

차량 방화의 흔적 식별에 관한 연구 Research on Discrimination of Mark in Vehicle Arson

문병선[†] · 조영진

Byung-Sun Moon[†] · Young-Jin Cho

국립과학수사연구소 남부분소
(2004. 12. 6. 접수/2005. 2. 24. 채택)

요 약

날로 증가하는 차량 화재 중의 방화에 대하여 재현 실험을 통해 화재 조사에서 방화와 차량 자체의 결합에 기인한 일반화재와의 변별 기준을 확보하고자 방화의 수단별, 조건별 재현 실험을 행하여 화재 조사자에게 차량 화재에서 방화의 흔적 검사에 대한 검사 기준을 제시하고 그 방법을 제안하고자 하였다. 차량화재의 연소 조건 중에서 풍향이 지배적인 요인으로 작용함을 알았다. 정확한 발화지점 규명을 위해 흔적 검사의 대상에 포함되는 차량 구조물들을 확인하였다. 방화 수단으로 사용한 것들의 검사 기준이 되는 흔적 검사 방법을 제안하였다.

ABSTRACT

There were little available data of vehicular incendiary fires. We investigated fires by inflammable gasoline and papers, cloths in the interior and exterior of vehicles. Fires in the interior and exterior of vehicles were carried out under the several conditions by incendiary methods and vehicle's windows. We knew that dominant factor of combustion is direction of wind at that time in vehicle's fire. And we knew that the other mark of combustion pattern in vehicle's fire could be a clue for solving the problem in discerning the place to which we setted fire between the general fire and arson.

Keywords : Fire, Vehicle, Arson, Incendiary, Gasoline

1. 연구 배경 및 목적

지난 3년간의 전국 차량화재 통계를 보면 각 년도별 전국 차량화재 발생 건수에 대한 방화의 비율은 2001년 14%, 2002년 15%, 2003년 19%로서 차량화재와 관련된 방화의 비율이 지속적으로 증가하는 추세다.

지난 2003년의 전국화재 발생 통계를 보면 전체 화재 중에서 차량 화재가 차지하는 비율이 약 20%로서 발생 빈도가 많음을 알 수 있고 전체 화재 중의 방화 비율이 약 10%임에 비해 전체 차량화재 중 방화가 차지하는 비율은 약 19%로서 차량화재와 관련된 방화가 전체 화재의 방화 비율과 비교 시 두배 이상 많은 실

Table 1. The number of national automobiles's fire events in recent three years

구분 년도	계	원 인 별								인명피해		재산피해 (백만원)
		전기	유류	가스	담배	불티	불장난	방화	기타	사망	부상	
2003	6,049	1,654	62	30	410	154	119	1,113	2,507	42	110	17,212
2002	5,794	1,668	57	29	504	133	93	901	2,409	60	99	12,901
2001	5,973	1,804	42	31	546	150	91	841	2,468	42	89	13,152

[†] E-mail: dangun-choseon@hanmail.net

Table 2. The number of national fire events in 2003

2003년	계	원 인 별							
		전기	유류	가스	담배	불티	불장난	방화	기타
전체화재	31,372	10,670	358	981	3,316	2,061	1,274	3,219	9,493
차량화재	6,049	1,654	62	30	410	154	119	1,113	2,507

정이다.¹⁾

경제적인 어려움과 더불어 늘어나는 차량 화재와 관련된 인명손실 및 재산상의 손실 또한 지속적으로 증가하는 실정이다. 일부 국내의 다른 연구자들에 의해 차량 실내에 면종류나 종이류에 의한 방화, 바퀴 흙받이에 라이타 등을 이용한 착화 후 연소 거동 등에 대한 연구가 진행되었지만 차량의 내·외부에 대한 구체적인 방화의 실험 결과는 얻지 못하였다.²⁾ 또한, 차량 화재 시 자동차 내장재의 변화에 따른 문제점 등을 파악하고자 자동차 내장재의 연소 특성 등에 관한 연구 보고³⁾나 터널 내에서의 차량 화재 시의 연소 특성 등에 관한 연구 보고,⁴⁾ 자동차 화재에서 차량 전기 배선의 1, 2차 용선에 관한 보고⁵⁾ 등과 같이 차량 화재의 특정 분야에 대한 단편적 연구가 일부 진행되었거나 현실적으로 일어날 수 있는 차량 방화에 관한 종합적 재현 실험 결과들은 거의 없는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 스스로 의도하거나 혹은 타인에 의해 강행된 차량 내부 및 외부에 인화성물질을 이용하거나 또는 종이나 천 종류를 이용한 방화, 가연물의 매개체 없이 라이타, 토치 램프 등을 이용한 차량 자체의 가연물에 착화시키는 방법으로 차량의 실내나 외부에 방화한 후 그 흔적을 조사하였다. 시험 대상 차량별로 방화의 수단과 각각의 연소 조건을 달리 하였을 때 나타나는 연소 거동 특성, 소화 후 발화지점 규명, 방화 수단의 특이물 식별 여부, 발화지점과 주변의 환경적 기상 조건과의 관계, 소화시점에 따른 연소 흔적 등에 대한 구체적이고 종합적 자료를 확보하여 실제적 차량 화재 조사시 응용 가능한 감정 기법에 대한 기준 마련은 대단히 중요하다. 이와 같이 확보된 자료에 근거하여 수사기관의 초동수사의 단계별 순서, 화재 감식 분야의 판단 근거에 대한 기준을 확립하여 이들을 토대로 차량 방화의 실제적 진실에 접근하는 방법을 제시하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1 실험 대상물 선정

실험 대상 차량으로서는 인화성물질을 이용한 방화

에 사용된 승용차량(passenger car) 차량 8대와 인화성 물질이 아닌 종이나 천 종류, 직접적 나화를 이용한 방화에 사용된 차량(승용차량 7대, 승합차량 2대) 9대를 임의로 선택하였다. 본 연구에서는 각 차량의 엔진룸이나 차실, 트렁크 등으로 각각의 공간을 분류하여 이들 각 공간에서 타 공간으로 화염이 전이되는 연소 거동 특성을 얻고자 하였기 때문에 실험 대상물 차량을 임의로 선정하였다. 추후 차량의 크기(배기량)나 차실의 공간적 크기, 트렁크의 유무, 사용 연료의 종류 등에 따른 연소 특성에 대하여는 차량 형태나 크기 등을 고려하여 목적 대상물 차량을 선택하고 정확한 연소 시간, 차량 내외부의 온도 계측 등을 시행할 예정이다.

2.2 실험 방법

2.2.1 실험 조건

차량의 연소 실험이 진행된 곳은 야외 개방된 공간으로서 차량이 주차된 곳의 실험 당일 기상 조건은 맑았고, 기온은 약 20°C, 풍향은 차량 주차 상태에서 보아 조수석 뒷좌석에서 운전석 쪽 방향이었다. 연소 재현 실험 당일의 풍속은 1.4 m/sec였다.

2.2.2 실험 방법

(1) 인화성물질(휘발유)을 이용한 차량 내부·외부 방화
(a) 선택된 실험 대상 각 차량에 대하여 발화 시간대별 연소특성을 기록하고, 발화시작부터 소화시점까지 비디오 및 사진촬영을 하고, 소화 후 차량 내·외부에 대한 연소형상, 연소특징에 대해 발굴검사를 진행하면서 기록 및 사진촬영 등을 진행하였다.

(b) 인화성물질의 경우 쉽게 구할 수 있는 대표적인 것으로 휘발유를 사용하였다. 또한 소화 후 시간을 달리하여 방화 지점에서 휘발유 검출을 위해 장비(휴대용 검지기)를 이용하였다. 또한 정밀 검사를 위해 현장의 차량 내·부에서 연소 잔류물을 수거하였다.

(c) 인화성물질을 이용한 차량 외부 방화의 경우 차량별 방화수단 및 방화지점, 방화지점별 조건, 각 차량별 주요관찰사항 등을 정리하면 Table 3과 같다.

(d) 인화성물질을 이용한 차량 내부 방화의 경우 차량별 방화수단 및 방화지점, 방화지점별 조건, 각 차량별 주요관찰사항 등을 정리하면 Table 4와 같다.

Table 3. Incendiary conditions of using the gasoline to arson at outside of automobiles

방법	차량구분	방화지점	연소조건(차량 상태)	관찰 사항
인화성 물질	I	앞좌측 범퍼부위	휘발유 500 ml 살포 차량문 완전밀폐 기어 1단, 주차브레이크 당김	1. 차량의 연소물이 바닥에 떨어져 있을 때 바닥에서 인화성물질이 개입되었는지의 여부에 대한 확인 가능성 2. 차량의 연소 특징에 의한 방화지점 규명 가능 여부 3. 방화지점 근방의 차량 배선의 특이점 존재 유무 4. 인화성물질을 이용한 방화에 대한 근거로 삼을 만한 객관적 근거 확보
	1-1	//	휘발유 500 ml 살포 차량문 완전밀폐 기어 1단, 주차브레이크 당김	

Table 4. Incendiary conditions of using the gasoline to arson at the inside of automobiles

방법	차량구분	방화지점	연소조건(차량 상태)	관찰 사항
인화성 물질	2	조수석 뒤좌석 시트표면	· 조수석 뒤좌석 시트에 휘발유 500 ml 살포 · 조수석 및 조수석 뒤 창문 각각 2.5 cm 개방 · 기어 1단, 주차브레이크 당김	1. 인화성물질이 개입된 양의 정도(한번은 시트표면에 흡착될 정도, 한번은 시트표면 흡착의 정도를 넘어 흘러넘칠 정도)에 의해 인화성물질 개입 여부를 판별할 기준 확립 2. 차량 내부의 연소 특징에서 방화지점 규명 가능 여부 확인 3. 방화 지점 부근 차량 내부 배선의 전기적 특이점 존재 유무 확인 4. 인화성물질 이용한 방화에 대한 근거로 삼을 만한 객관적 근거 확보
	2-1	조수석 뒤좌석 시트표면	· 휘발유 500 ml 뿌림 · 차량문 완전밀폐 · 기어 1단, 주차브레이크 당김	
		//	· 휘발유 500 ml 뿌림 · 조수석 뒤 창문 완전파손 · 기어 1단, 주차브레이크 당김	
	3	운전석 뒤좌석 시트표면	· 휘발유 1000 ml 뿌림 · 운전석 뒤좌석 창문 10 cm 개방 · 기어 후진, 주차 브레이크 당김	
		//	· 휘발유 1000 ml 뿌림 · 운전석 뒤좌석 창문 10 cm 개방, 조수석 뒤좌석 유리 완전파손 · 기어 후진, 주차 브레이크 당김	
	3-1	조수석 뒤좌석 시트표면	· 휘발유 1000 ml 뿌림 · 차량문 완전밀폐 · 기어 후진, 주차 브레이크 당김	
//		· 휘발유 1000 ml 뿌림 · 조수석 뒤좌석 창문 완전 파손 · 기어 후진, 주차 브레이크 당김		

(2) 비인화성물질(면종류, 종이류 등)을 이용한 차량 내부·외부 방화

(a) 선택된 실험 대상 각 차량은 발화시간대별 연소 특성을 기록하고, 방화 시작부터 소화시점까지 비디오 및 사진촬영을 하고, 소화 후 차량 내·외부에 대한 연소형상, 연소특징에 대해 발굴검사를 진행하면서 기록 및 사진촬영 등을 진행하였다.

(b) 비인화성물질(종이류, 천종류, 모기향, 양초 등)의 경우 쉽게 구할 수 있는 대표적인 것으로 신문지류나 A4 용지, 면장갑 등의 천종류, 지연 착화를 가능하게 하는 양초, 모기향 등을 사용하였다. 또한 소화 후 방화 지점에서 이들 연소 잔해물의 식별 여부 등을 확인하였다.

(c) 비인화성물질을 이용한 차량 외부 방화의 경우 차량별 방화수단 및 방화지점, 방화지점별 조건, 각 차량별 주요관찰사항 등을 정리하면 Table 5와 같다.

(d) 비인화성물질을 이용한 차량 내부 방화의 경우 차량별 방화수단 및 방화지점, 방화 지점별 조건, 각 차량별 주요 관찰사항 등을 정리하면 Table 6과 같다.

(e) 인화성 물질(휘발유) 및 비인화성물질(종이류, 천종류, 양초, 모기향 등)을 이용하여 차량의 내·외부의 각 지점에 방화한 후에 소화하는 시점을 달리하여 연소 거동 특성을 확인하고, 종이류, 천종류 및 모기향, 양초, 라이터 등의 방화에 사용된 물질이나 잔존 물체의 식별 여부를 확인하였다.

Table 5. Incendiary conditions of using the papers to arson at outside of automobiles

방법	구분	방화지점	연소조건(차량 상태)	관찰 사항
비인화성 물질	8	차량 앞좌측 흡반이에 조간 신문 1묶음으로 착화	· 차량문 완전밀폐 · 기어 1단, 주차브레이크 당김 · 9인승 승합차량(경유 엔진) · 종이류에 라이터로 점화	1. 차량의 연소물이 바닥에 떨어져 있을 때 바닥에서 종이류 등의 방화 수단에 사용된 물질 잔존 여부 확인 2. 차량의 연소 특징에 의한 방화 지점 규명 가능 여부
	8-1	차량 앞좌측 흡반이에 A4 용지로 착화	· 차량문 완전밀폐 · 기어 1단, 주차 브레이크 당김 · 승합차량(LPG 엔진) · 종이류에 라이터로 점화	
	9	· 차량 앞좌측 흡반이에 본드 50g 사용 · 차량 뒤우측 흡반이에 물을 뿌리면서 토치랩프로 착화	· 차량문 완전밀폐 · 기어 1단 주차브레이크 당김 · 승용차량(휘발유 차량)	

Table 6. Incendiary conditions of using the papers or colth, candle, mosquito stick to arson at the inside of automobiles

방법	차량구분	방화 지점	연소조건(차량 상태)	관찰 사항
비인화성 물질	10	조수석 뒤좌석 시트 표면	· 운전석 및 조수석 창문 개방 · 기어 1단, 주차브레이크 당김 · 승용차량(휘발유 엔진) · 조간 신문 1묶음을 라이터로 착화	1. 차량의 연소물이 바닥에 떨어져 있을 때 바닥에서 종이류, 천종류, 양초 성분, 모기향 연소 잔해물 등의 방화에 사용한 물질 잔존 여부 확인 2. 차량의 연소 특징에 의한 방화지점 규명 가능 여부
	11	//	· 운전석 뒤창문, 조수석 뒤창문 각 10 cm 개방 · 기어 1단, 주차 브레이크 당김 · 승용차량(휘발유 엔진) · 면장갑에 라이터로 점화	
	12	//	· 조수석 뒤창문 파손 · 기어 1단 주차브레이크 당김 · 승용차량(휘발유 차량) · 착화된 면장갑을 차량 내부로 던져 넣음	
	12-1	//	//	
	13	//	· 운전석 뒤창문 파손 · 기어 1단 주차브레이크 당김 · 승용차량(휘발유 차량) · 시트 표면에 길이 5cm의 양초를 켜고 주변에 휴지 뭉치 배치	
	14	//	· 운전석 및 조수석 각 뒤창문 약 10cm 개방 · 기어 1단 주차브레이크 당김 · 승용차량(휘발유 차량) · 시트 표면에 성냥 5개피를 착화된 모기향 끝단으로부터 약 1cm에 묶고 주변에 휴지를 배치	

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 인화성물질(휘발유)을 이용한 차량 내·외부 방화

3.1.1 외부 방화

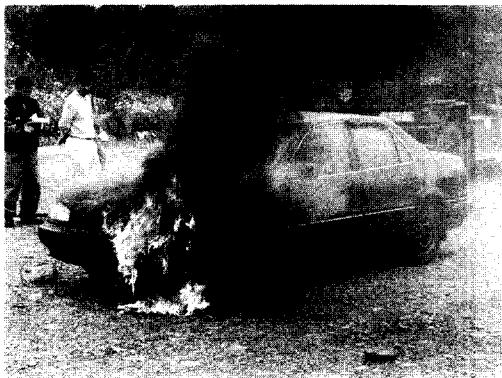
(1) 1 차량 및 1-1 차량에 대한 결과로서 앞의 Table 3의 연소조건 및 방화 지점에 따라 관측된 결과를 정리하면 Table 7과 같다.

(2) 1차량 및 1-1 차량의 실험 조건의 차이는 착화 후 소화 시점에 차이를 두었으며, 소화 시점에 따라 나타나는 연소 특징은 공히 심한 연소로 차량 내부 배선에서의 전기적 특징은 식별이 어렵다.

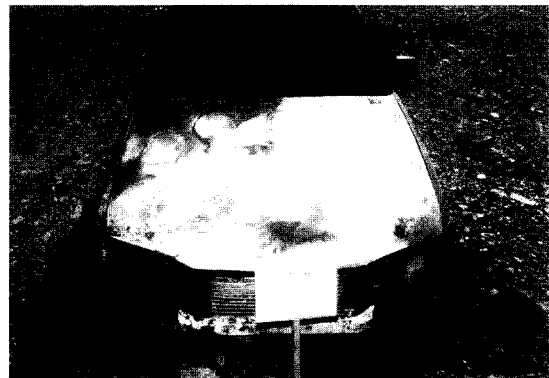
(3) 차량 구조물 중에서 착화 지점에 가까운 타이어와 관련된 휠과 타이어 자체의 연소 정도 및 소실이 진행된 방향은 연소 부위에 접근한 화염의 방향을 판

Table 7. Experimental results of using the gasoline to arson at outside of automobiles

차량구분	소화 시점	실험 결과	
		인화성물질 검출	연소 형상
1	엔진룸쪽에서 확장된 화염이 차량 실내로 진입하는 단계에서 강제 소방 소화(착화 후 약 25분 경과)	방화 지점의 바닥 흙 등에서 소화 후 4분, 1일, 15일 경과 시에도 휘발유 성분 검출	1. 초기 발화 지점에서 연소 확장 패턴 식별 2. 차량 구조 철판, 바퀴 알루미늄 휠의 연소 정도로 초기 발화 지점 식별 가능 3. 타이어의 연소 형태에서 극부적 소실에 따른 초기 발화 지점 식별 가능
1-1	차량 전체가 완전 연소된 시점에 강제 소방 소화(착화 후 약 50분 경과)	//	//



(a)



(b)

Fig. 1. 1-Vehicle (a) beginning stage of arson, (b) shape of after extinguishing.

별할 수 있는 근거가 되겠다.

3.1.1 내부 방화

(1) 2차량 및 2-1차량, 3차량, 3-1차량(공회 승용차량)에 대한 결과로서 앞의 Table 4의 연소조건 및 방화 지점에 따라 관측된 결과를 정리하면 Table 8과 같다.

(2) 착화 후에 자연 소화되는 것은 창문이 일부 개방되어 있다 할지라도 내부의 가연물 등의 연소에 따라 소진된 산소에 의해 원활한 산소 공급이 되지 못함에 기인한 것으로 볼 수 있겠다.

(3) 모든 차량 화재 시 실내에서 외부로 화염이 전이될 경우 풍향의 영향이 차량의 연소 정도 및 화염 전파흔에 지배적인 영향을 끼치므로 차량 실내의 특정 발화 지점을 단순히 연소 정도에 의해 판단하는 것은 발화 지점 판별에 오류가 있을 수 있다.

(4) 발화 지점으로 추정되는 부분에서 인화성물질 취향이 감지되지 않더라도 수거하여 정밀 성분 검사에 임할 경우 잔존 인화성물질이 검출될 수 있다.

(5) 차량 전체가 연소되는 시점에 갑자기 차량의 엔진 시동이 걸리고 주차 브레이크가 당겨져 있었음에도 불구하고 약 10m 정도 이동 후에 정지되고 시동이 꺼지는 현상이 관찰됨. 주차 상태에서 화재가 발생할 경우에도 차량의 연소에 의해 내부 배선의 단락회로 구성시 엔진 시동이 걸려서 연소 전 주차 위치에서 이동됨을 확인하였으나, 본 실험은 인화성물질을 이용한 차량 화재 재현 실험에 따른 방화수단별 연소 특징에 주안점을 둔 관계로 주차 브레이크의 연소 전·후의 상대적 위치 관계에 대하여는 논외로 하였다.

3.2 비인화성물질(면종류, 종이류 등)을 이용한 차량 내·외부 방화

3.2.1 외부 방화

(1) 8차량 및 8-1차량(승합차량), 9차량(승용차량)에 대한 결과로서 앞의 Table 5의 연소조건 및 방화 지점에 따라 관측된 결과를 정리하면 Table 9와 같다.

(2) 소화 후에 바닥의 탄화 잔류물에서 종이류 등의

Table 8. Experimental results of using the gasoline to arson at the inside of automobiles

차량구분	소화 시점	관찰 사항	
		인화성물질 검출	연소 형상
2	자연소화(착화 후 약 25분 경과)	소화 2분 후 연소 잔류물에서 휘발유 검출	1. 착화 후 2분 이내에 화염 확장 2. 착화 후 5분에 차량 실내의 연기 창문 유리의 개구부를 통해 유출 3. 착화 후 약 10분 후 내부 연기 감소, 내부 화염 소화 4. 착화 후 약 25분 경과후 완전 자체 소화
2-1	착화 5분 경과 후 차량 내부의 화염은 사라지고, 창문틈으로 연기가 새어 나오면서 내부에 연기만 가득하여 내부 산소 소진으로 인해 자연적으로 소화됨(약 착화 후 10분 이내)		1. 실내 전체가 연소된 시점은 착화 후 약 17분 경과 2. 최성기의 화염 도달 시간은 착화 후 약 20분 경과 3. 차량의 실내에서 외부로 화염이 이동된 형태가 차량의 지붕 및 측면 철판 등에 등고선 형태로 남음. 4. 차량 실내의 연소 확장 방향 및 연소 정도에 의해 내부 발화 지점 규명이 어려움(풍향 효과). 5. 초기 발화지점인 조수석 보다는 풍향(조수석 뒤좌석→운전석)에 의해 운전석 쪽이 심한 연소 상태 ※경음기 3분간 작동, 방향지시등 3분간 작동
	착화 후 차량 실내 전체 연소된 시점인 약 25분 경과	소화 후 20분, 24시간 후 휴대용 검지기 음성이지만 성분 검사시 휘발유 성분 검출	
3	차량 실내에서 타 공간으로 화염이 전이되는 시점인 착화 후 약 10분 후 강제 소방 소화	소화 후 14시간 내에 휴대용 검지기 반응은 음성이나 성분 검사시 휘발유 검출	//
3-1	차량 전체가 화염에 휩싸인 후 쇠퇴기에 접어든 착화 후 약 20분 경과 후 강제 소방 소화		※착화 후 약 15분 경과 후 자연 소화 되어 조수석 뒤쪽 창문 파손 후 2차 실험을 행함 ※3-1 차량의 경우 착화 5분 후 경음기 작동, 시동이 걸려 약 10 m 이동 후 멈추고 시동 꺼짐의 특이 사항 관찰



Fig. 2. 3-1 vehicle (a) burning stage, (b) stage of moving from the first parking place.

연소 잔류물이 발견될 수 있으므로 화재 조사 당시 충분히 이를 염두에 두고 검사에 임할 경우 그 흔적을 찾을 수 있음을 확인하였다.

(3) 단순히 차량 구조물의 이연성 물질에 라이타 등을 이용한 방화의 경우에도 충분히 연소가 확장될 수 있음을 확인하였지만 이의 경우 구체적인 발화원을 추



Fig. 3. 8-1-vehicle (a) shape of place set fire to (b) burned paper debri after extinguishing.

Table 9. Experimental results of using the paper and other method to arson at outside of automobiles

차량구분	소화 시점	실험 결과	
		연소 잔류물	연소 형상
8	착화 11분 후 자연소화	소화 30분 후 발화부 연소 잔류물에서 탄화된 종이 연소물 발견	흙받이 등이 일부 연소되다가 멈춤
8-1	착화 45분 후 실내 전체로 화염 전이된 후 강제 소방 소화	발화부 바닥 탄화된 종이 연소물 발견	1. 착화 16분 후 실내로 연소 전이 2. 최성기 까지 약 40여분 소요 3. 초기 연소가 서서히 진행되는 경우 발화부 주변 철 구조물 등에 연소 확장 진행 형태 남음 4. 타이어 내부의 와이어 끊어진 방향에서 연소 확장패턴 식별 가능 ※착화 15분 후 경음기 3분간 작동
9	착화 30분 후 실내 전체가 화염에 휩싸인 후 강제 소방 소화		1. 두 개의 발화부에 따른 연소 이동 패턴 남지 않음 2. 뒤쪽 연료통 영향에 의해 뒤쪽의 연소가 지배적 3. 타이어 및 타이어 휠에 남아 있는 연소 특징에서 두 개의 발화 지점 추정 가능

정하기는 어려우므로 차량 자체에서의 발화원을 배제시키는 방법으로 발화원 규명 접근법이 필요함을 알았다.

(4) 차량 연소 형태를 세밀히 조사할 경우 두 지점 이상의 발화부를 식별할 수 있음을 알았다.

(5) 비가 오는 우천의 경우를 가정하여 물뿌리개로 물을 뿌리면서 토치램프와 같은 강제적 점화원을 사용할 경우 충분히 우천 시에도 차량 구조물에 착화시키는 방법으로 방화가 가능함을 확인하였다.

(6) 차량 외부의 방화의 경우 발화부 인접 타이어 및 타이어 휠에는 초기 발화 지점을 추정할 만한 연소 흔적이 반드시 남아 있으므로 차량 화재 조사시 타이어의 연소 진행 방향, 소실이 진행된 방향, 타이어 내부 와이어의 끊어진 지점 등을 종합적으로 고려

할 경우 발화 지점을 규명하는 데 있어서 타이어 구조물에서 주요한 증거로 삼을 수 있는 흔적을 찾을 수 있겠다.

(7) 차량 외부에 비인화성물질(종이류 등)을 이용한 방화의 경우, 소화시점(일부 연소된 상태에서 소화 또는 전소 후 소화)에 관계없이 차량의 연소 형상으로부터 발화지점으로 추정되는 근방 바닥에 대한 세밀한 발굴에 의해 방화에 사용된 종이류 등의 연소 잔해물이 식별됨을 확인하였다(상기 Table 9의 8, 8-1 차량).

3.2.2 내부방화

(1) 10차량 및 11차량, 12차량, 12-1차량, 13차량, 14차량(이상 공히 승용차량)에 대한 결과로서 상기 Table 6과 같은 연소조건 및 방화 지점에 따라 관측된 결과

를 정리하면 아래 Table 10과 같다.

(2) 내부 방화의 경우 초기 발화 지점 근방의 연소 정도에 의한 연소 확장 형태 보다는 차량 연소 당시의

그 지점의 풍향에 의한 영향을 지배적으로 받음을 알 수 있으므로 차량 화재 조사에서 차량 연소 당시의 풍향을 사전에 파악하고 난 이후에 이를 염두에 두고 발

Table 10. Experimental results of using the paper or cloth, candle, mosquito stick to arson at the inside of automobiles

차량구분	소화 시점	실험 결과	
		연소 잔류물	연소 형상
10	실내에서 타공간(트렁크, 엔진룸)으로 화염 전이단계인 착화 후 9분 경에 강제 소방 소화	탄화된 종이류 발견 ※평소 차량 실내에 비치된 종이의 연소물인지 방화에 사용한 종이 연소물인지의 판별이 주 관건이 됨	1. 착화 5분 후 실내 전체 연소 2. 착화 7분 후 최성기에 도달 3. 구체적인 화염 이동 특징 발견안됨
11	착화 12분 후 자연 소화	방화 수단인 장갑 연소물 잔해 발견	1. 일부 연소되다가 자연소화됨 2. 원활한 공기의 유통이 안되어 산소 부족으로 소화된 것으로 추정
12	착화 28분 후 실내의 화염이 엔진룸 쪽으로 전이되는 시점에 강제 소방 소화	심한 연소로 장갑(면종류)의 연소 잔해물 식별 불가	발화지점을 파악할 만한 연소 흔적은 없고 풍향에 의해 바람의 끝단부에 위치한 부분이 심한 연소 형태를 보임 ※착화 20분 후 경음기 3분간 울림
12-1	착화 시점으로부터 최성기에 도달(24분)한 후 약 31분 후 차량 전체가 화염에 휩싸인 시점에 강제 소방 소화	탄화된 장갑 연소물 일부 식별	1. 차량 실내의 특정 발화 지점 식별 불가(풍향 영향) 2. 실내에서 외부(엔진룸, 트렁크)로 화염 이동흔적 식별가능
13	차량 실내에서 외부(트렁크, 엔진룸)로 전이되는 시점인 최성기(착화 후 약 12분)에 강제 소방 소화	양초 잔존물 식별불가→양초 발화부에서 연소 잔류물 수거하여 성분 검사결과 양초 성분 검출 안됨	//
14	차량 실내에서 외부(트렁크, 엔진룸)로 전이되는 시점인 최성기(착화 후 약 15분)에 강제 소방 소화	모기향 연소 잔류물 식별	// ※착화 후 13분경 30초간 경음기 울림

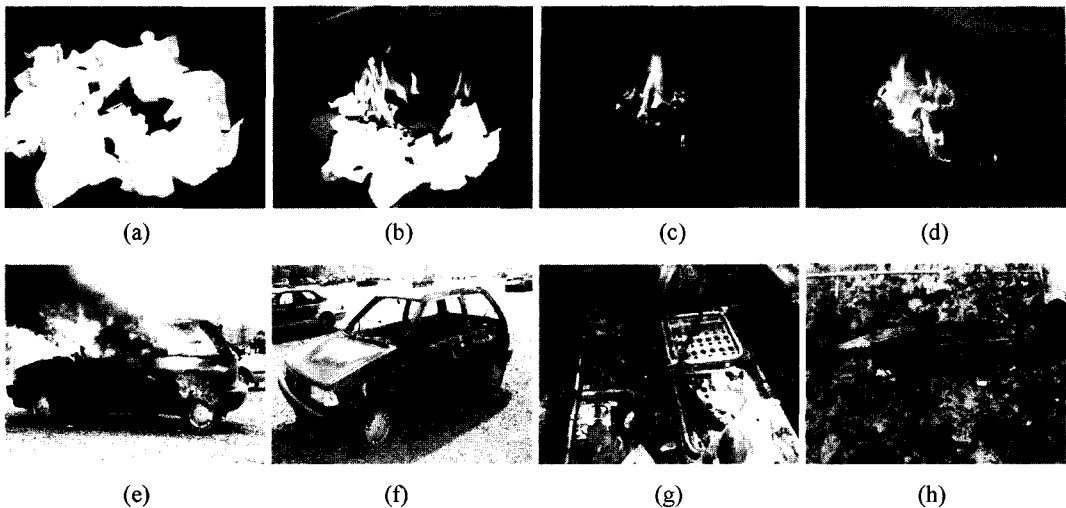


Fig. 4. 14-vehicle (a)-(d) setting fire stage mosquito stick with match to seat surface (e) fierce stage, (f) shape of after extinguishing, (g)(h) burned shape of mosquito stick.

화 지점 규명에 임하여야 할 것으로 사료된다.

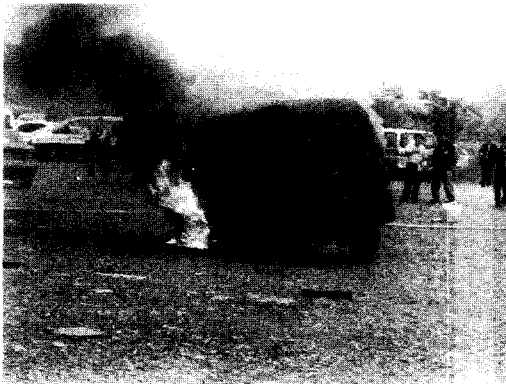
(3) 방화에 사용된 연소 잔류물인 종이류나 천 종류 등의 잔해는 일부 식별 가능한 경우가 있으나 이의 경우는 반드시 사전에 차량 내부에 차량 사용자가 보관하고 있었던 것인지의 여부를 함께 고려하여야 할 것으로 사료된다.

(4) 양초나 모기향의 중간 한 지점에 성냥을 묶어 두는 방법으로 시간 경과를 두고 발화되게끔 방화 수단을 강구할 경우 충분히 착화되어 화재로 진전될 수 있다. 이의 경우 정확한 발화부를 판별하여 그 지점에 대한 연소 잔류물을 면밀히 검사할 필요가 있다. 또한 단순히 석유류 계통의 인화성물질 뿐만 아니라 양초 등과 같은 조연성물질의 개입에 대하여도 염두에 두고 성분 검사에 임하여야 할 것으로 사료된다.

(5) 차량 실내는 발화지점을 규명할 만한 연소 흔적이 남지 않고, 연소 형태는 주로 풍향에 의한 연소 특성이 더 지배적임을 확인할 수 있었다.

(6) 차량 외부에 종이류를 이용한 방화의 경우, 차량이 주차된 바닥은 소화 당시 주수에 의해 연소 잔해물이 유실될 수 있는 가능성이 적어 차량의 연소 시간이나 연소 정도와는 무관하게 이들 연소 잔해물을 식별할 수 있었다.

(7) 차량 내부에 종이류나 면장갑류 등을 이용해 방화 할 경우 Table 10의 완전 연소된 12-1 차량에서 방화 수단으로 사용한 면장갑 연소 잔해물이 발견되지만 실내 내부만 연소되다가 멈춘 12 차량 내부에서 방화 수단으로 사용한 면장갑 연소 잔해물은 식별되지 않는 것과 상기 (6)항의 차량 외부 방화를 고려할 경우, 방화 수단으로 사용한 연소 잔해물(종이류, 면장갑류)의 식별 가부는 차량의 연소 시간이나 연소 정도가 아닌 소화 당시의 주수에 의해 연소 잔해물이 유실되거나 훼손되느냐의 여부가 더 주된 요인임을 확인하였다. 일부 차량에 대해 방화에 사용한 연소 잔해물의 형태를 도시하면 Fig. 5와 Fig. 6, Fig. 7과 같다.



(a)



(b)

Fig. 5. 8-1-vehicle (a) setting fire stage, (b) burned paper debris on earth's surface after extinguishing.



(a)



(b)

Fig. 6. 10-vehicle (a) setting fire stage, (b) burned paper debris on surface of car seat after extinguishing.

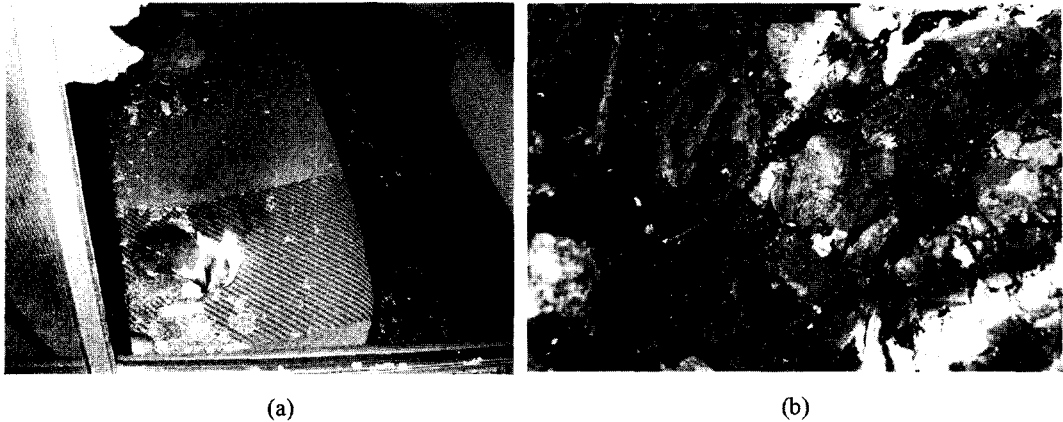


Fig. 7. 12-1-vehicle (a) setting fire stage at cloth glove on car seat surface (b) burned cloth glove debris on car seat surface after extinguishing.

4. 결 론

본 연구는 차량 화재에서 방화의 비중이 날로 증가하는 추세에서 차량 자체의 결함에 의한 화재 이외에 방화에 의한 화재시 방화의 수단별로 화재 현장조사에서 변별할 수 있는 근거가 되는 것들을 마련하고자 하였다. 차량에 인화성물질과 비인화성물질을 이용하여 방화 재현 실험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 차량의 외부에 인화성물질(휘발유)을 이용하여 방화 재현 실험을 한 경우 일부 초기 발화 지점으로부터 타 부분으로 연소가 확장된 형태가 남으며, 차량 자체의 철판, 타이어, 타이어 휠, 타이어 내부 와이어 등에 화염 접근의 방향을 알 수 있는 형태가 남으며, 최대 15일 후에도 인화성물질이 뿌려진 흙 등에서는 휘발유 성분이 검출되었다.

2. 차량의 내부에 휘발유를 이용해 방화 재현 실험을 한 경우 인화성물질 때문에 화염의 전파속도 및 맹화의 단계가 일반적 화재보다는 강해서 소화 시점에 따라 내부에서 외부로의 화염 전이 경로가 식별되기도 하고 그렇지 않은 경우도 있음을 확인하였고, 초기 발화 지점의 연소 정도나 연소 이동흔이 풍향에 의해 지배됨을 확인한 바, 차량화재 조사시 반드시 화재 당시의 풍향을 사전에 확인하여 검사에 임하여야만 발화지점 규명에 오판이 없을 것으로 사료된다.

3. 차량의 외부에 비인화성물질(종이류, 토치램프 등의 강제 불씨)을 이용하여 착화시킬 경우 발화 지점에 종이류 등의 연소 잔해물이 발견되므로 화재 조사에서 발화지점으로 의심되는 외부의 경우 바닥의 세세한 연소 잔류물까지 검사를 하여야 할 것으로 사료되며,

또한 타이어 구조물(타이어 고무, 내부 와이어, 휠)에서 특정 발화지점을 확인할 만한 연소 흔적이 반드시 남음을 확인하였으므로 화재 조사시 타이어 구조물에 대한 면밀한 검사가 요구된다.

4. 차량의 내부에 비인화성물질(종이류, 천류(면장갑), 모기향, 양초 등)을 이용한 인위적 착화 시 심한 연소가 아닐 경우 내부에 이들 잔해가 식별되는 것이 있으므로 현장 조사시 반드시 세밀한 발굴이 요구됨을 확인하였다.

5. 차량의 내부나 외부에 비인화성물질(종이류나 면장갑류 등)을 이용한 방화의 경우, 방화 지점 주변 바닥에서 이들 방화에 사용한 연소 잔해물(종이류, 면장갑류)의 식별 가부는 차량의 연소 시간이나 연소 정도가 아닌 소화 당시의 주수에 의해 연소 잔해물이 유실되거나 훼손되는 등의 여부가 더 주된 요인임을 확인하였다.

6. 시동이 꺼진 상태로 주차된 차량이 방화에 의해 전체가 화염에 휩싸일 경우 경음기가 울릴 수 있으며, 또한 화재 진행 중에 엔진 시동이 걸려 차량 자체가 기어 상태에 따라 이동 가능함을 확인하였으므로 화재 조사 전에 이를 참고하고 임해야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 대구지방경찰청 및 대구소방본부 지원으로 수행하였으며, 소화자에게 구체적 방화 지점을 알리지 않고 소화를 하여 일반적인 차량 화재 현장에서 일어날 수 있는 소화 과정에 근접하도록 하였다.

참고문헌

1. 소방방재청, <http://www.nema.go.kr>통합자료실/통계자료/연보·백서.
2. 박남규, “화재현장으로 가는길”, 미성사(2003).
3. 김정훈, 박형주, 김 홍, “자동차 내장재의 연소 특성에 관한 연구”, 한국화재소방학회:학술대회지, Vol. 1996 No. 한국화재소방학회 96 학술발표회, pp.43-48(1996).
4. 최준석, 최병일, 김명배, 한용식, 장용재, 이유환, 황낙순, 김필영, “터널내 자동차화재와 풀화재 비교 분석”, 한국화재소방학회:학술대회지, Vol. 2002 No. 2002년도 한국화재·소방학회 춘계학술대회 논문집, pp.35-41 (2002).
5. H. Miura, K. Okamoto, N. Watanabe, and Hagimoto, “Metallurgical Features of Beaded Wries in Burnt-out Cars, Japanese Journal of Science and Technology for Identification, Vol. 9, Supplement (October 2004).