

# 선원대피처의 적정규모에 관한 연구

김원옥\* · 채양범\*\* · †김창제

\* 한국해양수산연수원 · \*\* † 한국해양대학교 해사대학 항해학부

## A study on the Optimum Capacity of Citadel

Won-Ouk Kim\* · Yang-Bum Chae\*\* · † Chang-Jae Kim

\* Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Busan 606-773, Korea  
\*\* † Division of Navigation Science, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**요 약** : 근래 해적에 의한 선박 피랍이 전 세계적으로 큰 문제가 되고 있다. 우리나라의 초대형 유조선 “삼호드림호”가 소말리아 해적에 의해 피랍되어 몸값으로 엄청난 액수를 지불하고 풀려났다. 그리고 2011년 1월 20일 “삼호주얼리호”의 경우 해군은 창군 이래 처음으로 공해 상에서 해적과 교전하여 선원 21명 모두를 구출하는 쾌거를 이루어냈다. 또한, “한진텐진호”의 경우, 전 선원이 선원대피처로 신속하게 대피하여 모두 안전하게 해군에 의해 구출되었다. 이와 같이 우리나라 선박들이 해적에 의해 피랍되는 경우가 늘어나면서 해적의 위협으로부터 벗어날 수 있는 다양한 방법이 연구되고 있다. 정부는 2011년 1월 선박설비기준을 일부 개정하여 선원대피처를 지정된 위험해역을 항해하는 모든 선박에 설치하도록 강제화하였다. 따라서 이 연구에서는 선박 피랍의 위험상황 발생시 장시간 대피·거주해야 하는 선원대피처의 적정 규모를 선원들의 피난 안전성에 기초한 이론적인 산출과 FDS를 이용한 화재시뮬레이션을 통해 설정하고자 한다.

**핵심용어** : 해적, 선박피랍, 선원대피처, 적정규모, 화재, FDS

**Abstract** : Recently, vessel hijacking by pirates has been a big issue around the world. For example, the hostages of VLCC “SAMHO Dream” were released for a large sum of ransom. On January 20, 2011 “SAMHO Jewelry” succeeded releasing all of the 21 crews on the vessel by attacking the pirates in international waters for the first time since the founding of the Naval Force. Furthermore, the “HANJIN Tianjin” crews evacuated to the Citadel promptly and were rescued by the navy. As hijacking of Korean vessels by pirates is increasing, various safety measures must be implemented. As a matter of fact, the standard for ship’s facilities has been partially revised and setting up an evacuation shelter on all vessels sailing dangerous zone has been reinforced. This research aims to discuss crew Citadel installation on vessels intended for long haul. In addition, it will look at measures against potential gas flow in the event of pirate armed attacks and fire outbreak onboard a vessel. It will also assess the optimal number of crew Citadels theoretically. Lastly, the optimal number of shelters in the event of fire outbreak will be discussed based on an FDS simulation.

**Key words** : Pirate, Vessel hijacking, Citadel, Relative Size, Fire, Fire Dynamic Simulator

## 1. 서 론

근래에 우리나라 선박들의 해적에 의한 피랍사태가 증가하고 있다. 과거에는 상대적으로 피랍하기 쉬운 소형상선 및 원양어선이 대상이었다. 그러나 “삼호드림호” 및 “한진텐진호” 피랍사건에서 보는 바와 같이 초대형 유조선 및 20kts이상 고속으로 운항하는 초대형 컨테이너선도 그 대상이 되고 있어 위험해역을 운항하는 모든 선박들에게 위협요소가 되고 있다. 특히, 거의 무정부 상태인 소말리아 근해를 포함한 인도양 전체가 위험해역으로 알려지고 있다. 그러므로 이 해역을 운항하는 선박의 선원들에게 심적 부담감으로 작용하고 있으며 무엇보다 중요한 것은 해적이 총기 및 휴대용 로켓포를 사용할 만큼 그 수법이 아주 흉포해지고 있어 인명안전에 심각한 위협이 되고 있다. “삼호주얼리”호의 경우, 선장이 해적이 쏜 총

에 맞았으며 해적들은 우리 해군에 의해 일부 사살되기도 했다. 국제해사국(IMB: International Maritime Bureau)의 통계에 따르면 소말리아 해적들의 선박 공격 건수는 2010년 445차례였으며 총 53척의 선박과 함께 1,181명의 선원이 납치되었다. 그래서 우리나라 정부는 특정 위험해역을 항해하는 선박에 대해서는 강제적으로 선원대피처를 설치하도록 하였다. 강제적으로 선원대피처를 설치하는 것은 선원의 안전을 위해 바람직하다. 현재의 선박설비기준에 의하면 선원대피처의 규모는 선박 자체적으로 정하도록 되어 있으며 이를 규정화하지는 않고 있는 실정이다. 선원대피처는 선원들의 생명보호를 위한 마지막 보루이므로 충분한 공간에 쾌적한 환경이 되기는 어려울 것이다. 특히, 소형선박이나 어선의 경우 공간을 확보하는 것도 쉽지 않을 것이다. 그러나 장시간 거주해야 하는 선원대피처의 특성상 내부에서 자체의 화재발생이나 무기에 의한

\* 대표저자: 연회원, kwo72@hanmail.net 051)620-5816

\*\* 중신회원, chaeby@hhu.ac.kr 051)410-4287

† 교신회원, kimc@hhu.ac.kr 051)410-4226

해적의 공격에 따른 화재나 연기유입 등이 선원들의 인명안전에 위협이 될 수 있다. 따라서 이 연구는 선원이 장시간 대피·거주해야 하는 특성상 선원대피처의 적정규모를 선원들의 피난안전성에 기초한 이론식과 FDS(Fire Dynamics Simulator, 이하 FDS)를 이용한 화재시물레이션에 의해 검토한 것이다. 즉, 이론적으로 산정된 선원대피처의 적정규모에 대하여 3차원 공간에서의 복잡하고 세분화된 해석이 가능한 NIST(National Institute of Standards and Technology)의 Field Model 방식인 FDS를 이용하여 화재시물레이션을 실시하고 선원대피처의 적정규모를 파악하고자 한다.

## 2. 선원대피처의 관련 규정 검토

우리나라에서는 국토해양부고시 제2011-60호에 의해 선박설비기준(제2편 제3장 선원대피처)을 일부 개정하여 고시하였으며 주요 내용은 다음과 같다. 적용범위는 Fig. 1에 표시된 해역이다(국토해양부, 2011).



Fig. 1. The Danger zone of Piracy

○ 제56조의 3(선원대피처의 설치 위치) 선원대피처는 해당 선박의 구조 및 형태 등을 고려하여 선원 외의 자가 쉽게 식별하기 어려운 장소에 설치하여야 한다.

○ 제56조의 4(선원대피처의 구조 등) ① 선원대피처는 강재(鋼材)로 둘러싸인 구조로서 해당 선박의 선원들이 대피하기에 충분한 공간을 확보하여야 한다. ② 선원대피처에는 다음 각 호의 요건(선박설비기준 참조)에 적합한 제1출입문과 제2출입문을 설치하여야 한다.

○ 제56조의 5(기본설비 및 비품) : 양방향 초단파 무선전화기 1대, 휴대용 비상전등(정원 1인당 1개) 및 휴대용 소화기 1개, 구난식량(정원 1인당 1만 킬로줄) 및 음료수(정원 1인당 3리터), 응급의료구 1식, 간이화장실 1식, 공기공급장치 1식. 다만, 선원대피처가 외부 공기 유입이 가능한 구조인 경우에는 제외한다.

○ 제56조의 6(위성통신설비) : 유선 또는 무선으로 위성을

통하여 외부와 교신이 가능할 것, 충전이 가능한 비상배터리 갖출 것, 외부 안테나는 쉽게 식별하기 어려운 곳에 설치할 것.

## 3. 선원대피처의 적정 규모 도출

한국선급협회 TECHNICAL INFORMATION(No. 2011-LAW-01) "The requirements for citadel's facilities"에 의하면 선원대피처 규모에 대해 일인당 0.85m<sup>2</sup>이상 설치되도록 규정하고 있다.

이 장에서는 장시간 거주가 필요한 선원대피처의 적정규모를 산정하기 위하여 육상 건축물의 규정을 참조하여 이미 설정된 선원대피처의 규모와 비교하고자 한다.

### 3.1 적정 수용인원에 대한 공간적인 측면

선박설비기준에 의하면 선원대피처는 장시간 생활이 가능하도록 식량을 구비하도록 되어있다. 즉, 최소한의 거주생활이 가능하여야 한다는 의미이다. 미국의 인명안전기준에 따르면 Table 1.과 같이 적정 수용인원을 산정하기 위한 계수를 정하고 있다(소방방재청, 2008).

Table 1. The optimal seating capacity of America

사용용도	m <sup>2</sup> /인	사용용도	m <sup>2</sup> /인
집회용도		상업용도	
고밀도지역 (고정좌석 없음)	0.65	피난층 판매지역	2.8
저밀도지역 (고정좌석 없음)	1.4	2층이상 판매지역	3.7
		지하층 판매지역	2.8
벤치형 좌석	1인/좌석길이 45.7cm	보호용도	3.3
고정좌석	고정 좌석수		
취사장	9.3	의료용도	
서가지역	9.3	입원치료구역	22.3
열람실	4.6	수면구역 (구내숙소)	11.1
수영장	4.6(물표면)	교정, 감호용도	13.1
수영장 데크	2.8	주거용도	
헬스장	4.6	호텔, 기숙사	18.6
운동실	1.4	아파트	18.6
무대	1.4	대형 숙박주거	18.6
접근 출입구 좁은통로, 회랑	9.3	공업용도	
카지노 등	1	일반 및 고위험공업	9.3
스케이트장	4.6	특수공업	수용인원 이상
교육용도		업무용도	9.3
교실	1.9	창고용도 (사업용도외)	수용인원 이상
매점, 도서관, 작업실	4.6		

선박에 따라 약간의 차이가 있지만 일반적으로 선박당 약 20명 내외의 선원이 승선한다. 선원대피처는 선원이 비상사태 시 집결하는 곳으로 일반적인 선실이나 육상의 경우 아파트나 기숙사 같은 거주구역과 동일하게 면적을 산정하기는 어려울 것이다. 그러나 너무 협소하게 만들어지면 고령 혹은 평소 건강상태가 좋지 않은 선원의 경우 건강에 위협이 될 수 있을 것이다. 특히, 우리 해군이나 다국적 해군에 의한 신속한 구출 작전이 항상 가능할 수는 없기 때문에 부득이 장시간 거주 가능성이 있어 일정한 규모의 크기로 만들어져야 할 것이다. 따라서 미국의 규정을 참조하여 선원대피처 설치에 가장 적합할 것으로 판단되는 의료용도의 수면구역과 교정, 감호용도의 적정 수용인원을 산출하면 선원대피처의 바닥면적은 약 222m<sup>2</sup> ~ 262m<sup>2</sup> 이상 되어야 한다.

그리고 “일본 건설성 공시 제1440호”에서도 Table 2.와 같이 적정 수용인원을 산정하기 위한 계수를 정하고 있다(일본 건설성, 2000).

Table 2. The optimal seating capacity of Japan

종 류		균중밀도 (단위 : 인/m <sup>2</sup> )
주택의 거실		0.06
주택 이외의 건축물에 있어서 침실	고정 침대 (베드)의 경우	침대 수를 바닥면적으로 나눈 수치
	기타의 경우	0.16
사무실, 회의실 기타 이들로 분류하는것		0.125
교실		0.7

선원대피처는 장시간 선원이 거주해야 하는 곳으로 침실을 생각하고 침대 설치하는 불가능하므로 가장 흡사하게 생각되는 주택 이외의 건축물에 있어서 침실(기타의 경우)계수를 이용하여 선원대피처의 적정인원을 산출하면 최소한 바닥면적이 125m<sup>2</sup> (20/0.16) 이상이어야 한다. 결과적으로 미국과 일본 규정을 통한 선원대피처의 적정규모는 최소 125m<sup>2</sup> 이상을 만족해야 하는 것으로 판단된다.

### 3.2 피난구의 유효폭 고찰

선박의 경우 SOLAS(International Convention for the Safety of Life at Sea) FSS(Fire Safety Systems) Code 제 13장의 “탈출수단 배치”에 여객선과 화물선을 구분하여 규정하고 있다. 이 중 화물선에 대해서는 계단과 복도에 대하여 “실제 통과 폭이 70cm 이상이어야 하며 계단으로 향하는 출입문은 그 계단의 크기와 같아야 한다”는 규정에 의해 최소한 두개의 70cm 이상 너비의 출입문이 만들어져야 한다(SOLAS, 2006).

그리고 육상 건축물의 경우 우리나라는 “건축물의 피난·방화규정 등의 기준에 관한 규칙”에 의하면 “비상탈출구의 유효너비는 0.75m 이상으로 하고, 유효높이는 1.5m 이상으로 할

것”으로 규정하고 있다(국가법령정보센터, 2011).

미국의 NFPA(National Fire Protection Association)의 “피난구의 구성요소 및 설치기준”에 의하면 피난구의 유효폭은 81cm 이상을 규정하고 있다(한국건설기술연구원, 2000).

### 3.3 이론식에 의한 피난 허용시간 및 총 피난시간

피난 허용시간은 거실, 층, 복도로 나누어 설계지침을 정하고 있는데 선원대피처의 경우는 가장 유사한 거실로 구분하여  $2 \sim 3\sqrt{A_{area}}$  (천정높이가 6m 이하일 경우 계수 2 적용)를 적용하면 적정규모 125m<sup>2</sup>일 경우 선원대피처내 거주 가능시간은 22.4초이다. 즉, 모든 선원은 이 시간내에 피난을 감행해야 한다는 뜻이다. 피난구를 통해 전원 피난 완료하는 시간은 식(1)에 의해 구한다(일본건설성, 2000).

$$T = \frac{\sum PA_{area}}{\sum N_{eff} B_{eff}} \quad \text{식(1)}$$

여기서,

$T$  : 재실자가 당해 거실의 출구를 통과하기 위해 필요로 하는 시간(min)

$P$  : 재관자 밀도(m<sup>2</sup>/인)

$A_{area}$  : 당해 거실 등의 각 부분별 바닥면적(단위 : m<sup>2</sup>)

$N_{eff}$  : 유효유동계수(인/(min/m))

$B_{eff}$  : 유효출구 폭(m)

그리고 추가로 미국의 SFPE(Society of Fire Protection Engineers)의 Harold E. “Bud” Nelson과 Frederick W. Mowrer의 비상시 이동 연구의 피난계산방법에 의하여 예측하였다. 균중밀도가 0.54/m<sup>2</sup> 미만일 경우 피난 완료시간 계산 방법은 식(2)와 같다(SFPE, 2005).

$$T_p = \frac{P}{(k - 0.266kD) W_e} \quad \text{식(2)}$$

여기서,

$T_p$  : 한 군중의 사람들이 비상구 통로상의 특정지점을 통과하는데 걸리는 시간(sec)

$k$  : 피난속도 상수 (복도, 비상구는 1.4 적용)

$D$  : 균중밀도 [인원수(명)/유효면적(m<sup>2</sup>)]

$W_e$  : 출구폭 (m)

이론식에 의한 총 피난시간은 제한한 적정규모시 일본 계산식에 의하면 19초로 검토되었다. 단, 유효유동계수는 피난구를 통과하면 즉시 안전구역으로 이동하는 것으로 산정하였다. 그러나 선박설비기준에서는 출입문을 2개로 규정하고 있어 실제 약 9.5초의 시간이 소요될 것으로 판단된다.

그리고 식(2)에 의하면 10.7초이다. 하지만 선박의 경우는 롤링과 피칭에 의한 보행속도 감소가 예상된다. 네덜란드의 TNO Human Factors는 BriteEuram 프로젝트인 MEPdesign

(Mustering and Evacuation : Scientific Basis for Design)는 프로그램의 일환으로 18세에서 83세의 성인 150명을 대상으로 통로 및 계단의 경사와 동요에 의한 보행속도를 검토하였다. 이때 중동요 및 횡동요 모두에서 동요주기 증가에 따라 약 15%정도 감소됨을 알 수 있었다(김, 2004).

이 연구 결과를 적용하면 실제 피난시간은 일본 계산식은 10.9초, 미국의 SFPE에 의하면 12.3초로 예상된다. 결과적으로 바닥면적 125m<sup>2</sup>이상의 선원대피처는 선원의 피난안전을 제고할 수 있는 것으로 나타났다.

## 4. 화재시뮬레이션

### 4.1 FDS의 개요

FDS는 화재로 발생하는 유체의 흐름을 계산하는 CFD모델로서 저속도의 열흐름에 대한 Navier-Stokes 방정식의 한 형태를 수치 해석하는 필드모델로서 열과 연기의 흐름을 강조한 방정식을 계산하는 프로그램이다. 계산방법은 LES(Large Eddy Simulation) 또는 DNS(Direct Numerical Simulation)에 상관없이 보존방정식에 의해 예측된다.

### 4.2 화재 시뮬레이션

이론적으로 산정된 적정규모의 선원대피처를 AutoCAD를 이용하여 제작한다. FDS를 사용하여 시뮬레이션을 하기 위해서는 DXF 파일로 화재구역을 제작해야하므로 AutoCAD를 이용하여 DXF 파일로 변환한 후 3차원 파일로 제작한다. 변환된 파일을 DXF2FDS 프로그램을 이용하여 FDS에서 원하는 파일로 변환한다. FDS를 이용하여 시뮬레이션을 실시하기 위해서는 화재공간의 재질, 화재의 크기, 유입공기의 속도 및 화재장소 등과 같은 다양한 조건과 변수가 필요하다. 이 연구에서는 한국선급에서 지정한 일인당 0.85m<sup>2</sup>와 이론적으로 검토된 적정면적인 125m<sup>2</sup>(바닥면적)에 대하여 동일한 화재규모로 시뮬레이션을 실시하고 결과를 분석하고자 한다. 단, 높이는 거주구역의 경우 선박설비기준에 의하면 2.03m로 규정하고 있어 이 연구에서는 2.03m로 하며 추가적으로 거주구역이 아닌 특수한 곳을 선원대피처로 설치할 경우를 가정하여 3m, 4m, 5m로 구분하고 화재의 강도도 다양하게 지정하여 시뮬레이션한다. 이 시뮬레이션을 위한 물리적 조건은 아래와 같다. 화재 시 온도 및 가시거리 측정지점은 기준점에서 X축 및 Y축으로 2m 그리고 Z축은 일반적인 사람의 호흡위치인 1.8m로 하였다. 그리고 공기조절장치는 작동이 불가하여 작동이 중지된 것으로 가정한다.

- 가로(m) × 세로(m) × 높이(m)      4.1 × 4.1 × 2.03, 3, 4, 5 (일인당/0.85m<sup>2</sup>인 경우)
- 가로(m) × 세로(m) × 높이(m)      11.2 × 11.2 × 2.03, 3, 4, 5(일인당/6.25m<sup>2</sup>인 경우)
- 시뮬레이션 시간                      50 초
- 화재강도                                10kW, 100 kW, 1MW

- 화원의 크기                            1m × 1m
- 가연성 물질                            목재
- 실내온도                                25 °C

그리고 이 시뮬레이션에서는 대피한계 온도 및 가시거리를 파악한다. 대피공간의 온도는 60 °C를 초과하지 않아야 하며 가시거리로서는 출입문, 벽, 계단 등 스스로 발광하지 않는 반사체는 약 6m에서 식별 가능한 조건을 만족하도록 규정하고 있다(이와 유, 2003). 온도 측정방법은 FPA방법을 사용하며 식(3)과 같다(한국원자력기술원, 2008).

$$\frac{\Delta T_g}{T_a} = 0.63 \left( \frac{\dot{Q}}{m \cdot C_p T_a} \right)^{0.72} \left( \frac{h_k A_T}{m \cdot C_p} \right)^{-0.36} \quad \text{식(3)}$$

여기서,  $\Delta T_g$ : 고온 기체층 온도상승 ( $T_g - T_a$ ) [K]

$T_a$ : 주위온도 [K]

$\dot{Q}$ : 화재의 열방출율 [kW]

$m$ : 강제 환기 유량 [kg/s]

$C_p$ : 비열 [kJ/kg K]

$h_k$ : 열전달 계수 [kW/m<sup>2</sup>]

$A_T$ : 공간내의 총 면적 [m<sup>2</sup>]이다

한국선급에서 규정한 일인당 0.85m<sup>2</sup>의 규모로 선원대피처가 설치되었을 경우 피난안전 온도 및 가시거리 분석한 결과는 Table 3과 4와 같다. 즉, 화재강도가 10kW에서는 분석한 모든 높이의 공간이 가능한 것으로 나타났으나 100kW에서는 3m이하에서는 안전 피난완료시간을 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 특히, 1MW시는 모든 조건에서 안전 피난완료시간을 만족하지 못하는 것으로 검토되었다.

Table 3. Time(sec) to reach a temperature of 60 °C(0.85m<sup>2</sup>/person)

높이(m)	최고온도(°C)/최고온도도달시간(sec)/60°C도달시간(sec)		
	10kW	100kW	1MW
2.03	37.4 / 50 / -	<b>113.6 / 49 / 5</b>	<b>462.8 / 36 / 3</b>
3	33.4 / 48 / -	<b>81.1 / 46 / 16</b>	<b>349.5 / 48 / 4</b>
4	30.4 / 44 / -	65.2 / 48 / 45	<b>281.6 / 49 / 5</b>
5	26.7 / 50 / -	39.2 / 29 / -	<b>238.4 / 42 / 14</b>

Table 4. Time(sec) to reach the visibility range of 6m(0.85m<sup>2</sup>/person)

높이(m)	최소가시거리(m)/최소가시거리도달시간(sec)/6m도달시간(sec)		
	10kW	100kW	1MW
2.03	19.8 / 50 / -	<b>3.2 / 49 / 15</b>	<b>0.4 / 50 / 3</b>
3	30 / 50 / -	5.1 / 48 / 38	<b>0.7 / 47 / 6</b>
4	30 / 50 / -	7.0 / 48 / -	<b>0.8 / 49 / 12</b>
5	30 / 50 / -	11.2 / 47 / -	<b>1.0 / 50 / 19</b>

3.3절에서 검토된 이론적 피난 허용시간인 22.4초를 만족하여야하는데 한국선급에서 규정한 일인당 0.85m<sup>2</sup> 바닥면적으로 선원대피처가 설치될 경우 안전 온도 및 가시거리 분석 결과 외부로부터의 연기유입 혹은 내부의 100kW이하의 소규모 화재를 가정한다면 높이가 4m 이상인 경우에 만족하는 것으로 검토되었다. 그리고 이 연구에서 제안한 바닥면적이 125m<sup>2</sup> 인 경우 피난안전 온도 및 가시거리 분석한 결과는 Table 5와 6과 같다. 즉, 화재강도가 큰 1MW시 2.03m이하에서만 안전 피난 완료시간을 만족하지 못하는 것으로 분석되었다. 즉, 높이가 선원대피처의 높이가 3m 이상인 경우에는 비교적 화재강도가 큰 경우에도 안전 피난완료시간을 만족하여 선원의 인명안전에 상당한 도움이 되는 것으로 판단된다.

Table 5. Time(sec) to reach a temperature of 60 °C

높이(m)	최고온도(°C)/최고온도도달시간(sec)/60°C도달시간(sec)		
	10kW	100kW	1MW
2.03	28.0 / 50 / -	47.8 / 49 / -	<b>172 / 45 / 9</b>
3	25.9 / 50 / -	26.6 / 50 / -	56.4 / 49 / -
4	25.2 / 50 / -	26.3 / 50 / -	31.0 / 50 / -
5	25.2 / 50 / -	26.1 / 50 / -	33.6 / 50 / -

Table 6. Time(sec) to reach the visibility range of 6m

높이(m)	최소가시거리(m)/최소가시거리도달시간(sec)/6m도달시간(sec)		
	10kW	100kW	1MW
2.03	30 / - / -	30 / - / -	<b>1.1 / 50 / 8</b>
3	30 / - / -	30 / - / -	10.7 / 48 / -
4	30 / - / -	30 / - / -	30 / - / -
5	30 / - / -	30 / - / -	3.0 / - / -

그리고 추가적으로 검토하여야 할 부분은 선원대피처가 외부로부터의 연기유입 공격 등에 대비하기 위해서는 거의 밀폐 되어야 한다. 그러면 선원대피처내 산소부족으로 인한 질식의 위험이 발생하게 된다. 이때 선원대피처에 대피 중인 선원들이 생존 가능한 호흡시간의 검토가 필요하다. Table 7은 한국선급에서 규정한 일인당 0.85m<sup>2</sup>의 바닥면에 다양한 높이를 가정하여 산출한 생존 가능 호흡시간이다. 이때 전체 부피에 해당하는 공기 중 산소는 21%를 차지하는 것으로 설정하였다. 그리고 질식의 위험에 도달하는 산소농도는 10%로 지정하였다. 일반적으로 움직임이 거의 없는 상태의 성인의 1회 호흡량인 500ml이며 분당 10회 호흡을 하므로 이를 이용하여 검토하였으며 선원대피처에 선원은 선박마다 승선원수가 다르지만 대형선의 일반적인 인원인 20명으로 정하였다.

Table 7. Respirable time in 0.86m<sup>2</sup> area per person

높이(m)	전체 산소량(ml)	호흡 가능 산소량(ml)	호흡 가능시간(분)
2	34,000,000	3,740,000	18.7
3	51,000,000	5,610,000	28.1
4	68,000,000	7,480,000	37.4
5	85,000,000	9,350,000	46.8

그리고 이 연구에서 제안한 바닥면적 125m<sup>2</sup>에 높이 3m인 경우의 생존 호흡 가능시간은 Table 8과 같다.

Table 8. Respirable time in 125m<sup>2</sup>, 3m height space

높이(m)	전체 산소량(ml)	호흡 가능 산소량(ml)	호흡 가능시간(분)
3	375,000,000	41,250,000	206.3

## 5. 결론

현재 우리나라의 경우 선원대피처는 선박설비기준에 의해 강제로 둘러싸인 13mm이상의 구조에 두 개의 출입문을 설치하도록 되어 있다. 그리고 규모에 대해서는 일인당 0.85m<sup>2</sup> 이상으로 규정하고 있으나 높이에 대해서는 규정하고 있지 않다. 외부로부터의 연기유입 혹은 내부화재시 선원의 안전에 선원대피처의 높이가 아주 중요한 역할을 한다. 이 연구에서는 다양한 화재강도로 화재시물레이션을 실시한 결과 높이가 4m이상이어야 안전 피난완료시간을 만족하는 것으로 나타났다. 그러나 갑작스러운 해적의 침입으로 인해 모든 선원들이 선원대피처에 신속하게 피난하지 못한 경우 일부 선원이 인질로 잡힐 수 있으며 이때 해군의 구출작전은 쉽지 않을 것이다. 이러한 경우 선원대피처에 장시간 피난해야 하므로 좁은 규모의 공간은 선원들에게 2차적인 육체적 피해를 줄 수 있을 것이다.

즉, 선원대피처는 그 특성상 장시간 피난하여 거주해야하므로 거주공간의 개념을 접목시켜 만들어져야 한다. 너무 협소할 경우 선원들의 건강에 문제가 생길 가능성이 있다. 물론, 소형선박의 경우 적절한 공간을 만들기 어려울 것으로 판단되지만 가능하다면 안전을 고려한 적정규모의 선원대피처 설치가 필요할 것으로 판단된다. 이 연구에서는 미국과 일본의 규정을 통하여 선원대피처의 적정규모에 대해 검토하였다. 검토 결과 바닥면적은 125m<sup>2</sup> 이상이어야 할 것으로 나타났다. 그리고 선원대피처의 높이는 화재시 선원의 안전과 긴밀한 관련이 있으므로 화재 발생을 고려한 시물레이션을 실시하여 분석하였다. 그 결과 안전 피난완료시간을 고려하면 3m이상인 경우에는 안전한 것으로 판단된다. 특히, 선원대피처의 높이가 2.03m인 경우는 온도 및 가시거리 측정에서 모두 안전하지 못하는 것으로 검토되어 거주구역내 선원대피처의 설치선원

의 안전에 어려움이 있을 것으로 판단된다. 그리고 해적들은 차츰 지능화되고 있어 선원대피처를 찾아 연기를 유입하는 등의 공격을 실시할 가능성이 있다. 이때는 밀폐를 실시하여야 하며 이때 충분한 공간이 아닐 경우 질식의 가능성이 있다.

이러한 외부로부터의 연기유입과 밀폐된 공간의 호흡을 다양하게 고려한 결과 선원대피처의 적정규모는 최소 높이가 3m이상, 바닥면적 125m<sup>2</sup> 이상으로 설치되어야 선원의 생존을 향상에 도움이 될 것으로 판단된다.

선원대피처는 인명안전 관점에서 접근해야한다. 향후 연구에서는 페인트 창고를 제외하고는 화물선에 설치되어 있지 않은 스프링클러의 설치, 복수의 선원대피처 설치 및 선원피난처의 최적장소 설정 등이 선원들의 인명안전에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 국토해양부(2011), 선박설비기준 일부개정안 제2편 제3장
- [2] 국가법령정보센터(2011), 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙, <http://www.law.go.kr>
- [3] 김홍태(2004), 선박의 경사 및 동요효과가 탈출승객의 이동성에 미치는 영향, 대한산업공학회, Vol. 17, No. 1, pp. 22-23.
- [4] 소방방재청(2008), 국가 인명안전기준 개발(최종보고서), p. 13.
- [5] 일본 건설성(2000), 건설성 공시 제1441호(2000년 5월 31일)
- [6] 이동호, 유지오(2003), 지하철 화재시 본선터널 환기시스템에 따른 열 및 연기배출특성, 한국화재·소방학회, 제17권, 제2호, pp. 62-69.
- [7] 한국선급, 해양수산부(2006), SOLAS -CONSOLIDATED EDITION 2006-, 해인출판사, pp359-661
- [8] 한국건설기술연구원(2000), 건축물 화재안전시스템 구축-건축물 화재안전규정 개선 연구-, p198
- [9] 한국화재보험협회(2005), SFPE 방화공학 핸드북
- [10] 한국원자력기술원(2008), 성능기반 화재위험도분석 방법론 및 평가체제 개발 - 화재모델링 평가 -, pp 19-20.
- [11] NIST(2004), Fire Dynamics Simulator (Version 4) User's, <http://fire.nist.gov/fds/>

---

원고접수일 : 2011년 11월 23일  
 심사완료일 : 2012년 2월 16일  
 원고채택일 : 2012년 2월 20일