

아파트 마감재의 연기 유독성**한상범, 김 홍, 김운형*, 함상근**, 이영섭*****호서대학교 안전공학부, *경민대학교 소방안전관리과, **호서대학교 벤처대학원,
서울산업대학교 안전공학부**A Toxicity of Interior Upholstery in Apartment housing*Sang-Bum Han, Hong Kim*, Woon-Hyung Kim**, Sang-Keun Ham***,
Young-Seop Yi*******Hoseo University Dept. of Industrial Safety Engineering, *Kyungmin College Dept. of Fire Safety Management, **Hoseo University Dept. Graduate of Venture School, ***Seoul National University Dept. of Industrial Safety Engineering***1. 서론**

국내 아파트의 화재발생 추이는 최근 10년간 341%로 나타나 동기간 전체 화재 발생 건수의 235%를 상회하고 있다. 특히 인명 피해의 55%가 주택 및 아파트 등 주거건물에서 발생하고 있어 이에 대한 대책이 시급한 실정이다. 화재시 인명피해의 주원인은 연소 시 발생하는 연기나 유독성 가스에 의한 질식 등에 의한다. 특히 대부분의 탄화수소계 내장재에서 발생하는 일산화탄소에 의한 인명손실비율이 모든 유독성 가스 중에서 가장 높은 것으로 알려져 있다. 따라서 내장재의 종류에 따른 연소 특성과 일산화탄소와 같은 유독성 방출량 평가는 인명안전에 매우 중요한 요소가 된다.

내장재의 화재 위험성은 착화성, 난연성, 표면의 화염확산 및 방출열량, 방출 연기량 등 여러 가지 기준으로 평가될 수 있으며 나라마다 시험방법과 기준이 다르다. 국내에서는 표준 시험(KS F 2271)에 의하여 불연재료, 준불연재료 및 난연재료 등 상대적인 분류 등급을 정하고 있으나 재료의 유독성 방출량보다는 가연성(flammability) 또는 불연성을 근거로 분류하고 있다.

이러한 배경에서 본 연구는 아파트 건물의 내장재로 널리 사용되는 벽지, 목재 합판, 커튼, 장판 등을 대상으로 LOI(Limite Oxygen Index) 측정방법과 NES 713 시험방법을 적용하여 마감재의 연소 특성과 일산화탄소 방출량을 비교 분석하였다.

2. 이론**2.1 마감재 종류**

현장 실태조사를 통하여 중소형 아파트에서 널리 사용되고 있는 내장재를 선정하였

Table 1. Samples used for the combustion study

마감재 종류	주요 구성요소	회사명
Floor Cover(Soft)	PVC + CaCO ₃ + etc	L사
Floor Cover(Hard)	PVC + CaCO ₃ + etc	L사
Floor Cover(Flame Retardant)	PVC + CaCO ₃ + etc	L사
Wallpaper(Flame Retardant)	Pulp + Ink + Plasticizer + Sb ₂ O ₃ + etc	D사 W사

으며 주요 내용은 표 1과 같다.

2.2 유독가스 검지장치

마감재의 유독가스는 미국 ENERAC 2000 연소가스 분석장치를 사용하였다. 기기 내부에 장착된 펌프에 의해 연소가스를 기기 내부로 흡입하여 각 센서가 해당 가스를 분석하였다. 측정되는 가스 종류는 CO, CO₂, NO_x, O₂, SO₂ 등이 있으며 본 연구에서는 일산화탄소를 기준으로 사용하였다. ENERAC 2000으로 측정할 수 없는 가스의 종류는 화학탐지 Gastec을 이용하여 유독가스의 양을 측정하였다. 이는 고도로 정확한 가스농도의 측정에 이용하며 농도 측정에는 지시눈금 가스 측정관을 사용한다. 또한 진공펌프에 의해 특수 측정관으로 증기나 가스 흡입되면 화합물이 매체과 반응하여 색이 변하거나 경계선이 생김으로써 농도를 측정한다. 가스농도의 측정은 착색부분의 끝에서 ppm 단위로 나타낸다.

3. 실험

3.1 NES 713 실험

시료의 무게 감소에 따른 연소특성을 관찰하기 위해서 장판, 벽지 및 합판을 시간별 무게 감소에 따른 연소가스의 방출 및 온도 등을 측정하여 보았다. NES 713 Chamber 내에 전자저울을 설치하여 시간별 시료의 무게 감소를 측정하였으며, 각 시료별로 온도를 측정하기 위해서 Chamber 내부 및 Vent 부분에 열전대를 설치하여 온도를 측정하여 보았다.

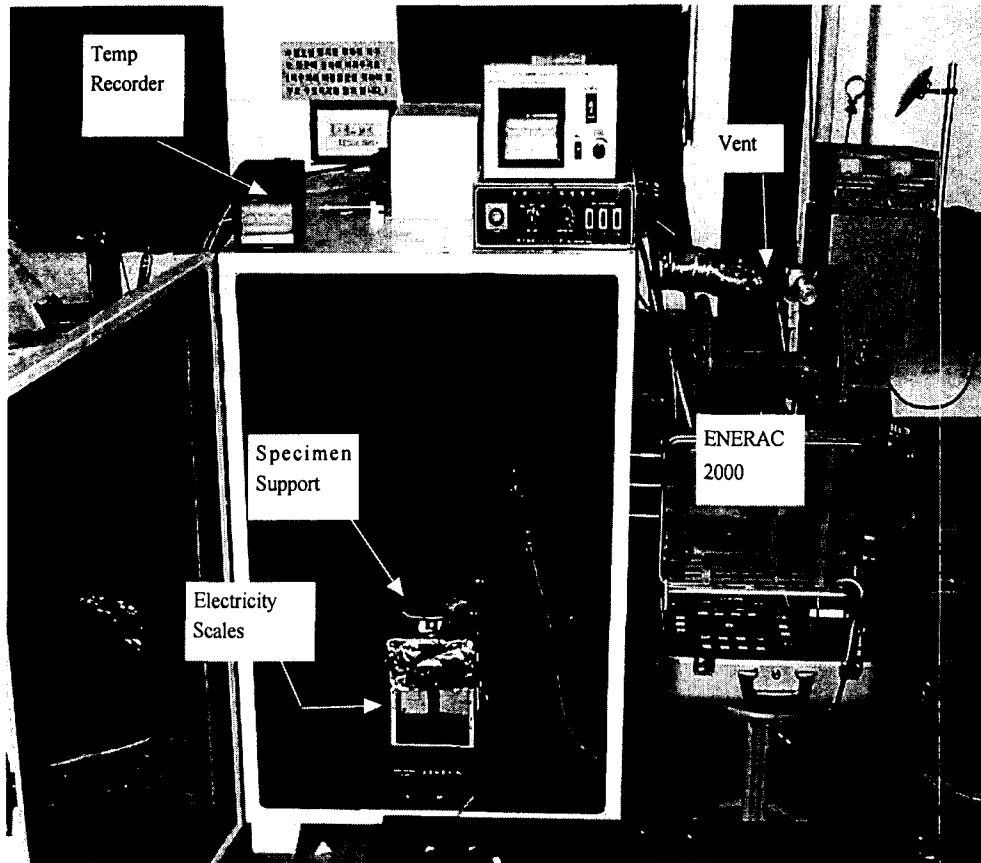


사진 1. Test Chamber for typical combustion

3.2 시료의 종류 및 실험방법

시료는 NES 713의 방법은 1~5g을 사용하도록 되어있으나 예비실험결과 충분한 가스의 발생이 되지 않아 본 실험에서는 Table 5.와 같이 5~15g으로 증량을 늘려 실험하였다.

연소특성을 관찰하기 위해 ENERAC 2000을 이용하여 산소가스와 CO농도를 측정했으며, 온도의 측정은 열전대(K type)을 이용하여 측정하였다. 전자저울은 Model Denver Instrument AA-200을 사용하였으며 측정 범위는 10^{-4} 까지 이다. 용이한 질량손실의 측정을 위해서 저울의 평형 위에 받침대를 놓고 그 위에 사양 받침대를 설치하였다. 그리고 점화는 약 45° 정도의 각도로 맞추어 시료가 용이하게 연소할 수 있도록 설치하였다. 실험은 환풍기를 작동시키며 하였으며 환풍기의 용량은 1.8 l/sec 이었다.

본 실험에 들어가기 전에 샘플이 없는 상태에서 연료만을 연소시키는 Blank 실험을 5회 실시하여 측정하고자 하는 가스를 분석한 결과 대부분 미량 측정이 되었으나, 본 실험 데이터에서는 그만큼의 값을 보정하였다.

3.3 연기 유독성 실험

3.3.1 Typical Combustion of Floor Cover

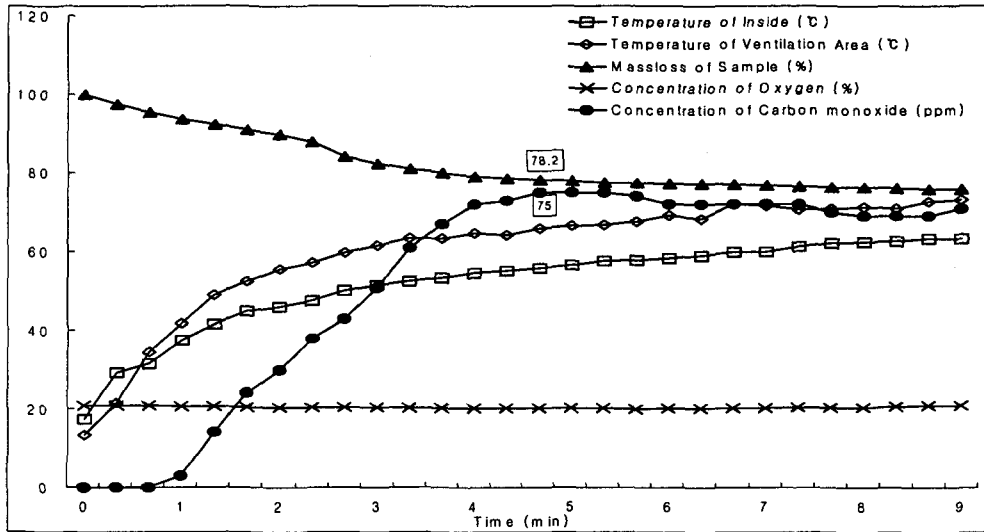


Fig. 1. Typical combustion curve of floor cover on 5g sample

3.3.2 Typical Combustion of Wallpaper

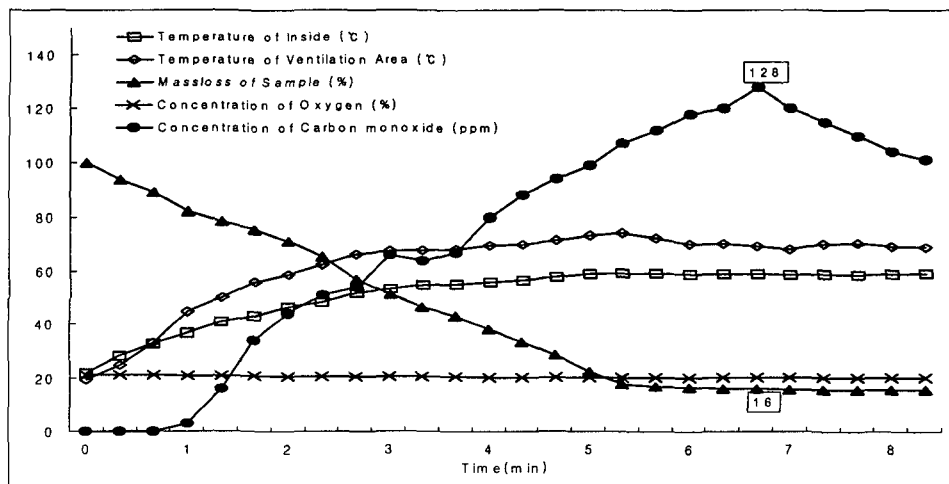


Fig. 4. Typical combustion curve of wallpaper on 5g sample

3.3.3 Typical Combustion of Veneer Board

난연도가 높은 장판과 벽지에서 CO/Mass loss의 값이 높았으나 난연도가 낮은 CO/Mass loss의 값이 낮았다. 이러한 이유는 난연성이 불안정 연소를 증가시켜 CO/Mass loss의 값을 증가시키는 것으로 사료된다.

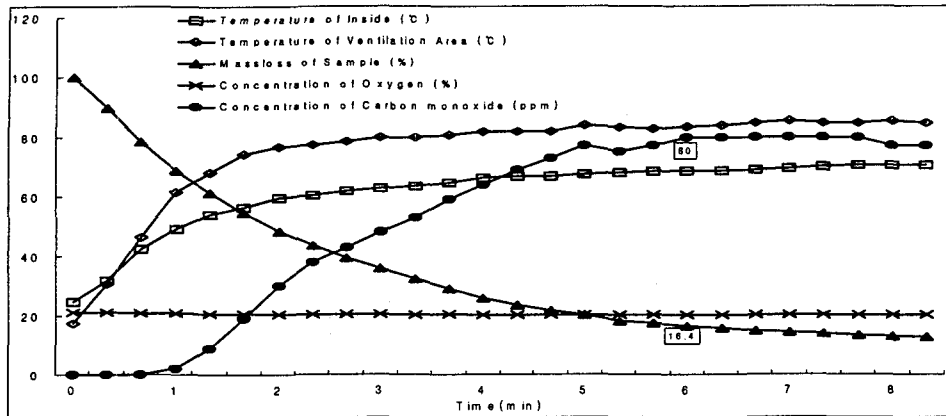


Fig. 7. Typical combustion curve of veneer board on 5g sample

4. 결론

아파트 건물의 마감재로 사용되는 벽지, 목재합판 및 장판 등을 사용하여 LOI 와 NES 713의 측정방법으로 연소가스 방출특성을 고찰한 결과 다음과 같다.

가. 장판, 벽지 및 목재합판을 질량별로 연소특성을 고찰한 결과 단일 CO의 양은 벽지가 가장 많이 측정되었으나 CO/ Mass loss는 장판이 가장 높게 나타났다. 따라서 장판의 경우 연소시 적은 양의 연소로도 많은 유독성 가스를 방출할 수 있음을 알 수 있었다.

나. 시료무게가 늘어날수록 CO/Mass loss가 증가하였다. 이와 같은 이유는 시료무게가 증가함에 따라서 CO의 발생량이 질량손실 양보다 크기 때문이었다.

다. 현재 사용되는 내장재의 KSF 2271 난연등급 및 방염성능시험방법은 연기생성량 및 유독성을 포함하는 연기위험도 평가방법으로 개선되고 향후 예상되는 재료시험방법의 국제적인 기준과 조화를 반영해야 한다.

참고문헌

1. NES 713 (Naval Engineering Standard 713), "Determination of the toxicity index of the products of combustion from small specimens of materials Issue 3", (March, 1985)
2. 김홍 외 0명, "방화공학", 동화기술, pp. 15-20, pp. 89-101, (1993)
3. 김운형, 김현우, 현성호, 이창우, 건축재료의 연기 위험도 실험, 한국화재소방학회 춘계 학술발표회, (2000. 4)
4. J. D. Innes, and A. W. Cox, "Smoke : Test standards, Mechanisms, Suppressant", Journal of Fire Sciences, pp. 227-239, Vol-15-May, (1997)
5. Marcelo M. Hirschler, "Smoke toxicity measurement made so that the results can be used for improved fire safety", Journal of fire sciences, Vol. 9, pp. 330-347, (1991)
6. F. H. Prager, "Toxicity of the combustion and decomposition products of Polyurethane", Fire and Materials, Vol. 18, pp. 107-119, (1994)

7. John R. Hall, Jr, "Whatever happened to combustion toxicity", Fire technology, pp. 351-371, (1996)
8. David A. Purser, "Toxicity assesment of combustion", SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, pp. 1-245, (1990)