

## 선박충돌사고 원인과 관련된 인적과실 유발요인에 관한 연구

김대식\*†

\* 목포해양대학교 대학원

## A Study on Factors that Trigger Human Errors Related to Causes of Ship Collisions

Dae-Sik Kim\*†

\* Graduate school of Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

**요 약 :** 본 연구의 목적은 실제 선박 충돌사고 사례를 조사하여 선박 충돌상황에서 충돌 원인별 선장 및 당직 해기사의 인적과실 유발요인을 통계적으로 분석하여 규명함으로써 해기사의 선박 충돌예방에 기여하고자 하는 것이다. 연구대상은 2010년부터 2016년까지 7년 동안의 상선과 상선, 상선과 어선 간의 선박 충돌사고 중 분석기준에 적합한 총 109건 218척(피항선109척, 유지선 109척)을 대상으로 하였으며 선종, 피항선과 유지선, 인적과실 측면의 충돌원인 등의 항목으로 구분하여 데이터를 수집하였고 상선에서 해기사의 충돌사고 유발요인 규명에 중점을 두고 통계분석 도구인 SPSS를 이용하여 빈도분석과 교차분석을 실시하여 해기사의 인적과실 유발요인을 도출하였다. 분석결과 피항선에서는 레이더 감시를 포함한 경계소홀(74.3%) 및 상대선 지속관찰 소홀(17.4%) 순이었으며, 유지선에서는 적절한 피항협력동작 미 이행(63.3%)이 주요 요인이었다. 특히 상선의 경계소홀 유형 대부분이 상대선 조인 후 지속관찰을 소홀히 한 점이며 미 경계원인과 당직근무 태만의 공통요인은 항해당직 시간에 다른 업무에 치중하였기 때문인 것으로 나타났다.

**핵심용어 :** 인적과실, 선박충돌사고, 선박충돌 원인, 피항선과 유지선, 빈도분석, 교차분석

**Abstract :** The purpose of this study is to contribute to the prevention of ship collisions by investigating real ship collision cases and statistically analyzing causes of human error for captains and Officers of the Watch (OOW). This study encompassed a total of 109 cases for 218 vessels, which were suitable for the analysis of ship accidents between merchant ships or merchant ships and fishing boats over the 7 years from 2010 to 2016. Data was collected while classifying vessels according to type, Give-way and Stand-on vessels, along with the cause of human error. Factors causing human error were identified after focusing on the cause of collision given by the OOW ; frequency and cross tabulation analyses were conducted using SPSS, a statistical analysis tool. As a result, the main causes of human error by an OOW in a ship collision situation were that lookout was neglected in a Give-way vessel including radar surveillance (74.3%) or continuous observation of an opponent vessel was carried out (17.4%). A major factor for Stand-on vessels was failure to act to avoid collision with another vessel (63.3%). In particular, most neglect for lookout type merchant ships occurred after the opponent ship was first observed, and a common cause of lookout neglect and neglect of duty was a focus on other tasks during navigational watch time.

**Key Words :** Human error, Ship collision accident, Cause of ship collision, Give-way vessel and Stand-on vessel, Frequency analysis, Cross tabulation analysis

## 1. 서 론

선박운항과 관련하여 발생하는 충돌, 좌초, 전복 등의 해양사고는 심각한 인명손실과 재산상의 피해를 일으킨다. 특히 선박 충돌사고(Ship collision accident)는 상당한 인명과 재

산피해를 야기할 수 있으므로 충돌 원인에 대한 심층적인 분석이 요구된다. 최근 선박 충돌사고는 해마다 증가하는 경향을 보이는데 중앙해양안전심판원(Korea Maritime Safety Tribunal: KMST, 2017)의 통계연보에 의하면 2014년 180건 발생 대비 2015년에는 235건이 발생하여 131%의 증가율을 보이고 있다. 또한 2010년부터 2016년까지 발생 원인을 분석한 결과 해기사의 경계소홀 및 충돌회피동작 미 이행 등 인적

† star7007@naver.com, 061-288-2148

과실(Human error)로 기인한 사고가 전체 선박충돌사고의 98%를 차지하고 있는 것으로 나타났다(KMST, 2017).

해외 연구(Rothblum, 2000; Catherine and Rhona, 2006; Chin and Ashim, 2009; Acar et al., 2012; Pasquale et al., 2015)에서도 인적과실이 해양사고의 주요원인으로 보고되고 있다(Table 1).

Table 1. Estimates of human error in various sectors as percentages of all failures (Pasquale et al., 2015)

Sectors	Human error (%)
Road transportation	85
Aviation	70-80
Maritime vessels	80-85
Nuclear power plants (US)	50-70

특히 Catherine and Rhona(2006)과 Rothblum(2000)은 선박충돌사고의 90% 이상이 인적오류 기인이라고 보고하고 있다. 이러한 현실에 비추어 충돌사고 예방을 위해서는 인적요인에 해당하는 선장(Captain)과 당직항해사(Officer of the Watch: OOW)의 충돌유발 원인에 대한 심층적인 연구가 필요하며, 이를 기반으로 인적요인 기인 선박충돌사고 예방조치가 무엇보다 중요하다고 평가된다.

IMO(International Maritime Organization)도 해상에서 생명의 안전 및 보안과 세계 무역의 90% 이상은 선원들의 전문성과 능력이 달려 있다며 인적요인의 중요성을 강조하고 있다(IMO Homepage, 2017).

인적오류는 특히 해외에서 심층적으로 연구되어 오고 있으며 Rasmussen(1983)의 SRK이론, Endsley(1995)의 상황인식(Situation Awareness: SA)이론, Reason(1990)의 SLMV(Slips, Lapses, Mistakes, Violations)이론이 대표적이다.

Dhillon and Rayapati(1988)에 의하면 인적오류 또는 인적과실이란 규정된 업무수행의 실패 또는 금지된 행위의 수행이라 정의되며 그 결과는 심각한 인명피해 및 재산손실을 초래하고 사고 위기상황(Near miss incidents)도 범위에 포함된다.

한편 해기사와 관련된 인적오류 연구는 1990년대에 들어 활성화되고 있으나 선박충돌사태에 나타난 해기사의 인적과실 유발요인에 관한 국내연구는 저조한 실정이다.

본 연구는 선박 중 특히 상선(Merchant ship)에서 선박운항자인 선장과 당직항해사의 인적과실 측면에서 충돌사고 원인 분석에 초점을 두었다. 본 연구의 대상선박 218척 모두가 인적과실이 충돌원인으로 조사되었기 때문이다(Table 6).

본 연구의 목적은 선박 충돌사고 당시 선장 및 당직 항해사의 인적과실 유발요인을 조사하고 통계적으로 분석하여 원인 요인을 심층적으로 규명함으로써 선박 충돌예방을 위한 해기사의 인적오류 감소에 기여하고자 하는 것이다.

## 2. 연구방법 개요

### 2.1 연구 대상

본 연구는 KMST(2017)의 7년간(2010년-2016년)의 해양사고 재결서 중 상선과 상선, 상선과 어선 간 선박충돌 사고를 대상으로 인적요인과 관련된 충돌의 세부 원인을 중점 분석하였다. 또한 특정 분석기간 설정이 필요하므로 1단계로 분석대상 충돌사건 발생 기간을 2010년부터로 설정 하였으며 향후 2단계 연구에서는 분석기간을 더욱 확대할 예정이다. 기간 중 발생한 선박 충돌사고 총 596건 중에 피항선(Give-way vessel)과 유지선(Stand-on vessel) 중 어느 한쪽이 총톤수 500톤 이상인 화물선인 경우와 톤수와 관계없이 여객선과 군함을 포함하여 총 109건, 218척을 대상으로 조사하였다(COLREGS, 2005). 이 중 상선은 134척이고 어선은 84척이며 피항선과 유지선은 각각 109척이다. 500톤 이상의 화물선을 분석대상으로 한 이유는 대부분의 화물선이 500톤 이상이며 충돌사고 시 다수 인명피해가 예상되기 때문이고 여객선은 다중이용선박임을 감안하여 톤수와 관계없이 포함하였다.

### 2.2 연구 방법 및 절차

선박 충돌사고 사례에 대하여 인적요인과 관련된 충돌야기 세부 원인 요인으로 구분하여 조사하였으며 한 건의 선박충돌사고에 다수의 충돌원인이 복합적으로 영향을 미치는 것으로 조사되어 주요 영향을 미친 정도에 따라 우선순위 별 상(Level 1), 중(Level 2), 하(Level 3)의 세 단계로 나누어 가장 많은 영향을 미친 요인은 레벨 1에서 분석하였고 보통의 영향을 미친 요인은 레벨 2에서 그리고 낮은 영향을 미친 요인은 레벨 3에서 분석하여 피항선과 유지선으로 구성된 한 개의 사건마다 충돌원인 영향 정도에 따라 세 가지 레벨로 구분하여 분석한 점이 특징이라 할 수 있다(Table 2).

특히 상선의 경계소홀을 중점으로 (1) 경계소홀 유형, (2) 미 경계 원인, (3) 당직근무 태만 원인변수에 대하여 빈도분석 및 피항선, 유지선 변수와 교차분석을 실시하였다.

또한 지난 7년간 모든 재결 선박 대상 충돌사고 현황(Fig. 2)에 대한 분석 결과 상선과 어선간의 충돌사고가 상선과 상선간의 충돌사고 보다 빈도가 높은 점을 반영하여 어선의 상대선박 미인지 원인 분석도 실시하였다(Table 12).

Table 2. Classification criteria for the cause of the ship collision

Level	Rating	Influential factors	Influence rate
1	Upper	Most influential factors	100~70%
2	Middle	Common influential factors	70~40%
3	Lower	Low influential factors	10~40%

## 선박충돌사고 원인과 관련된 인적과실 유발요인에 관한 연구

분석도구는 상용 소프트웨어인 SPSS(IBM SPSS Statistics, 2011)를 이용하였고 유의수준은 0.05를 적용하였다(Song, 2014).

Fig. 1은 연구 절차도이다. 충돌사고 재결서를 연구하여 사고 원인요인 자료수집 후 인적오류 요인으로 분류하고 세부 충돌원인에 대하여 피항선과 유지선으로 구분한 후 충돌원인에 대한 통계적 분석(빈도분석, 교차분석)을 실시하여 당직항해사의 인적과실 유발요인을 도출하였다.

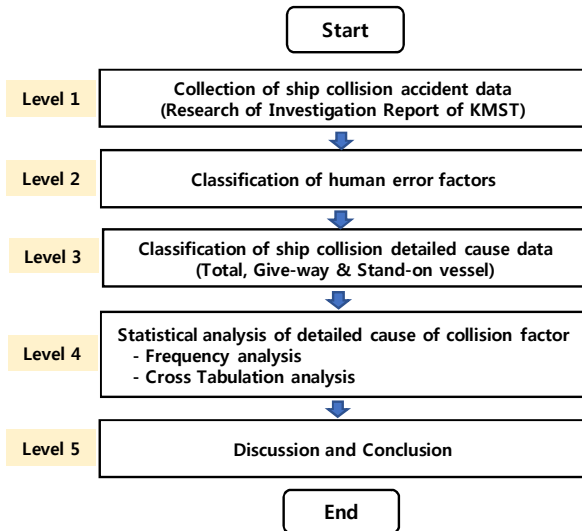


Fig. 1. Research Flowchart.

### 3. 선박충돌 원인관련 인적과실 유발요인 분석

#### 3.1 선종별 선박 충돌사고 발생추이 분석

Fig. 2는 2010년부터 2016년 사이에 발생한 593건의 선박 충돌사고 중 선종을 비교한 그래프이며 x축은 발생연도, y축은 발생건수(Case)를 나타낸다. 분석결과 상선 대 상선의 충돌사고는 113건 이고 상선 대 어선의 충돌사고는 277건으로 상선 대 어선의 충돌사고가 164건이나 많이 발생한 것으로 나타났다(KMST, 2017).

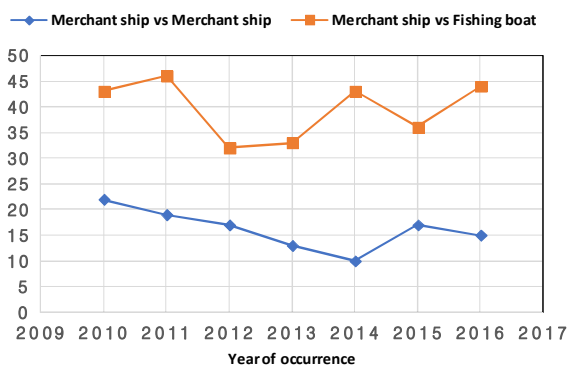


Fig. 2. Collision accident by ship type (2010-2016).

#### 3.2 분석대상 선종 및 당직 항해사 분포 분석

Table 3은 분석 대상선박 총 218척에 대한 빈도분석 결과이다. 상선이 134척(61.5%)이고 어선이 84척(38.5%)이며 피항선은 상선이 69척, 어선이 40척이며 유지선은 상선이 65척, 어선이 44척이다(KMST Investigation Report, 2017).

Table 3. Ship type Classification (Vessels, %)

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)

OOW의 분포는 선장이 135명(61.9%)으로 가장 많았고 1등 항해사가 42명(19.3%), 2등 항해사 31명(14.2%) 순이다. 선장의 빈도가 높은 이유는 어선은 84척(38.5%) 모두가 선장이 항해당직 근무를 하였고 상선은 1만 톤급 미만 선박에서 해기사 부족으로 선장과 항해사가 2교대로 항해당직 근무를 하는 경우와 입출항시 및 통항선박 빈번해역에서 선장이 직접 조선하는 경우가 많았기 때문이다(Table 4).

Table 4. OOW Classification (person, %)

OOW	Total	Give-way vessel	Stand-on vessel
Captain	135(61.9)	67(61.5)	68(62.4)
First mate	42(19.3)	20(18.3)	22(20.2)
Second mate	31(14.2)	16(14.7)	15(13.8)
Third mate	10(4.6)	6(5.5)	4(3.7)
Total	218(100)	109(100)	109(100)

Table 5는 상선 134척(어선 84척 제외)만을 대상으로 OOW의 분포를 나타낸 것으로 선장이 51명으로 가장 많고 1등 항해사 42명, 2등 항해사 31명 순으로 나타났다.

Table 5. OOW Classification, Merchant ship only (person, %)

OOW	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)	69(100)	65(100)

#### 3.3 선박충돌 원인관련 인적과실 유발요인 분석 결과

한 건의 선박 충돌사고에서 원인 요인이 두 가지 이상 복합적으로 일어나기 때문에 주요 영향을 미친 정도에 따라 세 가지 Level로 분류하여 심층 분석하였으며 중복을 허용하였다(Shin, 2016; Youn and Shin, 2017).

3.3.1 레벨 1의 인적과실 유발요인 분석

Table 6은 Table 2의 기준에 따라 충돌에 가장 많은 영향을 미친 요인들(Level 1)에 대한 빈도분석 결과이다.

세로 항에는 충돌의 원인을 A부터 K까지 총 열한가지 요인으로 분류하였고 가로 항은 (a)은 Total, (b)은 피항선, (c)은 유지선, (d)은 상선을 변수로 하여 분석하였다.

분석결과 (a) Total에서 인적과실 유발 원인을 빈도가 높은 순으로 살펴보면 ① A의 레이더 감시를 포함한 경계소홀이 106건(48.6%)으로 가장 많고 ② B의 적절한 피항 협력동작을 취하지 않은 경우가 69건(31.7%)이며 ③ H의 상대선 초인 후 지속적으로 관찰하지 않은 경우가 27건(12.4%) 순으로 나타났다.

Table 6의 (b)에서 피항선(Give-way vessel)은 ① A의 경계소홀이 81건(74.3%)으로 가장 많고 ② H의 상대선박 초인 후 항해 동향을 지속적으로 관찰하지 않아 충돌로 이어진 요인이 19건(17.4%)으로 두 번째 요인으로 나타났다.

(c)의 유지선(Stand-on vessel)의 경우에는 ① B의 적절한 피항협력동작 미 이행이 69건(63.3%)으로 가장 많고 ② A의 경계소홀이 25건(22.9%) 순으로 나타났다.

(d)는 본 연구의 중점이 상선이므로 어선을 제외한 상선(Merchant ship) 134척만을 대상으로 분석한 결과이다.

특징은 인적과실 유발요인은 상선만을 대상으로 한 경우에도 (a)의 Total과 같은 A, B, H의 순서로 나타나는 점이다. 다만 K의 BRM(Bridge Resource Management) 실패가 C의 부적절한 조선과 공동으로 네 번째를 차지하고 있다. 선교자원 관리란 선교에서 항해사들에게 동원할 수 있는 인적, 물적 자원 모두를 최대로 활용하도록 하여 성공적인 항해를 완수할 수 있도록 하는 것을 목적으로 하는 것이다(Naver Ship Voyage Glossary, 2017).

Fig. 3의 (a)와 (d)는 Table 6의 (a)와 (d)를 빈도분석 그래프로 이해하기 쉽도록 나타낸 것이며 (b)와 (c)는 Table 6의 피항선 109척과 유지선 109척을 독립변수로 하고 충돌원인을 종속변수로 하여 교차 분석한 결과를 나타낸 그래프이다.

Table 6. Factors causing human error of Level 1

Factors causing human error of Level 1	(a) Total	(b) Give-way vessel	(c) Stand-on vessel	(d) Merchant ship only
	Count (%)	Count (%)	Count (%)	Total Count (%)
Total	218(100.0)	109(100.0)	109(100.0)	134(100.0)
A. Negligence of lookout & watch keeping	106(48.6)	81(74.3)	25(22.9)	56(41.8)
B. Inadequate cooperation of the give-way vessel	69(31.7)	0(0.0)	69(63.3)	42(31.3)
C. Unsuitable maneuvering	5(2.3)	4(3.7)	1(0.9)	4(3.0)
D. COLREG Violation	1(0.5)	0(0.0)	1(0.9)	1(0.7)
E. Opponent ship situation misjudgment	1(0.5)	0(0.0)	1(0.9)	1(0.7)
F. Inadequate pre-sailing preparation	1(0.5)	1(0.9)	0(0.0)	1(0.7)
G. Poor selection of course	1(0.5)	0(0.0)	1(0.9)	1(0.7)
H. Continuous monitoring neglect	27(12.4)	19(17.4)	8(7.3)	22(16.4)
I. Situation misjudgment	1(0.5)	1(0.9)	0(0.0)	0(0.0)
J. Etc	2(0.9)	0(0.0)	2(1.8)	2(1.5)
K. BRM Failure	4(1.8)	3(2.8)	1(0.9)	4(3.0)

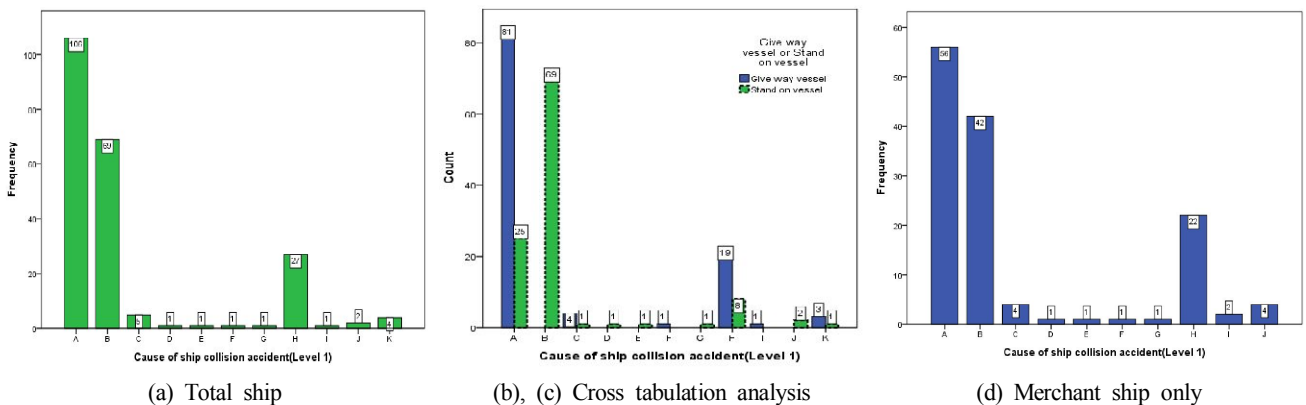


Fig. 3. Graph of cause of human error in ship collision accident (Level 1).

선박충돌사고 원인과 관련된 인적과실 유발요인에 관한 연구

3.3.2 레벨 2의 인적과실 유발요인 분석

Table 7은 선박충돌에 보통의 영향을 미친 요인들을 대상으로 한 Level 2를 빈도 분석한 결과이다.

(a) Total에서 빈도가 높은 순으로 살펴보면 ① E의 당직근무태만이 49건(22.5%)으로 가장 많고 ② H의 상대선초인 후 지속적인 관찰미흡이 47건(21.6%)이며 ③ A의 경계소홀이 35건(16.1%) 순이다.

(b)에서 피항선은 ① E의 당직근무태만이 37건(33.9%)으로 가장 많고 ② C의 부적절한 조선 요인이 19건(17.4%)이며, ③ H의 상대선 초인 후 지속적 관찰 소홀(15.6%) 순으로 나타났다.

(c)의 유지선은 ① H의 상대선 초인 후 지속적 관찰소홀이 30건(27.5%)으로 가장 많고 ② A의 경계소홀이 28건(25.7%), ③ E의 당직근무태만이 12건(11.0%) 순이다.

이상을 종합하여 보면 Level 2에서는 Total과 피항선에서 공통적으로 당직근무 태만(졸음, 음주운항 등)이 가장 많은 영향을 미친 요인이며 유지선에서는 상대선박에 대한 지속적 관찰소홀이 가장 많은 영향을 미친 요인으로 나타났다.

3.3.3 레벨 3의 인적과실 유발요인 분석

Table 8은 선박충돌에 상대적으로 낮은 영향을 미친 요인들을 대상으로 한 Level 3을 빈도 분석한 결과이다.

(a) Total에서 충돌사고 요인을 빈도가 높은 순으로 살펴보면 H(기타)를 제외하고 ① B의 상대선 동향 오판이 45건(20.6%)으로 가장 많고 ② D의 다른 업무 수행이 38건(17.4%), ③ C의 충돌예방법규위반이 34건, ④ A 안개(17건) 순으로 나타났다.

(b)에서 피항선은 H의 기타를 제외하고 ① B의 상대선 동향 동향 오판이 22건(20.2%)으로 가장 많고 ② C의 충돌예방법규위반과 ③ D의 당직근무가 아닌 다른 업무 수행이 각 17건(15.6%), ④ A의 안개(10건) 순으로 나타났다.

(c)의 유지선의 경우는 H의 기타를 제외하고 ① B의 상대선 동향 동향 오판이 23건(21.1%)으로 가장 많고 ② D의 다른 업무 수행이 21건(19.3%), ③ C의 충돌예방법규위반이 17건, ④ A의 안개가 7건 순으로 나타났다.

이를 종합하여 보면 Level 3에서는 Total과 피항선, 유지선 모두 상대선박 동향 동향에 대한 예측을 잘못하여 오판한 경우(상대선이 피해 갈 것이라 생각하는 등)가 가장 많은 인적과실 유발 요인으로 나타났다.

Table 7. Factors causing human error of Level 2

Factors causing human error of Level 2	(a) Total	(b) Give-way vessel	(c) Stand-on vessel
	Count (%)	Count (%)	Count (%)
Total	218(100.0)	109(100.0)	109(100.0)
A. Negligence of lookout & watch keeping (Radar neglect)	35(16.1)	7(6.4)	28(25.7)
B. Inadequate cooperation of the give-way vessel	7(3.2)	1(0.9)	6(5.5)
C. Unsuitable maneuvering	28(12.8)	19(17.4)	9(8.3)
D. COLREG Violation	21(9.6)	13(11.9)	8(7.3)
E. Neglect of duty (Sleeping, Drinking, Mobile phone call)	49(22.5)	37(33.9)	12(11.0)
F. Violation of laws related to fog signal	9(4.1)	5(4.6)	4(3.7)
G. Inadequate pre-sailing preparation	1(0.5)	1(0.9)	0(0.0)
H. Continuous monitoring neglect	47(21.6)	17(15.6)	30(27.5)
I. Situation misjudgment	5(2.3)	1(0.9)	4(3.7)
J. Failure to safety distance	5(2.3)	3(2.8)	2(1.8)
K. Etc	11(5.0)	5(4.6)	6(5.5)

Table 8. Factors causing human error of Level 3

Factors causing human error of Level 3	(a) Total	(b) Give-way vessel	(c) Stand-on vessel
	Count (%)	Count (%)	Count (%)
Total	218(100.0)	109(100.0)	109(100.0)
A. Fog	17(7.8)	10(9.2)	7(6.4)
B. Situation misjudgment	45(20.6)	22(20.2)	23(21.1)
C. COLREG Violation	34(15.6)	17(15.6)	17(15.6)
D. Other tasks	38(17.4)	17(15.6)	21(19.3)
E. Sleeping	12(5.5)	9(8.3)	3(2.8)
F. Drinking	3(1.4)	3(2.8)	0(0.0)
G. Fatigue	5(2.3)	2(1.8)	3(2.8)
H. Etc	64(29.4)	29(26.6)	35(32.1)

3.4 상선에서 OOW의 경계소홀과 관련된 세부요인 분석

3.4.1 경계소홀 유형요인 분석

Table 9는 상선(134척)을 대상으로 Table 6. Level 1에서 A의 경계소홀에 해당하는 요인을 세분하여 분석한 것이다.

가장 많은 요인은 C의 상대선 초인 후 지속적 감시소홀로 Total과 피항선, 유지선 모두에서 공통으로 나타났다. 두 번째 요인은 충돌할 때까지 상대선박을 인지하지 못한 요인으로 나타났다. D의 해당사항 없음(Not applicable)은 충돌의 원인이 경계소홀과 관련이 없는 경우에 해당한다.

종합하면 상선의 경계소홀의 주요 요인은 OOW가 상대선 초인 후 지속적인 감시소홀로 체계적인 레이더 관찰과 지속적인 육안경계를 통하여 충돌 가능성 여부를 확인하여야 함에도 이를 소홀히 한 점이다.

Table 9. Type of Negligence of lookout of merchant ship

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)

3.4.2 미 경계 요인 분석

Table 10은 상선에서 미 경계 원인을 분석한 것으로 여기서 미 경계란 당직해기사가 경계를 하지 않아 충돌 까지 상대 선박을 인지하지 못한 경우를 말한다.

Total에서 D의 당직 중 다른 업무 수행(문서 작업 등)이 14건으로 가장 많고 피항선과 유지선의 경우에도 가장 많은 요인으로 나타났다. 이어 C의 부주의가 두 번째 요인으로 나타났다. 그 밖에 졸음과 음주, 잤담으로 인해 충돌 시까지 상대선박을 인지하지 못한 요인도 있었다.

Table 10. Cause factors of non lookout of merchant ship

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. Other tasks	14(10.4)	6(8.7)	8(12.3)
E. 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)

3.4.3 당직근무 태만 요인 분석

Table 11은 상선에서 당직근무태만 요인을 세분한 것이다. Total에서 D의 당직근무시간에 항해당직 외에 다른 업무(해도 개정작업, 타 선박 교신 등)를 한 경우가 38건으로 가장 많고 또한 피항선과 유지선의 공통요인으로 나타났다. 이어서 졸음운항, 조타수 없이 항해사 1인 당직, 음주운항, 잤담 등이 요인이었다.

Table 11. Cause factors of duty neglect of merchant ship

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. Use mobile phone	1(0.7)	1(1.4)	0(0.0)
D. 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)

3.5 어선의 상대선박 미 인지 요인 분석

Table 12는 어선에서 상대선박 미 인지 원인을 분석한 것이다. 어선은 상선과는 다른 특징이 나타났다. Total에서 당직근무 선장이 어로에 집중(어군 탐색 등)하여 충돌사고가 난 경우가 20건으로 가장 많았고 피항선에서는 졸음운항이 8건, 유지선 에서 어로에 집중한 경우가 15건으로 많았다.

종합하면 피항선은 졸음운항과 경계소홀, 어로집중 순이고 유지선 은 어로집중과 경계소홀, 당직 중 타 업무수행이 충돌의 주요 원인으로 나타났다.

Table 12. Cause factors of not recognizing an opponent ship on a fishing boat

Detailed cause factors	Total	Give-way vessel	Stand-on vessel
	Count (%)	Count (%)	Count (%)
Total	218(100)	109(100)	109(100)
A. Fishing	20(9.2)	5(4.6)	15(13.8)
B. Sleeping	11(5.0)	8(7.3)	3(2.8)
C. Bridge away	3(1.4)	2(1.8)	1(0.9)
D. An unqualified person is on duty	1(0.5)	0(0.0)	1(0.9)
E. Negligence of lookout & watch keeping	15(6.9)	7(6.4)	8(7.3)
F. Fog	5(2.3)	3(2.8)	2(1.8)
G. Perform other tasks	8(3.7)	3(2.8)	5(4.6)
H. Drinking	1(0.5)	1(0.9)	0(0.0)
I. Not applicable	154(70.6)	80(73.4)	74(67.9)

#### 4. 경계소홀과 당직근무태만 요인 간 교차분석

해기사의 인적과실 유발요인 중 가장 높은 빈도를 보이는 경계소홀 요인(Table 6)에 대하여 경계소홀 유형 요인(Table 9)을 독립변수로, 당직근무태만 요인(Table 11)을 종속변수로 하여 교차분석을 실시하였다. 교차분석은 두 범주 변인 간 관계가 상호 독립 관계인지 아니면 상호 연관성을 맺고 있는지를 검증하는 방법이다. 이 중 카이제곱 분석(chi-square test)은 관찰빈도(observed frequency)와 각 셀에서 통계적으로 기대할 수 있는 빈도, 즉 기대빈도(expected frequency) 간에 얼마만큼의 차이가 있는지를 카이제곱 분포(chi-squared distribution)를 참조해 통계적으로 검증하는 통계 기법이다. 기대빈도를 구하는 공식과 카이제곱 통계량을 도출하는 공식은 다음과 같다(Naver wikipedia, 2017).

$$E = \frac{(C \times R)}{N} \quad (1)$$

$$x^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E} \quad (2)$$

E는 기대빈도로서, 이는 행과 열의 각 빈도 합을 곱셈한 후 총 빈도수로 나눈 것이다. C와 R은 각각 행과 열에 속한 케이스의 총합이며, N은 케이스의 총합이고 O는 관찰빈도를 나타낸다. 따라서 검증 통계량인  $x^2$ (카이제곱)은 관찰빈도인 O와 기대빈도인 E의 차이를 제곱한 후 기대빈도로 나눈 값을 합산한 값이다.

Table 13에서 세로축은 Table 9의 경계소홀 유형 요인을 나타내고 가로축은 Table 11의 당직근무태만 요인을 나타낸다.

Fig. 4의 (a) Total에서 A, B, C의 항목 공통으로 다른 업무 수행(Other tasks)이 가장 많은 영향을 미치는 것으로 나타났으며 이 중 C의 상대선박 지속 관찰소홀이 18척(47.4%)으로 가장 많이 차지하고 있다.

피항선과 유지선 에서도 역시 다른 업무 수행(Other tasks)이 가장 많은 요인으로 나타났고 C의 상대선박 지속 관찰소홀이 가장 높은 빈도를 보이고 있다.

이를 종합하면 피항선과 유지선 에서 공통으로 경계소홀 유형 요인 중 당직 근무 중 다른 업무 수행이 주요 영향요인이며 특히 상대선박 지속 관찰소홀에 있어 다른 업무 수행 요인이 가장 많은 인적과실 유발요인임을 알 수 있다.

Table 13. Cross tabulation analysis (Total)

Type of Negligence of lookout of merchant ship	Cause factors of duty neglect of merchant ship [Count(%)]						
	Sleeping	Drinking	Use mobile phone	Other tasks	Chat	One-person watch	Total
A. Do not watch	1(33.3)	1(50.0)	0(0.0)	13(34.2)	2(100)	0(0.0)	17(34.7)
B. Not recognizing opponent ship	0(0.0)	1(50.0)	0(0.0)	7(18.4)	0(0.0)	2(66.7)	10(20.4)
C. Opponent vessel situation monitoring fault	2(66.7)	0(0.0)	1(100)	18(47.4)	0(0.0)	1(33.3)	22(44.9)
Total	3(100)	2(100)	1(100)	38(100)	2(100)	3(100.0)	49(100)

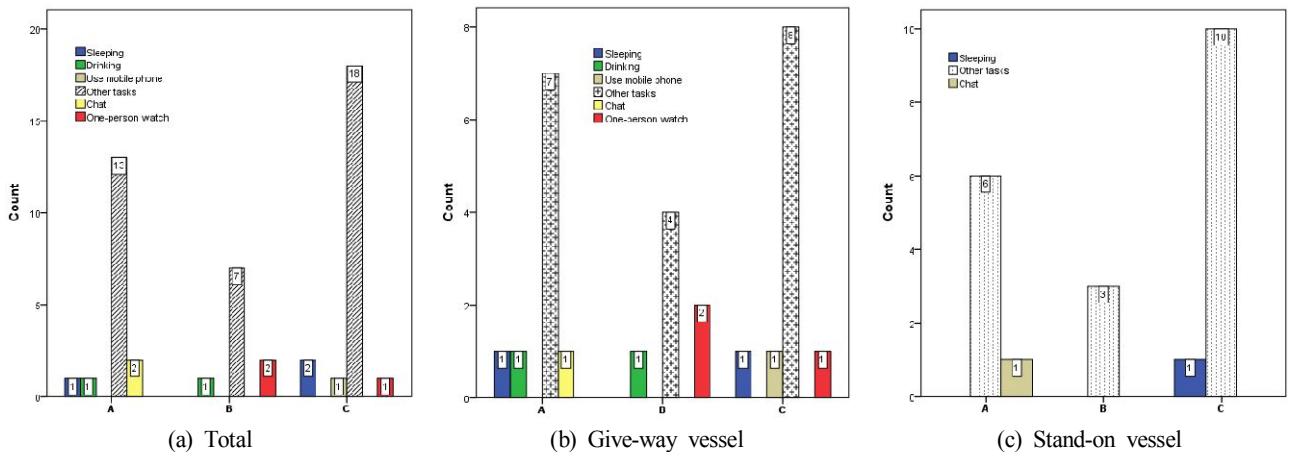


Fig. 4. Cross tabulation analysis graph.

### 5. 고찰

선박 충돌상황에서 충돌원인과 관련된 당직 항해사의 인적과실 유발요인은 피항선에서는 레이더 감시를 포함한 경계소홀이, 유지선에서는 적절한 피항협력동작 미 이행이 가장 많은 인적과실 유발요인으로 나타났다.

경계소홀 유형 중 대부분이 상대선 초인 후 지속적 관찰을 소홀히 하여 충돌사고로 이어졌으며 상대선과 충돌까지 미 경계 요인과 당직근무 태만의 공통요인이 항해당직 시간에 타 선박에 대한 견시 및 항해 업무에 충실하지 않고 해도 개정이나 문서작업 등 다른 업무에 치중하였기 때문이었다.

이러한 연구 분석 결과는 각급 해기사 교육기관에서 선박 충돌사고 예방을 위한 교육 자료로 활용 가능하다.

그리고 실제 선박 충돌사고 사례를 조사하여 당직 항해사의 인적과실 유발 요인을 통계적으로 분석하여 결과를 도출한 점에 본 연구의 중요성과 의의가 있다고 하겠다.

선박 충돌사고의 원인요소 간 상관관계 분석을 한 연구(Youn and Shin, 2017)와 비교해 보면 본 연구는 한 개의 충돌 사건에 대한 충돌의 원인을 보다 더 세부적으로 세 단계 레벨로 구분하여 분석하였으며 또한 충돌의 주요 원인에 해당하는 경계소홀과 관련하여 유형을 세분하여 분석하였고 미 경계 요인 및 당직근무 태만요인 등의 심층적인 분석을 하였으며 상선에 대하여 피항선과 유지선으로 구분하여 각각에 대한 분석을 실시한 점이다.

또한 경계소홀 요인과 당직근무 태만 요인 간 교차분석을 실시하여 관련성을 분석하는 등 해기사의 인적과실 유발요인을 중점으로 연구하였다는 점에 차이가 있다고 할 수 있다.

### 6. 결론

본 연구는 2010년부터 2016년까지 7년간의 상선과 상선, 상선과 어선간의 선박 충돌사고 사례를 대상으로 특히 상선을 중심으로 인적과실 유발요인을 분석한 것이며 대상 선박은 총 109건 218척(상선 134척, 어선 84척)으로 이 중 피항선과 유지선은 각 109척이다.

1. 선박 충돌상황에서 OOW의 인적과실을 유발한 요인을 빈도 분석한 결과로는,

(1) 충돌사고 원인에 영향을 미친 정도별로 인적과실 유발 요인을 분석한 결과,

Level 1에서 피항선은 ① 경계소홀 ② 상대선 초인 후 지속적 관찰소홀이 주요 요인이었고, 유지선은 ① 적절한 피항협력동작 미 이행 ② 경계소홀 순이었다.

Level 2에서 피항선은 당직근무 태만이, 유지선은 상대선 초인 후 지속 관찰소홀이 주요 요인이었으며, Level 3에서 피항선과 유지선에서 공통으로 상대선 항행 동향 오판이 주요 요인이었다.

(2) 상선의 경계소홀 원인을 세분하면 상대선 초인 후 지속적 관찰소홀이 피항선과 유지선에서 OOW의 공통의 인적과실 유발 요인으로 나타났다.

(3) 상선의 미 경계 원인은 피항선과 유지선에서 공통으로 항해당직 외의 다른 업무 수행(문서작업, 해도실에서 해도 개정작업 등)이 가장 큰 요인이었다.

(4) 당직근무 태만 원인은 피항선과 유지선에서 공통으로 당직시간에 다른 업무 수행이 가장 많았고 줄음운항, 1인 당직, 음주운항 순이었다.

(5) 어선의 상대선 미 인지 원인은 피항선에서는 줄음운항이 유지선에서는 선장의 어로집중이 가장 많았다.

2. 상선에서 OOW의 인적과실 유발 요인 중 가장 높은 빈도를 차지하는 경계소홀 원인요인과 당직근무태만 요인을 교차 분석한 결과로는,

피항선과 유지선 공통으로 당직근무 중 다른 업무 수행이 가장 많은 요인으로 나타났으며 특히 경계소홀 요인 중 상대선박에 대한 지속적 관찰소홀에 있어 다른 업무 수행이 가장 많은 인적과실 유발요인으로 분석된 점은 향후 선박충돌사고 예방을 위하여 학계 및 상선의 해기사들이 주목해야 할 점으로 평가된다.

추후 사고다발 선종인 어선과 어선 간 충돌사고에 대한 분석과 상선의 충돌 조우방위, 충돌 시간, 상대선 최초 인지 거리와 최초 인지 시각에서부터 충돌까지 소요시간 등에 대한 빈도 및 교차분석을 통하여 선박충돌사고에 있어 인적요인의 영향에 대한 연구를 계속 할 예정이다.

### 후 기

이 논문은 해양수산부의 ‘해양안전사고 예방시스템 기반 연구(2단계)’ 과제의 연구결과임을 밝힌다.

### 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. Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 23, No.1, pp. 026-032.
- [4] COLREGS(2005), COLREGS - International Regulations for Preventing Collisions at Sea, Lloyd's Register Rulefinder 2005, Ver. 9.4, June 30, 2013. Received : 2017. 11. 02.
- [5] Dhillon, BS and SN. Rayapati(1988), Human Performance Reliability Modelling. *Microelectronics and Reliability*, 28(4), pp. 573-580. Revised : 2017. 12. 08. (1st)
- [6] Endsley, M. R.(1995), Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic System, *Human Factors*, Vol. 37, No. 1, pp. 32-64. : 2017. 12. 16. (2nd)
- [7] IBM SPSS Statistics, Ver. 21.0(2011). Accepted : 2017. 12. 28.
- [8] IMO Homepage(2017), <http://www.imo.org>.
- [9] KMST(2017), Korea Maritime Safety Tribunal, Statistics of Marine Casualties, Sejong, pp. 6-28.
- [10] KMST Investigation Report(2017), Korea Maritime Safety Tribunal, Investigation Report, <https://data.kmst.go.kr/kmst/verdict/writtenVerdict/selectWrittenVerdict.do>.
- [11] Naver Ship Voyage Glossary(2017), <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2428553&cid=42329&categoryId=42329>.
- [12] Naver wikipedia(2017), <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1625380&cid=42251&categoryId=42262>.
- [13] 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.
- [14] Rasmussen, J.(1983), Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. SMC-13, No. 3, pp. 257-266.
- [15] Reason, J.(1990), *Human Error*, New York, NY: Cambridge University Press. pp. 1-302.
- [16] Rothblum, A.(2000), *Human Error and Marine Safety*. Presented at the Maritime Human Factors Conference 2000, Linthicum, MD, March 13-14.
- [17] Shin, I. S.(2016), A Study on the Usability Evaluation of Navigation Assistance Service in e-Navigation MSP, Ph. D. diss., Korea Maritime and Ocean University, pp. 32-46.
- [18] Song, J. J.(2014), SPSS/AMOS statistical analysis method for writing paper, 21Century book. No. 2, pp. 14-206.
- [19] 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*