JESK J Ergon Soc Korea 2018; 37(1): 1-13
http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2018.37.1.1
http://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Analysis of Causes of Collision Caused by Human Error of Captain and OOW in Ship Collision Accidents

Dae Sik Kim

Mokpo National Maritime University, Department of Maritime Transportation System, Mokpo, 58628, Korea

선박충돌사고에서 선장과 당직항해사의 인적 오류에 의해 야기된 충돌원인 요인 연구

김 대 식

목포해양대학교 대학원

Corresponding Author
Dae Sik Kim
Mokpo National Maritime University,
Department of Maritime Transportation
System, Mokpo, 58628, Korea
Mobile : +82-10-5065-7720
Email : star7007@hanmail.net

Received : November 12, 2017
Revised : December 06, 2017
Accepted : December 10, 2017

Copyright@2018 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Objective: The purpose of this study is to contribute to the reduction of human error of captain and OOW for prevention of ship collision accident by investigating and statistically analyzing the factors of human error of the captain and OOW.

Background: Ship collision accidents tend to increase every year, and the cause of ship collision in recent 7 years is 98% due to human error. However, there are few studies on the cause of navigation officer's human error in the ship collision accident.

Method: This study collected and analyzed data of ship collision accident 109 cases, 218 ships and 218 captain and OOW from passenger ships and merchant ships over 500 tons from 2010 to 2016. Through cross tabulation analysis, causes of human errors in OOW were identified in ship collision situations.

Results: As a result of analyzing the cause of collision caused by the OOW on 134 vessels, the main cause of give-way vessels were the neglect of lookout and watch-keeping (63.8%). The stand-on vessel did not carry out appropriate cooperation activities (64.6%). In the case of the captain, the most frequent cause of collision was the neglect of lookout and watch-keeping (46.4%). The first mate (45.2%) did not take appropriate cooperative action. In the case of the second and third mate, the cause of collision was the neglect of lookout and watch-keeping. The lookout neglect factor was the common cause in the give-way vessel and the stand-on vessel (51.5%).

Conclusion: When encountering another vessel during the voyage, it is necessary to navigate thoroughly with naked eyes and radar, looking for the other vessel, and the maneuver to avoid collision should be active operation at a sufficient time. In this study, 109 cases of ship collision were caused by human error of captain and OOW. It is suggested that the captain and the second mate should pay special attention to the voyage because there are a relatively large number of cases in which the lookout was neglected.

Application: The results of this study can be used to present guidelines for preventative measures for the captain and navigation officers in shipping industry including navigation safety and education/training.

Keywords: Human error, Officer of the Watch (OOW), Ship collision accident, Give-way vessel and Stand-on vessel, Cross tabulation analysis, Cause factor

1. Introduction

선박 운항 중 발생하는 충돌, 전복, 침몰 등의 각종 해양사고는 심각한 인명과 재산상의 피해와 함께 해양오염을 일으키게 된다. 이러한 선박으로 인한 해양사고유형 중 특히 충돌사고는 상당한 인명과 재산피해가 발생하므로 선박운항자인 당직항해사의 인적 오류(Human error)에 기인하는 충돌 원인에 대하여 심층적인 연구가 필요하다고 평가된다.

중앙해양안전심판원 자료(KMST Statistical Yearbook, 2017)에 따르면 2016년부터 2016년까지 7년간에 발생한 선박충돌사고의 발생 원인에 대한 분석결과 당직항해사의 경계소홀 및 적시에 충돌회피동작을 이행하지 않는 등 인적 요인(Human factor)에 의한 인적 오류 기인사고가 전체 선박충돌사고의 98%를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

해외연구에서도 인적 오류가 해양사고의 주요 원인으로 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 인적 오류 기인이라고 보고하고 있다. 이러한 현실에 비추어 선박충돌사고 예방을 위해서는 인적 요인에 해당하는 선장(Captain)과 당직항해사(Officer of the Watch: OOW)에 의한 선박 충돌야기 원인과 관련된 심층적인 연구가 필요하며, 이를 기반으로 인적 오류로 유발되는 선박충돌사고에 대한 예방노력이 중요하다.

인적 오류는 최근에 해외에서 활발하게 연구되고 있으며 관련된 연구로 Rasmussen (1983)은 인간이 행동하는 기반을 Skill-based, Rule-based, Knowledge-based로 구분한 SRK 이론을 제안하였고, Endsley (1995)는 항공기 조종사들의 상황인식 과정을 설명한 상황인식(Situation Awareness: SA) 이론을 제안하였다. 또한 Reason (1990)은 안전하지 않은 행위를 Slips, Lapses, Mistakes, Violations의 네 가지 유형으로 분류한 SLMV 모델을 발표하였다.

해운분야에서 OOW의 인적 오류와 관련된 연구는 해외에서 1990년대부터 본격적으로 진행되고 있으며, 주로 인적 오류의 원인과 평가에 관한 연구(Catherine and Rhona, 2006)가 많으며, 실제 선박충돌사례를 조사하여 OOW의 인적 오류에 의한 충돌 원인 관련 연구는 적은 실정이다.

본 연구는 선박의 종류 중 특히 상선(Merchant ship)에서 선박운항자인 선장과 당직항해사의 Human error에 의한 충돌사고 원인 분석에 초점을 두고 2010년부터 2016년 까지 7년간의 상선과 상선, 상선과 어선간의 선박충돌사고 총 109건 218척(상선 134척, 어선 84척)에 대하여 국제해상충돌예방법규(COLREGS: International Regulations for Preventing Collisions at Sea)에 따른 피항선과 유지선으로 구분하여 발생 원인을 조사하여 충돌 당시 선장과 OOW의 인적 오류에 의하여 충돌이 일어난 세부 원인을 분석하였다.

국내에서 선박충돌사례와 관련된 선행연구는 많지 않으며 주로 충돌 원인 요소에 대한 단순한 분석에 관한 것이다. Youn and Shin (2017)은 선박충돌사고 원인 요소들간 상관관계를 분석하고 충돌사고는 경계소홀, 상대선박 감시소홀과 졸음항해, 음주운항이 연관된 원인 요소라고 제시하였다.

본 연구에서는 한 건의 충돌사고에서 두 가지 이상의 인적 오류와 관련된 충돌 원인이 복합적으로 발생하는 것으로 조사되어 이를 세부적으로 분석하였으며 충돌의 주요 원인 요인들을 경계소홀, 미 경계 요인 및 당직근무 태만 요인으로 세분하여 Human factor에 해당하는 OOW와 교차분석을 실시하여 인적 오류로 야기되는 충돌 원인을 상세히 파악하였으며 상선에 대하여 피항선(Give-way vessel)과 유지선(Stand-on vessel)으로 구분(Figure 1)하여 각각에 대한 분석을 실시한 점이 특징이다.

본 연구의 목적은 국내 선박충돌사고 사례를 대상으로 충돌사고 당시 선장과 OOW의 Human error에 의한 충돌사고 원인을 조사하고 이를 통계적으로 분석하여 충돌 원인 요인을 상세히 밝힘으로써 선박충돌 예방에 관한 기초 자료를 제공하는 것이다.

2. Method

2.1 Definition of give-way vessel and stand-on vessel

국제해상충돌예방규칙(COLREGS, 2005)에 따르면 두 척의 동력선이 서로 진로를 횡단하여 충돌의 위험이 있을 경우에 다른 선박을 우현 측에 두고 항해하는 선박이 다른 선박의 진로를 피해야 하는데, 이때 다른 선박을 우현 측에 두고 있어 먼저 피해야 하는 우선순위를 가진 선박을 피항선(Give-way vessel)이라 한다. 피항선이 유지선(Stand-on vessel)의 진로를 피하여야 할 경우 유지선은 그 침로 및 속력을 유지하여야 한다. 하지만 유지선에게 피항의 의무가 없는 것은 아니다. 이유는 불문하고 유지선은 양선이 아주 가까이 접근하였기 때문에 피항선의 동작만으로 충돌을 피할 수 없다고 판단할 때에는 충돌을 피하기 위한 최선의 협력동작을 취하여야 한다.

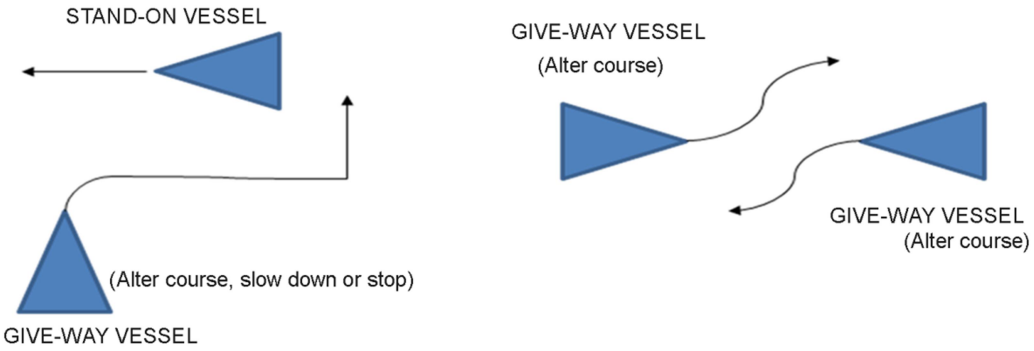


Figure 1. Conceptual diagram of the give-way vessel and stand-on vessel

2.2 Data collection

본 연구는 중앙해양안전심판원의 2010년부터 2016년 까지의 기간에 걸친 상선과 상선, 상선과 어선간의 선박충돌사고 재결서(Investigation Report)를 조사하여 피항선과 유지선의 어느 한쪽이 총톤수 500톤 이상인 화물선과 선박종류가 여객선인 경우에는 톤수와 관계없이 모두 포함하여 총 109건 218척의 충돌사례에 대하여 충돌 당시 선박운항자인 선장과 당직항해사의 인적 오류 원인을 분석대상으로 하였다(KMST Investigation Report, 2017).

분석대상 선박 분포는 상선이 134척이고 어선은 84척이며 피항선과 유지선은 각각 109척이다. 500톤 이상의 화물선을 분석대상으로 한 이유는 대부분의 화물선이 500톤 이상이며 여객선의 경우에 톤수와 관계없이 모두 포함한 것은 다수 인명피해가 예상되는 다중 이용선박임을 감안하였다.

2.3 Data analysis

본 연구에서는 선장 및 당직항해사(1등 항해사, 2등 항해사, 3등 항해사)를 독립변수, OOW의 인적 오류에 의하여 야기된 선박충돌 원인 요인을 종속변수로 하여 연관성 여부를 검정하기 위하여 교차분석을 실시하였다. 또한 상선에서 OOW의 인적 오류 유발 요인 중 가장 많은 빈도를 보이는 경계소홀 원인 요인에 대하여 경계소홀의 유형, 미 경계 원인, 당직근무 태만 원인 요인과 OOW 변수간 교차분석을 실시하였으며 통계적 검정은 통계패키지인 SPSS version 21.0 (SPSS Statistics, 2011)을 이용하였고 유의수준은 0.05를 적용하였다(Song, 2014).

3. Results

3.1 Analysis of ship types and the distribution of OOW

3.1.1 Ship type analysis

Table 1은 분석대상 선박 총 218척에 대한 빈도 분포표이다. 상선은 총 134척(61.5%)이고 어선이 84척(38.5%)이며 피항선 분포는 상선이 69척(51.5%), 어선이 40척(47.6%)이며 유지선은 상선이 65척(48.5%), 어선이 44척(52.4%)으로 나타났다(KMST Investigation Report, 2017).

Table 1. Ship type classification [ship (%)]

Ship type	Total	Give-way vessel	Stand-on vessel
Merchant ship	134 (61.5)	69 (51.5)	65 (48.5)
Fishing boat	84 (38.5)	40 (47.6)	44 (52.4)
Total	218 (100.0)	109 (50.0)	109 (50.0)

3.1.2 Analysis of the distribution of captain and OOW

Table 2는 상선 134척(어선 84척 제외)만을 대상으로 OOW의 분포를 나타낸 것으로 선장이 51명(38.1%)으로 가장 많고 1등 항해사가 42명(31.3%), 2등 항해사는 31명(23.1%) 순이다. 선장의 빈도가 높은 이유는 어선의 경우에 84척(38.5%) 모두가 선장이 항해당직 근무를 하였기 때문이며 상선의 경우에는 통상 1만 톤 미만 선박에서 해기사 부족으로 선장과 항해사 두 명이 교대로 항해당직 근무를 하는 경우가 많았고 항구에 입항과 출항의 때와 선박의 통항이 빈번한 해역에서 선장이 직접 조선을 하였기 때문으로 나타났다.

Table 2. Captain and OOW classification of merchant ship [ship (%)]

Ship type	Total	Give-way vessel	Stand-on vessel
Captain	51 (38.1)	27 (39.1)	24 (36.9)
First mate	42 (31.3)	20 (29.0)	22 (33.8)
Second mate	31 (23.1)	16 (23.2)	15 (23.1)
Third mate	10 (7.5)	6 (8.7)	4 (6.2)
Total	134 (100.0)	69 (100.0)	65 (100.0)

3.2 Analysis of causes of ship collision caused by human error of captain and OOW

3.2.1 Causes of ship collision caused by captain and OOW

Table 3은 Human error에 의해 야기된 선박충돌의 원인 요인에 대한 빈도분석 결과이다. Total에서 A. 다른 선박에 대한 경계소홀 요인이 56척(41.8%)으로 가장 많고, B. 적절한 피항협력동작을 하지 않은 요인이 42척(31.3%), H. 상대선박을 인지(Perception)한 후 지속적으로 상대선의 동향을 관찰하지 않아 충돌사고로 이어진 요인이 22척(16.4%) 순으로 나타났다.

피항선과 유지선에 대한 분석결과 피항선은 A. 경계소홀이 44척(63.8%)으로 가장 많고, H. 상대선박 초인 후 지속관찰 소홀 요인이 17척(24.6%) 순이다. 유지선의 경우에는 B. 적절한 피항협력동작 미 이행이 42척(64.6%)이며 A. 경계소홀이 12척(18.5%) 순으로 나타났다.

Table 3. Causes of ship collision caused by captain and OOW

Causes of chip collision caused by Human Error	Total	Give-way vessel	Stand-on vessel
	Frequency (%)	Frequency (%)	Frequency (%)
Total	134 (100.0)	69 (100.0)	65 (100.0)
A. Negligence of lookout & watch-keeping	56 (41.8)	44 (63.8)	12 (18.5)
B. Failure to take appropriate cooperative action	42 (31.3)	0 (0.0)	42 (64.6)
C. Unsuitable maneuvering	4 (3.0)	4 (5.8)	0 (0.0)
D. COLREG violation	1 (0.7)	0 (0.0)	1 (1.5)
E. Opponent ship situation misjudgment	1 (0.7)	0 (0.0)	1 (1.5)
F. Inadequate pre-sailing preparation	1 (0.7)	1 (1.4)	0 (0.0)
G. Poor selection of ship's course	1 (0.7)	0 (0.0)	1 (1.5)
H. Ignore continuous monitoring of opponent vessels	22 (16.4)	17 (24.6)	5 (7.7)
I. Failed to predict situation	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
J. Etc	2 (1.5)	0 (0.0)	2 (3.1)
K. BRM failure	4 (3.0)	3 (4.3)	1 (1.5)

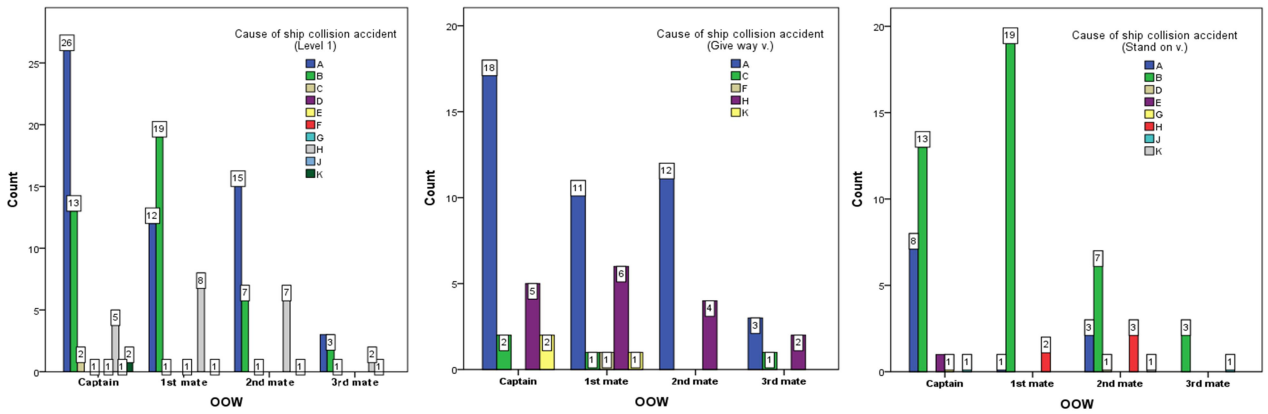
3.2.2 Cross tabulation analysis between causes of collision and OOW

Table 4는 Table 3의 Total에 대하여 선장 및 OOW와 열 한가지 Human error 야기 원인 요인간 교차분석 결과이며 통계적으로 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다($\chi^2=27.745$, $p=0.424$). 선장은 A. 경계소홀이 26명(46.4%)으로 가장 많고, 1등 항해사는 B. 적절한 피항협력동작 미 이행이 19명(45.2%)으로 가장 많았다. 2등 및 3등 항해사는 A. 경계소홀이 가장 많은 원인 요인으로 나타났다.

Figure 2. (b)의 피항선에서는 선장과 OOW 모두 A. 경계소홀이 가장 많은 요인으로 나타난 점이 특징이며 (c)의 유지선은 선장과 OOW

Table 4. Cross tabulation analysis (Total ship)

OOW	Factors causing captain and OOW [ship (%)]											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Total
Captain	26 (46.4)	13 (31.0)	2 (50.0)	0 (0.0)	1 (100)	0 (0.0)	1 (100)	5 (22.7)	0 (0.0)	1 (50.0)	2 (50.0)	51 (38.1)
1st mate	12 (21.4)	19 (45.2)	1 (25.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (100)	0 (0.0)	8 (36.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (25.0)	42 (31.3)
2nd mate	15 (26.8)	7 (16.7)	0 (0.0)	1 (100)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	7 (31.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (25.0)	31 (23.1)
3rd mate	3 (5.4)	3 (7.1)	1 (25.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (9.1)	0 (0.0)	1 (50.0)	0 (0.0)	10 (7.5)
Total	56 (100)	42 (100)	4 (100)	1 (100)	1 (100)	1 (100)	1 (100)	22 (100)	0 (0.0)	2 (100)	4 (100)	134 (100)
Chi-Square test: $\chi^2=27.745$, $p=0.424$												



(a) Total (b) Give-way vessel (c) Stand-on vessel

Figure 2. Cross tabulation analysis graph of OOW and cause of ship collision accidents

모두 B. 피항협력동작 미흡이 가장 많았고 특히 1등 항해사의 경우에 19명으로 다른 항해사 보다 월등히 많이 나타났다.

3.3 Analysis of causes of human errors related to neglect of lookout in merchant ships

3.3.1 Analysis of detailed types related to neglect of lookout in merchant ships

Table 5는 상선 134척을 대상으로 Table 3의 A. 경계소홀에 해당하는 요인을 보다 심층적으로 분류하여 분석한 것이다.

분석결과 Total에서 경계소홀 원인 중 가장 많은 요인은 C. 상대선박 초인 후 지속적 관찰소홀이 69척(59.5%)으로 나타났으며 피항선과 유지선에서도 동일한 요인이 각각 34척(49.3%)과 35척(53.8%)으로 공통으로 나타난 점이 특징이다. 두 번째 요인은 B. 충돌할 때까지 상대선박을 인지하지 못한 요인이 Total 및 피항선과 유지선에서 공통 요인으로 나타났다. D의 Not applicable은 충돌의 원인이 경계소홀과 관련이 없는 경우에 해당한다.

이를 종합해보면 상선에서 경계소홀의 가장 많은 요인은 선장 및 OOW 모두가 상대선박 초인 후 체계적인 레이더 관찰과 지속적인 육안경계를 통하여 충돌 가능성 여부를 지속적으로 관찰 및 확인하여야 함에도 이를 소홀히 한 점으로 나타났다.

Table 5. Type of negligence of lookout of merchant ships

Detailed cause factors	Total	Give-way vessel	Stand-on vessel
	Count (%)	Count (%)	Count (%)
Total	134 (100)	69 (100)	65 (100)
A. Do not watch	17 (12.7)	10 (14.5)	7 (10.8)
B. Not recognizing opponent ship	28 (20.9)	18 (26.1)	10 (15.4)
C. Opponent vessel situation monitoring fault	69 (51.5)	34 (49.3)	35 (53.8)
D. Not applicable	20 (14.9)	7 (10.1)	13 (20.0)

이러한 분석결과에 따라 선장과 OOW는 충돌사고 예방을 위하여 항해당직 근무 중 레이더 또는 육안에 의해 타 선박을 인지한 경우에는 일회성 관찰과 충돌 평가에 그치지 말고 일정한 간격으로 지속적으로 관찰을 하여 본선과의 관계를 토대로 충돌의 위험성이 완전히 사라질 때까지 충돌 가능성 여부를 지속적으로 평가하고 판단하여야 함을 알 수 있다.

3.3.2 Cross tabulation analysis of OOW and type of negligence of lookout of merchant ships

Table 6은 Table 5의 Total 항목에 대하여 선장 및 OOW에 따라서 상선의 경계소홀 원인 세부유형이 다른지를 알아보기 위해 교차분석(카이제곱 검정)을 실시하였다. 분석결과에 의하면 '선장 및 OOW에 따른 상선의 경계소홀 유형이 다르지 않다'라는 (귀무)가설에 대한 χ^2 통계량=27.162이고 p=0.000인 것을 볼 수 있다. 따라서 OOW에 따라 상선의 경계소홀 유형이 다르다고 할 수 있다.

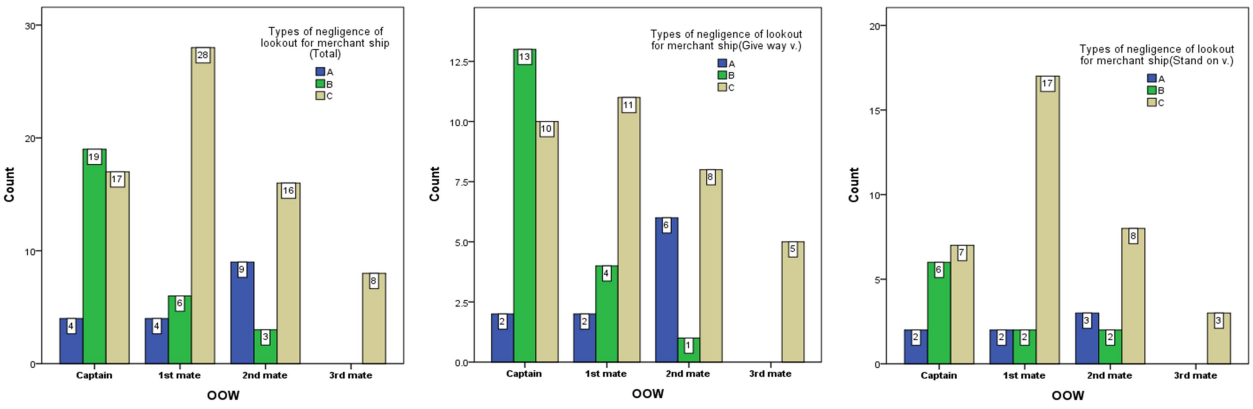
Table 6에서 선장은 B. 충돌할 때까지 상대선박을 인지하지 못한 경우가 19명(67.9%)으로 가장 많고 C. 상대선박 지속관찰 소홀이 17명(24.6%) 순으로 나타났다. Figure 3의 (b) 피항선의 경우에 선장은 상대선박을 인지하지 못한 경우가 13명, 상대선박 지속관찰 소홀이 10명 순이다. OOW는 공통으로 C. 상대선박 지속관찰 소홀의 요인이 가장 많이 나타났다.

(c) 유지선은 선장과 OOW 모두 C. 상대선박 초인 후 지속관찰 소홀이 가장 많은 원인요인으로 나타난 점이 특징이다.

Table 6. Cross tab analysis of OOW and type of negligence of lookout of merchant ships (Pearson Chi-Square, Total ships of table 5)

OOW	Types of negligence of lookout of merchant ships [ship (%)]				Chi-Square test (Sig.)
	A	B	C	Total	
Captain	4 (23.5)	19 (67.9)	17 (24.6)	40 (35.1)	27.162 (.000)
1st mate	4 (23.5)	6 (21.4)	28 (40.6)	38 (33.3)	
2nd mate	9 (52.9)	3 (10.7)	16 (23.2)	28 (24.6)	
3rd mate	0 (0.0)	0 (0.0)	8 (11.6)	8 (7.0)	
Total	17 (100.0)	28 (100.0)	69 (100.0)	114 (100.0)	

※ Exception: D. Not applicable (20 ships)



(a) Total (b) Give-way vessel (c) Stand-on vessel

Figure 3. Cross tab analysis graph of OOW and type of negligence of lookout of merchant ships

3.3.3 Analysis of detailed types related to non-lookout in merchant ships

Table 7은 Merchant ship 134척 만을 대상으로 미 경계에 해당하는 요인을 보다 심층적으로 분류하여 분석한 것이다. 분석결과 Total에서 미 경계 원인 중 가장 많은 요인은 G. 해당사항 없음을 제외하면 D. 항해당직 외에 다른 업무 수행(해도실에서 해도 개정작업, 타 선박 교신, 문서작업, 휴대폰 보기 등)이 14척(14%)으로 가장 많고 다음으로 C. 부주의가 11척(8.2%) 순으로 나타났다.

피항선과 유지선에서도 공통으로 D. 다른 업무 수행이 가장 많은 요인으로 나타났다.

종합해보면 항해당직 근무 중 타 선박 미 경계의 가장 많은 요인은 피항선과 유지선에서 선장 및 OOW 모두 공통으로 당직업무 외에 다른 업무를 한 것이 원인이라는 점이다. 즉 항해당직 중 타 선박에 대한 경계업무 외에 당직과 관련이 없는 업무를 하다가 상대 선박이 자선에 접근하는 것을 인지하지 못하고 갑작스럽게 충돌로 이어지는 경우가 많음을 알 수 있다.

따라서 항해당직 중에는 문서작업이나 불필요한 작업을 하지 말고 오로지 당직업무에만 집중하는 것이 충돌사고를 예방하는 효과적인 방법으로 평가된다.

Table 7. Cause factors of non-lookout of merchant ships

Detailed cause factors	Total	Give-way vessel	Stand-on vessel
	Count (%)	Count (%)	Count (%)
Total	134 (100)	69 (100)	65 (100)
A. Sleeping	2 (1.5)	1 (1.4)	1 (1.5)
B. Drinking	2 (1.5)	2 (2.9)	0 (0.0)
C. Inattention	11 (8.2)	5 (7.2)	6 (9.2)
D. Perform other tasks	14 (10.4)	6 (8.7)	8 (12.3)
E. Using a mobile phone	1 (0.7)	1 (1.4)	0 (0.0)
F. Chat	2 (1.5)	1 (1.4)	1 (1.5)
G. Not applicable	102 (76.1)	53 (76.8)	49 (75.4)

3.3.4 Cross tab analysis of OOW and non-lookout of merchant ships

Table 8은 Table 7의 Total 항목에 대하여 선장 및 OOW와 미 경계 요인과의 관계를 알아보기 위하여 교차분석(카이제곱 검정)을 실시한 결과이다.

Table 8의 분석결과에 따르면 '선장 및 OOW에 따라 상선의 미 경계 유형이 다르지 않다'라는 (귀무)가설에 대한 $\chi^2=25.773$이고 $p=0.040$인 것을 볼 수 있다. 이는 유의수준 5%에서 (귀무)가설을 기각하게 된다. 따라서 선장과 OOW에 따라 미 경계 유형이 다르다고 할 수 있다.

분석결과를 보면 선장은 C. 당직 중 부주의로 인해 상대선박의 접근을 알지 못한 경우가 5명으로 가장 많고 OOW는 모두 항해 당직 근무 중 다른 업무 수행이 가장 많은 요인으로 나타났다.

교차분석 그래프인 Figure 4에서 (b) 피항선의 경우에 선장은 C. 부주의로 상대선박을 인지하지 못한 경우가 가장 많고, 2등 항해사와

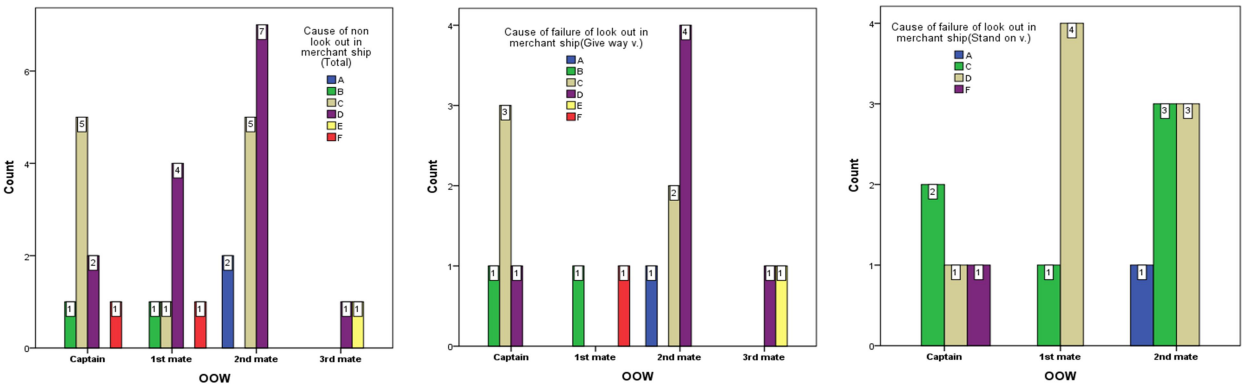
3등 항해사는 D의 다른 업무 수행이 공통으로 많이 나타났다.

(c) 유지선의 경우에는 선장은 당직 중 타 선박 경계에 대한 부주의가 2, 3등 항해사는 타 선박 경계 및 감시에 집중하지 않고 다른 업무를 수행한 점이 가장 많은 요인으로 나타났다.

Table 8. Cross tab analysis of OOW and non-lookout of merchant ships (Chi-Square, Total ships)

OOW	Non lookout of merchant ships [ship (%)]						
	A	B	C	D	E	F	Total
Captain	0 (0.0)	1 (50.0)	5 (45.5)	2 (14.3)	0 (0.0)	1 (50.0)	9 (28.1)
1st mate	0 (0.0)	1 (50.0)	1 (9.1)	4 (28.6)	0 (0.0)	1 (50.0)	7 (21.9)
2nd mate	2 (100.0)	0 (0.0)	5 (45.5)	7 (50.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	14 (43.8)
3rd mate	0 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (7.1)	1 (100.0)	0 (0.0)	2 (6.3)
Total	2 (100.0)	2 (100.0)	11 (100)	14 (100.0)	1 (100.0)	2 (100.0)	32 (100.0)
Chi-Square test: $\chi^2=25.773$, $p=0.040$							

※ Exception: G. Not applicable (102 ships)



(a) Total vessel (b) Give-way vessel (c) Stand-on vessel

Figure 4. Cross tab analysis graph of OOW and non-lookout of merchant ships

3.3.5 Analysis of detailed types related to duty neglect in merchant ships

Table 9에서도 상선 134척 만을 대상으로 선박충돌사고 원인 중 당직근무 태만에 해당하는 요인을 세분하여 분석한 것이다.

분석결과 Total에서 당직근무 태만의 원인 중 가장 많은 요인은 G의 해당사항 없음을 제외하고 D. 항해당직 외에 다른 업무 수행(Perform other tasks: 해도실에서 해도 개정작업, 타 선박 교신, 문서작업 등)이 38척(28.4%)으로 가장 많고 이어서 A. 졸음운항과 F. 조타수 없이 항해사 1인 당직인 경우가 많은 순으로 나타났다.

또한 피항선과 유지선에서도 공통으로 D. 다른 업무 수행이 각각 19척으로 가장 많은 요인으로 나타난 점이 특징이다.

종합해보면 당직근무 태만의 가장 많은 요인은 피항선과 유지선에서 공통으로 항해당직 업무 외에 다른 업무를 하다가 타 선박에 대한 경계를 소홀이 한 것임을 알 수 있다.

Table 9. Cause factors of duty neglect of merchant ships

Detailed cause factors	Total	Give-way vessel	Stand-on vessel
	Count (%)	Count (%)	Count (%)
Total	134 (100)	109 (100)	109 (100)
A. Sleeping	3 (2.2)	2 (2.9)	1 (1.5)
B. Drinking	2 (1.5)	2 (2.9)	0 (0.0)
C. Using a mobile phone	1 (0.7)	1 (1.4)	0 (0.0)
D. Perform other tasks	38 (28.4)	19 (27.5)	19 (29.2)
E. Chat	2 (1.5)	1 (1.4)	1 (1.5)
F. One-person watch	3 (2.2)	3 (4.3)	0 (0.0)
G. Not applicable	85 (63.4)	41 (59.4)	44 (67.7)

3.3.6 Cross tab analysis of OOW and duty neglect of merchant ships

Table 10은 Table 9의 Total 항목에 대하여 선장 및 OOW와 당직근무 태만 요인과의 관계를 알아보기 위하여 교차분석(카이제곱 검정)을 실시한 결과이다.

Table 10에서 분석결과에 따르면 '선장 및 OOW에 따라 상선에서 당직근무 태만의 유형이 다르지 않다'라는 (귀무)가설에 대한 χ^2= 30.918이고 p=0.009인 것을 볼 수 있다. 이는 유의수준 5%에서 (귀무)가설을 기각하게 된다. 따라서 상선에서 선장과 OOW에 따라 당직근무 태만의 유형이 다르다고 할 수 있다.

Total의 분석결과를 보면 선장과 1, 2등 항해사는 공통으로 D. 다른 업무 수행 이 각 10명(26.3%), 13명(34.2%), 14명(36.8%)으로 가장 많은 요인으로 나타났다.

교차분석 그래프인 Figure 5에서 (b) 피항선에서 선장과 1, 2등 항해사 역시 공통으로 D. 다른 업무 수행이 가장 많은 요인으로 나타났다.

(c) 유지선에서도 선장과 1, 2등 항해사 모두 압도적으로 D의 항해 당직 중 타 선박 경계 및 감시에 집중하지 않고 다른 업무를 수행한 점이 가장 많은 요인으로 나타났다.

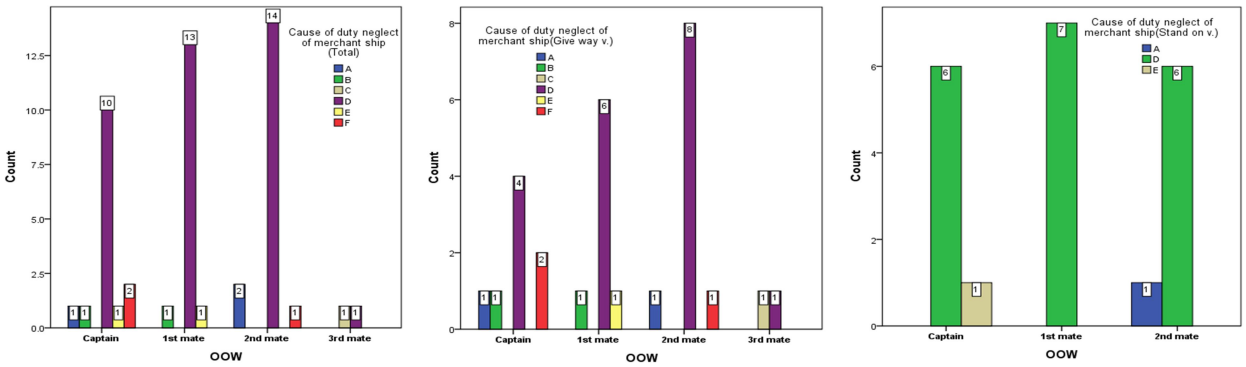
이를 종합하면 선장 및 OOW와 당직근무 태만과의 교차분석 결과 당직근무 태만으로 인해 충돌로 이어진 경우는 피항선과 유지선에서 공통적으로 선장과 1, 2등 항해사 모두 당직 시간에 다른 업무에 종사하여 상대선박을 인지하지 못하였음을 알 수 있다.

따라서 당직근무 시간에는 오로지 항해당직 근무에만 전념하는 것이 충돌사고를 예방할 수 있는 제일 중요한 대책으로 평가된다.

Table 10. Cross tab analysis of OOW and duty neglect of merchant ships (Chi-Square, Total ships)

OOW	Cause factors of duty neglect of merchant ships [ship (%)]						
	A	B	C	D	E	F	Total
Captain	1 (33.3)	1 (50.0)	0 (0.0)	10 (26.3)	1 (50.0)	2 (66.7)	15 (30.6)
1st mate	0 (0.0)	1 (50.0)	0 (0.0)	13 (34.2)	1 (50.0)	0 (0.0)	15 (30.6)
2nd mate	2 (66.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	14 (36.8)	0 (0.0)	1 (33.3)	17 (34.7)
3rd mate	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (100.0)	1 (2.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (4.1)
Total	3 (100.0)	2 (100.0)	1 (100.0)	38 (100.0)	2 (100.0)	3 (100.0)	49 (100.0)
Chi-Square test: $\chi^2=30.918$, $p=0.009$							

※ Exception: G. Not applicable (85 ships)



(a) Total vessel (b) Give-way vessel (c) Stand-on vessel

Figure 5. Cross tab analysis graph of OOW and duty neglect of merchant ships

4. Conclusion and Discussion

본 연구는 2010년부터 2016년 까지 7년간의 상선과 상선, 상선과 어선간의 선박충돌사고 총 109건 218척(상선 134척, 어선 84척)에 대하여 국제해상충돌예방법규에 따른 피항선과 유지선으로 구분하여 발생 원인을 조사하고 충돌 당시 선박운항자인 선장 및 당직항해사의 인적 오류에 의해 충돌이 일어난 원인 요인을 세부적으로 분석하였다.

충돌 원인 요인 분석결과 218척 모두 인적 오류에 의한 사고로 나타났으며 이 중 어선 84척을 제외하고 상선 134척에 대하여 Human factor인 선장과 당직항해사에 의해 유발된 충돌 원인을 분석한 결과 피항선은 경계소홀(63.8%)과 상대선 최초 인지 후 지속관찰 소홀(24.6%)이 주요 원인 요인이었고 유지선은 피항선에 대하여 적절한 피항협력동작 미 이행(64.6%)이 가장 많았다. 선장 및 당직항해사와 충돌 원인과의 교차분석에서는 선장은 경계소홀(46.4%)이, 1등 항해사는 적절한 피항협력동작 미 이행(45.2%)이 2, 3등 항해사는 경계소홀이 가장 많은 인적 오류의 원인 요인이었다.

상선의 경계소홀 상황에서 충돌의 원인 요인을 세분하면 상대선 초인 후 지속적 관찰소홀(51.5%)이 피항선과 유지선에서 공통적인 원인으로 나타났다. 특이점은 선장이 충돌까지 상대선박을 인지하지 못한 경우(67.9%)가 가장 많았다.

상선에서 미 경계 상황에서 충돌의 원인 요인으로 피항선과 유지선에서 공통으로 항해당직 외의 문서작업 등 다른 업무 수행이 가장 큰 원인이었다. 선장은 당직 중 부주의로 상대선박 접근을 인지하지 못한 경우가 많았고 당직항해사는 공통으로 다른 업무 수행이 가장 많은 원인이었다.

상선에서 당직근무 태만 상황에서 충돌의 원인 요인으로 역시 피항선과 유지선에서 공통으로 당직시간에 다른 업무 수행이 가장 많았고 그밖에 졸음운항, 1인 당직, 음주운항도 원인이었다. 선장과 당직항해사도 공통으로 당직 중 다른 업무 수행이 가장 많은 인적 오류 요인으로 나타났다.

109건의 선박충돌사고 대부분은 피항선이 경계소홀로 유지선의 진로를 피하지 않아 발생하였으며 유지선의 경우에 피항선이 피할 것으로 예단하고 적절한 피항협력동작을 취하지 않아 발생하는 것으로 나타났다. 경계는 모든 선박에 있어서 적용되는 가장 기본적이며 중요한 사항이다. 특히 당직항해사는 육안 및 레이더로 철저히 주변동정을 살피며 항해하여야 한다. 항해 중 다른 선박과 조우하면 상대선의 동정을 끝까지 살피고 충돌을 피하기 위한 동작은 충분히 여유 있는 시간에 적극적인 동작으로 하여야 한다.

본 연구결과 109건 모두 인적 요인이 원인 요인이었으며 항해 경험이 많은 선장과 2등 항해사의 경우에 항해 중 다른 업무 등으로 타선박에 대한 경계를 게을리 하여 충돌사고로 이어진 경우가 상대적으로 많으므로 선박 운항에 있어 각별한 주의를 기울여야 함을 시사하고 있다.

본 연구의 결과는 인적 요인의 당사자인 해기사에 대한 선박충돌 예방 정책 수립에 관한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

추후 충돌 조우방위, 상대선 최초 인지 거리와 최초 인지 시각에서부터 충돌까지 소요 시간 등에 대한 교차분석 및 상관분석 등을 통하여 특정 원인 요인과 관련된 인적 오류로 인하여 야기되는 선박 충돌사고를 진단하는 연구를 진행할 예정이다.

Acknowledgements

The contents of this paper are the results of the research project of the Ministry of Ocean and Fisheries of Korea (fundamental research on maritime accident prevention - Phase 2).

References

Acar, U., Ziarati, R. and Ziarati, M., Collisions and Groundings - Major causes of accidents at sea, 48-51, 2012, http://www.marifuture.org/Publications/Papers (retrieved May, 15, 2017).

Catherine, H. and Rhona, F., Safety in shipping: The human element, *Journal of Safety Research*, 37(4), 401-411, 2006, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022437506000818 (retrieved June 21, 2017).

Chin, H.C and Ashim, K.D., Modeling perceived collision risk in port water navigation, *Safety Science*, 47, 1410-1416, 2009.

COLREGS (2005), COLREGS - International Regulations for Preventing Collisions at Sea, *Lloyd's Register Rulefinder 2005*, Ver. 9.4, 2013.

Endsley, M.R., Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic System, *Human Factors*, 37(1), 32-64, 1995.

Korea Maritime Safety Tribunal, KMST Investigation Report, *Investigation Report*, https://data.kmst.go.kr/kmst/verdict/writtenVerdict/select WrittenVerdict.do, 2017.

Korea Maritime Safety Tribunal, Statistics of Marine Casualties, Sejong. 6-28, 2017.

Pasquale, V.D., Miranda, S., Iannone, R. and Riemma, S., A Simulator for Human Error Probability Analysis (SHERPA), *Reliability Engineering and System Safety*, 139, 17-32, 2015.

Rasmussen, J., Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-13(3), 257-266, 1983.

Reason, J., Human Error, *NY: Cambridge University Press*. 1-302, 1990.

Rothblum, A.M., Human Error and Marine Safety. *Proceedings of the Maritime Human Factors Conference*, Maryland, USA, 1-10, 2000.

Song, J.J., SPSS / AMOS statistical analysis method for writing paper, 21Century book. 2. 14-206, 2014.

Youn, D.H. and Shin, I.K., 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*, 23(1), 26-32, 2017.

Author listings

Dae Sik Kim: star7007@hanmail.net
Highest degree: Master. Department of Public Administration, Yonsei University
Position title: PhD course student, Department of Maritime Transportation system, Mokpo National Maritime University
Areas of interest: Human Error, Ergonomics, Marine Safety