

다중이용업소 바닥 마감재의 연소가스 독성평가에 관한 연구**강성동, 현성호*, 이창우**, 윤명오*****

서울시 소방학교, *경민대학 소방안전관리과, **서울시립대학교 지진·방재연구소

***서울시립대학교 건축도시조경학부

A Study on the Toxicity of Interior Materials in Entertainment Occupancy**Seong Dong Kang, Seong Ho Hyun*, Chang Woo Lee**, and Myung O Yoon*****

Seoul Fire Service Academy, *Kyung Min College, **Univ. of Seoul, ***Univ. of Seoul

1. 서론

1990년대 후반부터 불특정 다수가 이용하는 다중시설로서 청소년 등이 출입하는 유흥시설의 화재로 인해 대형 인명피해가 급증하고 있는 실정이다. 특히 이들 다중업소에 서의 건물에서는 피난활동에 필수적인 시설 등과 연기를 적절히 제어할 수 있는 시설이 마땅치 않아 한국의 저층 다중시설의 화재 취약성에 대한 기술적 연구가 절실히 요구되고 있는 실정이다. 더구나 최근 몇 년새에 발생한 인천 인현동 호프집 화재(99년), 성남 카라파크 호프집 화재(98년), 신촌 롤링스톤즈 락카페에서 일어난 화재(97년) 등은 세 화재가 동일하게 배연되지 않는 무창층이나 지하층에서 화재가 일어나 많은 인명피해를 발생시켰다는 점에서 일치하며, 또한 내부 인테리어 장식재가 유독가스를 발생시키는 재료로 되어 있었다는 점에서 그 맥을 같이 하고 있다. 특히, 국내 소방법상 지하노래방, 호프집 등의 다중시설에 사용되는 장식재에 대한 규제가 미흡하고, 화재시 영향평가가 전무한 상태에서 유독가스 및 발연성재료를 미관 및 형상조형이 뛰어나다는 이유로 무분별하게 사용되고 있으므로 이들 재료에 대한 연소특성을 조사하는 것은 매우 의미 있는 일일 것으로 사료된다. 이들 재료의 연소시 위험성을 결정하는데 고려해야 할 요소들로서는 재료의 착화성, 연소성, 재료가 타면서 발생하는 열, 열발생 속도, 연기 및 연소가스 발생이 있다. 물론 각 재료의 위험성 요소를 종합적으로 평가하는 방법이 무엇보다도 중요하겠지만 화재시 인명피해의 주원인은 연소 시 발생하는 연기나 연소가스에 의한 질식, 중독 등에 의한 것이다. 특히 탄화수소계 내장재에서 발생하는 일산화탄소와 이산화탄소에 의한 인명피해 비율이 높은 것으로 알려져 있다. 따라서 연소가스의 방출량을 평가하는 것은 매우 의미 있는 일이라 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 현재 다중이용업소에서 바닥재로 사용되고 있는 재료를 대상으로 재료의 위험성을 결정하는 요소 중 연소가스 독성을 NES 713의 가스택 가스검지관을 이용하여 평가하였다. 또한, 시료의 연소 조건에 따라 발생할 수 있는 유독성 가스 중 이산화탄소, 일산화탄소, 산화질소, 이산화질소 및 아황산가스를 가스분석기를

이용하여 시간변화에 따라 연속적으로 측정하여 조사함으로써 화재시 내포하고 있는 바닥재의 위험성을 평가해 보고자 하였다.

2. 실험

2.1 실험장치

시료의 연소가스 분석을 위해 제작된 실험장치는 그림 1과 같다. 실험 장치는 체적 0.96m³인 연소챔버, 분젠버너(높이 125mm, 구경 11mm), 연소챔버 외벽에 가스검지관 삽입구, 강제배출장치, 혼합팬으로 구성되어 있으며, 메탄가스 및 공기를 조절하는 유량조절장치, 시간측정장치, 가스검지관 등으로 구성되어 있다.

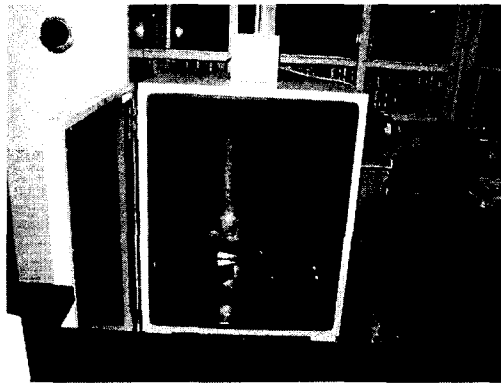


그림 1. 연소가스 독성분석장치

2.2 시료의 준비

본 연구에 사용한 시료는 현장 실태조사를 통하여 현재 서울시내의 다중접객업소에서 널리 시공되고 있는 바닥재로 2개회사 10개 제품을 선정하였다. 실험체로부터 각각의 시료를 2cm×2cm(1~3g)로 절단하여 23±2℃, 상대습도 50±5%의 조건에서 24시간 보관한 후 실험에 사용하였다.

2.3 실험방법

연소챔버 바닥 중앙에 위치한 시편지지대에 시편을 올려놓고 버너로 들어가는 연료인 메탄가스를 10 l/min, 공기를 15 l/min으로 유지시키고, 버너 불꽃의 길이를 100mm 정도로 유지시킨다. 온도계를 이용하여 버너의 온도가 1,150±50℃가 되도록 하여 시편에 노출시켰다. 연소챔버의 밀폐를 확인하고 강제배출장치가 꺼져 있는지 확인한 다음, 연소챔버 우측면에 장치된 가스검지관 삽입구를 통하여 가스검지관을 삽입하고 연소챔버의 문을 닫고 버너에 연료를 공급함과 동시에 점화시킨 다음 시간을 측정하였다. 연소 시간은 시편이 완전연소될 수 있는 충분한 시간 동안이며, 이 시간을 기록하고 버너를 끈 후 30초 동안 혼합팬을 작동시킨 후 즉시 연소챔버로부터 각각의 가스검지관을 통하여 차례로 가스를 뽑아내는 가스샘플링을 개시하였다.

각 연소가스의 농도는 각 시료마다 3회의 실험을 통해 얻어진 값을 평균해서 사용하였다. 이때 이산화탄소(CO₂), 일산화탄소(CO) 및 녹스(NO_x) 가스 농도는 실험전 연소챔버 내에서 버너의 불꽃을 1,150±50℃로 조정된 다음 점화하고 1분 동안 자유연소시킨 후 연료를 차단하고 30초 동안 혼합팬을 작동시킨 후 가스농도를 분석하고 이 값을 보정하여 사용하였다.

가스분석이 끝나면 즉시 문을 열고 강제배출장치를 통하여 연소챔버내의 잔류 연소생성물을 완전히 배출시키고 3분 이상 강제배출을 계속하였다. 시편 모두 연소되었는지 확인하기 위해 시편의 잔량을 확인한 다음, 만약 타지 않은 부분이 있는 것은 새로운 시편을 사용하여 실험을 다시 실시하였다.

한편, 시간의 변화에 따라 발생하는 유해가스의 농도를 측정하고자 가스분석기(Ecom A⁺)를 이용하여 이산화탄소, 일산화탄소, 산화질소, 이산화질소 및 아황산가스의 농도를 측정하였으며, 이를 RS-232 port를 이용하여 컴퓨터로 데이터를 수집하였다.

3. 결과 및 토론

3.1 시료의 유해가스 분석

NEC 713(Naval Engineering Standard 713) 방법에 의거하여 일정량(1~3g)의 시료를 충분한 공기가 제공되었던 환경에서 밀폐시켜서 연소하는 경우에 생성되는 유독가스를 가스텍과 각 가스의 검지관을 이용하여 측정하였다. 이와 같이 측정된 가스농도를 다음의 식에 적용하여 시료 100g당에 대한 유독가스 발생량을 계산하였다.

$$C_{\theta} = \frac{C \times 100 \times V}{m} \text{ [ppm]}$$

여기서, C = 챔버 내부 가스농도[ppm]

m = 시료 질량[g]

V = 챔버 용적[m³]

표 1. 시료별 연소가스 발생량[ppm/100g]

| 회사 및 제품 | | 가스명 | CO ₂ | CO | NO _x | HCN | HF | HCl | SO ₂ | NH ₃ |
|---------|------|-----|-----------------|-------|-----------------|-----|-----|-----|-----------------|-----------------|
| H 사 | A 제품 | | 72,000 | 576 | 96 | 24 | 48 | 96 | - | - |
| | B 제품 | | 100,800 | 1,440 | 144 | 24 | 720 | 192 | - | - |
| | C 제품 | | 115,200 | 2,592 | 144 | 24 | 336 | 48 | - | - |
| | D 제품 | | 57,600 | 1,440 | 38 | - | 154 | 38 | - | - |
| | E 제품 | | 80,640 | 1,440 | 77 | - | 192 | 38 | - | - |
| | F 제품 | | 80,640 | 1,037 | 77 | - | 192 | 38 | - | - |
| | G 제품 | | 92,160 | 1,440 | 77 | - | 77 | 38 | - | - |
| L 사 | H 제품 | | 91,637 | 1,571 | 175 | 22 | 463 | 131 | - | - |
| | I 제품 | | 72,000 | 1,728 | 58 | 24 | 480 | 240 | 24 | - |
| | J 제품 | | 92,160 | 1,440 | 154 | - | 77 | 38 | - | - |

이렇게 계산된 각 제품별 유해가스의 발생량을 표 1에 나타내었다. 표 1에서 보는 바와 같이 모든 제품에서 이산화탄소와 일산화탄소의 양이 대부분임을 알 수 있으며, 암모니아는 발생되지 않았다. 비교적 독성이 강한 SO₂와 HCN도 일부 제품에서 발생하는 것을 볼 수 있으며, 또한 HF와 HCl이 의외로 많이 발생하는 것을 볼 수 있다. 이는 제품 자체에 할로겐족 원소가 많이 포함되어 있기 때문인 것으로 사료된다.

3.2 시료별 독성지수의 평가

시료의 독성 지수(Toxicity Index)는 다음의 계산식에 의해 계산하였다.

$$\sum \frac{C_{\theta 1}}{C_{f1}} + \frac{C_{\theta 2}}{C_{f2}} + \dots \dots \dots \frac{C_{\theta n}}{C_{fn}}$$

여기서, 1,2,3, . . . ,n = 검출된 각 가스

C_f = 30분 노출시 치명적인 가스농도[ppm]

여기서 30분 노출시 치명적인 가스농도[C_f]는 가스의 종류에 따라 서로 다르다. 그 값을 표 2에 나타내었다.

표 2. 30분 노출시 인체에 치명적인 가스농도[C_f]

| 가스명 | ppm | 가스명 | ppm |
|------------------|---------|-----------------|-----|
| CO ₂ | 100,000 | SO ₂ | 400 |
| CO | 4,000 | NO _x | 250 |
| H ₂ S | 750 | HCN | 150 |
| NH ₃ | 750 | HBr | 150 |
| HCl | 500 | HF | 100 |

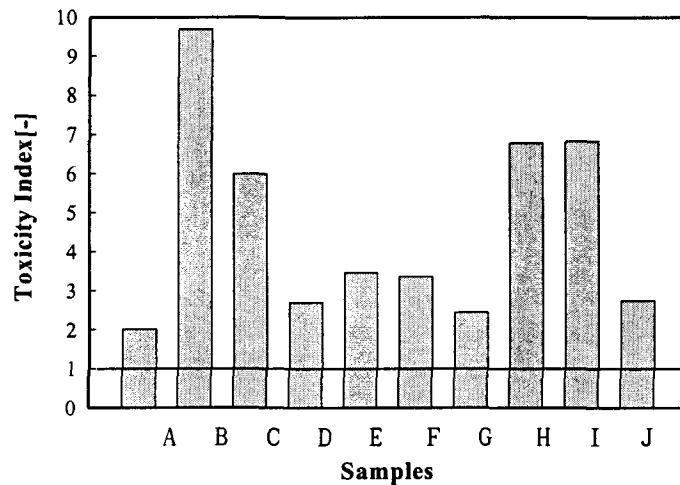


그림 2. 각 제품의 독성지수

각 시료별 독성지수를 계산하여 그림 2에 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 각 시료별 독성지수를 비교해보면 H사의 B제품이 9.7로 가장 높았으며, 5.0 이상인 제품이 40%에 달하였다.

4. 결론

이상의 결과로부터 시료로 사용한 다중이용업소의 바닥마감재의 연소가스 분석결과 제품별로 독성지수에 많은 차이가 있는 것을 알 수 있었으며, 독성지수 또한 비교적 높은 값을 보이고 있어 화재 시 매우 위험성을 내포하고 있는 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 윤명오, 화성 씨랜드 화재 문제 및 대책, 화재소방학회지, 13(4), pp. 57~60, (1999)
2. 박형주, 인천 인현동 호프집 화재사건으로 본 저층 다중시설의 화재안정상 취약요인과 대책, 13(4), pp. 61~67, (1999)
3. NFPA analysis of data from U.S. deam certificates coded E890~E897.
4. 위험관리 정보센터, 방재기술자료집 II, 한국화재보험협회, pp. 361-365, (1998)
5. Engene Mayer, Chemistry Hazardous Materials, 2nd edition, prentice-hall, pp. 436-437, (1990)