

## 차량 내장재의 연소생성가스 분석 연구

김해림 · 박영주\* · 이승철\*\* · 이해평\*\*

강원대학교 방재전문대학원, 강원대학교 화학공학연구소\*, 강원대학교 소방방재학부\*\*

### A Study on the Analysis of Combustion Gases in the Car Interiors

Kim, Hae Rim · Park, Young Ju\* · Lee, Seung Chul\*\* · Lee, Hae Pyeong\*\*  
Professional Graduate School of Disaster Prevention, Kangwon National University

\*Chemical Engineering Research Center, Kangwon National University

\*\*Dept. of Fire & Emergency Management, Kangwon National University

#### 요 약

현대 사회에서 차량은 널리 보급되어 있으며, 일상생활에서 없어서는 안 될 필수품이 되어 있다. 그러나 자동차의 증가와 함께 차량화재 및 교통사고 등과 같은 문제점들도 함께 늘고 있는 실정이다. 2009년 기준, 1년 동안의 전체 화재발생건수 47,071건 가운데 차량 화재의 발생건수가 5,958건으로 전체의 12.6% 정도를 차지하였다. 특히 차량 내장재의 주 재질은 가연성을 지닌 열가소성 합성수지들로서 화재가 발생하였을 경우, 다량의 가연성 가스 및 독성가스를 방출하기 때문에 인명 및 재산 피해를 증가시키는 문제점을 갖고 있다. 화재 시 발생하는 독성가스는 짧은 시간에 주변으로 확산되어 인명피해에 치명적인 영향을 준다. 따라서 본 연구에서는 차량에 대한 화재위험성을 다각적으로 평가하기 위해서 연소생성가스에 주안점을 두고 연구를 수행하였다. 연구결과를 살펴보면, 차량내장재의 연기밀도는 624~172, 독성지수는 13.7~2.9인 것으로 나타났다.

#### 1. 서 론

현재 우리나라의 자동차 등록 대수가 1,765만대로 자동차 한 대당 인구수가 2.83명으로 자동차는 일상생활에 밀접한 관계에 있다. 그러나 자동차의 증가와 함께 차량화재 및 교통사고 등과 같은 문제점들도 함께 늘고 있는 실정이다. 차량화재의 경우 차량 내부에 가연물이 집중되어 있어 탑승자가 있는 상태에서 화재가 발생하면 인명피해까지 발생 할 수 있다. 차량의 위험성에 대한 선행연구로는 차량의 화재 시 열방출율을 측정하기 위해 실물실험을 수행한 대형 콘칼로리미터를 이용한 차량 화재 특성에 관한 연구<sup>1)</sup>와 차량화재의

원인분석 및 실험적 고찰<sup>2)</sup>이 있다. 이 외에도 차량에 사용하는 연료와 터널 등의 특정 장소에서 발생한 차량화재에 관한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 그러나 국내 일반 차량내장재의 연소생성가스에 대한 연구는 미미한 수준이다. 따라서 본 연구에서는 차량에 대한 화재위험성을 다각적으로 평가하기 위해서 차량 내장재를 대상으로 연기밀도시험기, NES 713 장비 등을 이용하여 차량 내장재의 연소생성가스 분석 연구를 수행하였다.

## 2. 실험

### 2.1 실험 재료

실험에서 사용한 시편은 차량 내장재로 일반차량의 시트, 플로어매트, 헤드라이닝, 보조매트와 군용차량의 시트, 천막(차량 뒤쪽의 천막)를 대상으로 실험을 하였다. 군용차량의 경우 차량 내장재가 시트를 제외한 모든 것이 철로 구성되어 있어 차량 전체 중 가연물을 대상으로 선정하여 뒤편에 천막을 포함하였다. 시편의 구성성분과 장비별 규격을 아래 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Experimental equipments and specifications of samples

구 분		구 성 성 분	NES713 무게(g)	Smoke density 규격(mm)
일반 차량	1 시트 (Seat)	PVC sheet + PUR	1.07	75 × 75
	2 플로어매트 (Floor Mat)	Nylon + PE	0.96	
	3 헤드라이닝 (Head lining)	PET + paper	0.99	
	4 보조매트 (Auxiliary Mat)	PE + PVC	1.04	
군용 차량	5 시트 (Seat)	Jacquard + PU	1.11	
6 천막 (Tent)	Fabric + PVC	1.08		

### 2.2 실험 방법

본 실험에서는 차량 내장재의 연소생성가스를 분석하기 위해서 Toxicity Test Apparatus와 영국 FTT사의 연기밀도시험기(Smoke Density Chamber)를 사용하였다. ISO 5659-2의 연기발생 특성은 일정한 부피의 chamber 내에서 물질의 연소로 발생하는 연기를 배출 없이 측정하는 방식으로서, 시험에 사용된 외부 복사열은 25 kW/m<sup>2</sup>이다. 점화불꽃이 없는 Non-flaming 방식을 채택하였으며, 다음 식(1)에 의해 계산된다.<sup>3)</sup>

$$D_s = 132 \log_{10} \frac{100}{T} \quad (1)$$

여기서, 132 : 연소챔버에 대해  $V/AL$ 로부터 유도된 인자  
 $V$  : 연소챔버의 부피  
 $A$  : 연소챔버의 노출면적

$L$  : 광 경로의 길이  
 $T$  : 광 투과율

NES 713의 독성특성은 1,150±25℃의 메탄가스 및 공기의 혼합으로 생성된 불꽃위에 1 g의 시편이 놓여 완전연소가 일어났을 경우, 직독식 검지관을 이용하여 총 13가지의 가스의 검출, 규격에서 제시하고 있는 치사농도(30분간 노출 시 사망)를 이용하여 최종적으로 아래의 식(2)를 이용하여 독성지수(Toxicity Index)를 계산한다.<sup>3)</sup>

$$\text{Toxicity Index} = \frac{C_{\theta 1}}{C_{f1}} + \frac{C_{\theta 2}}{C_{f2}} + \frac{C_{\theta 3}}{C_{f3}} + \dots + \frac{C_{\theta n}}{C_{fn}} \quad (2)$$

여기서,  $C_{fn}$  : 각 가스의 치사농도  
 $C_{\theta n}$  : 각 가스의 검출농도

### 3. 결과 및 고찰

일반차량과 군용차량의 내장재를 6가지로 분류하여 실험한 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Results of smoke density and toxicity index

구 분			연기밀도		독성지수
			Max Ds	시간 (s)	
일반차량	1	PVC sheet + PUR	387	137	13.1
	2	Nylon + PE	306	143	3.1
	3	PET + paper	461	202	5.4
	4	PE + PVC	624	186	9.8
군용차량	5	Jacquard + PU	531	164	3.5
	6	Fabric + PVC	172	447	3.1

차량 내장재의 연소생성물을 살펴보면, 연기밀도의 경우 6개의 모든 시료가 137~447초 사이에 최대연기밀도 값을 나타내었다. 일반차량의 보조매트(PE+PVC)의 경우 3분이 조금 넘는 시간에 624Ds에 최대연기밀도를 나타내었고, 다음은 군용차량의 시트(Jacquard+PU)가 164초에 531Ds의 최대연기밀도 값을 나타내었다. 독성지수의 경우 3.1~13.1의 범위로 나타났으며 일반차량의 시트(PVC sheet+PUR)는 13.1로 가장 높은 값을 나타내었다. 독성지수가 높은 시료의 경우 염화수소 및 일산화탄소와 이산화탄소가 높게 검출된 것을 확인할 수 있었다.

#### 4. 결 론

차량 내장재의 종류별 연소생성물의 분석을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 연기 발생의 경우 대부분의 시편이 실험시작 10분전에 많은 양의 연기를 발생하였다. 연기 밀도가 400이상인 경우 빛의 투과율일 0.1%가 되지 않는 상태로 일반차량의 헤드라이닝, 보조매트와 군용차량의 시트의 경우 최대연기밀도가 400이 넘게 나타났다. 독성지수는 미국 국방성규격(MIL)에서 제시하는 1.5~5의 값을 차량 내장재 6종류 모두 초과하는 것을 확인할 수 있었다. 탑승자가 있는 차량 내에 화재가 발생할 경우 인체에 유독한 가스로서 인한 피해와 화재 초기의 과다 연기발생으로 인한 시야방해로 인명 대피에 어려움을 초래할 것으로 예측된다.

#### 감사의 글

본 연구는 생존성기술특화연구사업(과제번호220100001)으로 이루어진 것으로 본 연구를 가능케한 방위사업청, 국방과학연구소에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 유용호외 2명 (2007). “대형칼로리미터를 이용한 차량 화재 특성에 관한 연구” 한국터널공학회논문집 제9권 제4호, pp. 343-349.
2. 진봉경외 3명 (2005). “차량화재의 원인분석 및 실험적 고찰” 한국안전학회 2005년도 추계 학술발표회 논문집.
3. ISO 5660-2, (2002). "Reaction-to-fire-tests - Heat release, smoke production and mass loss rate - Part 2:Smoke production rate(dynamic measurement).
4. NES 713, Determination of the Toxicity Index of the Products of Combustion from Small Specimens of Materials.