

엔진정지 중인 자동차의 화재발생 원인 분석 Cause Analysis on Parked Motor Vehicle Fires

이의평

전주대학교 소방안전공학과

요 약

엔진 정지 중 발생한 자동차화재는 엔진 정지 전에 이미 화재가 발생해 있었으나 이를 모르고 엔진 정지 중에 화재가 발견되는 경우와 엔진 정지 후에 발생한 경우로 나눌 수 있다. 엔진정지 전 발생한 화재는 운행 중 화재가 발생할 수 있는 모든 원인에 의해 발생할 수 있고, 엔진정지 후 발생한 화재는 전기적인 원인에 의한 화재, 담뱃불에 의한 화재, 방화, 다른 곳에서 발화된 후 자동차로 확대된 화재 중의 하나로 압축할 수 있다. 그러므로 외부발화 또는 방화나 담뱃불에 의한 화재가 배제되는 경우는 전기적인 원인만을 생각할 수 있다.

엔진정지 전에 이미 엔진룸 등에 불이 붙어 있어도 주차 중 이를 인식하지 못하는 것은 엔진정지 시 화재의 규모가 작거나 눈에 띄는 이상징후가 나타나 있지 않고 또한 이를 관심 있게 확인하지 않기 때문이다.

엔진정지 전에 화재가 발생한 경우에는 일반적으로 주차 후 대략 10분 이내에 화재가 발견되고 있다. 따라서 주차 후 10분이 경과하지 않은 시점에 화재가 발견되었다면 엔진정지 전에 이미 화재가 발생하였을 가능성이 크다고 볼 수 있다.

1. 머리말

자동차는 휘발유, 경유, 가스 등을 연료로 사용하고 있고 이들 연료는 쉽게 불이 붙으며 언론보도나 영화 등을 통해 자동차화재 영상을 접하고 있으므로 운행 중 자동차화재가 발생하면 불붙기 쉬운 연료를 사용하며 운행 중이었으니 화재가 발생할 수 있다고 생각하며 자동차운전자 자신은 화재발생 사실이 납득하기 어렵지만, 자동차운전자 등 직접 관계되는 사람 외에는 화재발생 자체를 이상하게 생각하지 않는 것 같다.

그러나 엔진이 정지된 주차 중인 상태에서 화재가 발생하는 경우에는 연료를 사용하지 않은 상태이었는데 어떻게 화재가 발생할 수 있느냐고 납득하지 못하는 경우를 볼 수 있다. 특히 자동차화재 중에는 명백히 방화나 다른 곳에서 발생한 화재로 옮겨 붙은 화재가 아님에도 주차된 후 몇 시간이 경과된 후에 화재가 발생하는 경우를 볼 수 있는데, 이러한 화재에 대해서는 더욱이 납득하지 못하는 것 같다.

이 논문에서는 엔진정지 중인 상태에서 발견되는 자동차화재의 원인에 대해 구체적으로 서술한다.

2. 엔진 정지 중인 자동차의 화재발생 메커니즘

엔진 정지 중 발생한 자동차화재는 엔진 정지 전에 이미 화재가 발생해 있었으나 이를 모르고 엔진 정지 중에 화재가 발견되는 경우와 엔진 정지 후에 화재가 발생한 경우로 나눌 수 있다. 첫 번째의 경우는 운행 중 화재가 발생할 수 있는 모든 원인에 의해 발생할 수 있고, 두 번째의 경우는 극히 제한적인 원인에 의해 발생하고 있다.

2.1 엔진정지 전 화재가 발생한 경우

자동차화재는 자동차 자체에 기인하여 발생하는 화재, 충돌사고에 의한 화재, 방화, 기타의 원인에 의한 화재로 분류할 수 있다. 자동차화재 중 자동차 자체에 기인하여 발화한 화재의 발생원인 등은 여러 영역에 걸쳐 있지만, 전기계통에 의한 화재, 연료·오일계통의 화재, 배기관계통의 화재 등이 대부분을 차지하고 있다. 화재조사및보고규정(소방방재청 훈령)과 국가화재분류체계 매뉴얼(소방방재청발행)에서는 화재원인(발화

요인)을 ① 전기적 요인(누전·지락, 접촉불량에 의한 단락, 절연열화에 의한 단락, 과부하/과전류, 압착·손상에 의한 단락, 충전단락, 트래킹에 의한 단락, 반단선, 미확인 단락), ② 기계적 요인(과열, 과부하, 오일·연료누설, 자동제어 실패, 수동제어 실패, 정비불량, 노후, 역화), ③ 가스누출(폭발), ④ 화학적 요인(화학적 폭발, 금속성 물질의 물과 접촉, 화학적 발화(유증기 확산), 자연발화, 혼촉발화), ⑤ 교통사고, ⑥ 부주의(담배꽂초, 음식물 조리중, 불장난, 용접/절단/연마, 불씨/불꽃/화원방치, 쓰레기소각, 빨래삶기, 가연물 근접방치, 눈/입야태우기, 유류취급 중, 폭죽놀이), ⑦ 자연적 요인(자연적 재해, 돋보기 효과)으로 분류하고 있다. 발화요인은 자동차화재에 대해 별도로 구분하고 있지 않으며, 자동차충돌에 의해 차체가 변형되어 전기배선 손상 및 배터리 플러스(+) 단자가 차체에 접촉됨으로 인해 합선되어 발화된 경우에는 ⑤ 교통사고에 해당하는 것으로 하고 있으며, 자동차는 자동차관리법 제3조 및 자동차관리법시행규칙 제2조에 의한 자동차를 말하며, 승용자동차, 화물자동차, 승합자동차(버스, 소형승합차, 캠핑용 자동차 또는 캠핑용 트레일러, 기타), 특수자동차, 오토바이로 구분하고 있고, 자동차화재 발생 장소는 고속도로, 일반도로, 주차장, 공지, 기타로 구분하고 있다.

표1은 소방관서에서 화재조사 및 보고규정, 국가화재분류체계메뉴얼에 따라 화재원인을 분류하여 국가화재정보시스템에 입력한 자료를 추출하여 작성한 2007년-2009년 3년간의 자동차 유형별 화재원인별 연간 평균화재발생건수를 나타내고 있고, 표2는 2007년-2009년 3년간 평균의 장소별 발화원인별 차량화재¹⁹⁾ 발생 건수를 나타내고 있다. 국가화재정보시스템을 통해서는 자동차가 엔진정지 중이였는지까지는 파악할 수 없지만, 주차장에서 발생한 자동차화재 중 상당수는 엔진정지 중에 발생한 것으로 추측된다.

엔진정지 전에 화재가 발생해 있음에도 이를 모르고 주차된 후 화재를 발견하게 되는 원인은 크게 다음 두 가지를 생각해 볼 수 있다. 첫째, 주행 중에는 엔진룸에 바람이 들어오므로 발생한 열이 곧바로 냉각되어 엔진 내부의 온도가 올라가지 않아 오일 등이 배기관계통에 떨어져도 연기는 발생할지라도 발화온도까지 올라가지 않아 화염이 발생되기 어렵고, 전선 등에서 스파크가 발생하여 가연물에 옮겨 붙더라도 바람의

19) 자동차(motor vehicle)는 ‘화재조사 및 보고규정’에서 정하는 자동차로 한정하며, 자동차는 물론 농업기계, 건설기계, 군용차량, 철도차량까지를 포함하는 경우에는 차량(vehicle)으로 표기하기로 한다.

영향으로 바로 꺼지고 반복되는 스파크로 다시 불이 붙기를 반복할 뿐 화재로 쉽게 전이되지 않으며 그리고 이 과정에서 발생하는 연기가 바람에 흩날려서 쉽게 확인할 수 없다. 즉, 운전 중일 때는 바람의 영향으로 엔진룸 내의 온도가 오르지 않거나 가연물의 연소가 지속되지 않다가 속도가 떨어진 저속상태일 때, 신호를 기다리거나 주차하기 위해 아이들링상태일 때, 또는 주차한 후 엔진을 정지시킬 때 등 자동차가 저속이나 주행하지 않아 엔진룸 내에 바람이 들어오지 않아 엔진룸 내의 온도가 상승하였을 때에 비로소 화재로 전이되는 경우가 많으며, 엔진이 정지될 때 불이 붙어 있더라도 엔진룸의 고체가연물 대부분은 난연성이 있으므로 초기에는 서서히 화재가 확대되는 경우가 적지 않다.

둘째로 자동차화재를 경험한 대부분의 운전자는 자신의 자동차에서 화재가 발생할 것이라는 생각을 해본 적이 없었다고 진술하고 있다. 이러한 인식으로 인해 자동차의 엔진을 정지시킨 후 차에서 내릴 때 자동차 상태를 확인하지 않고 자리를 뜨고 있어 자동차에 조그맣게 불이 붙어 있어도 확인하지 못하는 것 같다.

두 경우 모두 엔진정지 전에 이미 엔진룸 등에 불이 붙어 있어도 화재의 규모가 작거나 눈에 띄는 이상징후가 나타나 있지 않고 또한 이를 관심 있게 확인하지 않아 불이 붙은 것을 인식하지 못하고 그 자리를 뜨기 때문에 주차된 엔진정지 상태에서 화재가 발견되는 것이다.

표1. 차종별 원인별 자동차화재 발생 건수 (2007~2009년의 3년 평균)

구분	소계	승용차	화물차	버스	소형 승합차	캠핑용	기타 승합차	특수차	오토 바이
계	5,933	3,627	1327	104	322	25	55	126	360
전기적 요인	1,307	882	226	31	101	5	14	23	31
기계적 요인	1,488	859	399	47	88	13	16	32	37
가스누출(폭발)	31	20	6	1	3	0	0	1	0
화학적 요인	12	5	5	0	1	0	0	1	1
교통사고	632	541	37	4	14	2	3	3	27
부주의	800	349	345	6	27	1	8	23	44
자연적 요인	2	1	1	0	0	0	0	0	0
기타	171	122	31	3	6	0	1	2	5
미상	671	454	125	6	39	2	7	9	30
방화	118	59	23	1	6	0	1	3	24
방화의심	700	334	129	4	36	1	5	29	162

표2. 장소별 원인별 차량화재 발생 건수(2007-2009년의 3년 평균)

구분	합계	고속도로	일반도로	주차장	공지	기타 도로
계	6,217	780	2,804	869	829	935
전기적 요인	1,408	79	749	237	174	168
기계적 요인	1,565	383	738	115	95	234
가스누출(폭발)	31	1	15	4	5	6
화학적 요인	14	0	7	3	3	1
교통사고	635	131	422	6	5	70
부주의	845	75	333	118	196	123
자연적인 요인	3	0	0	1	0	1
기타	176	30	73	22	24	28
미상	698	79	238	141	126	114
방화	123	0	29	33	37	24
방화의심	721	0	201	188	163	168

2.1.1 전기계통에 의한 화재 발생 메커니즘

일반가정의 전기기기와는 달리 자동차에는 전원공급을 직류(승용차의 경우에는 보통 12 V)로 하고 있다. 직류이므로 전기는 배터리 + 측에서 일방통행으로 - 측으로 흘러 간다. 그리고 전선을 줄이기 위해서 - 측에 이르는 전선 대신에 차체(보디)를 이용하고 있으며, 배터리 - 단자도 보디와 연결되어 있다. 즉, 자동차 전기기기의 - 측 전선은 보디 그 자체를 이용하고 있다.

그림1과 같이 자동차의 전기배선(이하 전선이라 함)은 1선만으로 부하측의 기기에 접속되는 것, 수십 개의 전선이 다발로 되어 있는 메인 하니스(Main Harness) 등 여러 가지가 있는데 대부분은 콜게이트 튜브(Corrugated tube, 전선보호용 주름관), 고무 튜브 및 합성수지 케이스 등에 수납되어 외력(스트레스)으로부터 보호되어 있다. 또 하니스를 보디에 고정하기 위해 이용되는 새들도 합성수지제인 것도 있고 일부 금속제 새들에 있어서는 고무나 합성수지로 안쪽이 피복되어 전선에 주는 스트레스가 경감되게 조치되어 있다. 보디 관통부에도 고무로 된 부시 등에 의해 마찬가지로 스트레스 경감 조치가 되어 있다(그림2 참조).

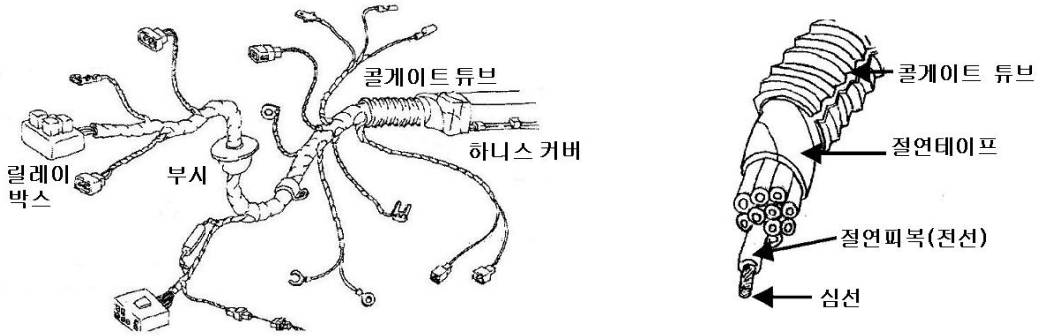


그림1. 하니스로 된 자동차 전선과 하니스의 구성

자동차 전선은 완충재나 보호커버 등으로 보호되고 있기는 하나 엔진의 열 및 진동, 주행 시의 진동 등을 항상 받고 있어 완충재나 보호커버가 손상되고 전선의 피복까지 손상되면 전선 속의 도체가 차체와 닿아 단락(합선)하여 피복에서 발화되거나 주위 가연물을 발화시킬 수 있다. 또한 전선이 관통부를 통과할 때 철판 끝의 처리가 불충분한 부분에서 전선 피복이 손상을 받아 발화하는 경우도 있다. 이와 같은 경우를 고려하여 각 회로에는 퓨즈가 설치되고, 자동차 전선의 중요한 부분에는 비닐내열저압전선이나 폴리에틸렌내열저압전선 등이 사용되고 있다. 그러나 이 퓨즈는 간헐적인 단락 스파크가 발생할 때는 쉽게 끊어지지 않는다. 또한 콜게이트 튜브나 비닐 테이프 피복 주위에 기름이 스며든 먼지나 포장도로의 아스팔트피치의 부착 등으로 인해 전선 피복에서 이들을 개입하여 화재가 확대되기 쉽다. 그리고 자기소염성(自己消炎性)이 있는 자동차용 전선일지라도 다발 전선으로 된 전선이나 하니스로 된 경우에는 연소가 확대되는 성질을 갖고 있다. 이와 같이 스파크가 발생되어 피복에 착화, 연소가 계속되어 각종 합성수지에 연소(延燒), 더 나아가서 연료파이프에 화재가 확대하게 된다.

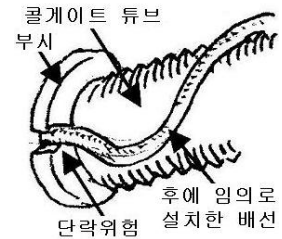
또한 전선의 단락에 의한 화재 중에는 전기기구를 개조하거나 자동차구입 후에 설치한 전선에서도 발생하고 있으며, 대부분의 경우 배터리에서 퓨즈를 개입하지 않고 직접 배선되고 있으며, 구입한 후에 설치하면 전선이 복잡하게 되기 쉬워 진동에 의한 손상을 받기 쉬운 상태에 놓이게 되며(그림3 참조) 또한 일단 단락이 발생되면 퓨즈가 없으므로 계속 단락현상이 발생하게 되므로 결국 발화될 수 밖에 없다.



그림2.관통부의 전선보호용 부시



그림3. 나중에 추가로 설치한 전선의 예¹⁾



또한 전선관계의 화재는 각종 기기와의 접속부에서도 발생하고 있으며, 이는 접속부의 이완에 기인한 접촉저항의 증대에 의한 주열 열로 피복 등에 착화되고 있으며, 배터리 단자의 이완 등으로 인한 화재도 있다.

일반화재에서도 볼 수 있는 스위치나 릴레이부분의 트래킹현상, 각 기관의 불량, 콘덴서의 절연열화, 각 램프에 가연물 접촉 등에 의한 화재도 있다.

2.1.2 연료·오일계통의 화재 발생 메커니즘

연료는 대부분 연료분사방식에 의해 공급되며, 2.0~3.5 kg/cm²정도로 연료가 공급되므로 연료배관은 고압에 견딜 수 있는 것이 사용되고 있으며, 연료배관의 가동배관부분에는 합성고무가 사용되고 있고, 이 합성고무는 내열성·내유성·내오존성이 있는 것이 사용되며 2중으로 된 것이 사용되기도 한다. 그러나 이 합성고무는 시간경과에 따른 열화(劣化)를 피하기 어려우며, 열화로 균열이 발생하고 있고 이 균열된 개소에서 누설이 발생하는 경우가 있다. 또한 연료펌프·필터 등의 접속부에서 체결밴드의 과잉체결에 의한 균열 등에 의해서도 연료누설이 발생하고 있다.

오일누설로는 엔진오일의 누설이 가장 많고, 변속기 오일, 파워스티어링 오일, 브레이크오일 등의 누설에 의해서도 발화되고 있다. 누설개소는 배관의 핀홀, 접속부의 이완이나 균열, 오일 필터의 체결조임 부족, 오일필터의 2중 패킹(낡은 패킹을 빼내지 않고 그 위에 다시 새 패킹을 넣는 경우를 말함), 실린더 헤드 커버의 패킹손상에 의한 것 등이 있다.

누설된 휘발유나 LP가스는 전기스파크로 쉽게 착화되어 화재로 이어지며, 인화점이 높은 경유나 오일은 일반적으로 배기관의 열로 발화되어 화재로 이어진다.

2.1.3 배기관계통의 화재 발생 메커니즘

배기관계통은 혼합가스가 연소된 후 외부로 배출하기 위한 장치로 배기 매니폴드, 배기파이프, 촉매변환장치(Catalytic Converter), 소음기(메인, 서브)로 구성되어 있으며 배기 매니폴드를 제외한 이들 부품들은 차체 아래쪽에 진동의 충격을 억제하기 위해 고무 O링으로 매달려 있다.

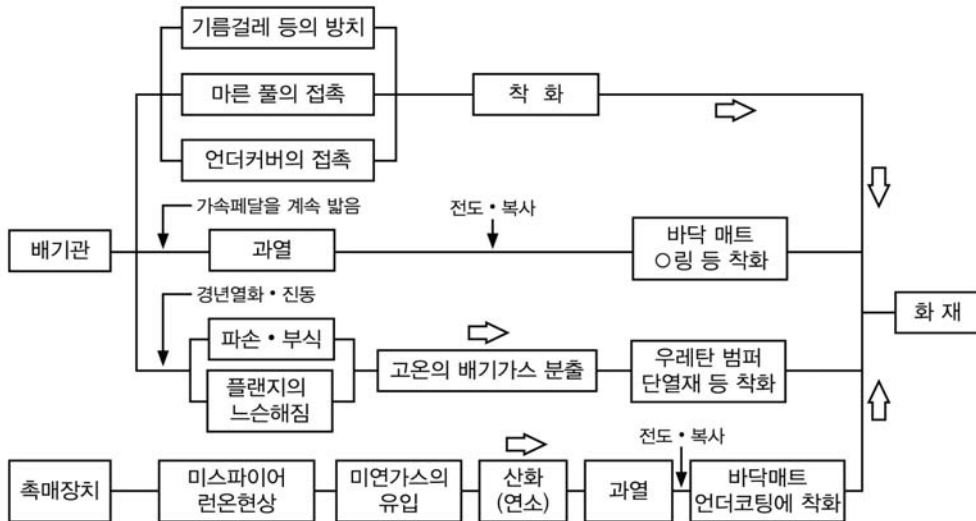


그림4. 배기계통의 화재발생 메커니즘

배기관계통 내에는 실린더실 내에서 연소한 고온 배기가스가 통과하기 때문에 그 자체가 고온이므로 방열판(=차열판)이 설치되어 있다. 그러나 정비 후 기름걸레를 배기관계통에 방치하거나 언더 커버를 떼어내거나 주차 장소에 마른 풀 등이 있고 이 마른 풀 등 가연물이 배기관에 접촉하면 발화하게 된다. 또한 플랜지의 이완이나 부식·파손에 의해 고온의 배기가스가 분출되면 분출된 개소에 따라서는 우레탄 범퍼나 단열재 등이 착화된다.

배기관 과열 중의 하나는 엔진을 켜놓고 자동차 안에서 잠을 자는 도중 가속페달을

계속 밝게 되어 발화하는 경우이다. 엔진의 이상 고속회전에 의해 배기관이 과열되면 전도·복사열로 배기관에 매달려 있는 O링이나 차내의 바닥 시트에 착화되는 경우와 엔진 과열에 의해 「블로우 바이 가스²⁰⁾ 환원장치」내의 가스가 과열되어 합성수지로 된 캡이 용융되어 오일이 분출하여 과열된 배기관 등에서 발화되는 경우 두 가지이다.

배기가스규제에 의해 CO, HC, NOx를 정화시키기 위해 배기관에는 촉매장치가 설치되어 있는데 점화플러그의 불량 등에 의해 미스 파이어(Misfire)가 발생하면 이 촉매장치 안에서 미연소가스가 연소하게 되어 촉매장치 자체가 적열상태(赤熱狀態)가 되며, 이 때 복사열에 의해 차실 내의 바닥 카펫 등에서 발화되고 있다.

2.1.4 기타 요인에 의한 화재

엔진오일이나 변속기 오일의 열화(劣化)나 양부족에 의한 윤활불량으로 인한 엔진 또는 변속기 파손에 의한 화재, 제동장치 고장 등으로 인한 브레이크장치에서의 화재, 베어링파손으로 인한 기계적 마찰에 의한 화재, 차실 내에서의 담뱃불에 의한 화재 등도 있다.

2.2 엔진정지 후 화재가 발생한 경우

엔진정지 전에는 화재가 발생되지 않았고, 엔진정지 후 화재가 발생하는 경우는 크게 전기적인 원인에 의한 화재, 담뱃불에 의한 화재, 방화, 외부발화에 의한 화재(다른 곳에서 발화된 화재로 인해 연소확대된 경우) 등 네 가지를 생각할 수 있다. 그러므로 외부발화 또는 방화나 담뱃불에 의한 화재가 배제되는 경우는 전기적인 원인만을 생각할 수 있다.

2.2.1 담뱃불에 의한 화재

담뱃불로 인해 차실(승객실)에서 화재가 발생하는 경우가 있는데, 덜 꺼진 담배꽂초

20) 압축행정 시 실린더 벽과 피스톤사이의 틈새로 미량의 혼합기(가스)가 새어 나오게 되는데 이 현상을 블로우 바이 현상이라고 하며, 그 혼합기를 블로우 바이 가스(blow-by gas)라고 한다. 블로우 바이 가스의 성분 70~95%가 미연소된 연료이고 나머지는 연소가스와 부분 산화된 혼합가스 및 미량의 엔진오일로 구성되어 있다. 블로우 바이 가스가 크랭크 케이스 안(실린더헤드부분)에 체류하면 엔진 내부가 부식되고 엔진 오일이 빠지기 때문에 대기 오염을 방지하기 위해 필터를 통하지 않고 인테이크의 중간부위에 연결하거나, 흡기매니 폴더에 직접 연결하여 재연소시키고 있다.

가 가연물과 닿아 불꽃을 내지 않고 상당시간 무염연소(無炎燃燒, smoldering)를 진행시키다가 유염연소로 변해 화재로 전이되기 때문에 발생한다. 담뱃불의 온도는 연소하고 있는 원추형의 끝 중앙부에서 가장 높고 담배를 빨고 있는 중에는 약 900 ℃가 되며, 담배를 빨지 않고 방치한 경우에는 중앙부는 700~800 ℃, 표면은 200~300 ℃가 되므로 담뱃불과 가연물이 닿으면 가연물 아래쪽으로 파고들며 연소확대되면서 그림5와 같은 메커니즘으로 무염연소를 진행시킬 수 있다.

차실 내에서 무염연소가 진행되면 심한 냄새와 연기가 발생하기 때문에 주행 중인 경우에는 운전자나 승객이 화재로 전이되기 전에 냄새나 연기를 충분히 인지할 수 있어 화재로 이어지기 어려울 뿐만 아니라 차실 좌석의 시트 등 내장재는 난연제품을 사용하고 있어 무염연소를 진행시킬 수 없으므로 화재로 이어지기 어렵다. 좌석 시트, 깔판 자체 등 내장재는 난연 의무화에 따라 난연제품이 사용되고 있는데 이 좌석 시트 위에 담뱃불을 놓아두면 표피(합성직물 또는 인조가죽 등)만 타서 구멍이 뚫리고 표피 바로 아래의 우레탄폼이 용융될 뿐 무염연소가 진행되지 않는다. 따라서 엔진정지 후 자동차를 떠나기 전에 난연제품인 좌석 시트 위에 담배꽂이를 차실에 버리더라도 무염연소로 이어지지 않기 때문에 화재로 진전되기 어렵다.

그러나 쓰레기통, 좌석 시트 위에 놓아 둔 방석이나 의류 등 적재물품, 또는 좌석 시트의 가죽이나 천을 교체하면서 난연성능이 없는 제품으로 바꾼 것에 담배꽂이를 버린 경우에는 그림5와 같은 메커니즘을 통해 무염연소를 진행시킬 수 있다. 또한 난연제품인 좌석 시트에 구멍이 뚫린 부분이나 담뱃불로 우레탄폼이 용융된 위치에 다시 담뱃불을 놓아두거나 떨어뜨린 경우에는 그림1과 같은 메커니즘을 통해 무염연소를 진행시킬 수 있다.

담뱃불이 가연물과 닿아 무염연소를 상당시간 진행시키다가 유염연소로 바뀌어 화재로 전이되더라도 승용차의 경우에는 창문을 닫아둔 상태에서는 공기공급 부족으로 인해 어느 정도 타다가 저절로 꺼져버린다.

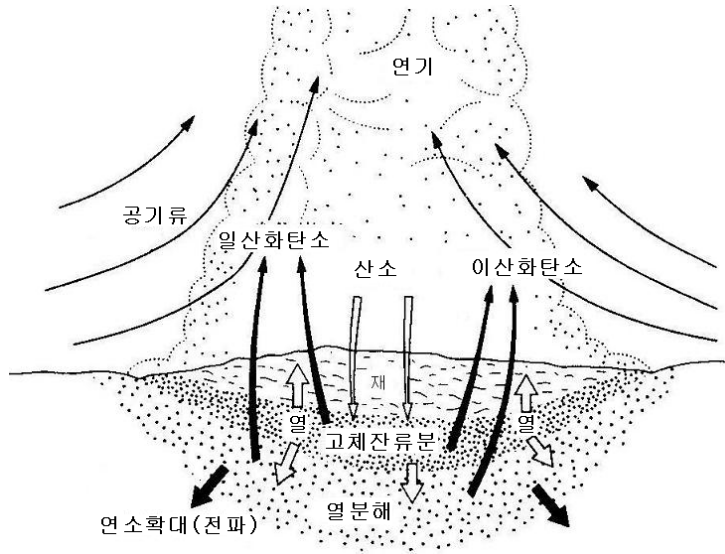


그림5. 담뱃불로 인해 훈소가 일어나고 있는 부근의 모습

또한 발화개소가 차실이 아니고 엔진실인 경우에는 보닛이 닫혀 있는 상태에서는 버린 담배꽂초가 자동차의 엔진실에 들어가기 어려우며, 고의로 담배꽂초를 엔진룸에 버리더라도 무염연소를 진행시킬 조건이 만들어지지 않으므로 화재로 이어지기 어렵다. 왜냐하면 덜 꺼진 담배꽂초가 화재로 이어지기 위해서는 무염연소를 확대시켜야 하나 엔진룸은 차실의 좌석 등과 달리 무염연소를 진행시킬 수 없기 때문이다. 그리고 엔진실 내의 전선과 PVC 제품은 모두 난연성이 높은 것이므로 담배꽂초와 같은 불씨로는 불이 붙기 어렵다.

차실에서 담뱃불로 발화된 경우, 창문이 열려있지 않거나 창문의 상부쪽만 일부 열려 있으면 저절로 꺼져 버리므로 담뱃불로 인한 화재임이 입증될 수 있고, 창문이 열려 있어 화재가 커지더라도 발화개소가 차실이며 좌석에 음푹 팬 탄 무염연소흔적이 남아 이의 입증이 가능할 것이다.

2.2.2 방화에 의한 화재

자동차는 개방된 공간에 존치되는 특수성에 의해 사회적 불만이나 주차 불만을 가진 자가 방화할 수 있으며, 자동차 자체 및 고가 기기 등이 절도의 대상이 되고, 절도 행위의 은폐를 목적으로 방화할 수 있다. 표1의 통계에서도 자동차화재 중 방화(방화

의심 포함)가 13.8 %를 차지하고 있다.

자동차 방화는 발화위치(방화된 위치)가 자동차의 내부일수도 있고 외곽부분일 수도 있다. 엔진이 정지되고 문이 잠긴 상태라면 차실 내부에 불을 붙이기 위해서는 도어를 열거나 또는 창문 유리를 파괴해야 한다. 좌석 시트 위에 가연물을 놓고 불을 붙여 화염을 내며 연소하게 한 후 곧바로 문을 닫아버리면 그 화열로 쉽게 창문 유리가 깨지지 않으며, 창문 유리가 깨지지 않으면 공기공급이 안되어 차실은 대부분 저질로 소화가 된다. 따라서 차실 내에서 화재가 발생하여 창문을 통해 화염이 분출하고 있는 상황이면 그 창문은 출화 시 열려 있었거나 이미 깨져 있었다고 생각할 수 있다.

자동차의 도어를 열거나 또는 창문을 파괴하고 물건을 훔친 후 범죄증거를 없애려고 차실 내에 방화한 경우와 같은 범죄증거 인멸 목적의 방화나 자살을 위한 방화 등을 제외한 대부분의 자동차 방화는 자동차의 외곽부에 불을 지르고 있다. 충동적인 방화나 불만표출의 방화인 경우, 대부분 라이터로 불을 붙이며 라이터로 불이 붙는 개소는 범퍼나 흡반이 등 합성수지제품 또는 타이어로 한정된다. 자동차 외곽부분의 합성수지제품이나 타이어에 라이터로 착화시키는 것은 불가능하지는 않지만 상당히 장시간 라이터로 불을 쬐지 않으면 착화되지 않는다. 또한 이들 제품은 대부분 자기소화성이 있어 라이터로 불을 붙여도 곧 꺼져 버리는 경우가 대부분이다. 사람 눈에 띄는 것을 신경 쓰는 방화범으로서 그다지 오랫동안 불을 붙일 수는 없을 것이다. 이들 제품에 방화하는 경우 터보라이터 등 일반라이터보다 강력한 것을 이용하든지 사진1과 같이 휴지나 주변의 쓰레기, 나뭇잎 등의 조연재(助燃材)를 이용한다. 원한에 의한 방화인 경우에는 휘발유, 신나 등 석유류를 자동차가 주차된 바닥이나 주변, 자동차 자체에 뿌려 연소를 촉진시킨 경우도 있다.



사진1. 좌측 타이어 위의 타다 남은 휴지

자동차 외곽부분 방화인 경우, 연소방향이 비교적 확실히 남는다. 사람 눈을 피해서 불을 놓으므로 착화위치는 대략 아래쪽이며, 불은 아래쪽에서 위쪽으로 확대되므로 그 연소확대 흔적이 대부분 차체 등에 남아 있다.

방화에 의한 자동차화재는 때때로 특정지역 내에서 연속해서 발생하는 경우가 있다. 이러한 경우에는 발생장소의 지리적 상황 등을 함께 검토해야 한다.

2.2.3 전기적인 원인에 의한 화재

전기적인 원인으로 화재가 발생하는 것은 엔진이 정지된 상태이더라도 통전(通電)되는 부분이 있고, 이 통전되고 있는 부분의 전선 피복이 벗겨지거나 손상을 입어 전선 도체가 직접 차체 등과 닿아 합선(단락)되거나 전선과 기구의 접속부 등에서 접촉불량으로 발열하기 때문이다.

엔진이 정지된 상태에서 통전되는 부분은 배터리에서 시동모터로 가는 전선, 제너레이터에서 배터리로 가는 전선, 그리고 엔진을 켜지 않은 상태에서 스위치 등의 조작만으로 불빛이 들어오는 전등(브레이크등, 실내등, 비상등, 미등, 트렁크등)의 전선, 경음기의 전선, 리모트컨트롤 되는 자동문개방기구의 전선, 도난경보기의 전선 등이 있다. 이들 통전되고 있는 전선의 피복이 손상을 입어 전선의 도체가 직접 차체나 지지금구 등과 닿은 경우에는 단락을 한다.

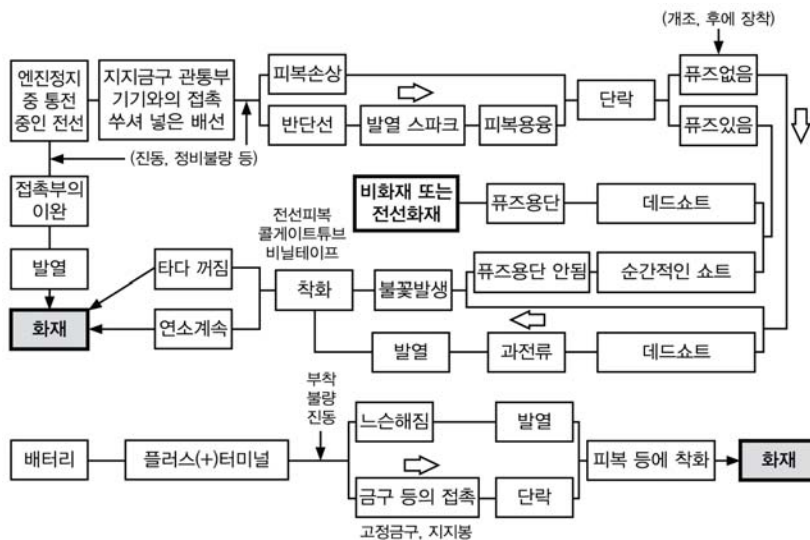


그림6. 엔진정지 중인 자동차의 전기적인 원인에 의한 화재발생 메커니즘

그림6에 나타난 것처럼 엔진정지 상태이지만 통전 중인 전선이 진동이나 정비불량 등에 의해 지지금구, 관통부, 기기와의 접촉부 등에서 피복이 손상되거나 반단선(半斷線)이 되어 단락되어 화재가 발생하거나 전선간의 접촉부나 전선과 기기와의 접촉부가 이루어져 발열하여 화재로 이어지고 있다. 또한 엔진정지 중이어도 배터리 플러스(+) 터미널이 느슨해져서 발열하거나 고정금구 또는 지지봉과의 접촉으로 단락되어 화재가 발생하고 있다.

3. 발화시기가 엔진정지 전후인지의 판단 프로세스

발화시기는 화재 발견시간과 밀접한 관련이 있다. 엔진정지 후 곧바로 화재가 발생했다면 화재 전에 화재가 발생했을 가능성이 높고, 이를 엔진정지 후에 발견한 것으로 볼 수 있다. 주간시간대의 사람왕래가 빈번한 곳에 주차한 경우 또는 주차장 등 관리자가 있는 곳이나 자동화재탐지설비가 설치된 곳이나 무인경비를 하고 있는 곳에 주차한 경우에는 엔진정지 전에 화재가 발생해 있었다면 이에 대한 구체적인 발표된 통계는 없지만 일반적으로 주차 후 대략 10분 이내에 화재가 발견되고 있다. 따라서 주차 후 10분이 경과하지 않은 시점에 화재가 발견되었다면 엔진정지 전에 화재가 발생하였을 가능성이 크다고 볼 수 있다. 심야 등 목격자가 없는 조건인 경우를 제외하고는 엔진정지 전에 발생한 화재가 엔진정지 후 수 시간 이후에 발견된 사례는 거의 없다. 사람들의 통행이 뜸한 심야에 화재가 발생하더라도 화재초기에 목격자가 없을 뿐 화재가 확대되어 자동차 전체에 불이 붙으면 갑자기 밝아지거나 폭발 비슷한 소리가 나서 아주 외딴 곳이 아니라면 목격자가 있는 것이 일반적이다.

화재발생시기를 정리하여 요약하면 그림7과 같이 나타낼 수 있다.

앞에서 언급한 것처럼 그림3과 같이 엔진정지 전에 화재가 발생했다면 화재원인은 크게 전기계통, 엔진·오일계통, 배기계통, 기타의 요인으로 나눌 수 있으며, 엔진정지 후에 화재가 발생했다면 방화, 담뱃불, 통전중인 전선의 단락, 외적요인으로 나눌 수 있다.

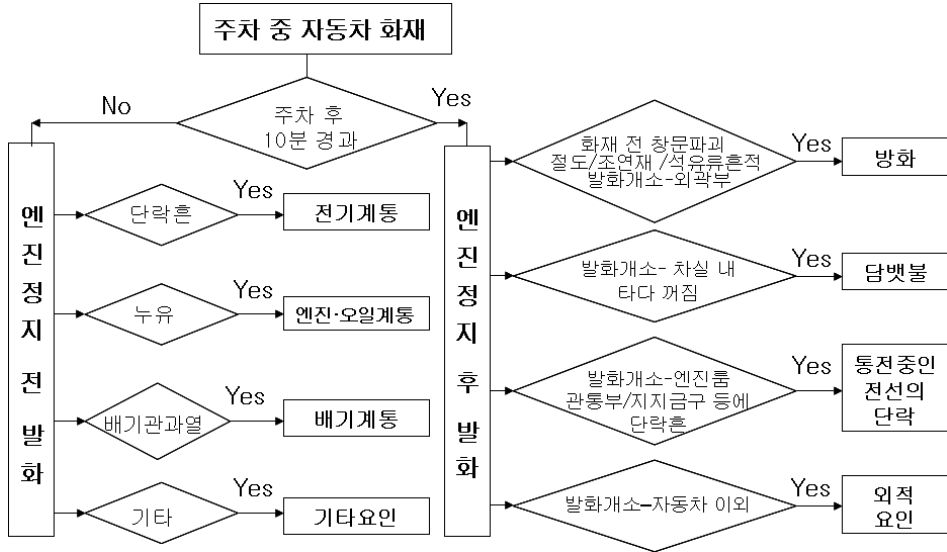


그림7. 주차 중인 자동차의 주요 화재원인

4. 결론

이 논문에서 엔진정지 중인 상태에서 발견되는 자동차화재의 원인에 대해 구체적으로 분석하였다. 이 분석을 통해 다음 사항을 파악하였다.

- 1) 엔진 정지 중 발생한 자동차화재는 엔진 정지 전에 이미 화재가 발생해 있었으나 이를 모르고 엔진 정지 중에 화재가 발견되는 경우와 엔진 정지 후에 발생한 경우로 나눌 수 있다.
- 2) 엔진정지 전 운행 중에 발생한 화재는 운행 중 화재가 발생할 수 있는 모든 원인에 의해 발생할 수 있고, 엔진정지 후 발생한 화재는 전기적인 원인에 의한 화재, 담뱃불에 의한 화재, 방화, 다른 곳에서 발화된 후 자동차로 확대된 화재 중의 하나로 압축할 수 있다. 그러므로 외부발화 또는 방화나 담뱃불에 의한 화재가 배제되는 경우는 전기적인 원인만을 생각할 수 있다.
- 3) 엔진정지 전에 이미 엔진룸 등에 불이 붙어 있어도 인식하지 못하는 것은 엔진정지 시 화재의 규모가 작거나 눈에 띄는 이상징후가 나타나 있지 않고 또한 이를 관심 있게 확인하지 않기 때문이다.

- 4) 엔진이 정지된 상태이더라도 통전(通電)되는 부분이 있고, 이 통전되고 있는 부분의 전선 피복이 벗겨지거나 손상을 입어 전선 도체가 직접 차체 등과 닿아 합선(단락)되거나 통전되고 있는 전선과 기구의 접속부 등에서 접촉불량으로 발열하기 때문에 엔진정지 중에도 전기적인 원인으로 화재가 발생한다.
- 5) 엔진정지 전에 화재가 발생한 경우에는 일반적으로 주차 후 대략 10분 이내에 화재가 발견되고 있다. 따라서 주차 후 10분이 경과하지 않은 시점에 화재가 발견되었다면 엔진정지 전에 이미 화재가 발생하였을 가능성이 크다고 볼 수 있다.

참고문헌

- [1] 岡本勝弘, “自動車火災における自動車の燃焼性状”, 豫防時報, Vol.227, p.37(2007).
- [2] 東京消防庁, “新火災調査教本 第4巻 自動車火災調査”, 財団法人東京防災指導協会, pp.17-21(2000).
- [3] 소방방재청, “국가화재분류체계 매뉴얼”, p.19(2006).
- [4] 소방방재청, 국가화재분류체계 매뉴얼, pp.29-44(2006)
- [5] 東京消防庁 車両火災調査の参考書-見分前の予備知識編-, pp.57-58(2005)
- [6] 東京消防庁 車両火災調査の参考書-見分前の予備知識編-, p.58(2005)
- [7] 東京消防庁 車両火災調査の参考書-見分前の予備知識編-, p.89(2005)
- [8] 東京消防庁, “新火災調査教本 第4巻 自動車火災調査”, 財団法人東京防災指導協会, pp.20(2000).
- [9] 国土交通省自動車交通局, “エンジンルーム内の可燃物置き忘れなどに関する調査結果(自動車の不具合による事故・火災情報におけ車両事故に関する調査結果)(2008).
- [10] 東京消防庁, “新火災調査教本 第6巻 微小火源 有炎火源および爆発火災編”, 財団法人東京防災指導協会, pp.2-11(2003)
- [11] 東京消防廳, “新火災調査教本 第4巻 자동차화재조사”, 財団法人東京防災指導協会, pp.193-195(2000).

- [12] 대구지방경찰청, “자동차화재 연소형상과 발화원에 관한 연구”; p.112(2003).
- [13] 日本火災学会, “火災と消火の理論と応用”, 東京法令出版, p.9(2006).
- [14] 日本火災学会, “火災と建築”, 共立出版株式会社, p.76(2002).
- [15] 이의평, “차량화재조사”, 제5회 전국화재조사심포지엄, 광주광역시소방안전본부, pp.155-157(2006).
- [16] 국립과학수사연구소 화재연구팀, “화재수사 길라잡이”, 경찰청·국립과학수사연구소, p.263(2004).
- [17] 김성환, 오재근, 조영진, “일회용 라이터 이용, 차량화재 착화·발화 가능여부에 대한 행태 연구 분석”, 한국화재조사학회지, Vol. 9, No. 1, pp.27-34(2006)
- [18] 광주광역시소방학교, “화재조사실무(하)”, pp.694(2009).