

Analysis of Ship Accidents Related to Marine Aids of Navigation off the Coast of Korea

Sang-Won Kim¹, Hyeon-Uk Noh¹, Jungchul Park², Seung-Kweon Hong¹

¹Korea National University of Transportation, Department of Industrial & Management Engineering, Chungju-si, 27469

²Korea National University of Transportation, Department of Safety Engineering, Chungju-si, 27469

한국 연안의 해상 항로표지 관련 선박사고 분석

김상원¹, 노현욱¹, 박정철², 홍승권¹

¹한국교통대학교 산업경영공학과

²한국교통대학교 안전공학과

Corresponding Author

Seung-Kweon Hong
Korea National University of
Transportation, Department of
Industrial & Management
Engineering, Chungju-si, 27469
Email : skhong@ut.ac.kr

Received : April 10, 2025

Revised : April 13, 2025

Accepted : April 24, 2025

Objective: The aim of this study is to investigate ship accidents that occurred along the Korean coast that were directly or indirectly related to maritime navigational aids, and to identify the causes and characteristics of the accidents through accident analysis.

Background: Marine navigational aids are marine facilities that support the safe navigation of ships, playing a role similar to road markings on land. Many studies have been conducted on road traffic signs in various aspects. These studies were conducted because traffic signs can lead to traffic accidents if they are not recognized accurately or are designed incorrectly. Although navigational aids have been used at sea for a long time, there is a lack of research on marine traffic signs compared to road traffic signs. Analysis of ship accidents related to navigational aids will help to find preventive measures for related ship accidents.

Method: This study compared and analyzed ship accident statistics and the decisions of the Korea Maritime Safety Tribunal on ship accidents that occurred along the Korean coast over the past 14 years (2010-2023). It analyzes the proportion of ship accidents related to navigational aids among all marine accidents, as well as the time of occurrence, accident type, accident vessel type, accident vessel tonnage, and human errors that caused the accident.

Results: Among the accidents judged by the Maritime Safety Tribunal, ship accidents related to navigational aids accounted for 2.4%, and contact accidents and grounding accidents were the most common at 87.7%. The types of ships involved in accidents were fishing boats, tugboats, and cargo ships in that order. The accident rate of tugboats was low in all ship accidents, but the accident rate of tugboats was very high in accidents related to navigational aids. In addition, the accidents occurred more at night than during the day. Most of the human errors that caused accidents were due to failure to identify navigational aids due to lack of vigilance, recognizing as a different sign after identifying them, or failure to understand the meaning of navigation aids.

Conclusion: Ship accidents related to navigational aids occur frequently in fishing boats, and tugboats. This means that since most of the officers operating these vessels are elderly, it is necessary to strengthen navigational aids education for elderly officers. On the other hand, the frequent occurrence of navigational aids-related ship accidents at night means that efforts are needed to improve the nighttime

visibility of navigational aids. It is necessary to manage the light quality of navigational aids and install navigational aids so that they are not confused with other lights.

Application: The results of this study will help develop countermeasure to reduce or prevent ship accidents related to maritime navigational aids.

Keywords: Aids of navigation, Tugboats, Human errors, Grounding accidents, Contact accidents

1. Introduction

선박 운항 관계자들의 가장 큰 관심사의 하나는 안전하고 사고 없는 항해이다. 이 목표를 달성하기 위해 할 수 있는 가장 중요한 조치 중 하나는 해양사고를 분석하는 것입니다. 선박사고의 원인을 찾고 개선점을 도출한다면 바람직하지 않은 사건을 줄이고 항해 안전에 도움이 될 수 있는 효과적인 방안들을 마련할 수 있을 것이다. 국내외에서 다양한 분석방법을 사용하면서 해양사고에 대한 조사와 분석연구들이 수행되어 왔다(Eliopoulou et al., 2016; Papanikolaou et al., 2014; Primorac and Parunov, 2016; Xue et al., 2021; Park and Park, 2023).

본 연구는 해상의 항로표지와 관련된 해양 선박사고에 대한 분석연구다. 해상의 항로표지는 육상 도로의 도로 교통표시판과 유사한 역할을 하고 있다. 선박의 항행을 돕기 위한 인위적인 시설물이며, 선박의 교통량이 많은 항로, 항구, 만, 해협 그리고 암초가 많은 곳에서 등광, 형상, 색채, 음향, 전파 등이 사용하여 선박의 안전한 항행을 유도한다. 위험한 암초, 천소와 같은 자연적 위험물과 침선 및 각종 해상공작물과 같은 인위적인 장애물이 있는 장소 그리고 야간, 무중 또는 폭설, 폭우의 상황에서 항행을 할 때 정확히 자신의 위치를 파악하고, 선박의 운항할 때 매우 유익한 정보를 제공하고 있다(Kerr, 2011).

도로 교통표지와 관련된 많은 연구가 다양한 측면에서 수행되어 왔다. 교통표시판이 정확하게 인식되지 어렵게 잘못 설계될 경우 교통사고로 이어질 수 있기 때문에 이러한 연구는 다각적인 관점에서 수행되었을 것입니다. 도로 교통표시판 관련 연구에는 표지판의 가시성(Kline et al., 1990), 표지판의 이해도(Al-Madani, 2000; Al-Madani and Al-Janahi, 2002), 연령의 영향(Chao et al., 2013, Dewar et al., 1994), 그리고 도로 표시판과 관련된 인간 실수와 교통사고에 대한 연구는 여러 각도에서 수행되어 왔다(Ezeibe et al., 2019; Holahan, 1977; Kim, 2000). 해상 항로표지는 오랫동안 해상에서 사용되어 왔으며, 항로표지의 하나인 등대는 적어도 고대 이집트에서 이미 체계화되었다. 그러나 이처럼 오랜 역사에도 불구하고 해상 교통표시판에 대한 인간공학적인 연구나 항로표지 관련 사고분석의 선례는 매우 드문 상황이다.

해상 물동량이 증가하는 상황에서 해상교통의 안전을 위해 해상 항로표지의 중요성은 날로 증가하고 있다. 따라서 국내에서 항로표지의 설치와 항로표지 관리에 많은 예산이 투입되고 있는 상황이다. 반면에 다양한 종류와 다수의 항로표지가 해상에 설치됨으로써 많은 선박 항해사들은 항로표지의 식별에 어려움을 느끼고, 항로표지의 기능을 정확히 이해하지 못하는 경우들이 발생하고 있다. 국내 연안에서 운항하는 가장 많은 선박들은 어선과 소형선박이며, 이러한 선박의 항해사는 급속히 고령화되고 있는 추세다. 즉 고령 항해사들이 항로표지를 제대로 식별하지 못하고, 의미를 이해하지 못해서 선박사고를 유발할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 항로표지와 관련된 선박사고들의 사례를 조사/분석하여 관련 사고의 특성들과 사고와 관련된 인적오류를 추출하려고 한다. 또한 항로표지 관련 선박사고와 국내 선박사고 통계를 비교함으로써 항로표지 관련 사고의 예방과 저감을 위한 공학적/정책적 시사점을 제시하려고 한다.

2. Method

해양 선박사고 분석은 2010~2023년까지 14년간 발생한 국내 연안에서 발생한 선박사고를 대상으로 실시하였다. 이 기간 동안 국내에서 발생한 해양 선박사고에 대한 통계자료와 중앙 해양안전심판원의 심판자료(재결서)를 조사하고 비교 분석하였다. Table 1에 표시된 바와 같이 이 기간 동안 국내 연안에서 발생한 전체 해양 선박사고는 31,895건이었다(KOSIS, 2025), 재결서 상의 선박사고는 2,711건이었다(KMST, 2025). 발생한 전체 선박사고 중에서 8.50%의 선박사고는 해양안전심판원에서 심판을 받았다.

선박사고 통계 데이터는 사고원인이나 상세한 사고특성을 추정할 수 있는 정보를 제공하고 있지 않다. 그러나 국내에서 발생한 모든 해양 선박사고의 통계라는 장점이 있다. 반면에 재결서는 공개된 자료이며, 사고 선박의 톤수, 선종 뿐만 아니라 사고 발생의 정확한 시점, 사고 당시 선박들의 속도, 조류 및 해양 상황, 사고 상황에 대한 당사자들의 진술, 사고원인을 유추할 수 있는 정보를 포함하고 있으며, 향후 유사한 선박사고의 재발을 방지하기 위한 심판원이 제시하는 교훈까지 포함하고 있다. 따라서 선박사고에 대한 심도 있는 분석이 가능하다.

Table 1. Comparison of the number of ship accidents reported to the Maritime Tribunal and the total number of ship accidents

Year	Number of ship accidents	Number of ship accidents reported to the Maritime Tribunal	Ratio
2010	1,627	216	13.28%
2011	1,809	187	10.34%
2012	1,573	169	10.74%
2013	1,093	144	13.17%
2014	1,330	194	14.59%
2015	2,101	202	9.61%
2016	2,307	242	10.49%
2017	2,582	241	9.33%
2018	2,671	202	7.56%
2019	2,971	199	6.70%
2020	3,156	218	6.91%
2021	2,720	204	7.70%
2022	2,863	147	5.13%
2023	3,092	147	4.75%
Total	31,895	2,711	8.50%

항로표지의 종류는 시각에 의해 이용하는 광파표지, 전파를 이용하는 전파표지, 청각에 의해 이용하는 음파표지, 그 밖에 형상표지 및

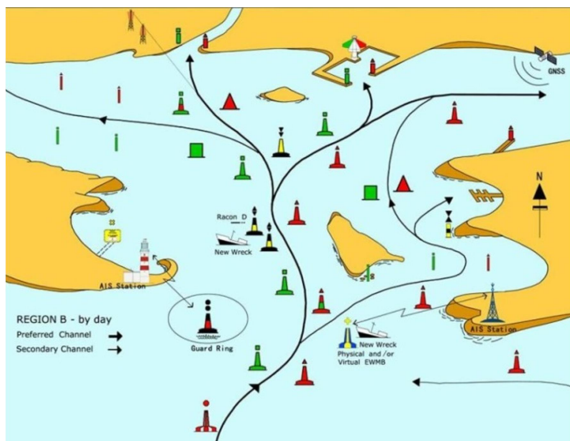


Figure 1. Examples of ship routes and maritime aids of navigation installed in ports

특수신호표지 등으로 구분되며, 항행하는 선박의 지표로 운영되는 등대, 등표, 입표, (등)부표, 무신호소, 레이콘, DGPS 등의 시설이다. Figure 1은 항구에 설치된 항로표지와 항로를 표시하고 있으며, Figure 2는 해상에 설치된 항로표지의 사례를 나타낸다. 2,711건의 재결서에서 모든 항로표지 명칭이 포함되어 있는 재결서를 선별하였고, 선별된 재결서를 읽고, 관련 선박과 선박사고의 특성 그리고 사고의 원인을 분석하였다.



Figure 2. Appearance of navigational aids installed at sea

3. Results

3.1 Regional distribution of ship accidents and types of ship accidents

해양안전심판원의 14년동안 판정한 재결 건수 2,711건 중에서 항로표지와 관련된 사고는 65건으로 약 8.5%를 차지하였다. Figure 3은 해역별로 항로표지와 관련된 선박사고 발생지역을 나타내고 있다. 인천항을 중심으로 서해안, 그리고 부산항을 중심으로 남해안, 목포항을 중심으로 남서해안에서 항로표지 관련 선박사고들이 많이 발생하였으며, 동해안에서는 관련 사고의 빈도가 낮았다. 동해안을 운항하는 선박의 수가 적기 때문에 나타나는 현상으로 추정된다.



Figure 3. Distribution of accidents related to navigational aids by sea area

재결서 상의 선박사고를 사고유형별로 분류하였다. 선박사고의 유형을 충돌, 인명사상, 좌초, 화재, 침몰 접촉, 전복으로 구분하고 폭발, 조타장치 손상 등의 다른 유형의 사고는 기타로 분류하였다. Table 2와 같이 14년동안 재결서 상에 가장 많이 나타난 사고는 충돌사고로 1,175건(44.2%)이었으며, 다음으로 인명사상 424건(14.1%), 좌초 240건(8.2%) 순이었다. 그러나 항로표지와 관련된 선박사고는 좌초 32건(43.5%), 접촉 25건(30.6%), 충돌 6건(17.7%)의 순서로 빈번히 발생하였다.

Table 2. Comparison of the number of ship accidents reported to the Maritime Tribunal and the number of ship accidents related aids of navigation

Accident types	Number of Accidents in the decision reports	Number of AtoN related accidents	Ratio
Collision	1,175	6	0.51%
Casualty	424	0	0.00%
Grounding	240	32	13.33%
Fire	160	0	0.00%
Sinking	134	1	0.75%
Contact	118	25	21.19%
Capsizing	112	1	0.89%
Others	348	1	0.29%
Total	2,711	65	2.40%

Figure 4는 총 사고 건수에서 각 유형의 선박사고 건수의 비율을 나타내고 있다. 재결서 전체 사고에서는 충돌사고와 인명사상의 비율이 높게 나타났으나, 항로표지 관련 사고에서는 좌초사고와 접촉사고의 비율이 높게 나타났다.

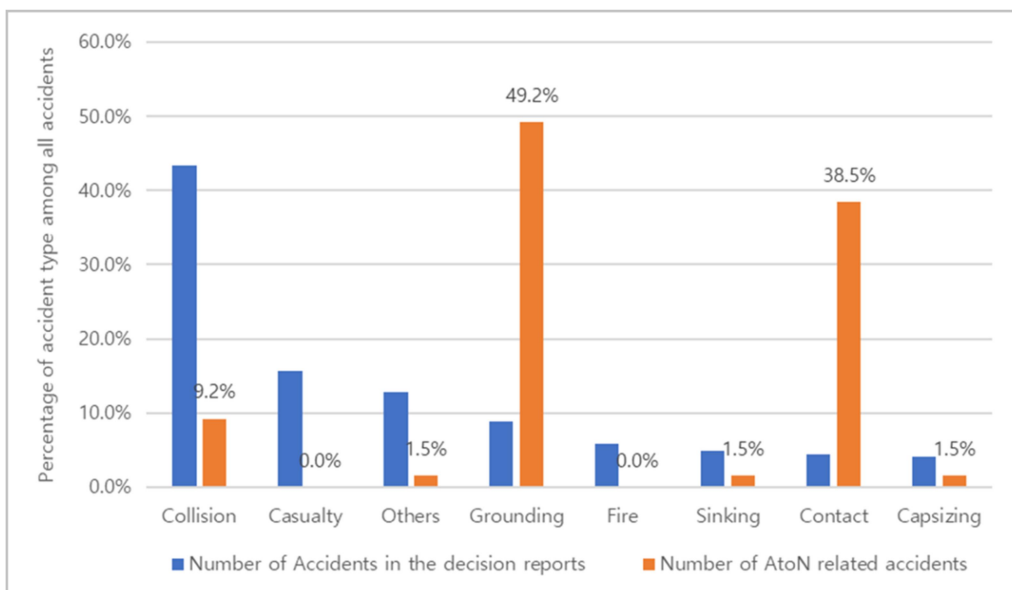


Figure 4. Percentage of each accident type in total marine accidents and accidents related to navigational aids

가장 비중이 높은 좌초와 접촉사고에 대한 세 분류를 실시하였다. Figure 5는 상세분류의 결과를 나타낸다. 접촉사고는 항로표지와와의 접촉, 방파제와 접촉, 수중시설과의 접촉, 해상공사 시설 및 교각과의 접촉한 사고였다. 이중에서도 항로표지와와의 접촉이 가장 높은 비율을 보였다. 항로표지가 접촉사고의 주 대상이 되고 있음을 의미한다. 좌초사고의 경우는 저수심에서 좌초, 암초, 간출암 및 수중 시설에 인한 좌초가 빈번하게 발생하였다.

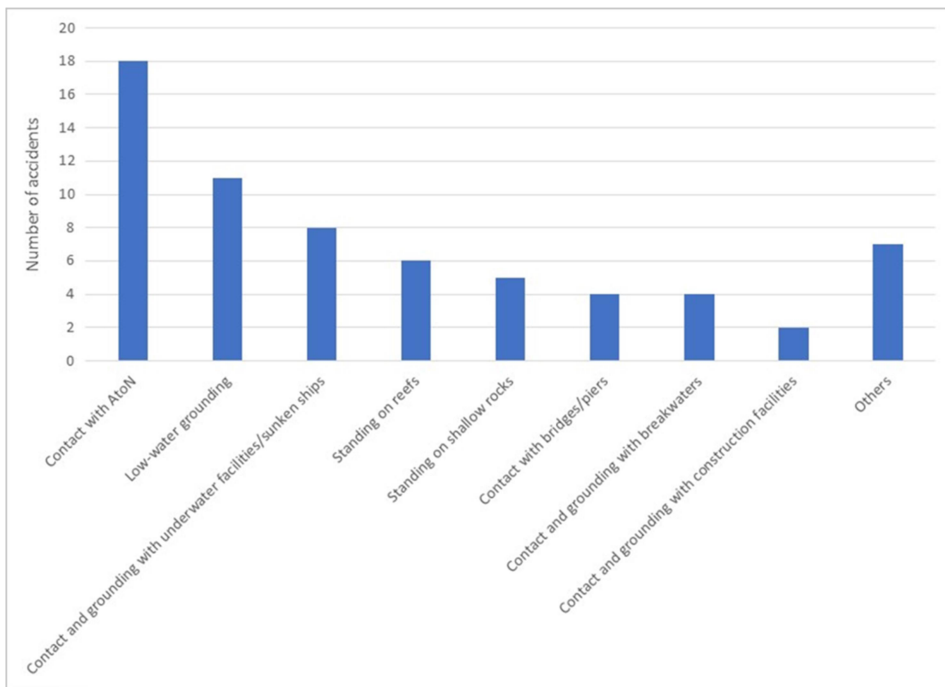


Figure 5. Subcategories of contact and grounding accidents involving navigational aids

3.2 Analysis of ship types and tonnage of accident ships

재결서 상의 선박사고와 연루된 선박의 수, 선박의 종류 그리고 각 선박의 톤수를 분류하였다. 재결서 상의 전체 사고와 직접적으로 연관된 선박은 총 2,876척이었다. 이중에 어선은 1,510척(53%), 화물선 267척(9%), 예인선/부선 308척(11%), 유조선 202척(7%), 여객선 201척(7%), 기타선박 388척(13%)였다. 반면에 항로표지와 관련된 선박사고와 연관된 선박은 총 71척이었다. 이중에 어선은 28척(38%), 화물선 14척(20%), 예인선/부선 18척(26%), 유조선 3척(4%), 여객선 3척(4%) 기타선박 5척(7%)였다.

Figure 6는 전체 선박사고에서 어선이 절대적으로 높은 비율(53%)을 차지하고 있음을 나타낸다. 그러나 항로표지와 관련된 사고는 사고 건수에서는 어선이 관련된 경우가 많았으나, 비중은 38%로 상대적으로 적었다. 어선의 경우 어업을 위해 정해진 항로를 따라 반복적으로 운항하기 때문에 거의 항상 보는 항로표지만을 보면서 항해하기 때문에 항로표지와 관련된 사고의 빈도는 적을 수 있다. 반면에 예인선의 경우는 전체 선박사고에서 11%의 비율을 보이고 있으나, 항로표지 관련 사고에서는 26%를 차지한다. 예인선은 원거리를 항해하는 경우들이 빈번하며, 친숙하지 않은 항구와 연안을 항해하는 경우가 빈번하기 때문에 친숙하지 않은 항로표지를 직면하는 경우가 자주 발생할 수 있다. 이러한 이유가 항로표지와 관련 사고의 빈도를 높이는 원인일 것이다.

Figure 7은 전체 선박사고와 항로표지 관련 사고에 연루된 선박의 톤수를 분류한 결과다. 전체 선박사고는 5톤 미만에서 39.1%, 5~20톤 사이 24.4%, 20~100톤 사이에서 20.3%로서, 100톤 미만에서 약 85.2%를 차지하였다. 그러나 항로표지 관련 사고에서는 5톤 미만에서 9.9%, 5~20톤 사이 19.7%, 20~100톤 사이에서 25.4%로서, 100톤 미만에서 약 54.9%를 차지하였다. 이러한 결과는 항로표지 관련 사

고에서 소형선박의 비중이 높다고 할 수 없다. 항로표지 관련 사고가 좌초와 접촉사고의 비중이 높고, 이런 유형의 사고에서 대형선박보다 소형선박의 빈도가 높지 않기 때문에 나타나는 현상으로 추정된다.

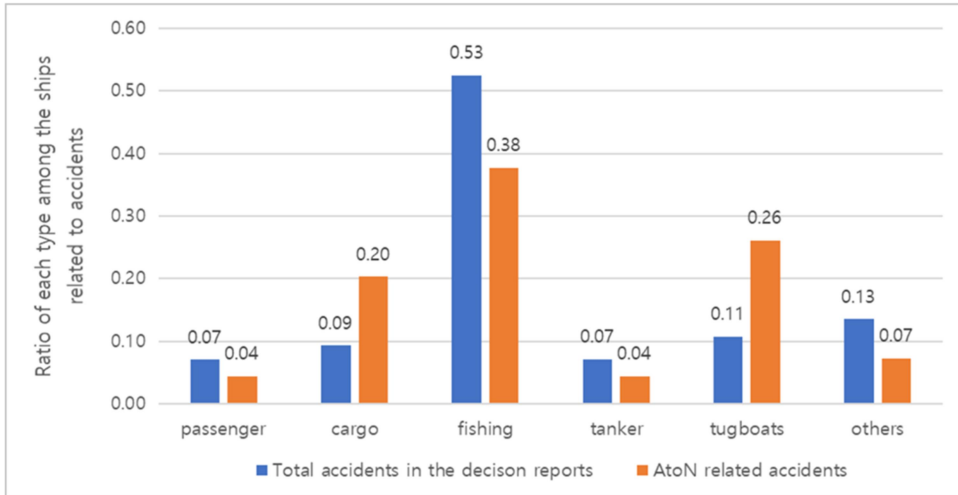


Figure 6. Percentage of each ship type in total ship accidents and in ship accidents related to navigational aids

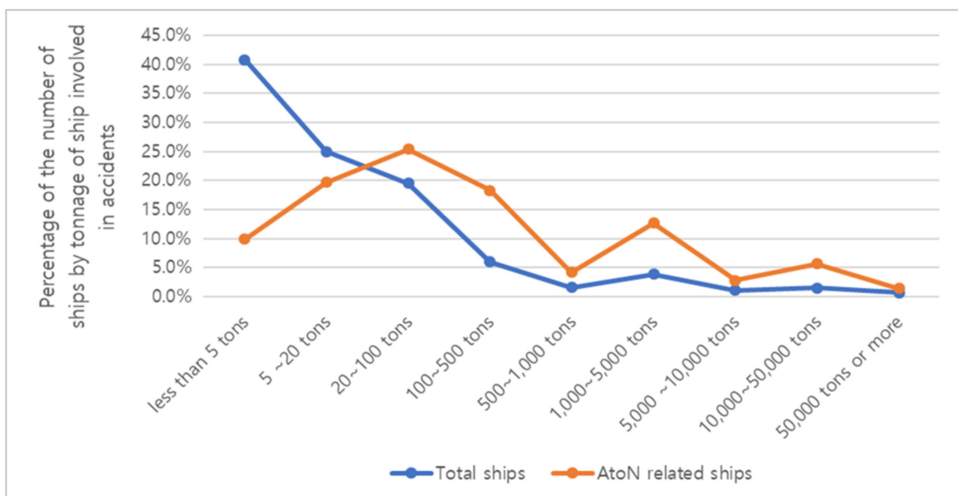


Figure 7. Tonnage of ships involved in navigational aids-related accidents

3.3 Analysis of the timing of accidents

해양 선박사고의 발생시점에 대한 분석을 실시하였다. 국내에서 발생한 전체 선박사고의 사고시점은 통계자료를 참조하였다. 0시에서 4시 사이는 2,542건(8.0%), 4시에서 8시 사이는 5,638건(17.7%), 8시에서 12시 사이에는 7,974건(25.0%), 12시에서 16시까지지는 7,556건(23.7%), 16시에서 20시 사이는 5,495건(17.1%), 20시에서 24시 사이에는 2,690건(8.4%)의 선박사고가 발생했다. 야간보다는 주간에 사고빈도가 높았다. 그러나 항로표지 관련 사고는 약간 다른 패턴을 보였다. Figure 8에 나타난 바와 같이 주간에 사고율은 낮아지고 야간의 사고율이 높아졌다. 0시에서 4시 사이는 6건(9.2%), 4시에서 8시 사이는 14건(21.57%), 8시에서 12시 사이에는 13건(20.0%), 12시

에서 16시까지 10건(15.4%), 16시부터 20시 사이는 13건(20.0%), 20시부터 24시 사이에는 9건(13.8%)의 선박사고가 발생했다.

일반적으로 야간에 선박 교통량은 주간에 비해 적다. 따라서 사고율도 주간이 높을 수 있다. 그러나 항로표지 관련 선박사고는 상대적으로 야간 및 새벽 시간대에는 사고율이 높았다. 이러한 결과는 야간에 항로표지의 등화 빛을 다른 불빛과 혼동하거나 등화 점멸 패턴에 대한 이해 부족과 오인의 영향이라고 할 수 있다.

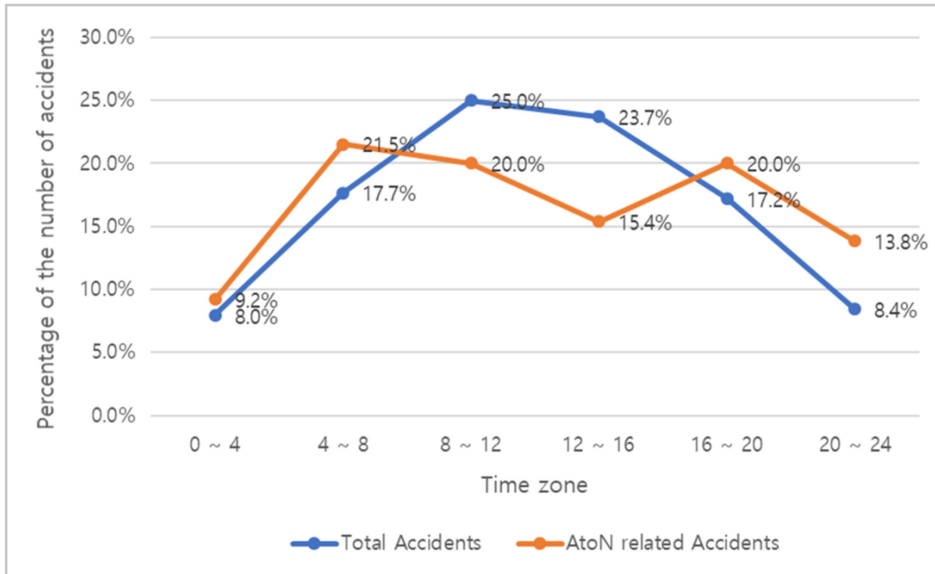


Figure 8. Percentage of navigational aid-related accidents during the day/night

3.4 Human errors related to ship accident involving navigational aids

항로표지와 관련된 사고와 연루된 인적오류를 분류하였다 먼저 항해단계를 구분하고 각 단계에서의 인적오류를 조사하였다. Figure 9는 Lee and Sanquist (2000)이 제시한 항해업무에 대한 항해사의 기능모델(Operator function model)이다. 이 모델에 기반하여 항해

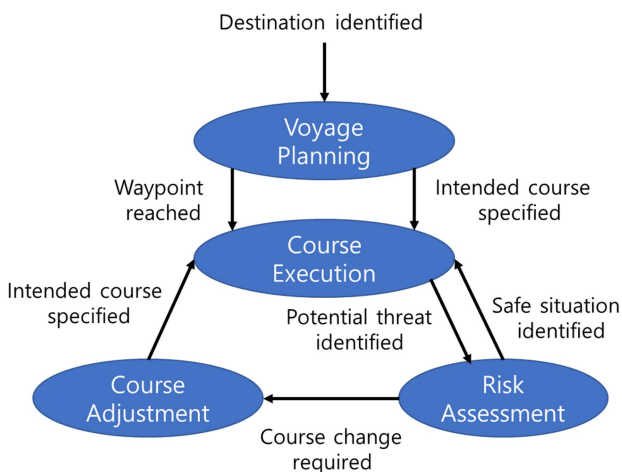


Figure 9. Operator function model for ship navigation proposed by Lee and Sanquist (2000)

단계를 항해계획 단계, 위험평가 단계, 코스조정 단계, 선박조정 단계로 구분하였다.

항해계획 단계는 도착하고자 하는 목표지점까지의 항로를 결정하고, 위험요인들을 사전에 검토하는 단계다. 항로표지와 관련된 사항은 항로 상에 어떤 항로표지가 있으며, 항로표지를 직면하면 어떻게 선박을 조정할 것인가를 계획해야 한다. 재결서 상에서 발견된 오류는 계획단계에서 항로 상의 항로표지를 식별하지 못하거나, 항로표지를 식별하고도 위험한 항로로 운항을 결정하는 것이다.

위험평가 단계는 항해 중에 다른 선박을 만나거나, 위험지역을 지나갈 때, 위험 정도를 평가하는 단계다, 항로표지를 눈으로 식별해야 하고, 식별된 항로표지가 의미하는 바를 정확히 해석하여, 선박을 조정해야 한다. 관련된 오류는 3가지로 구분하였다. 항로표지를 경계소홀로 인해 눈으로 식별하지 못하는 오류, 식별은 했지만, 다른 항로표지로 인식하는 오류 그리고 식별을 하고 제대로 인식하였지만, 그 항로표지의 의미와 기능을 알지 못하여 바람직하지 못하게 선박을 조정하는 경우다.

코스조정 단계는 항해과정에서 항로를 조정하거나 항로내의 선박 운항 방향이나 선박 속도를 결정하는 단계다. 이 단계에서 항해 규칙을 정확히 적용해야 한다. 일례로 위험구간에서 안전 속도로 운항하거나, 항로의 중앙으로 운항해야 한다. 그런데 이러한 규칙을 위반하면 사고가 유발될 수 있다. 다음으로 선박조정 단계는 결정된 항로와 선박의 방향과 속도를 준수하면서 상황에 따라 선박 기동을 하는 단계다. 그러나 조류 또는 풍향들의 환경적 영향이 있을 경우에는 적절한 선박기종을 수행해야 한다. 조선미숙은 선박사고를 발생시키는 오류가 될 수 있다.

Table 3은 항로표지 관련 사고를 유발한 인적오류를 분류한 결과다. 선박사고는 다수의 인적오류가 직간접적인 원인이 될 수 있다 (Wagenaar and Groeneweg, 1987). 본 연구의 결과도 특정 선박사고에 한 개 이상의 오류가 연관되어 있었다. 항해단계별로 보면 위험평가 단계에서의 오류는 42개(53.2%)였으며 가장 많은 인적오류가 발생한 단계였다. 이 단계에서 가장 비율이 큰 인적오류는 항로 표지를 식별하지 못하는 오류였다. 이러한 경계소홀은 졸음운전, 취중운전, 주의산만 또는 피로에 따른 주의 부족 등이 근본적인 원인이 되고 있다. 항로표지를 식별하고도 다른 항로표지로 오인하거나 항로표지의 의미를 정확히 이해하지 못해서 발생하는 오류가 18건 이었다. 예를 들어, 7번 등부표를 5번 등부표로 오인하거나 우현표지를 좌현표지로 오인, 특수표지 등부표를 좌현표지로 오인하는 사례 그리고 공사표지를 보고도 그 의미를 이해하지 못하여 공사장 구조물 전방으로 향하는 오류 등이다.

Table 3의 기타는 항로표지 관련 사고로 분류된 사고이지만, 사고의 원인이 항로표지가 적절하지 않게 설치되어 있는 경우와 항로표지가 설치되어야 하지만 설치되어 있지 않은 경우 그리고 항로표지의 등화가 켜져서 역할을 제대로 수행하지 못하는 경우 등을 포함한다. 이런 오류는 선박 항해사의 오류보다는 항로표지 관리의 오류라고 할 수 있다.

Table 3. Human errors related to ship accident involving navigational aids

Human errors related to ship accidents		Contact	Grounding	Collision	Total
Voyage planning	Navigational planning error	2	3	0	5
Risk assessment	Identification error	11	12	1	24
	Recognized as a different sign	1	7	1	9
	Misunderstood the meaning	2	7	0	9
Course adjustment	Misapplication of the navigation rules	1	4	4	9
Course execution	Poor ship control	11	2	0	13
Others	Lack of aids to navigation	2	8	0	10
Total		30(25)	43(33)	6(6)	79

**Number in (): Number of accidents

4. Discussion and Conclusion

본 연구에서는 해상 교통표지판이라고 할 수 있는 항로표지와 관련된 선박사고 사례들을 조사하고, 국가 통계에 나타난 선박사고 통계 데이터와 비교 분석함으로써 항로표지 관련 선박사고의 특징과 시사점을 도출하였다. 궁극적으로 관련된 선박사고의 저감 및 예방을 위한 방안을 모색하는데 도움을 주기 위한 연구다. 본 연구의 주요결과를 요약하면 Table 4와 같다.

Table 4. Key findings from the analysis of ship accidents related to navigational aids

Analysis items	Key findings from the analysis (frequency order)	Note
Ship accident types	Grounding, Contact.	87.7% of accidents
Types of grounding and contact accidents	Contact with AtoN, Low-water grounding, Grounding and contact with underwater facilities.	-
Related ship types	Fishing, Tugboats.	The rate of tugboat accidents is low in general ship accidents
Tonnage of related ships	20~100 tons, 100~500 tons, 5~20 tons.	Mostly small ships
Accident times	4~8, 8~12, 16~20.	High accident rate at night
Related human errors	Identification errors, Poor ship control, Recognized as a different sign, Misunderstood the meaning of AtoN.	Lack of knowledge and identification errors regarding AtoN

일반적으로 선박사고는 충돌사고가 가장 높은 비율로 나타나고 있다 그러나 항로표지 관련 선박사고는 접촉사고와 좌초사고가 주 사고 유형이었다. 접촉사고는 항로표지와 접촉, 방파제와 접촉, 수중시설과의 접촉, 해상공사 시설 및 교각과의 접촉사고로 구분될 수 있었다. 이 중에서도 항로표지와와의 접촉이 가장 높은 비율을 보였다. 이러한 결과는 항구와 연안에 설치된 많은 항로표지가 해상 교통 안전에 기여한 바가 크지만 반대로 선박사고의 원인 되기도 한다는 것을 의미한다. 한편 좌초사고는 항로표지를 식별하지 못하거나 오인 및 바람직하지 못한 해석으로 저수심에서 좌초, 암초, 간쑤암 및 수중시설에 기인한 좌초가 발생하였다.

항로표지 관련 사고에 연루된 선박의 유형은 어선이 가장 많았고 다음으로 예인선이었다. 일반적인 선박사고에서 어선의 비율은 53%를 차지하였지만 항로표지 관련 선박사고에서는 38%로 다소 낮은 비율이었다. 반면에 일반적인 선박사고의 예인선 비율(11%)은 높지 않은 편이지만, 항로표지 관련 선박사고에서는 26%로 높게 나타났다. 어선과 예인선 항해사의 특징의 하나는 고령자 비율이 높다는 것이다. 어촌 인구의 고령화 추세는 향후 어선과 예인선 항해사의 고령화가 가속될 것으로 예측할 수 있다. 고령 항해사들의 인지능력 저하가 항해표지 관련 사고의 유발요인이 될 수 있을 것이다. 사고유발의 다른 요인은 항로표지 관련 지식 부족이라고 할 수 있다. 화물선이나 여객선의 항해사들은 1등 항해사 또는 2등 항해사들이며 항로표지 관련된 항해교육을 정기적으로 수시를 받고 있다. 그러나 어선이나 예인선의 항해사들은 낮은 등급의 항해사이며, 정기적인 교육기회가 부족한 상황이다. 따라서 항로표지 관련 사고의 원인이 교육 부족일 수 있다. 특히, 예인선 항해사에 대상으로 한 항해교육의 필요성은 더 높다고 할 수 있다. 예인선은 다른 선박이나 해양구조물을 끌어당기거나 밀어내는 일을 돕는 선박이다. 다른 선박이나 해양구조물을 자신에 연결하여 끌고 여러 지역의 다른 항구로 항해하는 경우가 많다. 다양한 항구에 진입하면서 다양한 항로표지를 만나기 때문에 익숙하지 않은 항로표지들을 빈번히 식별하게 된다. 반면에 소형 어선은 특정한 어업장소만을 지속적으로 왕래하기 때문에 소수의 항로표지만 접하면, 자주 접하는 항로표지는 익숙할 수 있다.

항로표지 관련 사고는 야간에 많이 일어나고 있다. 발생한 전체 선박사고의 사고시점과 비교할 때 야간 사고 비율이 높다고 할 수 있다. 주간에는 항해사들이 식별하고 인지하는 항로표지는 항로표지의 색상과 모양이다. 그러나 야간에는 항로표지의 등화 색상과 표시등의 점멸 패턴이다. 야간에 항로표지의 표시등의 고장으로 등화가 되지 않거나 등화 빛의 가시성이 떨어지는 경우, 그리고 주변의 다른 불빛과 혼돈할 때 또는 등화 점멸 패턴에 대한 이해 부족과 오인으로 인해 야간의 사고 발생의 원인이 되고 있다. 이런 측면을 개선하기 위해 항로표지의 관리가 중요하며, 항로표지에 대한 교육 또한 필요하다고 할 수 있다.

마지막으로 항로표지 관련 사고에서의 인적요인 중에서 가장 높은 비율을 차지하는 것은 항로표지를 경계소홀로 식별하지 못하는 오류였다. 더 근본적으로는 원인은 졸음운전, 취중운전, 주의산만 또는 피로에 따른 주의 부족 등이다. 다음으로 높은 비율을 보이는 인적요인은 항로표지를 식별하고도 다른 항로표지로 오인하거나 항로표지의 의미를 정확히 이해하지 못해서 발생하는 오류다. 이러한 오류를 감소시키기 위해서는 항해사들을 대상으로 한 항로표지 교육의 강화가 필요하다고 할 수 있다.

Acknowledgement

This work was supported by Korea National University of Transportation Industry-Academy Cooperation Foundation in 2024.

References

- Al-Madani, H., Influence of drivers' comprehension of posted signs on their safety related characteristics, *Accident Analysis and Prevention*, 32, 575-581, 2000.
- Al-Madani, H. and Al-Janahi, A.R., Assessment of drivers' comprehension of traffic signs based on their traffic, personal and social characteristics, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5(1), 63-76, 2002.
- Chao, C.W., Huang, C.H. and Tsai, T., The Age Effects of Traffic Signs on Visual Performance, *Life Science Journal*, 10(1), 297-302, 2013.
- Dewar, R.E., Kline, D.W. and Swanson, H.A., Age differences in comprehension of traffic sign symbols, *Transportation Research Record*, 1-1, 1994.
- Eliopoulou, E., Papanikolaou, A. and Voulgarellis, M., Statistical analysis of ship accidents and review of safety level. *Safety Science*, 85, 282-292, 2016.
- Ezeibe, C., Ilo, C., Oguonu, C., Ali, A., Abada, I., Ezeibe, E., Oguonu, C., Abada, F., Izueke, E. and Agbo, H., The impact of traffic sign deficit on road traffic accidents in Nigeria. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 26(1), 3-11, 2019.
- Holahan, C.J., Relationship between roadside signs and traffic accidents: A field investigation. (Research report 54). 1977.
- Kerr, A.J., IALA Maritime Buoyage System and Other Aids to Navigation. Published by the International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, 2011.
- Kim, J.R., Causes of human error as seen through road traffic signs, *The Safety Technology*, 36, 12-17, 2000.
- Kline, T.J.B., Ghali, L.M. and Kline, D.W., Visibility distance of highway signs among young, middle-aged, and older observers icons are better than text, *Human Factors*, 32, 609-619, 1990.
- Korea Maritime Safety Tribunal Home Page, <https://www.kmst.go.kr> (retrieved March 10, 2025).
- Korean Statistical Information Service Home Page, <https://kosis.kr> (retrieved March 10, 2025).
- Lee, J.D. and Sanquist, T.F., Augmenting the operator function model with cognitive operations: Assessing the cognitive demands of technological innovation in ship navigation, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*,

30(3), 273-285, 2000.

Papanikolaou, A., Bitha, K., Eliopoulou, E. and Ventikos, N.P., "Statistical analysis of ship accidents that occurred in the period 1990-2012 and assessment of safety level of ship types". *Proceedings of the Maritime Technology and Engineering Conference (MARTECH)*, 227-233, 2014.

Park, S.A. and Park, D.J., A study on the analysis of marine accidents on fishing ships using accident cause data. *Journal of Navigation and Port Research*, 47(1), 1-9, 2023.

Primorac, B.B. and Parunov, J., Review of statistical data on ship accidents. *Maritime Technology and Engineering*, 3, 809-814, 2016.

Wagenaar, W.A. and Groeneweg, J., Accidents at sea: Multiple causes and impossible consequences. *International Journal of Man-Machine Studies*, 27(5-6), 587-598, 1987.

Xue, J., Papadimitriou, E., Reniers, G., Wu, C., Jiang, D. and van Gelder, P., A comprehensive statistical investigation framework for characteristics and causes analysis of ship accidents: A case study in the fluctuating backwater area of Three Gorges Reservoir region. *Ocean Engineering*, 229, 108981, 2021.

Author listings

Sang-Won Kim: sangwon7904@naver.com

Highest degree: Ph.D. Candidate, Department of Industrial & Management Engineering, Korea National University of Transportation

Position title: Graduate Student, Department of Industrial & Management Engineering, Korea National University of Transportation

Areas of interest: Accident analysis, Usability Evaluation, Interaction Design

Hyeon-Uk Noh: rohbelrohbel@naver.com

Highest degree: MS Candidate, Department of Industrial & Management Engineering, Korea National University of Transportation

Position title: Graduate Student, Department of Industrial & Management Engineering, Korea National University of Transportation

Areas of interest: Foot Interaction, Usability Evaluation, Accident analysis

Jungchul Park: jcpark@ut.ac.kr

Highest degree: Ph.D., Pohang University of Science and Technology

Position title: Professor. Department of Safety Engineering, Korea National University of Transportation

Areas of interest: Human-Computer Interaction, Human Factors in Safety-Critical Systems, Intelligent User Interfaces

Seung-Kweon Hong: skhong@ut.ac.kr

Highest degree: Ph.D., Department of Industrial Engineering, State University of New York

Position title: Professor. Department of Industrial & Management Engineering, Korea National University of Transportation

Areas of interest: Cognitive System Engineering, Human-computer Interaction, Usability Evaluation