어선사고의 원인분석 및 예방대책에 관한 연구

이형기 · 장성록*
한국해양대학교 · *부경대학교 안전공학과
(2004. 12. 8. 접수 / 2005. 3. 7. 채택)

Cause Analysis and Prevention of Fishing Vessels Accidents

Hyong Ki Lee · Seong Rok Chang*
Korea Maritime University
*Departmen. of Safety Engineering, Pukyong National University
(Received December 8, 2004 / Accepted March 7, 2005)

Abstract : The injury accidents in fishing vessels account for 67.2% of all marine injury casualties(1997~2001) and is on an increasing trend every year. Also, it is remarkable for the injury accidents to be basically caused by human errors. This study aims to investigate the human error of injury accidents in fishing vessels and presents the injury preventing program in them. Human errors were analysed by the methods such as SHELL & Reason Hybrid Model, GEMS Model adopted by International Maritime Organization(IMO). Based on the analysis, the following propositions were made to reduce the fishing vessels accidents by human errors : improvement of hazard awareness and quality of personnel, establishment of safety management system, and enforcement of vessels inspection.
Key Words : injury, human error, SHELL & reason hybrid model, GEMS model, accidents prevention

1. 서 론

해양사고의 방지를 통해 인명과 재산 및 해양환경보호를 달성할 수 있으나 어떠한 경우에도 인명은 우선적으로 보호되어야 한다. 국내 해양안전심판원의 통계자료에 의하면 최근 5년간(1997~2001) 발생한 인명사고 중 67.2%가 어선에서 발생하였으며 이러한 인명사고의 94.6%가 사망 혹은 행방불명 사고이다. 또한 어선의 해양사고 발생율(사고발생척수/등록척수)이 매년 감소하고 있는 추세인데 반하여 인명사고율은 매년 증가하는 추세인 것으로 확인되었다[1].

미국의 해상보안청(USCG)의 연구 결과 인명사고의 원인으로 인적요소가 관련된 비율이 91%에 이르므로[2] 어선 인명사고를 효과적으로 예방하기 위해서는 사고원인의 분석에 있어 인적요소 및 인적과실에 대한 접근이 필요하다고 판단된다. 그러나, "해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률"에 따라 해양사고를 예방하고 발생한 사고의 원인을 규명하는 우리나라 해양안전심판원에는 이러한 조사 절차가 부족한 실정이다[3]. 따라서 사고 원인으로서 인적과실의 구체적인 내용을 철저히 분석하고 그 예방대책을 수립할 필요성이 중요하게 대두되고 있다[4].

인적요인의 연구방법은 사전적 접근방법과 사후적 접근방법으로 분류할 수 있다. 사전적 접근방법은 인적요인에 의한 사고발생 이론을 개발하고, 이러한 이론을 바탕으로 인간, 환경, 기계의 한계점을 예측하고 평가하여 그 한계를 극복하려는 것이다. 반면 사후적 접근방법은 과거에 발생한 사고나 사건으로부터 교훈을 얻는 것으로 객관적이고 과학적인 사고조사를 통해 나온 결과를 반영하는 것이다[5].

본 연구에서는 최근 5년간(1997~2001) 발생한 어선의 인명사고에 대해서 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO) 에서 채택한 인적요소의 분류 방법[6]에 따라 사고 발생에 관련된 인적요소를 조사하고 SHELL & Reason Hybrid 모델 및 GEMS모델을 이용하여 인적과실의 인과관계 및 과

†To whom correspondence should be addressed.
srchang@pknu.ac.kr

실의 유형을 분석함으로써 어선의 인명사고 예방을 위한 프로그램 개발에 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 이론적인 배경

2.1. 인적요소의 분류

국제해사기구는 선박 운항에 있어 인간의 행동에 영향을 미치는 요소를 Table 1과 같이 개인요소, 선내조직, 선박 요소, 육상에서의 관리, 외부적 영향 및 환경, 작업 및 생활환경 의 6가지로 분류하고 있다. 어선사고의 국제해사기구의 재결서 분석 시 사고 원인 중 인적 요소에 대한 평가의 기준으로 이용하였다.

2.2. 인적요소의 조사방법

국제해사기구에서 결의한 인적요소 조사지침은 해양사고에서 인적요소를 체계적으로 조사하고 효과적으로 분석 및 예방대책을 개발하여 장기적으로는 미래에 유사한 해양사고의 발생을 예방하고자 하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 국제해사기구에서는 SHELL & Reason Hybrid 모델 및 GEMS모델을 이용하고 있다.

Table 1. Classification of human factors in shipping service (IMO)

구 분	구체적 내용
개인	능력, 기술, 지식 인성(정신, 감정의 상태), 육체적 조건(건강, 약물 및 알코올, 피로), 사고 발생전의 활동, 사고발생 당시에 부여된 직무, 사고 발생 당시의 실제 행동, 태도
선내 조직	직무 및 책임의 구분, 승무원의 구성(국적/자격), 승무정원의 수준, 작업부하/직무의 복잡성, 근무시간/휴식시간, 절차 및 복무지침, 의사소통(내부/외부), 선내 관리 및 감독, 선내 교육훈련의 조직, 자원관리를 포함한 팀워크, 계획수립(항해, 화물, 장비)
선박	설계, 정비상태, 장비(유용성, 신뢰성), 고박상태를 포함한 화물의 특성, 취급 및 관리, 증서
육상 관리	고용정책, 안전정책 및 철학(문화, 태도 및 신뢰), 안전관리의 위탁, 휴가기간의 계획수립, 일반관리정책, 항만 입출항계획의 수립, 계약/업체 조건 및 합의사항, 직무의 할당, 육상/선박간의 통신
외부 영향 및 환경	기상 및 해상상태, 항만 및 통항의 조건(선박통항관제, 도선사 등), 통항 빈도, 결빙상태, 선주와 선원을 대표하는 조직, 규정, 검사 및 점검(국제적, 국가, 항만, 선급 등)
작업 및 생활 환경	자동화 수준, 작업, 생활 및 휴식공간과 장비의 인체공학적 설계, 생활여건의 적합성, 휴식을 취할 수 있는 기회, 식생활의 적합성, 선체운동, 진동, 발열 및 진동의 수준

1) Shell & Reason Hybrid 모델

Shell모델[7]은 사고에 관련된 여러 요소의 상호작용을 검토하는데 이용되는 기법으로 사고관련자 자신의 Liveware(해기능력, 육체적·정신적·생리적 상태 등), Hardware(각종장비, 설비, 기계장치 등), Software(회사의 정책, 작업절차서, 컴퓨터 프로그램 등), Environment(기상상태, 근무환경 등) 사이의 결함을 밝힐 뿐 아니라, 복수의 사고 관련자 사이에 생긴 불일치 요소를 확인할 수 있다.

Reason 모델은 Shell 모델을 통해 수집한 자료들을 인과관계를 확인하여 사고의 경과과정을 확인할 수 있는 기법으로 Defences(최후 조치 미숙), Productive Activities(순찰 소홀 등 사고와 직접 연관된 사항), Preconditions(정비소홀 등 잠재적 요소), Line Managers(정비계획 부적절 등과 같은 안전관리 소홀), Decision Maker(회사의 재정상태 악화 등 회사의 안전정책에 영향을 미친 사항)의 5단계로 분류된다.

Fig. 1과 같이 Shell & Reason 통합 모델을 통하여 사고를 유발하는 불안전 행동(유해하거나 잠재적으로 안전하지 못한 조건들이 있는 상태에서 저질러진 과실 또는 위반), 조건(결과적으로 재난으로 되는 잠재성을 가지고 있는 어떠한 사건 또는 환경), 의사결정(명확한 결과적인 행위가 없지만 안전에 부정적인 영향을 주는 인간의 결정)을 확인할 수 있다.

2) GEMS 모델

GEMS(Generic Error Modeling System) 모델은8) 사고가 발생하기까지의 최초의 안전하지 못한 행동이나 의사결정에서 시작하여 그 행동이나 의사결정이 의도적인가 비의도적인가를 구별하며 고의위반(Violation), 착각(Slip), 망각(Lapse), 실수(Mistake)와 같은 과실의 종류를 파악할 뿐 아니라 최종적으로 구체적인 과실 유형을 결정하는 전체 4단계로 구성된 과실분류기법이다.

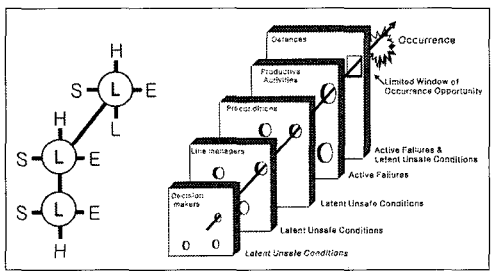

Fig. 1. Shell & Reason Hybrid Model
(L:liveware, H:hardware, S:software, E:environment)

고의위반(Violation)은 국제협약 및 법률에 명시된 안전규정이나 당초 계획을 고의적으로 지키지 않는 것이고 실수(Mistake)는 안전규정이나 당초계획을 고의적으로 어기지는 않았으나 실행계획을 세우면서 존재한 과실(판단오류, 부적당한 대응, 정보 전달 누락 등) 때문에 계획이 진행하는 도중에 사고가 발생하는 것이다. 착각(Slip)은 비고의적으로 충분한 주의를 기울이지 않아 사고가 발생한 경우이며 망각(Lapse) 비고의적으로 명령이나 해야 할 일을 깜박 잊어버려서 사고가 발생한 경우이다.

Fig. 2는 GEMS 기본 모델을 도식화 한 것으로 인간의 안전하지 못한 행동이나 의사결정에 의해 결국 사고를 발생하게 한 인간의 업무수행 형태로 기술기반(Skill-based)행동은 의식적 주의를 기울이지 않아도 자동적으로 하게 되는 익숙한 행동이다. 규정기반(Rule-based)행동은 임의로 정해진 업무에 맞추어 가기 위하여 약간의 주의와 정신자원이 필요한 행동이다. 그리고 지식기반(Knowledge-based)행동이란 정신자원을 총동원하여 실시간으로 문제를 해결해야 하는 행동이다.

3. 어선사고 분석 및 안전대책

3.1. 인명사고 분석

본 연구에서는 어선의 인명사고에 관한 인적과실의 인과관계 및 과실의 유형을 분석하기 위하여 1997년부터 2001년까지 발생한 어선 사고 총 55건의 재결서에 대하여 조사하였다. 재결서 내용을 분석하여, 각 사고의 원인과 관련성 정도를 Table 2의 분석 척도에 따라 추론하였다.

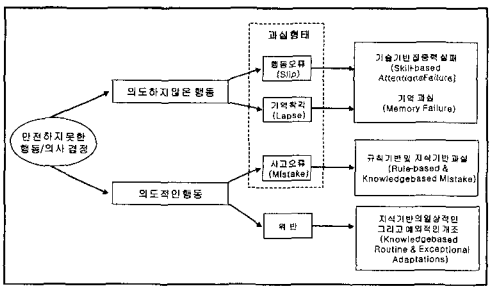

Fig. 2. Structure of GEMS model

Table 2. Scale of analysis

관련 척도	점 수
관련성이 아주 많다	2
관련성이 조금 있다	1
관련성이 없다	0

어선의 인명사고와 관련된 인적요소는 Fig. 3과 같이 개인(37.3%), 선내 조직(20.3%), 외부 영향(14.0%)의 순서로 나타났으며, 주요한 구체적인 내용으로는 사고발생 당시에 부여된 직무(개인요소), 선내 관리 및 감독(선내조직), 작업공간의 인체공학적 설계(작업), 정비상태(선박요소), 안전정책 및 철학(육상), 기상 및 해상상태(외부영향) 등이다.

Shell & Reason Hybrid 모델을 적용한 결과, 어선의 인명 사고에 관련된 여러 요소의 상호관계는 Fig. 4와 같이 L-E(사람-환경)가 38.5%로 큰 비중을 차지하였다. 사고의 경과 과정별로는 Table 3과 같이 부주의, 안전장비 미착용/복장불량, 비상신호 미비/감독자 미배치의 순으로 나타났다. Table 3에서 표현된

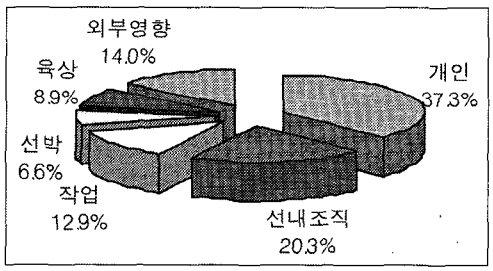

Fig. 3. Human factors affecting accidents

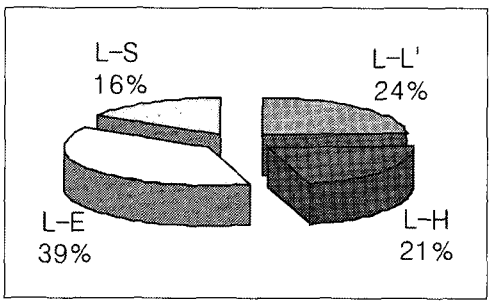

Fig. 4. Analysis of the accidents cause by Shell model

Table 3. Analysis of the accidents progress by Reason model

사고의 경과	점 수
Defences	부주의 (73.1%)
Productive Activity	안전장비 미착용/복장 불량(67.3%)
Precondition	비상신호 미비/감독자 미배치(59.2%) 사전점검 소홀(30.6%)
Line Manager	안전관리 절차(43.6%)
Decision Maker	재결서로는 확인 못함

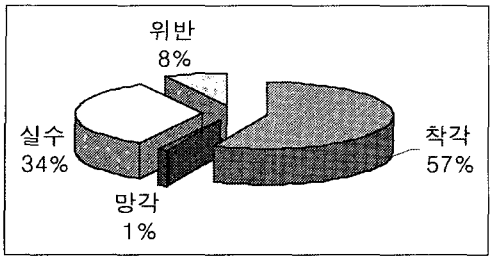

Fig. 5. Types of human errors

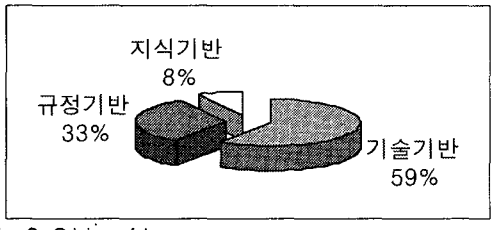

Fig. 6. Origins of human errors

백분율은 사고를 발생시킨 요인이 포함된 경과 과정을 분석한 것을 나타낸 수치로 중복이 허용되었다.

GEMS 모델을 적용한 결과, Fig. 5와 같이 사고는 승무원의 착각(57.0%) 및 실수(34.0%)로 대부분 발생하며, 이는 기술기반의 행동(59.3%) 및 규정기반의 행동(32.7%)중에 일어남을 확인할 수 있었다.(Fig. 6)

3.2. 어선사고 예방대책

어선 인명사고의 분석결과, 사고의 발생은 어업종사자의 자질 및 인식부족, 안전관리체계 미비, 선박 자체의 결함으로 발생하였다. 따라서 이 부분에 다음과 같은 보완책 마련이 시급하다.

1) 어업종사자의 자질 및 인식 향상

인명사고 분석 결과 개인에게 부여된 직무와 관련된 인적 요소와 선내의 관리감독 요소가 가장 영향이 큰 것으로 나타났다. 따라서, 어업종사자의 자질을 향상시키고, 선주의 안전관리에 대한 인식 변화가 수반되어야 할 것이다. 이를 위하여 다음과 같은 대책을 세우는 것이 필요하다.

첫째, 어선의 해기사 면허 취득시험에서 안전관리 영역의 배점을 현재보다 증가시킬 필요가 있다.

둘째, 쉽게 이해되는 사례중심의 안전관리교재를 개발하고 방선교육을 실시하는 등의 선원교육훈련을 실시할 필요가 있다.

셋째, 안전에 대한 선주의 인식 변화를 위하여 선주들에 대한 정기적 안전의식 강화교육을 실시할 필요가 있다.

이러한 과정은 안전에 대한 개인의 능력을 향상시켜 부주의, 안전장비 미착용, 착각 및 망각 등의 인적과실 및 기술기반 행동의 제어에 효과적일 것으로 판단된다.

2) 안전관리체계 수립

Shell & Reason Hybrid 모델 분석 결과 부주의, 안전장비 미착용, 비상신호 미비 등 전근대적 요인에 의한 사고가 많이 발생하는 것을 알 수 있다. 따라서 이러한 전근대적 사고 요인을 제거하기 위한 안전관리체계의 수립이 필요하다.

첫째, 회사별, 선종별로 적합한 안전관리체계를 구축할 필요가 있으며 이러한 부분에 대한 정부의 정책적 지원이 시급하다. 둘째, 어선의 출입항 관리 및 작업어선의 동태를 파악하여 해양사고 발생시 긴급지원이 될 수 있는 시스템 마련이 필요하다.

이러한 과정은 안전에 대한 조직의 능력을 향상시켜 안전장비 착용여부에 대한 점검, 위험작업에 대한 철저한 감독, 절차에 따른 작업이 진행을 가능하게 할 뿐 아니라 실수 등의 인적과실 및 규정기반 행동을 최소화하는데 효과적이라 할 수 있다.

3) 제도적 선박 검사의 강화

GEMS 모델 분석 결과 기술기반과 규정기반의 행위에 의해서 대부분의 사고가 발생하는 것으로 나타났다. 이는 법적, 제도적 안전관리의 강화가 필요한 것을 나타낸다. 특히, 선체, 어구 장비, 안전 장비 등의 검사 강화를 통한 기술기반과 규정기반 행위에 의한 재해예방이 필요하며, 이러한 검사 강화를 통한 Hardware 및 Environment에 의한 사고의 발생율을 감소시킬 것으로 사료된다.

4. 결론 및 제안

어선의 인명사상 예방프로그램 구축에 필요한 기초 자료를 확보하고자 어선의 인명사고에 관한 총 55건에 대해 인적과실 관점에서 조사하고 예방대책의 방향을 고찰한 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 어선의 인명사고에 관련된 인적요소는 개인, 선내조직, 외부영향, 작업, 육상, 선박의 순서로 나타났으며, 주요한 구체적인 내용으로는 사고발생 당시에 부여된 직무(개인요소), 선내 관리 및 감독(선내조직), 작업공간의 인체공학적 설계(작업), 정비상태(선박요소), 안전정책 및 철학(육상), 기상 및 해상상태(외부영향) 등이다.

둘째, Shell & Reason Hybrid 모델을 적용한 결과, 어선의 인명 사고에 관련된 여러 요소의 상호관계는 L-E, L-L', L-H, L-S의 순으로 큰 비중을 차지하고 있었고 사고는 부주의, 감독자 미배치 혹은 사전점검 소홀, 안전관리 절차 미비 등으로 인해 많이 발생하였다.

셋째, GEMS 모델을 적용한 결과, 인명사고에 있어 인적과실은 승무원의 착각, 실수, 고의위반, 망각의 순으로 발생하며, 이러한 사고의 대부분은 기술기반의 행동 및 규정기반의 행동의 문제로 발생함을 확인하였다.

넷째, 어선의 인명사고를 줄이기 위해서는 어업종사자의 자질 및 안전의식 향상, 안전관리체계 수립, 선박검사의 강화가 필요하다.

감사의 글 : 이 논문은 2002년도 부경대학교 기성회 학술연구비에 의해 연구되었음

참고문헌

1) 중앙해양안전심판원, 해양안전심판사례집, 1997~2001.
2) Marvin C. McCallum, Mirelle Raby, Anita Rothblum, "Procedures for Investigating and Reporting Human Factors and Fatigue Contribution to Marine Casualties", USCG Report CG-D-09-97, 1996.
3) 김상수, 선박충돌사고의 조사모델 개발에 관한 연구(인간과실을 중심으로), 한국해양대학교 박사학위 논문, 2004.
4) 임현교, 장성록, 김주홍, 재해예방을 위한 사업장 불안전요인의 유형 예측. 한국산업안전학회지, 제9권, 제2호, pp. 26~32, 1994.
5) 장성록, 황진태. 배동철, 인적오류에 의한 항공사고 분석, 부경대학교 논문집, 제6권, pp. 307~312, 2001.
6) IMO Res A.884(21), Appendix 2 (Guidelines for the Investigation of Human Factors in Marine Casualties and Incidents), 4 Feb.2000.
7) 양찬수, 해양사고의 인자에 대해서(인적요소를 중심으로), 선박해양기술, 제37호, pp. 99~111, 2004.
8) 양원재, 고재용, 금종수, GEMS모델을 이용한 선박충돌사고의 인적과실 유형 분석, 한국항해항만학회지, 제28권, 제3호, pp. 161~167, 2004.