

# 유조선 사고의 원인분석과 유효수준 결정에 관한 연구

정재용<sup>1)</sup>, 박진수<sup>2)</sup>

## A Study on the Analysis and the Quantification of Effect Level of Causal Factors in Tanker Casualties

Jae-Yong Jong, Jin-Soo Park

### Abstract

Traffic density has increased recently in Korean waters due to an expansion of the sea trade and the development of coastal fisheries. The enlargement of the coastal industrial belts and the development of coastal islands is further increases marine traffic. The rapid increase of marine traffic has often resulted in marine casualties with the attendant loss of life, damage to property, and marine pollution. Especially, tanker casualties may destroyed the food web and an untold amount of ocean resources. In regards to the potential of tanker spills in Korean waters, systematic research in this field is lacking. In this paper, data relating to a total of 261 tanker casualties in Korean waters has been compiled and statistically analysed. The result of this study describes the general trend of marine casualties in Korean waters, and describes the casualty database, from which the causes and consequences of the casualty are derived and this results in the determination of the causal relationships connected to tanker casualties, and quantifies the effective level of causal factors in Korean waters.

1) 한국해양대학교 해사수송과학과 석사과정 해상교통안전공학 전공

2) 한국해양대학교 해사수송과학부 교수

## 1. 서론

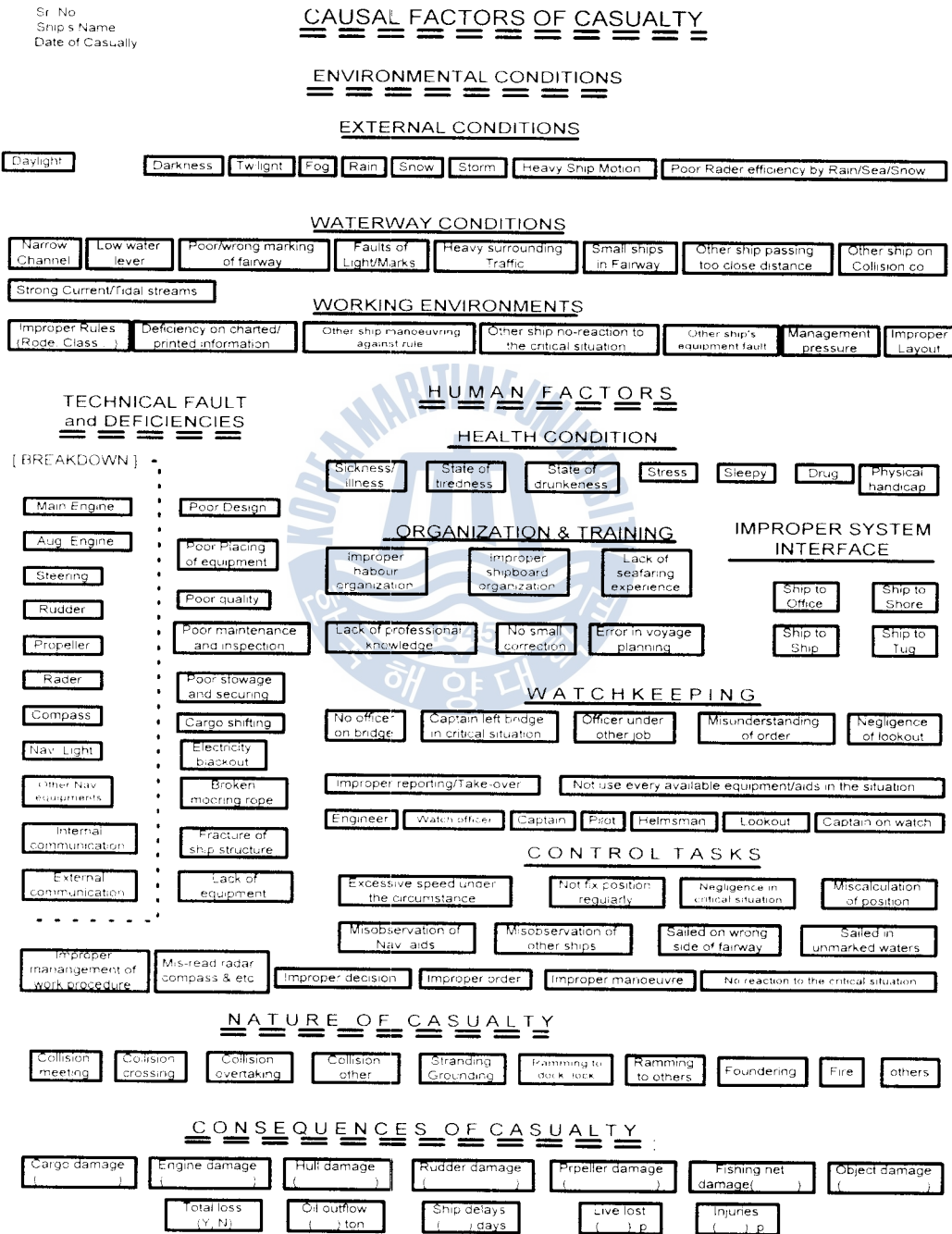
지속적인 경제 성장으로 수출입 물동량의 증가와 연안 수송의 증가, 도서 지역의 개발과 연안 어업의 발달 및 해상 관광 레저의 수요 증가 등으로 한국 연안의 해상 교통 밀도는 증가하고 있다. 또한 저개발국의 기준 미달선 입출항 증가 및 선원 직업의 매력 상실되어 선원수의 감소와 질의 저하 등으로 해상 교통 안전 환경은 악화되고 있다. 이러한 해상 교통량의 증가와 해상 교통 안전 환경의 악화로 인해 최근 5년(91~95년)간 발생한 해난 사고의 인적 피해가 1,522명, 재산 피해가 8,066억원, 환경 피해가 7,659억에 이르고 있다. 특히 해난 사고가 빈발하고 대형화되는 상황에서 유조선 사고는 인명, 재산상의 손실뿐만 아니라 유출유로 인하여 생태계가 파괴되고 어장이 황폐화되는 등 막대한 수자원과 해양 친수 공간의 손실 등 그 피해가 매우 크다. 본 연구에서는 1991년에서 1995년 동안 한국 연안에서 발생한 유조선과 관련된 사고 160건(261척)을 효과적으로 분석하기 위해 사고 분석 카드를 고안하였고, 수집된 방대한 자료를 코드화하여 SPSS PC+로 분석하였다. 한편 본 연구에서는 사고 원인요소를 규명하는데 효과적인 방법으로 밝혀진 Functional Block Diagram을 유조선 사고 분석에 적합한 형태로 개선·발전시키고자 하였고, 개선된 이 기법을 적용하여 사고의 원인요소를 추출해 내고자 하였다. 이렇게 추출된 원인요소는 이들 원인요소가 사고에 미치는 중요도를 감안하여 유효수준이라는 지표 도입함으로써 이들 요인들이 사고에 미친 정도를 계량화하여 해난 방지 대책의 우선 순위를 정하는데 기준을 제공하고자 하였다.

## 2. 해난 원인요소의 분류와 평가

### 2.1 해난 원인요소의 분류

한 사고에는 다양한 원인이 있겠지만 이 연구에서는 총 82개의 원인요소로 규명하였고, 이 원인요소들의 주요한 경향을 규명하기 위해 82개의 원인요소를 3개로 대분류하고, 이를 다시 12개로 소분류하였는데, <표 1>은 구체적인 분류 방법을 보여주고 있다.

<표 1> CAUSAL FACTORS OF CASUALTY



## 2.2 해난 원인요소의 평가 방법

Functional Block Diagram을 이용하여 도출한 원인요소를 다섯 가지 요소로 분류하였는데, 사고를 발생시키는 분명하고 논쟁의 여지가 없는 요소로, 이 원인요소를 제거하거나, 정상적인 기능을 갖는 요소로 대체될 때 해난 사고를 예방할 수 있는 확률이 0.9 ~ 1.0이 되는 요소를 절대 요소(Essential factor)라 하고, 사고에 절대적이지는 않지만 사고 발생에 높은 영향을 미쳤을 것으로 확실시되는 요소를 확실 요소(Likely factor)로 분류하였다. 또 사고에 미친 정도가 높지는 않지만 사고 발생에 어느 정도의 영향을 미친 요소로서, 이 요소를 제거하거나 정상적인 기능을 갖는 요소로 대체하여도 단독으로 해난 사고를 예방할 수 없고, 최소한 2개의 요소를 제거해야 사고를 예방할 수 있는 원인요소를 가능 요소(Possible factor)라 하며, 사고 발생에 약간의 영향을 미쳤거나 정보 부족으로 그 정도를 판단하기 어려운 요소로서, 이 요소 단독 혹은 다른 요소와 함께 제거될지라도 해난을 예방할 수 없는 요소를 유발 요소(Conducing factor)로 분류하였다. 또한 해난 발생에 대한 원인 관계가 불명확하거나 아주 사소한 요소를 불명확 요소(Indefinite factor)라 정의하였다. 이처럼 분류된 5 요소에 최대값을 각각 1.0, 0.75, 0.50, 0.25, 0.0을 부여하였다. 유효수준을 구하는 공식은 어느 사건  $j$ 에 있어 원인요소  $i$ 의 가중치(Weight Coefficient)를  $W_{ij}$ , 그 사고에 있어서 원인요소의 수를  $n$ , 사고 건수를  $m$ 이라 하면, 원인요소  $i$ 에 대한 유효수준  $e_i$ 는 다음과 같다.

$$e_i = \frac{\sum_{j=1}^m W_{ij}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n W_{ij}}$$

여기서 사고의 원인요소로 출현한 빈도와 가중치를 고려하여 구한 유효수준은 어느 한 원인요소가 전체 원인요소에서 차지하는 중요도의 비율을 의미하므로, 단순히 빈도로 구한 중요도보다 훨씬 더 합리적인 지표이다.

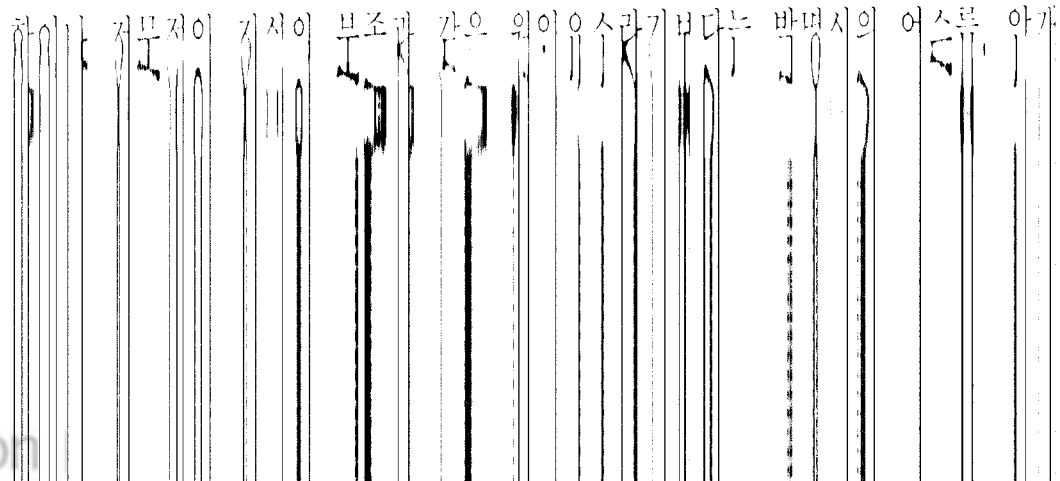
### 3. 사고의 원인분석과 유효수준 결정

#### 3.1 사고의 원인분석

##### 3.1.1 사고의 일반적 경향

선종과 사고 유형과의 관계를 분석하면 충돌 선박이 201척으로 전체의 77.3%, 좌초 26척(10.0%), 침몰 7척(2.7%), 화재 및 폭발 6척(2.3%), 침몰 1척, 기타가 19척(7.3%)을 차지하고 있고, 선종별로 분류해 보면 일반 유조선이 121척으로 46.5%, 어선 41척(15.8%), 케미컬 운반선 34척(13.1%), 화물선 27척(10.4%), 액화석유 가스운반선 14척(5.4%)의 순이다. 따라서 일반 유조선, 케미컬 운반선 및 액화석유가스운반선을 포함하는 유조선이 169척(65.0%)이고, 어선과 화물선이 68척(26.2%)으로 유조선 이외의 선박중 대부분을 차지하고 있다. 유조선에서 충돌 사고는 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 마주지는 상황, 교차하는 상황, 추월하는 상황의 순서로 모든 선종에서 일치하고 있다.

당직 시간별 사고의 분포를 보면 04~08시가 61척(23.4%), 00~04시가 54척(20.7%)으로 이 시간대에 사고가 가장 많고, 12~16시가 32척(12.3%)으로 가장 적다. 04~08시의 사고 발생은 12~16시에 비해 약 2배 높고, 야간(20~08시)이 154척으로 주간의 107척보다 43.9% 높다. 당직 시간을 더 세분화해 보면 03~05시에 사고 발생이 가장 높게 나타나고 있는데, 해상 경험이 다른 항해사보다 상대적으로 많은 1등항해사의 새벽 당직 시간에 사고가 가장 많이 발생하는 원인은 기술적 결



### 3. 사고의 원인분석과 유효수준 결정

#### 3.1 사고의 원인분석

##### 3.1.1 사고의 일반적 경향

선종과 사고 유형과의 관계를 분석하면 충돌 선박이 201척으로 전체의 77.3%, 좌초 26척(10.0%), 침몰 7척(2.7%), 화재 및 폭발 6척(2.3%), 침몰 1척, 기타가 19척(7.3%)을 차지하고 있고, 선종별로 분류해 보면 일반 유조선이 121척으로 46.5%, 어선 41척(15.8%), 케미컬 운반선 34척(13.1%), 화물선 27척(10.4%), 액화석유 가스운반선 14척(5.4%)의 순이다. 따라서 일반 유조선, 케미컬 운반선 및 액화석유가스운반선을 포함하는 유조선이 169척(65.0%)이고, 어선과 화물선이 68척(26.2%)으로 유조선 이외의 선박중 대부분을 차지하고 있다. 유조선에서 충돌 사고는 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 마주치는 상황, 교차하는 상황, 추월하는 상황의 순서로 모든 선종에서 일차하고 있다.

당직 시간별 사고의 분포를 보면 04~08시가 61척(23.4%), 00~04시가 54척(20.7%)으로 이 시간대에 사고가 가장 많고, 12~16시가 32척(12.3%)으로 가장 적다. 04~08시의 사고 발생은 12~16시에 비해 약 2배 높고, 야간(20~08시)이 154척으로 주간(107척)보다 43.9% 높다. 당직 시간을 더 세분화해 보면 03~05시에 사고 발생이 가장 높게 나타나고 있는데, 해상 경험이 다른 항해사보다 상대적으로 많은 1등항해사의 새벽 당직 시간에 사고가 가장 많이 발생하는 원인은 기술적 결함이나 전문적인 지식의 부족과 같은 원인요소라기보다는 박명시의 어스름, 안개 발생 등과 같은 자연 현상과 당직자의 생리적 요인 등에 밀접한 관련이 있을 것으로 판단된다. 한편 충돌 사고의 유형을 주·야간별로 분석해 보면, 교차하는 상황에서는 주·야간 차이가 없지만, 마주치는 상황과 추월하는 상황에서는 야간이 주간보다 사고가 약 2.5배 높은 것으로 분석되었다.

요일별 사고의 분포는 일요일, 월요일이 각각 42척으로 발생 빈도가 가장 높고, 수요일과 목요일이 31척, 30척으로 사고 발생 빈도가 가장 낮다. 이러한 결과는 한

국 연안에서 381척의 해난 사고에 대하여 박진수 교수의 논문에서 분석된 내용인 목요일이 사고 발생이 가장 많고, 월요일이 가장 적은 결과를 보여준 것과, 유럽 해역에서 발생한 446건의 충돌 사고를 분석한 Glansdrop의 연구 내용인 목요일이 사고가 가장 많고, 화요일이 사고가 가장 적게 발생한 것과는 정반대 되는 현상으로, 요일별 변동의 원인에 대해 구체적으로 규명한 연구는 없지만, 한국 연안 유조선의 운항 형태를 보면 항해 시간이 짧고 입출항이 잦으며, 유조선의 특성상 화물의 적·양하를 본선 선원이 직접하기 때문에 육체적·정신적으로 피곤할 것이라 판단된다. 또한 토요일과 일요일의 선내 분위기로 항해 당직자의 긴장이 완화된 일요일과 월요일의 사고에 영향을 미친 것으로 유추된다.

월별 사고의 분포는 4월에서 8월에 사고 발생하였는데, 이것은 시정의 제약이 많은 기간인 4월에서 8월 사이에 충돌 사고가 많기 때문이다. 이처럼 시정과 월별 사고 분포를 보면, 시정이 0.5마일 미만일 경우 9월~3월에는 4척, 4월~8월에는 94척의 사고가 발생하였고, 0.5마일~5마일의 경우는 각각 17척, 14척이고, 5마일 이상일 때는 각각 64척, 38척 발생하였다. 이는 우리 나라 연안에서 안개가 발생하는 시기가 4월에서 8월이고, 안개 발생 시기에 충돌 사고가 높다는 이전의 연구 결과와도 일치하고 있다.

톤수별 사고의 분포는 3,000톤 미만의 선박이 218척으로 83.8%를 차지하고 있고, 특히 500톤에서 3,000톤 사이의 선박은 119척으로 전체의 약 45.8%를 차지하고 있다. 한편 사고 책임자의 해기사면허를 살펴보면 4급 이하의 해기사 면허 소지자가 전체의 약 53.6%이며, 사고의 대부분을 차지하는 충돌의 경우도 약 57.6%로 비슷하고 총톤수가 적을수록 사고 책임자의 면허 등급이 낮아짐을 알 수 있다. 이는 유조선 선사가 아주 영세하여 양질의 선원 수급이 어렵고, 근로 여건이 열악한 것이 사고의 한 원인으로 작용된 것으로 생각된다.

본 연구에서 분석 결과를 보면 인명 손실은 총 261척중 20척에서 발생하여 51명이 목숨을 잃었고, 전체 손상은 228척으로 대부분의 선박에서 발생하였으며, 화물 손상은 37척에서 발생한 것으로 조사되었다. 한편 유류 유출 사고는 총 15척 발생하여 9,438톤이 유출되었고, 유류 사고의 대부분은 유출량이 소량이지만, 극소수의 선

박에서 대형 유출 사고가 발생하였다. 또한 사고 유형별 인명 손실의 발생과 평균 인명 손실률을 분석해보면 접촉과 침몰에서는 인명 손상이 없고, 충돌의 경우는 상대적으로 높으며, 화재 및 폭발에서 인명 손실이 가장 높았다. 이는 기존 연구에서 침몰에서 인명 손실률이 가장 높고, 좌초와 접촉은 대체로 낮으며, 충돌은 좌초와 접촉보다 상대적으로 높은 결과와 일치하고 있다.

### 3.1.2 원인요소의 빈도와 평균 가중치

261건의 유조선 사고를 원인요소별로 분석하면, 환경 요소에서 빈도의 순서는 ‘안개로 인한 시정 제한’(115), ‘협수로’(64), ‘타 선박의 항법 위반’(53), ‘항내에서의 야간 항해’(38), ‘타 선박의 위험 상황에서 무조치’(36)의 순서로, ‘시정이 제한된 상황’, ‘협수로’, ‘항내 야간항해’ 등 외적 조건과 수로 조건이 열악한 곳에서 발생 빈도가 높고, ‘상대선의 항법 위반’과 ‘위험 상황에서 무조치’ 또한 발생 빈도가 높다. 또한 원인요소가 사고에 영향을 미치는 정도를 분석해 보면, ‘타 선박의 항법 위반’과 ‘위험 상황에서 무조치’ 등의 작업 조건은 가중치가 높은 곳에 분포되어 있고, ‘시정’과 ‘항내에서 야간 항해’ 등의 외적 조건은 발생 빈도가 높지만 가중치가 낮은 곳에 분포하고 있고, 수로 조건은 빈도도 적고 가중치 역시 낮음을 알 수 있다. 기술적 요소는 ‘세질 불량’, ‘장비의 결함’ 및 ‘정비 점검 소홀’ 등의 원인요소로 구성되어 있고, 빈도에서는 27회로 아주 적지만 가중치가 아주 높아서 사고에 드물게 작용하지만 아주 큰 영향을 미치고 있다. 인적 요소는 ‘경계 소홀’(122), ‘위험 상황에서 태만’(113), ‘부적절한 조선’(79), ‘주어진 상황에서의 안전 숙력 비준수’(69), ‘주어진 상황에서 부적절한 장비의 활용’(42) 등의 원인요소가 발생 빈도가 높다. 또한 ‘건강 조건’과 ‘조직 체계 및 교육훈련’, ‘시스템 인터페이스’ 등은 사고 발생 빈도(48)가 낮고 가중치 역시 낮고, ‘경계’와 ‘조종성 업무’와 관련된 원인요소들은 발생 빈도(598)가 아주 높고, 사고에 영향을 미치는 중요도 역시 매우 높게 분석되었다.

## 3.2 원인요소의 유효수준

### 3.2.1 원인요소의 유효수준과 사고 유형의 관계



사고 유형별 원인요소의 유효수준에서 환경 요소는 화재 및 폭발 사고를 제외한 모든 사고에서 유효수준이 약 0.3으로, 충돌 사고에서는 '타 선박의 항법 위반'과 '위급 상황에서 무조치' 등과 같은 작업 조건과, '안개로 인한 시정 제한' 등의 외적 조건이 높으므로 이를 개선하면 충돌 사고를 예방하는데 효과적임을 알 수 있다. 또한 좌초에서는 '협수로'와 '천수' 등 수로 조건이 열악한 곳에서 사고가 많이 발생하고 있고, 접촉은 협수로에서 시정이 제한될 때 많이 발생하기 때문에 수로 조건과 외적 조건이 동시에 열악할 때 발생 빈도가 높게 나타나고 있다. 한편 화재 및 폭발에서는 유효수준이 0.07로 아주 미미하기 때문에 환경 요소를 개선하여도 사고 예방에 큰 영향을 미치지 못한다.

기술적 요소의 유효수준은 충돌과 좌초에서 낮고 접촉과 화재 및 폭발에서는 비교적 높은 것으로 분석되었는데, 이는 '재질의 불량' 혹은 '정비 점검 소홀' 등이 접촉과 화재 및 폭발 사고에 많은 영향을 미친 것으로 판단된다.

인적 요소의 유효수준은 충돌과 좌초에서 약 0.70이고, 접촉은 약 0.60, 화재 및 폭발은 약 0.80으로 분석되었다. 이 중 인적 요소의 '조종성 업무'는 모든 사고에서 중요한 원인요소로 작용하고 있으며, 특히 좌초와 화재 및 폭발 사고에서는 다른 사고 보다 훨씬 높게 분석되고 있다. 그러나 '경계'는 충돌에서만 높고 다른 사고에서는 낮으며, '건강 조건'과 '시스템 인터페이스'는 모든 사고에서 아주 미미하고, '조직 체계 및 교육 훈련'은 좌초와 화재 및 폭발 사고에서 높지만 충돌과 접촉에서는 아주 낮은 것으로 분석되었다.

### 3.2.2 원인요소의 빈도와 유효수준의 비교

환경 요소는 빈도에서는 '외적 조건'(166), '작업 조건'(104), '수로 조건'(94)의 순서이고 사고에 영향을 미치는 평균 가중치는 '작업 조건'이 0.55로 가장 높고, '수로 조건'(0.23), '외적 조건'(0.26)의 순서이다. 여기서 작업 조건은 외적 조건보다 빈도에서는 적지만 가중치가 높아 오히려 유효수준이 0.12로 외적 조건(0.09)보다 높다. 그리고 기술적 요소는 평균 가중치는 0.58로 아주 높지만, 빈도가 너무 적기(27회) 때문에 유효수준은 0.03으로 아주 낮다. 또한 인적 요소에서는 경계와 조종성 업무의 발생 빈도가 204회, 346회로 대부분의 사고에서 원인요소로 작용하였고, 평균 가중

치 또한 가장 높아서 유효수준이 각각 0.25, 0.40으로 가장 높다. 이는 모든 해난 사고가 여러 원인요소들이 복합되어 발생되지만 두 요소를 제거하면 해난 사고 예방에 대단히 효과적임을 알 수 있다.

원인요소의 빈도와 유효수준을 비교해 보면, 빈도는 환경 요소가 사고의 36.8%, 기술적 요소가 2.7%, 인적 요소가 60.5%를 차지하고 있으나, 유효수준은 각각 27.1%, 3.2%, 69.7%를 차지하고 있다. 이러한 사실은 사고에 영향을 미친 빈도만으로 그 중요도를 평가한 것과, 그러한 요인들이 사고에 미친 중요도를 감안한 유효수준으로 평가하는 방법에는 상당한 차이가 있음을 의미하고 있다. 따라서 해난 원인 분석에서 인용되고 있는 빈도보다는 이 연구에서 제시하고 있는 유효수준을 이용한 해난 원인 분석이 그 중요도를 판단하는데 훨씬 나은 방법이라고 하겠다. 이는 빈도만으로 사고의 중요도를 구하면 환경 요소는 약 10% 정도 더 중요하고, 인적 요소에서 약 10% 정도 낮아 기존의 연구 결과와 일치하고 있다.

### 3.2.3 사고 유형별 유효수준

사고 유형에 있어서 유효수준이 가장 큰 다섯 가지 원인요소를 기술해보면, 중화에서는 '경계 소홀', '위급 상황에서의 태만', '부적절한 조선', '타 선박의 항법 위반'과 '주어진 상황에서의 안전 속력 미준수'의 순서이고, 좌초에서는 주로 '선위 확인 소홀'에 기인하고 있으며, '협수로', '항해 계획 준비 소홀', '수로 외측 통항' 및 '경계 소홀'이 중요한 원인요소로 조사되었다. 그리고 침몰에서는 '부적절한 조선'의 유효수준이 가장 높고, '장비의 정비 점검 소홀', '경계 소홀'과 '주어진 상황에서 안전 속력 미준수' 및 '폭풍우' 순서이고, 화재 및 폭발에서는 '작업 절차의 관리 감독 소홀'과 '화기 취급의 부주의' 등 안전 의식 부족이 화재의 중요한 원인요소로 분석되었다.

### 3.2.4 기존 연구와의 비교

본 연구는 한국 연안에서 1991년~1995년 사이에 발생한 총 261척의 유조선 사고를 분석하였고, 박진수 교수는 1986년~1990년 사이의 충돌, 좌초, 침몰, 침몰 사고를 분석하였으며, TUOVINEN P.는 발틱해에서 1979년~1981년 사이에 발생한 총 471척의 선박 사고를 분석하였다. 본 연구와 박진수 교수의 연구에서는 인적 요소

의 유효수준이 충돌, 좌초, 접촉 사고에서 가장 높고, 환경 요소 역시 비교적 높게 나타나고 있다. 반면에 TUOVINEN P.는 충돌, 접촉 사고에서 환경 요소의 유효수준이 가장 높고, 좌초에서는 환경 요소가 가장 높은 반면 좌초, 접촉과 침몰에서는 기술적 요소의 유효수준이 비교적 높게 나타나고 있다. 본 연구와 박진수 교수의 연구에서는 사고 유형에 따라 유효수준이 약간 차이가 있지만 순위에 있어서는 모두 일치하고 있지만, TUOVINEN P.의 연구는 모든 사고 유형에서 환경 요소가 대단히 높고 인적 요소는 아주 낮게 나타나고 있다. 이처럼 앞의 두 연구의 결과가 약간씩 차이가 있는 것은 대상 선박이 다르기 때문이거나, 혹은 본 연구의 분석 기간이 5년후이기 때문에 항로 표지 개선, 새로운 통항 분리대 설정 등과 같은 환경 요소의 개선 때문일 것으로 생각된다. 그러나 원인요소의 유효수준의 순위가 일치하는 것은 분석 해석이 한국 연안으로 동일하며, 이 해석에서 환경 요소나 인적 요소가 현저하게 변하지 않았기 때문으로 판단된다. 그러나 TUOVINEN P.가 분석한 해석인 발틱해는 빙산이 많은 지역으로 충돌의 경우 '빙산', '안개', '타 선박의 항법 위반', '위급 상황에서의 무조치' 및 '협수로' 등 환경 요소가 열악하기 때문이기도 하지만, 근본적으로 사고 원인을 분석하는 방법에 차이가 있기 때문이다.

<표 2> 사고 유형별 유효수준

대분류	소분류	유효수준							
		충돌		좌초		접촉		화재	
환경 요소	외적 조건	0.097	0.295	0.064	0.300	0.128	0.279	0.052	0.074
	수로 조건	0.065		0.160		0.116		0.000	
	작업 조건	0.133		0.076		0.035		0.021	
기술적 요소		0.012		0.002		0.128		0.138	
인적 요소	건강 조건	0.004	0.693	0.000	0.698	0.000	0.593	0.000	0.787
	조직 체계	0.014		0.152		0.081		0.138	
	교육 훈련								
	시스템	0.003		0.000		0.000		0.042	
	인터페이스	0.265		0.029		0.070		0.000	
	경계								
조종성 업무	0.408	0.517	0.442	0.606					

## 4. 결 론

유조선 사고는 충돌과 좌초가 전체의 대부분을 차지하고 있으며, 충돌 상황은 마주치는 상황, 교차 상황, 추월 상황의 순서로 모든 선종에서 일치하며, 교차 상황에서는 주·야간 사고 발생의 차이가 없지만, 마주치는 상황과 추월 상황에서는 야간이 주간보다 2.5배 높다. 그리고 충돌 사고는 안개 발생 시기에 많이 발생하며, 시정이 0.5 마일 미만일 때 가장 많고, 0.5~5 마일 사이가 오히려 가장 적다. 한편 사고 발생은 방직 시간에 따라 차이가 크며, 500~3,000톤 사이의 선박에서 가장 높고, 먼저 침몰이 4달이하일 때 아주 높다. 특히 유조선 사고에서 특징적인 것은 충돌 비율이 아주 높고, 화재 및 폭발 사고에서 인명 피해율은 대단히 높지만, 발생률은 미미하며, 사고의 요일별 발생률이 기존 연구의 결과와 상이하고, 대다수 선박의 기름 유출량은 소량이지만 유조선의 일부 선박에서 대량 유출 사고가 발생된다는 것이다.

본 연구에서 해난심판원의 재건서를 분석함에 있어 원인요소의 분류가 다소 미흡한 것으로 판단되었고, Functional Block Diagram을 이용하면 간과하기 쉬운 원인요소를 용이하게 도출할 수가 있어 보다 더 정확한 사고 원인을 규명할 수 있을 것으로 생각되었다.

한편 유조선 사고의 유효수준을 분석해 보면, 빈도의 중요도에 비해 환경 요소는 약 10%가 낮고 인적 요소는 약 10%가 높게 나타나는데, 사고에 영향을 미치는 중요도를 고려하여 평가한 유효수준이 훨씬 합리적인 원인요소의 중요도일 것으로 판단된다. 또한 전 선종을 분석한 박진수 교수의 결과와 비교해 보면, 환경 요소에서는 낮지만 인적 요소에서는 높게 나타나고 있다. 본 연구의 유효수준은 원인요소의 중요도를 구할 수 있어 해난 방지 대책의 우선 순위를 결정하는데 도움을 주리라 생각된다. 그러나 본 연구에서는 Functional Block Diagram을 이용하여 사고에 미치는 요소와 그 중요도를 구하는데 고쳤고, 그러한 원인이 발생한 동기에 대해서는 분석하지 못하였다. 따라서 앞으로의 연구에서는 Functional Block Diagram을 개선·발전시켜 물문, 요일별 사고 발생 빈도에 차이가 나는 근본 원인 등을 규명할 수 있다면 해난 예방에 크게 기여할 수 있을 것이다.

## 참고 문헌

1. 해양수산부, "해양 안전 선진화 5개년 계획", 1997, pp. 11.
2. A. N. Cockcroft, "Cause Relationship of Collisions and Stranding", *The Journal of Navigation*, Vol. 35, 1981.
3. P. Tuovinen, V. Kostilainen, "Casualties to Tankers in Baltic 1960~1975", *The Journal of Navigation*, Vol. 33, pp. 379~386.
4. Commission of European Communities, "Cost-benefit Analysis of the Vessel Traffic Services in The Baltic Sea", 1985.
5. Gross R. O., Halliday J. E., "Cost-benefit of Coastal Vessel Traffic Services in European Waters": *Report on Task 2.43*, Commission of European Communities.
6. Kemp J. F., Goodwin E. M., Pick K., "COST301 Risk Assessment: Problem Area Identifier", *Report on Task 2.46*, Commission of European Communities.
7. Wennink C. J., "Collision and Grounding Risk Analysis for ships Navigating in Confined Waters", *The Journal of Navigation*, Vol. 45 No. 1, 1992.
8. Toyoda S., Fujii Y., "Marine Traffic Engineering", *The journal of Navigation*, Vol. 24., 1971, pp. 24~34.
9. Fujii Y., Tanaka K., "Traffic Capacity", *The journal of Navigation*, Vol. 24., 1971, pp. 543~552.
10. Goodwin E. M., "A Statistical Study of Ship Domains", *PhD Thesis*, CNA, 1975.
11. Coldwell T. G., "A Marine Traffic Study in the Humber Seaway", *Hull College of Higher Education*, 1982.
12. PARK J. S., "Marine Traffic Engineering in Korean Coastal Waters", *PhD. Thesis*, 1994.