

# 선박·항공기·철도 화재의 특징과 조사

## 1. 머리말

지난 2008년도 선박·항공기·철도화재는 전체 화재 발생 건수 49,631건(소방방재청) 중 131건으로 차지하는 비율이 매우 적은 편이다. 그러나 해상과 공중, 육상에서 움직이거나 특정 공간에서 발생하는 특징을 가지는 화재로서 대부분 소화 작업이 용이하지 않은 경우가 많아 예방이나 조사 모두 특별한 점을 갖는다.

## 2. 선박화재

선박화재는 하나의 선박이라는 고립된 구조물에서 발생하여 외부에서 진압 지원이 없는 상태로 방치되면 짧은 시간에 모두 연소되어 바다에 운항 중이던 배는 물속에 잠기게 된다. 선박은 일반적인 내화 구조의 구획된 건축물과는 달리, 화염이 선박 표면에 출화되면 연료 지배형 연소로 공기 공급에 제한을 받지 않고 탈 수 있는 가연물에 전적으로 의존하는 형태의 최성기에 도달한다. 따라서 고립화된 환경과 전체가 공기에 노출된 연소 조건으로 빠른 화재진행에 따른 선원과 승객, 화물의 피해가 극대화되는 위험성을 안고 있다.

연도	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년
선박화재건수	115	127	117	70	88	103	86	74	129	131

〈표 1〉 10년간 선박화재 발생 추이

### 가. 선박의 재료에 의한 화재 특성

#### ① 목재 선박

선체가 나무로 된 선박은 몸체 전체가 가연물로 목재의 연소에 의한 화염 전파가 직접 이루어진다. 각각의 선실과 여창 등의 구획이 쉽게 소실되면서 화염이 대기 중에 노출되어 맹화단계로의 전이가 빠르다. 소형 선박들은 전소되면서 침몰되는 경우가 많다. 침몰된 배는 해상 위에서의 증거가 거의 유실되어 인양을 하더라도 화재 원인이 될만한 단서를 찾는 것이 거의 불가능하다.

## ② 금속재료 선박

금속재료의 선박은 화염의 전파가 재료의 전도로 이루지기 때문에 구획된 구역간 개구부 등 화염의 통로가 없더라도 고온의 열이 구조재를 가열하여 미연소 구역의 가연물에 착화온도까지 쉽게 올릴 수 있다. 따라서 목재선박의 연소 진행으로 구획이 무너지는 것처럼 이 또한 화재 진행이 빠르다. 특히 금속재료 선박은 구조재가 허물어지지 않고 일정 부분의 개구부에서 산소를 공급하면서 연소가 활성화되는 로(爐)화재의 특성을 가지면서 매우 높은 온도의 연소실 특성을 갖는다. 따라서 연소 공간 내의 인체 및 대부분 가연물이 완전 연소에 가까워 발화 관련 증거를 획득하기 어렵다.

### 나. 선박 구조에 따른 화재 특성

#### ① 객실, 선실(주거지역)

객실의 화재는 상대적으로 가연물이 풍부하고 공기의 유동이 자유로워 화재 발생시 열기와 연기가 매우 빠르게 전파되어 승객들에게 치명적 영향을 미친다. 대형 여객선이나 유람선 등의 경우 내부 가구나 커튼 등의 영향이 크다.

커튼 등의 경우에는 화재 후 조사자가 그 흔적을 발견할 수 없기 때문에 화재 전의 구조에 대한 재구성이 중요하다. 객실은 여객선의 경우 많은 인원이 탑승하게 되어 승객 개개인의 화기 취급도 화재의 위험인자를 갖고 있으며, 선실은 선원의 주거 공간으로 일반 가옥의 에너지 원인 전기 및 가스 기기 등이 모두 사용된다.

따라서 이러한 기구가 허용되거나 책임자 없이 남용되는 경우는 화재로 발전되기 쉽기 때문에 연소 잔해에서 이들의 흔적을 찾으려는 노력이 필요하며, 특이한 것을 발견하기 어렵다 하더라도 화재 전 화기 취급이나 인화물질 취급 등의 전력을 꼼꼼히 살펴야 발화원인을 찾을 수 있다.



〈사진 1〉 객실 내부는 풍부한 연소물로 쉽게 전소된다.

#### ② 화물창

화물창의 화재는 주로 적재 화물에서 발생되어 화물이 매개가 되어 화재가 확대되는 특징을 가진다. 밀폐공간인 화물창은 화재가 발생하였다고 하여 성급하게 개방할 경우 산소의 유입으로 화재를 더욱 키우는 결과를 가져올 수 있다.

흔치는 않지만 화물의 종류(기공이 많은 분말, 섬유상 조직 등)에 따라 온도 습도, 공기흐름 등에 의존하는 자연발화의 경우도 있어서 조사 과정에는 이에 대한 고려도 필요하다. 자연발화 물질은 그 자체가 갖고 있는 고유 성질의 위험성 보다는 위에 언급한 외부 인자에 의존적이므로 화재 전 또는 적재 상태의 분위기에 대한 고려가 필요하다.

#### ③ 기관실

기본적으로 연료와 윤활유 등 기름을 취급하는 곳이기 때문에 청결하지 않으면 언제나 작은 불

씨에도 착화될 수 있는 환경을 가지고 있다. 엔진은 장시간 운전 시 고온부를 형성할 수 있어서 착화원으로 위험하며, 발전설비나 조명 등에 이용되는 전기 설비는 전선의 취급, 부하의 과다 등으로 발화의 위험을 내포하고 있다.

〈사진 2〉는 기관실 천장 배선에 발화된 모습  
 〈사진 3〉는 기관실 천장 배선을 지나가는 배터리 배선이 배선을 고정하는 금속 고정구에 눌리면서 절연이 파괴되어 합선이 일어나고 타기 좋은 목재 선체에 불이 붙어 확대되는 과정이었으나 초기에 진화된 사례이다. 발화지점 바닥에는 용융된 구리선의 잔해 등이 많이 산재해 있기 때문에 바닥이 어지러운 곳에서는 이들의 수집에 노력을 기울여야 한다.



〈사진 2〉 기관실 천장 배선에 발화된 모습



〈사진 3〉 기관실 연료통 연소

〈사진 3〉은 작은 화재로 시작되었지만 연료통의 유량을 보여주는 게이지가 비닐이어서 이것이 녹으면서 연료가 누출되어 화재가 확대된 경우이다. 연료 탱크의 유량계는 내열유리를 사용하면 화재의 확대의 예방을 위해 바람직하다.

#### ④ 식당

대형 여객선의 경우 식당은 지상의 그것과 크게 다르지 않을 것이나 소형 선박과 어선은 좁은 공간 내에서 취사 행위가 이루어지다 보니 화원(火源)과 가연물의 안전거리 유지가 힘들어지고, 조리 후 전열기나 가스렌지 등의 취급상 주의 특히 필요한 공간이다.

특히 지상과 마찬가지로 환풍기, 각각의 가스 및 전기 조리기구의 사용이나 이들 에너지 공급 시설의 오류 등은 식당 내부에서 발화시 주요 관심 대상이며, 냉장고 등의 가전기구 또한 항상 화재 위험성을 내포하고 있다.

### 다. 발화원 유형에 의한 화재

#### ① 전기

선박의 종류와 용도에 따라 전력의 공급 방식이 다를 것이나 일반적으로 선박의 인화성물질 접촉 가능 공간에서는 방폭이나 난연성 피복의 전선을 사용한다. 그러나 이러한 배선도 사용 중 낡거나 흠집이 생기면 위험하기는 마찬가지이기 때문에 항상 점검이 필요하다.



〈사진 4〉 기관실 바닥에 널려진 배선에서 합선 발화

## ② 불티

선박에서는 주위에 가연물이 많고 경우에 따라서는 인화물질이나 폭발성 위험물질이 함께할 수 있어서 작은 불씨라도 소홀히 관리하면 화재의 위험이 높다.

특히 선박의 수리를 위해 집안된 상태로 용접작업에서 발생하는 불티가 화물창이나 어창 등에 굴러들어가거나 좁은 틈새로 끼어들어가게 되면 작업자는 쉽게 인지하지 못하는 상태에서 화재로 진행되는 경우가 있다. 가스절단기에 의한 모재(母材)의 절단 용융물들은 크기가 커서 고온 지속시간이 크고 발열량이 많아서 가연물에 접촉되면 착화의 위험을 매우 높다. 이들에 의한 화재를 증명하기 위해서는 작업 위치와 작업 장소, 이와 연결되는 개구부, 최종 불씨의 존재 등의 확인이 필요하다.

## ③ 담뱃불

육상의 일반 화재와 마찬가지로 담뱃불은 과학적 증거를 남기지 않는 불씨가 된다. 담뱃불을 일부러 착화시키려하면 쉽게 착화되지 않는 경우도 있지만 도로변의 쓰레기통과 그 안의 구겨진 종이처럼 가연물이 일정한 기공성(氣孔性)을 가지고 공기흐름이 아주 세거나 무풍이 아닌 적당한 통풍이 있는 구조에서는 쉽게 불이 붙는다.

특히 인화물질을 취급하는 곳이나 기름 형질, 수지류의 그물 등에 불씨가 닿으면 화재의 위험이 있다. 그러나 이의 조사 과정에서는 모두 연소되거나 화재 진압을 위한 주수가 있고난 다음이라 특별한 잔해를 찾기 어려운 경우가 많다.

## 3. 항공기 화재

항공기 화재는 공중에서 일어나는 경우 외부의 도움을 전혀 받을 수 없고, 비행 중단의 비상적 상황이 오기 때문에 대형 사고로 이어질 수 있으며, 이착륙 과정의 화재 또한 유류에 의한 폭발적 연소가 뒤따를 위험이 있기 때문에 준각을 다루는 진화 및 대피가 필요하다.

특히 200명 이상의 승객 탑승이 일반적인 여객용 민항기의 경우는 대형 인명피해로 이어지기 때문에 세계적 관심의 대상이 되곤 한다. 항공기 화재는 사고 후 2차 화재가 많다. 따라서 추락이나 비상착륙 후 일시적으로 화염이 확대되면 초기 진화는 거의 불가능하게 되고 연료와 동체 내의 고온 화재 환경에 따라 사고를 당한 사망자의 경우 신원 확인에도 유전자 감식을 이용해야 하는 등 심각한 결과를 초래한다.

### 가. 항공기의 부위별 화재 위험

#### ① 동체

항공기는 부위별 기능에 따라 재료가 다르며 동체는 주로 가볍고 튼튼한 알루미늄 합금으로 되어 있다. 착륙기어가 안나오거나 착륙각도가 맞지 않아 동체가 활주로에 맞닿을 경우 강력한 마찰열에 의해 불꽃이 일 수 있다.

작은 불꽃이나 초기 제압 가능한 불꽃은 탈 수 있는 가연물에 착화되지 않으면 화재로 바로 연결되지는 않는다.

## ② 날개

항공기의 날개는 부력 역할을 하는 기본 기능 이외에도 연료통과 엔진이 탑재되어 있어 매우 중요한 기능을 하고 있는 부분이다. 따라서 동체 착륙이나 추락 등으로 날개가 파손되면 탑재된 연료의 누출과 고온의 엔진 열이나 마찰열에 의해 순식간에 화염에 휩싸이게 된다. 따라서 비상착륙이 예견되는 비행에서는 연료를 최대한 소모하고 착륙을 시도하여 유사시에 화재의 위험을 최소화시킨다. 이를 대비하거나 착륙 시 동체 균형을 맞추기 위해 항공기는 적정 착륙중량을 지키도록 하고 있다.

정상적인 비행일 경우 목적지에 다다르면 연료가 적당히 소모되어 자동으로 착륙중량에 이르게 되지만 도중 회항을 하거나 중도에 비상 착륙을 하는 경우에는 착륙중량보다 과다하여 연료를 버리게 되는 것이다. 이를 지키지 않을 경우 화재의 위험 이외에 착륙 과정에서 동체 균형이 맞지 않아 안전한 착륙을 위협할 수 있다.



〈사진 5〉 뉴욕 허드슨강의 항공기 불시착(로이터-연합뉴스)



〈사진 6〉 미국 전투기 추락 화재 현장(한국일보)

〈사진 5〉는 올해 1월 뉴욕 허드슨강에 150여명의 승객을 싣고 무사히 비상 착륙한 항공기이고, 〈사진 6〉은 작년 12월에 엔진고장으로 비상착륙에 실패하여 민가에 떨어져 조종사는 탈출하고 한인 4명이 목숨을 잃은 미국 전투기 추락 현장이다. 불씨가 되는 에너지원과 탈 수 있는 가연물의 존재 여부가 화재를 좌우했다고 볼 수 있다.

## ③ 엔진

엔진 부위는 연소계통이 가장 온도가 높고 연료가 작용되는 부분으로 항상 화재의 위험을 가지고 있으나 이에 대비한 소화설비도 갖추고 있다.

연소계통 외에 발전설비나 전기설비 등의 전기적 위험도 상존한다. 연료라인은 엔진의 작동 중에는 모두 전기적 작동을 통한 통제로 이어지지만 라인의 일부에서 파열 등으로 유출되면 화재로 이어질 위험이 있다. 엔진룸 내부뿐만 아니라 배기가스가 배출되는 엔진 후미 일정 거리(이륙 출력시 600m)까지 폭발 위험지역에 해당된다.

## ④ 랜딩기어

랜딩기어는 착륙 시 동체와 지면의 마찰을 상쇄시키는 타이어를 작동시키는 장치로 이착륙 준비를 위한 중요한 역할을 한다.

항공기 타이어는 자동차 타이어보다 튼튼하고 견고하게 만들어져 있지만 역시 심한 마찰이나 과

하시에는 발화의 위험이나 펑크의 위험이 있다. 펑크가 나게 되면 마찰력이 증가되어 마찰 면에 과도한 열이 발생하여 화재의 위험은 커지게 된다.



〈사진 7〉 2007. 3. 13. 승객 56명을 태운 전일공수(ANA) 여객기가 랜딩기어 고장으로 앞바퀴가 나오지 않아 동체 착륙하는 과정(좌)에서 불꽃이 일어났으나 연료 누출 등이 없어 무사히 진화(우)되는 과정(AP=연합뉴스)

### ⑤ 항공기 내부

항공기 기내 화재는 많은 사람과 가연물 등이 산재되어 있고 구획이 나누어져 있지 않아 작은 불씨에도 쉽게 착화될 위험이 있고, 일단 착화되면 쉽게 화염이 전체 공간에 전파될 수 있다. 공간 내에 화재 위험에 대한 대비가 철저하게 되어 있으나 사람에 의해 나타나는 테러성 화재 등에는 어디든지 안전한 곳이 될 수 없다.

내부의 시설에 대한 방염 및 이의 유지가 화재 발생과 전파 등에 크게 영향을 미칠 것으로 본다.

### 나. 항공기 연료

항공기 연료는 엔진의 종류에 따라 다를 수 있으나, 일반적인 제트연료는 발열량이 크고 연소성이 좋지만 인화점은 자동차 휘발유보다 높은 항공유를 사용한다. 높은 에너지를 얻으면서 인화점을 높임으로써 누출되더라도 쉽게 불이 붙지 않게 하여 화재의 위험을 좀더 줄일 수 있도록 한 것이다.

## 4. 철도화재

철도화재는 2003년 대구지하철 화재 이후 대형 사고는 발생하고 있지 않지만 주요 도시마다 지하 전철화가 확대되고 있어서 항상 화재의 위험성에 대한 경각심이 필요하다.

육상 철도의 경우는 지형이나 객차의 구조가 쉽게 탈출할 수 있는 구조로 철도 차량화재에 의한 큰 인명피해가 발생할 개연성은 적다.

다만, 외국에서처럼 사고가 발생하여 차량이 전도되거나 구겨지면서 화재가 발생하면 물리적 탈출이 어려워 대형 인명피해를 가져올 수 있다.

도시 지역 철도의 지하화는 지하 공간의 특수성과 지형의 폐쇄성 등으로 인하여 화재가 발생하면 언제든지 대형재난으로 발전할 수 있다는 교훈은 충분히 인지하고 있는 만큼, 시설의 난연, 방염화, 소방시설의 준수, 법정 피난로 확보, 통신 및 제어시스템의 안정성 유지, 안전시설의 개선 노력 등이 지속된다면 불행했던 지난날의 과오는 답습하지 않을 것으로 믿는다. ☞