

## 아파트 마감재의 연기 유독성 A Toxicity of Interior Upholstery in Apartment Housing

함상근·김 홍\*·한상범†\*·김운형\*\*

Sang-Keun Ham · Hong Kim\* · Sang-Bum Han†\* · Woon-Hyung Kim\*\*

호서대학교 벤처대학원

\*호서대학교 안전공학부

\*\*경민대학 소방안전관리과

(2001. 07. 13 접수/2001. 09. 22 채택)

### 요 약

아파트 내장재 중 마감재로 사용되는 벽지, 목재합판 및 장판 등을 사용하여 LOI(Limit Oxygen Index)와 NES 713의 측정방법으로 연소가스 방출특성을 고찰한 결과 난연 벽지, 장판 등의 난연성은 우수하였으나, 난연 벽지의 경우 접화원이 지속적으로 제공이 되어지면 유독가스를 많이 배출하였다. 장판, 벽지 및 합판을 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.

### ABSTRACT

Several types of widely used interior upholsteries including wallpaper, veneer board and floor cover, were selected to be evaluated by using the method of NES 713 test. Test results indicates that a fire with retardant wallpaper release a large amount of toxic gases when constantly exposed to a fire source. When evaluated in terms of the masses of released gases, the release of Carbon monoxide appears the highest in case of wallpaper fire, while the ratio of CO/Mass loss appears the highest in case of floor cover fire. Therefore, it can be concluded that, a large amount of toxic gas will release from a floor cover fire with even a small quantity of fuel.

**Keywords :** NES 713, Interior upholsteries, Flame retardant, Carbon monoxide

### 1. 서 론

국내 아파트의 화재발생 추이는 최근 10년간 341%로 나타나 동기간 전체 화재 발생건수의 235%를 상회하고 있다. 특히 인명 피해의 55%가 주택 및 아파트 등 주거건물에서 발생하고 있어 이에 대한 대책이 시급한 실정이다. 화재 시 인명피해의 주원인은 연소 시 발생하는 연기나 유독성 가스에 의한 질식 등에 의한 다. 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 방출량 보다는 가연성(flammability) 또는 불연성을 근거로 분류하고 있다.

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

† E-mail: bum6749@hanmail.net

## 2. 실험개요

### 2.1 마감재 종류

현장 실태조사를 통하여 중소형 아파트에서 널리 사용되고 있는 마감재를 선정하였으며 주요 내용은 Table 1과 같다.

### 2.2 시험방법

#### 2.2.1 ASTM D 2863-91 방법

사용되는 마감재 중 난연성능이 포함되어 공기 중에서 잘 타지 않는 시료의 난연정도를 분석하기 위하여 LOI Test를 시행하였다.

#### 2.2.2 NES 713(Naval Engineering Standard 713) 방법

일정량(1~5 g)의 시료를 충분한 공기가 제공되었던 환경에서 밀폐시켜서 연소하는 경우에 생성되는 유독 가스를 측정하는 장치이다. 시료의 유독가스 측정은 다음과 같다.

$$C_{\theta} = \frac{C \times 100 \times V}{m} \text{ (ppm)}$$

여기서 C=챔버 내부 가스농도(ppm)

m=시편 질량(g)

V=챔버 용적(m<sup>3</sup>)

Table 1. Samples used for the combustion study

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

Table 2. NES 713

NES 713	
Test Chamber	- Volume : At least 0.7 m <sup>3</sup> - The lining materials : Transparency polycarbonate - Mixing Fan : Rapid mixing of combustion products
Burner	- Flame : 100 mm height & 1150±50°C temperature - Gas : Natural gas (Methane), 40 MJ/m <sup>3</sup> - Gas & air flow rate : 10~15 l/min
Timing Device	- Within 5 minutes±1 second
Specimens	- Number & size : Entirely engulfed in the flame during the test - Condition : At 23±2°C & 50±5% RH for 24 hours before testing

한편 시료의 유독성 지수(Toxicity Index) 계산식은 다음과 같다.

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

여기서 1, 2, 3, ... n=검출된 각 가스

C<sub>f</sub>=30분 노출시 치명적인 가스농도(ppm)

#### 2.2.3 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, CO<sub>2</sub>, NOx, O<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> 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 화학물이 매체와 반응하여 색이 변하거나 경계선이 생김으로써 농도를 측정한다. 가스농도의 측정은 착색부분의 끝에서 ppm 단위로 나타낸다.

## 3. LOI 측정 실험

대상 마감재 중 장판(Floor Cover) 및 벽지(Wallpaper)의 경우 제품 자체에 난연성분이 포함되어 사용되고 있으므로 일반 마감재와 비교한 난연정도를 평가하기 위하여 LOI 실험을 진행하였다.

LOI란 어떤 연소 물질에 대하여 일반적으로 질소 불활성 분위기에서 연소 조연제로서 필요한 산소의 최소 농도를 말한다. 이러한 시험법의 종류는 착화성 용이성, 표면 연소성, 열량, 발열성, 연소 생성 기체의 유독

Table 3. JIS D 1201 등급평가

등급(GRADE)	LOI
Grade 1	Over 30
Grade 2	27~29
Grade 3	24~26
Grade 4	21~23

Table 4. The limit oxygen index of test samples

SAMPLES	LOI	GRADE
FLOOR COVER(SOFT)	27	2
FLOOR COVER(HARD)	29	2
FLOOR COVER(Flame Retardant)	29	2
WALLPAPER(Flame Retardant)	30	1

성, 연소 계속성 등이며 이중에서는 착화의 용이성이 대표적인 시험법인 산소지수법(JIS D 1201)을 실험을 한다.

3.1 시료종류 및 등급평가기준

시료의 종류는 장판(Soft, Hard, Flame Retardant) 및 벽지(Flame Retardant)의 5가지를 선정하였다. 시료의 크기는 ASTM D 2863-91의 시료의 조건에 따라서 폭 6.5±0.5 mm, 두께 2.0±0.25 mm, 길이 120 mm로 하였다. 난연성능 평가는 JIS D 1201을 기준하였으며 이에 대한 설명은 Table 3와 같다.

3.2 결과분석

LOI 실험 결과는 JIS D 1201을 기준으로 난연장판과 경질장판이 29로 나타났다. 그리고 연질 장판의 경우에는 27로 측정되었으며, 난연벽지는 30으로 측정되었다. 따라서 난연벽지의 경우는 난연 1등급에 해당하며, 장판의 경우는 모두 난연 2등급으로 측정되었다.

시료의 종류 및 측정 결과는 다음의 Table 4과 같다.

4. 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 열전대

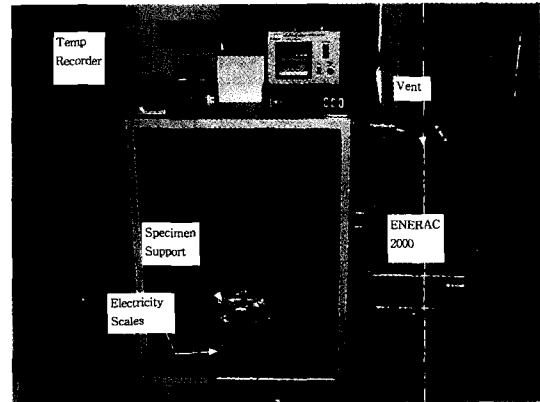


사진 1. Test Chamber for typical combustion.

Table 5. Samples for typical combustion test

SAMPLES	MASS(g)	RAW MATERIAL
Floor Cover (soft, Hard)	5	PVC+CaCO <sub>3</sub> +etc
	10	
	15	
Wallpaper	5	Pulp+Ink+etc
	10	
	15	
Veneer Board	5	Cellulose+Plasticizer +etc
	10	
	15	

를 설치하여 온도를 측정하여 보았다.

4.1 시료의 종류 및 실험방법

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

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

본 실험에 들어가기 전에 샘플이 없는 상태에서 연료만을 연소시키는 Blank 실험을 5회 실시하여 측정하

고자 하는 가스를 분석한 결과 대부분 미량 측정이 되었으나, 본 실험 데이터에서는 그만큼의 값을 보정하였다.

4.2 연기 유독성 실험

4.2.1 Typical Combustion of Floor Cover

시료 중 장판을 각각 5g, 10g 및 15g으로 나누어 실험을 하여보았다. 소실내부 및 통풍구는 °C, 시료의 무게 감소 및 산소는 %로 하였다. 그리고 CO는 ppm 단위로 나타내었다.

각 시료의 무게별 질량손실을 살펴보면 5g일 경우 75.8%로써 실험 전 시료의 24.2%가 연소된 것으로, 10g일 경우 71.1%로써 28.9%가 연소된 것으로 나타났으며 15g은 64.5%로써 35.7%가 연소된 것으로 나

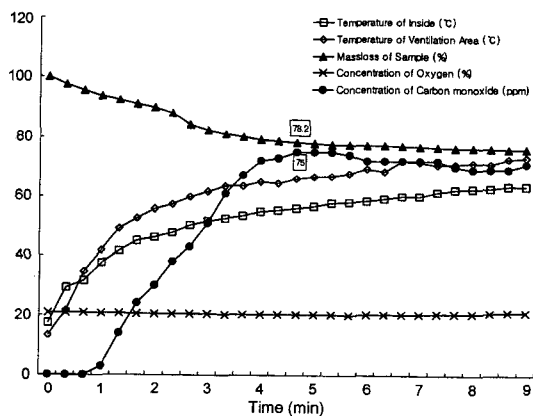


Fig. 1. Typical combustion curve of floor cover on 5g sample.

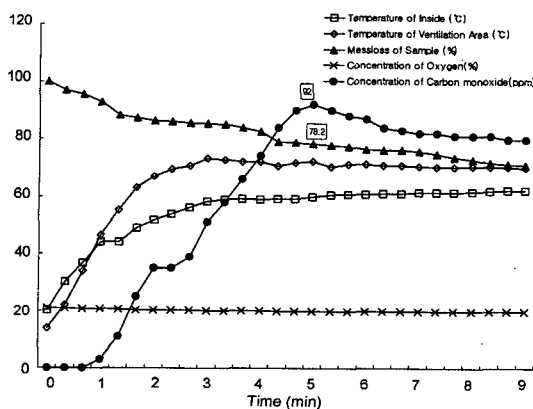


Fig. 2. Typical combustion curve of floor cover on 10g sample.

타났다. 이러한 결과는 시료의 무게가 증가할수록 연소되어지는 시료(Floor Cover의 경우) 또한 커지는 것을 알 수 있다.

그 이유는 장판은 LOI가 27로써 일반 공기 중에서는 잘 연소가 안되기 때문에 직접 화염면이 닿은 부분만이 연소가 이루어지기 때문이다. 따라서 시료의 무게가 늘어날수록 화염면에 직접 접촉되는 시료의 표면적 또한 늘어나기 때문인 것으로 판단된다. 5g, 10g 및 15g으로 나누어 실험한 결과는 다음의 Fig. 1, Fig. 2 및 Fig. 3과 같다.

장판 5g의 연소특성을 살펴보면 시료의 점화 후 약 1~2분 이후에 연소가 급속히 진행되었다. 온도는 약 2분까지 지속적으로 증가하다가 3분 이후에는 완만한 상승곡선을 나타내었다.

질량의 감소에 따른 CO의 발생량을 측정하기 위해 측정된 질량손실과 CO의 농도를 이용해서 계산을 하여보았다.

4분 40초(280초)에 CO의 발생량이 75 ppm으로 가장 크게 나타났으며, 이때의 질량감소는 21.8%(100-78.2)가 된다. 따라서 CO가 최대로 방출될 때의 CO/Mass loss를 계산하여 보면 다음과 같으며 CO/Mass loss 또한 가장 크게 나타났다.

$$CO(ppm)/Mass\ loss(\%) = 75/21.8 = 3.45(ppm/\%)$$

장판 10g의 연소특성을 살펴보면 시료의 점화 후 약 1~2분, 3~5분에 연소가 급속히 진행되었다. 약 2분을 전후하여 CO와 질량손실의 변화가 약간 보이기도 했지만 그것은 시료가 점화원에 닿는 부분이 변화한 것으로 해석된다.

CO의 곡선을 보면 약 5분을 정점으로 농도가 떨어

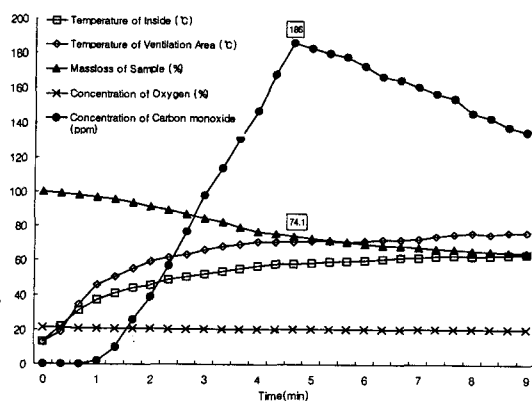


Fig. 3. Typical combustion curve of floor cover on 15g sample.

지는 것을 관찰할 수 있었으며, 5분(300초)에 CO의 발생량이 92 ppm으로 가장 크게 나타났다. 질량손실곡선 또한 약 4분을 지나면서 떨어지는 것으로 측정되었다. 가장 높은 CO/Mass loss를 계산하여 본 결과는 CO의 농도가 최고인 92 ppm일 경우로써 5분에 질량감소가 21.8%(100-78.2)으로 측정되었다.

따라서 CO가 최대로 방출될 때의 CO/Mass loss를 계산하여 보면 다음과 같다.

$$CO(ppm)/Mass\ loss(\%)=92/21.8=4.22(ppm/\%)$$

장판 15g의 연소특성을 살펴보면 시료의 점화 후 약 1~5분 동안 CO의 곡선이 급속도로 상승하였다. 질량손실곡선도 약 5분까지 뚜렷한 감소를 나타내고 있다. 그리고 4분 40초(280초)에 CO의 발생량이 186 ppm으로 가장 높게 나타났으며, 이때의 질량감소는 25.9%(100-74.1)가 된다. 따라서 CO가 최대로 방출될 때의 CO/Mass loss를 계산하여 보면 다음과 같다.

$$CO(ppm)/Mass\ loss(\%)=186/25.9=7.18(ppm/\%)$$

장판 15g의 질량손실, Chamber 내부의 온도, 통풍구의 온도 등은 5g 및 10g의 경우와 그다지 크지 않은 것으로 측정되었다. 그러나 CO의 농도는 5g, 10g 및 15g으로 질량이 늘어날수록 농도가 3.45, 4.22 및 7.18로 더욱 높게 측정되었다. 따라서 장판의 경우 시료의 질량이 증가하게 되면 온도에는 그다지 큰 영향을 미치지 않지만 CO 등 유독가스의 경우 농도가 증가되는 것을 알 수 있었다.

시료무게가 늘어날수록 CO/Mass loss가 증가하는 이유는 시료무게가 증가함에 따라서 CO의 발생량이 질량손실 양보다 크기 때문이다. 따라서, 다량의 시료는 많은 불완전 연소로 인하여 질량손실의 증가보다 CO의 양의 증가가 크기 때문인 것으로 사료된다.

#### 4.2.2 Typical Combustion of Wallpaper

시료 중 벽지를 각각 5g, 10g 및 15g으로 나누어 실험을 하여보았다. 소실내부 및 통풍구는 °C로 나타내었으며 시료의 무게 감소 및 산소는 %로 나타내었다. 또한 CO는 ppm 단위로 나타내었다.

각 시료의 무게별 질량손실은 벽지 5g일 경우 16%로써 실험 전 시료의 84%가 연소된 것으로, 10g일 경우 22.8%로써 77.2%가 연소된 것으로 나타났으며 15g은 33.1%로써 70.2%가 연소된 것으로 나타났다. 벽지의 경우는 대부분이 70~85%가 연소된 것으로 나타났다. 그 이유는 벽지의 주재료가 펄프로써 매우 잘 연소되는 특징이 있으며 또한 첨가된 잉크 등이 연소를 돕기 때문으로 생각된다. 따라서 단순 CO 발생량

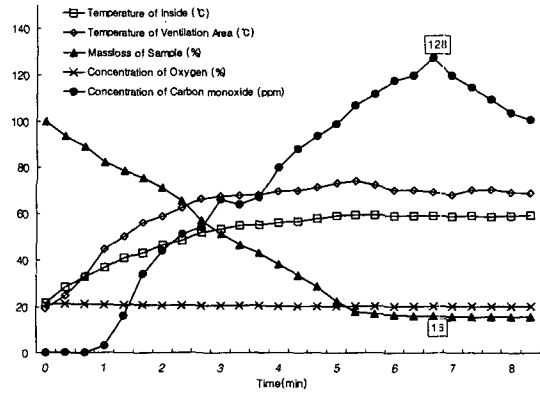


Fig. 4. Typical combustion curve of wallpaper on 5g sample.

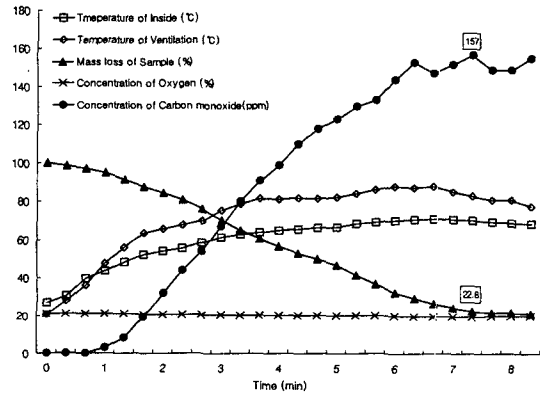


Fig. 5. Typical combustion curve of wallpaper on 10g sample.

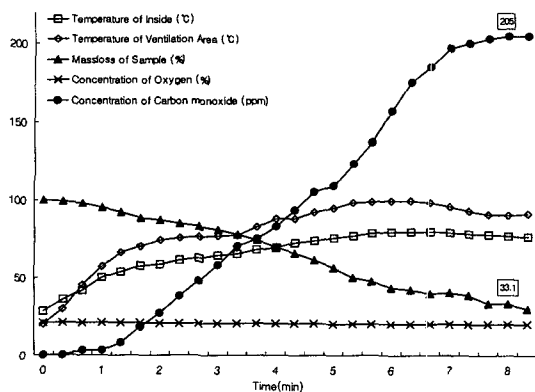


Fig. 6. Typical combustion curve of wallpaper on 15g sample.

은 높게 측정되었지만 CO의 발생량에 따른 질량감소 (CO/Mass loss)는 그다지 높지 않게 측정되었다. 각 질

량별 측정된 결과는 다음의 Fig. 4, Fig. 5 및 Fig. 6 와 같다.

벽지 5g의 CO 곡선의 농도 변화를 살펴보면 시료의 점화 후 약 7분 동안 지속적으로 연소가 진행되었으며, 질량손실곡선은 약 5분까지 뚜렷한 감소를 나타내다가 5분 20초 이후로는 큰 변화를 보이지 않았다. 이러한 사실은 약 5분만에 시료의 연소가 사실상 종료되었으며 기타의 다른 종류의 시료보다 약 3~4분 정도 빨리 연소가 끝남으로써 연소속도가 빠르다는 것을 알 수 있다. 그리고 6분 40초(400초)에 CO의 발생량이 128 ppm으로 가장 높게 나타났으며, 이때의 질량감소는 84%가 된다. 따라서 CO가 최대 방출될 때의 CO/Mass loss를 계산하여 보면 다음과 같다.

$$CO(ppm)/Mass\ loss(\%)=128/84=1.52(ppm/\%)$$

벽지 10g의 연소특성은 CO 곡선의 경우 시료의 점화 후 약 7분까지 지속적으로 연소가 완만히 상승되었으며, 질량손실곡선은 약 8분까지 뚜렷한 감소를 나타내다가 이후로는 큰 변화를 보이지 않았다. 그리고 7분 20초(440초)에 CO의 발생량이 157 ppm으로 가장 높게 나타났으며, 이때의 질량감소는 77.2%가 된다. 따라서 CO가 최대 방출될 때의 CO/Mass loss를 계산하여 보면 다음과 같다.

$$CO(ppm)/Mass\ loss(\%)=157/77.2=2.03(ppm/\%)$$

벽지 15g의 연소특성은 시료의 점화 후 약 1~7분까지 지속적으로 연소가 완만히 진행되었으며, 질량손실곡선은 약 8분 40초까지 완만한 감소를 나타내다가 이후로는 큰 변화를 보이지 않았다.

8분 20초(500초)에 CO의 발생량이 205 ppm으로 가장 높게 나타났으며, 이때의 질량감소는 70.2%가 된다. 따라서 CO가 최대 방출될 때의 CO/Mass loss를 계산하여 보면 다음과 같다.

$$CO(ppm)/Mass\ loss(\%)=205/70.2=2.92(ppm/\%)$$

벽지의 전체적인 연소특징은 뚜렷한 질량손실감소와 이에 따른 CO의 농도가 상당히 높게 측정된 것이다. 그러나 CO/Mass loss는 질량손실의 뚜렷한 감소 때문에 그다지 높게 나타나지는 않았으나 뒷장에서 측정된 실내유독가스의 방출특성에서 보여지듯이 CO발생의 주요원인 중 하나인 시료로써 관찰이 되었다. 각 벽지 무게별 CO/Mass loss의 값은 5g, 10g 및 15g일 경우 1.52, 2.03 및 2.92로써 높게 측정되지는 않았다.

4.2.3. Typical Combustion of Veneer Board

각 시료의 무게별 질량손실은 벽지와 유사한 정도로 나타났으나 CO의 농도가 벽지 보다 낮게 측정되어서 CO/Mass loss가 가장 낮게 나타났다. 합판 5g일 경우 질량손실이 실험 전 시료의 83.6%가 연소된 것으로, 10g일 경우 78.2%가 연소된 것으로 나타났으며 15g은 84.3%가 연소된 것으로 나타났다. 각 질량별로 측정된 실험은 다음의 Fig. 7, Fig. 8 및 Fig. 9와 같다.

합판 5g은 질량손실의 곡선이 약 8분까지 매우 완만한 형태로 나타나고 있으나 CO의 Curve는 5분 이후 약 80 ppm에 도달하자 거의 변화가 없었다.

6분(360초)에 CO의 발생량이 80 ppm으로 가장 높게 나타났으며, 이때의 질량감소는 83.6%가 된다. 따라서 CO가 최대 방출될 때의 CO/Mass loss를 계산하여

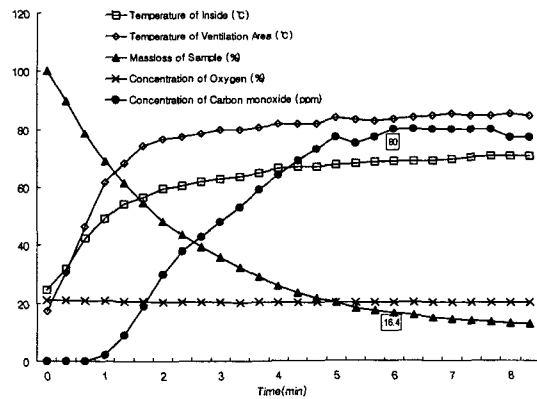


Fig. 7. Typical combustion curve of veneer board on 5g sample.

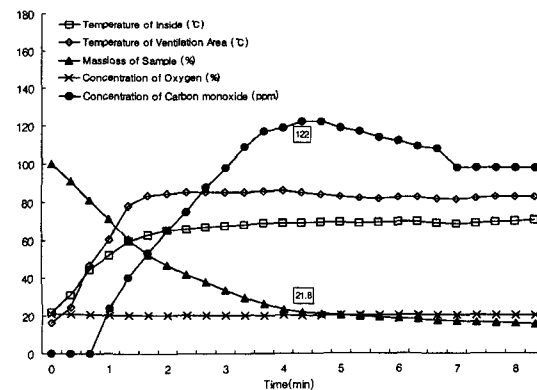


Fig. 8. Typical combustion curve of veneer board on 10g sample.

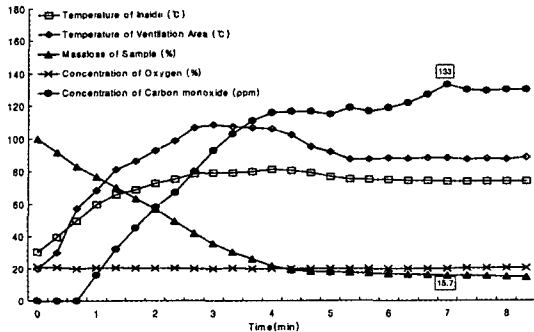


Fig. 9. Typical combustion curve of veneer board on 15 g sample.

보면 다음과 같다.

$$\text{CO(ppm)/Mass loss(\%)}=80/83.6=0.95(\text{ppm}/\%)$$

장판 10 g은 초반 약 4분까지 지속적으로 연소가 빨리 이루어지는 것을 알 수 있었다. 4분 20초를 기준으로 CO의 농도는 점진적으로 감소하였으나 질량손실의 곡선은 약 8분까지 매우 완만한 형태로 나타났다.

4분 20초(260초)에 CO의 발생량이 122 ppm으로 가장 높게 나타났으며, 이때의 질량감소는 78.2%가 된다. 따라서 CO가 최대량 방출될 때의 CO/Mass loss를 계산하여 보면 다음과 같다.

$$\text{CO(ppm)/Mass loss(\%)}=122/78.2=1.56(\text{ppm}/\%)$$

장판 15 g도 10 g과 유사하게 초반 약 4분까지 지속적으로 연소가 빨리 이루어지는 것을 알 수 있었다. 그러나 약 5분 20초와 7분 정도에 CO가 약간 상승하였는데 이는 점화 불꽃이 미치지 못한 부분의 시료가 그때까지 연소가 되지 않다가 시료 자체의 연소 확산에 의해서 CO가 좀 더 발생된 것으로 여겨진다.

7분(420초)에 CO의 발생량이 133 ppm으로 가장 높게 나타났으며, 이때의 질량감소는 84.3%가 된다. 따라서 CO가 최대량 방출될 때의 CO/Mass loss를 계산하여 보면 다음과 같다.

$$\text{CO(ppm)/Mass loss(\%)}=133/84.3=1.57(\text{ppm}/\%)$$

시료무게가 늘어날수록 CO/Mass loss가 증가하는 이유는 시료무게가 증가함에 따라서 CO의 발생량이 질량손실 양보다 크기 때문이다. 따라서, 다량의 시료는 많은 불완전 연소로 인하여 질량손실의 증가보다 CO의 양의 증가가 크기 때문인 것으로 생각된다.

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.

## 5. 결 론

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

1. LOI 측정결과, JIS D1201을 기준으로 난연벽지는 난연 1등급, 장판의 경우는 모두 난연 2등급으로 판정되었다. 난연 장판과 경질 장판은 29, 연질장판은 27, 난연벽지는 30으로 측정되었다.

2. 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.

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

4. 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. 김 홍 외0명, "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, p.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, p330-347(1991).
6. Tokio Morikawa, Eiji Yanai, "Toxic Gases from House Fires Involving Natural and Synthetic Polymers Under Various Conditions", Fire Safety Journal, pp.257-274(1993).

7. F. H. Prager, "Toxicity of the Combustion and Decomposition Products of Polyurethane", *Fire and Materials*. Vol.18, p.107-119(1994).
8. John R. Hall, Jr, "Whatever happened to Combustion Toxicity", *Fire Technology*, p.351-371 (1996).
9. David A. Purser, "Toxicity assesment of Combustion", *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, p.1-245(1990).