

제210호

2011. 10

# 위험관리정보

- 방재정보
  - ✓ 주차된 차량에서 발생한 지명적 화재의 재구성 / 1
  - ✓ 자동차 화재 / 14
- KFPA 화재안전우수건물 인정현황 / 19
- 신작자료 목록 / 23
- 안내
  - ✓ 판매도서 안내 / 25



[WWW.KFPA.OR.KR](http://WWW.KFPA.OR.KR)

## 주차된 차량에서 발생한 치명적인 화재의 재구성

*By John De Haan, PH.D and F.L. Fisher, P.E.*

1994년 11월에, 23세 여자가 이른 아침에 화재로 사망했다. 이 차 안에는 그녀와 남자친구가 계속해서 살았던 주차된 캠프용 차량에서 화재가 났다. 이 화재는 외딴 장소에서 발생되어 화재의 발견과 진화가 지연되었다. 희생자의 몸 50%이상이 불에 전소되어 있었고(불길에 휩싸였고), 차량 그 자체는 거의 전소되었다. 소방관이 도착하자 차량 밖에서 부분적으로 옷을 걸친 채 발견된 남자친구는 경상을 입었다. 그가 연기와 불꽃을 의식하게 되었을 때 그와 희생자는 차량에서 잠들어 있었다고 보고했다. 그는 그녀를 깨우려했으나 실패하고 불을 피하기 위해 차량의 창문을 깨고 빠져나왔다. 그는 그녀를 구조하기 위해 화물칸의 문을 열려고 하였으나 열 수가 없었다. 다급해진 그는 큰소리로 외치기 시작했다. 그 소리를 주변이 있던 주민들이 듣고 도움을 주었다.

화재조사관과 법의학자의 초기관찰 의견을 토대로, 화재는 차량 안에서 말다툼 과정에서 고의적으로 여자 피해자에게 휘발유를 뿌려서 시작된 것으로 결론지어졌다. 왜냐하면, 남자 피해자가 차량내 휘발유에 불이 붙어 차량에서 도망쳤고, 문이 닫혀진 차량 안에 여자 희생자는 갇히게 되었고, 차량의 화재 피해와 희생자 피해 상태는 너무 심했기 때문이다. 가연성 액체를 이용하지 않고서는 발화의 어떠한 우연적인 요소는 차량에서 확인되지 않았다. 피해자의 부상은 그의 진술과 일치하지 않았고 사건에 대한 묘사가 전체적으로 그럴듯하지 않았다. 이러한 의심을 토대로 피해자는 체포되고 살인자로 고소되었다. 재판이 다가왔을 때, 피고측 전문가들에 의해 제기된 질문들이 지방검찰청으로 하여금 화재의 근원, 원인, 진행에 관한 외부의 의견을 찾게 하였다. 이 논문은 실제와 같은 화재 시험의 결과와 저자가 이 화재의 원인에 관한 연구 결과를 통한 의견을 기술하고 있다.

### 장면

새크라멘토 강 델타 외딴 곳에서 발생한 장면이다. 차량은 그림 1에서와 같이, 화물 공간, 리어도어 및 측면 도어를 빙 둘러 창이 추가된 1976년식 Dodge Sportsman 밴이다. 차 내부에는 난로, 스토브, 히터, 싱크대, 침대, 캐비닛, 혹은 테이블 같은 인테리어는 없었다. 두 개의 커다란 나무도구 상자들은 뒷바퀴 보관함에 놓여 있었다. 두 앞좌석 바로 뒤에 수평 금속 막대기에 담요를 걸어서 좌석과 수면 공간을 분리하였다. 차량에는 식품류, 의류, 담요류 및 기타 도구, 캠핑 및 취사용품

을 포함하는 상자들로 채워져 있었다. 캠핑 스토브와 랜턴 및 여러 LP가스 병 등이 함께 있었지만, 이것들은 차량내 저장된 것들로 발견되었으며 사용했다는 표시는 없었다. 차량 화재 전에는 적어도 하루 동안 주차를 했었다. 화재 전날 밤에, 술을 마시고, 필로폰을 서로 공유한 피해 차량 방문객에 따르면, 차량내부에서는 음식을 하지 않았고, 조명으로 촛불을 사용하고 있었다고 했다. 그들은 따뜻하기 위해서 담요와 함께 차량 바닥에 카페트를 깔고 자고 있었다고 진술했다.



그림1 : 1994년 11월 이른 아침에 23세의 여성이 숨졌던  
1976년식 Dodge Sportsman 밴

기록에 의하면, 화재는 5시30분경 지역 주민에 의해서 발견되었으며, 화염을 목격하고 소방서에 신고를 했다. 하지만 소방서와 사고발생 위치는 원거리로 10분~15분 정도 떨어진 곳이었다. 도착 즉시, 소방관은 화재 차량과 차량 밖에 있는 반바지와 티셔츠 차림의 불안한 상태의 남자 피해자를 발견 했다. 그는 자신의 얼굴과 팔에 그을음 자국이 있었고, 그의 머리, 손 그리고 짧은 다리에는 찰과상이 있었다. 그는 연기를 흡입하여 고통을 호소하고 있어 치료를 위해 병원으로 옮겨졌다. 병원으로 옮겨진 후에 그는 조사를 받았고 그의 부상 상태를 사진으로 찍어 문서화하였다. 화재는 아침 6시경에 소화되었다. 그림2에서와 같이 여성 피해자는 화물칸(수면 공간)에서 발견되었다. 그녀의 외쪽 다리는 측면 도어측 발밑공간에 있었던 반면, 오른쪽 다리는 화물칸(수면 공간)중앙을 향해 있었다. 신체의 오른쪽 절반은 화재로 인한 고열에 노출되어 골격만 남아 있는 상태였다. 오른쪽 늑골, 팔 및 다리뼈는 부분적으로 골절된 상태였으며, 오른쪽 머리부분은 대부분 손상된 상태였다.



**그림2** : 여성 희생자 잔해가 남아 있는 차량 내부 사진.  
(이 사진을 통해 차량내부에서 화재로 큰 손상이 있었음을 보여준다.)

## 차량 관찰

차량은 화재가 일어난 일정 시간 동안 움직이지 않았기 때문에 일반적인 화재 발화 원인으로 전기적인 결함 또는 연료 계통의 시스템 고장은 고려 사항이 아니다. 그 이유는 이 차량 내부에는 요리를 하거나 난방기기가 없었기 때문이다. 화재가 난 차량의 차체가 화재 피해로 손상된 곳은 화물구역의 중심축에 걸쳐 지붕 부분에서 뜨거운 열기로 인해 발생한 좌굴(뒤틀림)현상을 포함해서 매우 방대하다. 문 주위 화재손상은 모든 문이 닫혀진 상태로 매우 방대한 화재로 인해 차량 시스템은 모두 망가졌다. 운전석과 뒷문 및 옆문은 모두 잠겨져있는 상태로 발견되었다. 소방대원이 차량 뒷문으로 진입하는데 어려움이 있었다. 화물칸에는 각종 물건을 실은 상자들이 차량 내 옆 창문이 있는 높이의 위치까지 겹겹이 쌓여져 있었기 때문이다. 조수석의 문은 열린 상태였는데 조수석은 좌석과 침구용 칸막이에 의해서 차량 내부에서는 접근이 어려웠기 때문에 문이 열려져 있는 것으로 추측되었다. 화재가 발생하는 동안 차량 내에는 캠핑 연료와 전기톱용 휘발유가 있었다. 남아있는 박스 안에는 옷가지와 담요들이 얼마나 많은 화재하중이 존재했는지를 알려준다. 차량 내 파이버보드패널은 천장에서 벽체 및 시트 덮개 그리고 화물/침실 공간의 모든 카펫은 가연물로 사용되어 화재하중이 높았다. 연소되지 않는 카펫 중 하나는 피해자가 앉아 있었던 곳 아래에서 발견되었다. 이 카펫은 실험실 분석을 위해 제출 되어졌다.

## 사후 관찰

화재로 인해 피해자 사체의 손상은 물리적 충격에 대한 포괄적인 검사를 배제 했다. 왼쪽 다리는 옆문 발밑 공간의 위치에 의해 보호되어 약간 손상된 정도였다. 신체의 왼쪽 피부는 화상을 입었고, 내장은 손상되었다. 사체에서는 입고 있던 의류는 남아 있지 않은 것으로 보고되어졌다. 사후 피해자 몸무게는 62.5파운드<sup>1)</sup>로 기록되었는데, 그 이유는 화재전의 피해자 추정 몸무게의 절반정도였기 때문이다. 일산화탄소헤모글로빈 (COHb) 수치는 41.5%였고, 낮은 수치지만 필로폰과 암페타민<sup>1)</sup>이 피해자의 혈액에서 발견되었다. 이는 보고서에서 언급된 내용과 일치한 것이다. 다른 약물이나 알콜류는 혈액 샘플이나 장기 샘플에서 검출되지 않았다. 피해자의 앉았던 자세를 미루어보아, 여자 피해자가 어떤 탈출도 시도할 수 없을 만큼 화재가 급속도로 발전되었다는 것이 의심되었다. 초기 화재조사관에 의해서는 광범위하게 불에 탄 피해자의 사체는 가연성 액체가 피해자에게 던져졌거나, 뿌려져서 화재가 더욱 발전된 것으로 생각되어졌다.

## 분석

화재조사관은 방화라는 몇 가지 증거를 발견했다.

1. 화재가 차량 대부분에 손상을 줬을 뿐만 아니라 어른 몸의 절반에 가깝게 타버릴 만큼 심각한 피해를 일으켰다.
2. 화재 속에서 건강한 여성이 갇혀있었고, 남자 피해자는 비교적 경상을 입고 탈출했던 반면에 여성 피해자는 어떠한 탈출 시도를 했던 표시가 없었다는 점이다.
3. 주차된 차량에서 어떠한 우연적인 발화 원인이 확인되지 않았다.
4. 차량의 각 창문은 균등하게 그을음이 있는 상태로 다른 창문들 이전에 하나의 창문이 기계적인 고장이 있었다는 것을 표시하는 증거가 없었다.
5. 남자 생존자의 이야기로는 자신이 차량내 갇혀있었고, 자신의 머리로 창문을 깨고 탈출했다는 것은 믿기 어려웠다.
6. 차량 안의 가연성 액체에 접근 할 수 있었다.
7. 최근에 캘리포니아의 커플은 싸움을 했고 그 결과로 가연성 액체를 던졌고 그로 인해 발화되었다

이 분석은 세 가지로 요약 할 수 있다.

1. 생존자가 기술한대로 우연히 차량내부에서 화재가 일었고, 여성 피해자를 구할 수 없는 상태에서 창문을 깨고 탈출할 수 있었을까?
2. 화재조사관이 의심한대로 커플간의 싸움으로 차량내부에 있던 휘발유를 던져서 발화시키고 용의자는 여성 피해자를 차량 내부에 가두고 탈출할 수 있었을까?
3. 독립적으로 증명할 수 있는 데이터는 하나 또는 다른 시나리오를 제외할 수 있나?

1)중추신경을 자극하는 각성제(마약류)

이런 점에서, 실험실 테스트 결과를 포함하는 모든 관련된 사례 정보를 검토할 뿐만 아니라, 알려진 테스트 조건하에 가연성 액체 화재와 그것이 사람 몸에 미치는 영향에 관한 더 구체적인 정보를 요구하는 화재조사관은 상기 세가지 의문점을 제기 할 수 있다.

## 차량 화재 손상

매우 강렬한 화재가 차량 안에서 발생했다는 것은 분명했다. 화재가 지속되었던 시간은 소방서에 화재신고가 접수된 인근 주민의 진술에 따라 최소 30분 정도로 추정할 수 있다. 물론, 화재로 인한 열 발산은 사용되어진 연료의 종류와 분포 그리고 통풍에 따라 달라진다. 차량 안에 있는 연료의 양은 조사관의 진술과 화재 후에 찍혀진 사진의 평가로 계산되어졌다. 화재가 발생한지 5개월 후에 필자의 실험에 의하면 차량내부에 부분적으로 상당히 불에 많이 탄 곳이 있었다. 그 실험은 현장 조사관이 보고된 것을 확인하는 것이었다. 상당한 양의 박스, (금속재질 및 플라스틱 재질로 포장된)식품, 기구 및 포장된 의류와 침구 등 강렬한 화재가 일어날 수 있는 다른 일반 가연성 재료로 구성되었다. 이러한 연료의 화염 온도는 가연성 액체가 인화점에 도달하게 하거나 또는 그 이상으로 알려져 있다. (DeHaan, 1991)

또한, 차량내부에 사용된 얇은 판지의 패널, 섬유보강수지 패널, 카페트, 그리고 실내 장식 소재의 잔존물은 빠른 화염 전파와 높은 열 방출 속도가 일어날 수 있다. 차량 실내 용적은 대부분의 차량보다 넓은 10m<sup>3</sup>이지만, 평균적인 방 크기인 20~30m<sup>3</sup> 보단 작다. 화재가 있었던 밤에는 추운 기후로 인해 차량내 모든 창문은 닫혀 있어서 화재가 발생했을 당시의 온도를 유지할 수 있었다. 이 추론은 차량 창문 유리가 모두 연소 과정에 노출되어졌고, 차량 내 또는 차량 바깥쪽 30cm이내에 떨어져 있는 점이 화재 후 조사 결과에 의해 뒷받침 된다. 모든 창을 닫으면, 화재의 크기와 성장 속도는 차량내부의 공기의 용적과 바깥공기의 유입이 제한적이게 된다. 창문이 깨지게 되면 화재의 크기가 비례적으로 성장할 수 있다. 그것은 화재가 측면과 뒤측 창문이 깨지면 차량내부가 플래시오버에 접근되는 이전 차량 화재 실험에서 알려져 있다. (DeHaan. 1993).

그림1에서와 같이 이 차량의 특징은 전체적으로 창문으로 둘러싸여 있다. 유리창문 수직 높이는 40cm 열리는 구조임에도, 광범위한 전체 창문의 개방 면적은 3.3m<sup>2</sup>이다. 환기조절방정식을 이용하면,

$$m_s = 0.5A (H)^{0.5}$$

$m_s$  : 최대 공기 질량 유량(kg/s)  
 $A$  :  $m_s$ 에서 창문들 면적(m<sup>2</sup>)  
 $H$  : 창문의 높이(m)

이 차량에서 사용 가능한 최대 공기 질량 유량은 창문이 모두 파괴되어 모두 개방된 경우 1.08 kg/s이다. 차량내 공기가 이상적으로 혼합되고 모두 사용되어진다고 가정을 하면, 발표된 자료에 의하여 1kg 공기에 3MJ 에너지 소비한다. 이 추정치를 이용하여 차량내 화재에 대한 최대 열방출속도  $Q_{max}$ 는 다음과 같다.

$$Q_{max} = 1.08 \text{ kg/s}_{air} (3\text{MJ/kg}_{air})$$

$$Q_{max} = 3.24 \text{ MW}$$

창문이 깨져서 개방된 20~25분 동안의 화재는 차량과 차량 안에 있는 모든 물건들을 치명적인 손상을 줄 수 있는 화재 크기로 될 수 있다고 가늠된다. 차량의 창문이 깨지므로 개방되어 순식간에 공기의 유입으로 차량 내에 플래시오버로 발전될 수 있는 200kW급의 화재로 이어 질 수 있을 것이다.

## 실험

화재 발전의 일반적인 예측을 확인하기 위해서 화재가 일어났던 환경과 동일하게 하여 재현실험을 하였다. 이 실험은 솔라노 국가 검사 사무소와 함께 진행되었다. 솔라노시 보안관, 소방관(방화 및 폭발물 조사 부분 담당자), 솔라노시 방화 태스크포스팀 그리고 바카빌시에 위치한 캘리포니아 의료시설팀이 참여하였다. 이들은 화재 재현 실험에서 유사시 화재를 소화하는 역할 뿐만 아니라 연료를 공급하는 역할을 했다.

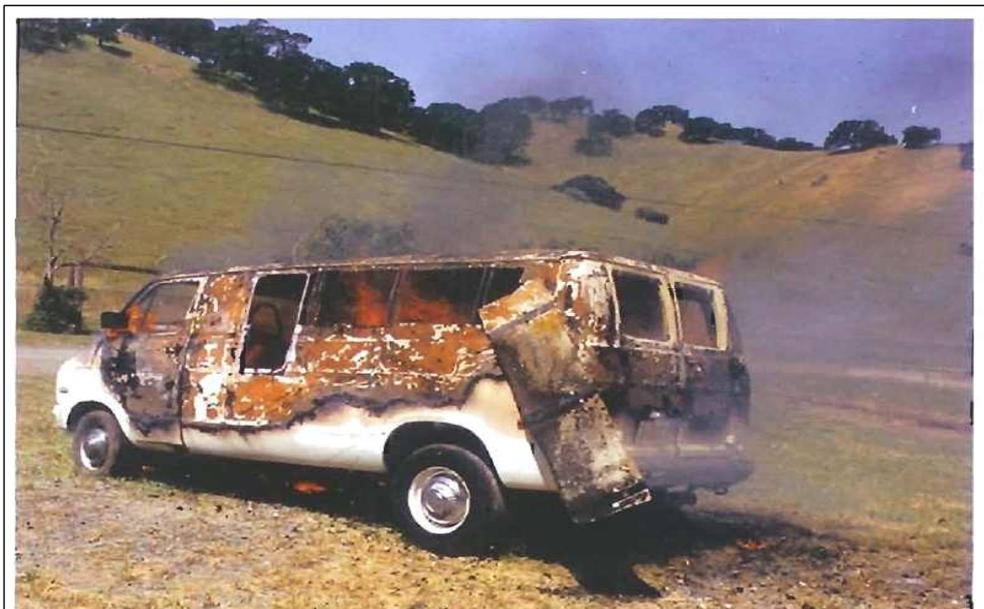


그림3 : 화재가 났던 실제 차량과 동일한 차량으로 재현실험.  
실제 차량의 창문의 면적과 같도록 개조함.

그림3에서와 같이, 차량 측면 창문의 숫자는 차이가 있습니다. 그래서 원래 차량과 동일한 조건을 위해서 실험할 차량의 개방 면을 절단하여 면적을 보정하였다. 절단한 부분은 한쪽 끝에 경첩이 달린 절단면을 설치하고 다른 한쪽은 와이어를 당겨 열린 상태로 두었다. 실험 차량 내부에는 화재가 일어났던 차량에 근접하게 보정하기 위해 14.6kg의 침구류와 16kg의 판지를 두었다. 저장 상자는 27.6kg의 합판과 담요로 가정되었다. 총 중량의 7.2kg은 혼합섬유이다. 상자는 앞좌석의 구분선과 각 창문들에 줄을 지어 놓았다. 시간 관계상 화재 차량에서 발견된 화재하중의 종류에는 중복이 있지만, 약 9kg 플라스틱으로 시뮬레이션 했다. 66.8kg의 면소재의 옷, 그리고 1kg의 종이로 구성되었다. 이것은 화재 현장에서 파악된 자료에 의한 최소한으로 구성하였다. 프로판이 1파운드 용량의 가득한 병과 빈병 또한 추가하였다. (사고 차량 안에는 4개의 병이 있는 것으로 추측되었다.) 그림 4에서처럼, 다섯 열전대는 피해자 사체가 놓여 있던 곳으로 추정되는 장소에, 좌석 뒤편의 차량 중앙 근처, 다양한 높이에 따라 세가지 장소에 설치하였다. 하나는 점화원으로 추정되는 운전석 뒤편에 설치하였다. 마지막으로 하나는 왼쪽 뒷문 창문의 개방된 중앙에 설치하였다. 차량 외부에 2개의 비디오 카메라를 설치하여 관찰 하였다.

담요가 접히는 부분 주변에 불이 붙은 종이를 직접적으로 닿아서 점화시켰다. 점화시 차량의 문과 창문은 폐쇄된 상태였다. 종이에서 담요로 화재가 확산되는 것을 관찰하는 실험이었다. 차량 내부는 점화되거나 연소된 제품으로부터 연기가 2분 이내에 가득 차고 모든 창문 유리 표면 안쪽이 응축하기 시작했다. 3분 이내에 차량 창문을 통해 화염의 전파는 확인되지 않았다. 점화 후 3분 45초에 연기가 화물 구획을 통해 나오는 것을 볼 수 있었지만, 차량내부 온도는 전반에 걸쳐 100°C 아래로 유지되었다. 바로 그때, 왼쪽 뒷문 창이 기계적 충격에 의해 깨지게 되었다. 창문이 파손되고 2분 이내에, 차량 온도가 600°C를 초과하여 화물 구획부에 있는 가연물들이 완벽하게 불길에 쌓여 사라지는 것처럼 보였다. 나머지 창문은 점화 후 6-8분의 간격으로 깨졌고, 오전 7시 20분경에 경첩으로 닫혔던 부분도 모든 창문이 깨졌다는 것을 재현하기 위해 열렸다. 차량의 중심 (피해자가 있을 것으로 추정된 곳) 근처의 온도는 점화 후(마지막 창문이 깨질 때) 약 8분 가량 1000°C넘은 온도가 유지되고, 이 이후 15분 동안 600°C 이상을 유지하였다. 차량내 있는 화재하중이 거의 소모되었을 때 비로소 온도가 떨어지지 시작했다. 소화작업은 주수관을 통해 점화 후 30분이 지나서 진행되었다. 가장 중요한 열전대의 두 부분(3분45초 뒷문지점, 차량 중앙부분)의 온도는 그림 5와 같다. 이것은 점화 후 6~7분 사이에 플래시오버가 발생했다는 것을 데이터에서 확인 할 수 있다. 열방출율은 직접적으로 측정될 수 없으나, 미리 예견된 열방출율 2~3MW는 차량내 불길 크기 중에서 가장 높은 고온부에서 일치했다.



**그림4** : 실험용 차량 바닥에서부터 천장으로, 앞부분에서 뒷부분으로 탔음.  
결과는 실제 차량화재와 거의 비슷한 결과를 얻었다.

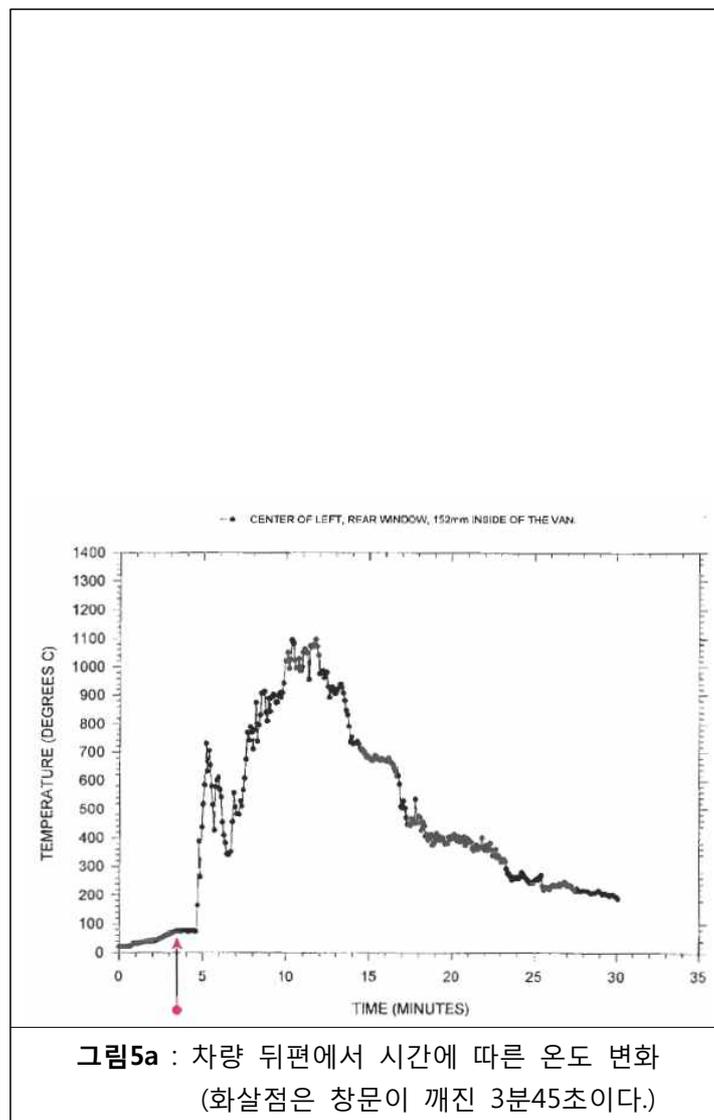
그림3에서 실험 차량의 손상과 범죄 현장에서 보인 것과 거의 비슷하다. 차량 뒤 측 1/4부분 나무상자를 위치한 곳에는 국한된 화염의 접촉이 있었던 부분을 제외하고 차량 앞부분에서 뒷부분 그리고 바닥에서 천장 부분으로 손상을 입었다. 천장은 구부러졌으며, 차량 내부에 있던 가연물은 모두 탔다. 모든 창문에서 유리는 차량 내부에서 부분적으로 발견되었고, 나머지는 차량에 가까운 외부에서 발견되었다. 모든 유리 파편에는 차량 내부에서 발생한 연기 화재로부터 생긴 그을음이 있었다. 기계적 충격에 의해 깨진 유리창문의 파편에서 그을음이 있어서 화재로 인해 깨진 유리파편과 구분하는 것은 쉽지 않을 것이다. 이것은 화재 현장에 명시되어 배포된 것과 동일하다.

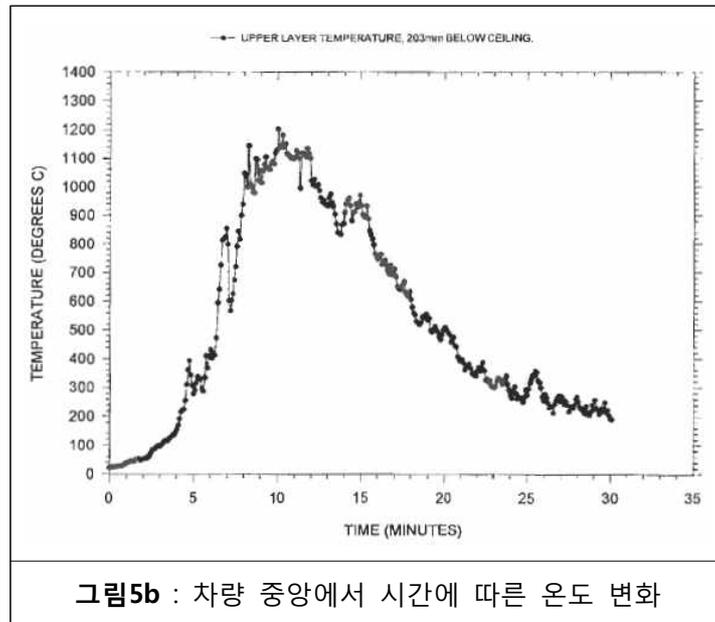
## 새로운 자료

최근 실험은 참여자들 중 한명에 의해 가연성 액체의 증기를 포함한 플래시오버(폭연)는 작은 구획된 실내 대기의 특성을 공개했다.(DeHaan, 1995) 이번 실험에서는 야영용 경유 1.9리터를 20m<sup>3</sup>로 구획된 실내의 개방된 내부에 불꽃이 옮겨 붙을 수 있는지 여부였다. 물론, 기록에 의하면, 고온 (~775°C)에서 가연성 깃털은 60초이 내에 점화된다. 게다가, 개방된 내부의 구획된 실에서는 90초안에 산소(O<sub>2</sub>)농도가 8.5%이하로 내려갔고, 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)농도는 15%정도로 증가하며, 문이 완전히 폐쇄되면 이산화탄소 농도는 100%에 도달한다. 각각의 경우에 15~30초 사이 이산화탄소의 농도는 최대가 되며 일산화탄소도 뒤쫓아 최대가 된다. 액체가 고인 주변에 피해자를 포함한 가연성 액체 플래시오버 화재에 대해 이러한 결과는 의미가 강하다. 분명히, 의식이 있었던 희생자(여자피해자)는 희박한 산소가 있는 장소인 반면에

이산화탄소의 농도는 매우 짙고, 매우 뜨거운 수증기가 있는 환경에 노출되었다.

이러한 가스의 흡입은 몇 호흡만으로 호흡장애가 유도 것으로 예상되어진다. 일산화탄소를 상당량 흡입하면 혈류 속에 흡수되기 전에 아마도 의식이 혼미해지고 사망에 이르게 된다. 이 메커니즘은 공기를 통해 확산하면서 혼합되는 가연성 액체 증기를 통해서 발생한 플래시오버가 사망 원인으로 제시되었다. 몇몇 참여자들은 화재가 시작하는 시점에서는 희생자는 살아있는 상태였으며, 일산화탄소 농도가 0% 이거나, 거의 0%에 가까운 상황에서 사망할 확률은 작다고 보고했다.





이러한 사망자 중 일부는 자동차 사고로 가솔린 유출과 연결되어있다. 불이 점화 되었을 때 희생자는 가연성 액체가 모인 곳으로부터 떨어져 있었다면, 남자 피해자 또는 여자 희생자는 폭연의 급성효과보다, 화재와 연관된 (일산화탄소를 포함하여) 독성가스 및 열의 상승에 영향을 더 받았을 것이다. 이러한 예들로서, 일산화탄소의 농도는 가연성 액체가 없는 상태에서는 오직 가연물만큼 높아진다. 그러나, Shkrum 과 Johnson에 따르면 휘발유가 확인되었진 경우에, 일산화탄소헤모글로빈 농도는 0% ~ 80% 수준에서 다양한 32가지 사망의 종류를 보고했다. 희생자가 연소가스를 직접적으로 마셨던지 아니면, 휘발유 불꽃에 의해 점화된 것으로서 다른 근처의 연료의 연소 제품의 연기를 호흡했던지 가변성은 명백하다.

이 테스트에서 다른 데이터도 이번 차량화재 실험에서의 결과와 관련이 있다. 증기 점화의 처음 몇 초 만에 발생하는 화염의 관찰에서는 아주 작은 그을음만 보인다. (증기는 점화 시에 공기와 잘 혼합되어 있기 때문에 연소가 매우 잘된다.) 이러한 가스를 호흡하는 것은 목에 점액 점막의 온도 변화 (탈수, 부종)을 유발할 가능성이 높고, 약간의 그을음이 목구멍에 침전되었으나 심지어 치명적인 후두경련을 발생할 수 있는 가능성이 있다. 사후 결과에서 기관지 안에서 광범위한 그을음 침전이 드러났고, 기관지내의 잔여물인 이것들은 모두 신체의 국부적인 증기화염이라기 보다 연기에 오랜 기간 동안 노출되었음을 나타낸다.

게다가, 온도는 휘발유나 캠핑 연료로서 NFPA에서 언급된 다른 연료를 위에 기록된 것과 같은 동위 연료(750°C~900°C)인 탄화수소 연료의 지속된 화재온도보다 높게 기록되었다. 모든 기대는 가연성 액체 화재에 노출된 몸에 입은 피해는 현실적이지 않기 때문에 일반적인 가연물(카페트, 비품, 의류 등)의 화염에 의하여 유발된 것보다 훨씬 더 치명적이어야 한다. DeHaan의 저서에서 언급되어졌던 사실이 이번

시험에서 탄화수소 연료는 의외로 짧은 시간 동안에 연료를 소비하여 탈 수 있다는 사실이 드러났다.

예를 들면, 실험방식에 의하여 탐지될 수 있는 가연물의 연소를 지원하는 데는 맞지 않는 잔여물과 계속해서 타는 카페트를 남기고 콘크리트 바닥면에 부어진 4.5리터 연료를 사용한 휘발유 화재에서는 대략적으로 3~4분만에 타버릴 것이다. 실험에서는 카페트에 콜맨 캠핑 연료의 1.9 리터를 사용했다. 탄화수소 연료는 카페트를 계속적으로 태우기 위해 남겨져서 점화 후 2~2.5분 이내에 연료는 모두 사용했다. 이것은 가연성 액체의 매우 많은 용량이 없을 경우에는 가연성 액체를 통한 화염의 지속성은 매우 짧을 것을 의미한다. 따라서, 짧은 시간동안 화재에 의해 유도된 손상은 그에 상응하여 제한적일 수 있다.

## 사례 결과

분명하게, 만약 다량의 가연성 액체연료와 관련되어 있다면 화재 후 잔해들에서 그것의 일부가 발견되어 잔존 할 가능성이 높아진다. 이 경우, 피해자 밑에 바로 카페트 위에서 행해지는 실험실 테스트는 가솔린이나 유사한 가연성 액체에 대해 부정적이었다. 만약 피해자가 누드, 또는 거의 그렇다면, 그녀에게 던져진 상당한 양의 가연성 액체가 흘러넘쳐서 그녀의 밑에 카페트로 스며들어 나중에 발견될 것으로 예상된다. 또한 만약 피해자에게 가솔린이나 유사한 연료가 끼얹어져서 불이 붙었다면, 화염과 뜨거운 가스의 심한 효과는 실제로 그녀를 그 즉시 탈출할 수 없도록 무력화시켰으나, 그것은 또한 그녀의 혈액 속에서 매우 낮은 양의 일산화탄소를 발생시키는 동안 더 죽음을 유발할 것 같았다. 기록된 41% 그녀의 일산화탄소헤모글로빈 수치는 그러한 메카니즘과 일치하지 않았다.

신체의 파괴는 놀랄만하지만 특이하지는 않았다. 차량테스트에서 보여 지는 상태의 온도는 화장장의 온도와 비슷하기 때문에, 분명히 사람 몸을 주어진 2-3시간에 재로 만들어 줄어들게 할 수 있다. 많은 양의 연료를 적재하여 1000°C의 온도의 상태까지 지속되게 할 수 있었던 차량 화재에서 사람 몸이 상당히 불에 탄 것이 보여졌다. 몸이 금속 시트 프레임이나 스프링에 의해 떠받쳐진 곳에서 더 큰 직접적인 화염에 노출이 있고 더 나은 통풍으로 인해 더 많은 파괴가 있을 수 있다. 여기 치명적인 차량에서 ~ 1000°C의 플래시오버 온도는 큰 연료하중 (그리고 진압되어서 여전히 소비되어지지 않았던 연료가 있었다.)으로 인해 시간이 더 오랜시간 동안 유지되었을 것이다. 몸의 대부분의 손상은 또한 오른쪽 절반에 가해졌다. 이것은 차량의 내부(중앙)를 향하는 몸의 부분이어서 가장 엄청난 방열 및 화재로부터 대류적 열전달을 받았다. 몸의 왼쪽은 차량의 벽에 의해 화재로부터 열전달이 많이 차단되

서 훨씬 파괴를 덜 입었다. 화재시험에서 누군가가 했던 실패처럼(점화 후 약 7 분 정도에), 화재가 나는 동안 프로판 용기의 방출은 순간적으로 화재의 강도를 증가시켰을 지도 모른다. 다른 것들은 어떤가? 차량화재 테스트의 관찰은 온도가 증가하고 있었으나 (특히, 천정에서) 몇몇 활동은 허용하는 연기가 자욱한 환경을 보여준다.

그의 체포에 앞서서 병원치료 기간동안에 그에게서 관찰되어진 것은 연기흡입이었다. 혈액실험에서 산소의 공급에도 불구하고 일산화탄소헤모글로빈이 상승된 수치로 보여주었다. 예상한대로, 그의 머리카락 끝부분이 탄 것은 뜨거운 가스층 안에 활동했다는 것을 나타낸다. 만약 이 사람이 휘발유와 아주 가까운 곳에서 불을 점화하였다면, 그의 얼굴에 있는 털들이 더 많이 탔을 것이다. 이러한 피해는 관찰되어지지 않았다. 이번 시험동안(대략 4분)에 관찰되어진 점화와 약 1500°C 이상의 최고온도 사이에 시간적인 간격이 차량 안에서 의식 있는 사람이 탈출 할 수 있다는 것이 적절하다. 두피와 하족부에 찰과상은 머리로 강화유리창문을 깨부수고 바닥으로 다이빙하여 생긴 것과 일치했다. 마지막으로, 그의 옷을 입는 방식(혹은, 상당히 추운 온도를 고려하여 오히려 벗었거나)과 태도는 살인음모로서 동료(여자친구)에게 고의적으로 휘발유를 부어서 불을 지른 사람과 일관성이 있지 않는다.

## 결론

보고서에 따르면, 예를 들어, 증거물 또는 취합된 샘플에 대한 실험 결과와 같은 이 특별한 케이스에 대해 불완전한 데이터뿐만 아니라 화재의 확산에 관한 더 적은 정보로 접근했던 최초의 조사자들이 왜 그들이 가연성 액체에 의한 살인사건으로 왜 결론지었는지에 대해 인식되어질 수 있다. 가연성 액체 화재반응에 대한 더 나은 구체적 데이터와 이 특별한 케이스에 더 완성된 데이터뿐만 아니라 평범한 연료에서 화재의 강도, 그리고 연료, 환기(통풍), 지속기간들 사이의 관계에 대해 충분히 이해하여, 이 저자들의 결론이 원래 결과와 반대였던 이유를 이해될 수 있다. 차량 화재시험의 결과는 다소 발화의 방식과 그 원인과 관련하여 연료의 정확한 분사에 의존한다는 것에 동의한다. 그러한 요소들은 결코 화재후의 잔해들로부터 밝혀질 수 없다. 발화 원인에 대한 단서는 화재 후에 촛불의 잔여물이 어떤 것도 발견되지 않았기 때문에 촛불이 사용되어졌었다는 진술이다. 그러한 종류의 연료에서 적절한 발화의 원인에 주어진 문제는 화재가 어떻게 진행되어 지는가이다. 그것은 차량 화재시험결과가 다음과 같은 경우를 보여주기 때문에 차량에서 높은 강도의 화재가 입증되어질 수 있다. 첫째 화재 초기에 유리창이 깨져있었다는 점이고, 둘째, 플래시오버 후에 연료가 소비될 때까지 매우 높은 온도가 유지되었던 점이다. 더 이전에 제기되어진 세 가지 문제로 되돌아가서, 우리는 지금 많은 결과들이 조사자들이 처음에 결론지었을 때 나타나고 있었던 사건과 모순되는 것을 알 수 있다. 생존자에

의해서 보고되어진 것으로써, 처음에 연속적인 사건들은 차량, 희생자의 몸, 그리고 또한 그 남자자신만 걸으로 보았을 때 물리적 증거에 의해 뒷받침 될 것 같이 않았다. 화재의 치명성과 관련한 경우에 가장 정확한 정보만이 생사의 결과와 함께 여러 가지 가능성에 영향을 미치도록 엄청난 주의가 요구되어져야 한다.

---

*출처 : Reconstruction of a Fatal Fire In a Parked Motor Vehicle*

*번역 : 광주호남지부 박종혁*