

유조선 사고의 원인분석과 유효수준 결정에 관한 연구

정재용* · 박진수**

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

Jae-Yong Jong · Jin-Soo Park***

〈목 차〉	
Abstract	3. 사고의 원인분석과 유효수준 결정
1. 서론	3.1 사고의 원인분석
2. 해난 원인요소의 분류와 평가	3.2 원인요소의 유효수준
2.1 해난 원인요소의 분류	4. 결론
2.2 해난 원인요소의 평가 방법	참고 문헌

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 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 regard to the potential of tanker spills in Korean waters, systematic research in this field is lacking. In this paper, the 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 their causes and consequences 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.

* 정회원, 한국해양대학교 대학원

** 정회원, 한국해양대학교 해사대학 부교수

1. 서 론

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 해상 직업의 매력 상실로 인한 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.¹⁾ 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 1995년까지 5년 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·발전시키고, 개선된 이 기법을 적용하여 사고의 원인요소를 추출하였다. 이렇게 추출된 원인요소는 이들 원인요소가 사고에 미치는 중요도를 감안하여 유효수준이라는 지표를 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

대부분의 해난 사고는 많은 원인 요소들이 상호 연관되어 발생한다. 본 연구에서는 원인요소의 분류를 아래 <표 1>의 Functional Block Diagram을 이용하였다.^{2,3)} 이 Functional Block Diagram은 총

91개의 원인요소로 구성되어 있는데, 이 원인요소들의 주요한 경향을 규명하기 위해 환경 요소, 기술적 요소와 인적 요소로 대분류하였다. 위의 3개의 대분류를 다시 9개로 소분류하였다.

(1) 환경 요소

- 외적 조건(시정, 선체동요 등)
- 수로 조건(종류, 항로폭, 교통밀도, 수심 등)
- 작업 조건(해도, 수로서지, 상대 선박의 행동 등)

(2) 기술적 요소

- 기술적 조건(주기관, 타기, 선체구조, 항해 장비 등)

(3) 인적 요소

- 건강 조건(피로, 스트레스 등)
- 조직 체계(배승 구조, 당직 체계 등)
- 경제
- 시스템 인터페이스
- 조종성 업무(판단 착오, 선위 측정, 오작동 등)

2.2 해난 원인요소의 평가 방법

본 연구에서는 Functional Block Diagram을 이용하여 도출한 원인요소를 다섯 가지 요소로 분류하였다.^{2,3)}

이 다섯 원인 요소를 살펴보면, 사고를 발생시키는 분명하고 논쟁의 여지가 없는 요소로서 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 주었을 것으로 확실시되는 요소를 확실 요소(Likely factor)로 분류한다. 또 사고에 미친 정도가 높지는 않지만 사고 발생에 어느 정도의 영향을 준 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)로 하며, 사고 발생에 약간의 영향을 미쳤거나 정보 부족으로 그 정도를 판단하기 어

〈 丑 1 〉 CAUSAL FACTORS OF CASUALTY

Sr. No. :
Ship's Name :
Date of Casuality :

CAUSAL FACTORS OF CASUALTY

ENVIRONMENTAL CONDITIONS

EXTERNAL CONDITIONS

Daylight Darkness Twilight Fog Rain Snow Storm Heavy Ship Motion Poor Radar efficiency by Rain/Sea/Snow

WATERWAY CONDITIONS

Narrow Channel Low water level Poor/wrong marking of fairway Faults of Light/Marks Heavy surrounding Traffic Small ships in Fairway Other ship passing too close distance Other ship on Collision co.

Strong Current/Tidal streams

WORKING ENVIRONMENTS

Improper Rules (Road Class..) Deficiency on charted/printed information Other ship manoeuvring against rule Other ship no-reaction to the critical situation Other ship's equipment fault Management pressure Improper Layout

TECHNICAL FAULT and DEFICIENCIES

[BREAKDOWN] -

Main Engine Poor Design
Aug. Engine Poor Placing of equipment
Steering Poor quality
Rudder Poor maintenance and inspection
Propeller Poor stowage and securing
Rader Cargo shifting
Compass Electricity blackout
Nav. Light Broken mooring rope
Other Nav. equipments Fracture of ship structure
Internal communication Lack of equipment
External communication

Improper management of work procedure Mis-read radar, compass & etc.

HUMAN FACTORS

HEALTH CONDITION

Sickness /Illness State of tiredness State of drunkenness Stress Sleepy Drug Physical handicap

ORGANIZATION & TRAINING

Improper harbour organization Improper shipboard organization Lack of seafaring experience
Lack of professional knowledge No small correction Error in voyage planning

IMPROPER SYSTEM INTERFACE

Ship to Office Ship to Shore
Ship to Ship Ship to Tug

WATCHKEEPING

No officer on bridge Captain left bridge in critical situation Officer under other job Misunderstanding of order Negligence of lookout

Improper reporting/Take-over Not use every available equipment/aids in the situation

Engineer Watch officer Captain Pilot Helmsman Lookout Captain on watch

CONTROL TASKS

Excessive speed under the circumstance Not fix position regularly Negligence in critical situation Miscalculation of position

Misobservation of Nav. aids Misobservation of other ships Sailed on wrong side of fairway Sailed in unmarked waters

Improper decision Improper order Improper manoeuvre No reaction to the critical situation

러운 요소로서, 이 요소 단독 혹은 다른 요소와 함께 제거될지라도 해난을 예방할 수 없는 요소를 유발 요소(Conducing factor)로 분류하고, 또한 해난 발생에 대한 원인 관계가 불명확하거나 아주 사소한 요소를 불명확 요소(Indefinite factor)로 정의한다.

이처럼 분류된 5 요소에 가중치를 각각 1.0, 0.75, 0.50, 0.25, 0.0을 부여하기로 한다. 어느 사건 j에 있어 원인요소 i의 가중치(Weight Coefficient)를

W_{ij} , 그 사고에 있어서 원인요소의 수를 n, 사고 전수를 m이라 하면, 원인요소 i에 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

본 연구에서는 1991년에서 1995년까지 5년 동안 한국 연안에서 발생한 유조선 사고를 분석하였다. 유조선 사고 자료는 각 지방 해난심판원의 재결서이고 총 160건(부산: 97건, 인천: 28건, 목포: 35건)으로 사고 선박은 총 261척이다. 여기에서 유조선 사고란 해난 사고가 발생한 경우 사고 선박 중 적어도 한 척은 유조선이 관련된 사고를 말하며, 한 사고에 두 척 이상의 유조선이 포함될 수 있다.

3.1 사고의 원인분석

3.1.1 원인요소의 빈도와 평균 가중치

261척의 유조선 사고를 원인요소별로 분석하면, <표 2>에서 보는바와 같이 빈도에서는 인적 요소가 593회, 환경 요소가 363회, 기술적 요소가 21회이고, 가중치는 기술적 요소가 0.58, 인적 요소가 0.56, 환경 요소는 0.36이다. 이를 요소별로 분석해보면, 환경 요소에서 빈도는 '안개로 인한 시정 제한'(115), '협수로'(64), '상대 선박의 항법 위반'(53), '항내에서의 야간 항해'(38), '타 선박의 위급 상황에서 무 조치'(36)의 순서이다. 외적 조건인 '안개로 인한 시정 제한'과 '항내에서의 야간항해'의 상황에서 사고 발생 빈도가 높고, 수로 조건은 '협수로'에서 발생 빈도가 높고, 작업 조건에서는 '상대선의 항법 위반'과 '위급 상황에서 상대 선박의 무 조치'가 발생 빈도가 높다. 한편 환경 요소 중에서 사고에 영향을 주는 가중치를 보면, 작업 조건이 가장 높고, 외적 조건과 수로 조건은 가중치가 낮다. 이처럼 환경 요소의 빈도는 외적 조건, 작업 조건, 수로 조건의 순서이고, 가중치는 작업 조건, 수로 조건, 외적 조건의 순서로서 외적 조건은 빈도는 가장 많지만 가중치는 제일 낮고, 작업 조건은 빈도는 적지만 가중치는 제일 높다.

기술적 요소에서는 총 21회로 사고에 아주 드물게 작용하지만 사고에 영향을 주는 가중치는 아주

높다. 이는 기술적 원인 요소에 의한 사고는 자주 발생하지 않지만 사고가 나면 중요한 요소로 작용한다.

인적 요소에서의 빈도는 '경계 소홀'(122), '위급 상황에서의 태만'(113), '부적절한 조선'(79), '주어진 상황에서의 안전 숙력 미 준수'(69), '주어진 상황에서 부적절한 장비의 활용'(42) 등의 순서이다. 조종성 업무와 경계의 빈도는 346회와 200회로 '건강 조건'과 '조직 체계', '시스템 인터페이스'의 빈도(총 47회)보다 훨씬 많다. 여기에서 '경계'와 '조종성 업무'는 발생 빈도(546)가 아주 높고, 사고에 영향을 미치는 중요도 역시 매우 높게 분석되었다.

3.1.2 원인요소의 빈도와 유효수준의 비교

원인요소의 빈도와 유효수준을 비교해 보면, <표 2>에서 보는 바와 같이 원인요소의 총 빈도는 977회이고, 환경 요소의 빈도는 363회로 전체의 37.2%, 기술적 요소는 21회로 2.7%이며 인적 요소는 593회로 60.5%를 차지하고 있다. 반면에 원인요소의 유효수준은 환경 요소가 27.1%, 기술적 요소가 3.2%, 인적 요소가 69.7%를 차지하여 환경 요소와 인적 요소에서 빈도와 유효수준이 약 10%의 차이가 있다. 이런 차이를 자세히 살펴보면 외적 조건, 수로 조건, 조직 체계, 시스템 인터페이스는 빈도가 유효수준보다 높고, 작업 여건, 기술적 요소, 건강 조건, 경계, 조종성 업무에서는 오히려 유효수준이 빈도보다 높다. 특히 외적 조건은 빈도가 유효수준보다 8.2% 높고, 경계와 조종성 업무는 유효수준이 빈도보다 약 5.0% 높다. 이와 같은 차이는 원인요소의 가중치가 다르기 때문으로 외적 조건은 빈도가 많지만 가중치가 가장 낮아 유효수준이 낮아졌고, 경계와 조종성 업무는 빈도와 가중치가 높아 유효수준이 가장 높다.

이처럼 빈도만으로 원인 요소의 중요도를 평가한 것과 그러한 요소들이 사고에 미친 중요도인 가중치를 부여하여 평가한 유효수준과 상당한 차이가 있다. 따라서 해난 원인 분석에서 단순한 빈도보다는 이 연구에서 제시한 유효수준을 이용한 해난 원인 분석이 그 중요도를 판단하는데 훨씬 나은 방법이다. 이 결과는 빈도만으로 사고의 중

〈표 2〉 전체 사고의 빈도와 평균 가중치와 유효수준

대분류	소분류	원인 요소	빈도			평균 가중치		유효 수준	
환경요소	외적 조건	· 안개로 인한 시정 제한 · 강우로 인한 시정 제한 · 폭풍우 상황 · 심한 선체 동요로 인한 항해 장비의 효율 저하 · 항내에서의 야간 항해	115 1 10 2 38	166 (17.0)		0.2560		0.0882	0.2709
	수로 조건	· 수로내의 소형선 밀집 · 높은 교통 밀도 · 상대 선박의 근접 횡단 및 추월 · 충돌선상에 타선 존재 · 협수로 · 천수 · 강한 조류 및 조석	2 13 7 1 64 4 3	93 (9.5)	363 (37.2)	0.3234	0.3585	0.0631	
	작업 조건	· 해도, 수로 서지의 정보 결함 · 경영자의 압력 · 상대 선박의 장비 결함 · 상대 선박의 항법 위반 · 위급 상황에서 상대 선박의 무 조치	3 6 6 53 36	104 (10.6)		0.5538		0.1196	
기술적 요소		· 주기관 고장 · 타기 고장 · 프로펠러 고장 · 선교 장비의 부적절한 배치 · 장비의 재질 불량 · 장비 점검 소홀 · 장비의 부족 · 계류삭 파단 · 선체 구조의 결함	1 2 1 1 1 11 2 1 1	21 (2.1)	21 (2.1)	0.5778		0.0324	
인적요소	건강 조건	· 피로한 상태 · 스트레스	2 1	3 (0.3)		0.4667		0.0324	0.6968
	조직 체계	· 부적절한 배승 구조 · 전문 지식의 부족 · 해도 및 수로 서지의 소개정 소홀 · 항해 계획 준비 소홀	11 16 2 12	40 (4.1)		0.4658		0.0029	
	경계	· 당직 사관의 선교내 부재 · 위급 상황에서 선장의 직접 조선 불이행 · 경계 소홀 · 주어진 상황에서 장비의 부적절한 활용 · 당직 중 항해사의 타 업무 종사 · 인수 인계 불철저 및 보고 태만	7 20 122 42 7 2	200 (20.5)		0.600		0.2538	
	시스템 인터페이스	· 선박과 육상간의 시스템 인터페이스 · 선박과 선박 사이의 시스템 인터페이스	3 1	4 (0.4)	593 (60.1)	0.275	0.5614	0.0023	
	조종성 업무	· 상대 선박 행동의 판단 착오 · 주어진 상황에서 안전 속력 미 준수 · 위급한 상황에서 태만 · 수로 외측 통항 · 선위 측정 잘못 · 선위 확인 소홀 · 부적절한 명령 · 판단 착오 · 위급 상황에서의 무 조치 · 부적절한 조건 · 레이더 혹은 컴퍼스 등의 오 작동 및 판독 착오 · 작업 절차의 관리 감독 소홀 · 화기 취급시 부주의	7 69 113 6 3 16 1 28 13 79 1 8 2	346 (35.4)		0.5543		0.3981	

〈표 3〉 사고 유형별 유효수준

대분류	소분류	유효수준							
		충돌		좌초		접촉		화재 및 폭발	
환경 요소	외적 조건	0.097	0.295	0.064	0.300	0.128	0.279	0.053	0.074
	수로 조건	0.065		0.160		0.116		0.000	
	작업 조건	0.133		0.076		0.035		0.022	
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	0.788
	조직 체계	0.014		0.152		0.081		0.138	
	교육 훈련								
	시스템 인터페이스	0.003		0.000		0.000		0.042	
	경계	0.265		0.029		0.070		0.000	
	조종성 업무	0.407		0.517		0.442		0.608	

요도를 구할 때 환경 요소에서 약 10% 높고, 인적 요소에서 약 10% 낮은 기존의 연구 결과와 일치하고 있다.²⁾

3.2 원인요소의 유효수준

3.2.1 원인요소의 유효수준과 사고 유형의 관계

〈표 3〉에서 보는 바와 같이 사고 유형별 원인요소의 유효수준에서 환경 요소는 화재 및 폭발 사고를 제외한 모든 사고에서 유효수준이 약 0.3이며, 충돌 사고에서는 작업 조건이 가장 높고, 외적 조건, 수로 조건의 순서이다. 좌초 사고에서 수로 조건은 외적 조건과 작업 조건보다 약 0.1정도 높고, 접촉 사고는 외적 조건과 수로 조건이 높다. 한편 화재 및 폭발에서는 유효수준이 0.07로 아주 미미하기 때문에 환경 요소를 개선하여도 사고 예방에 큰 영향을 주지 못한다.

기술적 요소의 유효수준은 충돌 사고와 좌초 사고에서 낮고, 접촉과 화재 및 폭발에서는 비교적 높은 것으로 분석되었다.

인적 요소의 유효수준은 충돌과 좌초에서 약 0.70 이고, 접촉은 약 0.60, 화재 및 폭발은 약 0.80으로 분석되었다. 인적 요소 중에서 '조종성 업무'는 모든 사고에서 중요한 원인요소로 작용하고 있으며, 특히 좌초와 화재 및 폭발 사고에서는 다른 사고보다 훨씬 높게 분석되고 있다. 그러나 '경계'는 충돌에서

만 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 사고 유형별 유효수준

사고 유형에 있어서 유효수준이 가장 큰 다섯 가지 원인요소를 기술해보면, 충돌에서는 '경계 소홀', '위급 상황에서의 태만', '부적절한 조선', '상대 선박의 항법 위반'과 '주어진 상황에서의 안전 속력 미 준수'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 접촉에서는 '부적절한 조선'의 유효수준이 가장 높고, '장비의 정비 점검 소홀', '경계 소홀'과 '주어진 상황에서 안전 속력 미 준수' 및 '폭풍우' 순서이고, 화재 및 폭발에서는 '작업 절차의 관리 감독 소홀'과 '화기 취급의 부주의' 등 안전 의식 부족이 화재의 중요한 원인요소로 분석되었다.

3.2.3 기존 연구와의 비교

본 연구는 한국 연안에서 1991년~1995년 사이에 발생한 총 261척의 유조선 사고를 분석한 것이고, 또 다른 연구는 1986년~1990년 사이의 충돌, 좌초, 접촉, 침몰 사고를 분석한 것이고,²⁾ TUOVINEN P.

〈표 4〉 사고 유형별 5대 원인요소

사고 유형	원 인 요 소	유효 수준
충돌	· 경계 소홀	0.18
	· 위급 상황에서의 태만	0.16
	· 부적절한 조선	0.11
	· 상대 선박의 항법 위반	0.08
	· 주어진 상황에서 안전 속력 미 준수	0.07
좌초	· 선위 확인 소홀	0.24
	· 협수로	0.10
	· 항해 계획 준비 소홀	0.09
	· 수로 외측 통항	0.08
	· 경계 소홀	0.08
접촉	· 부적절한 조선	0.14
	· 정비 점검 소홀	0.08
	· 경계 소홀	0.08
	· 주어진 상황에서 안전 속력 미 준수	0.07
	· 폭풍우 상황	0.06
화재	· 작업 절차의 관리 감독 소홀	0.22
	· 화기 취급의 부주의	0.20
	· 위급 상황에서 태만	0.15
	· 장비의 재질 불량	0.09
	· 전문 지식 부족	0.09

가 발틱해에서 1979년~1981년 사이에 발생한 총 471척의 선박 사고를 분석한 것이다.³⁾

본 연구와 다른 국내 연구에서는 인적요소의 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 다른 국내 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 5년 후이기 때문에 항로 표지 개선, 새로운 통항 분리대 설정 등과 같은 환경 요소의 개선 때문일 것으로 생각된다. 그러나 원인요

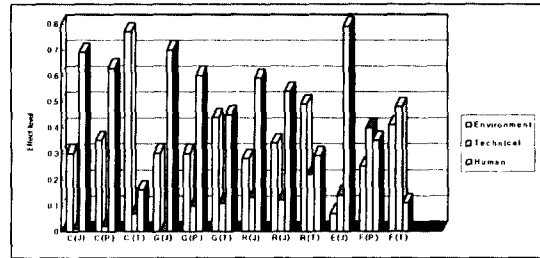


그림 1. 사고유형별 유효수준 비교

소의 유효수준의 순위가 일치하는 것은 분석 해역이 한국 연안으로 동일하며, 이 해역에서 환경 요소나 인적 요소가 현저하게 변하지 않았기 때문으로 판단된다. 그러나 TUOVINEN P.가 분석한 해역인 발틱해는 빙산이 많은 지역으로 충돌의 경우 '빙산', '안개', '타 선박의 항법 위반', '위급 상황에서의 무 조치' 및 '협수로' 등 환경 요소가 열악하기 때문이기도 하지만, 근본적으로 사고 원인을 분석하는 방법에 차이가 있기 때문이다.

4. 결 론

본 연구에서 해난심판원 재결서의 원인요소 분류가 다소 미흡하였고, Functional Block Diagram이 사고 발생의 원인요소 규명에 있어 효과적이었고, 기존의 Functional Block Diagram을 유조선 사고 분석에 적합한 형태로 개선·발전시켰다.

한편 각 원인요소가 미치는 영향을 계량화한 유효수준이라는 지표를 도입하여 각 원인요소 그룹의 유효수준을 구하였다. 이 유효수준을 사고 유형별로 비교함으로써 환경, 기술, 인적 요소에 미친 영향 및 사고 유형에 대해 분석하였다.

빈도에 의해 구한 중요도와 유효수준은 모든 원인 요소 그룹에서 차이가 있었고, 원인요소의 출현 빈도와 가중치를 고려한 유효수준이 단순히 빈도로 구한 중요도보다 훨씬 합리적인 지표로 판단되었다.

또한 사고 유형별 원인 요소의 빈도와 유효수준을 구할 수 있어 해난 방지 대책수립과 우선 순위를 결정하는데 도움을 주리라 생각된다.

그러나 본 연구에서는 Functional Block Diagram을 이용하여 사고에 미치는 원인 요소와 그 중요도를 구하는데 그쳤고, 그러한 원인이 발생한 동기에 대해서는 분석하지 못하였다. 따라서 앞으로의 연구에서 Functional Block Diagram을 개선·발전시키는 것은 물론, 원인이 발생한 동기 등을 규명하면 해난 예방에 크게 기여할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 해양수산부, “해양 안전 선진화 5개년 계획”, 1997, pp. 11.
- [2] PARK J. S., “Marine Traffic Engineering in Korean Coastal Waters”, *PhD. Thesis*, 1994.
- [3] A. N. Cockcroft, “Cause Relationship of Collisions and Stranding”, *The Journal of Navigation, Vol. 35*, 1981.
- [4] P. Tuovinen, V. Kostilainen, “Casualties to Tankers in Baltic 1960~1975”, *The Journal of Navigation, Vol. 33*.