

인적 요인을 중심으로 한 해양사고 분석 및 예방 연구

(예부선 사고사례를 중심으로)

A Study on the Analysis and Prevention of the Human-related Marine Accidents

김흥태^{*,} 나성^{*}

Hong-tae Kim^{*,} Sung Na^{*}

ABSTRACT

Despite the development of the various navigational equipment, such as GPS, ARPA, ECDIS, AIS, VDR, and hull monitoring system, marine accidents are still a leading concern in shipping industry. For all accidents over the reporting period, approximately 60 to 80% of the accidents was involved in human error. It means that in each case, some events which were associated with human error initiated an accident, and those failures of human performance led to the failure to avoid an accident or mitigate its consequences. However, the improvement and the effort on the maritime human error are still limited in an elementary step. The objective of this paper is to propose a modified Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) model in order to analyse the collision accidents of tug-barge ship.

※ Keywords : 해양사고(Marine Accident), 인적 요인(Human Element), 인적 과실(Human Error)

* 한국해양연구원 해양안전방제기술연구부

† 논문 주저자

1. 서 론

최근 들어, 선박의 자동화 및 현대화의 진전에 따라 인공위성 항법장치(satellite navigational receivers), 알파 레이더(ARPA radar), 선체감시 장치(hull monitoring system), 선박자동식별 장치(automatic identification system), 선박 항해기록장치(voyage data recorder) 등이 도입되거나 도입이 검토되고 있어 하드웨어적인 발전은 계속되고 있으나, 인간중심의 소프트웨어적인 요소에 대한 개선은 아직까지 초보단계에 머무르고 있다(김홍태 등, 2009). 반면, Fig. 1에서 보는 바와 같이 인적 요인(human element)과 하드웨어 요인에 의한 사고발생을 비교해 보면, 과거에는 기계고장으로 인한 사고가 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있으나, 최근에는 과학기술의 발전 등으로 인한 고장률의 감소로 기계고장으로 인한 사고보다는 인적 과실(human error)에 의한 사고가 많은 부분을 차지하고 있다.

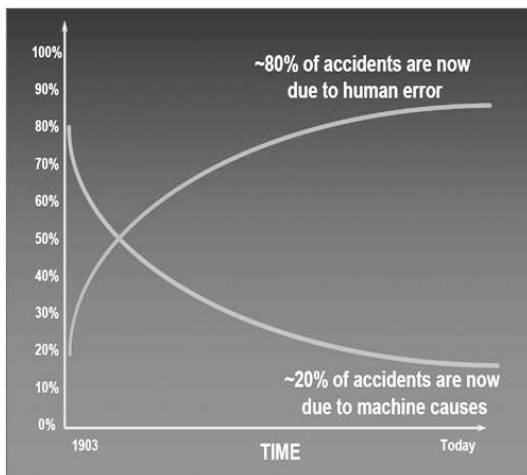


Fig. 1 인적 요인과 하드웨어적 요인에 의한 해양사고 발생의 비교

국내외 대부분의 해양사고 통계에서 인적 요인으로 인한 사고의 비율이 60%~80%로 보고되고 있다. 국제해사기구(International Maritime Organization ; 이하 IMO)에서는 이러한 해양사고의 75%이상이 인간 과실(human error)과 조직의 문제(organizational factor)에 의해 발생한다고 보고하고 있다(IMO, 1994). 최근 발간된 2008년 해양사고 분석보고서(중앙해양안전심판원, 2009)에 의하면, 국내 해양사고별 원인으로 운항 과실이 약 62%를 차지하는 것으로 나타났고, 충돌 사고의 경우 95% 이상이 운항과실에 기인한 것으로 특히 경계소홀과 항행법규 위반이 대다수를 차지하는 것으로 나타났다. 결국 해양사고 발생의 원인 중 인적 요인을 줄이는 것이 해양사고를 획기적으로 줄이는 방법의 하나가 될 것이라고 판단되고 있다. 하지만, 이러한 인적 요인에 의한 해양사고들이 전적으로 직무수행자 혼자만의 과실에 의하여 발생한다고는 볼 수 없으며, 이는 직무수행자의 행동에 영향을 미치는 외부환경, 운용상의 규정 및 절차, 관련 기계장비 또는 다른 작업자와의 관계 등과 같은 요인들의 결합에 의하여 발생하는 사고라고 할 수 있다.

이에, 본 논문에서는, 해양사고의 발생에 영향을 미치는 인적 요인에 대한 분석 및 평가를 위한 과정 중, '위해요소 파악' 과 '위험성 평가' 단계에서 HFACS 모델의 적용 가능 여부를 검토하기 위하여, 새로 구성된 HFACS 모델을 제안하였고, 이를 예부선 충돌사고의 인적 요인 분석에 시범적으로 하였다. 또한 인간의 위험인지와 위험대처과정 모델을 제시함으로써, 해운사에서 각종 선박사고와 Near miss 등의 분석시 체크리스트 또는 설문형식으로 간소화한 HFACS 모델을 활용하는 방안을 제시하였다.

2. 인적 요인 분석 기법

2.1 인적 과실 관련 이론

Formal Safety Assessment(FSA) 지침서에 의하면 선박에서의 인적 과실은 선원의 능력이 직무를 성공적으로 끝마칠 수 있기 위하여 필요한 수준 아래로 떨어질 때 발생한다고 보며, 이는 직무수행자의 능력 부재 때문이라기보다는 불리한 상황들에 의하여 직무수행자의 능력이 방해를 받았기 때문이라고 정의하고 있다(IMO, 2007). 이러한 의견을 뒷받침하는 이론으로는 Shell 모델, 도미노 이론 및 스위스 치즈이론 등을 예로 들 수 있다.

Fig. 2의 SHELL 모델은, 미국의 항공심리학자인 에드워드의 SHELL 모델에 또 다른 작업자(L)와의 관계를 추가함으로써, 프랭크 홉킨스(Frank Hawkins)에 의해 개선되어진 모델로 작업자인 인간(L)과 기계, 장비 등 하드웨어(H)와의 관계, 운용상의 규정 및 절차 등을 나타내는 소프트웨어(S)와의 관계, 환경(E)과의 관계 그리고 또 다른 작업자인 인간(L)과의 상호관계를 도식으로

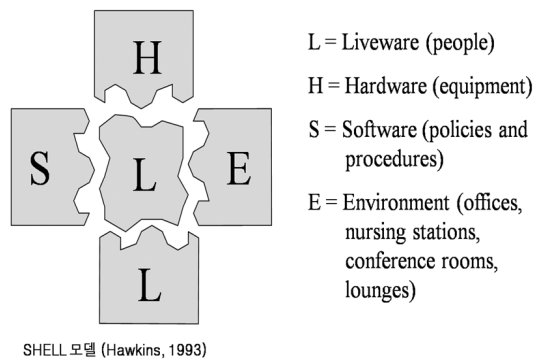


Fig. 2 SHELL 모델

설명하고 있다.

도미노(domino)이론은 하인리히(H.W. Heinrich)가 제안한 모델로, 재해가 발생하는 과정이 도미노의 연쇄적 붕괴 과정과 비슷하다고 보고 이를 재해발생 모델로 정립한 것으로, 재해라는 것은 일련의 시간 축 상의 여러 사건들의 연속적 작용에 의해 나타나는 것이다. 이러한 연속적 작용 중, 가정환경과 사회환경의 결합은 재해발생의 최초 원인이다. 이러한 원인들이 개인결함으로 연결되고, 이것에 의해 인간의 불안정한 행동이나 불안정한 상태가 나타날 때 사고가 발생하게 되고, 이러한 사고는 이어서 재해로 연결될 수 있다.

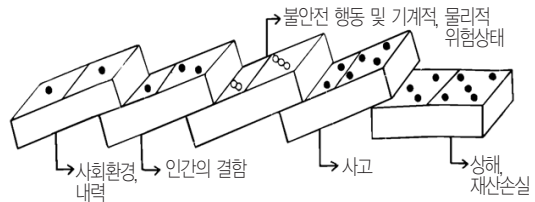


Fig. 3 도미노 이론

스위스 치즈이론은 인적 과실 연구의 대가인 리즌(James Reason)이 사고 발생과정을 가운데 작은 구멍들이 뚫린 스위스(Swiss) 치즈들을 가지고 설명한 것으로, 보통 사고는 연속된 일련의 인적 과실에 의해 발생하는 것이 일반적이고, 사고 이전에 오래 전부터 사고 발생과 관련한 전조가 있게 마련이라고 언급하고 있다. 이 모델에서는 사고의 방지를 위해 인적 과실의 방지를 가장 우선시하는데, 인적 과실의 방지를 위해서는 안전장치와 에러 방지 체계들의 결합을 최소화해야 한다.

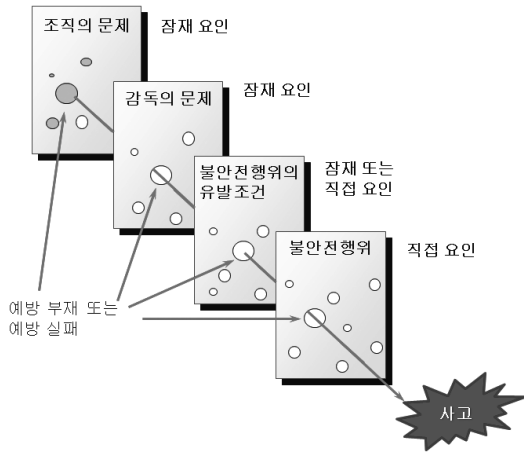


Fig. 4 스위스 치즈 모델

2.2 인적 요인 조사를 위한 국제해양사고 조사코드

IMO에서는 제20차 총회(1997년 11월 27일)에서 “해양사고 조사코드(Code for the Investigation of Marine Casualties and Incidents : IMO Res. A.849(20))”를 채택하였다. 그리고 3년 후에는 인적 요인을 포함한 새로운 조사코드(IMO Res. A.884(21))를 채택하였다. 즉, 이를 통해 국제협력을 얻어내 해양사고의 원인을 규명하고 앞으로 유사 해양사고를 막아보자는 것이 이 결의문의 목적이다. IMO의 “해양사고 조사코드”에서 “인적 요인의 조사절차(IMO Res.884, 부속서1)”를 정리하면 다음과 같다(양찬수, 2004).

Fig. 5는 해양사고 보고절차를 포함한 해양사고 조사코드 개정안을 정리한 것이다. 기국은 기본적으로 해난사고 조사를 위한 코드를 사용해야 하며, 동(同)코드는 해난사고의 원인 및 그 잠재성을 정확히 확인하기 위하여 사고조사에 대한 표준 접근방식을 제공하는 것을 목적으로 하고 있다.

“인적 요인의 조사에 관한 지침안”은 해난사고시 인적 요인의 조사에 관한 IMO/ILO 공동작업반에 의해 개발되었다.

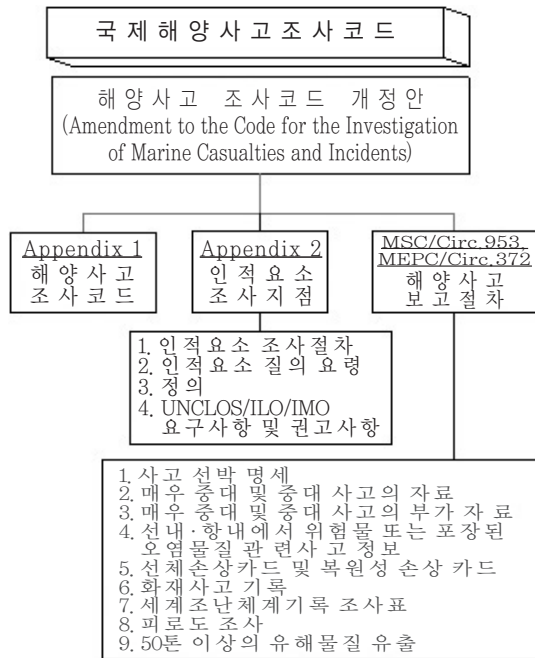


Fig. 5 IMO의 국제해양사고조사코드

인적 요인 조사절차는 해양사고 시에 인적 요인의 조사를 위해 사용할 수 있도록 단계별 그리고 체계적인 접근방법을 제시하고 있다. 이 과정은 기존의 인적 요인에 관한 틀의 여러 가지 요인들을 종합하여 채택한 내용으로 구성되어 있다. 이 절차는 해양사고(marine casualty 및 marine incident) 모두에 적용할 수 있는 내용사건이며 여기에는 Table 1과 같은 6단계로 구성된다. 또한 이 절차는 여러 종류의 인적 요인 구조에 관한 SHELL(Hawkins, 1987), Reason(1990)의 사고 인과관계 및 GEMS(generic error-modeling

system) 및 Rasmussen의 과실분류법 등의 이론들을 결합한 것이다.

제1단계에서의 체계적인 접근법은 매우 중요한데 이는 중요한 정보를 간과하지 않고 종합적인 분석이 가능하도록 하는 과정이기 때문이다. 제2단계에서는 1단계에서 얻은 자료들을 유기적으로 연결시켜 사건의 발생과정을 만들어간다. 3단계에서는 수집하고 정리한 정보를 이용해 사고유발 요소들을 찾아낸다. 우선 위험한 행동이나 상황 및 불안정한 의사결정에 대해서 판별하고 그 발생과정을 추적한다. 제4단계에서는 식별된 각각의 안전하지 못한 행위 또는 결정에 포함되어 있는 실수 또는 위반의 형태를 규명하는 과정이다. 제5단계에서는 안전하지 못한 행위, 결정 또는 조건들의 배후에 숨어있는 요소들을 찾아내는 것에 초점을 맞추고 있다.

조사가 필요하다는 점을 언급할 수 있다. 최종적으로 제6단계에서는 안전에 관한 잠재적인 문제점을 식별하는 일과 식별된 숨어 있는 요소들을 근거로 하는 안전한 행위를 권고하는 것이다.

이는 제3단계에서 제5단계까지는 조사과정에서 매우 유익한 것이다. 왜냐하면 숨어있는 안전하지 못한 조건들을 가지고 있기 때문이다. 제6단계, 즉 잠재적인 안전에 관한 식별하는 것은 어떠한 요소가 숨어있는 요소로서 식별되는가에 관한 광범위한 내용을 담고 있는 것이다. 가끔 자연적으로 발생할 수 있는 사항의 결과가 안전하지 못한 조건이 될 수 있다. 그러한 때에는 조사자가 3단계에서 6단계로 바로 넘어갈 수 있다. 다른 경우에는 안전하지 못한 행위 또는 의사결정이 그 자체가 잘못을 저지르기 쉬운 안전하지 못한 조건으로 인하여 발생할 수 있으며, 그러한 경우에는 조사자는 3단계에서 6단계를 거쳐야 한다.

Table 1 인적요인의 조사 단계

단 계	내 용	모 델
제1단계	사고관련 정보 수집	SHELL 모델
제2단계	사고발생과정 규명	SHELL & Reason Hybrid 모델
제3단계	안전하지 못한 행동, 의사 결정 및 상황을 확인	
제4단계	과실 또는 위반 유형 분류	GEMS 프레임워크
제5단계	숨어있는 요소의 식별	
제6단계	내재하는 안전문제 관련	

이 과정의 가장 중요한 점은 각각의 숨어 있는 요소들에는 하나 또는 그 이상의 안전하지 못한 행위, 결정 또는 조건들이 연계되어 있다는 개념이다. 각 단계별 재조사 과정에서 어떠한 추가적인

2.2 해양사고의 인적 요인 분석을 위한 Maritime HFACS 모델

본 연구에서는 항공 산업에서 사용되는, Swiss Cheese 이론을 기반으로 한 HFACS 모델을 해양 사고관련 인적 요인 분석 목적으로 사용하기 위하여 새로운 HFACS 모델로 재구성해 보았다. Fig. 6에서 보는 바와 같이, 항공 산업의 HFACS 모델은 ‘운영자의 불안정한 행위’, ‘불안정한 행위의 전제 조건’, ‘불안정한 감독’과 ‘조직의 영향력’의 4부분으로 분류되어진다.

이를 바탕으로, IMO의 해양사고조사에 관한 코드(IMO, 2000)에서 제시되어진, 인간 행동과 작업수행에 잠재적인 영향을 미치는 요인들을

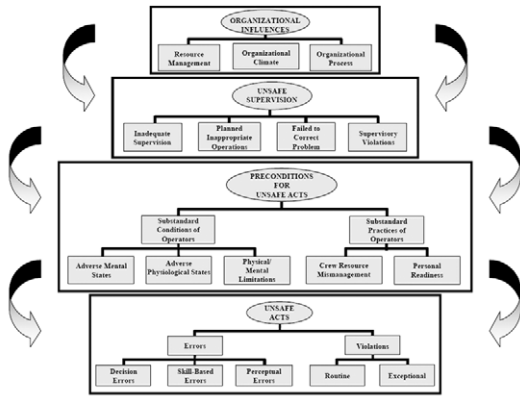


Fig. 6 HFACS 모델

‘인간요인’, ‘선박요인’, ‘작업 및 생활환경’, ‘선내 조직’, ‘육상에서의 관리’와 ‘외부적 영향 및 환경’으로 분류한 도표(Fig. 7 참조)와 인간의 행동을 ‘고의적 행동’과 ‘비 고의적 행동’으로 분류한 GEMS 프레임워크(Fig. 8 참조)를 참조하여, Fig. 9와 같이 ‘위험행동’, ‘위험행동의 전제조건’ 그리고 ‘선사에서의 운영/관리’의 3부분으로 분류한 Maritime HFACS 모델을 구성하였다.

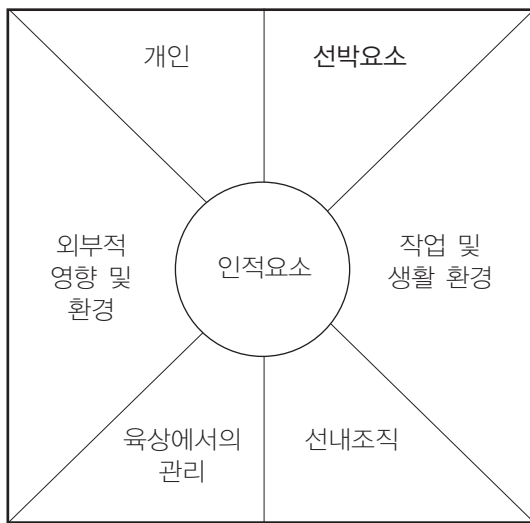


Fig. 7 인적 요인에 영향을 미치는 요인들

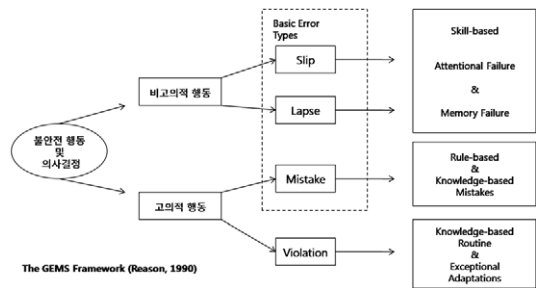


Fig. 8 GEMS Framework

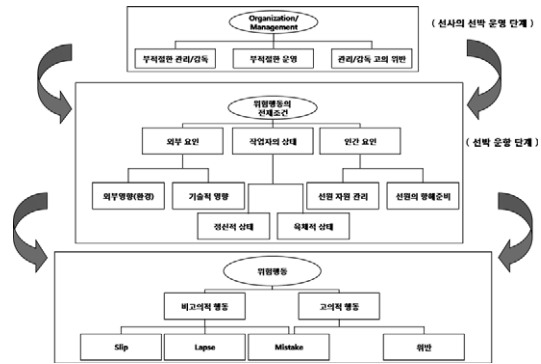


Fig. 9 Maritime HFACS 모델

새로운 HFACS 모델의 최상위에 위치한 제 1수준은 선박회사 관점에서의 선박운영 단계로 선원 또는 선박장비에 대한 ‘부적절한 관리/감독’, 선박운영에 있어서의 ‘부적절한 운영’과 선사 측에서의 선박 ‘관리/감독상 고의 위반’의 3부분으로 분류하였다. 제 2수준에서는 선상에서 발생할 수 있는 위험행동의 전제조건으로, 환경적 외부 영향과 기술적 영향으로 분류된 ‘외부요인’, 정신적 상태와 육체적 상태로 분류된 ‘작업자의 상태’ 그리고 선원자원 관리와 선원의 항해 준비상태로 분류된 ‘인간요인’의 3부분으로 분류하였다.

제 3수준에서는 해양사고에 직접적인 원인을 제공하는 작업자의 위험행동들을 분류하기 위하여,

작업자의 행동을 고의적인 행동과 비고의적인 행동으로 나누는 GEMS Framework를 도입하여 Slip, Lapse, Mistake와 Violation으로 분류하였다. 작업수행에 영향을 미치는 작업자의 행동은 학습과 경험을 통해 Knowledge-based, Rule-based 그리고 Skill-based 행동으로 발전한다 (Michelle Grech et al., 2008). 이러한 행동발달에 따른 Skill-based 과실로는 Slip과 Lapse가 있으며, Slip은 상황을 제대로 이해하고 행동선택도 옳지만 순간적인 주의실패로 행동자체가 잘못 실행된 경우를 나타내고 Lapse는 순간적인 기억 실패로 인한 행동 불이행을 나타낸다. Mistake는 상황을 제대로 이해하지 못하거나 편견으로 인한 부정확한 행위계획을 나타내는 Knowledge-based 과실과 자신이 처한 상황에 대한 과도한 자신감이 있을 때 발생하는 Rule-based 과실을 포함한다. 마지막으로 Violation은 규정이나 절차를 고의로 위반하는 경우를 나타낸다.

이와 같이 작업자의 위험행동들을 Knowledge, Rule-based 과실과 Skill-based 과실 형태로 분류한 목적은 각 위험행동으로 인한 위험성을 제어하기 위한 방안을 달리하여 그 위험성제어 방안의 효율을 높이기 위함이다. 예를 들어 어떠한 위험행동을 제어하기 위한 방안으로 시뮬레이션 교육을 실시할 경우 Knowledge, Rule-based 과실에 의한 위험행동에 대하여는 그러한 위험행동을 유발시키는 상황들을 분석하여 반복훈련을 시키는 것이 효과적일 수 있다. 하지만 Skill-based 과실에 의한 위험행동의 경우 작업자가 학습 또는 경험에 의하여 그 위험상황에 대해 잘 이해하고 있으나, 다만, 순간적인 주의실패 또는 기억실패로 인하여 발생한 과실이기에 때문에 반복

학습 보다는 위험상황에 대한 작업자의 주의력 향상을 위한 교육이 더욱 효과적일 수 있을 것이다.

3. 인간의 위험인지와 위험대처과정 모델

원자력 산업에서 사용되고 있는 AGAPE-ET의 5단계 인지기능인 직무인식, 정보수집, 상황판단, 계획 및 의사결정, 직무수행 단계를 참조하여 Fig. 10과 같이 6단계로 인지기능을 분류하였다 (김재환 등, 2003).

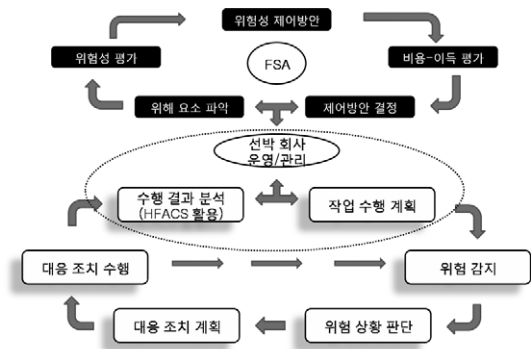


Fig. 10 인간의 위험인지와 위험대처과정 모델

선상에서 발생하는 작업자의 인지기능을 살펴 보면 ‘위험감지’, ‘위험상황판단’, ‘대응조치계획’, ‘대응조치수행’의 단계가 순환적으로 일어나고 있다고 볼 수 있다. 예를 들어 하나의 선박이 방위 변화 없이 본선에 접근하고 있다고 가정한다면, 당직 항해사는 충돌의 위험을 감지하고 주변의 선박 밀도, 육지와와의 거리, 선위 확인 등 주변상황을 고려하여 위험상황을 판단할 것이다. 이와 같이 위험상황을 판단한 후 당직 항해사는 그 충돌 위험을 회피하기 위한 동작을 언제 그리고 어떠한

방식으로 취할 것인지 계획을 세우고 적절한 시점에 이를 수행할 것이다. 이러한 인지기능 단계에 추가적으로 작업 전 ‘작업수행계획’ 단계와 위험 상황에 대한 대응조치를 수행하고 그 위험상황이 종료된 후 시행하는 ‘수행결과분석’ 단계를 포함시킬 수 있다.

‘작업수행계획’은 선박의 상태, 선원의 능력, 기타 외부요인 또는 작업의 복잡성, 부담/지루함 등을 고려하여 정상 또는 비상 상황을 예측함으로써 작업수행 전 작업에 대한 계획을 수립하는 것을 뜻한다. ‘위험감지’는 미리 여러 가지 상황을 예측하여 작업수행계획 단계에서 수립되어진 작업 계획에 어긋나거나 악 영향을 미치는 위험을 감지하는 것으로, 작업자가 위험을 발생시키는 여러 대상 중 하나의 대상에 대해서만 주의를 기울이는 경우 또는 위험 대상이 아닌 다른 대상에 주의를 기울이는 경우 등과 같은 인적 과실에 주의하여야 한다. ‘위험상황판단’은 교육/훈련과 작업자의 직무에 대한 경험 등을 바탕으로, 감지된 위험 상황을 정확하게 판단하는 것으로, 작업자의 위험에 대한 과소/과대 반응과 작업자가 위험을 감지했지만 위험상황을 오해하는 경우 등에 주의하여야 한다. ‘대응조치계획’은 위험상황을 극복하기 위한 대응조치들을 파악 및 평가하는 단계이며, ‘대응조치수행’은 파악된 대응조치 계획 중 가장 적절한 조치를 수행하는 단계로 조치 수행의 시점이 중요하다 할 수 있다. 이러한 인지기능 단계의 순환으로 인하여 위험상황이 소멸(사고 발생 또는 사고 방지)된 후 ‘수행결과분석’ 단계에서 작업자가 행한 행동들, 작업자가 그러한 행동을 하는데 영향을 미친 잠재 요인들 그리고 발생했던 위험상황들을 분석하고 그 결과를 다음

작업수행계획 단계에 반영함으로써 차후 보다 나은 작업수행 과정의 형성을 통한 작업안전성 향상을 이룰 수 있을 것이다.

위와 같은 인간의 인지기능 단계 중 수행결과 분석 단계에 간소화 된 HFACS 모델을 활용하여 각종 사고 및 Near miss 등을 분석함으로써, 해양사고에 영향을 미치는 인적 과실과 이러한 인적 과실에 영향을 미치는 잠재된 위험요소 및 선박회사의 운영/관리 단계에서의 개선사항 등의 파악이 용이할 것으로 보인다. 또한, 수행결과 분석 단계와 작업수행계획 단계를 선박회사에서 관리함으로써 선원의 선상작업 효율을 높일 수 있고, 이러한 작업수행 결과분석 과정을 지속적으로 유지할 경우 해양사고에 영향을 미치는 인적 과실에 대한 신뢰도 높은 데이터 축적이 기대되어진다. 이러한 데이터는, 해양사고 제어방안 마련을 위한 각종 위험성평가 수행 시, 보다 신뢰도 높은 평가결과를 얻는데 기여할 수 있을 것이다.

4. 예인선 충돌사고에 적용

타 선종에 비하여 예부선 결합선박의 해양사고는 날로 증가하고 있는 추세이며, 특히 선미 예선에 따른 조종성능 제한으로 인한 충돌 및 좌초 사고의 발생이 두드러지게 나타나고 있다. 해양안전심판원의 해양사고조사통계 중 2008년도에 발생한 예부선 사고유형별 통계에 의하면, 충돌 사고가 36건으로 전체 예부선 사고의 44%를 차지하고 좌초사고가 11건으로 13%를 차지한다고 보고되어있으며, 또한, 이러한 사고의 많은 부분이 운항과실 등 인적 과실에 기인한 것으로 보고되고 있다.

해양사고의 인적 과실 분석을 위하여 새로이 구성된 HFACS 모델을 예인선 충돌사고에 적용하기 위하여 허베이스피리트 사고 예인선단과 관련하여 보고된 사고발생 원인을 바탕으로 몇 가지 위험행동들을 다음과 같이 추정하였다.

- 기상예보 오판 (예보해역)
- 무리한 출항 감행
- 비상 투묘 등 안전조치 불이행
- 무리한 침로 변경 (예인 줄 파단)
- VHF 청취의무 미 이행
- 타 선박과의 통신 지연
- VHF 호출 시 무응답
- 비상시(악천후 등) 선장 직접조선 미 이행
- 예선간 통신 부적절
- 해상교통관제센터에의 보고지연(항행불능 시, 예인줄파단 시)
- 예부선 선단의 지휘체계 부적절
- 기상 악화 (예항능력 저하)
- 예인 줄 마모

위와 같은 추정원인들을 각 수준별로 분류하여 적용시킨 결과는 다음 Table 2와 같다. Table 2에서 볼 수 있듯이 첫 번째 줄에 나타난 작업자의 위험행동인 ‘무리한 출항 감행’은 2수준의 위험행동의 전제조건 단계의 작업자의 상태-정신적 상태-상황판단 부족으로 인한 기상오판에 의하여 발생하였고, 1수준의 선박회사에서의 선박운영 측면에서 보면 Time pressure에 의하여 2수준의 상황판단 부족으로 인한 기상오판이 발생하고 이로 인하여 작업자가 무리한 출항을 감행 하였다고 볼 수 있다.

Table 2 추정원인의 각 수준별 적용

추정원인	3수준	2수준		1수준	
무리한 출항 감행	Mistakes	기상오판 (상황판단부족)	Mental states	Operator의 상태	무리한 출항 (Time Pressure) 운영
타선박과의 통신지연	Mistakes	선박간 통신 (상황판단부족)	Mental states	Operator의 상태	(선원교육) 관리/감독
예선간 통신 부적절	Mistakes	예선간 통신 부적절	선원자원 관리	Personnel Factors	선박운영 체제미흡 운영
관제센터와의 보고지연	Mistakes	위험상황보고 (상황판단부족)	Mental states	Operator의 상태	(선원교육) 관리/감독
무리한 침로 변경	Mistakes	예인줄 무리한 침로변경(상황판단부족, 서두름/당황)	Mental states	Operator의 상태	(선원교육) 관리/감독
비상투묘 불이행	Mistakes	기상악화 비상투묘 (상황판단부족)	Mental states	Operator의 상태	(선원교육) 관리/감독
VHF 호출시 무응답	위반	선박간 통신 (상황판단부족)	Mental states	Operator의 상태	(선원교육) 관리/감독
VHF 청취의무 미이행	위반	비상 통신 (상황판단부족)	Mental states	Operator의 상태	(선원교육) 관리/감독
기상악화	-	기상악화	외부영향	Environment Factors	-
예인줄 마모	-	예인줄 마모	Ship factor	Environment Factors	선박장비관리 관리/감독

이와 같은 방식으로 2007년도 해양안전심판원의 심판 사례 중 예부선 충돌사고 재결서를 참조하여 분석한 예부선 사고 7건과 위에서 분석한 허베이스피리트호 관련 예부선 사고(총 8건)를 Fig. 11과 같이 HFACS 모델에 시범 적용시켰다(국토해양부 중앙해심, 2008).

사고 사례 분석결과에 의하면 작업자(당직자)의 위험행동으로는 경계소홀 관련이 4건으로 가장 많았고, 안전속력 미준수, 조기피항/충돌회피 동작 불이행, 지정항로 미준수 등 항법관련 사항과 예인선단간 통신, 예선과 타 선박간 통신, 관제센터에의 보고 등 통신관련 사항이 많이 발생한 것을 알 수 있다. 또 다른 한 가지 주요 사항으로는 사전 항해 계획, 작업 중 예인방법 그리고 예인 중 주의해야 할 사항에 관한 설명 또는 협의의 부족 등이 두드러지게 나타나고 있다.

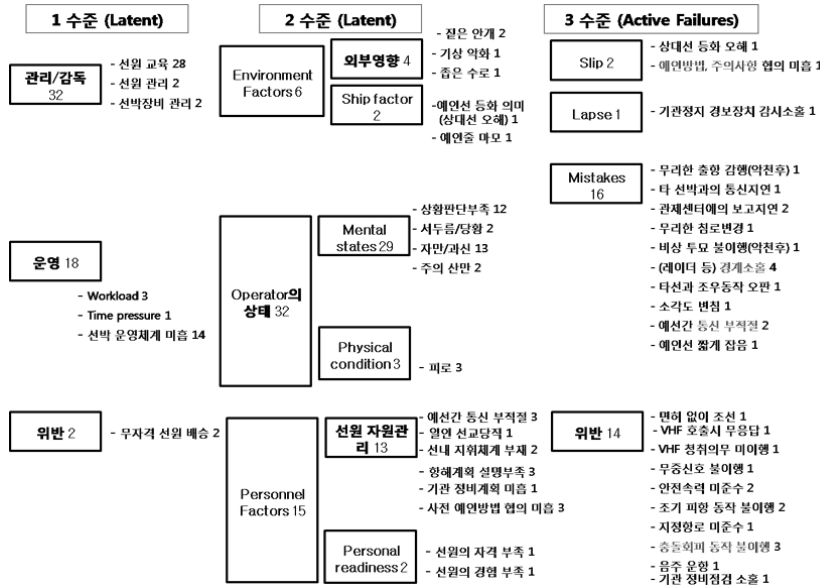


Fig. 11 예부선 충돌사고(허베이 스피리트호 사고 및 7개 예부선 사고) 적용의 예

예보 오판 등을 들 수 있고, 선원 관리 사항으로는 무자격/경험부족 선원 배승, 선박 장비관련 사항으로는 기관 및 갑판장비 정비/점검 지침 미비 등을 들 수 있다. 부적절한 운영으로는 Work-load-선장의 항해 당직 배치 등, Time pressure-무리한 출항 감행, 선박 운영 체계-예연선단 지

분석결과를 그룹별로 살펴보면, 위험행동으로는 Mistakes와 고의적인 위반사항이 각각 16개와 14개로 많이 발생하였고, 위험행동의 전제조건으로는 작업자의 상태 중 상황판단부족과 자만/과신 등 작업자의 정신적 상태 부분 관련내용이 29개로 많은 부분을 차지하고 있다. 선박회사의 예부선 운영/관리 측면에서는 선원과 선박장비의 관리/감독 부분에서 작업자(항해당직자)의 항해당직과 항법관련 사항에 대한 교육 부족이 두드러지게 나타났으며, 선박운영 부분에서는 예연방법 또는 항해계획수립 등에 대한 선박의 운영체계 확립이 시급한 것으로 나타나고 있다.

조사한 8개의 예부선 충돌사고에서 파악된 사항 중 1 수준, 선박의 운영 및 관리/감독 관련사항을 살펴보면, 부적절한 관리/감독의 선원교육 측면에서 항법 미 준수, 항해 중 위험상황 발생 시 선장 또는 관제센터에의 보고 미 이행, 음주운항, 기상

회체계 마련 미비, 항해 전 항해계획 설명체계 미비, 사전 예연방법 협의체계 미비 등이 두드러지게 나타났으며, 선박회사의 고의적 위반으로는 무자격 선원 배승이 한건 나타났다.

Fig. 12에서는 이러한 각 수준별 위해요소들의 상관관계를 나타내고 있다. 각 위험행동에 대한 단계별 연관성 분석을 통하여, 위와 같이 파악된 수준별 위해요소들로 인하여 발생할 수 있는 또 다른 위험행동들을 유추할 수 있다. 예를 들어, 1수준의 Workload로 인하여 발생할 수 있는 2수준의 잠재적 과실 즉, 위험행동의 전제조건으로는 피로, 과다업무로 인한 불만, 직무에 대한 집중력 저하 등이 발생할 수 있으며, 2수준의 피로로 인하여 발생할 수 있는 위험행동으로는 약전후 등 비상시 선장의 직접조선 미 이행(예선의 경우 선장이 항해당직에 배치됨으로 인하여), 견시 태만, 당직 중 졸음 등을 유추할 수 있다.

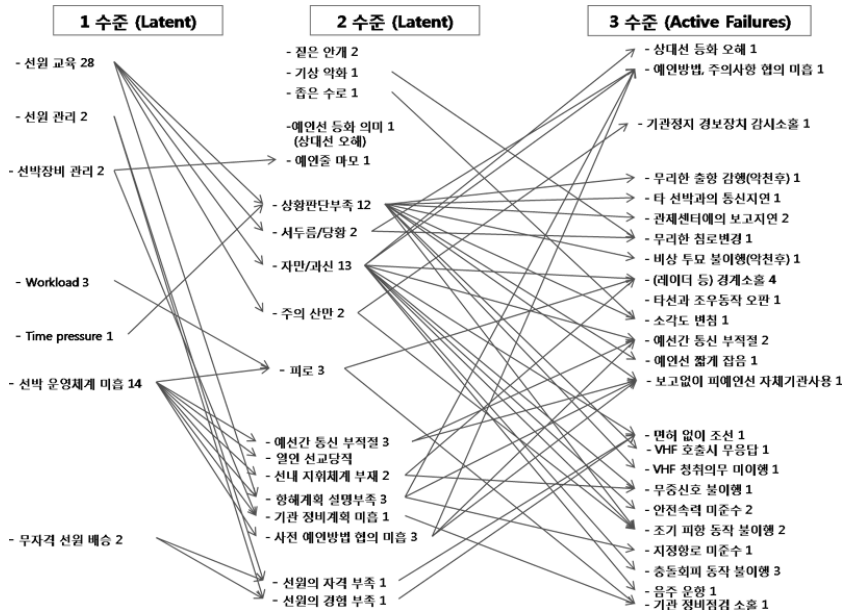


Fig. 12 수준별 요소들의 관계

하지만, 이와 같은 방식으로 하나의 사고 범주 (예, 충돌, 좌초, 화재 등)와 관련된 모든 위험행동과 이와 관련된 잠재적 과실들을 각 수준별로 파악할 경우 그 내용이 너무 방대해지는 경향이 있으므로, 먼저 하나의 사고 범주에 대한 위해요소를 파악한 후 FTA 또는 Bayesian network 등을 사용하여 정량적 분석을 통한 위해요소들의 위험성 등급을 결정하고, 결정된 등급에 따라, 중요 위해요소들에 대하여 이와 관련된 잠재적 위해요소 파악을 위한 세부분석을 시행할 때 HFACS 모델을 활용하는 것이 효율적일 것이다.

5. 결 론

해양사고의 60~80%가 인적 요인에 기인한다는 국내외 해양사고통계의 언급에도 불구하고, 이에 대한 연구 및 적용에 대한 노력은 매우 미흡한

실정이다. 즉, 인공 위성 항법장치(satellite navigational receivers), 알파 레이다(ARPA radar), 선체감시장치(hull monitoring system), 선박자동 식별장치(automatic identification system), 선박항해 기록장치(voyage data recorder) 등과 같은 첨단 항해장비가 도입되거나 도

입이 검토되고 있어 하드웨어적인 발전은 계속되고 있으나, 항해자 중심의 소프트웨어적인 요소에 대한 개발 및 노력은 아직 까지 초보단계에 머무르고 있다.

본 논문에서는, 해양사고의 발생에 영향을 미치는 인적 요인에 대한 평가를 위해 현재 활용되고 있는 이론 및 모델을 검토하고, 항공분야에서 활용되고 있는 HFACS 모델을 보완한 Maritime HFACS 모델을 개발하여, 예부선 사고사례에 시범 적용해 보았다. 또한 인간의 위험인지와 위험대처과정 모델을 제시함으로써, 체크리스트 또는 설문형식으로 간소화한 HFACS 모델의 선박회사 활용가능성을 제시하였다.

앞으로 FTA 또는 Bayesian Network 등을 활용하여 주요 인적 과실들을 파악하고, 본문에서 설명한 HFACS 모델을 보완함으로써 파악된 주요 인적 과실들의 발생에 영향을 미치는 잠재된 위해

요소들의 파악 및 분류를 위한 새로운 인적 요인 분석 모델을 구성할 수 있을 것으로 기대된다.

6. 후 기

이 논문은 국토해양부에서 지원하는 “신개념 인적사고 예방 및 관리기술 개발”과제와 한국해양 연구원의 기본 연구사업(PES129A)의 연구결과 중 일부임을 밝힙니다.

참고문헌

- (1) 김재환, 정원대, “원자력발전소 비상운전 직무의 인간오류분석 및 평가 방법”, 산업안전 학회지, 제18권 2호, pp. 104-118, 2003
- (2) 김홍태, 양찬수, ‘해양사고에서의 인간 과실 분석방안’, 해양안전지, 해양안전심판원, 2009
- (3) 양찬수, ‘해양사고의 인자에 대하여 ; 인적 요소를 중심으로’, 선박해양기술, 37호, 2004
- (4) 중앙해양안전심판원, “해양안전심판 사례집 (2007. 1. 1~12. 31)”, 11-1520595-000003-

- 10, 2008
- (5) 중앙해양안전심판원, 2008년 해양사고 분석 보고서, 2009. 3.
- (6) Hawkins, F.. Human Factors in Flight, Aldershot, Gower Technical Press Ltd., 1993.
- (7) IMO, “Better standards, training and certification: IMO's response to human error”, IMO news, 1994.
- (8) IMO, “Amendments to the Code for the investigation of marine casualties and incidents”, A 21/Res. 884., 2000
- (9) IMO, “Consolidated text of the Guidelines for Formal Safety Assessment(FSA) for use in the IMO rule-making process”, MSC 83/INF. 2, 2007.
- (10) Michelle Grech, Tim Horberry and Thomas Koester (2008), “ HUAN FACTORS in the MARITIME DOMAIN”, CRC Press, ISBN: 978-1-4200-4341-9.
- (11) Reason, J., “Managing the Risks of Organizational Accidents”, Ashgate, 1997.

“국민으로부터 신뢰받는 청렴한 국토해양부가 되겠습니다.”

- 부조리 신고는 국토해양부(www.mltm.go.kr) 부조리신고센터 -