

폭발의 위험성에 의한 선박화재의 사고사례 분석

유지선* · 정영진*,**†

*강원대학교 대학원 소방방재학과, **강원대학교 소방방재공학과

Study on the Ship Fire Analysis According to Explosion Hazard

Jisun You* · Yeong-jin Chung*,**†

*Dept. of Fire and Disaster Prevention, Graduate School, Kangwon National University

**Dept. of Fire Protection Engineering, Kangwon National University

(Received February 15, 2015; Rvised February 28, 2015; Accepted February 28, 2015)

요 약

본 연구에서는 최근에 발생한 선박 화재 · 폭발 사고사례의 분석을 통해 문제점 및 대처방안에 대하여 조사하였다. 통계치 분석을 통해 우리나라의 2009~2013년간 사고 종류별 해양사고 발생현황 중 화재 · 폭발로 인한 선박 사고는 2012년 7.58% (55건)으로 가장 높았고, 2009년 4.70% (34건), 2010년 3.39% (25건), 2011년 6.03% (57건), 2013년 6.74% (43건)로 지속적으로 증가하는 양상이 나타나는 것을 알 수 있었다. 선박 화재 · 폭발 사고의 대부분의 원인은 안전의식 결여로 인해 발생하였다. 사고발생 장소가 바다이므로 자체의 소화설비와 인근의 소화설비의 부재와 공공소방대의 접근이 용이하지 않고 바람 등 자연적인 요인에 의한 영향이 크게 작용해 화재의 확대가 용이하다. 이는 특수한 화재 · 폭발사고로써 일반 건축물 화재 · 폭발사고와 비교되며 위험성 또한 높기 때문에 예방차원의 대처방안이 매우 중요하다. 이에 신속하고 정확한 인명피난계획을 연구하고 피난할 시간을 더 확보하기 위해 내화성능을 강화할 수 있는 선박 구조 및 자재를 개발하고, 철저한 안전교육을 시행해 국민들의 안전의식을 향상시켜야 한다.

ABSTRACT

This study analyzed recent cases of ship fires · explosions and investigated their problems and coping plans. Through analysis on the statistical figures, it was found that our nation's situations of maritime accidents by kind during the period of 2009~2013 showed the ratios of ship accidents caused by fires · explosions was the highest in 2012 with 7.58% (55 cases) followed by year 2009 with 3.39% (34 cases), year 2010 with 3.39% (25 cases), year 2011 with 6.03% (57 cases) and year 2013 with 6.74% (43 cases), which indicates a steady increase in the number of ship accidents. Majority of reasons for ship fires · explosions were lack of safety awareness. Since those accidents happen on the sea, fires, once they happen, tend to get serious due to absence of on board & nearby fire extinguishing facilities, public fire service's uneasy access to them and great influences of natural factors such as wind and etc. Ship fires · explosions are special cases unlike what happens to general edifices. So, their coping plans should focus on preventive measures since the damages those cases bring about can be detrimental. For this reason, it's necessary to research precise evacuation plans, develop ship structure & materials reinforcing fire resistance to secure more time for evacuation and enhance people's safety awareness by implementing thorough safety training.

Keywords : Ship fires · explosions, People's safety awareness, Ship accidents

1. 서 론

한국해양수산개발원의 연구에 따르면 2000년 우리나라의 국내총생산은 약 11조 2,170억 원으로 이중 해양산업이 차지하는 비중은 2.7%였으나 2007년 국내총생산은 비약적인 발전을 이루어 약 79조1,810억 원으로 이중 해양산업의 비중은 3.3%였던 것으로 조사되었다. 아울러 2020

년까지 국내총생산에서 해양산업이 차지하는 비중은 10%로 증가할 것으로 전망했다. 여전히 해양산업의 발전 잠재력이 크므로 향후 국가 경제적인 측면이 해양산업에 있음을 보여주는 것으로 판단된다⁽¹⁾.

이처럼 해상에서 화물과 사람을 운송하는 업무와 관련된 산업인 해양산업의 선박에서 원인별 전체 선박사고 중 선박화재 · 폭발로 인해 일어난 선박사고가 5% 이전에 머

†Corresponding Author, E-Mail: yjchung@kangwon.ac.kr
TEL: +82-33-540-3121, FAX: +82-33-540-3129

ISSN: 1738-7167
DOI: http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2015.29.1.080

물렸지만, 2010년 이후 5% 이상으로 증가한 점으로 보아 해양산업의 지속적인 발전에도 불구하고 화재·폭발로 인해 발생하는 선박사고는 지속적으로 증가하고 있어 앞으로 대처방안이 필요한 사고원인 중 하나이다.

앞서 화재·폭발로 인해 발생했던 큰 사고는 1956년 1월 12일 부산발 여수행으로 삼천포 앞바다에서 135톤급 선박 태신희에서 선원의 부주의로 인해 화재가 발생해 승객 147명 중 66명이 사망했고, 88명의 사상자가 발생했다⁽²⁾. 그리고 1997년 10월 27일 울산 동구 영포동 현대 미포조선소에 정박 중이던 조선 애틀랜틱 블루호는 용접 작업 중 누출되어 있던 가스에 불꽃이 튀면서 폭발사고가 일어났고, 9명의 사망자와 8명의 사상자가 발생했다⁽³⁾.

선박사고 중 충돌, 접촉, 좌초, 전복, 기관손상, 안전·운항 저해 등 여러 원인으로 인한 사고 종류들이 있지만, 그 중에 선박에서 일어난 사고는 인적 과실에 의한 발생이 전체 해난사고의 약 74% 이상 발생하고 있다⁽⁴⁾. 그러나 화재·폭발사고의 원인은 안전수칙 미준수, 안전의식 결여 등 인적 과실에 의한 사고가 대부분 발생한다는 점에서 일 상에서 안전의식을 갖는다면 사고 발생률은 매우 줄어들 수 있을 것으로 본다.

선박에서 화재·폭발은 바다 위에서 진행되기 때문에 인명피해가 매우 높고, 선박 구조는 전도가 매우 빠른 강재로 되어있어 대부분 선박 전체로 화재가 확산되는 전실 일 확률이 크다. 특히 부두에 계류 중인 경우 건물화재와 같이 다른 선박으로 계속 확산되는 대형화재로 일어날 가능성이 높고, 위험물을 적재한 선박일 경우 폭발 위험성이 높으며 연쇄폭발의 원인이 될 위험성도 도사리고 있다. 선박 화재·폭발로 인해 기름 유출 사건 등 제2의 환경피해까지 야기할 수도 있다. 이렇듯 선박 화재·폭발 사고는 많은 피해를 일으킬 위험성을 항상 내재하고 있고 탈출하는데 매우 큰 어려움이 있으므로 이에 대한 대처방안은 매우 중요하다.

앞서 연구들은 폐쇄형 미분무 노즐의 화재진압성능평가

연구⁽⁵⁾, 환기조건에 관한 연구⁽⁶⁾, 격벽, 천정, 내장재 및 표면 바닥재의 화재안정성평가 방법에 대한 연구⁽⁷⁾ 등의 일부 연구가 이루어져 왔다. 그리고 인화성가스 탐지장치의 유효성⁽⁸⁾, 화재탐지기의 유효성⁽⁹⁾ 등 선박 화재 시 소방장비에 대한 유효성 실험에 대해서도 일부 다루었다.

그러나 화재진압성능평가, 화재안정성평가, 환기조건, 소방장비에 대한 유효성 실험에 대한 연구들로 치우쳐 있어 사고사례를 분석한 연구가 매우 부족해 1990년대부터 선박화재·폭발로 사고가 일어나는 원인은 현재까지도 반복적으로 재현되고 있다. 이에 우리나라는 선박에 대한 안전 불감증으로 인해 안전의식이 거의 형성되어 있지 않고, 사고에 대한 대처방안이 미비한 실정으로 선박화재·폭발 사고에 있어 대형사고로 이어질 가능성 또한 높다.

따라서 본 논문에서는 최근에 발생했던 화재·폭발로 인해 일어난 사고 사례 분석을 통해 선박 사고에 대한 위험성을 널리 알려 국민 안전의식을 향상시키고 국민들의 안전 및 재산과 신체를 보호하고자 한다.

2. 선박 화재·폭발 사고 통계치 분석

국민안전처 국가화재정보센터에서는 화재에 관한 포괄적인 범위를 정해 연도별 수치가 아닌 누적되어 합한 수치로 나타냈지만, 통계청은 화재·폭발 범위를 별도로 나타내었고, 연도별 수치를 각각 제시해 더 정확한 통계자료라고 판단하여 본 논문에서는 통계청⁽¹⁰⁾에서 나타난 통계치를 분석했다.

앞서 통계청에 따른 화재·폭발 선박사고에 대한 자료는 크게 어선과 비어선으로 구분하였고, 여기서 비어선은 여객선, 화물선, 유조선, 예인선, 바지선, 기타 선박을 말한다.

Figure 1에서 2009~2013년간 사고 종류별 해양사고 발생현황을 나타내었다. 기관손상과 충돌로 인한 사고가 가장 많이 발생했는데, 2011년까지 기관손상이 가장 큰 원인으로 작용했고 2012년에는 기관손상과 충돌로 인한 사고

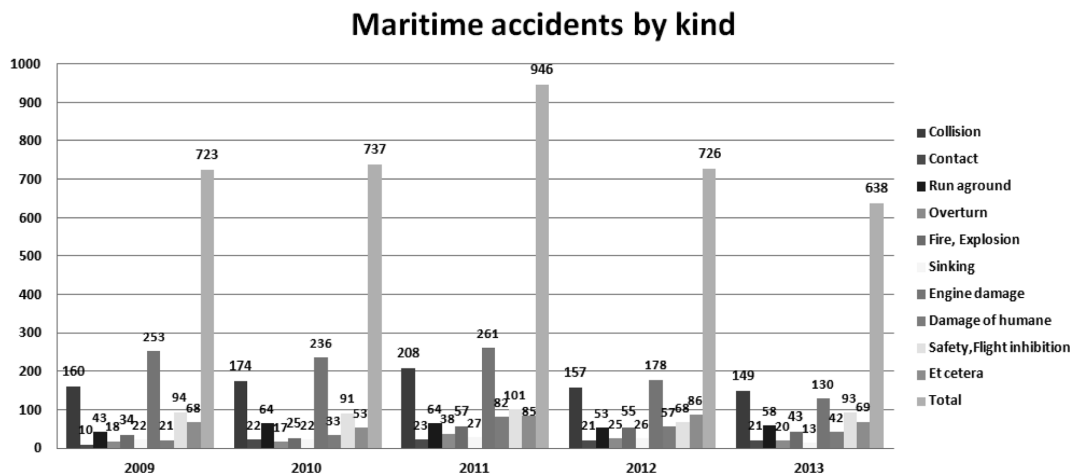


Figure 1. 2009~2013 years statistical analysis of maritime accidents by kind: Ministry of Oceans Fisheries⁽¹¹⁾.

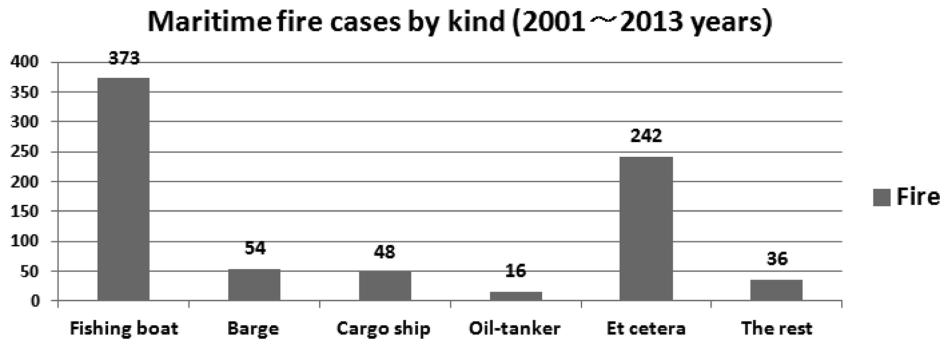


Figure 2. 2001~2013 years statistical analysis of maritime fire cases by kind: Ministry of Public Safety and Security⁽¹²⁾.

가 비슷하게 일어났고, 2013년에는 충돌이 더 큰 원인으로 작용했다. 반면 화재·폭발로 인해 일어난 선박사고는 기관손상, 충돌, 안전·운항저해 등 다음으로 좌초와 비슷하게 발생하고 있지만 2012년 7.58% (55건)으로 가장 높았고, 2009년 4.70% (34건), 2010년 3.39% (25건), 2011년 6.03% (57건), 2013년 6.74% (43건)로 지속적으로 증가하는 양상을 보였다. 화재·폭발로 인해 일어난 선박사고는 안전 불감증과 함께 안전의식 부족, 화학물질, 선박의 노후화, 소방장비 관리 결함 등 사고원인의 범위가 광범위하고 인명피해가 크게 나타나 다른 사고 종류에 비해 위험성이 매우 높다. 이를 더 자세히 알아보기 위해 국민안전처 국가화재정보센터⁽¹²⁾에서 통계자료를 살펴본 후 Figure 2의 그래프를 나타내었다.

Figure 2에서는 선박 종류에 따른 화재 건수를 나타내었다. 여기에서는 크게 화재가 발생했던 어선, 바지선, 화물선, 유조선, 기타선박으로 구분해 나타냈고 그리고 마지막으로 작은 부분을 차지한 수상레저기구, 함정, 특수작업선, 외항선, 유람선의 화재건수를 그 외 선박으로 묶어 나타내었다.

Figure 2에서 나타낸 바와 같이 어선이 가장 많은 부분을 차지했고, 그 다음으로 바지선, 화물선, 유조선 등으로 나타났다. 어선은 배의 노후화, 무리한 조업, 취급 불량 및 결함 등에 따른 문제점을 갖고 있고 사용빈도가 다른 선박보다 높아 사고 발생률도 높다고 판단된다.

Figure 3에서는 2007~2013년도의 전체 해양사고의 인명피해를 나타냈다. 크게 어선과 비어선으로 구분했고, 구성비(%)를 함께 나타냈다. Figure 3의 그래프에 나타낸 바와 같이 2010년도도 다른 년도에 비해 높게 기록되었다. 2010년 3월 26일에 발생한 천안함 침몰사건은 40명의 사망자와 6명의 실종자의 인명사고를 냈고, 2010년 4월 2일에 발생한 98금양호 침몰사건은 천안함 침몰 현장에 수색하다 일어난 사고인데 2명의 사망자와 7명의 실종자로 남아 천안함과 98금양호 침몰사건으로 인해 인명피해가 높게 기록되어 졌다고 판단된다.

해양 사고 발생 시 바다의 한가운데 있어 대피공간이 매우 부족하고, 선박은 화재에 취약하며 열전도율이 높은 강철판이나 강화플라스틱(FRP) 등의 재질로 이루어져 있어 열기 및 유해연기 등으로 인한 인명피해가 높은 것으로 보인다.

Figure 4에서는 2007년~2013년의 선박화재 재산피해를 나타내었다. Figure 4에 나타낸 바와 같이 2007년도와 2010년도에 특히 많은 재산피해가 나타났는데, 이는 2007년 허베이 스피리트 호 원유유출 사건과 2010년에 일어난 천안함 침몰 사건, 98금양호 침몰 사건이 원인인 것으로 볼 수 있다. 이는 선박 대형사고가 발생한 연도에서 재산피해를 나타내는 막대그래프가 가장 높게 나타난 것으로 알 수 있다. 이처럼 선박사고는 대형 사고로 이어질 가능성이 커 많은 피해를 야기할 수 있으므로 이에 대한 대처방안을 세워야 한다.

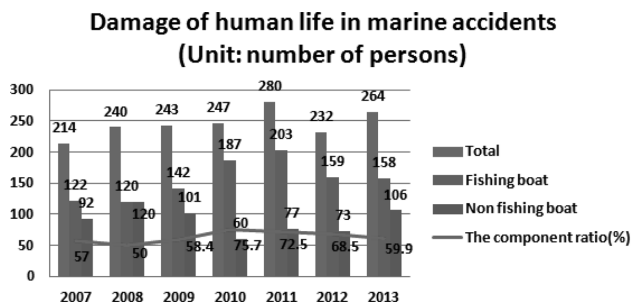


Figure 3. 2007~2013 years statistical analysis of damage of human life in marine accidents: National statistical office⁽¹⁰⁾.

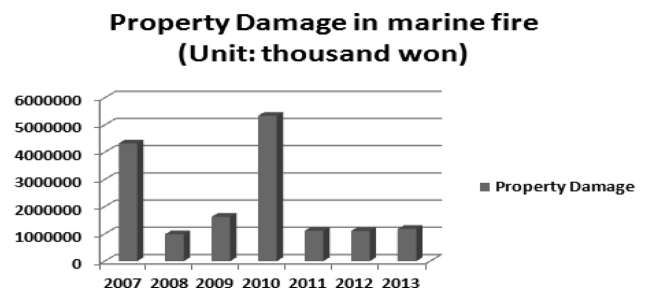


Figure 4. 2007~2013 years statistical analysis of property damage in marine fire accidents: National statistical office⁽¹⁰⁾.

3. 선박 화재 · 폭발

선박사고는 화재와 폭발이 함께 이루어지는 사고양상을 띠고 있다. 일반적으로 화재에 비해 마이크로초로 아주 빠르게 방출하는 폭발은 화염의 전파속도가 매우 빨라 위험성이 더 크다.

선박사고는 공간적인 제약이 커 대피공간이 매우 부족하고, 질식이나 저체온증 등으로 인한 인명피해 발생률이 높기 때문에 신속한 구조작업이 이루어져야 한다.

폭발도 연소의 한 형태로 연소를 거쳐 진행되므로 가연물, 산소, 점화원인 연소의 3요소가 필요하다. 연소조건이 즉 폭발생성조건이 된다고 볼 수 있다. 폭발이 생성되면, 주위의 온도와 압력, 폭발성 물질의 조성이나 물리적 성질, 착화원의 성질(형태, 에너지, 지속시간), 개방인지 밀폐인지, 가연성 물질의 양, 유동상태, 착화지연시간, 가연성 물질이 방출되는 속도 등이 폭발의 거동에 크게 영향을 준다.

일반적으로 화재와 폭발은 소리로 구분하는 경우도 있지만, 이론적으로 살펴보면 화재와 폭발을 구별하는데 있어서 주된 차이점은 에너지 방출속도이다. 에너지 방출속도를 측정하는 가장 간단한 방법은 물질의 연소에 따른 질량 감소속도를 측정하는 것이다. 에너지 방출속도는 화염 높이와 직접 관련이 있으며, 화재 주위의 복사열유속에도 직접 관련이 있다.

$$\dot{Q} = \dot{m}''A\Delta H_c$$

A: 기화되는 면적, ΔH_c : 유효 연소열

이 식에서 살펴보면 물질의 연소에 따른 질량 감소속도 즉 질량연소유속이 빠를수록, 기화되는 면적이 크면 클수록, 유효 연소열이 높을수록 에너지 방출속도가 빠르고 이 값은 화염 형성기에 적용되므로 에너지 방출속도 값이 커질수록 폭발로 이어진다⁽¹³⁾.

폭발은 혼합가스 폭발, 분무폭발(mist explosion), 분진 폭발, 가스의 분해폭발(가스의 폭발적 분해), 수소 · 아세틸렌 등 가연성가스와 지연성가스(대부분 공기 또는 산소)와의 혼합기체에서 발생하는 가스폭발, 수증기폭발 등 종류가 다양한데, 이처럼 폭발의 종류는 과거에 발생한 사고를 토대로 구분해졌다.

폭발에서 사고사례는 예방대책을 세울 수 있는 매우 중요한 토대가 되며, 현재까지도 폭발 사고는 선박에서 화재와 함께 많이 일어나고 있다. 본 논문에서 최근에 발생한 사고사례를 함께 살펴보고 그에 대한 폭발 이론과 대처방안을 구상해본다.

4. 사고사례 분석

4.1 사례 1. 고열 · 불티에 의한 폭발

4.1.1 사고개요⁽¹⁴⁾

① 사고일시: 2011년 5월 24일 오후 1시 35분 경

② 사고장소: 부산 영도구 봉래동에 위치한 한 수리조선 업체의 유류저장 바지선 일목2호(619톤)

③ 사고과정: 유류탱크 작업과정에서 발생한 용접 불꽃이 유조 저장고 안에 차 있던 휘발유 증기에 옮겨 붙으면서 폭발이 일어났다. 당시 폭발의 위력은 조선소에서 1km 가량 떨어진 부산 중구 중앙동 일대의 건물 유리창을 흔들리게 했고, 바지선 갑판을 두 동강을 내고, 선체 파편이 수리장 밖으로 최대 30m 이상 튕겨 나가면서 조선소 앞을 지나가던 행인 2명도 다치는 인명피해가 나타났다.

4.1.2 피해현황

인명피해	재산피해
5명 부상자	추산 미정

4.1.3 문제점 및 대처방안

인화의 최소 조건은 작은 불꽃(점화원)에 의하여 착화될 수 있는 연료의 최소 농도인 연소의 하한계이다. 여기서 휘발유의 인화점은 대기상태(295 K, 약 22 °C)일 때, -228 K로 일반적인 조건에서 쉽게 착화되는 위험성을 갖고 있다. 또한, 비점 범위가 30 °C~200 °C 정도로서 휘발성이 있는 액체 상태로 일반적으로 상온 · 상압에서 증발하기 쉽고, 인화성이 매우 높으며, 공기와 적당히 혼합되면 폭발성 혼합가스가 되어 위험하다⁽¹⁵⁾.

액체의 열전달은 표면 열전달을 증가시키는데, 이 온도에서 표면에 존재하는 연료와 공기 혼합기체는 점화용 화염이나 작은 스파크에 의해 점화될 수 있다. 그러나 가연성 혼합기체가 존재한다고 해서 폭발이 다 이루어지는 것이 아니라 어떤 외부에너지가 주어진 부분에서 연소반응이 일어나 화염과 폭발이 발생한다. 여기서 어떤 외부에너지란 발화원을 말하는데 이 사례에서는 전기불꽃이 발화원의 존재가 되어 에너지 조건을 이루었다고 볼 수 있다.

이 사고에서는 가연성 액체에서 많이 보이는 현상으로 열분해를 일으키지 않고, 액체의 표면에서 충분히 증발하여 연소하한 속도에 이르고 점화(용접 불꽃)는 표면 농도가 연소하한에 도달했을 때 가스의 가연성 혼합물이 발생하게 되는데, 가연성 가스와 공기와의 혼합가스가 연소반응을 일으킬 수 있는 적정농도 범위가 이루어져 바지선 일목2호가 폭발이 일어난 것으로 보인다.

또한, 이 사고의 직접적인 원인이 되었던 용접불티의 온도는 1500 °C이며, 이 불티는 11m까지 날아갈 수 있다. 또한, 부주의 화재의 35%는 용접 화재로 나타났다. 이에 용접작업을 하기 전에 방화덮개, 금속차폐물, 내화방호물 등으로 용접불티를 막고 주위에 불이 붙을 가연물들을 제거한 후, 작업 후 30분간 작업장을 확인해야 한다⁽¹⁶⁾.

이처럼 선박은 밀폐된 공간이며, 가연성 액체 등을 수송하는 위험성이 높은 운송수단이다.

선박에서는 스파크가 발생하지 않는 도구를 사용하거나, 폭발 방지용 장비를 사용하고, 열, 스파크, 화염 등으로부

터 일정한 거리를 유지해야 한다.

4.2 사례 2. 유증기 폭발

4.2.1 사고개요⁽¹⁷⁾

- ① 사고일시: 2012년 1월 15일 오전 8시 5분 경
- ② 사고장소: 인천시 옹진군 자월도 북방 3마일 해상에 서 인천항을 떠나 대산항 쪽으로 가던 유류 운반 화물선 4천191톤급 두라3호
- ③ 사고과정: 인천 남항부두에 휘발유 6천500 L를 하역한 뒤 대산항으로 돌아가던 두라 3호는 15일 오전 6시 30분 경 유증기 제거 작업 중 오전 8시 5분 경 폭발했다.

4.2.2 피해현황

인명피해	재산피해
사상자 11명 (5명 사망, 6명 부상)	추산 미정

4.2.3 문제점 및 대처방안

‘클리닝’ 작업은 유조선 내 갑판 등 각종 구조물에 붙어 있는 원유를 제거하는 일이며, 가스프리 작업은 구획 또는 용기 내 신선한 공기를 넣음으로서 유독성·인화성·불활성가스를 제거하는 일을 말한다. 이 과정에서 사고 위험성이 높아지기 때문에 항상 조심해야 한다.

유류운반선에서는 통상 신고 있던 기름을 하역한 뒤 깨끗하게 비우는 클리닝 작업을 해야 하는데 시간이 부족한 상태에서 운항 중 클리닝 작업이 대부분 이루어져 두라 3호가 유류탱크 안에 남아있는 가스(유증기)를 빼는 ‘가스프리’ 과정에서 사고가 난 것으로 추정되고 있다⁽¹⁸⁾.

결국 송풍기를 이용해 유증기 농도를 유류 잔량제거 작업이 가능한 수준으로 낮추는데 통상적으로 4~5시간이 걸리는데, 시간이 부족해 유증기를 제대로 제거하지 않은 상태에서 클리닝 작업을 하다 사고가 났을 가능성이 높다.

또한, 지난 2009년부터 1년여 동안 두라 3호를 운항한 선장 A씨는 본지와외의 전화통화에서 “선원들은 유증기 폭발을 우려해 유증기 제거 작업을 할 때마다 정전기 방지복을 입지만 완전히 정전기가 차단되는 것은 아니다.”⁽¹⁹⁾라는 말을 했다. 정전기가 일부 남아있는 선박 내 유증기 제거 작업을 하는 것은 매우 위험한 행동이다. 인화성이 높은 유증기는 단순한 정전기에 의해서도 폭발을 일으키기 때문이다.

마찬가지로 이 사고에서도 정전기가 착화원이 되어 폭발의 발생조건이 이루어졌다. 가연성 가스나 증기의 조성이 폭발범위 내에 있어 정전기 방전이 더해져 폭발이 일어난 것으로 볼 수 있다. 하지만, 정전기 방전에너지가 주어진다고 해서 모두 폭발이 일어나는 것은 아니다. 정전기의 방전에너지가 가연성 물질의 최소 착화에너지보다 크게 작용해야 한다. 이는 아래 식⁽²⁰⁾을 통해 알 수 있다.

$$W = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 \text{ (J)}$$

W: 정전기 에너지, C: 도체의 정전용량, V: 대전전압, Q: 대전전하량

유류운반선 탱크에서 부두 송유관을 통해 유류를 하역하면 빈 탱크에는 유증기가 가득 차기 마련이다. 이후 선원들은 다음 화물인 새 유류를 탱크 안에 적재하기 위해 유증기를 제거한 뒤 탱크 내 가스농도가 폭발하한점인 10% 미만이라는 조건이 되어야만 탱크에서 유류 잔량을 깨끗이 닦아내야 하는데 사고는 이 과정에서 주로 발생한다⁽²¹⁾.

대부분 사고 원인으로 손꼽히고 있는 유증기 폭발은 담뱃불, 정전기 등에서 발생하는 미세한 스파크에도 쉽게 폭발할 수 있는 위험성이 매우 높음에도 불구하고 안전관리 규정이나 매뉴얼이 부족해 사고의 반복성은 꾸준히 일어나고 있다. 이에 유증기 폭발에 관한 연구가 더 이루어져야 하고, IMO나 OCIMF에서 공통적으로 권장하고 있는 유증기 검출기를 유증기가 발생할 위험이 있는 장소에 설치해 유증기의 농도를 주기적으로 측정해야 한다. 그리고 선박 안전관리 규정이나 매뉴얼이 조성되어 법적인 제재에 따라 규제 및 단속을 철저히 시행해 사고 반복의 재현성을 막아야 한다.

4.3 사례 3. 혼합위험에 의한 폭발

4.3.1 사고개요⁽²²⁾

- ① 사고일시: 2015년 1월 11일 오후 2시 39분 경
- ② 사고장소: 울산시 남구 울산항 4부두에서 계류 중이던 1천553톤 규모의 화학물질 운반선 한양에이스호
- ③ 사고과정: 황산 20%, 질산 80%의 혼합물을 지상에서 선박으로 연결된 수송관을 통해 운반하던 중 선박 안에 있는 수송관의 갈라진 틈으로 혼합물이 새 나오면서 폭발이 일어났고, 한양에이스호 2개 탱크로 혼산(1천150톤)을 옮겨 실는 과정에서 발생했다.

4.3.2 피해현황

인명피해	재산피해
부상자 4명	추산 미정

4.3.3 문제점 및 대처방안

화학물질운반선 한양에이스호 2개 탱크로 혼산(1천150톤)을 옮겨 실는 과정에서 발생했는데, 2개 탱크 가운데 1개에서 균열이나 파공이 발생했고, 여기로 새어나온 혼산이 아래층에 있는 평형수 탱크로 흘러들어 밀폐된 탱크에서 물과 혼산이 화학반응을 일으켜 높은 압력과 열이 발생했고 결국 갑판 쪽 탱크 상부가 부풀어 오르면서 굉음과 함께 ‘ㄱ’자 형태로 20 mc 가량 터졌다⁽²³⁾.

일반적으로 증기폭발은 착화원도 가연물도 필요하지 않는 상변화에 기인하는 폭발사고이므로 그의 예방대책은 가스폭발의 예방대책과는 완전히 다르다. 일반적으로 위험

성이 적다고 생각되는 물이 어떤 조건에 의해서 폭발수라고 하는 위험물로 변하는 것이 이 재해의 특징이다. 수증기폭발 예방대책의 기본은 물과 고열물의 직접적인 접촉의 기회를 주지 않는 것이다. 여기서 이 사고의 발생 원인이 드러났다.

그리고 2가지 이상의 물질이 혼합 또는 혼촉하여 반응이 생겨 발열이나 폭발이 생기고 원래의 물질보다 위험성이 더 큰 폭발성 물질을 생성해 용기 내 기체나 액체가 폭발적으로 팽창되어 탱크를 파손시키는데, 이 사고에서 황산 20%와 질산 80%의 액체 사이에서 혼합위험은 적지만 평형수 탱크로 두 액체가 흘러들어가 화학반응을 일으켜 높은 압력과 열이 발생해 탱크가 파손된 것으로 보아 반응폭주에 의한 것으로 판단할 수 있다.

반응 용기내의 온도가 높아지면 반응속도가 증가해 단위시간내의 발열량이 증대하고 반응은 더욱 가속된다. 이와 같이 주위의 벽면에 온도와 압력의 상승효과에 의해 연쇄적으로 반응이 촉진되고, 급격한 온도·압력의 이상상승에 의해 기기류의 패킹류 등 구조적으로 약한 부분이 화염면의 전방을 진행하는 압축파에 의해 파괴되어 개구부가 생기고 가연성 가스가 누설되고 화염도 미연소가스의 흐름에 따라 전파되어 대기 중에서 폭발을 일으킨다든지, 폭발적으로 기기를 파괴하는 일도 자주 일어난다. 일반적으로 압력 용기는 파열압력에 대해 4배의 안전율을 갖고 있어 폭연을 고려한 안전밸브를 부착해 폭연에 의한 용기의 파열을 방지해야 한다²⁴⁾.

5. 결 론

우리나라의 사고 종류별 해양사고 발생현황 중 화재·폭발로 인한 선박 사고는 2012년 7.58% (55건)으로 가장 높았고, 2009년 4.70% (34건), 2010년 3.39% (25건), 2011년 6.03% (57건), 2013년 6.74% (43건)로 지속적으로 증가하는 양상을 보였다.

이와 같이 매우 높은 위험성을 내재하고 있는 선박 화재·폭발사고의 대부분의 원인은 안전 불감증으로 인한 안전지식 결여와 안전관리 미흡으로 발생하는 것으로 판단된다. 이에 다음과 같은 대책방안이 이루어져야 한다.

첫 번째, 선장 및 승무원들의 피난대처 교육 및 신속한 인명피난계획을 세우고, 사고 발생 시 효율적인 인명구조를 위해 소방정과 구조선이 체계적으로 도입될 수 있도록 법적인 규정을 세워야 하며, 사고 발생 시 선박의 종류와 사고 발생 위치, 조류 및 해상 상태 등을 파악하고 임무를 빠르게 분담해 협력 기관과의 정보 교류가 원활하게 이루어져야 한다.

두 번째, 선박 구조는 전도가 매우 빠른 강재로 되어있어 연소 확대가 용이하므로 FRP(강화플라스틱) 이외의 화재 저항이 강한 신 재료를 개발하고, 기관실이나 연료탱크 등이 있는 발화와 연소 확대 가능성이 높은 장소는 내화도료

도포 등 일정시간 이상의 내화성능을 유지할 수 있도록 해야 한다. 그리고 화재가 많이 발생하는 기관실과 취사 공간, 기타장소 등에 자동식 소화시스템을 설치하고, SOLAS와 FSS Code에서 규정하고 있는 열·화염·연기 탐지기 등을 의무적으로 사용해야 한다.

세 번째, 철저한 안전교육과 안전의식이 강화되어야 한다. 선장 및 선원들은 안전 불감증에서 벗어나 방송매체를 통해 기상정보를 미리 확인하고 배의 성능에 맞는 항해계획을 수립한다. 그리고 선박 시설에 문제가 없는지 확인하고, 통신수단과 구명조끼나 구명부환 등 대피기구를 확보해야 한다. 출항 전 반드시 출항신고를 해 사고발생 시 즉시 구조가 이루어질 수 있도록 하고 출항 후에도 주기적인 선박 기관 관리와 함께 해상교통법규를 준수해야 한다. 그리고 선장과 선원 및 관계자에게 연 1회 이상 안전교육을 실시하고 안전책자를 주기적으로 배포해야 한다.

References

1. Korea Maritime Foundation, "Maritime Industry and Economy" (2014).
2. The Kyunghyang Shinmun, "Passenger Ship Such as Living Hell" (1956).
3. The Kyunghyang Shinmun, "17 People Death and Injury According to the Explosion of the Ship Repair" (1997).
4. Gyeongsangnamdo Fire Department, "Repression Measures of Ship Fire", p. 11 (2000).
5. J. H. Kwark and Y. H. Kim, "A Study on Fire Extinguishing Performance of Closed Type Water Mist Nozzles for Ship's Accommodation", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 26, No.1, pp. 1-9 (2012).
6. C. S. Park, "A Study on the Ventilation Conditions for the Prevention of Spontaneous Combustion of Small Ship Engine Room", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 22, No. 4, pp. 11-19 (2008).
7. S. Y. Kim, D. S. Kim, B. H. Ahn and J. H. Kwark, "Fire Test Procedures for Flammability of Bulkhead, Ceiling and Deck Finish Materials", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 117-119 (2008).
8. M. E. Kim, S. D. Kim, K. W. Lee and Y. H. Lee, "The Effectiveness of Flammable Gas Monitoring System in Ship's Dangerous Spaces", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 246-251 (2007).
9. M. E. Kim, K. W. Lee and Y. H. Lee, "The Assessment for Capability of Fire Detector used in Ship", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 259-263 (2007).
10. "National Statistical Office" (2015).
11. Ministry of Oceans Fisheries, "Announcement of Statistics Related Marine Accidents in 2013 Year" (2013).
12. Ministry of Public Safety and Security, "National Fire

- Data System” (2014).
13. James G. Quintiere, “Principles of Fire Behavior”, DongHwa Technology Publishing, pp. 127-128 (2004).
 14. Yonhapnews, “Oil Barge Explosion at the Busan. 5 People Injured (Total)” (2011).
 15. Korea petroleum association, “Types of Dairy Products and Applications” (2014).
 16. Korea Fire Protection Association, “Welding Sparks is Alive” (2011).
 17. Yonhapnews, “Freighter Explosion in Incheon Jawoldo Sea. 5 People Died (Total III)” (2012).
 18. Yonhapnews, “Dura No. 3, Probably Due to Vapor Explosion” (2012).
 19. H. S. Kim, “Dura No. 3 (Busan Oil Tanker Shipping), The Explosion of a Man-made Disaster”, provisional conclusion (2012).
 20. Korea Occupational Safety and Health Agency, “The Prevention of Static Electricity Hazards” (2006).
 21. Yonhapnews, “‘A Time Bomb’ Oil Mist, Maritime Disaster Caused” (2012).
 22. J. M. Kim, “Ship with Sulfuric Acid-nitric Acid Mixture Explosion of Transport 15 People Rescued”, Dansin News (2014).
 23. Yonhapnews, “Ulsan Chemical Tanker Explosion Occurs Tank Rupture (Total)” (2015).
 24. DongHwa Technology Publishing, “Explosion Proof Engineering” (2006).