



방화에 의한 차량 화재

글 김진표 국립과학수사연구소 화재연구실

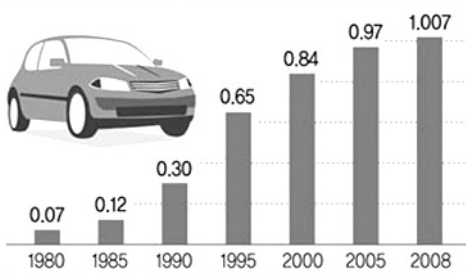
1. 머리말

최근 우리나라 화재통계를 볼 때 두드러진 특징은 방화 및 차량화재의 비율이 증가하고 있다는 것이다. 특히, 우리나라의 차량 등록대수는 [그림 1]에 나타난 바와 같이 꾸준히 증가하는 추세이며, 2008년을 기준으로 1,679만대, 가구당 1.07대에 달하고 있다. 차량 등록대수의 증가와 더불어 차량관련 사고 또한 꾸준한 증가세를 나타내는 추세로 이중에서도 차량화재 사고는 한해 평균 6,500여건으로 전체 화재의 15% 내외를 차지하고 있으며, 차량 등록대수가 증가함에 따라 차량화재는 매년 약 3% 정도 증가하는 경향을 나타내고 있다.

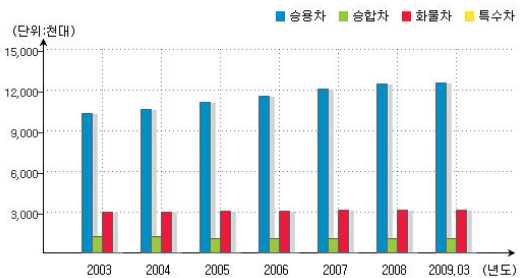
차량 보유대수의 증가와 더불어 차종 및 사용연료도 다양해지는 추세를 보이는데 차종의 경우, [그림 2]에 나타난 바와 같이 승용차가 1,200만대 수준으로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 화물차량, 승합차량 및 특수차량의 순서이다. 또한 1993년을 기준으로 볼 때 90% 이상이 가솔린 연료를 사용하는 엔진계통이었으나, 2008년을 기준으로 가솔린 연료를 사용하는 차량은 전체의 66% 정도이고, 반대급부로 경유(19.9%) 및 LPG(14.1%) 연료를 사용하는 차량이 증가하고 있는 특징이 있다.

가구당 자동차 등록대수 추이

(단위: 대, 자동차 등록대수 / 총 가구수) 자료: 한국자동차공업협회



[그림 1] 가구당 차량 등록대수 추이



[그림 2] 차량 종류별 등록대수

2. 차량화재의 특징

차량의 구조는 크게 동력기계계통, 전기전자계통, 연료공급계통 및 배기계통으로 구성되며, 차량화재는 계통별로 기계적 마찰열 및 전기적 발열에 의한 화재, 연료누유 등에 의한 폭발범위 형성으로 인한 화재 및 배기계통 과열에 의한 화재로 구분할 수 있다. 또한 차량의 운행조건에 따라 주차상태에서의 화재, 공회전상태에서의 화재 및 주행상태에서의 화재로 구분하기도 한다.

[그림 3]은 차량의 엔진룸 및 내부의 대표적인 모습을 나타낸 것으로 한정된 공간에 많은 가연물을 포함하는 구조이다. 화재 시 화재하중이 높아 단시간에 대부분의 가연물이 격렬히 연소되고, 가연물에 의존하는 연료지배형 화재의 경향을 보인다. 또한 사람 및 화물을 실어 나르는 차량의 목적을 고려할 때, 동력을 끌어내기 위한 대전류 사용 기기가 많고 상시적으로 진동이 발생되며 부착물이 다양하다는 구조적 특징을 가지고 있다. 최근에는 차종이 다양화되고 사용하는 연료가 세분화되어 각기 다른 구조의 연료공급계통 및 동력기계계통으로 구성되는 경향을 보인다. 따라서 차량화재 시 정확한 화재원인 조사에 많은 어려움이 따르고 있다.

여기에서는 차량방화를 중심으로 재현실험 및 방화에 의한 차량화재 사례를 소개한다.



(a) 엔진룸 내부의 대표적인 예 (b) 차량내부의 대표적인 예

[그림 3] 차량 엔진룸 및 내부의 대표적인 모습

3. 차량 내부 방화 사례

차량방화는 사회적 불만 표출, 주차 문제 등으로 인한 우발적 행위, 절도 등의 범죄 은닉을 위한 목적 및 자살이나 살인을 목적으로 나눌 수 있다. 차량방화의 경우에는 대부분 차량이 주차된 상태에서 이루어지는 경우가 많으며, 크게 차량 파손 후 내부에 불을 지르는 경우와 차량의 범퍼 및 빗물받이 등 차량 외부 가연물에 방화하는 경우로 나눌 수 있다.



(a) 뒷좌석 유리 파손 모습 (b) 화염 확대 모습(착화 후 2분 경과)



(c) 연소 확대 모습(착화 후 7분 경과) (d) 화재 진입 후 차량 지붕의 연소 흔적

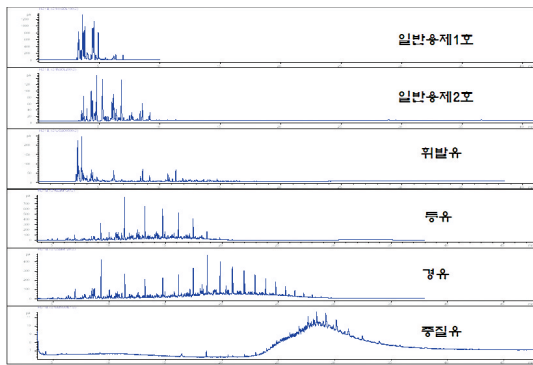
[그림 4] 차량 뒷좌석 유리 파손 후 방화한 사례에 대한 재현실험

[그림 4]에 나타난 것은 차량 파손 후 방화를 저지르는 연소 특성을 재현한 것이다. 차량 뒷좌석 유리를 파손한 후 좌석 시트에 불을 지르면 차량 내부를 중심으로 연소가 진행되고, 차량 지붕에 심한 수열로 인해 열변색되는 경향을 나타낸다. 최초 시트에 불을 지르고 화염이 최성기에 도달하는 시간은 10분 이내로 대단히 급속한 연소 확대 특성을 보이는데 이러한 특성은 차량 내부는 좌석 시트 및 내장재 등의 가연물이 협소한 공간에 다량 설치되는 구조적 특징에 기인한다. 방화를 목적으로 인화성 물질을 사용하는 경우에는 연소 확대가 훨씬 급속하게 진행되며, 연소 확대 과정에서 폭발력을 동반하는 경우

도 있다.

차량의 유리 파손 후 내부에 방화를 시도하는 경우에는 유리 파손 부위에 물리적 외력에 파손될 때 형성되는 리플 마크 등을 확인하여 화재 발생 이전에 유리 파손 흔적을 찾아낼 수 있으며, 차량이 전소되지 않는 경우 차량 외부, 특히 차량 지붕 부분에 외부화염에 의한 수열로 열변색 흔적이 남는다.

범죄 은닉을 목적으로 하는 차량방화 및 자살을 목적으로 차량 내부에 방화를 시도하는 경우에는 석유류의 인화성 물질을 사용하는 경우가 많다. 이때 차량 바닥 등에서 인화성 물질이 검출되는데 인화성 물질 분석에는 가스크로마토그래피(GC ; Gas Chromatography)에 의해 이루어지며, 가스크로



[그림 5] 가스크로마토그래피 분석 결과 예

마토그래피 분석 시간에 따른 인화성 물질 검출 결과는 [그림 5]와 같다. 인화성 물질이 검출되는 경우에는 범죄와 연관되었을 가능성이 높으므로 수사를 통해 범죄를 입증해야할 필요가 있다.

[그림 6]은 내부에 인화성 물질을 뿌린 후 방화를 시도한 차량화재가 완전 진화된 모습이다. 인화성 물질에 의해 형성된 유증이 일시에 연소되면서 발생된 폭발력에 의해 자동차 앞 유리가 2m 가량 비산되었으며, 차량 뒷좌석의 문은 폭발력에 의해 바깥 쪽으로 벌어진 형상을 나타낸다.

4. 차량 외부 방화 사례

차량 내부에는 가연물이 집중적으로 분포되어 있어 상대적으로 방화가 용이하고, 단시간 내에 차량이 전소되는 특성을 갖는다. 반면에 차량 외부에는 앞뒤 범퍼, 타이어 및 전면 빗물받이 정도로 가연물이 제한적으로 분포되어 있다. 이러한 이유로 차량 외부에 방화를 하는 경우, 주로 전면 및 후면의 범퍼에 불을 지르는 경향이 있다.

보다 원활한 연소 확대를 유발하기 위해 차량 하부에 가연물 더미를 놓고 여기에 불을 붙여 방화를 시



[그림 6] 인화성 물질을 사용한 차량방화의 출입문 변형 형상

도하거나 인화성 물질을 뿌려 불을 지르는 경우도 있으므로 차량화재의 현장조사에서는 차량 외부 가연물 주변에 인위적인 가연물 적치 형태 및 연소 잔해가 남아 있는지를 확인하여야 한다. 인화성 물질을 뿌리는 경우, 인화성 물질 전체가 연소되거나 남아 있다하더라도 소화 과정에서의 소방수에 의해 인화성 물질은 흔적이 남지 않을 수 있다.



(a) 전면 범퍼에 착화 모습 (b) 화염 확대 모습(착화 후 15분 경과)

(c) 연소 확대 모습(화성기, 착화 후 16분 경과) (d) 화재 진압 후, 차량 후드의 연소 흔적

[그림 7] 차량 전면 범퍼에 착화하는 재현실험

[그림 7]에는 차량 전면 범퍼에 방화를 시도하는 재현실험을 수행한 것이다. 착화 이후, 전면 범퍼를 중심으로 연소 확대되며, 화재가 최성기에 이르기까지의 시간은 약 16분 정도로 차량 내부에 방화하는 사례에 비해 연소 확대시간이 다소 더딘 특성을 나타낸다. 차량 전면 범퍼에서 시작된 불은 범퍼를 타고 연소 확대되면서 엔진룸으로 진행되고, 이후 시간이 더욱 경과하면 최종적으로 엔진룸을 통해 차량 내부로 화염이 전파되면서 전소에 이르게 된다. 화재가 완전 진화된 후, 차량 후드 전면에 연소 흔적이 남게 되며, 최초 착화된 좌측 전면 범퍼에서 우측 및 차량 앞좌석으로 연소 확대된 형상을 확인할 수 있다. 특히 차량은 외부 전면을 페인트로 도색하게 되는데 도색된 페인트는 연소 과정에 따라 최초 변색

이 시작되고, 지속적으로 화염에 노출되는 경우, 탄화 과정을 거치면서 페인트 부분이 유실되어 연소가 심한 부위에서는 페인트 부분이 완전 유실되면서 하얗게 백화되는 경향을 나타낸다. 이러한 특성을 근거로 연소의 방향성을 추적할 수 있다.



(a) 차량 전면의 연소 형상 (b) 차량 전면 빗물받이 부분의 주연소 부위

(c) 차량 엔진룸의 연소 형상 (d) 전면 빗물받이 직하단 엔진룸 부위의 연소 형상

[그림 8] 차량 빗물받이 부분에 방화를 시도한 사례

[그림 8]은 주차되어 있던 차량 전면 빗물받이 부분에 방화를 시도한 사례로, 와이퍼 하단 부위에 플라스틱 부분에 불을 지른 것이다. 최초 착화된 빗물받이 부분을 중심으로 엔진룸 내측 및 차량 내부로 연소가 확대된 형상이며, 알루미늄 합금재질의 차량 후드 부분 중 빗물받이 부분과 인접한 부위가 연소 용융된 특이형상이 관찰된다.

차량의 구조적인 특성상 많은 전기배선이 엔진룸 및 차량 내부의 전면부에 집중적으로 설치되며, 배터리를 통해 상시 전원이 공급되고 있는 상태이므로 전기적 결함에 의해 화재가 발생되지 않더라도 연소 확대 과정에서 전기적 특이점이 형성될 수 있다. 이러한 점을 충분히 고려하여 화재원인조사가 이루어져야 하며, 차량화재에 대한 조사 과정에서는 연소형상, 가연물 위치 및 전기배선 위치 등을 종합적으로 검토하여 화재원인을 판단하여야 한다. ☞