

# 화재시뮬레이션을 이용한 해양플랜트 전용생활부선 거주자의 생존율 향상에 대한 연구

김원옥\* · 이창희\*\*†

\*, \*\* 한국해양수산연수원

## A Study on Improving the Efficiency of the Survival Rate for the Offshore Accommodation Barge Resident Using Fire Dynamic Simulation

Won-Ouk Kim\* · Chang-Hee Lee\*\*†

\* Division of Education & Research, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, 367 Haeyang-ro, Yeongdo-gu, Busan 49111, Korea

\*\* Division of Offshore Safety Training, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, 367 Haeyang-ro, Yeongdo-gu, Busan 49111, Korea

**요 약** : 일반 상선과 달리 해양플랜트 시설은 발주자가 직접 고용한 인원과 조선소에서 파견된 시운전 종사자들은 2교대로 해양플랜트공사가 종료될 때까지 혼재되어 승선한다. 그러므로 많은 인원들이 안전하게 거주할 수 있는 별도의 해양플랜트 전용생활부선을 사용하는 것이 일반적이다. 따라서 이 연구에서는 인명 안전의 관점에서 해양플랜트 전용생활부선 거주자의 생존율 향상을 위한 방법을 제시하고자 한다. 이를 위해 해양플랜트 전용생활부선에서 발생할 수 있는 다양한 종류의 사고 중 가장 많이 발생할 것으로 판단되는 화재 사고를 가정하였다. 이를 위해 국내·외 규정에 근거한 화재시뮬레이션 전산 모형을 제작하여 종사자들에 대한 피난 안전성을 분석하였다. 특히, 해양플랜트 전용생활부선에서 화재가 발생할 경우 지속적으로 훈련을 받은 선원들과는 달리 다양한 직종, 인종, 문화를 갖고 있는 인력들의 비정형화된 피난 행위로 인하여 위험성이 높아질 것으로 판단되므로 생존가능시간인 유효 피난시간을 증가시키고, 실제 피난에 소요되는 필요 피난시간을 감소시켜 생존율을 향상시킬 수 있는 구조개선 및 안전설비 설치에 대해 제안하였다.

**핵심용어** : 해양플랜트 시운전 엔지니어, 해양플랜트 전용생활부선, 화재, 안전, 장비 및 설계 개선

**Abstract** : *The offshore plant crews that were commissioned in the commercial startup phase boarded the offshore plant in two shifts until the end of the project. The crews who were hired by the owner side stayed in the original offshore plant during the project. However, most of the offshore plant commissioned members who were dispatched from the shipyard were accommodated in the offshore accommodation barge. For this reason, they were exposed to many accidents since there are a lot of people staying in a small space. This study suggested a method for improving survival rate at offshore accommodation barge in terms of life safety. It is assumed that the fire accident among unfortunate events which take place in the offshore accommodation barge mainly occurred. So, this study analyzed the safety evacuation for offshore plant employees using fire simulation model based on both domestic and international law criteria. In particular, When fire occurs in the offshore accommodation barge, the periodically well trained crews are followed safety evacuation procedure. whereas many employees who have different background such as various occupations, cultural differences, races and nationality can be commissioned with improper evacuation behaviors. As a result, the risk will be greater than normal situation due to these inappropriate behaviors. Therefore, This study analyzed the Required Safe Escape Time (RSET) and Available Safe Escape Time (ASET). Also it was suggested the improvement of structure design and additional arrangement of safety equipment to improve the survival rate of the residents in offshore accommodation barge.*

**Key Words** : *Offshore Plant Commissioning Engineer, Offshore Accommodation Barge, Fire, Safety, Improvement of construction and equipment*

\* First Author : kwo0228@naver.com, 051-620-5816

† Corresponding Author : thethem8618@hanmail.net, 051-620-5828

## 1. 서론

2015년 Douglas-Westwood사가 발간한 “World Offshore Accommodation Market Forecast”에 따르면 대형 해양플랜트에 대한 운영 척수가 증가함에 따라 2019년까지 해양플랜트 전용생활부선에 대한 수요가 지속적으로 확대되어 연평균 약 42,000명 정도로 확대될 전망이다. 특히, 고정식 해양플랜트가 많은 비중으로 차지하고 있는 태국, 베트남, 인도네시아, 말레이시아 등과 같은 아시아뿐만 아니라 최근 골든 삼각지대인 멕시코만, 서부 아프리카, 브라질 동부의 심해 지역으로 집중되는 경향을 보이고 있다. 따라서 고도의 기술, 경험, 자본이 필요한 해양플랜트를 포함하여 다양한 해양플랜트 지원 선박에 대한 경쟁력 확보가 중요하다. 1970-80년대 국내 조선소는 발주자로부터 제공받은 설계 도면으로 해양플랜트를 단순 조립하는 수준의 저부가가치 창출 단계에 머물렀다. 하지만 2000년 이후 국내 조선소는 EPCIC(Engineering, Procurement, Construction, Installation & Commissioning)계약형태로 다양한 종류의 해양플랜트 및 해양플랜트 지원 선박 등을 수주하고 있다. 따라서 조선 3사는 멕시코만, 서부 아프리카, 중동, 브라질 동부해역으로 해양플랜트 시운전 인력을 프로젝트가 종료될 때까지 발주자와의 계약에 따라 장기 파견하고 있다. 실무적으로 시운전 단계에 있는 해양플랜트는 정상 운전 중인 해양플랜트에 비하여 상대적으로 많은 인력들이 위험한 환경 속에서 근무하게 된다(Lee and Hong, 2015). 그러므로 조선소는 모선 즉, 해양플랜트 자체에 수용할 수 있는 최대 승선인원이 제한되기 때문에 해양플랜트 전용생활부선을 사용하고 있다. 그러나 해양플랜트 전용생활부선은 해양플랜트에 비해 거주구역 공간이 협소하고, 시운전 특성상 비상상황에 훈련된 인원과 그렇지 않은 인원이 동시에 거주하므로 다양한 위험에 노출될 수밖에 없다. 특히, 화재 발생 시 많은 인원이 통제되지 않은 상태로 비정형화된 탈출 행동을 할 가능성이 높기 때문에 인명 안전의 관점에서 안전 설계 및 설비 개선이 필요하다. 이러한 이유에도 불구하고 해양플랜트 전용생활부선은 거주구역 구조에 대한 별도의 규정이 없어 일반 상선의 규정을 준용하고 있는 실정이다. 또한, 선박뿐만 아니라 해양플랜트 시설도 인명 안전에 대한 연구가 거의 없는 실정이다. 따라서 이 연구는 해양플랜트 전용생활부선에 적용되는 국내·외 규정을 조사하고, 이를 근거로 화재 발생을 가정하여 인명 안전의 관점에서 유효피난시간 증가와 필요피난시간 감소에 대해 분석하고자 한다. 이 연구를 위하여 실제 피난에 소요되는 시간인 필요피난시간은 SFPE(Society of Fire Protection Engineers)의 피난계산식으로 계산하였다(KFPA, 2005). 또한, 생존 가능시간을 의미하는 유효피난시간은 Fire Dynamic simulator(FDS)를 이

용하여 분석하였다(NIST, 2014). 분석된 결과를 바탕으로 해양플랜트 전용생활부선 거주자들의 생존을 향상 위한 구조개선 및 안전설비 설치에 대해 제안하고자 한다.

## 2. 관련 기준

이 연구를 위하여 해양플랜트 전용생활부선의 개념과 특성을 검토할 필요가 있다. 그러므로 이 장에서는 인명 안전에 대한 국내·외 관련 규정을 검토한다.

### 2.1 해양플랜트 전용생활부선의 개념과 종류

해양플랜트 전용생활부선은 여객선 및 수상호텔과는 달리 여객이 거주하는 선박이 아니다. 미국선급 규정(ABS building and class guide for accommodation barge 2015)에 따르면 “해양플랜트 전용생활부선은 자선 선원(통상적으로 24명 승선)을 제외하고 대부분 해양플랜트 시운전과 관계된 기술자, 연구원, 선급검사관, 하급 노동자 등이 포함된 최소 36명 이상의 인력들에게 숙식과 장비에 대한 유지보수 등의 서비스를 제공하는 선박”이라고 정의하고 있다. 거주형태 및 추진방식에 따라 유형을 구분하면, 부선(barge), 승강식(jack up), 선박(vessel), 부유식호텔(floatel) 등이 있으나, 이 연구에서는 국제적으로 가장 많이 사용되고 있는 해양플랜트 전용생활부선을 대상으로 하고자 한다. 아래의 Fig. 1은 대표적인 해양플랜트 전용생활부선의 모습이다.



Fig. 1. Offshore Accommodation Barge.  
(source : <http://www.offshoreenergytoday.com>)

### 2.2 국내 기준

국내의 경우 여객선과 일반 상선에 대해서는 해양수산부고시 제2014-168호 선박설비기준에 따라 상세한 사항들이 규정되어 있다. 그러나 현재 국내에서 해양플랜트 전용생활부선이 운영되는 경우가 없었기 때문에 이와 관련된 별도의 기준이 없는 것이 현실이다. 하지만 향후 동해 제8광구, 제6-1광구에 대한 상업 시추가 활발히 진행될 것으로 예상됨에 따라

## 화재시물레이션을 이용한 해양플랜트 전용생활부선 거주자의 생존율 향상에 대한 연구

심해지역에 특화된 별도의 전용생활부선이 필요하다. 따라서 선제적인 관점에서 선박설비기준의 정비가 필요하다.

### 2.3 국제 기준

해양플랜트 전용생활부선 거주자의 공간 배치 및 규격은 일반 상선과 동일하게 구획별로 A, B, C로 구분하여 SOLAS 협약 제II-2/3.2, 3.4, 3.10 적용을 받게 된다(KR, 2006a). 세부적인 사항은 국제화재안전장치코드(Fire Safety System Code : FSS) 제13장 탈출수단배치편에 규정되어 있다(KR, 2006b). 그리고 2006년 해사노동협약(Maritime Labour Convention 2006) 제3장 “선원의 거주설비 및 오락시설”편의 거주구역에 적용되는 조명, 환기, 배수, 소음, 진동수준, 바닥 면적, 천정 높이 등이 최소 충족요건으로 규정되어 있다.

### 2.4 선급 규정

국제선급협회(International Association of Classification Societies: IACS) 회원 중 미국선급과 노르웨이-독일선급은 해양플랜트분야에 독보적인 입급 점유율 갖고 있다. 이 중에서 미국선급의 경우 해양플랜트 거주공간에 대한 세부적인 건조 및 설계지침을 “Crew Habitability on Offshore Installation”, “Crew Habitability on Ship’s”, “Crew Habitability on Work Boats”를 통해서 규정하고 있다. 그리고 노르웨이-독일선급(DNV-GL)은 노르웨이산업표준(NORSOK Standard C-001)에 근거하여 해양플랜트 및 관련 선박의 거주구역에 대한 규정을 제시하고 있다. 또한 언급된 두 개의 선급 규정은 국제노동기구(International Labour Organization, ILO)의 제92조 “Accommodation of Crew Convention 1949”, 제133조 “Accommodation of Crew Convention 1974”를 기초로 개발되었다.

## 3. 해양플랜트 전용생활부선 거주자의 생존율 검토

### 3.1 필요피난시간 계산

많고 다양한 인원이 혼재되어 있는 해양플랜트 전용생활부선은 반드시 피난계획서를 충분한 모의시물레이션을 통해 만들어져야 한다. 특히, 화재로 협소한 구역의 거주자들을 안전한 장소로 피난시키기 위해서는 필요피난시간을 사전에 계산하여 화재발생에 대한 정보의 전달, 거주자의 상황인식 제고, 피난경로 확보 등에 적용해야 한다. 해양플랜트 전용생활부선에 근무 중인 인원들의 실제 피난에 소요되는 시간인 필요피난시간을 계산하기 위해 SFPE의 피난계산방법을 사용한다(KFPA, 2005). Table 1에서 보는 바와 같이 유효면적에 대한 인원수를 나타내는 균중밀도가 가장 높아 최악의 환경이 조성되는 F호를 가정하여 계산하고자 한다. 그러므로 균중밀도가 0.54/m<sup>2</sup> 이상일 경우의 계산방법인 식(1)을 사용한다.

$$T_p = \frac{P}{(1 - 0.266D)kDW_e} \quad (1)$$

여기서,  $P$  : 인원수 (명)

$T_p$  : 특정지점을 통과하는데 걸리는 시간(s)

$k$  : 피난속도 상수 (복도, 비상구는 1.4 적용)

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

$W_e$  : 비상구 폭(m)

필요피난시간 계산은 실제 운영되고 있는 해양플랜트 전용생활부선의 거주구역을 대상으로 하였다. 단, 전체 인원이 하나의 선실구역에 거주하지는 않지만 비상상황 발생 시 모이는 집합 장소를 가정하였다. 이때 비상구 폭은 일반적인 폭인 1m로 하였으며 개수는 실제 조선소에서 건조된 전용생활부선을 참조하여 3개로 하였다. Table 1은 실제 운용 중인 해양플랜트 전용생활부선의 세부 상세를 통하여 균중밀도를 구한 것이다.

Table 1. Specification of Accommodation Work Barge

Ship's name	Number of onboard	Deck size(m <sup>2</sup> )	Density
A	100	807	0.12
B	254	696	0.36
C	300	920	0.33
D	300	1,092	0.27
E	400	909	0.44
F	568	972	0.58

Table 1에서 보는 바와 같이 균중밀도가 가장 높은 F호(길이 100m, 폭 30m)를 시물레이션 환경으로 지정하였다. Table 2는 식(1)을 이용하여 계산한 필요피난시간이다. 그리고 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(Kim et al., 2004). 그리고 유독가스를 포함한 연기의 소멸계수가 0.4이상일 경우 보행속도는 1/2로 감소된다. 즉, 실제로는 피난시간이 상당히 증가될 것으로 판단된다.

Table 2. Required Safe Escape Time

Ship's name	Required safe escape time
F	160s

### 3.2 유효피난시간 계산

#### 3.2.1 개요

FDS는 화재로 발생하는 유체의 흐름을 계산하는 CFD모델이다. 계산방법은 LES(Large Eddy Simulation) 또는 DNS(Direct Numerical Simulation)에 상관없이 보존방정식에 의해 예측된다.

계산방식은 Navier-Stokes방정식이며 식(2)와 같다.

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_i \frac{\partial u_i}{\partial x_i} = f_i - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j} \quad (2)$$

여기서,  $u$  : 속도,  $f$  : 단위체적당 외력  
 $\rho$  : 밀도,  $p$  : 압력,  $\nu$  : 점성계수

#### 3.2.2 환경 설정

AutoCAD를 이용하여 실제 운용 중인 해양플랜트 전용생활부선의 바닥 면적 및 천장의 높이를 반영하여 제작하였다. DXF 파일로 변환한 후 DXF2FDS 프로그램을 이용하여 FDS에서 원하는 파일로 변환하였다. 일반적인 해양플랜트 전용생활부선은 크레인, 잠수 및 예인지원 장비들을 적재하는 장소와 거주시설이 동시에 존재하므로 폭은 변화 없이 30m로 지정하고, 길이는 바닥면적을 고려하여 32.4 m, 그리고 높이는 조선소에 문의하여 실제 제작된 높이인 2.3 m로 시뮬레이션 공간을 제작하였다(Lee et al., 2010)

그리고 화재의 크기는 다양성을 고려하여 500 kW, 1 MW로 설정하였다. 화원은 거주공간임을 고려하여 A급화재의 대표적인 목재로 설정하였으며 자세한 시나리오는 Table 3과 같다.

Table 3. Simulation parameters

Item	Condition of simulation
Size of accommodation area	Horizontal(m) : 30 Length(m) : 32.4 Height(m) : 2.3
Time of simulation	200s
Fire	500kW, 1MW
Size of fire	1m × 1m
Source	Wood
Temperature in accommodation area	25°C

또한, 화재 시 온도 및 가시거리 측정지점은 일반적인 사람의 호흡위치인 1.5m로 하였다. 온도와 가시거리는 화재위

치에서 가장 거리가 먼 쪽의 피난구를 지정하였으며, 벽면으로 X축 및 Y축에서 1m 떨어진 지점을 측정하였다. 선박 화재시 통풍을 차단하므로 별도의 제연시설은 설치되지 않는 것으로 가정하였다. 그리고 연기의 이동을 제어하는 제연경계벽은 y축으로 16m에 하나만 설치하였으며 계산 영역의 규모와 자세한 위치는 Fig. 2와 같다.

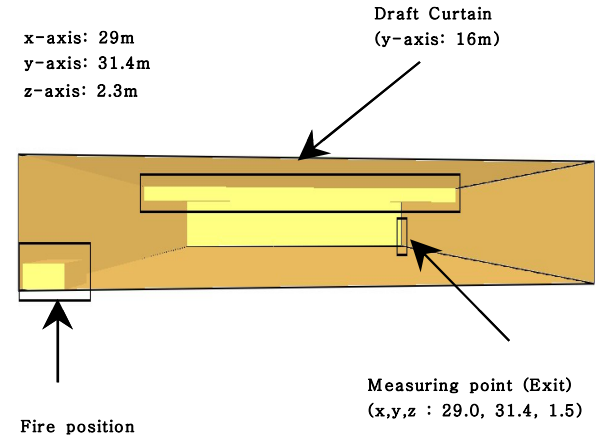


Fig. 2. Simulation area and Measuring point.

#### 3.2.3 화재 시뮬레이션 분석

화재발생에 따른 내부 거주자 생존율 향상의 결정원인은 내부 온도 및 가시거리에 의해서 좌우된다. 따라서 해양플랜트 전용생활부선의 경우 화재발생시 거주자들의 생존율에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 유효피난시간을 산출하기 위해서 일반적인 선박에 적용되는 기준이 존재하지 않기 때문에 육상에 적용되는 소방방재청고시 제2014-31호 소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준의 별표(1)의 내용을 기준으로 설정하였다. 즉, 대피 허용 한계값은 온도 60°C 이내, 가시거리 5 m 이상으로 지정하여 적용하기로 하였다.

Table 4. Life safety standards

Category	Standard of function	
Effect of heat	60°C under	
Effect of visibility	Purpose	Limit of visibility
	Etc facility	5m
	Muster area/sale & marketing area	10m

Table 5에 의하면 기존 해양플랜트의 천장의 높이가 2.3 m 일 경우에 대하여 화재시뮬레이션을 수행한 결과 500 kW의

화재시뮬레이션을 이용한 해양플랜트 전용생활부선 거주자의 생존율 향상에 대한 연구

크기에서는 60°C에 도달하는 시간은 114초, 5 m에 도달하는 시간은 147초, 1MW의 크기에서는 60°C에 도달하는 시간은 51초, 5m에 도달하는 시간은 63초로 나타났다. Table 2에서 밝힌 바와 같이 필요피난시간은 160초로서 해양플랜트 전용 생활부선 거주자들이 모두 피난하기 전에 대피허용한계값에 도달하였다.

Table 5. Time to reach the 60°C and 5m

F	Fire	Time to reach 60°C	Time to reach 5m
		500kW	114s
	1MW	51s	63s

4. 해양플랜트 전용생활부선 거주자의 인명 생존율 향상을 위한 제안

4.1 구조개선

4.1.1 피난구 폭 증가

이 절에서는 해양플랜트 전용생활부선 거주공간의 구조를 개선하여 필요 피난시간을 감소시키는 방법에 대해 분석하였다. 이 연구에서는 피난구의 폭을 1m를 기준으로 최대 3m로 하였다. Table 5는 이러한 설정에 따른 필요피난시간을 계산한 것이다. 단, 피난구의 수에 따른 계산은 피난구의 위치, 균중들의 위치 등을 고려하지 않고 산술적으로 계산하였다. 이때 피난구의 수를 3개로 지정하고, 폭을 기존 1m에서 2m로 확장할 경우 필요피난시간은 138초, 유효피난시간은 160초를 초과하지 않아 해양플랜트 종사자들의 생존율 향상에 상당한 도움이 되는 것으로 확인되었다.

Table 6. Required safe escape time

Escape number (ea)	Escape breath (m)		
	1	2	3
3	160s	138s	92s

4.1.2 거주구역 높이 증가 및 제연경계벽 설치

화재 발생 시 생존은 온도 및 가시거리로 판단한다. 화재의 특성상 이러한 요소는 천장에서 하강하므로 유효피난시간을 증가시키기 위해 거주구역 높이를 증가하여 분석하고자 한다. 그 결과 화재의 크기가 500 kW일 때 거주구역의 높이가 2.3 m에서 1 m 높아진 유효피난시간이 3.3 m일 경우 온도는 16초, 가시거리는 20초 증가하였다. 특히, 2 m 증가된

4.3m에서는 유효피난시간이 온도는 76초, 가시거리는 48초 증가하였다. 화재의 크기가 1 MW일 때는 높이가 온도 상승 제어에 미치는 영향은 미미하였으나 가시거리의 경우 유효 피난시간이 45초 증가함을 알 수 있었다.

Table 7. Time to reach the 60°C and 5m

F	Fire	Time to reach 60°C			Time to reach 5m		
		2.3m	3.3m	4.3m	2.3m	3.3m	4.3m
	500kW	114s	130s	190s	147s	167s	195s
	1MW	51s	51s	60s	63s	96	108s

화재가 발생할 경우 선실내부의 가연성 물질에 의해서 연기와 유독가스가 증가하게 되며, 이러한 뜨거운 연기와 유독가스는 공기보다 가볍기 때문에 상부쪽 천정을 타고 이동하게 된다. 이때 이러한 연기와 유독가스가 이동을 막기 위해서 고정된 형태로 천장 중간에 제연경계벽(Draft Curtain)이라는 칸막이를 설치하여 연기와 유독가스의 이동 속도를 줄일 수 있다. 제연경계벽은 온도 및 연기의 유동을 막는데 효과가 있으므로 육상의 경우 많은 곳에 설치되어 있다. 그러나 해상의 경우 설치가 되어 있지 않으며, 저비용으로 생존율을 향상하기 위해서 이 연구에서 제안하고자 한다. 그 결과 화재의 크기가 500 kW일 때 제연경계벽의 길이가 30 cm일 경우 가시거리는 28초, 1 MW일 때는 33초 증가하였다. 그리고 10 cm 길어진 40 cm일 경우 화재의 크기가 500 kW일 때 31초, 1 MW일 때는 33초 증가하였다.

Table 8. Time to reach 5m(Ceiling Height 2.3m, Draft curtain 30cm)

F	Fire	Time to reach 5m	
		Draft curtain (○)	Draft curtain (×)
	500kW	167s	139s
	1MW	96s	63s

Table 9. Time to reach the 5m(Ceiling Height 2.3m, Draft curtain 40cm)

F	Fire	Time to reach 5m	
		Draft curtain (○)	Draft curtain (×)
	500kW	167s	136s
	1MW	96s	63s

#### 4.2 안전설비 설치

이 절에서는 해양플랜트 전용생활부선에 스프링클러(sprinkler)의 설치가 인명 생존율 향상에 미치는 영향에 대해 검토하였다. 현재 해양플랜트 전용생활부선은 선박에 준하여 소방설비가 설치되고 있는 실정이므로 스프링클러는 설치되고 있지 않다. 선박의 경우 국제항해에 종사하는 여객선의 경우는 스프링클러를 설치하고 있지만 대부분의 선박은 스프링클러가 설치되어 있지 않다. 그러나 해양플랜트 전용생활부선은 선원이 아닌 일반 시운전 종사자들을 포함하여 많은 인원이 승선하고 있으므로 여객선과 동일한 기준을 준용할 필요가 있다고 판단된다. 이러한 이유로 이 연구에서는 스프링클러 설치를 제안하고자 하며 규정은 선박소방설비기준을 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 선박소방설비기준에 규정된 설치방법은 1개의 스프링클러노즐에 의해 보호되는 바닥면적은 16m<sup>2</sup> 이하, 상호 거리는 4m 이하로 규정하고 있다. Fig. 3은 이 규정을 이용하여 제작된 스프링클러 설치 구성도이다. 스프링클러의 종류는 FDS에서 지원되는 모델을 사용하였다.

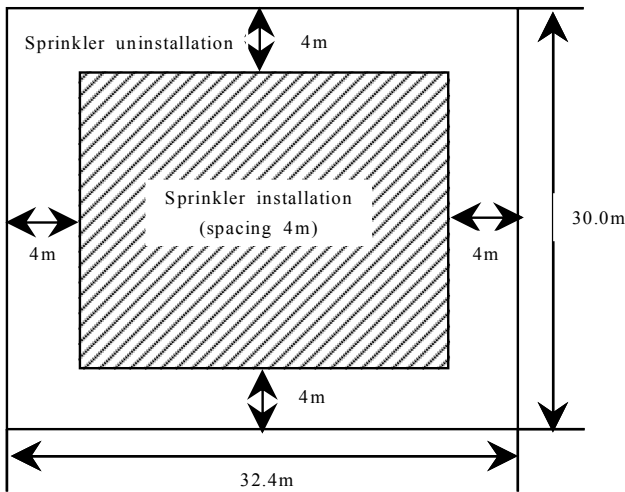


Fig. 3. Sprinkler drawing.

화재시뮬레이션 수행결과 Table 10에서 보는바와 같이 500 kW의 화재크기에서는 온도 및 가시거리 모두에서 대피 허용계값을 초과하지 않았다. 1 MW에서는 온도의 경우 60°C에 도달하지 않았고, 가시거리는 363초 후에 5m에 도달하였다. 그러나 필요피난시간이 160초이므로 대피 허용한계값 이내이므로 피난 안전에 문제가 없는 것으로 확인되었다.

Table 10. Time to reach 60°C and 5m(Ceiling Height 2.3m, Sprinkler)

	Fire	Time to reach 60°C	Time to reach 5m
F	500kW	-	-
	1MW	-	363s

#### 5. 결론

앞서 언급한 바와 같이 해양플랜트 전용생활부선에는 해양플랜트공사를 완성하기 위해서 다양한 국적, 종교, 인종의 특성을 갖고 있는 많은 인원이 거주하고 있으므로 비상상황이 발생할 경우 인명 안전에 대한 관심이 높아질 수 밖에 없다. 이러한 이유로 해양플랜트 전용생활부선의 구조개선 및 안전설비 설치 등의 개선을 통하여 거주자들의 인명 생존율을 향상시키기 위한 방안을 시뮬레이션 결과로 통해 확인할 수 있었다. 해양플랜트 전용생활부선 거주자들의 인명 생존율을 향상을 위한 필요피난시간분석과 화재시뮬레이션을 통한 유효피난시간을 분석한 결과는 아래와 같다.

##### 1) 피난구 폭 증가

- 기존 1m에서 2m로 확장할 경우 필요피난시간은 138초로 유효피난시간인 160초를 초과하지 않아 인명 생존율 향상에 도움이 되는 것으로 확인되었다.

##### 2) 거주구역 높이 증가

- 화재의 크기가 500 kW일 때 높이가 2.3m에서 1m 높아진 3.3m일 경우 유효피난시간이 온도는 12%, 가시거리는 12% 향상되었다. 특히, 2m 증가된 4.3m에서는 유효피난시간이 온도는 38%, 가시거리는 25% 향상되었다. 그리고 화재의 크기가 1MW일 때는 높이가 온도 상승 제어에 미치는 영향은 미미하였으나 가시거리의 경우 유효피난시간이 42%나 향상되었다. 즉, 내부 공간의 높이 증가는 해양플랜트 종사자들의 생존율 향상에 필요함을 확인하였다.

##### 3) 제연경계벽 설치

- 화재의 크기가 500 kW일 때 제연경계벽 길이가 30cm일 경우 가시거리는 17%, 1 MW일 때는 34% 향상되었다. 그리고 기존의 30cm보다 10cm 길어진 40cm일 경우 화재의 크기가 500 kW일 때 19%, 1 MW일 때는 34% 향상되었다. 즉, 유효피난시간이 증가하여 해양 플랜트 종사자들이 인명 생존율을 향상에 도움이 되는 것으로 확인되었다.

4) 스프링클러 설치

- 화재의 크기가 500 kW일 때 온도 및 가시거리가 대피허용한계값을 초과하지 않았다. 그리고 물에 의한 냉각소화로 인하여 1 MW에서도 온도는 60°C에 도달하지 않았으나 가시거리는 363초 후에 5 m에 도달하였다. 그러나 필요피난시간이 160초이므로 대피허용한계값 이내이므로 피난 안전에 문제가 없는 것으로 확인되었다.

향후 인명 안전과 해양플랜트 건조 경제성을 고려한 인원 대비 적정 구조에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## References

- [1] KPPA(2005), Korean Fire Protection Association, The SFPE handbook of Fire Protection Engineering, pp. (3-367)-(3-371).
- [2] Kim, H. T., D. K. Lee, J. H. Park and S. K. Hong(2004), The Effect on the Mobility of Evacuating Passengers in Ship with Regard to List and Motion, Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, Vol. 17, No. 1, pp. 22-23.
- [3] KR(2006a), Korea Registry, Ministry of Oceans and Fisheries, SOLAS-Consolidated ed. 2006-, Haein press, pp. 359-661.
- [4] KR(2006b), Korea Registry, Ministry of Oceans and Fisheries, International Code for Fire Safety Systems(FSS code), Haein press, pp. 99-138.
- [5] Lee, C. H. and S. H. Hong(2015), A study on the Legal disputes for Offshore Plant Construction Contract, Maritime Law Review, 27(2), pp. 137-139.
- [6] Lee, H. S., Y. H. Kang, G. Y. Doe and D. Y. Heo(2010), A Study on Spatial Composition of Accommodation Area in Accommodation Barge of Offshore Plant, Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 34 No. 10, pp. 747-756.
- [7] NIST(2014), Fire Dynamics Simulator(Version 5) User's Manual, <http://fire.nist.gov/fds>.

---

Received : 2015. 08. 28.

Revised : 2015. 09. 30. (1st)

: 2015. 11. 03. (2nd)

Accepted : 2015. 12. 28.