

자동차의 화재발생원인 분석

이 의 평

한국화재조사학회장

1. 머리말

연간 매일 16건 이상의 자동차화재가 발생하고 있어, 자동차화재는 화재조사요원들이 건물화재 다음으로 많이 접하는 화재임에도 대략 다음과 같은 이유로 자동차화재 조사를 어려워하고 있고 조사가 제대로 되고 있지 않는 것 같다. 1) 자동차 형식에 따라 레이아웃이 다르기 때문에 무엇이 어디에 붙어있는지 알 수 없다. 또한 불탄 것이 어떤 부품인지 알 수가 없다. 2) 자동차에 대한 지식이 부족하여 자동차 시스템 전반에 대해 이해할 수가 없다. 3) 공구가 없어 부품 등을 분해할 수 없다. 공구가 있어도 분해방법을 모른다. 4) 화재가 발생한 자동차에서 무엇을 보아야 할지 알 수 없다. 5) 자동차화재가 발생하는 메커니즘을 구체적으로 알 수 없다. 6) 본격적인 조사를 하려고 하면 멀리 이동되어 조사할 수 없다. 위 이유의 대부분은 조사경험이 적은 화재조사요원이 건물화재 조사 시 겪는 불안요인과 거의 같으며, 자동차화재 조사는 특별한 것이 아니라 단지 익숙해 있지 않을 뿐이라고 할 수 있다. 자동차화재는 발화개소가 엔진룸, 차실, 트렁크 등으로 압축되기 쉽고 불탄 공간이 한정적이어서 조사해야 할 공간이 좁으므로 건물화재보다 조사하기 쉬운 측면도 있다.

화재원인을 규명하여 책임소재를 분명히 함은 물론 화재예방정책에 피드백하기 위해서도 그리고 자동차화재로 인한 교통체증 등 2차적인 피해를 줄이기 위해서도 자동차화재의 철저한 원인규명은 필수적인 상황에 놓여 있다.

아래에서는 우리나라의 자동차화재의 실태를 알아본 다음, 자동차 자체에 기인하여 발생하는 화재원인 및 조사요령에 대해 구체적으로 알아본다.

2. 자동차화재 실태

자동차는 우리의 실생활과 떼어 수 없을 정도로 밀접한 위치를 차지하고 있어 대부분의 사람들이 거의 매일 자동차를 이용하고 있으며, 과학기술의 눈부신 발전에 힘입어 자동차의 안전성은 크게 향상되었고, 자동차 이용자는 안전에 큰 문제의식을 갖지 않고 이용하고 있다.

2010년 8월 9일 서울에서 발생한 CNG버스 가스통 파열사고에서 볼 수 있는 것처럼

자동차의 안전문제는 100% 해결된 것은 아니며, 이 CNG버스 사고에서는 가스통 파열 사고 후 화재로 이어지지 않아 그나마 사상자를 줄일 수 있었다.

우리나라는 2009년도에 351만 3,000대의 자동차를 생산해 5년 연속 자동차생산 세계 5위를 기록하고 있음에도 아직 자동차화재에 대한 체계적인 연구가 없음은 물론 자동차화재관련 연구논문도 거의 없는 것이 현실이다.

소방방재청의 통계에 의하면 자동차화재는 매일 전국 각지에서 16건 이상 발생하고 있으며, 이로 인해 자동차와 적재물의 소실 및 탑승자의 사상과 도로시설물의 손상 등 직접적인 피해는 물론 교통정체와 2차 교통사고 유발, 환경오염 등을 초래하고 있다.

표1. 차량화재의 건수 및 피해상황(2007-2009년 3년 평균)

차량종류	화재건수	사망	부상	재산피해(백만원)
계	6,217	57	149	21,561
자동차	5,933	56	143	19,486
농업기계	105	0	2	440
건설기계	174	0	3	1,588
군용차량	3	0	0	22
철도차량	3	0	0	27

표1은 국가화재정보시스템을 통해 분석한 자료(2007~2009년 3년간 평균)로 차량화재 중 자동차화재가 차지하는 비율은 95 % 이상임을 알 수 있다.

그림1은 1980년~2009년의 30년간 전체 화재 발생건수와 차량화재 발생건수를, 그림2는 전체 화재 발생 건수 중 차량화재가 차지하는 비율을 나타내고 있다. 전체화재는 물론 차량화재도 1980년대 후반부터 2000년대 초반까지 급격히 증가하였음을 알 수 있다.

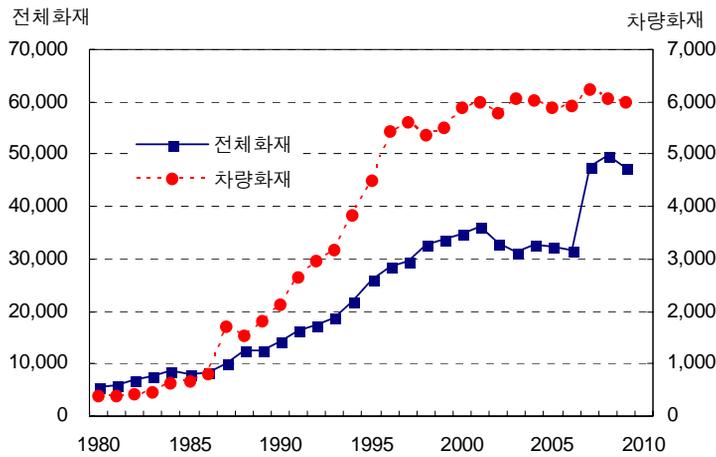


그림 1. 전체화재와 차량화재 발생의 추이

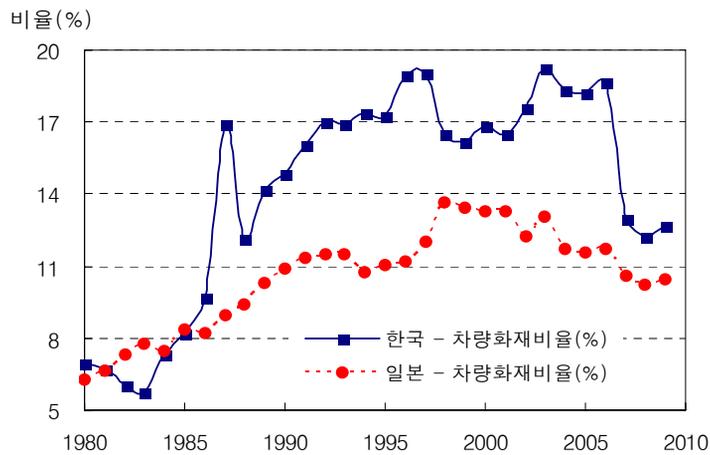


그림 2. 전체화재 중 차량화재가 차지하는 비율의 추이

2007년도에 급격히 총화재건수가 증가한 것은 국가화재분류체계의 개편에 따라 그 이전까지는 화재에 포함시키지 않던 아주 조그만 화재까지를 모두 화재로 포함시켰기 때문이다. 차량화재가 차지하는 비율은 1990년대 초반부터 2006년까지인 국가화재분류체계 개편 이전에는 15~20 %이었으나 국가화재분류체계 이후인 2007년부터는 12~13 %를 차지하고 있다. 차량화재의 비율이 낮아진 것은 차량화재 자체가 적어져서 발생한 현상이 아니라 앞에서 언급한 것처럼 국가화재분류체계의 개편의 따른 현상이다. 전체화재

중 차량화재가 차지하는 비율은 1985년부터 일본에 비해 높은 편이며, 2009년의 경우에 2% 이상 높음을 알 수 있다.

그림3은 1980년~2009년의 30년간 차량화재와 자동차등록대수의 추이를 나타내고 있으며, 2001년도까지 대략 자동차등록대수에 비례하여 차량화재발생건수가 증가하다가 2002년도부터 증가세가 둔화되고 있음을 알 수 있다.

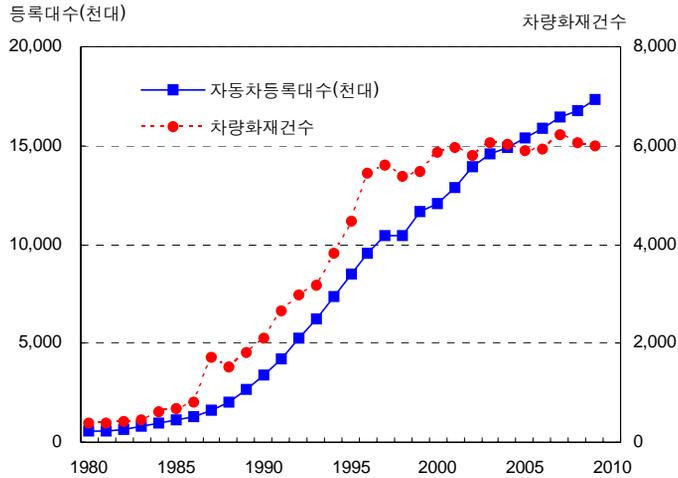


그림 3. 자동차 등록 대수와 차량화재의 추이

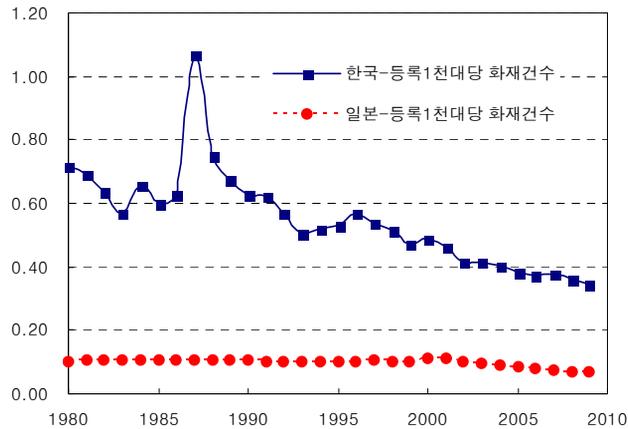


그림 4. 자동차 등록대수 1천대 당 차량화재 건수의 추이

그림4는 1980년~2009년의 30년간 자동차등록대수 1천대당 차량화재 발생 건수의 추이를 나타내고 있다. 감소추세에 있으며, 2009년도에는 1990년도에 비해 43.5 % 감소하였지만 2009년도에 일본에 비해 3배 높은 값이었다. 일본과 비교하면 우리나라의 전제화재 중 차량화재가 차지하는 비율은 높으며, 2009년도에는 2.42 % 높은 비율을 차지하고 있다.

3. 자동차화재의 발생원인 및 조사요령

자동차화재는 자동차 자체에 기인하여 발생하는 화재, 교통사고에 의한 화재, 방화, 기타의 원인에 의한 화재로 분류할 수 있다. 또한 아래와 같이 전기계통에 의한 화재, 연료계통의 화재, 배기관계통의 화재 등으로도 분류할 수 있다.

자동차화재 중 자동차 자체에 기인하여 발화한 화재의 발생원인 등은 여러 영역에 걸쳐 있지만, 다음 요인이 대부분을 차지하고 있다.

- 전기계통 : 배선단락 등이나 전기기기에 기인한 원인
- 연료계통 : 연료·오일계통에 기인한 원인
- 배기관계통 : 배기관의 발열이나 가연물 낙하에 기인한 화재

이하에서는 자동차화재 중 자동차 자체에 기인하여 발생한 화재의 원인에 대해 구체적으로 알아본다.

3.1 전기계통 화재의 원인 및 조사요령

전기배선은 각 제어시스템과 전동장치 사용에 따라 20년 전의 약 10배의 길이가 사용되고 있으며, 엔진룸이나 대쉬보드(Dashboard) 내 등 여러 부분에 다발모양으로 된 와이어 하니스로 배선되어 있다. 이들은 차체를 관통하여 여러 개소에서 서포트 금구(金具)로 고정되고 좁은 공간에 놓여져 있다. 그 때문에 엔진의 열 및 진동, 주행 시의 진동 등을 항상 받고 있어 완충재나 보호커버 등으로 보호되고 있기는 하나 피복이 손상을 받기 쉬운 상태가 되어 피복이 손상되어 전선 도체가 차체에 접촉되면 단락하여 피복 등에서 발화하게 된다. 또한 배선이 관통부를 통과할 때 철판 끝의 처리가 불충분한 부분에서 피복이 손상을 받아 발화한 경우도 있다. 이와 같은 경우를 고려하여

각 회로에는 퓨즈가 설치되고, 차량 배선의 중요한 부분에는 비닐내열저압전선이나 폴리에틸렌내열저압전선 등이 사용되고 있다.

그러나 퓨즈는 단속적인 스파크에서 퓨즈가 용단되지 않아 유염현상(有炎現象)에 이르는 경우가 많다. 또한 콜게이트 튜브나 비닐 테이프 피복 주위에 기름이 스며든 먼지나 포장도로의 콜탈피치의 부착 등으로 인해 피복 배선에서 이들을 개입하여 화재가 확대되기 쉽다. 그리고 자기소염성(自己消炎性)이 있는 배선일지라도 그룹화 된 다발로 배선된 경우에는 연소가 확대된다.

이와 같이 스파크가 발생되어 피복에 착화, 연소가 계속되어 각종 합성수지에 연소(延燒), 더 나아가서 연료파이프에 화재가 확대하게 된다.

또한 전기배선의 단락에 의한 화재 중에는 전기기구를 개조하거나 자동차 구입 후에 설치한 배선에서도 많이 발생하고 있으며, 대부분의 경우 배터리에서 퓨즈를 개입하지 않고 직접 배선되고 구입한 후에 설치하면 복잡하게 되기 쉬워 진동에 의한 손상을 받기 쉬운 상태에 있으며 또한 단락되어도 퓨즈가 없으므로 발화하고 있다.

한편 배선관계의 화재는 각종기기와의 접속부에서도 발생하고 있으며, 이들은 접속부의 이완에 기인한 접촉저항의 증대에 의한 주열열로 피복 등에 착화하고 있다.

모터에서는 시동모터의 화재가 가장 많고, 이그니션 키 되돌아감이 나쁜 이유 등으로 피니언 기어가 나온 상태로 회전을 계속하여서 모터가 발전기가 되어 과열하여 발화하고 있다. 또한 모터 축의 베어링 록크에 의해 모터 코일에 과전류가 흘러 과열 발화하고 있다.

차내 환기용 팬의 풍량을 조절하는 저항기에서 발화하는 경우도 있다. 이는 블로어 실(室) 내에 이물질이 혼입되어 저항기가 발열하여 발화하는 경우이다.

또한 일반화재에서도 볼 수 있는 스위치나 릴레이부분의 트래킹현상, 각 기판의 불량, 콘덴서의 절연열화, 각 램프에 가연물 접촉 등의 발화도 있다. 사진1은 라디오 잭 음방지용 콘덴서에서 발화한 사례이다.

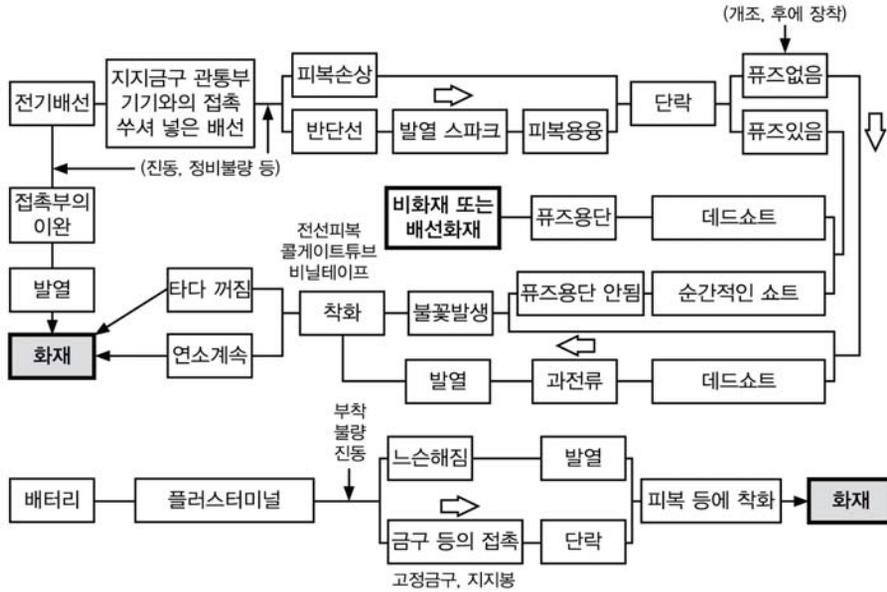


그림 5. 전기화재의 발생 메커니즘

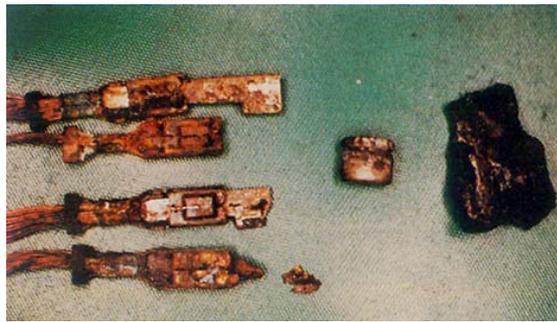
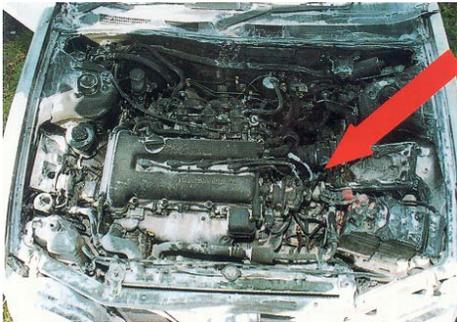


사진 1. 라디오 잡음 방지용 콘덴서에서 발화한 사례

가. 자동차 전기의 특징

자동차 전장품은 일반가정의 전기기기 등과는 크게 다르다. 자동차에는 전원공급을 직류 12 V(보통승용차의 경우)로 하고 있다. 직류이므로 전기는 배터리 플러스측에서 일방통행으로 마이너스측으로 흘러간다. 그리고 자동차에서는 배선을 줄이기 위해서 마이너스측에 이르는 배선 대신에 차체(보디)를 이용하고 있다. 즉, 마이너스측 배선은 보디 어스로서 배선되어 있다. 와이퍼 모터 전기회로를 예로 들면, 배터리 플러스측에서 이그니션스위치, 와이퍼스위치를 거쳐 와이퍼모터에 전원이 공급되고 있다. 그

리고 와이퍼모터에서 배터리 마이너스측으로 배선되는데 이 때 와이퍼모터로부터의 배선은 배터리로 직접 배선하는 것이 아니라 보디에 배선된다. 또한 배터리 마이너스 단자도 보디와 연결되어 있다. 결국 전기기기의 마이너스측 배선은 보디 그 자체를 이용하고 있다.

자동차에서는 전기기기의 마이너스측은 보디에 배선되어 있다. 이와 같은 배선방법은 화재조사 시에 일반가정과는 다른 양상을 나타낸다. 예를 들면, 가전제품 전원코드에서는 서로 이웃한 2개 코드는 전위가 다르므로 피복이 손상되거나 하여 접촉하면 단락이 일어나고 단락흔이 남는다. 그러나 자동차 배선은 일반적으로 서로 이웃하는 배선의 전위는 같으므로 접촉하여도 단락이 일어나지 않으며 단락흔도 생기지 않는다.

자동차에서 단락이 일어나는 것은 전기기기에 이르기 전 플러스 배선과 전기기기의 마이너스측 배선이 접촉한 경우이다. 보디는 모두 마이너스배선이므로 자동차배선에서의 단락은 플러스배선과 보디가 접촉함으로써 일어난다. 따라서 전기에 의한 발화라고 의심되는 경우에는 단락흔(=용융흔)의 유무를 확인하면 되며, 이 때 배선과 보디가 접촉하는 부분에 주목한다. 단락이 일어난 경우, 단락흔이 생기는 경우가 많기 때문이다. 단락흔은 보디에도 남는다. 그러나 서로 이웃한 배선끼리의 접촉에 의한 단락흔은 찾아보아도 발견되지 않을 것이다. 이 이외에도 자동차 전장품의 특징으로서는 발전기(オル터네이터), 축전지(배터리), 고전압발생장치(점화코일) 등을 들 수 있다. 이들 기기는 각각 특징적인 발화요인을 내포하고 있다.

나. 자동차 배선

자동차배선은 다발로 모여져 효율 좋게 부설되어 있다. 이들 배선 다발을 「와이어 하니스(Wiring harness)」라고 한다. 고압회로와 시동회로는 「와이어 하니스」내에는 묶여져 있지 않고 별도로 부설되어 있다.

와이어 하니스 내에는 여러 가지 배선이 묶여져 있다. 전선 굵기도 여러 가지이다. 이들 중에는 큰 전류가 흐르는 것, 센서신호로만 이용되는 것 등도 있다. 그러므로 와이어 하니스 내의 배선이 어떤 배선인가를 확인하는 것이 중요하다. 그러나 최근의 자동차는 전기적으로 복잡화되어 있어 와이어 하니스 자체의 량도 대폭 늘어나 있으므로 확인이 쉽지 않다. 그래서 배선 색에 주목하도록 하고 있다. 자동차 배선은 회로별로 사용하는 사이즈(두께), 색 등이 정해져 있다.

일반적으로 자동차의 배선은 그림6과 같이 되어 있다. 이를 보면 자동차의 전기회로는 상시 통전되어 있는 것과 이그니션스위치(시동키)를 ON으로 했을 때만 통전되는 것으로 나뉜다. 전기에 의한 발화라고 생각되는 경우에는 그 회로에 전기가 흐르고 있었는가 아니었는가(=통전입증)를 확인해야 한다. 그림6에 의하면 상시 통전회로와 시동키를 개입한 회로에 어떤 전장품이 접속되어 있었는지를 알 수 있다. 이는 또한 대전류그룹과 소전류그룹으로 나뉜다. 전류가 많이 흐르는 배선에 트러블이 있으면 발화에 이를 가능성은 높아진다. 어떤 전장품이 많은 전류를 필요로 하는지 파악해두면 좋을 것이다.

또한 그림6의 배선이외에도 센서 등의 신호선이 있는데, 신호선에는 발화에 이를 전류는 흐르지 않는다.

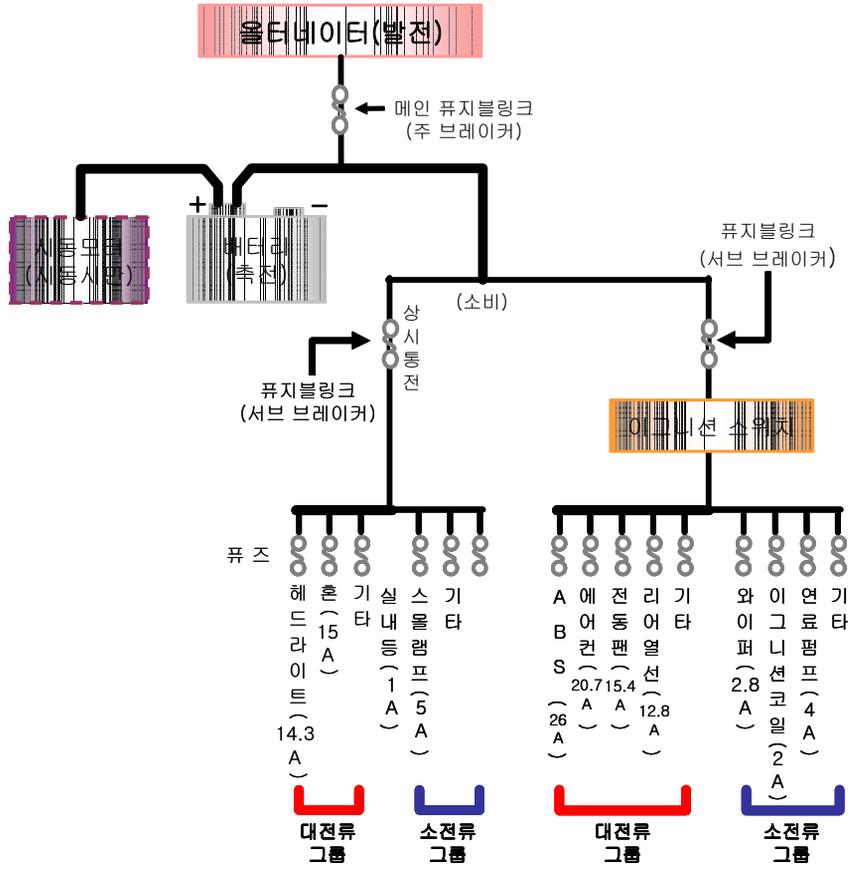


그림 6. 자동차 전기회로의 예

각 회로에는 퓨지블 링크, 퓨즈, 서킷브레이커 등이 설치되어 있어서 회로 보호가 꺾히고 있다. 이들이 정상적으로 작동하면 단락 등이 일어나도 발화에는 이르지 않을 것이다. 그런데 자동차에는 진동이 있으므로 진동으로 인해 단락이 간헐적으로 일어나는 경우에는 퓨즈 등이 작동하지 않은 경우가 있다. 그리고 간헐적으로 일어나는 단락은 불꽃(스파크)을 발생시켜 전선피복 등을 착화시킨다.

또한 개조하거나 부품을 개인적으로 나중에 설치함으로써 퓨즈를 설치하지 않는, 부적정한 전선을 사용하는, 배선방법이 부적정한 배선이 된 경우에는 발화위험이 아주 높은 상태라고 할 수 있다. 이와 같은 배선의 유무에 대해서도 확인이 필요하다.

그러면 이들의 특징을 염두에 두고 실제로 조사를 하는 경우, 어떤 점에 주목해야 하는지 알아본다.

「소손정도의 강약」을 비교하여 연소방향을 찾아가는 방법은 자동차 배선에서도 마찬가지이다. 배선은 합성수지제 피복에 덮여 있으며 피복은 용융·탄화·소실이라는 순으로 소손이 강해진다. 또한 배선 중 전선은 일반적으로 동(구리) 연선이 이용되고 있는데, 동은 열에 의해 변색하여 용융한다. 연선이라면 열을 받은 부분은 서로 용착하여 있거나 딱딱하게 되어 구부리면 곧 꺾이게 된다.

금속의 소손부분은 녹이 발생하지만 동(구리)의 경우에는 녹청¹⁾이 된다. 소손된 배선의 특정 부분에 다량의 녹청이 발생해 있으면 그 부분은 강하게 열을 받은, 또는 강하게 열을 발생했던 것이라고 생각할 수 있다.

와이어 하니스를 조사하는 경우에 일견 모든 배선이 타있지 않은 것처럼 보일지라도 잘 보면 이 중 1선만이 일정 구간 타있는 상태를 발견하는 경우가 있다. 이는 그 배선이 어딘가에서 단락을 일으켜 배선 자체가 발열했음을 나타내고 있다. 이론적으로는 타 있는 구간은 플러스측에서 단락점(보디와의 접촉점 등)까지이므로 불탄 구간을 더듬어 가는 것으로 단락점을 발견할 수 있는 경우가 있다.

일반적으로 보디와 접촉하여 단락한 부분에는 용착이 생긴다. 보디에 단락흔(=용융흔, 전기적용융흔)이 부착되어 있는 경우도 많으므로 배선과 보디가 접촉하는 부분은 배선뿐만 아니라 보디측도 염두에 두고 단락흔을 찾는다.

1) 녹청(綠鏽)이란 구리가 녹슬어서 파랗게 되어 있는 현상을 말한다. 녹청현상은 구리가 열을 받은 상태에서 습기가 있으면 나타나는 현상이므로 녹청현상이 화재 후에 생긴 것인지 화재로 인해 생긴 것인지는 판단할 수 없다. 따라서 전선에 녹청현상이 발생된 곳이 있다고 하여 이곳에서 발화되었다고 단정할 수 없다.

열에 의해서 생기는 열흔도 있다. 열흔과 단락흔의 판별은 비교적 용이하다. 배선이 타 가늘어져 쳐진 흔적이 있으며, 연선이 용착되어 딱딱하고 취약해져 있을 경우는 열흔일 가능성이 높다. 연선의 끝에 작거나 또는 몇 개가 뭉쳐 둥글게 흔히 생겨 주위의 배선은 그다지 열을 받고 있지 않으며 망울(痕)에 금속광택이 있는 경우 등은 전기적인 단락흔이다. 그러나 자동차화재의 경우에는 엔진룸 등 좁은 공간에서 강한 열을 받기 때문에 단락흔이 생긴 후, 2차적으로 열흔이 생기는 경우도 있으며, 또한 단락하면 배선 자체가 발열하므로 판별이 어려운 경우도 있다. 이와 같은 경우에는 주위의 상황, 연소방향성, 통전입증, 퓨즈의 상태 등으로부터 종합적으로 판단해가야 한다.

단락이 의심스러운 배선이 있는 경우는 우선 그 배선이 어떤 배선인가를 확인한다. 그리고 그 배선이 상시 통전되어 있는 것인가? 시동키를 개입한 것인가? 어느 정도 전류가 흐른 것인가? 등을 확인한다. 소전류가 흐르거나 시동키를 OFF로 하여 통전되어 있지 않는 등의 상태를 확인할 수 있으면 그 배선에 단락은 일어날 수 없다. 스파크 발생에 대해서도 같은 말을 할 수 있다.

다. 배터리

승용차는 보통 12 V 배터리를 적재하고 있다. 전압은 비교적 낮지만 단락된 경우에는 큰 전류가 흐른다. 배터리 단자 간에 호칭단면적 1.25 mm²~mm²의 자동차용 전선을 직접 접속한 경우, 각각 250 A이상의 전류가 흘렀다(표2 참조).

표2. 자동차배선의 단락실험

호칭단면적(mm ²)	용단시간(s)	최대전류치(A)
1.25	1	250 ↑
2.00	1	250 ↑
3.00	2	250 ↑
5.00	10	250 ↑

배터리 내에는 수소가스가 발생하므로 파열이나 수소가스에 착화 등 위험은 잠재하고 있지만, 이와 같은 트러블은 거의 없다. 역시 전기적인 트러블, 즉 단락이나 스파크 발생 등이 배터리 발화요인의 대부분을 차지하고 있다.

배터리 단자가 느슨해져 있거나 반단선상태이거나 하면 스파크가 발생한다. 이 스파크는 배선피복을 탄화시키거나 착화시키거나 한다. 자동차화재에서 스파크는 더욱 중요한 의미가 있다. 자동차에는 휘발유 등 휘발성이 높은 위험물이 적재되어 있다. 휘발유는 배기관 등 고온체에 접촉되어도 쉽게 발화에 이르지 않는다. 그런데 스파크에는 용이하게 착화한다. 스파크는 휘발유 등을 착화시키는 발화원이 된다는 점을 인식할 필요가 있다.

교통사고 등으로 배터리가 파손되거나 전해액이 흘러나온 경우, 더 이상 전기는 남아 있지 않다고 생각하기 쉽다. 그러나 실험에 의하면 2 m 높이에서 낙하시켜 전해액이 유실된 배터리에서도 스파크 발생이 확인되었다. 이러한 점에서 배터리가 조금 파손되어 있어도 통전은 있는 것으로 생각할 필요가 있다.

배터리에 관한 발화의 예로서는 배터리 고정용 금구가 벗겨지거나 배터리 위에 스패너 등 공구를 놓고 잊거나 하여서 단자간이 단락하여 금속이 발열 또는 스파크가 발생하여 출화하는 등이 있다. 또한 배터리를 규격외의 것으로 교환하여서 고정이 잘 되어 있지 않아 진동으로 배터리가 움직여서 고정금구가 접촉했던 예도 있다.

라. 발전기(オルター네이터)

자동차는 엔진 회전으로 발전기를 돌려 스스로 발전하여 충전한다. 그 발전기가 올터네이터이다. 올터네이터에는 B단자라 부르는 배터리 등에 전기를 공급하는 단자가 있다. 이 단자에 연결되는 배선은 큰 전류가 흐르지만 단자가 느슨해져 있거나 하면 불꽃이 발생한다. 또한 접촉불량에 의해 단자가 발열한다. 단자의 느슨해짐을 확인해야 한다. 단자의 변형이나 용융에 대해서도 주의해야 한다.

마. 디스트리뷰터

디스트리뷰터는 점화코일의 1차회로에 전류를 흘리거나 끊거나 하는 역할과 점화코일에 발생한 2차전압을 각각 점화플러그에 분배하는 역할을 하고 있다. 디스트리뷰터 중에는 로터나 콘택트 포인트 등이 있어 항상 스파크가 발생하고 있다. 휘발유 증기 등 가연성 가스가 디스트리뷰터 안에 들어가면 용이하게 착화한다. 디스트리뷰터는 그 기구상 밀폐되어 있지 않다. 리크 구멍(Leak hole)이라고 부르는 구멍이 뚫려 있는데,

여기에 휘발유를 조금 주입하고서 엔진을 시동시키면 착화되는 것을 확인할 수 있다.

바. 하이텐션코드

점화코일에서 발생한 고전압을 디스트리뷰터로, 그리고 스파크플러그로 전달하는 코드이다. 그 피복은 절연체인 고무피복으로 되어 있어 견고하다. 그러나 어떤 원인으로 이 피복에 상처가 나면 고전압이기 때문에 리크(누설) 방전이 일어나는 경우가 있다. 리크 방전이 일어나기 위해서는 피복 상처 근처에 마이너스 배선이 있어야 한다. 자동차는 앞에서 언급한 것처럼 보디 자체가 마이너스배선이고, 엔진본체도 또한 보디와 어스되어 있다. 하이텐션코드는 스파크플러그에 연결되어 있고, 엔진의 바로 옆을 달리고 있다. 그러므로 이 부근에 상처가 생기면 엔진과의 사이에서 리크방전에 이른다.

사. 나중에 설치한 부품이나 배선

나중에 부착된 부품, 배선의 유무를 확인한다. 앞에서 언급한 것처럼 나중에 설치한 배선은 발화 가능성이 증가한다. 나중에 설치한 부품, 배선이 확인되면 그 부품은 어느 정도 전류를 필요로 하는 것인지? 배선에 퓨즈 등은 설치되어 있는지? 예상되는 전류에 따른 전선이 사용되고 있는지? 배선 처리상태는 적정한지? 보디에 접한 부분은 없는지? 연선 등 부적정한 접속을 하고 있지 않은지? 배선을 상처 입힐 우려가 있는 부품을 설치하고 있지 않은지? 등을 확인한다.



배터리 +단자에 접촉

배터리 고정금구에 접촉

사진 2. 나중에 설치한 혼이 배터리+단자와 상부 고정금구에 접촉하여 발화된 예

아. 교통사고에 기인한 발화요인

자동차화재는 교통사고에 따라 발생하는 경우도 많이 있다. 교통사고로 연료·오일 등의 누설, 전기배선의 손상, 마찰열이나 충격불꽃의 발생 등이 일어난다. 전기배선이 차체와 접촉하면 단락이 일어나는 것은 설명했던 대로이다. 리크방전이나 스파크는 휘발유 등을 착화시키는 발화원이 된다. 이들이 복합하여 발생하는 경우도 있다. 특별한 케이스로 교통사고로 헤드라이트가 손상되었는데, 전구의 필라멘트는 손상되지 않아 필라멘트가 노출되어 발열하여 발화한 예도 있었다.

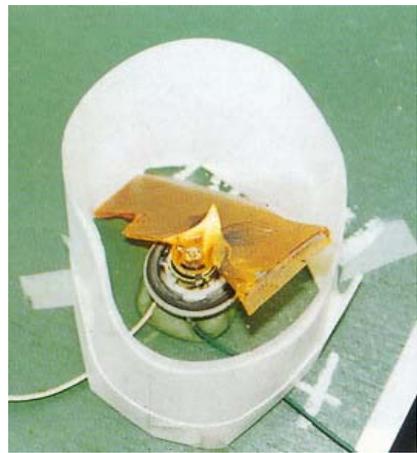


사진 3. 교통사고로 전구 유리가 깨졌으나 끊어지지 않은 필라멘트가 가연물과 접촉하여 화재가 발생한 예(우측은 재현실험임)

자. 발화개소의 압축

전기에 의한 발화라고 여겨지는 경우에는 발화개소 부근에 전기에 의한 트러블의 흔적을 찾는 것부터 시작하는 경우가 대부분일 것이다. 발화개소를 연소방향이나 발견시의 상황 등으로부터 찾아내는 것은 어떤 화재에서나 동일하다. 그러나 자동차화재에서는 특정 지점(포인트)을 발화개소라고 판정하기 곤란한 경우가 많다. 자동차는 일단 타오르면 강한 열을 발하는 요인이 여러 개 존재하고 있다. 즉, 2차적인 불탐이 강한 케이스가 많다. 만일 발화개소 판정을 잘못하면 진짜 발화원이 부정되게 된다. 이와 같은 점 때문에 자동차화재에서는 발화개소는 비교적 넓은 범위로 대략적으로 판정하는 쪽이 좋다. 예를 들면 엔진룸, 차실 안쪽, 트렁크 룸 정도로, 조금 더 상세하게 정

하더라도 엔진룸 우측 앞부분 부근, 차실 안 뒤쪽 좌석부근이라는 정도로 충분하다고 생각한다.

자동차화재에서는 발화개소를 찾을 때 어느 정도 부위를 정해 좁혀가는 경우가 있다. 이런 경우에는 특히 높이에 주목해야 한다. 화재는 기본적으로 아래에서 위쪽으로 타며 확대된다. 가장 아래쪽 부분에 불타 있는 부분을 찾는 것이다. 합성수지나 기름이 용융 낙하하여 아래쪽에서 불타 올라간 경우에는 그곳이 불탄 가장 아래쪽이 되는 경우가 있지만, 이러한 경우에는 용융된 합성수지 등이 부근에 부착되어 있을 터이어서 부근의 소손상황 등으로부터도 판단할 수 있다.

자동차화재의 발화원인으로서 전기는 상당한 비중을 차지한다. 직접 피복 등에 착화될 뿐 아니라 휘발유 등을 착화시키는 발화원도 된다.

3.2 연료·오일계통 화재의 원인 및 조사요령

자동차에는 연료를 비롯한 아래와 같은 위험물이 사용되고 있다.

- 연료(휘발유, 경유, LPG)
- 엔진오일(Engine oil)
- 브레이크 오일(Brake fluid)
- 변속기 오일(ATF, Automatic Transmission fluid)
- 파워스티어링 오일(Power steering fluid)
- 기어 오일(Gear oil)

이들 위험물은 자동차 내, 주로 엔진룸 내에 저장, 배관되어 있다. 사고, 개조, 노후, 제조결함에 의해 누설되는 경우가 있다. 누설된 위험물은 스파크, 고온체 등에 의해 착화 또는 발화하여 화재에 이른다. 누설 가능성이 있는 부분은 중요한 체크포인트이다.

연료누설에 의한 화재에서는 일반적으로 연료호스가 타서 아래로 떨어져 있는 경우가 많아서, 그 원인을 특정하는 것이 곤란하지만, 소규모 소손으로 끝난 경우에는 누설개소를 판명할 수 있다. 누설은 연료펌프와 인젝터 파이프의 사이에서 일어나는 케이스가 가장 많고, 다음으로 이들과 배관의 접속부분에서의 누설이다.

연료의 공급방식은 종전의 카뷰레터방식과 연소효율이 좋고 공해대책에 대응할 수 있는 연료분사방식으로 대별된다.

카뷰레터방식에서는 내압(内圧)이 $0.25 \text{ kg/cm}^2(0.025 \text{ Mpa})$ 인 것에 비해 연료분사방식은 $2\sim 3.5 \text{ kg/cm}^2(0.2\sim 0.34 \text{ Mpa})$ 로 약 10배 이상의 고압이므로 강화호스가 사용되고 있다.

연료배관은 가동배관부분에 합성고무가 사용되고 있고, 합성고무는 내열성·내유성·내(耐)오존성이 있으며, 2중으로 된 것도 있다. 그러나 경년사용에 의한 열화는 피하기 어려우며, 열화로 균열이 발생하고 있고 이 균열된 개소에서 누설이 발생하고 있다.

또한 카뷰레터·연료펌프·필터 등의 접속부에서 체결밴드의 과잉체결에 의한 균열 등에 의해서도 연료누설이 발생하고 있다.

오일누설로는 엔진오일의 누설이 가장 많고, 변속기 오일, 파워스티어링 오일 등의 누설에 의해서도 발화하고 있다. 누설개소는 배관의 핀홀이나 접속부 이완, 균열 등이거나 오일 필터의 체결조임부족, 오일필터의 2중패킹, 실린더 헤드 커버의 패킹손상에 의한 것 등이다.

누설된 연료와 오일은 인화점이 낮은 휘발유의 경우에 엔진룸 내일지라도 전기스파크 이외로는 발화하기 어려우며, 인화점이 높은 경우나 오일은 배기관의 열로 발화한다.

휘발유의 경우, 디스트리뷰터에 뚫려진 환기공으로부터 스파크가 들어가 내부접점 불꽃에 의해 인화하여 조건에 따라서는 연소가 계속한다. 다른 불꽃을 발생하는 기기는 하이텐션 코드가 피복의 열화나 손상에 의한 누설방전이 있으면 인화할 가능성이 있지만, 스타터와 팬 모터는 기밀도가 높고, 전기불꽃의 크기가 작으므로 인화할 가능성은 적다.

가. 자동차의 연료

연료(휘발유)는 통상 자동차 후부 하부 부근에 설치된 연료탱크에 저장되며, 여기에서 엔진룸으로 배관되어 있다. 연료를 보내기 위해 가압하는 연료펌프는 전기식인 것은 연료탱크 내에, 기계식인 것은 엔진측에 설치되어 있는 것이 일반적이다.

인젝션자동차인 경우, 연료펌프는 전기식이 이용되며, 보내는 배관에 연료필터를 개입하여 인젝터로 보낸다. 이 압력은 약 0.3 MPa 이라는 비교적 높은 압력으로 배관에 핀홀 등이 있으면 분무되어 분출될 정도이다. 또 보내는 배관의 엔진측에는 배관 중에 발생하는 압력변동을 막는 펄세이션댐퍼가 설치되어 있다.

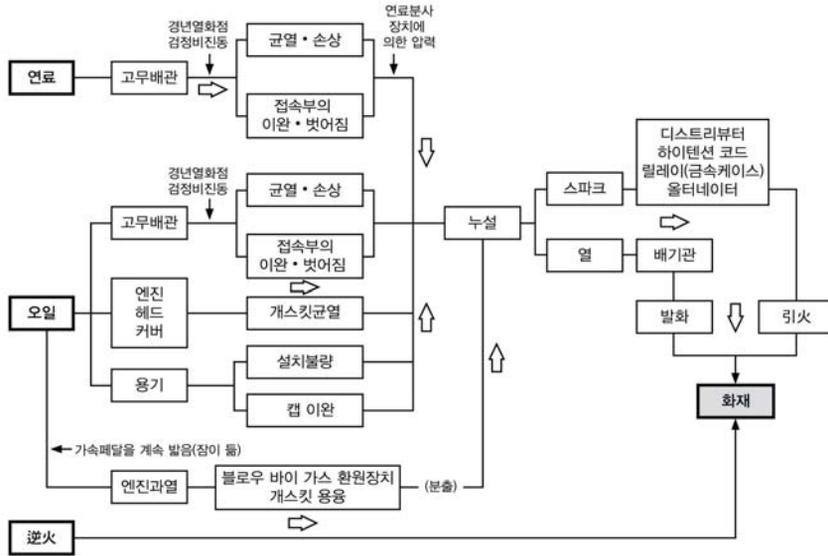


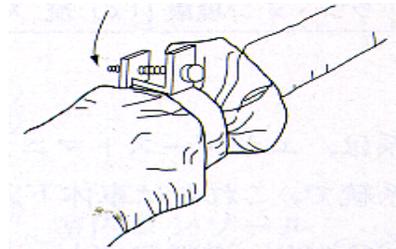
그림 7. 연료·오일계통화재의 발생 메커니즘

예리한 각도로
휘어진 고무관

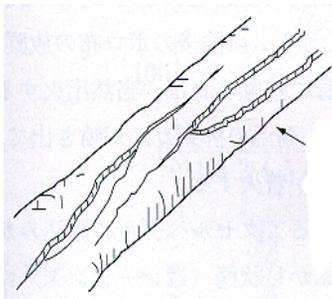


장기간 이와 같은 상태에서 방치된 배관은
바로 펴면 금이 생기는 경우가 있다.

금속배관과 고무배관의 접속부
접속밴드를 너무 조여서 고무배관에 균열이 발생



금속배관과 접속부에서 급격한 고무배관의 휨



소손되어 있는 배관
보호고무에 균열이
생겨 고압배관이
노출되어 있다.

균열이 생긴다

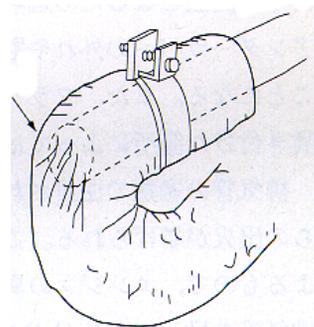


그림 8. 연료배관 중 누유가능성이 있는 개소

카브레터자동차인 경우에는 기계식 연료펌프를 이용하는 경우가 많으며 압력은 약 0.02 MPa로 낮다.

인젝션자동차에서는 인젝터로부터 분출되는 압력을 일정하게 유지하기 위해서 프레스레귤레이터가 설치되어 있다. 프레스 레귤레이터에서 남은 여분의 연료는 리턴배관을 통해 연료탱크에 되돌려진다.

보내는 배관, 리턴배관 외에 증발한 연료의 증기를 저장하여 엔진시동시에 인테이크에 보내 넣는 차콜케니스터가 있다.

이와 같이 배관을 확인하면 그 압력이 비교적 높은 부분과 그렇지 않은 부분이 있음을 알 수 있다. 결국 배관에 트러블이 있는 경우, 비산할 정도 분출되는 곳과 그렇지 않은 곳이 있다. 그리고 연료가 분출될 우려는 인젝션자동차의 보내는 배관측이 가장 강하다. 체크 포인트는 배관의 손상부분, 접속부분 등이다. 또 펄세이션뎀퍼가 느슨해진 경우에도 분출된다.

나. 엔진오일

엔진오일은 대부분 엔진 내부에 있으며 외부로 배관되어 있는 것은 드물다. 엔진오일의 압력도 0.3 MPa로 높으므로 외부로 분출될 가능성이 있다. 그러면 엔진오일이 누설될 가능성이 있는 곳은 어디일까? 이는 비교적 제한적이다. 엔진의 외형은 대략 실린더헤드, 실린더블럭, 오일팬으로 나눌 수 있는데, 이들 이음매 부분에서 누설 가능성이 있다. 또 오일엘리먼트(오일필터)도 체크해야할 포인트이다. 오일엘리먼트는 용이하게 떼어낼 수 있으므로 그 느슨해짐, 패킹불량, 2중패킹(넓은 패킹을 빼내지 않고 새것과 2개 겹쳐 설치하는 것) 등에 의해 엔진오일 누설을 초래한다. 터보차저에서는 윤활유를 엔진오일과 공용하고 있는 것이 많으므로 터보차저장착자동차는 그 설치 부분도 체크한다.

일부 스포츠카나 개조차 등은 오일을 식히기 위해서 오일쿨러를 설치하고 있는 경우가 있다. 이 경우는 배관이 존재하므로 배관의 손상, 접속부 등으로부터의 누설 가능성이 증가한다.

다. 브레이크오일

브레이크는 유압에 의해 적은 힘으로 큰 제동력을 발생하도록 되어 있다. 브레이크 페달을 밟는 힘은 브레이크 부스터에서 마스터 실린더로 전달되며, 배관에 의해 타이어에 설치된 브레이크장치로 보내진다. 이 때 배관의 압력은 10 MPa에 달한다. 마스터실린더 이후의 배관에 손상, 접속부의 느슨해짐 등이 있는지를 체크한다.

브레이크배관은 비상시 안전을 고려하여 2계통으로 나뉘져 설치되어 있으므로 조사 시 주의한다.

라. ATF

최근 자동차는 대부분이 오토매틱 트랜스미션자동차이다. 엔진 구동력을 토오크컨버터에 의해 기어를 개입하여 프로펠러 샤프트에 전달하고 있다. ATF는 고온이 되므로 ATF쿨러를 설치하여 배관으로 접속되어 있다. 트랜스미션 내의 압력은 0.35~1.7 MPa정도이지만, ATF쿨러에서의 배관의 압력은 0.1~0.2 MPa정도이다. 그러나 이 압력이면 배관의 손상 등으로 오일이 비산할 우려가 충분히 있다. 체크 포인트는 역시 배관의 손상, 접속부 등이다. ATF쿨러의 위치는 충돌시 등에 손상을 받기 쉬우므로 교통사고로 인해 누설될 가능성이 높다.

마. 파워스티어링 오일

오토매틱 트랜스미션과 마찬가지로 거의 모든 자동차에는 파워스티어링이 채용되어 있다. 또한 브레이크와 마찬가지로 작은 힘으로 큰 조향력을 얻을 수 있도록 되어 있다. 따라서 파워스티어링도 일부의 배관에 높은 압력이 걸린다. 파워스티어링은 베인 펌프로 유압을 발생시켜 필요한 유량을 컨트롤밸브에 보낸다. 컨트롤밸브는 조향력의 크기를 컨트롤하는 것으로 그 힘을 발생하는 것은 파워실린더이다. 베인펌프에서 파워실린더에 이르는 배관의 압력은 최대 약 7 MPa(=70 kgf/cm²)이다.

바. 기어오일

일반적으로 기어오일이 외부로 누설 비산하는 것은 드물지만, 4륜구동차 등에서 디퍼렌셜기어가 트러블을 일으켜 기어의 파손에 따라 오일이 외부로 분출하거나 교통사

고로 인해 누설될 가능성은 있다.

사. 착화물과 발화원의 관계

위에서 연료(휘발유, 경유 등)를 비롯한 자동차 위험물에 대해 누설할 가능성이 있는 부분을 확인하였다. 그러나 이들은 누설하는 것만으로는 발화하지 않는다. 발화원이 없으면 착화물이 될 수 없는 것이다. 발화원으로서의 전기에 의한 스파크, 배기관 등의 고온체가 있다. 따라서 체크 사항은 누설된 위험물이 이들 발화원에 물리적으로 접촉할 수 있는지 이다. 휘발유나 엔진오일 등의 비산이 인정되어도 그 부근에 고온체도 없고 스파크 발생요인도 없으면 발화에 이르지 않는다.

연료계통에서의 발화가 의심되는 경우, 누설개소, 위험물의 비산상황 등을 확인하여 그 비산범위 내에 발화원이 될 수 있는 것이 존재하는지 확인이 필요하다.

또한 위험물 누설은 직접적인 발화원인(착화물)이 되지 않더라도 2차적으로 착화되어 불타올라서 연소확대요인이 되는 수도 있다.

3.3 배기관계통 화재의 원인 및 조사요령

엔진 내에서 연소 가스는 고온상태로 배기된다. 배기가스는 우선 배기매니홀드에서 각 실린더로부터 모여져 머플러로 보내 외부로 배출된다. 현재 자동차에는 배기매니홀드와 머플러 사이에 촉매장치가 설치되어 있다. 이는 배기가스에 포함된 유해한 CO, HC, NOX(질소산화물)를 저감시키는 것이다. 촉매장치를 걸친 배기가스는 서브머플러, 메인머플러에서 소음되어 테일파이프로 보내져 외부로 배기된다. 이들 배기관은 자동차 아래쪽에 설치되어 있지만 V형엔진 등과 같이 배기관이 2계통으로 되어 있는 것도 있다.

배기관계통은 배기매니홀드로부터 촉매장치, 머플러²⁾, 머플러 컷터에 이르는 배관계통으로 이들은 차체 아래쪽에 진동의 충격을 억제하기 위해 고무 O링으로 매달려

2) 머플러는 배기가스의 소음을 낮추는 장치이다. 고온의 배기가스도 머플러를 통과한 후는 온도가 내려가 있다. 그래도 최종적으로 테일파이프에서 나오는 배기가스의 온도는 아이들링 시에 100°C전후이며, 고속회전시에는 더욱 높아지므로 부근에 가연물이 있으면 착화에 이를 가능성은 충분히 있다. 또한 머플러 그 자체도 고온이 되므로 고속주행 직후의 주차 시 등에서 마른 풀이 머플러에 접하는 상태가 되면 발화에 이르는 수가 있다.

있다.

배기관계통 내에는 실린더실 내에서 연소한 고온 배기가스가 통과하기 때문에 그 자체가 고온이 되므로 방열판(=차열판) 등도 설치되어 있다. 그러나 점검후의 기름걸레의 방치, 언더 커버의 떼어냄이나 주차장 내의 마른 풀 등이 배기관에 접촉하면 당연히 발화하게 된다. 또한 플랜지의 이완이나 부식·파손에 의해 고온의 배기가스가 분출되고, 분출된 개소에 따라서는 우레탄 범퍼나 단열재 등이 착화한다.

배기관의 과열로 주목되는 것은 사진4와 같이 자동차 내에서 잠을 자다 뒤척이다가 가속페달을 계속 밟게 되어 발화하는 경우이다. 이 경우는 이상(異常) 고속공회전(過레이싱³⁾)에 의한 것으로 엔진의 이상 고속회전의 계속에 의해 배기관이 과열되어 전도·복사열로 배기관에 매달려 있는 O링이나 차내의 바닥 시트에 착화하는 케이스와 엔진의 과열에 의해 「블로우 바이 가스 환원장치」⁴⁾ 내의 가스가 과열되어 합성수지제 캡이 용융하여 오일이 분출, 과열된 배기관 등에서 발화하는 케이스 두 가지이다. 차내에서 잠자는 경우는 과음 등을 하여 귀가할 수 없게 되어 차내에서 난방이나 냉방을 하기 위해 엔진을 켜 놓은 상태로 자버리므로 이 때문에 화재 발생 시에는 취침하고 있어 인명위험이 높고 크다.

3) 엔진을 켜 채로 차량 속에서 잠들어서 그 때 자신도 모르게 가속페달을 밟으면 엔진은 고회전상태가 되어 오버히트에 이른다. 과레이싱이란 이와 같이 가속페달을 계속 밟아서 연속 공회전을 한 상태가 되는 것을 말한다. 과레이싱이 일어나면 엔진오일은 고온, 고압이 되어 오일 분출을 초래하며, 분출된 오일이 배기매니폴드 등에 끼었어져서 발화하는 경우가 있다. 또한 오버히트상태로는 합성수지제 배관이나 알루미늄합금부품 등이 열화, 파손될 우려도 있다. 이에 수반하여 오일 등이 비산하는 것도 생각할 수 있다.

4) 엔진의 압축과 연소행정에서 피스톤과 실린더의 틈새에서 혼합기나 연소가스가 크랭크 케이스 내에 들어간다. 이를 「블로우 바이 가스」라고 부르는데, 이 안의 75~90%는 압축행정에서 누설된 혼합기이며, 다량의 탄화수소(HC)가 포함되어 있다. 이전에는 크랭크 케이스에 환기장치를 설치하여 대기 중에 방출하였지만, 현재는 대기오염을 막기 위해서 강제적으로 흡기계통에 안내하여 연소시키는 방식이 취해지고 있다. 이를 「블로우 바이 가스 환원장치」라고 한다. 블로우 바이 가스 환원장치는 클로즈드 타입이 주류이다. 크랭크 케이스와 흡기매니폴드를 복수의 관으로 연결하여 블로우 바이 가스는 흡기매니폴드에 발생하는 부압에 의해 빨아들여서 혼합기와 함께 재차 연소실로 보내진다. 크랭크 케이스 내의 블로우 바이 가스 대신에 에어크리너 등과 연결된 관에서 신선한 공기가 도입된다. 이들 관에는 PCV(=Positive Crankcase Ventilation System) 밸브가 설치되어 블로우 바이 가스가 역류하지 않도록 하고 있다.



사진 4. 음주 후 시동을 켜 상태에서 차 속에서 잠을 자던 도중 발생한 화재의 예
(머플러를 매달고 있던 고무로 된 O링이 소손되어 있고, 머플러 주위의 후부 범퍼가 약간 소손되어 있음)

실험에 의하면 과(過)레이싱을 계속하면 블로우 바이 호스를 거쳐 에어크리너에 고인 오일이 배기관에 낙하되어 발화하여 화재가 되기까지는 8분 50초인 것으로 보고되어 있다.

촉매장치의 과열은 배기가스규제에 의해 CO, HC, NO_x를 정화시키기 위해 설치되어 있는 이 장치가 점화플러그의 불량 등에 의한 미스 파이어나 아이들링 조정의 불량 등에 의한 런온현상⁵⁾에 의해 과열되어 발화하고 있다.

이들 현상이 발생하면 미연소가스가 촉매장치에 유입하여 기기 내에서 가스가 연소되어 장치 자체가 적열상태(赤熱狀態)가 되며, 이 때 복사열에 의해 차실 내의 바닥 카펫 등에서 발화하고 있다.

가. 배기매니홀드

배기매니홀드는 엔진 실린더와 직결되어 있다. 실린더 내에서 가장 고온이 되는 부

5) 시동키로 엔진을 꺼도 엔진이 정지하지 않는 현상을 런온(run-on)현상이라고 한다. 런온현상이 일어나면 실린더 내의 연료가 완전연소하지 않고 배기가스로 내보내져서 촉매의 이상과열을 초래한다. 런온현상은 기계식 연료펌프를 이용하고 있는 차량에 한한다(전기식인 경우는 시동키를 OFF하면 연료펌프가 멈춘다). 최근 승용차는 연료분사장치를 사용하고 있으며(인젝션차량), 연료펌프도 전기식이므로 런온현상은 일어나지 않는다. 런온현상 확인에는 차량이 카브레이터 사양인가, 평상시부터 런온현상의 징후가 보였는지 등을 체크해야 한다.

분이다. 오르막길 주행이나 고속운전 등 고회전, 고부하의 상태가 계속되면 그 온도는 600 ℃를 넘는다. 이는 휘발유를 비롯한 차량에 사용되고 있는 위험물의 발화온도이상이다. 그리고 종이나 형겔 등의 발화온도도 넘고 있다. 그러므로 기름걸레 등 가연물을 엔진룸 내에 올려놓고 잊어버려 배기매니홀드에 접촉한 경우에는 착화하여 화재가 되는 경우가 있다. 그러나 연료 등 위험물은 다르다.

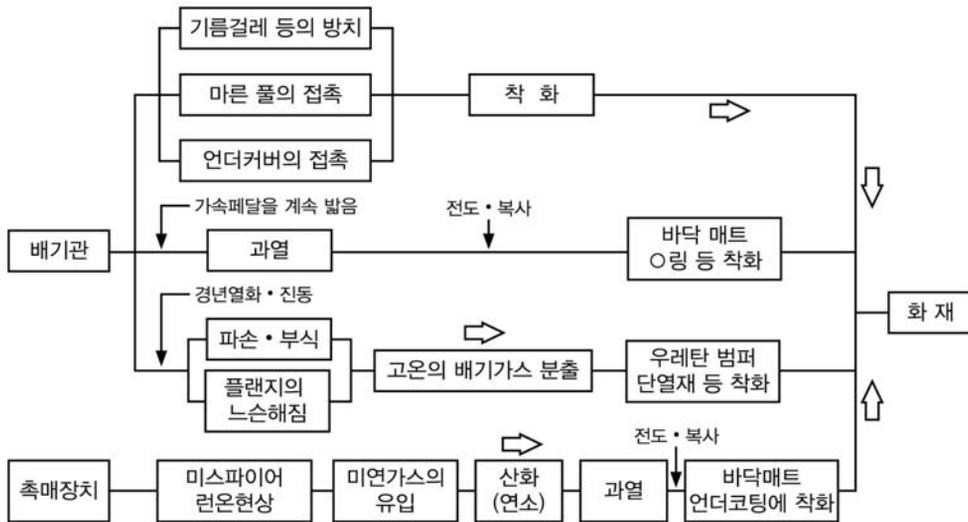


그림 9. 배기관계통 화재의 발생 메커니즘

나. 배기매니홀드에 위험물을 떨어뜨리는 실험

공회전상태에서 액셀러레이터를 밟아 배기매니홀드를 500 ℃ 가까이까지 온도가 오른 상태로 두고 배기매니홀드에 연료(휘발유), 각종 오일 등을 떨어뜨리면 다음과 같은 것을 관찰할 수 있다.

- 휘발유를 떨어뜨린 경우

휘발유는 가는 입상(粒狀)이 되어 배기매니홀드 표면을 데굴데굴 구르며 마침내 증발한다. 몇 번 시험해보아도 착화하지 않는다. 이 때 연기는 거의 나오지 않고 배기매니홀드에 얼룩이나 변색도 볼 수 없다.

- 엔진오일을 떨어뜨린 경우

배기매니홀드에 접촉한 순간, 흰 연기가 분출한다. 표면에 끈적끈적한 느낌으로

부착한다. 그리고 움푹 패어 고인 엔진오일이 기포가 생기고 그 후 발화한다. 발화 후 연기는 흑색이 되었다. 불이 꺼진 후 배기매니홀드에는 검게 얼룩진듯한 오염과 탄화물이 부착되어 있다.

- 브레이크오일을 떨어뜨린 경우

떨어뜨린 순간, 하얗고 조금 연기가 분출한다. 소량으로는 흰 연기를 분출하면서 증발하는데 적하를 계속하면 발화에 이르는 경우가 있다. 배기매니홀드에서 분출자국을 겨우 확인할 수 있다.

- ATF를 떨어뜨린 경우

하얗고 가는 연기가 분출하여 소량으로는 흰 연기를 분출하면서 모두 증발하는데, 적하를 계속하면 발화에 이르는 경우가 있는 등 브레이크오일의 경우와 비슷하다.

이들의 실험결과로부터 다음사항을 알 수 있다.

- 휘발유를 고온인 배기매니홀드에 끼었어도 쉽게 착화하지 않는다. 이 때 연기는 거의 나오지 않는다.
- 엔진오일을 고온인 배기매니홀드에 끼었으면 착화한다. 착화직전까지는 흰 연기가 나고 착화 후는 검은 연기가 분출한다.
- 엔진오일을 고온인 배기매니홀드에 끼었어 연소하면 검은 얼룩이 부착하는 수가 있다.
- 브레이크오일, ATF를 고온인 배기매니홀드에 끼었으면 착화하는 수가 있다. 이 때 흰 연기를 분출한다.
- 브레이크오일, ATF가 고온인 배기매니홀드에 끼었어져 연소하면 얼룩이 부착하는 수가 있지만, 그 얼룩은 엔진오일의 경우에 비해 얇다.

이상의 사항들을 실제 조사할 때에 주목할 점으로서 고려한다.

휘발유가 누설되었다고 하면 배기매니홀드에 끼었어져도 발화하지 않고 전기 등에 의한 스파크에 의해 착화하였다고 생각해야 한다. 엔진오일이라면 배기매니홀드에 끼었어져 발화할 가능성이 높다. 배기매니홀드에 얼룩은 없는가? 브레이크오일, ATF에 대해서도 마찬가지로이지만 얼룩의 상황이 다르다.

누설개소도 확인해야한다. 물리적으로 연료 등이 배기매니홀드에 끼었어져진 상황이 있었는지를 확인한다.

이들 누설은 발화직전직후 연기의 상황이나 기기의 기능불량 등과도 관계한다. 연기 상황이나 스티어링이 무겁다, 브레이크가 듣지 않는다 등의 증상을 확인한다.

배기매니홀드는 고온이었는가? 시동직후에는 아직 엔진은 차갑다. 고속주행이나 오르막길 주행시는 고온이 된다. 주행상황을 확인한다.

연기상황이나 기기의 기능불량에 대해서는 관계자 질문 등으로 확인한다.

다. 촉매장치

고온인 배기가스는 배기매니홀드에서 촉매장치(촉매컨버터)로 보내진다. 일반적인 촉매장치는 내부가 격자모양 또는 벌집모양으로 되어 있다. 이 시점에서는 아직 배기가스도 고온이므로 촉매장치 내부도 고온이지만, 적열(赤熱)될 정도는 아니다. 방열판이 설치되어 있는데, 통상은 이것으로 바닥아래 마른 풀 등에의 착화를 막고 있다.

그런데 어떤 원인에 의해 미연소가스가 배기가스로 내보내진 경우, 연료를 포함한 미연소가스는 촉매장치 내에서 연소를 시작한다. 그렇게 되면 촉매장치 내부는 적열될 정도로 고온이 되고, 그 복사열은 언더코트나 흡음재를, 전도열은 차실 내의 플로어매트를 연소시킬 정도가 된다.

촉매장치가 이상과열되었을 경우는 촉매장치, 방열판에 변색이 있다. 언더코트나 플로어매트 등은 촉매장치를 중심으로 소손된다. 촉매장치는 통상, 콘솔박스의 바로 아래 부근에 있으므로 화재의 발견은 콘솔박스 부근으로부터의 화연에 의한 경우가 많다. 촉매장치 내부를 보면 용융된 부분이 있어 고온이었음을 알 수 있다.

촉매장치 과열에 대해서는 「배기온도」 경고등에 의해 조기에 확인할 수 있을 테지만 모든 차량에 경고등이 설치되어 있는 것은 아니다.

미연소가스가 배기측으로 보내지는 원인으로서는 점화플러그의 미스파이어를 생각할 수 있다. 최근 차량은 성능이 좋으므로 플러그 1, 2개가 불량이어도 조금 힘이 없구나 하는 정도로 잘 주행한다. 그리고 점화하고 있지 않은 실린더 내의 가스는 그대로 미연소가스로서 배기된다. 점화불량 확인은 플러그를 모두 분리해내서 비교해보면 알 수 있다. 불량상태의 플러그는 그을음 부착 등이 있는 경우가 있다. 또한 휘발유가

연소되지 않고 플러그에 끼여진 경우에는 휘발유의 세정효과에 의해 플러그가 이상스럽게 깨끗해지는 경우도 있다. 이 경우에는 플러그는 휘발유를 뒤집어쓴 상황이라 생각한다. 어쨌든 다른 플러그와 상황이 다르면 그 플러그는 정상적인 점화를 하지 않았을 가능성이 있다.

라. 기타

역화는 백파이어(Back fire)라고도 하는데, 배기측에서 연소가 일어나는 애프터파이어와 혼동하기 쉬우므로 주의해야 한다.

역화는 배기측에서의 이상연소가 아니고, 흡기측에서의 이상연소로 생각하면 좋다. 어떤 원인에 의해 흡기측 혼합가스에 착화된다. 연료분사식(인젝션차량)에서는 혼합가스를 만들지 않고 인젝터로 직접 연료를 분사하므로 역화는 일어나지 않는다. 큰 구경 카브레이터를 사용하고 있는 대형 외국차 등에서는 일어나기 쉽다.

역화는 비교적 큰 파열음을 수반하며, 카브레이터에 설치되어 있는 에어크리너 부근부터 소손되어 있다. 보닛이 부풀어 오르는 수도 있다. 또한 보닛의 카브레이터 부근의 위치에서 소손을 볼 수 있다. 에어크리너를 떼어내 카브레이터를 확인하면 내부에 그을음이 부착되어 있다.

시동시에 엔진걸림이 좋지 않아 여러 번 시동모터를 돌리고 있는 중 파열음을 수반하면서 발화하였다, 발화 전에 휘발유냄새를 느꼈다, 평상시부터 휘발유냄새가 강했다 등의 상황에 대해 조사한다.

4. 결론

자동차화재의 발생실태와 자동차화재 중 자동차 자체에 기인한 화재의 원인과 조사요령에 대해 알아보았다. 화재조사요원이 자동차화재도 건물화재를 조사하는 것처럼 열의를 갖고 조사하면 잘 할 수 있다고 생각한다. 건물화재처럼 발화개소를 압축한 후 자동차화재의 발생메커니즘을 이해하고 발화개소 내에서 발화원이 될 만한 것을 검토하면 화재원인을 규명할 수 있을 것이다.

자동차화재를 조사하려면 부품을 분해할 수 있는 공구나 자동차 하부를 보기 위해

들어 올려야 하는 것은 필수적이므로 인근 자동차정비공장의 협조를 구하든지 보험회사 등에 의뢰하여 도움을 받아 부품을 분해하거나 인양하여 조사할 수 있는 협조체계를 갖추는 것도 바람직할 것이다.

앞에서 언급한 자동차화재의 발생메커니즘을 이해하고 조사요령을 터득하여 책임소재를 명확히 하고 화재예방에 피드백 할 수 있었으면 한다.

참고문헌

- 1) http://autotimes.hankyung.com/article_view.php?id=70753
- 2) 한국소비자원, “자동차 화재실태와 발화원인 조사 결과”, 1999.
- 3) 대구지방경찰청, “차량화재 연소형상과 발화원에 관한 연구”, 2003.
- 4) 김진표, “차량 배기계통 과열에 의한 화재”, 화재조사학회논문집, Vol.5, No.1, pp.31-33, 2005.
- 5) 소방방재청, “2007년 화재통계연감”
- 6) 岡本勝弘, “자동차화재에 있어서 자동차의 연소성상”, 豫防時報(일본손해보험협회 기관지), Vol.227, p.37, 2007.
- 7) 동경소방청, “신화재조사교본 제4권 차량화재조사”, 재단법인동경방재지도협회, pp.17-21, 2000.
- 8) 나고야시소방국, “이것으로 알 수 있다! 實例 화재조사서류 차량화재편”, 동경법령출판, pp.22-35, 2005
- 9) 화재조사연구회편저, “화재로부터 배운다 =차량화재사례집=”, 동경법령출판, pp.96-97, 2005
- 10) 화재조사연구회편저, “화재로부터 배운다 =차량화재사례집=”, 동경법령출판, p.99, 2005
- 11) 화재조사연구회편저, “화재로부터 배운다 =차량화재사례집=”, 동경법령출판, pp.90-91, 2005
- 12) 화재조사연구회편저, “화재로부터 배운다 =차량화재사례집=”, 동경법령출판, p.42, 2005
- 13) 나고야시소방국, “이것으로 알 수 있다! 實例 화재조사서류 차량화재편”, 동경법령출판, pp.44-46, 2005