

## 상선 충돌사고 분석을 이용한 인적과실 예방 충돌회피모델 연구

김도훈\*\*

\* 한서대학교 해양경찰학과 교수

## Study on the Human Error Prevention Collision Avoidance Model using Merchant Ship Collision Accident Analysis

Do-Hoon Kim\*\*

\* Professor, Department of Maritime Police, Hanseo University, Seosan City, Korea

**요 약** : 본 연구의 목적은 과거 12년(2010~2021년)간 발생한 상선의 충돌사고 668건을 조사하여 충돌의 원인요인을 조사하고 이를 통계적으로 분석하여 항해사의 인적과실 예방 충돌회피(HEPCA) 모델을 제안하는 것이다. 중앙해양안전심판원의 통계연보 및 충돌사건 재결서를 조사하여 상선의 충돌 원인요인 데이터를 수집하고 통계분석 도구인 SPSS를 이용하여 빈도분석을 수행하였다. 1단계 분석으로 상선 충돌사고 668건을 대상으로 충돌원인을 분석하였고, 2단계 분석에서는 식별된 최대빈도 원인요인을 세부적으로 분석하였다. 분석결과, 충돌원인은 항해사의 인적과실이 98%인 것으로 식별되었으며, 빈도 높은 요인 순서는 경계소홀 > 항행법규위반 > 조선 부적절 순이었다. 경계소홀의 원인 요인은 주로 상대선 초인 후 지속감시 소홀이었으며 상대선박의 존재를 인식하지 못한 원인은 주로 당직시간에 다른 작업을 한 요인이었다. 분석결과를 적용하여 인적과실 예방을 위한 HEPCA 모델을 제안하였고, 이를 재결서의 충돌사건에 적용해보았다. 본 연구결과는 해기사 교육기관 및 실무에서 항해사의 인적과실로 발생하는 충돌사고를 방지하기 위한 교육 자료로 활용이 가능할 것으로 기대된다.

**핵심용어** : 상선 충돌사고, 충돌의 원인요인, 항해사의 인적과실, 빈도분석, 인적과실 예방 충돌회피모델

**Abstract** : The purpose of this study was to investigate the causes of collisions by examining 668 cases of merchant ship collision accidents that occurred during the past 12 years (2010-2021) and analyzed them statistically. Further, the analysis results were applied to propose a human error prevention collision avoidance (HEPCA) model. The statistical annual report of the Korea Maritime Safety Tribunal (KMST) and the collision investigation report were investigated to collect data on the causes of collisions of merchant ships, and frequency analysis was performed using the statistical analysis tool, SPSS Statistics. In the first-stage analysis, the causes of collisions were analyzed targeting 668 merchant ship collision accidents, and in the second-stage analysis, the identified maximum frequency cause factors were analyzed in detail. The analysis results identified that 98% of the cause of the collision was the human error of the navigator, and the highest frequency was in the order of neglect of look-out > violation of navigation regulations > improper maneuvering. The cause of the neglect of look-out was mainly neglecting continuous monitoring after the first recognition of the target ship. The HEPCA model for human error prevention was proposed by applying the analysis results to the collision case of the investigation report. The results of this study are expected to be used as educational materials at marine navigator educational institutions and in practice for avoiding collisions caused by human errors of navigators.

**Key Words** : Merchant ship collision, Causes of collision, Navigator's human error, Frequency analysis, Human error-prevention collision avoidance model

## 1. 서 론

중앙해양안전심판원(Korea Maritime Safety Tribunal: KMST) 통계연보를 참조하여 상선(Merchant ship)을 대상으로 지난

† star7007@hanseo.ac.kr, 041-660-1532

※ 이 논문은 2022년도 해양환경안전학회 춘계학술발표회(목포)에서 저자가 발표한 자료를 기초로 하고 있음을 밝힙니다.

2010년부터 2021년 까지 12개년 동안의 해양사고 종류별 발생현황을 조사한 결과, 충돌사고가 가장 많이 발생하였고 다음으로 기관고장, 좌초의 순으로 발생한 것으로 나타났다(KMST Annual Report, 2010-2021). 따라서 충돌사고는 해양사고 중 항해사에게 가장 주의가 요구되는 사고유형으로 평가되며 여객선, 화물선 및 유조선으로 분류되는 상선의 충돌 사고는 막대한 인명과 재산피해를 야기할 수 있다. 또한, 최

근에 선박의 대형화와 고속화 추세로 인하여 항해사에게 충돌방지와 관련된 전문지식과 보다 충실한 당직 근무자세가 요구된다.

한편, 충돌의 주요 원인에 관하여 학계의 연구결과는 해기사의 인적과실(Human error)이 주요한 원인인 것으로 보고되고 있다(Rothblum, 2000; Catherine and Rhona, 2006; Chin and Ashim, 2009; Acar et al., 2012; Pasquale et al., 2015). 특히 Catherine and Rhona(2006)과 Rothblum(2000)은 선박충돌사고의 90% 이상이 인적과실 기인이라고 보고하였다. 이러한 인적과실에 대한 예방과 감소노력의 중요성은 현대에도 계속 증가하고 있으며 지속적인 학계의 연구대상이라 하겠다.

본 연구의 주요대상인 충돌사고는 실무에서 항해사가 당직 근무 중 국제해상충돌예방규칙(Convention on the International Regulation for Preventing Collisions at Sea, COLREG)을 충실히 이행한다면 일정비율의 예방도 가능할 수 있다. 그러나 선박을 조종하는 주체가 인간이라는 점에서 언제든지 인적과실이 개입할 여지가 있으므로 단순히 모든 항해사가 COLREG(2005)를 잘 준수하기만을 기대하기란 현실적으로 어렵다고 할 수 있다.

1987년 필리핀 해상에서 유조선 백터호와 충돌한 여객선 도나파즈호 침몰 사고는 근래에 항해사의 인적과실로 발생한 대표적인 사례이다. 이 충돌사고로 유조선에서 발생한 화재가 여객선으로 옮겨 붙으면서 2시간 만에 여객선이 침몰하여 선원 및 승객 4,364명이 사망하였다. 본 충돌사고의 원인으로서는 충돌당시 선원들이 TV 시청과 음주를 하느라 당직근무를 게을리 한 것으로 밝혀졌다(Perez et al., 2011).

산업분야에서 인적과실은 특히 해외에서 심층적으로 연구되어 오고 있는바 Dhillon and Rayapati(1988)에 의하면 인적과실이란 규정된 업무수행의 실패 또는 금지된 행위의 수행이라 정의되며 그 결과는 인명피해 및 재산손실을 초래하고 사고 위기상황(Near miss incidents)도 범위에 포함된다. Reason(1990)은 스위스 치즈이론에서 보통 사고는 연속된 일련의 인적과실에 의해 발생하고 사고 이전 오래 전부터 전조가 있게 마련이라고 하였다.

한편, 국내에서 해기사의 인적과실에 관한 연구는 1990년대부터 활성화되고 있으나 충돌사태에 나타난 항해사의 인적과실 유발요인을 분석하여 감소방법을 제시한 연구는 아직도 미흡한 편이다. 충돌사고의 원인분석과 관련된 연구에서 Youn and Shin(2017)은 2012년부터 2016년까지 5년간 해양안전심판원에서 재결된 충돌사고 총 108건에 대하여 충돌사고 원인 요소들 간 상관관계를 분석하고 충돌사고는 경계소홀과 음주운항이 연관된 원인 요소라고 제시하였다.

학계의 연구결과에 비추어 충돌 방지를 위해서는 인적과실과 관련된 충돌유발 원인에 대한 심층적 연구가 필요하다

고 판단된다. 또한, 충돌사고 데이터에 대한 장기간의 자료 수집을 기반으로 항해사의 인적과실로 야기되는 충돌 방지 방안을 마련하는 것이 시급히 요구되고 있다.

따라서 본 연구는 상선을 중심으로 충돌사고의 원인을 분석하고 분석결과를 이용하여 항해사의 인적과실 예방 충돌회피모델(Human Error Prevention Collision Avoidance Model, 이하 ‘HEPCA 모델’이라 한다) 마련에 초점을 두었다.

그간 학계의 선행연구를 검토한 결과 장기간(10년 이상) 충돌사고 데이터를 수집하여 항해사의 인적과실 요인과 관련된 세부적인 충돌의 원인요인을 분석한 연구는 찾아볼 수 없었다. 이러한 그간 연구의 미흡한 점을 극복하고자 본 연구는 과거 12년(2010-2021년) 간의 상선에 의한 충돌사고 사례를 조사하고 수집한 충돌 원인요인 데이터를 통계적으로 분석한 후 결과를 반영하여 항해사의 인적과실과 관련된 HEPCA 모델을 개발하여 제안하는 것을 목적으로 하였다.

## 2. 연구방법 개요

### 2.1 연구 대상 및 방법

충돌 원인요인 데이터 수집은 공신력 있는 KMST의 통계연보(KMST Annual Report, 2010-2021)와 재결서(KMST Investigation Report, 2021)를 주요 근거로 하였으며, 데이터 수집과 관련된 충돌사고 발생기간은 2010년부터 가장 최신의 2021년도 까지 과거 12년 동안 발생한 사고를 대상으로 하였다.

장기간 발생한 충돌사고를 대상으로 정한 이유는 표본추출의 신뢰성과 타당성을 높이기 위해서였다.

충돌사고 분석은 두개의 단계로 구분하여 수행하였다(Table 1). 1단계는 분석 대상기간 중 발생한 상선의 충돌사고 668건을 대상으로 사고의 원인을 파악하기 위한 분석을 수행하였다. 2단계 분석에서는 1단계 분석결과 식별된 최대빈도 원인요인에 대하여 세부적인 추가 분석을 수행하였다. 여기서 상선의 범위는 여객선, 화물선 및 유조선으로 하였다.

Table 1. Analysis overview

Analysis 1 (Cause analysis of collisions)	Analysis 2 (Further analysis of the results from analysis 1)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Occurrence period: 12years (2010-2021)</li> <li>• Analysis target: merchant ship collision 668 cases</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Further analysis of the maximum frequency factor</li> </ul>

### 2.2 분석 방법

수집한 데이터는 통계분석 중 빈도분석(Frequency analysis)

의 방법을 이용하였다. 분석 도구는 상용 소프트웨어인 SPSS (SPSS Statistics, 2011)를 이용하였다.

### 2.3 연구 절차

Fig. 1은 단계별 연구절차를 나타낸 것이다. 연구절차는 4 단계로 구성하였으며 단계별 내용은 다음과 같다.

• Step 1: 연구목적 설정 및 선행연구 검토

상선 충돌에 관한 KMST 재결서를 조사한 후 상선 충돌의 원인이에 대한 분석을 이용하여 충돌회피모델을 마련하는 것을 연구목적으로 설정하고 선행연구를 검토한다.

• Step 2: 충돌 원인이인 데이터 수집

2010년부터 2021년까지 12년간 발생한 상선 충돌사건을 대상으로 KMST 통계연보와 재결서를 검토하고 충돌상황에서 야기된 충돌의 원인이인 데이터를 수집 및 분류한다.

• Step 3: 충돌의 원인이인 데이터 빈도분석

첫째, 상선 충돌의 원인이인 데이터에 대한 빈도분석을 수행하여 빈도와 백분율로 비교함으로써 가장 빈도가 높은 원인이인을 식별한다. 둘째, 최대 빈도 요인에 대한 세부 원인을 추가로 분석한다.

• Step 4: 모델 제안 및 타당성 검토

분석결과를 적용, 항해사의 인적과실 예방적용 충돌회피 모델을 개발·제안하고 본 모델을 충돌사고 재결서에 있는 대표적인 충돌사례에 적용하여 타당성 여부를 검토한다.

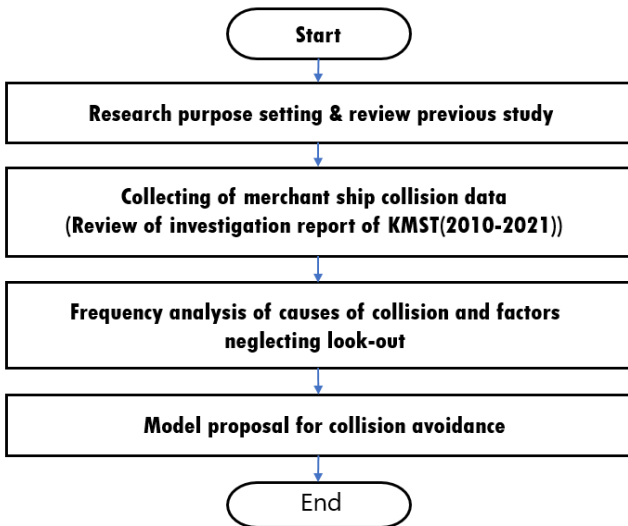


Fig. 1. Research procedure diagram.

## 3. 충돌사고 원인분석 및 고찰

### 3.1 충돌사고 원인이인에 대한 분석

과거 12년간에 걸친 KMST 재결서를 조사한 결과, 상선(내

항선 및 외항선 포함)이 관련된 충돌사고는 총 668건이었으며 이를 대상으로 원인이인을 분류하여 데이터화 한 후 분석하였다. 첫째, 상선의 종류별 분포를 분석하였고, 둘째, 전체 충돌사고 중 인적과실이 차지하는 비중을 파악하기 위한 분석을 하였으며 셋째, 본 연구의 핵심 분석인 상선의 충돌 원인이인에 대한 빈도분석을 수행하였다.

#### 3.1.1 상선 종류별 분포비율

Fig. 2는 상선의 종류별 분포를 비교하여 나타낸 것이다. 상선 총 1,097척 중 여객선은 76척(7%), 화물선은 712척(65%), 유조선은 309척(28%)으로 화물선이 가장 높은 비율을 차지하는 것으로 나타났다.

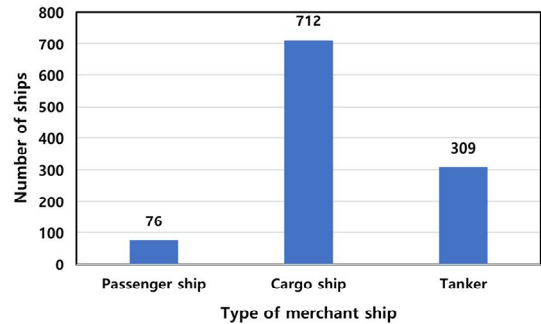


Fig. 2. Comparison of distribution by merchant ship type.

#### 3.1.2 충돌사고 원인 중 인적과실의 비율

Fig. 3은 상선의 충돌사고 원인 중 항해사의 인적과실 비율을 분석한 결과이다.

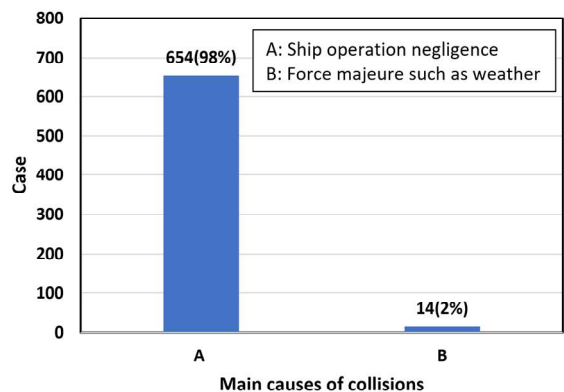


Fig. 3. Comparison of major collision cause of merchant ship.

A는 인적과실에 해당하는 운항과실의 범주를 나타낸 것으로 여기에는 ‘경계소홀’, ‘항행법규 위반’, ‘당직근무 태만’ 등 항해사의 인적이인에 의하여 충돌이 발생한 경우(654건)

이며, B는 주의를 다하였음에도 기상 등 영향에 따른 ‘불가항력’으로 인하여 충돌이 발생한 경우(14건)이다. 분석결과 충돌사고 668건 중 운항과실에 의한 원인이 98%를 차지하는 것으로 나타났다.

### 3.1.3 충돌사고의 원인요인 분석

Fig. 4는 상선 충돌사고 총 668건에 대하여 충돌의 원인을 8개 범주(A-H)로 구분하여 빈도분석을 수행한 결과이다. 분석결과를 세부적으로 살펴보면 다음과 같다. A항의 ‘경계소홀’요인이 437건(65.4%)으로 충돌의 최대 빈도요인으로 나타났다. 그리고 B항의 ‘항행법규위반’요인이 119건(17.8%)으로 두 번째의 많은 요인으로 분석되었다.

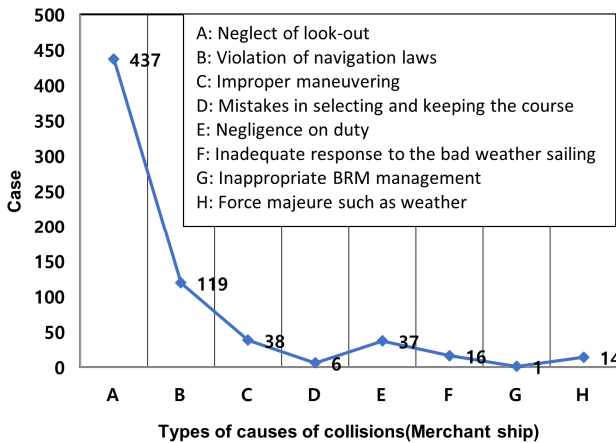


Fig. 4. Analysis of causes of collision of merchant ships.

다음으로 C항 ‘조선 부적절’ 요인이 38건으로 세 번째 순이었고, E항 ‘당직근무 태만’ 요인이 37건의 순으로 나타났다. 정리하면 충돌사고의 주요 원인인은 당직항해사의 ‘경계소홀’ > COLREG 등의 ‘항행법규 위반’ > ‘조선부적절’ > ‘당직근무 태만’의 순으로 식별되었으며 이러한 요인들은 모두 운항과실에 해당된다.

한편, 상선에서 발생한 다양한 종류의 해양사고 원인분석을 해보고 이러한 결과를 Fig. 4와 비교하여 어떠한 차이가 있는지 조사하기 위하여 별도의 분석을 수행하였다(Fig. 5).

Fig. 5는 KMST 분류기준에 의하여 다양한 해양사고 종류를 모두 포함한 경우의 분석결과이다. 사고의 종류는 충돌, 접촉, 좌초, 전복, 화재폭발, 침몰, 기관손상, 인명사상, 기타로 구성하였다. 분석결과로는 상선에서 발생한 해양사고 총 1,214건 중 A항의 ‘경계소홀’ 요인이 641건(52.8%)으로 가장 많은 것으로 나타났으며 이러한 결과는 Fig. 4와 동일한 양상을 보인다. B항의 ‘항행법규위반’이 153건(12.6%)으로 다음 순으로 많았으며, 이어서 C항의 ‘조선 부적절’, E항의 ‘당직

근무 태만’ 요인의 순이었다. 결론적으로 Fig. 4와 Fig. 5는 수치만 다를 뿐 주요한 원인요인은 동일한 양상을 나타내는 것으로 나타났다.

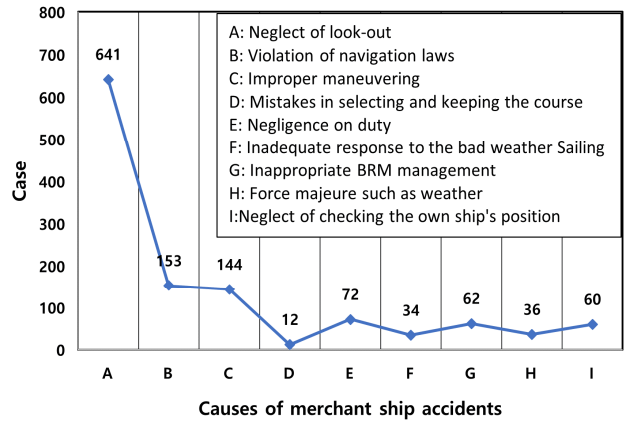


Fig. 5. Analysis of causes of accidents on merchant ships.

### 3.1.4 분석결과 고찰

이상의 분석결과를 고찰해 보면 다음과 같다.

첫째, 충돌사고 원인 중 인적과실의 비율이 98%로 나타나 충돌사고의 가장 중요한 원인이 인적과실인 것으로 확인되었다.

둘째, 상선의 충돌사고 원인요인을 분석한 Fig. 4와 상선의 다양한 해양사고 원인요인을 분석한 Fig. 5를 비교한 결과 빈도가 높은 순서로 A항의 ‘경계소홀’ > B항의 ‘항행법규위반’ > C항의 ‘조선부적절’ > E항의 ‘당직근무 태만’요인으로 동일요인의 순서로 식별되었다. 따라서 공통적인 위 네 개 요인들의 중요성이 크다는 것을 알 수 있다.

셋째, Fig. 4와 5에서 ‘경계소홀’ 요인이 타 요인 보다 현저하게 높은 빈도를 나타내고 있기 때문에 첨단 항해기기가 도입됨에도 결국 항해사인 인간이 장비를 운용하고 선박을 조종하기 때문에 ‘인적요인’이 충돌사고에 있어 가장 중요한 요인임을 알 수 있었다.

넷째, B항의 ‘항행법규위반’ 요인이 119건(17.8%)으로 두 번째 많은 원인요인으로 분석되었는데, 항행법규에는 기본이 되는 COLREG와 이를 국내법으로 수용한 해사안전법 등이 해당된다. 이와 관련하여 제결서를 조사한바 위반의 대부분이 COLREG 제 16조(피항선의 동작)와 17조(유지선의 동작)의 ‘피항선 및 유지선의 의무위반’이 해당되었다. 또한, 세부 원인 중 하나로 유지선(Stand-on vessel)의 ‘적절한 피항협력동작 미 이행’이 상당수를 차지하는 것으로 나타났다. 이는 당직항해사가 상대선인 피항선(Give-way vessel)이 당연히 피항할 것으로 판단하거나 충돌의 위험이 없는 것으로

오관한 경우이다. 유지선은 COLREG 제 17조에 따라 양선박이 근접하여, 피항선의 동작만으로 충돌을 피할 수 없다고 판단할 때에는 충돌을 피하기 위한 최선의 협력동작을 취하여야 한다. 그러나 실무에서 이러한 조치를 행하지 못한 사례가 다수 사례로 조사된 점은 항해사들이 반드시 유념해야 할 점이다. G항의 '선교자원관리(Bridge Resource Management, BRM) 실패'의 요인은 충돌사고에서 보다는 충돌이 포함된 모든 종류의 해양사고에서 더 많이 발생한 것으로 나타났다. BRM이란 선교(Bridge)에서 항해사가 동원할 수 있는 인적, 물적 자원 모두를 최대로 활용하도록 하여 성공적인 항해를 완수할 수 있도록 하는 것을 목적으로 하는 것이다.

최대빈도 원인요인으로 식별된 '경계소홀'에 대하여는 별도의 추가분석을 수행하여 제 3.2절에 설명하였다.

### 3.2 식별된 최대 빈도 원인요인에 대한 추가 분석 및 고찰

이 절에서는 제 3.1절에서 최대 빈도로 나타난 '경계소홀' 요인을 대상으로 세부적인 원인요인을 파악하기 위하여 추가 분석을 수행하였다.

#### 3.2.1 「경계소홀」 원인요인 분석

##### (1) 분석 1: '경계소홀'의 세부 원인요인 식별

'경계소홀' 원인의 세부 원인요인을 파악하기 위하여 '경계소홀'이 충돌의 원인이었던 511건의 충돌사건을 분석 대상으로 하였다.

빈도분석 결과 최대 빈도요인은 ③항의 '상대선박 초인 후 지속적 감시소홀'이 287건(56.2%)으로 과반수이상으로 파악되었다(Table 2). 이와 관련한 시사점은 COLREG 제8조에 의거하여 충돌을 피하기 위한 동작 후에는 타선이 완전히 항과 할 때까지 주의 깊게 확인하여야 할 것이다.

Table 2. Frequency analysis result for 'Negligence of look-out' cause

Neglect of look-out (Detailed cause factors)	Total
	Count (%)
Total	511 (100)
① Not look-out	83 (16.2)
② Not recognizing the target ship	141 (27.6)
<b>③ Neglect of continuous monitoring to the target ship</b>	<b>287 (56.2)</b>

두 번째 빈도요인은 ②항의 상대선박의 존재를 처음부터 인식하지 못한 경우로 141건(27.6%)이었다. 이어서 ①항의

경계 자체를 하지 않은 요인이 83건(16.2%)으로 나타났다.

##### (2) 분석 2: Table 2의 ①, ②항 관련 세부 원인요인 식별

Table 3은 Table 2에서 ①항인 경계를 하지 않은 요인과 ②항인 상대선박의 존재를 인식하지 못한 경우에 해당하는 224건에 대하여 원인요인을 파악하기 위하여 빈도분석을 수행한 것이다.

KMST 재결서에 나타난 원인요인을 제 ①항-⑦항까지 분류하였고 ⑦항은 어느 항에도 해당되지 않는 요인으로 '해당 없음'으로 하였다. 분석결과 최대 빈도요인은 ④항으로 '당직 근무시간에 당직 외에 다른 작업'을 한 요인으로 121건(54.0%)으로 나타났다. 대표적인 사례로는 해도실에서 해도 개정작업, 타 선박과 오랜 교신 등이 해당 되었다. 다음 순위 빈도요인은 ①항의 졸음운항이, 세 번째 빈도요인은 ⑥항의 조타수 없이 당직항해사 1인이 당직근무를 한 경우였다. 기타 휴대폰 사용(유튜브 등의 동영상 시청, 저장 사진 확인 등), 당직 근무 중 잡담으로 인한 주의력 분산, 음주운항 등이 원인 요인으로 나타났다. 그 밖에도 당직근무 중 약 기연주, 커피 타는 행위, 잠시 자리를 비우는 사례 등으로 인하여 경계를 하지 않거나 상대선박의 존재 자체를 인지하지 못하여 충돌사고로 이어진 사례가 있었다.

Table 3. Frequency analysis result for paragraphs 1 and 2 of Table 2

Not look-out and recognizing the target ship (Detailed cause factors)	Count (%)
Total	224 (100)
① Drowsiness	34 (15.2)
② Drinking	8 (3.6)
③ Mobile phone use	12 (5.4)
<b>④ Perform other tasks</b>	<b>121 (54.0)</b>
⑤ Carelessness due to small talk	11 (4.9)
⑥ 1 person on duty only	20 (8.9)
⑦ Not applicable	18 (8.0)

##### (3) 분석 3: Table 3의 ①항 졸음관련 항해당직 시간대별 충돌 사고 분석

항해당직 시간대별 어느 시간대에 가장 사고가 많이 발생하였는지 파악하기 위하여 최근 10년(2010~2019년)간 항해당직 시간대별 발생한 충돌사고에 대한 빈도분석을 수행하였다(Table 4). 분석결과 1등 항해사 당직근무 시간인 04~08시간대의 새벽시간 중에 발생한 충돌사고가 총 235건(28.7%)으로 가장 많은 것으로 나타났다. 이 시간대는 통상 졸음이 많이 오는 시간대이다. 다음으로 3등 항해사 당직근무 시간인

08~12시까지의 오전 시간대가 156건(19.0%)으로 두 번째로 많이 발생한 것으로 나타났다.

육상의 도로교통과 시간대를 비교하면 도로교통에서 졸음운전으로 인한 교통사고 문제가 심각한 시간대는 연구마다 약간씩의 차이를 보이지만 대체로 자정에서 새벽 시간대가 가장 위험한 것으로 보고된바 있다.

미국 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration)의 보고에 따르면 주로 졸음운전이 많이 발생하는 시간대는 밤 21시에서 오전 6시 사이라고 하였다. 즉, 심야에서 새벽 사이의 시간이 전체 응답의 48%로 가장 많은 부분을 차지했다(Royal, 2003). 이를 종합해 보면 경계소홀의 주요 원인 중 하나는 ‘졸음’이며 이는 육상의 자동차 운전자의 경우와 유사하게 새벽시간대에 많이 발생하고 있어 충돌사고가 우려되는 주의해야할 시간대로 판단된다.

Table 4. Collision cases by duty times (2010-2019)

Duty times	OOW	Count (%)
00:00~04:00	2 <sup>nd</sup> mate	128 (15.6 %)
<b>04:00~08:00</b>	<b>1<sup>st</sup> mate</b>	<b>235 (28.7 %)</b>
08:00~12:00	3 <sup>rd</sup> mate	156 (19.0 %)
12:00~16:00	2 <sup>nd</sup> mate	134 (16.3 %)
16:00~20:00	1 <sup>st</sup> mate	87 (10.6 %)
20:00~24:00	3 <sup>rd</sup> mate	80 (9.8 %)
Total		820 (100 %)

### 3.2.2 분석결과 고찰

‘경계소홀’의 주요한 원인요인을 식별하기 위한 분석결과 ‘상대선박 초인 후 지속적인 감시소홀’로 나타났다(Table 2). 당직항해사는 COLREG 제 5조(경계)와 제 7조(충돌의 위험)에 따라 체계적인 레이더 관찰과 지속적인 육안경계를 통하여 충돌 가능성 여부를 지속적으로 확인하여야 하나 이러한 기본적 의무를 이행하지 않은 것으로 조사되었다. 특히, 관련된 제결서를 검토한 결과 다음에 예를 들은 대표적인 사례와 유사한 사례가 상당수 확인 되었다.

「화물선 S호(1,375톤)의 2등 항해사는 03:58경 충돌 해점부터 약 1.2마일 떨어진 위치에서 상대선(석유제품운반선, 1,595톤)을 발견하였으나 거주구역에 등화가 켜져 있어 레이더를 통한 상대선의 속력을 확인 하는 등 지속적 감시를 하지 않고 정선해 있다고만 생각하여 자동조타 항해를 계속하다가 충돌 40초 전에야 항해중인 선박임을 알게 되어 급 변침을 하였으나 충돌하였다.」 (KMST Investigation Report, 2019: Busan Maritime Safety Tribunal, No. 2020-063).

Table 2에서 ①항의 경계를 하지 않은 요인과 ②항의 상대선박의 존재를 인식하지 못한 원인과 관련하여, 항해사가 당직 중 경계 등 본연의 업무 외에 다른 일을 하는 경우, 그리고 당직 중 ‘졸음’요인은 항해사가 평소에 충돌예방을 위하여 반드시 유의해야 할 점들로 파악되었다.

특히, 항해사의 ‘졸음’ 요인과 관련하여 초급항해사 당직 근무 시간에 선장이 자주 선교를 방문하여 경각심을 주는 방안이 도움이 될 것이다. 또한 Table 4에서 ‘졸음’ 요인은 새벽시간대에 많이 발생하고 있고 이러한 요인이 인적과실로 이어져 충돌사고가 발생하고 있는 것으로 식별되었다.

육상의 고속도로 운전자의 경우에도 졸음이 교통사고 사망의 주요한 원인으로 나타났다. 한국도로공사 발표에 따르면 과거 3년(2017-2019년)간 고속도로에서 발생한 교통사고 사망자 617명 중 졸음 및 주시 태만이 428명(69.4%)으로 사망의 가장 많은 원인이었다(Korea transportation safety, 2020).

## 4. 인적과실 예방을 위한 충돌회피모델 개발

### 4.1 항해사의 인적과실 예방을 위한 HEPCA 모델

이절에서는 앞에서 분석한 결과를 반영하여 식별된 인적과실 요인을 예방하고 이러한 방법 적용결과 충돌회피를 위한 HEPCA 모델(Human Error Prevention Collision Avoidance Model)을 제안하였다. 본 모델의 적용은 항해중인 상선의 당직항해사를 대상으로 하였다. 모델의 주요 구성은 Fig. 6에서 ①항부터 ⑥항까지는 ‘경계소홀’ 원인요인과 관련된 예방 방안이며 ⑦항과 ⑧항은 ‘항행법규위반’ 요인과 관련된 예방 방안에 관한 내용으로 구성하였다.

#### (1) 인적과실 발생가능성을 인식하고 당직근무

당직항해사는 Fig. 3의 분석결과에서 보듯이 충돌사고의 98%가 운항과실로 인하여 발생하고 있다는 점을 유념하여 언제든지 인적과실이 발생할 수 있다는 점을 인식하며 당직에 임한다(Fig. 6의 ①).

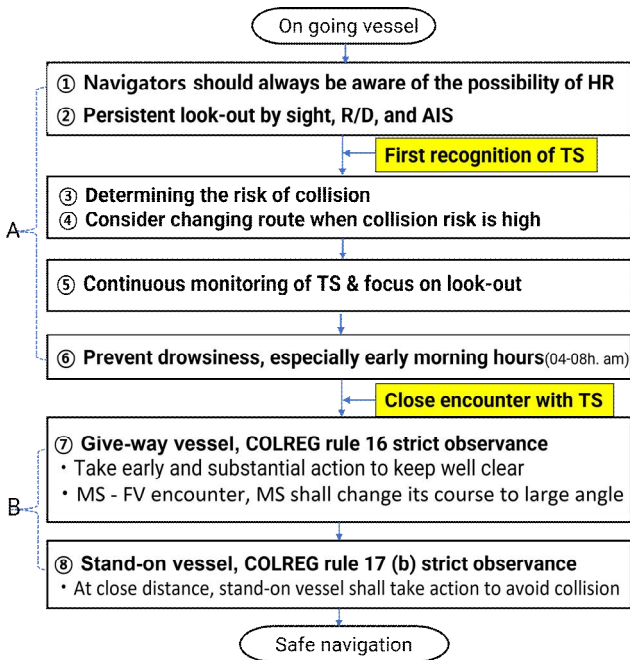
#### (2) 육안, 레이더, AIS 등 최적의 수단 이용 지속적 경계

Fig. 4에서 충돌의 최대 빈도요인이 ‘경계소홀’ 기인하므로 충돌예방을 위하여 가능한 모든 최적의 수단을 이용하여 지속적으로 경계한다(Fig. 6의 ②).

#### (3) 상대선 초인 시 신속히 충돌의 위험성 판단

제 3.2.1절에서 상대선 초인 후 충돌의 위험성을 판단하지 않거나 오판하는 등의 경계소홀이 사고로 이어지는 경우가 많았기에 상대선 초인 시에는 신속하게 충돌의 위험성을 판단한다(Fig. 6의 ③).





※ Explanatory notes: A: Related to maintaining proper look-out, B: Related to violation of navigation laws  
 ※ Acronyms: HR: Human Error, R/D: Radar, AIS: Automatic Identification System, TS: Target Ship, MS: Merchant Ship, FV: Fishing Vessel

Fig. 6. HEPCA Model.

**(4) 통항선 밀집 등 충돌 고 위험시 항로변경 고려**

선박 교통량이 많아 충돌의 위험성이 높아지는 경우라고 판단되는 경우 또는 여러 선박들이 충돌의 고 위험으로 판단되는 경우에 기존 항로의 변경을 고려한다(Fig. 6의 ④).

**(5) 상대선과 충돌위험성 소멸까지 지속 감시, 경계**

상선의 충돌 최대빈도 원인요인이 경계소홀(제 3.1.3절)이었고 경계소홀의 세부 원인요인은 ‘상대선 초인 후 지속적 감시 또는 관찰 소홀’로 식별(Table 2)되었기 때문에 당직항해사는 상대선박 발견 후 레이더의 알파(ARPA) 기능을 이용한 체계적인 레이더 관찰과 활용 및 전자해도(ECDIS), AIS 등의 적절한 사용과 지속적 육안경계를 병행하여 지속 감시를 한다. 이는 상대선박과 충돌의 위험성이 완전히 소멸 될 때 까지 하여야 한다(Fig. 6의 ⑤). 상대선박에 대한 충돌 회피조치를 취한 때에는 COLREG 제8조 (d)항에 따라 상대선이 본선을 통과하여 충돌의 위험성이 완전히 사라질 때까지 충돌 가능성을 지속 확인하고 필요시에는 추가로 과감한 회피 조치를 취하여야 한다.

**(6) 새벽 시간대 졸음에 대한 경각심 강화**

제 3.2.1절의 분석 3에서 졸음으로 인하여 충돌사고로 이어지는 경우가 많았고 특히 새벽시간대인 04시-08시에 충돌이 가장 많이 발생하는 것으로 식별되었다. 또한 고속도로 사망사고 원인도 10명 중 7명은 졸음, 주시태만이 원인인 것으로 보고되었다. 따라서 충돌로 이어지는 인적과실의 주요 원인요인 중 하나임을 유념하고 당직 중 졸지 않도록 다양한 방안을 마련한다(Fig. 6의 ⑥). 충돌사고가 자주 발생하는 새벽시간대 또는 야간, 그밖에 선박 통항이 빈번한 연안 항해 중에는 선장이 수시로 선교를 방문하여 확인하는 것도 안전항해를 위한 방안이 될 것이다.

**(7) 피항선의 적극적 충돌회피 의무를 충실히 이행**

Fig. 6의 제 ⑦항부터는 항행법규위반 요인에 대한 예방방안에 관한 내용이다. COLREG 제16조를 충실히 이행해야 한다. COLREG 준수는 항해사가 기본적으로 준수해야 할 당연한 내용이다. 그러나 제 3.1.2절에서 과거 12년간 발생한 상선 충돌사고 분석결과 운항과실이 98%로 나타났듯이 KMST 재결서를 살펴보면 COLREG 미 준수가 대부분의 충돌사고 원인인 것이 현실이다.

**가. 피항선은 충돌회피를 위해 조기에 대각도 변침**

피항선은 충돌회피를 위하여 충분한 여유를 두고 조기에 대각도 변침을 하여야 하는 것이 기본적 의무이다(Fig. 6의 ⑦). 그러나 재결서 상 피항선 항해사의 과실 행동을 살펴보면 상대선을 육안 관측하였으나 레이더 관측으로 충돌 위험성 유무를 미리 확인하기 위한 체계적인 관측을 하지 아니하고 자선이 피항선임에도 충분히 여유 있는 시기에 상대선의 진로를 피하기 위한 피항동작을 취하지 않는 경우가 대부분이었다. 그리고 상대선이 더욱 가까워져 충돌이 임박해 서야 키 전타를 지시하고 대각도 변침을 하나 적시를 놓친 사례가 상당수 확인되었다.

**나. 상선-어선 간 조우시 상선이 조기에 대각도 변침**

대형 상선이 소형 어선을 조우할 경우, 막연히 조종성능이 좋은 소형어선이 피해갈 것이라고 예단하여 충돌이 발생한 사례가 다수 조사되었다. 따라서 이러한 경우에 비록 어선이 피항선에 해당하고 상선이 유지선에 해당하더라도 어선은 조업이나 어로작업 또는 적절한 항해기 등 미비 등으로 상선을 조기에 인지하지 못하는 경우가 많으므로 대형 상선이 가능한 한 조기에 충분한 시간을 두고 피항 조치토록 제안한다. 또한 어선에서 명확히 식별 할 수 있도록 대각도 변침에 의한 회피조치가 적절할 것이다(Fig. 6의 ⑦).

**(8) 유지선의 적극적 피항협력동작, 피항선에 대한 오관유의**

제 3.1.4절(분석결과 고찰)에서 유지선의 ‘적절한 피항협력 동작 미 이행’이 항행법규위반 원인요인의 상당수를 차지하는 것으로 나타났다. 이는 당직항해사가 상대선인 피항선이 당연히 피항할 것으로 판단하거나 충돌의 위험이 없는 것으로 오관한 경우로 유지선은 COLREG 제 17조에 따라 양선박이 근접하여, 피항선의 동작만으로 충돌을 피할 수 없다고 판단할 때에는 충돌을 피하기 위한 최선의 협력동작을 취하여야 한다. 따라서 유지선의 항해사는 피항선이 회피 기동을 하지 않는다고 판단될 때에는 적시에 ‘적절한 피항협력 동작’을 수행하여야 하고 이때에 가능한 한 대각도 변침이 요구된다.

**(9) 초급 항해사에 대한 항법 시뮬레이션 교육 강화**

Fig. 4에서 항행법규위반 원인요인이 두 번째로 높은 빈도의 충돌원인으로 나타났으므로 각 상선에서는 초급항해사에 대하여 자체적인 항행법규(COLREG 및 해사안전법) 교육 및 확인점검과 필요시에 해양수산연수원 등에 교육조치(COLREG 등 항법관련 시뮬레이션 교육프로그램) 등의 방법으로 항행법규위반으로 인하여 발생할 수 있는 충돌사고를 방지하여야 하겠다. 특히, 피항선 및 유지선의 의무위반이 가장 많은 위반사례로 나타났으므로 COLREG 제 16조와 17조에 대한 중점 교육이 필요한 것으로 판단된다.

또한, 최근 국적선박에도 외국인 항해사 고용이 늘어나고 있는 추세이다. 따라서 이들에 대하여 국내 항만 및 연안 해역별 선박 통항 특성 등 항로관련 정보를 사전에 충분히 제공할 필요가 있다.

**4.2 HEPCA 모델을 과거 충돌사례에 적용**

본 절에서는 앞에서 제시한 HEPCA 모델을 과거의 실제 충돌사건에 적용하여 보았다. 충돌사건은 KMST 재결서를 검토하여 피항선이 상선인 경우의 사건을 대상으로 하였다.

**4.2.1 충돌사건 개요 및 항법적용**

**(1) 충돌사건 개요**

2019년 8월 00일 22시 51분경 시계가 양호한 야간에 통영시 추도 남방 해상에서 항행 중이던 일반화물선 A호(5,591톤)와 낚시어선 B호(6.11톤)가 충돌한 사건을 대상으로 하였다(KMST Investigation Report, 2019: Busan Maritime Safety Tribunal, No. 2019-063).

Fig. 7은 화물선 A호와 어선 B호의 충돌상황도이다. 당시 A호는 침로 94도, 속력 7노트로 항해 중이었고, B호는 침로 38도, 속력 15노트로 항해 중이었다. 기상은 파고 1미터, 시정은 4 해리 이상으로 양호하였다. 22:45경 화물선 A호의 조타수와 항해당직을 서고 있던 3등 항해사는 자선(Own ship)

의 우현에서 자선의 진로방향으로 항행하고 있는 B호를 육안으로 초인하였다. 이 후 B호가 A호의 진행방향으로 변침없이 항해하자 기적을 올림과 동시에 자동조타에서 수동 조타로 전환하여 좌현전다 한 후 주기관을 전속 후진하였으나 A호의 우현 선수와 B호의 좌현선수가 교각 56도로 충돌하였다.

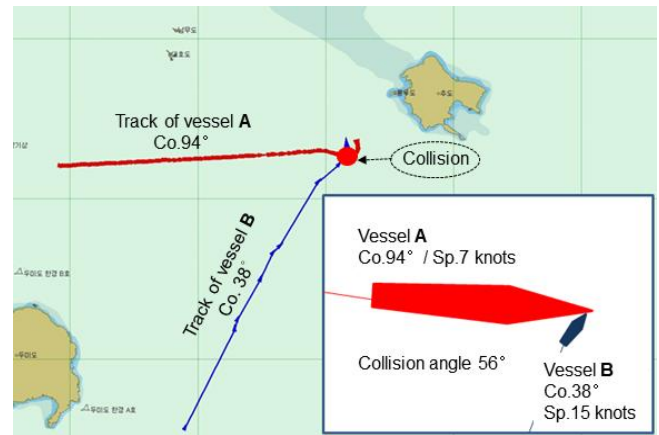


Fig. 7. Collision situation chart.

B호의 선장은 22:30경 낚시를 마친 후 귀항 중 레이더 및 육안으로 진로 좌현의 A호를 초인하였으나 동태를 살피는 노력을 기울이지 않고 정박선 중 한 척으로 생각하였고 양선박이 점차 가까워졌지만 인지하지 못하고 항해하다, A호의 선미와 선수를 헛갈려 선미를 통과하고자 변침하였으나 실제로는 A호의 전방으로 변침하게 되어 결국 충돌하였다.

**(2) 항법 적용**

**가. 양 선박은 피항선과 유지선의 각 의무를 미 이행**

양 선박이 상대의 진로를 횡단하고 있었기 때문에 해사안전법 제73조(횡단하는 상태)에 따라 A호가 피항선이 되어 B호의 진로를 피하여야 하고, B호는 유지선이 되어 충돌을 피하기 위하여 충분한 협력을 하여야 한다. 그러나 양 선박은 피항선과 유지선의 각 의무를 이행하지 않았다.

**나. A호 당직항해사의 경계소홀**

선박은 다른 선박과의 충돌의 위험을 판단할 수 있도록 경계를 하여야 한다(해사안전법 제63조). A호 당직항해사는 충돌 5분전에 우측에 있는 B호를 발견하였기 때문에 충돌을 피하기 위하여 충분한 시간을 두고 대각도로 변침을 하였어야 하나 막연히 상대선이 소형어선으로 미리 피해갈 것이라고 예단하고 충분한 피항동작을 취하지 못하였다. 이러한 당직항해사의 경계소홀은 충돌사고의 주요한 원인으로 작용하였다.



**다. B호 선장의 피항 협력동작 미흡**

유지선은 피항선과 매우 가깝게 접근하여 해당 피항선의 동작만으로 충돌을 피할 수 없다고 판단하는 경우에는 충돌을 피하기 위하여 충분한 협력을 하여야 한다(해사안전법 제75조 제3항). B호 선장은 충돌 10분전에 좌측에서 자선의 진로를 향해 항행하고 있는 A호를 발견하였으나 상대선의 항해등조차 확인하지 아니하여 항행 중인 A호를 정박선으로 인식하였으며, 계속 본선으로 접근하는 것을 인식하지 못하였고 상대선의 선수미를 헛갈려서 오히려 선미 쪽으로 생각하여 선수 쪽을 향해 변침한 과실이 있다.

**4.2.2 제 4.1절의 HEPCA 모델 적용**

이 절에서는 HEPCA 모델을 제 4.2.1절에 제시된 충돌사건 사례에 적용하여 보았다.

**(1) 경계소홀 원인요인 예방**

첫째, HEPCA 모델을 적용하면 당직항해사는 출항 시부터 항해 중 항상 인적과실 발생 가능성을 인식하고 당직근무에 임하게 되어(제 4.1절의 ①항) 경각심을 갖게 되며, 육안, 레이더 및 AIS 등 적절한 수단을 이용하여 지속적으로 경계하여 조기에 B호를 인지하게 되고 B호 인지 후에는 충돌의 위험성을 판단하고 충돌이 가능함을 인식하여 항해기기 등을 이용하여 지속적으로 상대선을 감시하는 등지 지속적 경계를 하게 된다(Fig. 6의 ①, ②, ③).

둘째, 상선이든 어선이든 불문하고 선박들은 주로 다니는 항로의 특성을 잘 파악하고 교통량이 늘어 충돌의 위험성이 높아지는 경우라고 판단되는 경우에는 항로의 변경을 고려해 볼 것을 제안하였다. 이를 적용한다면 A호의 3등 항해사는 야간항해 상황이며 주위에 정박선이 다수 있는 연안항해 상황임을 감안하여 기존 항로를 약간 변경하여 연안에서 좀 더 이격되고 선박 통항이 비교적 적은 항로를 택하여 항해할 수 있게 된다(Fig. 6의 ④).

**(2) 항행법규위반 원인요인 예방**

첫째, 상대선인 B호와 근접 조우 시에 상선인 A호의 항해사는 어선과 근접 조우 시 피항선 여부를 불문하고 막연히 조종능력이 좋은 소형어선이 피해갈 것이라고 예단하지 않고 가능한 한 충분한 시간을 두고 회피조치를 하게 되고 이 경우에 어선에서 명확히 식별 할 수 있도록 대각도 변침에 의한 회피조치를 하게 된다(Fig. 6의 ⑦). 또한 Fig. 6의 ⑧에 따르면 유지선인 B호의 경우에 피항선인 A호에서 충돌 회피 조치가 없더라도 적극적 피항협력동작을 이행하여 충돌을 피할 수 있다.

둘째, 제 4.1절 ⑨에 초급 항해사에 대한 항행법규 및 충

돌 회피 조치에 관한 충분한 시뮬레이션 교육 등이 필요함을 제안하였다. 본 사례에서 상선 A호의 당직항해사가 초급 항해사인 3등 항해사였으므로 평소에 항행법규에 관한 교육을 강화하여 COLREG에 대한 전문지식과 경험이 풍부하다면 회피동작을 조기에 적극적으로 취할 수 있을 것이다.

**5. 결 론**

본 연구는 2010년부터 2021년까지 12년간 발생한 상선 충돌사고 재결서를 조사하여 668건에 대한 충돌의 원인요인 데이터를 조사하고 이에 대한 빈도분석을 수행하여 항해사의 인적과실로 야기되는 충돌을 방지하기 위한 HEPCA모델을 제안하였다.

12년간이라는 장기간의 데이터를 사용한 이유는 통계분석의 신뢰성과 타당성을 높이고자 한 것이고 상선을 중심으로 분석하여 당직항해사의 인적과실 원인요인을 세부적으로 파악하였다. 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 상선의 충돌사고 원인 중 항해사의 인적과실 비율은 충돌사고 668건 중 654건이 운항과실로 나타나 98%를 차지하였으며,

둘째, 1단계 분석인 충돌의 최대 빈도 원인요인 식별에서 최대 빈도 원인요인 순으로 경계소홀 > 항행법규위반 > 조선 부적절 > 당직근무 태만 요인 순이었다. 특히, 최대빈도 원인요인인 경계소홀은 65.4%로 나타나 항행법규위반(17.8%) 요인에 비하여 현저하게 높게 나타났다. 또한 위의 네 가지 요인의 순서는 상선의 모든 유형의 사고 분석결과와 비교해도 동일한 순서로 나타나 충돌 원인요인 중 가장 중요성이 높은 요인들로 식별되었다.

셋째, 1단계 분석에서 최대 빈도 원인요인인 경계소홀 요인에 대한 세부 분석결과, 상대선박 초인 후 지속적 감시 소홀요인이 가장 빈도가 높았다. 또한, 상대선박을 인지하지 못했거나 미 경계의 원인은 당직근무 중 다른 작업 수행, 졸음, 1인 당직, 휴대폰 사용 등의 빈도순으로 식별되었다. 특히, 졸음요인관련 과거 10년간 충돌사고는 1항사 당직시간 대인 04-08시 사이에 가장 많이 발생한 것으로 나타나 새벽 시간대 졸음예방이 중요한 것으로 판단되었다.

이상의 분석결과에서 빈도가 높은 충돌원인으로 나타난 요인들을 대상으로 항해사의 인적과실을 예방함으로써 충돌을 방지 및 회피하기 위한 HEPCA 모델을 제안하였고 모델은 충돌사고의 빈도가 높게 나타난 원인 요인들인 경계소홀 및 항행법규위반 원인요인에 대한 예방 방안과 관련된 내용으로 구성하였다. 본 모델을 KMST 재결서 상의 대표적인 충돌사고 사례에 적용해 본 결과 항해 상황에서 적용한다면 충돌 회피 등 방지가 가능한 것으로 검토되었다.

연구결과 충돌사고의 98% 이상이 항해사의 인적과실 기인의 현실에서 향후에도 충돌방지를 위한 연구는 선박의 외적요인에서 찾기 보다는 선박을 조종하는 항해사의 인적요인 측면에 보다 초점이 맞추어야 할 것으로 판단된다.

서론에서 언급한 바와 같이 충돌사고는 실무에서 항해사가 당직근무 중 COLREG를 충실히 준수한다면 일정비율의 예방이 가능하겠지만 선박을 조종하는 주체가 인간이라는 점에서 언제든지 인적과실이 개입할 여지가 있으므로 단편적으로 모든 항해사가 COLREG를 잘 준수하기만을 기대하기란 현실적으로 어렵다고 할 수 있다.

본 연구의 의의는 과거 12년의 장기간 발생한 충돌사고 데이터를 모집단으로 하여 충돌의 원인요인 추출 데이터의 신뢰성과 타당성을 확보하였다는 점과 분석결과인 항해사의 인적과실과 관련된 원인요인을 적용하여 충돌 회피방안을 제안하였다는 점에서 연구의 중요성과 의의가 있다고 할 수 있다.

더욱이 최근 전 세계적으로 활발하게 연구되고 있는 자율 운항선박(Maritime Autonomous Surface Ships: MASS)이 머지않아 등장하더라도 대부분의 선박은 유인 선박일 것이고 자율 운항선박의 운항도 완전한 무인선박 기술이 등장하기 전까지는 육상의 원격 운항자가 통제 하여야 하므로 이러한 분야에서 역시 인적과실이 개입될 수 있는 것이다.

본 연구결과는 해기사 교육기관에서 항해사의 인적과실 기인 충돌사고 방지를 위한 교육 자료로 활용과, 실무에서 항해사의 충돌회피에 적용이 가능할 것으로 기대된다.

본 연구에서 제안한 HEPCA 모델은 향후에도 계속 연구되어 발전되어야 할 과제이며, 선박 충돌사고로 부터 귀중한 생명과 재산을 보호하기 위하여 선박을 조종하는 선장과 항해사의 인적과실 감소를 위한 다양한 학계의 연구가 앞으로도 계속되기를 기대한다.

## References

- [1] Acar, U., R. Ziarati, and M. Ziarati(2012), Collisions and Groundings - Major causes of accidents at sea, <http://www.marifuture.org/Publications/Papers>, pp. 48-51.
- [2] Catherine, H. and F. Rhona(2006), Safety in shipping: The human element, *Journal of Safety Research*, Vol. 37, No. 4, pp. 401-411.
- [3] Chin, H. C. and K. D. Ashim(2009), Modeling perceived collision risk in port water navigation, *Safety Science*, Vol. 47, pp. 1410-1416.
- [4] COLREG(2005), COLREGS - International Regulations for Preventing Collisions at Sea, Lloyd's Register Rulefinder 2005, Ver. 9.4, June 30, 2013.
- [5] Dhillon, B. S. and S. N. Rayapati(1988), Human Performance Reliability Modelling. *Microelectronics and Reliability*, Vol. 28, No. 4, pp. 573-580.
- [6] IBM SPSS Statistics, Ver. 21.0(2011).
- [7] KMST(2010-2021), Korea Maritime Safety Tribunal, Statistics of Marine Casualties, Sejong, pp. 1-28.
- [8] KMST Investigation Report(2021), Korea Maritime Safety Tribunal, Investigation Report, <https://data.kmst.go.kr/kmst/verdict/writtenVerdict/selectWrittenVerdict.do>.
- [9] KMST Investigation Report(2019), Korea Maritime Safety Tribunal, Investigation Report, <https://data.kmst.go.kr/kmst/verdict/writtenVerdict/selectWrittenVerdict.do>.
- [10] Korea transportation safety(2020), authority news release, [https://www.kotsa.or.kr/portal/bbs/report\\_view.do?menuCode=05010200&bbscCode=report&bbscSeqn=15530](https://www.kotsa.or.kr/portal/bbs/report_view.do?menuCode=05010200&bbscCode=report&bbscSeqn=15530).
- [11] Pasquale V. D., S. Miranda, R. Iannone, and S. Riemma (2015), A Simulator for Human Error Probability Analysis (SHERPA), *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 139, pp. 17-32.
- [12] Perez, A., A. Carl, and C. Rafael(2011), The Sinking of the MV Doña Paz - I. An analysis of the event. *Acta medica Philippina*. 45.
- [13] Reason, J.(1990), *Human Error*, New York, NY: Cambridge University Press, pp. 1-302.
- [14] Rothblum, A.(2000), *Human Error and Marine Safety*. Presented at the Maritime Human Factors Conference 2000, Linthicum, MD, March, pp. 13-14.
- [15] Royal, D.(2003), National survey of distracted and drowsy driving attitudes and behavior:2002. Report No. DOT HS 809 566, Washington DC.:National Highway Traffic Safety Administration.
- [16] Youn, D. H. and I. K. Shin(2017), Correlation Analysis of Cause factor through Ship Collision Accident, and Cause factor Analysis through Collision Time, *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 23, No. 1, pp. 026-032.

Received : 2022. 05. 16.

Revised : 2022. 06. 20.

Accepted : 2022. 10. 28.