



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

인적오류에 의한 선박 충돌사고의
평가에 관한 연구

A Study on the Evaluation of Ship Collision
by Human Error



지도교수 김창제

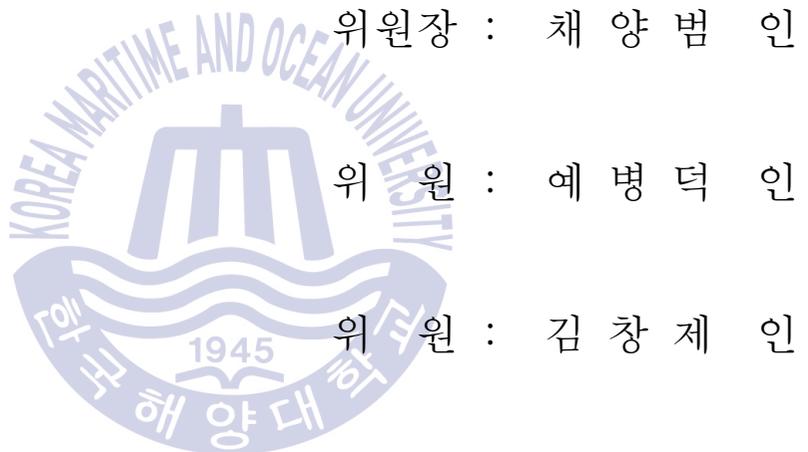
2018년 2월

한국해양대학교 대학원

항해학과

김 광 태

본 논문을 김광태의 공학석사 학위논문으로 인준함



위원장 : 채 양 범 인

위원 : 예 병 덕 인

위원 : 김 창 제 인

2017 년 12 월 22 일

한국해양대학교 대학원

목 차

List of Tables	iv
List of Figures	v
Abstract	vi

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 범위 및 방법	4

제 2 장 해양사고 분석

2.1 해양사고의 정의	5
2.2 선박등록현황 및 해양사고 발생	6
2.2.1 해양사고 발생률	6
2.2.2 해양사고 종류	10

제 3 장 인적오류와 선박충돌 사고

3.1 인적오류와 그 분석기법	15
3.1.1 인적오류	15
3.1.2 분석기법	16
3.1.2.1 4M 분류법	16
3.1.2.2 SHELL모델	16
3.1.2.3 James Reason의 행동모델	18
3.1.2.4 트리형 분석법	
1) 변동수 분석(VTA)	20
2) 결함수 분석(FTA)	22
3) 사건수 분석(ETA)	25

3.2 인적오류의 개선	26
3.2.1 인적오류에 관한 오해	26
3.2.2 Error Proof화	26
3.3 선박충돌사고	29
3.3.1 선박용도별 충돌사고	29
3.3.2 환경별 충돌사고	32
3.3.3 상대선 인식시간과 거리	34
3.3.3.1 피항선	36
3.3.3.2 유지선	39
제 4 장 선박 충돌사고의 변동수 분석(VTA)	
4.1 조사방법	43
4.2 피항선의 충돌사고 원인분석	57
4.2.1 변동수 분석에 의한 방법	57
4.2.2 원인별 사고율	60
4.3 유지선의 충돌사고 원인분석	63
4.3.1 변동수 분석에 의한 방법	63
4.3.2 원인별 사고율	64
제 5 장 결론	68
참고문헌	73

List of Tables

Table 1. Registered ships	7
Table 2. Registered and accident ships	8
Table 3. Marine accidents(year)	10
Table 4. Marine accidents(ship & accident type)	12
Table 5. Logic and Event symbols of FTA	24
Table 6. Collision accidents between vessels	29
Table 7. Collision accidents(ship tonnage)	31
Table 8. Collision accidents(hour)	32
Table 9. Collision accidents(visibility)	33
Table 10. Perception	35
Table 11. Perception time of give-way vessel	37
Table 12. Perception distance of give-way vessel	38
Table 13. Perception time of stand-on vessel	40
Table 14. Perception distance of stand-on vessel	41
Table 15. Causes of collision accidents(give-way vessel)	53
Table 16. Causes of collision accidents(stand-on vessel)	54
Table 17. Cause of ship collision	56
Table 18. Accident rate by causes of collision(give-way vessel)	60
Table 19. Accident rate by causes of collision(stand-on vessel)	65

List of Figures

Fig. 1 Registered ships (2015)	8
Fig. 2 Registered and accident ships	9
Fig. 3 Rate of marine accidents	9
Fig. 4 Marine accidents(ship type)	11
Fig. 5 Marine accidents(accident type)	13
Fig. 6 Collision accidents(ship type)	13
Fig. 7 Human information processing step	16
Fig. 8 SHELL Model	17
Fig. 9 Classification of Human error(Reason)	18
Fig. 10 Swiss cheese model	19
Fig. 11 Fault Tree	23
Fig. 12 Collision accidents between vessels	30
Fig. 13 Collision accidents(visibility)	34
Fig. 14 Perception	36
Fig. 15 Perception time of give-way vessel	37
Fig. 16 Perception distance of give-way vessel	39
Fig. 17 Perception time of stand-on vessel	40
Fig. 18 Perception distance of stand-on vessel	42
Fig. 19 Causes of collision accidents(give-way vessel)	56
Fig. 20 Causes of collision accidents(stand-on vessel)	57

A Study on the Evaluation of Ship Collision by Human Error

Kim, Gwang Tae

Department of Navigation Science
Graduate School of Korea Maritime and Ocean University

Abstract

With the development of marine science, ships have become more sophisticated, larger and faster, and maritime traffic has increased. This increase in maritime traffic has led to strengthening marine safety management policy. However, marine accidents are increasing in spite of the fact that the development of scientific technique and the complementing marine safety policy have reduced the inevitable elements of accidents, which accounted for much of the marine accidents in the past. In 2016, the number of marine accidents was 2,307 and the number of ships associated with marine accidents was 2,549, which are about twice the rate of increase compared to the number of marine accidents in 2013 which was 1,093 and the number of ships associated with marine accidents which was 1,306. Also, in 2016, the number of deaths and missing people caused by marine accidents reached 118, of 441 casualties

These marine accidents cause damage to human lives, property and marine environmental pollution. Due to the special environmental characteristics of the ocean, unlike land-based accidents, immediate search and rescue may be difficult or impossible in some cases.

According to the statistics of marine accidents of the Korea Maritime Safety Tribunal, engine damages accounted for 29.3% of the marine accidents from 2008 to 2016, which were 4,960 ships. Next, 3,853 crashes account for 22.7%. Unlike other accidents, collisions in the ocean cause a great deal of damage to human lives and property. In addition, large-scale marine pollution may cause social problems and may lead to disputes between countries.

Development of marine technology is accelerating on the basis of the Fourth Industrial Revolution Technology Innovation. The new marine scientific technique is focused on new technology such as Big data, augmented reality, drone, robot and fusion and compositeness of IoT technology. This indicates that through automation, digitalization, modernization of marine transport and port logistic systems like autonomic ships and E-navigation, effective responses can be expected regarding not only prevention of marine accidents, but also marine disasters and so on. With the development of marine scientific technique and the promotion of the Fourth Industrial Revolution in the future, it is essential to analyze the data of the present maritime sector and precede systematic analysis of causes of marine accidents.

Most of the marine accidents have been attributed to the human error of the navigator, and it is impossible to prevent the human error completely. However, in order to prevent marine accidents through minimizing the human error, it is essential to understand the cause of the human error.

In this study, the present condition (statistics) of marine accidents and the causes of collisions of ships due to the human error were identified through the VTA(Variation Tree Analysis), which is an analytic technique for disasters.

In order to identify the present condition of marine accidents, Korea Maritime Safety Tribunal's statistics of marine accidents from 2008 to 2016 were analyzed. In addition, the detailed causes of collisions through the analytic technique VTA for the last 5 years (2012~2016) of Korea Maritime Safety Tribunal's written verdicts of collisions (369 cases) were analyzed. The results of the study are as follows. According to the statistics (2008 ~ 2016), the number of registered ships steady declined from 2008 (88,854) to 2015 (76,500). However, the incidence of marine accidents increased by more than twofold in 2015 (3.09%) compared to 2008 (1.26%). In addition, 70.7% of all ships were fishing vessels. By the type of accidents, 29.3% of the incidence of marine accidents was caused by engine damages and 22.7% was caused by collisions.

As a result of analyzing whether the ships collided were aware of each other, between 5 years (2012 ~ 2016), 57.7% of all collisions were the case where both ships were not aware of each other.

As a result of analyzing the cause of occurrence of collisions of ships, in the case of give-way-vessels, the causes occurred in the order of failure to be aware (76.1%), failure to judge (16.9%) and failure to control (5.5%). In the case of stand-on-vessels, as well, the causes occurred in the order of failure to be aware (76.1%) and failure to judge (30.9%).

In the collision of ships, both stand-on-vessels and give-way-vessels showed the highest percentage of human error regarding the failure to

be aware. In order to reduce such human errors, it is necessary to develop sleepiness prevention devices such as interactive navigation support devices by voice guidance, install and expand AIS equipment on small ships such as fishing vessels. Also, it is necessary to install an accident recorder (VDR) even on small ships for the accurate analysis of causes of accidents. Identification of the cause of collisions can be utilized as a basis for prevention of marine accidents. In addition, if the cause of accidents identified in this study is complemented and developed, and risk evaluation is made through the analysis of ETA and FTA, it will contribute to the prevention of marine accidents.

해양과학의 발전으로 선박은 첨단화, 대형화, 고속화 되었으며, 해상 교통량은 증가 되었다. 이러한 해상교통의 증가는 해양 안전관리대책 강화로 이어졌는데, 과학기술의 발전 및 해양 안전정책의 보완으로 과거 해양사고의 많은 부분을 차지하였던 사고의 불가항력적 요소가 감소되었음에도 불구하고 해양사고 발생은 증가하고 있다.

2016년 한해, 해양사고의 발생 건수는 2,307건, 해양사고의 발생 척수는 2,549척으로 2013년 해양사고 발생건수 1,093건, 해양사고 발생척수 1,306척에 비해 약 두 배가량의 상승률을 보이고 있다.

또한 2016년에 해양사고로 인한 인명피해는 411명으로 이중 사망, 실종자만 118명에 이르고 있다. 이러한 해양사고는 인명과 재산의 피해 및 해양환경 오염을 야기하며, 바다라는 특수한 환경적 특성에 의해, 해양사고 발생 시 육상과 달리 즉각적인 수색과 구조가 어렵거나 경우에 따라 불가능할 수 있다.

중앙해양안전심판원의 해양사고 통계를 보면, 2008년부터 2016년까지 발생한 해양사고는 기관손상이 4,960척으로 29.3%를 차지하며 그 다음으로 충돌이 3,853척으로 22.7%를 차지한다. 해양에서 충돌사고는 다른 사고와 다르게

인명과 재산의 피해가 크며, 대규모 해양오염이 발생하여 사회적 문제를 야기하며 나아가 국가 간 분쟁을 초래할 수도 있다.

해양기술은 제4차 산업혁명 기술혁신을 기반으로 발전이 가속화 되고 있다. 새로운 해양과학기술은 Big data, 증강현실, 드론, robot 등의 신기술과 IoT 기술의 융·복합을 중심으로 진행되고 있다. 이는 곧 자율운항선, E-navigation과 같은 해운·항만물류시스템을 자동화, 디지털화, 첨단화 함으로써 해양 사고의 예방은 물론 해양 재난 등에 효과적인 대응을 기대할 수 있게 한다. 이러한 4차 산업혁명 중심의 혁신적인 해양과학기술의 발전과 앞으로 제4차 산업혁명의 추진과 더불어 현재의 해양 분야의 data 분석은 필수적이며, 체계적인 해양 사고 원인 분석이 선행되어야 한다.

해양사고의 대부분은 항해사의 인적 과실에 기인하는 것으로 나타났으며, 인적과실을 완벽하게 예방하는 것은 불가능 하지만, 인적과실을 최소화 하여 해양사고를 예방하기 위하여 인적과실의 원인을 파악하는 것은 반드시 필요하다.

이 연구에서는 해양사고의 현황(통계)을 파악하고 선박충돌사고에 대하여 재해분석기법인 변동수 해석(VTA: Variation Tree Analysis)을 이용하여 인적 오류에 의한 선박충돌사고의 원인을 파악하였다.

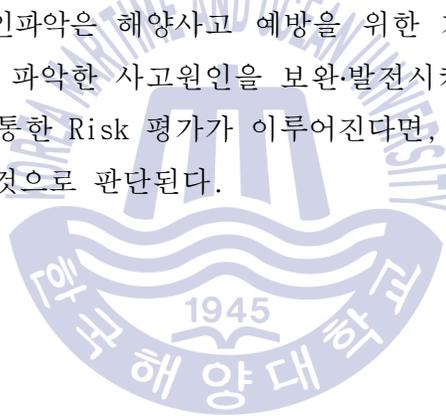
해양사고 현황을 파악하기 위해 2008년부터 2016년까지 중앙해양안전심판원의 해양사고 통계를 분석하였으며, 최근 5년간(2012년~2016년) 해양안전심판원의 충돌사고 재결서(369건)를 변동수 해석(VTA) 기법을 이용하여, 충돌사고에 대한 세부 원인을 분석하였으며, 연구의 결과는 다음과 같다.

해양사고통계(2008년~2016년)를 분석한 결과, 등록선박 척수는 2008년(88,854척)부터 2015년(76,500척)까지 꾸준히 감소추세를 보였지만 해양사고 발생률은 2008년(1.26%)에 비하여 2015년(3.09%)에 약 두 배 이상의 증가율을 보였으며, 전체 선박 중 어선이 70.7%를 차지하였다. 사고종류별 해양사고 발생현황은 기관손상이 29.3%, 그 뒤를 이어 충돌사고가 22.7%를 차지였다.

최근 5년(2012년~2016년)간 충돌선박의 상대선 인지여부 분석 결과, 양 선박 모두 서로 인지하지 못한 경우가 전체 충돌사고 중 57.7%를 차지하였다.

선박 충돌사고의 발생 원인을 분석한 결과 피항선의 경우 지각실패(76.1%), 판단실패(16.9%), 조종실패(5.5%) 순으로 나타났으며, 유지선 또한 지각실패(66.2%), 판단실패(30.9%) 순으로 발생하였다.

본 연구 결과 선박충돌 사고 시 유지선, 피항선 모두 지각실패에서 가장 높은 인적 과실의 비율을 보였다. 이러한 인적오류를 줄이기 위하여, 음성 가이드에 의한 대화형 항해지원장치 등 줄음 방지장치의 개발, 어선 등 소형선에 AIS장비 설치 확대가 필요할 것으로 생각한다. 또한 정확한 사고 원인 분석을 위하여 소형선에도 사고기록장치(VDR)의 설치가 필요할 것으로 생각한다. 충돌사고의 원인과약은 해양사고 예방을 위한 기초자료로 활용될 수 있으며, 이 연구에서 파악한 사고원인을 보완·발전시키고, 사건수(ETA) 및 결함수(FTA) 분석을 통한 Risk 평가가 이루어진다면, 해양사고 예방에 한층 더 기여 할 수 있을 것으로 판단된다.



KEY WORDS: Ship Collision 선박충돌; Human Error 인적오류; VTA 변동수 해석; Forth Industrial Revolution 4차 산업혁명; Perception 인지

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸인 지리적 조건으로 해상을 통한 여객수송 및 물류이동이 매우 활발하게 이루어진다. 특히 21세기에 들어서며 교통 및 운송수단의 첨단화로 선박은 다양화, 대형화, 고속화 되었으며 전체 운송수단 중 해상 운송수단의 비중 또한 증가되고 있다. 하지만 이런 해상교통의 발달에 따른 해상교통량의 증가는 필연적으로 해양사고의 잠재적 발생 요인 또한 증대 시키고 있다.

해양사고 발생은 꾸준히 증가양상을 보이고 있다. 연도별 해양사고 발생 현황(중앙해양안전심판원, 2017)을 살펴보면, 2013년부터 현재까지 해양사고발생이 꾸준히 증가 하였다. 2016년 한해, 해양사고의 발생 건수는 2,307건, 해양사고의 발생 척수는 2,549척으로 2013년의 해양사고의 발생건수 1,093건, 해양사고의 발생척수 1,306척에 비해 약 두 배가량의 상승률을 보이고 있다. 또한 2016년에 해양사고로 인한 인명피해는 411명으로 이중 사망, 실종자만 118명에 이르고 있다.

이러한 해양사고는 인명과 재산의 피해 및 해양환경 오염을 야기하며, 바다라는 특수한 환경적 특성에 의해, 해양사고 발생 시 육상과 달리 즉각적인 수색과 구조가 어렵거나 경우에 따라 불가능할 수 있다.

중앙해양안전심판원의 해양사고 통계를 보면, 2008년부터 2016년까지 발생한 해양사고는 기관손상이 4,960척으로 29.3%를 차지하며 그 다음으로 충돌이 3,853척으로 22.7%를 차지한다.

충돌사고의 예로서, 지난 2017년 1월에 발생한 홍콩 선적 원목운반선 인스피레이션 레이크호(23,269톤)와 오징어 채낚기 어선 209주영호(74톤)의 충돌사고로 어선에 타고 있던 선원 7명 가운데 4명이 실종, 구조된 3명 가운데 2명이 사망하였다. 또한 2016년 12월에는 라이베리아 선적 컨테이너 화물선 시에스에이브이 틴들호(96,628톤)와 어선 화룡호(20톤)가 충돌하여 어선이 전복되고 어선원 9명 중 선장 등 2명이 숨지고 2명이 실종되는 인명피해가 발생하였다. 2014년

12월에는 모래운반선 대양호(2,489톤)와 컨테이너선 현대 브릿지호(21,611톤)가 충돌하여 벙커C유 약 33만5200ℓ가 해양으로 유출 되었다. 2013년 12월에는 약 3만톤 가량의 화학제품을 적재한 화학제품 운반선인 마리타임 메이지호(29,211톤)와 시운전선인 그래비티 하이웨이호(55,700톤)가 충돌하여 마리타임 메이지호에서 대형화재가 발생하였으며, 화재가 진압 되지 않은 상태에서 일본 영해로 진입하는 사고가 있었다.

이처럼 해양에서 충돌사고는 다른 사고와 다르게 인명과 재산상 피해가 크며, 대규모 해양오염이 발생하여 사회적 문제를 야기하며, 나아가 국가 간 분쟁을 초래할 수도 있다.

해양기술은 제4차 산업혁명 기술혁신을 기반으로 발전이 가속화 되고 있다. 새로운 해양과학기술은 Big data, 증강현실, 드론, robot 등의 신기술과 IoT 기술의 융·복합을 중심으로 진행되고 있다(송종국, 2017). 이는 곧 자율운항선, E-navigation과 같은 해운·항만물류시스템을 자동화, 디지털화, 첨단화함으로써 해양 사고의 예방은 물론 해양 재난 등에 효과적인 대응을 기대할 수 있게 한다. 이러한 4차 산업혁명 중심의 혁신적인 해양과학기술의 발전과 향후 추진에 앞서 현재 해양 분야의 data 분석은 필수적이며, 체계적인 해양 사고 원인 분석이 선행되어야 한다.

중앙해양안전심판원(2017)의 재결서를 분석하면 충돌사고의 원인이 경계소홀, 항행법규 위반 등의 운항과실이 97%이상을 차지하는 것으로 나타났으며, 국제 해사기구(International Maritime Organization)에서는 인적 오류와 조직의 문제에 의해 해양사고의 80%가 발생한다고 보고하였다(IMO, 2000; 양원재 등,2004). UK P&I club의 'Analysis of major claims'보고서에 의하면 해양사고의 62%가 인적요인에 기인하며, United States Coast Guard(USCG)의 'Prevention Through People, Quality Action Team Report.'에서도 모든 해양사고 중 70%가 인적요인으로부터 발생한다고 보고되었다.

현재 중앙해양안전심판원에서는 선박충돌사고를 운항과실, 취급불량 및 결함, 기타로 나누고 있으며, 이중 운항과실에 관하여는 준비불량, 법규 위반 등 총

13가지로 나눠 분류하고 있지만 해양사고를 효과적으로 예방하기 위해서는 더욱 세부적인 분석이 필요하다.

해양사고의 대부분은 항해사의 인적 과실에 기인하는 것으로 나타났으며, 인적 과실을 완벽하게 예방하는 것은 불가능 하지만, 인적과실을 최소화 하여 해양사고를 예방하기 위하여 인적과실의 원인을 파악하는 것은 반드시 필요하다.

본 연구에서는 선박충돌사고에 대하여 재해분석기법인 변동수 분석(VTA; Variation Tree Analysis)을 이용하여 인적오류에 의한 선박충돌사고의 원인을 파악하였다.

재해분석기법인 변동수 분석은 사고에 이르는 사실을 연결하는 것이 특징이다. 일반적으로 평소와 같은 상태에서 작업을 하면 재해 요인은 존재하지만 사고에 이르지 않는다는 것, 그런데 평소와 다른 것, 달라진 환경이 발생하면 거기에 적절한 대응이 취해지지 않는 경우에 사고로 이어진다.

사고는 '일상적인 평소의 작업 중에서 우발적으로 일어난 상태나 작업등의 변화가 겹쳐 뒤엎혀서 발생하는 것'이라고 생각하는 것을 기본 개념으로 하고 있다. 따라서 정상 상태·판단·작업등에서 벗어난 것을 변동 요인으로 해서 그것을 원인-결과의 관계에 의해 고리와 같이 연결해서 각종 요인이 어떻게 관계해서 사고에 이르렀는지를 도식화하는 것이다. 그리고 이 중에 나타난 요인을 배제하거나, 원인-결과의 연쇄를 끊어버림으로써 재해로의 전개를 차단하고, 유사 재해의 방지를 도모하려고 하는 것이다(산업안전대사전, 2004).

해양사고의 국내 연구 동향을 살펴보면, 윤과 신(2017)은 총톤수 1,000톤 이상의 선박을 대상으로 충돌사고를 분석하였으며, 정(2014)은 최근 5년(2008년~2012년)간 중앙해양안전심판원의 통계를 분석하였다, 김 등(2011)은 해양사고조사를 위하여 인적 오류분석을 하였으며, 양 등(2004)은 목포해양안전심판원이 재결한 총65건의 화물선 충돌사고를 분석하였으나, 선박의 충돌사고에 대한 변동수 분석을 이용한 사고 원인분석에 대한 연구는 전무하다.

따라서 본 연구에서는 해양사고의 현황(통계)을 파악하고 변동수 분석을 이용하여 해양사고에서 충돌사고의 원인을 분석하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 최근 9년간(2008~2016년) 우리나라 해양사고 통계를 분석하고 그 중 해양안전심판원에서 재결한 369건의 충돌사고 재결서를 변동수 분석을 활용하여 충돌 사고 원인을 파악하고자 한다. 이 연구는 5장으로 구성되어 있는데, 제2장에서는 해양사고 분석, 제3장에서는 인적오류와 선박충돌사고에 대하여 알아보았으며, 제4장에서는 선박 충돌사고의 변동수 분석, 마지막으로 제5장에서는 이 연구의 결론과 함께 향후 연구 방향을 제시하였다.



제 2 장 해양사고 분석

2.1 해양사고의 정의

「해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률」 제2조제1호 및 「IMO Res. MSC.255(84)」에서는 해양사고란 해양 및 내수면(內水面)에서 선박의 구조·설비 또는 운용과 관련하여 사람이 사망 또는 실종되거나 부상을 입은 사고, 선박의 운용과 관련하여 선박이나 육상시설·해상시설이 손상된 사고, 선박이 멸실·유기되거나 행방불명된 사고, 선박이 충돌·좌초·전복·침몰되거나 선박을 조종할 수 없게 된 사고, 선박의 운용과 관련하여 해양오염 피해가 발생한 사고로 정의하고 있다.

「해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률 사무처리 요령」 제13조에서 규정하고 있는 해양사고의 종류는 다음과 같다.

충돌	항해중이거나 정박 중임을 불문하고 다른 선박과 부딪치거나 맞붙어 닿은 것. 다만, 수면하의 난파선과 충돌한 것은 제외
접촉	다른 선박이나 해저를 제외하고 외부물체나 외부시설물에 부딪치거나 맞붙어 닿은 것. 다만, 수면 아래의 시설물 등과 선저가 부딪쳐서 침수되거나 선체에 손상이 발생한 경우에는 좌초로 분류
좌초	해저, 암초, 수면 아래의 난파선 또는 간출암이나 해안가 등에 얽히거나 부딪친 것
전복	선박이 뒤집혀진 것 (충돌, 좌초 등에 따라 발생한 것은 제외)
화재·폭발	맨 처음의 사고로서 발생한 것(충돌이나 전복 등에 따라 발생한 것은 제외)
침몰	충돌 내지 폭발 이외에 악천후 조우, 외판 등의 균열이나 파공, 절단 등에 의한 침수의 결과 가라앉은 것
기관손상	주기관(축계를 포함한다), 보조보일러 및 보조기기 등이 손상된 것

추진축계 손상	추진축계, 추진기 또는 클러치(동력전달장치)가 손상된 것
조타장치 손상	조타장치 또는 키가 손상된 것
속구손상	속구 등이 손상된 것
인명사상	선박의 구조·설비 또는 운용과 관련하여 사람이 사망, 실종, 부상을 입은 것
안전저해	항해중 추진기에 페로프, 페어망 등 해상부유물이 감기어 항해를 계속할 수 없게 된 때
운항저해	사주 등에 올라 앉아 선체에는 손상이 없으나 항해를 계속할 수 없게 된 때
행방불명	선박의 존부여부가 90일간 불분명하거나 기타 보험관계기관 등에서 행방불명으로 처리된 것

2.2 선박등록 현황 및 해양사고 발생

이 연구에서는 중앙해양안전심판원의 공식 통계 자료인 해양사고 통계를 이용하였다. 2014년 국민안전처 출범 이후 해양사고 통계를 해양수산부와 해양경찰청 간 일원화 시키는 과정에서 2008년 이후 해양사고 통계를 수정·보안하였다. 이 연구에서는 2008년 이후부터 최근 통계인 2016년까지 9년간 최근의 통계를 사용하였다.

2.2.1 해양사고 발생률

최근 9년간(2008년~2016년) 선박등록 현황은 Table 1. 및 Fig. 1과 같다. 또한 Table 2.에서는 선박 등록척수대 해양사고 발생척수 및 건수현황을 나타낸다. Fig. 2에서처럼 선박 등록 척수는 2008년 88,854척에서 2015년 76,500척으로

꾸준히 감소하고 있으나, Fig. 3과 같이 해양사고 발생률은 최근에 다시 상승하여, 2013년 1.62%에서 2014년 2.01%, 2015년에는 3.09%로 증가하였다.

Table 1. Registered ships

단위: 척

용도 연도	여객선	화물선	유조선	예선	기타	어선		계
						동력선	무동력선	
2008	207	855	747	1,259	5,020	78,280	2,486	88,854
2009	200	820	721	1,245	5,388	75,247	2,466	86,087
2010	203	819	737	1,246	6,036	74,669	2,305	86,015
2011	212	810	729	1,271	6,374	73,427	2,202	85,025
2012	221	798	721	1,283	6,412	72,922	2,109	84,466
2013	224	793	734	1,290	6,319	69,323	1,964	80,647
2014	233	769	738	1,288	6,285	67,191	1,226	77,730
2015	270	753	739	1,267	6,245	66,234	992	76,500
2016	299	716	757	1,265	6,145	-	-	-

※2016년 어선 등록 척수는 2017년 12월경 발표 예정

출처: 중앙해양안전심판원



Fig. 1 Registered ships (2015)

Table 2. Registered and accident ships

단위: 척

연도	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
척수/건수									
선박등록 척수(A)	88,854	86,087	86,015	85,025	84,466	80,647	77,730	76,500	-
해양사고 발생척수 (B)	1,121	2,103	1,942	2,139	1,854	1,306	1,565	2,362	2,549
해양사고 발생건수	948	1,815	1,627	1,809	1,573	1,093	1,330	2,101	2,307
해양사고 발생률 (B/A)	1.26%	2.44%	2.26%	2.52%	2.19%	1.62%	2.01%	3.09%	-

출처: 중앙해양안전심판원



Fig. 2 Registered and accident ships

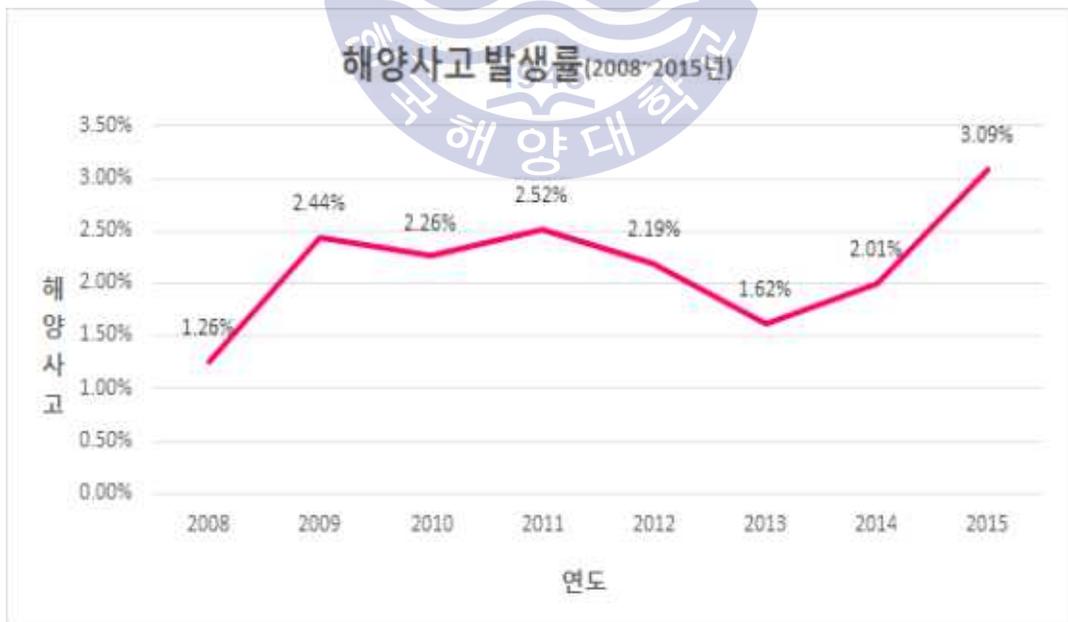


Fig. 3 Rate of marine accidents

2.2.2 해양사고 종류

최근 9년간(2008년~2016년)의 해양사고 통계를 보면, 전체 해양사고는 16,941척이 발생하였으며, 이중 어선이 11,983척으로 70.7%, 화물선이 993척으로 5.9%, 예선이 767척으로 4.5%, 유조선이 428척으로 2.5%, 여객선이 325척으로 1.9%를 차지한다.(Table 3., Fig. 4 참조)

Table 3. Marine accidents(year)

단위: 척

연도	비어선						어선	계
	여객선	화물선	유조선	예선	기타	소계		
2008	21	74	27	59	76	257	864	1,121
2009	17	110	33	70	305	535	1,568	2,103
2010	22	133	45	97	265	562	1,380	1,942
2011	22	118	43	86	297	566	1,573	2,139
2012	32	109	45	104	249	539	1,315	1,854
2013	29	107	52	78	201	467	839	1,306
2014	51	111	51	102	221	536	1,029	1,565
2015	66	115	65	94	401	741	1,621	2,362
2016	65	116	67	77	430	755	1,794	2,549
계	325	993	428	767	2,445	4,958	11,983	16,941
구성비 (%)	1.9	5.9	2.5	4.5	14.4	29.3	70.7	100

출처: 중앙해양안전심판원



Fig. 4 Marine accidents(ship type)

Table 4. 및 Fig. 5에 나타낸 바와 같이, 선박용도별, 사고종류별 해양사고 발생현황을 보면 기관손상이 4,960척으로 29.3%, 충돌이 3,853척으로 22.7%를 차지하며, 기타가 2,407척으로 14.2%, 안전운항 저해 2,250척으로 13.3%, 좌초가 980척으로 5.8%, 화재폭발이 857척으로 5.1%, 인명사상이 672척으로 4.0%, 전복이 370척으로 2.2%, 침몰이 341척으로 2.0%, 접촉이 251척 1.5%를 차지한다.

Table 4. Marine accidents(ship & accident type)

단위: 척

사고 종류 용도	충돌	접촉	좌초	전복	화재 폭발	침몰	기관 손상	인명 사상	안전 운항 저해	기타	계
	여객선	47	27	15	2	9	1	96	13	61	54
화물선	620	49	43	4	48	7	66	46	23	87	993
유조선	216	11	12	1	34	2	36	25	19	72	428
예선	231	51	81	26	34	48	68	48	61	119	767
기타	410	47	159	84	78	63	813	43	425	323	2,445
어선	2,329	66	670	253	654	220	3,881	497	1,661	1,752	11,983
계	3,853	251	980	370	857	341	4,960	672	2,250	2,407	16,941
구성비 (%)	22.7	1.5	5.8	2.2	5.1	2.0	29.3	4.0	13.3	14.2	100

출처: 중앙해양안전심판원



Fig. 5 Marine accidents(accident type)

Fig. 6에서 선박용도별 충돌사고 발생현황을 살펴보면 어선이 2,329척으로 60.4%, 화물선이 620척으로 16.1%, 기타가 410척으로 10.6%, 예선이 231척으로 6.0%, 유조선이 216척으로 5.6% 여객선이 47척으로 1.2%를 차지한다.

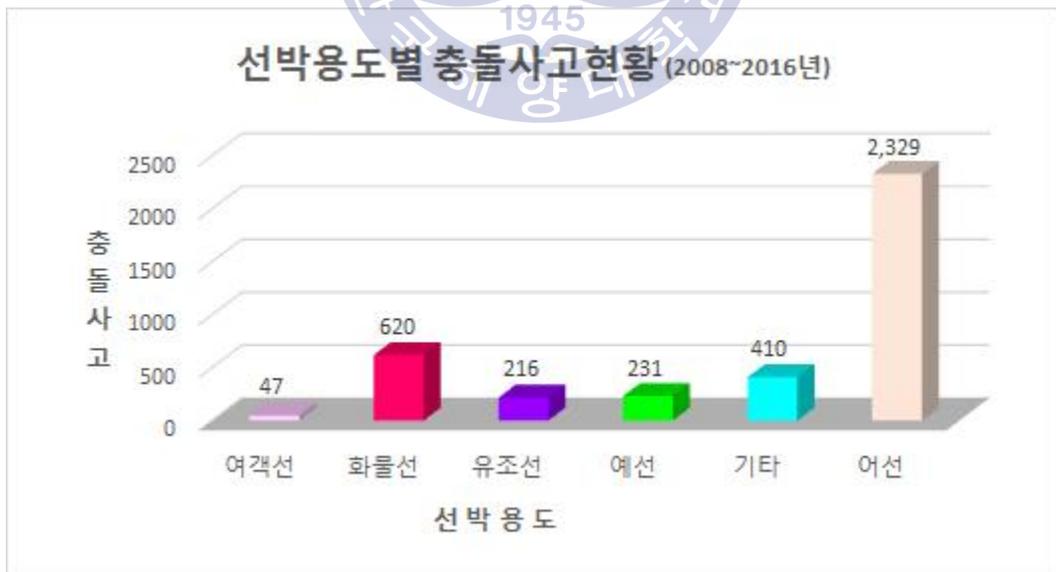


Fig. 6 Collision accidents(ship type)

선박 등록 척수는 2008년 88,854척에서 2015년 76,500척으로 꾸준히 감소하고 있으나, 해양사고는 2013년 이후로 꾸준히 증가하여 해양사고 발생률은 2013년 1.62%에서 2014년 2.01%, 2015년에는 3.09%로 증가하였다.

최근 9년간(2008년~2016년) 해양사고는 16,941척이 발생하였으며 이중 어선이 11,983척으로 해양사고의 대부분인 70.7%을 차지한다.

사고종류는 기관손상이 4,960척으로 29.3%, 충돌이 3,853척으로 22.7%를 차지하며, 기타가 2,407척으로 14.2%, 안전운항 저해 2,250척으로 13.3%, 좌초가 980척으로 5.8%, 화재폭발이 857척으로 5.1%, 인명사상이 672척으로 4.0%, 전복이 370척으로 2.2%, 침몰이 341척으로 2.0%, 접촉이 251척으로 1.5%를 차지한다. 이처럼 해양사고에서 기관손상 다음으로 충돌사고가 많이 발생하며 충돌사고는 단순한 기관손상의 사고와 다르게 인적·물적 피해와 해양오염을 야기 하며 다양한 원인이 존재한다.



제 3 장 인적오류와 선박충돌 사고

3.1 인적오류와 그 분석기법

3.1.1 인적오류

인간은 완벽하지 않은 존재로 실수를 하며, 언제나 사고(incident) 발생의 잠재요인을 내재하고 있다(한국 산업안전보건공단, 2011).

한국 산업안전보건공단(2011)에서는 인적오류란 시스템의 성능, 안전 또는 효율을 저하시키는 부적절하거나 원치 않는 인간의 결정이나 행동으로 어떤 허용범위를 벗어난 일련의 인간 동작중의 하나로 정의한다. 인간의 감각기능을 통한 정보전달과 이를 기반으로 한 의사 결정, 행동이 부족하여 본래 기대되는 기능을 발휘하지 못하고 효율성, 안정성, 성과 등이 감소되는 결과를 통틀어 인적오류 'human error'라고 할 수 있다(산업안전대사전,2004; 한국심리학회,2014).

기계 및 시스템의 설계자, 이를 다루는 운영자 및 관리자 또한 인적 오류를 범할 수 있으며, 이러한 인적오류는 인간이 수행하는 업무 수행단계에 있어 모든 경우에 발생 될 수 있다(김준태,2016; 왕종배 외 2014).

IMO에서는 '인간에게 요구된 기능과 실제 인간이 실행하는 기능 간에 차이가 발생하여 결과적으로 임의형태의 시스템에 악영향을 미칠 가능성이 있는 인간의 과실, 즉 만족스럽거나 바람직한 업무로부터 이탈'로 정의하고 있다(IMO,2000).

인적 오류, 착오의 구조는 Fig. 7 에서처럼 인간의 정보처리 단계를 통해 입력착오, 처리착오, 출력착오로 설명될 수 있다. 즉 감각(sensory) 혹은 지각(perceptual)입력의 착오로 입력착오가, 중재(mediation)혹은 정보처리 착오로 처리 착오가 일어나며, 신체반응 및 인간 제어의 착오로 출력 착오가 발생하는 것이다(한국산업안전보건공단, 2011).

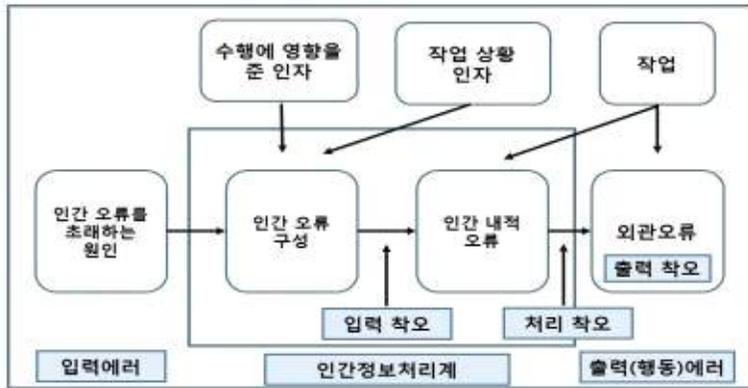


Fig. 7 Human information processing step

3.1.2 분석기법

3.1.2.1 4M 분류법

항공사고의 원인 분석 기법으로 미국에서 개발되었다. 표면적으로는 단순하게 보이는 사고도 발생까지의 모든 과정을 살펴보면 사고를 구성하는 요소가 하나라는 것은 없고, 여러 요인이 겹쳐 일어난 것으로 밝혀진다.

사고 발생에 관계있다고 생각되는 모든 요소에 대해 다음의 어떤 'M'에 해당하는지를 검토한다.

- Man (인간의 판단이나 조작 실수)
- Machine (기계 및 장비의 결함·고장)
- Media (정보 및 환경 조건)
- Management (관리)

3.1.2.2 SHELL 모델

호킨스(Hawkins, 1975)는 에드워드(Edward, 1972)가 고안한 기존의 'SHEL 모델'을 수정하여 새로운 'SHELL 모델'을 그림과 같이 제시하였다. 이는 많은 항공기 사고에서 밝혀진 원인을 뒷받침할 수 있는 이론적 근거를 제공하는

유용한 수단이 되었다. 또한, 국제민간항공기구(ICAO)에서 추진하는 인적요인에 대한 이론적 모델이 되기도 하였다.(블로그, 항공 셸모델)

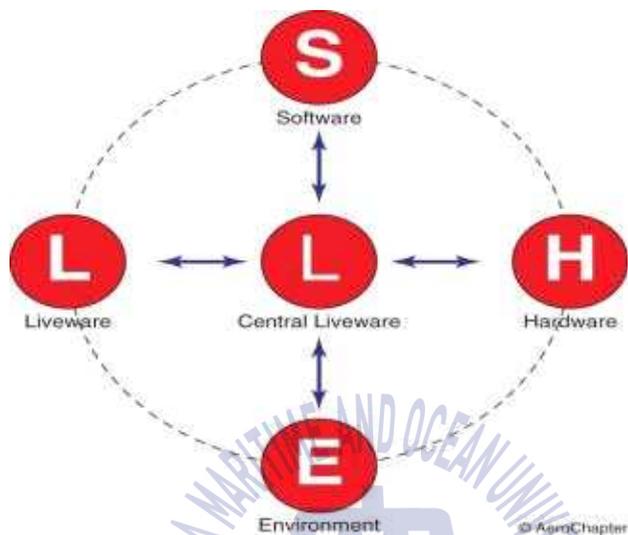


Fig. 8 SHELL Model

SHELL 모델의 중심에는 'L', '라이브웨어(Liveware)'가 있는데, 이는 자기 자신을 의미한다.

'S'는 '소프트웨어(Software)'로서 자신과 관련된 법, 규정, 절차, 각종 매뉴얼, 점검표 등 즉 소프트웨어 관계를 의미한다.

'E'는 '환경(Environment)'로서 날씨, 기온 등은 물론 조명, 습도, 소음 등의 물리적 환경들도 포함된다.

'H'는 '하드웨어(Hardware)'로서 각종 시설, 장비, 공구 등의 하드웨어의 관계를 의미한다.

'L'은 '라이브웨어(Liveware)'로서 함께 작업을 수행하는 동료들 비롯하여 자신의 업무와 직간접적으로 관련되는 사람들을 의미한다.

이와 같이 자신을 중심으로 한 주변의 모든 요소들은 자신의 업무와 직접적인 관련성을 가지고 있으므로, 업무의 효율성 및 안전성 확보를 위하여 업무에서

이들의 상호 연관성을 항상 최적의 상태로 유지한 가운데 업무를 수행하여야 한다는 것과 이러한 요소들의 통합이 인적요인의 이론적인 배경이라는 사실이다. (블로그, 항공 셀모델)

3.1.2.3 James Reason의 행동모델

인적오류는 오류와 위반으로 분류하며 오류는 실수, 망각, 착오로 구분한다. 인적오류에 대한 학문적 견해 중 James Reason는 이러한 인적 오류를 학습, 기억, 문제 해결, 의사 결정 등과 같은 주요한 심리학적 현상으로 바라보았다. Fig. 9에서 Reason의 행동모델에 의한 인간오류 분류(1990)를 살펴보면 실수(slip), 망각(lapse)인 비고의적 행위와 착오(mistake), 위반(violation)인 고의적 행위로 구분하였다. 즉, 인간이 외부 정보를 인지 및 처리하는 과정에서 기술, 주의력 기반 실수로 실수(slip)가 발생할 수 있으며, 기억의 착오 및 실패로 인하여 계획이행이 올바르지 못한 망각(lapse), 잘못 수행한 실수(mistake), 고의적인 규칙 위반, 파업 등의 위반(violation)으로 인적오류의 원인적 분류를 설명하고 있다 (이출원,2015).

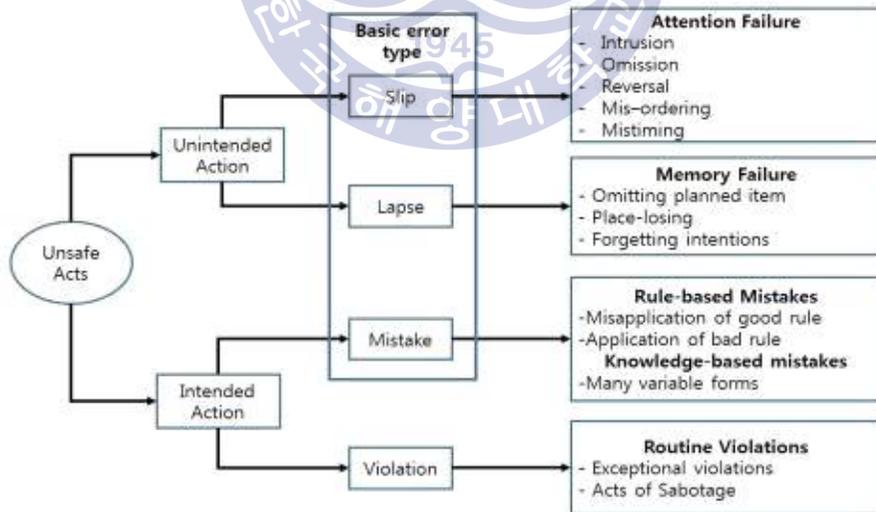


Fig. 9 Classification of Human error(Reason)

또한 Reason의 스위스 치즈 모델은 인적 요인에 의한 사고가, 직접적 원인과 잠재적 원인으로 초래된다고 보고 있다. Fig. 10에서 스위스 치즈 모델에 의하면 인적오류로 인한 사고의 발생은 시스템을 다루는 운영자의 오류에 의해 초래되는 직접적인 원인뿐만 아니라, 이러한 사고의 원인을 구체적으로 분석 해 보았을 때, 그 배경에는 오류를 발생시킬 수밖에 없는 잠재요소들이 내재되어있다고 제시하고 있다. 또한 이러한 행동은 부적절한 문화 및 조직의 영향 등의 전제 조건이 선행되어 이러한 요인들이 하나로 연결될 경우 사고의 원인으로 작용한다고 보고 있다. 즉, 이 스위스 치즈 모델은 사고는 단일 요인이 아닌 다양한 요인이 복합되어 사고가 발생하는 것으로, 사고에 있어 인적 오류라는 원인이 규명될 경우 총체적인 문제로 확대해석 해야 한다는 이론적인 근거를 제시했다.

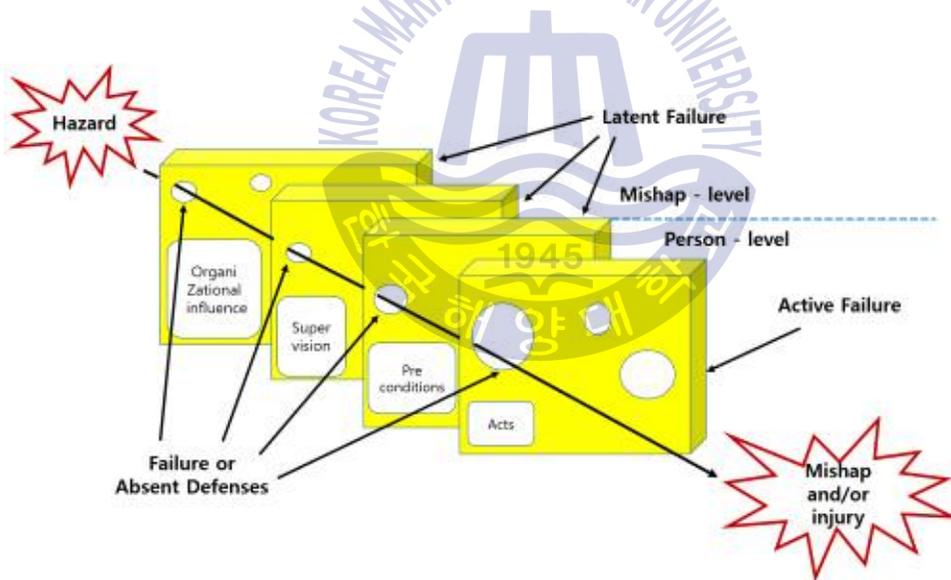


Fig. 10 Swiss cheese model

3.1.2.4 트리형 분석법

1) 변동수 분석(VTA)

변동수 분석(Variation Tree Analysis, VTA)은 1978년 르플랫 J. 및 라스무센J.에 의해 인지과학 분야에서 제안되었으며, 인간의 정보 인지, 상황 판단, 의사결정 등 정보 처리 과정을 중심으로 한 인간 행동을 시계열적으로 확인 가능한, 정성적인 사후 분석 기법이다.(이시바시 아키라, 2015).

이는 일반적인 것으로부터의 변화나 이탈에 주목하여 어느 시점에서 그와 같은 경향이 나타났는지를 규명한다. 따라서 추정적인 요인을 포함하지 않고 확정 사실만을 분석 대상으로 한다

이 분석법은 일반적인 것처럼 모든 것이 진행된다면 사고는 발생하지 않는다는 관점에서, 통상으로부터 이탈한 행동, 판단, 상태 등의 변동요인이 사고발생과 관련이 있다는 것이다. 일반적인 것에서 이탈한 행위 등을 변동요인이라 한다. 변동요인의 연쇄를 시간 축을 따라서 시계열로 상세히 서술하여, 그 중에서 제거해야 할 변동 요인(Cancelling Node), 일반적인 것으로부터 이탈시킨 배후 요인이나 차례차례 연쇄되는 변동 요인의 관련을 단절(Breaking path)시키지 못했던 환경요인 등을 명확히 함으로써, 재발을 방지하기 위하여 인간의 행동 문제점을 분석하고, 대책을 강구하는데 초점을 맞춘 수단이다.

실제사고의 추이를 따른 시나리오나무 형태의 해석에 의해 어느 단계에서 인적과오가 일어났는가를 시간에 따라서 명확히 기술 하여 오류의 발생경위를 이해하기 쉽게 나타낼 수 있으며, 사고요인인 복수의 배경요인 추출에는 매우 유효하다. 그러나 복수의 사고요인을 가진 구조는 표현하는 것이 어려운 면이 있으며, 또한 하나의 인자가 가진 복수의 사고결과의 가능성을 기술할 수 없으며, 사고의 발생확률의 산출 등의 정량적인 평가는 가능하지 않다. 현재, 변동수는 건설업의 노동재해분석, 교통사고의 인적요인분석 등 폭넓은 분야에서 이용되고 있으며, 적용 시에는 각각의 분야에 맞추어 수법의 다양한 개량이 수행된다.

변동수의 구조는 사고나 사건을 분석하기 위해서는 인간 행동의 흐름 분석

과정을 중심으로 접근한다. 선박 충돌사고의 예로서 변동수를 나타내면, 중앙의 나무부분과 바깥부분으로 분할된다. 선박의 거동, 조종자의 행동은 사각형, 조종자의 인지·판단과 심신 상태는 각을 없앤 네모꼴, 조종자에게 영향을 미치는 환경요인은 세로선을 추가한 사각형, 시행되지 않았던 행동은 점선으로 된 사각형으로 표현된다. 나무부분에는 사고에 이르는 일련의 인지(지각), 판단, 조작과 그 결과 상태가, 사고에 관여한 해당자 마다 아래로부터 위를 향하여 시계열적으로 기술되며, 사고에 이르기까지의 양상이 표현된다. 바깥부분은 나무부분의 좌측이 경과시간을 나타내는 시간축이고, 우측 칸은 변동요인의 보충설명이 기입되는 설명 칸이다. 나무부분의 하부는 연령, 성별, 경험 등의 조종자의 속성, 톤수 등의 선박의 요목, 환경, 천후, 시각 등의 환경조건이 기술되는 전제조건란이다.(福地信義, 2007).

사고발생의 경위를 가능한 한 상세히 재현한 나무를 작성함으로써, 통상에서 일탈한 변동요인을 추출하고, 굵은 선으로 표시한 행동기호를 이용하여 특정하고, 통상의 행동기호와 구별한다.

이 나무를 이용하여 다음의 2가지 관점에서 사고방지를 위한 대책 위치를 검토한다.

배재위치(절점, 노드): 변동요인의 발생을 방지하는 것으로 사고로의 연쇄를 끊어 내기위해 배재해야하는 절점. 또한, 배재절점의 위치는 해당하는 변동요인의 우측 상단에 동그라미표시를 한다.

브레이크(break): 변동요인이 발생하여도 그 영향을 무언가의 수단으로 끊어내는 것으로 사고를 방지하는 위치이며 결과적으로는 다음의 단계의 배재절점에 상당한다. 브레이크는 기호와 기호사이에 점선을 그어 표시한다.

이처럼 변동요인을 시간경과에 따라서 기술하는 것으로 오류의 발생경위를 이해하기 쉽게 나타낼 수 있으며 변동요인의 연쇄를 끊어냄으로써 사고방지를 위한 대책을 세울 수 있다.

대상이 되는 사고에 대해서, 변동수 분석을 함으로써 결함수 분석을 위한 원인사상 및 사건수 분석에 이용하는 headings의 추출이 가능하고, 사고방지를

위한 대책을 마련할 수 있다.

2) 결함수 분석(FTA)

결함수 분석법(FTA; Fault Tree Analysis)은 1962년 미국의 벨 전화 연구소의 H.A. Watson에 의해 개발되었으며 그 후 1995년 Kolodener과 Rechat 등에 의해 항공학, 원자력공학 등 산업 안전 분야에 적용된 확률분석기법으로 기계·설비 또는 인간·기계 시스템(Man Machine System)의 고장이나 재해의 발생요인을 도표에 의하여 분석, 시스템의 고장 확률을 파악하고 문제가 되는 부분을 확인하여 시스템의 신뢰성을 개선하는 계량적 결함해석 및 신뢰성 평가 방법이다(권영국,1996; 지식경제용어사전, 산업통상자원부).

이 분석법은 예상치 않은 결과나 정상사상(Top Event)의 원인을 게이트(Gate)로 알려진 논리기호(AND, OR)를 사용하여 결함나무(Fault Tree)로 나타내어 사고원인을 정량적, 연역적인 분석을 통해 재해현상과 재해원인의 관련성을 판단하여 재해발생을 예방할 수 있는 예측기법으로서 활용할 수 있다(김순구, 양순갑, 1998).

즉 사고나 재해 등 정상사상(Top Event)에서 더 이상 원인을 독립적으로 판단할 수 없는 기본사상(Basic Event)까지 분석한 것을 나뭇가지 형태로 나타내어 사고의 원인을 연역적·순차적·도식적·확률적으로 검토 분석하여 사고의 구조 및 원인을 쉽게 파악 할 수 있다.

FTA의 가장 큰 특징은 AND 와 OR의 두 종류의 논리게이트로 위험성을 트리구조로 나타내어 시각적인 표현이 우수하며, 분석대상에 대한 위험성의 확률적인 정량평가가 가능하여 기본사상의 발생률로 중간 및 정상 사상에 대한 확률을 순차적으로 확인할 수 있어 기존의 감각적, 경험적 사고로부터 논리적이고 확률적인 정량적 결과를 도출 할 수 있다(기술사무소 차스텍이앤씨(주)).

결함수 구조(Fault Tree)란, 정상사상 이라는 바람직하지 않은 사상을 발생시키는 조건 및 기타 요인의 조직화된 도식적 표현(Fig. 11)이다.

정상사상(Top Event): 재해나 사고 등 분석할 대상

중간사상(Intermediate Event): 정상사상과 기본사상 사이의 사상

기본사상(Basic Event): 더 이상 추가적인 원인을 파악할 수 없는 기본적인 사고의 원인

AND GATE(논리적(곱)의 확률): 결합사상(원인)이 동시에 일어 날 때만 사고가 발생되며 $F_A = F_B \cdot F_C$ 로 계산된다.

OR GATE(논리적(합)의 확률): 불안정한 요소 중 어느 한 가지만 일어나도 사고가 발생되며, $F_A = 1 - (1 - F_B)(1 - F_C)$ 로 계산된다. (권오형,2017)

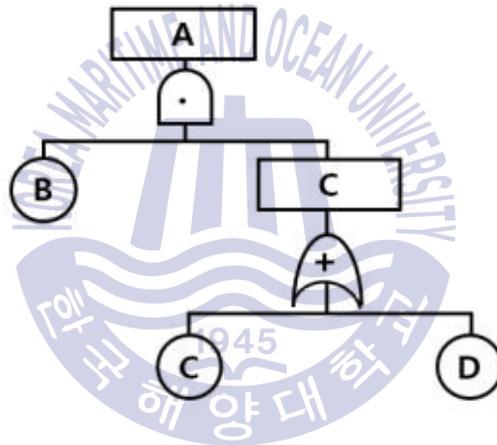


Fig. 11 Fault Tree

결함수 구조(Fault Tree)의 기호는 다음 Table 5. 와 같다.

Table 5. Logic and Event symbols of FTA

기호	기능	설명
	AND Gate	모든 입력 Event들이 동시에 발생할 때 출력 Event 발생
	OR Gate	어떠한 입력 Event가 발생하면 출력 Event 발생
	XOR Gate	입력 Event 중 하나가 독자적으로 발생했을 때 출력 Event 발생 (일반적인 경우 두 개 이상의 입력 Event와 함께 사용)
	Inhibit Gate	아래쪽 연결되어 조건을 형성하는 Event가 유효하고, 왼쪽에 연결된 입력 Event가 발생할 때만 상위 Event 발생 (만약 조건 형성 Event가 다른 Event으로 인해 발생하는 경우 Inhibit-Gate는 Event의 발생 시기(Timing)을 의미)
	m/n Gate	n개의 입력 Event 중 m개 이상의 Event 발생 시 상위 Event 발생
	Basic Event	더 이상 분해되지 않은 Event (최하위 Event)
	House Event	확실히 발생하는 Event
	Transfer In/Out Gate	FT 내 다른 곳에서 정의 되는 Event

3) 사건수 분석(ETA)

사건수 분석(ETA, Event Tree Analysis)은 결과의 확인을 위해 사용될 수 있으며, 필요시 특정 위험사건(Initial Event)으로부터 기인할 수 있는 가능한 모든 결과들을 정량화할 수 있는 분석기법이다.(김민수 외, 2009)

원자력분야에서 위험도 분석을 위해 사용되었으며, 다른 분야로 확대되어 사용되고 있다. 이 기법은 시스템의 안전도를 나타내는 시스템 모델의 하나로 시스템내의 모든 사건(Event)을 도식적으로 표현하며, 사건의 수가 증가할수록 그림은 나무의 가지처럼 표현되므로 사건수목(Event Tree)이라고 한다. 사건수목은 사건의 시간적 순서를 나타내며 사고의 초기조짐을 출발점으로 하고 시스템 성분의 성공 또는 실패의 판단에 따라 사건의 확률을 결정하는 정량적 분석 방법이다. 따라서 초기조짐에 의하여 파생되는 결과들을 분석하여 그 문제점에 대한 대응책을 정의함으로써, 예상결과의 상호 비율을 조정하여 결국 전체 시스템에서의 안전성 확보를 이끌어 내는 것이 가능하다.(홍은수 외, 2003)

최초의 사상(원인)에서 최종의 사상(사고)까지의 과정을 분석하고 각 연결부분에서 성공한 사상(事象)은 위, 실패한 사상은 아래에 기입한다. 각 사상의 발생 확률을 검토하고, 최종적으로 시스템의 사고 발생확률이 계산된다. 이벤트 트리에 의해서 사고발생의 과정이 명확해져서 사고의 확대요인을 알 수 있다. 시스템의 각 구성요소가 정상인지 고장인지, 작업자의 경우에는 작업에 성공할 것인지 실패할 것인지에 대한 사항을 차례로 구분해 가면서 어떤 기능이 고장 또는 실패할 경우 그 이후 다른 부분에 어떤 결과를 초래하는 지를 분석하는 방법이다(산업안전대사전, 2004).

이에, 본 논문에서는 해상에서 선박 충돌에 관한 재결서를 변동수 분석을 통해 사고의 원인을 찾아내고, 사건수 및 결함수 분석의 기초 자료를 제공하고자 한다.

3.2 인적오류의 개선

3.2.1 인적오류에 관한 오해

1. 오류는 인간의 주의력에 의해 방지할 수 있다.

주의를 집중하여 최고의 상태로 임하면 오류는 발생하지 않지만 이 상태를 장시간 유지할 수 없는 것이 인간이다.

2. 교육, 훈련, 동기부여에 의해 방지할 수 있다.

모른다, 할 수 없다, 안한다 등을 방지하는데 예는 유효하지만, 아무리 잘 알고 있어도, 습득하고 있는 작업일지라도, 표준대로 작업할 생각이었어도 의식의 변화는 반드시 일어난다. 즉, 피할 수 없는 의식의 변화로부터 생기는 인적오류는 '모른다, 할 수 없다, 안한다'와는 본질적으로 다르다. 의식의 변화가 반드시 일어나서 표준작업과 다른 작업을 해버린다.

3. 인간에 의한 확인·체크로 방지할 수 있다.

오류를 인간에 의한 확인 체크로 발견하기 위해서는 장기간에 걸친 주의지속이 필요하지만 인간의 의식을 신뢰성 높은 상태로 장시간 유지하는 것은 어렵다. 자동화나 오류 확인에 관하여 특별한 방식이 있지 않는 한, 검출력은 높지 않다. 발견해야 할 오류 비율이 적어짐에 따라 검출력은 급속히 저하된다.

또한, 아무리 검출력이 낮아도 여러 번 중복하면 전체의 신뢰율은 높아질 것이라고 여길 수도 있다. 그러나 확인체크를 다중화하면 다른 사람이 했을 것이라는 의식이 작용하여 검출력이 더 떨어진다. 발견된 사실을 기초로 그 배후에 있는 많은 오류를 방지하기 위한 보다 근본적인 대책을 취하지 않는 한 단순한 위안, 책임회피에 지나지 않는다.(中條 武志)

3.2.2 Error Proof화

인간으로서 피할 수 없는 의식의 변동과 좋지 않은 작업방법이 중첩되어 오류가 발생하므로 어느 한쪽을 개선할 수 있으면 문제가 발생하지 않는다.

인간은 유연하고 창조적인 반면 때때로 오류를 일으킨다. 이 기본적인 특성을 바꾸는 것은 불가능하다. 따라서 작업시스템을 구성하는 사람이외의 요소 즉, 기기, 문서, 순서 등의 작업방법을 개선할 필요가 있다. 즉, 에러 프루프는 “ 작업 방법을 인간에 맞도록 개선하는 것이다.”=fool proof=미스방지책(mistake proofing)

오류를 방지하는 가장 효과적인 방법은 오류를 일으키기 쉬운 작업을 프로세스에서 제거하는 것이다.(배제) 이것이 불가능한 경우에는 오류를 일으키기 쉬운 작업을 기계 등의 보다 신뢰할 수 있는 것으로 치환하는 것(대체화)이며, 제3의 방법은 작업을 인간에게 보다 용이한 것으로 하는 것이다.(용이화)

1. 배제

해당 작업의 목적이나 그것에 부수하는 위험에 관한 조건을 바꿈으로써 오류를 일으키기 쉬운 작업이나 주의를 불필요하게 하는 것이다.

- ① 작업배제: 오류가 발생하기 쉬운 작업 자체를 프로세스에서 제거
- ② 위험배제: 주의가 필요한 위험한 물질·성질을 프로세스에서 제거

배제의 원리에 기초한 대책은 인적 오류의 가능성을 완전히 제거하기 때문에 효과가 가장 크다.

2. 대체화

작업에 있어서 인간이 달성해야하는 기억, 지각, 판단, 동작 등의 기능 중 오류가 발생하기 쉬운 것을 기계 등의 보다 신뢰할 수 있는 것으로 치환하는 것

- ① 자동화: 인간이 수행하고 있는 특정의 기능을 완전히 기계 등으로 치환
- ② 지원시스템: 인간이 당해의 기능을 확실히 수행할 수 있도록 체크리스트, 가이드 또는 샘플 등의 지원 툴을 준비

3. 용이화

인간이 작업 중에 수행하고 있는 기억, 지각, 판단, 동작 등의 기능을 확실히 수행할 수 있도록 작업을 인간에게 용이한 것으로 한다.

그렇게 효과적이지는 않지만 적용을 위한 비용 및 작업에 대한 부작용은 가장 적다.

- ① 공통화·집중화: 작업에 있어서 변화·서로 다름의 수를 적게 한다.
- ② 특별화·개별화: 작업에 있어서 변화·서로 다름을 명확히 한다.
- ③ 적합화: 작업의 대상·환경을 인간의 능력에 맞도록 한다.

4. 이상검출

인적 오류에 기인하는 이상 현상이 계속되는 프로세스 속에서, 이상 현상을 확실히 발견하고, 필요한 시정조치가 취해지도록 하는 것이다.

인간은 자기의 판단이 옳다고 믿어 이상 현상을 무시하여 작업을 계속하는 경우가 많다.

- ① 동작의 기록과 확인: 동작을 기록하고 특정의 작업시점에 그 내용이 틀림 없는가를 확인한다.(필요한 동작의 빠트림을 검출)
- ② 동작의 제한: 작업종사자가 이상 현상을 알 수 있도록 오류에 기초한 동작을 제한한다(불필요한 금지된 동작검출)
- ③ 결과의 확인: 결과로서 얻어진 기기·문서 등의 내용을 특정의 작업시점에 확인한다.

5. 영향완화

기능을 여유롭게 한다든지 제한이나 보호를 하여 오류의 영향을 그 파급과정에서 완화·흡수하는 것이며 가장 사후적인 대책이다

- ① 여유화: 오류가 일어나도 옳은 결과가 얻어질 수 있도록 동일한 기능을 가진 작업을 병렬로 수행한다. (두 사람이 동일한 작업을 독립으로 수행)
- ② fail safe: 오류에 의해 발생하는 위험한 상태로의 이행을 방지하는 조건을 조정한다.(장치의 능력을 위험이 적은 범위로 제한하여 놓는다)
- ③ 보호: 오류에 의해 위험한 상태가 되어도 손상이 생기지 않도록 보호를 마련한다.(中條 武志)

3.3 선박 충돌사고

중앙해양안전심판원의 최근9년(2008년~2016년)간 선박충돌사고와 관련된 재결서를 바탕으로 선박용도별, 톤수별, 시간별 및 시정상태에 따른 선박의 충돌사고 현황은 다음과 같다.

3.3.1 선박 용도별 충돌사고

Table 6.에서 선박용도별 충돌사고현황을 보면, 총768건 중, 비어선과 어선간 충돌이 358건으로 46.6%, 어선간이 256건으로 33.3%, 비어선간이 153건으로 19.9%를 차지한다.(Fig. 12)

Table 6. Collision accidents between vessels.

단위: 건

용도 연도	비어선간	비어선과 어선 간	어선 간	기 타 (미 상)	계
2008	26	38	23	-	87
2009	14	43	30	-	87
2010	22	43	26	1	92
2011	19	46	22	-	87
2012	17	32	34	-	83
2013	13	33	28	-	74
2014	10	43	37	-	90
2015	17	36	24	-	77
2016	15	44	32	-	91
계	153	358	256	1	768
구성비 (%)	19.9	46.6	33.3	0.1	100

출처: 중앙해양안전심판원

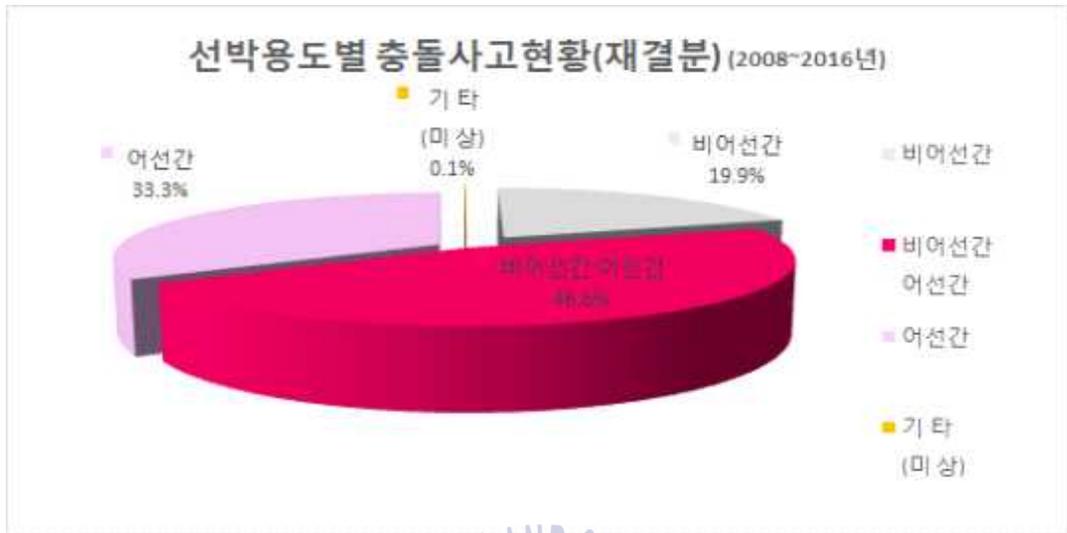


Fig 12. Collision accidents between vessels

Table 7.에서 충돌선박 톤수별 사고현황은, 총1,649척 중 20톤 미만이 530척으로 32.1%, 20톤 이상~100톤 미만이 405척으로 24.6%, 1,000톤 이상~5,000톤 미만이 237척으로 14.4%, 5,000톤 이상이 180척으로 10.9%를 차지하며, 500톤 이상~1,000톤 미만이 83척으로 5.0%를 차지한다.

Table 7. Collision accidents(ship tonnage)

단위: 척

연도 \ 톤수	20톤 미만	20톤 이상 ~ 100톤 미만	100톤 이상 ~ 500톤 미만	500톤 이상 ~ 1,000톤 미만	1,000톤 이상 ~ 5,000톤 미만	5,000톤 이상	기 타 (미 상)	계
2008	46	47	30	13	44	11	-	191
2009	51	54	17	12	30	18	-	182
2010	52	51	32	15	32	21	-	203
2011	42	46	27	12	28	28	2	185
2012	57	48	26	7	28	15	1	182
2013	55	39	22	6	23	17	-	162
2014	74	48	29	6	16	18	1	192
2015	67	31	10	6	19	28	1	162
2016	86	41	16	6	17	24	-	190
계	530	405	209	83	237	180	5	1,649
구성비 (%)	32.1	24.6	12.7	5.0	14.4	10.9	0.3	100

출처: 중앙해양안전심판원

3.3.2 환경별 충돌사고

Table 8.에서 시간별 충돌사고현황은 총768건 중 04시 이후~08시 미만이 220건으로 28.6%, 08시 이후~12시 미만이 132건으로 17.2%, 00시 이후~04시 미만이 122건으로 15.9%, 12시 이후~16시 미만이 120건으로 15.6%, 16시 이후~20시 미만이 91건으로 11.8%, 20시 이후~24시 미만이 83건으로 10.8%를 차지한다.

Table 8 Collision accidents(hour)

단위: 건

시간 연도	00시 이후 ~ 04시 미만	04시 이후 ~ 08시 미만	08시 이후 ~ 12시 미만	12시 이후 ~ 16시 미만	16시 이후 ~ 20시 미만	20시 이후 ~ 24시 미만	계
2008	16	26	10	12	11	12	87
2009	6	26	18	12	14	11	87
2010	16	24	13	11	12	16	92
2011	15	32	6	12	13	9	87
2012	14	20	17	13	11	8	83
2013	14	18	13	15	5	9	74
2014	16	29	20	13	6	6	90
2015	12	21	11	16	11	6	77
2016	13	24	24	16	8	6	91
계	122	220	132	120	91	83	768
구성비 (%)	15.9	28.6	17.2	15.6	11.8	10.8	100.0

출처: 중앙해양안전심판원

Table 9.에서 충돌 시 시정상태를 보면 총768건 중 맑은 날씨가 484척으로 63.0%, 기타(미상)가 186건으로 24.2%, 무중이 93건으로 12.1%, 기상악화(기상 특보)가 5건으로 0.7%를 차지한다.(Fig. 8)

Table 9. Collision accidents(visibility)

단위: 건

시정 연도	무 중	맑은 날씨	기상악화 (기상특보)	기 타 (미 상)	계
2008	17	45	-	25	87
2009	7	80	-	-	87
2010	13	53	-	26	92
2011	12	46	-	29	87
2012	5	57	-	21	83
2013	5	49	1	19	74
2014	21	49	1	19	90
2015	6	49	1	21	77
2016	7	56	2	26	91
계	93	484	5	186	768
구성비 (%)	12.1	63.0	0.7	24.2	100

출처: 중앙해양안전심판원

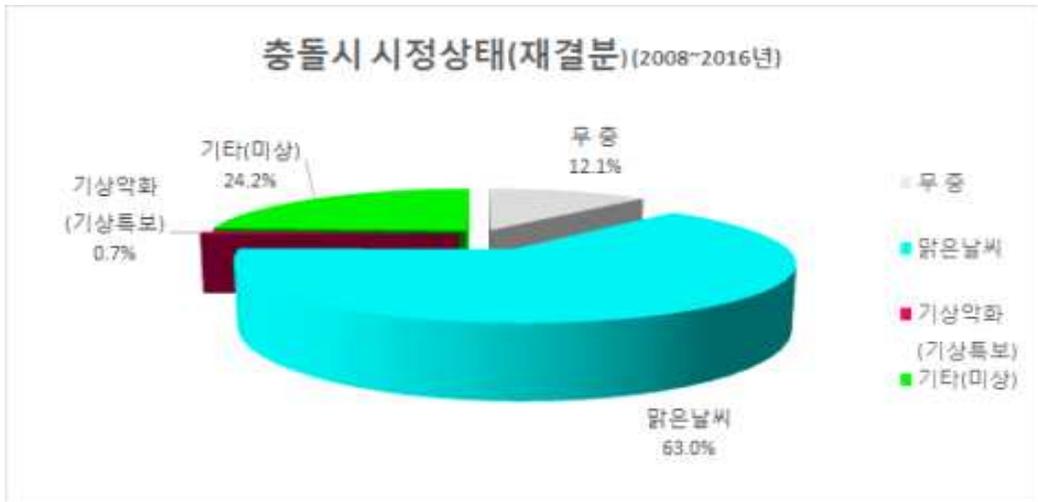


Fig. 8 Collision accidents(visibility)

충돌사고에서 선박의 종류를 보면 어선이 2,329척으로 전체 충돌사고의 60.4%를 차지하고 있으며, 비어선과 어선 간 충돌이 358건, 어선간이 256건으로 어선과 관련된 충돌이 80%를 차지한다. 또한 20톤 미만이 530척으로 32.1%, 20톤 이상~100톤 미만이 405척으로 충돌사고에서 100톤 미만의 소형 선박이 57%를 차지한다.

이처럼 해양사고를 줄이기 위해서는 충돌사고를 예방할 수 있어야 하며, 특히 어선에서의 충돌사고 예방을 줄이기 위한 노력이 필요하다.

3.3.3 상대선 인식시간과 거리

해양안전심판원에서 최근 5년간(2012년~2016년) 재결한 369건의 선박충돌사고 관련 재결서를 분석한 결과 충돌선박간의 상대선 인지여부는 Table 10.과 같다

양 선박 모두 서로 인지하지 못한 경우가 전체 충돌사고 중 57.7%를 차지하며, 한쪽만 인지한 경우가 27.9%, 양쪽 다 인지한 경우가 9.8%이다.(Fig. 14)

Table 10. Perception

단위: 건

연도 \ 인지 여부	한쪽만 인지	양쪽 다 인지	양쪽 다 인지하지 못함	미 상	합 계
2012 년도	24	10	42	1	77
2013 년도	17	5	37	3	62
2014 년도	22	8	53	1	84
2015 년도	18	5	33	6	62
2016 년도	22	8	48	6	84
합계	103	36	213	17	369

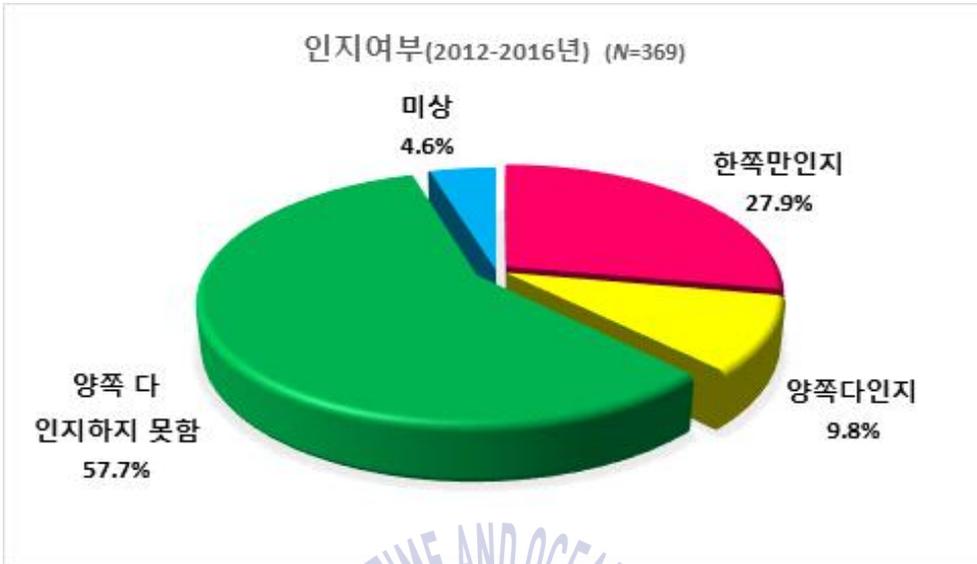


Fig. 14 Perception

3.3.3.1 피항선

2012년부터 2016년도까지 발생한 선박 충돌사고 중 피항선의 상대선 초인시간 분석결과는 Table 11.과 같다.

상대선을 미발견한 피항선이 192척(42.4%)으로 가장 많았다. 뒤를 이어 충돌직전 발견이 142척(31.3%), 20분 이상 발견 31척(6.8%), 5분~10분 발견 23척(4.4%), 3분미만 발견 19척(4.2%), 3분~5분 발견 17척(3.8%), 10분~15분 13척(2.9%), 미상 11척(2.4%), 15분~20분 발견 8척(1.8%)으로 나타났다.(Fig. 15)

Table 11. Perception time of give-way vessel

단위: 척

시간 연도	미 발견	충돌 직전	3분 미만	3분 ~ 5분	5분 ~ 10분	10분 ~ 15분	15분 ~ 20분	20분 이상	미상	합계
2012 년도	38	24	6	2	4	2	5	5	0	86
2013 년도	21	27	4	3	6	3	1	7	3	75
2014 년도	49	37	2	6	7	3	0	5	1	110
2015 년도	32	26	3	4	1	2	0	8	3	79
2016 년도	52	28	4	2	5	3	2	6	4	106
합계	192	142	19	17	23	13	8	31	11	456



Fig. 15 Perception time of give-way vessel

2012년부터 2016년도까지 발생한 선박 충돌사고 중 피항선의 상대선 초인거리 분석결과는 Table 12.와 같다.

상대선을 미발견하거나 충돌에 근접하여 인지한 경우가 356척(78.0%)으로 가장 많았다. 뒤를 이어 1마일 이하 발견이 35척(7.7%), 2~5마일 발견 24척(5.3%), 1~2마일 발견 22척(4.8%), 5~10마일 발견 13척(2.9%), 10마일 이상은 1척(0.2%), 미상 40척(8.8%)으로 나타났다.(Fig. 16)

Table 12. Perception distance of give-way vessel

단위: 척

시간 연도	미 발견	1마일 이하	1~2 마일	2~5 마일	5~10 마일	10마일 이상	미 상	합 계
2012 년도	59	9	3	6	5	0	4	86
2013 년도	43	10	5	5	2	0	10	75
2014 년도	84	7	6	5	2	0	6	110
2015 년도	57	4	2	2	3	0	11	79
2016 년도	78	5	6	6	1	1	9	106
합계	321	35	22	24	13	1	40	456

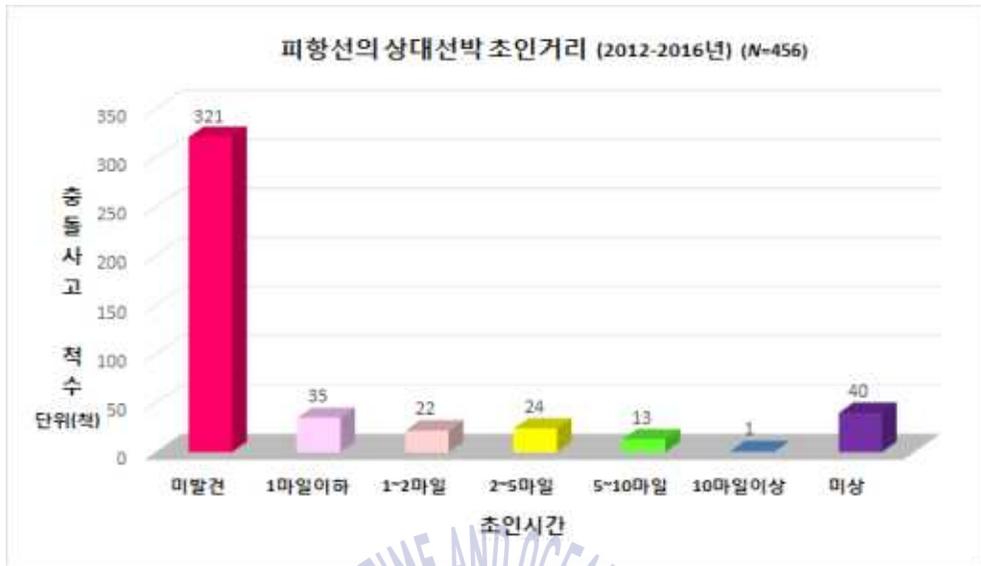


Fig. 16 Perception distance of give-way vessel

3.3.3.2 유지선

2012년부터 2016년도까지 발생한 선박 충돌사고 중 유지선의 상대선 초인시간 분석결과는 Table 13.과 같다.

상대선을 미발견한 유지선이 90척(32.4%)으로 가장 많았다. 뒤를 이어 충돌 직전 발견이 86척(30.9%), 3분미만 발견 19척(6.8%), 3분~5분 발견 17척(6.1%), 5분~10분 발견 17척(6.1%), 20분 이상 발견 16척(5.8%), 미상 13척(4.7%), 15분~20분 발견 6척(2.2%)으로 나타났다.(Fig. 17)

Table 13. Perception time of stand-on vessel

단위: 척

시간 연도	미 발견	충돌 직전	3분 미만	3분 ~ 5분	5분 ~ 10분	10분 ~ 15분	15분 ~ 20분	20분 이상	미상	합계
2012 년도	28	13	4	6	5	3	2	6	0	67
2013 년도	18	17	1	3	1	4	0	4	1	49
2014 년도	17	22	7	2	3	1	1	3	2	58
2015 년도	7	18	1	3	4	2	2	2	5	44
2016 년도	20	16	6	3	4	4	1	1	5	60
합계	90	86	19	17	17	14	6	16	13	278

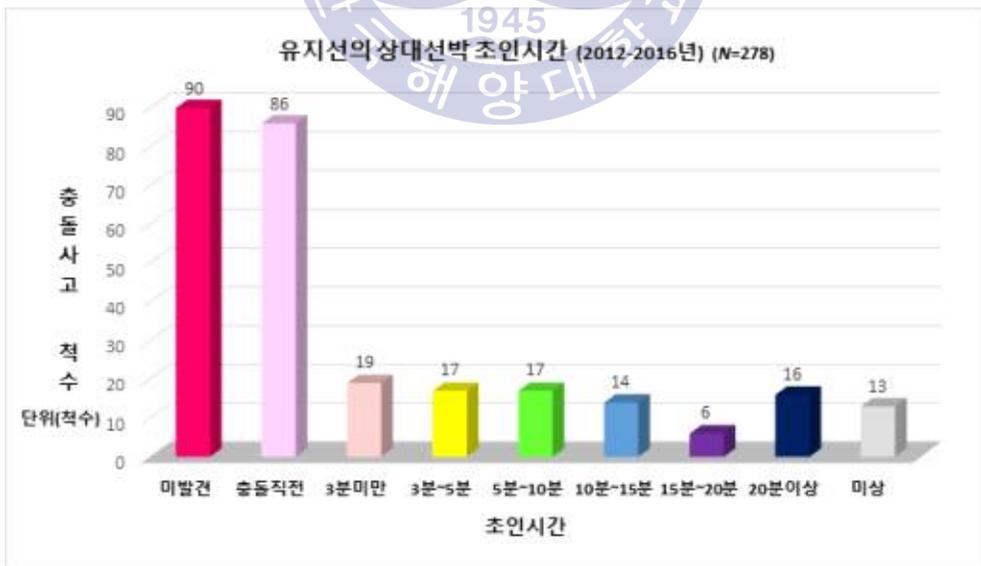


Fig. 17 Perception time of stand-on vessel

2012년부터 2016년도까지 발생한 선박 충돌사고 중 유지선의 상대선 초인거리 분석결과는 Table 14.와 같다.

상대선을 미발견하거나 충돌에 근접하여 인지한 경우가 175척(62.9%)으로 가장 많았으며, 1마일 이하 발견이 27척(9.7%), 2~5마일 발견 16척(5.8%), 1~2마일 발견 13척(4.7%), 5~10마일 발견 6척(2.2%), 미상 40척(14.7%)으로 나타났다.(Fig. 18)

Table 14. Perception distance of stand-on vessel

단위: 척

시간 연도	미 발견	1마일 이하	1~2 마일	2~5 마일	5~10 마일	10마일 이상	미 상	합 계
2012 년도	41	7	6	5	3	0	5	67
2013 년도	33	3	1	4	0	0	8	49
2014 년도	40	3	3	3	1	0	8	58
2015 년도	24	6	1	4	1	0	8	44
2016 년도	37	8	2	0	1	0	12	60
합계	175	27	13	16	6	0	41	278

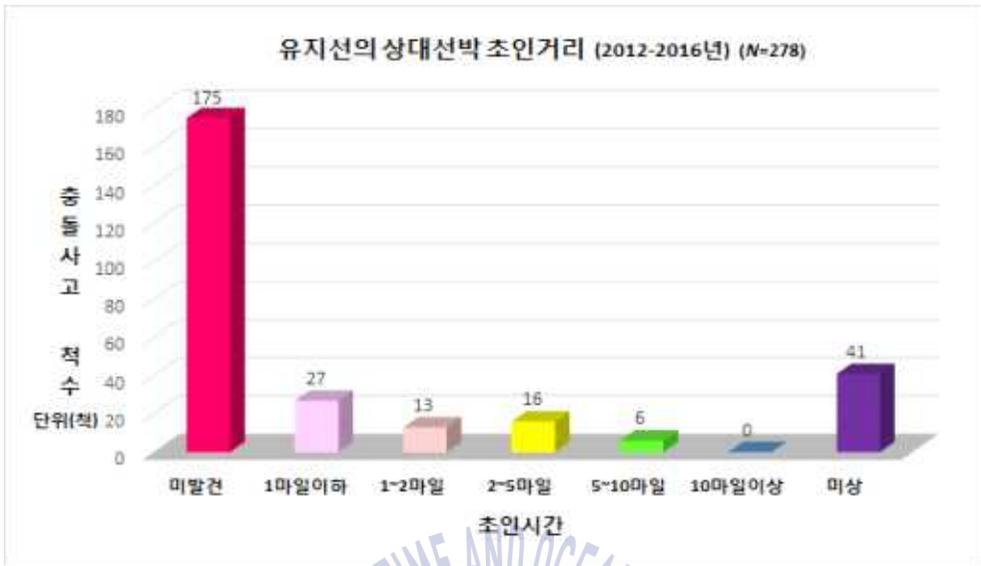
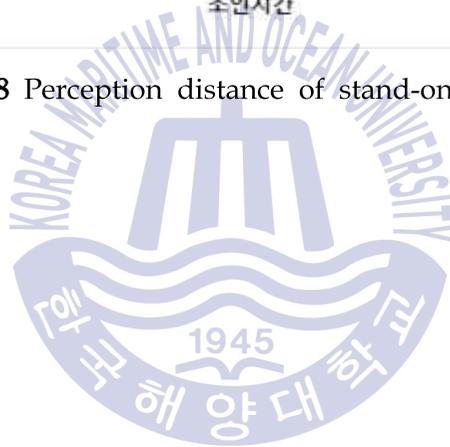


Fig. 18 Perception distance of stand-on vessel



제 4 장 선박 충돌사고의 변동수 분석(VTA)

4.1 조사방법

해상에서의 선박 충돌사고를 분석하기 위하여 해양안전심판원에서 최근 5년간 (2012년~2016년) 재결한 재결서중 선박충돌과 관련한 재결서는 총 406건이다. 이중 부두에 계류 중 충돌한 사고, 도선사가 조선 중 충돌한 사고 및 어선들 간의 다툼으로 인한 고의적인 사고 등을 제외한 369건의 충돌과 관련된 재결서를 다음과 같이 변동수 분석 기법으로 분석하였다.

1) 예인선 보성티13호의 피예인부선 보성 7001호·어선 793호 충돌사건 (부산해심 제2016-037호)

사고일시: 2015.5.27. 02:48경

사고 장소: 전남 여수시 남면 연도(소리도) 북방 약0.4마일 해상(북위 34도 27분 55초, 동경 127도 47분 41초)

사고개요: 보성티13호는 1988. 8. 1. 부산광역시 소재 경남조선(주)에서 건조·진수된 총톤수 90톤(길이 29.62m x 너비 6.70m x 깊이 3.20m), 출력 1,323kW 디젤기관 1기를 주기관으로 장치한 일반적인 강조 예인선이며, 보성7001호는 2007. 2. 16. 부산광역시 소재 대운 조선공업사에서 건조·진수된 총톤수 1,484톤(길이 68.77m x 너비 24.00m x 깊이 4.15m)의 강조 부선으로 2015. 5. 26. 12:20 경 보성티13호는 울산 온산항에서 선장을 포함한 선원 3명이 승선하였고, 공선인 상태로 선두 1인이 승선한 부선 보성7001호를 선미에 약 200미터의 예인줄로 예인하며 목포 대불공단을 향하여 출항하였다.

이 선박은 선장과 1등항해사가 6시간씩 맞교대로 1인 당직을 수행하며, 통상적으로 선장은 05:30부터 11:30, 17:30부터 23:30까지 근무하며, 1등항해사는 11:30부터 17:30, 23:30부터 05:30까지 근무한다. 해양사고관련자 1등항해사 B는 2015. 5. 26. 출항한 이후 약 17:00 경까지 당직을 담당하였고, 이후 해양사고관련자 선장 A가 당직을 담당하다가 23:30경 다시 당직을 인수하였다.

2015. 5. 27. 02:30경 보성티13호 예인선열은 전남 여수시 남면 연도와 안도 사이의 신강수도를 통과하기 위하여 속력 약 7노트로 접근하고 있었다.

신강수도는 부산에서 목포를 연결하는 항로상에 위치하고 있으며, 주로 연안에서 운항하는 소형선박들이 많이 이용하고 있다. 신강수도의 최소 가항 폭은 약 750미터에 불과하며, 수도 내의 암초인 신강서에는 등표가 설치되어 있다. 신강수도를 통과할 경우 비교적 해상이 잔잔하다는 장점이 있으나 그 위치적 특성 때문에 신강수도를 통과하는 선박들은 신강수도 내 또는 그 부근에서 대각도 변침을 해야 하기 때문에 이곳에서 선박이 마주칠 경우 충돌의 위험이 상당히 높다. 특히 예부선 결합선박의 경우 예선이 변침할 경우 예선과 부선의 선수방향에 차이가 발생하기 때문에 위험성은 더욱 높아지게 된다.

이날 02:44경 1항사 B는 신강수도 중간을 침로 약 250도로 항해하던 중 약 0.8마일 전방에서 다가오는 선박(어선 793전성호)을 육안으로 발견하였다. 1항사 B는 상대선이 안도 북쪽으로 항해할 것으로 생각하여 특별한 주의조치 없이 항해를 계속하였다.

약 1분 후 상대선이 우현 변침함에 따라 1항사 B는 충돌의 위험을 느끼고 급히 좌현으로 변침하였다. 1항사 B의 좌현변침에 따라 보성티13호는 상대선과 충돌을 피할 수 있었으나 선미로 예인되던 보성7001호는 관성에 의하여 침로변경이 없이 그대로 항해하다가 이날 02:48경 소리도 북쪽 약 0.4마일 해상인 북위 34도 27분 55초·동경 127도 47분 41초 해상에서 보성7001호의 우현 선수부와 793전성호의 우현선수부가 선수미 교각 약 10도로 충돌하였다.

이 사고로 인하여 보성7001호의 우현 선수부는 약 1.5미터가 휘어지는 경미한 손상이 발생하였으며, 793전성호는 정선수부가 일부 파손되었으며, 마스트등이 일부 파손되었다.

한편, 793전성호는 2010. 1. 5. 대광조선소에서 건조·진수된 총톤수 38.00톤(길이 23.78m x 너비 5.40m x 깊이 2.08m), 출력 252kw 디젤기관 1기를 주기관으로 장치한 강화플라스틱(FRP) 재질의 어선으로 2015. 5. 14. 07:30경 전라남도 완도항에서 해양사고관련자 선장 C를 포함한 선원 11명이 승선한 채 출항하여

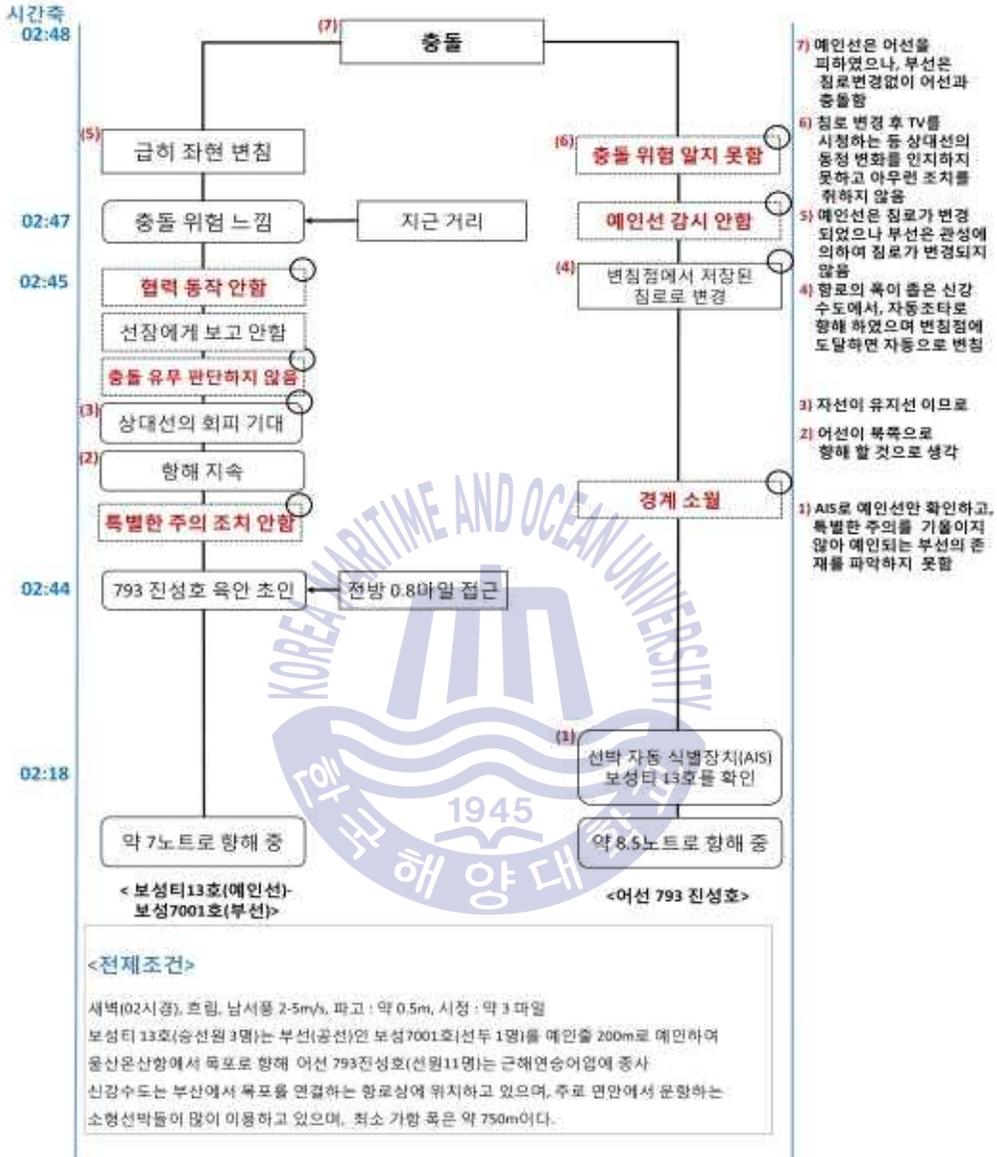
제주도 부근에서 장어조업을 하였다.

이 선박은 조업을 마치고 2015. 5. 26. 11:00 경 전라남도 완도항으로 귀항하다가 승선하고 있는 선원의 일신상의 사유로 인하여 이날 21:00경 목적지를 통영항으로 변경하여 신강수도를 향하여 항해하였다. 항해 중 이 선박은 항해등과 집어등을 모두 켜 놓은 상태였다.

선장 C는 사고 발생 약 30분 전 선박자동식별장치(AIS)로 보성티13호를 발견하였다. 그러나 보성티13호가 보성티7001호와 결합하여 운항하고 있는 것은 인식하지 못하였다. 이 선박은 자동조타로 운행되기 때문에 계속 침로 053도 속력 약 8.5노트로 신강수도로 접근하다가 충돌 3분 전인 2015. 5. 27. 02:45경 변침점에서 침로를 약 080도로 변경하였다. 그러나 선장 C는 선교 왼쪽에 설치되어 있는 TV를 시청하느라고 본선의 변침에 따른 상대선의 동정변화를 제대로 인지하지 못하여 아무런 조치를 취하지 않은 채 위에서 설명한 바와 같이 충돌하였다.



<예인선 보성티13호의 피에인부선 보성 7001호, 어선 793 진성호 충돌사건>



예인선 보성티13호는 유지선으로 상대선을 4분전에 육안으로 초인하였으나, 상대선이 피한다는 막연한 생각으로 충돌유무를 판단하지 않은 채 항해를 계속 하였으며, 피항선인 어선 793 진성호는 항로의 폭이 좁은 신강수도를 항해하면서, 변침점에서 자동으로 변침을 하며, TV를 시청하는 등 경계를 소홀히 하여 충돌 때까지 상대선을 확인하지 못하고 서로 충돌하였다.

충 돌 상 황 도

예인선 보성티13호의 피예인부선 보성7001호·어선 793전성호 충돌사건
(부산해심 제2016-037호)



사고 발생 해역		사 고 일 시
		2015.5.27. 02:48경
		사고 장소(세계측지계)
		북위 34도 27분 55초·동경 127도 47분 41초 (전남 여수시 남면 연도(소리도) 북방 약 0.4마일 해상)

출처: 부산해양안전심판원 제2016-037호

2) 예인선 16한진의 피예인부선 정봉호·어선 풍양호 충돌사건(목해심 제2012-8호)

사고일시: 2011년 7월 22일 04시 36분경

사고 장소: 부안군 위도면 상왕등도 서방 약 3.5마일 해상(북위 35도38분05초, 동경126도02분58초)

사고개요: 16한진은 총톤수 115.00톤, 길이 26.32미터, 출력 1,103킬로와트 디젤기관 1기를 장치한 강조 예인선이고, 정봉호는 총톤수 1,479.00톤, 길이 63.71미터, 너비 16.00미터, 깊이 5.00미터 강조 부선이며, 양 선박은 1988년 5월 경상남도 통영시 소재 J(주)에서 건조·진수된 포항시 선적으로, 16한진은 2011년 7월 21일 19시 10분경 군산항 5부두에서 선장 D와 해양사고관련자 1등항해사 A를 포함한 선원 6명을 태우고 선미에서 직경 100밀리미터의 폴리프로필렌 재질 예인줄(PP Rope) 약 180미터를 내어 선두 1명을 태운 공선 상태의 부선 정봉호를 선미예인하고 광양항을 향하여 출항하였다.

이후 16한진 예인선열은 선장 D가 06시부터 12시까지, 1등항해사 A가 갑판장과 함께 12시부터 18시까지 2교대로 하는 항해당직체계에 따라 선장 D가 혼자서 항해당직업무를 수행하는 가운데 침로를 수시로 변경하고 약 5.0노트의 속력으로 예정된 항로를 따라 항행하였다.

선장 D는 같은 날 23시 25분경 진침로 약 210도, 속력 약 5.0노트, 수동 조타 상태에서 1등항해사 A에게 항해당직업무를 인계하면서 “안마도 부근해상은 어장이 많이 설치되어 있어 사고 위험성이 높으니 통과시간을 조정하여 주간에 통과하라”는 지시를 하고 같은 날 24시 00분경 조타실을 떠났다.

항해당직업무를 인수한 1등항해사 A는 같은 달 22일 02시 30분경 상왕등도 북서방 약 3마일 부근해상에 도착하자 선장 D가 지시한 대로 안마도 부근해상 통과시간을 주간시간대로 맞추기 위해 군산항 방향으로 회항한 뒤 같은 날 03시 00분경 말도 부근해상에 도착하여 선회한 후 진침로 약 210도, 약 5.0노트 속력으로 다시 예정된 항로를 따라 항행을 계속하였다.

1등항해사 A는 이와 같은 방법으로 안마도 부근해상 통과시간을 1시간 정도 지연시킨 뒤 예정된 항로를 따라 항행하던 중 자선의 전방 약 5마일 거리에 20~30척의 어선이 조업하고 있는 것을 레이더 화면상으로 확인하고 어선간의 거리가 약 2마일 떨어져 있는 구간을 따라 항행하였다.

1등항해사 A는 같은 날 04시 20분경 상왕등도를 좌현 9시 방향, 약 2마일 거리를 두고 항행하던 중 상왕등도를 출항한 15~16척의 어선이 16한진 예인선열의 전방과 후방으로 각각 7~8척이 횡단하여 지나가는 것과 뒤 이어 상대선 풍양호가 좌현 약 8시 방향, 약 1.8마일 거리에서 횡단하는 상태로 접근하는 것을 육안으로 발견하였다.

1등항해사 A는 상대선 풍양호가 접근하는 것을 발견하고서도 충돌 위험 여부를 판단하지도 아니하고 막연하게 상대선박이 감속하여 16한진 예인선열의 후방으로 횡단하여 지나갈 것으로 생각하고 경계를 소홀히 한 채 항행을 계속하다가 같은 시 31분경 진로 전방에 여러 척의 어선이 등화를 밝히고 조업하고 있어 이를 피해가기 위해 속력을 유지한 채 침로를 진침로 약 184도로 변경하였다. 진침로 약 184도로 변경하고 경계를 소홀히 한 채 항진하던 1등항해사 A는 같은 시 33분경 좌현 약 9시 방향, 약 0.3마일 거리에서 접근하는 상대선 풍양호를 다시 발견하고서 충돌의 위험을 느낀 나머지 탐조등을 비추며 기적을 2회 취명하였으나 충돌을 피하기 위한 다른 동작은 취하지 아니하였다.

상대선과 매우 근접한 상태가 되면서 충돌을 피할 수 없게 되자 1등항해사 A는 주기관을 정지하여 예인 줄을 느슨하게 하는 조치를 취하였으나 풍양호 마스트가 예인 줄 중간지점의 뒷부분에 걸린 채 뒤로 밀리다가 2011년 7월 22일 04시 36분경 부안군 위도면 상왕등도 서방 약 3.5마일 떨어진 북위 35도 38분 05초 · 동경 126도 02분 58초 해상에서 선수방위가 약 184도인 피예인부선 정봉호의 선수 좌현부와 선수방위가 약 260도인 풍양호의 선수 우현부가 양 선박의 선수미선 교각 약 76도로 충돌하였다. 풍양호는 2005년 8월 여수시 소재 K조선소에서 건조 · 진수된 총톤수 7.93톤, 길이 3.86미터, 너비 1.03미터, 출력 260킬로와트 1기를 장치한 군산시 옥도면 선적의 강화플라스틱 재질의

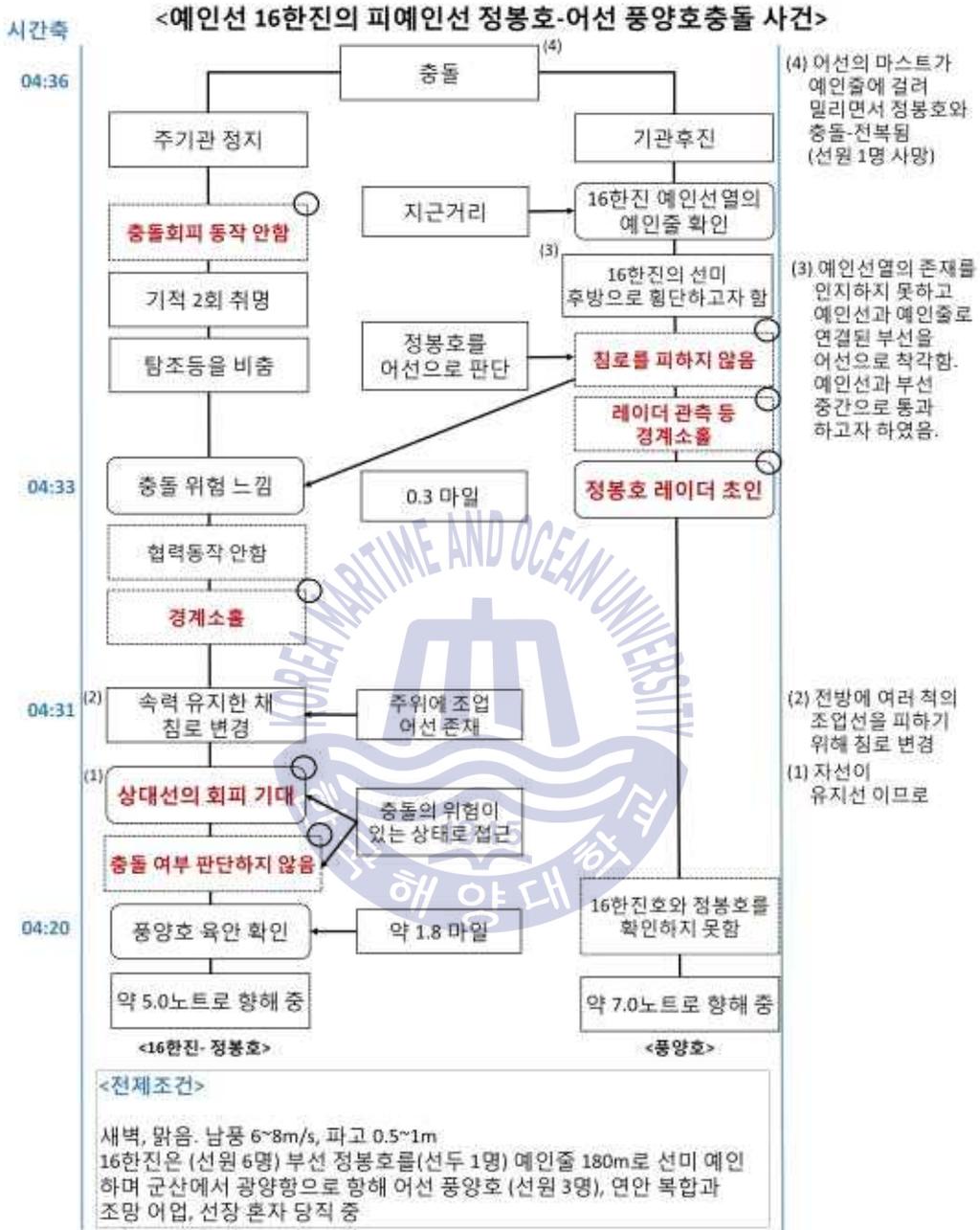
연안복합과 조망어업에 종사하는 어선으로 2011년 7월 22일 04시 05분경 부안군 위도면 상왕등도에서 해양사고관련자 선박소유자 겸 선장 B를 포함한 선원 5명을 태우고 조업차 출항하였다.

같은 어업에 종사하는 어선 15~16척의 뒤를 따라 상왕등도 방파제를 지난 이 선박은 같은 시 10분경 진침로 약 260도, 속력 약 7.0노트, 레이더의 탐지거리 0.75마일, 수동 조타 상태에서 조업지인 상왕등도등대로부터 남서방 약 15마일 해상을 향하여 항행하기 시작하였으며, 이때 선장 B가 혼자서 항해당직업무를 수행하는 가운데 선원들은 선미갑판, 식당, 선원실에서 휴식을 취하고 있었다.

이어 항해당직업무를 수행하던 선장 B는 같은 시 04시 33분경 우현 약 3시 방향, 약 0.3마일거리에서 횡단하는 상태로 접근하고 있는 상대선 16한진의 피예인부선 정봉호를 레이더로 초인하였으나 레이더 관측 등 경계를 소홀히 하여 피예인부선 정봉호를 같은 어업에 종사하는 어선으로 오인하고 16한진의 선미 후방으로 횡단하여 지나가려 하였다.

선장 B는 16한진의 선미 후방으로 횡단하여 지나가기 위해 같은 침로와 속력으로 항행하다가 충돌직전 16한진 예인선열의 예인줄을 발견하고 주기관을 후진으로 사용하였으나 전진타력을 제어하지 못하고 앞서 기술한바와 같이 충돌하였다.

이후 선수가 높고 경사형 선수(raked stem)를 가진 피예인부선 정봉호의 선수 좌현 밑으로 풍양호가 들어가면서 전복되자 선장 B를 포함한 선원 2명은 해상으로 탈출하여 16한진에 의해 구조 되었고, 나머지 선원 3명은 탈출하지 못하고 전복된 풍양호 선내에 갇혀 있다가 구조요청을 받고 도착한 군산해양경찰서에 의해 구조되었으나 이 중 1명은 사망하였다.



예인선 16한진호는 유지선으로 상대선을 16분전에 육안으로 초인하였으나, 충돌의 위험 여부를 판단하지 않고 막연하게 상대선박이 감속하여 후방으로 횡단하여 지나갈 것으로 생각하고 경계를 소홀히 하였으며, 피항선인 어선

풍양호는 충돌3분전 16한진의 피예인부선 정봉호를 레이더로 초인하였으나 피예인부선 정봉호를 어선으로 오인하고 16한진의 선미 후방으로 횡단하여 지나가려다 서로 충돌하였다.

앞의, 방식대로 해양안전심판원의 충돌에 관한 재결서를 변동수 분석 하였으며, Table 15. 및 Table 16.과 같이 선박충돌사고의 원인을 파악하였다.

선박충돌 사고에서 선박을 피항선과 유지선으로 분류하였으며, 피항선은 지각실패, 판단실패, 조종실패로 구분하였다. 유지선은 지각실패 및 판단실패로 구분하였으며, 유지선은 침로와 속력을 유지할 의무가 있으며 급박한 상황을 피하기 위해서 조종을 하는 경우는 그전에 판단실패가 일어나지 않았다면, 급박한 상황이 발생하지 않으므로, 유지선에서 조종실패는 구분하지 않았다.



Table 15. Causes of collision accidents(give-way vessel)

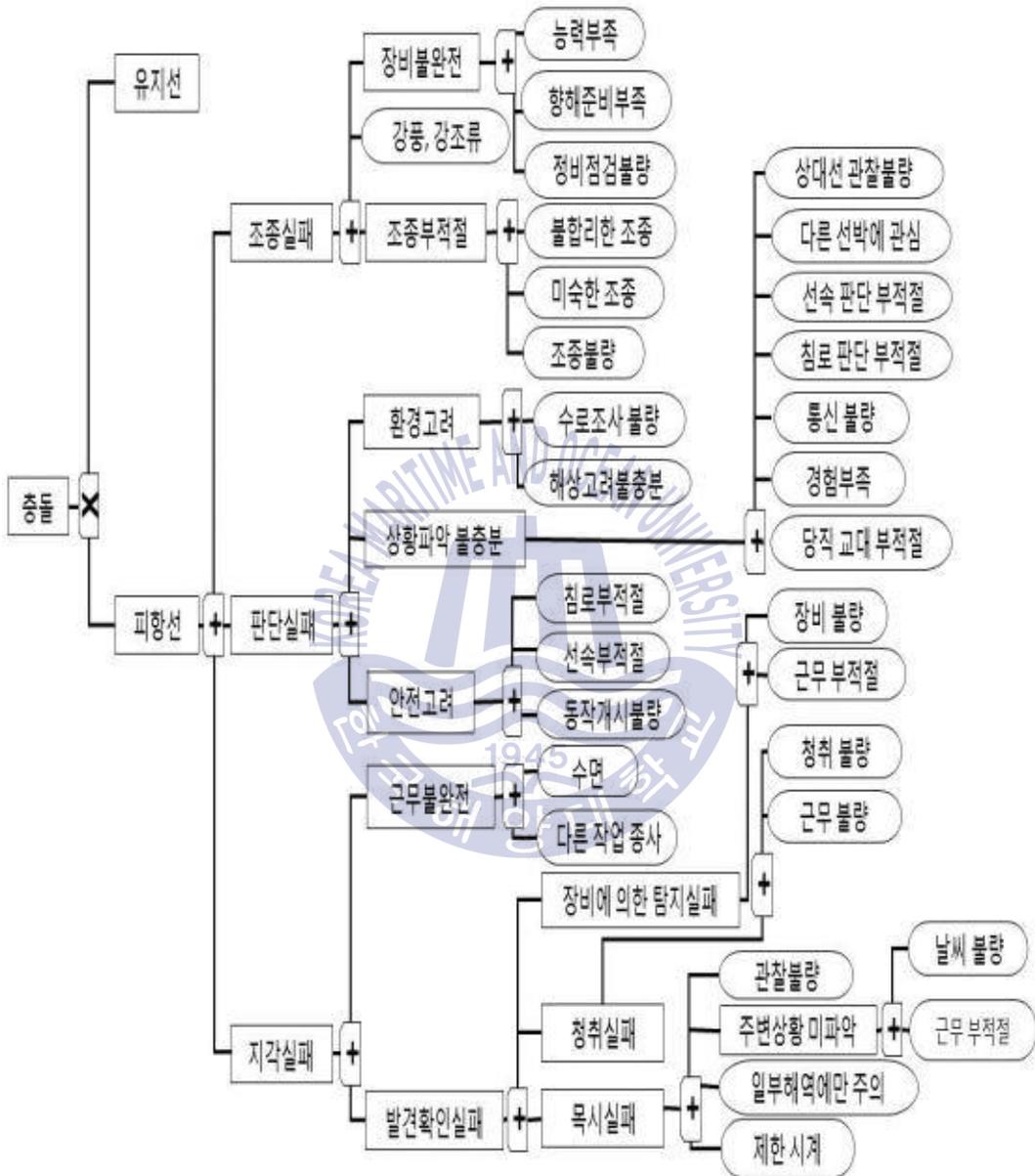
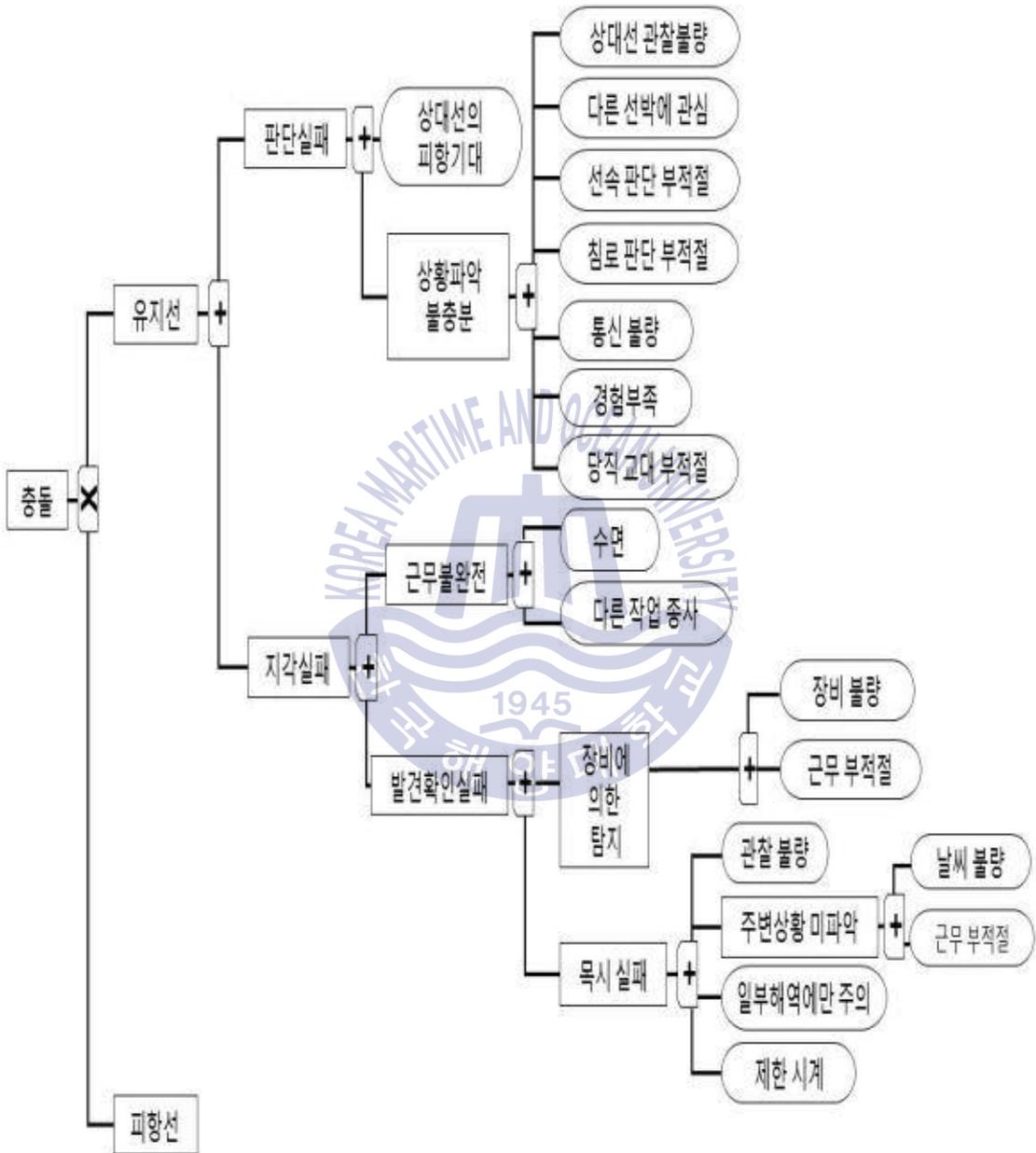


Table 16. Causes of collision accidents(Stand-on vessel)



한편 해양안전심판원의 재결서(2012년~2016년)에 의한 선박 충돌사고 발생원인 분석결과는 Table 17.과 같다.

2012년부터 2016년도까지 발생한 선박 충돌사고 중 피항선의 경우(Fig. 19) 지각실패 347척(76.1%), 판단실패 77척(16.9%), 조종실패 25척(5.5%), 미상 7건(1.5%) 순으로 나타났다. 또한 유지선의 경우(Fig. 20) 지각실패 184척(66.2%), 판단실패 86척(30.9%), 미상 8척 (2.9%) 순으로 나타났다.

미상 4척은 분석결과에서 제외 하였다.



Table 17. Cause of ship collision

단위: 척

원인 연도	피항선				유지선			미상
	지각 실패	판단 실패	조종 실패	미상	지각 실패	판단 실패	미상	
2012 년도	65	16	5	-	43	23	1	1
2013 년도	51	14	7	3	36	13	-	-
2014 년도	87	20	3	0	42	15	1	-
2015 년도	58	12	6	3	25	16	3	1
2016 년도	86	15	4	1	38	19	3	2
합계	347	77	25	7	184	86	8	4



Fig. 19 Causes of collision accidents(give-way vessel)

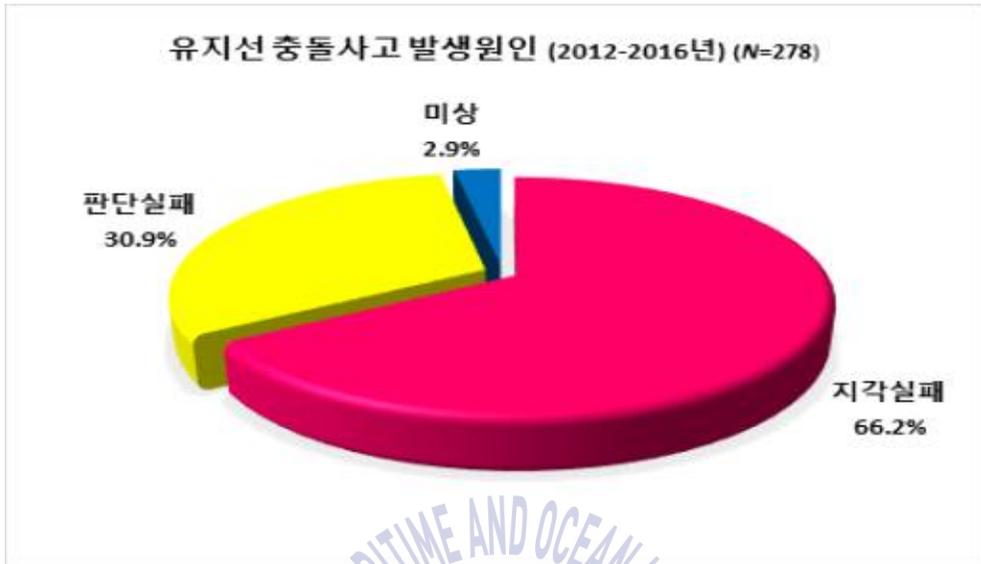


Fig. 20 Causes of collision accident(stand-on vessel)

4.2 피항선의 충돌사고 원인분석

4.2.1 변동수 분석에 의한 방법

Table 15.에 의해 피항선의 충돌사고의 원인을 다음과 같은 방법으로 분석한다.

- 지각실패에 의한 충돌
- 지각실패가 없었다면 판단실패에 의한 충돌
- 판단실패가 없었다면 조종실패에 의한 충돌로 구분하였으며 지각실패에 의한 충돌은
 - 근무불완전에 의한 지각실패
 - 발견·확인 실패에 의한 지각 실패로 구분하였으며, 근무불완전에 의한 지각 실패는

- 수면에 의한 근무불완전
- 다른 작업의 종사에 의한 근무불완전으로 구분하였으며, 발견·확인 실패에 의해 지각 실패는
 - 장비(레이더, AIS)에 의한 탐지 실패에 의한 발견·확인 실패
 - 청취실패에 의한 발견·확인 실패
 - 목시 실패에 의한 발견·확인 실패로 구분하였으며, 장비에 의한 탐지 실패는
 - 장비불량에 의한 탐지실패
 - 근무부적절에 의한 탐지실패로 구분하였으며, 청취실패에 의한 탐지 실패는
 - 청취불량에 의한 탐지실패
 - 근무불량에 의한 탐지실패로 구분하였으며, 목시 실패는
 - 관찰 불량에 의한 목시 실패
 - 주변상황파악 실패에 의한 목시 실패
 - 일부해역에만 주의를 기울여 목시 실패
 - 제한시계에 의한 목시 실패로 구분하였으며, 주변상황 파악 실패에 의한 목시 실패는
 - 날씨불량에 의한 주변 여건파악 실패
 - 근무부적절에 의한 주변여건 파악실패로 구분하였다.

판단실패에 의한 충돌은,

- 환경고려불충분에 의한 판단실패
- 상황파악불충분에 의한 판단실패
- 안전고려불충분에 의한 판단실패로 구분하였으며, 환경고려불충분은
- 수로조사 불량에 의한 환경고려 불충분
- 해상고려불충분에 의한 환경고려불충분 으로 구분하였으며, 상황파악불

충분은

- 상대선 이동 관찰 불량에 의한 상황파악 불충분
 - 다른 선박에 관심에 의한 상황파악 불충분
 - 선속판단부적절에 의한 상황파악 불충분
 - 침로판단부적절에 의한 상황파악 불충분
 - 통신부적절에 의한 상황파악 불충분
 - 경험부족에 의한 상황파악 불충분
 - 당직교대부적절에 의한 상황파악 불충분으로 구분하였으며, 안전고려 불충분은
 - 침로선택불량에 의한 안전고려불충분
 - 선속불량에 의한 안전고려불충분
 - 동작개시불량에 의한 안전고려불충분
- 조종실패에 의한 충돌은
- 장비불완전에 의한 조종실패
 - 강풍·강조류에 의한 조종실패
 - 조종부적절에 의한 조종실패로 구분하며, 장비불완전에 의한 조종실패는
 - 능력부족에 의한 장비불완전
 - 항해준비부족에 의한 장비불완전
 - 정비·점검불량에 의한 장비불완전으로 구분하였으며, 조종부적절은
 - 불합리한 조종으로 조종부적절
 - 미숙한 조종으로 조종부적절
 - 조종불량으로 조종부적절로 구분하였다.

4.2.2 원인별 사고율

Table 18.에서 피항선의 사고원인 중 76.1%를 차지하는 지각실패의 원인은 장비에 의한 탐지 실패에서 근무부적절이 141건(40.6%)으로 가장 많았으며, 다음으로 다른 작업에 종사로 인하여 근무불완전에 의한 지각실패가 75건(21.6%)을 차지하였으며, 수면에 의한 근무불완전이 45건(13%)을 차지하였다. 판단실패는 77건으로 피항선의 사고원인 중 16.9%를 차지하며, 그 원인으로 상대선의 이동관찰 불량 26건(33.8%) 동작개시불량 22건(28.6%), 침로선택 불량 8건으로 10.4%를 차지하였다. 조종실패는 25척으로 피항선의 사고원인 중 5.5%를 차지하였으며 그 원인으로는 무리하거나 부적절하게 조종한 경우가 20건으로 80%를 차지하였다.

Table 18. Accident rate by causes of collision(give-way vessel)

원인	연도	2012	2013	2014	2015	2016	합	구 성 비 (%)
	년도	년도	년도	년도	년도	계		
지 각 실 패	근무불완전에 의한 지각실패							
	수면	10	9	9	9	8	45	10.0
	다른 작업의 종사	7	15	20	13	20	75	16.7
	발견·확인 실패에 의한 지각 실패							
	장비(레이더, AIS)에 의한 탐지 실패							
	장비불량	2	2	0	1	2	7	1.6
	근무부적절	13	18	36	30	44	141	31.4
	청취실패에 의한 발견·확인 실패							
	청취불량	0	0	0	0	1	1	0.2
	근무불량	9	0	1	0	0	10	2.2

	목시실패에 의한 발견·확인 실패								
	관찰 불량		12	2	12	4	7	37	8.2
	주변상황 파악 실패	날씨불량	0	0	0	0	0	0	0.0
		근무부적절	4	0	0	1	3	8	1.8
	일부해역에만 주의		3	4	5	0	1	13	2.9
	제한시계		5	1	4	0	0	10	2.2
판 단 실 패	환경고려불충분								
	수로조사 불량		2	0	0	0	0	2	0.4
	해상고려불충분		1	1	0	1	0	3	0.7
	상황파악불충분								
	상대선 이동 관찰 불량		3	5	6	2	10	26	5.8
	다른 선박에 관심		1	0	1	1	0	3	0.7
	선속판단부적절		0	0	0	0	0	0	0
	침로판단부적절		1	0	5	2	2	10	2.2
	통신 불량		0	0	0	0	0	0	0
	경험부족		0	0	0	1	0	1	0.2
당직교대부적절		0	1	0	0	0	1	0.2	

	안전고려불충분에 의한 판단실패							
	침로선택불량	1	1	5	0	1	8	1.8
	선속불량	0	1	0	0	0	1	0.2
	동작개시불량	7	5	3	5	2	22	4.9
조 종 실 패	장비불완전에 의한 조종실패							
	능력부족	0	0	0	0	0	0	0
	항해준비부족	0	0	0	0	0	0	0
	정비·점검불량	0	0	0	1	0	1	0.2
	강풍·강조류에 의한 조종 실패	0	2	0	1	0	3	0.7
	조종부적절에 의한 조종실패							
	불합리한 조종	3	1	3	2	1	10	2.2
	미숙한 조종	2	3	0	2	3	10	2.2
	조종불량	0	1	0	0	0	1	0.2

4.3 유지선의 충돌사고 원인분석

4.3.1 변동수 분석에 의한 방법

Table 16.에 의해 피항선의 충돌사고의 원인을 다음과 같은 방법으로 분석한다.

- 지각실패에 의한 충돌
- 지각실패가 없었다면 판단실패에 의한 충돌로 구분하였으며 지각실패에 의한 충돌은 다시
 - 근무불완전에 의한 지각실패
 - 발견·확인 실패에 의한 지각 실패로 구분하였으며, 근무불완전에 의한 지각 실패는
 - 수면에 의한 근무불완전
 - 다른 작업의 종사에 의한 근무불완전 으로 구분하였으며, 발견·확인 실패에 의한 지각 실패는
 - 장비(레이더, AIS)에 의한 탐지 실패에 의한 발견·확인 실패
 - 목시 실패에 의한 발견·확인 실패로 구분하였으며, 장비에 의한 탐지 실패는
 - 장비불량에 의한 탐지실패
 - 근무부적절에 의한 탐지실패로 구분하였으며, 목시 실패는
 - 관찰 불량에 의한 목시 실패
 - 주변상황파악 실패에 의한 목시 실패
 - 일부해역에만 주의를 기울여 목시 실패
 - 제한시계에 의한 목시 실패로 구분하였으며, 주변상황 파악 실패에 의한 목시 실패는
 - 날씨불량에 의한 주변 여건파악 실패

- 근무부적절에 의한 주변여건파악실패로 구분하였다.

판단실패에 의한 충돌은,

- 상대선의 피항 기대에 의한 판단실패
- 상황파악불충분에 의한 판단실패로 구분하였으며, 상황파악불충분은
- 상대선 이동 관찰 불량에 의한 상황파악불충분
- 다른 선박에 관심에 의한 상황파악불충분
- 선속판단부적절에 의한 상황파악 불충분
- 침로판단부적절에 의한 상황파악 불충분
- 통신부적절에 의한 상황파악 불충분
- 경험부족에 의한 상황파악 불충분
- 당직교대부적절에 의한 상황파악 불충분으로 구분하였다

4.3.2 원인별 사고율

Table 19.에서 유지선의 사고원인 중 66.2%를 차지하는 지각실패의 원인은 다른 작업 종사에 의한 근무 불완전에 의한 지각실패가 119건(61.3%)으로 가장 많았으며, 다음으로 근무 부적절로 레이더에 의한 탐지 실패가 24건(12.4%)을 차지하였으며, 수면에 의한 근무불완전이 14건(7.2%)을 차지하였다. 판단실패는 86건으로 유지선의 사고원인 중 30.9%를 차지하며, 그 원인으로 상대선의 피항 기대가 48건(55.8%), 상대선 관찰 불량으로 상대선의 동정 파악 불충분이 24건 (27.9%), 상대선의 침로판단부적절이 8건으로 9.3%를 차지하였다.

Table 19. Accident rate by causes of collision(stand-on vessel)

원인	연도	2012	2013	2014	2015	2016	합계	구성비 (%)
		년도	년도	년도	년도	년도		
근무불완전에 의한 지각실패								
수면		5	2	3	1	3	14	5.2
다른 작업의 종사		24	25	23	20	27	119	44.1
발견·확인 실패에 의한 지각 실패								
장비(레이더, AIS)에 의한 탐지 실패								
지각실패	장비불량	2	1	4	0	2	9	3.3
	근무부적절	8	6	4	4	2	24	8.9
목시실패에 의한 발견·확인 실패								
관찰 불량		4	1	3	0	3	11	4.1
주변상황 파악 실패	날씨불량	0	0	0	0	0	0	0
	근무부적절	0	0	1	0	0	1	0.4
일부해역에만 주의		0	1	4	0	1	6	2.2
제한시계		0	0	0	0	0	0	0

판 단 실 패	상대선의 피항기대	13	7	7	12	9	48	17.8
	상황파악불충분							
	상대선관찰불량	8	3	5	3	5	24	8.9
	다른선박에 관심	1	1	0	0	1	3	1.1
	선속판단 부적절	0	0	0	0	2	2	0.7
	침로판단 부적절	1	2	2	1	2	8	3.0
	통신부적절	0	0	1	0	0	1	0.4
	경험부족	0	0	0	0	0	0	0
당직교대부적절	0	0	0	0	0	0	0	

피항선의 상대선 초인시간 분석결과 상대선을 발견하지 못한 경우가 192척 (42.1%), 충돌직전 발견이 142척(31.1%)으로 충돌 전까지 상대선을 인지하지 못하여 적절한 회피동작을 하지 못한 경우가 대부분으로 충돌 사고 중 73%를 차지한다.

유지선의 상대선 초인시간 분석결과 상대선을 발견하지 못한 경우가 90척 (32.4%), 충돌직전 발견이 86척(30.9%)으로 충돌 전까지 상대 선을 인지하지 못한 경우가 63%를 차지한다.

또한 상대선 초인거리 분석결과도 피항선이 상대선 초인거리가 1마일 이하로 충돌직전까지 적절한 동작을 취하지 못한 경우가 피항선이 78%를 차지하며, 유지선은 72%차지한다.

피항선의 지각실패에 의한 충돌원인은 장비에 의한 탐지 실패에서 근무부적절이 141건(40.6%)으로 가장 많았으며, 다음으로 다른 작업에 종사로 인하여 근무

불완전에 의한 지각실패가 75건(21.6%)을 차지하였으며, 수면에 의한 근무 불완전이 45건(13%)을 차지하였다. 판단실패에 의한 충돌원인은 상대선의 이동관찰 불량 26건(33.8%) 동작개시불량 22건(28.6%), 침로선택불량 8건으로 10.4%를 차지하였으며, 조종실패에 의한 충돌원인은 무리하거나 부적절하게 조종한 경우가 20건으로 80%를 차지하였다.

유지선의 지각실패에 의한 충돌원인은 다른 작업에 종사에 의한 근무 불완전에 의한 지각실패가 119건(61.3%)으로 가장 많았으며, 다음으로 근무 부적절로 레이더에 의한 탐지 실패가 24건(12.4%)을 차지하였으며, 수면에 의한 근무 불완전이 14건(7.2%)을 차지하였다. 판단실패에 의한 충돌원인은 상대선의 피항 기대가 48건(55.8%), 상대선 관찰 불량으로 상대선의 동정 파악 불충분이 24건(27.9%), 상대선의 침로판단부적절이 8건으로 9.3%를 차지하였다.



제 5 장 결론

해양과학의 발전으로 선박 및 선박장비는 첨단화 되었으며, 해상 교통량은 증가 되었다. 이러한 해상교통의 증가는 해양 안전관리대책 강화로 이어졌는데, 과학기술의 발전 및 해양 안전정책의 보완으로 과거 해양사고의 많은 부분을 차지하였던 사고의 불가항력적 요소가 감소되었음에도 불구하고 해양에서 충돌 사고는 점점 증가하고 있다.

해양사고의 많은 부분이 충돌사고 이며, 충돌사고의 대부분의 원인은 인적 과실로 나타나고 있다.

최근9년간(2008년~2016년) 충돌로 인한 사망 및 실종자는 283명이며 부상자는 932명으로 해상에서 충돌사고가 발생하면 해상이라는 환경적인 특성상 인명 및 물적 피해가 크며, 해양오염 및 사회적인 물의를 일으키는 경우가 많다.

현재까지 해양사고의 원인 파악 및 해양사고에서 인적요인에 관한 다양한 연구들이 있었지만, 해양사고는 점점 증가하고 있다. 이는 해양사고 분석에 있어 체계적 원인 분석과 새로운 방법으로 사고원인을 분석할 필요성을 시사하고 있다.

이 연구에서는 2008년에서 2016년까지 중앙해양안전심판원의 해양사고 통계를 바탕으로 해양사고의 현황을 파악 하였으며, 이중 최근 5년간 중앙해양안전심판원의 충돌사고 재결서(369건)를 기초로 하여 충돌 사고에 대한 세부 원인을 파악 하고자 하였다. 특히 원인 분석에 있어 기존 해양사고 연구에서 이루어지지 않았던, 변동수 분석 기법을 기반으로 충돌 사고 원인을 분석하여 해양사고 예방을 위한 기초자료 제공을 목적으로 수행되었으며 다음과 같은 결과를 도출 하였다.

첫째, 해양사고통계(2008년~2016년)를 분석한 결과, 등록선박 척수는 2008년(88,854척)부터 2015년(76,500척)까지 꾸준히 감소추세를 보였지만 해양사고 발생률은 2008년(1.26%)에 비하여 2015년(3.09%)에 약 두 배 이상의 증가율을 보였다. 또한 2008년에서 2016년 사이에 발생했던 전체 해양사고 중 어선이 차지하는 비율은 전체 선박 중 70.7% 으로 압도적으로 높았으며, 사고종류별 해양사고 발생현황은 기관손상이 29.3%, 그 뒤를 이어 충돌사고가 22.7%를

차지였다.

둘째, 충돌사고를 분석한 결과, 선박용도별 충돌사고 발생현황을 살펴보면 어선이 2,329척으로 60.4% 으로 전체 선박 중 어선이 가장 높은 비율을 차지하였으며, 비어선과 어선 간 충돌이 46.6%로 가장 많았고, 어선과 어선의 충돌이 33.3%의 비율로 그 뒤를 이었다. 충돌선박 톤수별 사고현황은 총 20톤 미만이 32.1%로 가장 높은 비율을 보이고 있었으며, 충돌사고에서 100톤 미만의 소형 선박이 57%를 차지한다. 충돌 시간은 04시 이후~08시 미만 사이에 난 사고가 전체의 28.6%를 차지하여 해당 시간에서 가장 많은 충돌이 일어났던 것으로 나타났다. 또한 충돌 시 시정상태를 살펴보았을 때, 맑은 날씨가 63.0%로 가장 높은 비율을 차지하고 있었다.

셋째, 2012년에서 2016년까지 최근 5년간 해양안전심판원의 충돌사고 재결서를 기초하여 선박 충돌사고를 세부적으로 분석한 결과는 다음과 같다. 충돌선박의 상대선 인지여부 분석 결과, 양 선박 모두 서로 인지하지 못한 경우가 전체 충돌사고 중 57.7%를 차지하며, 한쪽만 인지한 경우가 27.9%, 양쪽 모두 인지한 경우가 9.8%이다. 피항선의 상대선 초인시간 분석 결과, 상대선을 충돌까지 발견하지 못하거나 충돌직전 발견한 경우가 전체 충돌사고 피항선의 73.2%를 차지한다. 또한 전체 충돌사고 유지선의 63.3%가 상대선을 충돌까지 발견하지 못하거나 충돌직전 발견하여 충돌직전 까지 충돌을 피하기 위한 아무런 조치를 취하지 못하였다.

넷째, 2012년부터 2016년도까지 선박 충돌사고의 발생 원인을 분석한 결과 피항선의 경우 지각실패, 판단실패, 조종실패 순의 원인으로 발생하였으며, 이중 지각실패는 76.1%로 나타나 충돌 발생원인의 대다수를 차지하는 것으로 나타났다. 유지선 또한 지각실패, 판단실패 순으로 발생하였으며 지각실패로 인한 충돌사고가 전체 충돌사고의 66.2%를 차지하였다.

다섯째, 2012년부터 2016년도까지 선박 충돌사고 중 피항선의 충돌원인을 변동수 분석 기법으로 분석한 결과는 다음과 같다.

피항선의 충돌 사고의 원인 중 가장 높은 비율을 차지하였던 지각 실패의

세부원인을 살펴보면, 장비에 의한 탐지실패에서의 근무 부적절이 40.6%, 다른 작업에 종사로 인하여 근무불완전에 의한 지각실패가 21.6%, 수면에 의한 근무불완전이 13% 순으로 나타났다. 이어 피항선 충돌원인인 판단실패의 세부원인으로 상대선의 이동관찰 불량률이 33.8%, 동작개시불량률이 28.6%, 침로선택불량률이 10.4%를 차지하였다. 마지막으로 피항선 충돌원인 중 조종실패의 세부 원인으로서는 무리하거나 부적절하게 조종한 경우가 80%로 대다수를 차지하였다.

여섯째, 2012년부터 2016년도까지 선박 충돌사고 중 유지선 충돌원인을 변동수 분석 기법으로 분석한 결과는 다음과 같다. 피항선과 마찬가지로 유지선의 충돌사고의 가장 높은 비율을 차지하였던 지각실패의 세부 원인은 다른 작업 종사에 의한 근무 불완전에 의한 지각실패가 61.3%으로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 근무 부적절로 레이더에 의한 탐지 실패가 12.4%, 수면에 의한 근무불완전이 7.2%을 차지하였다. 유지선의 사고 원인 중 판단실패의 세부 원인으로 상대선의 피항 기대가 55.8%, 상대선 관찰 불량률이 27.9%, 상대선의 침로판단부적절이 9.3%를 차지하였다.

해양사고 중 선박 충돌사고의 발생원인의 대다수는 인적과실에서 기인하는 것으로 알려져 있다. 본 연구 결과, 선박충돌 사고 시 유지선, 피항선 모두 지각실패에서 가장 높은 인적 과실의 비율을 보였으며 이러한 결과는 앞서 초인 시간 및 초인거리 분석에서 피항선과 유지선 모두 상대선을 발견하지 못하거나 충돌직전 발견이 전체 초인의 대다수를 차지하고 있는 것과 같은 맥락에서 해석 할 수 있다.

이러한 인적오류를 줄이기 위해서는 여러 가지 방안들이 마련되어 시행되어져 왔다.

그 중 선원의 줄음운항에 따른 사고를 예방하기 위해서는 안전교육, 훈련에 의한 위기의식의 환기, 선원의 건강관리를 포함한 당직시스템의 개선이 바람직 하지만 결정적인 대책이 될 수 없다. 이 때문에 음성가이드에 의한 대화형 항해 지원장치 등 줄음 방지장치의 개발이 필요하다.

수로조사, 선위확인 등의 침로선정과 상황인식을 위해서 당직자가 취급하는

정보로서는 선속, 타각, 코스와 같은 자선정보, 상대 위치관계를 나타내는 타선 정보 및 해역의 환경정보가 있다. 자선의 상황과 해역환경정보는 항해기기에 기초하여 조종지령과 그 응답확인에 의해 파악하고 있으면 별로 문제 되지 않지만 자선상태와 자선위치의 표시 기능이 필요하다. 이를 지원하는 장비로는 DGPS에 의한 정확한 측위기술과 충돌회피에도 유효한 자동 충돌예방 지원장치(ARPA)나 전자해도(ECDIS)가 있다. 또한, 타선정보로는 선박자동식별장치(AIS)가 있다.

그러나 이러한 장비들은 소형선 특히 어선에는 적용이 되지 않는 경우가 많다. 특히 어선에 AIS장비를 의무적으로 탑재한다면 타선박에 자선의 정확한 정보를 전송할 수 있고 상대선에서 어선의 존재를 쉽게 파악할 수 있어, 충돌사고 예방에 기여 할 수 있을 것으로 생각한다.

조종부적절을 방지하기 위해서는 판단재료 제공을 위한 항해정보표시기능, 계획항로의 표시기능, 항로이탈, 좌초 경보기능 등을 제공할 수 있는 장비가 탑재 된다면 항해사들에게 정확한 판단을 할 수 있는 정보를 제공할 것이다.

현재 우리나라에서는 해양사고가 발생하면, 해양안전심판원에서 사고를 조사 하고 그에 따라 사고를 일으킨 선원을 징계하고 있다. 사고가 발생하면 그에 따른 피해나 손실에 대한 책임을 따지는 것은 당연하지만, 가장 중요한 것은 같은 사고가 반복되지 않도록 사고 방지 대책에 초점을 맞춰야 한다. 이를 위해서는 책임 추궁과는 별도로 사고 원인에 대한 상세한 조사가 이루어져야한다.

해양사고의 조사결과는 해양안전심판원에서 작성하는 재결서가 있으나, 재결서에 들어가는 항목이 통일 되지 않아 추후 사고 원인을 파악하는데 어려움이 있다. 사고원인 파악을 위한 세부사항에 대한 일관된 작성지침의 정립이 필요 할 것으로 생각된다. 또한 사고가 발생하면 시시비비를 가리고 처벌하기 위한 조사를 넘어서 추후 사고를 방지하기 위한 원인파악에 초점을 맞춰야할 필요성이 있다고 생각한다.

이에 정확한 사고 분석을 위해서 소형선에도 사고기록장치(VDR)의 설치를 확대한다면 정확한 사고 분석에 도움이 될 것으로 생각한다.

4차 산업혁명시대의 최첨단 기술 및 과학을 이용한 해양안전을 강화하기 위하여, 정확한 사고원인을 분석하여 선박 사고에 대한 체계적인 DB를 구축한다면 해양사고의 빅 데이터를 분석하여 초고속 해상재난안전통신망(LTE-M)운영 및 E-navigation 도입으로 기상 예측 모니터링 시스템 및 신속 정확한 해양 정보 체계를 수립하여 자연 환경 및 인적오류로 인한 선박사고 예방에 기여 할 수 있다고 생각한다.

본 연구에서는 최근 9년간(2008년~2016년) 해양사고 통계를 분석하고 그 중 해양안전심판원에서 재결한 369건의 충돌사고 재결서를 변동수 분석 기법을 활용하여 충돌 사고 원인을 파악하였다. 이러한 충돌사고의 원인파악은 해양사고 예방을 위한 기초자료로 활용될 수 있으며, 본 연구에서 파악한 사고원인을 보완·발전시키고, 사건수(ETA) 및 결함수(FTA) 분석을 통한 Risk 평가가 이루어진다면, 해양사고 예방에 한층 더 기여 할 수 있을 것으로 판단된다.



참고문헌

기술사무소 차스텍이앤씨(주) <http://www.charstech.com>

권오형, 2017, *고장해석수법으로서의 FTA 활용방안*, KSA TPM컨설턴트

김민수, 왕종배, 박찬우, 조연옥, 2009. *ETA 및 FTA를 이용한 철도 건널목사고 위험도 평가 모델 개발에 대한 연구*, 한국철도학회논문집 제12권 제6호 pp. 936-943

김순구, 양순갑, 1998. *건설안전사고 발생원인의 분석과 방법에 관한 연구-결함수 분석법을 중심으로-* 대한건축학회 논문집, 제14권 1호, pp. 417-423

김준태, 2016. *철도근로자의 직무스트레스가 안전의식과 안전문화에 미치는 영향에 관한 연구*, 서울과학기술대학교 석사학위 논문

김홍태, 나성, 하옥현, 2011. *해양사고조사를 위한 인적 오류 분석사례*, 대한인간공학회지 30(1), 2011.2. pp137~150

백진수, 김민중, 2009. *해사안전분야에서의 인적요인 연구*, 한국항해항만학회, pp267~268

서승록, 이정훈, 2001, *Fault Tree Analysis* 기법을 이용한 발파사고 분석, 대한인간공학회논문집, 제20권 3호, pp61~76

손영우, 2014, *인적오류*, 심리학용어사전, 한국심리학회

송종국, 2017, *4차 산업혁명과 해양수산*, 2016 Ocean Economy, 해양수산부

양영훈, 양찬수, 공인영, 이봉왕 2005, *인간공학적 선교통합알람장치의 개발을 위한 기초 연구*, 해양환경안전학회11(1) 2005, pp17~22

양원재, 권석재, 금중수, 2004, *해양사고의 인적요인분석에 관한 연구-선박충돌 사고를 중심으로-*, 해양환경안전학회 2004년도 춘계학술발표회

왕종배, 홍선호, 박찬우 2014. *철도안전문화 평가지표 개발과 안전문화 수준 측정*, 한국철도학회, 춘계학술대회 논문집

- 윤동협, 신일식, 2017. 선박 충돌사고의 원인요소 간 상관관계 및 충돌시간에 따른 원인요소 분석 해양환경안전학회지 제23권 제1호(통권 제79호), pp, 26-32
- 이시바시 아키라, 2015. 사고는 왜 반복되는가? (주) 한언
- 이출원, 2015. 철도사고 및 인적오류 현황분석을 통한 철도안전문화 인식에 관한 연구-서울도시철도공사 기관사를 중심으로 서울과학기술대학교 석사학위논문
- 이홍훈, 김철승, 정재용, 정중식, 2011. 남해서부해역 해양사고의 해양환경적 영향에 대한 고찰 - 어선 해양사고를 중심으로 해양환경안전학회 2011년 춘계 학술발표회, pp. 49-52
- 임남형, 배현웅, 성익현, 이규세, 2012, 결함 나무 분석 기법을 이용한 해상추락 사고 분석, 한국방재학회논문집, 제12권 2호, pp.17~23
- 정창현, 2014, 충돌사고 감축을 위한 어선의 대응 방안에 관한 연구, 해양환경 안전학회 논문집, 제20권 제1호, pp18~25
- 중앙해양안전심판원, 2008~2016, 해양사고통계, 해양수산부
- 최상복, 2004, 인적오류, 결함수 해석, 이벤트 트리 해석, 베리에이션 트리법, 산업안전대사전
- 최수한, 노창균, 2012. 국내 해양사고 분석과 개선방안에 관한 연구, 해양환경안전학회 2012년 추계학술발표회, pp.67-69
- 하옥현, 박성하, 김홍태 2010. 선교내에서 청각경보음의 유형이 반응속도와 정확성에 미치는 영향, 대한인간공학회 29(4), 2010. pp.673-680
- 한국산업규격, 2013, 결함 나무 분석(FTA), KS A IEC 61025, 산업통상자원부 기술표준원
- 한국산업안전공단, 2005, 결함수 분석 기법
- 한국산업안전보건공단, 2011, 휴먼 에러의 원인과 예방 대책, 한국산업안전보건공단
- 항공, 셀 모델 <http://blog.naver.com/fslin?Redirect=Log&logNo=220969312671>

해양수산부, 2017. *해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률 시행규칙* (약칭: 해양 사고심판법 시행규칙)

홍은수, 이인모, 김동현, 김용일, 2003. *사건수목분석기법을 이용한 셉드터널 굴착 시의 위험도 분석사례*, 대한토목학회 학술대회

Anderson, D. E., Oberman, F. R., Malone, T. B. and Baker, C. C., *Influence of human engineering on manning levels and human performance*, Naval Engineers Journal, 109(6), 67-76, 1997.

IMO A.844(21), Annex Appendix 1, 2000. *Amendments to the Code for the investigation of marine casualties and incidents.*

IMO A.844(21), Annex Appendix 2, 2000. *Guidelines for the Investigation of Human Factors in Marine Casualties and Incidents.*

IMO Res.MSC.255(84), Annex1, 2008. *Adoption fo The Code of Th International Standards And Recommended Practices For A Safety Investigation Into A Marine Casulaty or Marine Incident (CASUALTY INVESTIGATION CODE)*

Prevention Through People: Quality Action Team Report, 1995. Department of Transportation, U.S. Coast Guard Office of Marine Safety, Security and Environmental Protection

Reason, J. 1990. *Human Error*. Cambridge, England: Cambridge University Press.

福地信義, 2007, *ヒューマンエラーに基づく海洋事故 信頼性解析とリスク評価*, 海文堂出版

中條 武志, *人間信頼性工学：エラー防止への工學的アプローチ*