기본연구 2023-01

자율운항선박 운항을 위한 해상교통관제 대응방안 연구

A Strategic Plan of Vessel Traffic Service for Maritime Autonomous Surface Ship (MASS)

박상원 · 박민정 · 박혜리 · 박한선

KMI 한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

기본연구 2023-01

자율운항선박 운항을 위한 해상교통관제 대응방안 연구

A Strategic Plan of Vessel Traffic Service for Maritime Autonomous Surface Ship (MASS)

박상원 · 박민정 · 박혜리 · 박한선

KMI 한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

저자	**박상원, 박민정, 박혜리, 박한선**
내부연구진	연구책임자 박상원 한국해양수산개발원 물류·해사산업연구본부 전문연구원 공동연구원 박민정 한국해양수산개발원 항만연구본부 연구원 공동연구원 박혜리 한국해양수산개발원 물류·해사산업연구본부 전문연구원 공동연구원 박한선 한국해양수산개발원 물류·해사산업연구본부 연구위원

연구기간	2023. 1. 1. ~ 2023. 10. 31.

보고서 집필내역

연구책임자	박상원 연구총괄, 제1장, 제2장 일부, 제3장 일부, 제4장, 제5장 일부, 제6장
내부연구진	박민정 제2장 1절 일부, 제3장 1절, 2절 일부 박혜리 제2장 2절 일부 박한선 제5장 2절 일부

산·학·연·정 연구자문위원	이은방 한국해양대학교 교수 박영수 한국해양대학교 교수 강원식 제주대학교 교수 박성용 해양경찰청 해상교통관제과 사무관

※ 순서는 산·학·연·정 순임

발간사

해운업계의 대표적인 4차산업 산물은 자율운항선박이라 할 수 있다. 2018년 국제해사기구(IMO)에서 자율운항선박이 정식 의제로 상정된 후 본격적인 논의가 시작되었으며, 오는 2028년에는 자율운항선박 운항을 위한 MASS Code가 발표될 예정이다. 자율운항선박이 국제적으로 정식 논의되면서, 기술개발은 물론 바뀌는 해상교통환경에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다.

해상의 기술보다 빠른 육상의 경우, 「자동차관리법」에 자율주행자동차의 정의가 포함되었으며, 이를 규제하기 위한 규정과 정책이 개발되었다. 그리고 자율주행자동차와 인프라를 함께 개발하여, 인프라 협력을 통해 자율주행자동차의 안전하고 효율적인 운행을 도모하고 있다.

자율운항선박이 운항하게 될 항만 및 연안해역 부근에는 해상교통관제 서비스가 시행되고 있다. 해상교통관제는 레이더, 선박자동식별장치(AIS), 초단파 무선 통신장비 등 선박의 위치를 탐지하고 선박과 통신할 수 있는 설비를 이용하여 선박교통의 안전과 효율성을 확보하고 해양환경을 보호하기 위해 통항선박의 동정을 관찰하고 항행안전 정보를 제공하는 서비스이다. 우리나라에는 목포·군산 광역 등 항만 및 연안 수역 총 19개소에서 해상교통관제 서비스가 운영 중이다.

육상의 사례와 같이 자율운항선박이 항만 및 연안해역에서 효율적이며 안전하게 항행하기 위해서는 해상교통관제와 협력이 필요하다. 본 연구는 해상교통관제의 관점에서 자율운항선박이 도입되었을 때 대응방안을 제시하고자 했다. 이를 위해 선박교통관제사의 현장 인터뷰 및 관련 전문가 의견을 통해 자율운항선박에 대한 위험요소를 식별했고 위험도 평가를 통해 위험요소의 우선순위를 도출했다. 그리고 도출된 위험요소를 완화하기 위한 다양한 정책을 제언하였다. 본 연구에서 제안하는 과제와 정책들이 미래 자율운항선박이 항행할 해역의 안전망이 되길 바란다.

성실하게 연구를 수행한 우리 원의 박상원 전문연구원, 박민정 연구원, 박혜리 전문연구원, 박한선 연구위원의 노고에 깊은 감사를 표한다. 아울러 연구 전반에 걸쳐 조언해 주신 한국해양대학교 이은방 교수, 박영수 교수, 제주대학교 강원식 교수, 해양경찰청 박성용 계장에게 감사드린다. 끝으로 이 보고서의 심사와 감리를 맡아 적절한

지적과 충분한 조언을 해 주신 우리 원의 김범중 명예연구위원, 이언경 물류·해사산업연구본부장, 그리고 보고서가 출판되기까지 도움을 주신 모든 분께 깊은 감사를 드린다.

2024년 1월
한국해양수산개발원
원장 **김 종 덕**

목차

정책제안 _i

요약 _iii

Executive Summary _ix

01 서론 _1

제1절 연구의 배경 및 목적 1
1. 연구 필요성 1
2. 연구 목적 5

제2절 연구의 범위 및 방법 6
1. 연구 범위 6
2. 연구 내용 7
3. 연구 방법 8

제3절 선행연구와 본 연구의 차별성 검토 10
1. 자율운항선박에 관한 선행연구 10
2. 해상교통관제에 관한 선행연구 11
3. 신기술의 영향력에 관한 선행연구 12
4. 위험도 평가 13
5. 본 연구의 차별성 16

02 국내 관제 실태와 글로벌 해상교통관제 변화 _19

제1절 해상교통관제 현황 분석 19
1. 해상교통관제 개요 20
2. 선박교통관제 법적 체계 27
3. 관제구역 해상교통량 및 교신 분석 30
4. 관제구역 해양사고 분석 34

제2절 글로벌 해상교통관제 동향 40
1. 국제사회 자율운항선박 논의 시작 40
2. 국제항로표지협회(IALA) 주요 논의 동향 45
3. 선박교통관제구역 내 자율운항선박 운영 사례 조사 48
제3절 국내 동향 49
1. 자율운항선박 관련 정책 동향 49
2. 자율운항선박 관련 기술개발 동향 50
3. 자율운항선박 실증 구역 52
제4절 소결 53
1. 해상교통관제 실태 53
2. 글로벌 해상교통관제 변화 55

03 자율운항선박 도입에 따른 해상교통관제 대응 요인 _57

제1절 자율운항선박 및 해상교통관제 전문가 인식 57
1. 해상교통관제 시스템 업체(산업계) 58
2. 학계 58
3. 선박교통관제사 62
4. 인증(산업계) 63
제2절 자율운항선박에 대한 선박교통관제사 인식 64
제3절 자율운항선박 도입에 따른 해상교통관제 환경변화 66
제4절 시사점 68

04 자율운항선박 도입을 위한 해상교통관제 위험도 평가 _71

제1절 전문가 및 선박교통관제사 대상 설문조사 71
1. 설문조사 개요 71
2. 설문조사 분석 방법론 73
제2절 위험도 평가 결과 79

1. 기초통계 분석 79
2. 위험요소 평가 결과 82
제3절 시사점 86

05 자율운항선박 운항을 위한 해상교통관제 대응방안 _89
제1절 자율운항선박 운항을 위한 기본방향 89
제2절 자율운항선박 운항을 위한 과제 93
1. 운영전략 수립 93
2. 교육체계 개편 105
3. 인프라 구축 108
4. 법·제도 개편 113
제3절 중장기 추진 로드맵 및 기대효과 117
1. 중장기 추진 로드맵 117
2. 기대효과 119

06 결론 및 정책제언 _123
제1절 요약 및 결론 123
제2절 정책제언 126
1. IALA 의제문서 제출 및 대응 127
2. 관제운영매뉴얼 개정 128
3. 자율운항선박 위기 관리 매뉴얼 개발 130
4. 자율운항선박 수용을 위한 관련 법개정 133
5. 자율운항선박 관제를 위한 예산 및 인력 지원 필요 136

참고문헌 _139

부록 _149

표 목차

〈표 1-1〉 자율운항선박 단계 ····· 7
〈표 1-2〉 IALA 위험 관리 도구 및 특징 ····· 15
〈표 1-3〉 선행연구와 본 연구의 차별성 ····· 16
〈표 2-1〉 선박교통관제 능력단위 ····· 21
〈표 2-2〉 해상교통관제 설치 현황 ····· 26
〈표 2-3〉 중부지방해양경찰청 관할 관제센터 교신 통계 자료
('21년.12~'22년 11월) ····· 33
〈표 2-4〉 관제구역과 비관제구역 해양사고 비교 ····· 36
〈표 2-5〉 관제구역별 유형별 해양사고(2017-2022) ····· 37
〈표 2-6〉 관제구역별 선박용도별 해양사고(2017-2022) ····· 38
〈표 2-7〉 관제구역별 인명피해별 해양사고(2017-2022) ····· 39
〈표 2-8〉 IMO MASS Code 목차 초안 ····· 43
〈표 2-9〉 MASS Code 작업 논의 일정 ····· 44
〈표 2-10〉 자율운항선박 단계에 따른 해상교통관점의 시사점 ····· 47
〈표 2-11〉 선박교통관제구역 내 자율운항선박 운영 사례 ····· 48
〈표 3-1〉 자율운항선박 관제요소의 중요도 설문조사 결과 ····· 59
〈표 3-2〉 자율운항선박과 해상교통관제의 시나리오 ····· 60
〈표 3-3〉 자율운항선박에 대한 선박교통관제사 의견 ····· 65
〈표 3-4〉 자율운항선박 도입 시 해상교통관제의 예상 ····· 67
〈표 3-5〉 자율운항선박 등장에 따른 해상교통관제의 예상 변화요인 ····· 69
〈표 4-1〉 위험도 측정을 위한 기준 ····· 72
〈표 4-2〉 위험도 측정을 위한 조건부 확률 테이블 ····· 78
〈표 4-3〉 설문조사 대상자 개요 ····· 79
〈표 4-4〉 자율운항선박 등장에 따른 해상교통관제 위험요인 평균(Likert 척도) ····· 80
〈표 4-5〉 자율운항선박 등장에 따른 해상교통관제 위험도 평가 결과 ····· 83
〈표 5-1〉 자율운항선박 도입을 위한 해상교통관제의 대응과제 ····· 92
〈표 5-2〉 해양사고 발생 시 대응절차 ····· 103
〈표 5-3〉 자율운항선박 도입시 운항자 교육·훈련 내용 변경(안) ····· 105
〈표 5-4〉 자율운항선박 도입시 선박교통관제사 교육 내용 변경(안) ····· 107
〈표 5-5〉 선박교통관제 통신 채널을 이용한 사이버보안 위협 예상 ····· 111

〈표 5-6〉 선박교통관제 관련법의 수정 및 해석 필요사항 ····· 114
〈표 5-7〉 선박교통관제 관점 이슈사항에 대한 전문가 중요도 ····· 116
〈표 5-8〉 자율운항선박 도입을 위한 해상교통관제 대응 중장기 로드맵 ····· 118
〈표 5-9〉 위험요인과 정책과제의 연계 ····· 119
〈표 6-1〉 자율운항선박 관제방법(예시) ····· 128
〈표 6-2〉 관제운영매뉴얼 개정 단계 ····· 130
〈표 6-3〉 위기경보 판단기준 및 임무 ····· 131
〈표 6-4〉「선박교통관제에 관한 법률」 제13조(관제대상선박) 개선(안) ····· 133
〈표 6-5〉「선박교통관제에 관한 시행령」 제9조(관제통신의 제원) 개선(안) ····· 134
〈표 6-6〉「선박교통관제에 관한 시행규칙」 제2조(운항자에 대한 교육·훈련) 개선(안) ····· 134
〈표 6-7〉 자율운항선박 대응 신규사업(예시) ····· 138

그림 목차

〈그림 1-1〉 연구추진체계 ····· 10
〈그림 2-1〉 해상교통관제 시스템 구성도 ····· 24
〈그림 2-2〉 우리나라 연안해역 교통밀집도 ····· 32
〈그림 2-3〉 우리나라 부근 해양사고 현황 ····· 35
〈그림 2-4〉 IMO 자율운항선박 규제검토 로드맵 ····· 41
〈그림 2-5〉 IMO 내 자율운항선박 규정검토 사항 ····· 42
〈그림 2-6〉 대우조선해양(좌) 및 현대중공업(우) 시스템 모습 ····· 51
〈그림 2-7〉 HMM 선박운항 상황실 모습 ····· 52
〈그림 2-8〉 자율운항선박 실증구역 ····· 53
〈그림 4-1〉 모형 네트워크 구조 ····· 76
〈그림 4-2〉 위험도에 대한 소속함수 ····· 77
〈그림 4-3〉 베이지안 네트워크 계산 결과(선박교통관리) ····· 82
〈그림 4-4〉 위험도 분포도 ····· 85
〈그림 4-5〉 위험요소 우선순위 ····· 87
〈그림 5-1〉 대응과제 도출 과정 ····· 92
〈그림 5-2〉 대상해역 ····· 94
〈그림 5-3〉 대상구역의 관제대상과 비관제대상 선박 밀집도 ····· 95
〈그림 5-4〉 시간 분석을 위한 게이트라인 설정 ····· 96
〈그림 5-5〉 시간대별 게이트라인 통과 선박 척수 ····· 97
〈그림 5-6〉 맥주-퀴시 게임 사례 ····· 99
〈그림 5-7〉 선박교통관제사-자율운항선박 게임이론 적용 ····· 101
〈그림 5-8〉 위기경보발령 체계 ····· 104
〈그림 5-9〉 VDES 통신시스템 개요 ····· 109
〈그림 5-10〉 위험요인 변동에 따른 위험평가값 감소율 ····· 120
〈그림 5-11〉 제안 과제에 따른 자율운항선박 관제 위험평가값 감소율 ····· 121
〈그림 6-1〉 정책과제와 정책제언의 연계성 ····· 126

약어 목록

- VTS(해상교통관제 혹은 선박교통관제): Vessel Traffic Service
- IMO(국제해사기구): International Maritime Organization
- IALA(국제항로표지협회): International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities
- ISO(국제표준화기구): International Standard Organization
- MASS(자율운항선박): Maritime Autonomous Surface Ship

정책제안

▌IALA 의제문서 제출 및 대응 필요

- IALA는 현재 항행지원시설로서 자율운항선박을 지원하기 위한 가이드라인을 준비하고 있음. 본 연구에서 수행했던 자율운항선박 도입에 따른 선박교통관제의 위험도평가 결과를 토대로 '시·공간 관제분리(시차제)', '객관적인 의사결정 관제전략', '비상상황 대응방안' 등의 운영방안 등을 가이드라인 사례로 IALA에 제시 가능

▌자율운항선박을 고려한 관제운영매뉴얼 개정

- 선종별 관제요령에 자율운항선박을 추가하고 자율운항선박에 대한 운항 스케줄, 교신방법, 소형선박 접근 시 대응방안에 대한 내용을 포함
- (필요시) 자율운항선박이 관제구역에 접근 시 원격운항센터와 직접 소통할 수 있는 관제 인력을 추가 배치
- 자율운항선박에 대한 해양사고, 네트워크 차단, 선박시스템 고장 등의 비상상황에 대한 조치를 포함
- (필요시) 2차 사고예방을 위한 자율운항선박의 긴급정지, 비항해구역 등의 정보 제공을 포함

▌자율운항선박 위기관리 매뉴얼 개발

- 자율운항선박이 등장하는 초기에 발생할 수 있는 현장 혼란을 방지하기 위해 위기수준을 상향조정하여 운영할 수 있도록 매뉴얼 개발
- 자율운항선박이 등장하는 초기에는 자율운항선박 입·출항이 예정되어 있을 경우 관심단계로 설정해 사전에 준비하며, 주변을 항행하는 선박에게 자율운항선박의 항행 사실을 전파
- 자율운항선박의 해양사고 등 비상상황 발생 가능성이 농후한 상태를 경계단계로 설정하고 조치

▌자율운항선박 수용을 위한 관련법 개정

- 자율운항선박 관제를 위해 「선박교통관제에 관한 법률」의 제13조(관제대상선박)에 자율운항선박을 포함토록 개정
- 자율운항선박과 교신을 위한 「선박교통관제에 관한 법률 시행령」의 제9조(관제통신의 제원)에 새로운 교신시스템을 포함한 법률 개정
- 자율운항선박에 대한 교육을 위해 「선박교통관제에 관한 법률 시행규칙」 제2조(운항자에 대한 교육·훈련) 개정

▌자율운항선박 관제를 위한 예산 및 인력지원 필요

- 디지털 교신 장비 개발 및 설치를 위한 예산 지원 필요
- 디지털 교신 장비 운영 및 유지보수를 위한 각 센터별 추가인원 배치 필요

요 약

자율운항선박 운항을 위한 해상교통관제 대응방안 연구

박상원 · 박민정 · 박혜리 · 박한선

1. 연구의 배경 및 목적

1) 연구의 배경

- 자율운항선박은 해운물류분야 전반에 패러다임을 전환하고 막대한 사회적·경제적 파급효과를 가져올 미래 유망 신산업으로 급부상 중
- 국제해사기구(IMO)는 2016년부터 자율운항선박 도입을 위한 논의를 진행했으며, 2028년까지 화물선에 적용할 수 있는 자율운항선박 강제 협약을 발효할 예정
- 우리나라 항만 및 연안해역에는 해상교통관제 서비스가 시행되고 있으며, 자율운항선박이 운항되면, 출·입항 과정에서 필연적으로 관제구역을 통과할 것으로 예상
- 자율운항선박 시대를 대비하여 해상교통관제 전반에 대한 영향력을 점검하고 대응방안 마련 필요

2) 국정과제 연계성

- 자율운항선박 개발을 통해 미래 선박 시장을 주도하고 해상교통관제 강화를 위해 선박 안전을 확보한다는 계획이 국정과제로 발표됨
- 본 연구는 미래 선박 시장을 주도하는 자율운항선박의 안전 통항을 위한 전략 마련 연구이며, 국정과제의 조화로운 수행을 위한 정책 마련 연구임

3) 연구의 목적

- 본 연구의 목적은 선박교통관제구역 내 자율운항선박의 조화로운 항행을 보장하기 위한 정책을 제안하는 것
  - 자율운항선박과 관련된 기술 및 정책 현황 조사를 통해 미래 상황에서 해상교통관제에 대한 영향력 파악
  - 선박교통관제구역 내에서 자율운항선박이 항행 시 위험도 평가
  - 자율운항선박 도입을 위한 해상교통관제 측면의 대응과제 제안 및 정책제언

2. 연구의 방법

1) 학술적 방법

- 선박교통관제구역 내 자율운항선박 항행 시 위험도 평가 수행
  - 자율운항선박이 관제구역 운항 시 위험성과 관련하여 전문가를 대상으로 빈도 및 심각도에 대한 설문조사 수행
  - 증거 이론을 활용하여 미래 객체에 대한 불확실성과 정성적인 설문조사 의견을 정량화

- 퍼지 규칙 베이지안 네트워크를 활용한 위험도 순위 도출

2) 정책화 방법

- 선박교통관제사 인터뷰 및 설문조사를 통한 현장 의견 반영
- 해양경찰 해상교통관제과와 부처 간 협의를 통해 추진전략 및 과제 선정
- 전문가 자문을 통한 과제의 실효성 검증

3. 연구 결과

1) 연구 결과 요약

- MASS Code 논의 내용을 분석하여 자율운항선박의 특징 및 선박교통관제구역 항행 시기를 예측
- 해상교통관제 국가직무능력표준에 따라 선박교통관제사의 업무를 구분하고 자율운항선박 도입에 따라 선박교통관제 측면에서 예상되는 변화 및 위험요인을 전문가 인터뷰를 통해 식별
- 퍼지 규칙 기반의 베이지안 네트워크를 활용한 위험도 평가 수행

- 선박교통관제구역 내 탐지가 어려운 소형선박과 자율운항선박이 조우하는 상황의 위험도가 가장 높은 것으로 분석됨
- 통신지연 등 통신이 원활하지 않은 상황의 위험도가 높은 것으로 분석됨
- 자율운항선박을 대비하기 위해 선박교통관제는 관제운영 및 비상상황 대응 조치가 우선적으로 필요하다는 결론 도출

2) 정책화 방안

- **자율운항선박 도입을 위한 해상교통관제 기본방향은 자율운항선박 운항 시 위험요소 식별 및 대응방안 마련으로 설정하고 운영, 교육, 인프라, 법제도의 세부 과제를 제안하는 것**
- **자율운항선박 대응을 위한 운영 방안 과제**
  - 관제구역의 시·공간적 분리, 객관적 의사결정을 위한 관제 전략 수립 방안, 비상대응 마련
- **자율운항선박 대응을 위한 교육 과제**
  - 운항자 대상 자율운항선박 관련 교육 개설, 선박교통관제사 역량 강화를 위한 교육 개편
- **자율운항선박 대응을 위한 인프라 과제**
  - 통신체계 개편 방안, 사이버보안 대책 마련
- **자율운항선박 대응을 위한 법제도 과제**
  - 자율운항선박 수용을 위한 국내법 개선, 국제회의 대응

〈자율운항선박 도입을 위한 해상교통관제의 대응과제〉

구분	자율운항선박 운항 예상 시나리오	위험요소	대응과제
보고서 연계	• 2장 IMO 및 IALA 논의 현황	• 2장 선박교통관제사 직무현황 • 3장 위험요인 식별 • 4장 위험도 평가 결과	• 3장 전문가 인터뷰
관제대상 선박	• 현행 관제대상선박 • 자율운항선박	• 소형선박과 자율운항 선박의 조우	• 자율운항선박 운항을 위한 시·공간 분리 • 자율운항선박 관제 운영절차 마련

구분		자율운항선박 운항 예상 시나리오	위험요소	대응과제
통신	주체	• 관제대상선박, 비관제대상선박 • 자율운항선박 • 원격운항센터	• 자율운항선박과 통신이 원활치 않음	• 자율운항선박 통신체계 마련 • 사이버보안 대책 마련
	방법	• 음성 기반의 통신 • 디지털 정보교환	• 이기종 통신으로 정보 지연	• 음성 디지털화를 위한 기술 개발
교육		• 기존 교육 • 자율운항선박, 통신장비 교육	• 자율운항선박 관제 장비 고장, 데이터 오류	• 자율운항선박 교육과정 개설
관제구역		• 항만 및 연안의 자율운항선박 주요 항로	• 자율운항선박 통항으로 기존 교통 지연	• 자율운항선박 운항을 위한 시·공간 분리
비상상황		• 현행 비상상황 대응 • 자율운항선박 제어 (필요시)	• 자율운항선박 비상상황(해양사고, 통신두절, 시스템고장) • 인력관리 변화	• 비상상황 대응절차 마련
관련법		• 자율운항선박 관련 내용 추가	• 법적 근거 부재	• 자율운항선박 도입을 위한 법 개정

자료: 저자 작성

4. 기대효과(예상 성과)

1) 정책적 기대효과

▪ **위험도 평가는 각 위험요인의 빈도와 심각도를 바탕으로 수행되었으며, 빈도와 심각도를 활용하여 최종 위험도 감소율을 도출함**

- 위험도 감소율이 가장 큰 위험요인은 이기종 통신 사용으로 인한 내용 전달 지연. 해당 요인의 위험평가값이 전체에서 약 83.8% 감소. 해당 요인은 전문가가 위험요인 발생 가능성이 높을 것으로 판단한 항목으로, 요인의 발생 빈도가 줄어들면 위험도 값이 크게 감소할 수 있음

- 자율운항선박 대응을 위해 제안한 운영 방안 과제 중에서는 관제구역의 시·공간 분리의 위험도 감소율이 전체에서 약 4.5%로 나타나 가장 높았음. 이를 통해 해상교통 관리 및 비상대응에 관련된 내용으로 제안된 과제가 실질적인 선박교통관제 수행에 큰 영향을 끼칠 것으로 예상됨

▪ **위험도 감소율을 통해 영향력이 큰 정책을 도출할 수 있으며, 정부 정책 수립 시 우선순위 적용가능**

2) 사회·경제적 기대효과

▪ **자율운항선박 도입 초기, 선박교통관제구역에서 전통선박과 자율운항선박이 함께 운항됨으로 인해 발생하는 혼란을 줄여 안전한 해상교통환경을 조성할 수 있을 것으로 예상됨**

▪ **위험요소의 사전 식별을 통해 미래 해상교통환경을 예상해 볼 수 있으며, 대응방안 마련으로 촘촘한 안전망 형성이 가능할 것으로 예상됨**

▪ **해상교통관제를 위한 자율운항선박과 관련한 새로운 인프라 개발과 인력 증가로 인해 관련 고용인원이 증가할 것으로 예상됨**

EXECUTIVE SUMMARY

A Strategic Plan of Vessel Traffic Service for Maritime Autonomous Surface Ship (MASS)

Sangwon Park · Min-Jeong Park · Hye-Ri Park · Han-Seon Park

1. Background and Purpose

1) Background

- Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) are rapidly emerging as a promising future industry that will bring about a paradigm shift in the entire maritime logistics sector and have significant social and economic ripple effects.
- Since 2016, the International Maritime Organization (IMO) has been engaged in discussions regarding the introduction of Maritime Autonomous Surface Ships(MASS). The code of MASS will be entry into force with the mandatory base on 2028.
- Vessel Traffic Services are implemented in ports and coastal

waters in Republic of Korea. With the operation of Maritime Autonomous Surface Ships, it is expected that they will inevitably pass through controlled zones during the entry and exit processes.

- Preparation for the era of Maritime Autonomous Surface Ships need to make an evaluation of the overall impact on Vessel Traffic Services and the development of appropriate strategies for adaptation.

2) Relevance to National Projects

- The plan to lead the future shipbuilding market through the development of Maritime Autonomous Surface Ships and to ensure ship safety for enhancing maritime traffic control has been announced as a national agenda item.
- This study focuses on strategizing for the safe navigation of Maritime Autonomous Surface Ships that lead the future shipbuilding market. It aims to develop policies that harmoniously align with national agendas for effective implementation.

3) Purpose

- This study concentrates on formulating policy proposals for Maritime Autonomous Surface Ships, aimed at ensuring their harmonious navigation within ship traffic control zones.

- Investigating the technology associated with Maritime Autonomous Surface Ships and the domestic and international policy landscape to understand the impact on maritime traffic control in future scenarios.
- Conducting the risk assessment when Maritime Autonomous Surface Ships navigate within ship traffic control zones.
- Proposing response tasks and policy recommendations regarding the maritime traffic control aspects for the introduction of Maritime Autonomous Surface Ships.

2. Methodology

1) Academic methodology

▪ Conducting a risk assessment for Maritime Autonomous Surface Ships within ship traffic control zones.

- Surveying experts in risk related to the frequency and severity when Maritime Autonomous Surface Ships navigate within controlled zones.
- Objectifying uncertainties regarding future entities using evidence theory and quantifying qualitative survey opinions.
- Deriving risk rankings using fuzzy rule-based Bayesian networks.

2) Policy-making methods

▪ Incorporating on-site opinions through interviews and surveys of vessel traffic service personnel.

- Organizing discussions with maritime police and maritime traffic control department officials for strategy development and task prioritization.
- Validating the effectiveness of tasks through expert consultations.

3. Result

1) Summary

- Analyzing discussions on the MASS Code to predict the characteristics of autonomous ships and their navigation within ship traffic control zones
- Segregating the duties of vessel traffic service personnel according to the national competency standards for maritime traffic control, identifying anticipated changes and risk factors in maritime traffic control due to the introduction of autonomous ships through expert interviews.
- Conducting risk assessments using fuzzy rule-based Bayesian networks.
  - Analyzing cases where encounters between small vessels, difficult to detect within ship traffic control zones, and autonomous ships pose the highest risk.
  - Instances where communication delays or unreliable communication were identified as having higher risk.

- Concluding that prioritizing control operations and emergency response measures within vessel traffic control is crucial for preparing for autonomous ship navigation.

2) Policy recommendations

- The fundamental direction of maritime traffic control for the introduction of Maritime Autonomous Surface Ships is set to identify risk factors in autonomous ship navigation and propose corresponding measures. Detailed tasks are suggested for operations, education, infrastructure, and legal frameworks.
- Operational tasks for accommodating Maritime Autonomous Surface Ships
  - Spatial and temporal separation within control zones, establishment of control strategies for objective decision-making, and emergency response preparations.
- Educational tasks for accommodating Maritime Autonomous Surface Ships
  - Introducing specialized education programs targeting operators on Maritime Autonomous Surface Ships, revising current curricular to enhance the capabilities of vessel traffic service personnel.
- Infrastructure tasks for accommodating Maritime Autonomous Surface Ships.

- Proposals for restructuring communication systems and devising cybersecurity measures.

▪ Legal framework tasks for accommodating Maritime Autonomous Surface Ships

- Domestic law amendments to accommodate Maritime Autonomous Surface Ships, response strategies for international conferences.

〈Response Tasks for Maritime Traffic Control in the Introduction of Maritime Autonomous Surface Ships〉

Category	Anticipated Scenarios for Maritime Autonomous Surface Ship Operations	Risk Factors	Response Tasks
Report Integration	• Chapter 2: Current discussions in IMO and IALA	• Chapter 2: Job status of vessel traffic service personnel • Chapter 3: Identification of risk factors • Chapter 4: Results of risk assessment	• Chapter 3: Expert interviews
Controlled Vessels	• Current controlled vessels • Maritime Autonomous Surface Ships	• Encounters between small vessels and Maritime Autonomous Surface Ships	• Spatial and temporal separation for Maritime Autonomous Surface Ship operations • Establishing operational procedures for Maritime Autonomous Surface Ship control

Category		Anticipated Scenarios for Maritime Autonomous Surface Ship Operations	Risk Factors	Response Tasks
Communication	Entities	• Controlled and uncontrolled vessels • Maritime Autonomous Surface Ships • Remote operation centers	• Communication issues with Maritime Autonomous Surface Ships	• Establishing communication systems for Maritime Autonomous Surface Ships • Development of cybersecurity measures
	Methods	• Voice-based communication • Digital information exchange	• Interoperability causing information delays	• Technological development for voice digitization
Education		• Current education • Education on Maritime Autonomous Surface Ships and communication equipment	• Faults in Maritime Autonomous Surface Ship control equipment, Data errors	• Establishment of Maritime Autonomous Surface Ship education programs
Control Zones		• Primary routes for Maritime Autonomous Surface Ships in ports and coastal areas	• Traffic delays due to Maritime Autonomous Surface Ship navigation	• Spatial and temporal separation for Maritime Autonomous Surface Ship operations
Emergency Situations		• Current emergency response • Maritime Autonomous Surface Ship control (if necessary)	• Maritime Autonomous Surface Ship emergencies (Maritime accidents, communication breakdowns, system failures) • Changes in personnel management	• Establishment of emergency response procedures

Category	Anticipated Scenarios for Maritime Autonomous Surface Ship Operations	Risk Factors	Response Tasks
Related Laws	• Addition of Maritime Autonomous Surface Ship-related content	• Lack of legal grounds	• Legal amendments for the introduction of Maritime Autonomous Surface Ships

Source: Prepared by the Authors

4. Expected Outcomes

1) Policy effects

▪ Risk assessment was conducted based on the frequency and severity of each risk factor, and the final risk reduction rate was derived using these factors.

- The most significant factor contributing to risk reduction is the occurrence of delays in transmitting information due to cross-platform communication, with a potential risk reduction value of approximately 83.8%. This factor, perceived by experts as having a high likelihood of occurrence, indicates that reducing its frequency could notably decrease the overall risk.
- Among the proposed tasks, the spatial and temporal separation of control zones demonstrated the highest risk reduction rate, approximately 4.5%. This suggests that proposed tasks related to maritime traffic management and emergency response could

significantly influence practical vessel traffic control operations.

- The risk reduction rate could be applied to prioritize government policy formulation based on its effectiveness.

2) Social and economic effects

- It is anticipated that during the initial introduction of Maritime Autonomous Surface Ships, operating alongside traditional vessels could reduce confusion in vessel traffic control zones, creating a safer maritime traffic environment.
- Pre-identifying risk factors enables the anticipation of future maritime traffic environments, allowing for the formulation of response strategies to establish a robust safety network.
- The development of new infrastructure and an increase in personnel for Maritime Autonomous Surface Ship-related maritime traffic control is expected to result in an increase in employment in this field.

01
서론

제1절 연구의 배경 및 목적

1. 연구 필요성

자율운항선박은 해운물류분야의 패러다임을 전환하고 막대한 사회적·경제적 파급효과를 가져올 미래 유망 신산업으로 급부상 하는 중이다. 자율운항선박의 등장으로 관련 시장은 지속적으로 성장하고, 해운물류분야의 디지털화는 가속화될 전망이다. Acute Market Report는 자율운항선박 시장이 2025년에는 1,550억 달러 규모의 시장으로 성장할 것이라고 전망하였다. 즉 자율운항선박은 미래 해운분야의 대전환점이 되어 향후 자율운항선박과 관련한 산업이 확대될 것으로 예상된다.

자율운항선박과 관련한 기술의 개발은 유럽, 일본, 중국을 중심으로 급속하게 진행되고 있으며, 우리나라도 2020년부터 국제항로에 투입되는 1만 톤 이상 대형 상선의 자율운항 및 기관자동화를 위한 핵심기술 개발 및 실증을 추진 중이다. 그리고 울산 부근 해역에는 운항 시뮬레이션, 통신장비 등 실증 인프라를 갖춘 성능실증센터를 구축하였다.

기술개발뿐만 아니라 규제 측면에서도 자율운항선박 논의는 구체화되고 있다. 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)는 자율운항선박 운항에 대비하여 2018년부터 국제협약 제·개정 논의에 착수했으며, 2023년 현재는 목표 기반 자율운항선박 협약을 위한 로드맵을 개발하고 목적, 범위, 목차, 용어 정의 등 세부사항을 논의하고 있다. 그리고 2028년까지 화물선에 적용할 수 있는 자율운항선박 강제협약을 발효할 계획이라고 발표했다.

해상의 기술보다 빠르게 발전하고 있는 육상의 경우, 자율주행자동차 기술이 빠르게 발전하고 있다. 「자동차관리법」 제2조에 따라 법률적으로 자율주행자동차는 운전자 또는 승객의 조작 없이 자동차 스스로 운행이 가능한 자동차로 정의되며, 기술의 발전과 함께 이를 규제하는 법률이 함께 만들어지고 있다. 법률에 따라 자율주행시스템, 개발 시 안전기준, 사이버보안, 윤리가이드라인, 임시운행허가, 사고발생 시 책임 등 자율주행자동차 운영을 위한 다양한 규정 및 정책이 개발되었다. 화려한 기술 발전 이면에는 기술의 위험성에 관한 문제도 존재한다. NHTSA(미국고속도로교통안전국)이 발표한 통계자료에 따르면, 2021년 7월부터 2022년 5월까지 미국에서 자율주행자동차 관련 사고는 총 392건 발생했으며, 피해상황이 보고된 98건의 사고 중 11건은 인명피해가 발생하는 등의 심각한 사고였던 것으로 보고되었다.[1] 또한 미국 샌프란시스코에서 운영을 시작한 무인 택시는 시스템 교란으로 운행정지, 구급차 운행 방해로 응급 환자 사망, 소방차와 충돌하는 등 잇따라 사고가 발생하고 있다.[2]

이러한 자율주행자동차의 단독 운행의 안전을 확보하고 운행을 지원하기 위해, 국토교통부는 자율주행자동차 개발과 더불어 C-ITS 구축을 함께 시

1) NHTSA(2021)
2) 동아일보(2023)(검색일: 2023.10.10.)

행하고 있다. C-ITS는 차세대 지능형 교통 시스템으로 차량이 주행할 때 도로 인프라 및 다른 차량과 서로 통신하며 다양한 교통정보, 서비스를 교환하고 공유할 수 있는 융합시스템이다. 국토교통부는 2025년까지 주요 도로에 C-ITS 통신인프라를 구축하고 2030년까지 확대하겠다는 계획을 발표한 바 있다.[3] 자율주행자동차와 인프라가 함께 개발되는 이유는 인프라의 협력을 통해 더 안전하고 효율적으로 자율주행자동차 주행하기 위함이다. 인프라는 자율주행자동차의 완벽한 운행을 지원한다.

자율운항선박이 운항하게 될 항만 및 연안 부근 해역에는 해상교통관제 서비스가 시행되고 있다. 국제해사기구는 SOLAS 협약 제5장 12규칙에 해상교통관제 서비스의 목적, 체약국의 이행 의무를 기술하고 있다.[4] 해상교통관제는 선박교통의 안전과 효율성을 확보하고 해상안전을 보장하며, 인근해역의 해양환경과 연안시설물 등을 선박교통의 잠재적 위협으로부터 보호하는 역할을 수행하고 있다. 우리나라에는 항만 및 연안해역에 설치되어 운영 중이며, 해상교통관리의 핵심역할을 수행하고 있다. 즉 해상교통관제는 선박의 안전하고 효율적인 운항을 위한 지원시설이다.

자율운항선박이 도입되어 운항하게 되면 출·입항 과정에서 필연적으로 선박교통관제구역을 통과할 것이다. 지금까지 해상교통관제는 선박교통관제구역을 항해하는 선박운항자에게 서비스를 제공했으나, 자율운항선박은 단계에 따라 선원이 승선하지 않을 수도 있기 때문에 가깝게는 정보를 제공하는 대상 및 수단이 달라질 것으로 예상된다. 또한 선박교통관제구역 안에 혼재하게 될 자율운항선박과 기존 선박 간 조우관계 감시, 긴급 상황이 발생했을 때의 조치 등 새로운 선박 등장에 따라 선박교통관제의 역할에 큰 변화가 예상된다. 육상의 자율주행자동차는 교통수단과 지원시설도 함께 발전하고 있어 보다 완벽한 운행이 도모되고 있다. 자율운항선박도

3) 국토교통부(2020)
4) IMO(1997)

마찬가지로 해상교통관제와 함께 발전하여 보다 완벽한 자율운항선박의 운항이 도모되어야 할 것이다.

해상교통관제에 대한 국제적인 논의는 국제항로표지협회(IALA, International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities)에서 이루어지고 있으며, 국제항로표지협회도 자율운항선박 기술개발에 주목하여 지원이 필요한 사항을 식별하고 자율운항선박 관제를 위한 지침을 개발하고 있다.

해상교통관제의 주무부처인 해양경찰청이 발표한 '2023년 선박교통관제 시행계획'에 따르면, 자율운항선박 관제 운영 방안 마련을 시행계획 추진전략에 포함하고 있다.[5] 그러나 해상교통관제에서 자율운항선박을 수용하기 위해서는 운영뿐만 아니라, 교육, 인프라 그리고 관련 법 개정까지 다방면으로 고려해야 할 필요가 있다.

해양경찰이 발표한 시행계획으로는 자율운항선박 운항 시대를 대비하기는 어렵다. 그리고 국제해사기구의 계획에 따르면, 2025년에는 비강제이지만 자율운항선박 협약 개발이 완료된다.[6] 그러므로 자율운항선박을 대비한 관제 운영뿐만 아니라 해상교통관제 전반에 관한 영향력을 점검하고 이에 대한 대비가 시급하다. 이를 위해서 자율운항선박의 개발 양상을 통해 현재 우리의 기술 수준을 확인하고 해상교통관제의 현황 분석을 통해 자율운항선박 도입효과를 예측해 볼 필요가 있다. 더불어 우리나라의 대응방안을 국제사회에 전파하여 국제항로표지협회에서 개발 중인 자율운항선박 관제를 위한 지침의 사례로 소개하고 널리 알릴 필요가 있다.

5) 해양경찰청(2023)
6) IMO(2023)

2. 연구 목적

자율운항선박 개발을 통해 미래 선박 시장을 주도하고 해상교통관제 강화를 통해 선박 안전을 확보한다는 계획이 2022년 국정과제로 발표된 바 있다.[7] 그러나 미래 선박 시장을 주도할 자율운항선박이 안전하게 통항하도록 하는 전략은 마련되어 있지 않다. 국정과제의 조화로운 수행을 위해서는 자율운항선박과 해상교통관제를 연계하는 정책 마련이 필요하다. 특히 자율주행자동차와 같이 자율운항선박 역시 단독으로 항해하는 것이 아니라 비자율운항선박과 뒤섞여 항해하기 때문에 이를 전체적으로 관제할 전략이 필요하다.

본 연구는 자율운항선박의 선박교통관제구역 내 조화로운 항행을 보장하기 위한 정책 방안을 제시하고하 한다. 이를 위해 크게 세 가지 세부 목적을 설정하였다.

첫째, 자율운항선박과 관련된 기술과 국내·외 정책현황을 조사한다. 이는 미래에 등장할 자율운항선박이 해상교통관제에 어떤 영향을 미치는지 파악하기 위함이다.

둘째, 자율운항선박이 선박교통관제 구역 내를 항해할 때 위험도를 평가한다. 선행연구와 자율운항선박 및 선박교통관제 전문가 의견을 바탕으로 위험요인을 식별하고 선박교통관제 구역 내 자율운항선박 운항의 위험도를 정량적으로 제시한다.

셋째, 자율운항선박 도입을 위한 해상교통관제의 대응과제를 제안한다. 해상교통관제와 관련한 현황조사, 관제사 및 전문가 대상 설문조사, 위험도 평가의 정량적 데이터를 기반하여 정책방향을 제시한다. 그리고 해당 과제에 관한 정책제언을 하고자 한다.

7) 제20대 대통령직인수위원회(2022)

제2절 연구의 범위 및 방법

1. 연구 범위

해상교통관제는 1993년 포항항에 시스템을 도입한 이후, 2023년 9월 기준 2개의 광역, 13개의 항만 및 4개의 연안해역에서 정식 운영 중이다.[8] 「선박교통관제에 관한 법률」에 따르면 해상교통관제는 대한민국의 영해 및 내수에 있는 선박 중에서 관제대상선박에 대하여 적용한다. 여기서 관제대상선박은 국제항해에 취항하는 선박, 총톤수 300톤 이상의 선박 및 위험물운반선이다.

연구의 주요 대상인 자율운항선박은 현재 명확한 정의가 내려져 있지는 않은 상황이다. 국제해사기구는 제98차 해사안전위원회에서 자율운항선박을 'Maritime Autonomous Surface Ships(MASS)'로 명칭하기로 합의한 바가 있지만, 정의에 대해서는 아직 논의 중에 있다. 제99차 해사안전위원회에서는 자율운항선박과 관련한 국제해사기구 협약을 검토하기 위해 사람의 승선 여부와 외부 조종 및 자율조종에 따라 자율화 등급을 임시로 네 단계로 나누어 자율운항선박을 구분한 바 있다.[9] 이처럼 자율운항선박에 대한 명확한 정의가 없기 때문에 본 연구에서는 제99차 해사안전위원회가 임시로 구분했던 자율운항선박의 자율운항선박 단계를 사용하고자 한다. 자율운항선박 단계는 다음의 〈표 1-1〉과 같다.

8) 2023년 9월부터 군산광역, 목포광역해상교통관제센터 운영이 시작되었으나, 이번 연구에서는 광역해상교통관제센터 운영 전의 항만 및 연안 구역을 중심으로 분석함
9) IMO(2018)

〈표 1-1〉 자율운항선박 단계

자율화 등급		정의
1	자동화된 절차 및 의사지원시스템을 갖춘 선박	• 일부 기능에 대해 자동화 운용이 가능하지만, 대부분은 선원이 승선하여 운용 및 시스템과 기능을 제어함
2	원격제어가 가능하며 선원이 승선한 선박	• 선박이 다른 장소로부터 제어 및 운영되고 있지만 선원은 승선하고 있음
3	원격제어가 가능하며 선원이 승선하지 않은 선박	• 선박이 다른 장소로부터 제어 및 운영되며 선원이 승선하지 않음
4	완전자율운항선박	• 선내 운용시스템으로 자체적 결정 및 조치가 가능한 선박

자료: 박혜리 등(2018)

본 연구의 범위는 우리나라의 해상교통관제 구역을 대상으로 한다. 자율운항선박은 IMO 단계의 자율운항선박으로 간주하며, 자율운항선박을 관제대상선박으로 보는지는 명확히 도출되지 않았지만, 해상교통관제는 위치를 특정할 수 있고, 의사소통이 가능한 선박을 기본적으로 관제하기 때문에[10] 관제대상에 자율운항선박을 포함하는 것을 가정하여 진행하고자 한다.

2. 연구 내용

본 연구는 제1장 서론, 제2장 국내 관제 실태와 글로벌 해상교통관제 변화, 제3장 자율운항선박 도입에 따른 해상교통관제 대응요인, 제4장 자율운항선박 도입을 위한 해상교통관제 위험도 평가, 제5장 자율운항선박 운항을 위한 해상교통관제 대응방안, 제6장 결론 및 정책 제언 등 총 6개 장으로 구성되어 있다.

제1장에서는 연구의 필요성 및 목적, 연구 내용 및 방법, 선행연구 검토

10) 선박교통관제는 선박의 위치를 탐지하고 선박과 통신할 수 있는 설비를 설치·운영함으로써 선박의 동정을 관찰하고 정보를 제공하는 것을 의미하기 때문에 위치 탐지와 통신을 전제조건으로 보고 판단함

및 연구 차별성 등 연구 개요에 관한 내용을 서술한다.

제2장에서는 해상교통관제의 자율운항선박 대응 당위성 확보를 위해 국제해사기구 및 국제항로표지협회의 자율운항선박 논의 동향을 살펴보고 국내 해상교통관제 현황을 분석한 결과를 토대로 시사점을 제시한다.

제3장에서는 해상교통환경 변화에 따른 대응요인 도출을 위해 해상교통 전문가 및 선박교통관제사 대상으로 한 인터뷰를 제시한다. 인터뷰 내용을 종합하여 자율운항선박 도입 시에 변화하는 요인을 바탕으로 예상되는 위험요인을 도출한다.

제4장에서는 제2장과 제3장을 통해 도출된 위험요인에 대해 실시한 위험도 평가 결과를 서술한다. 위험도 평가는 자율운항선박 도입에 따른 해상교통관제 위험요인의 우선순위를 도출하기 위해 수행되었다.

제5장에서는 위험요인과 우선순위를 바탕으로 자율운항선박 도입을 위한 해상교통관제의 추진전략과 정책과제를 제시한다. 추진전략은 운영, 시설, 교육 및 법·제도 분야로 나누어 제시하며, 각 추진전략별로 2~3개의 정책과제를 제시한다.

제6장 결론에서는 제1장에서 제5장의 내용을 요약 정리하고 해상교통관제 구역에서 자율운항선박의 조화로운 항해를 위한 정책을 제언한다.

3. 연구 방법

자율운항선박에 대한 국제사회의 논의 동향을 파악하기 위해서 국제해사기구, 국제항로표지협회 등에서 논의하고 있는 의제문서를 조사하였다. 아울러 유럽, 중국, 일본 등에서 진행하고 있는 자율운항선박 관련 기술개발

동향을 파악하기 위해 관련 자료 및 기사를 참고하였다. 우리나라의 관련 정책은 정부 국정과제, 자율운항선박 규제혁파 로드맵, 선박교통관제 기본계획 및 2023년 시행계획을 참고하였다.

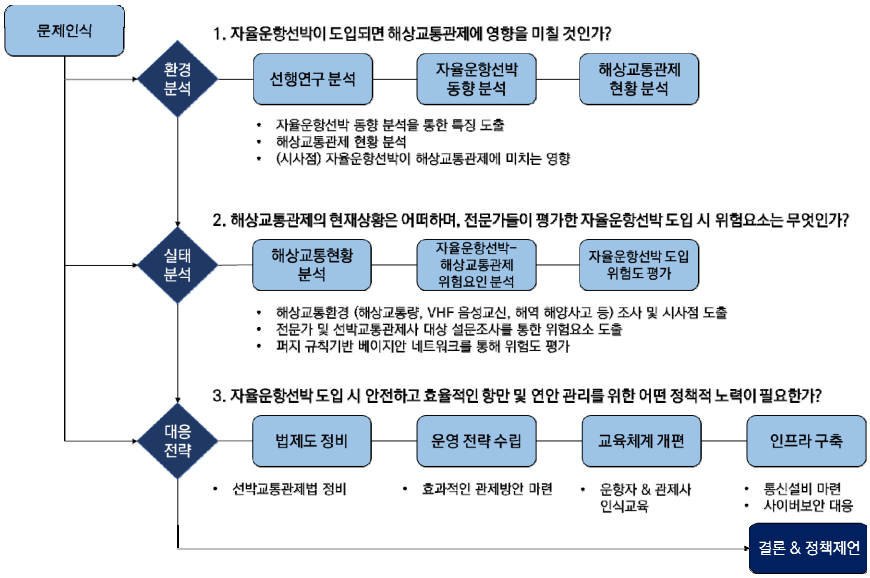
해상교통관제 현황을 파악하기 위해서는 「선박교통관제에 관한 법률」 등과 같은 관련 법과 규칙을 분석하였다. 그리고 관제구역의 실질적인 분석을 위해 한국해양교통안전공단에서 제공하는 최근 6년간 해양사고, 해양수산부에서 제공하는 GICOMS 데이터를 활용하여 정량적인 분석을 수행하였다.

선박교통관제구역 내 자율운항선박의 위험도 평가를 수행하였다. 위험도 평가를 수행하기 위해 ISO, 국제해사기구, 국제항로표지협회에서 추천하는 위험도 평가 방법을 분석했으며, 빈도와 심각도를 전문가에게 설문조사하였다. 이때 정성적인 전문가의견을 통합하기 위해 증거이론을 사용했으며, 위험도 평가를 위한 계산은 퍼지 규칙 기반 베이지안 네트워크를 활용하였다.

자율운항선박 과제에는 선박교통관제사의 설문조사를 활용하여 현장의 목소리를 반영하였다.

이를 통해 도출된 자율운항선박 도입을 위한 추진전략과 추진과제는 관련 분야별 전문가를 대상으로 인터뷰를 하거나 자문을 구하는 방법 등을 활용하여 구체화하였다. 마지막으로 해양경찰 해상교통관제과 과장 및 담당자와 부처협의회를 개최하여 추진전략 및 과제를 선정하고 전문가 자문을 통해 실효성을 검증했다. 〈그림 1-1〉은 연구추진체계를 나타낸다.

〈그림 1-1〉 연구추진체계



자료: 저자 작성

제3절 선행연구와 본 연구의 차별성 검토

1. 자율운항선박에 관한 선행연구

자율운항선박에 관한 연구는 자율운항 및 주행을 위한 단위 기술의 연구가 많다(강원식·박영수, 2019; 김민영·정치윤, 2019; 배석한 외, 2020; 임용택·임강원, 2004; Yoo, 2020; 신광섭 외, 2009; 박인선 외, 2015). 본 연구에서는 자율운항선박 도입에 따른 정책방안을 제시하는 것을 목적으로 하기 때문에 세부적인 단위 기술보다는 법이나 정책 분야에 집중하여 선행연구를 분석하였다.

2018년 자율운항선박이 국제해사기구에서 논의되기 시작하면서, 자율운항선박에 관한 협약이나 법에 대한 연구가 진행되었다. 전해동(2022), 임요준·이윤철(2018), 김창균(2019), 천정수·박한선(2021)은 국제해사기구의 협약에 대한 자율운항선박 도입 검토를 수행하였다. 한성훈·송영조(2022), 전해동(2018), 신재하(2020), 최정환 외(2018), 지승현(2020), 김인현(2022), 이현균·이언호(2019)는 우리나라 법체계에서의 자율운항선박 도입 검토를 수행하였다. 김인유(2020), 김태규(2021)는 자율운항선박 도입에 따른 책임을 검토하였다. 또한 자율운항선박에 대한 윤리적 검토를 한 연구도 있다(장유락, 2021).

한편 자율운항선박 정책방향을 제언한 연구도 있다. 장인수(2022)는 자율운항선박 상용화 시 예상되는 문제점을 예측하고 해양경찰 임무 수행을 위한 제언을 하였다. 한종길(2019)은 자율운항선박 도입을 위한 정책우선순위를 제시했으며, 선박 설계기술 개발을 1순위로 제시하였다. 김홍태·양영훈(2019)은 자율운항선박 시대 실현의 핵심은 지능화와 가상화이며, 선원의 지식을 시스템할 필요가 있다고 하였다. 이영규(2019)는 전문가 대상 인터뷰를 통해 자율운항선박의 개발 방향을 제시했으며, 경제운항과 안전운항기능을 고려한 상황인지 능력이 중요하다고 하였다. 임성주·신용존(2022)은 완전자율운항선박은 비상상황 대처, 원격운항제어, 선박정비 순으로 해기사의 역량이 중요한 것으로 제시했다. 이재영(2019)은 자율운항선박의 개발동향 및 쟁점분석을 통해 정책적인 제언을 했다.

2. 해상교통관제에 관한 선행연구

본 연구에서는 해상교통관제에 관한 연구 중 자율운항선박 등 신기술 도입과 관련된 선행연구를 분석하였다. 박상원 외(2020)는 협약 분석을 통해

자율운항선박의 적용범위, 사이버보안 및 운영 측면에서 변화의 양상을 예측하고 이에 대한 개선사항을 제안했다. 자율운항선박이 해상교통관제 영역에 적용되었을 때의 변화는 예측할 수 있었으나 정성적인 예측에 불과하다는 점에서 한계가 있다. Baldauf et al.(2018)도 자율운항선박의 등장이 VTS의 안전한 운영에 미치는 영향을 식별했으나 해당 연구도 정성적인 예측이 한계점이였다.

Chong(2018)은 AHP 분석 방법을 활용하여 유인선박과 무인선박 모두 선박교통관제 구역 내에서 안전하게 관리할 수 있는 방안의 운영, 규정 등에 대해 제시하였다. 그러나 이 연구가 수행된 2018년은 자율운항선박에 논의가 시작된 시점으로 시기가 오래되었으며, 연구에 파급효과 등 미래에 대한 예측이 없다는 한계가 있다. Baldauf et al.(2019)은 유인선과 무인선의 교통 시나리오를 개발하여 시뮬레이션으로 실증하였으며, 원격 운영 시 요구사항을 도출하였다. 이 연구는 시뮬레이션을 통해 실증 분석을 하였기 때문에 관제구역에서 자율운항선박이 운항하는 상황을 미리 엿볼 수가 있었다는 점에서 의의가 있다. 그러나 시뮬레이션은 운항측면에서만 예측이 가능하였다.

3. 신기술의 영향력에 관한 선행연구

해상교통관점에서 자율운항선박은 지금까지 없었던 새로운 기술이다. 그러므로 본 연구에서는 신기술이 현행 인프라에 끼치는 영향력을 분석한 선행연구를 분석했다. 다양한 신기술이 있지만, 본 연구에서는 자율운항선박과 유사한 자율주행자동차에 한정하여 분석했다.

이지혜 외(2018)은 자율주행자동차 기술개발에 영향을 미치는 요소의 우선순위를 AHP를 통해서 분석하였다. 박지영 외(2017)은 자율주행자동

차 도입의 파급효과와 대응전략을 수립했으며, 교통물류, 일자리, 자동차산업, 세수, 도로 인프라 등의 효과를 검토하였다. 우승국 외(2017)은 자율주행자동차 도입의 교통부문 파급효과를 도출하였다. 자율주행자동차 기술은 도로교통 용량 최대 300% 증대에 영향을 미치는 것을 확인했으며, 인건비 감소, 인적사고 요인 감소 등의 긍정효과를 가져온다고 하였다.

4. 위험도 평가

자율운항선박 등 신기술의 영향력을 도출하기 위해서는 정량적인 평가가 필요하다. 새로운 기술을 평가하기 위해 본 연구에서는 위험도 평가를 수행할 예정이며, 평가 방법을 확정하기 위해 위험도 평가에 관한 선행연구를 분석했다.

ISO는 위험을 관리하기 위한 표준으로 ISO 31000:2018(Risk management)를 제시했다. 표준에서는 위험을 목표에 대한 불확실성의 영향으로 정의하고 있다. 위험의 불확실한 영향은 예상치와 긍정적이거나 부정적으로 격차가 벌어지는 것이기 때문에, 위험의 영향으로 기회나 위험이 도출될 수 있다.[11)]

표준은 위험을 관리하기 위한 원칙을 통합, 체계적, 맞춤형, 종합적, 동적, 유용한 정보, 인간과 문화적 요소, 지속적인 개선으로 구분하고 있다. 그리고 위험 관리를 위해서는 최고경영자의 의지 표명이 중요하다고 하였다.

위험도 관리는 크게 현황분석, 위험식별, 위험분석, 평가, 처리의 과정으로 구분된다. 현황분석 및 위험식별은 조직의 내·외부 환경과 이슈사항의 위험을 식별하는 단계이다. 위험분석은 위험 가능성과 결과를 수치화하는

11) ISO(2018)

단계이며, 평가는 리스크 기준과 비교하여 조치사항을 찾는 단계이다. 처리 단계에서는 평가 결과에 따른 조치 계획을 수립하고 이를 검증한다.

국제해사기구의 공식 안전성 평가는 위험 및 편익 평가를 통해서 의사결정을 지원하는 평가방법이다. 공식 안전성 평가는 인적요소, 해양 안전 및 해양 환경 보호, 비용을 포함한 다양한 기술 및 운영 문제 간의 균형을 달성하는 것을 목표로 한다.

국제해사기구는 2002년 MSC/Circ.1923/MEPC/Circ.392를 통해 공식 안전성 평가를 채택했으며, 해양분야의 안전성 평가 시에 FSA를 사용할 것을 권고했다.[12)]

FSA는 먼저 위험을 식별한다. 이 과정에서 관련된 잠재적인 사고 시나리오와 그 원인과 결과를 찾고, 이 정보들을 활용하여 위험분석을 수행한다. 식별된 서로 다른 잠재적인 사고 시나리오의 가능성과 결과가 추정되고 이에 따라 시나리오에 우선순위가 매겨진다. 순위가 높은 시나리오에 대해서는 위험 제어 옵션이 식별된다. 이는 사고 발생가능성 또는 그 결과의 심각성을 줄이기 위한 잠재적인 조치가 고려되는 것이며, 위험 감소에 얼마나 영향을 미치는지 추정하는 것이다. 이때 세 가지 전략이 있다. 첫 번째는 가장 간단한 전략으로 위험, 예상위험 우선순위, 위험을 제어하는 옵션 및 이에 대한 정보를 수집하여 의사결정자에게 제공하는 것이다. FSA에서 비용편익 분석을 제외하고 바로 의사결정자에게 권고하는 것이다. 두 번째는 첫 번째 단계에서 위험 통제 옵션을 구현하기 위한 비용을 추정하는 것이다. 그리고 이 비용은 추정된 위험 감소 효과와 결합되어 의사결정자에게 전해진다. 세 번째는 두 번째 전략과 동일한 과정을 거치지만 더욱 정교한 위험도 평가를 위해 위험제어 옵션 과정과 위험식별이 반복 수행된다는 점에서 차이가 있다.

12) IMO(2002)

국제항로표지협회는 항해지원시설 위험도관리를 위한 지침(IALA Guideline, G1019 Risk management)을 제공하고 있다. 이 지침은 항해지원시설 당국 및 관련 이해관계자를 위한 문서이며, IMO에서 권고하고 있는 공식 안정성평가와 국제표준화 기구의 조직적인 위험관리를 바탕으로 한다. 그리고 이를 평가하기 위한 IALA 차원의 위험도 관리 도구를 제안한다. 제안하는 위험관리 도구는 〈표 1-2〉와 같다.

〈표 1-2〉 IALA 위험 관리 도구 및 특징

구분	도구	특징	장점	단점
1	PAWSA	• 미국 USCG에서 사용하던 도구이며, IMO FSA에서 1,2,3,5단계를 수행	• 현지 모든 전문지식과 정보를 활용할 수 있으며, 다양한 수준의 전문성을 고려할 수 있음 • 이해당사자가 평가 과정에 참여	• 적어도 2일 이상의 워크숍이 필요 • 전문가 탐색이 어려울 수 있음
2	IWARAP	• 좌초와 충돌 위험을 식별할 수 있음 • IMO FSA의 1,2,3 단계를 수행	• 빠른 결과 도출 • 정량적인 값 도출 • 다른 시나리오와 비교 가능	• 과거 데이터를 활용하기 때문에 결과는 과거형임 • 인과요인의 값은 가정해야함 • 가능성만 계산이 가능하며 심각도는 계산이 불가
3	SIRA	• 전문가 그룹이 구조화된 방식에 따라 위험도를 평가 • IMO FSA의 1,2,3,5단계를 수행	• 유연하며, 어떠한 위험이라도 논의 가능함 • 최소한의 전문가 그룹 제한 없음	• 전문가 의견에 의한 가능성과 심각도 평가
4	시뮬레이션	• 시뮬레이션은 정량/정성적인 데이터 모두 활용가능하며, 가상의 공간에서 실제 항해를 하는 방법임 • AIS 자료를 활용하여 표현이 가능하며, 자율운항선박도 시뮬레이션된 시나리오에 표현 가능	• 실시간 시뮬레이션을 직접 확인하면서 이해당사자의 합의 도출 가능	• 시뮬레이터는 가상의 모델이며 정확도가 떨어질 수 있음 • 안전 여유가 작아서 보수적인 판단을 할 가능성이 높음

자료: IALA Guideline(G1018)을 참고하여 저자 작성

5. 본 연구의 차별성

자율운항선박과 관련한 연구는 단위 기술 개발 연구가 주를 이루고 있다. 그렇기 때문에 대부분의 연구가 과학기술 쪽으로 치우쳐져 있다. 다만, 2018년 국제해사기구에서 자율운항선박을 논의하기로 결정하면서 국제협약이나 법률, 그리고 윤리 연구가 시작되었다. 해상교통관제 서비스는 자율운항선박의 논의가 시작되면서 함께 시작되었다. 특히 논의가 시작되었던 2018년에 발표된 Chong(2018)의 연구는 해상교통관제에서 자율운항선박이 어떤 영향을 미칠지 고려한 첫 논문이었다. 우리나라에서는 박상원 외(2020)이 Chong(2018)의 논문에 우리나라 현황을 더하여 시나리오를 추가하였다.

그러나 해상교통관제 측면에서의 자율운항선박 영향 분석은 일부분에 한정되어 진행되어 왔으며, 학술연구에서 다뤄진 선행연구가 전부이기 때문에 정책적인 연구는 진행된 바가 없었다. 그러므로 본 연구는 우리나라 해상교통관제 전반에 걸쳐 자율운항선박이 도입되었을 때의 위험요소를 바탕으로 이에 대한 정량적인 분석을 하는 것에 의의가 있으며, 자율운항선박에 대한 해상교통 측면의 로드맵을 제시하고자 한다는 점에서 연구의 차별성이 있다.

〈표 1-3〉 선행연구와 본 연구의 차별성

구분	선행연구		본 연구
	요약	참고문헌	
연구 목표	• 자율운항선박 기술 개발에 대한 연구 • 법적 측면에서 자율운항선박 연구 ☞ 자율운항선박의 법, 기술에 대한 선행연구	• 법·제도(전해동, 2020; 김인유, 2020; 한성훈·송영조, 2022; 이현균·이언호, 2019; 전해동, 2018; 김태규, 2021; 신재하, 2020; 최정환 외, 2018; 이요준·이윤철, 2018; 김창균, 2019; 지승현, 2020; 김인현, 2021; 천	• 자율운항선박의 도입에 따른 해상교통관제 측면의 정량적인 분석

구분	선행연구		본 연구
	요약	참고문헌	
		정수·박한선, 2021; 한종길, 2019; 이재영, 2019; 임성주·신용존, 2022) • 기술 개발(김민영·정치윤, 2019; 배석한 외, 2020; Yoo·Lee, 2021; 이영규, 2019; 박성용 외, 2008; 이광일, 2018) Veitch·Alsos, 2022; man et al., 2014; Issa et al., 2022; Ni et al., 2022),	
연구 대상	• 자율주행자동차 • 자율운항선박 ☞ 자율주행자동차의 파급효과에 대한 선행연구	• 해상교통관제(박상원 외, 2020, Chong, 2018; Baldauf·Fischer, 2019; Baldauf et al., 2018; 박성용 외, 2008; 박한선 외, 2017) • 자율주행자동차(Park et al., 2021; 김용석, 2018; 이호준 외, 2019; 이지혜, 2018; 한승균, 2019; 엄영근, 2021; 정임영, 2020; 정정호, 2021; 박지영 외, 2017; 우승국 외, 2019)	• 자율운항선박의 도입 시 파급효과 중 그 대상을 해상교통관점에서 분석
연구 범위	• 해상교통관제에 대한 영향 ☞ 해상교통관제 중(운영, 보안 측면에서 영향 및 대응방안 제시)	• 해상교통관제 대응방안(박상원 외, 2020)	• 해상교통관제와 관련한 운영, 법·제도, 인프라, 인력 등에 대한 정책방향을 제시
연구 방법	• 관련 분야에 대한 문헌조사 • 게임이론을 이용한 최적의 해 도출 • 위험도 평가 • AHP 분석을 활용한 우선순위 도출 • 법령 검토	• (문헌조사) 전체 선행연구 • (게임이론) 임용택·임강원, 2004; Yoo & Langari , 2020; 신광섭 외, 2009 • (시뮬레이션) 배석한 외, 2020; Park et al., 2021; Lee et al., 2019; 정정호, 2021; 우승국 외, 2019; 조소현, 2018 • (AHP) 임성주·신용존,	• 자율운항선박 논의 동향 파악을 위해 문헌 조사 및 국제협약 검토 • 해상교통관제 운영 방안 마련을 위해 게임이론 방법론 수행 • 시나리오별 예측을 위해 시뮬레이션 수행 • 법령개정(안) 제안을 위해 법령검토 수행

구분	선행연구		본 연구
	요약	참고문헌	
		2022; 한종길, 2019; Chong, 2018; 이영규, 2019; 이지혜, 2018; 엄영근, 2021 • (법령검토) 전해동, 2020; 김인유, 2020; 한성훈·송영조, 2022; 전해동, 2018; 김태규, 2021; 박상원 외, 2020; 최정환 외, 2018; 이요준·이윤철, 2018; 김창균, 2019; 지승현, 2020; 김인현, 2021; 천정수·박한선, 2021	

자료: 저자 작성

02
국내 관제 실태와 글로벌 해상교통관제 변화

본 장에서는 국내 해상교통관제 현황과 자율운항선박 등장에 따른 해상교통 환경 변화를 살펴본다. 논의되고 있는 자율운항선박의 핵심사항을 통해 해상교통관제 도입을 위한 이슈사항을 파악하고자 한다.

제1절 해상교통관제 현황 분석

해상교통관제는 레이더, VHF, AIS 등을 이용하여 항만 또는 연안해역의 선박교통안전과 효율성을 확보하고 해양환경을 보호하기 위해 관제구역 내 통항선박의 동정을 관찰하고 이에 필요한 정보를 제공하는 정보교환체제를 말한다(해양경찰청, 2023). 우리나라는 '93년 포항항에 해상교통관제시스템이 최초 도입된 이래, '23년 현재 2개의 광역, 13개의 항만 및 4개의 연안해역에 설치되어 운영 중이다.[13] 본 절에서는 해상교통관제의 현황 분석을 통해 자율운항선박을 도입할 때 고려해야 할 요소를 식별하고자 한다.

13) 2023년 9월부터 군산광역, 목포광역해상교통관제센터 운영이 시작되었으나, 이번 연구에서는 항만 및 연안 구역을 중심으로 분석함

1. 해상교통관제 개요

1) 해상교통관제 업무

선박교통관제사는「선박교통관제에 관한 법률」제18조의 업무를 수행하는 사람으로서, 크게 세 가지 업무를 담당하고 있다. 먼저 선박교통관제구역을 통항하는 선박의 항행안전을 위해 필요한 시간에 항행안전방송을 시행하는 업무이다. 항행안전방송은 기상특보, 해양사고 발생 시 구조 사항, 항행경보 및 공사 등으로 인한 항행제한에 관한 사항을 포함한다. 두 번째 업무는 관제대상선박의 항법 관련 법규 준수 여부를 감시하고 필요시 선박운항의 의사결정에 도움을 줄 수 있는 사항을 조언하는 업무이다. 조언은 접근선박의 침로와 속력 또는 항행방향, 항행로와 변침점에 대한 상대적인 위치, 타선의 위치 및 위험상황에 처할 우려가 있는 선박의 경고방송을 포함한다. 세 번째 업무는 유관기관 지원 및 정보제공의 업무이다. 그 내용은 태풍 내습 시 피항 선박 현황 정보의 제공, 해양사고 발생 시 사고수습을 위한 정보 제공 및 항만운영정보시스템(Port-Mis) 자료입력 등이 포함된다. 종합하면, 선박교통관제사는 관제구역 내 통항하는 선박의 안전항행을 위해 필요한 각종 정보를 제공하고 있으며, 특히 관제대상 선박의 선장에게 직접적인 조언을 줄 수 있다는 것을 알 수 있다.

2) 해상교통관제 관련 국가직무능력표준

국가직무능력표준은 산업현장의 직무를 수행하기 위해 필요한 능력을 국가적 차원에서 표준화한 것으로 능력단위 또는 능력단위의 집합을 말한다.[14] 국가직무능력은 산업현장의 요구에 따라 지식, 기술, 태도 등의 분류로 표준을 정하고 기업은 이에 따라 자격, 교육훈련 및 인사관리를 할 수

14) 국가직무능력표준 홈페이지(검색일: 2023.6.16.)

있어 산업현장에 적합한 인적자원을 개발하는 효과가 있다.

국가직무능력의 표준은 직무의 유형을 중심으로 구분되어 있으며 한국고용직업분류에 따라 대분류(24개), 중분류(81개), 소분류(271개), 세분류(1,083개)의 순으로 구성되어 있다. 선박교통관제의 국가직무능력 표준은 운전·운송(대분류)-선박운전·운송(중분류)-선박운항(소분류)에 포함되어 있다. 각 세분류는 능력단위 또는 능력단위의 집합으로 구성되어 있으며, 직무수행을 위한 구체적인 요소가 정의되어 있다. 〈표 2-1〉은 선박교통관제 능력단위 및 요소를 나타낸다.

〈표 2-1〉 선박교통관제 능력단위

구분	능력단위명	능력단위요소
1	선박교통관리	선박교통 계획 수립
		선박교통 관리
2	항해기술 적용	해도 해석
		국제규칙 및 국내법률 적용
		항로표지 시스템 파악
3	비상상황 대응	해양사고 대응
		해양준사고 대응
4	설비운영	관제 시스템 운영
		관제 기타 장비 운영
		관제 시스템 장애 대응
5	통신협조	관제상황 의사소통
		관제상황 대응
6	관제언어적용	관제언어 메시지 준비
		상황별 관제언어 교신
7	인적자원관리	인적자원 관리
		이해관계자 관리
8	무선통신운용	무선설비 운용
		VHF 무선통신 운용
		수색·구조 통신

자료: 선박교통관제 NCS 및 학습모듈검색

선박교통관제의 능력단위는 총 8개로 구성되어 있다. 선박교통관리는 관제구역에서 선박교통관리계획에 따라 선박의 안전과 신속한 항해를 지원하고 위험요인을 사전에 관리하는 능력이다. 항해기술 적용능력은 관제구역에서 안전하고 신속한 항해지원을 위해 해도를 해석하고 국제규칙과 국내법률, 항로표지시스템 및 항해장비를 활용하는 능력이다. 비상상황 대응 능력은 해양에서 발생하는 다양한 사고를 관리하고 처리하는 능력이다. 설비운영이란 운영시스템과 기타 장비를 운영하고 장애 발생 시 효율적으로 조치하는 능력이다. 통신협조란 통신절차를 수립하여 선박 간 이해조정, 안전한 선박 운행을 위한 행동지시 및 이에 대응한 공동의 안전항행을 유도하는 능력이다. 관제언어적용이란 관제서비스 제공을 위해 선박의 상황에 따른 메시지를 관제표준언어로 교신하는 능력이다. 인적자원관리는 내외부 이해관계자를 관리하는 능력이다. 무선통신 운용이란 목적에 따라 VHF, DSC, AIS를 운용하고 긴급 상황 발생 시 활용하는 능력이다.

국가직무능력표준은 선박교통관제사가 반드시 수행해야하는 직무를 분류하고 있으므로 자율운항선박 도입 시 직무를 기준으로 변동되는 사항을 파악할 수가 있다. 더불어 관제사 교육과정이나 훈련과정의 설계 시에도 해당표준이 사용되기 때문에 자율운항선박 도입에 따른 내용도 함께 설계하는 기초자료가 될 수 있다.

3) 해상교통관제 절차

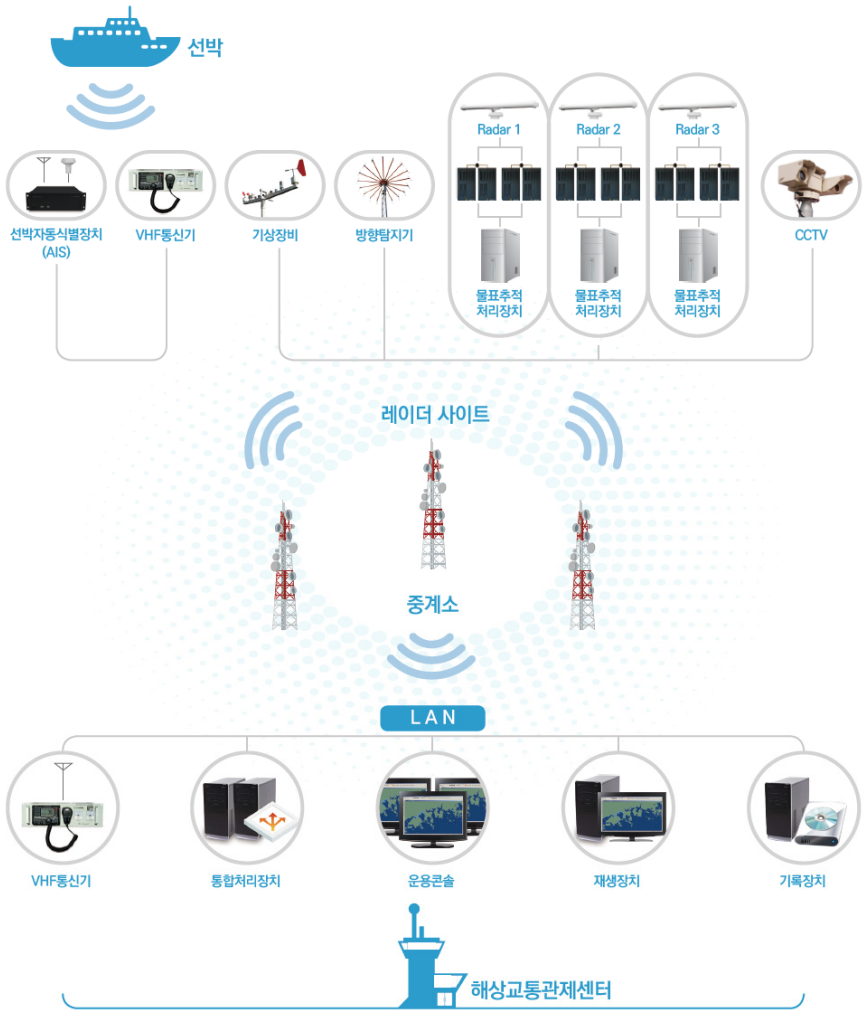
선박교통관제사는「선박교통관제에 관한 법률 시행규칙」제8조 단계별 절차에 따라 선박 교통관제를 시행한다. 1단계는 관찰·확인의 단계로 선박교통관제구역 내에서 관제대상선박이 해양사고 위험이 있는지 관찰·확인한다. 2단계는 정보제공의 단계로 선박교통관제사가 필요하다고 인정하거나 관제대상선박에서 요구하는 경우 선박교통의 안전을 위해 필요한 정보

를 제공한다. 3단계는 조언·권고 단계로 관제대상선박에 선박교통의 안전을 위한 조치에 관한 조언 및 권고를 한다. 4단계는 지시 단계로 관제대상선박이 명백한 해양사고 위험에 처할 우려가 있는 경우 시정 또는 안전조치를 지시한다. 특히 「선박교통관제에 관한 법률」 제14조에서는 명백한 사유가 있는 경우를 제외하고 선장은 선박교통관제를 따르도록 하고 있으며, 이에 대한 벌칙조항도 있다. 그러므로 관제절차 중 3단계와 4단계의 조언·권고 및 지시는 강제성을 갖는 것으로 판단되며, 선장 의사결정을 지원하는 선박교통관제사의 판단 및 내용을 전달하는 통신은 매우 중요하다.

4) 해상교통관제 장비

해상교통관제 시스템은 크게 레이더사이트와 해상교통관제센터로 구분된다. 레이더사이트는 레이더, 선박자동식별장치, VHF통신기, 기상장비, 방향탐지기, CCTV로부터 받은 데이터를 중계소를 통해 해상교통관제센터로 보낸다. 중계소를 통해 받은 데이터는 해상교통관제센터에 도착하여 운용콘솔 및 VHF 통신기로 분배된다. 〈그림 2-1〉은 해상교통관제 시스템 구성도를 나타낸다.

〈그림 2-1〉 해상교통관제 시스템 구성도



자료: 해양경찰청(2022a)

선박교통관제사는 VTS 운영콘솔에 있는 전자해도에서 레이더 영상, AIS 정보, 기상 및 방향탐지 등의 정보를 확인할 수 있고 VTS 운영콘솔로 관제구역 내 선박의 이동상황을 감시하고 통제한다. 그리고 VHF 무선통신장비

를 활용하여 선박과 VTS 센터 간 음성 교신을 할 수 있다. 즉 선박교통관제사는 다양한 경로를 통해서 정보를 제공받아 관제구역 내 교통현황을 파악하고 필요시에는 음성으로 의사결정을 지원하는 서비스를 제공한다.

4) 우리나라 항만 및 연안의 해상교통관제 설치 현황

우리나라는 항만 15개, 연안 5개소의 해상교통관제센터가 운영되고 있다.[15] 〈표 2-2〉는 우리나라 항만 및 연안구역 해상교통관제 설치현황을 나타낸다. 해상교통관제는 중부권 6개 센터(경기연안, 태안연안, 대산항, 평택항, 인천항, 경인항), 서부권 6개 센터(진도연안, 여수연안, 여수항, 완도항, 목포항, 군산항), 남해권 5개 센터(통영연안, 울산항, 부산항, 부산신항, 마산항), 동해권 2개 센터(동해항, 포항항) 및 제주권 1개 센터(제주항)가 위치하며, 우리나라의 주요 항만 및 대부분의 연안해역이 관제구역에 속해있다. 단일 관제구역으로 경기연안 VTS센터가 관할하는 관제구역이 가장 면적이 크며, 항만의 경우에는 완도항이 가장 크다.

한편 제1차 선박교통관제 기본계획에 따르면, 정부는 동해권, 제주권, 목포-군산연안 VTS 구역을 추가 설치하여 전 연안 구역을 관제할 계획이다.[16] 중단 없는 관제와 전 연안의 선박교통안전망 구축을 통해 안전 사각지대를 최소화하기 위함이다. 연안 전 구역이 관제구역이 된다면, 우리나라 항만에 입·출항하는 모든 선박은 해상교통관제 구역을 반드시 통과하고 선박교통관제사의 관제를 거쳐야 할 것이다.

15) 2023년 9월부터 군산광역, 목포광역해상교통관제센터 운영이 시작되어, 우리나라는 광역 2개, 항만 13개, 연안 4개의 해상교통관제가 설치 운영중이나, 이번 연구에서는 항만 및 연안 구역을 중심으로 분석함
16) 해양경찰청(2020b)

〈표 2-2〉 해상교통관제 설치 현황

구분	센터명	해당수역	호출명칭	관제채널 (VHF)	관제구역 면적
1	경인항	경인항	경인 브이티에스	CH.09	48km^2
2	인천항	인천항	인천 브이티에스	CH.68	640km^2
		영흥수도		CH.68	
		교통안전특정해역		CH.14	
3	평택항	평택·당진항	평택 브이티에스	CH.10, 88	488km^2
4	대산항	대산항	대산 브이티에스	CH.12	990km^2
		장안관제구역	장안 브이티에스	CH.67	
		보령항	보령 브이티에스	CH.69	
5	여수항	여수항	여수 브이티에스	CH.12	769km^2
		광양항		CH.67	
		낙포부두-중흥부두		CH.67, 10	
6	완도항	완도항	완도 브이티에스	CH.10	1,361km^2
7	목포항	목포항	목포 브이티에스	CH.14	376km^2
8	군산항	군산항	군산 브이티에스	CH.12	536km^2
		장항항			
9	울산항	울산항	울산 브이티에스	CH.14, 10	652km^2
10	부산항	북항, 수영만	부산 브이티에스	CH.12	725km^2
		감천항		CH.09	
		확대해역		CH.16	
11	부산신항	부산신항	부산신항 브이티에스	CH.10	543km^2
12	마산항	마산항	마산 브이티에스	CH.14	541km^2
		옥포항	옥포 브이티에스	CH.67	
13	동해항	동해, 묵호, 삼척, 옥계항	동해 브이티에스	CH.12	1,032km^2
		호산항	호산 브이티에스	CH.14	
14	포항항	포항항	포항 브이티에스	CH.12	1,062km^2
15	제주항	제주항	제주 브이티에스	CH.12	896km^2
		서귀포항	서귀포 브이티에스		
16	경기연안	경인 연안구역	경기 연안 브이티에스	CH.71	4,746km^2
17	진도연안	진도 연안구역	진도 연안 브이티에스	CH.67	3,941km^2

구분	센터명	해당수역	호출명칭	관제채널 (VHF)	관제구역 면적
18	태안연안	태안 연안구역	태안 연안 브이티에스	CH.09	2,237km^2
19	통영연안	통영 연안구역	통영 연안 브이티에스	CH.16, 69	2,988km^2
		삼천포항	삼천포 브이티에스		
		통영항	통영 브이티에스		
20	여수연안	여수 연안구역	여수 연안 브이티에스	CH.71	3,887km^2

자료: 해양경찰청(2022a), 2022 전국 VTS 안내지 p.10을 바탕으로 저자 작성

2. 선박교통관제 법적 체계

선박교통관제에 관한 규정은 「해사안전법」, 「선박의 입항 및 출항에 관한 법률」에서 최소 사항만 규정하고 있었으며, 세부 운영규정은 해양수산부령과 행정규칙에 위임되어 있었다. 더불어 법률 소관은 해양수산부, 집행은 해양경찰청으로 이원화되어 책임과 집행기관을 일원화하고 법체계를 간소화할 필요성이 대두되었다. 이에 분산되어 있는 선박교통관제 관련 규정을 단일법으로 통합하고, 관제환경 변화에 대비·대응할 수 있는 기반을 마련하고자 「선박교통관제에 관한 법률」이 제정되었다.

1) 선박교통관제법

「선박교통관제에 관한 법률」은 「해사안전법」과 「선박의 입항 및 출항에 관한 법률」에 있던 선박교통관제 관련 조문을 통합하고, 「선박교통 관제의 시행 등에 관한 규칙」(해양수산부령)으로부터 상향 규정할 필요가 있는 조문을 법률로 정했다. 더불어 국제 교류·협력의 증진, 선박교통관제 기본·시행 계획의 수립, 선박교통관제사 전문교육기관의 지정·운영, 선박교통관제시설의 설치·관리, 한국선박교통관제협의회 설립 지원 등의 조문을 신설했다. 법은 총 27개의 조문으로 구성되어 있다.

「선박교통관제에 관한 법률 시행령」은 법률에서 위임한 세부사항을 정하여 15개 조문으로 구성되어 있다. 제2조부터 제9조까지는 선박운항자 교육·훈련 내용, 중장기 기본계획 수립, 관제구역 설정기준, 선박 출입신고, 관제통신 세부내역을 규정하고 있다. 제10조부터 제13조는 관제통신 녹음·보존, 관제사 교육, 관제기술 개발, 한국선박교통관제협회 설립·업무·감독에 관한 내용을 규정하고 있다. 제14조부터 제15조는 권한의 위임·위탁, 과태료 부과기준을 규정하고 있다.

「선박교통관제에 관한 법률 시행규칙」은 법률과 시행령에서 위임할 세부사항을 정하여 10개 조문으로 구성되어 있다. 제2조부터 제5조는 선박교통관제센터의 설치 근거, 관제대상선박이 갖춰야 할 통신장비·주파수, 관제사 자격 조건을 규정하고 있다. 제6조부터 제9조는 선박교통관제사 교육·평가, 교육기관의 지정 기준 및 심사절차, 관제사의 업무 내용과 관제절차를 규정하고 있다. 제10조는 관제시설의 설치, 유지보수 및 기술기준을 규정하고 있다.

2) 선박교통관제에 관한 규정

「선박교통관제에 관한 규정」은 법률에서 위임한 세부사항을 정하여 12개의 조문으로 구성되어 있다. 제4조, 제5조에서는 선박교통관제구역과 관제대상선박을 정하고 있다. 제7조부터 제9조는 관제대상선박의 진입·진출 신고, 선박운항통제 및 선장의 준수사항을 정하고 있다. 제10조부터 제11조는 관제통신 제원 및 녹음 보존 기간을 규정하고 있다.

「선박교통관제에 관한 규정」에 따른 관제대상선박은 국제항해에 종사하는 선박으로 총톤수 300톤 이상의 선박이다. 더불어 위험화물운반선, 여객선이 포함되며, 300톤 미만의 선박이라도 자동식별장치를 설치한 예인선, 유선, 공사 또는 작업에 종사하는 선박 및 관공선이 포함된다.

관제대상선박은 관제구역의 진입·진출시에는 보고토록 정하고 있으며, 보고내용은 이동 예정, 이동시작, 이동완료로 구분되며, 도선사 승·하선시에도 이에 대한 내용을 보고토록 규정하고 있다.

3) 선박교통관제사 전문교육기관 지정 고시

「선박교통관제사 전문교육기관 지정 고시」는 「선박교통관제에 관한 법률」 제25조제2항에 따라 선박교통관제사 전문교육기관을 지정하는 규칙이며, 전문교육기관은 해양경찰교육원과 한국해양수산연수원으로 정해져 있다. 전문교육기관은 선박교통관제사의 교육 및 평가 업무를 수행한다.

4) 선박교통관제 운영규칙

「선박교통관제 운영규칙」은 「선박교통관제에 관한 법률」, 같은 법 시행령 및 시행규칙에서 선박교통관제와 관련하여 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사항을 정하고 관제센터의 효율적인 운영에 필요한 사항을 규정한다. 운영규칙은 선박교통관제사의 업무, 선박운항통제, 관제업무 절차, 경비함정 출동요청, 근무방법, 상황보고 등 선박교통관제의 운영에 필요한 것을 규정하고 있다.

선박교통관제사는 선박교통관제구역을 통항하는 선박의 항행안전을 위한 항행안전방송 시행, 관제대상선박의 감시 및 필요시 의사결정에 도움을 줄 수 있는 사항의 조언, 유관기관 정보 제공 등의 업무를 수행한다. 그리고 해양사고 발생 우려가 있거나 선박단속이 필요한 경우에는 경비함정의 출동요청도 할 수 있다.

5) 선박교통관제시설 설치 및 관리에 관한 규칙

「선박교통관제시설 설치 및 관리에 관한 규칙」은 「선박교통관제에 관한 법률 시행규칙」에서 해양경찰청장에게 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사항을 규정하고 있다. 제5조부터 제11조는 관제시설의 구분과 설치, 검사, 기술기준, 시설 점검 등에 관한 사항을 규정하고 있다. 그리고 제15조는 관제시설의 정보보호를 위한 정보보호 대책 시행을 규정하고 있다.

6) 선박교통관제 교육 등에 관한 규칙

「선박교통관제 교육 등에 관한 규칙」은 「선박교통관제에 관한 법률 시행령」과 시행규칙에서 해양경찰청장에게 위임한 사항과 그 시행에 필요한 사항을 규정하고 있다. 선박교통관제사의 교육은 IMO와 IALA에서 권고한 교육과정, 교육과목 및 교육기간 등을 기반하여 시행하고 있으며, 기본교육의 경우 이론과 실습교육을 포함하여 300시간 이상으로 정하고 있다. 기본교육에서는 언어학, 교통관리학, 관제설비학, 항해학, 통신 협조, 초단파(VHF) 무선설비, 인간학, 비상관제의 교과목을 수강해야 한다. 보수교육은 기본교육에서 항해학, 통신협조를 제외한 6가지 과목이 포함되어 있으며, 실습교육을 포함하여 60시간 이상으로 정하고 있다.

3. 관제구역 해상교통량 및 교신 분석

1) 관제구역 해상교통량

항만관제구역은 항만에 입항하거나 출항하는 선박이 이용하며, 연안관제구역은 연안을 따라 통항하는 선박이 이용한다. 즉 물동량이 높거나 선박

입·출항 수가 많은 항만 주변의 선박교통관제구역은 선박 교통 밀도가 높을 것이라 예상할 수 있다. 관제구역 해상교통량의 현황분석을 통해 밀도가 높은 복잡한 관제구역을 식별할 수 있으며, 교통밀도로 자율운항선박 대비 정책 등의 우선순위에 영향을 미치는 요소로도 활용될 수 있다.

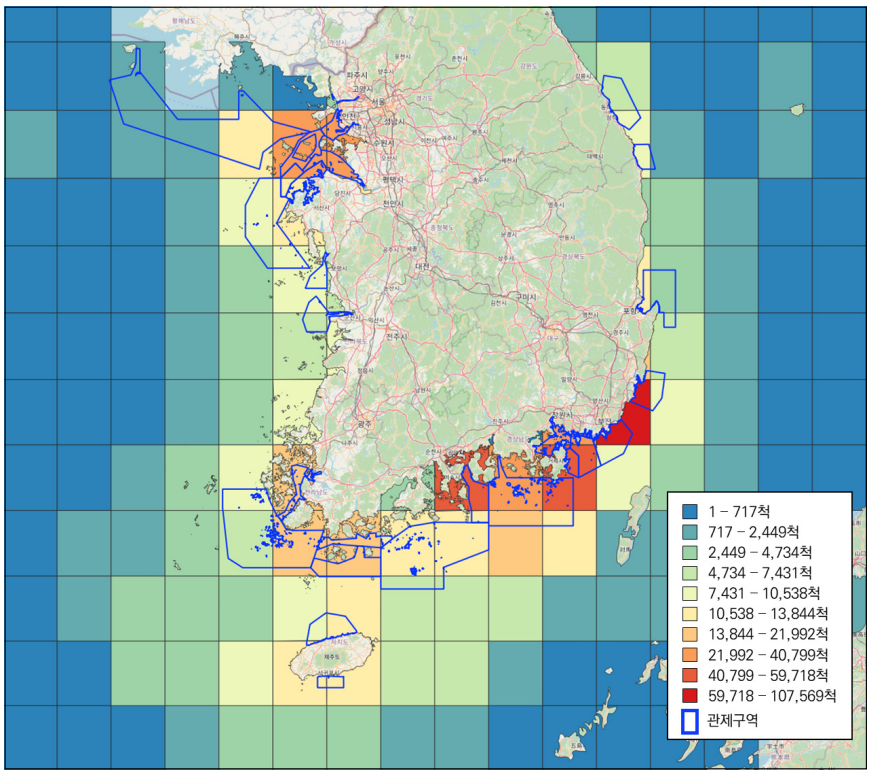
해양수산부는 선박위치정보의 통계를 해양구역별로 제공하고 있다.[17] 선박위치정보는 AIS 정보를 기준으로 제공하고 있으며, 해양수산부에서 직접 수신한 정보를 기준으로 통계를 산정한다. AIS는 해상인명안전협약에 따라 여객선, 국제항해를 하는 300톤 이상의 선박, 국제항해를 하지 않는 500톤 이상의 화물선에 의무적으로 설치하고 있다. 선박교통관제의 대상 선박은 국제항해에 취항하는 선박, 총톤수 300톤 이상의 선박으로 AIS 정보를 활용하면, 관제대상 선박의 교통밀도를 확인할 수 있다.

관제구역 해상교통량 분석을 위해 2020.3.2 00:00부터 2020.3.8. 24:00까지 총 7일간 전국의 해구별 해상교통량을 수집했다. 2020년의 자료를 활용한 이유는 코로나19로 인한 통항량 변화를 최소화하기 위함이었다. 그리고「해상교통안전진단시행지침」별표 3의 해상교통조사 기준은 최소 3일 이상의 AIS 데이터를 요구하고 있으며, 요일변화지수를 고려하여 7일간 데이터를 수집했다.

〈그림 2-2〉는 우리나라 해구별 해상교통밀집도를 나타내는 히트맵이다. 교통밀집도 히트맵은 붉은색으로 가까워질수록 교통밀집도가 높게 표현되어 있다.

17) 해양수산부, 선박위치정보(AIS) 통계정보 서비스

〈그림 2-2〉 우리나라 연안해역 교통밀집도



자료: 해양수산부 선박위치정보(AIS) 통계정보 서비스를 활용하여 저자 작성

우리나라 해구 중에서 부산항 VTS와 울산항 VTS가 속하는 해구가 선박교통량이 가장 밀집해 있는 구역으로 나타났다. 그리고 부산신항과 여수항 VTS 부근도 교통 밀집도가 상대적으로 높았다. 즉 우리나라 주변 해역의 해구를 기준으로 보면, 울산-부산-부산신항-여수항으로 이어지는 남해안 부근의 해역에 선박교통량이 가장 밀집한 구역으로 판단된다.

2) 관제구역 교신량

해상교통관제 서비스는 관제구역의 선박과 교신을 통해서 제공되고 있다. 그러므로 교신내용을 분석하면, 해상교통관제 서비스를 파악할 수 있다. 우리나라 전역의 해상교통관제 교신자료가 있으면, 전체 서비스를 파악할 수 있으나, 현재 해상교통관제 통계자료를 공표하고 있지 않기 때문에, 본 연구에서는 중부지방해양경찰청 자료를 토대로 분석하고 해상교통관제 구역 내 교신의 경향을 파악하고자 한다. 〈표 2-3〉은 1년간 중부지방해양경찰청 관할 관제센터의 교신 통계자료를 나타낸다.

〈표 2-3〉 중부지방해양경찰청 관할 관제센터 교신 통계 자료('21년.12~'22년 11월)

(단위: 건, %)

교신내용	경인연안	태안연안	대산항	평택항	인천항	경인항	합계	비율(%)
안전교행 정보제공	12,687	18,619	15,748	21,479	55,345	3,141	127,019	61.69
선박 운항통제	15	4	20	13	60	22	34	0.07
정박지 지정 이동명령	8	12	1,996	1,103	1,070	66	4,255	2.07
도선정보	-	-	6,529	6,246	14,001	889	27,665	13.44
위험구역 및 닻끌림 경고	252	110	127	363	4,770	798	6,420	3.12
기상	4,990	1,773	7,120	4,171	9,549	12,714	40,317	19.58
법위반 통보	-	5	-	-	1	-	6	0.00
ONE-WAY 및 시차제	-	-	1	-	83	-	84	0.04
합 계	17,952	20,523	31,541	33,375	84,879	17,630	205,900	100

자료: 중부지방해양경찰청 해상교통관제센터 입·출항 및 교신량 통계자료

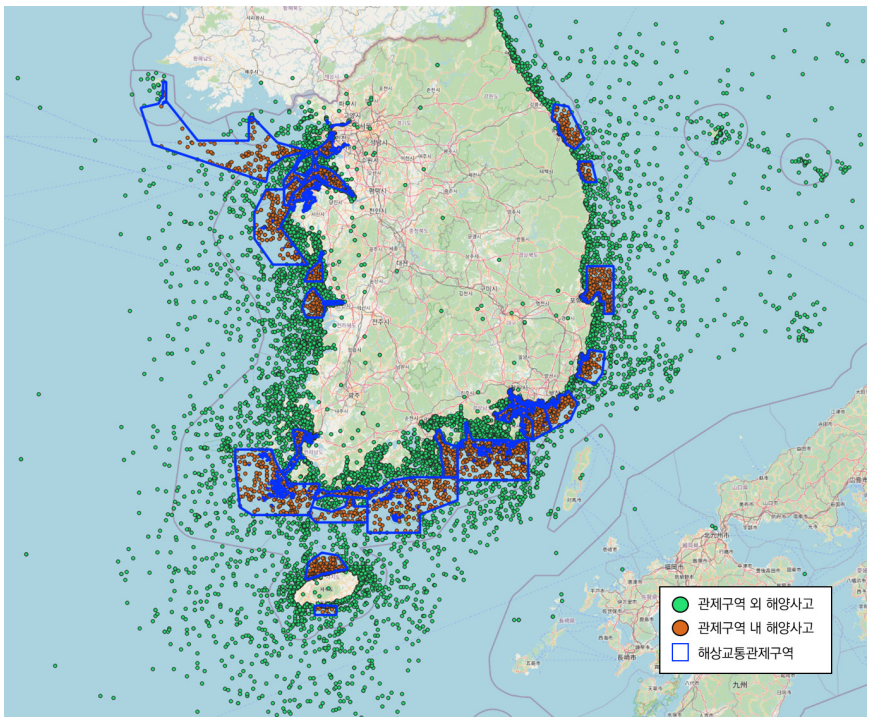
중부권 해상교통관제 구역의 교신내용을 분석한 결과, 안전교행 정보제공이 61.7%로 가장 높았으며, 기상 및 도선 관련 정보 순으로 교신이 이루어졌다.

교행은 선박과 선박이 통항하면서 발생하는 것으로 관제구역 내에서는 관제대상선박 간 교행, 관제대상선박과 비관제대상선박의 교행 및 비관제대상선박의 교행으로 구분될 수 있다. 자율운항선박이 관제구역 내에서 항해하게 되면, 이와 유사하게 자율운항선박과 기존선박, 자율운항선박 간 교행 상황이 발생하게 될 것이며, 이때 안전교행을 위한 정보를 어떤 내용 및 수단으로 제공할지 고려되어야 할 것이다.

4. 관제구역 해양사고 분석

관제구역의 해양사고 분석을 위해 한국해양교통안전공단에서 제공하고 있는 GIS 기반 해양사고 분석 자료를 활용하였다. 2017년부터 2022년까지 해양사고의 위치자료를 이용하여 관제구역과 비관제구역의 해양사고를 구분하였다. 〈그림 2-3〉은 우리나라 해역 부근 해양사고 위치를 나타내는 그림이며, 관제구역과 비관제구역에서 발생한 사고를 구분하여 표기했다.

〈그림 2-3〉 우리나라 부근 해양사고 현황



자료: 한국해양교통안전공단의 해양사고 위치 자료를 활용하여 저자 작성

1) 관제구역과 비관제구역 해양사고 비교분석

한국해양교통안전공단에서 제공하는 해양사고 자료에 따르면, 최근 6년간 우리나라 부근해역에서 해양사고는 총 18,879건 발생했다. 이 중에서 6,980건은 선박교통관제구역에서 발생한 해양사고로 약 37.0%의 비율을 차지하며, 해마다 1.0% 내외의 차이 정도로 유사하게 발생하고 있다. 〈표 2-4〉는 관제구역과 비관제구역의 해양사고를 비교한 표이다.

선박교통관제는 관제구역을 통항하는 선박을 24시간 끊임없이 관찰하고 감시하고 있지만, 〈그림 2-2〉와 같이 연안해역의 통항선박이 몰려있는 교

통밀도의 특성상 관제구역에서도 해양사고가 지속적으로 발생하는 것으로 판단된다.

〈표 2-4〉 관제구역과 비관제구역 해양사고 비교

단위: 척수, %

연도	2017	2018	2019	2020	2021	2022	합계
관제구역	1,070	1,115	1,251	1,287	1,078	1,179	6,980
	(37.1)	(37.6)	(38.2)	(36.4)	(35.3)	(37.2)	(37.0)
비관제구역	1,812	1,853	2,203	2,248	1,975	1,988	11,899
	(62.9)	(62.4)	(67.3)	(63.6)	(64.7)	(62.8)	(63.0)
합계	2,882	2,968	3,274	3,535	3,053	3,167	18,879

자료: 해양교통안전정보시스템 자료를 활용하여 저자 가공

2) 관제구역별 유형별 해양사고 발생현황

중앙해양안전심판원은 해양사고를 유형별로 주요사고와 단순사고로 구분하여 공표하고 있다.[18] 본 연구에서는 중앙해양안전심판원의 분류 기준에 따라 관제구역에서 발생한 해양사고를 관제구역별, 유형별로 구분하였다. 〈표 2-5〉는 최근 6년간 관제구역별 유형별 해양사고 현황을 나타낸다.

관제구역 내 주요사고 중 가장 많이 발생한 해양사고는 충돌이며, 전체 해양사고의 약 17.4%이며, 주요사고 중에서는 58.6%를 차지한다. 충돌사고는 항해 중이거나 정박 중임을 불문하고 다른 선박과 부딪치거나 닿은 사고로 통항하는 선박의 선속과 침로에 따라 충돌관계가 발생하기 때문에, 해상교통관제 측면에서는 적극적인 예방이 가능한 해양사고이다.

관제구역별로 살펴보면, 부산북항 관제구역에서 가장 많은 사고가 발생하였다. 〈그림 2-2〉의 연안해역 교통밀집도에서도 나타나는 것과 같이 부산북항과 울산, 부산신항에 걸친 구역이 우리나라 교통밀도가 가장 많은

18) 중앙해양안전심판원 보도자료(2022년 해양사고 통계)

구역으로 해상교통이 혼잡하면, 그만큼 선박과 선박이 조우할 확률이 높아지기 때문에 해양사고가 많이 발생하는 것으로 판단된다. 특히 부산북항의 경우에는 충돌사고가 6년간 188(15.4%)건이 발생한 것으로 나타나 해상교통 측면에서는 위험한 구역이며, 해상교통관제를 통한 적극적인 관제가 필요한 구역이라 판단된다.

〈표 2-5〉 관제구역별 유형별 해양사고(2017-2022)

단위: 척수

VTS 센터	주요사고					단순사고					총합계
	충돌	전복	침몰	화재·폭발	안전사고	기관손상	부유물 감김	좌초	해양오염	기타	
경인항	-	2	-	1	0	2	1	1	-	12	19
인천항	38	1	4	18	15	106	32	13	18	115	360
평택항	26	11	5	5	9	145	51	5	10	90	357
대산항	43	7	6	9	28	147	31	15	8	108	402
여수항	35	3	1	7	6	32	20	3	16	31	154
완도항	20	7	5	3	10	74	17	2	1	57	196
목포항	97	8	9	17	6	108	14	18	17	146	440
군산항	68	10	3	12	17	65	19	15	-	94	303
울산항	79	14	6	12	29	64	17	19	35	53	328
부산북항	188	12	16	38	15	161	49	10	91	114	694
부산신항	75	14	4	11	10	77	24	5	14	50	284
마산항	82	14	16	23	22	224	57	25	14	153	630
동해항	46	4	3	12	14	81	31	7	8	45	251
포항항	80	8	3	13	15	162	50	21	8	121	481
제주항	91	21	7	9	15	182	95	12	14	130	576
경기연안	6	4	-	3	39	42	22	3	-	28	147
진도연안	38	4	1	8	26	86	51	18	3	60	295
태안연안	54	3	1	2	9	45	28	5	1	31	179
통영연안	95	18	3	31	42	191	83	32	1	105	601
여수연안	54	2	3	10	22	82	32	12	1	65	283
합계	1215	167	96	244	349	2076	724	241	260	1608	6980

자료: 해양교통안전정보시스템 자료를 활용하여 저자 가공

3) 관제구역별 선박용도별 해양사고 발생현황

〈표 2-6〉은 관제구역 내 발생한 해양사고를 선박유형별로 구분한 표이다. 관제구역에서 발생한 어선 해양사고는 총 4,025척으로 전체 관제구역에서 발생한 해양사고 중 57.6%를 차지하는 것으로 나타났다. 두 번째로 많이 발생하는 선박유형은 수상레저기구로 6년간 총 1,302척 발생했으며 18.6%에 해당하는 수치이다. 어선과 더불어 수상레저기구도 비관제대상 선박으로 관제구역의 해양사고는 비관제대상 관련 사고가 76.2%를 차지한다.

관제구역별로 살펴보면, 해양사고가 가장 많이 발생한 부산북항에서는 관제대상의 화물선과 유조선의 해양사고가 많이 발생했다. 반면 어선 해양사고는 통영연안, 마산항, 제주항 선박교통관제구역에서 많이 발생한 것으로 나타났다.

〈표 2-6〉 관제구역별 선박용도별 해양사고(2017-2022)

단위: 척수

VTS 센터	화물선	유조선	여객선	예인선	수상레저기구	기타선	어선	합계
경인항		1	1	1	15	1		19
인천항	26	15	25	46	51	54	143	360
평택항	21	8	4	14	138	21	151	357
대산항	17	16	4	21	122	26	196	402
여수항	18	22		3	19	23	69	154
완도항	8	3	5	12	17	4	147	196
목포항	28	7	9	42	70	39	245	440
군산항	18		1	15	61	20	188	303
울산항	18	85	1	23	31	38	132	328
부산북항	84	89	7	68	112	74	260	694
부산신항	34	17		15	66	21	131	284
마산항	13	7	8	26	155	41	380	630
동해항	17	3		12	26	24	169	251
포항항	28	9	2	21	88	17	316	481

VTS 센터	화물선	유조선	여객선	예인선	수상레저기구	기타선	어선	합계
제주항	22	4	17	4	196	11	322	576
경기연안	4	3	8	6	13	7	106	147
진도연안	12	4	6	20	15	11	227	295
태안연안	13	7	2	6	20	4	127	179
통영연안	13	9	8	8	73	10	480	601
여수연안	10	3	7	7	14	6	236	283
합계	404	312	115	370	1,302	452	4,025	6,980

자료: 해양교통안전정보시스템 자료를 활용하여 저자 가공

4) 관제구역별 인명피해별 해양사고 발생현황

〈표 2-7〉은 관제구역별 인명피해별 해양사고를 나타내는 표이다. 6년간 관제구역에서 발생한 인명사고는 총 206건이며, 이는 1년간 관제구역에서 평균 1.7건 정도 발생하는 수치이다.

관제구역별로 통영연안, 진도연안 및 경기연안 등 연안 관제구역에서 많이 발생했으며, 항만 관제구역에서는 부산북항에서 많이 발생했다. 연안 선박교통관제구역은 상대적으로 안전사고가 많이 발생한 구역이다. 안전사고는 충돌, 전복, 침몰 등과 무관하게 사람이 사망, 실종 및 부상 당한 사고로 해상교통과는 관련 없이 선박 자체에서 발생한 인명사고를 의미한다.

〈표 2-7〉 관제구역별 인명피해별 해양사고(2017-2022)

단위: 건, 명

VTS 센터	0	1	2	3	4	5명 이상	총피해인원
경인항	19	-	-	-	-	-	-
인천항	351	9	-	-	-	-	9
평택항	352	5	-	-	-	-	5
대산항	393	9	-	-	-	-	9
여수항	153	1	-	-	-	-	1

VTS 센터	0	1	2	3	4	5명 이상	총피해인원
완도항	189	6	-	-	-	1	13
목포항	432	7	1	-	-	-	9
군산항	297	5	1	-	-	-	7
울산항	317	11		-	-	-	11
부산북항	680	11	3	-	-	-	17
부산신항	277	7	-	-	-	-	7
마산항	620	9	1	-	-	-	11
동해항	241	9	1	-	-	-	11
포항항	474	5	1	1	-	-	10
제주항	570	5	-	-	-	1	12
경기연안	136	9	1	-	1		15
진도연안	281	13		-	-	1	19
태안연안	175	2	2	-	-	-	6
통영연안	586	12	1	1	-	1	25
여수연안	275	7	1	-	-	-	9
합계	6,818	142	13	2	1	-	206

자료: 해양교통안전정보시스템 자료를 활용하여 저자 가공

제2절 글로벌 해상교통관제 동향

1. 국제사회 자율운항선박 논의 시작

1) 자율운항선박 논의 과정

국제해사기구에서는 제99차 해사안전위원회를 통해 스마트선박, 디지털 선박, 무인 선박 등 다양한 용어로 혼재되어 사용되었던 용어를 자율운항 선박(MASS, Maritime Autonomous Surface Ships)으로 통칭하며, 이

를 '다양한 자동화 수준에서 사람의 간섭 없이 독립적으로 운용될 수 있는 선박'으로 정의했다.[19]

이후 국제해사기구 제106차 해사안전위원회(MSC)('22.11월)에서는 자율운항선박 운항을 위한 규제 개발 작업이 본격적으로 이루어졌다. 이러한 논의는 제98차 해사안전위원회('18.6월)를 시작으로 SOLAS[20], COLREG[21], STCW[22] 등 기존 협약 규정검토 작업과 함께 새롭게 도입되는 자율운항선박의 안전한 운용을 위한 새로운 규정(MASS Code)을 개발하기 위한 것이다. 현재 국제해사기구는 해당 코드의 2028년 1월 1일 강제화를 목표로 논의 중에 있으며, 제105차 해사안전위원회에서는 항해, 원격운항, 통신 등 자율운항선박의 16개 주요기술 부문을 분류하고 부문별 세부규정 개발 작업에 참여할 회원국 및 관련 단체를 결정했다.

그 중 우리나라는 항해, 원격운항, 보안, 비상대응 세부규정 개발 작업에 참여할 예정이며, 향후 2~3년 내에 국가별 기술개발 수준 및 산업계 동향을 고려하여 자율운항선박 핵심 기술의 국제 표준화를 위한 작업이 본격화될 것으로 전망된다.

〈그림 2-4〉 IMO 자율운항선박 규제검토 로드맵

자료: IMO(2023)을 참고하여 저자 작성

19) IMO(2018)
20) 해상인명안전조약(SOLAS convention, International convention for the safety of life at sea)
21) 국제해상충돌예방규칙(COLREG, International Regulations for Preventing Collisions at Sea)
22) 선원 훈련, 자격증명, 당직근무의 기준에 관한 국제협약(STCW, International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers)

자율운항선박의 도입 및 안전한 운항을 위한 관련 규정검토 작업은 다양한 회의체에서 논의되고 있으며, 현재는 해사안전위원회(MSC)와 함께 법률위원회(LEG), 간소화위원회(FAL)를 통해 논의·검토되고 있다. 이와 함께 3개 위원회 공통 사항을 논의하기 위한 자율운항선박 공동작업반(MASS-JWG) 회의체를 2022년 새롭게 구성하였으며, 매년 2회 회의를 통해 각 위원회별 논의결과 검토 및 공통 이슈 등을 종합적으로 논의하고 있다. 〈그림 2-5〉는 IMO 내 자율운항선박 규정검토 사항을 나타낸다.

〈그림 2-5〉 IMO 내 자율운항선박 규정검토 사항

자료: IMO 각 위원회 결과보고서를 참조하여 저자 작성

2) MASS Code 논의 현황

MASS Code는 목표 기반 표준 체계로 개발되고 있다. MASS는 지금까지 운영한 경험이 없으며, 기술적으로도 명확하게 정의되지 않은 부분이 다수 존재하기 때문에, MASS에 대한 규범적인 요건을 제시하는 것은 어렵기 때문인 것으로 판단된다(곽연민, 2023). 목표 기반 표준체계는 Tier I(목표), Tier II(기능요건), Tier III(적합검증), Tier IV(규칙), Tier V(산업계 표준)으로 구성되어 있으며, MASS Code는 기능요건까지 포함되어 있다.[23]

제107차 해사안전위원회까지 합의된 MASS Code는 크게 세 가지 파트로 구성되어 있다. 첫 번째 파트는 일반사항, 두 번째 파트는 자율운항선박 기능을 위한 원칙, 세 번째 파트는 요소별 기능 요구사항이다. 〈표 2-8〉은 현재까지 합의된 MASS Code 목차이다.

〈표 2-8〉 IMO MASS Code 목차 초안

Part 1 (General)
1 Introduction – Purpose, Principles, Objectives/Goals
2 Application
3 Code structure and relationship to other IMO instruments
4 Terminology and definitions
5 Certificate and survey

Part 2 (Main principles for MASS and MASS functions)
2.1 Operational context
2.2 Safe states of a MASS
2.3 Functions required of a MASS
2.4 Risk assessment
2.5 System design
2.6 Software
2.7 Connectivity
2.8 Human element

Part 3 (Goals, functional requirements and provisions)
3.1: Navigation
3.2: Remote operation
3.3: Communication
3.4: Subdivision, stability & watertight integrity
3.5: Fire protection/safety
3.6: Life saving appliances and equipment
3.7: Management of safe operations
3.8: Security
3.9: Search and rescue
3.10: Cargo handling
3.11: Personnel safety and comfort

23) IMO(2023)

3.12: Towing and mooring
3.13: Marine engineering/Machinery installations
3.14: Electric and electronic engineering
3.15: Maintenance and repair
3.16: Emergency response

Annex
MASS Trials

자료: IMO(2023)

MASS Code는 2024년 12월에 예정된 제109차 해사안전위원회에서 개발 완료되고 채택될 것으로 예상된다. 개발 작업이 2023년 말 기준 약 1년 정도 남은 시점으로 기한 내 작업 완료를 위해 상세 기능 요구사항 개발을 중심으로 논의가 활발히 이루어질 것으로 판단된다. 〈표 2-9〉는 MASS Code 작업 논의 일정이다.

〈표 2-9〉 MASS Code 작업 논의 일정

회의명	회의일정	내용
제108차 해사안전위원회	'24.5월	• 비강제 MASS Code 개발(계속) • 작업반 작업 결과 및 LEG 111, FAL 48 결과를 고려한 개발 작업 지속 • 기존 IMO 협약의 개정 필요성 및 절차 고려 • 전문위원회를 포함, ILO, ISO 등 국제기구와 협력 필요 사항 식별
회기간실무작업반	'24.6월~12월	• 비강제 MASS Code 개발(계속)
제109차 해사안전위원회	'24.12월	• 비강제 MASS Code 개발 완료 및 채택 • 강제 MASS Code 개발 착수와 SOLAS 신규 챕터 삽입 내용 검토 • 기존 협약 개정 필요 검토

자료: 저자 작성

2. 국제항로표지협회(IALA) 주요 논의 동향

1) 자율운항선박 논의 과정

국제항로표지협회는 국제해사기구에서의 자율운항선박 논의와 동시에 논의를 시작했으며, 미래 VTS 기술 중 하나를 자율운항선박으로 선정하였다. 그러나 자율운항선박의 운항은 전체 해양영역에서 독립적인 선박 유형이 아닌, 추가적인 선박 유형으로 간주하며 지금의 항행지원 시설 이용도 동일하다고 본다. 특히 IALA Maritime Buoyage System(MBS)의 2023년판에는 항로표지가 표시하는 마크, 신호 등은 자율운항선박을 포함한 모든 선박에 적용되며, 자율운항선박의 경우 각각의 자율수준에 따라 항로표지를 사용한다고 하였다. 그리고 자율운항선박에 특화된 항로표지도 개발할 수 있다고 가능성을 열어뒀다. 즉 자율운항선박은 항행지원시설의 일부인 항로표지, VTS 등을 다양한 선박의 종류 중 하나로써 활용하게 될 것이며, 이에 대한 운영은 기존 틀에서 크게 벗어나지 않음을 알 수 있다. 다만, 운영방식은 일부 다를 수 있으므로 이에 대한 사항은 고려되어야 할 것으로 판단된다.

국제항로표지협회는 항행지원시설로서 자율운항선박 지원을 위한 가이드라인을 준비하고 있다. 가이드라인의 목적은 자율운항선박 시험, 시운전 및 운영을 포함한 지침을 제공하는 것이다. 해당지침에서 자율운항선박 고려사항을 자율운항선박의 관리, 운영, 환경적인 관점 고려, 위험성 평가, 자율운항선박 및 장비 유지보수, 상황인식 및 자율운항선박의 표시 등으로 구분하였다.

자율운항선박 운영과 관련해서는 원격운항센터(ROC, Remote Operation Center)와 영향도 다루고 있으며, 원격으로 자율운항선박을 제어할 수 있다고 해서 선박교통관제구역안에서 VTS의 역할을 원격운항센터에게는 인

계할 수 없음을 명시하고 있다. 즉 자율운항선박의 외부 제어가 있어도 관제구역 안에서는 선박교통관제사의 서비스를 제공받으며, 또한 필요한 경우에는 관제를 받아야 한다는 것을 의미한다.

2) 자율운항선박 도입을 위한 지침

국제항로표지협회의 위원회 중 VTS 위원회는 해상교통관점에서 자율운항선박을 논의 중이다. 논의는 2021년 10월부터 시작되었으며, 2022년 9월까지 총 3회 진행되었다. 해당 논의의 목적은 자율운항선박에 대한 해상교통관제의 공통적인 이해이며, 이 논의들에서 자율운항선박의 추세와 기회, 선박교통관리 이슈사항, 자율운항선박 수용을 위한 VTS 정책, 법적체계의 변화 등을 다루었다.

자율운항선박의 출현은 VTS가 불완전한 상황의 전개를 예방함으로써 해상의 안전과 효율성을 확보하는데 있어 큰 의미가 있다. 논의에서는 VTS가 기존의 선박과 자율운항선박 그리고 원격제어센터와 상호작용하여 안전하지 않은 상황을 어떻게 완화하거나 예방할지에 대한 내용이 담겨있다. 특히 새로운 기술의 개발과 실해역에서 개발된 기술의 테스트가 되고 있는 상황에서 안전과 효율성 그리고 환경보호와 보안 등을 어떻게 담보해야 할지를 주요 고려사항으로 두고 있다. VTS 위원회는 IMO의 자율운항선박 단계에 따라 다음의 시사점을 제공하고 있다.

〈표 2-10〉 자율운항선박 단계에 따른 해상교통관점의 시사점

자율단계	가정	VTS 대응
1단계 (선원이 선박을 제어하고 일부기능은 자동으로 운영)	• 자율단계 1의 자율운항선박은 전통적인 선박에 인간 의사결정을 지원하기 위한 몇 가지 기능이 추가됨 • 선장을 포함한 선원은 항상 선박의 제어가 가능함	• 자동화된 절차 및 의사지원 시스템 발전을 모니터링
2단계 (선원이 승선한 채 외부에서 선박 제어)	• 자율단계 2의 자율운항선박은 외부에서 제어됨 • 선원은 자율제어의 문제가 발생시 백업을 위해 승선 • 선장과 선원은 자율운항선박 제어가 가능함	• MASS 및 기존 선박을 모두 포함하는 선박 교통 관리 • 선박, 원격운항센터 및 기타 이해관계자와 디지털 상호 작용(정보 교환, 조언, 경고 및 지침 제공, 여러 원격운항센터와 상호 작용 관리, 운영 및 절차 변경) • 선박에 대한 책임이 있는 원격운항센터에 대한 조언, 경고 및 지침 제공 • 참여 선박과의 통신 및 상호 작용(음성/데이터 교환). 여기에는 선박(MASS 및 Traditional) 간의 통신이 포함될 수 있음
3단계 (무인선박이며 외부에서 선박 제어)	• 자율단계 3의 자율운항선박은 외부에서 제어되며, 선원이 승선하지 않음	• 2단계 대응과 더불어, 위험한 상황을 방지하기 위한 선박 제어 조건
4단계 (시스템이 스스로 의사결정하는 무인선박)	• 자율단계 4의 자율운항선박은 시스템이 선박을 제어함 • 원격제어센터가 존재하지만 항해에는 큰 영향이 없음 • 원격제어센터는 자율단계 4를 제어할 수 있으며, 이러한 상황에서는 자율단계를 3단계로 하향조정 가능	• 3단계 대응과 더불어, 자율단계 4를 위한 운영 및 절차 변경 • VTS는 원격운항센터에게 자율단계 4의 선박을 제어하도록 조언하거나 지시할 수 있음

자료: IALA(2022), 3rd edition of discussion paper

자율운항선박의 등장은 VTS 관점에서 몇 가지 도전과제를 제시한다. 자율운항선박으로부터 수신한 데이터 및 정보의 수신, 처리 방법, 자율운항선박의 선장, 원격운영센터, 자율운항시스템 간 상호작용 방법, 자율운항선박과 전통선박이 혼합된 상황의 교통관제방법, 관제를 위한 수단, 전통선박과

자율운항선박의 위험한 상황으로 전개 대응 방법, 여러 원격운영센터 간 상호작용, 선박을 통제해야 하는 상황 대응 등은 VTS 운영과 관련한 과제이다. 디지털 통신의 수용, VHF 음성, 디지털 통신 등의 혼합된 통신의 관리, 데이터 정보 교환 등은 통신과 관련된 과제이다.

3. 선박교통관제구역 내 자율운항선박 운영 사례 조사

자율운항선박 기술 개발 후에는 기술 실증을 위한 실해역 테스트가 필요하다. 해외에서 진행되고 있는 자율운항선박 실해역 테스트 중에 해상교통관제와 관련 있었던 사례를 〈표 2-11〉과 같이 정리했다.

〈표 2-11〉 선박교통관제구역 내 자율운항선박 운영 사례

국가	대상선박	관련 VTS	VTS 대응
노르웨이	Yara Birkeland	Brevik VTS	해역 사용을 위한 허가
	Bastø Fosen VI	Horten VTS	해역 사용을 위한 허가
	ASKO	Horten VTS	선박과 VTS 소통을 위한 VTS 인원의 시뮬레이션 수행
미국	Mayflower	Rotterdam VTS	입항을 위한 사전 협조
스페인	USV Vendaval	Port of Ceuta	항계내 항해, 안전 및 환경을 위한 모니터링
일본	Suzaku	Tokyo VTS	해당 지역 통과

자료: IALA(2022)

실해역 테스트에서 해상교통관제는 자율운항선박의 운항을 모니터링하고, 선박교통관제구역을 통과하는 경우 해역 사용에 대한 허가를 수행한 것으로 조사되었다. 이는 4단계의 해상교통관제 절차 중 1단계인 관찰·확인 단계만 수행한 것이지만, 자율운항선박이 운항될 때 지원시설인 해상교통관제도 대응이 필요한 것을 확인할 수 있었다.

제3절 국내 동향

1. 자율운항선박 관련 정책 동향

해양수산부는 자율운항선박 관련 기술개발 촉진과 조기 상용화를 위해 2030년까지 추진할 주요 과제를 담은 '자율운항선박 선제적 규제혁신 로드맵'을 발표했다.[24] 로드맵에서는 IMO의 자율운항선박 등급을 고려하여 운항방식, 정비방식, 운항해역 등 3가지 변수를 조합하여 3단계 시나리오를 도출하고 4대 분야에서 31개의 개선과제를 발굴했다. 첫 번째 분야는 운항주체로 자율운항선박 및 자율운항선박 운항인력 관련 기준 마련에 관한 내용이 담겨있다. 두 번째 분야는 선박장치로 장비 상용화 및 표준화를 위한 기준이 담겨있다. 특히 실증을 위한 실증센터 구축 및 규제샌드박스를 통한 완화된 최소승무기준 적용 등이 포함되어 있다. 세 번째 분야는 선박운용인프라로 운용관련한 기술기준, 제도 및 인프라 구축이 담겨있다. 네 번째 분야는 해양안전분야로 사이버 공격에 대비하기 위한 시스템 및 인증체계, 사고 대응 기준 마련 등이 포함되어 있다. 그리고 해양안전분야에는 자율운항선박 운항에 따른 선박교통관제 체계 재정립에 관한 사항이 포함되어있다. 해당 사항은 선박교통관제의 통신방식이나 데이터 교환체계 정립 내용으로 중기 계획으로 반영되어 있다.

한편 제1차 선박교통관제 기본계획에 따르면, 선박교통 여건 변화에 대응하기 위한 VTS 역량강화 필요성을 제기했다. 그리고 여건 변화의 요소로 자율운항선박이나 바다내비게이션 등의 새로운 서비스를 제시했다. 해양경찰은 자율운항선박 운항을 대비해서는 첨단 관제시스템을 도입하는 등 국내 기술개발을 촉진하며, 정보공유를 위해 통합 플랫폼을 개발할 계획이

24) 해양수산부 보도자료('21.10.14)(검색일: 2023.4.13.)

다. 또한 해양경찰은 자율운항선박을 포함한 4차 산업혁명 대비 주도적인 VTS 기술 개발 근거 마련 및 관제사 교육과정 내용을 보완할 계획이다.

선박교통관제 기본계획에 따른 2023년 시행계획에는 구체적인 자율운항선박 내용이 포함되어 있다. 시행계획에 따르면, 해양경찰은 자율운항선박에 대비하여 새로운 관제운영방안(통신 방법, 절차 등)을 마련할 예정이다. 그리고 관제운영방안을 IALA 등 국제사회에 제안하여 이에 대한 주도권을 확보할 예정이다.

2. 자율운항선박 관련 기술개발 동향

1) 자율운항선박 기술개발 사업(국가 R&D) 현황

우리나라는 산업통상자원부와 해양수산부 공동사업을 수행하고 있으며, 2020년부터 시작하여 2025년까지 6년간 '자율운항선박 기술개발 사업'을 진행할 예정이다. e-navigation 사업, 자동화 항만 사업 등 기존의 사업과 연계하여 부분 자율운항선박 IMO level 2.5 수준을 목표로 대상 기술을 한정하여 기술개발을 진행 중이다.

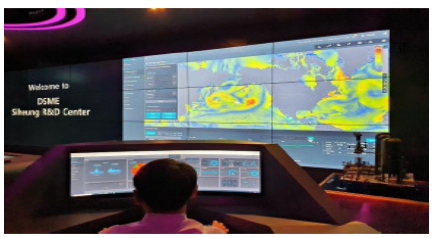
2) 조선소 등 기업 기술개발 현황

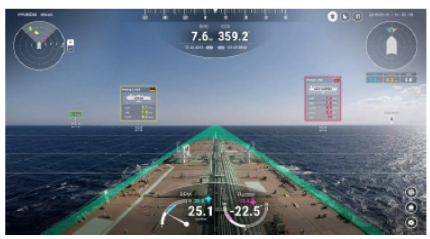
국내에서는 주로 유인선박에 대하여 선내 데이터를 수집하고 활용하는 스마트쉽 솔루션의 개발이 이루어져 왔다[25]. 대표적으로 현대중공업그룹은 2020년 '지능형 선박기자재 관리 솔루션(HiEMS; Hyundai Intelligent Equipment Management Solution)'을 발표하고, 최적의 경제운전을 지

25) 해양수산과학기술진흥원(2021) 미래 조선·해운 산업 선도를 위한 자율운항선박 기술, p.10

원하는 선박운전최적화 시스템을 발표했다.[26] 대우조선해양은 육상에서도 항해 중인 선박의 메인 엔진, 공조시스템, 냉동컨테이너 등 주요 시스템을 원격으로 진단해 선상 유지·보수작업을 지원할 수 있는 스마트십 솔루션 'DS4(DSME Smart Ship Platform)'을 개발했다.[27] 삼성중공업은 2018년 운항 중인 선박과 육상을 하나로 연결해 선박의 경제안전운항 솔루션을 제공할 수 있는 S.VESSEL을 발표하고 이를 선박 생애주기관리를 위한 기기 고장 진단예측 및 유지보수 서비스까지 포함하도록 개발을 진행하고 있다.[28]

〈그림 2-6〉 대우조선해양(좌) 및 현대중공업(우) 시스템 모습





자료: 해양수산과학기술진흥원(2021)

이러한 주요 조선소의 기술개발과 함께 HMM에서는 전 세계에서 운항 중인 HMM 스마트 선박들의 위치, 입출항 정보, 연료 소모량, 기상 상황, 화물 적재 현황 등을 실시간으로 파악할 수 있는 선박종합상황실을 개설하였다. 선박종합상황실에서는 위험요소 사전식별 및 관리, 주요 정보 공유 등을 통해 선박의 효율성 향상과 안전 운항을 지원하며, 선박 승인 시 육상에서 선박 일부 기능 제어가 가능하도록 설계·운영하고 있다. 최근 자율운항선박 보조 기술이 개발되어 시연되고 있는 상황이며, 이는 주로 운항자를 위한 기술로 항해 상황 인식 및 정보 표시, 충돌 위험도 제시 등의 내용을 다루고 있다.

26) HD현대중공업 보도자료(2020.1.15.)(검색일: 2023.4.13.)
27) 이뉴스투데이(2020.5.22.)(검색일: 2023.4.13.)
28) 해양수산과학기술진흥원(2021)

〈그림 2-7〉 HMM 선박운항 상황실 모습

자료: 메가경제(2020.9.23.)(검색일: 2023. 4. 2)

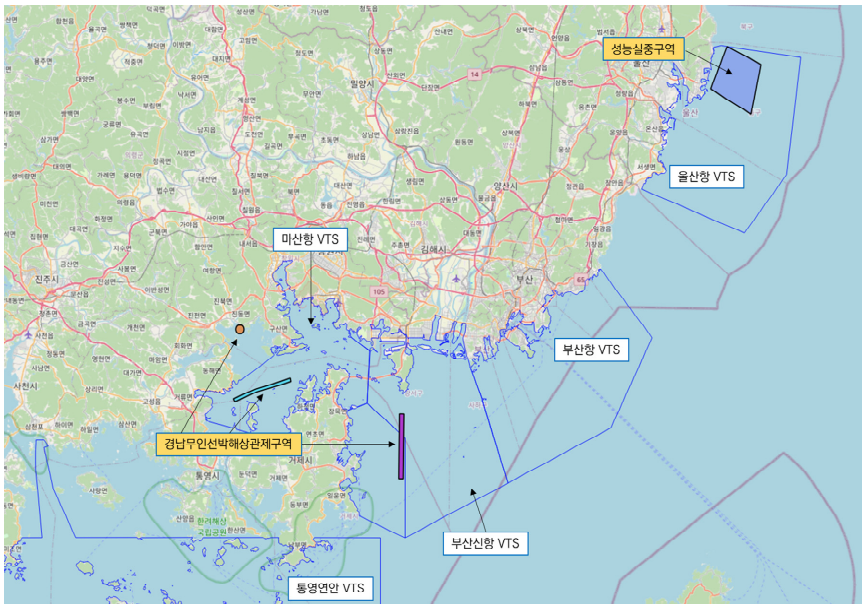
3. 자율운항선박 실증 구역

자율운항선박 실증을 위한 성능실증센터가 울산 현대중공업 인근 울산 동구 고늘지구에 준공되었다. 성능실증센터에서는 핵심기술 개발과 해상 시험선 실증을 위한 육상관제 센터 역할을 수행하게 될 예정이다.[29] 또한 현재 경상남도에는 무인선박의 실증을 위한 규제자유특구[30]사업을 진행 중이다. 「선박직원법」 제11조에 따르면 선박소유자는 선박의 항해구역, 크기, 용도 등에 따라 승무기준에 맞는 해기사를 승무시키도록 정하고 있으나, 해당 규제자유특구 구역에서는 실증 특례를 허용한다. 즉 선원이 선박에 승선하지 않고 원격조종과 자율운항을 할 수 있다는 것이다. 해당 실증 구역은 마산항과 부산신항 관제구역에 포함된다. 자율운항선박이나 무인선박을 실증하기 위한 구역은 각 울산항, 마산항, 부산신항 관제구역에 포함된다. 〈그림 2-8〉은 자율운항선박 실증구역을 나타낸다.

29) 산업통상자원부 보도자료(2021.10.19.)(검색일: 2023.4.13.)

30) 규제자유특구는 지역을 단위로 지역과 기업이 직면한 신산업 관련 덩어리 규제를 패키지로 완화해주는 제도로 지역특구법 제75조 제3항 및 제4항에 따라 중소벤처기업부장관이 지정·고시한 구역임

〈그림 2-8〉 자율운항선박 실증구역



자료: 담당기관 인터뷰 등을 통해 저자 작성

제4절 소결

1. 해상교통관제 실태

해상교통관제는 레이더, AIS, VHF 등을 이용하여 관제구역의 선박교통 안전과 효율성을 확보하고 선박에게 필요한 정보를 제공하고 있다. 우리나라의 주요 항만과 대부분의 연안에는 해상교통관제 구역이 설정되어 있다. 그리고 해상교통관제구역을 통항하는 선박은 음성 교신을 통해 정보를 주고받는다. 해상교통관제가 수행하는 선박에 대한 감시·관찰, 정보제공, 조

언·권고 등은 모두 선원이 승선하는 선박에 대한 서비스이다. 이 서비스를 받는 관제대상선박은 국제항해에 취항하는 선박, 총톤수 300톤 이상의 선박으로 한정되어 있으며, 자율운항선박은 해상교통관제 서비스를 받을 것으로 예상된다.

한편 우리나라에서 발생한 최근 6년간 해양사고 분석 결과, 18,879건의 해양사고 중 37%인 6,980건은 선박교통관제구역에서 발생했으며, 관제구역의 끊임없는 관찰, 감시에도 해양사고는 지속적으로 발생하고 있는 것으로 나타났다. 관제구역에서 발생한 충돌사고는 주요사고 중 약 58.6%를 차지하였다. 관제구역은 선박 교통이 몰리는 지역이기에 교통과 관련된 충돌사고가 많이 발생하고 있으며, 자율운항선박 등장에 따른 영향력을 분석해야 할 것으로 판단된다. 그리고 관제구역 내에서 비관제선박과 관련된 사고가 약 76.2%를 차지하고 있어, 비관제선박과 조우 시 관제 방안에 대한 명확한 지침이 필요할 것으로 판단된다. 마지막으로 해양사고는 교통밀도가 높은 부산북항 구역에서 가장 많았다.

해상교통관제는 주로 VHF를 활용한 음성교신으로 선박에 승선한 선박운항자에게 선박교통안전 정보를 제공하고 있다. 자율운항선박 등장은 서비스 제공 수단부터 시작하여, 많은 변화가 있을 것으로 전망되지만 이에 대한 국내 준비는 미흡한 것으로 판단된다. 선박교통관제구역은 항만을 출·입항하는 선박으로 밀집도가 상대적으로 높으며, 이에 따라 해양사고도 많이 발생하는 구역으로 분석되었다. 그러므로 자율운항선박 도입 시에도 지속적인 해상교통안전 확보를 위해서는 해역 특성을 고려하여 대응방안 마련이 필요하다.

2. 글로벌 해상교통관제 변화

자율운항선박을 국제 규범 내에서 다루기 위해 국제해사기구에서 협약을 개발하고 있다. 자율운항선박 운영을 위한 협약은 2025년 비강제를 시작으로 2028년에는 강제 협약이 발효될 것으로 예상된다. 즉 강제 협약이 발효되는 2028년에는 협약을 비준한 모든 국가는 자율운항선박 협약을 이행해야하기 때문에 사전에 이를 위한 준비가 필요한 것으로 판단된다.

해상교통관제의 운영을 논의하는 국제항로표지협회에서 자율운항선박 논의 동향을 주목하고 있다. 국제항로표지협회는 미래 VTS 기술 중 하나를 자율운항선박으로 선정했으며, 자율운항선박을 대비한 VTS 서비스를 지속하여 논의하고 있다. 그렇지만, 실제 자율운항선박의 정의나 역할 등이 명확히 정해지지 않았기 때문에 가능성을 기반한 토론만 지속되고 있는 실정이다. 국제해사기구의 MSC-LEG-FAL 공동작업반에서 논의 중인 자율운항선박 정의가 2024년에는 가닥이 잡힐 것으로 전망되기 때문에 2024년을 기점으로는 이에 대한 논의가 가속화될 것으로 판단된다.

해양경찰은 자율운항선박의 논의 동향을 살펴보고 첨단 기술에 따른 해상교통환경 변화에 따라 각종 계획 및 기술개발을 추진 중에 있다. 특히 '자율운항선박 입출항 관제기술 개발(R&D 사업)'은 해상교통관제와 가장 관계가 깊은 사업이며, 2025년에 종료될 예정이기 때문에 국제해사기구의 구체적인 정의에 따른 자율운항선박 관제를 위한 운영 방안 등이 도출될 것으로 전망된다.

자율운항선박의 국제적인 논의가 가속화됨에 따라 기존 지원시설의 역할도 변화가 예상된다. 자율운항선박 기술 개발 후에는 기술 실증하기 위한 실증선이 건조될 예정이며, 실증하기 위한 해역이 필요하다. 이를 위해 실증해역을 지정했으며, 자율운항선박 및 무인선박의 실증을 위한 구역은 울

산항, 마산항 및 부산신항 선박교통관제구역이 포함되어있다. 해외의 일부 자율운항선박 실증 테스트 시에 해상교통관제의 선박 모니터링 등의 지원이 있었던 것으로 조사되었다. 즉 자율운항선박 기술 개발과 더불어 자율운항선박이 항해하게 될 구역과 이를 모니터링하고 관리하는 역할이 커질 것으로 전망된다. 자율운항선박은 새로운 형태의 선박이기 때문에 해상교통관제 관점에서는 이를 준비하기 위한 대응방안 마련이 시급할 것으로 전망된다.

03
자율운항선박 도입에 따른 해상교통관제 대응 요인

본 장에서는 전문가 및 선박교통관제사 인터뷰를 통해 자율운항선박 도입에 따른 예상되는 해상교통관제의 변화를 도출하고 위험도 평가를 위한 위험요인을 제시한다.

제1절 자율운항선박 및 해상교통관제 전문가 인식

자율운항선박 도입에 따른 해상교통관제 변화와 대응 방안 마련을 위해 전문가를 대상으로 인터뷰 조사를 수행했다. 전문가는 크게 산업계, 학계, 연구계에서 자율운항선박이나 해상교통관제를 연구한 인원으로 구성했다. 인터뷰는 자율운항선박이 도입되었을 때 예상되는 해상교통관제의 변화와 이에 대한 대응방안을 질의하는 것으로 진행되었다.

1. 해상교통관제 시스템 업체(산업계)[31]

현재까지 자율운항선박의 명확한 정의는 없지만, 단계별로 자율운항선박이 개발될 것으로 예상된다. 크게는 무인과 유인으로 구분되며, 무인은 다시 완전무인과 원격제어로 구분될 수 있다. 원격제어의 경우는 육상 등의 외부에서 선박을 제어할 것이며, 이러한 경우 해상교통관제와 이슈가 발생할 수 있다. 현행 해상교통관제는 직접 선박과 교신하여 정보를 제공하지만, 원격제어가 포함된다면 자율운항선박과 교신해야 하는지 선박을 제어하는 주체인 원격제어센터와 교신해야 하는지 명확치 않기 때문이다.

자율운항선박과 관련하여 해상교통관제의 콘솔은 선박을 제어하는 기술을 개발 중에 있다. 여기에는 해상교통관제에서 선박을 제어할 수 있도록 하는 긴급정지 기술과 감속&가속 및 항로제공 등의 기술이 포함되어 있다. 더불어 해상교통관제 서비스는 대부분 VHF를 통해 음성으로 제공되고 있으므로, 음성데이터의 디지털화가 무엇보다 중요하다. 이에 따라 산업계에서는 음성정보를 텍스트화하여 저장하는 기술을 현재 개발하고 있다. 해당 기술은 현재 수기로 작성하는 관제일지를 디지털화하기 위해 시작했으나, 추후에는 자율운항선박과 교신하기 위한 교신 디지털화의 과도기에 필요한 기술로 판단된다.

2. 학계

1) 운영측면[32]

선박교통관제구역에서 일부 구역은 항로가 있지만, 항로가 없는 곳에서

31) 업체 인터뷰(2022.11.23., 업체회의실)
32) OO대학교 A교수 인터뷰(2022.11.24., 교수 연구실)

는 기본적인 항법을 따라서 선박들이 통항하고 있다. 하지만, 관제구역에는 관제대상선박과 비관제대상선박이 모두 항해하고 있으며 상황에 따라서는 기본적인 항법과는 다르게 항해해야하는 경우도 있다. 그러므로 해상교통관제는 24시간 관제구역을 감시하고 필요시에 조치한다. 자율운항선박의 경우에도 대부분은 항법에 따라 운항될 것으로 예상되지만, 비상상황 대비책이 필요하다. 김대원 외(2022)는 자율운항선박 관제절차를 마련하기 위해서 고려해야 하는 항목들을 식별했으며, 이때의 가장 중요한 요소는 비상상황대응으로 도출되었다. 〈표 3-1〉은 자율운항선박 관제요소의 중요도 설문조사 결과를 나타낸다. 설문조사는 현직 관제사와 연구기관 종사자로 구분하여 실시했으며, 관제요소 중에 가장 중요한 것은 두 그룹 모두 비상상황대응으로 나타났다. 또한 통신 방법이나 주체 등도 높은 순위로 도출되었다.

〈표 3-1〉 자율운항선박 관제요소의 중요도 설문조사 결과

관제요소	선박교통관제사	연구기관 종사자
비상상황대응	0.169	0.241
통신방법	0.156	0.076
통신주체	0.122	0.139
정보교환방법	0.121	0.052
교통과의 상호작용	0.095	0.087
MASS 등급	0.081	0.073
교통관리	0.065	0.105
데이터처리	0.027	0.034

자료: 김대원 외(2022)

해상교통관제에서 자율운항선박을 대응하기 위해서는 운영측면에서는 정보전달을 위한 통신 방안 및 비상상황 대응방안 마련이 필요하다.

2) 법적측면[33)]

자율운항선박은 아직 등장하지 않았으며, 명확한 정의도 결정된 바가 없기 때문에 불확실성이 높다. 다만, IMO에서 해당사항이 논의되고 있으므로, 최대한 논의되는 내용을 반영하여 고려할 필요가 있다. 명확한 정의가 없는 경우에는 가정을 활용하여 접근해야 하며, 자율운항선박은 선원의 승선 유무와 선장의 역할이 누가 되는지를 구분할 필요가 있다. 다시 말해서 승선인원이 줄어들고 원격으로 선박이 제어된다고 해도 선장 역할을 선원이 수행한다면 현행 관제와 달라지는 것이 없다고 판단된다. 「선박교통관제에 관한 법률」 제14조(선장의 의무 등)에 따라 선박교통관제사의 관제에도 불구하고 선박의 안전운항 책임은 선장이 갖고 있다. 〈표 3-2〉는 자율운항선박 내 승선 인원과 선장 역할에 따른 해상교통관제 시나리오를 나타낸다.

〈표 3-2〉 자율운항선박과 해상교통관제의 시나리오

시나리오	선원승선	선장 역할	해상교통관제 고려사항
1	일부승선	일부 승선한 선원	현행과 동일
2	일부승선	원격센터	원격센터에 정보제공 법 개정필요
3	미승선	원격센터	원격센터에 정보제공 법 개정필요
4	미승선	시스템	시스템에 정보제공 법 개정필요

자료: 저자 작성

법적 문제는 책임문제로 이어진다. 문제가 발생하면 이를 누군가는 책임을 져야 하며, 현재는 선박의 선장이 책임을 지고 있다. 그러므로 자율운항선박의 선장이 누가 될 것인지 중요하다. 예를 들어 해상교통관제가 잘못된 정보를 전달했고, 원격운항자가 그 정보를 바탕으로 의사결정을 하여 사고가 발생한다면, 이에 대한 책임은 누구에게 있는가? 그러므로 법적 문

33) OO대학교 E교수 인터뷰(2022.11.28., 교수연구실), OO대학교 F교수 인터뷰(2023. 3.21., 교수연구실)

제는 책임대상을 명확히 정하고 분석해 나가야 한다. 현재는 IMO MSC-LEG-FAL 공동작업반에서 자율운항선박 선장의 정의를 논의하고 있기 때문에 해당 논의 결과에 따라 접근하는 것이 타당하다.

(3) 선박운항자 측면[34]

「선박교통관제에 관한 법률」이 시행되면서 선박교통관제사는 행정집행을 할 수 있는 권한이 발생하였지만, 해상교통관제의 본연의 업무는 서비스이다. 선박교통관제사의 역량이 일률적이지 않기 때문에 같은 상황을 현장과 동일하게 바라보기는 어렵다. 그러므로 해상교통관제는 서비스 차원의 접근이 필요하며, 자율운항선박의 경우에도 서비스 차원의 접근이 필요하다. 자율운항선박 항로 변경 등의 제어는 해상교통관제에서 불가할 것으로 판단되며, 이는 자율운항선박 이해와 더불어 책임문제까지 연결될 수 있다. 그럼에도 불구하고 자율운항선박에 대한 직접개입 및 관제가 필요하다면 해상교통관제 서비스 중 자율운항선박 서비스가 새로이 정의되어야 한다.

서비스의 새로운 정의와 더불어 서비스 시행을 위해서는 완충장치가 필요하다. 자율운항선박 관제가 포함된 새로운 서비스는 지금까지의 패러다임과는 완전히 다르기 때문이다. 예를 들어 자율운항선박의 완전 자율항해는 도선점과 도선점 사이로 설정하고, 도선점에서는 기존과 동일하게 도선사가 전담하여 운항하는 등의 운영상의 완충 장치를 둘 수 있다. 그리고 자율운항선박이 운항할 수 있는 구역을 지정하는 방안도 있다. 완벽한 자율운항선박의 운항은 스마트항만, 도선, 접·이안 등 모든 기술이 자동화가 완성되었을 때 가능하며, 단위기술만으로는 자율운항의 시대를 당기기는 무리가 있다. 그러므로 많은 발전을 이뤄낸 단위기술도 중요하지만, 어떻게 조화롭게 운영할지가 더욱 중요하다.

34) OO대학교 G교수(선장) 인터뷰(2022.12.1., 실습선)

3. 선박교통관제사[35)36)37)]

관제구역에는 관제대상 선박뿐만 아니라 비관제대상 선박도 다수 통항하고 있다. 비관제대상의 대부분은 어선으로 관제센터와 어선은 교신하기가 쉽지 않은 편이다. 보통 선박과 선박이 조우하는 상황에서 조우 6~7분 전에 관제사가 개입하게 된다. 그러나 6~7분은 여유가 있는 시간은 아니며 교신으로 즉각적인 조치가 필요하다. 자율운항선박의 경우에는 단계에 따라 다르지만, 육상센터와 교신하여 자율운항선박으로 정보를 제공하는 방법과 직접 자율운항선박과 교신하는 방법 등 두 가지가 예상된다. 현재 상황에서는 육상센터가 VHF 전파가 도달할 수 있는 거리에 있는지 명확하지 않고, 자율운항선박과 직접교신할 수 있는 기술도 명확하지 않기 때문에 자율운항선박의 우선피항과 상대선의 협력 동작이 필요할 것으로 판단된다.

해상교통관제의 기본적인 목적은 '선박교통의 안전을 증진하고 해양환경과 해양시설을 보호하기 위해 선박의 위치를 탐지하고 선박과 통신할 수 있는 설비를 설치·운영함으로써 선박의 동정을 관찰하고 안전에 관한 정보 및 항만 효율적 운영에 필요한 정보를 제공하는 것'이다. 다시 말해서 해상교통관제는 항만 안전과 효율을 위해서 정보 제공의 역할을 수행하고 있으며, 이를 위한 수단은 선박의 위치탐지와 선박과 통신이다. 그러므로 자율운항선박을 관제하기 위해서는 자율운항선박의 위치탐지와 더불어 통신이 필수 요소임을 알 수 있다. 그러나 관제구역에 모든 선박이 자율운항선박만 운항하는 것이 아니기 때문에 해상교통관제는 자율운항선박 자체의 대응과 더불어 전체 관제구역의 선박 안전 및 효율도 고려해야 할 것이다.

해상교통관제는 서비스의 개념이며, 최종적인 판단은 선박에서 결정한

35) OO대학교 B교수 인터뷰(22.12.9., 교수연구실),
36) OO연수원 C교수(22.11.28., 교수연구실)
37) 00기술 D연구소장(22.11.30., 온라인회의)

다.「선박교통관제에 관한 법률」제14조에 따르면, 선박의 선장은 선박을 안전하게 운항할 수 없는 명백한 사유가 있는 경우에는 선박교통관제에 따르지 않을 수 있으며, 선박교통관제사의 관제에도 불구하고 안전운항에 대한 책임을 면제받지 않는다. 다시 말해서 관제구역 내의 선박은 안전에 관한 정보 제공 서비스를 해상교통관제를 통해 받고 있지만, 제공받은 정보를 활용한 의사결정은 선박이 한다는 의미이다. 자율운항선박도 이와는 크게 다르지 않을 것이기에 선박교통관제사는 자율운항선박에 안전한 정보제공 등의 조언 및 권고를 할 수 있을 것이라 판단된다. 그러나 자율운항선박은 경우에 따라서는 인간이 아닌 시스템이 선박을 제어하는 경우도 있을 수 있으므로, 전술한「선박교통관제에 관한 법률」제14조의 적용은 자율운항선박의 선장의 역할 및 책임 규정이 명확화되어야 할 것으로 판단된다.

4. 인증(산업계)[38]

2022년 사이버 보안 위협 분석에 따르면, 한국인터넷진흥원에 접수된 침해사고는 전년 대비 약 60%가 증가했으며, 2023년에는 국가·산업 보안을 위협하는 사이버 공격이 증가할 것이라고 전망했다.[39] 그러므로 모든 것이 디지털정보로 운영되는 자율운항선박의 경우 사이버보안의 중요성이 커질 수밖에 없다. 자율운항선박 단위 기술은 우리나라 주요 중공업을 중심으로 상당히 개발되어 있으나, 기술과 기술이 연결되는 연결점에서는 반드시 정보의 신뢰성을 확보할 만한 보안장비가 필요하다. 특히 타 산업에서는 사이버보안의 중요성이 높아져, 설계단계부터 사이버보안을 고려하고 있다. 예를 들어 보안코드를 사용할 것을 고려하여 Java script를 사용하지 않는 등의 조건이 설계에 반영되고 있다.

38) OO선급 A팀장 인터뷰(2022.12.9., 회의실)
39) 과학기술정보통신부 보도자료(2022.12.26.)(검색일: 2023.4.13.)

디지털은 실수의 파장이 매우 크다. 선원이 의사결정을 하고 감시하는 선박은 명령의 실수를 즉시 회복할 수 있으나, 디지털은 영향이 매우 크다. 예를 들어서 1초 전송 주기의 데이터를 실수로 0.1초 주기가 되었을 때에는 1초에 데이터가 10배 증가하며, 데이터가 전송되는 모든 곳에 큰 영향을 미칠 수가 있다. 그러므로 해상교통관제의 영역에서도 다양한 시나리오뿐만 아니라 보안대책이 필요하다.

자율운항선박과 해상교통관제의 데이터 교환은 교신에서 발생하기 때문에 데이터 교환 등의 교신에는 반드시 보안장비가 설치되어 데이터의 신뢰성을 확보해야 할 것이다. 또한 보안사고가 발생했을 때의 비상대응이 필요하다. 육상 드론의 경우, 신호를 잃었을 때 특정 위치로 강제 이동토록 설정하고 있으며 관제구역 내에서도 보안사고 등 이벤트가 발생했을 때, 조치하기 위한 대기 공간의 지정이 필요한 것으로 판단된다.

제2절 자율운항선박에 대한 선박교통관제사 인식

자율운항선박에 대한 선박교통관제사의 인식을 확인하기 위해 예상되는 위험요인과 자율운항선박 도입 의견을 질의하였다. 인식분석을 위한 질의는 해양경찰청 해상교통관제과 협조를 받아 수행되었다.

선박교통관제사의 의견을 종합하면, 선박관제, 통신, 행정 및 기타사항으로 구분할 수 있다. 〈표 3-3〉은 자율운항선박에 대한 선박교통관제사의 의견을 종합한 표이다.

〈표 3-3〉 자율운항선박에 대한 선박교통관제사 의견

구분	선박교통관제사 의견
선박관제	• 자율운항선박 사고 발생 시 구조 주체 및 절차 마련 필요 • 탐지되지 않는 소형선, 어망 위험성 존재 • 상황에 따라 유연한 의사결정 필요, 정보우선순위 마련(규칙보다 관제사 의견이 중요한 경우가 존재하나, 상황에 따라서 현장의 의견이 중요한 경우도 존재) • 기상악화에 따른 센서 문제 발생 가능성 존재 • 예상치 못한 사고(기관고장, 타기고장, Blackout 등) 비상대응 마련 필요
통신	• 관제구역의 교신(자율운항선박↔자율운항선박, 자율운항선박↔원격운항센터) 모니터링 필요 • 같은 내용을 기존 선박에게는 VHF로, 자율운항선박에게는 다른 통신수단을 사용하면 지연 발생 • 통신 지연을 극복하기 위해서는 음성의 디지털화 기술 필요 • 통신 불량 대비 필요 • 디지털 교신 증가에 따른 사이버안전 확보 필요
행정	• 자율운항선박 전담 인력 충원 필요 • 자율운항선박 이해를 위한 교육 필요
기타	• 충분한 실험 필요

자료: 저자 작성

선박관제와 관련해서는 소형선 및 어망 탐지가 어려운 점, 유연한 의사결정의 필요성, 예상치 못한 사고 발생 시 비상대응에 대한 의견을 제시하였다. 현재까지 교신은 VHF를 활용하여 음성으로 시행하고 있었으므로, 새로운 교신체계에 대한 의견이 있었으며, 교신체계가 변화할 시 급변하기보다는 기존 교신체계의 디지털화도 필요하다는 의견이 있었으며, 통신의 디지털화에 따른 사이버안전 확보가 필요하다는 의견도 있었다. 한편 자율운항선박도 관제구역을 항행하는 선박의 일부로 간주할 수는 있지만, 지금까지의 운영체계와는 다르기 때문에 전담 인력에 대한 의견이 있었다. 또한 자율운항선박 이해를 높이기 위한 교육이 필요하다는 의견도 있었다.

자율운항선박은 아직 등장하지 않은 선박이기 때문에 위험의 심각도나 가능성은 예측할 수밖에 없지만, 기술이 완전하다면 좀 더 효율적인 해상

교통 관리를 실현할 수 있다는 의견이 있었으며, 이를 위해서는 사전에 충분한 검토 및 실해역 테스트가 필요하다는 의견을 제시했다.

제3절 자율운항선박 도입에 따른 해상교통관제 환경변화

자율운항선박이 해상교통관제 구역 안에서 항해하게 된다면, 크게 관제대상선박, 통신환경, 교육, 관제구역, 비상상황의 조치 등이 바뀔 것으로 판단된다.

관제구역 내의 관제대상선박은 기존의 국제항해에 취항하는 총톤수 300톤 이상의 선박 및 위험화물운반선, 여객선에서 자율운항선박이 추가될 것으로 보인다. 국제사회에서 자율운항선박이 관제대상이 될지에 대한 사항은 정해진 바가 없으나, 자율운항선박은 레이더에 탐지되고, 교신을 할 수 있을 것으로 판단되기 때문에 본 연구에서는 자율운항선박이 관제대상선박이 되는 것으로 간주하고자 한다.

통신부문은 크게 바뀔 것으로 판단된다. 자율운항선박은 단계에 따라 원격운항센터도 통신 대상에 포함될 수 있으므로, 해상교통관제는 기존의 선박뿐만 아니라 자율운항선박, 원격운항센터와도 통신이 필요하다. 또한 자율운항선박이나 원격운항센터가 관제구역 내 기존의 선박과 통신하는 사항도 해상교통관제는 모니터링할 필요가 있다. 더불어 통신방식도 기존의 음성 기반의 VHF 교신이 대부분이었다면, 디지털 기반의 통신교환이 추가되며 관제구역에는 음성과 디지털 정보교환이 공존하게 될 것이다.

교육부문에서는 도입되는 자율운항선박과 통신장비에 대한 내용이 추가

되어야 한다. 교육내용은 자율운항선박의 특징, 운항패턴 및 등급과 원격운항센터와 관계 등이 포함되어야 한다. 또한 통신장비는 도입되는 통신장비의 특징, 자율운항선박과 통신 방법 등이 포함되어야 한다.

관제구역은 기존의 항만, 연안 관제구역 형태는 동일하지만, 자율운항선박이 운항하는 초기에는 자율운항선박을 수용하기 위한 시간과 공간적인 분리가 있을 것이라 예상한다. 즉 도입 초기에는 선박의 유연한 도입을 위해 자율운항선박의 항로 및 시간 등이 지정될 가능성이 높다.

비상상황대비는 기존의 선박교통 제한, 상황전파와 더불어 자율운항선박 비상상황 대응이 추가된다. 자율운항선박의 비상상황은 사고나 통신두절 등이 예상되며, 이에 대비한 구체적인 방안 마련이 필요할 것이다.

IMO에서는 자율운항선박 도입을 위한 협약을 준비하고 있으며, 협약이 발효되면 국내법은 이를 수용하여 개정되거나 관련 법률이 개발될 것이다. 본 연구에서는 해상교통관제와 직접 관련있는 법률과 고시를 분석했으며, 운영, 설비, 교육 등이 수정될 것으로 판단된다. 〈표 3-4〉는 자율운항선박 도입 시 예상되는 변화를 정리한 표이다.

〈표 3-4〉 자율운항선박 도입시 해상교통관제의 예상

구분		As-is(현행)	To-be(자율운항선박 운항)
관제대상선박		• 국제항해에 취항하는 선박 • 총톤수 300톤 이상의 선박(내항어선 제외) • 위험화물운반선 • 여객선	• 현행 관제대상선박 • 자율운항선박
통신	주체	• 관제대상선박, 비관제대상선박	• 관제대상선박, 비관제대상선박 • 자율운항선박 • 원격운항센터
	방법	• 음성기반의 VHF 통신	• 음성기반의 통신 • 디지털 정보교환

구분	As-is(현행)	To-be(자율운항선박 운항)
교육	• 기본, 보수교육	• 기존교육 • 자율운항선박, 통신장비 교육
관제구역	• 항만 및 연안	• 항만 및 연안의 자율운항선박 주요 항로
비상상황	• 선박교통 제한 • 상황전파	• 현행 비상상황 대응 • 자율운항선박 제어 (필요시)
관련법	• 선박교통관제에 관한 법률	• 자율운항선박 관련 내용 추가

자료: 저자 작성

제4절 시사점

전문가 및 선박교통관제사 의견에 따라 자율운항선박 도입 시 해상교통관제의 변화를 예상했다. 변화항목은 대상선박, 통신, 교육, 관제구역, 비상상황 및 관련법으로 구분할 수 있었다. 자율운항선박은 선박교통관제구역을 통항할 것이며, 이 때 선박교통관제사가 자율운항선박을 관제해야 하기 때문에 본 연구에서는 선박교통관제사 관점에서 변화를 살펴볼 필요가 있다.

자율운항선박이 해상교통관제에 가져올 변화요인을 선박교통관제사의 업무 관점에서 종합하면 〈표 3-5〉와 같다. 선박교통관제사의 업무는 해상교통관제관련 국가직무능력표준에 따라 총 8가지 분야로 구분했으며, 각 8가지 분야에서 예상되는 변화를 전문가와 선박교통관제사 의견으로 정리했다.

〈표 3-5〉 자율운항선박 등장에 따른 해상교통관제의 예상 변화요인

구분	해상교통관제 예상 변화 요인
선박교통관리	• 자율운항선박이 관제구역에서 비정상적 항해를 하는 사례(예상된 항로로 항행(정침)하지 않는 사례, 비이상적인 속도로 항행하는 사례) 발생 • 어선, 통선, 급유선 등 움직임 예측이 어려운 소형선과 자율운항선박이 조우하여 거리가 가까워지는 사례 발생 • 자율운항선박 운항으로 관제구역 내 통항 Traffic이 지연되는 사례 발생
항해기술적용	• 자율운항선박(원격운항센터)이 국내 규칙을 준수하지 않는 사례 발생 • 자율운항선박(원격운항센터)이 항법 규칙을 준수하지 않는 사례 발생 • 자율운항선박(원격운항센터)이 항로표지시스템을 따르지 않는 사례 발생
비상상황 대응	• 자율운항선박의 충돌, 좌초, 화재·폭발 사고·주묘 등이 발생 • 자율운항선박(원격운항센터)의 사이버 공격으로 통제 불가(관제지시 미이행 포함) 및 통신 불가 • 자율운항선박 자체 시스템 고장으로 올바른 의사결정을 못하는 상황 발생
설비운영	• 자율운항선박(원격운항센터)을 관제하기 위한 새로운 설비(디지털 정보 교환장치) 운영 중 장애발생 • 자율운항선박을 관제하는 선박교통관제 운영시스템, 레이더, AIS 등이 장애발생 • 자율운항선박(원격운항센터)으로부터 수신한 데이터 및 정보 처리 중 오류 발생
통신협조	• 선박교통관제사 – 원격운항센터 – 자율운항선박 간 통신이 원활하지 않은 상황 발생 • 관제구역안에서 자율운항선박과 전통선박 간 통신이 원활하지 않은 상황 발생 • 이 기종의 통신으로 내용 전달이 지연되는 상황(자율운항선박과, 전통선박의 교신수단이 상이) 발생
관제언어적용	• 자율운항선박의 오류(오작동)로 통신표준을 지키지 않아 선박교통관제센터, 원격운항센터와 교신되지 않는 상황 발생 • 선박교통관제센터의 오류(실수)로 통신표준을 지키지 않아 자율운항선박, 원격운항센터와 교신되지 않는 상황 발생 • 원격운항센터에서 오류(실수)로 통신표준을 지키지 않아 자율운항선박, 선박교통관제센터와 교신되지 않는 상황 발생
인적자원관리	• 자율운항선박관련 사고에 대비하여 선박교통관제 추가 당직 배치 발생 • 전통선박-자율운항선박-원격운항센터 등 관제대상 증가로 집중력 저하 • 원격운항센터와 지속적인 소통을 위한 인력 추가 배치 발생
무선통신운용	• 자율운항선박 긴급 상황 시 새로운 설비(디지털 정보 교환장치) 운영 중 장애 발생 • 관제구역에 전통선박 긴급 상황 발생 시 자율운항선박(원격운항센터) 상황 전파 실패 • 자율운항선박(원격운항센터)에 수색구조관련 메시지 전달 실패 발생

자료: 저자 작성

04
자율운항선박 도입을 위한 해상교통관제 위험도 평가

본 장에서는 3장에서 도출한 자율운항선박 도입 시 예상되는 해상교통관제의 변화를 바탕으로 위험도 평가를 수행한다. 위험도 평가를 통해 자율운항선박 도입 시 해상교통관제의 미래를 전망하고, 대비하기 위한 대응방안 마련을 위해서이다. 위험도 평가를 위해 전문가 및 선박교통관제사 대상으로 설문조사를 실시한다. 설문조사를 통해 미래에 발생 가능한 해상교통관제의 위험도를 전망하고 우선순위를 도출한다.

제1절 전문가 및 선박교통관제사 대상 설문조사

1. 설문조사 개요

설문조사의 목적은 자율운항선박 도입에 따른 해상교통관제의 변화를 예측하고 위험요소를 도출하는 것이다. 설문항목은 3장에서 식별된 해상교통

관제의 예상변화 요인에 대한 빈도와 심각성이며, 이를 활용하여 위험도를 측정하고자 한다. 위험요소의 빈도와 심각도를 활용하여 위험도를 측정하는 방법은 1장 선행연구에서 분석했던 ISO, IMO의 FSA 및 IALA 위험도 평가 가이드라인을 활용했다. 변화요인은 크게 선박교통관리, 항해기술적용, 비상상황 대응, 설비운영, 통신협조, 관제언어 적용, 인적자원관리, 무선통신운용 등 8가지 대분류 아래 24가지 중분류로 분류했다.[40]

위험도를 측정하기 위해서는 빈도와 심각성의 기준이 중요하나, 자율운항선박이 상용화되기 전이며, 전문가나 선박교통관제사는 경험해보지 못했기 때문에 관련 선행연구의 기준(Chang et al., 2021; Yang et al., 2008; Alyami et al., 2019)을 활용하였다.

〈표 4-1〉 위험도 측정을 위한 기준

구분	기준	설명
빈도	매우 적음	거의 발생하지 않음
	적음	일년에 한번 정도 발생
	보통	분기에 한번 정도 발생
	많음	한달에 한번 정도 발생
	매우 많음	위험발생이 불가피, 반복적으로 발생
심각도	매우 안전	무시할 수 있을 정도의 위험도
	안전	정보제공이 필요한 정도의 위험도
	보통	조언 및 권고가 필요한 정도의 위험도
	위험	즉각 조치가 필요한 정도의 위험도
	매우 위험	초동조치 후 상황전파가 필요한 매우 심각한 위험도

자료: Chang et al(2021), Yang et al(2008), Alyami et al(2019)을 참고하여 저자 작성

한편, 자율운항선박은 아직 상용화되지 않았으며 IMO에서도 명확한 정의가 결정되지 않았기 때문에 몇 가지 가정사항을 제시하였다. 자율운항선박은 원격으로 운영되거나 완전히 자율로 운항되는 선박으로 가정했으며,

40) 설문조사 항목은 부록 참조

자율운항선박과 교신은 음성이 아닌 디지털 정보교환으로 가정하였다. 원격운항센터는 자율운항선박을 육상에서 원격으로 운항하는 주체이며, 관제구역에는 다양한 원격운항센터가 참여할 수 있는 것으로 가정하였다. 선박교통관제사는 자율운항선박이나 원격운항센터에 오직 디지털 정보 교환만으로 관제하는 것으로 가정하였다. 마지막으로 자율운항선박은 외부 도움 없이 타선과 피항하며, 관제구역에서는 선박교통관제사의 지시사항을 수행하는 것을 우선시하는 것으로 가정하였다. 설문 분석을 위한 가정사항들은 2장의 자율운항선박 관련 논의 동향과 기술 동향을 기반으로 설정하였다.

2. 설문조사 분석 방법론

1) Dempster-Shafer 증거 이론

자율운항선박은 전문가도 선박교통관제사도 경험해보지 못한 종류의 선박이기 때문에 응답의 불확실성이 크다. 그러므로 본 연구에서는 전문가들이 응답한 불확실한 내용을 좀 더 객관화하여 통합하기 위해서 Dempster-Shafer가 제안한 증거 이론 방법론을 활용하고자 한다.

증거 이론은 Dempster-Shafer가 제안한 이론으로 불확실한 사항에 대한 전문가의 믿음 정도를 직관적으로 병합하여 신뢰구간으로 표현하는 방법이다(Ross, 2010; Shafer, 2016; 나성현 등, 2021). 증거 이론은 가설 집합이 필요하며, 가설 집합은 n개의 원소로 구성되었을 때, 2^n개의 부분집합을 가진다. 2^n개의 부분집합으로 구성된 집합을 θ의 멱집합이라고 한다.

$$2^{\Theta} = \begin{Bmatrix} \varnothing, \{\theta_1\}, \ldots \{\theta_N\}, \{\theta_1, \theta_2\}, \\ \ldots, \{\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_i\}, \ldots., \Theta \end{Bmatrix} \quad \text{(식 4-1)}$$

증거 이론에서 멱집합에 할당된 가중치는 기본 확률 배정 함수로 표현되

며, 개별증거에 의해 부분집합이 지원 받는 정도를 나타낸다. 여기서 함수 $m(A)$는 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\sum_{A \in 2^{\theta}} m(A) = 1, m(A) : 2^{\theta} \rightarrow [0,1] \quad \text{(식 4-2)}$$

여기서, m: 기본 확률 배정함수

A: 가설집합

증거 이론의 확실성은 구간으로 표현되며, 구간은 믿음함수와 개연성 함수로 구성된다. 믿음함수(Bel: Belief Function)는 다음 식과 같으며, 기본 확률 배정에 의한 함수로 하나의 사건이 반드시 일어나는 확률이다. 개연성 함수(Pl: Plausibility Function)은 다음 식과 같으며, 믿음 함수에 의해 부정되지 않을 정도를 나타낸다(Na et al., 2021).

$$Bel(A) = \sum_{B \subseteq A} m(B) \quad \text{(식 4-3)}$$

여기서, B: 사건

$$Pl(A) = 1 - Bel(\overline{A}) = \sum_{A \cap B \neq \varnothing} m(B) \quad \text{(식 4-4)}$$

여기서, $\overline{A}$: 집합 A의 여집합

증거 이론은 제안된 결합 규칙을 적용하여 서로 다른 정보의 확실성을 병합한다. 결합 규칙은 다음과 같다.

$$m(A) = (m_i \oplus m_j)(A) \quad \text{(식 4-5)}$$

$$= \begin{cases} 0 & , A = \varnothing \\ \dfrac{\sum_{B \cap C = A} (m_i(B) \times m_j(C))}{1 - \sum_{B \cap C = \varnothing} (m_i(B) \times m_j(C))} & , A \neq \varnothing \end{cases}$$

본 연구에서는 전문가가 응답한 자율운항선박 도입 시 위험요소의 빈도와 심각도의 리커트 5점 척도를 가설집단으로 설정했다. 가설집단은 총 5개의 원소로 구성되어 있으며, 32개의 부분집합으로 구성된 멱집합을 만들 수 있다. 그리고 각 척도는 삼각퍼지수로 나타냈다.

2) 베이지안 네트워크

베이지안 네트워크에서 추론은 베이즈 이론을 기반으로 한다. 베이즈 이론은 추론해야 하는 대상의 사전 확률과 추가적인 관측을 통해서 대상의 사후 확률을 추정하는 과정이다(Choi and Han, 2012). 베이즈 이론은 다음 식과 같이 표현할 수 있다.

$$p(\theta|X) = \frac{p(\theta, X)}{p(X)} = \frac{p(X|\theta)p(\theta)}{p(X)} \quad \text{(식 4-6)}$$

여기서, $p(\theta)$: θ에 대한 사전확률

$p(X|\theta)$: θ와 관련된 관측 X의 확률분포

그리고 해당 분포를 활용하면, 관측하지 않은 새로운 자료(A^*)의 확률분포는 다음과 같이 표현할 수 있다.

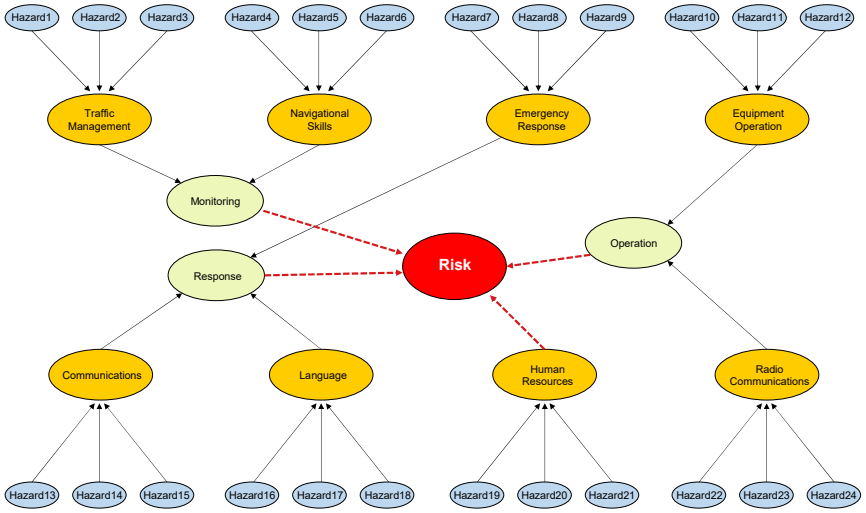
$$p(A^*|X) = \int_{\theta} p(A^*|\theta)p(\theta|X)d\theta \quad \text{(식 4-7)}$$

베이즈 정리는 직접적인 관측으로 얻어내기는 어려운 현상을 사전 지식에 의해 추론할 수 있는 장점이 있다고 알려져 있다(Choi & Han, 2012). 한편 Fenton & Neil(2019)는 아마겟돈 사례를 활용하여, 수치로 나타내는 위험도 평가가 큰 의미가 없다고 주장하였다. 위험도를 단순히 가능성과 심각성의 곱을 활용하여 수치로 나타내면, 우선순위를 정할 수 있는 정도라고 했다. 왜냐하면, 애초에 발생하지 않은 사건에 대한 가능성과 심각

도를 수치화하기 어렵다고 했다. 더불어 가능성과 심각도를 수치화했다고 해도, 도출되는 위험도 값에 의미부여가 어렵다고 했다. 즉 진짜 위험도 평가는 수치뿐만 아니라 위험도 맵을 활용한 과정을 설명할 필요가 있다고 했다.

본 연구에서는 기본적인 위험도 평가 방법을 따르되, 빈도와 심각도는 하나의 수치가 아닌 증거 이론 기반으로 전문가의 의견을 종합하고자 한다. 각 위험요소 빈도와 심각도의 확률 기반으로 최종 위험도를 도출하고자 한다. 〈그림 4-1〉는 위험도 평가를 위한 베이지안 네트워크 구조를 나타낸다.

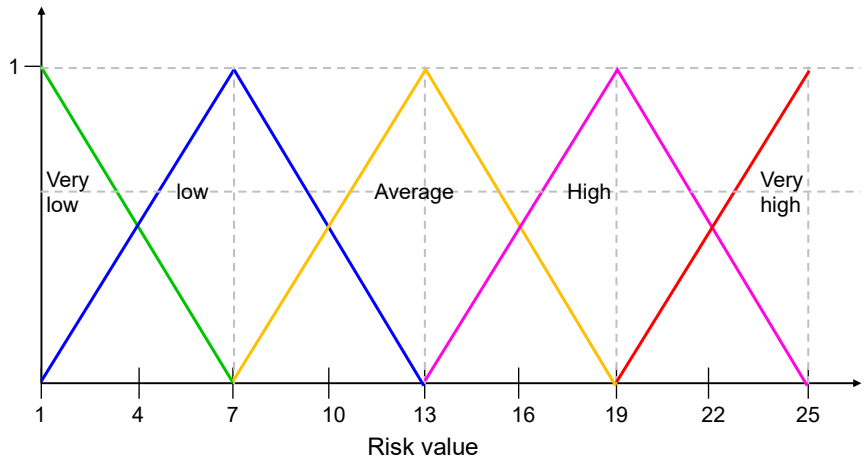
〈그림 4-1〉 모형 네트워크 구조



자료: 저자 작성

불확실한 정보를 기반으로 위험도를 하나의 정밀한 숫자로 평가하기는 어렵기 때문에, 전문가의 정성적인 판단의 확률이 소속하는 구간을 멤버십으로 나타낼 수 있는 퍼지이론을 적용했다. 정성적인 판단의 소속함수는 〈그림 4-2〉와 같다.

〈그림 4-2〉 위험도에 대한 소속함수



자료: 저자 작성

소속함수를 기반으로 조건부 확률 테이블(Conditional Probability Table, CPT)을 생성하기 위해서는 규칙기반 퍼지 시스템을 활용하였다. 규칙기반 퍼지 시스템은 IF와 THEN 파트로 구분되어 있다. 예를 들어 속성집합을 $\{A_{1,}A_{2,}A_3...,A_p\}$라고 두고 이에 대한 상태를 신념도집합 $\beta_s(s=1,2...,q)$으로 할당하여 집합 $C_s=\{C_{1,}C_{2,}C_3...,C_q\}(s\in q)$ 이라 둔다. 여기서 w번째 IF-THEN 규칙은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$R_w : IF\, A_1^w \text{and} A_2^w \text{and} ... \text{and} A_p^w, THEN\{(\beta_1^w, C_1),(\beta_2^w, C_2)...,(\beta_q^w, C_q)\} \quad \text{(식 4-8)}$$

이러한 규칙을 활용하여 조건부 확률 테이블을 만들 수 있다. 〈표 4-2〉는 위험도 평가를 위한 조건부 확률 테이블을 나타낸다.

〈표 4-2〉 위험도 측정을 위한 조건부 확률 테이블

규칙	규칙 요소		설명				
	가능성	심각도	Very low	low	Average	High	Very high
1	매우 적음	매우 안전	1	-	-	-	-
2	매우 적음	안전	0.84	0.16	-	-	-
3	매우 적음	보통	0.69	0.31	-	-	-
4	매우 적음	위험	0.54	0.46	-	-	-
5	매우 적음	매우 위험	0.38	0.61			
6	적음	매우 안전	0.84	0.16	-	-	-
7	적음	안전	0.54	0.46	-	-	-
8	적음	보통	0.23	0.77	-	-	-
9	적음	위험	-	0.92	0.08	-	-
10	적음	매우 위험	-	0.62	0.38	-	-
...	...	...	...	...	...	...	...
25	매우 많음	매우 위험	-	-	-	-	1

자료: Chang et al(2021), Yang et al(2008), Alyami et al(2019)을 참고하여 저자 작성

〈표 4-2〉를 활용하여, 퍼지 규칙을 적용하면 규칙 1은 다음과 같다. IF 매우적음, 매우안전은 THEN$\{(1, very\ low(R1)), (0, low(R2)), (0, average(R3)), (0, high(R4)), (0, very\ high(R5))\}$로 표현된다. 다시 말해서, 만약 가능성이 매우적음이며 심각도가 매우안전이라면, 위험에 대한 신념도는 매우낮음이 100%가 된다는 의미이다. 위험도 측정을 위한 조건부 확률테이블은 베이지안 네트워크에 활용되며, 위의 조건을 활용하면, $p(\text{위험도}|\text{매우낮음}, \text{매우안전}) = (1,0,0,0,0)$으로 표현할 수 있다. 매우낮음과 매우안전이 주어진 상황에서 위험도는 매우안전으로 표현되는 것이다.

제2절 위험도 평가 결과

1. 기초통계 분석

설문조사는 해상교통전문가 10명, 자율운항선박 전문가 9명, 선박교통관제사 43명 등 총 62명을 대상으로 수행했다. 설문조사 대상자의 경력 평균은 약 10년이었다. 〈표 4-3〉은 설문조사 대상자 현황을 나타낸다.

〈표 4-3〉 설문조사 대상자 개요

구분	분류	인원(명)	경력평균(년)
1	해상교통전문가	10	14.1
2	자율운항선박 전문가	9	18.1
3	선박교통관제사	43	7.3
	합계	62	10.01

자료: 저자 작성

〈표 4-4〉는 자율운항선박 등장에 따른 해상교통관제 위험요인 리커트 척도의 평균이다. 가장 빈도가 많을 것으로 조사된 요인은 어선, 통선, 급유선 등 움직임 예측이 어려운 소형선과 자율운항선박이 조우하여 가까워지는 사례로 나타났다. 그리고 위험요인의 심각도는 자율운항선박의 충돌, 좌초, 화재, 폭발사고, 주묘 등의 해양사고가 발생하는 경우로 나타났다.

대분류로 구분하면, 선박교통 관리의 위험요인 빈도가 평균적으로 가장 높았으며, 비상상황 대응 위험요인의 심각도가 평균적으로 가장 높게 조사되었다. 선박교통 관리는 선박교통관제 구역의 선박을 모니터링하는 것과 관련된 요소로 선박교통관제사가 가장 많이 경험하는 상황이기 때문에 빈도가 높게 도출된 것으로 판단된다. 더불어 비상상황 대응은 선박교통관제 구역에서 해양사고가 발생한 경우 대응하는 것으로 평소 관제 시에 잘 발

생하지는 않지만, 한번 발생하면 피해가 크기 때문에 심각도가 높게 도출된 것으로 판단된다.

〈표 4-4〉 자율운항선박 등장에 따른 해상교통관제 위험요인 평균(Likert 척도)

대분류	해상교통관제 예상 변화 요인	위험요인 평균	
		빈도	심각도
선박교통관리	• 자율운항선박이 관제구역에서 비정상적 항해를 하는 사례(예상된 항로로 항행(정침)하지 않는 사례, 비이상적인 속도로 항행하는 사례) 발생	2.84	4.00
	• 어선, 통선, 급유선 등 움직임 예측이 어려운 소형선과 자율운항선박의 조우하여 거리가 가까워지는 사례 발생	4.53	4.28
	• 자율운항선박 운항으로 관제구역 내 통항 Traffic이 지연되는 사례 발생	3.10	3.26
	선박교통관리 평균	3.49	3.84
항해기술 적용	• 자율운항선박(원격운항센터)이 국내 규칙을 준수하지 않는 사례 발생	2.48	3.23
	• 자율운항선박(원격운항센터)이 항법 규칙을 준수하지 않는 사례 발생	2.41	3.45
	• 자율운항선박(원격운항센터)이 항로표지시스템을 따르지 않는 사례 발생	2.25	3.24
	항해기술 적용 평균	2.38	3.31
비상상황 대응	• 자율운항선박의 충돌, 좌초, 화재·폭발 사고·주묘 등이 발생	2.62	4.47
	• 자율운항선박(원격운항센터)의 사이버 공격으로 통제 불가 (관제지시 미이행 포함) 및 통신 불가	2.70	4.42
	• 자율운항선박 자체 시스템 고장으로 올바른 의사결정을 못하는 상황 발생	3.08	4.40
	비상상황 대응 평균	2.80	4.43
설비운영	• 자율운항선박(원격운항센터)을 관제하기 위한 새로운 설비 (디지털 정보 교환장치) 운영 중 장애발생	2.69	3.98
	• 자율운항선박을 관제하는 선박교통관제 운영시스템, 레이더, AIS 등이 장애발생	2.37	3.97
	• 자율운항선박(원격운항센터)으로부터 수신한 데이터 및 정보처리 중 오류 발생	2.72	3.89
	설비운영 평균	2.59	3.95

대분류	해상교통관제 예상 변화 요인	위험요인 평균	
		빈도	심각도
통신협조	• 선박교통관제사 – 원격운항센터 – 자율운항선박 간 통신이 원활하지 않은 상황 발생	2.93	3.93
	• 관제구역안에서 자율운항선박과 전통선박 간 통신이 원활하지 않은 상황 발생	3.50	3.97
	• 이 기종의 통신으로 내용 전달이 지연되는 상황 (자율운항선박과, 전통선박의 교신수단이 상이) 발생	3.50	3.78
	통신협조 평균	3.31	3.90
관제언어 적용	• 자율운항선박의 오류(오작동)로 통신표준을 지키지 않아 선박교통관제센터, 원격운항센터와 교신되지 않는 상황 발생	2.25	3.66
	• 선박교통관제센터의 오류(실수)로 통신표준을 지키지 않아 자율운항선박, 원격운항센터와 교신되지 않는 상황 발생	2.47	3.50
	• 원격운항센터에서 오류(실수)로 통신표준을 지키지 않아 자율운항선박, 선박교통관제센터와 교신되지 않는 상황 발생	2.53	3.64
	관제언어 적용 평균	2.42	3.60
인적자원 관리	• 자율운항선박관련 사고에 대비하여 선박교통관제 추가 당직 배치 발생	2.65	2.97
	• 전통선박-자율운항선박-원격운항센터 등 관제대상 증가로 집중력 저하	3.15	3.38
	• 원격운항센터와 지속적인 소통을 위한 인력 추가 배치 발생	3.23	3.48
	인적자원 관리 평균	3.01	3.27
무선통신 운용	• 자율운항선박 긴급 상황 시 새로운 설비 (디지털 정보 교환장치) 운영 중 장애 발생	2.42	3.90
	• 관제구역에 전통선박 긴급 상황 발생 시 자율운항선박(원격운항센터) 상황 전파 실패	2.62	3.87
	• 자율운항선박(원격운항센터)에 수색구조관련 메시지 전달 실패 발생	2.27	3.64
	무선통신 운용 평균	2.43	3.80

자료: 저자 작성

2. 위험요소 평가 결과

설문대상자의 위험요인 가능성과 심각성 의견은 증거 이론을 통해 통합되고, 베이지안 네트워크를 통해 각각 위험요소에 대한 정성적 값이 확률값으로 변환되었다. 변환된 확률은 다음의 식을 통해 대푯값으로 표현되었다. 여기서 합성 위험가치는 각 1, 4(2^2), 9(3^2), 16(4^2), 25(5^2)로 할당했다.

$$CV = \sum_{z=1}^{t} p(R_h) U_z \qquad \text{(식 4-9)}$$

여기서, CV: 위험도 평가값(Crisp value)

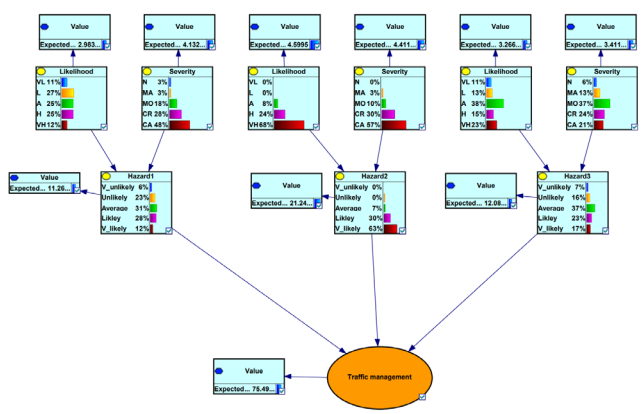
t: 정성적 값의 개수 (5)

$p(R_h)$: 주변 확률값

U_z: R에 할당된 합성 위험가치 $(z = R1, R2, R3, R4, R5)$

〈그림 4-3〉은 선박교통관리 영역의 베이지안 네트워크를 활용하여 계산된 결과를 나타낸다. 위험요인 1,2,3은 각 가능성과 심각도에 따라 위험요인의 정성적 값이 확률로 표기되고 최종 위험도 평가값이 도출되었다.

〈그림 4-3〉 베이지안 네트워크 계산 결과 (선박교통관리)



자료: 저자 작성

8가지 대분류를 모두 계산하면, 〈표 4-5〉과 같이 도출된다. 대분류에서는 선박교통관리가 가장 위험한 영역으로 도출되었으며, 통신협조, 비상상황 대응 순으로 높았다. 각 변화요인에 따른 위험도는 어선, 통선, 급유선 등 움직임 예측이 어려운 소형선과 자율운항선박이 조우하여 가까워지는 사례가 가장 높은 것으로 도출되었다. 그리고 여러 기종의 통신기기를 사용함에 따라 발생할 수 있는 지연사항, 선박교통관제구역 내에서 상호 교신이 원활하지 않은 사항 또한 상대적으로 위험도가 높게 도출되었다.

〈표 4-5〉 자율운항선박 등장에 따른 해상교통관제 위험도 평가 결과

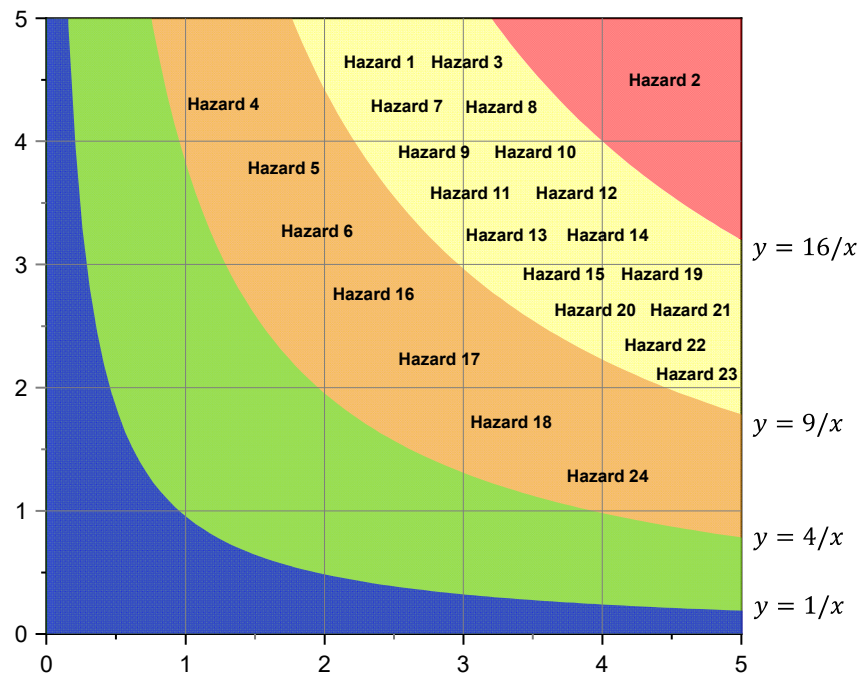
대분류	해상교통관제 예상 변화 요인	위험도 평가값
선박교통관리 (75.5)	• **(Hazard1)** 자율운항선박이 관제구역에서 비정상적 항해를 하는 사례(예상된 항로로 항행(정침)하지 않는 사례, 비이상적인 속도로 항행하는 사례) 발생	11.26
	• **(Hazard2)** 어선, 통선, 급유선 등 움직임 예측이 어려운 소형선과 자율운항선박이 조우하여 거리가 가까워지는 사례 발생	21.24
	• **(Hazard3)** 자율운항선박 운항으로 관제구역 내 통항 Traffic이 지연되는 사례 발생	12.08
	선박교통관리 위험도 평가 종합	75.49
항해기술 적용 (53.6)	• **(Hazard4)** 자율운항선박(원격운항센터)이 국내 규칙을 준수하지 않는 사례 발생	8.26
	• **(Hazard5)** 자율운항선박(원격운항센터)이 항법 규칙을 준수하지 않는 사례 발생	8.74
	• **(Hazard6)** 자율운항선박(원격운항센터)이 항로표지시스템을 따르지 않는 사례 발생	7.64
	항해기술 적용 위험도 평가 종합	53.65
비상상황 대응 (66.6)	• **(Hazard7)** 자율운항선박의 충돌, 좌초, 화재·폭발 사고·주묘 등이 발생	10.75
	• **(Hazard8)** 사이버 공격으로 자율운항선박(원격운항센터)의 통제 불가 (관제지시 미이행 포함) 및 통신 불가	11.87
	• **(Hazard9)** 자율운항선박 자체 시스템 고장으로 올바른 의사결정을 못하는 상황 발생	13.62
	비상상황 대응 위험도 평가 종합	66.63
설비운영 (62.5)	• **(Hazard10)** 자율운항선박(원격운항센터)을 관제하기 위한 새로운 설비 (디지털 정보 교환장치) 운영 중 장애발생	10.31

대분류	해상교통관제 예상 변화 요인	위험도 평가값
	• **(Hazard11)** 자율운항선박을 관제하는 선박교통관제 운영시스템, 레이더, AIS 등이 장애발생	9.02
	• **(Hazard12)** 자율운항선박(원격운항센터)으로부터 수신한 데이터 및 정보 처리 중 오류 발생	10.48
	설비운영 위험도 평가 종합	62.53
통신협조 (73.7)	• **(Hazard13)** 선박교통관제사 – 원격운항센터 – 자율운항선박 간 통신이 원활하지 않은 상황 발생	11.84
	• **(Hazard14)** 관제구역안에서 자율운항선박과 전통선박 간 통신이 원활하지 않은 상황 발생	14.94
	• **(Hazard15)** 이 기종의 통신으로 내용 전달이 지연되는 상황 (자율운항선박과, 전통선박의 교신수단이 상이) 발생	15.15
	통신협조 위험도 평가 종합	73.72
관제언어 적용 (50.8)	• **(Hazard16)** 자율운항선박의 오류(오작동)로 통신표준을 지키지 않아 선박교통관제센터, 원격운항센터와 교신되지 않는 상황 발생	7.63
	• **(Hazard17)** 선박교통관제센터의 오류(실수)로 통신표준을 지키지 않아 자율운항선박, 원격운항센터와 교신되지 않는 상황 발생	8.40
	• **(Hazard18)** 원격운항센터에서 오류(실수)로 통신표준을 지키지 않아 자율운항선박, 선박교통관제센터와 교신되지 않는 상황 발생	8.89
	관제언어 적용 위험도 평가 종합	50.88
인적자원 관리 (62.0)	• **(Hazard19)** 자율운항선박관련 사고에 대비하여 선박교통관제 추가 당직 배치 발생	9.67
	• **(Hazard20)** 전통선박-자율운항선박-원격운항센터 등 관제대상 증가로 집중력 저하	12.93
	• **(Hazard21)** 원격운항센터와 지속적인 소통을 위한 인력 추가 배치 발생	13.19
	인적자원 관리 위험도 평가 종합	62.04
무선통신 운용 (58.3)	• **(Hazard22)** 자율운항선박 긴급 상황 시 새로운 설비 (디지털 정보교환장치) 운영 중 장애 발생	9.21
	• **(Hazard23)** 관제구역에 전통선박 긴급 상황 발생 시 자율운항선박(원격운항센터) 상황 전파 실패	10.48
	• **(Hazard24)** 자율운항선박(원격운항센터)에 수색구조 관련 메시지 전달 실패 발생	8.10
	무선통신 운용 위험도 평가 종합	58.34

자료: 저자 작성

ISO에서 제공하는 위험도 관리에 따르면, 위험 가능성과 결과를 수치화하는 위험분석 후에는 리스크 기준과 비교해서 조치사항을 찾는 위험 평가 과정을 수행토록 한다(ISO, 2018). 위험도 관리 절차에 따라 위험도 평가를 위해 위험도의 분포를 〈그림 4-4〉와 같이 도식화했다. 베이지안 네트워크를 통해서 도출된 위험도 평가값은 통합된 전문가의 가능성과 심각도의 의견을 활용하고 있으므로 합성 위험가치 (U_z)의 기준으로만 위험도 평가값을 분류했다.

〈그림 4-4〉 위험도 분포도



자료: 저자 작성

위험도 평가값은 총 3가지 분류로 구분되었다. 우선 가장 위험한 구역은 위험요인 2 (소형선박과 자율운항선박의 조우)였다. 그리고 위험요인 1, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 23은 위험도 평가값

9와 16 사이, 위험요인 4, 5, 6(항해기술 적용), 위험요인 16, 17, 18(관제언어 적용) 및 위험요인 24는 위험도 평가값 4와 9 사이로 구분되었다.

제3절 시사점

1장의 선행연구 분석에서 위험도 평가와 관련된 방법론을 고찰했다. ISO에서는 위험도 관리를 위해 표준을 제시했으며, 위험도는 현황분석, 위험식별, 위험분석, 평가, 처리의 과정으로 구분되어 관리하도록 제시했다. 특히 위험도 분석 및 평가과정에서는 예상되는 위험요소 가능성과 심각성을 활용하여 분석을 권고했다.

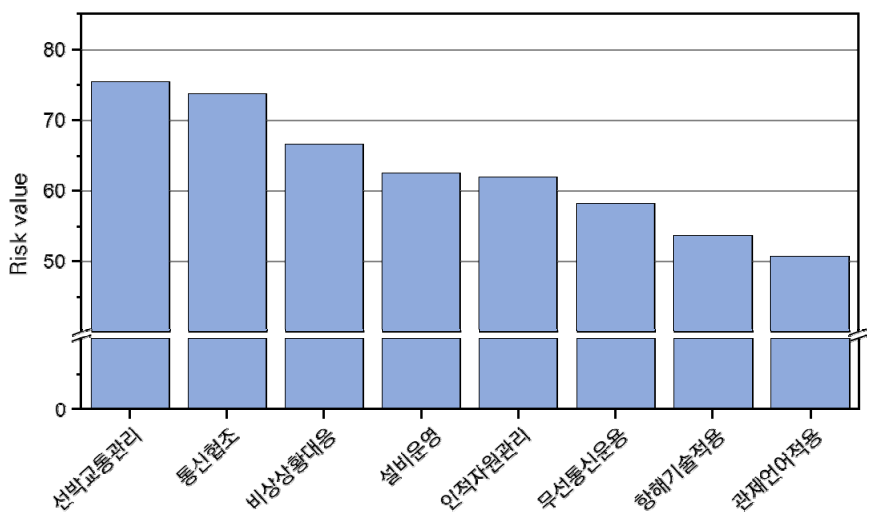
해사분야는 IMO에서 공식 안전성평가를 권고하고 있으며, IALA는 위험도 평가 가이드라인을 통해 위험도 평가 방법을 제시하고 있다. 두 평가방안도 ISO의 위험관리 표준과 유사하게 예상되는 위험요소의 가능성과 심각성을 활용하여 평가토록 한다.

본 연구에서도 위험도 평가를 위해 ISO, IMO, IALA에서 사용하고 있는 방법과 같이 위험요소의 가능성과 심각성을 활용했다. 이를 위해서 3장에서 도출했던 국가직무능력표준 기반의 자율운항선박에 따른 선박교통관제 업무를 위험요소로 두고 전문가 설문조사를 통해 가능성과 심각도 자료를 수집했다. 그리고 정성적인 전문가 의견을 정량화하기 위해 증거 이론에 따른 의견 통합 및 퍼지 규칙 기반의 베이지안 네트워크 방법론을 통해 위험요소의 정량적인 값을 도출했다.

〈그림 4-5〉는 위험요소 대분류의 우선순위를 나타낸다. 전문가가 판단

하는 위험 대분류는 선박교통관리로 도출되었으며, 위험요소는 선박교통관제구역 내에서 자율운항선박과 탐지 및 다음 항로 예측이 어려운 소형선박과 조우하여 가까워지는 사례가 가장 높은 것으로 분석되었다. 그리고 자율운항선박과 전통선박을 동시에 관제할 시에 예상되는 두 기기 사용에 따른 통신지연 및 디지털 교신이 원활치 않은 사항들도 높은 순위의 위험요소로 도출되었다. 이는 비상대응과 통신주체 및 방법 관련 내용으로 선행연구의 결과와도 유사하게 나타났다(김대원, 2020). 즉 자율운항선박이 선박교통관제구역 내 운항하게 된다면, 비상상황 대응이나 예기치 못한 통신두절 등이 가장 큰 위험요소가 될 것으로 판단된다.

〈그림 4-5〉 위험요소 우선순위



자료: 저자 작성

반면 항해기술의 적용 및 관제언어의 적용 등의 위험요소들은 상대적으로는 낮은 수준의 위험으로 도출되었다. 항해기술의 적용은 자율운항선박이 선박교통관제구역 내에서 항법이나, 항로표지 시스템 등의 규칙을 지키는 사항으로 설문에 응답한 전문가는 자율운항선박이 정해진 규칙 등은 잘

지킬 수 있다고 생각하는 것으로 분석된다. 또한 관제언어의 적용은 디지털 교신에 사용되는 언어 표준으로 이 메시지 또한 표준화되어 전송되는 것으로 언어 표준이 실수에 의해 변경되는 것은 거의 없을 것이라고 생각하는 것으로 분석된다.

종합하면, 자율운항선박 위험요소는 표준이나 기술이 정해져서 항해하게 되는 평상시의 사례보다는 예측할 수 없는 소형선박에 대한 대응, 통신 연결이 되지 않는 경우, 이 기종의 통신기기를 사용할 때의 혼잡성 등 운영적인 측면과 비상상황 대응 사항에서 위험하게 평가되었다. 그러므로 자율운항선박 대비를 위한 선박교통관제는 운영 및 비상상황 대응 대비가 운항에 가장 필요한 것으로 판단된다.

05
자율운항선박 운항을 위한 해상교통관제 대응방안

제1절 자율운항선박 운항을 위한 기본방향

자율운항선박의 운항을 위한 기술개발은 국내·외로 활발하게 이루어지고 있다. 영국의 롤스로이스社는 2018년 12월 완전자율운항 페리선박의 해상 시운전을 성공했다.[41] 일본은 2022년 1월 무인선박의 일본 연안항해(161마일)를 무사히 마쳤으며, 자동접안도 성공했다.[42] 국내에서도 조선 3사가 앞다투어 자율운항을 위한 기술개발을 완성하고 있으며, HD현대 '아비커스'는 화물선에 자율운항솔루션을 설치하여 태평양을 횡단하기도 했다.[43] 또한 2025년부터 부산 원도심지역에 운영할 것이라고 밝힌 해상택시에도 자율운항솔루션이 탑재된다고 한다.[44]

자율운항 기술 발전에 맞춰서 이를 수용하기 위한 제도개발도 활발하게 이뤄지고 있다. IMO는 2022년부터 자율운항선박 운항을 위한 새로운 코

41) Safety4sea(검색일자: 2023.8.8.)
42) Quartz(검색일자: 2023.8.8.)
43) ChosunBiz(검색일자: 2023.8.8.)
44) ZDNET Korea(검색일자: 2023.8.8.)

드를 개발하고 있으며, 2028년에는 강제화 코드를 발효할 예정이다. 우리나라도 자율운항선박 개발 및 상용화 촉진에 관한 법률안을 2022년 11월에 발의했으며, 농림축산해양수산위원회에서 심사가 진행 중이다.[45)]

자율운항선박이 운항되면 필연적으로 항만에 입항하며 선박교통관제구역을 통과할 것으로 예상된다. 더불어 선박교통관제 기본계획에 따르면, 해양경찰청은 전 연안의 선박교통안전망 구축을 통해 관제공백을 최소화하려는 정책방향을 제시하고 있어, 연안항해 시에도 자율운항선박은 선박교통관제구역을 통과할 것으로 예상된다.[46)] IMO는 2028년 화물선대상 자율운항선박 강제화 코드를 발효할 예정이므로 사전에 조치가 필요할 것으로 판단된다.

해상교통관제의 역할은 항만 또는 연안해역의 선박교통안전과 효율성을 확보하고 해양환경을 보호하기 위해 관제구역 내 통항선박의 동정을 관찰하고 이에 필요한 정보를 제공하는 것이다. 그리고 이러한 역할을 수행하기 위해 관제를 수행하기 위한 절차와 장비를 구축하고 있다. 우리나라는 총 20개의 주요항만과 연안에 해상교통관제가 설치되어 있으며, 「선박교통관제에 따른 법률 시행규칙」에 따라 관찰·확인, 정보제공, 조언·권고, 지시의 단계로 선박을 관제하고 있다.

연안해역의 교통밀집도 분석에 따르면, 선박교통관제구역이 설치되어 있는 연안해역의 교통밀집도가 높으며 특히 울산-부산-부산신항-여수항으로 이어지는 남해안 부근의 해역이 교통밀집도가 높게 나타났다. 그리고 선박정보는 레이더 영상, AIS 등을 통해 수신하고 있으며, VHF 무선통신 장비로 정보를 제공한다. 중부권 해상교통관제 구역의 교신 분석에 따르면, 안전교행 정보제공이 전체 교신의 61.7%로 가장 높았다. 박상원(2015)의 분

45) 2023.8.8. 기준
46) 해양경찰청(2020b)

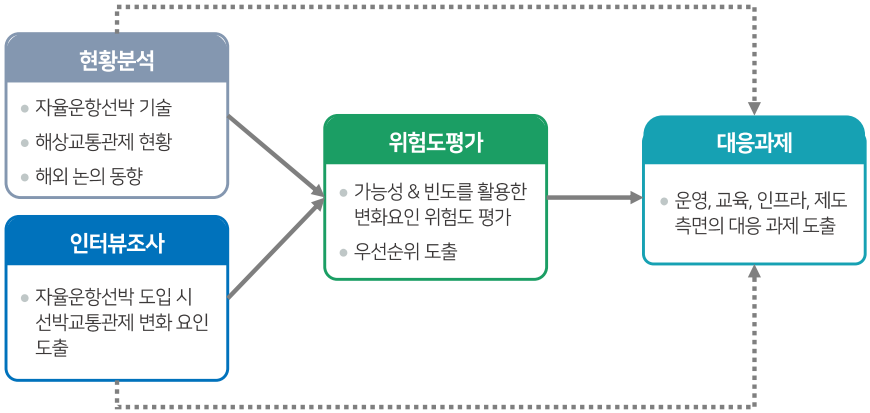
석에 따르면, 부산항 VTS의 교신 채널에는 시간당 41.1건의 교신이 있었으며 이는 1.45분 당 1번씩 VHF 교신이 있는 것이며, 박성우 외(2012)가 조사한 교신하는 시간이 평균 22.2초인 것을 고려하면 거의 쉬지 않고 교신이 오가고 있다는 것을 알 수 있다.

한편 선박교통관제구역의 해양사고는 2017년부터 2022년까지 6년간 총 6,980건 발생하였으며, 전체 발생한 해양사고의 37.0%를 차지한다. 선박교통관제구역은 24시간 관제사가 감시하고 있으나, 해양사고는 지속적으로 발생하고 있으며, 이는 상대적으로 많은 선박이 항행하고 있기 때문인 것으로 판단된다.

해상교통관제의 현황을 살펴보면, 지금까지는 모두 선박은 사람이 승선하고 있는 상황을 기준으로 관리되었다. 그러므로 단계별로는 다르지만, 선박에 사람이 승선하지 않을 수도 있는 자율운항선박의 등장은 선박교통관제에 큰 영향을 끼칠 것으로 판단된다. 그러므로 자율운항선박의 운항을 위한 해상교통관제 대응의 기본방향은 불확실한 위험요소에 대한 선제적인 대응으로 정하고자 한다.

해상교통관제 대응의 기본방향을 기초로 자율운항선박 운항을 위한 해상교통관제 대응의 큰 목표는 자율운항선박의 운항 위험요소 식별 및 대응방안 마련으로 설정했다. 자율운항선박이 갖고 올 해상교통관제의 변화와 전문가 설문조사로 도출된 위험요소를 기반하여 이에 대응할 수 있는 과제를 제시했으며, 과제 도출을 위한 절차는 〈그림 5-1〉과 같다.

〈그림 5-1〉 대응과제 도출 과정



자료: 저자 작성

〈표 5-1〉은 자율운항선박 운항 예상시나리오에 따른 위험요소를 극복하기 위한 대응과제를 나타낸다.

〈표 5-1〉 자율운항선박 도입을 위한 해상교통관제의 대응과제

구분		자율운항선박 운항 예상 시나리오	위험요소	대응과제
보고서 연계		• 2장 IMO 및 IALA 논의 현황	• 2장 선박교통관제사 직무현황 • 3장 위험요인식별 • 4장 위험도평가결과	• 3장 전문가 인터뷰
관제대상 선박		• 현행 관제대상선박 • 자율운항선박	• 소형선박과 자율운항 선박의 조우	• 자율운항선박 운항을 위한 시·공간 분리 • 자율운항선박 관제 운영절차 마련
통신	주체	• 관제대상선박, 비관제대상선박 • 자율운항선박 • 원격운항센터	• 자율운항선박과 통신이 원활치 않음	• 자율운항선박 통신 체계 마련 • 사이버보안대책 마련
	방법	• 음성기반의 통신 • 디지털 정보교환	• 이기종 통신으로 정보 지연	• 음성 디지털화를 위한 기술 개발

구분	자율운항선박 운항 예상 시나리오	위험요소	대응과제
교육	• 기존교육 • 자율운항선박, 통신장비 교육	• 자율운항선박 관제 장비 고장, 데이터 오류	• 자율운항선박 교육과정 개설
관제구역	• 항만 및 연안의 자율운항선박 주요 항로	• 자율운항선박 통항으로 기존 교통 지연	• 자율운항선박 운항을 위한 시·공간 분리
비상상황	• 현행 비상상황 대응 • 자율운항선박 제어 (필요시)	• 자율운항선박 비상상황 (해양사고, 통신두절, 시스템고장) • 인력관리 변화	• 비상상황대응 절차마련
관련법	• 자율운항선박 관련 내용 추가	• 법적 근거 부재	• 자율운항선박 도입을 위한 법 개정

자료: 저자 작성

제2절 자율운항선박 운항을 위한 과제

본 절에서는 자율운항선박 운항을 위한 과제를 운영, 교육, 인프라, 및 제도 측면으로 구분하여 제시하고자 한다.

1. 운영전략 수립

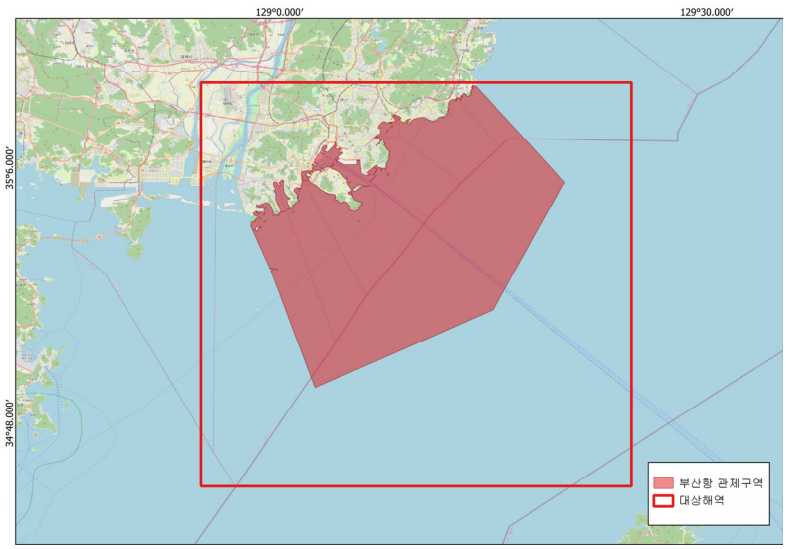
1) 관제구역의 공간적, 시간적 분리

선박교통관제 측면에서 자율운항선박이 도입되었을 때 가장 큰 위험요소는 움직임의 예측이 어려운 선박과 조우하여 가까워지는 경우였다. 이진석·김주성(2019)은 소형선박은 레이더 탐지가 어렵고 VHF 설치 대상이지만 승선원이 2~3명으로 적고 조업 등 다른 작업으로 견시 및 선교 당직이

잘 이루어지지 않아 VTS와 지속적인 정보 교환이 어렵다고 했다. 또한「선박교통관제에 관한 법률」제13조에 따라 총톤수가 300톤 이하인 경우에는 관제대상선박이 아닐 수도 있기 때문에 소형선박의 직접적인 관제가 어려울 수도 있다. 초기의 자율운항선박은 신뢰도 높은 운항 데이터가 적을 것이기 때문에 선박의 통항이 적은 시간대와 통항이 적은 구역을 지정하는 것을 제안한다.

본 연구에서는 3장의 우리나라 연안해역 중 교통밀집도가 상대적으로 높았던 부산항을 대상으로 해상교통조사를 수행했다. 해상교통조사를 통해 선박교통관제구역에서 선박통항이 적은 시간대와 적은 공간을 도출하기 위함이다. 해상교통조사는「해상교통안전진단시행지침」별표3의 해상교통조사 설정기준에 맞춰서 수행했다. 2023년 3월 8일부터 3월 14일까지 총 7일간 선박자동식별장치(AIS) 데이터를 수집했다. 〈그림 5-2〉는 대상해역을 나타낸다.

〈그림 5-2〉 대상해역

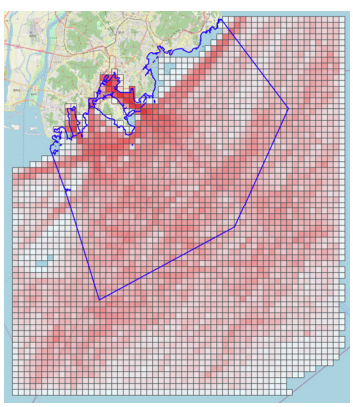


자료: 저자 작성

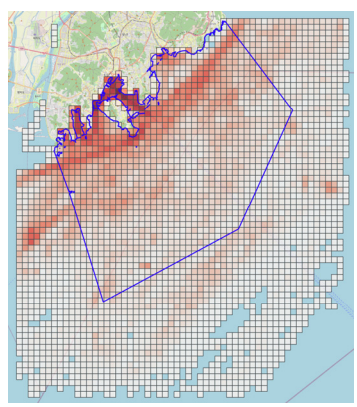
대상해역에서 선박 통항이 적은 구역을 확인하기 위해 교통밀집도를 분석하고자 한다. 교통밀집도 분석을 위해, 대상해역을 격자로 나누고 각 격자에 조사 기간에 관제대상 선박과 비관제대상 선박이 통항한 횟수를 나누어 측정했다. 자율운항선박 도입에 따른 가장 위험요소는 항로를 예측할 수 없는 소형 선박과의 조우로 도출되었기 때문에 대상 선박을 구분하였다. 격자는 1,000m 단위로 나눴으며, 정박된 선박은 동일한 구역에 계속 있어 교통밀집도가 과도하게 높을 수 있으므로 제외하고 측정했다.

〈그림 5-3〉은 대상구역을 통항하는 관제대상 선박과 비관제대상 선박의 교통밀집도를 나타낸다. 관제대상 선박의 항적은 크게 연안을 따라 관제구역을 통과하는 흐름과 부산북항, 감천항 등으로 입·출항하는 흐름이 서로 교차하는 형태로 나타난다. 반면, 비관제대상 선박 항적의 경우 부산북항과 감천항으로 입·출항하는 흐름은 동일하나 연안을 따라 관제구역을 통과하는 흐름은 연안쪽으로 치우쳐져 있는 것으로 분석되었다. 즉 관제구역을 통과하여 연안을 항해할 때에는 공간적으로 비관제대상을 피해 연안에서 일정 거리를 이격하여 항해하도록 유도하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

〈그림 5-3〉 대상구역의 관제대상과 비관제대상 선박 밀집도



〈관제대상선박 밀집도〉



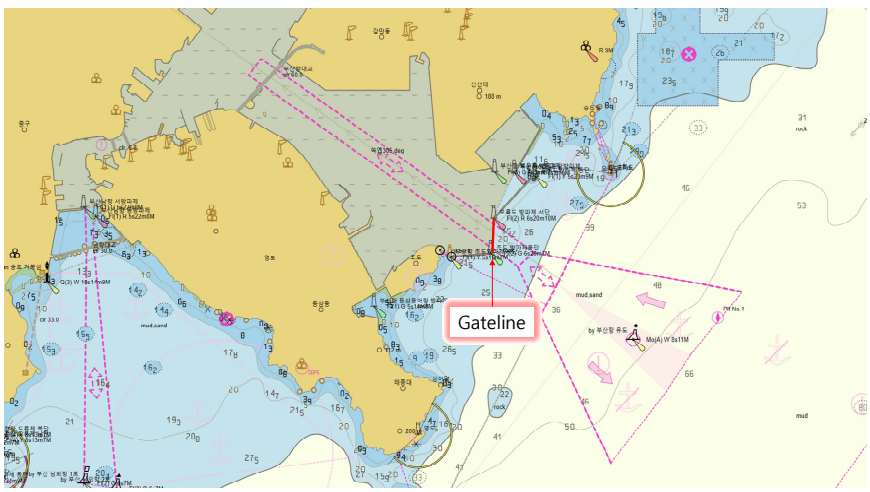
〈비관제대상선박 밀집도〉

자료: 저자 작성

반면, 부산항으로 입항하거나 출항하는 경우에는 항로가 정해져 있으므로 공간적으로 분리하기는 어려울 것으로 판단되며, 입·출항하는 시간을 분석하여 시간적인 분리를 제안한다.

부산북항 입·출항 선박의 통과 시간대 분석을 위해 〈그림 5-4〉와 같이 게이트라인을 설정했다. 게이트라인은 부산북항에 입항하기 위해서는 반드시 거쳐야 하는 오륙도 방파제 서단과 조도 방파제 동단을 잇도록 설정했다.

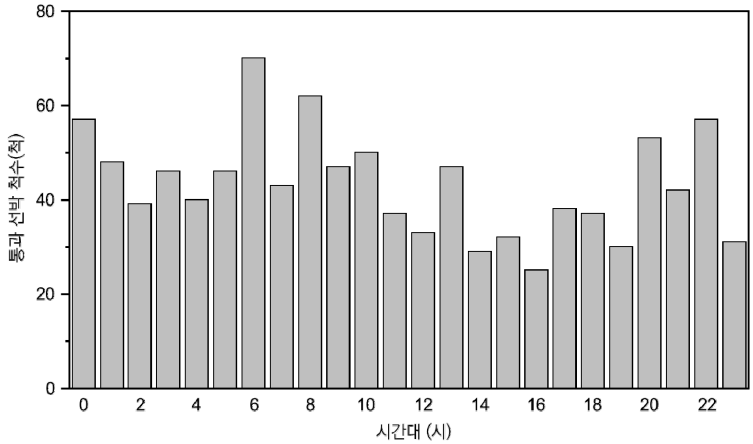
〈그림 5-4〉 시간 분석을 위한 게이트라인 설정



자료: 저자 작성

시간대별 게이트라인을 통과한 선박의 척수는 〈그림 5-5〉와 같다.

〈그림 5-5〉 시간대별 게이트라인 통과 선박 척수



자료: 저자 작성

7일간 부산북항 방파제를 통해 출·입항한 선박은 총 1,039척이었으며, 1일 평균 약 148.4척, 1시간 평균 약 6.18척의 선박이 출·입항하였다. 오전 6시부터 선박의 통항척수가 급격하게 증가하기 시작했으며, 오후 18시 이후 통항척수가 감소했다. 20시부터 잠시 증가했다가 야간에는 평균 40척 정도로 시간당 약 5.7척의 선박이 통항한 것으로 나타났다.

동일한 구역의 다른 선행연구를 살펴보면, 김종관(2019)은 부산 북항 제1항로 혼잡 구역을 통과하는 선박은 오전 6시경부터 증가하기 시작하고, 13시경 최저, 18시 이후 감소하여 주간 시간에 선박 이동이 많다고 하였다. 박상원(2015)은 관제구역의 VHF 교신량을 시간별로 분석했으며, 16시에서 18시 사이, 06시에서 08시 사이의 교신량이 가장 많았으며, 18시 이후부터는 교신량이 줄어드는 것으로 분석되었다. 두 연구 모두 주간 시간에는 선박의 이동이나 교신이 많으며, 18시 이후의 야간 시간에는 선박의 이동이나 교신량이 적었다.

선행연구와 본 연구의 조사를 비교하면 오전 시간대인 6~7시 사이의 선

박이 증가하는 것은 유사했으나 야간 시간 교통량은 다르게 나타났다. 선행연구는 본 연구의 교통조사와 시기가 약 4년 정도 있으므로 주변환경의 차이로 교통량이 다른 것으로 사료된다. 그러나 오전 시간대가 가장 교통량이 증가하는 시간대는 변함없으며, 자율운항선박을 운항하게 될 경우 교통량이 증가하는 시간대를 피해서 입·출항 시간을 조절해야 할 것으로 판단된다.

부산항 관제구역의 사례와 같이 해상교통 밀집도 분석을 통해서 대상선박별 주로 이용하는 해역 공간을 도출할 수 있었으며, 게이트라인 통과 시간을 분석하여 교통량이 증가하는 출·입항 시간대를 도출할 수 있었다. 자율운항선박이 상용화하여 운항되기 시작했을 때, 파급을 조금이라도 완화하기 위해서는 기존의 선박과 가능하면 시·공간적으로 분리하여 운영하면서 데이터를 쌓고 정상운영할 필요가 있을 것으로 판단된다.

2) 객관적인 의사결정을 위한 관제 전략 수립

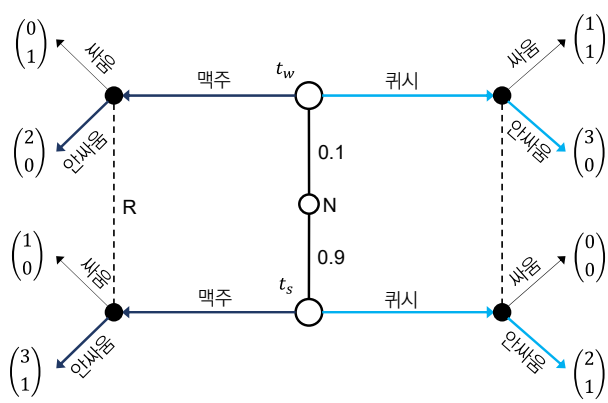
자율운항선박의 운영을 시·공간적으로 구분하는 것은 움직임의 예측이 어려운 선박과 조우하는 가능성을 줄일 수 있다. 그럼에도 불구하고 선박과 조우한다면, 선박교통관제사는 적절한 관제를 수행해야만 한다. 3장의 전문가 인터뷰와 4장의 설문조사에 따르면, 객관적인 관제전략의 필요성이 제기되었다. 즉 같은 상황을 두고 자율운항선박이 판단하는 결정과 선박교통관제사가 판단하는 결정이 다를 수 있다는 의미이다. 선박교통관제구역 내에서 자율운항선박의 알고리즘이 선박교통관제사 지시를 우선적으로 따르도록 설계될지는 알 수 없기 때문에, 관제 측면에서도 객관적인 의사결정을 할 수 있는 방법론이 필요하다.

이진석·송재욱(2017)은 선박교통관제사의 위험 태도를 반영하여 충돌위험도를 제안하였다. 제안된 충돌위험도는 선박들의 침로와 속력, DCPA, TCPA, 및 조우 상황 등을 종합적으로 고려한다. 해당 연구는 선박교통관

제사의 의식을 기반한 선박 간 충돌위험도를 제시한 연구이다. 박상원·박영수(2016)는 선박교통관제사의 교신내용을 분석해서 선박교통관제사가 권고 및 지시를 하는 시점의 위험도를 도출하고 적정한 관제 개입 시기를 제시하였다. 해당 연구에서 제시한 위험도는 선박운항자 의식을 바탕으로 개발된 위험도를 사용하였다. 이는 조우상황별, 경력별 관제사가 언제 위험을 직시하고 교통에 개입하는지 판단하는 기준을 제시했다 할 수 있다. 선행연구는 관제를 위한 정량적인 기준을 제시한 것에 의의가 있으나, 제안된 값을 이용하여 의사결정에까지는 이르지 못했다. 즉 실제 제안된 기준값에서 어떤 의사결정이 더 합리적인지 제시하지 못했다는 의미이다.

본 연구에서는 선박교통관제사의 의사결정을 위해 게임이론 기반 전략을 제안하고자 한다. 게임이론은 경제주체들 간의 상호 의존성이 존재하여 전략적 고려가 필요한 게임 상황에서, 합리적인 경제주체가 어떤 의사결정을 하는가를 연구하는 이론이다(왕규호·조인규, 2004). 해당 이론은 경제학뿐만 아니라 현실에서 전략적 고려가 필요한 경우에도 사용될 수 있다. 특히 선박교통관제는 신호 게임 중의 하나인 조와 크렙스 게임을 적용하고자 한다(Cho & Kreps, 1987).

〈그림 5-6〉 맥주-퀴시 게임 사례



자료: Cho & Kreps(1987)

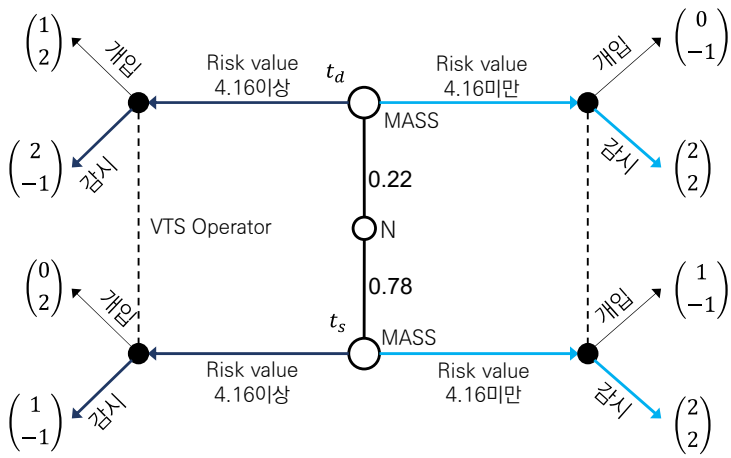
〈그림 5-6〉은 조와 크렙스 게임을 도식화한 것이다. 해당 그림에서 상대편은 0.1 확률로 약한 타입(t_w)이거나, 0.9 확률로 강한 타입(t_s)이다. 그리고 R은 약한 타입과 싸울 때와 강한 타입과 싸우지 않을 때 1의 보수를 얻는다. R은 싸울 것인지 말 것인지에 대한 결정을 하기 전에 상대편이 아침 식사의 신호를 보낸다. 이때 강한 타입은 맥주를 선호하며, 약한 타입은 퀴시를 선호한다. 즉 R이 상대편이 맥주를 고르는 것으로 보면, 강한 타입일 것이라 추측할 수 있으며, 퀴시를 고르면 약한 타입이라고 추측할 수 있다. 모든 타입은 자신이 좋아하는 메뉴를 고르길 원하며, 원하는 메뉴를 고를 때 1의 보수를 얻는다. 그리고 싸움은 가급적이면 피하려고 하기 때문에 싸움을 피할 경우 2의 보수를 얻을 수 있다. 종합하면, R은 강한 상대는 피하고 싶고, 약한 상대와는 싸우고 싶어 한다. 반면 상대편은 좋아하는 아침 식사를 하고 싶으면서, 싸움은 피하고 싶어 한다. 조와 크렙스 게임은 다양한 관계가 얽혀있을 때 사전의 정보를 바탕으로 가장 합리적인 의사결정을 도출하는 방법론이라 할 수 있다.

이를 관제에 적용하면, 조와 크렙스 게임의 R은 선박교통관제사가 될 수 있다. 선박교통관제사는 진짜 관제가 필요한 선박에게 적시에 관제개입을 하고 싶고, 진짜 관제가 필요하지 않은 선박에게는 관제개입을 하고 싶지 않아 한다고 가정한다. 상대편은 자율운항선박을 포함한 관제구역을 통항하는 선박이다. 관제구역을 통항하는 선박은 위험도 값으로 자신의 타입을 제시한다. 여기서 자율운항선박은 관제 없이 위험하지 않은 경로를 찾아서 항해하고 있으며, 관제개입을 피하고 싶어 한다고 가정한다.

박성용(2008)에 따르면, 부산북항의 관제선박 척수는 시간당 73.4척이라고 했으며, 해상교통조사를 통해 시간당 관제구역의 선박 척수는 약 332.3척으로 비율로 보면 약 22% 수준이다. 그리고 박상원(2015)에 따르면, PARK 모델에 의한 선박교통관제사의 관제 개입 평균 위험도는 4.16으로 이를 신호로 구분할 수 있다. 종합하여, 도식화하면 〈그림 5-7〉과 같

다. 여기서 보상은 임의로 설정하여, 선박교통관제사의 경우 관제 필요선박에 관제하면 보상 2, 그렇지 않으면 -1로 적용했다. 자율운항선박을 포함한 선박은 Risk 관제가 필요한 선박이 일정 이상 위험도이면 보상 1로 했으며, 기본적으로 관제개입을 받고 싶지 않으므로 감시를 받으면 보상 1을 받는 것으로 설정했다.

〈그림 5-7〉 선박교통관제사-자율운항선박 게임이론 적용



자료 : Cho & Kreps(1987)를 응용하여 저자 작성

해당 모형은 선박이 조우하면서 모델의 확률값이 개선되면서 실시간으로 선박교통 현황을 반영하여 의사결정 할 수 있는 의사결정 지원 시스템으로 발전시킬 수 있다.

3) 비상대응 방안 마련

선박교통관제사 국가직무능력표준에 따르면, 선박교통관제사 능력단위 중 선박교통관제 비상상황 대응이 포함되어 있다.[47] 비상상황대응은 해양

47) 국가직무능력표준(2023)

에서 발생하는 다양한 사고를 관리하고 처리하는 능력이라 정의하고 있다. 자율운항선박이 도입되면, 자율운항선박과 관련된 다양한 사고를 관리하고 이를 처리하는 능력이 필요하다는 의미이다.

4장의 위험도 분석에서 자율운항선박 비상대응 위험요인은 크게 세 가지로 분류했다. 먼저 자율운항선박이 해양사고가 발생했을 때이다. 해양사고는 「해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률」 제2조(정의) 1항에서 규정한 사고[48]를 의미한다. 선박교통관제사는 관제업무 중 발생하는 해양사고를 인지하고 인지한 사고에 대하여 피해상황을 파악할 수 있어야 한다. 그리고 대응이 가능한 유관기관 및 인근 선박에 비상통신망을 활용하여 사고정보를 전파할 수 있어야 한다. 마지막으로 사고해역 집중 관제를 통해 2차 사고를 예방할 수 있어야 한다.

두 번째는 사이버 공격으로 인한 자율운항선박 및 원격관제센터와 교신이 불가한 경우의 비상상황이다. 통신 두절에 의한 피해는 심각할 수 있다. 지난 2018년 진주유등축제의 개막식에서 열린 드론아트쇼에서 30여개의 드론이 비행하다 10여대의 드론이 갑작스레 추락하는 사고가 발생했다.[49] 해당 사고의 원인은 드론과 교신하는 장비의 문제였다. 그리고 2018년 8월에는 베네수엘라 대통령 연설 중 드론 공격으로 군인 7명이 부상당한 사건도 있었다.[50] 이러한 드론 사고로 정부는 드론테러를 막기 위해 '안티드론 시스템'을 단계적으로 도입할 것을 밝혔다.[51] 이는 통신 두절이나 고의적인 통신 방해는 대형 사고로 이어질 수 있는 사례로 볼 수 있다. 그러므로 선박교통관제에서도 자율운항선박의 통신 두절 시 대응할 수 있는 방안

48) 해양 및 내수면에서 발생한 다음의 사고, ①선박의 구조·설비 또는 운용과 관련하여 사람이 사망 또는 실종되거나 부상을 입은 사고, ② 선박의 운용과 관련하여 선박이나 육상시설·해상시설이 손상된 사고, ③ 선박이 멸실·유기되거나 행방불명된 사고, ④ 선박이 충돌·좌초·전복·침몰되거나 선박을 조종할 수 없게 된 사고, ⑤ 선박의 운용과 관련하여 해양오염 피해가 발생한 사고

49) 연합뉴스(검색일: 2023.8.14.)

50) KBS뉴스(검색일: 2023.8.14.)

51) 대한민국 정책브리핑(검색일: 2023.8.14.)

마련이 필요하다.

세 번째는 자율운항선박 자체 시스템 고장으로 인한 올바른 의사결정을 수행하지 못하는 비상상황이다. 선박교통관제사는 이를 인지하고 피해상황을 파악하고 사고 정보를 전파할 수 있어야 한다. 또한 비상상황이 발생한 해역을 집중 관제하며, 2차 사고를 예방해야 한다. 〈표 5-2〉는 해양사고 발생 시 VTS 센터의 조치사항을 나타낸다.

〈표 5-2〉 해양사고 발생 시 대응절차

해양사고 유형	VTS 센터 조치 사항
충돌	• 침몰, 좌초, 화재, 사상자, 해양오염 등 추가적인 사고발생 유의 • 침몰 또는 좌초 발생 시 정확한 위치 및 시간을 파악
좌초/침몰	• 사상자, 해양오염 발생 등 추가적인 사고발생 유의 • 정확한 위치를 파악하여 주변 항행 선박들에 경고, 2차사고 예방
유류오염	• 오염물질의 종류, 유출량, 범위 등을 파악, 방제작업이 원활히 이루어질 수 있도록 지원 • 오염지역을 항행선박이 통과하여 2차 오염이 발생되지 않도록 통과 유도
화재/폭발	• 사상자 발생가능성이 높으므로 유의 • 접안중인 선박에서 화재발생 시 화재의 진압여부에 따라 항만시설의 안전을 위해 관련기관과 협의, 강제이안 후 항계 밖으로 이동조치를 할 수 있음
환자/사망자/익수자	• 익수자 발생시 항행경고방송을 시행하여 주변 항행선박들이 사고지점을 피하여 항행하도록 하고 필요시 구조 요청 • 사고선박, 관제센터, 해경 간의 통신 유지

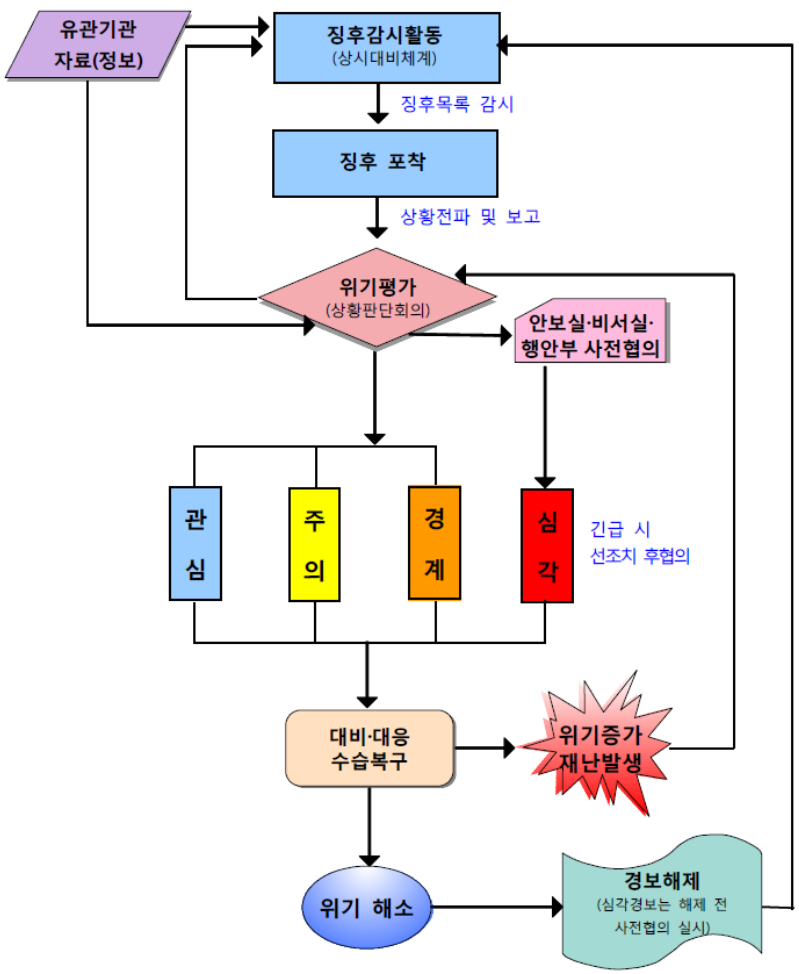
자료: 해양경찰청(2020a)

해양수산부는 「재난 및 안전관리 기본법」 제34조의5 및 「국가위기관리 기본지침(대통령훈령 제388호)」을 근거로 「해양 선박사고」 재난 위기관리 표준매뉴얼을 규정하고 있다. 매뉴얼과 관련된 모든 담당자는 규정된 절차와 내용에 따라 선박사고에 대응하도록 정하고 있다. 위기관리는 예방단계, 대비단계, 대응단계, 복구 단계로 구분하고 있으며 각 상황별로 중점추진사항, 세부 활동내용 및 각 기관별 임무 및 역할을 정하고 있다. 〈그림 5-

8〉은 해양 선박사고 재난 위기경보 발령 체계를 보여준다.

선박교통관제도 자율운항선박이 관제구역 운항을 대비하기 위해서는 위험요인을 식별하고 관심, 주의, 경계 및 심각단계로 구분하여 이를 대비할 수 있는 대응책 마련이 필요하다.

〈그림 5-8〉 위기경보발령 체계



자료: 해양수산부(2019)

2. 교육체계 개편

1) 운항자 대상 자율운항선박 관련 교육 개설

「선박교통관제에 관한 법률」 제5조에 따라 선박소유자는 자기가 소유·관리하거나 운영하는 선박이 선박교통관제에 따르도록 운영자에 대해서 교육·훈련 등을 실시하고 제반 안전규정을 준수해야 한다. 운영자가 시행해야하는 교육 내용은 크게 4가지로 구분할 수 있으며, 선박교통관제 목적과 용어, 통신절차, 관련규정 및 국내 운영현황이 포함된다.

운항자 교육은 교육·훈련의 의무만 부여했으며, 교육·훈련에 자율성을 부여하기 위해 교육·훈련의 시기, 횟수 등은 정하지 않은 것이 특징이다.[52]

자율운항선박이 도입되면, 전통선박의 선박운항자에게는 관제구역을 항행하는 자율운항선박 이해를 위한 교육·훈련이 필요하며, 자율운항선박의 원격운항자와 자율운항선박에 승선하는 선박운항자에게는 자율운항선박이 선박교통관제구역에서 준수해야 하는 사항에 대한 교육·훈련이 필요한 것으로 판단된다. 〈표 5-3〉과 같이 자율운항선박 도입 시 교육·훈련 내용 변경이 필요하다.

〈표 5-3〉 자율운항선박 도입시 운항자 교육·훈련 내용 변경(안)

구분	주요내용
선박교통관제의 목적 및 용어	• 「1974년 해상에서의 인명 안전을 위한 국제협약」, 국제항로표지협회 선박교통관제 매뉴얼, 「선박교통관제에 관한 법률」에서 정하는 목적 및 정의 • MASS Code에 따른 자율운항선박 정의
통신절차 및 정보 교환 방법	• 선박교통관제관서별 신고 절차 • 자율운항선박과 통신을 포함한 일반통신, 긴급통신, 조난통신 및 안전통신의 절차 및 정보 교환 방법 • 해양사고 발생 시 보고 및 대응 절차

52) 해양경찰청(2022b)

구분	주요내용
선박교통관제 관련 규정 및 제반준수사항	• 선박교통관제에 관한 규정 (법 제12조 제1항) • 관제대상선박의 범위 • 관제대상선박의 선장의 의무 • 관제대상선박의 자율운항선박 선장 및 원격운항자의 의무 • 관제통신의 녹음 • 관제업무 절차 • 선박교통관제사의 권한
국내 선박교통관제 운영 현황	• 선박교통관제관서별 관제구역 • 선박교통관제관서별 통신주파수 • 자율운항선박과 통신방법

자료:「선박교통관제에 관한 법률 시행령」 별표1을 바탕으로 저자 작성

선박운항자 및 자율운항선박 운영자를 위한 교육의 목적은 선박운항자에게는 선박교통관제구역 내에서 운항하게 될 자율운항선박의 특징을 알리는 것이며, 자율운항선박 운영자는 선박교통관제의 이해를 위한 것이다. 국제적으로 정해진 자율운항선박 정의, 선박교통관제와 교신 방법, 관제구역안에서의 의무 등을 포함했다.

2) 선박교통관제사 역량 강화 교육 개편

「선박교통관제에 관한 법률」 제16조(선박교통관제사의 자격 등)는 선박교통관제사 직무수행에 필요한 정기적인 교육 및 평가를 의무화하고 있다. 그리고「선박교통관제에 관한 법률 시행령」 제11조(선박교통관제사의 교육 및 평가)에 따라, 처음 선박교통관제사의 직무를 수행할 때엔 기본교육을, 최근 교육 이수일로부터 5년 6개월 이내에 보수교육을 이수해야 한다.

「선박교통관제 교육 등에 관한 규칙」에는 선박교통관제사의 상세한 교육 내용이 명시되어 있다. 시행령에 따른 기본교육과 보수교육 이외에 선박교통관제업무 경력이 5년 이상이거나 관제팀장은 선임선박교통관제사

교육을 이수토록 정하고 있다. 또한 현장에서는 현장직무교육을 새롭게 센터로 전입한 사람이나 2년 이상 관제업무를 수행하지 않은 선박교통관제사를 대상으로 시행토록 정하고 있다.

자율운항선박이 도입되면, 시행령에 명시된 기본교육과 보수교육, 그리고 규칙에 따른 선임선박교통관제사 교육과 현장직무교육에 자율운항선박에 관한 내용이 포함되어야 한다.

교육내용은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 먼저 자율운항선박 개요로 자율운항선박의 논의 현황, 정의, 기술특징 등이 포함되며, 이는 선박교통관제사의 자율운항선박에 대한 기본적인 이해를 돕기 위함이다. 두 번째는 자율운항선박 관제이며, 본 연구에서 도출했던 자율운항선박 도입에 따른 선박교통관제사 능력기준별 변화요인 교육이 필요하다. 〈표 5-4〉는 선박교통관제사 교육 내용 변경(안)을 나타낸다.

〈표 5-4〉 자율운항선박 도입시 선박교통관제사 교육 내용 변경(안)

구분	교과목 및 과목내용
기본교육	• 언어학, 교통관리학, 관제설비학, 항해학, 통신 협조, 초단파(VHF)무선통신, 인간학, 비상관제, 자율운항선박 이해
보수교육	• 언어학, 교통관리학, 관제설비학, 초단파(VHF)무선통신, 인간학, 비상관제, 자율운항선박 이해
선임선박교통관제사	• 항해학, 관제설비학, 인간학, 비상관제, 관제행정학, 관제법학, 자율운항선박 이해
현장직무교육	• 선박교통관제 규정, 지형학과 지리학, 기상학적인 특성, 선박통항특성, 관제시설 운영, 당직책임, 선박교통관제 업무, 특수환경, 선박교통관제 지원 관련 업무, 비상절차, 현장체험훈련, 자율운항선박의 관제

주: 밑줄은 자율운항선박 관련 추가 교육 내용
자료: 「선박교통관제 교육 등에 관한 규칙」 별표1, 2, 3, 5를 바탕으로 저자 작성

3. 인프라 구축

1) 통신 체계 개편 방안

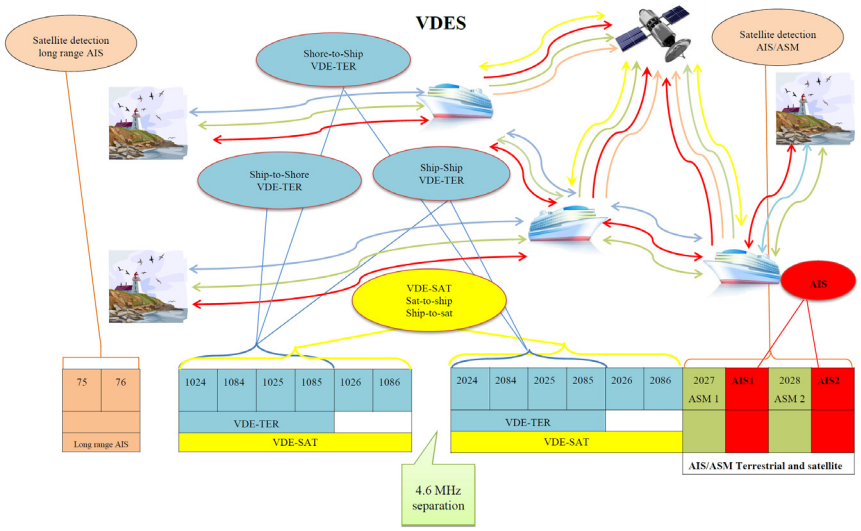
자율운항선박 중 원격운항센터나 완전자율운항선박이 도입되었을 때 큰 변화는 통신의 방법이다. 현재 해상교통관제는 VHF를 활용한 음성통신을 기반으로 선박교통관제구역 내 선박과 교신하고 있다. 선박 내 선원이 승선하지 않은 채 자율운항선박이 관제구역으로 진입한다면, 더 이상 음성을 통한 선박과 직접적인 교신은 어렵다. 그러므로 이에 따른 통신 체계 개편이 필요하다.

e-navigation 전략은 2005년 12월 IMO의 해사안전위원회에서 도입이 제안되었으며, 2014년 11월에 e-navigation 전략이행계획(SIP)이 승인되었다.[53] e-navigation 전략의 핵심 구성 요소는 선박시스템, 육상시스템 및 통신인프라이며, 해상의 통신 인프라는 VHF 아날로그 음성 통신에서 디지털 음성 통신으로 전환하는 단계이다. 또한 데이터 통신을 위해서 VDES (VHF Data Exchange System) 개발을 추진 중이다.[54]

VDES는 국제적으로 선박자동식별장치(AIS)의 통신부하가 심해지면서,[55] IALA를 중심으로 IMO, ITU(국제전기통신연합) 등 국제기구에서 도입을 위한 논의가 시작되었다. 그리고 ITU는 세계전파통신회의(WRC-15)에서 지상파 ASM, VDE채널을 할당했으며, 2019년 회의(WRC-19)에서 위성 VDE 채널 할당을 완료하였다. IMO도 VDES는 잠재적인 e-navigation 통신수단으로서 e-navigation 전략 이행계획에 포함했다. 〈그림 5-9〉는 VDES 통신시스템 개요를 나타낸다.

53) UNIST 4차산업혁신연구소(2019)
54) 김재명(2014)
55) ITU-R Report M.2287에 따르면, AIS는 통신량 부하를 50% 이하로 관리토록 권고하고 있으며, 권고 수준을 초과할 경우 AIS 데이터 수신이 지연되거나 멈추어 AIS 항적이 끊어지는 현상 발생 가능

〈그림 5-9〉 VDES 통신시스템 개요



자료: ITU(2022)

VDES 시스템은 VHF 해사 주파수대역(156.025~162.025MHz) 중 25kHz 대역폭/채널을 구성하여 지상통신용으로 AIS(2개 채널), ASM(2개 채널), VDE1-A(4개 채널), VDE1-B(4개 채널)로 구성된다. 또한 VDE 채널은 필요에 따라 50kHz, 100kHz까지 대역을 확장할 수도 있다.[56]

한편 IMO의 해사안전위원회는 2021년 5월 VDES를 협약장비로서 인정을 위한 SOLAS Ⅳ장(무선통신) 및 Ⅴ장(항해 안전)의 개정과 성능기준 개발을 결정했다. 그리고 IMO 항해통신·수색구조 전문위원회10차에서는 VDES의 AIS 대체수단으로 인정하기 위해서는 SOLAS 개정이 우선시 되어야 한다고 했다. 이와 같은 작업은 2024년 6월에 개최 예정인 항행통신·수색구조 전문위원회 11차 회의에서 완료될 것으로 예상된다.[57]

56) 유진호, 김준태, 박개명(2018)
57) 한국선급(2023)

IMO에서는 기존 AIS를 대체하기 위한 새로운 통신체계로 VDES를 채택하기 위한 논의를 진행하고 있으며, SOLAS가 개정되고 성능기준이 완성되면, 해상교통관제의 통신체계는 크게 바뀔 것으로 판단된다. 더욱이 VDES는 기존의 AIS 메세지뿐만 아니라 추가적인 디지털 정보를 제공할 수 있으므로 구체적인 디지털 서비스 항목 마련이 필요하다.

한편 선박교통관제구역의 모든 선박이 자율운항선박이 아니기 때문에 기존 음성기반의 VHF 교신과 디지털 데이터 기반 통신이 혼재될 것으로 예상된다. 그러므로 과도기 시대를 위해서는 음성의 디지털화 기술 마련이 필요하다. 현재 해양경찰은 미래형 관제센터 구축을 위해 관제일지의 디지털화 작업을 수행하고 있다. VHF 교신 음성 데이터를 문자화하여 전자 관제일지로 구현하는 것이다. 이를 통해 해양경찰은 관제사는 관제업무에 집중할 수 있고 선박의 통항량, 항적, 사고이력 등 객관적인 빅데이터 통계자료를 활용한 과학적인 관제 서비스 제공이 가능할 것으로 기대하고 있다.[58] 전자 관제일지의 개발에 상용되는 음성의 문자화 기술은 자율운항선박 혼재 과도기 시대의 대응방안이라 판단되며, 해당 기술을 활용한 통신체계 구축이 필요하다.

2) 사이버보안 대책

3장의 전문가 인터뷰와 4장의 위험도 평가를 통해 새로운 통신체계의 사이버 위협이 새로운 위험요소로 도출되었다. 자율운항선박이나 원격운항센터의 사이버 공격은 선박의 통제가 불가한 상황을 야기할 수 있기 때문에 이에 대한 대응 마련이 필요하다.

자율주행자동차 등 자동차분야에서는 자동차 사이버보안 가이드라인을 발표했다.[59] 이 중 통신 채널을 이용한 차량 위협의 사례는 총 11개가 있

58) 해양경찰청(2022c)

다. 자동차 사례를 바탕으로 한다면, 선박교통관제와 자율운항선박 간 통신 상 발생할 수 있는 사례는 자율운항선박으로부터 들어오는 메시지나 데이터 스푸핑, 통신채널의 무단 조작, 정보 방해, 정보 접근 권한 탈취, 바이러스 침투 등으로 예상할 수 있다. 이에 대한 상세사항은 〈표 5-5〉와 같다.

〈표 5-5〉 선박교통관제 통신 채널을 이용한 사이버보안 위협 예상

구분	취약점	위협/공격 사례	위협완화조치
1	• 자율운항선박에서 수신한 메시지나 데이터의 스푸핑	• 위장 공격을 이용한 메시지 스푸핑	• 수신 메시지의 신뢰성 및 무결성 확인
		• 선박이 많은 것처럼 다른 선박을 속이기 위한 시빌 공격[60]	• 암호키 저장을 위한 보안 통제 구현
2	• 자율운항선박, VTS에 탑재된 데이터/코드 무단 조작, 삭제 또는 다른 공격을 위해 통신채널을 악용	• 통신채널에 악의적인 코드 주입	• 수신 메시지의 신뢰성 및 무결성 확인 • 설계별로 보안 대책 구현
		• 통신채널을 통해 자율운항선박 혹은 VTS에 탑재된 데이터/코드의 변경/덮어쓰기/삭제	• 시스템 데이터/코드를 보호하기 위해 액세스 제어 기술과 설계 적용
		• 통신채널에서 자율운항선박이나 VTS에 데이터/코드 끼워넣기 허용	
3	• 통신 채널이 신뢰할 수 없는 메시지를 허용하거나 세션 하이재킹/재생 공격에 취약	• 신뢰할 수 없는 출처의 정보 수락	• 수신 메시지의 신뢰성 및 무결성 확인
		• 가로채기 공격 / 세션 하이재킹	
		• 재전송 공격	
4	• 정보 노출	• 정보 가로채기/방해 전파/통신 모니터링(통신 도청)	• 주고받는 기밀데이터 보호
		• 파일 또는 데이터 무단 액세스 권한 획득	• 시스템 설계 및 액세스 제어를 통해 허가받지 않은 직원이 개인 또는 시스템의 중요 데이터에 접근할 수 없어야 함
5	• 통신채널을 이용한 자율운항선박, VTS 기능을 방해하는 서비스 거부	• 많은 양의 쓰레기 데이터를 선박 정보 시스템으로 전송하여 정상적 서비스 이용할 수 없게 함	• 서비스 거부 공격을 탐지 및 복구 조치

59) 국토교통부, 한국교통안전공단(2020)

구분	취약점	위협/공격 사례	위협완화조치
	공격에 취약	• VTS-자율운항선박 간의 통신을 교란하기 위해 메시지를 차단할 수 있는 블랙홀 공격	
6	• 시스템의 액세스 권한 관리 취약점	• 권한 없는 사용자가 루트 액세스와 같은 자율운항선박, VTS 시스템 액세스 권한을 탈취	• 무단 액세스 방지 및 탐지 조치
7	• 통신 매체에 내장된 바이러스를 통해 자율운항선박, VTS 시스템이 감염될 수 있음	• 통신 매체에 내장된 바이러스를 통해 자율운항선박, VTS 시스템을 감염	• 내장된 바이러스/악성코드로부터 시스템을 보호하기 위한 조치 고려
8	• 자율운항선박에서 수신된 악의적인 컨텐츠가 포함된 메시지	• 악의적인 내부 메시지 / 집단 메시지 / 고유메시지	• 악의적인 내부 메시지나 활동을 탐지하는 조치를 고려

자료: 국토교통부·한국교통안전공단(2020)을 바탕으로 저자 작성

자율운항선박과 디지털 통신을 위해서는 통신기기마다 보안대책이 수립되어야 하며, 특히 기기 설계 당시부터 사이버보안에 대한 사항이 고려되어야 한다. 국제선급협회(IACS)는 선박의 사이버 복원력을 높이기 위해 규칙을 발표한 바 있다. IACS UR E26은 선박의 설계, 건조, 시운전, 운항까지 선박의 전 운용주기 동안 운영 및 정보 관련 장비를 선박 네트워크에 안전하게 통합하도록 하는 규칙이며, IACS UR E27은 시스템 무결성이 타사 장비 공급업체에 의해 보호되고 강화되도록 하는 사이버 복원력 규칙이다.[61] 이는 선박에 탑재되는 장비가 사이버보안에 대한 대응을 의무적으로 마련해야 한다는 의미이며, 자율운항선박을 관제하기 위한 선박교통관제 통신 장비도 사이버보안에 대한 대책이 포함되어야 할 것이다.

60) 공격자가 마치 여러 명인 것처럼 속이는 방식으로 네트워크상의 여러 노드를 제어하는 공격
61) 임정규(2022)

4. 법·제도 개편

1) 국내법 개선 방향

정부는 2021년 10월 해운물류분야 전반에 패러다임 전환과 막대한 파급효과를 가져올 미래 유망 신산업 분야로 자율운항선박을 채택하고, 이를 위한 선제적 규제혁신 로드맵을 수립·발표하였다.[62] 규제혁신 로드맵에는 자율운항선박 항행안전을 확보하기 위한 선박교통관제 체계 재정립이 중기과제('30년)로 포함되어 있다. 또한 자율운항선박 개발 및 상용화 촉진에 관한 법률안이 2022년 11월 국회 농림축산식품해양수산위원회에 상정되어 있다. 법률안은 자율운항선박의 개발 및 상용화를 촉진하고 자율운항선박 및 핵심기가재를 국제적으로 선점하기 위해 발의되었다.

자율운항선박은 국제사회에서 명확하게 규정되지 않았음에도 신산업 분야로 규정하고, 이를 지원하기 위한 법률이 제안되는 등 국내에서 제도적으로 자율운항선박 활성화를 위해 준비하고 있는 것으로 판단된다.

3장의 분석에 따르면, 선박교통관제 관련법은 「선박교통관제에 관한 법률」 아래 선박교통관제 운영, 직무, 시설, 교육에 관한 사항을 고시의 형태로 규정되어 있다. 자율운항선박은 새로운 형태의 선박으로 운영방법 등이 기존의 선박과는 매우 다를 것으로 예상된다. 그러나 광의의 개념으로는 국제항행을 하는 300톤 이상의 선박이기 때문에 관제구역에서는 관제대상의 선박이 될 것으로 판단된다. 그러므로 관제대상이 되는 선박을 기준으로 현행법 체계에서 개정이나 해석이 필요한 부분을 〈표 5-6〉과 같이 식별하였다. 여기서 「선박교통관제사 전문교육기관 지정 고시」는 제3조까지 있으며, 선박교통관제사 교육을 위한 교육기관 지정 내용으로 자율운항선박과 관련된 조항이 없어 제외했다.

62) 해양수산부 보도자료(2021)(검색일: 2023.4.13.)

〈표 5-6〉 선박교통관제 관련법의 수정 및 해석 필요사항

구분	법률	시행령	시행규칙	선박교통 관제에 관한 규정	선박교통 관제 운영규칙	선박교통 관제시설 설치 및 관리에 관한 규칙	선박교통 관제 교육 등에 관한 규칙
제1조							
제2조			운항자에 대한 교육·훈련				
제3조							
제4조			관제대상 선박의 무선설비 등	선박교통 관제구역			
제5조				관제대상 선박		관제시설의 구분	
제6조							
제7조		선박교통 관제에 관한 규정		진입·진출 신고 등		관제시설의 기술기준	
제8조		관제대상 선박의 신고	관제업무 절차	선박운항 통제			선박교통 관제사 교육
제9조		관제통신의 제원			관제통신		
제10조			관제시설의 기술기준	관제통신 제원	선박교통 관제사의 업무		
제11조					선박운항 통제		
제12조					관제업무 절차		
제13조	관제대상 선박						
제14조	선장의 의무 등						
제15조						정보보호 대책	

구분	법률	시행령	시행규칙	선박교통 관제에 관한 규정	선박교통 관제 운영규칙	선박교통 관제시설 설치 및 관리에 관한 규칙	선박교통 관제 교육 등에 관한 규칙
제16조							
제17조							
제18조	선박교통 관제사의 업무						
제19조	관제업무 절차						
제20조	선박교통 관제사의 권한						
제21조							
제22조							
제23조							
제24조							
제25조							
제26조							
제27조							

주: 수정 및 해석이 필요한 조항의 내용을 표기함
자료: 저자 작성

2) 국제회의 (IALA) 대응 방안

IALA는 해상교통관제, 항로표지 등을 포함한 항행원조시설 관련 정책·기술의 표준화 및 국제협력 강화를 위해 비정부기구에서 정부 간 기구로 전환을 추진하고 있다. 현재까지 총 22개의 국가가 협약 비준/수락/가입했으며,[63] 정부 간 기구로 전환을 위해서는 30개 국가의 UN 회원국의 동의가 필요하다. IALA는 1957년 7월에 설립된 비정부 기구로 정부 간 기구

63) 2023.8.16. 기준

로 승격하면, IMO, IHO(국제수로기구)와 대등한 관계가 되며, 해상교통관제, 항로표지 등과 관련된 국제협력체로 위상이 강화될 것으로 예상된다.[64] 이에 따라 IALA VTS 위원회에서 결정되는 사항은 이행 강제력이 확보되기 때문에 효과적인 대응이 필요할 것으로 판단된다.

IALA는 현재 미래 해상교통관제에 대하여 논의 중이며, 중기작업계획에 따라 미래 해상교통관제 계획 문서를 제정 중이다. 미래 해상교통관제 계획 문서에서 논의 중인 기술은 총 13개[65]로 이 중에 자율운항선박이 포함되어 있다.

2장에서 언급한 바와 같이 IALA는 자율운항선박 도입과 관련하여 항행지원시설로서 자율운항선박 지원을 위한 가이드라인을 준비하고 있다. 여기서 해상교통관제에 관한 이슈사항은 8개이며, 각 이슈사항에 대해 4장 설문조사에 응답했던 전문가를 대상으로 중요도를 설문하였다. 〈표 5-7〉은 자율운항선박 도입의 선박교통관제 관점 이슈사항에 대한 전문가 중요도를 나타낸다.

〈표 5-7〉 선박교통관제 관점 이슈사항에 대한 전문가 중요도

구분	이슈사항	중요도 (리커드 5점척도)
1	자율운항선박으로부터 수신한 데이터 및 정보의 수신, 처리 방법	4.23
2	자율운항선박(원격 혹은 완전자율)의 선장, 원격운영센터, 자율운항시스템과 소통 방법	4.44
3	자율운항선박과 전통선박이 혼합된 상황의 교통관제방법	4.59
4	전통선박과 자율운항선박의 위험한 상황으로 전개 대응 방법	4.51
5	여러 원격운영센터 간 상호작용	3.85
6	선박을 통제해야하는 상황 대응	4.10

64) 해양경찰청 해상교통관제과(2023)

65) ①자율운항선박, ②해상교통관리, ③디지털 통신기술, ④해양공간 계획, ⑤온실가스 감소를 위한 적시 도착 서비스, ⑥상호작용 객체기술, ⑦진화된 관제의사결정 지원서비스, ⑧디지털 특별/일반사항 인지기술, ⑨자동 데이터·정보 교환기술, ⑩슬롯 관리, ⑪영해·항만수역 감지 기술, ⑫항행지원·보조, ⑬원거리 탐지기술

구분	이슈사항	중요도 (리커드 5점척도)
7	VHF 음성, 디지털 통신 등의 혼합된 통신의 관리	4.11
8	데이터 정보 교환 방안	4.05

자료: 저자 작성

전문가는 자율운항선박과 전통선박이 혼합된 상황의 교통관제방법이 가장 중요한 이슈라고 응답했으며, 다음으로 전통선박과 자율운항선박이 위험상황으로 전개될 때의 대응 방법이 중요한 이슈라고 했다. 즉 자율운항선박과 관련된 IALA 논의는 자율운항선박이 상용화되어 선박교통관제구역을 항해하기 시작하여 전통선박과 혼재된 상황의 관제 방법 및 대응방법이 우선시 되어야 할 것으로 판단된다.

과도기 시기의 선박교통관점의 대응과제로 본 연구에서는 '시간적·공간적 관제 분리', '객관적인 의사결정을 위한 관제전략', '비상상황 대응방안', '통신 체계 개편 방안' 등을 제시했다. 대응방안을 중심으로 적극적인 의제 제안 및 의견 제시를 국제사회에 할 필요가 있다.

제3절 중장기 추진 로드맵 및 기대효과

1. 중장기 추진 로드맵

자율운항선박 도입 시 해상교통관제 대응 중장기 추진 로드맵은 자율운항선박의 운항 위험요소 식별 및 대응방안 마련을 최종 목표로 설정했다. 대응방안 마련을 위해서 관제운영 개선, 교육체계 체계 개선, 인프라 개선 및 법·제도 개선을 대응 목표로 설정했다.

대응 목표를 달성하기 위한 세부과제는 i) 관제구역의 공간적, 시간적 분리, ii) 객관적 의사결정을 위한 관제 전략 수립, iii) 비상대응 방안 마련, iv) 운항자 대상 자율운항선박 관련 교육 개설, v) 선박교통관제사 역량 강화 교육 개편, vi) 통신 체계 개편 방안, vii) 사이버보안 대책 마련, viii) 국내법 개선, ix) 국제회의 대응으로 설정했다.

로드맵은 3단계로 구분했으며, '25년은 IMO에서 비강제 MASS Code가 개발되는 시기, '28년은 강제 MASS Code가 개발되는 시기, '30년은 자율운항선박 선제적 규제혁신 로드맵에서 지정한 선박교통관제 체계 개선 완료 시기로 정했다.

추진과제별 추진 일정은 〈표 5-8〉과 같다.

〈표 5-8〉 자율운항선박 도입을 위한 해상교통관제 대응 중장기 로드맵

구분	정책과제	'25년	'28년	'30년	수행주체
관제운영	관제구역의 시·공간 분리	■	■		해양경찰청
	객관적 의사결정 전략수립	■	■		해양경찰청
	비상대응 방안 마련	■	■		해양경찰청
교육체계	운항자 대상 자율운항선박 관련 교육 개설	■			해양경찰청 (해상교통관제과, 해양경찰교육원)
	선박교통관제사 역량 강화 교육 개편	■			해양경찰청 (해상교통관제과, 해양경찰교육원)
인프라	통신 체계 개편	■	■	■	해양경찰청
	사이버보안 대책 마련	■	■	■	해양경찰청
법·제도 개선	국내법 개선	■	■		해양경찰청
	국제회의 대응	■	■		해양경찰청

자료: 저자 작성

2. 기대효과

자율운항선박 대응을 위한 과제를 중심으로 기대효과를 살펴보았다. 위험도 평가는 각 위험요인의 빈도와 심각도를 바탕으로 수행되었으며, 위험요인의 빈도와 심각도를 대응과제와 매칭하여 최종 위험도에 미치는 영향을 도출하고자 하였다. 〈표 5-9〉는 대응과제와 위험요인의 빈도와 심각도를 연계한 표이다.

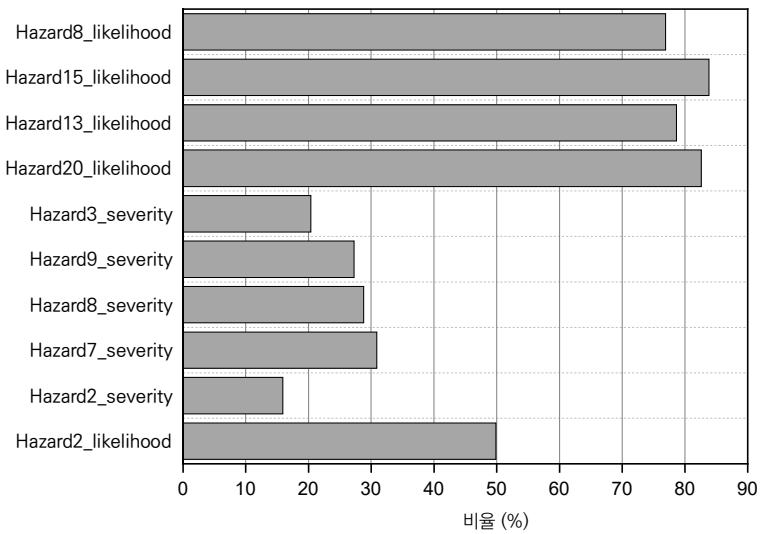
〈표 5-9〉 위험요인과 정책과제의 연계

구분	정책과제	위험요인	구분
관제 운영	관제구역의 시·공간 분리	• (Hazard2) 어선, 통선, 급유선 등 움직임 예측이 어려운 소형선과 자율운항선박이 조우하여 거리가 가까워지는 사례 발생	빈도
	객관적 의사결정 전략 수립	• (Hazard2) 어선, 통선, 급유선 등 움직임 예측이 어려운 소형선과 자율운항선박이 조우하여 거리가 가까워지는 사례 발생	심각도
	비상대응 방안 마련	• (Hazard7) 자율운항선박의 충돌, 좌초, 화재·폭발 사고·주묘 등 발생 • (Hazard8) 사이버 공격으로 자율운항선박(원격운항센터) 통제 불가(관제지시 미이행 포함) 및 통신 불가 • (Hazard9) 자율운항선박 자체 시스템 고장으로 올바른 의사결정을 못하는 상황 발생	심각도
교육 체계	운항자 대상 자율운항선박 관련 교육 개설	• (Hazard3) 자율운항선박 운항으로 관제구역 내 통항 Traffic이 지연되는 사례 발생	심각도
	선박교통관제사 역량 강화 교육 개편	• (Hazard20) 전통선박-자율운항선박-원격운항센터 등 관제대상 증가로 집중력 저하	빈도
인프라	통신 체계 개편	• (Hazard13) 선박교통관제사 – 원격운항센터 – 자율운항선박 간 통신이 원활하지 않은 상황 발생 • (Hazard15) 이 기종(자율운항선박과, 전통선박의 교신수단이 상이)의 통신으로 내용 전달이 지연되는 상황 발생	빈도
	사이버보안 대책 마련	• (Hazard8) 자율운항선박(원격운항센터)의 사이버 공격으로 통제 불가(관제지시 미이행 포함) 및 통신 불가	빈도
법·제도 개선	국내법 개선	–	–
	국제회의 대응	–	–

자료: 저자 작성

각 위험요인의 빈도와 심각도의 변화에 따라 위험요인의 평가값이 달라지는 정도를 확인했다. 빈도와 심각도는 전문가 의견을 통해 리커트 5점척도로 받았기 때문에, 5점 척도 중에 전문가가 제시했던 가장 낮은 점수를 증거로 사용했다. 즉 베이지안 네트워크에 입력한 전문가의 각 척도별 증거확률 중 가장 낮은 점수의 증거확률을 100%로 가정하여 평가값의 변동을 확인했다. 〈그림 5-10〉은 위험요인 별 심각도와 빈도 변동에 따라 위험평가값의 감소율을 나타낸다.

〈그림 5-10〉 위험요인 변동에 따른 위험평가값 감소율



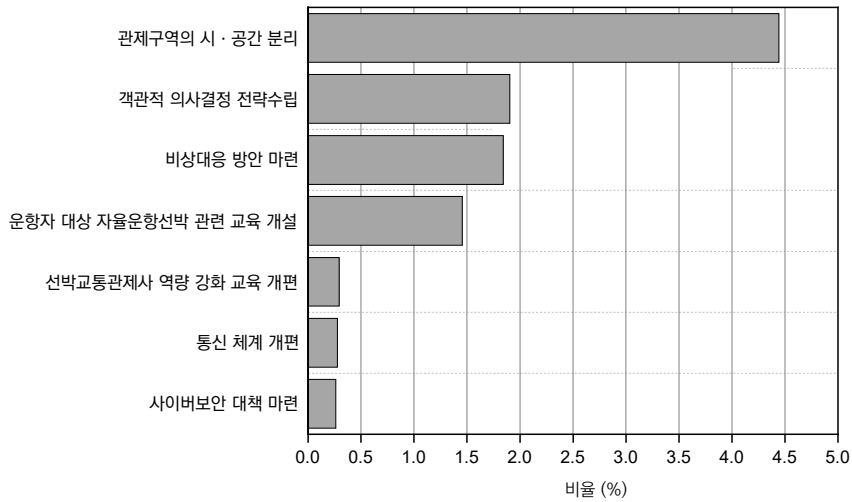
자료: 저자 작성

가장 위험평가값 감소가 컸던 위험요인은 이기종 통신 사용으로 인한 내용 전달 지연 상황 발생으로 위험평가값을 약 83.8% 감소시킬 수 있었다. 감소가 큰 이유는 전문가가 해당 위험요인의 발생 가능성이 높았을 것이라 판단했기 때문에 빈도가 줄면서, 위험평가값이 크게 감소한 것이다. 이어서 자율운항선박 및 원격운항센터 등 관제 대상 증가로 인한 관제사 집중력 저하도 82.5% 위험평가값이 감소하는 것으로 나타났다. 통신이 원활하지

않은 위험요인, 사이버 공격으로 인한 통신 불가도 다음으로 위험평가값 감소가 크게 나타나, 통신과 관련된 위험요인이 발생가능성이 가장 크고, 이에 대한 조치로 위험을 완화 시킬 수 있는 것으로 판단된다.

다음은 제안한 과제가 전체 자율운항선박 관제 위험평가값에 얼마나 영향을 끼치는지 분석하였다. 〈그림 5-11〉은 각 제안과제별로 전체 위험평가값에 대한 감소율을 나타낸다.

〈그림 5-11〉 제안 과제에 따른 자율운항선박 관제 위험평가값 감소율



자료: 저자 작성

개별 위험요인과는 별개로 전체 관제에 있어서는 관제구역의 시·공간 분리가 위험평가값 감소율이 가장 높았다. 전체 위험평가값에 감소율이 높은 의미는 해당 위험요인이 전체 위험평가값에 많은 가중치를 갖고 있다는 것으로 해석할 수 있다. 관제구역의 시·공간 분리, 객관적 의사결정 전략수립 및 비상대응 방안 등은 선박교통관제의 해상교통 관리 및 비상대응에 관한 것이다. 제안된 과제는 실질적인 선박교통관제 수행에 큰 영향을 끼칠 것으로 판단된다.

06
결론 및 정책제언

제1절 요약 및 결론

자율운항선박은 유럽을 시작으로 기술개발이 시작되었고, 아시아에서는 대한민국, 중국, 일본이 앞다투어 기술개발 중이다. 기술개발이 가속화 됨에 따라, IMO에서는 자율운항선박의 국제항해를 위한 규정이 필요함을 인식하게 되었으며, 2018년부터 현행 협약이 자율운항선박을 수용할 수 있는지를 논의했다. 그 결과 IMO의 해사안전위원회는 자율운항선박 운항을 위한 협약을 새롭게 개발하기로 결정했으며, 2025년까지 비강제협약을 개발하고 2028년 1월에 강제협약 발효를 위해 작업 중이다.

해상교통관제는 우리나라 주요 항만과 연안의 선박들이 안전하고 효율적으로 통항할 수 있도록 정보를 제공하는 서비스이다. 현재 진행 중인 자율운항선박의 기술개발과 국제사회 논의 경과로 미뤄보면, 자율운항선박의 선박교통관제구역의 항행은 필수적으로 판단된다. 그러므로 자율운항선박의 선박교통관제구역 항행 대응 방안 마련이 필요하다.

본 연구의 목적은 선박교통관제구역에서 자율운항선박이 운항을 대비하여 위험도 평가를 수행하고 이를 대응하기 위한 대응과제를 제시하는 것이

다. 이를 위해 선행연구 및 전문가 인터뷰를 통해서 자율운항선박 도입에 따른 위험요인을 식별했다. 그리고 해상교통전문가, 자율운항선박 연구자 및 선박교통관제사를 대상으로 위험요인 발생가능성 및 심각도 설문조사를 수행하고 베이지안 네트워크 방법론으로 구조화했다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

제1장은 연구 배경과 목적을 기술했으며, 선행연구 분석을 통해 본 연구의 차별성을 강조했다. 본 연구는 항행원조시설 중에 하나인 해상교통관제 측면에서 자율운항선박 운항을 위한 대응방안을 마련한 것에서 차별성이 있다. 특히 위험요인을 식별하고 베이지안 네트워크를 활용하여 정량적인 위험도를 측정한 것에 차별성이 있다.

제2장은 국제사회에서 논의되고 있는 자율운항선박 동향을 분석했다. 특히 IMO에서는 MASS Code라는 자율운항선박 운항을 위한 협약을 개발하고 있으며, 2028년 강제화를 목표로 논의 중에 있으므로 실제 자율운항선박이 관제구역에서 항행이 시작되는 시기를 예측할 수 있다. 또한 해상교통관제 현황분석을 통해, 현재의 해상교통관제 체계는 선원이 운항하는 선박에 대한 서비스를 제공하고 있는 것으로 확인했다.

제3장은 해상교통관제 국가직무능력표준에 따라 선박교통관제사의 업무를 구분하고, 전문가 인터뷰를 통해 8가지 분야에서 자율운항선박이 선박교통관제에 도입되면 예상되는 변화를 도출하였다.

제4장은 선행연구에서 도출한 ISO, IMO 및 IALA에서 수행하고 있는 위험도 평가 방법에 따라 위험요인 발생 가능성과 심각도를 활용하여 전문가에게 자율운항선박 도입 시 위험요인에 대한 설문조사를 시행했다. 정성적인 전문가의 의견을 정량화하기 위해서 증거 이론에 따라 의견을 통합하고 퍼지 규칙기반의 베이지안 네트워크 방법론을 활용하여 위험요소의 정

량적인 값을 도출했다. 분석결과 선박교통관리가 가장 위험도가 높았으며, 선박교통관제구역 내 탐지가 어려운 소형선박과 조우하는 사례가 가장 위험이 큰 요인으로 나타났다. 그리고 통신지연, 통신이 원활하지 않은 사례가 다음으로 위험도가 높은 요소로 분석되었다. 이를 통해 자율운항선박을 대비하기 위해 선박교통관제는 관제 운영 및 비상상황 대응 조치가 우선 필요하다는 결과를 도출했다.

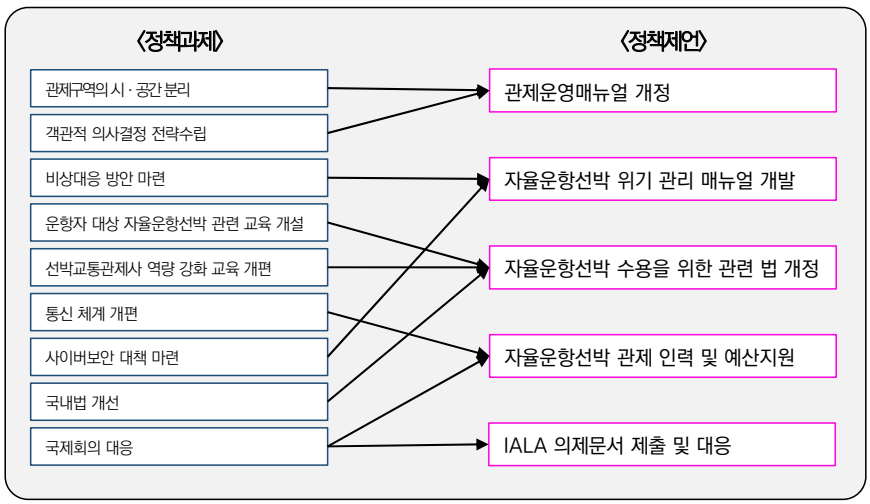
제5장은 제3장, 제4장에서 분석된 결과를 바탕으로 자율운항선박 도입을 위한 선박교통관제의 개선방향과 정책과제를 도출했다. 해상교통관제 대응의 기본방향은 자율운항선박의 운항 위험요소 식별 및 대응방안 마련으로 설정했다. 대응과제는 크게 운영, 교육, 인프라, 법제도로 구분했으며, 운영 부문에는 관제구역의 시·공간적 분리, 객관적 의사결정을 위한 관제전략 수립, 비상대응 방안 마련을 제안했다. 교육 부문에는 운항자 대상 자율운항선박 관련 교육 개설, 선박교통관제사 역량 강화 교육 개편을 제안했다. 인프라 부문에는 통신 체계 개편 방안, 사이버보안 대책 마련을 제안했다. 마지막으로 법·제도 부문은 국내법 개선 및 국제회의 대응으로 제안했다. 또한 베이지안 네트워크를 활용하여 정책과제에 따른 기대효과를 정량적으로 제시했다.

본 연구의 한계점은 자율운항선박 변화요인을 선박교통관제사 업무를 기준으로 나눴다는 점과 한정적인 연구범위이다. 추후에는 선박교통관제 업무 기준과 더불어 상황에 따른 위험도 평가도 필요하다. 또한 연구범위를 국가에서 운영하는 선박교통관제뿐만 아니라 지자체, 조선소에서 운영하는 관제해역관리시설까지 확대할 필요도 있다.

제2절 정책제언

자율운항선박 도입을 위한 4가지 부문 9가지 과제를 제안했으며, 이를 이행하기 위한 방안으로 네 가지 정책을 제안했다. 〈그림 6-1〉은 과제와 정책제언의 연계성을 나타낸다.

〈그림 6-1〉 정책과제와 정책제언의 연계성



자료: 저자 작성

자율운항선박은 기술개발이 진행 중이며, 2028년 국제협약도 발효될 예정이므로 사전에 준비할 필요가 있다. 그러므로 자율운항선박 대응을 위해서는 해상교통관제 주도의 자율운항선박, 해상교통 전문가 및 현직 관제사로 이루어진 협의체를 구성하고 주기적인 개최를 통해 의견을 교환할 필요가 있다. 본 연구에서는 전문가 협의체 구성과 함께 논의가 필요한 정책을 제안한다. 더불어 제안된 정책은 실질적인 실행을 위해서는 수탁 용역도 필요할 것으로 판단된다.

1. IALA 의제문서 제출 및 대응

IALA는 현재 항행지원시설로서 자율운항선박을 지원하기 위한 가이드라인을 준비하고 있다. 가이드라인의 목적은 자율운항, 원격제어, 선원에 의한 운항 등의 운항방식에 관계없이 VTS가 해상교통을 안전하고 효율적으로 관리할 수 있도록 지원하는 것이다. 이를 위해 가이드라인은 디지털 통신, 핵심 VTS 시스템 능력, VTS 목적 이행, 교신 관리, 특별한 환경, 관련 서비스 등으로 나눠서 작성하고 있다. 가이드라인을 위한 작업은 VTS 위원회에서 계속해서 진행되고 있다.

본 연구에서는 가이드라인에서 제기했던 이슈사항에 대한 중요도를 전문가 설문조사를 통해 분석했으며, 자율운항선박 등장에 따라 선박교통관제사 역할 변화의 위험도 평가도 수행했다. 전문가와 선박교통관제사가 판단하는 요인들은 가이드라인 작성에서 Case study로 활용할 수 있다. 또한 정책방안으로 제시했던 '시·공간 관제 분리', '객관적 의사결정의 관제전략', '비상상황 대응방안' 등의 운영방안은 가이드라인의 전략으로도 활용될 수 있을 것이다.

IALA는 매년 VTS 위원회를 개최하고 있다. 위원회에 의제를 제출하고 싶은 회원(해양경찰)은 위원회 개최 한달 전까지 의제문서를 제출해야 한다. 의제문서를 제출하면, 위원장 및 작업반장의 논의에 따라서 작업반이 결정된다. 자율운항선박의 경우 작업반 1(운영)에서 논의되고 있으므로, 작업반 1의 배정이 예상된다. 자율운항선박 논의는 2027년까지 지속될 예정으로 꾸준한 참여로 가이드라인 개발에 기여하고 국가 정책 반영을 위해 동향 파악이 필요하다.

2. 관제운영매뉴얼 개정

1) 주요내용

「선박교통관제 운영규칙」은 해상교통관제센터의 효율적인 운영에 필요한 사항을 규정하고 있다. 운영규칙 제14조에 따라 센터장은 관제업무, 관제시설 운용, 소속지원의 복무 등에 대한 세부적인 내용 및 절차를 매뉴얼로 정해서 업무에 활용해야한다. 관제운영매뉴얼은 운영목표 및 방침, 용어정의, 운영현황, 근무방법, 관제방법, 해양사고 조치, 관제시설운용, 관련서식으로 구분되어 있으며, 자율운항선박과 관련한 관제방법 등 개정이 필요하다. 〈표 6-1〉은 자율운항선박 관제방법 예시이다.

〈표 6-1〉 자율운항선박 관제방법(예시)

○ 선종별 관제요령(자율운항선박)
- 자율운항선박은「선박법」제1조의2제1항에 따른 선박 중 자율단계에 따라 선원, 원격운항자 등 사람의 개입이 전혀 없거나 최소한의 개입 하에 자율운항시스템에 의해 선박 스스로 운항이 가능한 선박을 말함
- 자율운항선박은 자율단계에 따라 운항하는 주체가 선원, 원격운항자, 자율시스템으로 구분할 수 있으므로 운항 주체를 정확히 파악하고 관제
- 자율운항선박이 입·출항하는 시간과 항로는 피크타임을 피해서 설정되어 있으므로, 운항 스케줄을 파악하고 관제
- 자율운항선박과 교신은 음성이 아닌 디지털로 교신하며, 정보 수신여부 확인 필요
- 자율운항선박 부근에 접근하는 소형선박을 사전에 식별하고 정보 제공
- (필요시) 자율운항선박이 관제구역에 접근 시에는 원격운항센터와 직접 소통할 수 있는 관제인력을 추가 배치
○ 자율운항선박 비상상황 시 조치사항
- 자율운항선박과 관련된 비상상황은 해양사고, 네트워크 차단(통신 불가), 선박 시스템 고장 등이 있음
- 일정 수준 이상의 위험도 값이 유지되면, 자율운항선박을 포함한 선박교통관제 구역 내 선박에게 상황 전파
- (필요시) 2차사고 예방을 위해 선박교통관제사는 자율운항선박의 긴급정지, 신규항로 계획 제공, 비항해구역 정보를 제공

자료: 저자 작성

관제운영매뉴얼에 포함되는 자율운항선박 관련 관제 운영 방안은 일반적인 사항을 기술했다. 여기에는 자율운항선박의 정의, 운항주체, 입·출항 시간 확인, 디지털 관제 요령 및 필요시 추가 인력 배치 내용이 포함된다. 그리고 비상상황 시 조치는 비상상황의 종류, 위험도 평가에 따른 의사결정 결과 확인 및 필요시 지시(혹은 권고)의 방안을 기술했다. 관제운영매뉴얼은 각 센터의 특징을 반영해서 작성해야하기 때문에 자율운항선박의 기초적인 내용에 더하여 지역 특성별 상세 관제 방안이 포함되어야 할 것이다.

2) 추진방법

관제운영매뉴얼 개정을 위해서는 「선박교통관제 운영규칙」의 개정이 필요하다. 행정규칙의 개정을 위해서는 6단계의 과정을 거쳐야 한다. 〈표 6-2〉는 행정규칙 개정 단계를 나타낸다.

해상교통관제과의 주무국장인 해양경찰청 경비국장은 관계국장과 혁신행정법무담당관 협조를 받아 자율운항선박 관제방법을 포함한 선박교통관제 운영규칙 개정(안)을 입안한다. 입안 후에는 「선박교통관제 운영규칙」 개정(안)은 행정예고한다. 이 때 다른 행정기관의 업무와 관련있는 경우 부처의견수렴이 필요하다. 자율운항선박은 아직 도입 전이기 때문에 명확한 관련부서를 제시하기는 어렵지만, 현재 기술개발을 담당하고 있는 해양수산부와 산업통상자원부의 의견조회가 필요한 것으로 판단된다. 이 후 규정의 적법성을 보장하기 위해 법체처장에게 사전 자문을 의뢰 후 「행정 효율과 협업 촉진에 관한 규정 시행규칙」 제8조에 따라 일련번호 부여 후 행정규칙을 발령한다.

전반적인 행정규칙 개정은 보고서에서 제시한 절차를 따르지만, 실제 입안 전에는 자율운항선박 기술개발 후의 해역 테스트, 선박교통관제사의 실

무 의견, 전문가 의견 수렴 등으로 주요내용을 면밀히 검토 후 개정할 필요가 있다.

〈표 6-2〉 관제운영매뉴얼 개정 단계

구분	내용	주체
입안	• 행정규칙의 제정·개정·폐지안을 작성하여 관계 국장과 법제담당 부서의 협조를 받아 해당 기관장의 결재 • 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」 제2조제1항에 따라 필요성, 적법성, 적절성, 조화성, 명확성의 원칙에 따라 입안	주무부서 국장 (해양경찰 경비국장)
행정예고	• 행정규칙의 발령안을 행정예고 (특별한 사정이 없으면, 20일 이상으로 예고)	행정기관 장 (해양경찰청장)
부처의견수렴	• 다른 행정기관의 업무와 관련 있는 행정규칙을 입안하는 경우 행정기관의 장에게 송부하여 의견수렴 (특별한 사정이 없는 한 10일 이상 수렴)	행정기관 장 (해양경찰청장)
법제처 사전 자문 의뢰	• 훈령·예규 등의 적법성을 확보하기 위해 법제처장에게 검토 요청	행정기관 장 (해양경찰청장)
규제 행정규칙 사전 검토	• 법령의 위임에 따라 규제를 신설하거나 강화하려는 내용의 행정규칙을 개정하는 경우에 규제영향분석 결과의 타당성에 대해 자체 심사 후, 규제개혁위원회에 규제심사 요청	행정기관 장 (해양경찰청장)
발령	• 「행정 효율과 협업 촉진에 관한 규정 시행규칙」 제8조에 따라 일련번호 부여 후 행정규칙 발령	행정기관 장 (해양경찰청장)

자료: 법제처(2022)를 바탕으로 저자 작성

3. 자율운항선박 위기 관리 매뉴얼 개발

1) 주요내용

해양수산부는 「해양 선박사고 재난」 위기관리 표준매뉴얼을 통해 재난 발생 시 세부대응절차와 제반 조치사항을 수행한다. 재난의 위기경보는 관심, 주의, 경계 및 심각으로 구분되며 이에 대한 부처의 대응이 포함되어 있다. 선박교통관제구역 내에서 경보 수준은 〈표 6-3〉과 같이 제안한다.

〈표 6-3〉 위기경보 판단기준 및 임무

경보구분	판단기준	임무	대응단계
-	위기징후 감시결과, 징후목록이 포착되지 않은 상태	• 매뉴얼 관리·운영 • 점검, 교육, 훈련 시행	예방
관심	자율운항선박이 선박교통관제구역으로 입·출항이 예정되어 있는 상태	• 원격운항센터와 협조체계 구축, 사전 점검 • 입·출항 선박 상세 확인	대비
주의	자율운항선박이 선박교통관제구역에 진입하여 항해하고 있는 상태	• 자율운항선박, 원격운항센터와 통신 감도 체크 • 자율운항선박 운항 모니터링 • 주변선박 전파	
경계	자율운항선박의 해양사고, 통신불가 및 선내시스템 고장의 가능성이 농후한 상태	• 자율운항선박, 원격운항센터와 지속적인 교신 • 가용장비 및 인력 준비 • 유관기관, 주변선박 전파	
심각	자율운항선박의 해양사고 발생, 통신불가 및 선내시스템 고장으로 제어가 불가한 상황	• 주변선박 전파 • 유관기관 전파 • 가용장비 및 인력 투입	대응

자료: 저자 작성

자율운항선박이 등장하는 초기 단계에는 자율운항선박의 입·출항이 예정되어 있을 때 관심단계로 설정하고, 원격운항센터 연락 및 선박의 상세 파악 등 사전 준비를 취한다. 주의 단계는 자율운항선박이 선박교통관제구역에 진입하여 항해하고 있는 상태로, 자율운항선박과 원격운항센터에 차례로 교신하며 채널을 확보하며 운항상태를 모니터링한다. 아울러 초기 단계에는 자율운항선박이 항해하고 있음을 주변선박에 전파한다. 경계단계는 자율운항선박의 해양사고 등을 포함한 비상상황이 발생할 가능성이 농후한 상태이다. 선박교통관제는 적극적으로 관제하며 특히 상황에 따라 정지, 신규항로 제공, 비항행구역 제공 등의 지시를 수행할 수 있다. 또한 원격운항센터와 교신을 통해 비상상황에 대비한다. 심각단계는 자율운항선박에 비상상황이 발생한 상황으로 주변선박과 유관기관에 전파하고, 이를 복구할

수 있는 가용장비나 인력을 현장으로 투입한다.

자율운항선박이 등장하는 초기 단계에는 현장에 혼란이 있을 수 있으므로 위기수준을 상향조정하여 운영하지만, 자율운항선박의 운항이 잦으면 위기수준을 조정하여 탄력적으로 적용할 필요가 있다.

2) 추진방법

「재난 및 안전관리 기본법」 제3조(정의) 사회재난에 해상사고를 포함하고 있다. 해상사고는 해양수산부에서 「해양 선박사고 재난」 위기관리 표준매뉴얼을 작성하여 관리하고 있다. 그러므로 표준매뉴얼에는 자율운항선박 부분과 해상교통관제 대응의 내용이 포함되어야 한다.

자율운항선박의 국제항해는 국제협약이 발효되는 2028년 이후에 이루어지지만 이미 실증선의 해역 테스트가 시작되었고 2025년에는 비강제 조약도 결정될 예정이기 때문에 자율운항선박에 따른 위기대응 매뉴얼 개발의 시급성은 인정되는 것으로 판단된다. 그러므로 본 연구에서 제안한 매뉴얼 주요내용을 토대로 대응 절차도, 대응 단계, 프로세스, 지침 등의 개발 후 매뉴얼 개정 작업이 진행되어야 한다.

매뉴얼은 「재난 및 안전관리 기본법」 제34조의5(재난분야 위기관리 매뉴얼 작성·운용)에 따라 정기적으로 점검되어야 하며, 위기관리 매뉴얼협의회를 통해 표준화 및 실효성이 제고되어야 한다. 매뉴얼의 표준화 및 개정은 매뉴얼협의회를 통해서 개정되기 때문에, 자율운항선박에 대한 대응방안을 추가, 개정하기 위해서는 「위기관리 매뉴얼협의회 운영규정」 [별지 제1호서식]에 따라 안건 요청이 필요하다. 안건 요청은 개발된 매뉴얼 개정 내용으로 하며, 최종 표준매뉴얼은 행정안전부장관의 승인을 받아 확정된다.

4. 자율운항선박 수용을 위한 관련 법개정

1) 주요내용

선박교통관제구역을 항행하는 자율운항선박의 관제를 위해서는 관제대상에 자율운항선박이 포함되어야 한다. 그러므로 본 연구에서는 「선박교통관제에 관한 법률」의 제13조(관제대상선박)을 개정할 것을 제안한다. 단, 「자율운항선박 개발 및 상용화 촉진에 관한 법률」이 국회에서 심사되고 있으므로 용어 등은 심사 중인 법률을 따른다.

〈표 6-4〉「선박교통관제에 관한 법률」 제13조(관제대상선박) 개선(안)

구분	현행	개선(안)
내용	선박교통관제를 실시하는 대상 선박(이하 "관제대상선박"이라 한다)은 다음 각 호와 같다.	(현행과 같음)
	1. ~ 3. (생략)	(현행과 같음)
	4. 그 밖에 관할 선박교통관제구역에서 이동하는 선박의 특성 등에 따라 해양경찰청장이 고시하는 선박	4.「자율운항선박 개발 및 상용화 촉진에 관한 법률안」 제2조의1에 따른 자율운항선박 5. 그 밖에 관할 선박교통관제구역에서 이동하는 선박의 특성 등에 따라 해양경찰청장이 고시하는 선박

자료: 저자 작성

자율운항선박 내 선원이 승선하지 않으면, 자율운항선박과 음성을 활용한 교신은 불가하다. 그러므로 자율운항선박과 교신을 하기 위한 새로운 통신체계가 필요하며, 본 연구에서는 VDES 시스템을 제안하였다. 그러므로 이를 반영하기 위한 법률 개정이 필요하다. 〈표 6-5〉는 자율운항선박용 통신체계를 포함한 관제통신 제원 관련 시행령 개정(안)을 나타낸다.

〈표 6-5〉「선박교통관제에 관한 시행령」 제9조(관제통신의 제원) 개선(안)

구분	현행	개선(안)
내용	해양경찰청장은 법 제14조제6항에 따라 다음 각 호의 사항이 포함된 선박교통관제관서별 관제통신 제원(諸元)을 고시해야 한다.	(현행과 같음)
	1. ~ 5. (생략)	(현행과 같음)
	6. 신설	6. 자율운항선박 관제통신시설

자료: 저자 작성

자율운항선박이 선박교통관제구역에 운항하면, 선박교통관제사는 물론 전통선박운항자도 자율운항선박을 조우해야한다. 그러므로 선박교통관제사와 전통선박운항자도 자율운항선박에 대한 교육이 필요하다. 이에 따라 「선박교통관제에 관한 법률 시행규칙」 제2조(운항자에 대한 교육·훈련)와 「선박교통관제 교육 등에 관한 규칙」의 개정이 필요하다. 〈표 6-6〉은 운항자에 대한 교육·훈련 개선(안)이며, 선박교통관제사 교육 내용 변경(안)은 5장의 〈표 5-4〉와 같다.

〈표 6-6〉「선박교통관제에 관한 시행규칙」 제2조(운항자에 대한 교육·훈련) 개선(안)

구분	현행	개선(안)
내용	「선박교통관제에 관한 법률」(이하 "법"이라 한다) 제5조제1항제4호에서 "해양수산부령으로 정하는 사항"이란 다음 각 호와 같다.	(현행과 같음)
	1. ~ 3. (생략)	(현행과 같음)
	4. 신설	4. 「자율운항선박 개발 및 상용화 촉진에 관한 법률안」 제2조의1에 따른 자율운항선박의 이해를 위해 필요한 사항

자료: 저자 작성

2) 추진방법

자율운항선박 관련 법은 현재 우리나라에는 없다. 다만 「자율운항선박 개발 및 상용화 촉진에 관한 법률」이 국회 위원회에서 심사 중이기 때문에 이를 고려한 추진이 필요하다. 또한 자율운항선박 정의나 해상교통관제 운영도 정해진 사항이 없으므로 개정 내용 등은 변동성이 크다. 다만, 자율운항선박이라는 새로운 유형의 선박이 도입되는 것은 명확하기 때문에 이를 지원하기 위한 준비는 필요하다.

자율운항선박에 대한 강제협약은 2028년 1월에 발효될 예정이므로, 협약에 따른 자율울항선박법은 2028년 이후에 국내 제정될 것으로 판단된다. 이 때 자율운항선박과 관련된 모든 법은 자율운항선박법에 따라 개정될 것이다. 「선박교통관제법」도 이 시기에 함께 개정이 필요하다. 다만 개정은 관계 기관과의 협의, 사전 영향평가 등을 거쳐서 진행된다.

중앙행정기관의 장(해양경찰청장)은 자율운항선박에 대한 해상교통관제 대응을 위한 법령 개정안을 입안한다. 이때에는 전문연구기관의 조사·연구가 필요하며, 협의체의 구성 등을 통해 법령 개정안을 검토한다. 그리고 자율운항선박의 등장은 다양한 관계기관을 영향을 받기 때문에 관계기관과의 협의가 필요하다. 이후 입법예고, 법제처 심사를 거쳐 차관회의·국무회의 심의, 대통령 재가, 국회 제출, 국회 심의·의결, 국무회의 상정, 공포의 절차로 진행된다.

IMO에서 발효될 자율운항선박 협약은 국내법으로 반드시 수용될 것이기 때문에 선박교통관제구역을 통항하는 자율운항선박과 기존 선박의 안전하고 효율적인 항해를 위해서는 사전에 이에 대한 영향을 평가하고 준비해야 할 것이다.

5. 자율운항선박 관제를 위한 예산 및 인력 지원 필요

1) 주요내용

(1) 예산지원

제3장과 제4장에서 기술한 바와 같이 자율운항선박이 등장하면 통신체계 변화가 예상된다. 왜냐하면 자율운항선박은 등급별로 선원이 선박에 승선하지 않을 수도 있기 때문이다. 이러한 경우는 해상교통관제는 더 이상 음성이 아닌 디지털 교신을 수행해야 한다.

현재 해양수산과학기술진흥원의 R&D로 VDES 기반 해상무선통신망 기술개발에 관한 과제를 수행 중이다. 해당 과제에서는 통신기술 개발, 테스트베드 구축 및 운영, 전국망 운영기술을 개발한다. 선박교통관제 관점에서는 자율운항선박과 교신을 위한 통신 기술개발이 필요하며, 자율운항선박-해상교통관제간 통신기술, 테스트베드 구축 및 운영, 전국 관제구역 운영기술 등을 포함한 과제 및 예산할당이 필요할 것으로 판단된다.

관제구역을 운항하는 선박은「선박교통관제에 관한 법률」제14조(선장의 의무 등)에 따라 관제통신을 항상 청취하고 응답해야 한다. 그러므로 자율운항선박의 관제통신도 항상 청취해야 한다. 교통에 직접적인 영향을 끼치지 않을 수도 있지만, 관제구역 내 선박은 타 선박의 교신 또한 정보이기 때문이다. 그러므로 음성교신을 디지털화하는 기술과 디지털화된 교신 내용을 음성교신으로 전환하는 기술개발이 필요하며, 상용화하기 위한 예산할당 또한 필요할 것으로 판단된다.

(2) 인력충원

선박교통관제사 측면에서 자율운항선박 등장은 영향이 적은 새로운 종류

의 선박이 아닌 큰 체계를 흔드는 영향이 큰 새로운 종류의 선박이다. 선박교통관제사의 인터뷰 및 설문조사에서 응답자는 인적자원관리를 우려했다. 그러므로 전통선박-자율운항선박-원격운항센터 등 관제대상의 증가로 인한 관제가 집중력 저하(위험요인 20), 원격운항센터와 지속적인 소통을 위한 인력 추가 배치 발생(위험요인 21) 등을 위험요인으로 제시하고 위험평가값도 높은 수준으로 나타났다.

국가직무능력표준에 따르면, 선박교통관제사의 능력 중 하나로 선박교통관제시설 설비운영이 포함되어 있다. 설비운영은 관제 업무를 수행하기 위해 운영시스템을 운영하는 것뿐만 아니라 장애 발생 시 효율적으로 조치하는 능력도 포함되어 있다. 그러므로 자율운항선박 혹은 원격운항센터와 교신하는 디지털 장치도 운영 중에 장애가 발생하면 관제사는 이를 조치해야 한다. 더욱이 디지털 장비는 사이버 안전 대책 마련도 필요하기 때문에 디지털 장비에 전문 지식을 갖고 있는 인원이 필요하다.

그러므로 입항하는 자율운항선박 척수 등에 따라 각 관제 센터별로 자율운항선박과 디지털 교신할 수 있는 시스템에 대한 전문가 및 지속적인 자율운항선박 및 원격운항센터 간 교신을 위한 추가 관제사 배치가 필요할 것으로 판단된다.

2) 추진방법

자율운항선박 예산 반영을 위해서는 중기사업계획 제출이 필요하다. 중기사업계획은「국가재정법」제28조에서 명시한 것으로 중앙관서의 장은 매년 1월 31일까지 해당 회계연도부터 5회계연도 이상의 기간 동안의 신규사업 및 주요 계속사업에 대한 계획서를 기획재정부장관에게 제출해야 한다.

자율운항선박 관련 내용은 신규사업이므로 중기사업계획에 포함되어 제

출해야하며, 제출된 중기사업계획은 대통령 주재 국무위원 재정전략 회의에 상정되어 검토된다. 중기사업계획을 위한 신규사업의 상세내용은 다음과 같다.

〈표 6-7〉 자율운항선박 대응 신규사업(예시)

○ 사업명(자율운항선박 대응)
- (배경) 자율운항선박은 「선박법」 제1조의2제1항에 따른 선박 중 자율단계에 따라 선원, 원격운항자 등 사람의 개입이 전혀 없거나 최소한의 개입 하에 자율운항시스템에 의해 선박 스스로 운항이 가능한 선박을 말함. 단계에 따라 선원의 개입 없이 스스로 운항할 수 있으므로, 우리나라 주요 항만 및 연안에 설치되어서 해상교통관리를 수행하는 해상교통관제의 변화는 불가피함
- (필요성) 자율운항선박이 운항하면, 기존의 선박과 함께 운항하기 때문에 이를 관리하기 위한 인력 및 시설의 확대가 필요하여, 예산 요청
- (내용) 디지털 장비 전문인력 센터 배치(20명) 및 관리 인원(2명), VDES 등 디지털 교신 장비

자료: 저자 작성

참고문헌

국내 문헌

강원식·박영수(2019), 자율운항선박을 위한 차량용 무선통신기술(V2X)의 해상적용에 관한 기초연구, 한국해양경찰학회보, 9(2), pp. 267-288.

곽연민(2023), IMO 자율운항선박 논의 동향 및 MASS Code 개발현황, 대한조선학회지 SNAKZINE, 60(3), pp.13-16.

국토교통부·한국교통안전공단(2020), 자동차 사이버보안 가이드라인, 국토교통부·한국교통안전공단

김대원 외(2022.11.10.), 자율운항선박 관제 절차 마련에 관한 기본연구, 한국항해항만학회 2022 추계학술대회논문집, pp. 250-251.

김민영·정치윤(2019), 자율운항선박의 국제해상충돌예방규칙 준수를 위한 합성곱 신경망 기반의 선박 분류에 관한 연구, 한국지능시스템학회 논문지, 29(4), pp. 251-257.

김용석(2018), 자율주행자동차 도입에 따른 교외지로의 이주여부 및 최대 수용가능 통근시간: 수도권을 중심으로(석사학위, 서울대학교 환경대학원).

김인유(2020), 자율운항선박과 민사책임, 법학연구, 20(3), pp. 75-109.

김인현(2022), 자율운항선박의 도래와 그 법적 쟁점, 경영법률, 32(2), pp. 31-67.

김재명(2014), 표준·시험인증 기술 동향 - e-navigation 서비스를 위한 통신인프라 VDES의 국제표준 동향, 한국정보통신기술협회, 154, pp. 66-71.

김종관(2019), 항로 혼잡 구역의 해상교통 밀도와 관리방안에 관한 연구, 수산해양교육연구, 31(2), pp.449-458.

김창균(2019), 자율운항선박에 관한 국제협약의 제·개정 방향, 한국해법학회지, 41(1), 157-203.

김태규(2021), 자율운항선박 상용화 이후 선박사고에 있어 선장과 원격운항자간 형사책임에 관한 연구, 한국해양경찰학회보, 11(4), 105-133.

김홍태·양영훈(2019), 자율운항선박의 개발 및 운용을 위한 육상 운항사의 인적요인 이슈 고찰, 한국항해항만학회지, 43(6), pp. 395-402.

나성현·구정모·이광은(2021), 증거 이론 및 그레이 시스템 이론을 이용한 회전익 항공기 유압계통의 위험 우선순위 평가, 한국산학기술학회논문지, 22(7), 459-468.

박상원(2015), 선박 조우 상황에 대한 적정 관제 개입시기에 관한 기초연구(석사학위, 한국해양대학교).

박상원·박영수(2016), 선박운항자 의식 기반 적정 관제시기 분석에 관한 기초 연구, 한국항해항만학회지, 40(3), pp. 105-111.

박상원 외(2020), 자율운항선박 도입에 따른 해상교통관제 체계 개선방안, 한국해양경찰학회보, 10(4), pp. 19-50.

박성용(2008), VTS 관제사의 업무량 측정을 위한 교통량 분석에 관한 연구(석사학위, 한국해양대학교).

박성우·조한남·서승현(2012.6.20.), VTS교신효율 증진을 위한 24시간 교신분석, 한국항해항만학회 2012년도 공동학술대회.

박인선 외(2015), 자율주행차량 도입에 따른 고속도로 교통류 영향분석 - 경부고속도로 서울-신갈 기본구간을 중심으로, 한국ITS학회 논문지, 14(6), pp. 21-36.

박지영·우승국·이동윤(2017), 자율주행자동차 도입의 파급효과와 대응전략, 한국교통연구원.

박한선 외(2017), 선박교통관제(VTS) 운영효율화 방안 연구, 한국해양수산개발원.

박혜리·박한선·김보람(2018), 자율운항선박 도입 관련 대응정책 방향 연구, 한국해양수산개발원.

배석한·정민·장은규(2020), FMSS를 이용한 자율운항선박 충돌회피능력 정량화 평가 기법에 관한 연구, 한국항해항만학회지, 44(6), pp. 460-468.

법제처(2022), 행정규칙 입안·심사 기준, 법제처 법제지원국.

서상현 외(2019), e-Navigation의 미래와 MASS의 현재, UNIST 4차산업혁신연구소.

신광섭 외(2009), 게임이론을 이용한 멀티미디어 서비스의 차별적 자원 할당 알고리즘, 한국경영과학회지, 34(1), pp. 39-59.

신재하(2020), 자율운행운송수단의 상용화에 대한 법적 연구-자율운항선박 운영의 전망과 법적과제, 법학연구, 20(4), pp. 43-70.

엄영근(2021), 자율주행자동차와 C-ITS 도입에 따른 주거입지 선호도 변화(석사학위, 서울대학교 대학원).

왕규호·조인규(2004), 게임이론, 박영사.

우승국 외(2017), 자율주행자동차 도입의 교통부문 파급 효과와 과제(1차년도), 한국교통연구원.

유진호·김준태·박개명(2018), 차세대 해상무선통신 기술 및 표준화 동향, 한국선급, TTA 저널, 179, pp. 51-55.

이광일(2018), 자율운항선박을 위한 원격제어관리시스템. 한국융합학회논문지, 9(11), pp. 45-51.

이영규(2019), 자율운항선박 도입을 위한 기술적 쟁점에 관한 연구(석사학위, 부경대학교).

이재영(2019), 자율운항선박의 개발동향 및 쟁점분석을 통한 정책적 제언, 해운물류연구, 35(1), 73-91.

이지혜·장형식·박영일(2018), 자율주행자동차의 사회 수용에 미치는 영향 요인과 정책적 시사점, 기술혁신학회지, 21(2), pp. 715-737.

이진석·김주성(2019), 충돌위험도 평가 모델을 활용한 소형선박에 대한 선박교통관제사의 위험도 분석, 한국항해항만학회지, 43(4), pp. 250-255.

이진석·송재욱(2017), 해상교통관제사의 위험태도 분석을 통한 선박 충돌 위험도 연구, 한국항해항만학회지, 41(3), pp. 93-102.

이현균·이언호(2019), 자율운항선박의 도입에 따른 선하증권의 개선방안에 관한 연구, 선진상사법률연구, 87, pp. 119-148.

이호준 외(2019), 자율주행 공유 자동차 도입에 따른 서울시 주차수요 변화 예측, 국토계획, 54(4), pp. 48-60.

임성주·신용존(2022), 자율운항선박 도입에 따른 해기사 직능 변화와 인력양성에 관한 연구, 한국항해항만학회지, 46(1), pp. 1-10.

임요준·이윤철(2018), 자율운항선박과 IMO협약의 쟁점이 해사법제에 주는 시사점, 법학연구, 18(3), pp. 155-181.

임용택·임강원(2004), 게임이론과 교통망문제, 환경논총, 42, pp. 107-121.

임정규(2022), 해상 사이버보안 국제선급협회 동향, 정보통신기획평가원.

장유락(2021), 자율운항선박 인공지능의 윤리문제에 대한 소고-사고 알고리즘을 중심으로-, 해사법연구, 33(1), pp. 143-171.

장인수(2022), 첨단기술의 해사환경에 대한 효율적인 해양경비활동 방안 연구: 자율운항선박 등 상용화에 따른 경비수단의 발전방안 중심으로, 한국해양경찰학회보, 12(1), pp. 89-142,

전해동(2018), 자율운항선박의 책임제도에 관한 법적 고찰, 해사법연구, 30(3), pp. 329-352.

전해동(2022), 자율운항선박의 운용을 위한 법적 검토- LEG 협약을 중심으로-, 해사법연구, 34(1), pp. 55-79.

정임영(2020), 자율주행자동차 위험 및 대응방안에 대한 고찰, 한국콘텐츠학회논문지, 20(6), pp. 90-98.

정정호(2021), 도심부 자율주행환경에서 신호운영체계변화에 따른 효과 평가(석사학위, 한양대학교).

제20대 대통령직인수위원회(2022), 윤석열정부 110대 국정과제.

조소현(2018), 시스템 다이내믹스를 이용한 자율운항선박의 기술발전에 따른 한국해산업인력의 규모와 구조 변화에 대한 연구(박사학위, 한국해양대학교 대학원).

지승현(2020), 자율운항선박의 유류오염사고 시 관련 법률의 일고찰-제3자 보호 관점에서-, 한국해법학회지, 42(2), pp. 213-250.

천정수·박한선(2021), 자율운항선박의 국제법 지위와 주요쟁점에 관한 연구, 해양환경안전학회지, 27(2), pp. 256-265.

최정환·유진호·이상일(2018), 자율운항선박 원격운항자의 역할과 법적 지위에 관한 소고-선원과 선장 개념을 중심으로-, 해사법연구, 30(2), pp. 155-186.

한국선급(2023), IMO News Brief NCSR 10.

한성훈·송영조(2022), 자율운항선박을 둘러싼 현황과 법적과제. 법과정책연구, 22(1), pp. 91-115.

한승균(2019), 자율주행자동차 도입을 위한 근린주구 계획의 변화에 관한 연구(석사학위, 성균관대학교 일반대학원).

한종길(2019), 자율운항선박 관련 정책우선순위에 관한 연구, 해운물류연구, 35(4), pp. 617-631.

해양경찰청(2020a), 선박운항자 교육자료(선박교통관제에관한법률 제5조 관련).

해양경찰청(2020b), 제1차 선박교통관제 기본계획(2021년~2025년).

해양경찰청(2022a), 전국 VTS 안내지, p.6.

해양경찰청(2022b),「선박교통관제에 관한 법률」규정집(2022).

해양경찰청(2022c), 2021 해양경찰 백서.

해양경찰청(2023), 2023년 선박교통관제 시행계획.

해양수산과학기술진흥원(2021), 미래 조선·해운 산업 선도를 위한 자율운항선박 기술, pp.10-11.

해양수산부(2019),「해양 선박사고 재난」위기관리 표준매뉴얼.

국외 문헌

Alyami, H. et al.(2019), Advanced uncertainty modelling for container port risk analysis, Accident Analysis & Prevention, 123, pp. 411-421.

Baldauf M, Kitada M, Mehdi R, Dalaklis D(2018), e-Navigation, digitalization and unmanned ships: challenges for future maritime education and training. In: 12th Annual International Technology, Education and Development Conference(INTED), Barcelona, Spain.

Baldauf, M.A., Fischer, S., Kitada, M., Mehdi, R.A., Al-Quhali, M.A., & Fiorini, M.(2019), Merging Conventionally Navigating Ships and MASS - Merging VTS, FOC and

SCC? TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 13(3), pp.495-501.

Chang, Chia-Hsun et al.(2021), Risk assessment of the operations of maritime autonomous surface ships, Reliability Engineering & System Safety, 207, pp. 107-324,

Cho, I. & Kreps, D.(1987), Signalling games and stable equilibria, The Quarterly jorunal of economics, 102(2), pp.179-221.

Chong JC(2018), Impact of Maritime Autonomous Surface Ships(MASS) on VTS Operations, Master dissertations, World Maritime University, Malmö.

Veitch, E., & Alsos, O. A.(2022), A systematic review of human-AI interaction in autonomous ship systems, Safety Science, 152, 105778.

G. Shafer(2016), A mathematical theory of evidence turns 40, International Journal of Approximate Reasoning, 79, pp. 7-25.

IALA(2022), Developments with autonomous ships possible case studies from a VTS perspective.

IALA(2022), IALA Guideline Risk management edition 4.0.

IALA(2023), Discussion paper- Implications of Maritime Autonomous Surface Ships from a VTS perspective, working paper edition 0.3.

IMO(1997), Guidelines for Vessel Traffic Service, Resolution A.857(20).

IMO(2002), GUIDELINES FOR FORMAL SAFETY ASSESSMENT(FSA) FOR USE IN THE IMO RULE-MAKING PROCESS, MSC/Circ.1923/MEPC/Circ.392.

IMO(2008), Framework for the regulatory scoping exercise, MSC 99/WP.9.

IMO(2023), Report of the maritime safety committee on its 107th session.

ISO(2018), Risk management guidelines.

Issa, M. et al.(2022), Maritime Autonomous Surface Ships: Problems and Challenges Facing the Regulatory Process, Sustainability. 14(23):15630.

ITU(2022), Technical characteristics for a VHF data exchange system in the VHF maritime mobile band.

Yoo, Jehong, & Langari, R.(2020) A Game-Theoretic Model of Human Driving and Application to Discretionary Lane-Changes, IEEE.

Park, Ji-Eun et al.(2021), The Impact of Automated Vehicles on Traffic Flow and Road Capacity on Urban Road Networks, Journal of advanced trasnportation, 2021, 8404951.

NHTSA(2022), Summary report: Standing general order on crash reporting for Level 2 Advanced driver assistance systems.

Shengke Ni et al.(2022), A deterministic collision avoidance decision-making system for multi-MASS encounter situation, Ocean Engineering, 266(5), 113087.

T. J. Ross(2010), Fuzzy Logic with Engineering Applications, John Wiley & Sons, Ltd,

Yang, Z., Bonsall, S., & Wang, J.(2008). Fuzzy rule-based Bayesian reasoning approach for prioritization of failures in FMEA, IEEE Transactions on Reliability, 57(3), 517-528.

Yemao Man, Monica Lundh, & Thomas Porathe(2016), Seeking Harmony in Shore-Based Unmanned Ship Handling: From the Perspective of Human Factors, What Is the Difference We Need to Focus on from Being Onboard to Onshore?, Human factors in trasnportation, CRC Press.

인터넷 자료

과학기술정보통신부 보도자료(2022.12.26.), '22년 사이버 보안 위협 분석 및 '23년 전망 발표, https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&nttSeqNo=3182573&pageIndex=&searchTxt=&searchOpt=ALL&bbsSeqNo=94&mId=113&mPid=238(검색일: 2023.4.13.)

국가직무능력표준(2023.6), NCS/학습모듈검색, https://www.ncs.go.kr/unity/th03/ncsResultSearch.do;jsessionid=TAgUX4pHdGnW_Q_BAb9tBzp0J5e0OUboyDhQblwlz1HARpqwNVOe!-561435350!1724212606(검색일: 2023.6.16.)

대한민국정책브리핑(2023.2.17.), 국가중요시설에 드론테러 막는 '안티드론 시스템'

단계적 도입, https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148911845(검색일: 2023.8.14.)

동아일보(2023.9.4.), 자율주행 택시, 응급차 막아 환자 숨져, https://www.donga.com/news/Inter/article/all/20230904/120999897/1(검색일: 2023.10.10.)

메가경제(2020.9.23.), HMM, 해운업계 최초 '선박종합상황실' 개소, http://m.megaeconomy.co.kr/news/newsview.php?ncode=1065604017570372(검색일: 2023.4.2)

산업통상자원부 보도자료(2021.10.19), 바다위 친환경·인공지능화를 주도하는 미래 선박 실증기반 본격 구축, https://www.motie.go.kr/motie/ne/presse/press2/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=163046&bbs_cd_n=81&currentPage=1&search_key_n=&cate_n=&dept_v=&search_val_v=(검색일: 2023.4.13.)

연합뉴스(2018.10.2.), 진주유등축제 개막식서 드론 10여대 추락…"큰 사고 날뻔", https://www.yna.co.kr/view/AKR20181002072151052(검색일:2023.8.14.)

이뉴스투데이(2020), 대우조선해양, 스마트십 솔루션 갖춘 초대형컨테이너선 선봬, http://www.enewstoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=1388887.(검색일: 2023.4.13.)

중부지방해양경찰청(2023), VTS센터 선박교통관제 통계자료, https://kcg.go.kr/jungbucgh/na/ntt/selectNttList.do?mi=2641&bbsId=246.(2023.4.13.)

해양수산부 보도자료(2021), 한 발 앞선 규제혁신으로 자율운항선박 개발 속도낸다, https://www.mof.go.kr/doc/ko/selectDoc.do?docSeq=43444&searchDeptName=&menuSeq=971&searchEndDate=&searchEtc1=&searchEtc2=&searchEtc3=&searchEtc4=&searchEtc5=&currentPageNo=1&searchSelect=title&searchStartDate=&recordCountPerPage=&bbsSeq=10&searchValue=한+발+앞선+규제혁신으로+자율운항선박+개발+속도낸다(검색일: 2023.4.13.)

해양수산부, 선박위치정보(AIS) 통계정보 서비스, https://https://gicoms.go.kr/kodispub/cmm/main/mainPage.do(검색일: 2023.4.13.)

Chosunbiz(2022.6.2.), HD현대 '아비커스', 세계 첫 자율운항 태평양 횡단 성공, https://biz.chosun.com/industry/company/2022/06/02/JT72GQLL35F6TBDXFRZIFWUIXI/(검색일:2023.8.8.)

HD현대중공업 보도자료(2020.1.15.), 현대重, 인공지능 활용해 스마트선박 고도화,

http://www.hhi.co.kr/Public/pub01_2?page=4&ndate=2020-01-15&bidx=2748&seek=&SearchName=(검색일: 2023. 4.13.)

KBS뉴스(2018.8.11.), [핫이슈] '드론 암살' 현실로 다가오나, https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=4023100(검색일: 2023.8.14.)

Quartz(2022.2.12.), Japanishometotheworld'sfirstautonomouscontainerships, https://qz.com/2126751/japan-is-home-to-the-worlds-first-autonomous-container-ships(검색일:2023.8.8.)

Safety4sea(2018.12.3.), Rolls-Royce, Finferriespresentworld'sfirstfullyautonomousferry, https://safety4sea.com/rolls-royce-finferries-present-worlds-first-fully-autonomous-ferry/(검색일: 2023.8.8.)

ZDNETKorea(2023.7.20.), 부산 앞바다에 자율운항 택시... HD현대 아비커스, 솔류션 선봬, https://zdnet.co.kr/view/?no=20230720141639(검색일: 2023.8.8.)

법령 및 판례 자료

「선박교통관제에 관한 법률」(법률 제16700호, 2019.12.3.)

「선박교통관제에 관한 법률 시행령」(대통령령 제32216호, 2021.12.14.)

「선박교통관제에 관한 법률 시행규칙」(해양수산부령 제513호, 2021.12.14.)

「선박교통관제에 관한 규정」(고시 제2023-11호, 2023.9.1.)

「선박교통관제사 전문교육기관 지정 고시」(고시 제2020-4호, 2020.7.24.)

「선박교통관제 운영규칙」(해양경찰청훈령 제332호, 2023.9.1.)

「선박교통관제시설 설치 및 관리에 관한 규칙」(해양경찰청훈령 제259호, 2021.12.28.)

「선박교통관제 교육 등에 관한 규칙」(해양경찰청훈령 제260호, 2021.12.28.)

「선박직원법」(법률 제19009호, 2022.10.18.)

「해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률」(법률 제19725호, 2023.9.14.)

「재난 및 안전관리 기본법」(법률 제19234호, 2023.3.14.)

「국가재정법」(법률 제19430호, 2023.6.9.)

「자동차관리법」(법률 제19315호, 2023.3.28.)

부 록

1. 선행연구 검토

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
1	• 자율운항선박 운용을 위한 법적 검토(전해동, 2020) • (목적)IMO LEG 소관협약 검토	• 협약 검토	• 자율운항선박과 LEG 협약 일반 고찰, 협약별 법적 검토를 통해 자율운항선박 도입 시 주요 쟁점 사항 제시
2	• 자율운항선박과 민사책임(김인유, 2020) • (목적)자율운항선박의 민사책임에 대한 논의	• 법령 검토	• 자율운항선박 건조계약상의 책임, 자율운항선박 충돌로 인한 불법행위 책임, 자율운항선박 시스템 제조자의 제조물 책임에 대한 논의
3	• 자율운항선박을 둘러싼 현황과 법적과제(한성훈·송영조, 2022) • (목적)자율운항선박 운항 중 사고에 대한 법적책임 논의	• 사례 및 법령 검토	• 자율운항선박의 기술단계별 사고발생 시 형사책임에 대한 논의
4	• 자율운항선박의 도입에 따른 선하증권의 개선방안에 관한 연구(이현균·이언호, 2019) • (목적)자율운항선박 도입에 따른 선하증권 변화 추론	• 법령 검토	• 선장역할을 대신할 수 있는 육상관리자의 법적지위 논의, 선하증권에 관한 업무 변화 추론
5	• 자율운항선박 인공지능의 윤리 문제에 대한 소고(장유락, 2021) • (목적)자율운항선박 인공지능의 윤리적 고찰	• 사례분석	• 자율운항선박 윤리적 가이드라인 필요성 제언

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
6	• 자율운항선박의 책임제도에 관한 법적 고찰(전해동, 2018) • (목적)자율운항선박 책임제도에 관한 법적 고찰	• 법령 검토	• 원격운항자의 지위 및 역할 수립 필요 • 제조물책임법 범위에 대한 개선 필요
7	• 첨단기술의 해사환경에 대한 효율적인 해양경비활동 방안 연구(장인수, 2022) • (목적)자율운항선박 등장에 따른 불법행위 예측 분석	• 사례분석	• 자율운항선박, 해양드론 상용하 대비 발생 문제점 예측, 해양경찰 임무수행을 위한 제언
8	• 자율운항선박 상용화 이후 선박사고에 있어 선장과 원격운항자 간 형사책임에 관한 연구(김태규, 2021) • (목적)자율운항선박 사고발생 시 형사책임에 관한 논의	• 법령검토	• 자율운항선박 사고발생 시 선장과 원격운항자간 형사책임 논의
9	• 자율운항선박을 위한 차량용 무선통신기술(V2X)의 해상적용에 관한 기초연구(강원식·박영수, 2019) • (목적)자율운항선박 통신을 위한 S2X 통신기술의 개념 및 개발 방향 제시	• 사례분석	• 자율운항선박과 선박통신기술 개발동향 분석 • 선박 통신개발의 중요성을 제시, S2X 통신기술 개념 제안
10	• 자율운행운송수단의 상용화에 대한 법적 연구(신재하, 2020) • (목적)자율운항선박과 관련된 법적 과제들을 분석	• 사례분석	• 자율운항선박 관련 주요 법적과제 제안 (감항능력 주의의무 문제, 육상운항관리자의 법적 지위에 대한 문제, 제조물책임 적용에 대한 문제)
11	• 자율운항선박 도입에 따른 해상교통관제 체계 개선방안(박상원 외, 2020) • 자율운항선박 도입 시 검토되어야 하는 해상교통관제체계 개선방안 제시	• 협약 분석	• VTS를 자율운항선박의 적용범위, 사이버보안 및 운영 측면에서 예측되는 변화와 개선사항을 제안
12	• 자율운항선박 도입에 따른 해기사 직능 변화와 인력양성에 관한 연구(임성주·신용존, 2022) • (목적)자율운항선박 도입에 따른 해기사 직무변화와 인력양성 방향 제시	• AHP 분석	• 완전자율운항선박은 비상상황 대처, 원격운항제어, 선박정비·관리 순으로 해기사 역량이 중요한 것으로 도출됨

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
13	• 자율운항선박 원격운항자의 역할과 법적 지위에 관한 소고(최정환·유진호·이상일, 2018) • (목적)원격운항자의 지위 논의	• 국제 협약 및 법령 검토	• 육상원격운항 선장 및 선원 지위 부여의 타당성 제시, 관련 자격증명 및 교육훈련제도 개선 제시
14	• 자율운항선박과 IMO 협약의 쟁점이 해사법제에 주는 시사점(이요준·이윤철, 2018) • (목적)자율운항선박 도입을 위한 해사법제의 방향 제시	• 사례 및 법령 검토	• 자율운항선박 도입에 대한 제언(육상관리자 적용 범위, 보험문제, 검증 등)
15	• 자율운항선박에 관한 국제협약의 제·개정 방향(김창균, 2019) • (목적) 자율운항선박 도입에 따른 IMO 협약 쟁점사항 식별 및 개정방안 제시	• 국제 협약 및 사례 검토	• 자율운항선박과 국제협약 제·개정 필요성 제언
16	• 자율운항선박의 유류오염사고 시 관련 법률의 고찰(지승현, 2020) • (목적)자율운항선박 유류오염사고 논의	• 법령 검토	• 관련법률에 자율운항선박 제조업자의 정의 추가, 책임주체로 포함 필요
17	• 자율운항선박의 도래와 그 법적 쟁점(김인현, 2021) • (목적)자율운항선박 운항을 위한 법률 개정사항 도출	• 법령 검토	• 자율운항선박 도래에 따른 법정 쟁점에 대한 논의
18	• 자율운항선박의 국제법 지위와 주요쟁점에 관한 연구(천정수·박한선, 2021) • (목적)승선원이 없는 선박의 국제법상 선박 지위 인정 논의	• 법령 검토	• 자율운항선박의 국제법적 쟁점(선박성, 권리, 관할권, 의무, 안전, 책임 등) 및 해결방안
19	• 자율운항선박의 국제해상충돌예방규칙 준수를 위한 합성곱 신경망 기반의 선박 분류에 관한 연구(김민영·정치윤, 2019) • (목적)국제해상충돌예방규칙 준수를 위한 자율운항선박이 구별해야 하는 14개의 선박 범주 분류 기술 개발	• 합성곱 신경망	• 합성곱 신경망(Inception-ResNet V2)모델로 14개 선박 범주를 91% 이상의 정확도로 분류

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
20	• 자율운항선박 관련 정책우선순위에 관한 연구(한종길, 2019) • (목적)해운조선산업의 경쟁력강화를 위한 정책개발 일환으로 자율운항선박 정책우선순위 제시	• AHP 분석 및 설문조사	• 자율운항선박 설계기술 개발이 정책 1순위로 분석됨 • 선박설계 및 운항기술개발부문이 3년이내 긴급히 추진해야 할 정책으로 분석됨
21	• FMSS를 이용한 자율운항선박 충돌회피능력 정량화 평가 기법에 관한 연구(배석한, 정민, 장은규, 2020) • (목적)자율운항선박 충돌회피 능력을 검증하기 위한 평가모델 개발	• 시뮬레이션을 활용한 실증분석	• 사람중심으로 자율운항선박 충돌회피 능력 평가 • 자율운항선박의 COLREGs 항법 적용 여부 평가 가능
22	• 자율운항선박의 개발동향 및 쟁점분석을 통한 정책적 제언(이재영, 2019) • (목적) 자율운항선박 선도국가를 위한 정책적 제언	• 사례 분석	• 자율운항선박 활성화를 위한 사회적 합의 필요 • 자율운항선박법 제정 • 화물선 중심의 개발 필요 • 국제사회 의견개진 필요
23	• 자율운항선박의 개발 및 운용을 위한 육상 운항사의 인적요인 이슈 고찰(김홍태·양영훈, 2019) • (목적) 자율운항선박의 개발 및 운용과정에서 고려해야할 주요 인적요인 및 평가 방안 제안	• 사례 분석	• 자율운항선박 시대 실현의 핵심은 지능화&가상화이며, 선원의 지식을 시스템화 할 필요가 있음
24	• Impact of maritime autonomous surface ships (MASS) on VTS operations (Chong, 2018) • (목적)자율운항선박 도입에 따른 VTS 운영 영향	• AHP 분석	• VTS가 유인선박과 무인선박 모두 안전하게 관리하기 위한 방안을 운영, 기술, 훈련 및 규정 측면에서 제시
25	• Merging Conventionally navigating ships and MASS – Merging VTS, FOC and SCC? (Baldauf & Fischer, 2019)	• 시뮬레이션을 활용한 실증분석	• 유인선과 무인선의 교통 시나리오를 개발, 시뮬레이션으로 실증 • 무인선박 원격 운영 시 요구사항을 도출
26	• Conventional Vessel and Maritime Autonomous Surface Ship – A love marriage? (Baldauf et al., 2018) • (목적)자율운항선박 도입에 따른 VTS 영향 분석	• SWOT 분석	• 자율운항선박의 약점과 위기요인으로부터 VTS의 안전한 운영에 미치는 요인 식별

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
27	• Collision Risk Assessment Support System for MASS RO and VTSO support in Multi-Ship Environment of Vessel Traffic Service Area (Yoo & Lee, 2021) • (목적) 해상교통관제사, 원격운항자를 위한 선박 충돌위험도 모델 개발	• 선박도메인	• VTS 해역의 다중선박 환경에서 선박의 조우로 인한 충돌위험 발생 시 VTSO 및 원격운항자 상황인식을 향상시키기 위한 충돌 위험도 평가 방법 및 지원시스템을 제안
28	• 게임이론과 교통망 문제(임용택·임강원, 2004) • (목적) 협력적 게임을 교통망 문제에 적용	• 게임이론	• 게임이론을 교통망 문제에 적용했으며, 지능형 교통체계에서는 운전자들 간 경로선택이 협력적 상황으로 전개될 것을 예측하여 이에 맞는 균형상태 정의
29	• A Game-Theoretic Model of Human Driving and Application to Discretionary Lane-Changes (Yoo & Langari, 2020) • (목적) 임의 차선변경을 게임으론으로 모델링	• 게임이론	• 자율주행 자동차에 적용할 수 있는 임의차선 변경 모델링 제안
30	• 게임이론을 이용한 멀티미디어 서비스의 차별적 자원 할당 알고리즘(신광섭 등, 2009) • (목적) 무선통신에서 제한된 자원에 대한 다중 사용자의 협력·비협력적 경쟁 상황에서의 최적의 해 도출	• 게임이론	• 자원 낭비 회피, 공정성, 개인 혹은 전체 효용(Utility) 최대화를 가정하여 네트워크 내 자원 공유 방안 제시
31	• Impacts of Automated Vehicles on Freeway Traffic-Flow(Park et al., 2021) • (목적) 자율주행차량 도입에 따른 속도 및 밀도 등 다양한 교통류 변화 분석	• 행위자기반모형 시뮬레이션	• 교통량 기준 시나리오를 구분하고 자율주행차량 혼입율에 따른 '속도 및 밀도' 변화 분석
32	• A Study on the Potential Impact of Autonomous Vehicles on Suburban Migration and Commute Time Limit(김용석, 2018) • (목적) 자율주행자동차 도입에 따른 인구이동변화 예측	• 다중회귀분석	• 자율주행자동차 도입에 따라 이동 중 다른 활동을 할 수 있게 되어 누리는 생산적 시간은 통행시간의 기회비용을 감소시킴, 그러므로 자유로운 거주지 선택 유도

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
33	• Predicting and Impact of Shared Autonomous Vehicles on the change of parking demand in Seoul, Korea(Lee et al.,2019) • (목적) 자율주행자동차 등장에 따른 서울시 주차수요에 미치는 영향	• 시뮬레이션	• 자율주행자동차 대수를 변화시키며 총 20개의 시나리오 분석 • 자가용통행의 10%가 자율주행으로 전환될 시 최적 차량대수는 5,000대로 나타남
34	• 자율운항선박 도입을 위한 기술적 쟁점에 관한 연구(이영규, 2019) • (목적) 조선, 산업, 교육, 연구계 전문가 대상 인터뷰를 통해 자율운항선박 개발방향 제시	• AHP, 인터뷰	• 자율운항선박 도입 및 실현을 위해서는 경제운항과 안전운항기능을 고려하여 상황인지 필요하며, 빅데이터 기반 유지 보수 점검의 설계 필요
35	• 자율주행자동차 유형별 수용에 영향을 미치는 요인의 비교 분석과 정책적 함의(이지혜, 2018) • (목적) 수요자 관점의 자율주행자동차 수용에 영향을 미치는 요인 분석	• CTAM 방법론, AHP	• 자율주행자동차 기술개발 지원 및 기준·제도 정비가 높은 순위로 도출됨. 인프라 구축, 소비자 관련 법제도 정비, 정보보호 등의 정책 제안
36	• 자율주행자동차 도입을 위한 근린주구 계획의 변화에 관한 연구(한승균, 2019) • (목적) 자율주행자동차 도입에 따른 근린주구 계획 변화 방향 제시	• 사례분석	• 근린주구의 변화를 '규모', '토지이용', '가로체계'의 차원으로 제시
37	• 자율주행자동차와 C-ITS 도입에 따른 주거입지 선호도 변화(엄영근, 2021) • (목적) 자율주행자동차가 주거입지와 선호요인 분석	• AHP	• 자율주행자동차 도입에 따라 이동시간 감소 등은 주거입지 선택에 큰 변화를 끼치지 못함
38	• A Study on the danger and Their Countermeasure of Autonomous Vehicle(정임영, 2020) • (목적) 자율주행차량 안전에 위협이 되는 위험과 이에 대한 대응방안 분석	• 사례분석	• 사이버위험에 대한 위험, 자율주행 기능으로부터 비롯되는 위험 식별, 이에 대한 기술표준, 보안 취약점 개선을 위한 대응방안 필요

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
39	• Effectiveness of Signal Operating System under Autonomous Vehicle environment on Urban networks(정정호, 2021) • (목적) 자율주행자동차 도입효과를 시뮬레이션을 통해 안전성, 효율성, 환경성 평가	• 시뮬레이션 (VISSIM)	• 감음식 신호에서 평균 통행시간 감소, 평균 통행속도 증가 등 자율주행자동차 보급이 증가할수록 변화량이 크게 나타나 운영효율성 개선효과 발생
40	• 교통량 분석을 통한 항만 VTS 관제사의 업무량 평가(박성용 외, 2008) • (목적) 해상교통관제사 현황분석을 통해 관제사의 업무량 평가	• 현황분석	• 해상교통관제의 정량적 자료를 활용하여 VTS 관제사의 업무량을 정량적으로 평가
41	• 자율운항선박을 위한 원격제어 관리시스템(이광일, 2018) • (목적) 원격 관제 프로토콜과 선박 제어 방안 제안	• 테스트베드 검증	• 자율운항선박 제어를 위한 표준화된 정보교환 방식 제안 및 실험을 통한 시스템 타당성 검증
42	• Review of Operation Concept and System Requirements for Shore Remote Control Simulator System for MASS (Veitch&Alsos, 2022) • (목적) 육상 제어시스템의 요구기능 검토	• 사례검토	• 육상원격제어 시스템은 모니터링 시스템, 원격개입 시스템 등이 요구가 있으며 기능적으로 직접 개입을 위한 상황을 정의하여 제시(Emergency Situation for Remote Control)
43	• 자율주행자동차 도입의 파급효과와 대응전략(박지영 등, 2017) • (목적) 자율주행자동차의 파급효과를 예측하고 정책적 대응전략 도출	• 설문조사, 문헌연구, 자문	• 교통물류, 일자리, 자동차산업, 세수, 도로인프라 등의 효과 검토 • 국민체감형 자율주행서비스 기반조성, 일자리 변화와 교통세재 개편, 도시공간구조와 도로인프라 재편 제시
44	• 자율주행자동차 도입의 교통부문 파급효과와 과제(우승국 등, 2019) • (목적) 자율주행자동차가 가져올 주요 영향과 파급효과를 전망	• 교통시스템의 변화를 시뮬레이션 모형을 통해 예측 • 전문가 자문	• 자율주행자동차 기술은 도로교통용량 증대에 영향을 미침(최대 300% 용량 증대효과), 인건비 감소, 인적사고 요인 감소 등의 긍정효과

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
45	• 시스템 다이내믹스를 이용한 자율운항선박의 기술발전에 따른 한국해산업인력의 규모와 구조 변화에 대한 연구(조소현, 2018) • (목적) 자율운항선박의 기술발전 형태에 따른 시나리오별 해양산업인력의 규모와 구조의 변화 분석	• 시스템 다이내믹스	• 자율운항선박은 선원의 일자리 감소를 유발하지만 신규 해양산업 일자리에는 큰 영향을 미침
46	• 선박교통관제 운영효율화 방안 연구(박한선 외, 2017) • (목적) VTS 운영관리체계의 문제점을 파악하고 개선방안 제시	• 사례분석, SWOT 분석	• VTS 법제도 체계 정비, 정책제언
47	• Seeking Harmony in Shore-based Unmanned Ship Handling – From the Perspective of Human Factors, What Is the Difference We Need to Focus on from Being Onboard to Onshore? (man et al, 2014) • (목적) 선박운항자가 육상으로 이동할 때 고려해야 할 요소 분석	• 인터뷰	• 육상으로 선박운항자가 이동할 시 상황인식의 부족으로 위험성이 증가할 수 있음. 그러므로 이를 보완할 수 있는 시스템 설계 접근방식 제안
48	• Maritime Autonomous Surface Ships: Problems and Challenges Facing the Regulatory Process (Issa et al., 2022) • (목적) 자율운항선박 기술 동향 및 세계적인 현상 분석	• 사례분석	• 자율운항선박에 대한 안전, 보안, 직업, 교육 및 윤리적 문제점을 제시
49	• A deterministic collision avoidance decision-making system for multi-MASS encounter situation(Ni et al., 2022) • (목적) 자율운항선박의 충돌회피 알고리즘 개발	• 충돌위험도 분석(가우시안 분포), DBSCAN 알고리즘	• 의사결정은 데이터 처리, 충돌 탐지, 우선순위 분석, 경로계획 등으로 이루어지며, 시뮬레이션을 통해 검증

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
본 연구	• 자율운항선박 운항을 위한 해상교통관제 대응방안 • (목적) 해상교통관제구역 내 자율운항선박 시나리오 분석, 대응방안 마련, 로드맵 수립	• 사례 분석, 협약 분석, IWRAP	• 자율운항선박 등 해상교통 변화와 관련한 동향 분석 • 해상교통관제 운영 현황 분석 • 파급효과 분석 • 정책 우선순위 식별

2. 관제구역 내 자율운항선박 운항을 위한 설문조사

관제구역 내 자율운항선박 운항을 위한 설문조사

안녕하십니까 ?
바쁘신 중에도 귀중한 시간을 내주셔서 감사드립니다.
본 설문은 한국해양수산개발원에서 진행 중인 자율운항선박 운항을 위한 해상교통관제 대응방안 연구 중 관제사의 자율운항선박 관련 인식 파악을 위해 작성되었습니다.
본 설문지를 응답하는 데에는 약 10분 정도가 소요되며, 귀하가 응답하신 내용은 오직 연구 목적을 위해서만 사용될 예정입니다.
끝으로 본 설문지와 관련하여 궁금한 사항이 있으시면 아래의 연락처로 연락 주시면 감사하겠습니다.

박상원 한국해양수산개발원 물류해사산업연구본부 전문연구원 : 051)797-4919, psw6745@kmi.re.kr

(설문 배경 및 목적)

자율운항선박 기술개발이 활발히 이뤄지면서, IMO(국제해사기구)는 자율운항선박의 운항을 위한 협약을 개발하고 있습니다. 자율운항선박이 국제항해를 시작하면, 기항지의 선박교통관제 서비스(VTS)를 받게될 것으로 예상됩니다. 본 설문조사는 자율운항선박 도입에 따라 **선박교통관제 입장**의 위험사항을 식별하고, 각 위험사항에 대한 위험도 평가를 위해 작성되었습니다. 위험도 평가를 위해서는 위험사항에 대한 빈도와 심각도가 필요합니다. **자율운항선박은 아직 등장하지 않았지만, 아래의 ❶가정사항과, ❷빈도 및 심각도에 대한 설명을 읽으신 후 전문가 입장에서 위험사항에 대한 빈도와 심각도에 대한 표기 부탁드립니다.**

(자율운항선박 가정사항)

- **자율운항선박**은 원격으로 운영되거나 완전히 자율로 운항되는 선박으로 가정하며, 자율운항선박과의 교신은 음성이 아닌 디지털 정보교환으로 가정함.
- **원격운항센터**는 자율운항선박을 육상에서 원격으로 운항하는 주체이며, 관제구역에는 다양한 원격운항센터가 참여할 수 있음.
- 선박교통관제사는 자율운항선박이나 원격운항센터에 오직 **디지털 정보 교환만**으로 관제함.
- 자율운항선박은 외부도움 없이 타선과 피항하며, 관제구역에서는 **선박교통관제사의 지시사항**을 수행하는 것을 **우선시함**

(빈도와 위험성에 대한 설명)

빈도	매우적음	거의 발생하지 않음
	적음	일년에 한번 정도 발생
	보통	분기에 한번정도 발생
	많음	한달에 한번 정도 발생
	매우 많음	위험발생이 불가피, 반복적으로 발생
심각도	매우안전	무시할 수 있을 정도의 위험도
	안전	정보제공이 필요한 정도의 위험도
	보통	조언 및 권고가 필요한 정도의 위험도
	위험	즉각 조치가 필요한 정도의 위험도
	매우 위험	초동조치 후 상황전파가 필요한 매우 심각한 위험도

1. 선박교통관리

선박교통관제사는 선박의 안전과 신속한 항해를 지원하고 위험요인을 사전에 관리해야한다. 관제구역에 자율운항선박이 도착하면, 선박교통관제사는 자율운항선박의 움직임을 감시하고, 타선박과의 조우상황을 점검한다.

(위험 예상 사례)

- **(위험1) 자율운항선박이 관제구역에서 비정상적 항해를 하는 사례(예상된 항로로 항행(정침)하지 않는 사례, 비이상적인 속도로 항행하는 사례)**
- **(위험2) 어선, 통선, 급유선 등 소형선 등 움직임 예측이 어려운 선박과 자율운항선박의 조우하여 거리가 가까워지는 사례**
- **(위험3) 자율운항선박 운항으로 관제구역 내 통항 Traffic이 지연되는 사례**

위험예상사례(선박교통관리)	빈도					심각도				
	<매우 적음				매우 많음>	<매우 안전				매우 위험>
(위험1) 비정상적 항해	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
(위험2) 소형선박 조우	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
(위험3) 관제구역 Traffic 지연	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

- 선박교통관리 시 예상되는 위험상황에 대한 추가 사례를 기술 바랍니다.

(

)

2. 항해기술적용

선박교통관제사는 자율운항선박에 대한 국제규칙과 국내법률을 숙지하고, 자율운항선박의 움직임을 감시한다. 더불어 관제구역의 해도와 항로표지시스템을 파악하여 감시한다.

(위험 예상 사례)

- **(위험4) 자율운항선박(원격운항센터)이 국내 규칙을 준수하지 않는 사례**
- **(위험5) 자율운항선박(원격운항센터)이 항법 규칙을 준수하지 않는 사례**
- **(위험6) 자율운항선박(원격운항센터)이 항로표지시스템을 따르지 않는 사례**

위험예상사례(항해기술적용)	빈도					심각도				
	<매우 적음				매우 많음>	<매우 안전				매우 위험>
(위험4) 국내규칙 미준수	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
(위험5) 항법규칙 미준수	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
(위험6) 항로표지시스템 미준수	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

- 항해기술적용 시 예상되는 위험상황에 대한 추가 사례를 기술 바랍니다.

(

)

3. 비상상황 대응

선박교통관제사는 자율운항선박의 해양사고가 발생하거나 해양사고가 발생할 뻔한 상황을 사전에 예측하고 대응한다. 사고 발생시에는 초동조치를 취하고 빠르게 유관기관에 전파한다.

(위험 예상 사례)

- **(위험7) 자율운항선박의 충돌, 좌초, 화재·폭발 사고·주묘 등이 발생**
- **(위험8) 자율운항선박(원격운항센터)의 사이버 공격으로 통제 불가 (관제지시 미이행 포함) 및 통신 불가**
- **(위험9) 자율운항선박 자체 시스템 고장으로 올바른 의사결정을 못하는 상황**

위험예상사례(비상상황대응)	빈도					심각도				
	<매우 적음				매우 많음>	<매우 안전				매우 위험>
(위험7) 해양사고발생	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
(위험8) 사이버 위협	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
(위험9) 시스템 고장	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

- 비상상황 대응 시 예상되는 위험상황에 대한 추가 사례를 기술 바랍니다.

(

)

4. 설비운영

선박교통관제사는 자율운항선박 관제를 위해 선박교통관제 운영시스템, 레이더, 선박자동식별장치(AIS), 초단파 무선전화 등 기존의 설비 운영과 더불어 디지털 정보 교환 장치를 운영하고 장애발생 시 효율적으로 조치한다

(위험 예상 사례)

- **(위험10) 자율운항선박(원격운항센터)을 관제하기 위한 새로운 설비 (디지털 정보 교환장치) 운영 중 장애발생**
- **(위험11) 자율운항선박을 관제하는 선박교통관제 운영시스템, 레이더, AIS 등이 장애발생**
- **(위험12) 자율운항선박(원격운항센터)으로부터 수신한 데이터 및 정보 처리 중 오류가 발생하는 사례**

위험예상사례(설비운영)	빈도					심각도				
	<매우 적음				매우 많음>	<매우 안전				매우 위험>
(위험10) 디지털 정보 교환장치 장애발생	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
(위험11) 자율운항선박 관제 운영시스템 장애발생	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
(위험12) 수신 데이터 오류	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

- 설비운영 시 예상되는 위험상황에 대한 추가 사례를 기술 바랍니다.

(

)

5. 통신협조

선박교통관제사는 통신절차를 수립하여 선박 간 이해상황을 조정하고 안전한 선박 운행을 위한 행동지시 및 이에 대한 공동의 안전항해를 유도 한다. 이 때 선박교통관제사는 전통선박과 자율운항선박(원격운항센터) 모두 통신해야한다.

(위험 예상 사례)

- **(위험13) 선박교통관제사 - 원격운항센터 - 자율운항선박 간 통신이 원활하지 않은 상황**
- **(위험14) 관제구역안에서 자율운항선박과 전통선박 간 통신이 원활하지 않은 상황**
- **(위험15) 이 기종의 통신으로 내용 전달이 지연되는 상황 (자율운항선박과, 전통선박의 교신수단이 상이)**

위험예상사례(통신협조)	빈도					심각도				
	<매우 적음				매우 많음>	<매우 안전				매우 위험>
(위험13) VTS-자율운항선박 통신 불량	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
(위험14) 자율운항선박-전통선박 통신 불량	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
(위험15) 이기종통신으로 통신 지연	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

- 통신협조 시 예상되는 위험상황에 대한 추가 사례를 기술 바랍니다.

(

)

6. 관제언어적용

선박교통관제사는 관제서비스 제공을 위해 선박의 상황에 따른 메시지를 관제 표준언어로 교신해야하며, 자율운항선박 관제를 위한 메시지로 교신한다.

(위험 예상 사례)

- **(위험16) 자율운항선박의 오류(오작동)로 통신표준을 지키지 않아 선박교통관제, 원격운항센터과 교신되지 않는 상황**
- **(위험17) 선박교통관제의 오류(실수)로 통신표준을 지키지 않아 자율운항선박, 원격운항센터과 교신되지 않는 상황**
- **(위험18) 원격운항센터에서 오류(실수)로 통신표준을 지키지 않아 자율운항선박, 선박교통관제와 교신되지 않는 상황**

위험예상사례(관제언어적용)	빈도					심각도				
	<매우 적음				매우 많음>	<매우 안전				매우 위험>
(위험16) 자율운항선박 통신표준 오류	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
(위험17) 선박교통관제 통신표준 오류	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
(위험18) 원격운항센터 통신표준 오류	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

- 관제언어 사용 시 예상되는 위험상황에 대한 추가 사례를 기술 바랍니다.

(

)

7. 인적자원관리

선박교통관제사는 자율운항선박과 관련한 내·외부 이해관계자를 관리한다.
(위험 예상 사례)
- **(위험19) 자율운항선박관련 사고에 대비하여 선박교통관제 추가 당직 배치**
- **(위험20) 전통선박-자율운항선박-원격운항센터 등 관제대상 증가로 집중력 저하**
- **(위험21) 원격운항센터와 지속적인 소통을 위한 인력 추가 배치**

위험예상사례(인적자원관리)	빈도					심각도				
	<매우 적음				매우 많음>	<매우 안전				매우 위험>
(위험19) 추가당직 배치	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
(위험20) 당직 집중력 저하	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
(위험21) 원격운항센터 소통	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

- 인적자원관리 시 예상되는 위험상황에 대한 추가 사례를 기술 바랍니다.
(
)

8. 무선통신운용

선박교통관제사는 목적에 따라 VHF, DSC, AIS를 운용하고 긴급 상황 발생 시에 활용해야하며, 자율운항선박과 교신하기 위한 무선통신을 운용하며, 긴급 상황 발생 시에 활용한다.
(위험 예상 사례)
- **(위험22) 자율운항선박 긴급 상황 시 새로운 설비 (디지털 정보 교환장치) 운영 중 장애 발생**
- **(위험23) 관제구역에 전통선박 긴급 상황 발생 시 자율운항선박(원격운항센터) 상황 전파 실패**
- **(위험24) 자율운항선박(원격운항센터)에 수색구조관련 메시지 전달 실패**

위험예상사례(무선통신운용)	빈도					심각도				
	<매우 적음				매우 많음>	<매우 안전				매우 위험>
(위험22) 긴급상황 장비 장애	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
(위험23) 전통선박 긴급상황에 대한 상황전파 실패	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
(위험24) 수색구조 실패	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

- 무선통신운용 시 예상되는 위험상황에 대한 추가 사례를 기술 바랍니다.
(
)

(자율운항선박 도입관련 이슈사항에 대한 중요도-시급성)

9. 선박교통관제 직무 중 자율운항선박 등장에 따른 중요도와 직무 조정의 시급성을 체크 바랍니다.

선박교통관제사 직무	중요도					시급성				
	<낮음				높음>	<낮음				높음>
선박교통관리	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
항해기술적용	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
비상상황 대응	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
설비운영	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
통신협조	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
관제언어적용	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
인적자원관리	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
무선통신운용	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

10. 자율운항선박 도입관련 선박교통관제 관점의 이슈사항은 다음과 같으며, 해당 이슈사항의 중요도와 해결을 위한 시급성을 체크 바랍니다.

자율운항선박 도입 시 예상되는 선박교통관제 관점의 이슈사항	중요도					시급성				
	<낮음				높음>	<낮음				높음>
자율운항선박으로부터 수신한 데이터 및 정보의 수신, 처리 방법	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
자율운항선박(원격 혹은 완전자율)의 선장, 원격운영센터, 자율운항시스템과의 소통 방법	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
자율운항선박과 전통선박이 혼합된 상황의 교통관제방법	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
전통선박과 자율운항선박의 위험한 상황으로 전개에 대한 대응 방법	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
여러 원격운영센터와의 상호작용	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
선박을 통제해야하는 상황에 대한 대응	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
VHF 음성, 디지털 통신 등의 혼합된 통신의 관리	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
데이터 정보 교환 방안	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

(자율운항선박과의 충돌 위험도에 관한 인식)

11. 자율운항선박과 전통선박의 충돌위험도에 대한 문항입니다. 각각의 요소에서 기존 선박 대비 몇배 정도 위험도가 있는지 표기 바랍니다.

예시, 기존에 어선과 조우상황보다 0.1배 위험하면, 기존 어선과의 조우상황보다 (0.1배) 위험하다.
기존에 어선과 조우상황보다 0.1배 안전하면, 기존 어선과의 조우상황보다 (0.1배) 안전하다.

* 어떤 충돌위험도 모델에 따르면, 어선은 화물선보다 조우상황 시 위험도가 약 1.01배 높은 것으로 측정됨

❶ 기존 어선과의 조우상황보다 (배) 위험하다( ) 안전하다( )
❷ 기존 화물선과의 조우상황보다 (배) 위험하다( ) 안전하다( )
❸ 기존 Head-on(마주보는) 조우상황보다 (배) 위험하다( ) 안전하다( )
❹ 기존 Crossing (좌현 전방) 조우상황보다 (배) 위험하다( ) 안전하다( )
❺ 기존 Crossing (좌현 후방) 조우상황보다 (배) 위험하다( ) 안전하다( )
❻ 기존 Crossing (우현 전방) 조우상황보다 (배) 위험하다( ) 안전하다( )
❼ 기존 Crossing (우현 후방) 조우상황보다 (배) 위험하다( ) 안전하다( )
❽ 기존 Overtaking (추월) 조우상황보다 (배) 위험하다( ) 안전하다( )
❾ 자율운항선박 간의 조우상황은 기존 화물선간 조우상황보다 (배) 위험( ) 안전하다( )

12. 추가로 자율운항선박 도입에 대한 의견을 주십시오.
(

)

(기본사항)
➤ 귀하의 소속 분야를 작성해주십시오.
① 선박교통관제사 ( ), ② MASS 기술관련 연구자 ( ),
③ 해상교통관련 연구자 ( ), ④ 그 외 ( )

➤ 귀하의 소속 분야 경력을 작성해주십시오.
( )년

(설문항목 끝)
감사합니다.

기본연구보고서 발간목록

2023

01	자율운항선박 운항을 위한 해상교통관제 대응방안 연구	박상원
02	인공지능(AI)을 활용한 무역규범의 해양수산분야 영향 분석 연구	임병호
03	공급망 안정화를 위한 항만의 대응방안 연구	이나영
04	연안재해 정보 활용 개선 방안 연구	김찬웅
05	항만의 생활물류 기능 활성화 방안 연구	최석우
06	마을어장 이용·관리 개선방안 연구	마창모
07	해양생태계 복원정책 개선방안 연구 - 사회·생태복원 중심으로 -	최석문
08	주민행태기반 해양정책 수용성 제고 설계 방안 연구	이슬기
09	항만연관산업 고도화 방안 연구	김세원
10	탄소배출권 거래제가 해운선사에 미치는 영향 분석 연구	조아현
11	물류 연계 효율화를 위한 스마트항만 구축방안 연구 - 항만물류 데이터 공유 플랫폼을 중심으로 -	서정용
12	어업분야 중대재해처벌법 대응방안 연구	고동훈
13	수산물의 디지털 수출 활성화 방안 연구	이상건
14	항만개발사업의 정책영향평가 연구	이수영
15	해운산업의 미래 변화 예측과 국내 대응 전략 연구	이호춘
16	어선현대화 촉진을 위한 금융제도 개선방안 연구	엄선희
17	연안도시의 쇠퇴와 대응방안 연구	강창우
18	해양범죄 실태 진단을 통한 대응체계 개선방안 연구	민영훈
19	민간기업의 해양환경분야 ESG 활성화 방안 연구	김지윤
20	식량안보를 고려한 수산물 수급관리 방안 연구	허수진
21	지방분권시대의 수산업·어촌분야 대응전략 연구	이호림
22	해운산업 고도화를 위한 선박투자 활성화 방안 연구	김한나
23	글로벌 공급망 리스크 대응 물류망 최적화 방안 연구 : 한국-북미 물류공급망 중심	이성우

2022년

01	선박투자 가치평가 및 위험관리 모형 연구	박성화
02	항만 컨테이너 반출입 예약시스템 가격결정 모형 연구	서정용
03	연안재해 대응을 위한 그린인프라 구축방안 연구	정지호
04	탄소중립이 해양수산업에 미치는 경제적 영향분석 연구	권장한
05	수산물 안전성 관리체계 개선방안 연구	조헌주
06	준해양사고 통보제도 개선방안 연구	박상원
07	MZ세대 소비트렌드를 반영한 해양관광 추진방안 연구	최일선
08	연근해 어종별 어획쿼터제도 도입방안 연구	심성현
09	행위자기반 해양공간계획 시뮬레이션 개발 연구	조성진
10	항만분야 탄소중립 관리체계 개선방안 연구	안승현
11	탄소중립 시대 양식산업 대응전략 연구 - 육상 어류양식을 중심으로 -	마창모
12	수산식품산업의 탄소중립 대응방안 연구 - 가공업을 중심으로 -	김지연
13	해양환경보건정책 도입방안 연구	박수진
14	포스트 코로나 시대의 컨테이너 해운산업 대응방안 연구 - 디지털 플랫폼을 중심으로 -	최건우
15	항만분야 공공갈등 관리방안 연구	김세원
16	글로벌 가치사슬 변화와 국제물류 분야 대응방안 연구 - 전기자동차 산업을 중심으로 -	권보배
17	항만개발제도 개선방안 연구	이수영
18	클러스터 혁신을 통한 선박관리업 발전방안 연구	허성례
19	수입수산물 예방적 관리체계 도입방안 연구 - IUU 수산물을 중심으로 -	안지은
20	양식수산물 유통 빅데이터 구축방안 연구	이기영
21	글로벌 혁신성장을 위한 신남방·신북방 정책 연구 - 신남방 지역 ICT산업 가치사슬 변화에 따른 물류 공급사슬 대응방안	최나영환

수시연구보고서 발간목록

2023년

01	양식어업 비과세 합리화 방안 연구	이정필
02	복합해양레저관광도시 개념정립 및 추진방안에 관한 연구	최일선
03	항만기술산업 육성을 위한 법제도 마련 연구	안승현
04	블루푸드테크 전문기관의 도입 필요성에 대한 연구	이동림
05	지방자치단체의 해양관할구역 설정 요인 연구	이혜영
06	양식장 내 어류 복지 기준 마련을 위한 연구	오서연
07	해양플라스틱 재활용산업 공급사슬 기반 조성 연구	이윤정
08	중소·중견 물류기업의 ESG경영 가이드라인 구축 연구	이재호
09	신항만건설사업의 민간투자 확대를 위한 제도개선 연구	김보경
10	해수욕장 이용객 집계·관리체계 개선방안 연구	이정아
11	유엔 플라스틱 협약의 주요쟁점 분석 및 대응방향 연구	박수진
12	어촌 활력 제고를 위한 제도 개선방안 연구	문지원
13	어선의 친환경에너지 전환방안 연구	고동훈

2022년

01	항만의 탄소중립 이행·관리 표준안 연구	안용성
02	매립지 소유권 분리 제도화의 이해관계 분석과 관리방안	윤성순
03	글로벌 공급망 리스크별 영향분석 및 대응방안 연구 - 에너지·곡물을 중심으로	조지성
04	대북제재 강화와 코로나 팬데믹 이후 북한 해양수산 이슈와 대응 방안	윤인주
05	남극환경보호의정서 제6부속서의 국내 이행을 위한 법제 정비방안 연구	박예나
06	해양바이오산업 육성을 위한 해양생명자원법 정비 방안 연구	좌미라
07	우리나라 수산종자 관리체계 개선방안 연구	조헌주
08	2050 신해양강국 미래비전 수립 연구	김민수

일반연구보고서 발간목록

2023년

01	해양수산업 조기경보지수 개발 - 컨테이너 해운시장을 중심으로	권장한
02	AIS 기반 글로벌 선박 배기가스 배출량 분석 연구(II) - 우리나라 주요 항만을 중심으로	강무홍
03	우리나라 수산식품 소비 활성화 방안 마련 연구	한기욱
04	비컨테이너 항만물동량 예측모형 고도화 방안 연구(Ⅱ) - 유류, 철재, 모래, 목재, 양곡을 중심으로	이화섭
05	대기행렬모형을 활용한 선박대기비용 절감 편익 산정 연구	조아현
06	항만개발사업 정책효과 세부항목별 효과산정 방법 연구	이종필
07	해양 지속가능성 평가체계 구축 연구	최희정
08	국내 해운기업의 ESG 경영 확산 방안 연구	황진회
09	해운 경기순환 분석 및 예측 연구	황수진
10	수산물 공급 안정을 위한 수입수산물 전략품목 관리 방안 연구	박혜진
11	항만산업 여성인력 확대방안 연구	이지원
12	선사공동행위의 규제 및 행동 변화에 따른 영향 분석과 정책방안 연구	류희영

2022년

01	건화물선 시장 비용분석을 통한 해운시장 위험관리지표체계 구축	류희영
02	해상운임 예측모형 고도화 연구(Ⅰ)	황수진
03	IMO 시장기반조치 도입이 국내 해운기업에 미치는 영향	김한나
04	연안지역발전지수(CoDI) 개발 연구	황재희
05	CGE 기반 국제통상환경 변화의 해양수산부문 파급효과 분석	임병호
06	글로벌 수산부문 이머징 이슈 분석 모델 개발 연구	한기욱
07	양식 수산물 중장기 수급전망모형 구축 연구 - 굴을 중심으로 -	김철현
08	Network DEA를 이용한 물류기업 경쟁력 비교 분석 연구	황선일
09	해양수산 사업체 성과 및 효율성 분석 연구	김주현
10	베이지안 방법을 이용한 양식 멍게 단수 추정방안 연구	천성훈
11	수입수산물과 국산 간의 대체관계 분석 연구 - 활·신선냉장품을 중심으로 -	박혜진
12	국내 컨테이너 해운기업의 디지털 전환 활성화 방안 연구	전서연
13	비컨테이너 항만물동량 예측모형 고도화 방안 연구(Ⅰ) - 자동차, 석탄, 고철, 시멘트를 중심으로 -	최석우
14	해양수산 분야 미래 리스크 발굴 및 파급효과 분석 연구(Ⅱ)	김찬호
15	항만개발사업의 정책효과 적용방안 연구	이종필
16	국가 해양전략 기본구상 연구	정현욱
17	선박대기시간 예측모형 개발을 위한 방법론 연구	조아현
18	안전항만 구축을 위한 비용 산정 및 지원체계 마련을 위한 연구	최상균

기본연구 2023-01

자율운항선박 운항을 위한 해상교통관제 대응방안 연구

인 쇄 2024년 1월 29일
발 행 2024년 1월 31일

발 행 인 김 종 덕
발 행 처 한국해양수산개발원
주 소 49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)
연 락 처 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)
등 록 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄 크리커뮤니케이션 (02-2273-1775)

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel: 02-394-0337
정가 15,000원

자율운항선박 운항을 위한 해상교통관제 대응방안 연구

A Strategic Plan of Vessel Traffic Service
for Maritime Autonomous Surface Ship (MASS)

KMI 한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

49111 부산광역시 영도구 해양로 301번길 26 (동삼동)
TEL. 051-797-4800 FAX. 051-797-4810

값 15,000원
93300
9 791168 661639
ISBN 979-11-6866-163-9