



# 주택화재재연실험을 통한 유해성 가스의 배출에 관한 연구

이해평 · 박영주 · 황미정 · 김민중 · 김효범\*  
강원대학교, 소방방재청\*

## A Study on the Toxic Gases Emission by Full-scale Experiment of Residential Buildings

Hae Pyeong Lee · Young Ju Park · Me Jung Hwang · Min Jung Kim ·  
Hyo Beom Kim\*

Kangwon National University, \*National Emergency Management Agency

### 요 약

본 연구에서는 주택화재가 발생할 경우, 건축용 외장재로부터 발생하는 유해성 가스를 분석하고자 주택화재재연실험을 수행하였다. 실험 방법으로는 스티로폼, 우레탄폼, 글라스울 소재의 샌드위치 패널을 대상으로 KS F 2271 규격을 이용한 실험용 생쥐의 생체반응을 실험하였으며, NES 713을 이용한 독성가스에 대한 분석을 실시하였다. 샌드위치패널에서 발생하는 대표적인 유해성 가스는 시안화수소와 일산화탄소이며, 그 중에서 가장 유독한 것은 시안화수소로서 2차 세계대전 당시 유대인 학살에 사용된 독가스인데 시안화수소를 사람이 흡입한 경우 750ppm 이상이면 즉사하며, 375ppm 이상이면 30분 내에 사망하는 것으로 알려져 있다.

### 1. 서 론

국내 건축물 화재에 대한 통계를 살펴보면, 2007년부터 2010년까지 4년간 평균 60.6%가 발생하였다. 이러한 통계는 주거, 비주거를 포함한 결과로 건축물 화재가 한해 발생하는 화재의 절반 이상을 차지하고 있다는 것을 알 수 있으며, 이에 따른 재산 및 인명피해도 나날이 증가하고 있어 이를 예방하기 위해서는 화재에 대한 정확한 위험도 평가가 필수적이기 때문에 건축화재에 대한 화재위험성 연구는 지속적으로 연구 중이다. 우리나라는 공동주택 및 주상복합건축물 등이 50층 이상의 초고층화 경향을 보이고 있으며, 많은 초고층건축물이 계획되어지고 있다. 초고층건축물의 경우 굵은 골재의 사용과 더불어 에너지 효율의 최적화를 위하여 경량 및 단열 효과에 적합한 외장재를 사용하고 있는 실정이다. 그러나 이러한 외장재는 단열 효과로 화재 시 실의 열을 차단하여 빠른 온도 상승과 화재

하중의 리스크가 높아 이에 적합한 규정이 필요하나 현재 외장재에 대한 규정은 미흡한 실정이다. 외장재의 접합부와 내부 심재는 해당 화재사고를 보더라도 건축물의 총체적인 안전성을 위협할 수 있어 구체적인 성능기준을 정립해 제도적 기준을 마련해야만 한다. 따라서 본 연구에서는 주택화재가 발생할 경우, 건축용 외장재로부터 발생하는 유해성 가스를 분석하고자 주택화재재연실험을 수행하였다.

## 2. 연구내용 및 방법

현재 건축물 외장재로 널리 쓰이는 복합 패널의 단열용 심재를 종류별로 구분하여 이 재료들 가운데 3가지인 스티로폼, 우레탄폼, 글라스울 소재의 샌드위치 패널을 대상으로 KS F 2271 규격을 이용한 실험용 생쥐의 생체반응을 실험하였으며, NES 713을 이용한 독성가스에 대한 분석을 실시하였다. 또한, 화재초기의 연기밀도는 인명 대피 시 시야확보에 있어 중요한 역할을 하기에 시간에 따른 연기밀도의 값을 구하고 용도에 따른 화재 연기의 확산 정도를 고찰하였다.

Table 1. Testing Materials in this Study

구 분		특 징
스티로폼		발포 스티아렌 수지를 일상적으로 이르는 말로서 거품처럼 작은 기포를 무수히 지닌 스티아렌 수지는 가볍고 단열성이 좋아 단열재, 포장 재료, 흡음재, 장식재 따위로 널리 쓰인다.
우레탄폼		아이소사이안산염화합물과 글리콜의 반응으로 얻어지는 폴리우레탄을 구성 재료로 하고, 구성성분인 아이소사이안산염과 다리결합제로 쓰는 물과의 반응으로 생기는 이산화탄소와 프레온과 같은 휘발성 용제를 발포제로 섞어서 만드는 발포 제품을 일컫는다.
글라스울		용융한 유리를 섬유 모양으로 한 광물섬유이며 고온에 견디며, 불에 타지 않는다. 흡수성이 없고, 흡습성이 적으며, 화학적 내구성이 있기 때문에 부식하지 않는다. 또한 인장강도가 강하고 신장률이 적으며 전기 절연성이 크다.



Figure 1. Toxicity test apparatus for KS F 2271 and NES 713.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 연기발생 특성

Figure 2에서 알 수 있듯이 스티로폼과 글라스울의 경우 급격히 연기가 발생한 우레탄폼에 비해 꾸준히 연기발생량이 증가하여 3,600초에 최대 연기밀도 값이 나타나는 것을 볼 수 있다. 대부분의 외장재들과는 달리 우레탄폼의 경우, 초기부터 급격한 연기가 발생하다가 350초 정도에서 최대연기밀도가 발생하였고 VOF4의 값도 가장 높은 241.83으로 나타났다. 연기밀도가 400이상인 경우 빛 투과율이 0.1%가 되지 않는 상태로 인명대피 및 소화 활동 시 시야확보에 있어 많은 어려움을 느낄 수 있는 정도이다.

Table 1. Maximum Smoke Density and Occurrence Time

구 분	최대연기밀도 (Ds)	시간 (s)
스티로폼	33.73	3,583
우레탄폼	206.55	356
글라스울	5.40	3,575

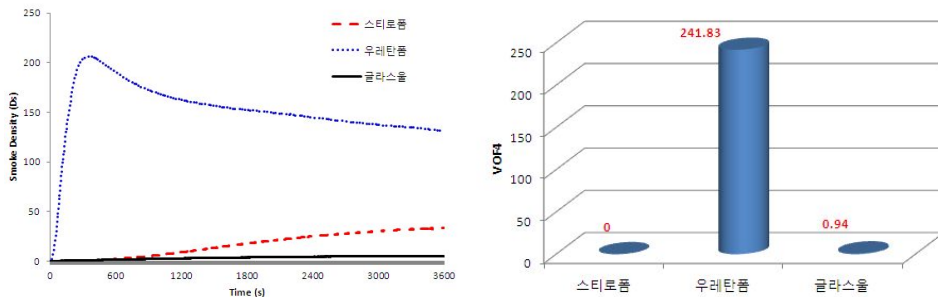


Figure 2. Smoke density and VOF4 according to time for the testing materials.

#### 3.2 독성가스 특성

NES 713 방법에 의하여 1 g의 시험체를 밀폐공간에서 연소시킨 경우, 생성되는 유독가스를 Dräger 직독식 검지관을 이용하여 측정된 결과 다음과 같은 결과를 얻었다. 총 3종의 대상물질 가운데  $H_2S$ ,  $NH_3$ ,  $SO_2$ ,  $C_6H_5OH$ ,  $HBr$ ,  $HF$  등 6가지 물질은 검출되지 않았으며,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $HCHO$ ,  $NO_x$  등 4가지 물질은 모든 대상물질에서 검출되었다. 그리고  $HCl$ 은 우레탄폼에서 검출되었고,  $HCN$ 은 우레탄폼과 글라스울에서만 검출되었는데  $CH_2CHCN$ 의 경우는 스티로폼에서만 검출되지 않았다. 총 3개의 시료를 대상으로 독성지수를 산출해본 결과를 살펴보면, 스티로폼이 가장 낮은 4.9를 나타냈으며, 우레탄폼은 11.7의 가장 높은 독성지수를 나타냈다. 아직까지 건축용 외장재에 대한 독성지수의 기준은 설정되어 있지 않기 때문에 독성지수를 이용한 건축용 외장재의 독성평가를 결론 내릴 수는 없는 실정이지만 미국의 MIL 기준을 참고한다면 스티로폼을 제외한 나머지 시료들이 MIL의 독성지수시험법에서 요구하는 기준인 5를 초과하는 것으로 확인되었다.

Table 2. Results of Toxicity Test for Ttesting Materials

실험대상 가스 (ppm)	스티로폼	우레탄폼	글라스울
CO <sub>2</sub>	5,000	5,500	5,000
CO	5	100	10
H <sub>2</sub> S	0	0	0
NH <sub>3</sub>	0	0	0
HCHO	0.2	5	0.5
HCl	0	1	0
CH <sub>2</sub> CHCN	0	6	1
SO <sub>2</sub>	0	0	0
NO <sub>x</sub> =(NO+NO <sub>2</sub> )	5	10	10
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	0	0	0
HCN	0	5	1
HBr	0	0	0
HF	0	0	0
Toxicity Index	4.9	11.7	6.8

#### 4. 결론

본 연구에서 분석한 독성지수 값들만으로는 독성의 치명성에 대해서 언급할 수 없지만 추후 독성지수를 이용한 기준을 설정하는데 기초 자료로 활용이 가능할 것으로 사료된다. 본 연구결과만을 살펴보면 대부분의 시료들로부터 검출된 독성가스들은 치사농도에는 훨씬 못 미치는 것으로 나타났으며, 독성지수 값들은 스티로폼<글라스울<우레탄폼의 순으로 나타났다.

#### 참고문헌

1. 건설교통부고시 제2006-476호(건축물 내부 마감 재료의 난연 성능 기준).
2. 건축법시행령 제2조(정의) 건설교통부령 제523호(건축물의 피난·방화구조 등에 관한 규칙).
3. 소방방재청 고시 제2005-71호(2005.11.4.) 방염제품의 성능시험 기술기준.
4. 한국산업규격 KS F 2271 : 2006(건축물의 내장재료 및 구조의 난연성시험방법) 중 6. 가스유해성시험.
5. KS F ISO 13785-1 "건축물 외장 구성재에 대한 연소 성능 시험 방법-제1부: 중간 규모 시험".
6. NES 713, Determination of the Toxicity Index of the Products of Combustion from Small Specimens of Materials.