



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

해기능력 분석을 통한 자율운항선박의 항해사 역할 변화에 관한 연구

A Study on the Change of the Role of Deck Officer in Maritime
Autonomous Surface Ships(MASS) by Analysis of Standards of Competence

지도교수 조익순



2018년 08월

한국해양대학교 대학원

해양플랜트 운영학과

최윤원

본 논문을 최윤원의 공학석사 학위논문으로 인준함

위원장 이 윤 석 (인)



위원 예 병 덕 (인)

위원 조 익 순 (인)

2018년 06월 20일

한국해양대학교 대학원

목 차

List of Tables	4
List of Figures	5
Abstract	9
1. 서 론	1
1.1 연구 배경 및 목적	1
1.2 연구 내용 및 구성	3
2. 자율운항선박 개발 현황	4
2.1 국외 현황	4
2.1.1 유럽	4
2.1.2 미국	10
2.1.3 일본	10
2.1.4 중국	11
2.2 국내 현황	11
3. 이동수단의 자율운행등급	13
3.1 자동차 자율주행등급	13
3.2 철도 자율운행등급	15
3.3 선박 자율운항등급	17
3.3.1 국내·외 사례	18
3.3.2 자율운항선박 등급 제시	23
4. 항해사 필수 해기능력	26
4.1 STCW에 따른 항해사의 필수 해기능력	26
4.2 자율운항선박에 필요한 항해사 선내 업무 분석	41

5. 결 론 70

참고문헌 73



List of Tables

Table 1	6 Key Tasks for Smart Autonomous Ship of R.O.Korea	13
Table 2	Autonomy Levels (by Lloyd' s Register)	19
Table 3	Autonomy levels in a regulatory context	20
Table 4	Degrees of Autonomy (by IMO)	24
Table 5	Proposal of Autonomous Ship' s Grade	25
Table 6	STCW Part A Section A-II/1(Operational Level)	28
Table 7	STCW Part A Section A-II/2(Management Level)	34
Table 8	STCW Part A Section A-II/4(Rating forming part of a navigational watch Support Level)	38
Table 9	STCW Part A Section A-II/5(Rating as able seafarer deck Support Level)	38
Table 10	Navigation of mandatory minimum requirements for certification of master and officers on ships of 500 gross tonnage or more by STCW	44
Table 11	Cargo Management of mandatory minimum requirements for certification of master and officers on ships of 500 gross tonnage or more by STCW	45
Table 12	Ship Management of mandatory minimum requirements for certification of master and officers on ships of 500 gross tonnage or more by STCW	46
Table 13	Autonomous Factor by Duty Number	87
Table 14	Autonomous Factor by Duty Number after applying	89
Table 15	Frequency Count of Autonomous Factor for AL1	90
Table 16	Frequency Count of Autonomous Factor for AL2	90
Table 17	Frequency Count of Autonomous Factor for AL3	90
Table 18	Autonomous Factor by 3 Categories	95

List of Figures

Fig. 1	Flow Chart of the Study	4
Fig. 2	Comparison of Economical Efficiency of Autonomous Ship	6
Fig. 3	The Operator' s Workstation	7
Fig. 4	Shore Control Centre Organization	7
Fig. 5	Violation of Traffic Accident Regulation in 2016	15
Fig. 6	Society of Automotive Engineers Automation Levels	15
Fig. 7	UITP Grade of Automation 4 in standard IEC62267	16
Fig. 8	Percentage of km of Fully Automated Metro Lines per Country	17
Fig. 9	Top 10 Cities with Fully Automated Metro Lines(km in operation per city)	17
Fig. 10	SARUMS method of control	21
Fig. 11	The Autonomous Ship, as it is understood in the MUNIN project, is a symbiosis of the Remote Ship and the Automatic Ship	22
Fig. 12	Definition of Future Ship by KR	23
Fig. 13	Role of the Ship by Autonomous Ship' s Grade	26
Fig. 14	How will levels of autonomy affect future roles?	42
Fig. 15	Roles and Tasks - Likelihood of human reliance present day to 2040 ..	43
Fig. 16	Navigation of mandatory minimum requirements for certification of master and officers on ships of 500 gross tonnage or more by STCW ..	50
Fig. 17	Cargo Management of mandatory minimum requirements for certification of master and officers on ships of 500 gross tonnage or more by STCW	51
Fig. 18	Ship Management of mandatory minimum requirements for certification of master and officers on ships of 500 gross tonnage or more by STCW ..	51
Fig. 19	24 Duties of the Ship	52
Fig. 20	Expert Discussion for Delphi Technique	53
Fig. 21	N1 Common Navigation	54
Fig. 22	N2 Caution Navigation	55
Fig. 23	N3 Danger Navigation	56
Fig. 24	N4 Position Check	57
Fig. 25	N5 Passage Plan	58
Fig. 26	N6 Emergency Response	59

Fig. 27	N7 Search And Rescue	60
Fig. 28	N8 Anchoring	61
Fig. 29	C1 Cargo Management during Berth	62
Fig. 30	C2 Cargo Condition during Berth	63
Fig. 31	C3 Stowage Plan	64
Fig. 32	C4 Ship Stability	65
Fig. 33	C5 Mooring Rope Management	66
Fig. 34	C6 Cargo Management during Sailing	67
Fig. 35	C7 Cargo Condition during Sailing	68
Fig. 36	C8 Ship' s Condition	69
Fig. 37	M1 Medicine And First Aid	70
Fig. 38	M2 International Regulation and Convention	71
Fig. 39	M3 Life Saving Appliances and Fire Safety Systems	72
Fig. 40	M4 Human Resource Management and Training/Drill	73
Fig. 41	M5 Seaworthiness of the Ship	74
Fig. 42	M6 Life-Saving Equipment	75
Fig. 43	M7 Ship' s Store, Provision and Spare part	76
Fig. 44	M8 Deck Machinery Maintenance	77
Fig. 45	Working step of Navigation	78
Fig. 46	Working Step of Cargo Management	78
Fig. 47	Working Step of Ship Management	78
Fig. 48	County Duty Number by Autonomous Level	79
Fig. 49	Pie Chart for Autonomous Level 1	80
Fig. 50	Pie Chart for Autonomous Level 2	81
Fig. 51	Pie Chart for Autonomous Level 3	82
Fig. 52	Ship' s work count by Autonomous Level	83
Fig. 53	AHP Question	84
Fig. 54	Autonomous Factor of Autonomous Level 1	92
Fig. 55	Autonomous Factor of Autonomous Level 2	93
Fig. 56	Autonomous Factor of Autonomous Level 3	94
Fig. 57	Autonomous Factor of Work Number	95
Fig. 58	Autonomous Factor of Navigation Work	96

Fig. 59 Scatter Chart for Autonomous Factor of Navigation Work 96

Fig. 60 Autonomous Factor of Cargo Management Work 97

Fig. 61 Scatter Chart for Autonomous Factor of Cargo Management Work ... 97

Fig. 62 Autonomous Factor of Ship Management Work 98

Fig. 63 Scatter Chart for Autonomous Factor of Ship Management Work ... 98

Fig. 64 Average Score of Autonomous Factor 100

Fig. 65 Radar Graph for Average Autonomous Factor by Work Categories ... 100

Fig. 66 Percentage of Autonomous Factor by Autonomous Level 102



해기능력 분석을 통한 자율운항선박의 항해사 역할 변화에 관한 연구

최 윤 원

한국해양대학교 대학원
해양플랜트 운영학과

초 록

최근 기술의 발달로 새로운 패러다임을 가진 산업들이 나타나고 있다. 인공지능의 발달로 체스와 바둑, 미술 등 인간의 영역이라고 여겼던 분야들이 인공지능에 위협을 받고 있고 제조 및 건설 분야 등 사람이 접근하기 어려운 위험한 공간으로 인간을 대신하여 임무를 수행하는 로봇까지 각종 분야에서 괄목한 성장을 계속해서 이루고 있다. 대표적인 이동 수단 중의 하나인 자동차 산업에서는 기존 내연 기관이 아닌 전기를 동력으로 이용한 자동차를 제작하는 회사가 나타나 업계의 판도를 뒤흔들고 유수의 자동차 회사들을 위협하고 있다. 최근 사용화되기 시작한 자율주행기술이 자동차 업계에서는 뜨거운 이슈이다. 자율주행 기술이 점차 고도화되어 운전자(Driver) 개념까지 바뀌어갈 예정이다.

이와 함께 해운 분야에서도 자율운항선박이 뜨거운 이슈로 떠올랐다. Allianz Global Corporate&Specialty (AGCS, 2012) 보고서에 따르면 해양 사고

의 75~96%가 인적 요소에 의한 사고이며 이로 인한 피해규모는 약 16억 달러로 나타났다. Allianz Risk Barometer (2017) 보고서에는 해양분야 위험요인 중 환경적인 요인(태풍, 홍수, 지진 등)에 이어 인적 요인을 5위로 꼽기도 하였다. 해양분야 해양사고의 특성상 한 번의 사고가 큰 경제적, 환경적 피해를 불러 일으키는 만큼 사고를 줄이고자 유럽을 중심으로 E-Navigation 및 자율운항선박에 대한 개념과 기술 개발에 박차를 가하고 있다. 이에 국제해사기구(IMO: International Maritime Organization) 제 98차 해상안전위원회(MSC: Maritime Safety Committee)에서 자율화 선박의 정의 및 선박의 자율화 수준, 그리고 기존의 요건을 해상자율운항선박(MASS: Maritime Autonomous Surface Ships)에 적용될 국제 인증·안전운항 규정 마련을 위한 현행 IMO 규정 사전 검토 제안 문서를 제출하였으며, 위원회는 다수 회원국의 지지 하에 신규 작업 과제로 채택하고 MSC 99차 회의부터 논의하기로 결정하였다. (IMO, 2017) 2018년 05월 개최된 MSC 99차 회의에서 일시적으로 자율운항선박에 대한 정의를 내리고 자동화 등급 4단계를 제시 및 여러 가지 사항을 검토하여 이에 대한 결과를 MSC 100차에서 보고하기로 하였다. (IMO, 2018)

자율운항선박의 개념과 기술개발에 관한 많은 논의가 이루어지고 있지만 선박의 운항 감시 및 비상대응, 유지보수 등의 업무 확인자는 자동화, 무인화 흐름에도 결국 사람의 몫으로 남을 것이다. 기존 선박 운항과 선원의 개념이 바뀌는 만큼 선박 건조국이자 선원 송출국인 대한민국에서 자율운항선박에서 항해사에게 어떠한 역할을 맡게 될지, STCW (International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers) 협약 및 타 연구 보고 등을 비교·분석하여 제안하였다.

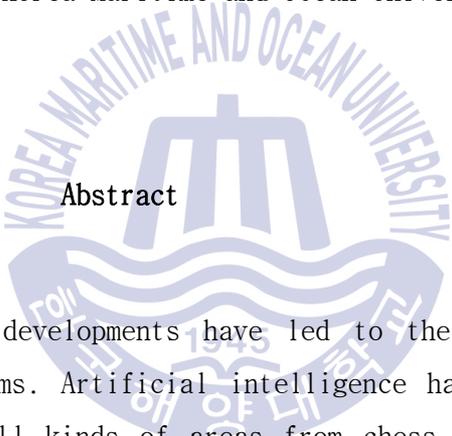
추후 항해사의 역할은 선박 자율화 단계에 따라 이를 검증할 필요가 있다.

KEY WORDS: 자율운항선박; 무인화선박; STCW; 항해사 역할; 해기능력.

A Study on the Change of the Role of Deck Officer in Maritime Autonomous Surface Ships(MASS) by Analysis of Standards of Competence

Choi, Yoon Won

Department of Offshore Plant Management
Graduate School of Korea Maritime and Ocean University



Abstract

The recent technological developments have led to the emergence of industries with new paradigms. Artificial intelligence has indeed made eye-opening growth across all kinds of areas from chess, go, and art, which used to be regarded as areas unique to human beings and are now threatened by artificial intelligence, to manufacturing and construction, which send robots to dangerous places that are inaccessible by humans and have them perform duties instead of people. In the industry of automobiles, which are one of the representative means of transportation, a new company started to make cars equipped with an electric drive instead of the old internal combustion engine, shaking up

the industry and threatening leading global automakers. Autonomous driving technologies, whose use has recently begun, are part of the hot issues in the automobile industry. The gradual advancement of these technologies will even change the concept of drivers.

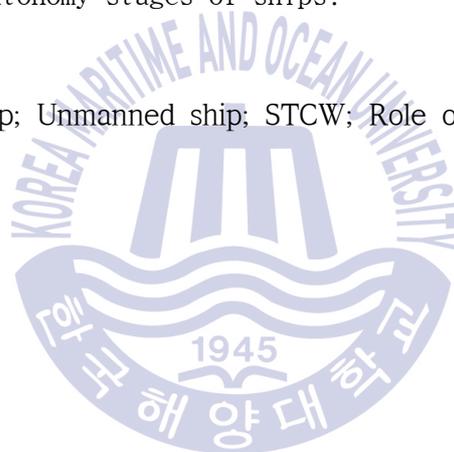
Autonomous ships have also emerged as a hot issue in the shipping industry. Allianz Global Corporate&Specialty(AGCS)(2012) published a report, which records that 75~96% of marine accidents are caused by human errors and cause damage of approximately 1.6 billion USD. In a report issued by Allianz Risk Barometer(2017), the human factor ranked the fifth place on the list of top risk factors in the marine field after environmental factors(typhoons, floods, earthquakes, etc.). Given the characteristics of marine accidents in the marine field, even a single accident can cause huge economic and environmental damage. Led by Europe, the world is putting spurs to develop the concepts and technologies of e-navigation and autonomous surface ships to reduce accidents. At the 98th Maritime Safety Committee(MSC) conference, the International Maritime Organization(IMO) submitted a proposal to review the current IMO regulations to establish new ones applicable to maritime autonomous surface ships(MASS) and their international authorization and safe navigation in addition to the definition of autonomous surface ships, the autonomous level of ships, and the old requirements. The committee chose them as part of its new tasks and decided to discuss them at the 99th MSC conference under the support of the majority of its member states(IMO, 2017). At the 99th MSC Conference held in May 2018, it was decided to temporarily define autonomous ships to present the four kind of level for Autonomous ship' s grade to review various items and to report the results to 100th MSC conference. (IMO, 2018)

Although there have been many discussions about the concept and

technological development of autonomous surface ships, such jobs as monitoring the navigation of ships, making reactions to emergency, and doing maintenance will still be left to human beings despite the flow of automation and unmanned equipments. Given the changing concepts of the old navigation and sailors, this study compared and analyzed the International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, (STCW) with other research reports and made proposals for education for mates on board autonomous surface ships in South Korea, which builds ships and exports crewmen.

The findings of the present study will provide some basic data to set the criteria of education and training for those who will operate autonomous surface ships. Follow-up education and training should be verified according to the autonomy stages of ships.

KEY WORDS: Autonomous ship; Unmanned ship; STCW; Role of Deck Officer; Standards of Competence.



제 1 장 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

전 세계 각국에서 4차 산업혁명을 준비하면서 해운분야의 4차 산업혁명으로 자율운항선박 혹은 무인화선박이 이야기되고 있다. 이러한 자율운항선박의 명확한 정의가 정해져있지 않지만 이를 선점하기 위해 각국에서 자율운항선박, 해상자율운항선박, 무인선박, 스마트선박, 디지털선박, 드론선박 등으로 개발에 박차를 가하고 있다. 2017년 06월 런던 IMO 본부에서 개최된 제98차 MSC에서 선박의 자율화가 진행되는 가운데, 향후 선박의 무인화도 내다보면서 자율화 선박에 적용되는 항행상의 안전과 해양 환경에 관한 요건을 검토해야 한다는 제안이 있었다. 이에 따라 위원회에서 2020년까지 4개 세션에 걸쳐 이를 논의하는데 합의하고 그 기간 동안 무인선 및 반자동화 선박을 포함한 다양한 자동화 수준을 고려하도록 하는데 동의하였다. (IMO, 2017) 2018년 04월 IMO 법률위원회(LEG: Legal Committee)에서 자율운항선박의 도입에 따른 법적인 이슈에 대해 우선적으로 논의되었고 05월에 개최된 MSC에서 19개의 의제가 제출, 자율운항선박의 정의와 4단계 등급을 제시하였고, 작업통신반을 개설하여 규정검토 작업 계획 (RSE: Regulatory Scoping Exercise)의 작업방법을 검증하여 MSC 100차에서 결과를 보고 할 예정이다. (IMO, 2018)

이러한 자율운항선박에 있어서 가장 앞선 곳은 미국과 유럽이다. 미국은 민간 분야가 아닌 국방 분야에서 먼저 움직였다. 미국방위고등연구계획국(DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency)에서 자율무인운항선박(USV: Autonomous Unmanned Surface Vehicle)인 무인 군함 ‘시헌터 (Sea Hunter)’ 를 개발하였다. 이 선박은 인공지능 (AI: Artificial Intelligence)으로 스스로 항해를 하며 한 번에 최장 3개월간 해상에서 잠수함을 추적하는 임무를

수행할 수 있다. 2년간 여러 성능 테스트를 마치고 2018년 01월 미국 해군으로 인도되었다. 민간 분야에서는 유럽이 발빠르게 움직이고 있다. EU를 중심으로 무인선 연구개발 (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks, MUNIN) Project를 통해 자율운항선박의 개념, 타당성 연구 등을 실시하였고 2016년 영국 Automated Ships과 노르웨이 Kongberg Maritime 간 세계 최초 무인 완전자동화 선박 건조 MOU를 체결하였으며 영국 롤스로이스 (Rolls-Royce)는 구글, 유럽우주기구 (ESA: The European Space Agency) 등과 협력하여 기술 개발에 주력하고 있다. 롤스로이스는 Svitzer사 터그보트 ‘Svitzer Hermod호’를 이용한 세계 최초 원격운항을 덴마크 코펜하겐에서 성공적으로 시연(Rolls-Royce, 2017)하였고 2020년까지 원격 조종 운항 테스트를 거쳐 2025년 완전 자율운항을 목표로 하고 있다. 노르웨이에서는 야라 (YARA)와 콩스버그그루펜 (Kongsberg Gruppen)이 공동 개발하는 120 TEU 전기추진 피더 (Feeder) 컨테이너 선박 YARA Birkeland호의 시험이 진행 중에 있다. 2017년 11월 선박 디자인을 공개하고 2019년 원격 항해를 실시, 2020년에는 완전 자율 운항으로 노르웨이 남쪽에서 약 37nm구간에서 운영될 예정이다. (Kongsberg, 2017)

가까운 일본에서는 정부주도하에 2025년까지 250척의 자율운항선박을 건조하는 프로젝트를 시작했다. NYK (Nippon Yusen Kaisha)에서는 선박 제원은 공개되지 않았으나 2019년 일본과 북미를 항해하는 원격 운항 선박을 테스트 하겠다고 발표하였다. (World Maritime News, 2017) 2018년 02월 중국 광둥성 주하이정부는 노르웨이에 이어 세계에서 두 번째로 무인 선박 해상 시험장 건설사업에 착공하였다. 이 시험장이 완공되면 세계 최대 규모가 될 예정이다. 별개로 전기로 추진되는 무인자율운항화물선의 개발도 진행되어 2019년 건조를 마치고 시범운항에 들어갈 예정이다. (조선일보, 2018) CSIS (China Shipbuilding Industry Corporation)에서는 1만 톤급 무인 자율운항선박을 설계하고 2020년 건조할 것이라는 포부를 밝히기도 하였다.

우리나라는 자율운항선박개발에 상당히 뒤쳐진 수준이다. 국내 스마트 자율운항선박 기술력은 선진국 대비 70~80% 수준으로 평가하고 있으며 원천기술

및 통신항해 장비와 시설은 해외 의존도가 높아 심화된 기술개발이 필요한 상태이다. (한국해양수산개발원, 2018) 세계적인 추세인 자율운항선박 기술개발을 위해 정부는 산업통상자원부와 해양수산부간 협력을 통해 6개의 핵심과제를 선정하여 2018년 예비타당성 조사를 실시한 후 2019년부터 2024년까지 6년간 총 5,847억을 투자할 계획이다. (산업통상자원부, 해양수산부, 2018)

우리나라에서 목표로 잡은 자율운항선박에는 완전 무인화가 아닌 4명의 선원이 승선하는 것을 예상하고 있다. 자율운항선박의 기술 개발에 대해서는 많은 논의가 진행되고 있지만 이를 운용할 육·해상 인력의 교육·훈련에 대해서는 아직 준비가 미흡한 수준이다. 정부 주도 자율운항선박 6가지 핵심기술 중 AR/VR 기반 선박 정비 지원·훈련 솔루션 개발, 자율운항선박 운항조종사 시뮬레이터 기반 업무능력 향상 프로그램 개발, 자율운항선박 육해상 운영자 교육 양성 프로그램 개발 등이 포함되어 있으므로 앞으로 개발될 프로그램에 기초 자료로 제공될 수 있을 것으로 판단된다.

1.2 연구 내용 및 구성

본 논문은 총 4장으로 구성되어 있다.

제2장에서는 자동차, 철도 등 사람들이 이용하는 이동 수단에 적용되고 있는 자율화 등급을 조사하고 선박에서 이야기하고 있는 자율화 등급을 조사하였다.

제3장에서는 현재 운항하는 선박의 선원이 되기위해 필수적으로 익혀야 하는 업무를 알아보고 기술의 발달로 자율운항선박의 단계가 올라가도 인간의 확인 및 점검이 이루어져야 하는 업무에는 어떤 것들이 있는지 비교·분석 하였다.

마지막으로, 제4장에서는 제2장과 제3장을 통하여 도출된 결론으로 자율운항선박 시대에 맞춰 선박 건조국이자 선원 송출국으로서 자율운항선박 시대를 선도해 나갈 수 있도록 향후 연구 과제를 제시하고자 하였다.

Fig. 1은 연구의 흐름을 나타낸다.

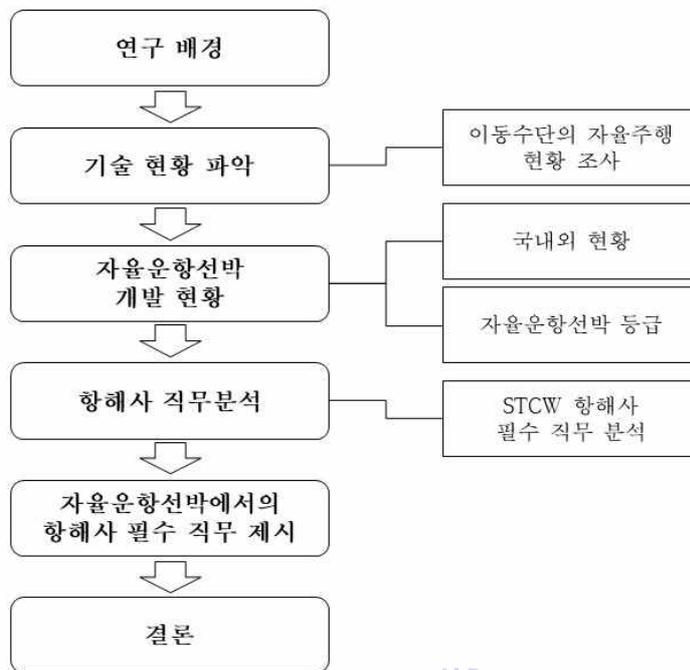
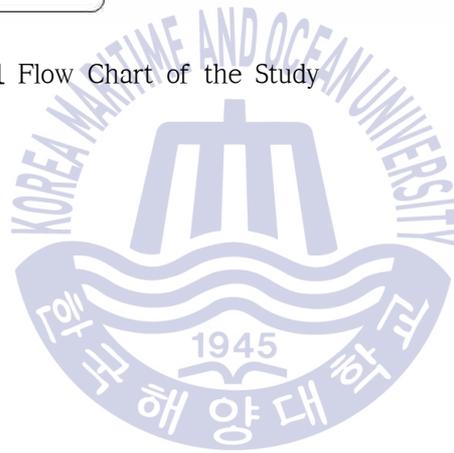


Fig. 1 Flow Chart of the Study



제 2 장 자율운항선박 개발 현황

2.1 국외 현황

2.1.1 유럽

(1) MUNIN Project

무인선 연구개발 (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks, MUNIN) Project를 통해 자율운항선박의 개념, 타당성 연구 등을 2012년부터 2015년까지 유럽위원회 (EC: European Commission)에서 공동펀드를 맡고 독일, 노르웨이, 스웨덴, 아이슬란드, 아일랜드 등이 참가한 프로젝트이다. 이 프로젝트에는 FRAUNHOFER, MARINTEK, APROMAR, CHALMERS, HOCHSCHULE WISMAR, MARINE SOFT, MARORKA, UCC 등 유수의 업체들이 참여하여 진행되었다.

연구결과 무인선은 기존 선박보다 낮은 위험도를 보였으며 선내 업무에 대해서 무인화가 이뤄지고 그에 따라 육상에서 선박을 운항 및 감시하는 육상관제 센터 (SCC: Shore Control Centre)가 만들어져 관리할 것으로 예상하고 있다. Fig.2에 따르면 기존 벌크캐리어에 대비하여 25년동안 운항했을 경우 700만USD 만큼 이득이 있는 것으로 예상하고 있다. (MUNIN, n.d)

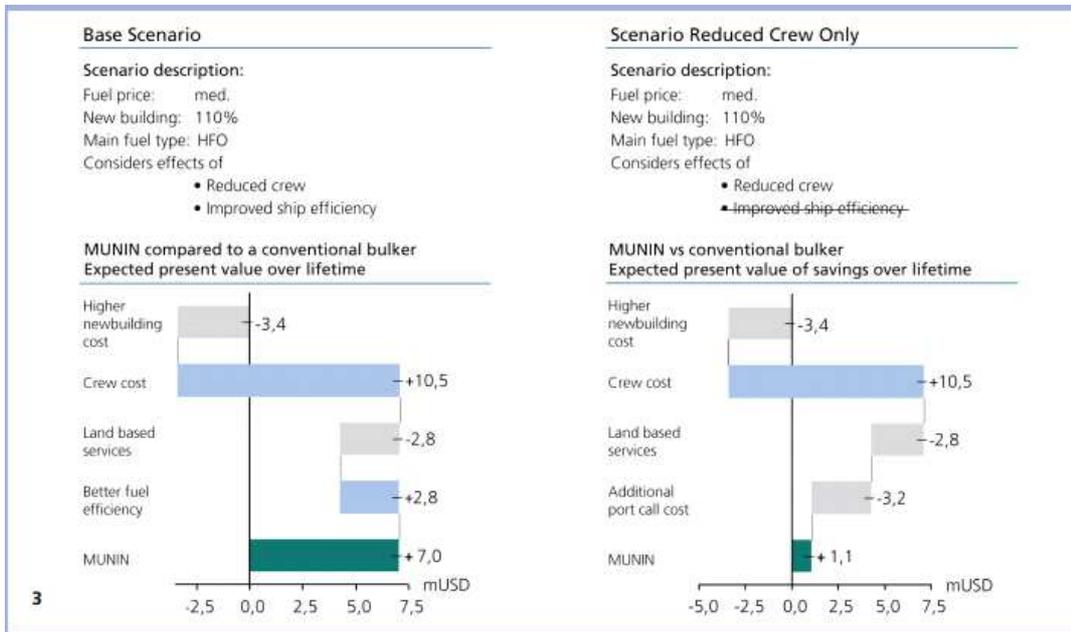


Fig. 2 Comparison of Economical Efficiency of Autonomous Ship

선박이 무인화가 되면 그 선박은 육상에서 운항하는 육상관제센터 (SCC: Shore Control Centre)가 만들어질 것으로 예상했다. 이 관제센터의 구상은 그림들과 같다. (MUNIN, 2015)





Fig. 3 The Operator's Workstation

SCC에는 Fig. 4과 같이 1명당 6척의 선박을 관리하는 운항자 (Operator) 5명과 예비 운항자 1명, 관리자 1명, 비상대응 상황실에 선장과 기관사가 각 1명씩 총 9명으로 구성되어 있다.

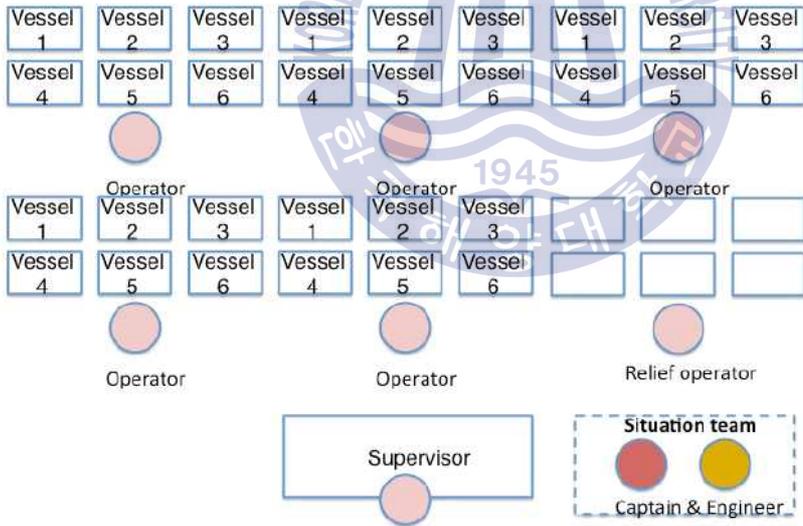


Fig. 4 Shore Control Centre Organization

MUNIN Project는 자율운항선박의 개념, 타당성 연구 등을 실시하여 가능성을 보여주었기에 다른 무인해상선박 (UMV: Unmanned Maritime Vehicles) 개발에 많은 영향을 주었다.

(2) AAWA Project

2015년부터 2018년까지 진행되는 핀란드 기술혁신청이 지원하는 다국적 프로젝트로 영국 Rolls-Royce와 Inmarsat, DNG-GL, DELTAMARIN, Tampere University of Technology, FinFerries, ESL Shipping, Brighthouse 등이 참여하는 무인선박 개발 프로젝트 (AAWA: Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative)이다. 2016년 무인선에 대한 경제적·사회적·법적인 문제들에 대한 검토와 기반기술의 내용을 담은 1단계 (Phase 1) 결과를 발표하였고 2020년까지 원격 조종 선박의 상업적 운항을 실현할 계획이다.

(3) Rolls-Royce

영국의 엔진 제조업체로 다양한 지역의 자율운항선박 관련 프로젝트에 참여하며 시장을 주도하고 있는 기업이다. 로드맵에 따르면, 2020년 노르웨이 피요르드에서 원격운항을 시행하고 2025년 이후에는 연안에서 원격운항을, 2030년에는 대양항해를 원격운항을 실시한 후 2035년에는 본격적으로 자율운항선박을 도입해서 운항한다는 계획을 가지고 있다.

2017년 10월 구글 (Google)과 MOU를 맺어 원격운항 솔루션으로 증강현실 소프트웨어를 도입하였다. 구글이 보유한 Cloud Machine Learning Engine을 이용해 자율운항선박이 항해 중 만날 수 있는 장애물을 탐지하고 식별할 수 있도록 시스템을 개발할 예정이다. 또한 같은해 11월, 머스크 (Maersk)와 협력하여 코펜하겐에서 Tug Boat 'Svitzer Hermod' 호를 세계 최초로 원격운항을 성공하였다.

최근 야간, 악천후 및 복잡한 교통량을 가진 곳을 항해할 때 위험을 대비하

기 위한 지능형 소프트웨어를 갖춘 지능형 상황인식 (IA: Intelligent Awareness) 시스템을 발표하였다. (Rolls-Royce, 2018) IA 시스템은 Sunflower호에 설치될 예정이다. Sunflower호는 Mitsui O.K.K Lines (M.O.L)이 운영하는 길이 165m 여객선으로 일본 Kobe에서 Oita를 다니는 선박이다. 항해 중 Akashi Kaikyo, Bisan Seto와 Kurushima Straits를 지나가는데 이 곳은 전세계적으로 통항량이 많아 복잡한 곳으로 IA 시스템을 테스트하는데 최적의 장소로 꼽힌다.

(4) Hronn

영국 Automated Ship과 노르웨이 Kongsberg Maritime은 2017년 01월 계약을 맺고 2020년부터 Offshore 지원, ROV (Remotely Operated Vehicle) 및 AUV (Autonomous Underwater Vehicle) 진수와 회수, 해상 양식장 지원 등 다목적 자율운항선박을 운용할 계획이다. 2017년 11월 Offshore 서비스 회사인 BOURBON과 MOU를 맺고 세계최초 완전자율운항선박의 시범선박을 만들기 위해 박차를 가하고 있다.

(5) One Sea

핀란드 기술혁신청이 지원하는 프로젝트이다. 핀란드 해양산업협회 소속의 약 80여개 업체들이 참여하는데 대표적인 업체로는 ABB, ERICSSON, CARGOTEC, MEYER TURKU, Rolls-Royce, Tieto, WARTSILA, FinFerries, DIMECC 등이 있다. One Sea에서는 단순한 기술개발이 아닌 자율운항선박의 생태계 (Eco System)를 구축하는게 목적이다.

핀란드 해역에 테스트 구역을 설정하고 2020까지 유·무인의 완전원격운항선을 개발하고 2023년까지 자율운항선박 기술을 끌어올려 2025년부터 운항시킨다는 계획을 가지고 윤리적인 부분, 사이버 보안 등을 고려하여 개발하고 있다.

(6) Yara Birkeland

노르웨이 Kongsberg와 농화학업체인 YARA International이 협력하여 세계최초 전기추진 자율운항선박을 건조할 계획이다. 120TEU급의 컨테이너 선박을 건조하여 근해의 비료 등을 운송하여 연간 약 4만대의 트럭을 대체한다. 이로 인해 NOx와 Co2배출량을 감소시키고 건조비는 현존선에 비해 3배가량 비싸지만 연간 운용비를 90%가량 절감할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 화물의 적·양하는 크레인 및 장비를 이용해 자동으로 진행되고 별도의 Ballast Tank를 보유하고 있지 않고 배터리 팩을 이용해 영구 Ballast 역할을 하게될 예정이다. 2018년 하반기까지 개발을 끝내고 시범운항을 실시하여 2019년까지 원격제어로 항해를 시작하여 2020년부터 무인자율운항선박으로 운항하는 것이 목표이다.

(7) ReVolt

DNV-GL 선급과 노르웨이 과학기술대학 (NTNU: Norwegian University of Science and Technology)에서 진행하는 프로젝트로 전기추진방식으로 Ballast 없이 운항할 수 있도록 설계되었다. 약 100 TEU급 컨테이너 선박으로 건조되는데 기존 동급 디젤엔진의 선박은 최대 85% 에너지 손실이 있는 반면, Revolt 선박은 에너지 손실이 40%로 매우 낮을 것으로 추정된다. 구조를 바꿔 부품수를 최소화시켜 유지 관리비를 줄이고 무인화로 인한 유지보수는 육상 정비에 맡겨 진행될 것이다. 때문에 경제성 분석 결과는 운항 첫날부터 수익을 올릴 수 있는 것으로 확인됨에 따라 예상 수명 30년 동안 기존 선박에 비해 총 3,400만USD의 운영비용을 절감할 수 있을 것으로 예상된다. 2013년 시작된 프로젝트는 1:20 Scale 모델을 이용해 2015년 3분기부터 3년간 각종 점검을 시행할 예정이다.

(8) ROMAS Project

ROMAS (Remote Operation of Machinery and Automation Systems)는 선박

ECR (Engine Control Room)을 육상 ECC (Engine Control Centre)로 이동시키는 것을 목표로 한다. 2017년부터 2019년까지 진행되고 주요 참가업체는 DNV-GL, Fjord1, HOGLUND Marine Automation AS, Norwegian Maritime Authority 등이다. (DNV-GL, 2017)

(9) AUTOSEA Project

자율운항선박간 충돌 위험을 줄이기 위해 각종 센서와 상황 인식 시스템 개발을 목표로 하고 있다. 연구기간은 2015년에서 2019년까지로 주요 참여 업체는 NTNU, DNV-GL, Kongsberg 등이 있다. (NTNU, 2017)

2.1.2 미국

유럽에서는 상업용으로 사용하기 위해 활발한 연구가 진행중이라면 미국은 군사용으로 먼저 발전을 하고 있다. DARPA에서 2016년 USV 무인 군함 ‘시헌터 (Sea Hunter)’ 시범 운항에 성공하였다. 대잠수함 연속 추적 (ACTUV: Anti-Submarine Warfare Continuous Trail Unmanned Vessel) 임무를 가진 시헌터는 배수량 140톤의 선박으로 인공지능 (AI: Artificial Intelligence)이 탑재되어 스스로 항해를 하며 한 번에 최장 3개월간 해상에서 임무를 수행할 수 있다. 이로 인해 기존 구축함으로 수행할 경우 하루 70만USD의 비용이 발생하나 시헌터는 15,000~20,000USD의 비용으로 동일한 임무 수행이 가능하다. 2년간 여러 성능 테스트를 마치고 2018년 01월 미해군연구처 (ONR: Office of Naval Research)으로 인도, 개발이 진행된다.

2.1.3 일본

일본 최대 해운사인 NYK (Nippon Yusen KK)는 자율운항 컨테이너 선박을 일본과 북미 노선에 2019년 시범 운항 예정이다. 이 선박에는 비상사태에 대비하여 1명의 선원이 동승할 예정이다. NYK는 Furuno Electirc과 JRC (Japan Radio Corp.), Tokyo Keiki 등의 업체와 협력하여 충돌방지장치 개발을 진행 중이다.

NYK를 비롯한 MOL (Mitsui O.S.K Lines), K-Line 등 일본 해운선사들과 조선소들은 자동운항선을 실용화하기 위해 설비 및 운항 등에 관한 국제 기준을 2023년도 까지 합의하는 동시에 일본 내 기준을 정비한다. 데이터 전송에 관한 국제 규격을 선도하기 위해 일본 주도로 책정하고 운항 효율화를 위한 데이터 전송 기술 등을 활용한 첨단 선박 250척을 2025년까지 건조하는 것을 목표로 한다. (Japan, 2017)

2.1.4 중국

2015년 중국제조 2025 (Made in China 2025)를 발표하면서 자율운항선박과 관련된 정책을 반영하였다. 선박내외 데이터 기반 스마트쉽과 선박 생애 주기 솔루션, 지능형 장비관리와 제어 등을 육성기술로 지정하였다. (KB금융지주 경영연구소, 2018)

2017년 6월 중국선급 (CCS: China Classification Society)와 HNA 기술물류그룹을 중심으로 무인화물선개발 연합 UCSDA (Unmanned Cargo Ship Development Alliance)를 만들고 세계 무인선박 건조의 중심지가 되겠다는 계획을 밝혔다. 2021년 10월 첫 번째 무인 화물선을 건조를 목표로 무인선박의 기술 및 규제, 환경평가, 기술 증명, 검사 서비스 등의 서비스를 제공할 계획이다. 이 연합에는 ABS, DNV-GL, 중국 선박 및 기기 디자인 연구소, 상하이마린디젤엔진연구소 등이 참여하여 선박의 의사결정, 자율운항, 상황인식, 원격운항 등의 기술을 연구하게 된다. 이 연합에서는 2021년 첫 번째 무인 화물선을 인도하는 것을 목표로 하고 있다.

2.2 국내 현황

우리나라는 정부 주도로 자율운항선박 개발을 준비하고 있다. 정부의 100대 국정과제에 스마트 선박과 해운·조선 상생을 통한 해운강국건설을 담고 있다. 실제로 현재 산업통상자원부와 해양수산부 공동으로 2019-2025 스마트 자율운항선박 개발사업을 준비 중이고 올해 02월 예비 타당성 조사를 거쳐 2019년부터 4년간 본격적인 기술개발을 진행할 예정이다. 이후 선박 건조 및 센터 구축,

실제 선박을 운영한다는 계획이다. 연도별 개발 계획은 아래 Table 1과 같다.

Table 1 6 Key Tasks for Smart Autonomous Ship of R.O.Korea

연도	주관	과제명	세부과제 구성
2019년 (1차년도)	산업통상자원부	스마트 자율운항선박 개발	스마트 자율운항선박 관리 기술 개발
			스마트 자율운항 시스템 개발
			스마트 자율운항선박 건조 및 기자재 개발
2020년 (2차년도)		스마트 자율운항선박 시운전센터 개발	시운전센터 통합 모니터링 및 의사결정 지원기술 개발
			시운전센터 육상정보 시스템 연계 및 자원 기술 개발
			스마트 자율운항선박-시운 전센터 연계시스템 개발
2021년 (3차년도)	스마트 자율운항선박-시운 전센터 연계시스템 개발	선박-시운전센터 데이터 연계 기술 개발	
		자율운항선박 및 시운전센터 플랫폼 기술 개발	
2022년 (4차년도)	해양수산부	자율운항선박-항만 연계 시스템 개발	항만/협수로 안전운항 및 입출항 기술 개발
			자율운항선박 대응 항만 고도화 기술 개발
2023년 (5차년도)		항계내 자율운항선박 원격제어를 위한 운항조정상황실 개발	항계내 자율운항선박 안전지원 운항조정 상황실 개발
			운용서비스 및 운항조정상황실 검증 기술 개발
2024년 (6차년도)		자율운항선박 운용서비스 및 제도 개발	자율운항선박 운용서비스 기술 개발
			자율운항선박 법률, 제도 및 인력 프로그램 개발

이 사업에는 국비 4,341억원, 지방비 45억원, 민자 1,462억원으로 총 5,848억 원이 투입된다. 한국 선급에서 이야기하는 5단계의 미래선박 단계 중 2025년 소수의 인원(4명 예정)이 승선하여 운항이 가능한 4단계를 개발하고 2035년에는 완전 무인화할 수 있는 5단계로 개발한다는 계획을 가지고 있다.

제 3 장 이동수단의 자율운행등급

3.1 자동차 자율주행등급

일반적으로 가장 쉽게 접근할 수 있는 이동수단으로 자동차를 꼽을 수 있다. 운전을 하지 않는 사람들도 버스나 택시 등을 통해 우리 주변에서 사용이 되는 이동수단이다.

최근에서야 각광을 받고 있지만 자동차의 자율주행도 역사가 오래전부터 시작되었다. 20세기 초부터 유럽과 미국, 일본 등에서 초보적인 수준의 연구가 진행되었으나 1990년대 컴퓨터 및 기술의 발전으로 본격적인 연구가 진행되기 시작했다. 자동차의 자율주행을 위해서는 단순한 주행뿐만 아니라 차간거리 유지, 장애물 회피, 신호 감지, 차선 유지 및 충돌 방지, 긴급 제동 등의 기술이 필요하다. 도로에서 발생하는 전체 교통사고의 90% 이상이 운전자 부주의에 의한 교통사고이다. (도로교통공단, 2017) 자율주행시스템을 이용하여 인적 요소에 의한 교통사고 등을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.



Fig. 5 Violation of Traffic Accident Regulation in 2016

자율주행자동차 업계에서도 기존 유명 제조사인 Benz, BMW, Audi 등이 아닌 Google, Uber, Tesla, Nvida, Apple 등이 상당한 성과를 보이며 성장하고 있다.

미국도로교통안전국 (NHTSA: National Highway Traffic Safety Administration)에서는 미국자동차기술협회 (SAE: Society of Automotive Engineers)의 자율주행자동차의 등급을 Fig. 6와 같이 6단계로 나타내고 있다. (NHTSA, 2017)

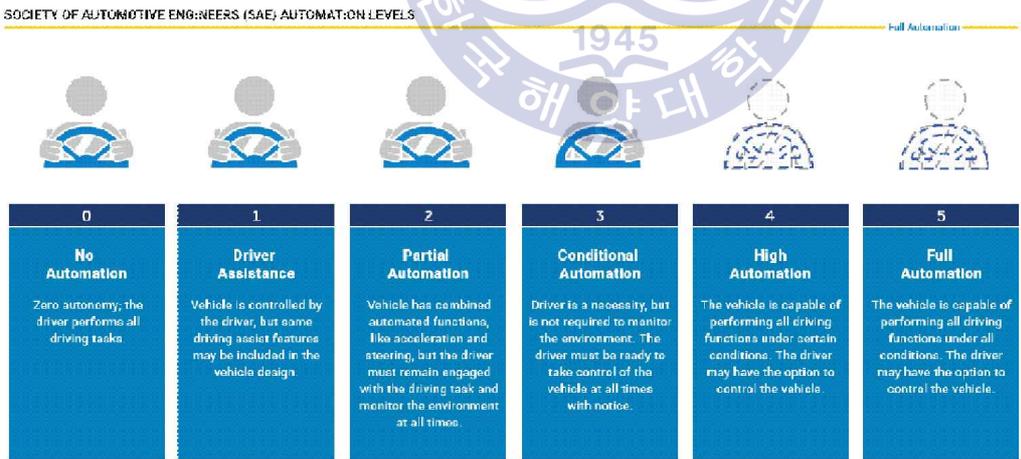


Fig. 6 Society of Automotive Engineers Automation Levels

NHTSA에 따르면 2025년 정도에는 운전자없이 주행이 가능한 자동차를 볼 수 있을 것으로 예상하고 있다.

3.2 철도 자율운행등급

철도 분야의 자율주행도 현재 상당한 수준이다. 153년의 열차 역사에서 지난 30년동안 개발이 이루어져왔다. 현재 많은 국가에 자율주행열차가 보급되어 있으며 자율주행등급은 세계대중교통협회 (UITP: International Association of Public Transport)에서 Fig. 7과 같이 4개의 등급으로 표시하고 있다. UITP 보고서에 따르면 전세계 자율운행열차의 절반정도가 프랑스, 대한민국, 싱가포르 그리고 UAE 4개의 국가에 의해서 운영되고 있다고 한다. 이중 대한민국(15%)은 싱가포르(16%)에 이어 2위를 기록하고 있으며, 도시별 기록도 부산(5위)과 서울(7위)이 10위권 내에 기록 하고 있다. (UITP, 2016)

Grade of Automation	Type of train operation	Setting train in motion	Stopping train	Door closure	Operation in event of disruption
GoA1 	ATP* with driver	Driver	Driver	Driver	Driver
GoA2 	ATP and ATO* with driver	Automatic	Automatic	Driver	Driver
GoA3 	Driverless	Automatic	Automatic	Train attendant	Train attendant
GoA4 	UTO	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic

Fig. 7 UITP Grade of Automation 4 in standard IEC62267

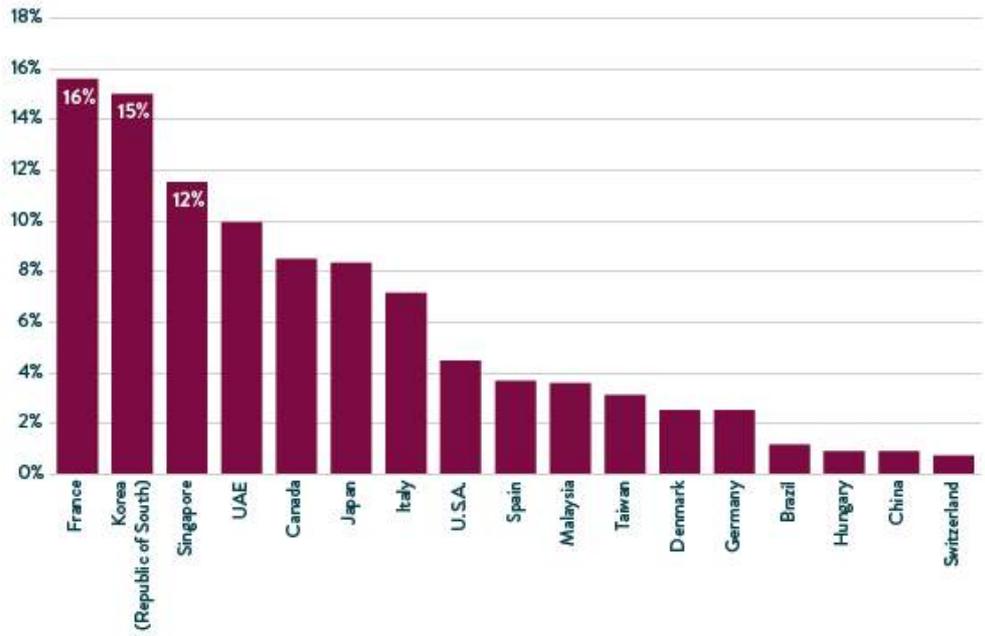


Fig. 8 Percentage of km of Fully Automated Metro Lines per Country

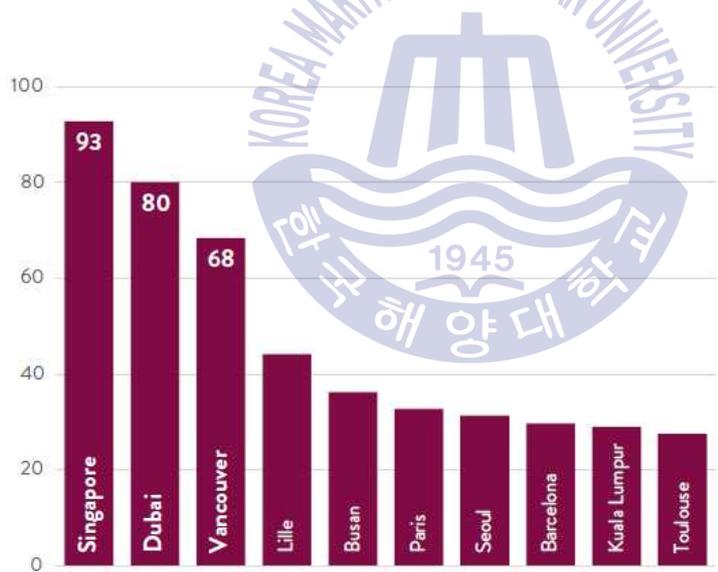


Fig. 9 Top 10 Cities with Fully Automated Metro Lines(km in operation per city)

3.3 선박 자율운항등급

처음 자율운항선박에 대한 논의가 시작되었을 때에는 선박에 대한 명확한 정의가 정해져있지 않고 각 기관 등에서 아래와 같은 의미로 사용을 하였다.

(1) IMO : 수면에서 운항하는 선박을 대상으로, 사람의 개입없이 운항하는 완전 자율운항 시스템과 부분적 자동시스템을 포괄하여 정의

(2) Waterborne TP: 육상 선박운항 관리자의 관리·감독, 지시를 받지 않고 독립적으로 운항되는 스마트 선박

(3) The Royal Institution of Naval Architects: 항해와 관련된 업무와 엔진 제어가 자동화된 시스템

(4) American Bureau of Shipping: 다양한 센서 및 장비들과 자동화 항법장치, 추진장치, 기타 보조 장치들을 갖추고 주변 상황을 감지하여 상황에 적절한 명령을 수행하는 선박

(5) Lloyd's Register: 시스템이 결정하고 조치를 취하는 무감독 또는 거의 감독이 필요없는 운영으로 전체 선박에 영향을 미치는 시스템

하지만 2018년 05월 개최된 IMO MSC 99차 회의에서 자율운항선박을 ‘다양한 자동화수준에서 사람의 간섭 없이 독립적으로 운용될 수 있는 선박’으로 잠정적인 정의를 내리고 자동화 등급 및 RSE를 수행하기 위한 작업체계를 구축하였다.

3.3.1 국내·외 사례

영국의 Lloyd 선급(LR: Lloyd's Register)에서는 자율운항등급(AL: Autonomous Level)을 6가지로 나누었다. (LR, 2016) 2017년 새로운 무인화 선박의 코드를 야기하면서 기존의 등급 6단계보다 1단계 늘어난 총 7개의 무인화선박 단계를 아래 Table 2와 같이 발표하였다. (LR, 2017)

Table 2 Autonomy Levels (by Lloyd' s Register)

Autonomy level		Description
AL0	Manual	No autonomous function. All action and decision-making performed manually (n.b. systems may have level of autonomy, with Human in/ on the loop.), i.e. human controls all actions.
AL1	On-board Decision Support	All actions taken by human Operator, but decision support tool can present options or otherwise influence the actions chosen. Data is provided by systems on board.
AL2	On&Off-board Decision Support	All actions taken by human Operator, but decision support tool can present options or otherwise influence the actions chosen. Data may be provided by systems on or off-board.
AL3	'Active' Human in the loop	Decisions and actions are performed with human supervision. Data may be provided by systems on or off-board.
AL4	Human on the loop, Operator/Supervisory	Decisions and actions are performed autonomously with human supervision. High impact decisions are implemented in a way to give human Operators the opportunity to intercede and over-ride.
AL5	Fully autonomous	Rarely supervised operation where decisions are entirely made and actioned by the system.
AL6	Fully autonomous	Unsupervised operation where decisions are entirely made and actioned by the system during the mission.

LR에서 이야기한 7단계의 등급을 기반으로 덴마크 해사청 (DMA: Danish Maritime Authority)에서는 자율운항선박에 관한 연구 용역을 실시하였다. (Ramboll & CORE Advokatfirma, 2017) 그 결과 LR에서 이야기한 7단계에서 4 단계로 다시 정리를 하였다.

Table 3 Autonomy levels in a regulatory context

Autonomy level	Operator' s role
M : Manual navigation with automated processes and decision support	The operator (master) is on board controlling the ship which is manned as per current manning standards. Subject to sufficient technical support options and warning systems, the bridge may at times be unmanned with an officer on standby ready to take control and assume the navigational watch.
R : Remote-controlled vessel with crew on board	The vessel is controlled and operated from shore or from another vessel, but a person trained for navigational watch and manoeuvring of the ship will be on board on standby ready to receive control and assume the navigational watch, in which case the autonomy level shifts to level M.
RU : Remote-controlled vessel without crew on board	The vessel is controlled from shore or from another vessel and does not have any crew on board.
A : Autonomous vessel	The operating system of the vessel calculates consequences and risks. The system is able to make decisions and determine actions by itself. The operator on shore is only involved in decisions, if the system fails or prompts for human intervention, in which case the autonomy level will shift to level R or RU, depending on whether there is crew on board or not.

유럽방위청 (EDA: European Defence Agency)의 무인해상시스템을 위한 안전과 법규 (SARUMS: Safety and Regulations for Unmanned Maritime Systems)에 서는 **Fig. 10** 같이 6가지로 자동화 선박의 등급을 구분하였다. (SARUMS, 2016)

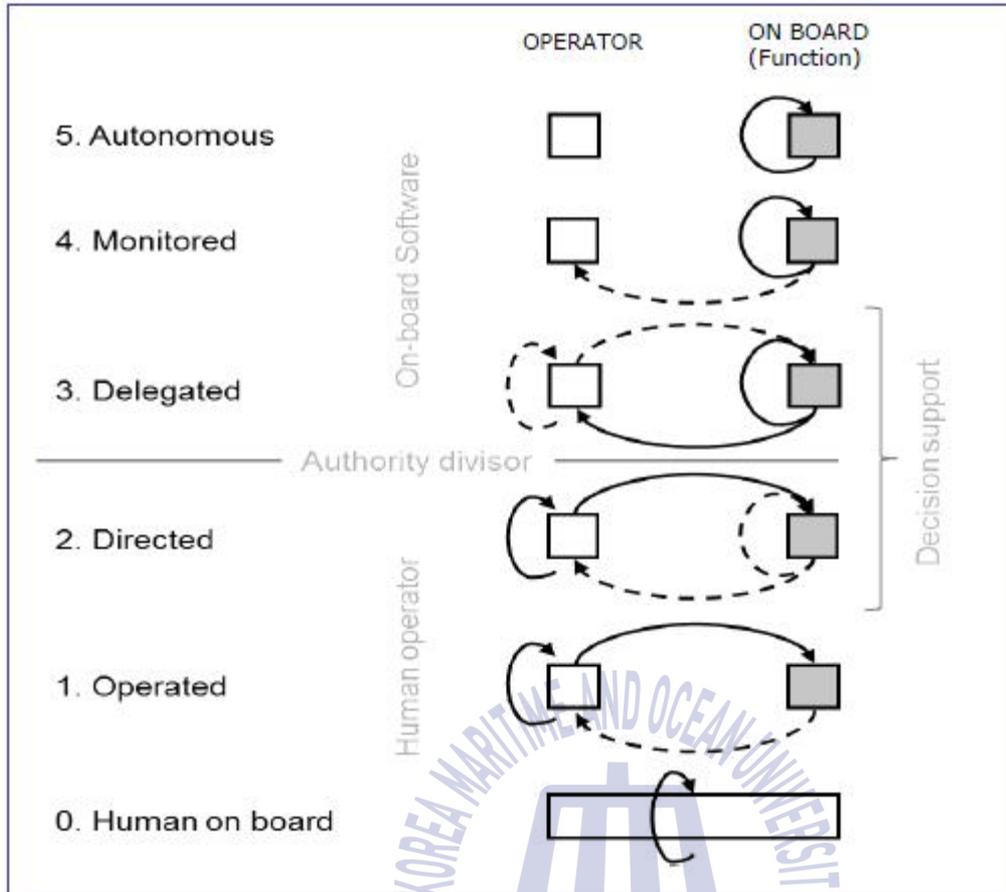


Fig. 10 SARUMS method of control

2012년부터 2015년까지 유럽위원회 (EC: European Commission)에서 공동펀드를 맡고 Fraunhofer, Marinetek, UCC 등의 회사들이 참여한 MUNIN Project가 EU에서 진행되었다. 연구결과 무인선은 기존 선박보다 낮은 위험도를 보였으며 선내 업무에 대해서 무인화가 이뤄지고 그에 따라 육상에서 선박을 운항 및 감시하는 육상관제센터 (SCC: Shore Control Centre)가 만들어져 관리할 것으로 보고 Fig. 11과 같은 등급표를 선보였다. (MUNIN, n.d)

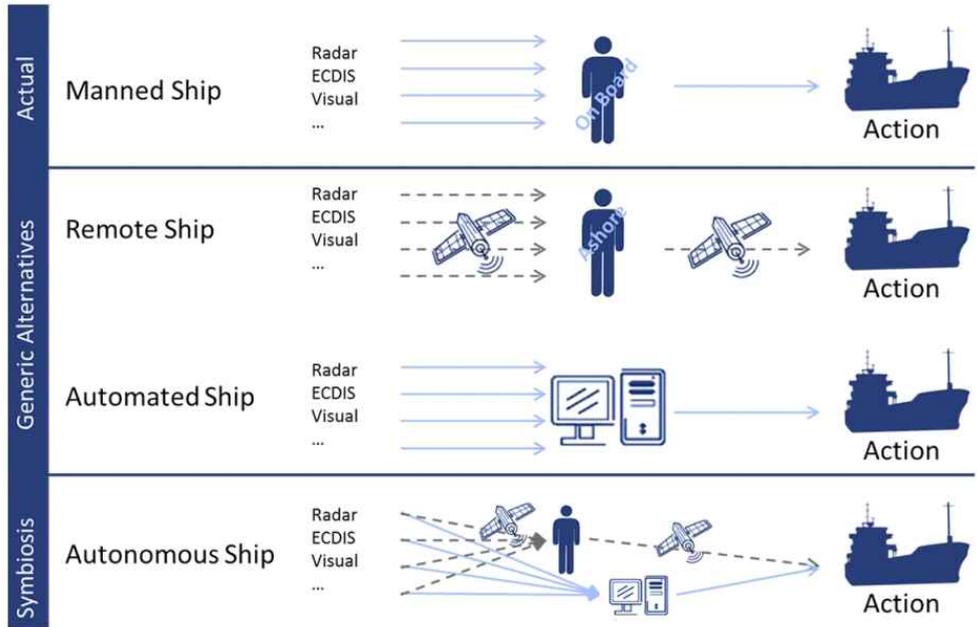
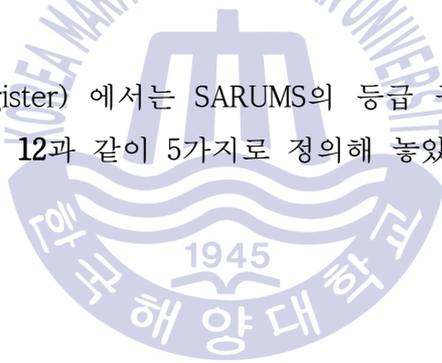


Fig. 11 The Autonomous Ship, as it is understood in the MUNIN project, is a symbiosis of the Remote Ship and the Automatic Ship

한국 선급 (KR: Korean Register) 에서는 SARUMS의 등급 구분을 참고하여 자동화선박에 대한 등급을 Fig. 12과 같이 5가지로 정의해 놓았다. (비에스투데이, 2018)



미래선박 정의



Fig. 12 Definition of Future Ship by KR

2018년 05월 개최된 IMO MSC 99차 회의에서 자율운항선박 단계를 4단계 체계로 구성하였다. 각 단계는 사람의 선박 운항 여부 및 승선 여부에 따라 구분하였다. (IMO, 2018) IMO에서 논의된 만큼 Table 4의 등급을 기준으로 자율운항선박의 등급체계가 구성될 것으로 예상된다.

Table 4 Degrees of Autonomy (by IMO)

Degree	Description
Ship with Automated processes and decision support (자동화된 프로세스 및 의사 결정 지원)	Seafarers are on board to operate and control shipboard systems and functions. Some operations may be automated. (선원이 승선하여 선박 운영 및 제어, 일부 자동화 운영)
Remotely controlled ship with seafarers on board (선박에 선원이 승선하고 원격으로 제어되는 선박)	The ship is controlled and operated from another location, but seafarers are on board. (다른 장소에서 선박이 제어 및 운영되지만 선원이 탑승함)
Remotely controlled ship without seafarers on board (선박에 선원이 승선하지 않고 원격으로 제어되는 선박)	The ship is controlled and operated from another location. There are no seafarers on board. (다른 장소에서 선박이 제어 및 운영되고 선원이 탑승하지 않음)
Fully autonomous ship (완전 자율운항 선박)	The operating system of the ship is able to make decision and determine actions by itself. (스스로 의사 결정을 내리고 선박 운항을 할 수 있는 운영 체제)

3.3.2 자율운항선박 등급 제시

자동차, 철도 등의 자율주행등급을 구분지은 것을 보았을 때 기술이 발전하여 선박 운항의 완전자율화가 이루어지더라도 선박 무인화로 이어지지 않는다는 점이다. 또한 아무리 AI가 발달하더라도 이를 확인하고 검토하는 과정에서는 사람이 필요할 것으로 생각된다. 이에 새로운 등급을 아래 **Table 5**과 같이 제시하였다.

Table 5 Proposal of Autonomous Ship' s Grade

Autonomous Level	Grade	Name	Description
AL0	MAS	수동운항 선박 (MAnual Ship)	현재 선박 운항 체계 (20~30명/척)
AL1	RES	원격운항 선박 (REmote Ship)	육상 원격 운항 및 최소 인원 승선
AL2	MOS	감시운항 선박 (MOnitoring Ship)	육상 감시 운항
AL3	AUS	자율운항 선박 (AUtonomous Ship)	완전 자율 운항

AL0, MAnual Ship (MAS) 단계는 현재 선박 체계로 선원이 승선하여 모든 업무를 처리하는 선박을 말한다.

AL1, REmote Ship (RES) 단계는 육상에서 원격으로 선박을 제어하며 운항을 하지만 선박에는 선원이 승선하여 업무를 처리하는 선박을 말한다.

AL2, MOnitoring Ship (MOS) 단계는 육상에서 원격 혹은 자동화가 적용되어 반자율 운항을 하며 선박에는 선원이 없이 업무를 처리하는 선박을 말한다.

AL3, AUtonomous Ship (AUS) 단계는 선박에 완전 자동화가 적용되어 선박에 승선해 있는 선원 없이 AI를 통해 스스로 운항을 하며 필요할 경우 육상에서 개입을 한다.

Table 5 제안을 기반으로 예상되는 선내 업무가 누구에 의해 처리되는지를 아래 Fig. 13과 같이 그림으로 나타내 보았다. Fig. 13은 특이사항을 고려하지 않고 통상적인 상황을 고려했을 때 선내에서 발생하는 업무의 처리를 누가 할 것인가를 나타내고 있다.

Autonomous Level	Grade	Decision making	Ship operation	Cargo Management	Maintenance
AL0	MAnual Operation Ship	Crew 	Crew 	Crew 	Crew 
AL1	REmote Operation Ship	SCC 	SCC 	Crew 	Crew 
AL2	MONitored Operation Ship	System 	System 	SCC 	SCC 
AL3	AUtonomous Operation Ship	System 	System 	System 	System 

Fig. 13 Role of the Ship by Autonomous Ship's Grade

우리나라에서 개발 계획하고 있는 자율운항선박의 최종단계는 4명의 선원이 승선하는 것으로 생각하고 있지만 단 한명의 선원이라도 승선을 하게 되면 거주 구역, 선원관련 법규, 안전 장비 등의 규제를 적용받아 현재의 선박과 크게 달라지는 것이 없을 것이다. 결국 자율운항 선박의 최종단계는 선내 무인화가 될 것으로 예상된다.



제 4 장 항해사 필수 해기능력

4.1 STCW에 따른 항해사의 필수 해기능력

선원이 되기 위해서는 STCW에 규정되어 있는 과정을 이수하여야 한다. 우리나라에는 국립해양대학교와 국립해사고등학교, 한국해양수산연수원 등의 교육기관에서 해운분야 인력을 양성하기위한 교육 및 기술훈련을 실시하고 있다.

항해사로서 자격증명을 받기 위해서는 IMO 협약 중 STCW code Part A ‘STCW 협약 부속서의 규정에 관한 강제기준’ 과 STCW code Part B ‘STCW 협약과 그 부속서의 규정에 관한 권고 지침’ 을 보면 알 수 있다. 이중 Part A 는 강제 사항이고 Part B는 권고 사항이므로 연구에서는 Part A 강제 사항을 살펴보도록 하겠다.

Part A에서는 해기능력의 기준에 명시된 능력을 아래 7개의 기능으로 분류하였다. (IMO, 2010)

- (1) 항해 (Navigation)
- (2) 하역작업과 적부 (Cargo handling and stowage)
- (3) 선박운항의 통제와 선상의 인명관리 (Controlling the operation of the ship and care for persons on board)
- (4) 선박기관 공학 (Marine engineering)
- (5) 전기, 전자 및 제어 공학 (Electrical, electronic and control engineering)
- (6) 보수관리와 수리 (Maintenance and repair)
- (7) 무선통신 (Radiocommunications)

선박에 승선하는 책임등급에 따라 아래와 같이 3가지로 분류하였다.

- (1) 관리급 (Management level)
- (2) 운항급 (Operational level)
- (3) 보조급 (Support level)

본 연구에서 분석하고자 하는 항해사의 필수 해기능력은 Part A의 Chapter II ‘선장과 갑판부에 관한 기준’에서 확인할 수 있으며 그 구성은 아래와 같다.

- (1) Section A-II/1 총톤수 500톤 이상의 선박에서 항해당직을 담당하는 해기사의 자격증명에 관한 강제적 최저요건 (운항급)
- (2) Section A-II/2 총톤수 500톤 이상 선박의 선장과 1등 항해사의 자격증명에 관한 강제적 최저요건 (관리급)
- (3) Section A-II/3 연안항해에 종사하는 총톤수 500톤 미만의 선박에서 항해당직을 담당하는 해기사와 선장의 자격증명에 관한 강제적 최저요건
- (4) Section A-II/4 항해당직의 일부를 구성하는 부원에 관한 강제적 최저요건 (보조급)
- (5) Section A-II/5 갑판수석부원의 자격증명에 관한 강제적 최저요건 (보조급)

본 연구에서는 500톤 이상의 항해선박에서 항해당직을 수행하는 항해사의 업무를 파악하고자 Section A-II/1과 Section A-II/2, Section A-II/4, Section A-II/5를 파악하고 정리한 표는 아래와 같다.

Table 6 STCW Part A Section A-II/1(Operational Level)

1란	2란
해기능력	지식, 이해 및 기술
	항해
항해계획	- 천문 항해

<p>수행 및 선위결정</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 지문과 연안 항해 - 항해용 해도와 수로지, 조석표 항행통보, 무선항행통보 및 항로지와 같은 간행물에 관한 충분한 지식과 그것들을 사용할 수 있는 능력 - 선위결정과 항해에 관한 전자장치 - 컴퓨터, 자기 및 자이로 - 자기컴퍼스와 자이로 컴퍼스의 원리에 대한 지식 - 천체와 육지 수단을 이용하여 자기컴퍼스와 자이로 컴퍼스의 오차를 결정하고 그 오차를 참작하는 능력 - 조타제어시스템 - 조타제어시스템, 작동절차 및 수동에서 자동제어로 또한 그 역으로의 변경에 관한 지식 - 선내기상장비로부터 수집한 정보의 이용과 해석 능력 - 각종 기상시스템의 특징, 보고절차 및 기록장치에 관한 지식 - 이용가능한 기상정보를 응용하는 능력
<p>안전한 항해당직 유지</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 당직근무 - 국제해상충돌방지규칙의 내용과 적용 및 취지에 대한 철저한 지식 - 항해당직 중에 준수되어야 할 기본원칙에 관한 철저한 지식 - 항로항행의 일반규정에 따른 항로의 사용 - 안전한 항해당직을 유지하기 위하여 항해장비로부터 정보의 사용 - 맹목구간 조선기술 및 지식 - 선박보고체계에 따른 원칙과 VTS절차에 따른 보고방법 - 선교자원관리 - 다음을 포함한, 선교자원관리 원칙에 대한 지식; <ol style="list-style-type: none"> 1. 자원에 대한 할당, 배치 및 우선순위 2. 효과적인 의사소통 3. 자기주장과 통솔력 4. 상황을 파악하고 유지하는 것 5. 팀 경험에 대한 고려
<p>항해의 안전을 유지하기 위한 레이더와 자동레이더 플로팅장치 (ARPA)의 사용</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 레이더 항법 - 레이더와 알파의 기본원리에 관한 지식 - 다음을 포함한 레이더의 작동과 레이더로부터 수집한 정보를 해석하고 분석하는 능력 - 다음을 포함한 성능 <ol style="list-style-type: none"> 1. 성능 및 정밀도에 영향을 미치는 요소 2. 지시기의 작동조정 및 보수관리 3. 정보의 탐지와 표시잘못, 거짓반사, 해면반사, 레이콘과 수색·구조용 레이더 트랜스폰더 - 다음을 포함한 사용 <ol style="list-style-type: none"> 1. 거리 및 범위; 타선의 침로와 속력; 횡단선, 마주치는 선박 또는 추월선의 최근접거리 및 시간 2. 중요한 영상의 식별; 타선의 침로와 속력 변화의 탐지; 자선의 침로 또는 속력변경 영

	<p>향 혹은 양자의 변경의 영향</p> <p>.3 국제해상충돌방지규칙의 적용</p> <p>.4 플로팅기술과 상대동작 및 진동작 개념</p> <p>.5 평행방위선</p> <p>- 알파의 주요형식, 지시기의 특성, 성능기준과 알파에 대한 과신의 위험성</p> <p>- 다음을 포함한 알파의 작동과 알파로부터 수집한 정보를 해석 및 분석하는 능력</p> <p>.1 시스템 성능과 정밀도, 추적능력과 한계, 계산처리 지연</p> <p>.2 작동상 경보와 시스템시험의 사용</p> <p>.3 물표의 탐지 방법과 그 한계</p> <p>.4 진벡타와 상대벡타, 물표정보와 위험수역의 화면 표시</p> <p>.5 정보, 중요영상, 탐지제한영역 및 시행조선의 추론과 분석</p>
항해의 안전을 유지하기 위한 ECDIS의 사용	<p>- ECDIS 항법</p> <p>- 다음을 포함한 ECDIS 운용의 능력과 한계에 관한 지식</p> <p>.1 전자해도(ENC) 자료, 자료의 정확성, 표시 규칙, 보여주는 방법, 다른 해도 자료의 형식에 대한 충분한 이해</p> <p>.2 과신의 위험</p> <p>.3 시행중인 성능기준에서 요구하는 ECDIS 기능에 대한 친숙</p> <p>- 다음을 포함하여, 운용, 해석 그리고 ECDIS로부터 수집된 정보의 분석 기술</p> <p>.1 적절한 기능과 최적의 설정을 위한 조정을 포함하여, 다양한 장치들의 다른 항해 체계와 통합되어 있는 기능의 사용</p> <p>.2 본선의 선위, 해면표시, 동작모드와 방위, 표시된 해도자료, 항로 감시, 사용자가 만든 정보계층, (AIS 및/또는 레이더 추적과 연동되었을 때) 접속과 레이더 오버레이 기능을 포함한 안전한 감시와 정보의 조정</p> <p>.3 다른 수단에 의한 선위의 확인</p> <p>.4 좌초방지, 접촉하거나 특정해역에의 근접, 해도 자료의 완전성, 해도 최신화 수준 및 예비적 준비에 대한 경보 한도를 포함하여 운용상 절차의 적합성을 보장하기 위해서 조정치의 효과적인 사용</p> <p>.5 현재 상태에 맞는 조정치와 값의 조정</p> <p>.6 안전수역, 위험에 대한 근접, 조류 및 표류, 해도 자료와 항로, 축척 선정, 항로의 적합성, 접촉 탐지 및 감지장치의 무결성을 포함하여 ECDIS 사용중에 상황에 대한 인지</p>
비상대응	<p>- 비상절차</p> <p>- 비상시 여객의 보호와 안전을 위한 예방 대책</p> <p>- 충돌 또는 좌초 후에 취하여야 할 초기조치; 초기의 손상평가와 제어</p> <p>- 해상에서의 인명구조, 조난선에 대한 지원 및 항내에서 발생한 비상사태에의 대응을 위하여 따라야 할 절차에 관한 인지</p>
해상에서의 조난신호에 대한 대응	<p>- 수색과 구조</p> <p>- 국제항공 및 해상수색구조편람 (IAMSAR) 내용에 대한 지식</p>
IMO	<p>- 영어</p> <p>- 항해사로 하여금 해도 및 기타의 항해 서지료를 이용하고, 선박의 안전과 운항에 관한</p>

표준해사 통신용어의 사용과 영어 쓰기 및 말하기의 사용	기상 정보와 통신문을 이해하며, 타선 또는 해안국과 교신하고 다국적 언어를 사용하는 선원과 함께 해기사의 임무를 수행할 수 있게 하는 영어에 관한 적절한 지식과 표준해사 항해용어(IMO SMCP)를 이해하고 사용하는 능력
시각신호 방법에 의한 정보의 송수신	- 시각신호 - 국제신호서를 사용하는 능력 - 국제해상충돌방지규칙 및 개정규정 부속서 제 4장 및 국제신호서 부록 1에 기재되어 있는 모스부호발광신호, 조난신호 SOS 그리고 국제신호서에 역시 기재되어 있는 날자 시각신호를 송수신하는 능력
선박조종	- 선박의 조종과 취급 - 다음 사항에 관한 지식 1. 선회권과 정지거리에 대한 재화중량톤수, 흘수, 트림, 속력 및 선저안전수심의 영향 2. 선박조종에 대한 바람과 조류의 영향 3. 선외에 추락한 자의 구조를 위한 조선과 절차 4. 스쿼트, 천수 및 이와 유사한 영향 5. 투묘와 계선을 위한 적절한 절차
화물 취급 및 적부	
화물 선적, 적부, 결속, 양하의 감시 및 항해 중 화물 관리	- 화물 취급, 적부 및 결속 - 선박의 감항성, 복원성과 관련하여 중량물을 포함한 화물의 영향에 관한 지식 - 위험, 유해 및 유독화물을 포함한 화물의 안전한 취급, 적부 및 결속, 또한 인명화 선박의 안전에 대하여 화물이 미치는 영향에 관한 지식 - 선적 및 양하시 효과적인 통신상태를 수립하고 유지하는 능력
화물 구역, 해치 커버 및 평형수 탱크의 결함과 손상 검사 및 보고	- 다음으로 인하여 통상 발생하는 손상과 결함을 조사하여야 할 개소를 설명할 수 있는 및 능력 1. 선적 및 양하 작업 2. 부식 3. 거친 기상 상태 - 주어진 시간내에 선박의 모든 부분을 점검하기 위해 매년 검사하여야 할 선박의 (핵심) 부분을 설명하는 능력 - 선박의 안전에 중대한 영향을 미치는 선체구조의 요소를 식별하는 것 - 화물구역과 평형수 탱크의 부식원인과 부식 발견법 및 방지법을 설명하는 것 - 검사 수행 방법에 관한 절차에 대한 지식 - 결함과 손상을 신뢰성있게 적출하기 위한 방법을 설명하는 능력 - “강화 검사 프로그램”의 목적에 대한 이해

선박운항의 통제와 선상의 인명관리	
오염방지 요건의 준수 확보	<ul style="list-style-type: none"> - 해양환경의 오염 방지 및 오염방지 절차 - 해양환경의 오염을 방지하기 위하여 취하여야 할 예방조치에 관한 지식 - 오염방지 절차와 모든 관련 장치 - 해양환경을 보호하기 위한 예방조치의 중요성
선박의 감항성 유지	<ul style="list-style-type: none"> - 선박의 복원성 - 복원성, 종경사, 응력계산표, 도표 및 응력계산장치에 관한 실무적 지식과 응용 - 비손상 부력의 부분적 상실의 경우 취하여야 할 기본적 조치에 관한 이해 - 수밀보전성의 원리에 관한 이해 - 선체구조 - 선체의 주요 구조재 및 각부의 적합한 명칭에 관한 일반적 지식
선내 방화, 화재제어 및 소화	<ul style="list-style-type: none"> - 방화 및 소화설비 - 방화에 관한 지식 - 소화훈련을 조직하는 능력 - 화재의 등급 및 화재의 화학적 성질에 관한 지식 소화 시스템에 관한 지식 - 기름시스템과 관련된 화재를 포함하여 화재발생시 취하여야 할 조치에 관한 지식
구명설비의 운용	<ul style="list-style-type: none"> - 구명 - 퇴선훈련을 조직할 능력, 생존정, 구조정, 그 진수장치와 배치 및 생존정통신설비, 위성 비상위치지시용 무선표지설비(EPIRBs), 수색·구조용 레이더 트랜스폰더(SARTs), 잠수복과 보온복을 포함한 생존정의장품의 작동에 관한 지식
선내 의료응급처 치의 적용	<ul style="list-style-type: none"> - 의료 처치 - 선내에서 발생하기 쉬운 사고나 질병의 경우에 있어서 의료지식에 입각한 효과적인 조치를 취할 능력을 포함하여, 의료 지침서 및 무선통신조언에 관한 실무적인 적용
법적 강제사항의 준수 감시	<ul style="list-style-type: none"> - 해상인명안전과 해양환경보호에 관련된 국제해사기구협약의 기초적 실무지식
통솔력과 팀워크 기술 적용	<ul style="list-style-type: none"> - 선상 인사 관리 및 교육에 대한 업무적 지식 - 국제해사협약과 권고사항 그리고 국내법과 관련있는 지식 - 다음을 포함하여, 업무에 적용할 능력과 업무량 관리 <ol style="list-style-type: none"> 1. 계획과 협력 2. 인원배치 3. 시간과 자원의 제약 4. 우선순위 - 효율적인 자원 관리에 적용할 지식과 능력 <ol style="list-style-type: none"> 1. 자원의 배분, 할당 및 우선순위 2. 선내 및 육상에서의 효율적인 의사전달 3. 팀 경험의 고려가 반영된 결정 4. 동기부여를 포함한 자기주장과 통솔력 5. 상황을 파악하고 유지하는 것 - 의사결정 기술에 적용할 지식과 능력

	.1 상황과 위기의 평가 .2 주어진 상황을 식별하고 검토 .3 이행절차를 선택 .4 결과의 효과에 대한 평가
사람과 선박 안전에 대한 기여	- 개인 생존 기술에 대한 지식 - 화재 예방과 소방 및 진화 능력에 대한 지식 - 기본적인 응급처치 지식 - 개인의 안전과 사회적 책임에 대한 지식



Table 7 STCW Part A Section A-II/2(Management Level)

1란	2란
해기능력	지식, 이해 및 기술
	항해
항해계획과 항해 수행	<ul style="list-style-type: none"> - 다음을 고려하여 인정된 대양항적 플로팅 방법에 의한 항해계획과 항행 <ul style="list-style-type: none"> .1 제한수역 .2 기상조건 .3 결빙 .4 제한시계 .5 통항분리제도 .6 해상교통관제(VTS) 구역 .7 강한 조석의 영향이 있는 구역 - “항로항행의 일반원칙”에 의한 항로항행 - “선위통보제도와 해상교통관제(VTS) 절차를 위한 원칙”에 의한 선위통보
선위결정과, 일체의 방법에 의하여 구한 실측위치의 정밀도	<ul style="list-style-type: none"> - 모든 조건에 있어서의 다음에 의한 선위결정 <ul style="list-style-type: none"> .1 천체관측 .2 선위결정의 결과의 정확성을 평가하기 위해 적절한 해도, 항행통보 및 기타의 서지류를 이용하는 능력을 포함한 육지관측 .3 정확한 선위를 구하기 위하여 전자항해장비의 작동원리, 한계, 오차의 원인, 잘못 표시된 정보의 탐지, 오차수정방법에 관한 특정의 지식과 함께 현대적인 전자항해장비의 이용
컴퍼스오차의 결정과 감안	<ul style="list-style-type: none"> - 자기 및 자이로 컴퍼스 오차의 결정과 감안능력 - 자기 및 자이로 컴퍼스의 원리에 관한 지식 - 주 자이로의 제어 하에 있는 시스템에 관한 이해와, 주로 사용되는 자이로 컴퍼스의 형식에 관한 작동과 관리에 관한 지식
수색과 구조작업의 조정	<ul style="list-style-type: none"> - 국제항공 및 해상수색구조편람(IAMSAR)에 수록된 절차에 대한 통합적 지식과 적응능력
당직근무 배치와 절차 수립	<ul style="list-style-type: none"> - 1972 국제해상충돌방지규칙 및 개정규정의 내용과 적용범위 및 취지에 관한 철저한 지식 - 항해당직중에 준수되어야 할 기본원칙의 내용, 적용범위 및 취지에 관한 철저한 지식. 효과적인 선교팀워크 절차
지휘상의 의사결정을 보조하기 위한 레이더와 알파 및	<ul style="list-style-type: none"> - 레이더와 알파를 포함한 최신 항해시스템의 시스템 오차의 인식과 작동측면에서의 철저한 이해 - 맹목도선 기술 - 충돌을 회피하고 선박의 안전항해를 도모하기 위하여 지휘내용을 결정하고 또한 이행하기 위해서 레이더와 알파를 포함한 모든 출처로부터 수집한 항해정보의 평가 - 항행을 위한 이용가능한 모든 항해자료의 상호관계와 최적활용

최신항해시스템의 사용을 통한 항행안전의 유지	
지휘상의 사결정을 보조하기 위한 ECDIS와 관련된 항해장치 사용을 통한 항행안전의 유지	<ul style="list-style-type: none"> - 다음을 포함하여, 작동 절차와 시스템 파일과 자료에 대한 관리 .1 수립된 절차를 따르기 위한 조달, 해도자료의 면화와 최신화, 시스템 소프트웨어 .2 판매사의 제품개발에 따라 ECDIS 시스템 버전을 최신화 하기 위한 능력을 포함하여 시스템과 정보의 최신화 .3 시스템 환경설정과 예비파일을 만들고 유지하는 것 .4 수립된 절차에 따라서 기록 파일을 만들고 유지하는 것 .5 수립된 절차에 따라서 항로 계획 파일을 만들고 유지하는 것 .6 사용자 반응, 경보 설정, 시스템 기능을 점검하기 위해서 ECDIS 로그북과 항적 기록 기능을 사용할 것 - 항적 검토, 항로 계획과 시스템 기능 점검을 위해서 ECDIS 재생기능을 사용할 것
기상예보와 해상상태	<ul style="list-style-type: none"> - 천기도를 이해하고 해석하는 능력과, 기상팩스에 의해 수신된 지방기상조건과 정보를 고려하여 지역 기상을 예측하는 능력 - 열대성 저기압 및 폭풍중심과 위험 상한(象限)의 회피를 포함한, 각종 기상 시스템의 특징에 관한 지식 - 대양의 해류에 관한 지식 - 조석의 상태를 계산하는 능력 - 해조류에 관한 모든 적절한 항해 서지류를 사용하는 능력
항해상의 비상사태에 대한 대응	<ul style="list-style-type: none"> - 선박을 비칭시킬 때의 주의 - 좌초가 임박한 경우 및 좌초 후에 취하여야 할 조치 - 외부원조가 있을 때와 없을 때 좌초된 선박을 이주시키는 것 - 충돌이 임박한 경우에 취하여야 할 조치와 충돌 또는 일체의 원인에 의한 선체 수밀보전성의 손상 후에 취하여야 할 조치 - 손상제어의 평가 - 비상조타 - 긴급 예인준비와 예인절차
모든 상황에서의 선박의 조종과 취급	<ul style="list-style-type: none"> - 다음을 포함한 모든 상황에서의 선박의 조종과 취급 .1 기상, 조석, 전진거리 및 정지거리를 충분히 고려하여, 도선구역에 접근할 때나 도선사의 승하선시 조종하는 것 .2 타효에 미치는 조류, 바람 및 제한수역의 영향을 고려하여 강, 하구 및 제한수역에서 선박을 취급하는 것 .3 일정 선회율 기술의 적용

	<p>.4 스쿼트, 롤링, 피칭의 영향으로 인한 선저안전수심의 감소를 포함한 천수해역에서의 선박의 조종</p> <p>.5 통항선박간의 상호작용 및 자선과 가까운 득과의 상호작용(운하효과)</p> <p>.6 바람, 조석 및 조류의 각종 조건하에서, 예선을 사용할 때와 사용하지 아니할 때의 접근과 이안</p> <p>.7 선박과 예선 간의 상호작용</p> <p>.8 추진기와 조종 시스템의 사용</p> <p>.9 투묘지의 선정, 제한된 투묘지에서 한개 또는 두개의 닻을 사용하는 법과 사용하는 닻줄의 길이 결정에 포함되는 요소</p> <p>.10 닻끌림, 닻줄 꼬임을 푸는 것</p> <p>.11 손상이 있는 경우와 없는 경우에 있어서의 입거</p> <p>.12 조난중의 선박 또는 항공기의 구조, 예방작업, 조종이 곤란한 선박을 파복에 들어가지 아니하게 하고, 표류를 감소시키는 방법 및 기름의 사용을 포함한 황천시의 선박의 관리와 취급</p> <p>.13 황천시에 구조정 또는 생존정을 진수하기 위한 조종상의 주의</p> <p>.14 구조정 또는 생존정으로부터 생존자를 승선시키는 방법</p> <p>.15 특히 여러가지 흡수 및 속력에서의 정지거리 및 선회권에 대하여 통상적인 선형의 조종 및 추진 특성을 판단하는 능력</p> <p>.16 자선의 선수파 및 선미파에 의하여 야기되는 손상을 피하기 위한 감속항해의 중요성</p> <p>.17 빙해상의 또는, 선박의 착빙상태로서의 항해시에 취하여야 할 실무적인 조치</p> <p>.18 통항분리계획과 해상교통관제(VTS)수역의 이용 및 그 수역 내에서의 조종</p>
<p>추진장치, 기관시스템 과 설비의 원격제어 운전</p>	<p>- 선박 동력장치의 작동원리</p> <p>- 선박 보조기계</p> <p>- 선박 기관용어에 관한 일반적 지식</p>
<p>화물취급 및 적부</p>	
<p>화물의 안전한 적재, 적부, 결속 및 항해중의 관리와 양화의 계획과 확보</p>	<p>- 화물의 안전한 취급, 적부, 결속 및 운송에 관한 관련 국제규정, 코드와 기준을 적용하는 지식과 능력</p> <p>- 화물의 트림과 복원성 효과 및 하역작업에 관한 지식</p> <p>- 복원성과 트림 도면과 자동자료처리장치(ADB)를 포함한 응력계산 장치의 사용과 허용한계 내에서 선체의 응력을 유지하기 위한 화물적재와 평형수 배출에 관한 지식</p> <p>- 하역장치와 결속장비를 포함한 선박에서의 화물 적부와 결속</p> <p>- 화물 적부와 결속에 대한 안전실무코드에 규정된 화물의 운송에 특별한 주의를 기울이는 적화 및 양하 작업</p> <p>- 탱커와 탱커의 운항에 관한 일반지식</p> <p>- 벌크운반선의 운항 및 설계상의 제한점에 관한 지식</p> <p>- 국제해사고체산적화물을 위한 안전실무코드(IMSBC Code) 및 국제해사위험화물(IMDG)코드, 마폴협약 73/78 부속서 III과 V의 관계 규정 그리고 기타 정보에 따라 안전하게 화물</p>

	<p>취급 절차를 수립하는 능력</p> <ul style="list-style-type: none"> - 효과적인 통신상태를 구축하고 선박과 터미널 요원간의 업무관계를 개선하기 위하여 필요한 기본 원칙을 설명하는 능력
<p>화물구역과 해치커버 및 평형수 탱크에 대하여 보고된 결함과 손상의 평가 및 적절한 조치를 취하기</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 표준 벌크운반선의 중요 구조부의 강도상의 제한점에 관한 지식과 굽힘모멘트와 전단응력으로 제시된 수치를 해석하는 능력 - 부식, 피로 및 부적절한 화물취급이 벌크운반선에 미치는 악영향의 회피방법을 설명하는 능력
<p>위험화물의 운송</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 국제해사위험화물(IMDG)코드 및 국제해사고체살적화물을 위한 안전실무코드(IMSBC Code)를 포함한 위험화물의 운송에 관한 국제규정, 기준, 코드 및 권고 - 위험, 유해 및 유독 화물의 운송; 적재 및 양하중의 주의 및 항해중의 관리 <p style="text-align: center;">선박운항의 통제와 선상의 인명관리</p>
<p>트림, 복원성, 응력의 관리</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 선박구조의 기본적인 원리와, 트림, 복원성의 이론과 영향을 미치는 요소 및 트림과 복원성을 유지하기 위하여 필요한 조치에 관한 이해 - 구획의 손상과 그로 인한 침수의 경우에 선박의 트림과 복원성에 관한 영향과 취하여야 할 조치에 관한 지식 - 선박의 복원성에 관한 국제해사기구의 권고사항에 관한 지식
<p>해상인명안전과 해양환경보호를 위한 법적 요건과 조치에 따른 감시와 관리</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 국제협정과 협약에 규정된 관련 국제해사법에 관한 지식 - 특히 다음 사항에 유념하여야 한다. <ul style="list-style-type: none"> .1 국제협약에 의하여 선박에 비치되어야 하는 증명서와 기타 서류, 동증명서 및 서류의 취득방법과 법적 유효기간 .2 1966 만재흡수선에 관한 국제협약 및 개정규정의 관련 요건에 따른 책임 .3 1974 해상인명안전을 위한 국제협약 및 개정규정의 관련 요건에 따른 책임. .4 해양오염방지를 위한 국제협약에 따른 책임 .5 검역신고서와 국제보건규칙의 요건 .6 선박, 여객, 승무원 또는 화물의 안전에 관련되는 국제협약에 따른 책임. .7 선박에 의한 환경의 오염을 방지하기 위한 방법 및 수단 .8 국제 협정과 협약의 이행을 위한 국내법규
<p>선박, 승무원과 여객의</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 구명설비 규정(해상인명안전을 위한 국제협약)에 관한 철저한 지식 - 화재와 퇴선훈련의 조직 - 생존, 소화 및 기타 안전시스템의 운전조건의 유지 - 비상시 선내에 있는 모든 사람을 보호하고 안전하게 하기 위하여 취하여야 할 조치

<p>안전과 보안 또한 생존, 소화 및 기타 안전시스템의 운전조건의 유지</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 화재, 폭발, 충돌 또는 좌초 후 손상을 제한하거나 선박을 구조하기 위한 조치
<p>비상과 손상제어 계획의 개발과 비상상황의 취급</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 비상시의 대응을 위한 대응전략 계획의 준비 - 손상제어를 포함한 선체구조 - 화재방지, 탐지 및 진화를 위한 방법과 설비 - 생존설비의 기능과 사용
<p>통솔력과 관리상의 기술의 사용</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 선내 인사관리, 조직 및 훈련에 관한 지식 - 국제해사협약과 권고서 및 관련 국내입법에 관한 지식 - 다음을 포함하여, 업무에 적용할 능력과 업무량 관리 <ol style="list-style-type: none"> .1 계획과 협력 .2 인원배치 .3 시간과 자원의 제약 .4 우선순위 - 효율적인 자원 관리에 적용할 지식과 능력 <ol style="list-style-type: none"> .1 자원의 배분, 할당 및 우선순위 .2 선내 및 육상에서의 효율적인 의사전달 .3 팀 경험의 고려가 반영된 결정 .4 동기부여를 포함한 자기주장과 통솔력 .5 상황에 대한 인지의 획득과 유지 - 의사결정 기술에 적용할 지식과 능력 <ol style="list-style-type: none"> .1 상황과 위기의 평가 .2 주어진 상황을 식별하고 검토 .3 이행절차를 선택 .4 결과의 효과에 대한 평가 - 개발, 시행과 표준 운영절차에 대한 관리
<p>선내 의료 제공에 관한 조직과 관리</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 다음 출판물의 이용과 내용에 관한 철저한 지식 <ol style="list-style-type: none"> .1 국제선박의료편람 또는 동류의 국내 출판물 .2 국제신호서의 의료편 .3 위험화물과 관련한 사고에 있어서 사용하는 응급의료 지침

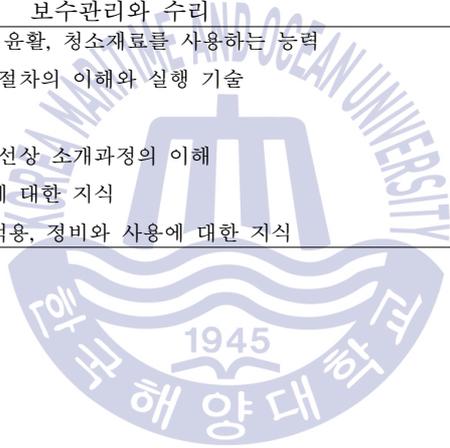
Table 8 STCW Part A Section A-II/4(Rating forming part of a navigational watch Support Level)

란	2란
해기능력	지식, 이해 및 기술 향해
선박의 조타와 영어를 포함한 조타명령의 준수	<ul style="list-style-type: none"> - 자기컴퍼스와 자이로 컴퍼스의 이용 - 조타 명령 - 자동조타에서 수동조타로 또한 역으로의 변경
시각 및 청각에 의한 적절한 경계의 유지	<ul style="list-style-type: none"> - 음향신호, 등화 또는 기타의 물표의 개략적인 방위를 각도 또는 포인트로 보고하는 것을 포함한 경계자로서의 책임
안전당직의 감시와 관리를 위한 기여	<ul style="list-style-type: none"> - 선내의 용어와 정의 - 적절한 내부통신 및 경보시스템의 이용 - 당직임무와 관련한 문제에 있어서 당직해기사의 지시를 이해하고 또한 의사소통하는 능력 - 당직의 교대, 유지 및 인계 절차 - 안전당직을 유지하기 위하여 필요한 정보 - 기본적 환경보호절차
비상장치의 운전과 비상절차의 적용	<ul style="list-style-type: none"> - 비상임무와 경보신호에 관한 지식 - 조난신호탄, 위성비상위치지시용 무선표지설비(EPIRBs) 및 수색·구조용 레이더 트랜스폰더(SARTs)에 관한 지식 - 조난경보가 잘못 작동되지 않도록 하는 것과 사고로 인한 작동시 취하여야 할 조치

Table 9 STCW Part A Section A-II/5(Rating as able seafarer deck Support Level)

1란	2란
해기능력	지식, 이해 및 기술
항해	
안전한 항해당직에 대한 기여	<ul style="list-style-type: none"> - 당직업무와 관련된 사안에 대해서 당직해기사와 의사교환 및 지시를 이해하는 능력 - 당직의 유지, 인계 및 교대 절차 - 안전한 당직을 유지하기 위한 정보
접안, 묘박 그리고 다른 계류 작업에 대한 기여	<ul style="list-style-type: none"> - 다음을 포함하여, 계류 시스템과 관련된 절차에 대한 작업지식 <ul style="list-style-type: none"> .1 계류와 예인줄의 기능 그리고 전반적인 시스템에서의 한 부분으로의 각 줄의 기능 .2 안전작업하중의 수용능력과 계류용 와이어, 합성섬유 줄, 윈치, 양묘기, 캡스톤,계주, 도삭기, 계선주를 포함하여 계류장비의 파단력 .3 예인줄을 포함하여 계류와 예인선줄 및 와이어를 격납하거나 내어주는 작업의 순서와 절차 .4 다양한 작업에의 닻 사용 작업의 순서와 절차 - 부표와 부표로의 계류에 관련된 작업의 순서와 절차에 대한 실무지식
화물취급 및 적부	
갑판장비와 기기의 안전한 작업에 대한 기여	<ul style="list-style-type: none"> - 아래 내용을 포함한, 갑판장비의 지식 <ul style="list-style-type: none"> .1 벨브와 펌프, 양승기, 크레인, 붐 그리고 관계있는 장비의 기능 .2 윈치와 양묘기, 캡스톤 그리고 관계있는 장비의 기능 .3 해치, 수밀문, 구멍 그리고 관계있는 장비 .4 구조, 사용법, 표시, 관리법과 적절한 적부를 포함하여, 섬유, 와이어 로프, 케이블과 체인 .5 윈치, 양묘기, 크레인 그리고 양승기를 포함하여 장비의 작동을 위한 기본적인 신호를 이해하고 사용하는 능력 .6 다양한 상황하의 투묘기기 작동을 위한 능력, 예컨대 투묘, 양묘, 항해중 격납 그리고 비상시 - 아래 절차에 대한 지식과 능력 <ul style="list-style-type: none"> .1 보슨체어 및 발판의 설치와 철거 .2 도선사 사다리, 양승기, 쥐막이판과 출입사다리의 설치와 철거 .3 매듭, 이음 그리고 스토퍼의 적절한 사용을 포함하여, 선원다운 기술로 밧줄스파이크 사용법 - 갑판 화물 취급 장비와 기기의 사용과 취급 <ul style="list-style-type: none"> .1 출입구 배치, 해치와 해치커버, 램프, 측면/전면/후면 문 혹은 엘리베이터 .2 관장치, 빌지와 평형수의 흡입 및 웰 .3 크레인, 데릭, 윈치 - 깃발의 계양 및 그리고 주요 신호기(A,B,G,H,O,P,Q)에 대한 지식
직업적 건강과 안전예방조	<ul style="list-style-type: none"> - 아래 내용을 포함한, 안전 실무 관행에 대한 실무 지식과 개인의 선상 안전 <ul style="list-style-type: none"> .1 고소 작업 .2 선외측에서의 작업

치의 적용	<ul style="list-style-type: none"> .3 폐쇄된 구역에서의 작업 .4 작업허가 체계 .5 줄 취급 .6 허리 부상을 방지하기 위한 방법과 들기 기술 .7 전기적 안전 .8 기계적 안전 .9 화학적, 생물학적 위험의 안전 .10 개인의 안전 장비
예방조치의 적용과 해상환경의 오염 방지에 대한 기여	<ul style="list-style-type: none"> - 해양환경의 오염을 방지하기 위하여 취하여야 할 예방조치에 관한 지식 - 오염방지 장치의 작동과 사용에 대한 지식 - 해상 오염물질의 승인된 처리 방법에 대한 지식
생존정과 구조정의 운용	<ul style="list-style-type: none"> - 생존정과 구조정의 운용 그리고 진수장치와 배치 및 장비 대한 지식 - 해상에서 생존기술에 대한 지식
보수관리와 수리	
선상 보수관리와 수리에 대한 기여	<ul style="list-style-type: none"> - 자재와 장비의 페인팅, 윤활, 청소재료를 사용하는 능력 - 일상적인 정비와 수리 절차의 이해와 실행 기술 - 작업준비 기술의 지식 - 제조자의 안전 지침과 선상 소개과정의 이해 - 폐기물의 안전한 처리에 대한 지식 - 손공구와 전동공구의 적용, 정비와 사용에 대한 지식



4.2 자율운항선박에 필요한 항해사 선내 업무 분석

영국 Southampton 대학에서는 LR의 자율운항등급을 참조하여 Fig.14을 작성하였다. 이를 통해 현재 운항하고 있는 선박들에도 일정부분 기술이 적용되어 AL1~2 단계의 수준에 도달해있고 2025년까지 AL3단계로, 2030까지 AL4단계, 2040년부터는 AL5단계로 접어들어 본격적으로 자율운항선박이 출현할 것으로 보고 있다. 이에 따라 선박의 업무를 선정하고 현재부터 2040년까지의 업무를 구분하여 직급과 선내 업무에 따른 인간 의존도를 Fig. 15과 같이 표시하고 있다. (Southampton Solent Univ., n.d)

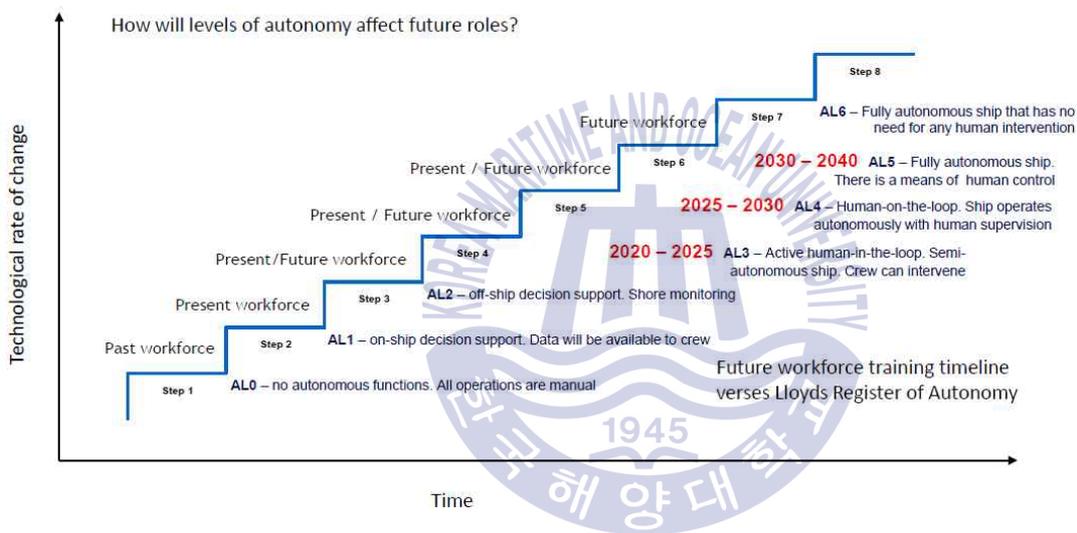


Fig. 14 How will levels of autonomy affect future roles?

	Personnel Qualification	Cargo Handling	Manual Securing of Vessel or Anchoring	Standard Operation	Em'cy Response	Passage Planning	Berthing	Anchoring	Collision Avoidance	Cold Ship to Ports/By	Maneuvering to Commencement of Passage at Sea	Commencement of Passage at Sea (Full-Away)
Now-2020	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
2020-2025	H	A	M/A	M/A/AI	H	M-A	M-A	M-A	M-AI	H	M	M
2025-2030	H	A	A	H	M/L	A	AI	L/AI	L/AI	L	L	L
2030-2040	H	A	A	AI	AI	A	AI	AI	AI	A	A	A
	Safe Evacuation of Personnel	Failure Diagnosis	Condition Based Maintenance	Repair Planning	Project Management	Collaborative Discussion	Survey Requirements	Performance and Efficiency Monitoring	Dry Dock	Expert Assistance	Occupational Responsibilities Defined by the Company (Personnel Safety/Culture/Ethics/Code of Conduct)	
Now-2020	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	
2020-2025	H	H	H	H	H	H	M/L	H	H	H	H	
2025-2030	A	H	M/L/A	M/L	H	H	L/A	M/L	M/L	H	H	
2030-2040	A	H/A/AI	L/A/AI	L/A	H	H	L/A	L/A	L/A	H	H	

H	High Reliance on Human Skills
M	Medium Reliance on Human Skills
L	Low Reliance on Human Skills
A	Automated
AI	Artificial Intelligence

Fig. 15 Roles and Tasks - Likelihood of human reliance present day to 2040

Fig. 15를 통해 최종단계의 자율운항에서 이루어지는 2030년 이후에는 대부분의 선내 업무가 인공지능화 (AI) 또는 자동화 (Automated)가 이루어지고 인간의 개인이 필요한 부분도 최소화 될 것으로 예상하였다.

국내에서는 진행 중인 자율운항선박 6가지 핵심 기술 중 첫 번째 과제에서 이를 언급하고 있는데 KR 제시등급 중 STEP 4 단계의 선박에 4명이 승선하여 문제없이 운항 가능한 수준으로 개발할 예정이라고 한다. (산업통상자원부&해양수산부, 2018) 이러한 선박에 승선하는 4명의 선원은 기존처럼 항해사와 기관사로 나누어 타는 것이 아닌 항해사와 기관사 업무를 모두 수행할 수 있는 운항사가 될 것으로 예상된다. (취평뉴스넷, 2018)

자율운항선박에서 이뤄지는 직무를 분석하기 위해 아래 3가지의 업무별로 구분하였다.

- (1) 운항급/관리급/보조급에서의 항해 (Navigation)

(2) 운항급/관리급/보조급에서의 화물 관리 (Cargo Management)

(3) 운항급/관리급/보조급에서의 선박 관리 (Ship Management)

업무 중 유사한 항목을 통합하여 항해 8개, 화물 관리 8개, 선박 관리 8개, 총 24개의 업무로 아래와 같이 구분을 하였다.



Table 10 Navigation of mandatory minimum requirements for certification of master and officers on ships of 500 gross tonnage or more by STCW

번호	분류	명칭	STCW Section A-II/1, 2
1	N1	일반 항해	(운항) 안전한 항해당직의 유지 (운항) 항해의 안전을 유지하기 위한 레이더와 ARPA의 사용 (운항) 항해의 안전을 유지하기 위한 ECDIS의 사용 (운항) 시각신호 방법에 의한 정보의 송수신 (운항) 선박조종
2	N2	주의 항해	(운항) IMO 표준해사통신용어의 사용과 영어 쓰기 및 말하기의 사용 (관리) 항해계획과 항행 수행 (관리) 컴퍼스오차의 결정과 감안 (관리) 당직근무 배치와 절차의 수립
3	N3	위험 항해	(관리) 지휘상 의사결정을 보조하기 위한 레이더와 ARPA 및 최신 항해시스템의 사용을 통한 항행안전의 유지 (관리) 지휘상 의사결정을 보조하기 위한 ECDIS와 관련된 항해장치 사용을 통한 항행안전의 유지 (관리) 모든 상황에서의 선박의 조종과 취급 (관리) 추진장치, 기관시스템과 설비의 원격제어운전 (보조) 시각 및 청각에 의한 적절한 경계의 유지 (보조) 안전당직의 감시와 관리를 위한 기여 (보조) 안전한 항해당직에 대한 기여
4	N4	선위 확인	(운항) 항해계획과 수행 및 선위 결정 (관리) 선위결과와 일체의 방법에 의하여 구한 실측위치의 정밀도
5	N5	항로 선정	(운항) 항해계획과 수행 및 선위 결정 (관리) 항해계획과 항행 수행 (관리) 기상예보와 해상상태
6	N6	비상 대응	(운항) 비상대응 (관리) 항해상의 비상사태에 대한 대응 (관리) 비상과 손상제어계획의 개발과 비상상황의 취급 (보조) 비상장치의 운전과 비상절차의 적용
7	N7	수색 구조	(운항) 해상에서의 조난신호에 대한 대응 (관리) 수색과 구조작업의 조정
8	N8	투표 양묘	(운항) 선박조종 (보조) 접안, 표박 그리고 다른 계류 작업에 대한 기여

Table 11 Cargo Management of mandatory minimum requirements for certification of master and officers on ships of 500 gross tonnage or more by STCW

번호	분류	명칭	STCW Section A-II/1, 2
9	C1	(접안) 화물 관리	(운항) 화물의 선적, 적부, 결속, 양하의 감시 및 항해 중 화물의 관리 (관리) 화물의 안전한 적재, 적부, 결속 및 항해중의 관리와 양하의 계획과 확보 (보조) 화물과 선용품 취급에 기여
10	C2	(접안) 화물 취급	(운항) 화물의 선적, 적부, 결속, 양하의 감시 및 항해 중 화물의 관리 (보조) 화물과 선용품 취급에 기여
11	C3	(접안) 화물 계획	(운항) 화물의 선적, 적부, 결속, 양하의 감시 및 항해 중 화물의 관리 (관리) 화물의 안전한 적재, 적부, 결속 및 항해중의 관리와 양하의 계획과 확보
12	C4	(접안) 선체 관리	(관리) 화물구역과 해치커버 및 평형수 탱크에 대하여 보고된 결함과 손상의 평가 및 적절한 조치를 취하기
13	C5	(접안) 로프 관리	(운항) 선박조종 (보조) 접안, 묘박 그리고 다른 계류 작업에 대한 기여
14	C6	(항해) 화물 관리	(운항) 화물의 선적, 적부, 결속, 양하의 감시 및 항해 중 화물의 관리 (관리) 화물의 안전한 적재, 적부, 결속 및 항해중의 관리와 양하의 계획과 확보
15	C7	(항해) 화물 취급	(운항) 화물의 선적, 적부, 결속, 양하의 감시 및 항해 중 화물의 관리 (관리) 화물의 안전한 적재, 적부, 결속 및 항해중의 관리와 양하의 계획과 확보 (관리) 위험화물의 운송 (보조) 화물과 선용품 취급에 기여
16	C8	(항해) 선체 점검	(운항) 화물 구역, 해치 커버 및 평형수 탱크의 결함과 손상 검사 및 보고 (관리) 화물구역과 해치커버 및 평형수 탱크에 대하여 보고된 결함과 손상의 평가 및 적절한 조치를 취하기

Table 12 Ship Management of mandatory minimum requirements for certification of master and officers on ships of 500 gross tonnage or more by STCW

번호	분류	명칭	STCW Section A-II/1, 2
17	M1	의약품	(운항) 선내 의료응급처치의 적용 (관리) 선내의 의료 제공에 관한 조직과 관리
18	M2	국제협약	(운항) 오염방지 요건의 준수 확보 (운항) 법적 강제사항의 준수를 감시 (관리) 해상인명안전과 해양환경보호를 위한 법적 요건과 조치에 따른 감시와 관리
19	M3	구명소화	(운항) 선내 방화, 화재제어 및 소화 (관리) 선박, 승무원과 여객의 안전과 보안 또한 생존, 소화 및 기타 안전시스템의 운전조건의 유지 (관리) 비상과 손상제어계획의 개발과 비상상황의 취급
20	M4	인사관리	(운항) 통솔력과 팀워크 기술의 적용 (운항) 사람과 선박의 안전에 대한 기여 (관리) 통솔력과 관리상의 기술의 사용
21	M5	감항성	(운항) 선박의 감항성 유지 (관리) 트립, 복원성, 응력의 관리
22	M6	구명설비	(운항) 구명설비의 운용 (관리) 비상과 손상제어계획의 개발과 비상상황의 취급 (보조) 생존정과 구조정의 운용
23	M7	선용품	(보조) 화물과 선용품 취급에 기여
24	M8	갑판기기	(보조) 갑판장비와 기기의 안전한 작업에 대한 기여 (보조) 선상 보수관리와 수리에 대한 기여

구분한 24가지의 선내 업무에 대한 정의는 아래와 같다.

(1) N1, 일반항해

항해위험요소(날씨, 선박 통항량, 장애물 등)가 거의 없어 항해 위험도가 낮은 항해 (예. 대양항해 등 원양구역 항해)

(2) N2, 주의항해

항해위험요소(날씨, 선박 통항량, 장애물 등)가 존재하여 필요시 조치를 취하는 항해 위험도가 중간인 항해 (예. 대양항해 중 어선군 조우, 기상예보 나뭇, 조종성능 저하, 연해/근해구역 항해)

(3) N3, 위험항해

항해위험요소(날씨, 선박 통항량, 장애물 등)가 다수 존재하여 적극적인 조치를 취해야 하는 항해 위험도가 높은 항해 (예. 협수도 및 저수심 구간 항해, 주변 통항량 증가, 기상상태 악화, 조종불능, 평수구역 항해)

(4) N4, 선위확인

선박의 정확한 위치 확인

(5) N5, 항로선정

현재 위치에서 목적지까지 위험요소(날씨예보, 저수심 지역, 위험구역 등)와 선박 조종성능을 고려하여 가장 빠르고, 안전한 항로를 선정

(6) N6, 비상대응

항해 중 비상상황(화재, 폭발, 침수 등)에 대응

(7) N7, 수색구조

본선 주변에서 Distress signal 수신 시 Search And Rescue 시행

(8) N8, 투묘양묘

묘박지에서 투묘 및 양묘 절차 시행

(9) C1, (접안)화물관리

접안 중 화물의 적부, 결속 확인

(10) C2, (접안)화물취급

접안 중 화물의 상태(온도, 습도 등) 확인

(11) C3, (접안)화물계획

접안 중 화물 적·양하 순서 및 상태 확인

(12) C4, (접안)선체관리

접안 중 선박의 Shear Force, Bending Moment, Trim 및 Heeling 등을 관리

(13) C5, (접안)로프관리

접안 중 부두와 연결된 Mooring Rope 상태 및 장력 확인

(14) C6, (항해)화물관리

항해 중 화물 적부, 결속 확인

(15) C7, (항해)화물취급

항해 중 화물의 취급 (온도, 습도, Gas 농도, Bilge 등)

(16) C8, (항해)선체점검

Water Ballast Tank, Cargo Hold 및 Void Space(Double Bottom Tank, Cofferdam, Bilge Box) 등 이상 여부 확인

(17) M1, 의약품

선내 의약품 관리

(18) M2, 국제협약

선박의 국제협약(SOLAS, LL, MARPOL 등) 준수 확인

(19) M3, 구명소화

LSA (Life Saving Appliances) Code 및 FSS (Fire Safety Systems) Code 준수 확인

(20) M4, 인사관리

원만한 선내업무가 이뤄질 수 있도록 선내 인사 관리

(21) M5, 감항성

항해 중 선박의 Shear Force, Bending Moment, Trim 및 Heeling 등을 관리

(22) M6, 구명설비

SOLAS Chapter III Life-Saving Appliances and Arrangements 운용과 취급

(23) M7, 선용품

선내 Store, Spare 및 Provision 등을 관리

(24) M8, 갑판기기

갑판 기기의 유지 보수

이러한 업무를 그림으로 나타내면 아래와 같다.

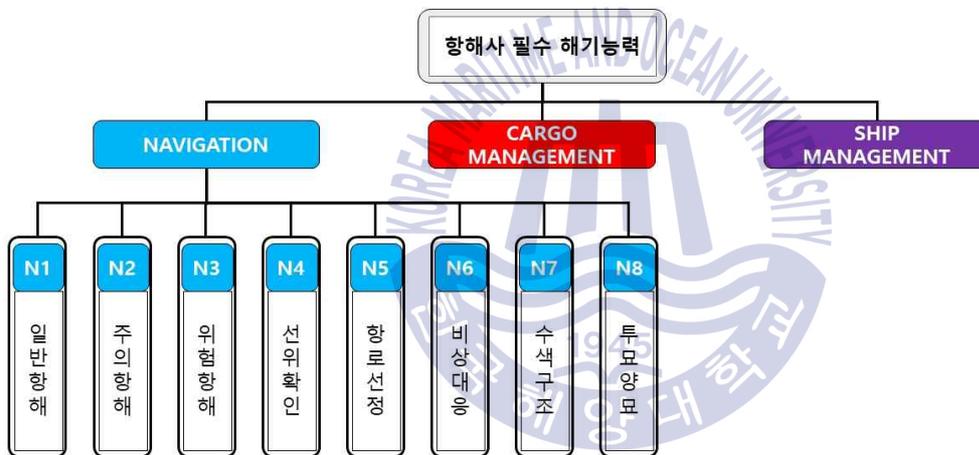


Fig. 16 Navigation of mandatory minimum requirements for certification of master and officers on ships of 500 gross tonnage or more by STCW

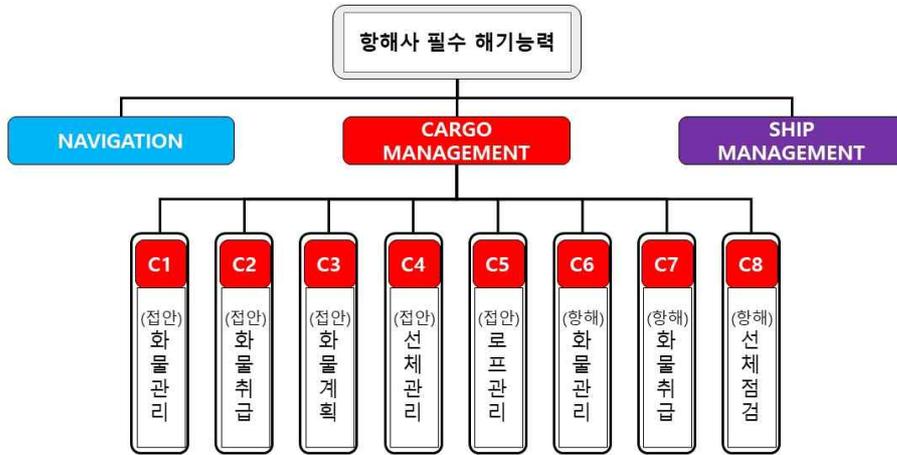


Fig. 17 Cargo Management of mandatory minimum requirements for certification of master and officers on ships of 500 gross tonnage or more by STCW

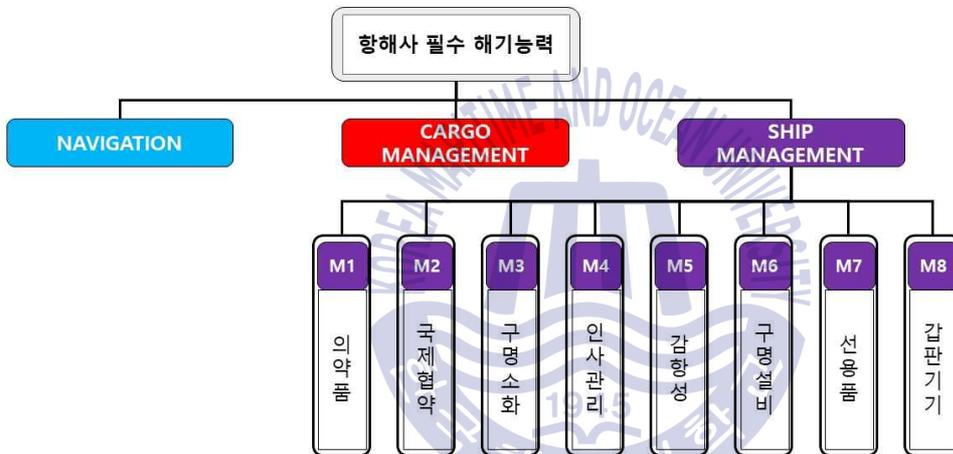


Fig. 18 Ship Management of mandatory minimum requirements for certification of master and officers on ships of 500 gross tonnage or more by STCW

Fig. 16~18을 종합하여 도식화하면 아래와 같이 나타낼 수 있다.



Fig. 19 24 Duties of the Ship

업무별 구분에 따라 STCW에 따른 24개의 업무를 자율운항선박 등급별로 어떻게 변화될 것인지를 아래와 같이 확인하였다.

업무가 진행되는 단계는 PDCA 사이클을 활용하였다. PDCA 사이클은 1920년 통계 전문가 슈하르트가 도입한 Plan(계획), Do(실행), See(평가) 개념으로부터 시작하여 미국의 통계학자인 Deming에 의해 수정되었다. 지속적인 품질 개선을 위한 모델로 지속적인 개선 및 학습을 위한 Plan(계획), Do(실행), Check(평가), Act(개선)의 4가지 반복적 단계를 논리적 순서로 연결된 것이다. (Lee & Choi, 2016) 이를 자율운항선박에 맞도록 SPDC 단계로 바꾸었다. Situation awareness(상황인지), Plan(계획), Do(실행), Check(평가)로 하여 24개의 업무를 등급별, 단계별로 나누어 보았다. 각 단계별에서 실시하는 업무 주체를 아래와 같이 5가지로 구분하였다.

- (1) HO (Human Onboard Control): 승선한 선원이 운항
- (2) HR (Human Remote Control): 육상관제센터에서 사람이 원격 운항

(3) HM (Human Monitoring Operation): 육상관제센터에서 사람이 원격 감시

(4) AI (Artificial Intelligence): 선박 스스로 판단하여 운항

이렇게 구분된 업무를 각 단계별로 승선한 선원이, 원격으로 운항하는 사람이, 감시하는 사람이 혹은 인공지능에 의한 자동으로 처리가 될 것인지를 구분하기 위해 델파이 (Delphi) 기법을 이용하였다. 델파이기법은 전문적 견해에 근거하여 미래예측을 시도하는 방법으로 추정하려는 문제에 관한 정보가 없을 경우 두 사람의 의견이 한 사람의 의견보다 정확하다는 의사결정 논리에 근거를 두고 있다. 2018년 01월부터 02월까지 매주 해운분야 박사 및 관련 업체 등이 모여 이에 대해서 논의하였고, 2018년 06월 2차 전문가 논의를 진행하였다. 참가자의 최소 해운 관련 경력은 5년으로 승무 경험 및 해운 관련 지식을 보유한 전문가로 그룹으로 구성하였다.



Fig. 20 Expert Discussion for Delphi Technique

선내 업무 - 1. N1 / 일반 항해

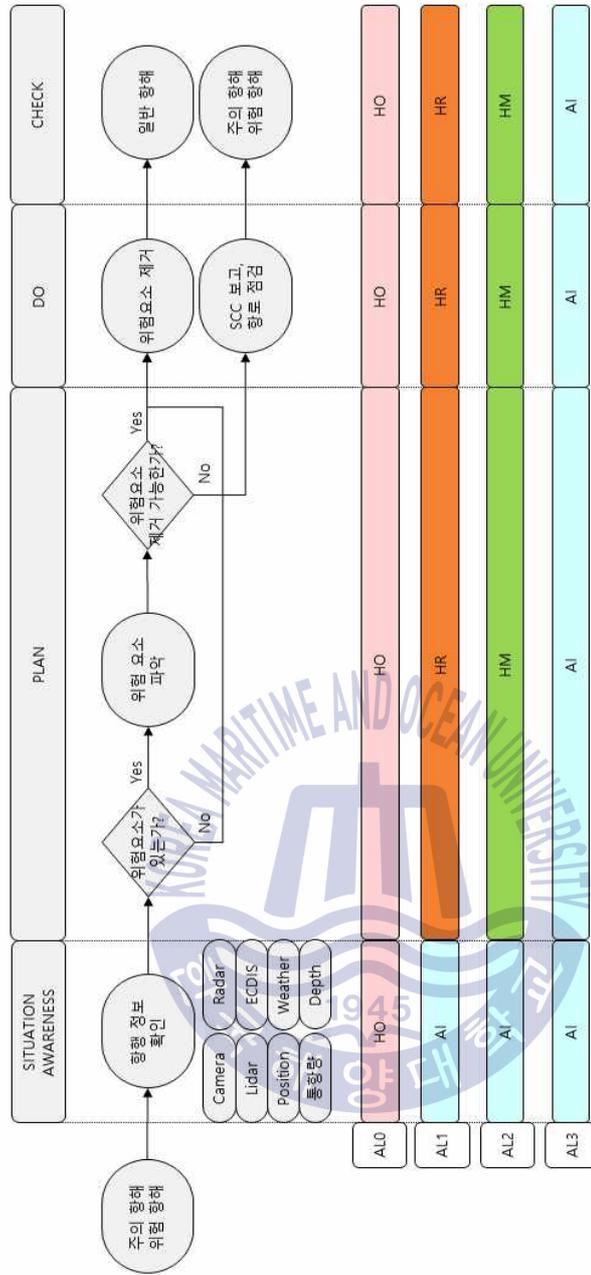


Fig. 21 N1 Common Navigation

선내 업무 - 2. N2 / 주의 항해

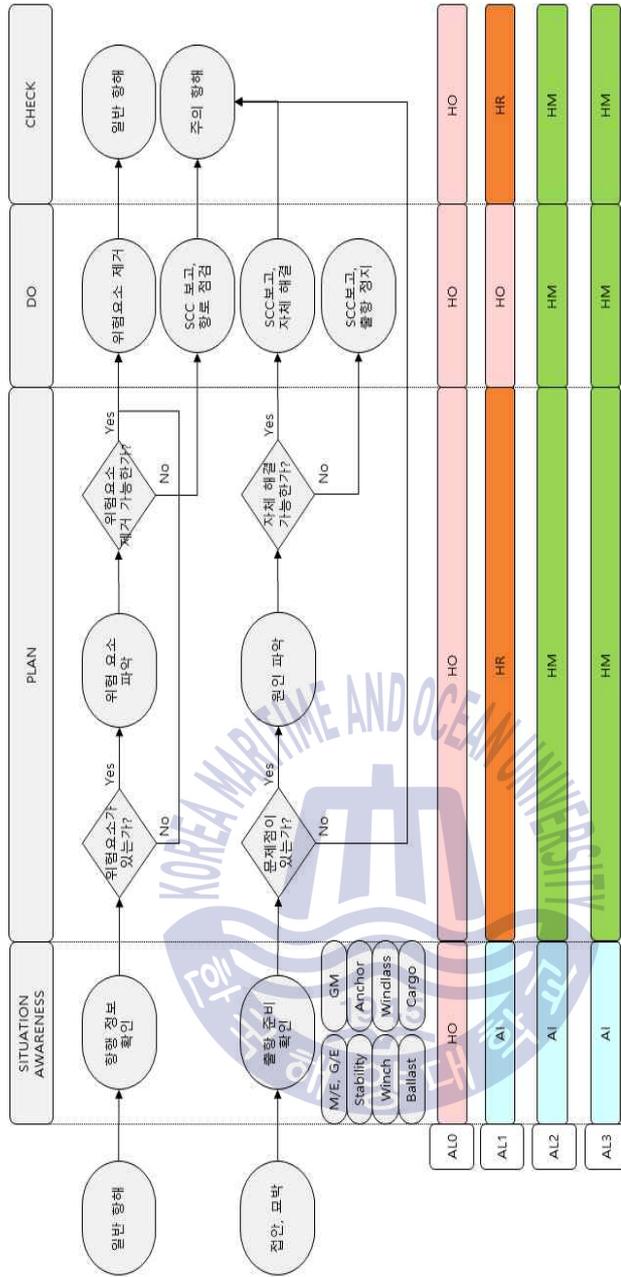


Fig. 22 N2 Caution Navigation

선내 업무 - 3. N3 / 위험 항해

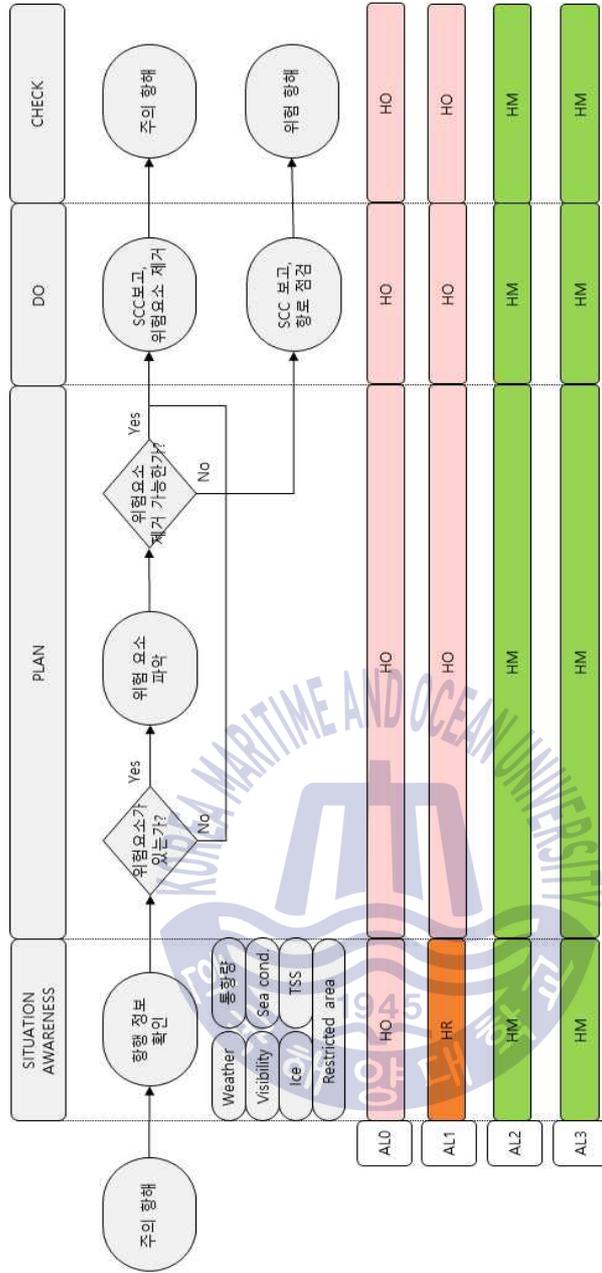


Fig. 23 N3 Danger Navigation

선내 업무 - 4. N4 / 선위 확인

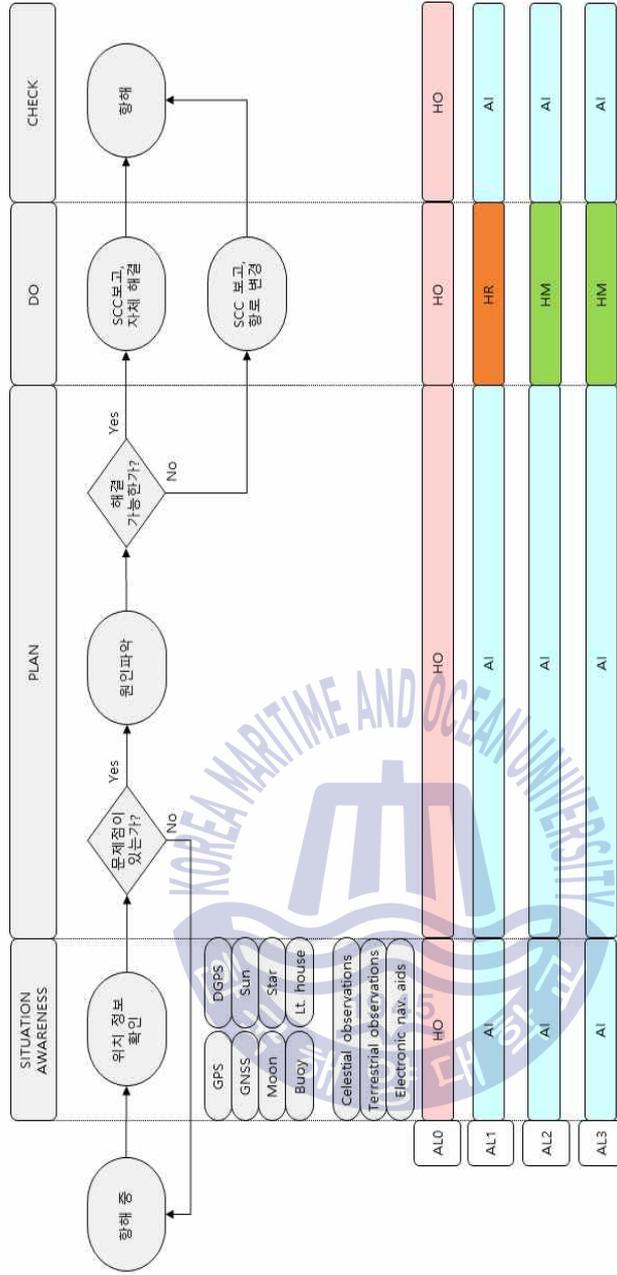


Fig. 24 N4 Position Check

선내 업무 - 5. N5 / 항로 선정

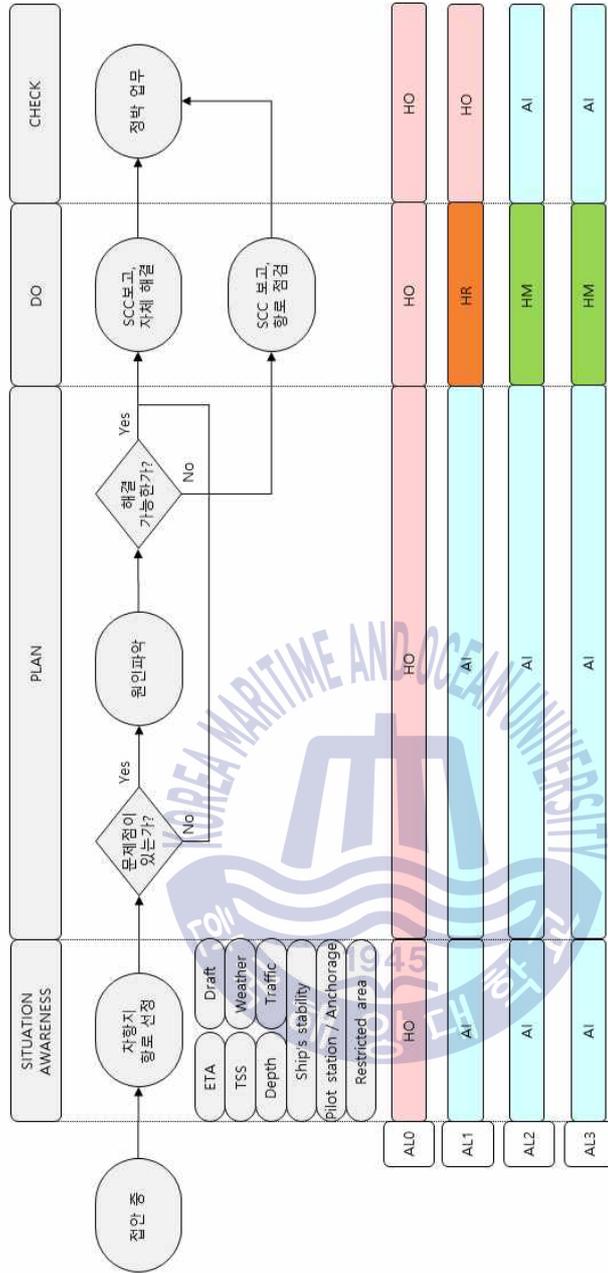


Fig. 25 N5 Passage Plan

선내 업무 - 6. N6 / 비상 대응

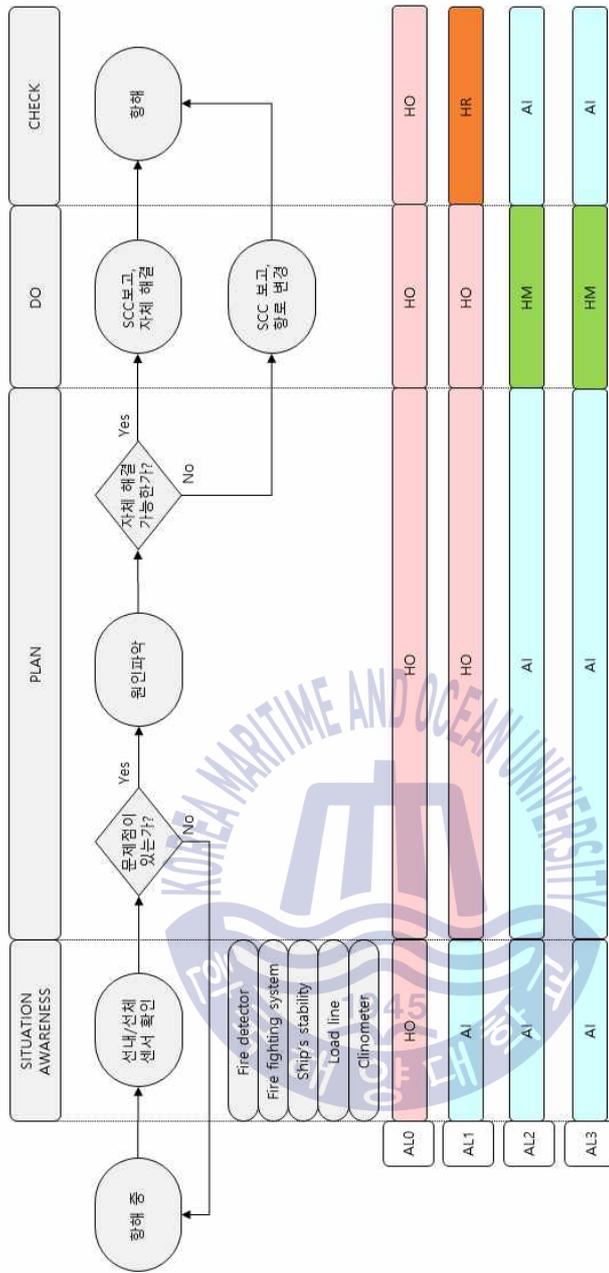


Fig. 26 N6 Emergency Response

선내 업무 - 7. N7 / 수색 구조

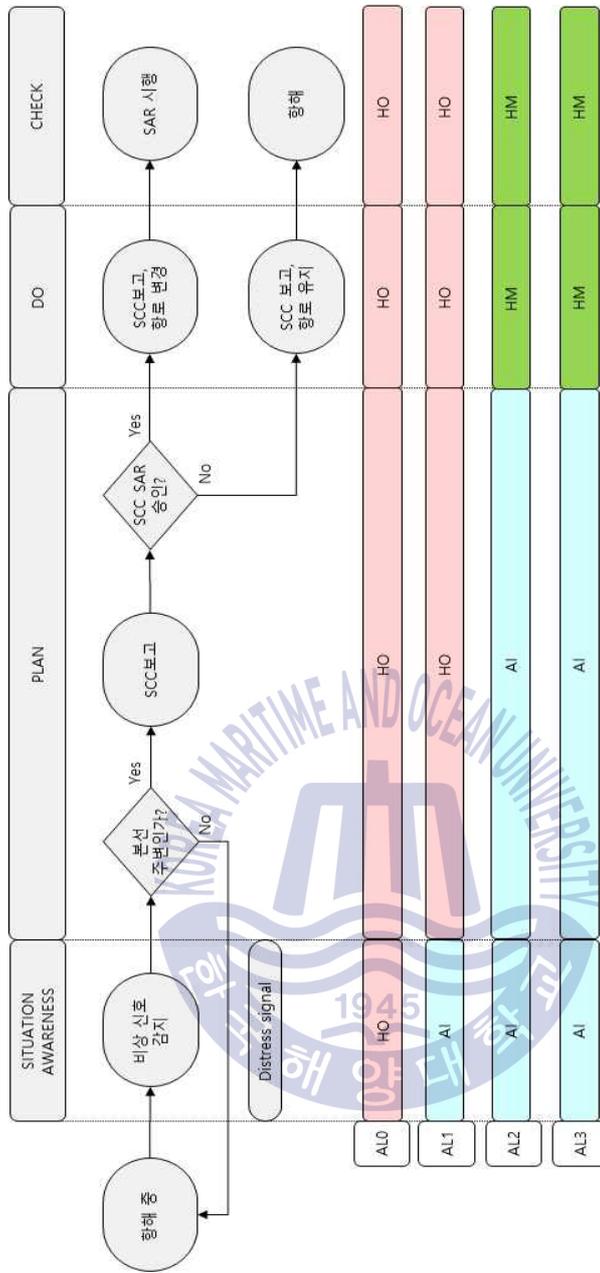


Fig. 27 N7 Search And Rescue

선내 업무 - 8. N8 / 투묘양묘

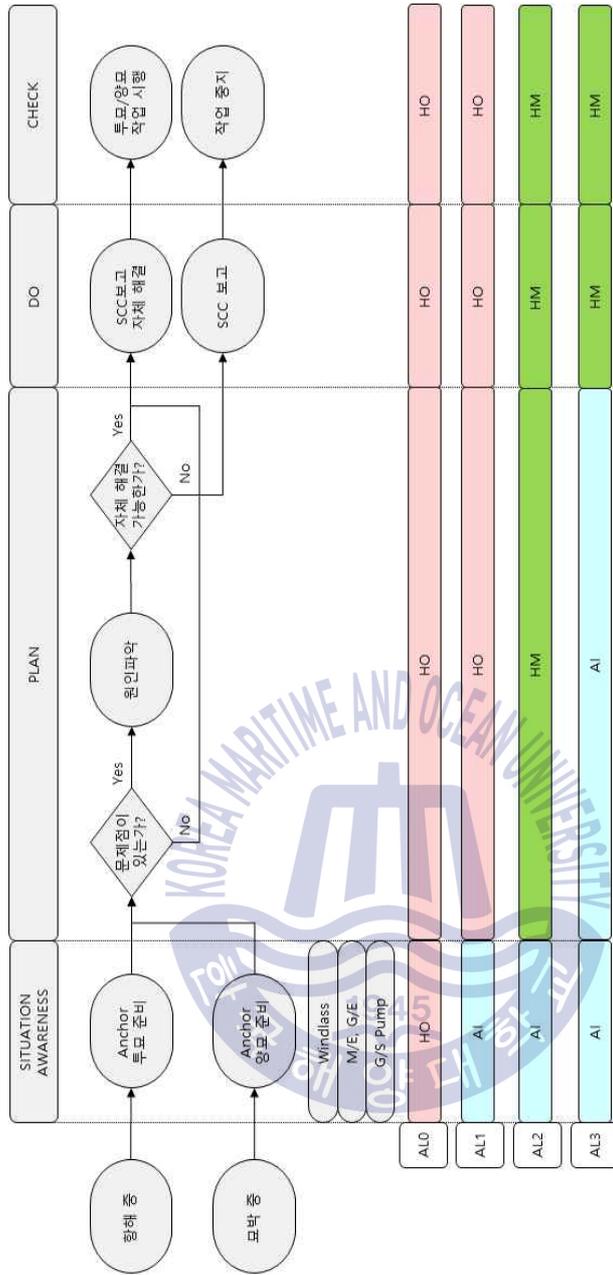


Fig. 28 N8 Anchoring

선내 업무 - 9. C1 / 접안 중, 화물 관리

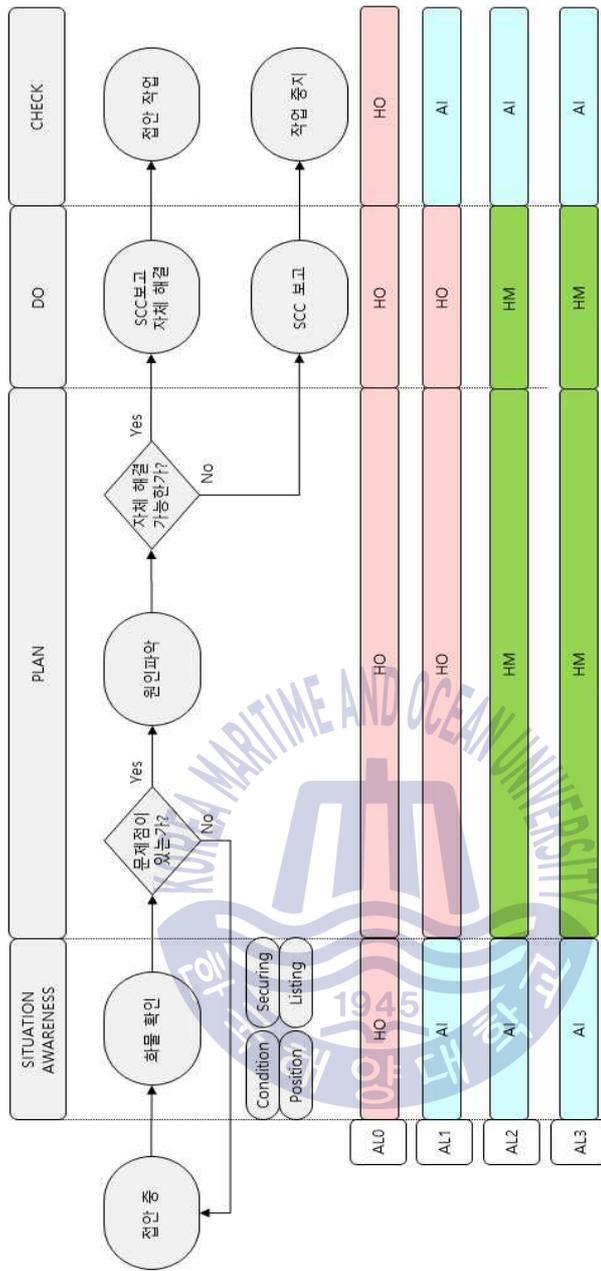


Fig. 29 C1 Cargo Management during Berth

선내 업무 - 10. C2 / 점안 중, 화물 취급

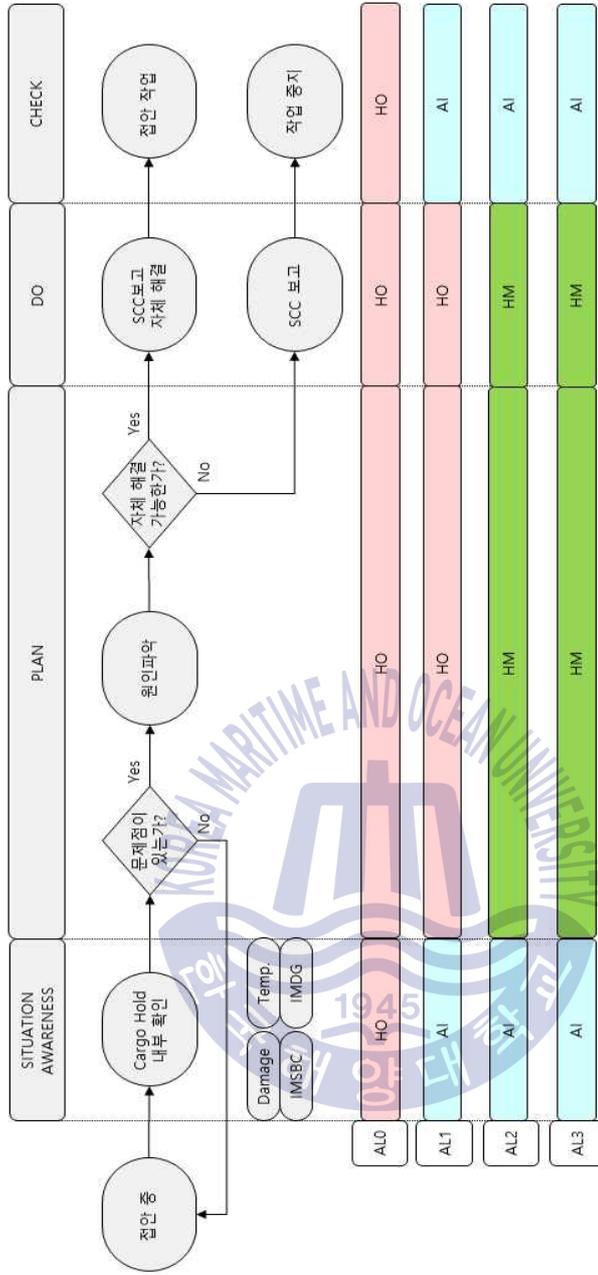


Fig. 30 C2 Cargo Condition during Berth

선내 업무 - 11. C3 / 접안 중, 화물 계획

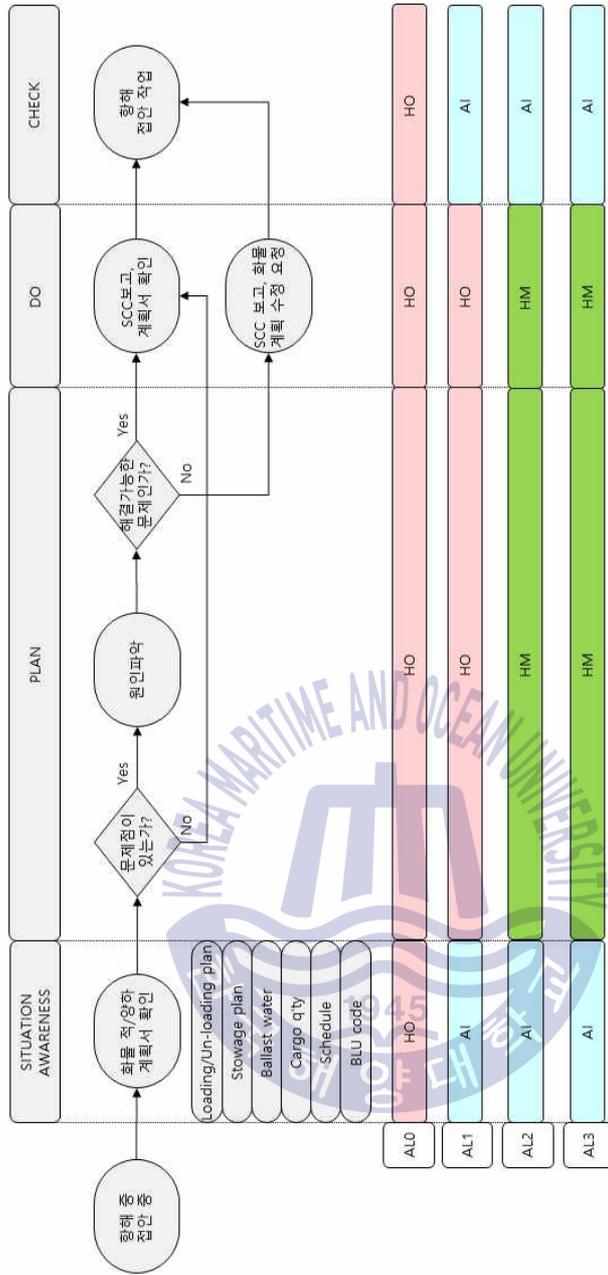


Fig. 31 C3 Stowage Plan

선내 업무 - 12. C4 / 접안 중, 선체 관리

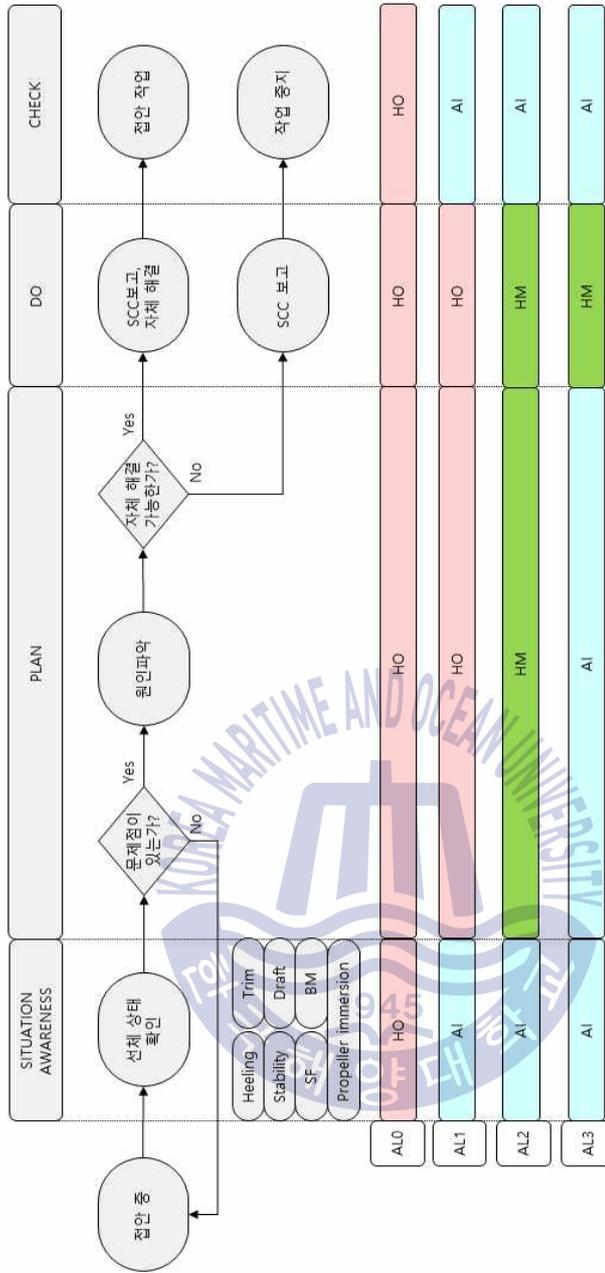


Fig. 32 C4 Ship Stability

선내 업무 - 13. C5 / 접안 중, 로프 관리

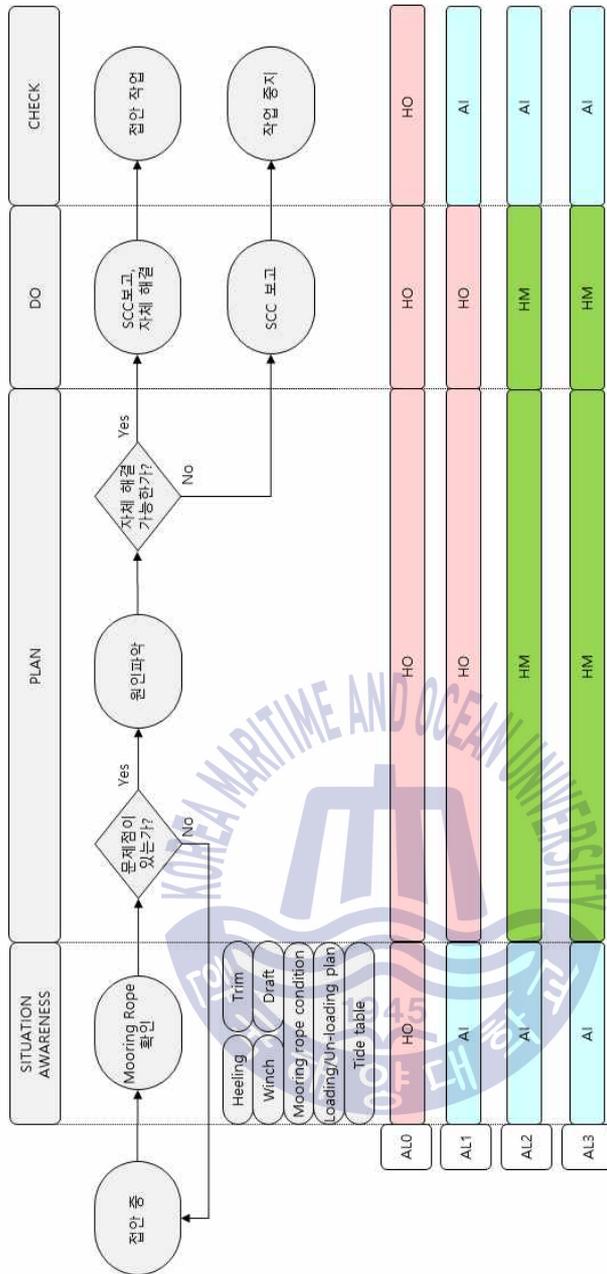


Fig. 33 C5 Mooring Rope Management

선내 업무 - 14. C6 / 항해 중, 화물 관리

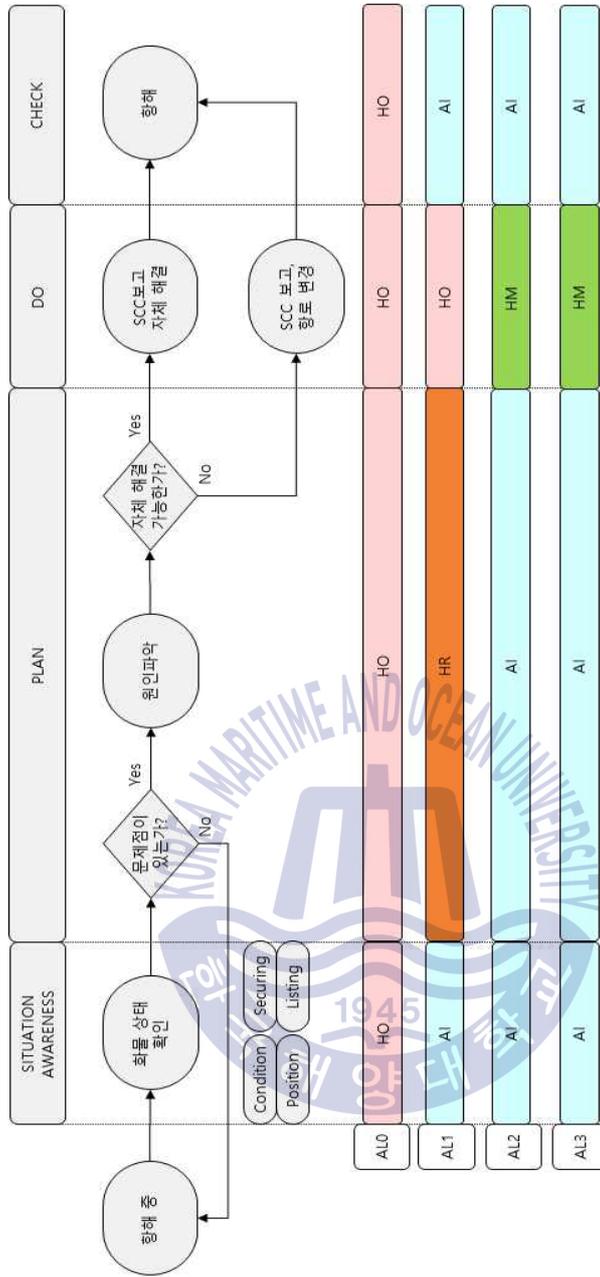


Fig. 34 C6 Cargo Management during Sailing

선내 업무 - 15. C7 / 항해 중, 화물 취급

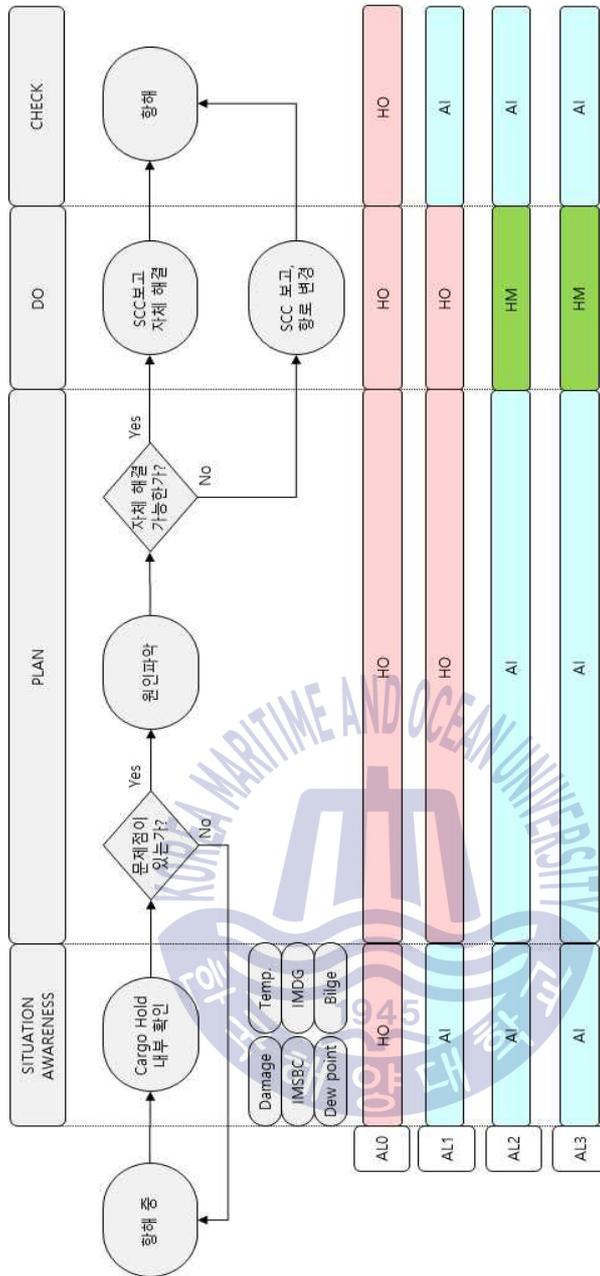


Fig. 35 C7 Cargo Condition during Sailing

선내 업무 - 16. C8 / 선체 점검

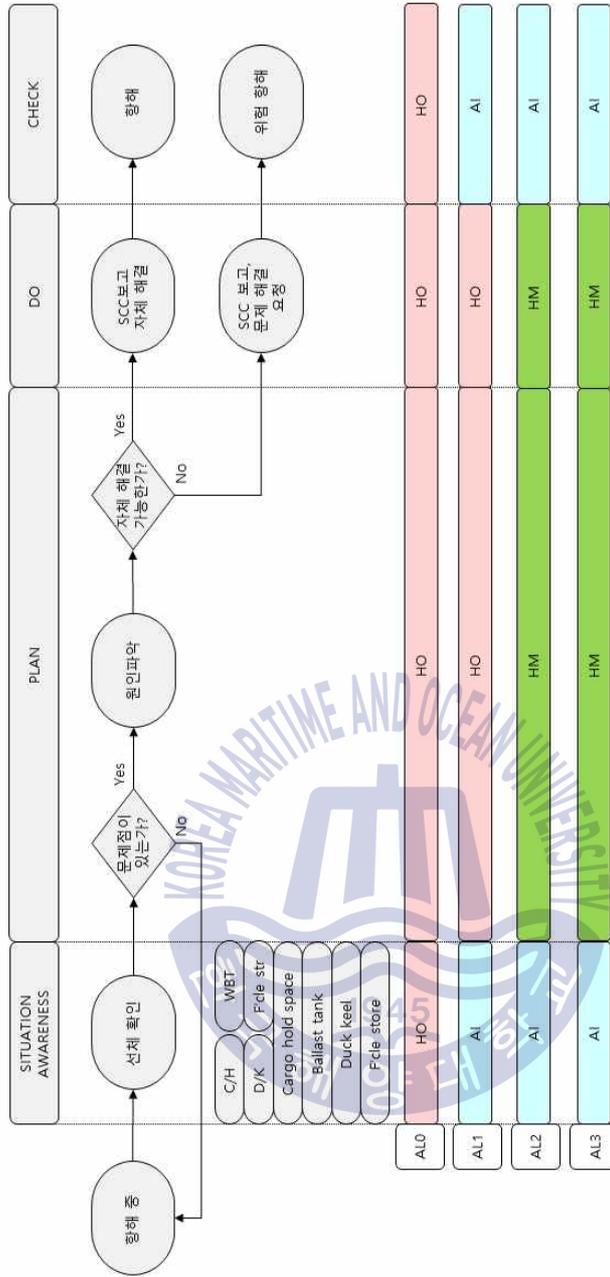


Fig. 36 C8 Ship's Condition

선내 업무 - 17. M1 / 의약품 관리 및 응급처치

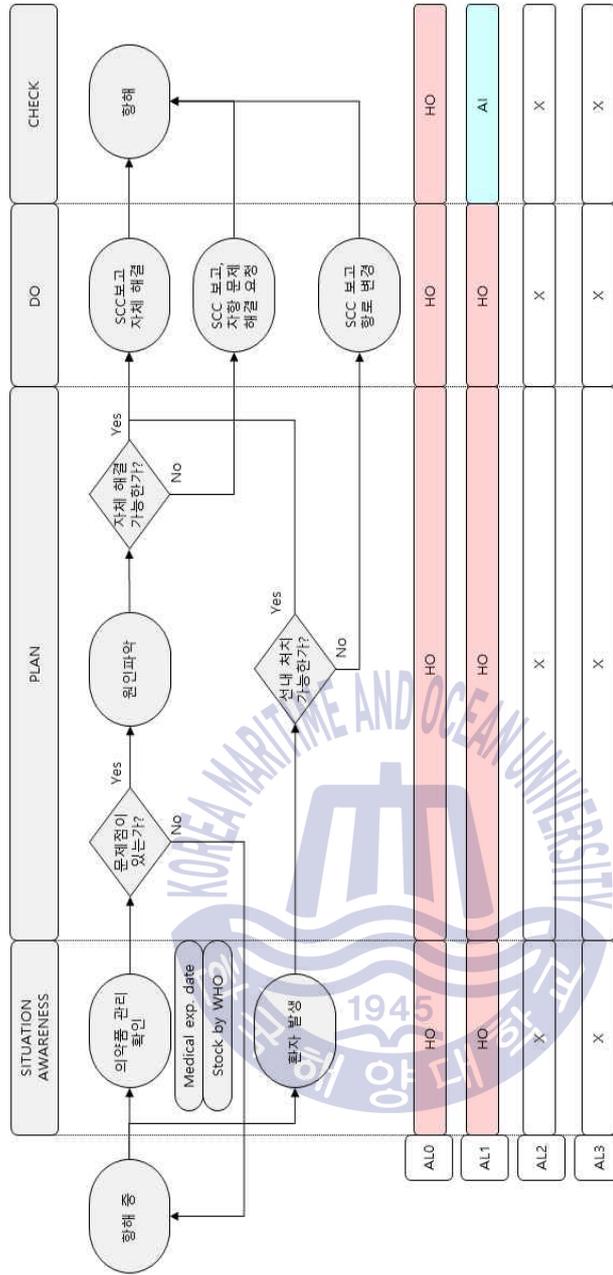


Fig. 37 M1 Medicine And First Aid

선내 업무 - 18. M2 / 국제협약준수

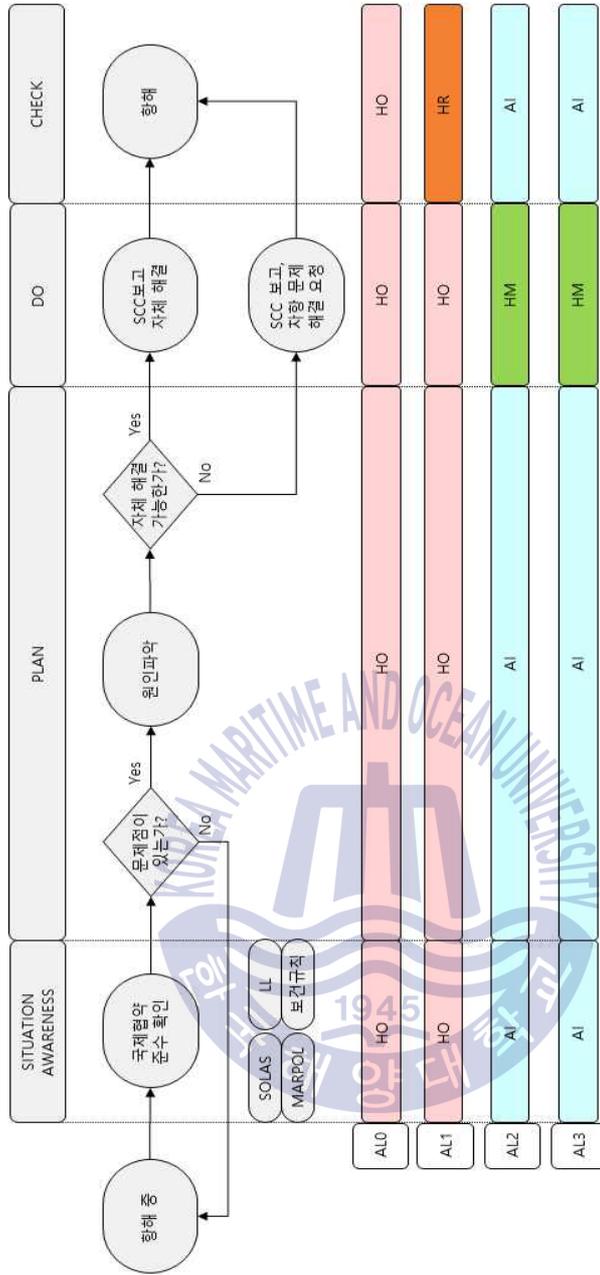


Fig. 38 M2 International Regulation and Convention

선내 업무 - 19. M3 / LSA, FSS 준수

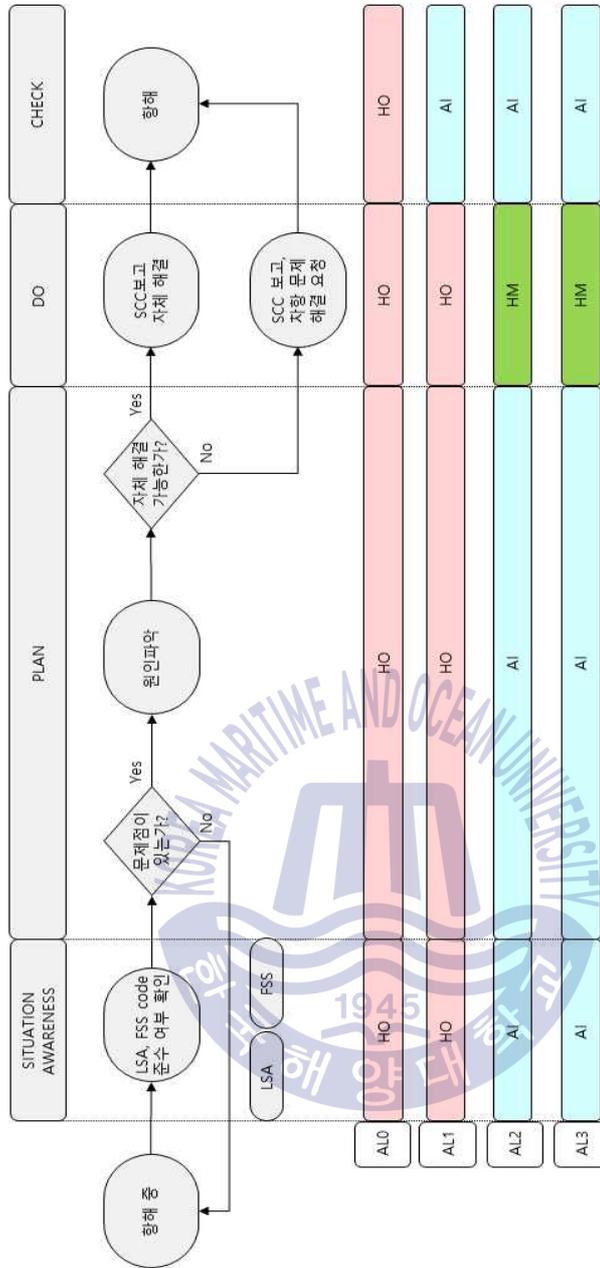


Fig. 39 M3 Life Saving Appliances and Fire Safety Systems

선내 업무 - 20. M4 / 인사관리 및 훈련

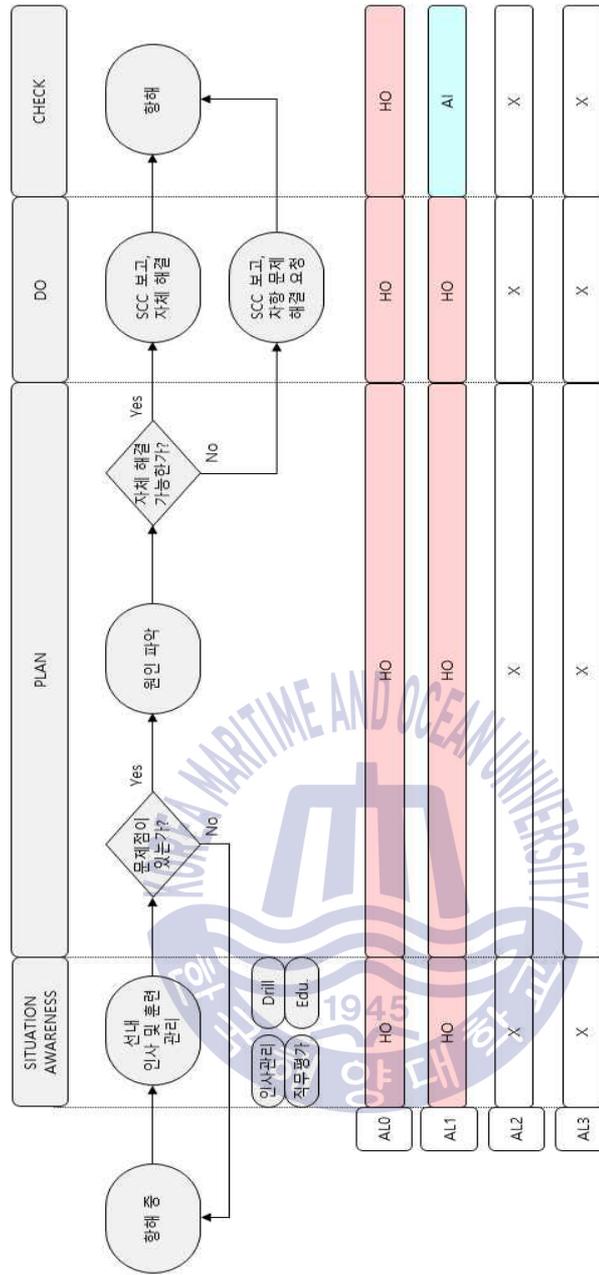


Fig. 40 M4 Human Resource Management and Training/Drill

선내 업무 - 21. M5 / 선박의 감항성 유지

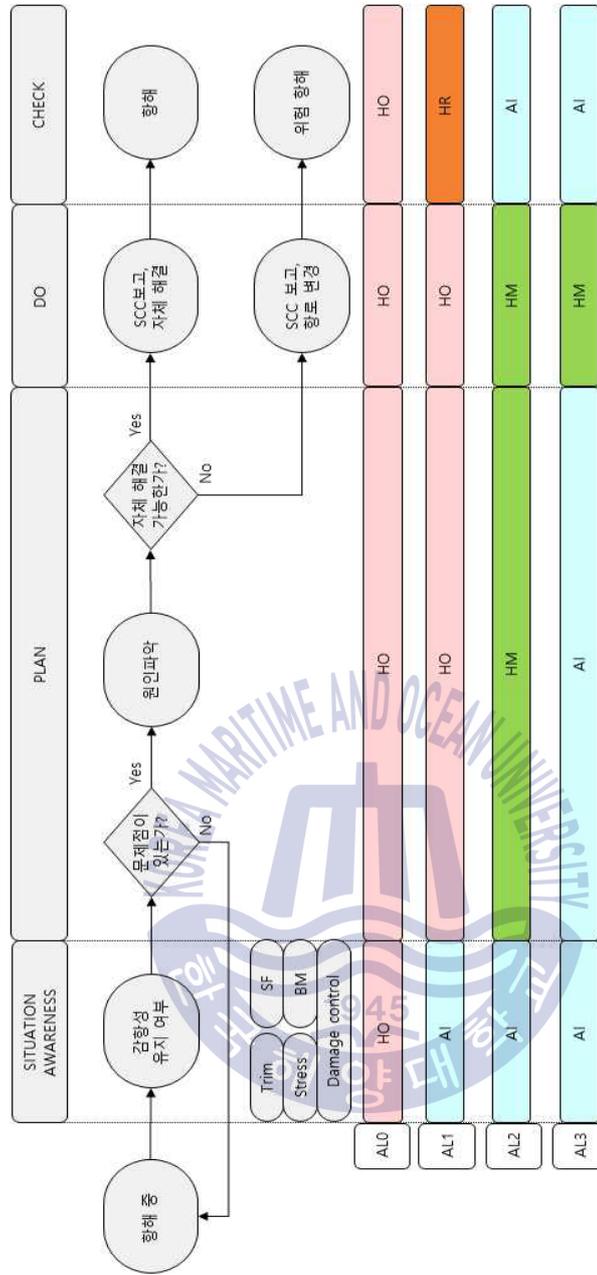


Fig. 41 M5 Seaworthiness of the Ship

선내 업무 - 22. M6 / 구명설비유용

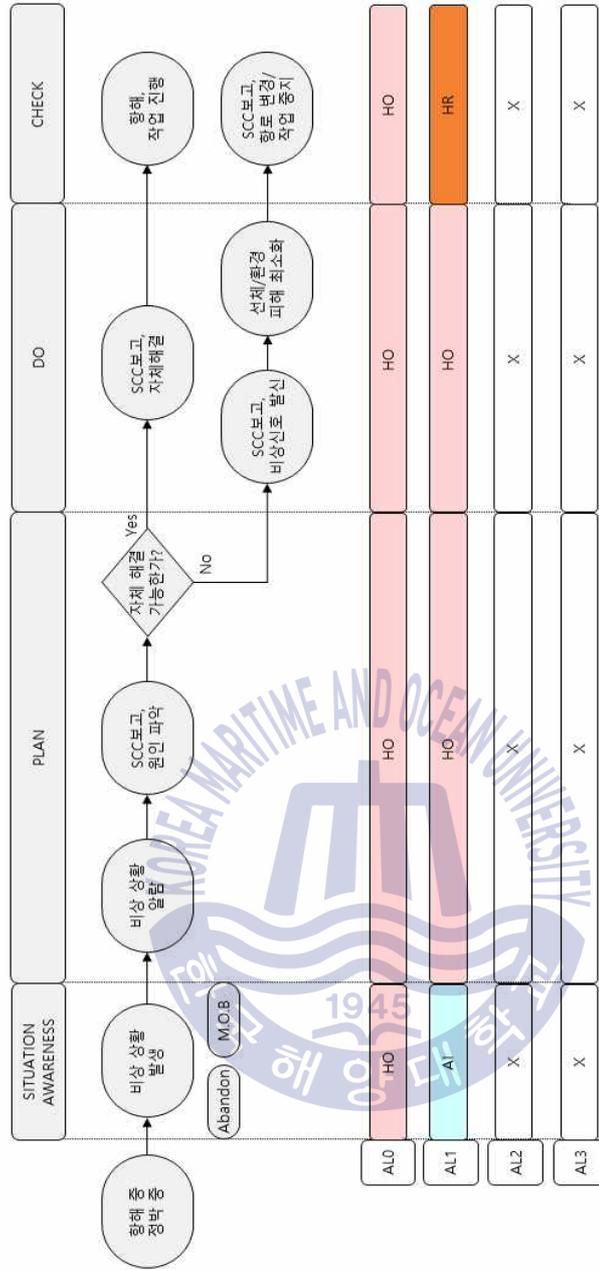


Fig. 42 M6 Life-Saving Equipment

선내 업무 - 23. M7 / 선용품, 기부속, 부식

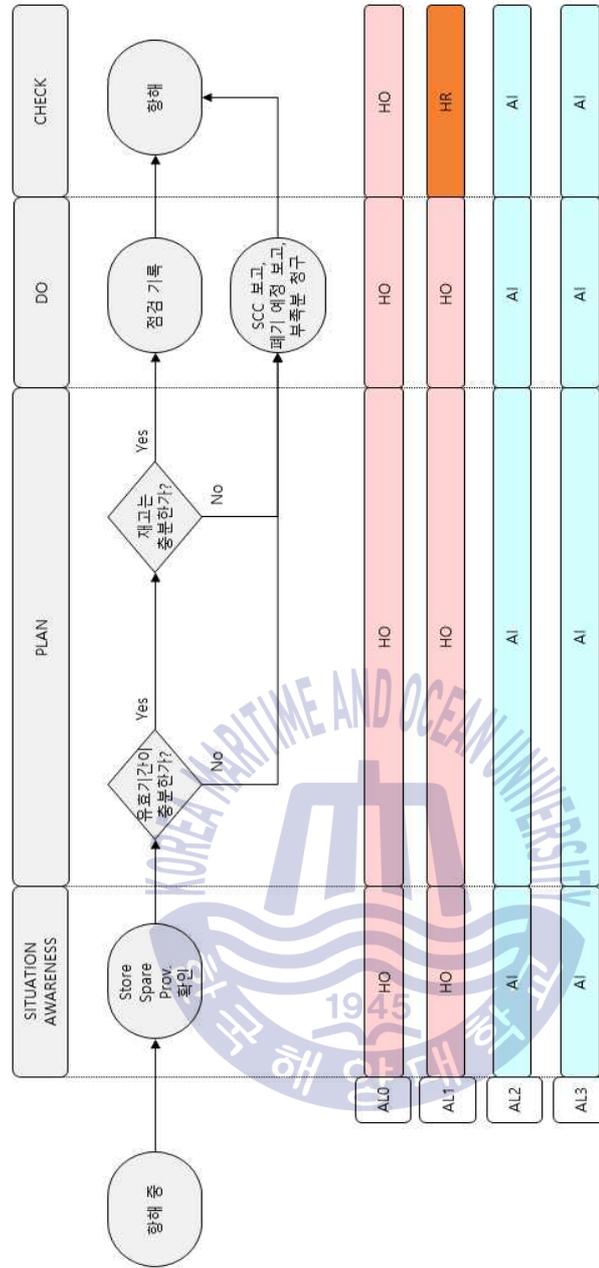


Fig. 43 M7 Ship's Store, Provision and Spare part

선내 업무 - 24. M8 / 선체, 갑판 기기 정비 및 관리

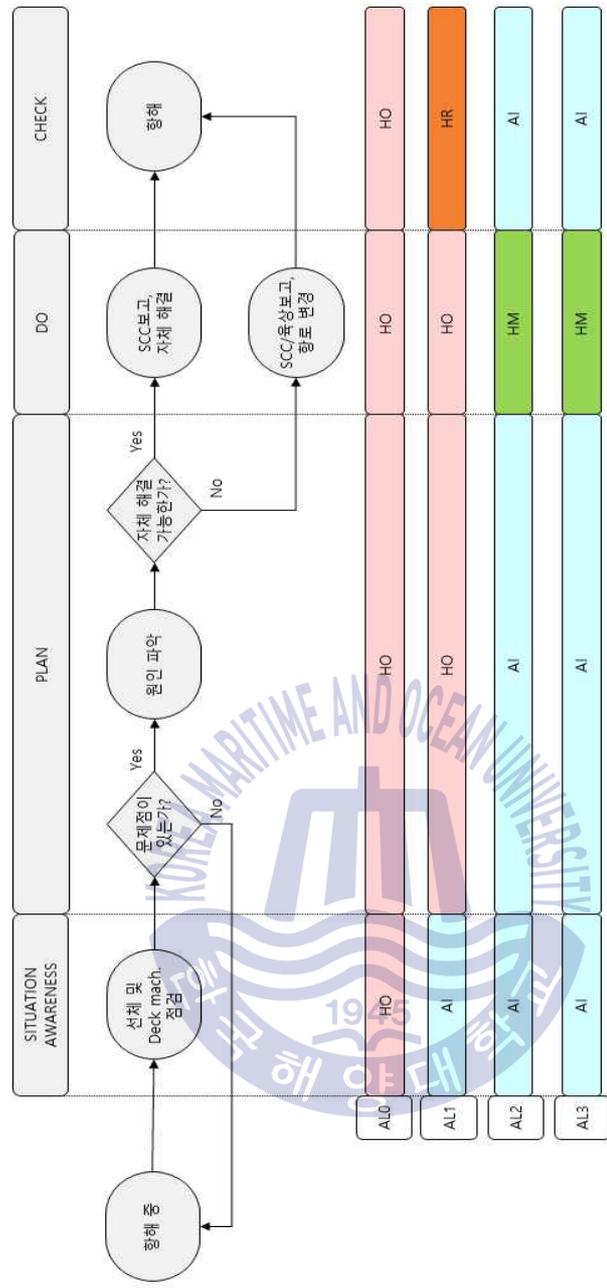


Fig. 44 M8 Deck Machinery Maintenance

총 24개의 업무를 3개의 항목으로 구분하여 업무 처리별로 아래와 같이 도식화 하였다.

Navigation															
N1 일반항해				N2 주의항해				N3 위험항해				N4 선위확인			
AL0				AL0				AL0				AL0			
AL1				AL1				AL1				AL1			
AL2				AL2				AL2				AL2			
AL3				AL3				AL3				AL3			
N5 항로선정				N6 비상대응				N7 수색구조				N8 투묘양묘			
AL0				AL0				AL0				AL0			
AL1				AL1				AL1				AL1			
AL2				AL2				AL2				AL2			
AL3				AL3				AL3				AL3			

Fig. 45 Working step of Navigation

Cargo Management															
C1 (집안) 화물 관리				C2 (집안) 화물 취급				C3 (집안) 화물 계획				C4 (집안) 선체 관리			
AL0				AL0				AL0				AL0			
AL1				AL1				AL1				AL1			
AL2				AL2				AL2				AL2			
AL3				AL3				AL3				AL3			
C5 (집안) 로프 관리				C6 (항해) 화물 관리				C7 (집안) 화물 계획				C7 (집안) 화물 계획			
AL0				AL0				AL0				AL0			
AL1				AL1				AL1				AL1			
AL2				AL2				AL2				AL2			
AL3				AL3				AL3				AL3			

Fig. 46 Working Step of Cargo Management

Ship Management															
M1 의 약 품				M2 국제협약				M3 구명소화				M4 인사관리			
AL0				AL0				AL0				AL0			
AL1				AL1				AL1				AL1			
AL2				AL2				AL2				AL2			
AL3				AL3				AL3				AL3			
M5 감 항 성				M6 구명설비				M7 선 용 품				M8 갑판기기			
AL0				AL0				AL0				AL0			
AL1				AL1				AL1				AL1			
AL2				AL2				AL2				AL2			
AL3				AL3				AL3				AL3			

Fig. 47 Working Step of Ship Management

24개의 업무가 Autonomous Level 4단계, SPDC 4단계로 총 96개의 업무 단계가 된다. AL0 (MAnual Ship)와 AL1 (REmote Ship)에서는 24개의 업무가 SPDC 4단계로 총 96개의 업무 단계가 하나의 Autonomous Level에서 발생한다. AL2 (MOnitoring Ship)와 AL3 (AUtonomous Ship)에서는 3개의 업무가 사라질 것으로 예상되어 24개의 업무가 21개가 되고 절차가 SPDC 4단계로 총 84개의 업무 단계가 구분된다. 이를 도식화하면 Fig. 48과 같다.

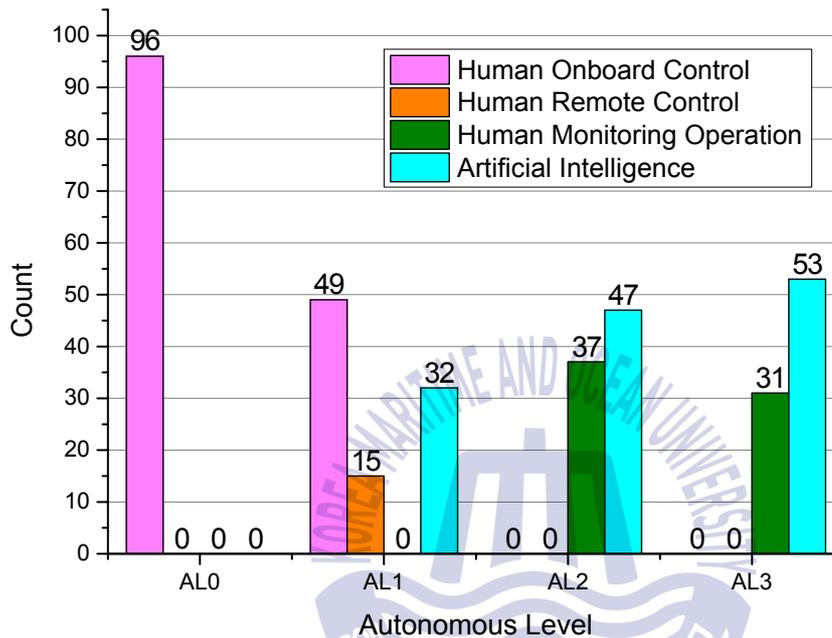


Fig. 48 County Duty Number by Autonomous Level

자율운항등급이 올라갈수록 사람이 관여하는 업무는 줄어들고 AI의 비중이 늘어남을 알 수 있다. 이를 자율운항선박 등급별 업무 비중을 도식화해보았다. AL0 (MAnual Ship) 단계는 완전수동선박으로 모든 업무를 선원들이 관여한다고 하였기 때문에 Pie Chart에서 제외하였다.

Fig. 49에서 표시한 AL1 (REmote Ship) 단계에서는 선박에 최소인원으로 승선하고 있어서 원격운항이 가능하나 승선하고 있는 선원이 업무를 확인하는 비중이 높음을 알 수 있다. 업무 처리 순위는 HO 49 (51.04%), AI 32 (33.33%), HR 15 (15.63%)로 나타난다.

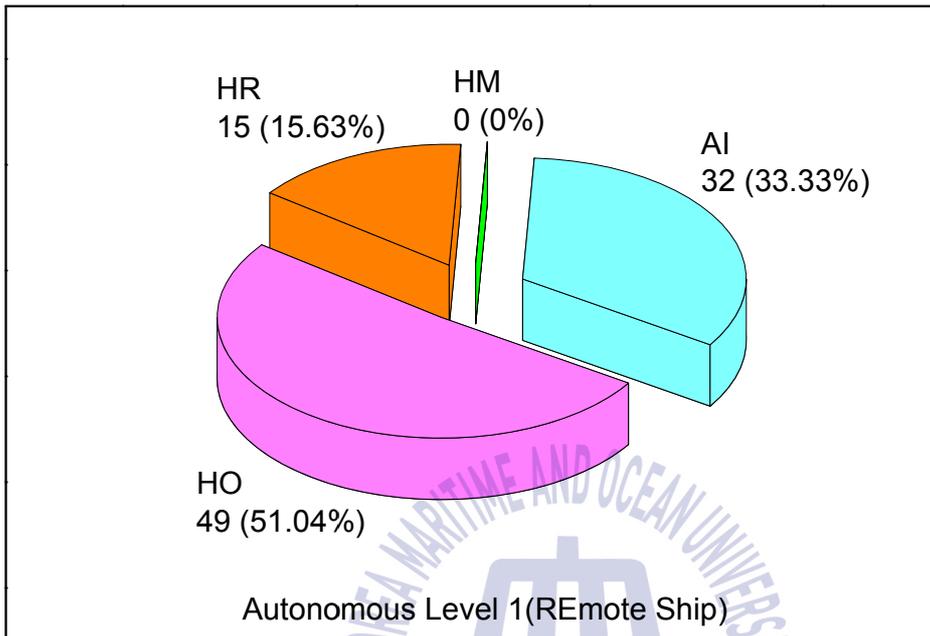


Fig. 49 Pie Chart for Autonomous Level 1

AL2 (MOnitoring Ship) 단계에서는 선박 무인화가 이루어지고 대부분의 업무가 AI에 의해서 처리되므로 승선한 선원은 없지만 선박 업무의 감시를 통해 지속적으로 확인해야하는 업무가 계속 존재하는 것으로 나타났다. 업무 처리별 순위는 AI 47 (55.95%), HM 33 (44.05%)로 나타났다.

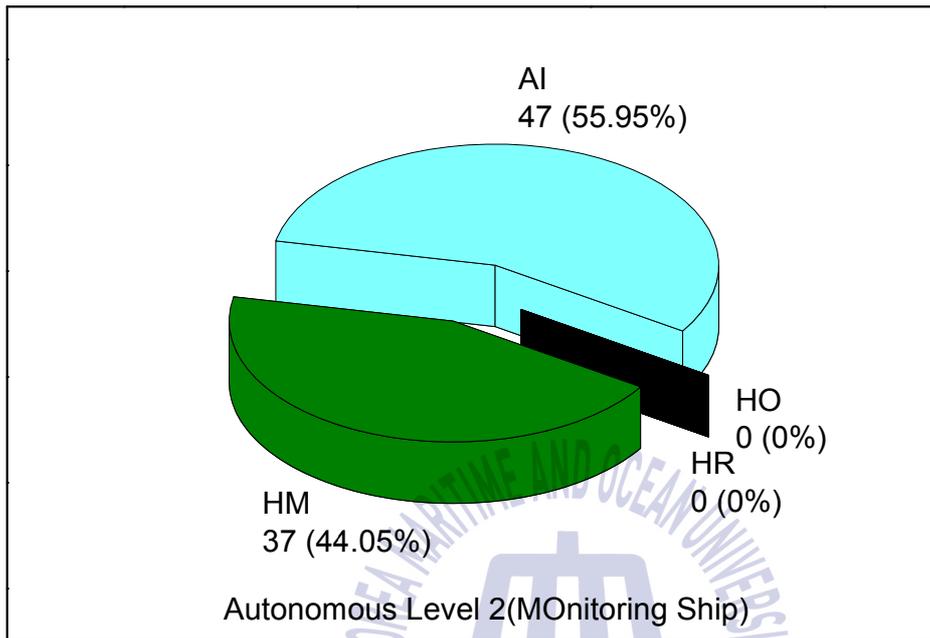


Fig. 50 Pie Chart for Autonomous Level 2

AL3 (AUtonomous Ship) 단계에서는 AL2 (MOonitoring Ship) 단계보다 더 많은 업무가 자동화되어 사람이 감시하는 업무도 줄어들 것으로 예상된다. 업무 처리별 순위는 AI 53 (63.10%), HM 31 (36.90%)로 나타났다.

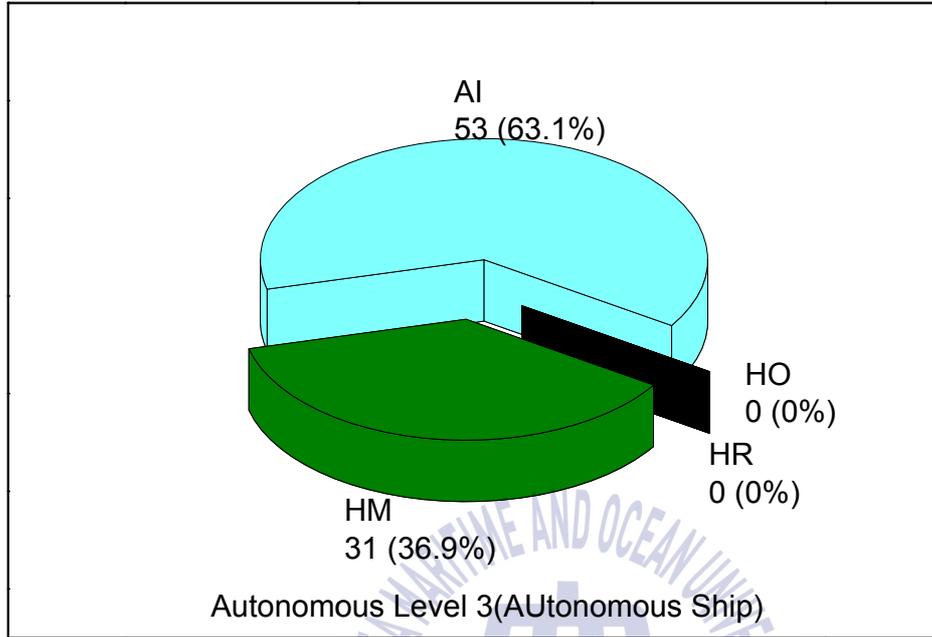


Fig. 51 Pie Chart for Autonomous Level 3

각 레벨별로 표시된 것을 종합해서 그래프로 그래보면 Fig. 52과 같이 나타난다.

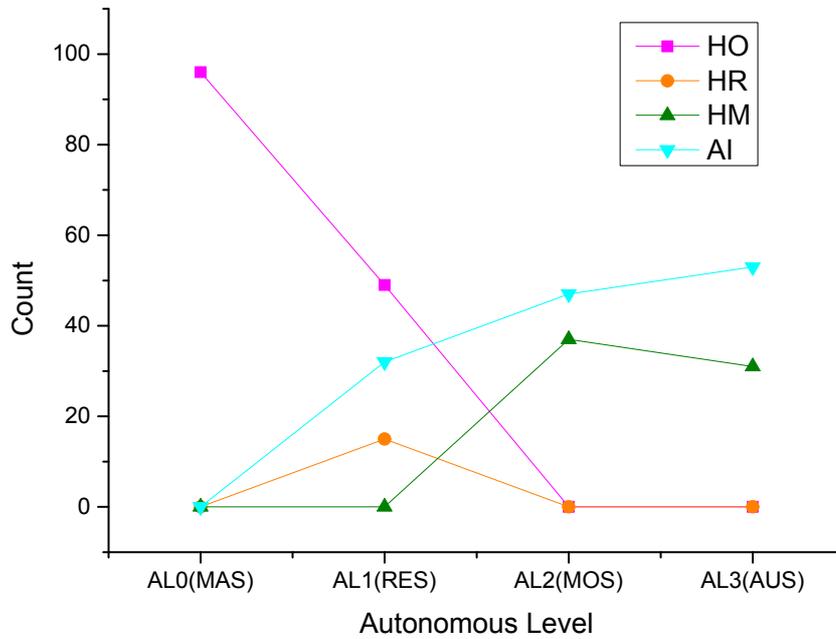


Fig. 52 Ship' s work count by Autonomous Level

이를 통해 감시운항선박 (AL2, MOnitoring Ship) 또는 자율운항선박 (AL3, AUtonomous Ship)이 출현하더라도 통상적인 업무는 AI를 통해 시스템으로, 항해 중 또는 정박 중 비상 상황이 발생할 경우 사람의 확인이 필요할 것으로 예상되므로 선박의 자율화 등급이 올라가더라도 완전한 인력(人力) 제로화(化)는 어려울 것으로 예상된다.

완벽한 자동화가 가능한 업무는 N1 (일반항해), M7 (선용품) 2개로 최종 단계인 자율운항선박 (AL3, AUtonomous Ship)에서 가능한 것으로 사료된다

선박의 무인화가 이루어지는 감시운항선박 (AL2, MOnitoring Ship)부터 M1 (의약품), M4 (인사관리), M6 (구명설비)는 없어질 것으로 예상되는 업무이므로 배제하였다.

이를 통해 24개의 선내 업무 중 3개가 사라지고 완전 자율화가 가능한 업무 2개를 제외한 19개의 선내 업무에 대해서는 최소 선원으로 승선하는 운항사

(Operator on the ship)뿐만 아니라 자율운항선박을 운항하는 육상관제센터의 운항사 (Operator on Shore Control Center)도 직·간접적으로 선박에 관련된 업무를 수행해야하므로 이에 대한 지식은 필수적으로 생각된다.

선박 업무를 처리함에 있어 중요도를 구분하기 위해 AHP (Analytic Hierarchy Process) 기법을 이용하여 Fig. 53의 설문을 실시하였다.

	질문	매우중요 (3점)	중요 (2점)	보통 (1점)	중요하지않음 (1/2점)	전혀중요하지않음 (1/3점)
1	직접운항이 원격운항보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
2	직접운항이 감시운항보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
3	직접운항이 자율운항보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
4	원격운항이 감시운항보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
5	원격운항이 자율운항보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
6	감시운항이 자율운항보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					

Fig. 53 AHP Question

설문 결과를 통해 구해진 각 요소의 중요도는 아래와 같이 구할 수 있다.

- (1) 직접운항 (Human Onboard Control) = 0.098
- (2) 원격운항 (Human Remote Control) = 0.208
- (3) 감시운항 (Human Monitoring Operation) = 0.288
- (4) 자율운항 (Artificial Intelligence) = 0.406

이를 아래 식(1)에 대입하여 자율화 지수 (Autonomous Factor)를 구할 수 있다.

$$F = \sum_{i=1}^8 AF_i + \sum_{i=1}^8 AF_{Ci} + \sum_{i=1}^8 AF_{Mi} \quad (1)$$

여기서, AF : 자율화 지수 (Autonomous Factor)

l : 자율운항선박 레벨 (Autonomous Level) 0, 1, 2, 3

N : 선내 업무 중 항해 (Navigation)

C : 선내 업무 중 화물관리 (Cargo Management)

M : 선내 업무 중 선박관리 (Ship Management)

i : 선내 업무 번호 (Work Number) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

각 분야 항목에 대한 지수를 구하기 위해선 아래 식(2), (3), (4)를 사용하였다.

$$\sum_{i=1}^8 AF_{Ni} = w_{Sj} + w_{Pj} + w_{Dj} + w_{Cj} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^8 AF_{Ci} = w_{Sj} + w_{Pj} + w_{Dj} + w_{Cj} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^8 AF_{Mi} = w_{Sj} + w_{Pj} + w_{Dj} + w_{Cj} \quad (4)$$

여기서, AF_N : 항해분야 자율화 지수 (Autonomous Factor of Navigation)

AF_C : 화물관리분야 자율화 지수

(Autonomous Factor of Cargo Management)

AF_M : 선박관리분야 자율화 지수

(Autonomous Factor of Ship Management)

: 상황 인지 (Situation Awareness) 단계에서 업무 j에 대한
중요도

w_{Pj} : 계획 (Plan) 단계에서 업무 j에 대한 중요도

w_{Dj} : 실행 (Do) 단계에서 업무 j에 대한 중요도

w_{Cj} : 평가 (Check) 단계에서 업무 j에 대한 중요도

j : 선내 업무 처리 (O, R, M, A)

O : 승선한 선원 (Onboard crew)

R : 원격 운항사 (Remote operator)

M : 감시 운항사 (Monitoring operator)

A : 인공 지능 (Artificial intelligence)

이 공식을 이용하여 각 자율운항선박 등급별 자율화 지수는 아래 Table 13과
같이 계산된다.



Table 13 Autonomous Factor by Duty Number

	AL0 (MAannualShip)	AL1 (REmote Ship)	AL2 (MOnitoring Ship)	AL3 (AUtonomous Ship)
N1	0.392	1.030	1.270	1.624
N2	0.392	0.920	1.270	1.270
N3	0.392	0.502	1.152	1.152
N4	0.392	1.426	1.506	1.506
N5	0.392	1.118	1.506	1.506
N6	0.392	0.810	1.506	1.506
N7	0.392	0.700	1.388	1.388
N8	0.392	0.700	1.270	1.388
C1	0.392	1.008	1.100	1.100
C2	0.392	1.008	1.100	1.100
C3	0.392	1.008	1.100	1.100
C4	0.392	1.008	1.388	1.506
C5	0.392	1.008	1.100	1.100
C6	0.392	1.118	1.506	1.506
C7	0.392	1.008	1.506	1.506
C8	0.392	1.008	1.388	1.388
M1	0.392	0.700	-	-
M2	0.392	0.502	1.506	1.506
M3	0.392	0.700	1.506	1.506
M4	0.392	0.700	-	-
M5	0.392	0.502	1.388	1.506
M6	0.392	0.810	-	-
M7	0.392	0.502	1.624	1.624
M8	0.392	0.502	1.506	1.506

자율화 지수에서 S, P, D, C 4단계에서 인공지능화가 되는 업무의 경우 각 단계에서 가중치 0.406을 받아 1.624의 수치가 계산된다. 이 수치는 각 업무가 가질 수 있는 자율화지수 최고 점수이고 모든 것이 선원에 의해 이루어지는 AL0에서 구해지는 가중치 0.392가 최저 점수가 되어 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$F_{\max} = 1.624$$

$$AF_{\min} = 0.392$$

모든 업무를 절대비교하기 위해 식(5)를 사용하여 보정계수(k)를 계산하였다.

$$(AF_{\max} - AF_{\min}) \times k = 100 \quad (5)$$

$$k \approx 81.169$$

$$w - 0.392) \times k = w' \quad (6)$$

이렇게 계산된 보정계수(k)를 대입한 식(6)을 이용해 w' 를 구할 수 있다. 이렇게 구해진 절대비교 수치는 아래 Table 14와 같이 나타난다.

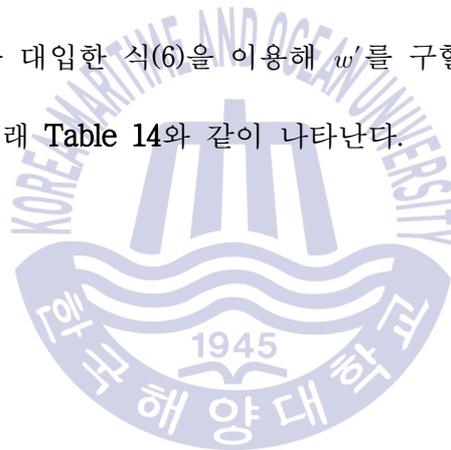


Table 14 Autonomous Factor by Duty Number after applying

	AL0 (MAannualShip)	AL1 (REmote Ship)	AL2 (MOnitoring Ship)	AL3 (AUtonomous Ship)
N1	0.0	51.8	71.3	100.0
N2	0.0	42.9	71.3	71.3
N3	0.0	8.9	61.7	61.7
N4	0.0	83.9	90.4	90.4
N5	0.0	58.9	90.4	90.4
N6	0.0	33.9	90.4	90.4
N7	0.0	25.0	80.8	80.8
N8	0.0	25.0	71.3	80.8
C1	0.0	50.0	57.5	57.5
C2	0.0	50.0	57.5	57.5
C3	0.0	50.0	57.5	57.5
C4	0.0	50.0	80.8	90.4
C5	0.0	50.0	57.5	57.5
C6	0.0	58.9	90.4	90.4
C7	0.0	50.0	90.4	90.4
C8	0.0	50.0	80.8	80.8
M1	0.0	25.0	-	-
M2	0.0	8.9	90.4	90.4
M3	0.0	25.0	90.4	90.4
M4	0.0	25.0	-	-
M5	0.0	8.9	80.8	90.4
M6	0.0	33.9	-	-
M7	0.0	8.9	100.0	100.0
M8	0.0	8.9	90.4	90.4

계산된 업무별 자동화 지수에 대해 자동화 등급에 따른 빈도수 및 상대빈도를 분석한 표가 Table 15, 16, 17과 같다.

Table 15 Frequency Count of Autonomous Factor for AL1

AL1 (REmote Ship)				
Autonomous Factor	Count	Cumulative count	Relative Frequency	Cumulative Frequency
$0 \leq AF < 10$	5	5	20.8 %	20.8 %
$10 \leq AF < 20$	0	5	0.0 %	20.8 %
$20 \leq AF < 30$	5	10	20.8 %	41.6 %
$30 \leq AF < 40$	2	12	8.3 %	49.9 %
$40 \leq AF < 50$	1	13	4.2 %	54.1 %
$50 \leq AF < 60$	10	23	41.7 %	95.8 %
$60 \leq AF < 70$	0	23	0.0 %	95.8 %
$70 \leq AF < 80$	0	23	0.0 %	95.8 %
$80 \leq AF < 90$	1	24	4.2 %	100.0 %
$90 \leq AF \leq 100$	0	24	0.0 %	100.0 %

Table 16 Frequency Count of Autonomous Factor for AL2

AL2 (MOnitoring Ship)				
Autonomous Factor	Count	Cumulative count	Relative Frequency	Cumulative Frequency
$0 \leq AF < 10$	0	0	0.0 %	0.0 %
$10 \leq AF < 20$	0	0	0.0 %	0.0 %
$20 \leq AF < 30$	0	0	0.0 %	0.0 %
$30 \leq AF < 40$	0	0	0.0 %	0.0 %
$40 \leq AF < 50$	0	0	0.0 %	0.0 %
$50 \leq AF < 60$	4	4	19.0 %	19.0 %
$60 \leq AF < 70$	1	5	4.8 %	23.8 %
$70 \leq AF < 80$	3	8	14.3 %	38.1 %
$80 \leq AF < 90$	4	12	19.0 %	57.1 %
$90 \leq AF \leq 100$	9	21	42.9 %	100.0 %

Table 17 Frequency Count of Autonomous Factor for AL3

AL3 (AUtonomous Ship)				
Autonomous Factor	Count	Cumulative count	Relative Frequency	Cumulative Frequency
0 ≤ AF <10	0	0	0.0 %	0.0 %
10 ≤ AF <20	0	0	0.0 %	0.0 %
20 ≤ AF <30	0	0	0.0 %	0.0 %
30 ≤ AF <40	0	0	0.0 %	0.0 %
40 ≤ AF <50	0	0	0.0 %	0.0 %
50 ≤ AF <60	4	4	19.0 %	19.0 %
60 ≤ AF <70	1	5	4.8 %	23.8 %
70 ≤ AF <80	1	6	4.8 %	28.6 %
80 ≤ AF <90	3	9	14.3 %	42.9 %
90 ≤ AF ≤100	12	21	57.1 %	100.0 %

AL1에서 자율화 지수 50점 이상 60점 미만에 41.7%로 최다 빈도수를 나타내었다. 이는 현존선보다 발전한 원격운항선박이나 선박에 선원이 승선하고 있어 대다수의 업무가 여전히 선원들에 의해 관여되는 것으로 분석되었다.

AL2에서 자율화 지수 90점 이상 100점 이하에 42.9%로 최다 빈도수를 나타내었다. 본격적으로 선박의 무인화가 진행되어 대부분의 업무에 자동화가 적용된 것으로 분석되었다.

AL3에서 자율화 지수가 90점 이상 100점 이하에 57.1%로 최다 빈도수를 나타내었다. 기계와 시스템 신뢰성 확보로 대부분의 선내 업무가 자동으로 이루어지는 것으로 분석되었다.

Table 14를 참조하여 선박의 전체 업무를 자율운항선박 등급별로 도식화하여 아래와 같이 나타내었다 .

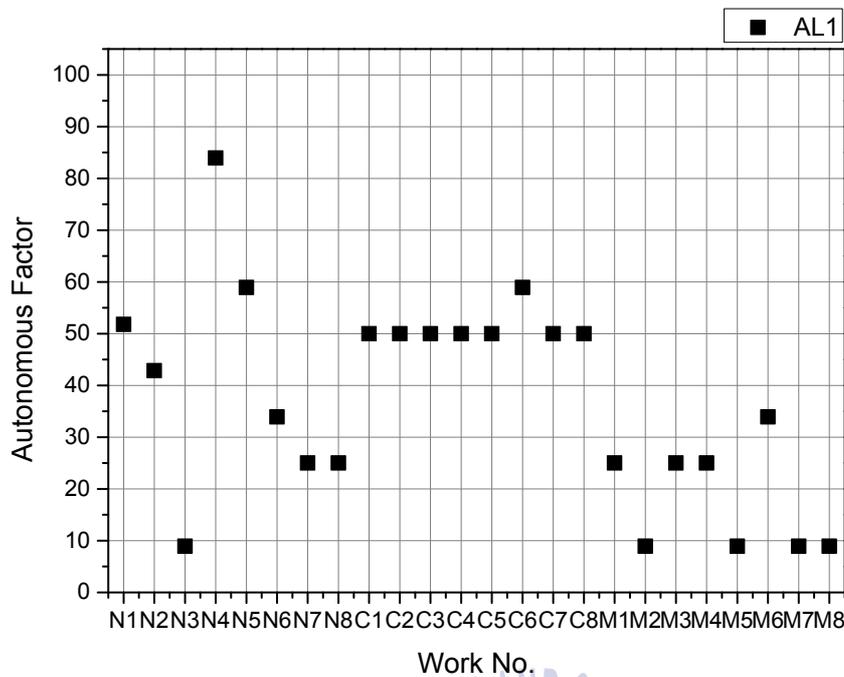


Fig. 54 Autonomous Factor of Autonomous Level 1

Autonomous Level 1 (REmote Ship)을 도식화 한 Fig. 54에서 상위 10%에 있는 N4 (선위확인), N5 (항로선정), C6 (항해 중 화물관리) 3가지 업무가 가장 먼저 자동화에 근접하게 될 것으로 파악되었고 하위 10%에 있는 N3 (위험항해), M2 (국제협약준수), M5 (감항성관리), M7 (선용품관리), M8 (갑판기기관리) 5가지 항목이 최저점을 받으면서 원격운항선박에서 지속적으로 사람의 관리가 필요한 항목으로 확인되었다.

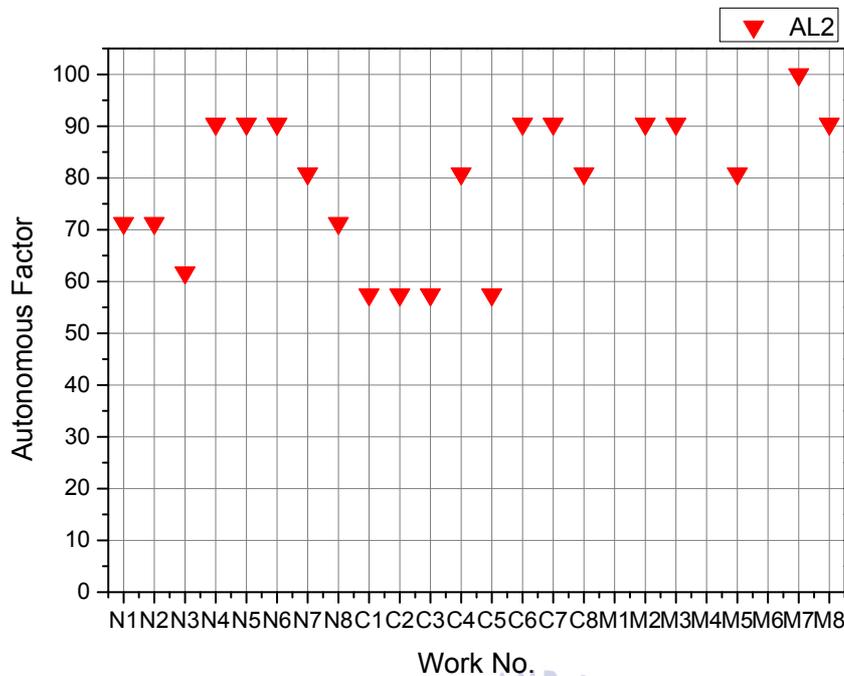


Fig. 55 Autonomous Factor of Autonomous Level 2

Autonomous Level 2 (MOnitoring Ship)을 도식화 한 Fig. 55에서 상위 10%에 있는 N4 (선위확인), N5 (항로선정), N6 (비상대응), C6 (항해 중 화물관리), C7 (항해 중 화물취급), M2 (국제협약준수), M3 (구명소화), M7 (선용품관리), M8 (갑판기기관리) 9가지 업무가 Autonomous Level 1에 비해 자동화에 근접한 업무가 될 것으로 파악되었고 하위 10%에 있는 C1 (접안 중 화물관리), C2 (접안 중 화물취급), C3 (접안 중 화물계획), C5 (접안 중 로프관리) 4가지 항목은 최저점을 받으면서 감시운항선박에서도 자동화보다는 지속적으로 사람의 관리가 필요한 항목으로 확인되었다.

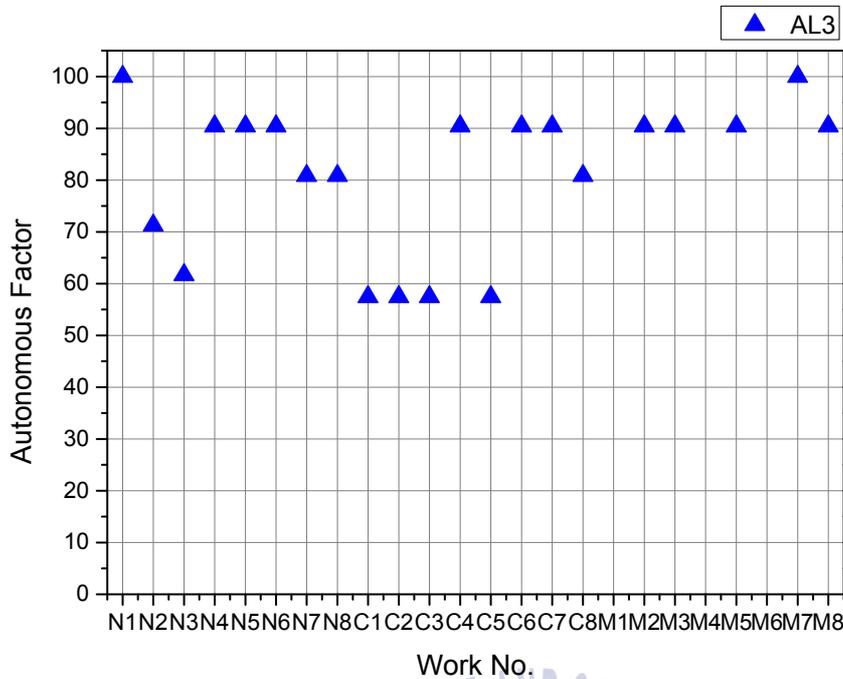


Fig. 56 Autonomous Factor of Autonomous Level 3

Autonomous Level 3 (Autonomous Ship)을 도식화 한 Fig. 56에서 상위 10%에 있는 N1 (일반항해), M7 (선용품관리) 2가지 업무가 최종적으로는 완전 자동화가 이루어질 것으로 예상되는 업무이다. 하위 10%에 속한 C1 (접안 중 화물관리), C2 (접안 중 화물취급), C3 (접안 중 화물계획), C5 (접안 중 로프관리) 4가지 항목은 Autonomous Level 2와 마찬가지로 자동화가 이루어지지 않을 업무로 분류되었다.

Autonomous Level 0 (Manual Ship)을 제외한 나머지 등급별 선박 자율화 지수를 종합적으로 도식화 하면 Fig. 57과 같다. 이를 통해 사람이 승선하는 Autonomous Level 1 (Remote Ship)보다 무인선박으로 접어드는 Autonomous Level 2 (Monitoring Ship)부터 대부분 업무의 자율화가 이루어지고 M1 (의약품), M4 (인사관리), M6 (구명설비) 3가지 업무는 선박에 거주하는 사람이 없어짐에 따라 선내 업무에서 사라질 것으로 예상된다. 화물관리 부분에서 어느정

도 자율화 수준이 발전은 하겠지만 화물에 따라 변하는 선박의 상태 및 화물의 안전한 수송이 목적이 선박에 있는 만큼 이에 대한 부분은 계속해서 사람이 확인해야 하는 부분으로 나타나는 것을 알 수 있다. 또한 AL2에서 어느정도 자율화 및 인공지능화 기술 개발이 완료되어 AL3와 차이는 많이 발생하지 않을 것으로 예상되었다.

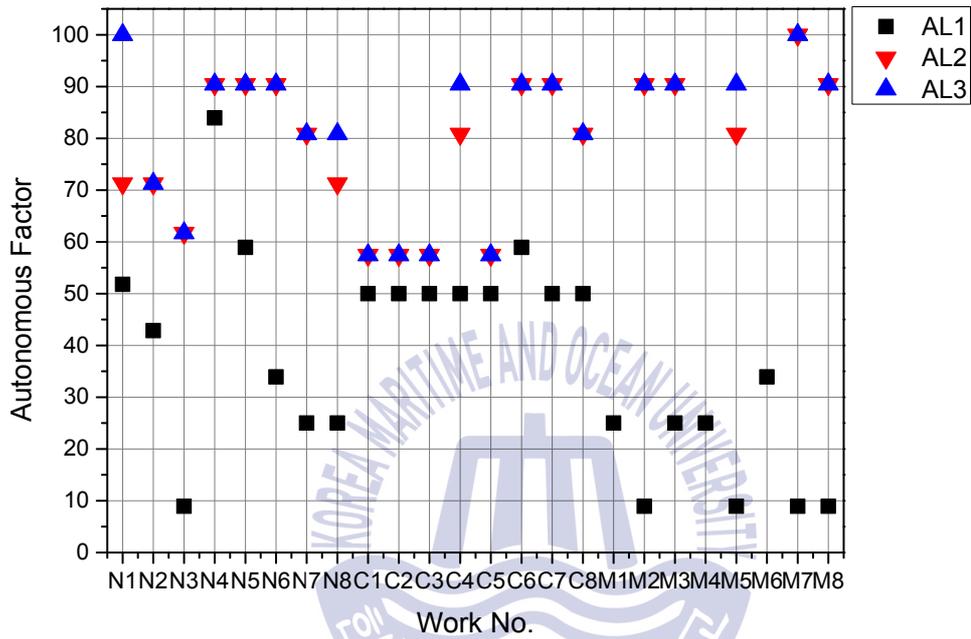


Fig. 57 Autonomous Factor of Work Number

자율화 지수를 정리한 Table 14를 참조하여 항해, 화물관리, 선박관리 각 업무의 항목별로 구분하여 아래와 같이 도식화 하였다.

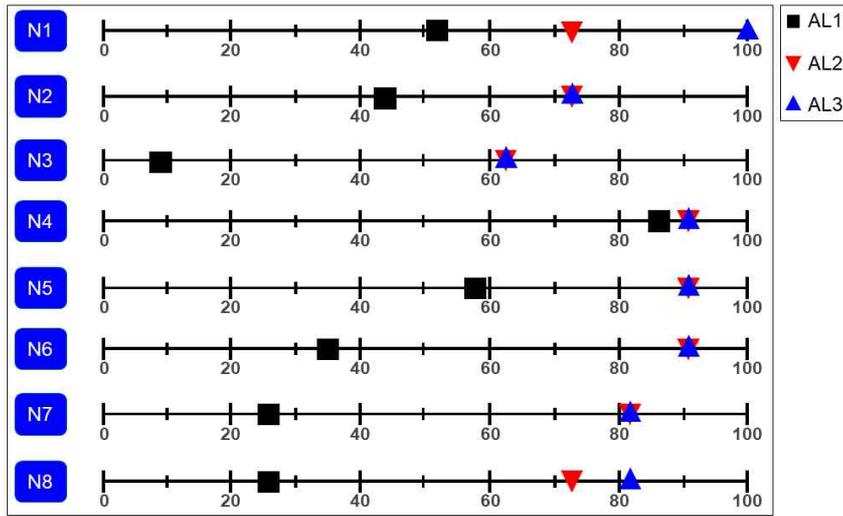


Fig. 58 Autonomous Factor of Navigation Work

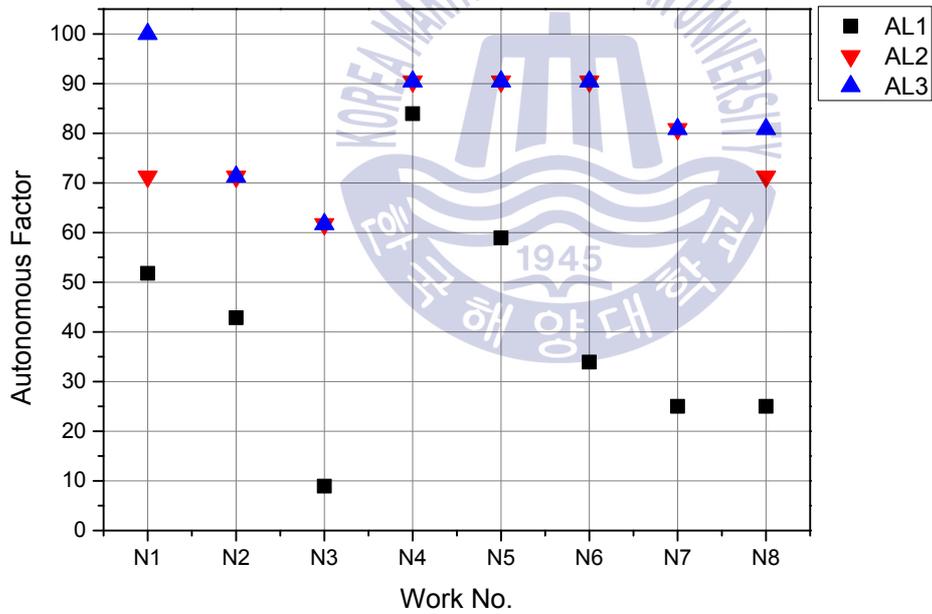


Fig. 59 Scatter Chart for Autonomous Factor of Navigation Work

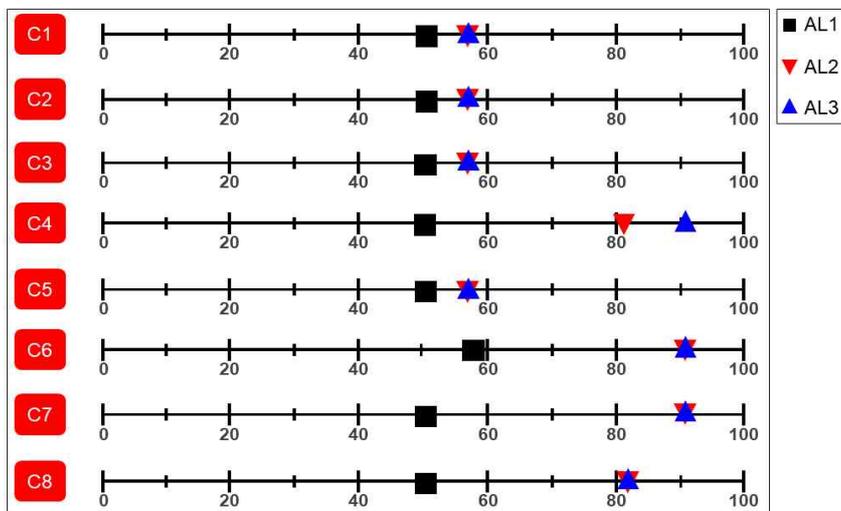


Fig. 60 Autonomous Factor of Cargo Management Work

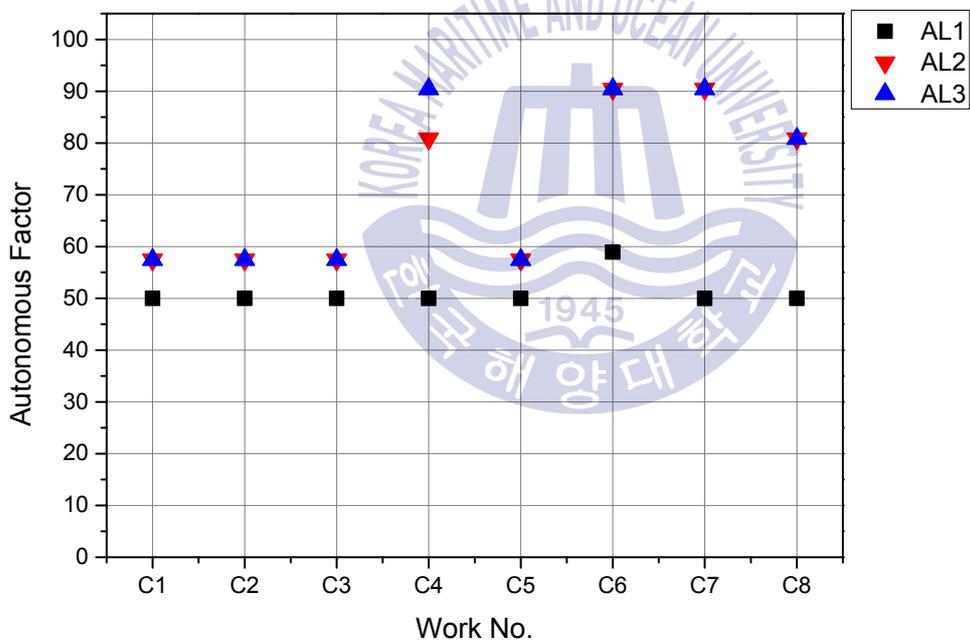


Fig. 61 Scatter Chart for Autonomous Factor of Cargo Management Work

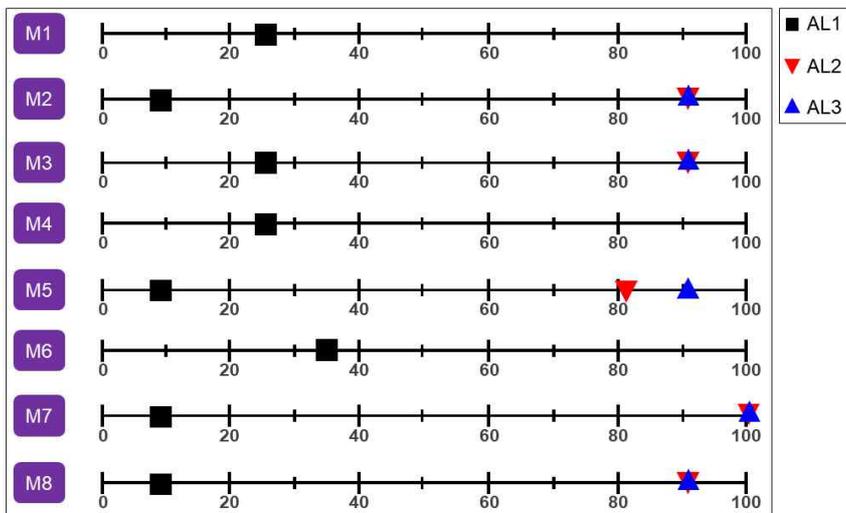


Fig. 62 Autonomous Factor of Ship Management Work

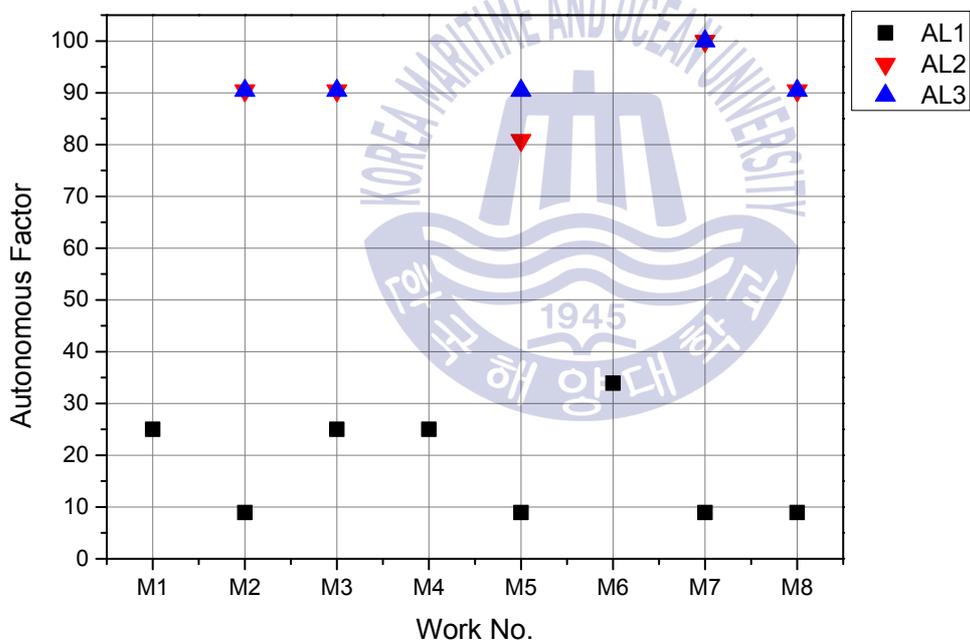


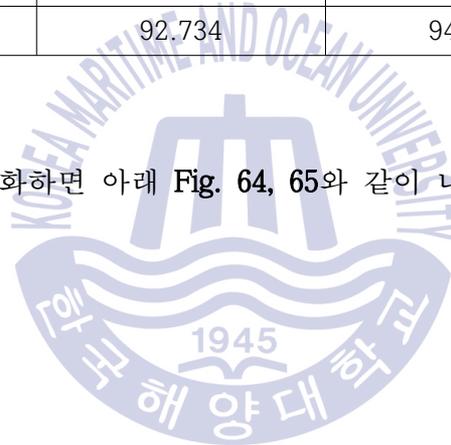
Fig. 63 Scatter Chart for Autonomous Factor of Ship Management Work

항해, 화물 관리, 선박 관리 각 3개의 분야별로 구해본 자율화 지수의 총합과 평균은 아래 Table 18과 같이 나타낼 수 있다.

Table 18 Autonomous Factor by 3 Categories

AL	AL1 (REmote Ship)	AL2 (MOnitoring Ship)	AL3 (AUtonomous Ship)
Navigation			
총 합	443.719	669.212	698.276
평 균	55.465	83.651	87.284
Cargo Management			
총 합	503.325	627.340	634.606
평 균	62.916	78.417	79.326
Ship Managemet			
총 합	302.833	463.670	470.936
평 균	37.854	92.734	94.187

각 항목의 평균 수치를 도식화하면 아래 Fig. 64, 65와 같이 나타낼 수 있다.



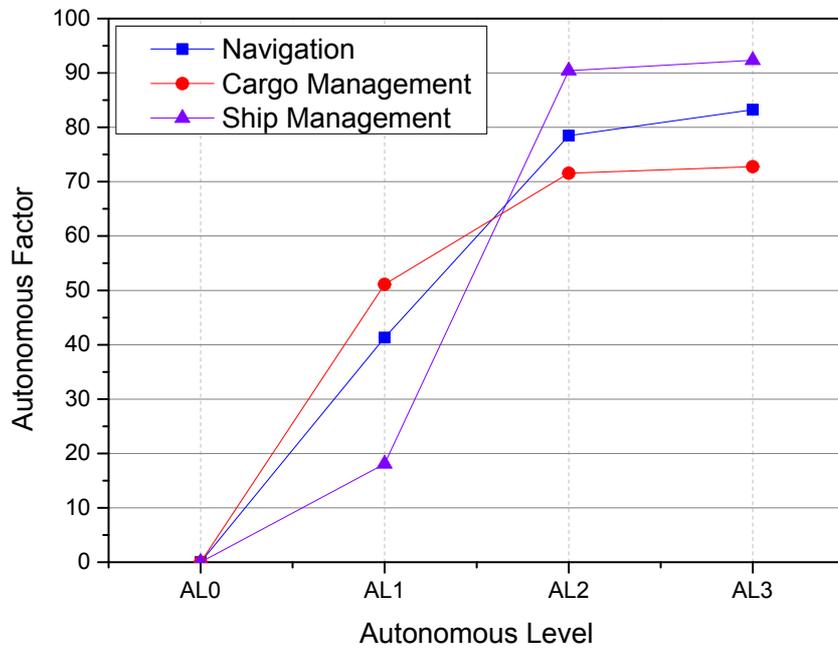


Fig. 64 Average Score of Autonomous Factor

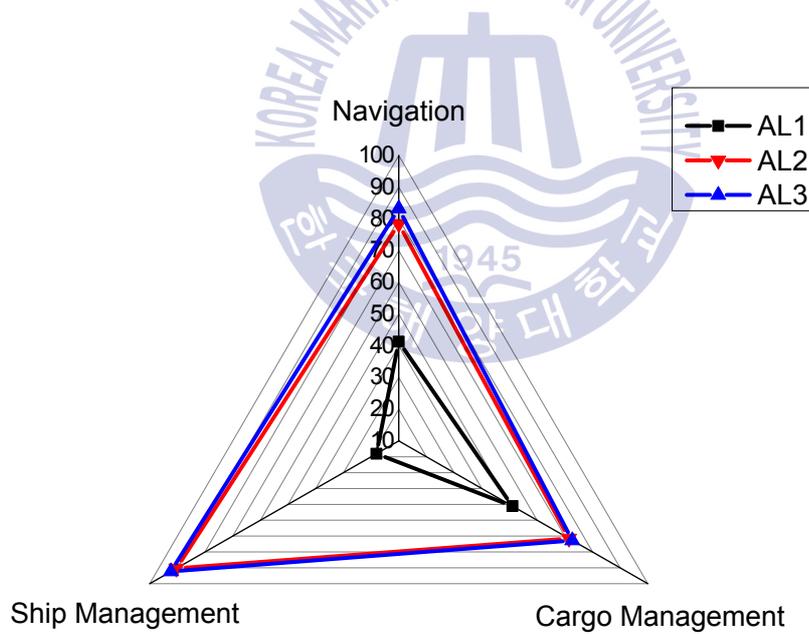
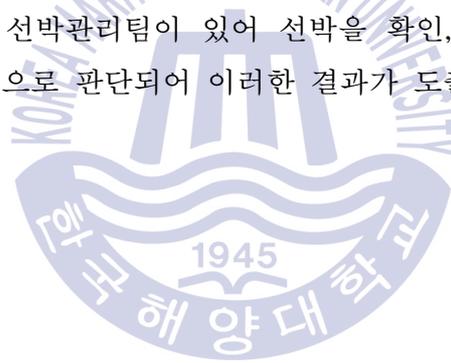


Fig. 65 Radar Graph for Average Autonomous Factor by Work Categories

도식화 된 그림을 통해 선박의 자동화 및 인공지능 기술은 선박관리, 항해, 화물관리 순으로 발전할 것으로 예상된다. 특히 Fig. 64, 65를 통해 선박의 자율운항등급 AL1에서 AL2로 되면서 선박 관리 항목의 자동화 지수가 급격히 상승하는 것을 알 수 있다. 이는 선박관리에서 오롯이 사람에게만 적용되는 M1 (의약품), M4 (인사관리) 등이 사라지고 무인화가 되면서 완전 자율 수준의 자동화가 이루어 질 것으로 예상되기 때문이다.

현재 보다 한 단계 발전한 원격운항선박 시대에서 항해 업무는 최소한의 선원만 남아 위급한 상황에서만 대응을 하고 통상적인 업무나 대양에서의 항해는 육상운항센터에서 관리될 것으로 나타났다.

화물관리 분야는 원격운항선박에선 가장 기술적인 발전이 이루어지나 무인화 선박체계가 갖춰지더라도 가장 발전하지 않을 것으로 꼽힌다. 이는 화물을 선적 또는 하역하기 위해서는 반드시 선박은 육상에 접안하거나 연안에서 Ship to Ship 등을 통해야 한다. 업무 특성상 사람이 접근하기 용이하고 화물 이동에 따른 시간적인 여유가 발생하므로 값비싼 센서나 장비들이 도입되기 보다는 거점 도시 또는 주요 항구마다 선박관리팀이 있어 선박을 확인, 점검하고 문제 발생 시에도 대응이 가능할 것으로 판단되어 이러한 결과가 도출되었다.



계산된 선박 자율화 지수에 따라 각 레벨별 선내 자동화 시스템과 사람이 관여하는 부분에 대해 아래 Fig. 66와 같이 도식화 하였다.



Fig. 66 Percentage of Autonomous Factor by Autonomous Level

자율운항선박의 최종단계인 Autonomous Level 3 (Autonomous Ship) 단계에서도 자율화 수준은 86%이며 나머지 14%의 업무는 사람의 감시 또는 원격으로 확인이 되어야 할 것이다. 그 업무는 앞서 도식화 한 그림에서 나타나듯이 선박이 육상 및 연안에서 이루어지는 화물업무나 항해 중 매우 위험한 상황에 한정될 것으로 예상되나 선적된 고가의 화물 등을 단순히 기계에게만 맡기기에는 한계가 있을 것이며 이를 확인하고 문제 발생 시 적절한 대응 능력이 필요한 육상 운항사의 필요성은 필수적이라 생각된다.

제 5 장 결 론

정보통신기술 (ICT: Information and Communication Technology) 기술의 발달로 모든 이동수단에서 자동화가 이루어지고 있고 선박도 이 흐름은 피해갈 수가 없다. IMO에서도 이를 위해 난립하고 있는 개념과 정의, 체계에 대해서 기준을 확립하기 위해 분주하게 움직이고 있다. 대한민국은 주요 선박 건조국이자 선원 송출국이다. 기존의 선박 건조 시장의 불경기를 벗어나고자 최신 기술을 갖추고 있는 자율운항선박 기술을 개발하여 경쟁력을 갖추어야 할 것이다. 더불어 선원 송출국으로서 어떠한 형태의 선박이 나오더라도 이를 운항 및 관리·유지보수 등을 할 수 있는 우수한 인재들도 양성해야 할 것이다.

최근 자율주행자동차가 본격적으로 상업용으로 사용이 되면서 크고 작은 사고가 발생하고 있다. 2016년 미국에서 테슬라의 자율주행자동차가 트레일러의 하얀색 면을 하늘로 판단하고 충돌하여 운전자가 사망하는 사고가 발생하였고 2018년 미국 UBER사(社)의 자율주행택시가 야간 운전 중 무단 횡단 중인 보행자를 치어 숨지게 하는 사고가 발생하였다. 당시 보조운전자가 탑승하고 있었음에도 사고가 발생하여 이에 대한 책임은 누구에게 있는것인지 논란이 일고 있다. 이처럼 법과 규제가 없는 상태에서 운영하고 있는 자율운행에 대한 문제도 있지만 과연 자율운행이 수동운행보다 안전한가에 대한 의문점을 던지게 하는 사고였다. 선박의 특성상 한번의 해양사고가 크나큰 경제적, 환경적 손실을 가져오므로 이에 대한 법규 및 제도 정비가 필수적으로 선행되어야 할 것으로 생각된다.

선원과 일반인을 대상으로 실시한 설문조사에 따르면 (Enrico D' agostini, Ryoo, D.K & Jo, S.H, 2017.) 무인화 선박의 원격 제어 및 모니터링에 투입될 육상 관계 담당자 자격에 대한 의견과 선원들의 지식 보유 정도를 조사한 결과 결측치를 제외한 전체 140명 중 ‘면허증과 승선경력 보유 선원’ (109명,

77.9%), ‘컴퓨터 및 자동화 관련 전공자’ (13명, 9.3%), ‘승선경력에 제한을 두지 않고 선원 누구나’ (12명, 8.6%) 순으로 조사되었다. 이처럼 자율운항선박을 운항할지라도 그에 맞는 필수 자격과 경력을 갖춘 선원은 필수적일 것으로 예상된다.

우리가 기술에 더 의존할수록 고속련의 더 훈련된 사람이 필요한데 이는 시스템을 더 탄력적이게 움직이게 하고 불가피하게 발생하는 어떠한 문제에 대해서 대응하기 위해서이다. (Baxter G. et al, 2012). 로봇과 자동화 기술의 발전으로 47%의 직업이 향후 20년 이내에 사라질 것으로 전망하고 있는데 여기에 운송관련 직업도 포함이 되어있다. (Carl B.F & Michael A.O, 2013) 하지만 선내 업무 24개를 구분하여 살펴본 결과 자율운항선박 등급이 올라 승선하는 선원의 제로화(Zero化)는 가능하겠지만 선박업무의 인력 제로화는 불가능할 것으로 사료된다. 누군가는 자율운항선박이 운항하는 것을 확인하고 정상적으로 운항을 하고 있는지 감시하며 갑작스런 비상상황에 대응을 해야하기 때문이다.

바다라는 공간에서 가족과 친구들로부터 물리적으로 떨어져 지내야 하는 특수성, 지속적으로 발생하는 해난사고와 그로 인한 인적 피해, 해운경기 및 조선경기 둔화로 인한 취업률 하락, 해적에 의한 피랍에 대한 두려움 등의 이유로 선원이란 직업의 매력도는 해가 갈수록 줄어들고 있다. 자료에 따르면 2007년 38,800여명이던 선원이 2017년 35,700여명으로 약 3,100여명이 줄어들었다. (한국선원복지고용센터, 2007, 2017)

현재 선박에 승선하는 선원은 항해사, 기관사, 부원으로 구분된다. 자율운항선박이 개발되어 최소 승선인원 4명은 항해사나 기관사가 아닌 운항사로 한다는 것에 대해서는 고민할 필요가 있다. 운항사 제도는 현재 존재하고 있지만 유명무실한 제도이다. 2017년 기준 유효한 운항사 자격증 소지자는 항해전문 17명, 기관전문 12명으로 단 29명이 존재하고 있다. (한국선원복지고용센터, 2017) 선박 인건비를 줄이기 위해 운항사제도를 운영하려 했으나 업무 시간, 비상 대응 등 현실적인 문제에 부딪여 수요가 없어졌으며 이를 양성하는 곳도 없어 사실상 실패한 제도를 자율운항선박에 그대로 적용시키기는 어려움이 따를 것으로 예상된다.

자율운항선박을 관리하는 선원은 기본적인 필수 해기능력을 보유하고 자율운항선박에 설치되는 각종 장비들에 대한 교육과 실습을 실시하여야 할 것이다. 이에 따라 우리가 알고 있는 선원에 대한 다음의 변화가 있을 것이다.

첫 번째, 선원의 정의가 재정립 되어야 할 것이다.

Oxford 사전에서 Crew는 ‘선박에 승선하여 운항하는 사람들’, Seafarer은 ‘일반적으로 바다를 여행하는 사람’, Sailor는 ‘상업 또는 군함 또는 보트의 일원으로 직업을 가지고 사관보다 낮은 직책의 사람’ 등으로 정의되어 있고 우리나라 국립국어원 표준국어대사전에서 선원을 ‘배의 승무원’으로 정의하고 있다. 모두 선박에 승선하고 있는 경우만 이야기하기 때문에 무인화가 이루어질 자율운항선박 시대에선 의미의 변화가 필요할 것으로 이야기된다. 특히나 선원들의 해기능력에 관해 이야기하는 STCW는 선원 (Seafarer)의 훈련, 자격증명 및 당직근무에 관한 국제협약이므로 선박에 승선하지 않고 이를 다루게 될 육상관계사에 관한 훈련, 자격증명 등에 대해서 관여를 하지 못하게 된다.

두 번째, 선원 교육 과정에 변화가 필요하다.

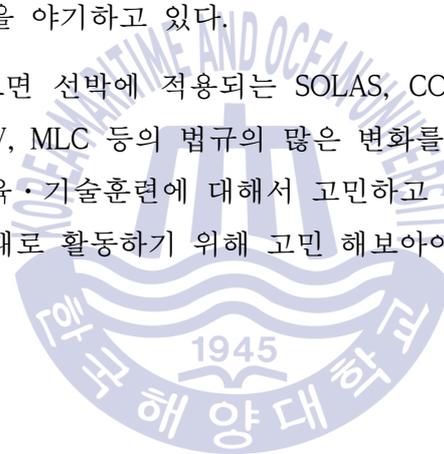
단순히 선박을 운항시키는 기술을 가진 운항자 (Ship Operator)를 벗어나 선박의 전반적인 사항을 관리·운영하는 운영자 (Ship Manager)가 될 것이다. 선박을 운항시키는 범위를 넘어 원격 운항에 필요한 기술 및 지식까지 갖추어 현재보다 더 전문적인 사람이 되어야 될 것이다. 이를 위해 육상관계센터나 자율운항선박 관리 선원을 일반 기업에서 양성시키기에는 많은 제약이 따를 것이다. 따라서 범정부적인 차원에서 육상관계센터의 표준을 제정하고 선박을 관리·운영하는 사람의 기술 및 훈련 과정을 개발하여 해당 업무를 처리할 수 있는 해기사 양성에 힘을 써야할 것이다. 기존에는 항해사를 양성하기 위해선 항해 기술 (Navigation Skill), 화물 관리 (Cargo Management), 선박 관리 (Ship Management) 위주의 교육이었다면 미래에는 항해사와 기관사의 구분이 없어지고 기본적인 해기능력 3가지를 포함하여 추가적으로, 통신 (Network)와 정보보안 (Cyber Security) 등의 IT기술 (Information Technology Skill), 기계 관리 (Machinery Maintenance), 전기전자 (Electrotechnics and Electronics), 로봇공학

(Robot Technology), 원격 제어 (Remote Control) 등에 대한 교육이 필요할 것으로 사료된다.

최근 보고서에 따르면 2010년에서 2015년동안 선원에 대한 전세계의 수요가 전반적으로 증가했고 그 수요에서 부원 (Ratings)보다 항해사 (Officer)에 더 집중되어 있다. (Oxford Economics, 2016) 과거보다 복잡해지는 선박을 다루기 위해선 단순한 지식을 가진 사람보다 더 많은 지식을 가진 사람이 필요하다는 것을 의미하고 본격적으로 자율운항선박이 출현하여 단계가 올라갈수록 더 강하게 요구될 것으로 예상된다.

최근 핀란드에서는 자동 피항, 접안 및 화물 관리 테스트를 실시하였다고 한다. 자율운항선박에 모두 의구심을 가졌지만 첫 단계인 원격운항에 2017년 시연이 성공적으로 이루어졌고 다양한 변수가 작용하는 복잡한 해상에서 항해 자동화를 넘어 선박의 전반적인 것들이 빠르게 자동화가 진행되고 있고 생각보다 가깝게 우리에게 다가와 있음을 야기하고 있다.

자율운항선박 시대가 다가오면 선박에 적용되는 SOLAS, COLREG, MARPOL 등과 선원에게 적용되는 STCW, MLC 등의 법규의 많은 변화를 맞이하게 될 것이다. 이에 발맞춰 선원의 교육·기술훈련에 대해서 고민하고 우수한 대한민국 해기사를 양성하여 세계를 무대로 활동하기 위해 고민 해보아야 할 것이다.



참고문헌

- 도로교통공단, 2017. *교통사고정보 인포그래픽* [Online] Available at: http://taas.koroad.or.kr/sta/acs/gus/selectStaInfoGraph.do?menuId=WEB_KMP_IDA_TAI [Accessed 6 April 2018].
- 비에스투데이, 2018. *자율운항선박 경쟁 본격화되나-유럽, 중국 등 주요 해양국가 개발 서둘러* [핫테크] [Online] Available at: <http://www.bstoday.kr/news/articleView.html?idxno=141871> [Accessed 7 April 2018].
- 산업통상자원부, 해양수산부, 2018. *자율운항선박 혁신성장동력 및 기획과제 공청회*, pp.16~18.
- 쉬핑뉴스넷, 2018. *자율운항선박, 국가주도형 도입 정책 시급* [Online] (Updated 15 February 2018) Available at: <http://www.shippingnewsnet.com/news/articleView.html?idxno=23327> [Accessed 12 April 2018]
- 이인태, 최진용, 2016. PDCA를 활용한 서비스 프로세스 혁신 분석: IBM의 TSS 사례를 중심으로. *서비스경영학회지*, 17(4), p.147.
- 조선일보, 2018. *드론 장악한 중국, 바다엔 무인선박 '근두운' 띄운다*[Online] (Updated 13 February 2018) Available at : http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2018/02/13/2018021300207.html [Accessed 30 March 2018]
- 한국선원복지고용센터, 2007, 2017. *선원선박통계자료 선원취업현황*, p.46.
- 한국해사인력개발센터 2017. *IMO소식&규제해사동향 제20호*[Online] (Updated 06 September 2017) Available at: https://www.imkorea.org/board/board.asp?B_ID=Inter_Maritime&ty=view&page=2&bandstart=1&findtype=&indstr=&idx=673&chk_on=m3&ii=247 [Accessed 07 April 2018], p.4.
- 한국해양수산개발원, 2018. *KMI동향분석 제72호 (자율운항선박, 침체된 해운 산업 및 조선 산업의 새로운 성장 동력)* [Online] (Updated 14 February 2017) Available at: <https://www.kmi.re.kr/web/trebook/view.do?rbsIdx=273&page=2&idx=87> [Accessed 06 April 2018], p.8.

- 해양수산부, 2017. 2017년도 해사안전위원회(MSC 98) 결과, p.26.
- Allianz Global Corporate & Specialty, 2012. *Safety and Shipping 1912-2012: From Titanic to Costa Concordia.*
- Allianz , 2017. Allianz Risk Barometer.
- Baxter G. et al, 2012. The ironies of automation...still going strong at 30?. *ECCE 2012 conference*, p.65.
- Carl Benedikt Frey, Michael A. Osborne, 2013. *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?*, pp.37~38.
- D' agostini Enrico, 류동근, 조소현, 2017. 무인화 선박에 대한 한국 선원들의 인식에 관한 연구. *한국항해항만학회지*, 41(6), p.386.
- DNV-GL, 2017. Autonomi, fjern-operasjon og konnektivitetsdrevne.
- Japan Government, 2017. 未来投資戦略2017 -Society5.0の実現に向けた改革-, p.52.
- International Maritime Organization (IMO), 2010. *Manila Amendments International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers(STCW).*
- International Maritime Organization (IMO), 2018. *IMO takes first steps to address autonomous ships* [Online] (Updated 25 May 2018) Available at : <http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/08-MSC-99-MASS-scoping.aspx> [Accessed 05 June 2018].
- KB금융지주경영연구소, 2018. *KB지식비타민: 자율운항선박의 현재와 미래 18-05호*, p.5.
- Kongsberge, 2017. Final design of ‘Yara Birkeland’ revealed-model commences testing at SINTEF Ocean [Online] (Updated 29 September 2017) Available at : <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0238.nsf/AllWeb/EF62A43FFFC2209FC>

[12581A90047B752?OpenDocument](#) [Accessed 02 April 2018].

Lloyd's Register (LR), 2016. *LR defines 'autonomy levels' for ship design and operation*. [Online] (Updated 08 July 2016) Available at: <https://www.lr.org/en/latest-news/lr-defines-autonomy-levels-for-ship-design-and-operation/> [Accessed 7 Apr. 2018].

Lloyd's Register (LR), 2017. *LR code for Unmanned Marine Systems*, pp.1~2.

Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks (MUNIN), n.d. *The Autonomous Ship*. [Online] Available at: <http://www.unmanned-ship.org/munin/about/the-autonomous-ship/> [Accessed 8 April 2018]

Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks (MUNIN), n.d. *MUNIN final brochure*, p.3. [Online] Available at: <http://www.unmanned-ship.org/munin/> [Accessed 15 April 2018]

Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks (MUNIN), 2015. *MUNIN Final Report Shore Control Centre CTH Final*, pp.10~11.

National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), 2017. *Automated Driving Systems 2.0 A Vision for Safety*, p.4.

Norwegian University of Science and Technology, 2017. *Autonomous Shuttle Ferry*.

Oxford Economics, 2016. *UK SEAFARER PROJECTIONS*, p.14.

Ramboll and CORE Advokatfirma, 2017. *Analysis of Regulatory Barriers to the use of Autonomous Ships*, p.6.

Rolls-Royce, 2017. *Rolls-Royce demonstrates world's first remotely operated commercial vessel*. [Online] (Updated 20 June 2017) Available at: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/yr-2017/20-06-2017-rr-demonstrates-worlds-first-remotely-operated-commercial-vessel.aspx> [Accessed 7 April 18]

Rolls-Royce, 2018. *Rolls-Royce offers ship navigators a bird's-eye view with Intelligent Awareness game-changer*. [Online] (Updated 06 March 2018) Available at: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/yr-2018/06-03-2018-rr-offers-ship-navigators-a-birds-eye-view-with-intelligent-awareness-game-changer.aspx> [Accessed 15 April 18]

Safety and Regulations for Unmanned Maritime Systems (SARUMS), 2016. *Prepared for Unmanned Surface Vessel Regulation Conference*.

Southampton Solent University, n.d. *The mariner in the era of autonomous ship*.

Union Internationale des Transport Publics (UITP), 2016. *Statistics Brief World Report on Metro Automation*.

World Maritime News, 2017. *NYK to Test Autonomous Boxship in 2019* [Online] (Updated 25 August 2017) Available at : <https://worldmaritimenews.com/archives/228202/nyk-to-test-autonomous-boxship-in-2019/> [Accessed 30 March 2018].

