◎ 논 문

차량화재 사고경향 및 사례분석

신준호* · 원유진** · 홍일민**

Latest passenger vehicle fire trend and case study based on field investigation data

Junho Shin*, Eugene Won**, Ilmin Hong**

Key Words : Vehicle fire(차량화재), Origin area of fire(화재진원지), Cause of fire(발화원인), Non-genuine part(비정품), Exposure fire(외부화염노출), Smoking material(흡연관련 제품), Customer maintenance failure(고객의 관리부주의)

ABSTRACT

Based on the analysis of the actual passenger vehicle fire cases for recent four years (2010~2013), the passenger vehicle fire is increasing annually. Main root cause was analyzed as an electric problem as a 39%.

Vehicle fire case by electric problem was mainly caused by use of Non-genuine part. Vehicle fire case by mechanical problem was mainly caused by various oil system maintenance. Vehicle fire case by smoking material was mainly caused by cigarette and disposal lighter. And external fire transition issue and towing mistake fire cases was also confirmed.

1. 서 론

자동차는 내부연소기관과 흡배기장치, 냉각 및 윤활장치, 구동제동 및 조향장치, 연료공급장치, 그리고 다수의 안전장치와 편의장치, 그리고 모든 장치들의 상태를 감지하고 통제하는 전자시스템과 그 배선들로 한정된 공간에 복잡하게 구성되어 있어 여타 어느 구조물과 비교해도 화재하중(단위 넓이당 불에 타는 성질의 재료가 주는 무게)이 매우 높은 편에 속한다.

게다가 차체 구조물과 엔진을 제외한 거의 모든 부품이 플라스틱류(ABS, Nylons, PVC, PC, PE, PP, PS, PU 등)로 구성되어 있으며 다양한 인화성 액체류(가솔린 및 디젤, 브레이크오일, 파워스티어링 오일, 엔진오일, 기어오일, 오토트랜스미션오일, 부동액 및 와셔액의 알코올성분 등)와 인화성 기체류(수소 및 프로판 가스 등)를 사용[1]하기 때문에 일단 화재가 발생하면 빠르게 전파되고 연소시간이 짧은 특성을 보인다. 이 때문에 발화 원인을 분석할 수 있는 거의 모든 증거가 연소되는 경우가 대부분이며, 또한 차량의 구조 특성과 도로 주변 조건에 따라 초기에 화재를 발견하더라도 주변의 도움이 없이는 진화하기가 힘들고, 차량에 소화기가 비치된 경우도 드물기 때문에 초기 진화가 쉽지 않은 것이 차량 화재의 실정이다.

그러나 국내에서는 차량화재관련 연구논문이나 원인분석 자료가 미미한 실정이며, 차량의 구조 및 엔진 형식이 업체별로 등급별로 매우 다양하고 복잡하여 일반적으로 접근하기 어려운 측면이 있다.

이에 본 기관에서 최근 4년간 전문인원에 의한 실제 승용차 화재조사 결과를 바탕으로 화재 발화위치와 발화원인 등의 추이를 분석하고, 사고사례들을 종합하여

* GM Korea
** GM Korea
E-mail : junho.shin@gm.com

추후 관련 차량화재 사고조사에 참고가 되고자 한다.

또한 일반 차량보유자 및 정비사들의 차량화재 사고에 대한 경각심을 고취시켜 사고 예방에 기여할 수 있으리라 생각하며, 또한 여타 자동차업계 관계자들로 하여금 설계에서부터 제조에 이르기까지 화재가능성이 있는 부분에 대해 실무적으로 참고될 수 있으리라 생각한다.

본 자료는 승용차에 한정되어 있으며, 고의발화(방화)에 의한 차량화재는 제외되었음을 참고하기 바란다.

2. 차량화재 사고 경향 분석

국내 및 아시아 지역으로부터 본 기관에 접수된 차량화재는 2010년 대비 2013년에는 두 배 이상으로 증가(Fig. 1)하였으며, 해마다 증가하는 경향을 보이고 있고 당분간 더욱 증가할 것으로 보인다.

국내를 포함한 선진국의 차량화재는 점차 감소하는 추세에 있으며[2], 이는 차량안전에 대한 인식을 바탕으로 정비절차 준수 등 차량유지관리가 상대적으로 안정되어 있기 때문인 것으로 판단된다.

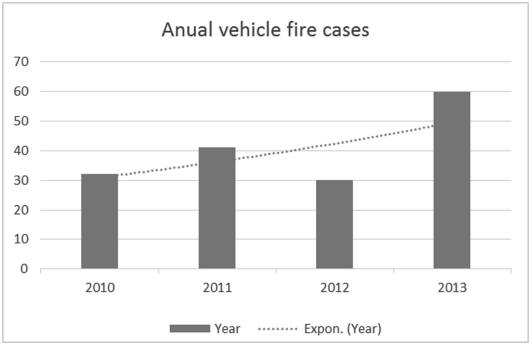

Fig. 1 Passenger vehicle fire : 2010-2013

2.1 발화위치 분포

Fig. 2는 최초 발화위치의 분포를 보여준다. 최초 발화위치가 판별된 차량 화재사고의 경우 엔진룸에서 최초 발화가 시작된 화재가 72%로 압도적이었다. 다음으로 차량 실내에서 발화가 시작된 화재가 12%, 전조등 및 안개등 등의 외장재에서 발화가 시작된 화재와 연료계통에서 시작된 화재가 각각 4% 그리고 기타의 순서로 확인되었다.

북미의 NFPA 차량화재 경향 자료[3]에 따르면 역시 엔진룸에서 시작된 화재가 69%로 압도적인 비중을 차지하고 있으며, 다음으로 실내화재가 12% 등 본 기관의 조사 결과와 매우 유사한 것이 확인된다. 이는 차량화재에서 가장 취약한 영역이 엔진룸이며, 이곳에 보다 높은 주의가 요구된다는 것을 의미한다.

차량 실내화재의 경우도 비교적 높은 비중을 차지하고 있다. 실내공간은 외부유입물의 출입이 잦고 흡연관련 제품에 쉽게 노출되어 있으며 각종 개인 편의장치(네비게이션, 블랙박스, 차량용 오디오 및 비디오 장치 등)의 탈/부착이 빈번하다. 또한 탑승객 주변 대부분의 내장재가 플라스틱류(특히 좌석의 Padding류는 인화점이 매우 낮은 PU소재)이기 때문에 차량 실내에서 일단 화재가 시작되면 확산속도가 매우 빠르고, 인명피해의 가능성이 매우 높기 때문에 차량사용자의 보다 높은 주의가 요구된다 하겠다.

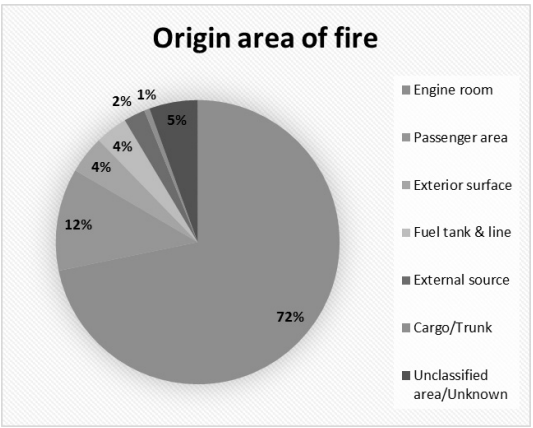

Fig. 2 Origin area of vehicle fire : 2010-2013

2.2 발화원인 분포

차량화재에서 원인이 확인된 화재는 전체의 60%였으며, 이 화재들의 발화원인들을 확인해 보면 Fig. 3과 같다.

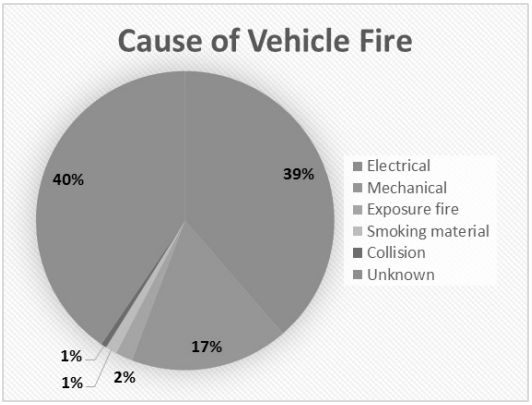

Fig. 3 Cause of vehicle fire : 2010-2013

첫 번째로 전기적 원인에 의해 발화한 차량화재의 비중이 39%로 가장 높았으며, 다음으로 기계적 원인에 의한 화재가 17%, 외부화염전파와 흡연 물질에 의한 화재 및 차량사고에 의한 화재 순으로 확인되었다.

북미 차량화재경향 자료[2]에 따르면 기계적 원인에 의한 화재의 비중이 45%로 가장 높으며 다음으로 전기적 원인에 의한 화재가 24%순으로 확인된다. 이는 차량의 옵션 및 지역과 고객 특성의 차이 등에 기인한 부분도 주요하겠지만, 북미의 과거 차량화재 경향[3]과 비교해 보면 북미 역시도 기계적 원인에 의한 화재가 감소하며 상대적으로 전기적 원인에 의한 화재의 비중이 점점 증가하고 있다는 것을 확인할 수 있다.

세계적으로 차량안전규제가 강화됨에 따라 전자식 차량 제어장치들이 추가되고 다양한 능동형 충돌예방 장치들과 충돌 후 탑승객 및 보행자를 위한 안전장치들을 보강해 가고 있으며, 또한 가까운 미래에 전기자동차의 대중화가 예측되므로 해당 화재의 비중은 앞으로 더욱 높아질 것으로 예측된다.

3. 차량 화재 사례 분석

실제 차량 화재사고 사례들의 분석 결과를 종합하여 상기 2.2에서 구분한 발화원인 별로 실제 사례를 들어 어떤 원인이 화재에 주로 기여하였는지, 그리고 해당 화재의 특징을 확인해 보았다.

3.1 전기적 원인에 의한 차량화재

전기적 원인에 의한 발화가 가능한 부품은 Fig 4에서 볼 수 있듯이 전기배선, 발전기, 스타터, 배터리, 퓨즈박스, 비정품 부품과 배선 등이 있다.

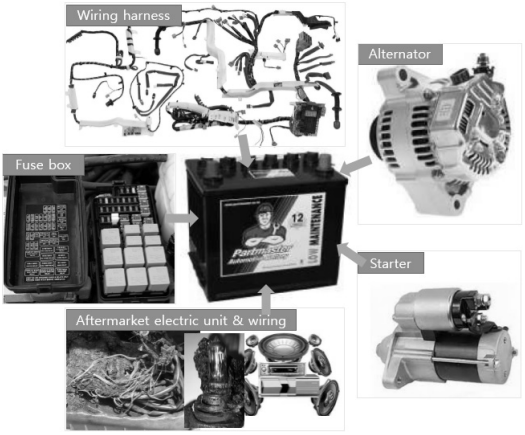

Fig. 4 Electrical system related with a vehicle fire

차량화재에서 전기화재는 배선 및 단자부에서의 단락 및 접속불량에 의한 화재가 주요하였으며 내부적으로는 배선의 손상 및 단자부로의 수분유입 및 단자부 노화에 따른 부식, 배터리 플러스 상시 배선의 체결불량에 따른 단자부 열화 등이 주요 원인이었고, 외부적으로는 정격에 맞지 않는 비정품 안개등 및 해드램프 벌브 사용, DIY 중 적절하지 않은 배선사용 및 접지불량에 따른 배선 과부하에 의한 화재가 주를 이루었다.

차량은 차체 구조물 자체가 마이너스로 접지되어 있기 때문에 수많은 플러스 배선 중 하나의 손상도 주변의 차체와 닿는 순간 즉시 단락이 되며, 특히 해당 배선이 고전류 배선일 경우 화재로 연결될 가능성이 높다. 그래서 차량에 장착된 정품 전자장치는 정격용량에 맞는 적절한 회로보호시스템을 구비하고 있다. 하지만 비정품의 경우 관련 회로보호시스템이 없거나 충분하지 않는 경우가 있고 또한 배선의 경로가 적절하지 않거나 잘못된 배선의 선택으로 추후 손상에 의한 단락과 과전류에 의한 단락의 가능성이 존재한다.

화재 예방을 위해서는 상시 전원 배선과 그 단자부 및 체결부, 그리고 배터리와 퓨즈박스 내부 퓨즈 등에 임의로 연결된 외부 장착물의 배선 등의 사용 및 장착에 주의가 요구된다. 사고 조사원은 차량의 상시 전원 배선에 대해 사전에 파악을 한 후에 화재 조사 시에 이를 유심히 확인해 볼 필요가 있다.

시동이 꺼진 상태에서 일정시간 이상 주차 중인 차량의 화재는 방화의 가능성이 배제된다면 일반적으로

전기적 요인에 의한 화재로 판단할 수 있다. 또한 차량실내화재의 경우에도 외부 요인에 의한 발화 가능성이 배제된다면 전기적 요인에 의한 화재의 가능성이 지배적이라 볼 수 있다.

3.2 기계적 원인에 의한 차량화재

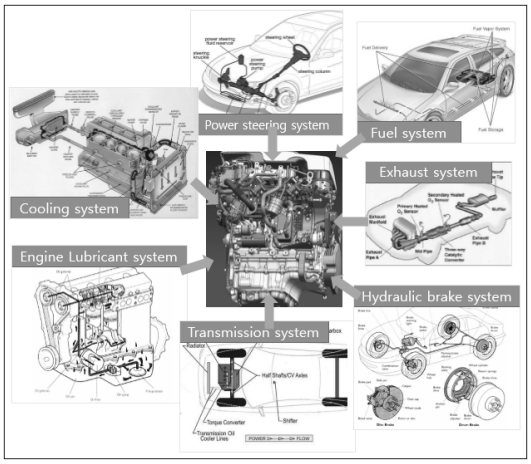

Fig. 5 Mechanical system related with a vehicle fire

기계적 원인에 의한 발화가 가능한 부품은 Fig 5에서 볼 수 있듯이 엔진과 냉각장치, 연료장비, 배기장치, 변속기, 유압장치 그리고 구동 및 조향장치들이 해당된다.

기계적 원인에 의한 화재는 해당 시스템의 냉각 및 윤활계통이 이상 과열되고 과열된 해당 시스템 주변의 인화성 물질(플라스틱, 오일 등)에 직접 착화되거나, 내부의 오일 등이 외부로 비산하여 근처 배기장치 등에서 착화되는 경우가 주요했다. 특히 각종 오일이 지나가는 계통의 정비 후 주변에 묻은 오일 혹은 정비 중 외부 유입물(헝겊, 목장갑 등)이 배기장치의 고열에 의해 착화되는 경우가 주요하였으며, 화재 이전에 엔진의 배기장치들이 충분히 예열된 상태가 전제된다.

실제 사례로는 엔진오일 교환 후 엔진하단부 커버에 고인 엔진오일을 제거하지 않은 상태에서 운행 중에 발생한 화재, 정비 후 엔진오일필터를 적절하게 체결하지 않고 운행 중 엔진오일이 배기장치에 비산해서 발생한 화재, 운행 중 고압 파워스티어링 호스 손상으로 주변 배기장치에 파워스티어링 오일이 비산하여 발생한 화재 등이 있다.

이와 같은 화재는 배기장치의 그을음 및 그 주변의 오일류에 의한 오염을 확인할 필요가 있다. 특히 차량 엔진룸 하부에서 최초 발화한 화재라면 배기장치가 주요한 발화원으로 고려될 수 있으며 엔진하부 커버가 가장 먼저 빠르게 연소되는 특징을 보인다. 차량상부에서는 터보챠져와 배기매니폴드 표면의 오일흔적, 그리고 주변 연소물의 사전 손상 가능성 파악 및 정비불량의 가능성이 검토되어야 할 것이다.

3.3 흡연 물질에 기인한 차량화재

흡연 물질에 의한 화재는 일반적으로 타다 남은 담배가 실내의 내장재에 직접적인 발화원으로 작용하거나 주변의 종이 및 비닐 등에 우선 옮겨진 후 진행되는 경우와 일사량이 높은 날 실내에서 일회용라이터 혹은 액화석유가스등의 충진재를 포함한 제품의 폭발에 의한 화재의 사례들이 확인되었다.

Fig. 6 Smoking material related with a vehicle fire

실제 사례로는 선루프를 통해 차량 지붕 구조물 내부로 유입된 일회용 라이터가 내부에서 폭발한 화재, 끄지 않은 담배꽁초가 차량내부 쓰레기(종이류)에 옮겨 붙으면서 내장재에서 시작된 화재 등이 있었다.

3.4 외부화염 전이에 기인한 차량화재

고의적이지 않은 외부화재의 전파는 사실상 원인이 확인되지 않는 화재와 정확히 구분되기 어렵다. 하지만 점화원이 존재하지 않는 위치에서의 화재가 시작된 것으로 판단된다면 화재는 차량 외부 요인에 기인한 것으로 판단될 수 있다. 이 경우 차량 외부의 주변에 발화원(예로 모닥불이나 불놀이의 흔적)이 존재했다는 것이 우선 확인되어야 할 것이며, 화재진행패턴 또한 일치되게 설명되어야 할 것이다.

3.5 기타 차량화재

고장차량의 잘못된 견인 방법에 의한 변속계통 과열 및 브레이크 패드의 과열에 따른 화재 등의 사례가 확인되었다.

4. 결 론

최근 4년간 본 기관의 조사 결과에 따르면 차량화재가 증가하는 경향을 보이고 있으며, 발화위치 별로는 엔진룸 화재가 72%, 발화원인 별로는 전기적 요인에 기인한 화재의 비중이 39%로 가장 높은 것으로 확인되었다.

전기적 원인에 의한 차량화재는 주로 사용자의 비정품 사용에 기인하였으며, 상시 전원 배선의 잘못된 개조행위의 개연성이 높은 것으로 확인되었다.

기계적 원인에 의한 차량화재는 주로 오일류의 교환 후처리 부실 등의 관리문제의 개연성이 높은 것으로 확인되었다.

흡연관련 제품으로 인한 차량화재는 담배 및 일회용 라이터 등의 사용상 주의 부족 등 고객 부주의에 의한 것이 주원인으로 확인되었다.

또 그 밖의 원인으로는 외부로부터의 화염전파(일부는 방화로 추정)에 기인한 화재와 잘못된 견인 방법에 기인한 화재도 몇 차례 확인되었다.

차량화재는 일반화재에 비해 조사가 매우 까다로우며 전문적인 분야로 구분된다 하겠다. 차량 화재의 원인을 분석하기 위해서는 해당 차량에 대한 전문적인 지식을 바탕으로 정확한 차량 화재조사와 더불어 해당 화재와 관련된 다양한 정보(사고정황, 고객성향, 운행조건, 과거정비자료, 과거사고자료, 경찰이나 소방서의 현장출동 보고서 등)를 수집하고 분석해야 하며 나아가 다양한 현장 경험을 통한 노하우와 다양한 유사 사례와의 비교 등이 더해질 때 보다 정확하고 신뢰도 높은 화재원인 분석이 가능할 것이라 생각한다.

보다 전문적인 차량화재 조사/분석으로 정확한 원인을 분별해내는 것이 추후 차량화재예방의 기본이며, 앞으로 관련 업계 및 전문가들의 숙제라 생각한다.

참고문헌

(1) National Fire Protection Association, 2014, “NFPA921”, 2014Edition,
(2) Marty Ahrens, 2010, “U.S Vehicle fire trend and pattern” NFPA, pp. 15
(3) Marty Ahrens, 2012, “Automobile Fires in the U.S.: 2006-2010 Estimates”NFPA, pp. 7