



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](#)

이 학 박 사 학 위 논 문

어선의 해난 인명 피해 저감 연구



2013년 2월

부경대학교 대학원

수산물리학과

김 욱 성

이 학 박 사 학 위 논 문

어선의 해난 인명 피해 저감 연구

지도교수 이 주 희

이 논문을 이학박사 학위논문으로 제출함



2013년 2월

부경대학교 대학원

수산물리학과

김 욱 성

김육성의 이학박사 학위논문을 인준함

2013년 2월 22일



주	심	공학박사	강	일	권	(인)
위	원	수산학박사	박	문	갑	(인)
위	원	수산학박사	권	병	국	(인)
위	원	공학박사	김	석	재	(인)
위	원	수산학박사	이	주	희	(인)

목 차

List of Figures	iv
List of Tables	vi
Abstract	viii
제1장 서 론	1
1.1. 연구 배경	1
1.2. 연구 사례	4
1.3. 연구의 목적과 구성	6
제2장 어선 해양 사고의 위험도 분석	8
2.1. 서 언	8
2.2. 자료 및 방법	10
2.2.1. 해양 사고 원인 분석 방법	10
2.2.2. 인명 피해 위험도 정량화	13
2.3. 결과 및 고찰	16
2.3.1. 사고 발생률과 인명 피해 위험도	16
2.3.2. 충돌 사고의 원인 분석	18

2.3.3. 전복 사고의 원인 분석	30
2.3.4. 침몰 사고의 원인 분석	32
2.3.5. 충돌, 전복, 침몰 사고의 사망·실종 대응	33
2.4. 요약	38
제3장 해양 사고 예방을 위한 연안 어선용 통신 체계 구축	40
3.1. 서 언	40
3.2. 재료 및 방법	43
3.3. 결과 및 고찰	48
3.3.1. TRS 통신 가능 해역 및 수신율	48
3.3.2. TRS 위치 데이터의 어선 모니터링	51
3.4. 요약	53
제4장 상시 착용 구명동의용 위성자동위치발신기의 활용	55
4.1. 서 언	55
4.2. 장치 및 방법	57
4.3. 결과 및 고찰	60
4.3.1. 육상 고정점에서의 측위 정도	60
4.3.2. 해상에서의 신호 수신율	64
4.4. 요약	67

제5장 종합 고찰	68
참고 문헌	76
감사의 글	79



List of Figures

Fig. 1-1. Block diagram of organization for Reducing the casualty of fishermen at sea.	6
Fig. 2-1. Diagram of sequentially timed events plotting analysis.	13
Fig. 3-1. Configuration of position transmitting equipment(M-GPS) and voice communication equipment used in the trial experiment.	43
Fig. 3-2. Position information about departure and fishing of trial ships obtained by using TRS position transmitting equipment in the East sea, the West sea and the South sea.	50
Fig. 3-3. Fishing ground information of coastal trap fishing boat obtained by using TRS position transmitting equipment in the East sea.	52
Fig. 4-1. Sea trial experiment of APT of using satellite from Busan to Tongyeong.	59
Fig. 4-2. The Comparison of precision between DGPS and APT of using satellite in fixed position.	60
Fig. 4-3. The circular error probability of the data by APT of using satellite (left: SPOT of using low earth orbit satellite, right: LGT of using geostationary satellite) at fixed position.	63
Fig. 4-4. Sea trial experiments by APT of using satellite in the West sea and the South sea.	66

Fig. 5-1. A concept configuration of fishing vessel distress and navigational safety telecommunication system at coastal and off-shore sea area. 75

Photo. 3-1. Photograph of TRS system installed in a trial fishing boat. 45



List of Tables

Table 2-1. Selected factors to refine on a written verdict by the basis on IMO Res. 884	12
Table 2-2. Weight of death, missing and injury	15
Table 2-3. The accident occurrence rate and risk of fishing vessel by the type of marine casualties during recent 5 years(2007-2011)	17
Table 2-4. The collision occurrence rate and risk based on the fishery category during year 2009 to 2011(on written verdict)	21
Table 2-5. A number of casualties by the immediate cause and navigational relation and situation of COLREG in Fishing vessel collision on the base of KMST written verdict	22
Table 2-6. The collision occurrence rate and risk by vessel's navigational aim based on all registered fishing vessel	23
Table 2-7. The unsafe contributing factors with the casualty in collision with fishing operation	25
Table 2-8. A number of accident on fishing operation stages by first known distance	26
Table 2-9. The important factor of collision on sailing aim	26
Table 2-10. The casual factor and causes on fishing vessel collision by the collision avoiding sequentially timed events	29

Table 2-11. The general condition status of capsizing accidents	30
Table 2-12. The immediate cause and contributing causes on capsizing fishing vessel	31
Table 2-13. The casual factor and immediate causes on sinking fishing vessel	32
Table 2-14. A performance number of lifesaving factor and the casualty by degree of urgency	33
Table 3-1. Specification of TRS position transmitting equipment, M-GPS	44
Table 3-2. A number of ship equipped with the position transmitting equipment and the voice communication equipment	46
Table 3-3. Specification of the fishing boat used at sea trials	47
Table 4-1. Specification of APT experimented by using satellite	57
Table 4-2. The comparison of precision by t-test between DGPS and APT of using satellite at fixed position	61

**A study on reducing the casualty of fishermen
in marine accidents**

Wook Sung KIM

*Department of Fisheries Physics, Graduate School,
Pukyong National University*

Abstract

Recently, as the international fishing conditions are changing by the marine environment, increasing of seafood consumption and the reorganization of international marine order, the fisheries of Korea reach a crossroad of crisis and redevelopment. Under these circumstances, It's a severe problem that many skillful fishermen as a principle of the fisheries die or missing from marine casualties. In this study, for the reducing the casualty of fishermen, selected for the high risk accident types, and analyzed the accident reason which need to be strongly controlled with the statistics and a written verdict form KMST(Korean Maritime Safety Tribunal) and proposed countermeasure. And for putting a telecommunication system for reducing the casualty to practical use, investigated usability of TRS communication system and the performance of GPS automatic position transmitter(APT) which can be utilized for the survival, search and rescue of the victim.

The purpose of the control of the marine casualties is to protect crew's life and wealth rather than to decrease the number of occurrence of the accidents. Therefore, when evaluating the risk of a certain accident that already happened, we should consider both

the current possibility of accident and current impact on crew. So, I applied the risk of the casualty by accident type, and could define collision, sinking, and capsize as which need to be strongly controlled.

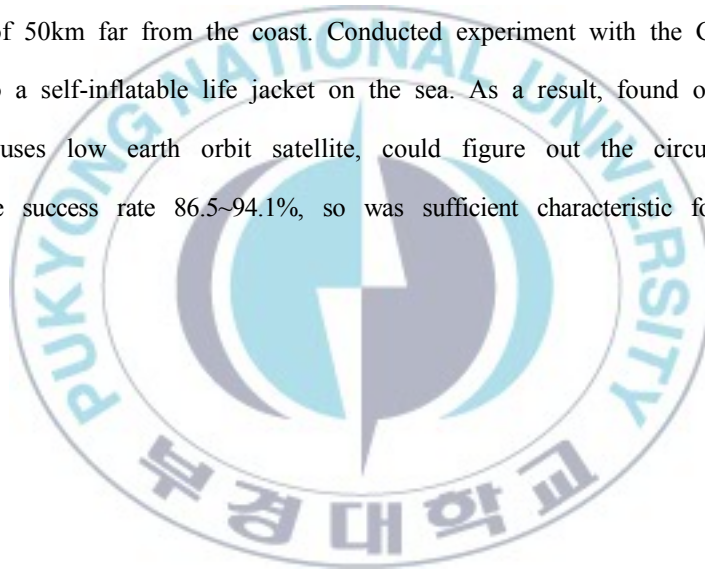
The reason of defined accident analyzed from sequential event analysis. The result were as follows.

In the fishing vessel, collision accident had the immediate cause of negligence of look out(82.2%). And underlying causes were the characteristics of fishing vessel and fishing method, lack of suitable complement, fatigue, the prejudice or ignorance on steering and sailing rules. The immediate causes of the capsize accident were top heavy and heavy seas under conditional factors, and about prejudice or ignorance on vessel operation was defined as the human errors. And the important cause of the sinking accidents were lost opportunity for avoiding heavy sea, inappropriate heavy sea ship handling, and poor control for watertight. And found out that the fishing vessel's accident were very suddenly occurred and specially fishermen of costal fishing boats were vulnerable to the risk of wreck, and the other was that the factors which has direct impact on the casualty was unwearing the life jackets and unobserving emergency procedures and searcher and rescuer's rapidness knowing of accident in terms of pre-accidental security factors.

So, in terms of reducing the casualty, for preventing the accident, need the enhancement of education for correction and coaching about navigational rule, fishing vessel control in heavy sea state include stability, navigational warning information telecommunication method, emergency procedure against fishermen and the basic of fishing method for the cargo ship officer. In terms of systemic control approach, need to expand the range of the certificate of competency 5 tones. And need to make control criteria for entrance and

departure to be tuned to sea state scale of maritime police or navy by the fishing vessel's size.

For improving the condition of victim's life saving and rescue, especially for the vessels below 5 tones, need to develop and spread the control system for emergency communication. Conducted experiments with TRS and CDMA in the east, west and the south sea of Korea. As a result, could verify the usability of the TRS as an emergency communication system device as it can provide stable position and voice information to the boundary of 50km far from the coast. Conducted experiment with the GPS APT which is attachable to a self-inflatable life jacket on the sea. As a result, found out that with the SPOT which uses low earth orbit satellite, could figure out the circular error about 14.21m, receive success rate 86.5~94.1%, so was sufficient characteristic for searching the drifting crew.



제1장 서론

1.1. 연구 배경

최근 정부는 2020년 수산물 자급율 86% 확보를 위해, 어업 생산 잠재력을 극대화하여 연근해 어업 자급율 82%, 생산량 1.5백만톤을 목표로 설정하였으며, 추진 전략으로는 수산자원 회복 및 관리를 바탕으로 지속적인 어업구조조정과 어선 선진화를 중요 추진 전략으로 제시하고 있다(농림수산식품부, 2011).

이러한 목표를 달성하기 위해서는 강력하고도 지속적인 자원회복정책의 수립 및 관리와 생산에 직접 참여하는 어업인의 노동환경의 개선도 중요하다고 볼 수 있다. 그런데, 근년 들어서 해양사고가 증가하고 있는 추세이고, 이에 따라 해양사고에 의한 어선원의 사망, 실종 문제는 어획물 생산 현장에서 노동력의 상실뿐만 아니라, 구직 희망자의 어선원 직업 선호도에 악영향을 미치고 있으므로 보다 시급한 해결 과제로 인식되고 있다.

어선 해양사고는 최근 15년 동안에 어선 해양사고 발생건수에서 2003년과 2004년도의 태풍에 의한 일시적 증가를 제외하면 지속적 감소 추세를 보였으나 2008년 355건을 저점으로 증가 추세로 전환되었고, 급기야 2011년에는 747건으로 2008년에 비하여 2.1배 급증하였으며, 어선 등록척수비 사고발생률도 2008년 0.54%에 비하여 1.17%로 2.2배 급증하였다. 이에 따른 어선원의 사망·실종도 2011년 한해에만 107명으로 2008년 67명에 비해 1.6배로 증가하고

있다(해양안전심판원, 2012).

그리고 해양사고는 해상이라는 특수한 환경 때문에 사고가 발생하게 되면 육지와 달리 사고의 초기 대응에 한계점을 가질 수밖에 없어서 사고 초기에 선원이 사망하는 경우가 많고, 조난된 경우라도 육지와 달리 열손실이 커서 체온의 급격한 저하로 인한 사망시간이 매우 빠르고, 표류되는 경우라도 해조류에 의한 이동으로 인하여 구조하기가 어렵기 때문에 실종되어, 대부분의 경우 사고 해역으로부터 멀리 떨어진 곳에서 사망된 채 발견되는 안타까운 실정이다. 예로 2009년 3월 1일 제주 성산포 앞바다에서 발생한 해양사고의 실종자가 같은 해 3월 28일 일본 후쿠오카에서 인양되었으며, 2010년 2월 14일 부산 강서에서 발생한 실종자는 같은 해 2월 15일 일본 대마도 바다에서 인양되었다.

해난에 의한 어선원의 사망·실종을 저감하기 위해서는 사고 초기에 선박 자체의 대응에서 조난자의 생존을 최대한 유지할 수 있도록 하여야 하고 위치 표시가 되어 수색·구조가 신속히 이루어져야 하지만, 현 상황은 사고 초기에 사망하거나 실종되고 있고, 조난자도 생존 상태가 잘 파악되지 않으며, 사고 위치나 조난자의 위치가 파악되지 않는 경우가 많아서 수색·구조작업이 지연됨으로서 사망·실종이 발생할 개연성이 높아지고, 수색·구조 활동에서도 어려움이 과중되어 사회적 비용의 증가와 함께 국가의 행정력 낭비 같은 사회적 갈등 요소가 발생하는 등의 문제점들이 노출되고 있다. 게다가 5톤 미만의 어선에서는 해기면허기준 및 통신체계와 같은 어선 해양 안전을 위한 법령 기준도 마련되어 있지 않은 심각한 결함도 내포하고 있다.

이와 같이 해난에 의한 어선원의 인명피해는 어선 어업의 전승에 큰 위협이

되고 있을 뿐만 아니라 사회 경제적 손실을 유발하고 있고, 산업 안전을 저해하는 위험으로부터 어선원을 보호해야할 시급한 해결 과제이므로 어선 해양사고 예방과 사고 후의 조치에 대한 철저한 대응이 시급하게 요구되고 있다.



1.2. 연구 사례

해양사고와 관련된 국내 연구는 사고의 분석방법에 관한 것, 어선 해양사고의 예방 대책, 그리고 최근의 IT기술을 응용한 해상 안전통신체계와 관련된 다양한 연구가 있다.

해양사고의 분석 방법을 주로 한 연구로는, 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)의 해양사고조사코드(Casualty Investigation Code, 2008)와 공식안전성평가지침(Formal Safety Assessment, FSA)과 관련하여 김 등(2011)은 실효성 있는 안전대책 수립을 위해서는 인적과실을 중심으로 한 요인분석과 사고 절감을 위한 교육의 중요함을 주장하고 있으며, 김(2009)의 선박의 안전성 평가에서는 IMO의 FSA에 대해 소개하고 선박 기관장치의 안전성 평가에 대한 기초적 연구 방법을 사례로 제시하고 있지만 어선에 대한 특징적 언급이 없었다. 어선 해양사고의 원인과 대책에 대하여서는 양 등(2003)의 선박충돌사고 위험성 제어방안에 관한 연구와 박과 안(2007)의 ANOVA에 의한 해양사고의 통계 분석으로 사고 원인을 규명하고 대책을 제시하고 있지만 사고의 위험도를 정량화 하는 방법과 어선의 특성에 따른 사고 원인 및 인과관계에 대한 규명이 명확하지 않는 것으로 보인다. 그리고 이와 장(2005)의 어선사고의 원인분석과 예방대책에 관한 연구, 강 등(2007)의 우리나라의 어선 해양사고에 대한 안전 대책, 이 등(2011)의 국내 해양사고 분석과 대책에 관한 연구에서는 어선 해양 사고 전반에 걸친 사고 원인과 제어 대책을 제시하고 있으며, 김 등(2011)의 어선 해양사고와 기상요소의 관계에 관한 연구, 정 등(2012)의 어선의 전복사고 원인별 분석에 관한 연구 등에서는 특정 요소들에 대한 대책을 제시하고

있으나 대부분이 해양안전심판원(Korean Maritime Safety Tribunal, KMST)의 사고 원인 분류체계를 이용하고 있어서 김 등(2011)이 주장하는 바와 같이 근본원인의 규명에는 미흡한 것으로 사료된다.

IT기술을 응용한 해상 안전통신체계에 대한 최근의 연구로는 윤(2010)의 소형어선의 재난통신망 구축에 관한 연구에서 공간분할다중접속(space division multiple access, SDMA)를 이용한 무선네트워크 통신을 통해 육상 기지국과 소형어선 사이의 위치를 추적하는 방안을 제시하고 있고, 백과 정(2010)의 어선의 위치정보 수집 개선에 관한 연구에서 어업인 설문조사에 의한 어선 위치정보 수집 개선방안을, 그리고 최 등(2011)의 IP기반의 그룹통신 시스템을 적용한 선박 충돌사고 방지 방법에서 VHF 통신을 대체하는 IP 기반 그룹통신 시스템을 기반으로 선박 충돌 사고를 방지하는 방법을 제시하고 있으며, 장(2009)의 해양사고 방지를 위한 효율적 안전관리 방안에서는 관리 기구적 체제 문제와 구조능력 배양에 관한 문제를 제시하고 있다. 선박위치발신장치에 관한 연구로서는 정 등(1998)의 인공위성을 이용한 광역 선박교통관리시스템을 통하여 선박감시제도(vessel monitoring system, VMS)의 이용 가능성을 제안하였고, 윤과 최(2003), 이 등(2005)과 신 등(2006)에 의한 선박자동식별장치(automatic identification system, AIS)를 이용한 VMS와 연근해 어장관리의 가능성에 대하여 고찰하였으며, 김(2006)에 의한 AIS, VHF-DSC, SSB, TRS를 이용한 VMS 무선통신망 구축에 관한 고찰, Murayama 등(2002)에 의한 휴대폰을 이용한 VMS 이용 가능성에 관한 고찰하는 등 다양한 연구가 진행되고 있는 상태이다.

1.3. 연구의 목적과 구성

본 연구에서는 해난에 의한 어선원의 인명피해 저감을 위해 필요한 어선 해양 사고의 원인을 사망·실종의 위험 관점에서 분석·평가하고 이에 대한 예방적 요소와 대응 방안을 제시하고자 하며, 특히, 안전에 취약한 연안 어선에서 사고 발생 억제와 사후 대응에 필요한 구체적 대응 방안으로 해양 안전 통신체계 구축에 필요한 주파수 공용통신(trunked radio service, TRS)의 적용과 사고 발생 시 조난자의 생존 강화와 위치 표시에 필요한 상시착용 구명동의용 위성자동위치발신장치의 활용에 대해서 해상 실험을 통하여 분석·고찰하였다.

본 연구의 체계는 Fig. 1-1과 같고, 그 구성은 다음과 같다.

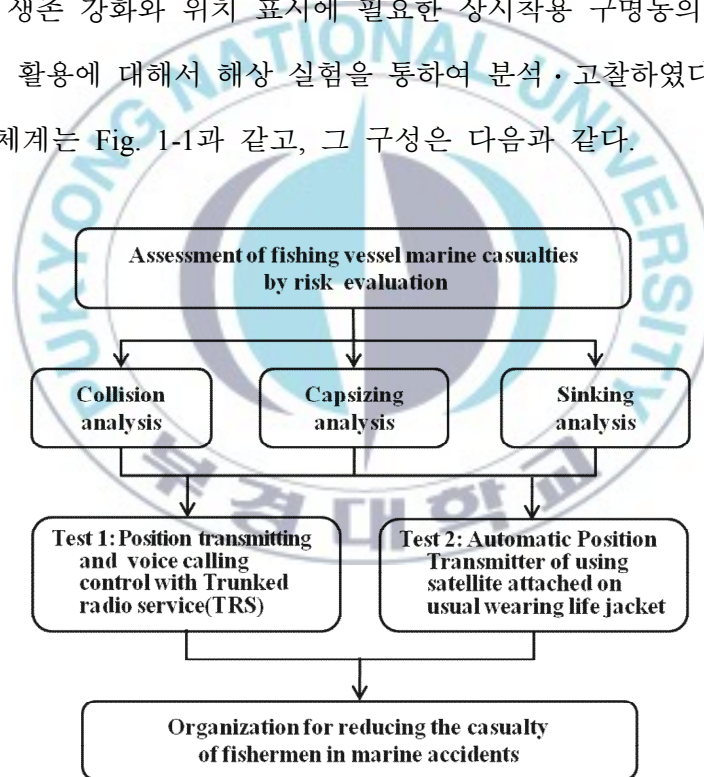


Fig. 1-1. Block diagram of organization for reducing the casualty of fishermen at sea.

제1장은 우리나라 어선 해양사고의 개요와 문제점, 연구 사례, 연구 목적 등에 대하여 소개하고 연구의 방향을 제시하였다.

제2장은 어선 해양사고 유형별로 위험도를 평가하여 위험도가 높은 유형들을 선택하고 차별적으로 제어하기 위하여, 선택된 사고 유형의 사고원인을 분석하고 근본 원인을 찾아 예방적 대응 요소와 사고 후 구난 측면의 대응 요소들을 고찰하였다.

제3장은 해상안전관리에 취약한 연안 어선의 해양사고 발생 억제 및 사고 시 원활한 구조 활동을 지원하여 어선원의 인명 피해를 저감시킬 수 있는 통신체계 확보에 사용될 수 있는 TRS 체계의 구축에 대하여 해상실험을 하고 분석·고찰하였다.

제4장은 어선 해양사고 발생 시 조난된 어선원들의 생존을 강화하고, 효과적인 수색·구조 작업을 통하여 조난 어선원의 인명 피해 위험을 저감할 수 있는 최적시스템을 구축하기 위하여 조업 중에도 상시 착용 가능한 구명동의에 부착하여 조난 시에 해역에 관계없이 자신의 조난위치를 발신할 수 있는 위성 자동위치발신장치의 활용에 대하여 해상실험을 하고 분석·고찰하였다.

제5장은 본 연구의 결과를 종합적으로 고찰하여 본 연구의 의의, 기대효과 및 차후 연구방향을 제시하였다.

제2장 어선 해양사고의 위험도 분석

2.1. 서 언

최근 급증하고 있는 어선 해양사고에 의한 선원의 사망·실종과 같은 인명 피해의 저감은 우선적으로 사고 유형과 원인에 대한 분석 및 평가의 표준 매뉴얼이 정립되고, 실효성 있는 제어 방안이 수립되어야만 이루어질 것이다.

우리나라의 해양사고 조사·통계는 KMST의 해양사고 통계가 정부의 공식 통계로서 공인되고 있으나, 이 통계는 앞서서와 같이 인적 과실에 의한 사고의 경우에 문제점을 찾기가 어렵고, 어업의 종류별 어구어법에 따른 독특한 조업특성을 정확히 반영치 못하고 있다. 따라서 KMST의 해양사고 통계는 어선 해양사고 인명 피해를 유발하는 근본적 요소들을 식별하기 위한 자료로서 이용하기가 곤란하다.

한편, KMST의 재결서는 사고 당사자들의 책임 비율의 판단과 재발방지를 위한 권고에 주안점을 두고 사고 상황을 비교적 상세하게 기술하고 있어서, 사고 발생의 원인을 분석하는 데 적합한 재료로 판단되나, IMO의 해양사고 인적요소 조사지침(IMO Resolution 884, appendix 2)에서 요구하는 사고 조사 내용인 인적 요소, 선내의 조직, 작업 및 거주환경, 선박요소, 육상 관리요소, 외부 영향과 환경들이 상세하게 조사 되고 있지 않다. 따라서 재결서는 IMO에서 제시하는 사고 분석 방법으로서의 접근이 곤란한 문제점을 가지고 있으므로

적절한 사고 원인 분석방법의 모색이 필요하다.

본 장에서는 어선원의 해양사고에 의한 인명 피해 저감을 위한 기초 연구로, 국내외 해양사고 원인 분류체계와 분석방법을 조사하여 어선 해양사고에 보다 적합한 분석방법을 모색하여 어선원의 사망·실종 저감의 관점에서 상대적으로 위험도가 높은 어선 해양사고 유형들을 선택하고, 분석·평가된 근본 원인에 대한 예방적 요소와 사고 후 구난 측면의 제어 요소들을 제시하였다.



2.2. 자료 및 방법

인명 피해 위험도가 높은 해양사고 유형의 선택에는 KMST의 2012년도 해양사고 통계 중에서 해양사고통계 현황과 어선사고 분석 그리고 수산업협동조합중앙회의 2010년 정책보험 업무통계의 보험금 지급현황을, 중점 제어해야 할 어선 해양사고 유형들의 원인 분석에는 KMST의 2009년부터 2011년까지의 재결서 전수에서 인명 피해가 많은 충돌, 침몰, 전복에 관련된 재결서 195건(260척)을 식별하여 분석하였다.

2.2.1. 해양사고 원인 분석방법

국외의 해양사고 분석방법으로는 IMO의 국제해양사고조사코드와 인적요인 조사지침의 부록에 제시된 IMO/ILO의 조사방법, 유럽연합의 해사 작업에 대한 해양사고 분석법(casualty analysis methodology for maritime operations, CASMET), 영국의 해양 석유 및 가스 산업분야에서 사고의 인적 과실을 조사하기 위한 인적 요소 조사 도구(human factor investigation tool, HFIT)가 있는데, 이들은 방법마다 분석법에 따른 고유의 사고 조사 체계를 가지고 있어서 이 방법들을 적용하여 우리나라에서 조사된 사고를 분석하기가 곤란한 것으로 김 등(2011)이 고찰하였다. 예로, 충돌사고에서 인적 과실의 근본적 원인들을 식별하기 위해 양 등(2003)이 IMO의 해양사고 공식안전성평가지침에서 제시하고 있는 퍼지 종속행렬식을 이용하여 KMST의 해양사고통계와 설문을 바탕으로 사고 원인들의 구조를 분석한 바 있으나, 인과 관계의 사고조사 매뉴얼이 없이 통계에 나타난 최종 원인들만으로 분석함에 따라, 결과에서는 근본

원인이 최종원인으로 나타나는 등과 같이 사고원인의 인과 관계가 명확하게 나타나고 있지 않다.

본 연구에서는 IMO의 해양사고 인적요소 조사지침에서 제시된 사고 요소, 원인들 중에서 KMST의 재결서에서 식별할 수 있을 것으로 판단되는 Table 2-1과 같은 원인 분류를 기준으로, 사고에 최종적으로 작용한 직접 원인과 그 유발 원인들을 식별하고자 하였다. 따라서, 사고 과정에서 나타나는 여러 원인들 중에서 사고의 전 과정에 직·간접적으로 영향을 미치는 근본 원인을 식별하는 방법으로는 사고 원인들의 연관성을 순차적으로 도식화하여 식별하는 캐나다 교통안전위원회(Transportation Safety Board of Canada, TSB, <http://www.tsb.gc.ca>)의 순차사건분석법(Sequential event analysis)을 사용하였다. Fig. 2-1과 같이 사고 발생의 전후 단계로 나누어 전 단계에서는 사고 발생 과정 마다 관련되는 다양한 원인을, 후 단계에서는 인명 구조와 관련되는 요소들을 식별하였다.

Table 2-1. Selected factors to refine on a written verdict by the basis on IMO Res. 884

	People factors	Organization on board	
	<ul style="list-style-type: none"> - ability, skills, knowledge - physical condition - activities prior to accident - assigned duties at time of accident - actual behaviour at time of accident - attitude 	<ul style="list-style-type: none"> - division of tasks and responsibilities - manning level - workload/complexity of tasks - procedures and standing orders - communication - organization of emergency station 	
	Working and living conditions	External influences and environment	
	<ul style="list-style-type: none"> - level of automation - opportunities for recreation 	<ul style="list-style-type: none"> - weather and sea conditions - traffic density 	
	Ship factors	Shore-side management	
	<ul style="list-style-type: none"> - design - state of maintenance - equipment - cargo characteristics 	<ul style="list-style-type: none"> - ship-shore communication 	

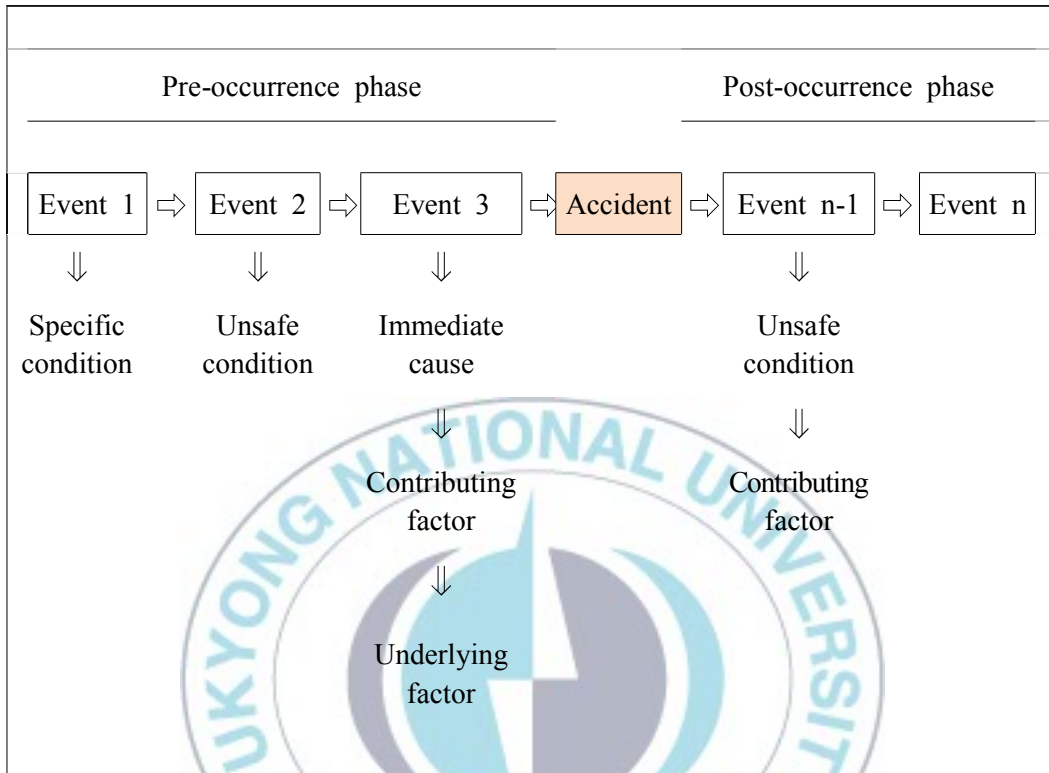


Fig. 2-1. Diagram of sequentially timed events plotting analysis.

2.2.2. 인명 피해 위험도 정량화

해양사고 인명 피해 저감을 위해서는, IMO의 FSA를 반영한 한국조선협회에서 공인한 공식안전성평가일반지침(General guidelines on Formal Safety Assessment, SPS-KMS 007:2010)에 제시된 선별접근법으로 인명 피해의 위험도가 높은 사고 유형을 선별하여 집중적으로 제어할 필요가 있다. 따라서 사고 유형별로 위험

도를 정량화하여야 하는 데, 위험도는 발생빈도와 피해 규모의 조합으로 정의 (FSA)되고 있으며, 인명 피해의 위험도를 정량화하는 방법으로는 원자력 및 항공분야의 사고에서 식(1)과 같이 사고 발생 확률에 사고로 인한 예상 손실을 곱하여 위험도를 구하고 있지만, 본 연구에서는 식(2)와 같이 해양사고의 유형별 사고 발생률에 발생한 인명 피해의 비용 정도를 곱하여 정량화 하였다 (Jones, RMI, 2005; Wikipidea, 2012).

$$Risk = \sum P \times L \quad (1)$$

여기서, P 는 사고의 발생 확률, L 은 사고로 인한 예상 손실을 나타낸다.

$$R_r = R_o \sum N_c \times w \quad (2)$$

여기서, R_r 은 위험도, R_o 는 사고 발생률, N_c 는 사망, 실종, 부상으로 구분한 각각의 발생 횟수, w 는 사망, 실종, 부상으로 구분한 각각의 가중치를 나타낸다.

인명 피해의 비용 정도는 인명 피해의 유형인 사망, 실종, 부상으로 구분한 각각의 발생 횟수에 유형별로 가중치를 가산하여 구하였는데, 가중치는 2010년에 수협중앙회 정책보험의 보험금지급실적에서 사망은 1인당 평균 유족급여액 및 장제비 지급액의 합, 실종은 1인당 평균 유족급여액 및 행방불명 급여액의 합, 그리고 부상의 경우는 1인당 평균 요양급여액과 상병급여액 및 장해급여액

의 합을 반영하여 사고의 결과가 가장 명확한 사망을 1로 하고 유형별로 비율화 하였다(Table 2-2).

Table 2-2. Weight of death, missing and injury

	Death	Missing	Injury
Claims per person (×1,000won)	79,406	79,148	3,434
Weight	1.000	0.996	0.043



2.3. 결과 및 고찰

2.3.1. 사고 발생률과 인명 피해 위험도

최근 5년간 어선 해양사고 사고 유형별 사고발생률과 인명 피해 인원수 및 인명 피해 위험도는 Table 2-3과 같다. 표에서 보면 연간평균 사고발생률은 기관손상이 0.265%로 가장 높고, 충돌, 화재·폭발, 침몰, 인명사상, 전복의 순으로 높았다. 연평균 인명피해자 수는 충돌이 77명으로 가장 많았으며 사망·실종자 수는 충돌이 28명으로 가장 많았고, 다음으로 침몰과 인명사상이 각각 19명 이었다. 사고 유형별 인명피해의 위험도는 충돌이 7.570로 가장 높았고, 인명사상, 침몰, 전복의 순으로 낮았지만, 이 4개의 유형은 다른 유형에 비하여 위험도가 상대적으로 높았다. 사고발생률이 높은 기관손상은 위험도가 0.150으로 상대적으로 낮았다. 침몰이 사망·실종자 수가 많지만 위험도가 충돌 보다 낮은 것은 사고 발생률이 충돌에 비하여 현저하게 낮기 때문인데, 침몰과 같은 유형은 비록 위험도는 상대적으로 낮지만 사고 발생 시 사상자가 다수 발생할 위험성이 높다는 것을 의미하므로 주의가 요구된다. 따라서 침몰 같은 유형은 구난관리가 특히 요구되며, 충돌은 사고 발생률과 다수 사상자의 발생 위험이 모두 높으므로 사고예방과 구난관리를 유의하여야할 것이다. 또한 인명사상은 선상 안전사고에 의한 것으로 인적요소로 한정되므로 원인분석이 불필요하다.

이상에서 인명피해 위험도가 높은 사고유형은 충돌, 인명사상, 침몰, 전복사고이며, 이 중에서 충돌, 침몰, 전복 사고에 대하여 원인들을 분석하고, 위험도 저감방안에 대하여 고찰하였다.

Table 2-3. The accident occurrence rate and risk of fishing vessel by the type of marine casualties during recent 5 years(2007-2011)

Year (#)	Item	Collision	Touching	Stranding	Capsizing	Fire · Expl -osion	Sinking	Eng. failure	Distress	Death & injury	Navi. obs. & etc	Total
2007 (85,627)	No. of accident	152	3	16	16	32	10	178	7	6	75	495
	Occurrence rate(%)	0.178	0.004	0.019	0.019	0.037	0.012	0.208	0.008	0.007	0.088	0.578
	Death	5	0	0	7	7	0	0	0	0	3	22
2008 (80,766)	Casualty	13	0	0	12	5	10	0	0	3	0	43
	Missing	29	0	18	0	7	0	0	0	3	0	57
	Injury	150	1	20	3	16	12	137	7	11	78	435
2009 (77,713)	No. of accident	186	0.001	0.025	0.004	0.020	0.015	0.170	0.009	0.014	0.097	0.541
	Occurrence rate(%)	0.186	0.001	0.025	0.004	0.020	0.015	0.170	0.009	0.014	0.097	0.541
	Death	7	0	0	0	0	2	0	0	3	1	13
2010 (76,974)	Casualty	27	0	0	7	0	12	0	0	8	0	54
	Missing	51	0	0	0	1	0	0	0	1	0	53
	Injury	211	2	27	16	39	16	248	14	14	138	725
2011 (75,629)	No. of accident	272	0.003	0.035	0.021	0.050	0.021	0.319	0.018	0.018	0.178	0.935
	Occurrence rate(%)	0.272	0.003	0.035	0.021	0.050	0.021	0.319	0.018	0.018	0.178	0.935
	Death	14	0	1	4	3	3	2	0	5	0	32
Avr.	Casualty	5	0	0	17	0	10	0	0	7	0	39
	Missing	58	0	0	4	6	0	0	0	3	0	71
	Injury	202	6	33	15	37	13	223	8	13	122	672
2011 (75,629)	No. of accident	262	0.008	0.043	0.020	0.048	0.017	0.290	0.010	0.017	0.159	0.874
	Occurrence rate(%)	0.262	0.008	0.043	0.020	0.048	0.017	0.290	0.010	0.017	0.159	0.874
	Death	32	1	0	9	4	12	0	0	3	0	61
Avr.	Casualty	15	0	0	11	1	35	0	0	7	0	69
	Missing	38	0	2	1	11	1	0	0	4	0	57
	Injury	263	5	44	31	49	19	254	39	62	122	888
Risk	No. of accident	0.348	0.007	0.058	0.041	0.065	0.025	0.336	0.052	0.082	0.161	1.175
	Occurrence rate(%)	0.348	0.007	0.058	0.041	0.065	0.025	0.336	0.052	0.082	0.161	1.175
	Death	12	0	2	1	0	2	0	0	27	0	44
Avr.	Casualty	12	0	1	6	0	12	1	0	31	0	63
	Missing	66	9	0	1	10	0	0	0	9	1	96
	Injury	195.6	3.4	28.0	16.2	34.6	14.0	208.0	15.0	21.2	107.0	533.6
Avr.	No. of accident	0.249	0.004	0.036	0.021	0.044	0.018	0.264	0.019	0.028	0.137	0.820
	Occurrence rate(%)	0.249	0.004	0.036	0.021	0.044	0.018	0.264	0.019	0.028	0.137	0.820
	Death	14.0	0.2	0.6	4.2	2.8	3.8	0.4	0.0	8.2	0.2	34.4
Avr.	Casualty	14.4	0.0	0.2	10.6	1.2	15.8	0.2	0.0	11.2	0.0	53.6
	Missing	48.4	2.0	4.8	16.0	11.0	19.8	0.6	0.0	23.4	0.4	126.4
	Injury	31.7	0.3	1.0	15.4	4.5	20.0	0.6	0.0	20.4	0.3	126.4
Risk	Weighted casualty	31.7	0.3	1.0	15.4	4.5	20.0	0.6	0.0	20.4	0.3	126.4
	Weighted casualty	31.7	0.3	1.0	15.4	4.5	20.0	0.6	0.0	20.4	0.3	126.4
	Risk	7.570	0.001	0.036	0.318	0.198	0.360	0.150	0.000	0.571	0.041	-

* Number of registered fishing vessel

2.3.2. 충돌사고의 원인 분석

2009년부터 2011년까지 3년간의 어선 해양사고 중에서 어선 충돌사고는 327건이 발생하였고 KMST의 전체 재결서에서 확인된 어선 재결 건수는 165건이며 230척의 어선이 관련되어 있다.

가. 사고 발생률과 위험도

어선 해양사고에서 어선이 사고 전에 가질 수 있는 특성적 조건 요소로서 업종별 특징을 비교하기 위해 재결된 어선에 한하여 전체 업종별 등록척수에 대한 충돌사고 발생률과 위험도를 분석한 결과는 Table 2-4와 같다.

표에서 업종별 충돌사고 척수는 근해채낚기어선이 37척으로 가장 많고, 연안복합>연안자망>연안복합(낚시어선)>근해통발>연안통발>기선저인망류>근해자망>근해안강망>근해연승>기선권현망>기타업종 순이었으며, 사고발생률은 근해통발이 2.753%로 가장 높고, 대형트롤>근해채낚기>기선저인망류>근해안강망>근해형망>근해연승>근해자망>대형선망>기타 업종의 순이었으며, 근해어업은 기선권현망을 제외하고 모두 1.00% 이상이었으며, 연안어업은 가장 높은 연안통발이 0.27%로 연·근해의 업종구분에 따라 차이가 많았다.

업종별 인명 피해 위험도는 기선저인망류가 20.834로 가장 높고 다음으로 근해안강망>대형선망>근해채낚기>근해형망>근해연승>근해통발>연안복합 순으로 높았다. 사고 발생률이 가장 높았던 근해통발은 위험도가 0.578로 연안어선과 비슷하게 다소 낮은 수준이었다.

그리고 충돌사고 시의 사고 규모를 알아보기 위해 인명 피해가 발생한 어선

을 기준으로 척당 인명 피해 인원(TC/B)을 분석한 결과는 기선저인망이 4.3명으로 가장 많고 연안안강망>근해연승과 연안복합(낙시어선)>대형선망 순으로 높았으며, 결과 값이 클수록 충돌할 경우에 인명피해의 위험이 높다는 것을 의미한다. 그리고 충돌 후 인명 피해가 발생한 척수의 비율(B/A)은 연안복합어선과 연안통발어선이 53.3%로 높았으며, 전반적으로 연안어선이 근해어선에 비해 높았고, 비율이 높으면 조난의 위험이 높다는 것을 의미한다.

한편, 어선 어업을 포함하는 수산업에 종사하는 모든 어선 중에서 5톤 미만의 어선의 사고 발생률과 위험도를 살펴보면, 먼저 2009년부터 2011년까지 3년 동안의 누적 등록 척수는 201,477척(농림수산식품부, 2012)이고 사고 척수는 380척으로 사고 발생률은 0.19%이었는데, Table 2-3의 같은 기간 전체 어선의 사고 발생률 0.99%에 비하면 약 1/5로 낮은 수준이다(KMST, 2012). 위험도는 KMST의 해양사고 통계에서 톤급별로 인명 피해를 제시하고 있지 않아서, 같은 기간에 재결된 어선에 한정하여 Table 2-4의 ‘**’와 같이 비교하였는데, 위험도와 척당 인명 피해 인원(TC/B)은 각각 0.063, 1.52로 상대적으로 매우 낮게 나타났다. 그러나 충돌 후 인명 피해가 발생한 척수(B/A)의 비율은 69.2%로 재결된 전체 어선의 30.4%에 비하여 약 2배로 높게 나타나고 있고, 인명 피해의 내용에서도 사망·실종이 전체에서 43.5%를, 부상은 35.2%를 차지하고 있을 뿐 만 아니라, 재결서에 나타난 평균 승선인원이 2명인 것을 고려할 경우 충돌하여 인명 피해가 일어나면 어선원이 최소한 부상을 당할 수 있는 위험 비율은 76%(TC/B/2), 사망·실종될 위험 비율은 23.6%((D+M)/B/2)로 매우 위험하였다. 따라서 5톤 미만의 어선에 대해서는 등록 척수가 많아서 사

고 발생률과 위험도는 근해 어선에 비하여 상대적으로 낮게 나타나고 있지만, 충돌 후에는 다른 톤수 분류의 어선에 비하여 조난의 위험이 높고, 사망·실종될 위험이 많으므로 사고 예방도 중요하지만 사고 후의 구난에 특히 유의할 필요가 있다.



Table 2-4. The collision occurrence rate and risk based on the vessel of the fishery category during year 2009 to 2011(on written verdict)

	Costal fishery										etc.						
	Combi- nation (leasure)	Combi- nation (leasure)	Gill	Trap	Stow	Less** than 5G.T.	Dredge (shell)	Jigger	Trap	Drag		Gill	Stow	Long line	Anchovy drag	Trawl	purse seine
T*	74,672	12,411	13,683	5,543	1,274	201,477	230	1,488	581	660	1,237	689	998	1,219	274	450	484
A	30	18	19	15	3	52	4	37	16	15	14	13	13	11	7	5	1
B	16	7	7	8	1	36	1	7	3	3	1	4	3	1	0	2	0
O _i (%)	0.040	0.145	0.138	0.270	0.235	0.026	1.739	2.486	2.753	2.272	1.132	1.886	1.302	0.902	2.555	1.111	0.206
R _r	0.546	0.160	0.311	0.162	0.040	0.063	3.478	3.978	0.578	20.834	0.085	5.809	0.612	0.902	0.000	4.488	0.000
No. of cas ualt y	9	0	2	0	0	16	2	0	0	2	0	2	0	1	0	1	0
M.	4	0	0	0	0	1	0	1	0	7	0	1	0	0	0	3	0
I.	15	26	6	13	4	38	0	14	5	4	2	2	11	0	0	1	0
TC	28	26	8	13	4	55	2	15	5	13	2	5	11	1	0	5	0
WC	13.64	1.11	2.25	0.60	0.17	18.63	2.00	1.60	0.21	9.17	0.08	3.08	0.47	1.00	0.00	4.04	0.00
TC/B	1.8	3.7	1.1	1.6	4	1.52	2	2.1	1.7	4.3	2	1.3	3.7	0	0	2.5	0
B/A	0.533	0.389	0.368	0.533	0.333	0.692	0.250	0.189	0.188	0.200	0.071	0.308	0.231	0.091	0.000	0.400	0.000
(D+M)/ B	0.8	0.0	0.3	0.0	0.0	0.47	2.0	0.1	0.0	3.0	0.0	0.8	0.0	0.1	0.0	2.0	0.0

* T: total accumulated registered fishing vessel, A: number of accident fishing vessel, B: number of fishing vessel occurred casualties, O_i: occurrence rate, R_r: Risk rate, D: number of death, M: number of missing, I: number of injury, TC: total number of casualty, WC: weighted number of casualty.

** Included all type vessel of the fishery at costal area.

나. 원인 분석

충돌사고가 발생한 230척의 어선에 대하여 사고 당시에 충돌 회피 의무 관점의 정황을 알아보기 위하여 COLREG와 재결서에서 제시한 사고의 직접 원인별로 사고 발생척수를 Table 2-5에 나타내었다.

정상적인 항주 중의 항법 관계 상황은 피항선이 41.3%, 유지선이 19.6%이었으며, 어로에 종사하는 상황은 24.3%이었고, 정박·계류, 좁은 수로와 항계 내에서와 같이 의무 관계가 특정되는 기타의 조우 상황은 14.8%이었다. 사고의 직접 원인은 경계 소홀이 117척(50.8%), 협력동작 불이행이 91척(39.6%)으로 90.4%를 차지하고 있다. 그런데 유지선과 어로에 종사하고 있는 선박의 협력동작 불이행에는 유발 원인이 경계소홀인 것이 72척이 있어서 사실상 전체 사고에서 경계소홀이 사고 원인인 경우가 189척으로 82.2%를 차지하고 있다.

Table 2-5. A number of casualties by the immediate cause and navigational relation and situation of COLREG in fishing vessel collision on the base of KMST written verdict

	Navigational relation		Situation		Total(%)
	Stand on vessel	Give way vessel	engaged in fishing	etc.	
· Negligence of watch keeping	7	82	10	18	117(50.8)
· Violation of navigational rules	2	10	1	6	19(8.3)
· Unqualified watch officer	0	2	0	1	3(1.3)
· Violation of the best avoiding aid	36	1	45	9	91(39.6)
Total(%)	45(19.6)	95(41.3)	56(24.3)	34(14.8)	230

어선에서 항해 상황별로 충돌 사고 발생률과 위험도를 분석한 결과는 Table 2-6과 같고, 사고 발생률은 출항하여 어장으로 항주하는 경우와 조업을 하는 상태의 경우가 각각 0.029%, 0.028%로 높게 나타났는데, 위험도는 조업을 하는 상태가 0.516으로 월등히 높았다.

Table 2-6. The collision occurrence rate and risk by vessel's navigational aim based on all registered fishing vessel

	Sailing					Fishing	Anchoring (mooring)	Total	
	To fishing ground	For fish finding	To port	In port	Sub total				
*A	67	29	48	10	154	65	11	230	
B	19	4	9	3	35	29	6	70	
Or.(%)	0.029	0.013	0.021	0.004	-	0.028	0.005		
R _r	0.170	0.118	0.060	0.009	-	0.516	0.026	-	
No. of casu alty	D	4	2	1	2	9	10	4	23
	M	0	7	1	0	8	7	1	16
	I	43	3	20	3	69	34	5	108
	TC	47	12	22	5	86	51	10	147
	WC	5.849	9.101	2.856	2.129	-	18.434	5.211	-
B/A	0.283	0.138	0.188	0.300	0.227	0.446	0.545	-	
(B/A)WC	1.655	1.256	0.537	0.639	-	8.222	2.840	-	

* A, B and other are same as Table 2-4.

조업 상태에서의 충돌사고는 어로에 종사하는 선박과 조업 중에 부설된 어구에 일시 계류 정박한 상태의 어선 그리고 피항 의무가 있는 상태에서 어로에 종사하는 어선을 포함하여 65척이었다. 이 경우에 불안전한 요소와 직접 원인은 Table 2-7과 같고, 불안전한 요소는 선등과 조업표시 신호등 또는 형상물의

미표시, 당직자의 선교이탈, VHF 미청취, 경고신호의 실패, 협력 동작의 미실시 등인 데 특히 조업을 하게 됨에 따라 선교를 비우는 경우가 47.7%로 매우 높게 나타났으며, 이에 따라 Table 2-8에서와 같이 29척이 충돌시까지 상대 선박을 불인지하였으며, 충돌 회피가 불가능한 0.5마일 이내의 근접거리에서 초인한 경우도 24척으로 총 53척(81.5%)이 충돌이 임박하여 초인하고 있었다. 특히 양망, 양승을 하는 마지막 어로 단계에서 사고가 난 20척 중 19척에서 초인거리가 0.5마일 이내라는 점은 어로과정중 어획단계에서는 경계가 극단적으로 소홀히 됨을 알 수 있다. 그리고 항주 상태에서도 Table 2-9에서와 같이 충돌이 임박한 0.5마일 이내에서 초인하였거나 불인지한 경우가 79.2%에 달하고 있다는 점은 어선 충돌사고의 경우 어선원들이 회피동작을 취할 시간이 없는 긴급상황에서 사고가 발생됨을 알 수 있다.

정박상태에서의 충돌사고는 총 11척 사고 선박 중에 항구 계류 1척을 제외한 10척에서 발생하였다. 이들 어선의 충돌은 조업 중이지만 어구를 부설치 않고 정박상태에서 선원들의 임시 휴식을 취하는 동안에 상대선을 전혀 인식하지 못한 채 발생하였으며, 사고의 직접 원인은 모두 경계소홀이었다.

항주상태에서의 충돌사고는 154척에서 발생하였으며, 조건적 요소에서는 제한 시계에서의 사고 8척을 제외한 146척이 시계가 양호하였고 보퍼트 풍력 계급 6 이하의 해상 환경에서 발생하였다. 항주상태에서 충돌사고의 원인은 Table 2-9에서와 같이 협력동작 불이행의 유발요인을 포함하여 경계소홀이 83.8%이었고, 충돌 당시 피항선이 63.0%로 유지선보다 2배로 많았으며, 특히, 어장탐색 또는 어장이동시에는 약 4배로 많았다.

Table 2-7. The unsafe contributing factors with the casualty in collision with fishing operation

Item	Factor Substance	No.(%)	Casualty			Risk
			Death	Missing	Injury	
Position of duty officer	• At bridge	34(52.3)	1	3	18	0.133
	• At bridge but other mission	14(21.5)	1	1	8	0.066
	• At deck	13(20.0)	7	1	8	0.233
	• etc.	4 (6.2)	1	2	0	0.083
Displaying the light and shape	• Yes	16(24.6)	1	1	12	0.070
	• No	26(40.0)	4	6	11	0.293
	• Unknown	23(35.4)	5	0	11	0.153
Watch over the radar	• Yes	20(30.8)	0	3	13	0.099
	• No	21(32.3)	5	1	5	0.174
	• Not equiped	24(36.9)	0	3	16	0.243
Calling over the VHF	• Yes	4 (6.1)	0	0	0	0.000
	• No	61(93.8)	10	7	34	0.516
Blasting warning signal	• Yes	25(38.5)	0	4	13	0.127
	• No	40(61.5)	10	3	21	0.339
Execution engine and rudder	• Yes	11(16.9)	0	1	15	0.046
	• No	54(83.1)	10	6	19	0.470

Table 2-8. A number of accident on fishing operation stages by first known distance

First known distance	No. of accident vessel	Fishing operation stages			
		Setting	Mid-term	Hauling	Rest
None	29	3	11	9	6
<0.5'	24	3	11	10	0
≤0.5' ~ 2.0' <	7	0	6	0	1
2.0' ≤	5	0	4	1	0
Total	65	6	32	20	7

Table 2-9. The important factors of collision on status of sailing aim

Factor	In port	To port	To fishing ground	For fish finding	Total
Relation of navigation rule					
· Give way vessel	6	34	34	23	97
· Overtaking	0	0	1	0	1
· Rule on narrow channel	1	0	4	0	5
· Rule of harbour limit	0	0	6	0	6
Cause					
· Negligence of look out	4	27	37	12	79
· Neglecting watch(asleep)	0	5	3	8	16
· Violation of nav. rule	1	5	8	2	16
· Violation of principal duty	0	1	0	1	2
· Drinking	2	0	0	0	2
· Violation of the best aid avoiding collision	3	10	19	6	39(34)*
First known distance					
None	8	27	35	20	90
<0.5'	2	12	16	2	32
≤0.5' ~ 2.0' <	0	3	6	3	12
2.0' ≤	0	6	10	4	20

* Number of negligence of watch keeping as contributing cause.

충돌사고의 위험 요소들과 사고 원인을 사고 발생 과정별로 재배열하고, 과정별 발생 원인들을 진단하여 근본 원인을 차단하는 방법으로 사고를 예방할 수 있을 것이며, 이때 전 과정에 걸쳐 영향을 미치는 잠재된 근본 원인은 충돌사고 방지를 위한 목적 지표가 될 수 있다.

충돌사고에서 상대 선박의 접근을 인지하고 안전한 회피동작을 취할 수 있는 안전거리와 대응시간의 확보는 매우 중요하기 때문에, 충돌 회피를 위한 항법상의 적절한 거리와 시간 단계(윤, 2010)를 발생 과정으로 가정하고, 충돌이 일어난 어선의 재결서에 나타난 불안정한 요소와 원인들을 발생 과정별로 배열하여 Table 2-10에 나타내었다.

구체적으로 살펴보면, 충돌 전의 자유로운 상태에서 어선에서 경계를 담당하는 당직의무 선원은 항해와 어로를 병행해야 하는 다중 업무로 피로에 노출되고 있고, 어선의 특성상 어로활동에 집중하는 경향이 강하며, 어선의 크기에 따라 해기 면허체계와 경계를 위한 선등과 조업표시 신호등 또는 형상물을 표시하는 등 선교장비의 구비 요건도 어선의 특성적, 구조적 조건과 어선원의 무지 또는 무관심에 의한 불이행과 같은 선원의 상무에 대한 방관이 있었다.

항법상 의무관계를 판단하는 단계인 상대선과의 거리가 5~8마일(윤, 2010)에서는 가장 중요한 요소가 경계인데, 경계 수행에 저해되는 조건 원인들로는 피로에 의한 졸음, 레이더와 VHF 통신기의 미설치, 갑판 작업의 과중, 당직 대행자의 부재가 있었고, 인식 과실 원인으로는 어로에 종사하는 선박의 선박 상호간의 책임문제에 대한 편견 또는 무지에 의한 방관, 그리고 횡단 관계에서 유지선은 침로와 속력을 유지해야 한다는 단편적 지식에 의한 오판, 좁은 수로와 항계

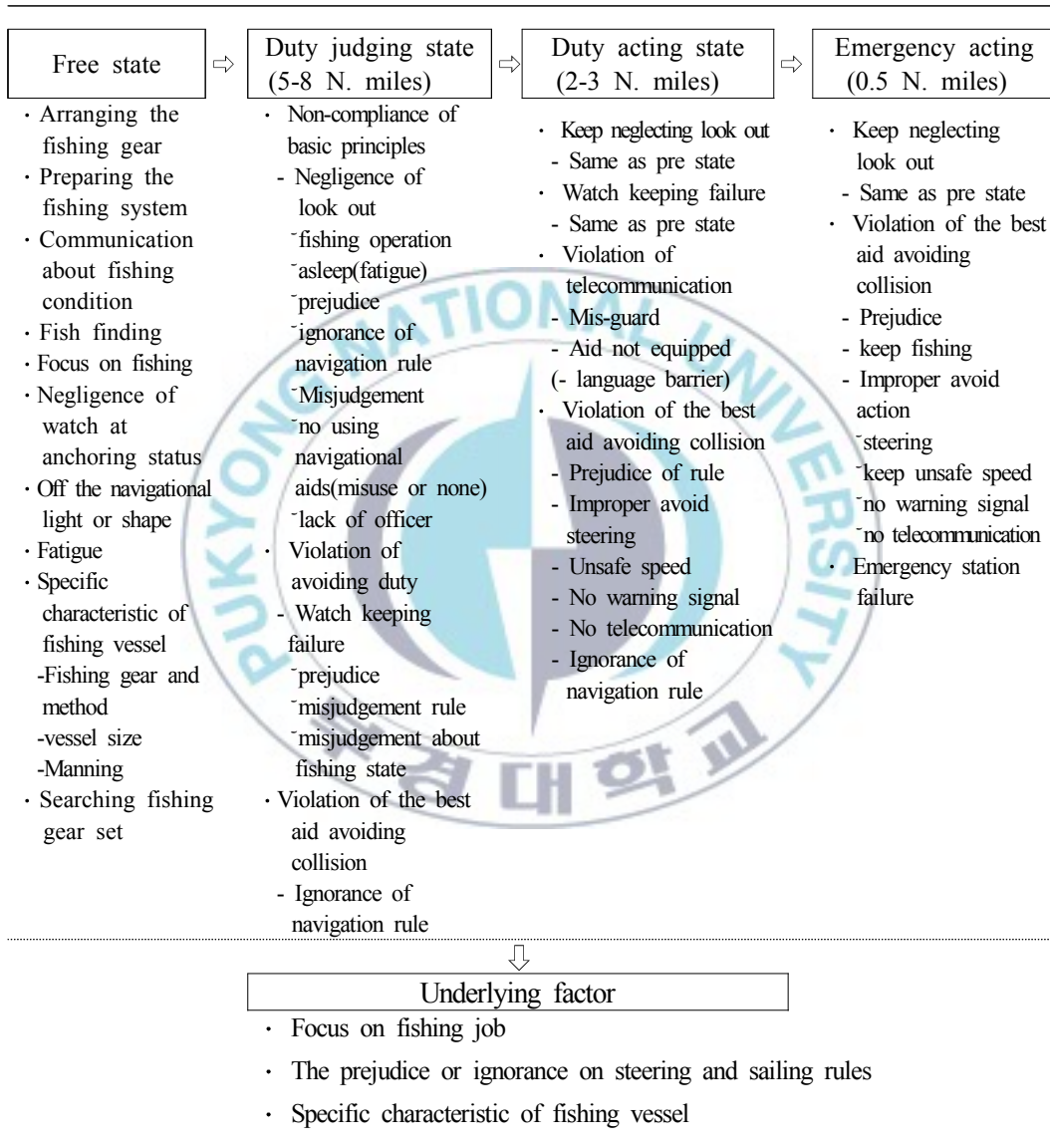
내에서의 항법에 대한 무지가 충분한 시간과 거리에서 적절한 피항 동작과 충돌 회피를 위한 협력동작을 이끌어 내지 못하고 있었다.

충돌 회피동작이 완료되거나 적극적으로 최선의 협력동작을 수행해야 하는 2~3 마일(윤, 2010)의 거리단계에서는 전 단계와 마찬가지로 경계소홀 상태가 지속되고 있고, 경계를 하였어도 피항 절차에 대한 지식의 부족에 의해 협력동작의 적절한 시간과 거리에 대한 판단이 미숙하여 위험상태가 지속되고 있다. 충돌이 임박한 비상조치 단계에서도 조업에 집중하여 지속적으로 경계를 하지 못하거나 매우 위급한 상황임에도 불구하고 인식과실에 의해 필요한 행동을 하지 못하고 있었다.

따라서 충돌사고의 근본 요인은 전 과정에서 나타나는 잘못된 편견 또는 지식에 의한 상황 인식과실와 어로집중과 피로 및 무지에 의한 행동과실 그리고 어구·어법, 어선의 크기와 승무정원 등과 같은 어선 어업의 특징으로 나타났다.

따라서 어선 충돌사고는 어로와 항주 상태를 수시로 변화하며 항해하는 어선의 특징을 가지는 상태에서, 어선원의 인식과실과 어로에 집중하는 행동과실로 인하여 사고에 대응하지 못하는 상태로 급박하게 발생하고 있다.

Table 2-10. The casual factors and causes on fishing vessel collision by the collision avoiding sequentially timed events



2.3.3. 전복사고의 원인 분석

2009년부터 2011년까지 3년 동안의 어선 해양사고 중에서 전복사고는 64건이 발생하였고 재결된 건수는 19건이다.

Table 2-11. General condition status of capsizing accident

Fishing category	No. of accident	Navigation type	No. of accident	Sea state (B' scale)	No. of accident
Coastal stow net	4	Sailing	9	0	2
Off shore stow net	5	Fishing	7	1	0
Drag & trawl	3	Anchoring	3	2	1
Off shore long line	2			3	1
Off shore trap	1			4	6
Purse seine net	1			5	2
Anchovy drag net	1			6	2
Coastal gill net	1			7	5
Coastal trap	1			8	0
Total	19		19		19

업종별로는 안강망(47.3%), 항행 형태별로는 항주 중(47.3%), 해상상태별로는 보퍼트 풍력계급 4 이상의 해상에서 15건(79%)으로 높게 발생하였다(Table 2-11).

사고 원인을 Table 2-12에 어법별로 직접원인과 유발원인을 나타내었다. 유발 원인으로서는 불안전한 조건으로는 횡파, 사추파, 강조류, 유동수, 배수불량, 배관 손상, 주기관 고장, 상부과중의 원인이 있었고, 인적 행동과실 요소로는 과도타각 사용, 중량물 고박 불량, 어구조작 실수, 해저 어구걸림 대응 실패, 과중량 어획물 갑판 적, 어구 적재 불량, 과속이 있었고 여러 원인들이 어선 선종과 사건 진행에 따라 복잡하게 작용하고 있는데, 전복 사고의 근본 원인은 조건적으로 상부과중과 황천

이 있고, 인적 행동과실에서는 명확하게 나타나지 않지만 과도경사가 발생하는 원인들의 방치가 많이 나타나는 것으로 유추하면, 어선 복원성에 대한 이해의 부족이 근본 원인으로서는 행동과실을 유발하고 있는 것으로 생각된다.

Table 2-12. The immediate cause and contributing causes on capsizing fishing vessel

No. acc.	Contributing cause		Immediate Cause		
	Human error	Unsafe condition	Human error	Unsafe condition	
Stow net	9	-Disorder fishing gear storage(6)	-Untying heavy material(3)	-Abeam wave(2)	
		-Fishing gear control mistake(2)	-Top heavy(6) -Abeam wave(3) -Stern-side wave(2) -Pipe damage(1) -Main engine disorder(1)	-Excessive rudder(1) -Fishing gear control mistake(1)	-Excessive water inflow(1)
Drag net	3	-Excessive catch(3) -Untying heavy material(1)	-Excessive rudder(2) -Excessive speed(2) -Untying heavy material(1)		
Trap	2	-Disorder fishing gear storage(1)	-Abeam wave(2) -Free water(1)	-Excessive water inflow(1)	
Long line	2	-Untying heavy material(1)	-Abeam wave(1) -Poor drainage(2) -Stern-side wave(2)	-Excessive rudder(1) -Untying heavy material(1) -Disorder fishing gear storage(1) -Excessive catch(1)	
etc.	3	-Fishing gear control mistake(2) -Excessive speed(1)	-Abeam wave(1) -Stern-side wave(2)	-Excessive speed(3) -Untying heavy material(5)	
Total	19	-Disorder fishing gear storage(7)	-Abeam wave(7) -Top heavy(6)	-Untying heavy material(5)	-Abeam wave(2) -Excessive water inflow(3)
		-Excessive catch(3)	-Stern-side wave(2)	-Excessive rudder(4)	
		-Fishing gear control mistake(4)	-Strengthen current(2)	-Excessive speed(3)	
		-Untying heavy material(2)	-Poor drainage(2)	-Disorder fishing gear storage(1)	
		-Excessive speed(1)	-Pipe damage(1)	-Fishing gear control mistake(1)	
			-Free water(1) -Main engine disorder(1)	-Excessive catch(1)	

2.3.4. 침몰사고의 원인 분석

2009년부터 2011년까지 3년동안의 어선 해양사고 중에서 침몰사고는 48건이 발생하였고 재결된 건수는 11건이다.

재결된 선박 모두에 대하여 사건 순차별로 정리하여 Table 2-13에 직접 원인과 유발 원인들을 나타내었다. 직접 원인은 해수의 과도 유입이 가장 많았고, 유발 원인으로는 불안전한 조건 요소로서 황천이 영향을 미치는 상태에서 수밀조치불량과 부적절한 피항 침로와 속력과 같은 인적과실 원인이 있었으며, 1차적 원인으로서의 황천, 방치, 정비 상태 불량, 수밀 조치 불량, 피항 시작의 실기가 중요 원인이고, 2차적 원인은 황천, 배수 상태 불량, 부적절한 피항 침로와 속력이 중요 원인이었다.

근본 원인은 피항 시작의 실기와 수밀 조치 불량으로 판단되고 이 원인들은 모두 교육적 대응이 유효하겠지만, 앞서 위험도에서 살펴본 바와 같이, 대형사고의 개연성이 높은 유형이므로 황천 시에 기상 예보를 받지 못하거나 미처 대피하지 못하고 있는 어선에 대하여서는 적극적으로 경고를 할 수 있는 실시간 안전통신체계의 구축이 필요하다.

Table 2-13. The casual factor and immediate causes on sinking fishing vessel

Contributing cause		Immediate Cause
Human error	Unsafe condition	Final unsafe condition
-Poor water-tight(6)	-Heavy weather(9)	-Large list(2)
-Improper heading(4)	-Poor drainage(4)	-Excessive water inflow(7)
-Improper speed(3)	-Left alone(3)	-Heavy weather(2)
-Lost opportunity(3)	-Maintenance faulty(2)	
-Untying heavy material(1)	-Strengthen tide(2)	
	-Flooding(2)	

2.3.5. 충돌, 전복, 침몰사고의 사망·실종 대응

해난사고에서 조난자는 우선적으로 사고 선박으로부터 안전한 탈출을 하고, 동시에 해상에서 해류에 의한 해면 이동하다가 발견될 때까지의 긴 표류시간 동안 생존을 유지한 상태에서 발견·구조되어야 하며, 이를 위해서는 조난통신의 이행이 매우 중요하다. 재결된 30건 중에 선원이 승선하고 있었던 27건에 대하여, 조난 직전의 안전 요건들과 구조될 때까지의 생존과 구조에 영향을 미치는 요소들의 이행건수와 실태 그리고 인명 피해의 결과는 Table 2-14와 같다.

Table 2-14. A performance number of lifesaving factor and the casualty by degree of urgency

	No.	Unsafe factor			Use time		Rescuer			Casualties			
		WL*	CD	ES	<1h.	1h.∠	CG	NV	Self	Death	Missing	Injury	Total
Very urgent	13	0	3	1	7	6	4	10	1	7	35	0	42
Urgent	12	2	9	6	6	6	3	8	0	6	28	1	35
Ordinary	2	0	1	1	2	0	0	1	0	2	0	0	2
Total		2	13	8	15	12	7	19	1	15	63	1	79

*WL: wearing life-jacket, DC: calling distress, ES: Order the emergency station, CG: Korea Coast Guard, NV: nearby vessel

사고의 전 단계에서 구명동의를 착용은 2건으로 착용률이 매우 낮다. 조난통신은 13건으로 48%만 통신을 하였고, 특히, 매우 급박한 상황에서는 23%만이 조난통신을 하였다. 비상배치는 8건으로 30%에서만 이행되고 있었다. 사고 후

의 요소로서 구조에 걸린 시간은 1시간 이내 구조가 15건이었고, 1시간 이상이 12건이었다. 수색·구조자는 해양경찰이 5건, 주변 선박이 19건, 자력 구난이 1건이었다.

조난 직전에 확보되어야 할 안전 요소들은 전반적으로 적절하지 못하였으나, 조난 직후의 구조 활동은 초기 단계에서 56%가 주변 선박에 의해 1시간 이내에 구조되고 있어서 비교적 잘 진행되었던 것으로 판단된다. 그런데 사건당 약 3명의 인명 피해가 발생하고 있는 점을 고려하면, 사고 당시에 조난자의 상태가 생존 유지를 위한 방호에서 실패가 있었던 것으로 보이며, 이는 구명동의를 미착용과 대응조치가 너무 늦게 발령되었거나 발령되지 않았던 데에 원인이 있다.

한편, 조난신호 등 대응조치를 하여 퇴선하였고, 주변에 구조자가 있었던 4건의 사고에서는 보퍼트 풍력계급이 7인 악천후에서도 인명 피해가 일어나지 않았다. 따라서 사고 발생 전에 나타나는 근본적 인명 피해 원인은 구명동의를 미착용과 비상절차의 미준수라는 것을 알 수 있었다.

해양사고가 발생한 어선의 탑승자에 대한 생존 구조자의 비율을 생존율이라 하는데, 본 조사에서 조난의 위험도가 높은 전복, 침몰 사고의 조난 시간에 따른 생존율을 보면 구조 경과가 불명확한 사망·실종자 14명을 제외하고, 사고 후 주변선박에 의해 즉시 구조된 사건의 경우 총 탑승 선원 97명 중 77명이 구조되어 79%이었고, 이후 2시간 이내의 시간 경과 후 구조된 경우는 선원 58명 중 30명이 구조되어 52%, 2시간 이상경과 후에는 선원수 22명 중 6명이 구조되어 27%로 조난시간이 길어질수록 생존 구조율이 낮아진다.

조난 후 구조의 주체는 주변 선박이 70.3%로 월등히 많았고, 해양경찰이 25.9%로 적었다. 전문적 수색·구조의 주체인 해양경찰의 구조 건수는 7건인데, 이 중 2건은 사고 후 제 3자가 선박 실종신고, 조난자 발견 신고에 의한 것이며 사고 초기에 구조 활동은 5건으로 적었다. 그 이유는 사고 선박이 조난 통신을 한 경우가 13건으로 적었고, 이 중에서 조난지점이 해경 활동지역에서 300마일 이상 떨어진 경우가 3건으로 거리상 문제가 있었으며, 해양경찰의 황천 피항 기준이 풍랑 주의보 발령 전 단계인 황천 3급에서는 500톤 이하의 전 함정은 피항해야 하는 규칙이 있고 비교적 척수가 많은 100톤급 이하는 풍속 8~10m/sec 단계에서부터 피항이 이루어지므로 침몰, 전복이 많이 발생하는 풍랑 주의보를 전·후한 상태에서는 현장 배치 함정수가 줄어들기 때문으로 생각된다. 따라서 사고 후의 수색·구조 관점에서 인명 피해의 근본 원인은 수색·구조자의 사고인지 신속 정도와 해황임을 알 수 있었다.

따라서 충돌, 전복, 침몰사고의 사망·실종의 발생을 제어하기 위해서는 사고 초기 조난자의 생존 강화와 조난 선박과 조난자의 위치 표시가 이루어져서 신속한 구조 활동이 전개되어야 한다.

생존을 확대 방안으로는 어선 해양사고가 앞서 살펴본 바와 같이 선원들이 대응할 시간적 여유가 없는 긴급 상태에서 많이 발생하므로 어선원이 어로작업 중에도 구명동의를 상시 착용하는 것을 의무화하여야 할 것이다. 그런데, 기존의 구명동의를는 부피도 크고, 착용감도 나쁘기 때문에 선원들이 어로작업 주에 착용을 기피하고 있는 실정이므로, 구명동의를의 안정성, 실용성, 착용감, 편리성 등을 고려한 기능성 구명동의를의 개발이 선결되어야 할 것이다. 동시에

조난시 통제국과 통신이 가능한 소형·경량의 자동 조난 및 위치발신설비의 개발이 되어야 할 것이다.

최근에 물 감지 센서에 의해 자동으로 팽창하는 자동팽창형 구명동이가 개발되어, 정부가 인증하는 형식승인기관의 승인을 득하여 완제품의 생산되고, 수협중앙회에서도 추천 및 보급을 시작하고 있어서 급박한 사고에 의한 조난 어선원의 생존을 높일 수 있을 것으로 생각되지만, 조난자의 신속한 수색·구조에 필요한 위치 표시에 대한 문제가 있으므로, 이 구명동이에 광범위한 수역에서 사용이 가능한 위성위치발신장치를 부착한다면 연근해 어선 조난자의 사고 초기 생존 향상과 수색·구조를 용이하게 하여 사망, 실종을 획기적으로 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

그리고 어선 충돌사고에서 살펴본 바와 같이 5톤 미만 어선의 해양사고의 경우는 사고가 발생하면 사망·실종이 쉽게 발생하고 있지만 이에 대응한 어선의 정확한 위치파악과 긴급 구조를 위한 통신체계가 갖추어져 있지 않은 심각한 문제가 있다. 또한 이들 어선은 조업 중 평균 승선 어선원 수가 재결서에서 2명으로 나타나고 있고, 조업 중에는 주로 갑판상에서 어로 작업에 몰두하는 경우가 많아서 경계와 선교에 설치된 일반적인 통신장치에 의한 항행정보의 수신에 소홀 할 수밖에 없는 부득이 한 여건이다. 따라서 이들 어선에 대해서는 활동 영역이 주로 연안인 점을 감안한다면, 주파수 공용통신(trunked radio service, TRS)방식 또는 코드분할 다중접속(code-division multiple access, CDMA)방식과 같은 공중 교환 전화망(public switched telephone network, PSTN)을 갖추으로써, 어선원의 위치가 선내의 어느 곳에 있더라도 유사시에 직접

통화가 가능하고, 저렴한 비용으로 위치추적이 가능할 것으로 생각된다. 또한 이 장치에 조난경보 기능을 추가 한다면, 악천후에 대비한 관제와 같은 사고 예방 관제뿐 만 아니라 수색·구조를 원활히 할 수 있게 함으로써 연안어선의 인명 피해 저감에 기여할 것으로 판단된다.

그리고 인명 피해 최소화를 목표로 사고 발생 자체를 억제하기 위해서는, 어선원을 대상으로 인적 과실을 유발하는 상황 인식오류 원인들과 관련된 항법 규칙과 어선 조종에 대한 교정 지도교육을 강화하여야 하고, 강조해야 할 내용으로는 국제해상충돌방지규칙 제2조 책임에 따르는 선원의 상무로서의 당직의 이행과 항법규정으로는 제1절 모든 시계 내에서의 항법의 전 분야, 특히 제3조 (d) 어로에 종사하는 선박의 정의, 제5조 경계 수행, 제7조 충돌의 위험이 있고, 제2절 상호 시계 내에서의 항법에서는 제15, 16, 17조의 피항동작, 제18조 어선이 해상에서 활동시의 항법상 발생할 수 있는 선박 상호간의 책임문제가 있으며, 황천 대응 어선조종, 어획물의 과도 갑판적 판단을 위한 건현의 관찰, 복원력 상태에 따른 회두시의 횡경사, 복원성의 판단방법, 기상 정보 획득에 관한 사항과 황천대응 어선조종과 비상훈련 및 비상 절차에 대한 교육이 있다. 제도적으로는 황천에 의한 사고에 대응하여서 선박 출입항 통제 기준을 어선 크기별로 해경이나 해군에서 사용하는 황천등급과 일치시켜 관제할 필요가 있을 것으로 생각된다.

2.4. 요약

본 장에서는 어선원의 해양사고에 의한 인명 피해 저감을 위한 기초 연구로, 어선 해양사고에 보다 적합한 분석방법을 모색하여 어선원의 사망·실종 저감의 관점에서 상대적으로 위험도가 높은 어선 해양사고 유형들을 선택하고, 분석·평가된 근본 원인에 대한 예방적 요소와 사고 후 구난 측면의 제어 요소들을 제시하였다. 원인분석은 해양사고가 급증한 최근 3년간 KMST에서 재결한 어선 해양사고를 인명피해 위험도와 사건순차분석법으로 집중 제어의 사고유형을 식별하고, 각 유형별 근본적 요인을 찾아내어 제어 방안을 고찰하였다.

인명 피해 위험도가 높아 우선적으로 제어해야 할 사고 유형은 충돌(7.570), 침몰(0.360), 전복(0.318)으로 식별되었다.

충돌사고의 원인은 경계소홀이 82.2%로 가장 높고, 근본 요인은 어선과 어법의 특성, 피로 및 피로에 대응한 당직 대체 승무원의 결여, 그리고 잘못된 항법에 대한 편견 또는 지식으로 평가 되었다. 전복사고의 원인은 조건 원인으로 상부과중과 황천이 있었고, 근본 요인은 어선 복원성에 대한 이해 부족이라고 판단된다. 침몰사고의 중요한 원인은 피항 시기의 실기, 부적절한 조종, 수밀 조치 불량으로 모두 현장 제어가 가능한 인적 과실 범주의 원인이었다.

이상과 같이, 어선 해양사고에서 우선적으로 집중 제어해야 할 충돌, 전복, 침몰사고에서는 어선이 가지는 특징과 해상 상태가 조건적 요소로 영향을 미치고 있는 상태에서 인적 과실이 근본 원인으로 작용하고 있음을 알 수 있었다.

어선 해양사고로 인한 인명 피해에 직접적인 영향을 미치는 근본적 원인은 사

고 전 안전요소에서는 구명동의의 미착용과 비상절차의 미준수가 있었고, 수색·구조 관점에서는 구조자의 사고의 인지 경과 시간과 해상 환경이 있었다.

그리고 어선 해양사고는 어로 집중과 경계소홀에 따라 어선원들이 미처 대처할 여유가 없는 긴급 상태에서 발생하여, 사고초기에 생존이 확보되지 않아, 근해 어선에서는 사망·실종이 다수 발생하는 대형사고의 발생이 있고, 연안 어선에서는 충돌시 사망·실종 비율이 높아 인명 피해가 많이 발생하며, 조난의 위험도 높다. 특히, 우리나라 해기면허 기준에서 제외되고 있는 5톤 미만 어선은 충돌사고 발생률과 위험도는 각각 0.19%와 1.52로 전체 어선에 비하면 상대적으로 낮지만, 충돌 후 인명 피해가 발생한 척수의 비율은 약 2배로 높게 나타나고 있고, 인명 피해의 내용도 재결된 전체 어선에서 발생한 사망·실종의 43.5%, 부상의 35.2%를 차지 할 만큼 심각한 수준이었으며, 침몰과 전복사고에서는 풍랑주의보를 전후한 상태에서 어장에서 미처 대피를 하지 못하는 경우가 있었다.

따라서 연안어선 어선원들의 인명 피해 저감을 위한 해양사고 예방과 더불어 사고 후의 효과적인 수색·구조 작업을 위한 최적의 해상 안전통신체계와 사고 초기 단계에서 어선원의 생존 상태를 유지시켜 위치 표시를 할 수 있도록 하기 위한 연구를 수행할 필요가 있다고 생각된다.

본 연구에서 언급한 사고 발생률은 KMST의 해양사고 통계에서 정의된 바와 같이 등록 척수 대비 사고 척수로만 구하였지만, 사고 발생률은 선박이 운항 중에 발생하는 사고율로 보는 것이 타당할 것으로 생각되므로, 차후 연구에서는 등록 척수에 연간 운항일수가 반영된 어선의 평균 운항률을 가하여 사고 발생률을 산정할 필요가 있을 것으로 생각된다.

제3장 해양사고 예방을 위한 연안 어선용 통신 체계 구축

3.1. 서 언

어선 해양사고가 전체 해양사고의 약 70% 이상을 차지하고 있는 가운데 5톤 미만 연안어선의 사고 발생 척수는 전체 사고 대비 16.4%로 높았지만, 등록 척수 대비 사고 발생률은 0.19%로 나타나서 어선 전체의 사고 발생률의 20% 수준으로 낮았다. 그러나 2007년 이후 5톤 미만 어선의 해양사고 증가율이 225%로 높고(KMST, 2012), 충돌사고 중에서 인명피해 발생 척수의 비율이 69.2%로 전체어선에 비하여 약 2배 높고, 사망·실종의 인명피해가 전체의 43.5%를 차지하고 있어서 위험도가 매우 높게 나타났다. 그리고 침몰과 전복 사고가 발생한 4척의 5톤 미만 어선의 경우 통신설비 미비로 기상주의보를 수신치 못하여 피항 시기를 놓치고, 해황에 따른 적합한 피항 동작을 취하지 못함에 따라 사고가 발생하였고, 인명 피해도 5명이 사망·실종되었다.

이와 같이 5톤 미만의 소형어선은 충돌사고의 위험도가 높아서 사고가 발생되면 사망·실종의 인명 피해가 발생할 가능성이 다른 어선에 비하여 높지만 소형어선이라는 관점에서 기상 예보와 같은 항행통보의 수신과 해양사고 발생시 조난 어선의 정확한 위치 파악과 긴급 구조를 위한 통신체계가 법제화되어 있지 않아서 통합운영에 어려움이 있다.

이에 따라 농림수산식품부에서도 어선법을 개정하여 어선의 해양사고 발생

시 조난선박의 신속한 수색·구조를 위해 기존 선박위치발신장치의 설치 대상 선박을 길이 45m(300톤급) 이상의 어선과 최대 승선인원 13인 이상, 총톤수 2톤 이상의 유어(낚시 어선업)에 종사하는 어선에 한정하였던 것을 2015년 7월 15일까지 전체 어선으로 확대하여 설치, 운용할 계획이다.

전장 45m 이상의 어선에 설비된 기존의 선박자동식별장치(automatic identification system: AIS)는 어민들이 어장정보의 노출을 의식하여 소형어선까지 확대 설치하는 것에 대하여 거부감이 크다. 또, 수협중앙회를 중심으로 5톤 이상의 어선에 시범 설치 운영하는 VHF(very high frequency)/DSC(digital selective calling) 통신장치를 활용한 선박위치발신장치는 매우 유용한 설비이지만, 선박관제센터와 선박간의 교신이 많은 개항 부근에서는 VHF 통화의 혼잡 때문에 소형어선까지 추가하여 VHF/DSC가 설치될 경우 통신폭주로 인하여 VHF/DSC 통신에 많은 문제점이 발생할 것으로 예상된다. 특히, 5톤 미만 어선의 경우 평균 선원수가 KMST의 재결서에는 2명으로 나타나고 있어서 조업 과정 중에서도 큰 집중이 요구되는 양망 또는 양승시에는 선원이 경계 업무와 통신장치에 의한 항행정보의 수신에 소홀할 수밖에 없기 때문에 DSC 기능 이외에는 활용도가 낮을 것으로 판단된다.

앞에서 기술한 바와 같이 선박위치 발신장치에 관한 연구로서는 인공위성, AIS, VHF-DSC, SSB, 휴대폰을 이용한 다양한 연구가 이루어졌으나, 총톤수 5톤 미만 어선에서 해양사고가 발생할 경우 인명 피해의 저감을 위하여 조난 어선의 정확한 위치 파악과 긴급한 수색·구조를 위한 실질적인 대처 방안이 미흡한 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 연안 어선의 해양사고에 의한 인명 피해의 저감을 위해, 어선원이 선내의 어느 곳에 있더라도 악천후에 대비한 사고 예방 관제 정보를 수신할 수 있고, 조난 어선의 정확한 위치 파악으로 수색·구조를 원활히 할 수 있도록, 주파수 공용통신(trunked radio service: TRS)과 코드분할 다중접속(code-division multiple access: CDMA)방식의 공중 교환 전화망(PSTN)을 이용한 통신체계 구축에 관한 방안을 제시하고, 동 시스템을 시험선에 설치하여 해상에서 실험한 결과를 분석, 고찰하였다.



4.2. 재료 및 방법

TRS를 이용한 어선의 통신체계는 Fig. 3-1과 같이 선박위치 발신장치와 음성 통신장치로 구성하였으며, M-GPS 위치발신장치의 상세 제원은 Table 3-1과 같고 시험선에 설치한 모습은 Photo. 3-1과 같다.

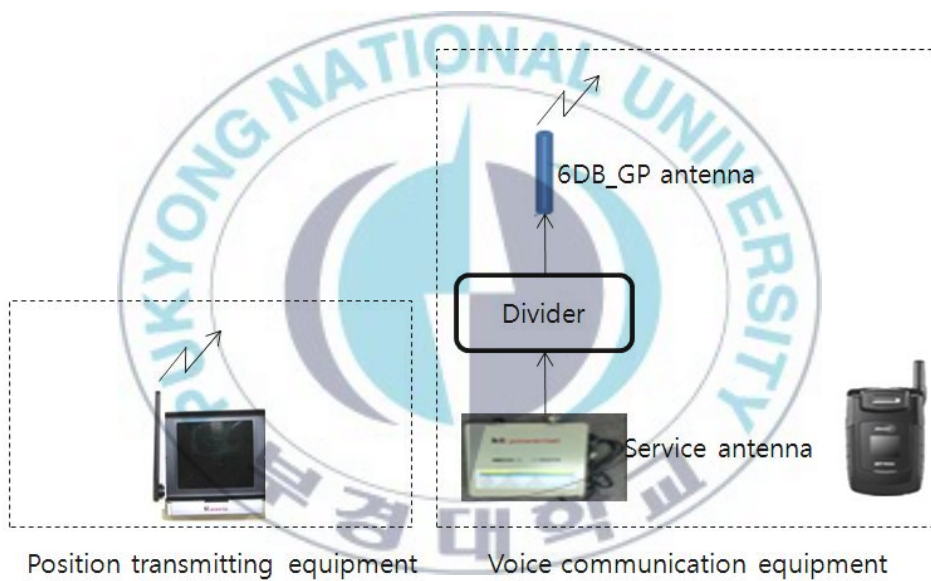


Fig. 3-1. Configuration of position transmitting equipment(M-GPS) and voice communication equipment used in the trial experiment.

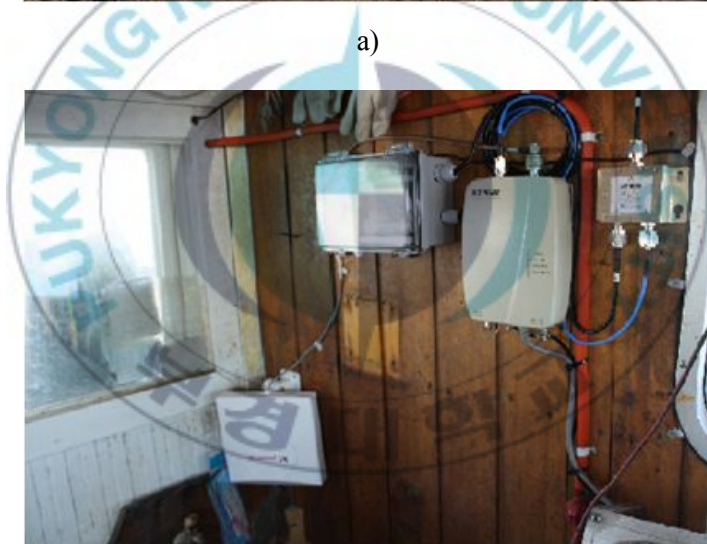
Table 3-1. Specification of TRS position transmitting equipment, M-GPS

Items	Specification
Display	3.5inch TFT-LCD (resolution 320×240)
Operating system	Nucleus
Memory	Ram 64M byte, Rom 64M byte
GPS engine	Sirf III
Size	100×80×25mm
User interface	S/D card slot : 16GB(SDHD)
Sound	Buzzer
TRS module	IO270iDEN
Power supply	12~24V DC
Temperature	-20~70℃
Etc.	Analog 1, Digital : 2EA





a)



b)

Photo. 3-1. Photograph of TRS system installed in a trial fishing boat.

(a) The fishing boat used at sea trials

(b) Equipment installed at bridge

선박위치 발신장치의 해상실험은 TRS주파수 공용통신을 기반으로 한 위치 발신장치(M-GPS, KTP)와 일반적으로 많이 사용하고 있는 이동 3사(SK, KT, LGU+)의 (W)CDMA를 기반으로 한 휴대폰 위치발신장치를 사용하여 2011년 10월부터 12월까지 동, 서, 남해에서 Table 3-2 및 Table 3-3과 같이 근해연승 어선, 연안자망어선, 연안복합어선 등 다양한 시험선에 설치하여 실시하였다. 위치정보 전송주기는 20~60sec로 설정하였으며, 전송 정보는 어선 1척당 부여된 모바일 IP, 경위도, 시각, 침로, 속력, 위치발신장치의 상태 등이었다. 한편, 음성통신장치인 TRS dual폰은 육상에서의 전파서비스의 취약점을 보완한 DBDM(dual band dual mode) 음성 통신 휴대전화를, LBS(location based service) 기반의 이동 3사(SK, KT, LGU+)의 폰은 일반 음성 휴대폰을 사용하여 인명 피해의 저감을 위한 조난선박의 정확한 위치 파악과 긴급 구조를 위한 통신체계 구축의 가능성에 대하여 분석하였다.

Table 3-2. A number of ship equipped with the position transmitting equipment and the voice communication equipment

	TRS	Mobile phone			Total
		SK	KT	LGU+	
East sea	6	1	1		8
West sea	6	1		1	8
South sea	3		1		4
Total	15	2	2	1	20

Table 3-3. Specification of the fishing boat used at sea trials

No.	Ship's name	Tonnage	Fishing method	Port of registry	Remark
1	Minsung	4.98	Coastal gill net	Donghae	East sea
2	Youngduk	3.69	Coastal gill net	Donghae	East sea
3	Dongnam	6.26	Coastal gill net	Donghae	East sea
4	Mansun	7.93	Coastal trap	Donghae	East sea
5	2Oyang	6.67	Coastal trap	Donghae	East sea
6	Yunkyung	7.93	Coastal trap	Donghae	East sea
7	Boksung	8.55	Offshore longline	Inchon	West sea
8	3Haesung	7.93	Coastal gill net	Inchon	West sea
9	Dongyang	10.00	Offshore longline	Inchon	West sea
10	3Kwangbok	9.77	Coastal composite	Inchon	West sea
11	2Younggil	9.77	Coastal gill net	Inchon	West sea
12	Kwangsung	7.93	Coastal composite	Inchon	West sea
13	3Kyungjin	7.93	Coastal composite	Jeju	South sea
14	88Hanil	29.00	Offshore longline	Busan	South sea
15	509Kumdong	79.00	Eel trap	Tongyoung	South sea

3.3. 결과 및 고찰

3.3.1. TRS 통신 가능 해역 및 수신율

TRS 주파수 공용통신을 기반으로 한 위치발신장치를 이용하여 추적한 어선 위치정보의 유용성을 조사한 해상실험의 결과는 Fig. 3-2와 같다. 동해 해상실험에서 시험선의 위치를 확인한 결과, 실험기간 동안 모든 항해 지역에서 실시간으로 시험선의 위치가 파악되었고, 동해시 해안선으로부터 약 26km까지 항해하여 조업하는 것으로 확인되었다. 한편, 동기간 TRS에 의한 음성통화도 정상적으로 이루어져 위치발신장치와 동일한 통화 서비스 영역을 보여주었다. 그러나 선장의 휴대전화기는 선적항으로부터 5~15km의 거리에서 움직이는 상태에 따라 불규칙적인 통화가 이루어져서 일반 휴대전화기의 해상에서의 전파 서비스권역 확대가 필요하였다.

서해 해상실험에서 시험선의 위치를 확인한 결과, 실험기간 동안 모든 항해 위치가 실시간으로 파악되었고, 주로 대청도 서남방 해상에서 해안선으로부터 최대 19km 이내에서 홍어를 대상으로 주낙어업을 하는 것으로 확인되었다. 한편 같은 기간 TRS에 의한 음성통화도 정상적으로 이루어져 위치발신장치와 동일한 통화 서비스 영역을 보여주었다. 그러나 선장의 휴대폰은 움직이는 위치에 따라 10~20km까지 통화가 불규칙적으로 이루어져 일반 휴대폰의 해상에 대한 전파 서비스권역 확대가 필요하였다.

남해 해상실험에서 시험선의 위치를 확인한 결과, 실험기간 동안 모든 항해 위치가 실시간으로 파악되었고, 주로 제주도 서귀포 남방 40km 지점인 부산과

일본 사이의 해역에서 해안선으로부터 최대 45km 이내에서 조업하는 것으로 확인되었다. 이 기간 동안에 어선에 보급된 TRS 음성통화도 정상으로 이루어져 위치발신장치와 동일한 통화 서비스 권역을 보여주었다. 이 기간 동안 일반 휴대폰은 사용하지 않았으나, 그 동안의 확인결과 대체적으로 10km에서 최대 30km 정도에서 서비스 권역을 형성하고 있는 것으로 추정되었다.

따라서 5톤 미만 어선의 통신체계 구축을 위해서는 LBS를 기반으로 한 일반 휴대 전화기는 해상에서 전파 서비스권역을 확대할 필요가 있는 것으로 파악되었고, TRS를 기반으로 한 시스템은 연안 약 50km까지 안정적으로 위치정보와 음성통화의 서비스가 제공되어 그 가능성을 확인할 수 있었다.



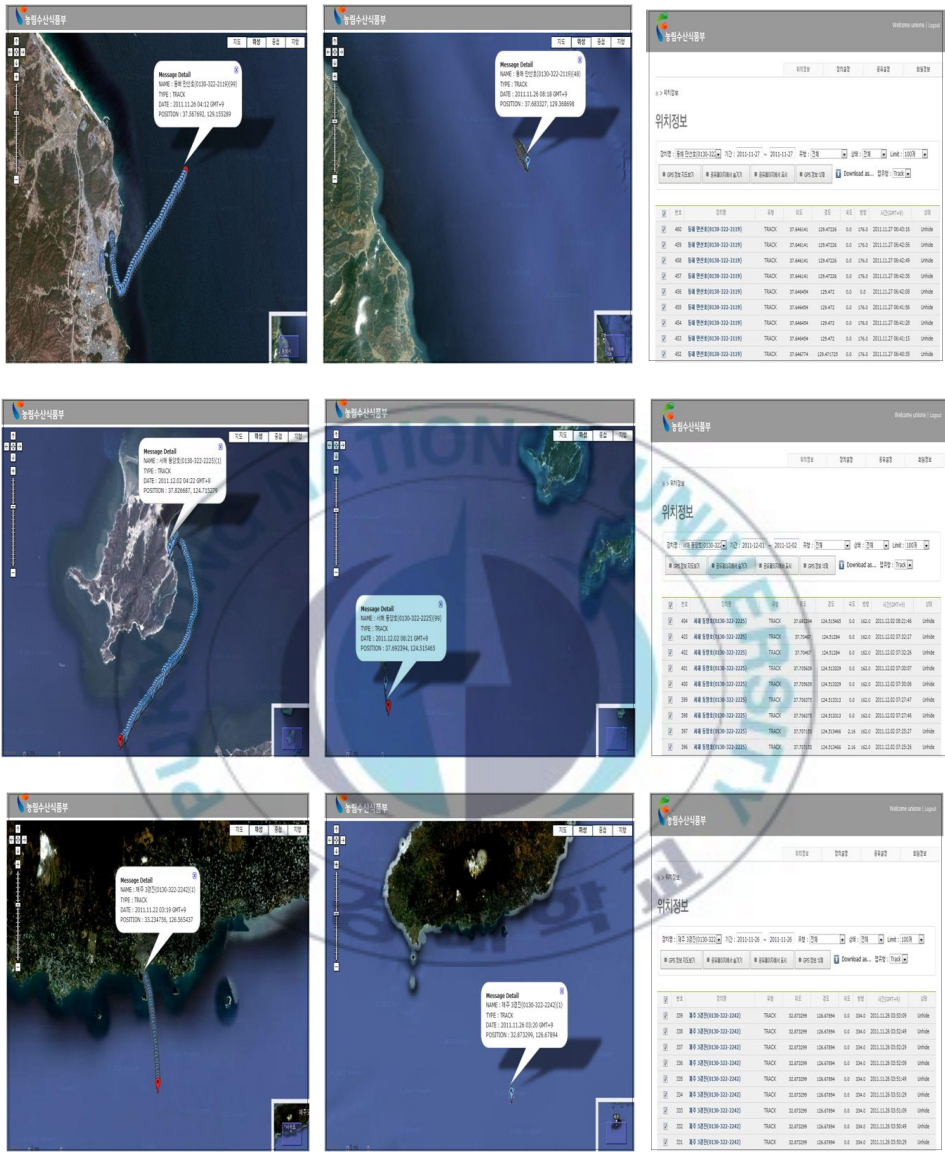


Fig. 3-2. Position information about departure and fishing of trial ships obtained by using TRS position transmitting equipment in the East sea, the West sea and the South sea.

3.3.2. TRS 위치발신장치의 어선 모니터링

TRS 주파수 공용통신을 기반으로 한 위치발신장치는 모바일IP, 발신시간, 경위도, 선속, 침로, 위치발신장치의 발신상태 등을 디지털 데이터로 저장할 수 있으며, 이와 같은 정보는 소형 어선이 해양 사고를 당했을 경우에 어선의 정확한 위치파악을 통하여 신속한 수색·구조를 가능하게 하고, 어업분야에서도 해역별 어장정보 및 자원관리 측면에서 응용할 수 있을 것으로 판단된다.

Fig. 3-3은 연안자망어업에 종사하는 어선에 설치된 위치발신장치를 통하여 얻은 선박위치정보를 도시한 것이다. 그림에서 연안자망어선인 시험선 동남호(총톤수 6.26톤)는 2011년 11월 26일 2회 조업(오전, 오후)하였는데, 미속으로 묵호항을 빠져나간 다음 어장까지는 평균 12.3knots의 속력으로 약 30~40분이 소요되었고, 이 어선은 동해안 어장 특성상 200m 등심선 대를 중심으로 북서-남동 방향으로 하는 주 어장에서 조업하였다. 2011년 11월 27일에는 11월 26일의 2차 조업 해역에서 다시 조업을 하고 들어오는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 선위정보만을 활용하여 선박 동태를 모니터링 하였으나, 모니터링된 연안 어선의 항적과 어로 특성이나 선속을 자동으로 비교하여 어로에 종사하고 있다고 감지할 수 있다면, 주변을 항해하는 선박의 항해 장치에 조우 어선이 어로에 종사하고 있음을 경고 할 수 있는 시스템의 개발에 사용할 수 있을 것으로 생각되고, 임 등(2005)의 연구에서 언급한 것과 같이 선박 위치정보와 함께 어획데이터를 함께 관리할 수 있다면 어장정보 뿐만 아니라 자원관리 측면에서도 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

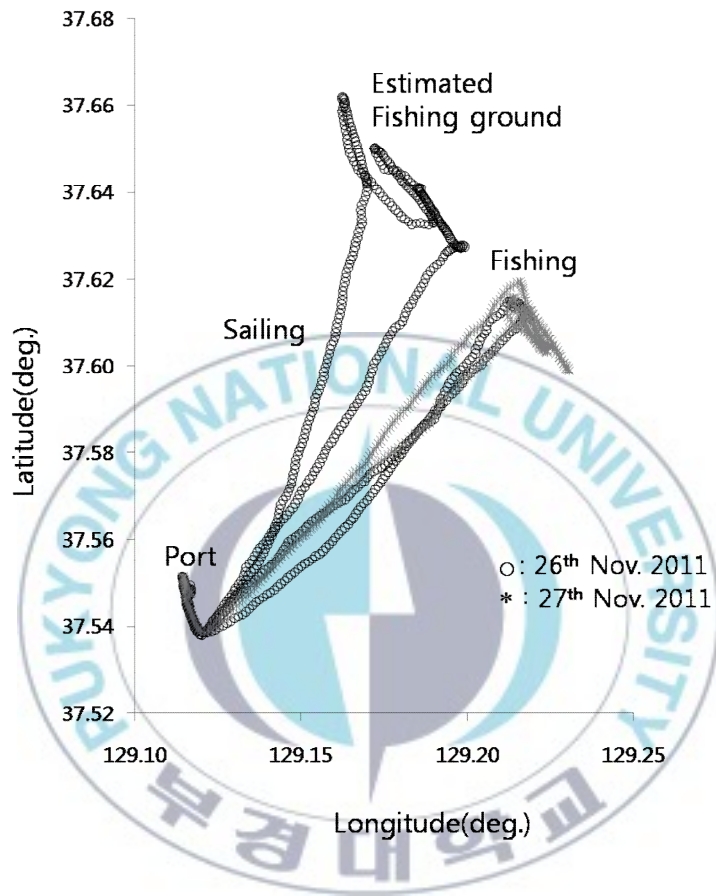


Fig. 3-3. Fishing ground information of coastal trap fishing boat obtained by using TRS position transmitting equipment in the East sea.

3.4. 요약

본 연구에서는 5톤 미만 연안어선의 해양사고에 의한 인명 피해의 저감을 위하여 관제 통신으로 사고를 예방하고, 통신체계 구축으로 해양사고가 발생하더라도 조난선의 실시간 위치파악을 통한 신속하고도 유기적인 수색·구조를 할 수 있는 시스템을 구축하는 것을 제안하였다. 이 통신체계 시스템은 주파수 공용 통신(trunked radio service: TRS)과 코드분할 다중접속(code-division multiple access: CDMA)을 기반으로 구축하였으며, 우리나라 동해, 서해 및 남해의 연안 해역에서 이 시스템을 설치한 업종별 연안 어선을 시험선으로 하여 실제 조업을 하는 것을 실시간 위치파악하는 해상실험을 실시한 결과를 분석, 고찰하였다.

TRS 기반 통신 시스템은 연안 약 50km 까지 안정적으로 위치정보와 음성통화 서비스를 제공하여 신속하고도 정확한 수색·구조 시스템 장비로서의 사용 가능성을 확인하였으나, LBS 기반 범용 휴대전화기는 통신거리가 짧을 뿐만 아니라 불규칙 동화가 이루어지므로 해상에서의 통신권역 확대 및 통화품질에 대한 개선이 요구되었다.

TRS 주파수 공용통신방식으로 구축된 위치발신장치는 어선의 위치를 경·위도로 정확하게 제공함으로써 어선의 항적을 실시간 파악할 수 있었다. 이에 따라 이 시스템을 모든 어선에 설치한다면, 중앙관제가 가능하게 되어 충돌사고의 위험성을 사전에 경고할 수 있게 되고, 사고 순간의 포착이나 사고 위치 파악이 즉시 이루어지기 때문에 신속한 구조활동에 의하여 해양사고에 의한 인명 피해를 저감할 수 있을 것이다. 또한, 어업과 관련된 어선 위치 모니터

링 정보와 해당 어선에서 어획한 어획물의 종류 및 생산량에 대한 정보를 연계시켜서 어항정보시스템이 구축된다면, 어장의 효율적인 자원관리를 기반으로 하는 어업의 종류별 생산관리 시스템의 구축까지도 가능하게 될 것이다.



제4장 상시 착용 구명동의용 위성자동위치발신기의 활용

4.1. 서 언

해양사고에서 어선원의 인명 피해가 많은 이유는 어선의 크기가 상대적으로 매우 작기 때문이기도 하지만, 제2장에서 분석한 바와 같이, 조업에 따른 인지 부족으로 사고발생 순간에 적절한 비상 대응조치를 못하는 점과 조난선박이나 조난자의 정확한 위치 파악이 어려워져 구조가 지연되기 때문이고, 특히 구명동의 미착용이 사망·실종에 근본적 영향을 미치는 원인으로 나타났다. 즉, 어선 충돌사고의 82.2%에서 선원들이 충돌 순간까지 사고의 위험을 전혀 인지 못하거나 사고 직전에서만 인지하는 것으로 확인되었고, 전복과 침몰사고에서도 48.1%가 매우 급박한 상태에서 발생되고 있어서, 어선원들이 구명동의를 착용할 시간적 여유가 없어서 사고 발생초기에 인명피해의 위험도가 증가하는 것으로 판단된다. 그리고 구명동의를 미착용한 상태로 표류하는 조난자는 사고 직후 주변 선박에 의한 신속한 조치에 의하여 구조되는 경우가 대부분이며, 구조시간이 지연될수록 조난자의 수색·구조는 더욱 어려워지고 생존율이 낮아지는 것으로 나타났다.

또한, 어선의 경우에는 특성상 선원들이 항해 또는 조업 중에 갑판에서 작업하는 경우가 많은데, 이 경우 고체식 고명동의는 착용의 번거로움과 비호감적인 착용감 및 행동의 불편함 때문에 평상복 차림이 대부분이다. 그런데, 갑판 작업 중에 발생하는 선원들의 실족에 의한 해상 추락 등의 비상시에도 구

명동의를 착용한다면 구조 가능성이 크게 높아질 것으로 예상된다. 따라서 선원들이 선박 내에서 평상시에도 입고 작업할 수 있는 수준으로 구명동의의 착용감을 좋게 하고, 고행부분을 유연한 재질로 대체하고, 실족하여 해상으로 추락하더라도 구명동의가 저절로 부풀어지도록 자동 팽창식으로 구성되는 기능성 구명동의가 개량되고, 동시에 사고발생으로 표류되는 순간에 위치신호가 자동으로 발신된다면 조난자의 수색·구조가 정확하고도 신속히 이루어져서 해양사고에 의한 인명 피해를 크게 저감시킬 수 있어서 위험도가 큰 폭으로 낮아질 것이다.

본 연구에서는 해양사고에 의한 어선원들의 인명 피해를 저감하기 위하여 조난자의 생존율을 크게 향상시키는 구명동의에 부착한 위성자동위치발신장치 (Automatic Position Transmitter, APT)의 성능에 대하여 분석, 고찰하였다.

4.2. 장치 및 방법

실험에 사용한 APT는 저궤도위성을 이용하는 SPOT(Globalstar Co.)와 정지궤도위성을 이용하는 LGT(AP systems Co.)의 2종류로 구체적인 사양은 Table 4-1과 같다.

Table 4-1. Specification of APT experimented by using satellite

Items	Specification	
	Type A	Type B
Satellite type	Low earth orbit satellite	Geostationary satellite
Height×Width×Thickness	9.4cm×6.6cm×2.5cm	9.4cm×6.6cm×2.0cm
Weight	147.4g	125g
Operating temperature	-30℃ to 60℃	-
Operating altitude	-100m to 6,500m	-
Humidity rated	95% to 100%	-
Battery	Energizer lithium ultimate AAA	Li-ion polymer 3.7V/1200mAh
Functions	SOS, help, custom message, track progress etc.	SOS, help, track progress etc.

해상실험에 앞서 육상 고정점에서 DGPS(differential global positioning system, GP-36, Furuno Co.)를 이용하여 고정점에 대한 위성자동위치발신장치의 정도에 대하여 측정, 분석하였다. 사용한 DGPS(GP-36, Furuno Co.)의 코드, 주파수 및 측위정도는 각각 C/A(Coarse-acquisition) code, 1575.42MHz, 5m RMS(root mean

square)이었다(신 등, 2001).

해상실험은 해양환경에서 위성자동위치발신장치에 의한 수신정보의 위치정도를 조사하여 신뢰성을 검증하고, 나아가 이 장치의 실용화를 목적으로, 해상을 표류하는 어선원의 실시간 위치정보를 수신하고 이동경로를 추적하여 조난자를 신속하게 구조하기 위하여 실시하였다. 해상실험은 1차와 2차로 나누어 실시하였는데, 1차 실험은 2011년 11월 7일 10시부터 14시 15분까지 부산에서 통영으로 항해하는 대형선망 운반선인 제126금성호(275tons)에 Fig. 4-1과 같이 위성자동위치발신장치 SPOT과 LGT를 각각 2개씩 부착한 구명동의를 길이 20~30m인 나일론 밧줄로 선미에 묶은 상태로 예인하며 실험하였다. SPOT는 그대로 구명동의를 부착하여 실험하였으나, LGT는 아직 방수기능이 없어 비닐주머니에 밀봉하여 사용하였다. 실험 선속은 평균 12~13knots이었고, 기상은 흐렸으며, 파고는 1.5~2.0m로 황천 시 선박요동에 의하여 갑판에서 해상으로 추락사고가 발생하는 경우와 유사한 조건이었다.

1차 실험 결과 예인으로 인한 구명동의를 침하로 수신율이 저하되었기 때문에, 2차 실험은 2011년 12월 1일 13:00시부터 18:00까지 대청도에서 인천으로 운항하는 여객선에서 위성자동위치발신장치를 부착한 구명동의를 갑판 상에 흔들리지 않도록 고정하여 실시하였으며, 이 장치에서 발신된 위치신호의 수신률(수신수/시도수)을 분석하여 어선원들의 인명 피해 저감을 위한 효율적인 조난자 수색·구조 작업의 가능성에 대하여 고찰하였다.



Fig. 4-1. Sea trial experiment of APT of using satellite from Busan to Tongyeong.

4.3 결과 및 고찰

4.3.1. 육상 고정점에서의 측위 정도

육상 고정점에서 DGPS의 위치와 저궤도 위성을 이용한 APT SPOT의 위치를 비교한 결과는 Fig. 4-2와 같다. DGPS와 SPOT의 평균위치는 위도 $35^{\circ} 4' 38''$ N, 경도 $129^{\circ} 4' 35''$ E로 동일하였으나, DGPS와 SPOT의 위·경도의 표준편차를 비교하면 각각 2.03×10^{-5} , 2.75×10^{-5} 과 4.37×10^{-5} , 4.12×10^{-5} 를 나타내어 DGPS가 SPOT에 비하여 각각 66.4%, 46.3% 작았다.

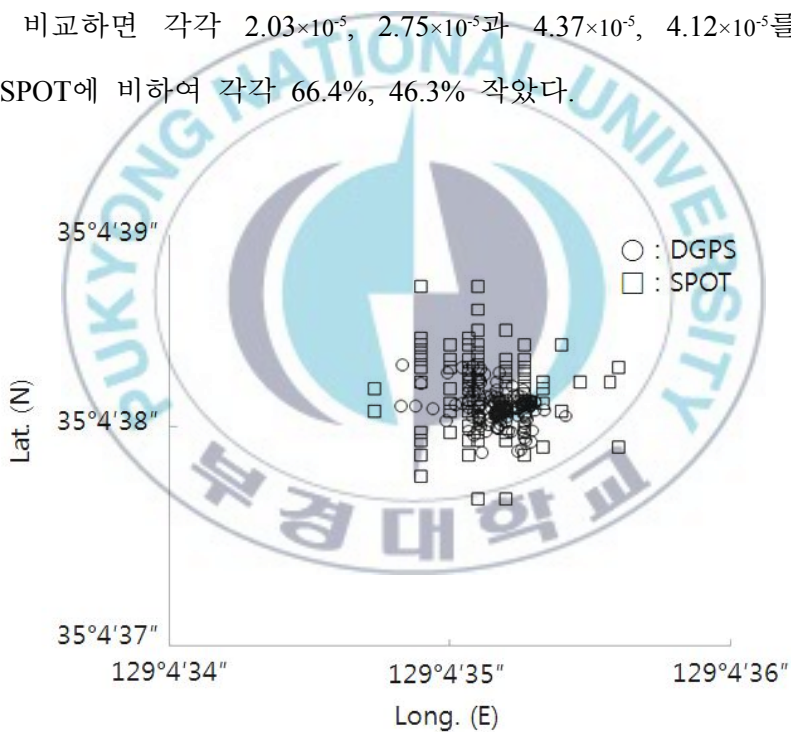


Fig. 4-2. The comparison of precision between DGPS and APT of using satellite in fixed position.

DGPS와 SPOT의 고정점에서 위·경도의 차이를 t-test를 이용하여 분석한 결과는 Table 4-2와 같으며, 등분산으로 가정한 상태에서 위·경도의 t값과의 유의도 분석결과 DGPS와 SPOT간에 유의한 차가 있는 것으로 나타났다.

이와 같이 DGPS의 측위정도가 SPOT에 비하여 높게 나타난 것은 DGPS에서는 GPS의 신호를 보정한 후의 위·경도를 사용하였고, SPOT은 저궤도 위성을 통하여 수신한 GPS의 신호를 보정하지 않고 사용하였기 때문에 발생한 차이이므로 SPOT에서도 신호 값을 보정하여 사용한다면, 측위정도를 크게 향상시킬 수 있을 것이다.

Table 4-2. The comparison of precision by t-test between DGPS and SPOT of using satellite at fixed position

		Number of sample	Mean	SD	Std. error Mean
Latitude	DGPS	186	35.077264	2.03×10^{-5}	2.0×10^{-6}
	SPOT	186	35.077284	4.37×10^{-5}	3.0×10^{-6}
Longitude	DGPS	186	129.076453	2.75×10^{-5}	1.5×10^{-6}
	SPOT	186	129.076439	4.12×10^{-5}	3.2×10^{-6}

		Levene's test for equality of variance		t-test for equality of Mean				
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean difference	Std. error difference
Latitude		14.576	.000	-3.681	370	.000	-.0000134	.0000036
Longitude		61.304	.000	5.728	370	.000	.0000202	.0000035

한편, 해상실험 후에 DGPS와 SPOT만을 이용하여 부산시 영도구 동삼동에 소재한 한국해양수산연수원 건물 옥상 고정점에서 측위정도에 관한 실험이 이루어졌다.

육상 고정점에서 저궤도 위성을 이용한 SPOT과 정지궤도 위성을 이용한 LGT의 측위정도는 평균 위치에 대한 분산값을 이용하여 95% 확률원을 구한 결과는 Fig. 4-3과 같다. SPOT의 95% 확률원의 반경은 14.21m이었고, LGT의 95% 확률원의 반경은 7.21m로 정지위성을 이용한 측위데이터의 95% 확률원 반경은 저궤도 위성을 이용한 측위데이터의 95% 확률원 반경보다 약 50.7% 작게 나타났다. 그러나 측위정도와 함께 위성자동위치발신장치의 구조 요청 신호가 수신되지 않으면 소용이 없다. 따라서 이들 장치의 수신율을 측정하고 저궤도 위성을 이용한 SPOT은 64.3%를 나타내었고, 정지궤도 위성을 이용하는 LGT는 14.3%를 나타내었다. 측위정도와 수신율면에서 두 종류의 APT를 비교해 보면, 저궤도 위성을 이용한 SPOT은 측위정도에 있어서는 정지궤도 위성을 이용한 LGT에 비하여 약 2배 크게 나타나 측위정도는 떨어지지만, 수신율면에서는 약 4.5배 우수하였다. 이와 같은 측위정도와 수신율의 차이에 대해서 저궤도 위성 및 정지궤도 위성의 배열 등 다양한 환경에 의하여 달라질 수 있으므로 향후 다양한 실험을 통한 검증이 필요할 것으로 사료된다.

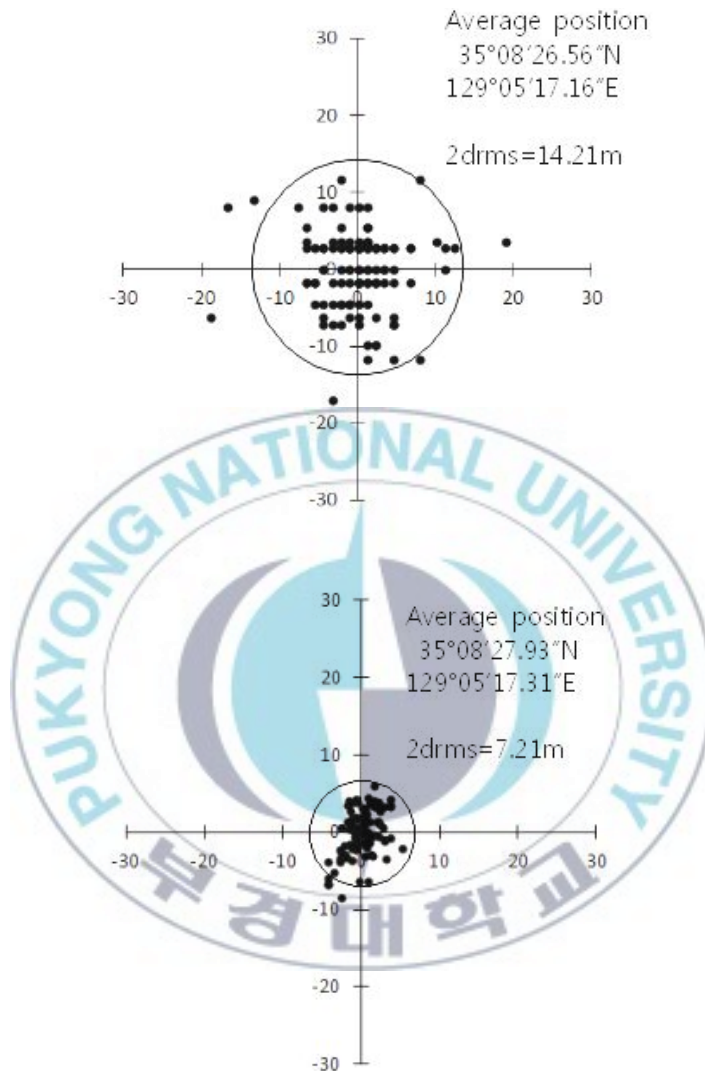


Fig. 4-3. The circular error probability of the data by APT of using satellite (left: SPOT of using low earth orbit satellite, right: LGT of using geostationary satellite) at fixed position.

4.3.2. 해상에서의 신호 수신율

Fig. 4-2와 Fig. 4-3에서는 위성자동위치발신장치의 측위정도에 대하여 언급하였으나, 측위정도에 못지않게 중요한 것은 구조요청신호의 수신율이라고 할 수 있다.

APT를 이용한 부산 통영간 제126급성호를 이용한 제1차 해상실험과 대청도 인천간 여객선을 이용한 제2차 해상실험 결과는 Fig. 4-4와 같다. 제1차 해상실험에서 제126급성호가 항해한 항적 기록 중에 일부 구간에서 구조요청신호가 수신되지 않아 다른 구간과 간격이 일정하지 않은 구간을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 선속 및 파도 등의 해상 상황에 따라 구명동의가 물속에 잠기거나 뒤집혀 수신율이 저하되는 원인이 된 것으로 판단된다.

수신율은 구조요청신호를 시도하였을 때 몇 회 수신되는지를 조사하였는데, 제1차 해상실험에서 저궤도위성 APT SPOT 2대의 수신율은 44/50 (88.0%), 45/52 (86.5%)를 나타내어 평균 수신율이 87.3%로 높게 나타났다. 한편 정지궤도위성 APT LGT 2대의 수신율은 39/50 (78.0%), 26/49 (53.1%), 평균 수신율 65.7%로 저궤도위성의 경우에 비하여 낮은 수신율을 보인다. 또한, 정지궤도위성의 경우 거제도 남쪽을 지나 통영으로 선수방위를 돌렸을 때 일정시간 수신불량이 발생하였는데, 선수방위 변화에 따른 서비스 질에 대한 문제일 수도 있으므로 이것에 대한 보다 다양한 실험이 요구되었다.

제2차 해상실험은 저궤도위성 APT SPOT 1대만을 이용하여 이루어졌는데, 신호의 수신율이 48/51 (94.1%)로 매우 높게 나타났다. 한편, 정지궤도위성 APT LGT는 방수가 되지 않고 고속 여객선에서는 파도 등에 취약할 것으로

판단하여 제2차 해상실험에서는 제외하였다.

그리고 육상과 해상의 수신율을 비교한 결과, 실험일시, 장소 및 실험조건이 달라 단순 비교는 곤란하지만, 해상실험에서와 같이 수신기가 안정되지 않은 상태에서 이동하면서 측정하는 것보다는 육상 고정점에서 안정된 상태에서 측정하는 것이 수신율이 높을 것으로 생각되었다. 그러나 본 실험결과에서와 같이 해상실험 수신율이 육상실험 수신율보다 높게 나타난 것은 건물 및 구조물 등에 의한 통신장애가 적었기 때문으로 추측되었다.

충돌, 전복, 침몰과 같은 어선 해양사고는 긴급하게 발생하는 경우가 많기 때문에 어선원들이 사고선박을 탈출치 못하고 남아 있을 가능성이 크지만, 전파를 이용하는 APT로는 침몰된 선박 내부에 고립된 어선원들의 위치를 파악할 수 없으므로 초음파 등을 이용한 새로운 접근이 바람직할 것으로 판단된다. 또한, 충돌이나 기타 원인에 의하여 어선원이 퇴선하여 해상을 표류하는 경우에는 위치정도 약 14m, 수신 성공률 86.5~94.1%의 성능을 갖는 위성자동 위치발신장치에 의한 조난자의 정확한 실시간 위치정보를 이용하여, 신속한 수색이 가능하게 되므로, 조난자 구조에 크게 기여할 뿐만 아니라 수색·구조 활동에 소요되는 경비(약 70억원 추정)의 상당 부분을 절감시킬 수 있을 것으로 기대된다.

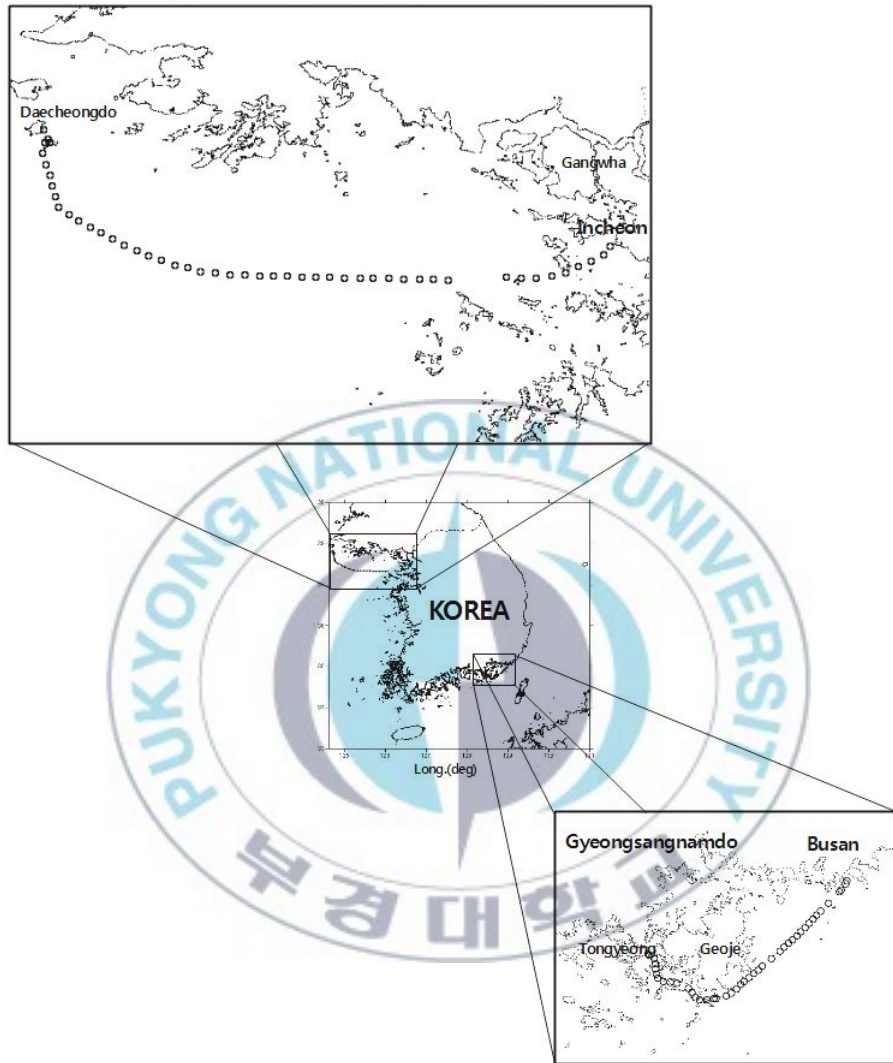


Fig. 4-4. Sea trial experiments by APT of using satellite in the West sea and the South sea.

4.4. 요약

해양사고에 의한 어선원들의 인명 피해를 저감하기 위하여, 신속하고도 효율적인 수색·구조 작업을 위한 최적시스템을 구축하고, 조업 중에도 상시 착용 가능한 구명동의 부착용 위성자동위치발신장치의 성능을 규명하기 위하여 육상 고정점 실험 및 이동 상태에서의 해상실험을 실시하였다. 그 결과, 저궤도위성을 이용하는 SPOT과 DGPS와의 측위정도 비교에서 평균 위치는 동일하였으나, DGPS의 위·경도 표준편차가 SPOT의 것에 비하여 각각 66.4%, 46.3%로 작아서 SPOT의 분산이 다소 크게 나타났다. 육상 고정점에서 위성자동위치발신장치의 측위정도와 수신 성공률을 측정한 결과 SPOT의 95% 확률원은 14.21m, 정지위성을 이용하는 LGT는 7.21m로 나타났고, 수신율은 SPOT 64.3%, LGT 14.3%를 나타내어 SPOT가 측위정도는 LGT에 비하여 약 2배 낮지만, 수신율은 약 4.5배 높았다. 위성자동위치발신장치의 해상실험에서 SPOT의 수신율은 평균 86.5~94.1%로 매우 높게 나타났으나, LGT는 평균 53.1%로 육상에 비해서는 약간 높았지만 해상에서의 실용화를 위해서는 그 수신율이 너무 낮은 것으로 판단되었다. 저궤도위성을 이용하는 SPOT를 부착한 구명동의를 착용하고 해상에서 표류하는 조난자의 경우 이 장치에 의하여 수신된 표류위치는 정도 약 14.21m이고, 수신율 86.5~94.1%로 나타나서 위성자동위치발신장치로 구축된 수색·구조 시스템을 활용하면 조난 어선원의 신속한 구조로 인명 피해를 저감할 수 있고, 나아가 수색·구조에 소요되는 사회적 비용을 크게 절약할 수 있을 것으로 기대된다.

제5장 종합 고찰

최근 인접국가와 신해양법에 의한 연안해역의 재분배로, 우리나라 연근해어업은 어장을 상실하게 됨에 따라서 대규모 감척에 의한 구조조정을 거쳤으며, 해수온도의 상승과 대형 해파리군의 범란 등의 해양환경의 변화에 따라 어선어업의 어획량 변동 폭이 매우 커졌다. 국민의 동물성 단백질의 주요 공급원이라는 관점에서 연근해어업의 안정적 생산은 매우 중요하고, 안정적 생산을 위해서는 선원수급이 원활이 이루어져야 되는데, 현실적으로는 승선 기피에 따른 선원수의 급감과 선원의 고령화로 큰 어려움을 겪고 있다. 특히, 해난사고에 의한 숙련된 어선원의 인명피해는 어업 현장에서 노동력의 상실뿐만 아니라, 구직 희망자의 어선원 직업 선호도에 악영향을 미치므로 어선어업에서 원활한 선원수급이 이루어지지 않아서 외국인 선원으로 대체되고 있는 현실이다. 이런 관계로, 어선어업의 조업시스템의 원활한 운영이 어려워져서 선원 안전사고의 빈번한 발생, 생산효율의 둔화로 어업의 경영이 부실하게 되고, 결국 무리한 조업을 동반하게 되어 해양사고의 발생의 원인이 된다. 최근에 어선 해양사고의 급격한 증가와 이에 따른 인명피해의 증가추세는 이러한 현실을 잘 반영해주는 것으로, 해양사고에 의한 인명피해를 저감하기 위한 연구가 시급히 요구되는 이유이다.

본 연구에서는 어선 해양사고에 의한 인명피해 저감을 목적으로, 어선 해양사

고의 분석방법을 사망·실종·부상의 가중치가 부여된 위험도를 적용하는 방법을 제안하고, 이 방법으로 해양사고를 재분석하여 이에 대한 예방적 요소와 대응 방안을 제시하였다. 특히, 위험도가 높은 연안 어선의 사고발생을 예방하고 조난위치를 실시간 확보하여 신속한 구조 활동을 가능하게 하는 TRS를 적용한 해양 안전 통신체계의 구축과 해양사고에 의한 조난자의 실시간 표류위치를 확보함으로써 신속한 구조 활동을 통한 생존율을 높일 수 있는 구명동의 부착용 위성자동위치발신장치의 활용에 대해서 해상 실험을 통하여 분석·고찰하였다.

해양사고의 분석은 사망·실종의 인명피해가 많아서 위험도가 높은 해양사고 유형을 선택하였다. 여기서 인명피해의 위험도는 사고 유형별로 사고 발생률에 사고에 따른 인명피해의 경제적 손실 비율을 곱한 값을 의미하며, 이 위험도를 적용한 분석 결과에서 충돌, 침몰, 전복사고가 다른 유형에 비하여 상대적으로 위험하였으며, 이 결과는 사고 발생률과는 차이가 있었다.

이 정량화 방법은 선체의 손실 또는 사회적 비용부분도 다양하게 적용할 수 있으므로, 향후 해양사고 분석에서 선별적 접근법에 적용할 수 있을 뿐만 아니라, 각각의 위해요소에 대해서도 위험을 정량화하는데 유용할 것으로 기대된다. 그런데 이 방법은 위험도를 비교하는 합리적 방법이 될 수 있었지만, 손상 비용 자체를 총량적으로 산출하여 위험도를 절대적으로 평가할 수 있는 방법에 대해서는 향후에 선박 손상, 환경 비용 등의 통계 분석에 의한 추가 연구가 필요하다.

어선 해양사고에서 인명 피해의 위험도가 높은 충돌, 침몰, 전복사고가 가지는 직접 원인들은 각각 경계소홀, 황천, 상부과중 등이었고, 공통적인 특징은

대부분이 어선원들이 선원의 주의의무를 잘 이해하지 못하여 당직업무를 소홀히 함으로써 무방비 상태에서 사고가 급박하게 발생하고 있다는 것이다. 그 이유는 어선의 특성상 항해 당직업무보다는 어로업무에 더 치중할 수밖에 없기 때문이고, 선원들의 구성도 어로에 필수 인원 관점으로 최적화 되어 있어서라고 할 수 있지만, 해양 사고는 어떠한 이유로도 일어나지 않아야 한다. 어선 해양사고의 유발 원인들을 살펴보면 조업에 집중하였거나, 피로하였을 경우가 많았지만, 특히 충돌사고와 전복사고에서는 벌어지고 있는 상황에 대한 운항 및 안전 수칙에 대한 지식이 없어서 부적절하게 판단하여 대응하는 등의 행동적 오류로 나타난 것이 많이 있었다. 그리고 충돌사고에서 상대 선박에서도 어선의 특성, 특히 어구어법에 대한 상식이나 지식이 전혀 없기 때문에 조우하여 접근되고 있는 어선이 어법과 관련하여 어떤 상황에 있는지, 어떤 동작을 유발할지를 판단하지 못하는 경우가 다수 있었다. 따라서 사고 및 사고와 관련된 부분에 대한 충분한 사전 지식이 없는 경우에는 항행 현장 상황에서 오판에 따른 위험이 커지게 되어, 이에 대한 교정교육이 우선적으로 필요하다. 이 교육의 내용은 앞서 제시한 내용들, 특히, 항행규칙의 기본이 되는 어로에 종사하는 선박의 정의와 모든 시계 내에서의 항법, 황천 대응에 관한 사항과 복원성이 나쁘게 되는 원인 및 이때의 선박 조종에 관한 사항이 중요하다고 생각된다. 그리고 현 어선원의 연령구조가 고령화 되어 있는 점을 감안하여, 위험을 피하기 위한 구체적 절차를 사례적으로 제시하여 쉽게 이해할 수 있도록 하여야 하며, 도식화하여 선교에 비치하고 수시로 익힐 수 있도록 하여야 할 것이다. 또한 지역적으로 일부 업종들이 편중되어 있는 경우가 많

으므로, 지역 특성에 맞게 그 지역의 해양사고 제어형 맞춤형 교육이 가능할 수 있도록 하여야 효과적일 것으로 생각되며, 지역적 특성에 대해서는 추가적 분석 연구가 수행되어야 할 것이다.

어선 해양사고 중에서 인명 피해의 위험도가 가장 높은 충돌사고에서 위험도는 근해어선이 압도적으로 높지만 충돌한 선박들 중에서 인명 피해가 발생할 수 있는 가능성은 5톤 미만의 소형 연안 어선에서 높고 사망·실종의 발생률도 다른 어선에 비해 높으나, 현실적으로 선주 또는 부부에 의한 1~2인 조업이 이루어지고 있으며, 통신수단도 휴대폰 또는 당해 선박의 필요에 의한 통신기가 사용되고 있어서 위험에 더욱 노출되어 있다. 또한, 이 범주의 어선에 대해서는 해기 면허 체계와 항행 안전을 위한 항해 및 통신장비의 설치 운용에 대한 법적 기준조차 마련되지 않고 있어서 조난 통신 및 해상안전 체계 구축을 위한 통신체계의 구축이 시급하다. 이에 따라 정부에서도 관제에 필수적인 위치발신장치를 2015년 7월 15일부터 전 어선에 설치되도록 하고 있지만 아직 표준화된 성능기준이 없다.

본 연구에서 제시한 주파수 공용통신(TRS)은 1 대 1, 1 대 다수의 통신이 가능한 방식으로 위치 확인 뿐 아니라, 재해방송, SMS, 전화통화가 가능한 방식이고, 적용 거리도 연안에서 50Km 이상의 광역성을 가지므로 5톤 미만 어선의 위치발신장치의 통신방식으로 적합하며, 조난통신과 항행 안전 정보의 원활한 전파로 악천후에 대한 사고 예방과 조난 선박의 수색·구조에 기여하여 사망·실종을 저감하는데 매우 유용할 것으로 판단된다. 그리고 이 TRS 방식의 통신은 이미 소수의 일반 어선에서 어항교신용으로, 해경과 해군에서 1 대

다자간 지휘통신에 사용되고 있어, 통신망 사업자인 KT 파워텔에서는 음영지역 보안을 위해 기지국과 중계기를 보완하고 있으므로 체계 구축에도 유리할 것으로 생각된다. 앞으로의 확장성은 실시간 어선의 행동 패턴을 측정하여 어로에 종사중인 상태를 식별해 냄으로서 이를 주변 선박에 알려 경고를 할 수 있는 시스템의 구축에도 유용할 것으로 생각되며, 자원 관리 측면에서도 위치 보고와 어획량, 수온 등의 신뢰도 높은 실시간 현장정보를 확보하여 연안 자원관리에도 응용할 수 있을 것으로 판단되므로 이에 대한 심도 있는 추가적 연구가 필요하다.

어선 해양사고에 대응한 구명과 수색·구조에 용이하고, 선원들이 바다로 퇴선되어 생존을 유지하기 위한 방안으로 제시된 위성자동위치발신 기능을 가진 자동 팽창식 구명동의의 몸체는 수협중앙회를 중심으로 이미 개발이 진행되고 있는데, 본 연구에서 시험한 저궤도위성을 이용하는 SPOT는 해상을 표류하는 어선원의 위치를 정도 약 14.21m, 수신 성공률 86.5~94.1%을 보이고 있어서 수협의 자동팽창식구명동의에 부착하여 사용한다면 조난 어선원의 위치를 조난 즉시 확인할 수 있어서 신속한 수색·구조로 사망·실종을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 수색·구조에 소요되는 사회적 비용을 상당 부분 감소시킬 수 있을 것으로 기대되고, 추가적 과제로는 이 발신장치의 부피와 무게를 최소화하여 구명동의의 착용 불편을 해소하여야 할 것으로 생각되며 이 과제는 자동 팽창에 사용되는 CO₂ 실린더의 경량화와 함께 생산 업체의 경쟁력 차원에서 해결이 용이하리라고 본다.

그리고 제시된 통신 체계의 원활한 운영을 위해서는, TRS 사업자가 민간 업체이고, 위성자동위치발신장치가 부착된 자동 팽창형 구명동의에는 저궤도위

성(Low earth orbit satellite, LEO-SAT) 등 다양한 위치의 위성을 사용하게 되므로 이의 원활한 운용을 위해서는 기존의 GMDSS 체계에 행정안전부, 해양경찰, 어업정보통신본부, 공군의 전역항공통제본부(theater air control center, TACC), TRS 및 위성사업자의 해양 조난 및 안전 정보를 통합 관리하는 통합무선관리 센터를 운영하여 Fig. 5-1과 같은 해상 및 항공 구조체계를 갖출 필요가 있다. 그래서 그동안 취약하였던 5톤 미만의 어선 뿐 아니라, 우리나라 연근해 전 구역과 전 어선에서 해양 안전 통신망을 사용 할 수 있을 것으로 생각되고, APT가 부착된 자동팽창형구명동의의 효과와 더불어 해난에 의한 어선원의 인명 피해를 획기적으로 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

한편, 심각한 해양사고에 대응하여 국토해양부를 중심으로 추진하고 있는 제1차 국가해사안전기본계획과 해사안전시행계획에서는 선박종사자의 안전역량 제고, 선박안전성 강화, 해사안전관리시스템 고도화, 스마트한 해상교통 환경 구축, 국제협력 및 해사안전 문화 정착의 5개 추진전략이 설정되어 있고, 어선과 관련하여서는 인적과실 사고 예방을 위한 종사자교육 내실화, 내항선·어선에 안전 관련 항해장비 설치 확대, 소형어선의 생존 강화와 같은 구체적 시행 과제가 제시되어 있는데, 이에 수반되어야 할 수색·구조적 측면의 대응방안은 해사안전 관리시스템에 사용되는 전파와 통신장비의 해역별, 선박 크기와 용도별 적용 대상과 같은 제도적 문제와 통신 체계의 문제로 쉽게 해결이 되지 못하고 있는 실정이다. 이런 시점에서 본 연구는 어선안전과 관련한 정부정책의 시행 과제인 인적 과실 사고 예방을 위한 종사자교육 내실화, 내항선·어선에 안전관련 항해장비 설치 확대, 소형어선의 생존 강화 등과 내용이 부합되고 있으므로 정

책의 구체화에 사용될 수 있기를 기대 한다.

연구를 수행하면서 가장 아쉬웠던 점은 해양사고의 제어를 위해서는 사고조사와 평가가 가장 중요한 요소이지만, 사고 원인 분석 기법에 대한 부분은 IMO, MAIB(Marine accident investigation branch), TSB 등 국제기구와 국가기관 및 민간 단체에서 합리적인 조사도구와 분석기법에 대한 연구와 의견교환이 최근 들어 활발히 이루어지고 있으나, 육상 산업의 위험 평가에 사용되는 기법들과 해기요소들이 적절히 융합되지 못하고 있는 것 같다. KMST에서도 2012년에 이와 관련된 국제 세미나를 개최하는 등, 조사 기법이나 원인분류체계의 확립을 위해 많은 노력을 기울이고 있어서 매우 고무적이다. 다만 우리나라 해양사고에서 어선 관련사고가 약 70%를 넘고 있고 인명 피해도 많이 발생되고 있으므로 이의 제어를 위해서는, 비록 IMO의 이행 규정에 어선은 포함되지 않고 있지만, KMST의 사고 원인 분류 체계에 어선과 관련된 요소들이 포함될 수 있기를 기대한다.

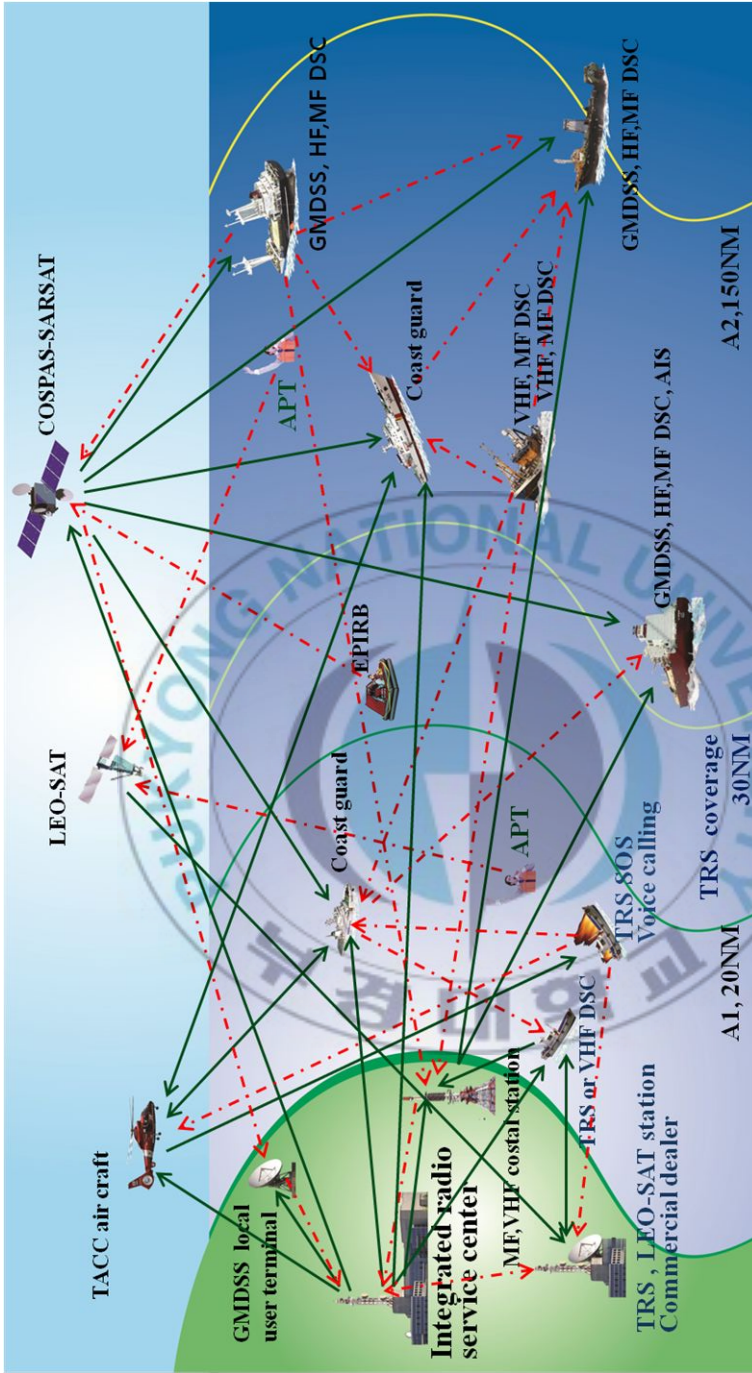


Fig. 5-1. A concept configuration of fishing vessel distress and navigational safety telecommunication system at coastal and off-shore sea area.

참고문헌

- 강일권, 김형석, 신형일, 이유원, 김정창, 조효제, 2007. 우리나라의 어선 해양 사고에 대한 안전대책. 한국어업기술학회지, 43 (2), 149~159.
- 김병욱, 2006. 선박위치추적시스템을 위한 무선통신망 구축 방안. 한국해양정보통신학회 2006 춘계종합학술대회, 228~231.
- 김상곤, 강종필, 2011. 어선 해양사고와 기상요소의 관계에 관한 연구. 수산해양교육연구, 23(3), 351~360.
- 김중호, 2009. 공식안전평가(Formal Safety Assessment)를 이용한 선박의 안전성 평가. 한국마린엔지니어링학회지, 33 (2), 362~367.
- 김홍태, 나성, 하욱현, 2011. 해양사고조사를 위한 인적 오류 분석사례. 대한인간공학회지, 30 (1), 137~150
- 박병수, 안영섭, 2007. ANOVA에 의한 해양사고의 통계분석. 해양환경안전학회, 13 (3), 191~198.
- 백원선, 정재용, 2010. 어선 위치정보 수집 개선에 관한 연구. 해양환경안전학회 추계학술발표회, 133-135.
- 신형일, 김형석, 김석재, 배문기, 박노선, 2001. GPS모듈(KGP9800C)의 측위성능개선. 한국어업기술학회지, 37 (3), 181~188.
- 신형일, 배문기, 이대재, 이유원, 2006. AIS 광역망을 이용한 연근해 어장관리. 한국어업기술학회지, 42 (3), 179~185.
- 양원재, 금종수, 전승환, 2003. 선박충돌사고 위험성 제어방안에 관한 연구. 해양환경안전학회, 9 (1), 51~56

- 윤재준, 최조천, 2003. 어업통신의 디지털화 및 VMS 구축에 대한 연구. 한국 해양정보통신학회논문집, 7 (7), 1387~1392.
- 윤점동, 2010. 국제해상충돌예방규칙 및 관련된 국내법규해설, 다솜출판사, 172.
- 윤형득, 2010. 소형어선의 재난통신망 구축에 관한 연구, 전남대 대학원 학위 논문(박사), 1-97.
- 이대재, 신형일, 배문기, 이유원, 이경훈, 정봉규, 2005. ECDIS 및 AIS 시스템에 의한 어장안전관리정보의 수집 및 해석, 한국어업기술학회 2005년도 춘계 학술대회 논문집, 11~14.
- 이성중, 김희수, 용전군, 이승건, 2011. 국내 해양사고 분석과 대책에 관한 연구. 한국항해항만학회지 5, 205~211
- 이형기, 장성록, 2005. 어선사고의 원인분석 및 예방대책에 관한 연구. 한국안전학회지, 20 (1), 153~157.
- 임동규, 신형일, 이대재, 김형석, 김석재, 이유원, 2005. 어선조업정보 자동기록장비를 이용한 어업관리, 한국수산학회지, 38 (1), 70~77.
- 장인식, 2009. 해양사고 방지를 위한 효율적 안전관리 방안. 해양환경안전학회지, 15 (1), 33~39.
- 정세모, 박진수, 배정철, 1998. 인공위성을 이용한 광역 선박교통관리 시스템 개발에 관한 연구. 한국항해학회지, 22 (2), 1~12.
- 정장현, 박영수, 김종성, 김세원, 2012. 어선의 전복사고 원인별 분석에 관한 연구. 수산해양교육연구, 24(1), 1~8.
- 최유희, 송문섭, 박정호, 장병태, 2011. IP망 기반의 그룹통신 시스템을 적용한 선박 충돌 사고 방지 방법. 한국정보과학회 2011가을 학술발표논문집,

39(2D), 105~107.

한국조선협회(KOSHIPA), 공식 안전성 평가 일반지침(General guidelines on Formal Safety Assessment), SPS-KMS 007:2010. 1-15.

http://www.istandard.or.kr/_custom/ksa/download.jsp?file_id=12596

해양안전심판원, 2012. 해양사고 통계.

http://www.kmst.go.kr/statistics/statisticsyear_list.asp

http://www.kmst.go.kr/safetydata/verdict_list.asp on May 1.

村山 雅己, 井手 麻奈美, 林 尚吾, 2002. 「iモード」を用いた沿岸航行支援システムについての一考察, 日本航海學會誌, 151, 47~52.

Jones, J.A., CISSP, CISM, CISA, 2005. An introduction to factor analysis of information risk(FAIR). Risk Management Insight, 5.

IMO, Casualty Investigation Code, IMO, 2008. Chapter 1~26.

IMO, Res. 884, appendix 2, 2000. Guidelines for the investigation of human factors in marine casualties and incidents. 2.3.1~2.3.6.

TSB, Transportation Safety Board of Canada, <http://www.tsb.gc.ca>

Wikipedia, Quantitative analysis.

http://en.wikipedia.org/wiki/Risk#Quantitative_analysis

감사의 글

먼저 석사 및 박사 과정 동안 연구에 매진할 수 있도록 아낌없는 격려와 지도를 해주신 이주희 교수님, 그리고 저의 논문 심사를 맡아주시고, 소중한 충고와 조언을 해주신 강일권 교수님, 권병국 교수님, 박문갑 교수님, 김석재 교수님께 진심으로 경애와 깊은 감사를 드립니다.

또한 본 학위 논문 연구를 할 수 있도록 수많은 날을 늦은 시간까지 연구실에서 함께 하며 많은 조언을 해주시고 잔소리를 마다하지 않던 한국해양수산연수원의 이유원 교수님께도 감사의 말씀을 전합니다.

그리고 늦게 시작한 대학원 전 과정에서, 오늘의 제가 있기까지 항상 맑은 얼굴로 용기와 희망을 북돋아 주신 김형석 교수님, 소탈한 격려를 아끼지 않으신 이대재 교수님, 학문의 간간함을 일깨워 주신 장창익, 홍철훈 교수님, 신현욱 교수님 그리고 샤프한 뉘앙스를 추구해야 함을 점잖하게 풍겨 주신 이춘우 교수님께 진심으로 감사드립니다.

석사 과정에서 늦깎이 학생을 선배랍시고 예우와 도움을 준 조영복, 유재범 박사님과 이혜옥 양에게도 동배의 정으로 감사드리고, 몸담고 있는 한국해양수산연수원의 김성기 교수, 한진석 선장 그리고 동료 교수님들과 박정태 팀장님, 김미정씨 등 직원분들께도 여러 가지 배려와 도움에 대한 감사의 말씀을 드립니다.

이 몸을 낳아 주시고 키워주신 어머니, 아버지께서 지금 이 순간에도 하늘나라에서 격려를 해주시고 기뻐하실 것 같아 가슴이 아려 옵니다. 긴 배움의 결

실인 이 논문을 부모님 영전에 바칩니다. 그리고 노력한 성과의 기쁨을 사랑하는 딸 혜림이와 사위 우인이, 아들 규형이와 함께 나누고자 하며, 끝으로 학업과 업무에 매달리느라 늦은 귀가와 잦은 짜증에도 묵묵히 내조를 다해준 사랑하는 동반자 손영수 여사께 이 모든 영광을 돌립니다. 그리고 이 글을 끝내는 순간까지 깊은 관심으로 돌보아 주신 권병국 선배님께 다시 한번 감사드립니다.

이제 배움의 한 단계를 거쳐 가는 시점에, 많은 분들의 관심과 도움이 헛되지 않도록 더욱 정진하여 세상 사람들에게 이로운 사람이 되고자 다짐하며 이 글을 남깁니다.



2013년 1월

김 욱 성 드림