Management System (LMS)·Learning Tools·Administrative Management, etc. Integrated System
	Learning content	Learning extension	- Blended learning (on/offline) - Flip learning (remote study, discussion, in-depth) - Flex model (remote classes for general subjects, face-to-face classes for evaluation, etc.) - A la carte model (face-to-face classes for general subjects, remote classes for elective subjects) - Digital textbook, e-book - Communication and collaboration between other educational institutions - Expert Invitation Class - Remote experience and practice in connection with specialized institutions - Education using artificial intelligence, etc.
Space innovation (Establishment of physical education infrastructure)	Creative convergence classroom	A space for diverse learning and convergence experiences	- For small and large group classes flexible classroom
	Digital-based smart lecture room	ICT environment	- Wireless Internet - Individual devices (tablets, laptops, etc.) - Virtual reality (VR), mixed reality (MR) - Simulator, etc.

6. 결 론

본 연구는 제4차 산업혁명 기술의 발달에 의해 자율운항선박이 도입됨에 따라 해기사의 직무 및 역량 변화를 문헌 연구

및 전문가 대상의 브레인스토밍과 AHP 설문조사를 통해 분석하고, 이에 따른 해기인력 양성 방안을 제시하였다.

해기사 승선 자율운항선박의 해기사 직무를 선박운항, 선박관리, 화물관리 3개 영역의 13개 요인을 도출하고 그 중요도를 상호비교 평가한 결과, 소수의 해기사가 승선하고 육상에서 원격운항 지원하는 자율운항선박은 안전 운항과 비상시 대응 그리고 화물의 안전운송 관련 직무요인이 중요한 것으로 나타났다. 완전자율운항선박의 육상의 원격운항 해기사의 직무는 7개 요인이 도출되었는데, 무인의 완전자율운항선박이 해상에서 예상치 못한 비상상황에 대응하여 안전하게 원격운항시키는 직무들이 중요한 것으로 분석되었다.

그리고 자율운항선박의 해기사 역량은 7개 요인이 도출되었는데, 해기사 승선 자율운항선박에서는 자율운항시스템의 원격제어 및 대처, 장비와 기기 모니터링 및 진단, 운용, 정비 및 교체 등 자율운항시스템의 제어 및 운용 능력이 중요하며, 완전자율운항선박에서는 자율운항시스템 제어와 운용 그리고 이를 수행하기 위한 Big Data 와 AI 활용 능력들이 중요한 역량으로 분석되었다.

자율운항선박 해기사 직무변화와 역량에 대한 인식 및 중요도 분석결과 비상대응, 주의 및 위험함해, 일반함해, 화물취급, 감항성 유지, 비상상황대처, 선박정비·관리 등의 직무는 기존 해기사 교육체계로 교육이 가능하지만, 원격제어, 모니터링 진단, 기기운용능력, Big data 분석, AI 등의 직무역량은 무인화 및 육상 제어를 위한 직무가 강조된 것으로 이를 위한 새로운 해기교육시스템 도입이 필요한 것으로 분석되었다.

이러한 요인들의 직무역량 함양을 위한 해기인력 양성 방향과 규모는 기술의 진보에 따라 크게 달라질 수 있는 점을 고려하여 교육기관별 역할 분담과 단계별 필요로 하는 해기사의 교육이 이루어져야 할 것이다. 또한, 자율운항선박의 직무능력 향상을 위한 직무교육 내용과 제4차 산업혁명 시대에 요구하는 인재상에 따른 핵심역량 함양을 위한 교육혁신(학습환경 선진화)과 공간혁신(물리적 교육인프라 구축) 방안이 필요하다.

이상의 결과는 기업체와 해기인력 양성 및 교육기관이 자율운항선박의 해기사 직무변화를 인지하고 해기인력 양성시스템을 성공적으로 변화시키기 위한 가이드라인을 제시해준다. 자율운항선박 도입을 준비하는 해운기업에 해기사 지무관리와 역량 배양 방안을 제시해줌으로써, 자율운항선박 도입 초기에 발생할 수 있는 시행착오를 최소화하고 역량 있는 해기인력 양성을 극대화할 수 있도록 도움을 줄 것으로 생각된다.

본 연구는 자율운항선박의 해기사 직무 요인과 역량 요인을 실무적 관점에서 체계적으로 도출하였으며, 관련 전문가별 인식도를 분석함으로써 자율운항선박 도입에 대한 전문가 차원의 대응 실상을 진단해 보았다는 데 연구의 의의가 있다고 하겠다.

그런데 본 연구는 해기사 직무 요인과 이를 수행하기 위한 해기사 역량의 현재 수준과 인력양성에 따른 역량향상 효과를 측정 및 평가하고 있지 못하고 있다. 현재 근무 및 배출되고

있는 해기사를 대상으로 자율운항선박의 해기사 직무 역량 수준과 해기인력 양성 효과를 측정하여 이들 관계를 분석함으로써 해기사 직무 역량 수준과 양성효과를 평가해 보아야 할 것이다.

향후 연구에서는 자율운항선박을 운용하는 해기사 채용기업과 해기사 양성 교육기관을 대상으로 자율운항선 해기사 역량을 측정 및 평가하여 자율운항선박의 해기사 직무역량이 실제 선박성과와 해기인력 양성 효과에 미치는 영향을 검증하는 연구가 실행되어야 할 것이다. 그리고 자율운항선박 해기사의 표준 역량 개발을 위한 IMO Model Course를 수립하는 연구도 필요할 것이다.

## References

- [1] Ahn, Y. J. and Lee, Y. S.(2018), "A Study on the Analysis of Seafarers Competence according to Ship Automation Level", 2018 Korean Institute of Navigation and Port Research Conference, pp. 150-152.
- [2] Biswas, S., Yoo, J. H. and Jung, C. Y.(2013), "A Study on Priorities of the Components of Big Data Information Security Service by AHP", The Journal of Society for e-Business Studies, Vol. 18, No. 4, pp. 301-314.
- [3] Burmeister, H. C., Bruhn, W., Rodseth, O. J. and Porathe. T.(2014), "Autonomous Unmanned Merchant Vessel and its Contribution towards the e-Navigation Implementation: The MUNIN Perspective", International Journal of e-Navigation and Maritime Economy, Vol. 1, pp. 1-13.
- [4] Autonomous Ships Market Growth(2016), "Future Prospect & Competitive Analysis 2017~2025", Acute Market Reports, pp. 14-20.
- [5] Choi, Y. W. "A Study on the Change of the Role of Deck Officer in Maritime Autonomous Surface Ships(MASS) by Analysis of Standards of Competence", Master Thesis of KMOU.
- [6] Expert Choice Inc(2000), "Expert Choice 2000-Quick Start Guide and Tutorials", pp. 1-11.
- [7] IMO(2018), "Regulatory Scoping Exercise for the use of Maritime Autonomous Surface Ships", Report of the working Group, pp. 1-7.
- [8] Kevin Daffey(2018), "Review of Maritime Transport: Project SISU and the future for Autonomous Ships", UNCTAD 2018, pp. 1-6.
- [9] Kim C. W., Kang, S. Y. and Chae, C. J.(2018), "A Survey of the Technological Development According to MASS Automation Level and the Ability of a Remote Operator", 2018 The Korean Society Marine Environment & Safety Conference, p. 50.
- [10] Kim, H. T. and Yang, Y. H.(2019), "A Review of Human Element Issues of Remote Operators on Maritime Autonomous Surface Ships", Journal of Navigation and Port Research, Vol. 43, No. 6, pp. 395-402.
- [11] KMI(2020), The Study on the development of operator training programs and qualification systems of Maritime Autonomous Surface Ship.
- [12] Park, H R. Park, H. S. and Kim, B. R.(2018), A study on the policy directions related to the introduction of Maritime Autonomous Surface Ship(MASS), KMI.
- [13] Park, J. H.(2019), A study on the development and the necessity of law-making of the maritime autonomous surface ships(MASS), Graduate School of Sungkyunkwan University
- [14] Saaty, T. L.(1982), "The Analytic Hierarchy Process : A new approach to deal with fuzziness in architecture. Architect Science Review", pp. 64-69.
- [15] Song, Y. E., Jeong, H. Y. and Jang, H. J.(2019), "Trend of Autonomous Navigation Technology for Unmanned Ship", Journal of institute of control robotics and systems, Vol. 25, No. 1, pp. 76-87.

---

Received 20 December 2021

Revised 28 December 2021

Accepted 03 February 2022