

AHP 기법을 활용한 선박과 승객대피 의사결정 요인 분석

† 윤동협 · 신일식* · 임남균**

*,† 중소조선연구원, **목포해양대학교 항해학부 교수

Analysis of Decision-making Factors for Ship and Passenger Evacuation Using AHP

† Dong-Hyup Youn · Il-Sik Shin* · Nam-Gyun Yim**

*,† Research Institute of Medium & Small Shipbuilding, Busan 46757, Korea

**Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

요 약 : 여객선은 선박사고가 발생을 하게 되면 인명의 피해로 직결되기 때문에 선장의 순간적인 결정이 매우 중요하다. 본 연구에서는 선박의 이상증후가 발생하였을 때 선박 및 승객대피 의사결정을 위한 주요요인을 정량적으로 분석하고 의사결정에 있어 기초 자료를 제공하고자 하였다. 8개의 주요요인에 대하여 전문가 설문조사를 실시하였으며 계층분석방법(AHP)을 이용하여 가중치를 선정하고 우선순위를 결정하였다. 그 결과 가중치가 가장 높은 주요요인은 전복(횡경사 발생)이었으며, 그다음이 화재/폭발로서, 의사결정에 있어서 가장 큰 영향을 미칠 수 있다. 추후 세부 설문조사를 실시하여 유효수를 높여 신뢰도를 향상시킬 것이며, 본 결과는 선박과 승객대피 의사결정의 주요요인을 결정하는 기초자료로 활용 될 것이다.

핵심용어 : 선박사고, 승객대피, 의사결정, 계층분석 방법, 주요요인

Abstract : When a ship accident occurs, it is imperative that the captain makes a prompt decision because the accident directly leads to the loss of human lives. The purpose of this study is to quantitatively analyze the main factors and to provide basic data for making decisions in case of ship related contingencies. Experts were surveyed using questionnaires containing eight main factors. The priorities based on relative importance of those factors were determined using the analytic hierarchy process (AHP). As a result, the main priority factors were capsizing (heeling occurs), and fire/explosion, which could have the greatest impact on decision making. We plan to do a larger, more detailed scale survey to improve the reliability of the results. The results above will be used as a basis for the main factors of ships and passenger evacuation decision-making procedures.

Key words : Ship Accident, Passenger Evacuation, Decision Making, Analytic Hierarchy Process(AHP), Main Factor

1. 서 론

정보통신과 조선기술의 발달은 선박의 고속화, 선종의 다양화 및 대형화를 시켰으며 해상운송의 비율을 크게 증가시켰으나 동시에, 선박사고의 발생도 같이 증가되었다. 선박사고를 예방하기 위하여 e-Navigation 기술 개발이 진행 중이며, 해기교육과 안전에 대한 규제가 국내외적으로 강화되고 있음에도 선박사고는 지속적으로 증가하고 있다. 선박사고의 발생은 생명과 재산의 손실뿐만 아니라 환경재해까지 일으키기 때문에 막대한 경제적, 환경적인 영향을 끼치게 된다. 해양안전심판원에서는 IMO Res. MSC.255(84)(IMO, 1997)에 근거한 「해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률 제 5809호」(MOF, 2013)에 의거하여 해양사고를 조사 및 분석하고 있다. 분석 결

과는 다양한 해양사고 통계자료(KMST, 2014)와 재결서 및 재결요약서 등으로 요약하여 제공하고 있다. 해양심판원에서는 주요한 원인을 3~4개의 대표적인 문장으로 기록하고 있는데 이를 주제어(key word)로 칭하고 있다. 하지만, 사고의 원인에 대하여 기록하고 있을 뿐 선박 및 승객대피를 위한 사전 경고의 의미로 활용하기에는 쉽지 않다. 일반적으로 선박사고는 이상증후 포착 후 적절하고 신속한 초기 대응 여부에 따라 사고 이후 다양한 사건 전개 양상을 보이게 된다(Na et al., 2016). 하지만 Kim(2014)에서 언급 되었던, 선박사고가 발생하였을 때 현장의 책임 지휘관 즉, 의사결정권자는 불명확하고 매우 한정된 정보 속에서 긴박하게 의사결정과 대응활동을 해야 하는 것이 대부분의 현실이다.

따라서, 본 연구는 선박의 이상증후가 발생하였을 때 선박

† Corresponding author : 정희원, dhyou@rims.re.kr 051)974-5569

* 정희원, issin@rims.re.kr 051)974-5528

** 종신회원, namkyun.im@mmu.ac.kr 061)240-7177

(주) 이 논문은 “AHP 분석을 통한 선박 및 승객대피 의사결정 주요항목 연구”란 제목으로 “2017 공동학술대회 한국항해항만학회논문집(부산관광공사 아르피나, 2017.11.02.-4, pp.91-93)”에 발표되었음.

및 승객대피 의사결정을 하기 위한 주요요인에 대하여 분석하고 동시에 발생하였을 경우 우선순위에 따라 대응을 하고자 하였다. 해양사고의 종류로는 충돌, 접촉, 좌초, 화재폭발, 침몰, 기관손상, 추진축계 손상, 조타장치 손상, 속구손상, 인명사상, 안전저해, 운항저해 및 행방불명으로 나누어져 있다. 그러나 이러한 분류는 정성적인 평가를 통하여 분석을 하며 사고요인간의 중요도를 파악할 수 없어 선박 및 승객대피 의사결정을 하기 위한 우선순위를 정하기에 어려움이 있다. 이에 본 연구는 의사결정에 필요한 주요요인을 각 그룹별로 정량적으로 판단하여 우선순위를 도출함으로써 선박 및 승객대피 의사결정에 주요항목을 제안하는 것을 목적으로 한다.

전체적인 연구의 흐름은 설문을 통하여 계층분석을 위한 기초자료를 수집 후 계층분석 방법을 사용하여 주요요인의 우선순위를 도출하였다. 설문은 선박 및 승객 대피를 위한 결정사항에 영향을 미치는 주요요인이기 때문에 선박을 직접 탑승하여 운항을 하는 항해사와 승무원, 선박을 설계하거나 안전도를 평가하는 연구기관, 선박의 운항 상태를 확인하고 최종적인 구조 등의 활동을 할 수 있는 관련 기관 그리고 선박의 건조 후 선박의 상태를 점검하는 시운전 팀 등으로 각 그룹별로 각 요인들 간의 쌍대 비교 설문을 하여 최종적으로 계층분석 방법을 적용하였다.

2. 연구 방법

2.1 선행연구

선박사고의 원인요인을 분류하기 위하여 많은 선행연구가 있었으며 Table 1에 정리하였다. 선행연구들의 분류는 요인분석연구, 초기대응연구, 우선순위 연구 등의 진행여부에 대하여 분류하였다. Byun(2001)에서는 선박사고의 원인을 인적요인, 선박적 요인, 자연적 요인, 교통신호적 요인, 관리요인 등으로 분류하는 것에 초점을 맞추었으며, Yim(2009)은 데이터를 활용하여 주제를 압축, 그리고 Yim(2017)은 공동단어의 축소에 관한 연구를 하여 각 주제를 제시하여 초기대응과 우선순위 관저보다는 요인의 세부항목 및 정의를 내리는 것에 집중하였다. 추가적으로, 선박 사고의 80% 이상이 인적 오류와 조직의 문제에 의해 발생한다고 보고하였으며 초기대응에 대한 언급과 추후 연구로 남겨두었다(IMO, 2000; Kim et al., 2011; Kim et al., 2016). 인적 오류를 구체화하기 위하여, Geijerstam(2008)은 선박과 해양 구조물의 충돌에 대한 인적 오류에 대해서 연구를 수행하면서 초기대응에 대한 연구를 수행하였으며, Kim(2011)은 국내 해양선박사고의 인적 오류의 요인을 바탕으로 초기대응의 연구까지 진행하였다. Youn(2017)은 선박 간 충돌에서도 인적요인으로 사고발생이 많다는 것을 밝혔으며, 해양사고 초기 대응의 방향을 제시하였다. Na(2016)에서는 위험도기반 초기 대응에 대해서 연구를 수행하면서 초기 대응을 위한 요인의 우선순위를 언급하였다.

그러나 위의 연구는 선박사고를 바탕(재결서)으로 원인요인에 대한 항목을 도출의 연구에 초점이 맞추어져 있으며 선박사고가 일어나기 전 선장이 선박 및 승객대피 의사결정을 하기 위한 주요요인으로 고려하기에는 부족하며 우선순위를 결정하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 주제를 바탕으로 계층분석 방법을 이용하여 각 주요요인들을 분석하고 주요요인을 수치화하여 우선순위를 결정, 추후 선박 및 승객대피 의사결정에서 요인에 대한 우선순위를 제안하는 것을 목적으로 한다.

Table 1 Comparative study

Author	Factor analysis	Initial response	Priority analysis
Byun(2001)	O	X	X
Yim(2009)	O	X	X
Yim(2017)	O	X	X
IMO(2000)	O	O	X
Geijerstam(2008)	O	O	X
Kim(2010)	O	O	X
Youn(2017)	O	O	X
Na(2016)	O	O	O
Youn(2018)	O	O	O

2.2 계층 분석 방법 및 일관성 지수

Analytic Herarchy Process(AHP)방법은 1980년대에 Saaty에 의해 개발된 의사결정기법이다. 이 기법은 해결해야 할 문제를 몇 개의 계층으로 구성하여 분석을 통해 상대적인 우선순위를 결정한다. 즉, 계층 분석 방법은 의사결정을 위하여 몇 가지의 기준 및 대안으로 구성된 계층 구조를 통해 복잡한 문제를 해결하는데 최적의 기법이다. 쌍대비교의 신뢰도를 평가하여 의사결정자의 논리적인 일관성을 검증하며 이에 대한 척도는 일관성 비율(Consistency Ratio, CR)로 판단한다. 일관성 비율이 0.1이하라면 합리적인 평가라고 규정하고, 0.1을 초과할 경우에 해당 의사결정자의 설문은 재평가 또는 제외해야한다. 일관성을 검증하기 위해서 무작위지수(Random Index; RI) 또는 난수지수라는 것을 사용하는데 Saaty(1980)가 제시하는 RI 값은 9점 척도를 이용하여 표본크기를 100으로 하여 무작위로 만들어낸 역행렬에서 일관성지수의 평균값으로 역수행렬의 차원 1에서 15까지의 값을 Table 2에 제시하였다. 따라서 일관성을 검증하기 위해 일관성 지수를 평균무작위지수로 나눈 일관성 비율(Consistency Ratio; CR)을 사용한다. 일관성에 대한 가설과 검정 통계량은 Table 3와 같다.

Table 2 Random index

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Random Index	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Table 3 Test statistic

Section	Content
Null Hypothesis(H_0) Alternative	The evaluation of decision-makers were randomly
Hypothesis(H_0) Alternative	The evaluation of decision-makers were not randomly Consistency Ratio = CI / RI

2.3 계층분석 모델 수립

기존의 선행연구와 해양안전심판원, IMO, 관련법규 등을 바탕으로 9개의 사고 유형으로 나눌 수 있으며 이를 바탕으로 Table 4와 같이 총 8가지의 주요요인을 수집하였다.

9개의 사고 유형은 다음과 같다. 충돌, 침몰, 기름유출, 전복, 좌초, 화재, 폭발, 기관고장, 인명사고 등이다.

주요요인으로 사고 유형을 바탕으로 나누었을 경우 환경사 발생(환경 영향), 충돌/접촉(선박과 선박간, 선박과 부유체 간, 선박과 해저면 간), 전복(복원성 상실), 침수(환경 영향), 화재/폭발(선박 내 화재 및 폭발), 기계고장(엔진, 러더 고장), 승객 사고(익사자), 해양오염(자선의 사고로 인한 기름 유출) 등이다. 환경사 발생, 충돌/접촉, 전복, 침수 등은 외부요인이며, 화재/폭발, 조종불능, 승객 원인, 해양오염은 내부요인으로 1계층을 나누었다. 환경사 발생, 전복 및 침수의 경우 외부 환경적인 요인(바람, 파랑, 조류)에 대해서만 고려를 하며 내부에서 발생하는 요인(화물 및 중량물 이동, 운항 중 청수/유류 사용 불균형 등)으로 인해 발생하는 경우는 제외한다. 충돌/접촉은 외부로부터 발생하는 충돌/접촉에 대해서만 고려를 하였다.

따라서, 선박 및 승객대피 의사결정의 주요요인의 분석 모델은 Fig. 1와 같이 구성하였다.

Table 4 The main factors collected from literature

Code	Main factor	Note
A-1	Rolling	External Factor
A-2	Collisions/Contacts	
A-3	Capsizing	
A-4	Sinking	
A-5	Fire/Explosion	Internal Factor
A-6	Machinery Failure	
A-7	Passenger Causalities	
A-8	Marine pollution	

3. 의사결정 중요도 비교 분석

3.1 설문조사 개요 및 일관성 평가

본 연구에서는 쌍대비교를 통해 하위계층으로 구성된 주요 요인들의 중요도를 평가하고자 선박 안전 관련 전문가 집단들에게 9점 척도의 쌍대 비교로 구성된 설문조사를 수행하였다. 2017년 7월~8월까지 선박 설계와 안전 설계를 하는 연구기관 내의 연구자, 안전관리와 항해지원을 하는 유관기관 내의 관리자, 직접 승선을 하여 항해 업무를 하는 승무원, 선박 건조 후 최종 점검을 하는 시운전 팀 등 총 52명에게 쌍대 비교 설문을 진행하였으며, 설문비율은 Fig. 2과 같다.

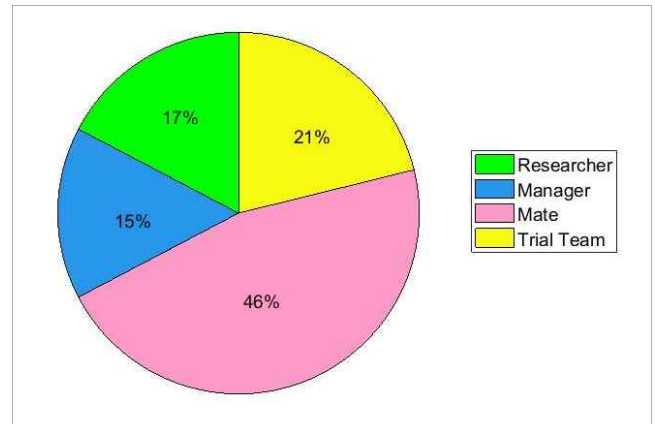


Fig. 1 Rate of survey respondents

쌍대비교의 신뢰도를 평가하고자 본 설문조사에 응답한 의사결정자들의 일관성을 일관성비율을 척도로 하여 검증하였다. 일관성 비율이 0.1이하라면 합리적 평가라고 할 수 있다. 총 52명 중, 35명의 설문이 유효하게 나타내었으며 각각의 설문조사 대상에 대한 일관성 평가 결과는 Table 5에 나타냈었다.

Table 5 Result of consistency evaluation

Occupational Group	Valid	Invalid	Rate(%)
Researcher	7	2	77.8
Manager	4	4	50.0
Mate	16	8	66.7
Trial Team	8	3	72.7
Total	35	17	67.3

3.2 연구자 중요도 평가 결과

선박 설계와 안전 설계를 하는 연구기관 내의 연구자 7명에 대하여 설문을 받았으며 총 5명의 설문이 유효하였으며 선박 및 승객대피 의사결정 주요요인을 서로 쌍대 비교하여 요인의 중요도를 평가하였다. 연구자들은 선박 및 승객대피 의사결정 주요요인을 전복(가중치: 0.257) 이라고 응답하였다. 그 뒤로 화재/폭발(가중치: 0.172), 충돌/접촉(가중치: 0.157) 순으로 나타났다. 다음 Table 6는 요인들 간의 쌍대비교 결과이다.

또한, 각 가중치를 외부요인과 내부요인에 대해 분석한 결과 외부요인의 중요도가 내부요인의 중요도 보다 높았다.

Table 6 Priority vector of each level(Researcher)

Code	Main factor	Importance	Rank
A-1	Rolling	0.113	5
A-2	Collisions/Contacts	0.157	3
A-3	Capsizing	0.257	1
A-4	Sinking	0.134	4
A-5	Fire/Explosion	0.172	2
A-6	Machinery Failure	0.110	6
A-7	Passenger Causalities	0.032	8
A-8	Marine Pollution	0.025	7

3.3 관리자 중요도 평가 결과

안전관리와 항해지원을 하는 유관기관의 관리자 8명에 대하여 설문을 받았으며 총 4명의 설문이 유효하였으며 선박 및 승객대피 의사결정 주요요인을 서로 쌍대 비교하여 요인의 중요도를 평가하였다. 관리자들은 선박 및 승객대피 의사결정 주요요인을 횡경사 발생(가중치: 0.220) 이라고 응답하였다. 그 뒤로 충돌/접촉(가중치: 0.194), 전복(가중치: 0.135) 순으로 나타났다. 다음 Table 7는 요인들 간의 쌍대비교 결과이다.

또한, 각 가중치를 외부요인과 내부요인에 대해 분석한 결과 외부요인의 중요도가 내부요인의 중요도 보다 높았다.

Table 7 Priority vector of each level(Manager)

Code	Main factor	Importance	Rank
A-1	Rolling	0.220	1
A-2	Collisions/Contacts	0.194	2
A-3	Capsizing	0.135	3
A-4	Sinking	0.100	6
A-5	Fire/Explosion	0.105	4
A-6	Machinery Failure	0.103	5
A-7	Passenger Causalities	0.070	8
A-8	Marine Pollution	0.073	7

3.4 승무원 중요도 평가 결과

직접 승선을 하여 항해 업무를 하는 승무원 24명에 대하여 설문을 받았으며 총 16명의 설문이 유효하였으며 선박 및 승객대피 의사결정 주요요인을 서로 쌍대 비교하여 요인의 중요도를 평가하였다. 승무원들은 선박 및 승객대피 의사결정 주요요인을 전복(가중치: 0.186) 이라고 응답하였다. 그 뒤로 충돌/접촉(가중치: 0.167), 횡경사 발생(가중치: 0.132) 순으로 나타났다. 다음 Table 8은 요인들 간의 쌍대비교 결과이다.

또한, 각 가중치를 외부요인과 내부요인에 대해 분석한 결과 외부요인의 중요도가 내부요인의 중요도 보다 높았다.

Table 8 Priority vector of each level(Mate)

Code	Main factor	Importance	Rank
A-1	Rolling	0.132	3
A-2	Collisions/Contacts	0.167	2
A-3	Capsizing	0.186	1
A-4	Sinking	0.107	5
A-5	Fire/Explosion	0.132	4
A-6	Machinery Failure	0.096	7
A-7	Passenger Causalities	0.083	8
A-8	Marine Pollution	0.097	6

3.5 시운전 팀 중요도 평가 결과

선박 건조 후 최종 점검 부서인 시운전 팀 11명에 대하여 설문을 받았으며 총 8명의 설문이 유효하였으며 선박 및 승객대피 의사결정 주요요인을 서로 쌍대 비교하여 요인의 중요도를 평가하였다. 시운전 팀은 선박 및 승객대피 의사결정 주요요인을 전복(가중치: 0.217) 이라고 응답하였다. 그 뒤로 화재/폭발(가중치: 0.145), 횡경사 발생(가중치: 0.143) 순으로 나타났다. 다음 Table 9은 요인들 간의 쌍대비교 결과이다.

또한, 각 가중치를 외부요인과 내부요인에 대해 분석한 결과 외부요인의 중요도가 내부요인의 중요도 보다 높았다.

Table 9 Priority vector of each level(Trial Team)

Code	Main factor	Importance	Rank
A-1	Rolling	0.143	3
A-2	Collisions/Contacts	0.133	4
A-3	Capsizing	0.217	1
A-4	Sinking	0.097	7
A-5	Fire/Explosion	0.145	2
A-6	Machinery Failure	0.126	5
A-7	Passenger Causalities	0.109	6
A-8	Marine Pollution	0.030	8

3.6 전체 AHP 설문 중요도 평가 결과 및 분석

전체 52명에 대하여 유효한 35명의 설문에 대하여 선박 및 승객대피 의사결정 주요요인을 서로 쌍대 비교하였으며 요인의 중요도를 평가하였다. 선박 및 승객대피 의사결정 주요요인 중 가장 가중치가 높은 요인은 전복(가중치: 0.204) 이라고 응답하였다. 그 뒤로 충돌/접촉(가중치: 0.157), 화재/폭발(가중치: 0.147) 순으로 나타났다. 다음 Table 10은 요인들 간의 쌍대비교 결과이다.

또한, 각 가중치를 외부요인과 내부요인에 대해 분석한 결과 외부요인의 중요도가 내부요인의 중요도 보다 높았다.

Table 10 Priority vector of each level(All field)

Code	Main factor	Importance	Rank
A-1	Rolling	0.138	4
A-2	Collisions/Contacts	0.157	2
A-3	Capsizing	0.204	1
A-4	Sinking	0.119	5
A-5	Fire/Explosion	0.147	3
A-6	Machinery Failure	0.092	6
A-7	Passenger Casualties	0.076	7
A-8	Marine Pollution	0.067	8

위 결과들은 각 연구기관(연구자), 유관기관(관리자), 승선 관련 분야(승조원) 그리고 시운전 팀 등에서 각 8가지 주요요인에 대한 우선순위 및 각 주요요인에 대한 주제를 나타낸 것이다.

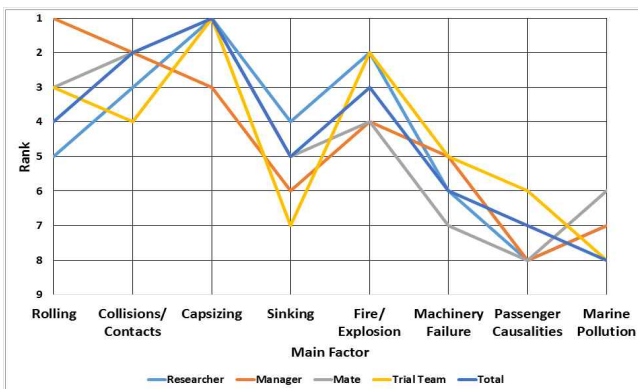


Fig. 2 Rank of main factor each occupational group

Fig. 2는 주요요인에 대한 랭킹을 나타낸 그래프이다. 먼저 각 분야별로 분석하였을 때, 연구자, 승조원, 시운전 팀은 선박 및 승객대피 의사결정에 있어서 전복(복원성 상실)이 가장 주요요인으로 응답하였다. 선박에서는 전복(복원성 상실)의 경우 선박의 고유 특성 중 하나이기 때문에 연구자들은 설계에서 고려 항목 중 하나이기 때문에 가장 높은 순위에 있으며,

승조원 및 시운전 팀의 경우 선박을 직접 운항하는 측면에서 전복(복원성 상실)은 최종적으로 퇴선을 해야 하는 항목 중 하나이기 때문에 가장 높은 순위에 있다고 판단되었다. 관리자의 경우 횡경사가 가장 주요요인으로 응답을 하였다. 선박 외부에서 상황을 보고 받기 때문에 선박의 자세에 대한 실시간 정보를 바탕으로 선박의 위험도를 평가할 수 있으므로 가장 높은 순위에 있는 것으로 판단되었다.

전체 종합 분석에서는 전복이 가장 주요요인이 되었다. 상대적으로 많은 유효부수가 선박을 직접 운항하거나 설계하는 응답자로부터 받았기 때문에 위의 결과가 나왔다고 할 수 있다. 각 분야별로 우선순위가 달랐지만 대부분 거의 비슷한 항목들이 상위 순위에 위치하였다. 특히, 내부요인보다는 외부요인이 주요요인으로 응답을 하였으며 내부요인 중 승객 문제, 해양오염 등의 주요요인에 대해서는 낮은 순위를 차지하였다. 따라서, 선박 및 승객대피 의사결정의 주요요인으로서 전복(복원성 상실)의 가능성, 화재/폭발에 대한 대책 그리고 횡경사 발생에 대해서 먼저 고려를 하여야 한다.

4. 결 론

본 연구는 선박 및 승객대피 의사결정을 위한 주요요인을 정량적 방법으로 분석을 하였다. 선박 설계와 안전 설계를 하는 연구기관(연구자), 안전관리와 항해지원을 하는 유관기관(관리자), 직접 승선을 하여 항해 업무를 하는 승무원, 선박 건조 후 최종 점검 부서(시운전 팀) 등 직접적으로 선박 및 승객의 안전에 기여를 하는 업종 종사자들에게 설문을 하여 각 주요요인을 쌍대 비교하여 우선순위를 제안하였다.

각 쌍대비교 결과 전복(복원성 상실)과 화재/폭발이 선박 및 승객대피 의사결정에 주요요인으로 우선순위가 높았으며 추후 의사결정이 필요할 경우 전복(복원성 상실)과 화재/폭발이 다른 주요요인보다 중요하다.

본 연구는 선박 및 승객대피 의사결정에 있어서 선장의 순간적인 결정을 하는데 필요한 주요요인을 찾는 것을 목적으로 하였으며 추후, 선장이 선박 및 승객대피 의사결정에 있어서 우선순위를 바탕으로 주요요인별 선박 이상증후에 대한 대처 방안 매뉴얼의 기본 자료로 활용될 예정이다. 하지만 본 연구에서는 주요요인의 우선순위를 규명하는 것에 한정되었으며 2개 이상의 복합적인 요인에 따른 우선순위 선정에 대해서는 규명하기가 어렵다. 따라서 향후 연구에서는 주요요인 개별의 순위를 바탕으로 복합적인 순위를 결정하는 연구가 필요하다.

후 기

본 연구는 해양수산부의 “선박 및 인명 대피 지원 기술 개발”사업의 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사합니다.

References

- [1] Byun, H. S. and Shin, H. S.(2001), "A study on The Safety Control for Information System of Maritime Disasters," The journal of the Korea Institute of Maritime Information & Communication Sciences, Vol. 5, No. 1, pp. 222-226.
- [2] Geijerstam, K. and Svensson, H.(2008), "Ship collision risk," Report 5275, Lund.
- [3] IMO(2000), "Amendments to the Code for the investigation of marine casualties and incidents," A21/Res.884, pp. 1-40.
- [4] IMO(1997), CODE FOR THE INVESTIGATION OF MARINE CASUALTIES AND INCIDENTS, Resolution A.849(20) adopted on 27 November 1997, Appendix : Guidelines to assist investigator in the implementation of the Code.
- [5] Kim, D. J. and Kwak, S. Y.(2011), "Evaluation of Human Factors in Ship Accidents in the Domestic Sea," Journal of the Ergonomics Society of Korea, Vol. 30, No. 1, pp. 87-98.
- [6] Kim, I. C. and An, K.(2016), " Comparison and Analysis on Risk Assessment Models of Coastal Waters considering Human Factors", Journal of the Korean Navigation and Port Research, Vol. 40, No. 1, pp. 27-34.
- [7] Kim, H. T., Na, S. and Ha, W. H.(2011), "A Case Study of Marine Accident Investigation and Analysis with Focus on Human Error", Journal of the Ergonomics Society of Korea, Vol. 30, No. 1, pp. 136-150.
- [8] Kim, K. H., Choi, J. H. and Choi, H. K.(2014), "A Study on the Decision Making Process of OSC(On-Scene Commander) and On-Scene Command System on Occuring of Disaster at Sea - Focusing on the Sewol Ferry Sinking Case -", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 20, No. 6, pp. 692-703.
- [9] KMST(2014), 2014 Statistical Annual Report to Maritime Casualties (2008~2014 combined), Korea Maritime Safety Tribunal, pp. 1-118.
- [10] MOF(2013), Law for the investigation and Judgement of Maritime Causalities, No. 11690.
- [11] Na, S., Lee, S. H. and Choi, H. J.(2016), "Fundamental Research on the Development of a Risk Based Decision Support System for Maritime Accident Response: Focused on Oil Tanker Grounding," Journal of navigation and port research, Vol. 40, No. 6, pp. 391-400.
- [12] Saaty, T. L. (1980), The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, pp. 1-287.
- [13] Yim, J. B.(2009), "Development of Quantitative Risk Assessment Methodology for the Maritime Transportation Accident of Merchant Ship," Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 33, No. 1, pp. 9-19.
- [14] Yim, J. B.(2017), "A Study on the Reduction of Common Words to Classify Causes of Marine Accidents," Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 41, No. 3, pp. 109-118.
- [15] Youn, D. H. and Shin, I. S.(2017), "Correlation Analysis of Cause factor through Ship Collision Accidents, and Cause factor Analysis through Collision Time," Journal of the Korean society of marine environment & safety, Vol. 23, No. 1, pp. 26-32.

Received 13 December 2017

Revised 15 June 2018

Accepted 15 June 2018