

소파커버의 연소특성에 관한 연구 A Study on Fire Characteristics of Sofa Cover Materials

이광흠[†] · 박영근 · 윤명오 · 현성호* · 김동일**

Kwang-Heum Lee[†] · Young-Keun Park · Myung-O Yoon ·
Seong-Ho Hyun* · Dung-Il Kim**

서울시립대학교 도시과학대학원 방재공학과, *경민대학 소방학과, ** (사)한국화재보험협회
(2003. 3. 11. 접수/2003. 6. 4. 채택)

요 약

본 연구는 다중이용업소에서 사용하고 있는 실내내장재료 중 소파커버의 인조가죽 5종에 대하여 연소시 위험성 요소인 착화성, 난연성, 열방출율, 독성가스를 평가하였다. 연구결과 Artificial Leather 1~5의 착화온도는 427~437°C, 산소지수는 19~20%로 나타났다. 또한 25 kW/m²의 복사열에서 착화시간은 10~16초, 최대열방출율은 147~277 kW/m²이었으며, 35 kW/m²의 복사열에서 착화시간은 6~9초, 최대 열방출율은 176~296 kW/m² 및 일산화탄소(CO)는 5,550~6,290 ppm, 이산화탄소(CO₂)는 18,500~23,400 ppm, 염화수소(HCl)는 110~140 ppm, 시안화수소(HCN)은 13~65 ppm, 질소산화물(NO_x)은 145~220 ppm이 발생하는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

In this study, we tried to evaluate the ignitibility, flammability, heat release rate, and toxicity of five different types of burning artificial leather sofa covers that are widely used in entertainment service industry buildings. As the results of this study, putting the artificial leathers under fire conditions we found out following results : auto-ignition temperature was 427~437°C, limiting oxygen index was 19~20%; at heat flux of 25 kW/m², ignition time was 10~16s and peak heat release rate was 147~277 kW/m²; and at heat flux of 35 kW/m², ignition time was 6~9s and peak heat release rate was 176~296 kW/m². The toxic materials discharged from the burning leathers were 5,550~6,290 ppm of CO, 18,500~23,400 ppm of CO₂, 110~140 ppm, of HCl, 13~65 ppm of HCN and 145~220 ppm of NO_x.

Keywords : Sofa cover, Artificial leather, Combustion characteristics, Auto-Ignition temperature, Heat release rate, Toxicity

1. 서 론

오늘날은 사회구조의 복잡 다양화와 생활수준의 향상으로 문화생활을 영위하기 위하여 영화관이나 노래방, 단란주점, 비디오방, 유흥주점등의 다중이용시설의 이용이 생활의 일부가 되었다. 이에 따라 최근 빈발하고 있는 다중이용업소의 화재와 인명피해에 대한 사회적 위기 의식이 증대되고 있으며 내부구조를 전혀 모르는 불특정 다수인이 이용하는 관계로 화재발생초기에 대피할 수 있는 시간적인 여유를 최대한 확보하고,

인명 및 재산피해를 최소화하는 것이 가장 중요한 일 것이다. 최근 몇 년사이 이런 다중이 이용하는 시설에서 일어난 화재로 인하여 발생한 피해를 살펴보면 재산상의 피해도 크거니와 인명피해가 너무나 크다는 사실이다. 건축기술 및 내장재료의 다양한 발달은 우리의 풍요로운 생활에 도움을 주었지만 높은 열, 유독가스를 발생하는 내부인테리어 장식재의 무분별한 사용과 건축물의 고층화, 지하의 심층화, 복잡화, 지상층 및 지하층 등의 무창층화로 인해 필연적으로 화재의 위험성 또한 대단히 높아져 소방의 여건변화를 가져왔다.

최근 발생된 성남 아미존 단란주점 화재, 인천 인현동라이브 호프집 화재, 대구지하철 화재등 다중이용시

[†] E-mail: khlee@hanmiparsons.com

설에서의 화재로 많은 인명피해가 잇달아 발생됨에 따라 국내 다중이용업소에 대한 화재안전이 사회 문제화 되고 있다. 1990년대 후반부터 불특정 다수가 이용하는 다중이용업소로서 청소년 등이 출입하는 유흥집객시설의 화재로 인한 대형 인명피해가 급증하고 있으며, 특히 이들 다중이용업소에서의 건물에서는 피난활동에 필수적인 시설 등과 연기를 적절히 제어할 수 있는 시설이 마땅치 않아 한국의 저층 다중이용업소의 화재 취약성에 대한 기술적 연구가 절실히 요구되고 있는 실정이다. 요즈음 일어나는 다중이용업소 화재의 공통점은 다량의 연기 발생과 독성가스가 지연되지 않아 무창층이나 지하층에서 화재가 발생하는 경우 많은 인명피해를 불러일컫는 점에서 일치하며,¹⁾ 또한 실내장식물로 사용하는 소파 등의 집기가 열, 연기, 유독가스를 발생시키는 주요 재료로 사용되고 있었다는 점에서 그 맥을 같이 하고 있다. 또한 유흥업소 및 신종 다중이용업소, 숙박업소(호텔, 여관 등)는 단 한번의 화재로 인해 다수의 인명피해가 발생할 수 있으므로 세심한 관리가 필요한 상태이다. 특히 이들 화재는 발화가 용이하고 열, 유독성 가스가 다량 방출되는 내부마감재, 인테리어 장식재, 방음재 등 가연성 내장재료의 무분별한 사용으로 대량의 인명피해가 발생되었다. 다중이용업소의 실내장식물 중 소파는 NFPA(미국방화협회)에서 성장시간을 ULTRA FAST의 화재성장속도 분류할 정도로 화재의 성장속도가 가장 빠른 것으로 보고하고 있다.²⁾

최근에는 새로운 내장재료의 재료들이 많이 개발되어 왔다. 그러나 이들 새로운 재료들은 기존의 재료들에 비해 뛰어난 많은 장점들이 있지만 대부분 가연성인 경우가 많다. 그럼에도 불구하고 새로운 재료들이 이전에 사용되던 재료들의 대체품으로서 안전한지를 판단해 보고자하는 시도도 없이 사용되는 경우도 있다. 더욱이 새로운 재료가 개발되면 기존의 재료를 사용한 제품의 장점들이 잘 파악되어 있는데도 이를 무시하고 새로운 재료의 진보된 특성들만 이용하려는 경향이 있었다. 따라서 화재안전의 확보라는 측면에서 각

재료의 특성에 적합한 평가방법의 적용이 필요한 것이다. 화재가 발생할 때 각 재료의 위험성을 결정하는데 고려해야 할 요소들은 재료의 착화성, 연소성, 열발생 속도, 연기발생 및 독성가스 등이 있다.³⁾ 이에 재료의 위험성 요소를 종합적으로 평가하는 방법이 무엇보다도 중요하다.

따라서 본 연구에서는 다중이용업소에서 사용하고 있는 실내 내장재료 중 소파의 커버로 사용되는 인조가죽 5종에 대하여 연소시 위험성 요소인 착화성, 난연성, 열방출율, 독성가스를 평가하였다. 착화성은 고체의 자연발화온도 측정방법인 ISO 871,⁴⁾ 난연성은 산소와 질소가 혼합한 상승기류속에서 착화된 물질의 연소를 지속하는데 필요한 최저산소농도를 측정하여 재료의 상대적인 연소성을 판단하는 방법인 KS M 3032,⁵⁾ 열방출율은 산소소비열량계(콘칼로리미터)를 이용하여 착화성, 방출열, 유효연소열량, 연기발생량을 측정하는 ISO 5660-1⁶⁾ 및 독성가스는 가스검지관(Colorimetric gas detector tubes)을 이용한 실험방법인 NES 713⁷⁾을 적용하여 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO₂), 염화수소(HCl), 시안화수소(HCN), 질소산화물(NO_x)을 평가하였다.

2. 실험체

실험체는 다중이용업소에서 사용하고 있는 실내 내장재료 중 소파의 커버로 사용되는 인조가죽 5종을 선정하였으며 실험체의 명세는 Table 1과 같다.

3. 실험장치 및 방법

3.1 착화온도실험(Auto-Ignition Temperature, AIT)

가연성물질이 공기중에서 점화원 없이 스스로 연소할 수 있는 최저온도를 측정방법인 ISO 871를 적용하였다.

Table 1. List of experimental materials

No.	Company	Materials	Density (kg/m ³)	Main component parts	Thickness (mm)
1	L사	Artificial Leather 1	500	PVC+Polyester+PU Adhesive 등	1.1(PVC part: 0.9, Fabric : 0.2)
2	L사	Artificial Leather 2	500	PVC+Plasticizer 등	2.2(PVC part: 2.2)
3	L사	Artificial Leather 3	440	PVC+Polyester+PU Adhesive 등	1.2(PVC part: 0.8, Fabric : 0.4)
4	S사	Artificial Leather 4	490	PVC+ Polyester+PU Adhesive 등	1.2(PVC part: 0.9, Fabric : 0.3)
5	S사	Artificial Leather 5	450	PVC+ Polyester+PU Adhesive 등	1.1(PVC part: 0.8, Fabric : 0.3)

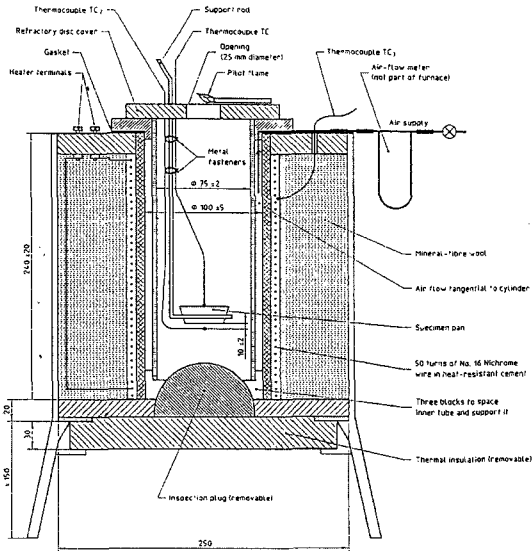


Fig. 1. The Auto-Ignition Temperature Apparatus.

3.1.1 실험장치

실험장치의 구조는 가열로, 온도조절기, 공기공급 및 제어장치, 공기공급 펌프, 실험편 홀더, 파일럿 버너 등으로 구성되어 있다. 착화온도실험장치[미국, ATLAS 사 Setchkin Auto-ignition temperature tester CS-81]는 Fig. 1과 같다.

3.1.2 실험방법

- (1) 질량 3.0±0.2 g의 실험편을 채취하여 온도 23±2°C, 상대습도 50±5%에서 40시간을 양생하였다.
- (2) 시험기의 온도조절기를 측정하고자 하는 온도에 설정한 다음 시험기의 컨트롤러의 모터를 가동하여 공기를 흘린 다음 공기의 유속을 맞추었다.
- (3) 설정된 온도에서 안정이 되면 미리 양생된 실험편을 실험컵에 놓고 열전대를 부착한 다음 시험기 내부에 삽입한 후 시험기 내부의 실험편을 관찰하였다. 만약 설정된 온도에서 5분간 유지했을 때 폭발, 불꽃, 작열 등이 나타나지 않거나, 실험편이 불꽃없이 다타서 소멸되었으면 착화가 되지 않은 것이다. 따라서 착화여부에 따라 설정된 온도를 50°C 낮추거나 또는 높였다.
- (4) 다시 높이거나 낮추어진 온도가 안정될 때까지 기다렸다가 새로운 실험편을 넣었다. 이 절차를 반복하여 착화가 일어나는 가장 낮은 온도를 찾았다.

3.2 산소지수실험(Limiting oxygen index, LOI)

산소와 질소가 혼합한 상승기류속에서 착화된 물질

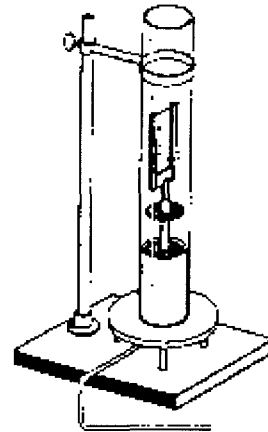


Fig. 2. The Limiting Oxygen Index Apparatus.

의 연소를 지속하는데 필요한 최저 산소농도를 측정하여 재료의 상대적인 연소성을 평가하는 방법인 KS M 3032를 적용하였다.

3.2.1 실험장치

실험장치는 KS M 3032 기준에 적합한 것으로 연소부, 가스공급부, 측정부, 및 점화기로 구성되어 있다. 산소지수시험기[미국, CBI사의 CS-178B]는 Fig. 2와 같다.

3.2.2 실험방법

길이 150 mm, 폭 20 mm의 실험편을 채취하여 온도 50±2°C의 항온조내에서 24시간 유지한 후 실험편을 U자형 고정기구에 수직으로 설치하였다. 실험편의 추정산소농도를 선택하여 그 농도에 해당하는 산소유량 및 질소유량을 설정하였다. 실험편에 15~20 mm의 불꽃의 점화기로 점화하여 점화시켜 연소시간이 3분이상이거나 연소길이가 50 mm이상이 되는데 필요한 최저의 산소유량과 질소유량을 결정한 후 식 (1)을 이용하여 산소 지수를 구하였다. 3개의 실험편에 대한 평균치를 산소지수값으로 하였다.

$$\text{산소지수}(\%) = \frac{O_2}{O_2 + N_2} \times 100 \tag{1}$$

O₂ : 산소의 유량(L/min)

N₂ : 질소유량 유량(L/min)

3.3 열방출률 등 실험(Heat Release Rate, HRR)

점화장치를 부착한 상태로 복사열에 노출된 실험편의 열방출 특성을 연소생성물 흐름속의 산소농도와 유속으로부터 유도된 산소소비량을 측정하여 평가하는 방법인 ISO 5660-1를 적용하였다.

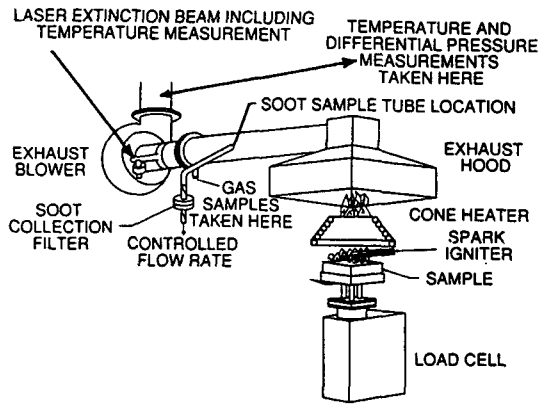


Fig. 3. The Cone Calorimeter Apparatus.

3.3.1 실험장치

실험장치는 콘 형태의 복사전기히터, 실험편의 질량을 측정하기 위한 무게측정장치, 실험편홀더, 산소분석장치, 유량측정장치를 부착한 배출시스템, 스파크점화회로, Heat flux meter, 교정용 버너 및 데이터수집 및 분석시스템들로 구성되어 있으며, 콘칼로리미터 [미국 ATLAS사의 AUTOCAL, CONE 2A]는 Fig. 3과 같다.

3.3.2 실험방법

콘칼로리미터를 이용하여 시편을 수평 방향으로 설치하고 25 kW/m² 및 35 kW/m²의 복사열에 10분간 노출시켰을 때의 착화시간(Time to Ignition), 최대 열방출율(Peak Heat Release Rate), 평균 열방출율(Average Heat Release Rate), 총방출열량(Total Heat Released), 유효연소열량(Effect Heat of Combustion)을 측정하였다.

(1) 실험체로부터 그 제품의 두께로 100 mm×100 mm(+0 mm)_{-2 mm}의 크기로 실험편을 절취하여 온도 23±2°C, 상대습도 50±5%에서 항량이 될 때까지 유지한 후 실험편을 0.03~0.05 mm의 알루미늄 호일로 감싸었다.

(2) CO₂ 트랩과 최종 수분트랩을 확인한 후 콘히터의 바닥판과 실험편의 상부 표면사이의 거리를 2.54 cm로 조정하였다.

(3) 배출유량을 0.024 m³/s±0.002 m³/s로 설정한 후 데이터 수집을 시작하였다.

(4) 준비된 실험편과 실험편 홀더를 질량 측정장치 위에 놓고 시험을 시작하였다.

(5) 인화 또는 일시적인 불꽃연소가 발생된 때에는 그 시간을 기록하였다. 지속적인 불꽃 연소가 발생한 때에는 그 시간을 기록하고 스파크 전원과 점화장치를 제거하였다.

(6) 시험시간동안 모든 데이터를 수집한 후 실험편과 실험편홀더를 제거하였다.

(7) 3개의 실험편에 대해 시험을 실시하고 시험결과를 기록하였으며 열방출율과 단위면적당 열방출율은 식 (2), (3)을 이용하여 계산하였다.

(a) 열방출율

$$\dot{q}(t) = (\Delta h_c / r_o) (1.10) C \sqrt{\frac{\Delta p}{T_e}} \frac{X_{O_2}^0 - X_{O_2}}{1.105 - 1.5 X_{O_2}} \quad (2)$$

여기에서 \dot{q}_A : 단위면적당 열방출율(kW/m²)

\dot{q} : 열방출율(kW)

A_s : 실험편의 공칭표면적(m²)

Δh_c : 순수연소열(KJ/kg)

r_o : 화학양론적 산소 대 연료 질량비

($\Delta h_c / r_o$ 는 NFPA Handbook을 참조하고 정확한 값을 알고 있지 못하면 13.1×10³ KJ/kg으로 설정한다.)

C : 산소소비량 보정상수(m^{1/2}kg^{1/2}k^{1/2})

Δp : 오리피스의 압력차(Pa)

T_e : 오리피스에서의 기체의 절대온도(K)

X_{O_2} : O₂의 물분율에 대한 산소분석기 눈금 판독값

$X_{O_2}^0$: 산소분석기 눈금의 초기값

(b) 단위면적당 열방출율

$$\dot{q}_A(t) = \dot{q}(t) / A_s \quad (3)$$

여기에서 A_s : 실험편의 초기 노출면적

3.4 독성가스실험(Toxicity gas)

체적 0.7 m³이상의 연소챔버에서 분젠버너에 의해 재료를 연소시켜 발생되는 연소가스를 가스검지관(Colorimetric gas detector tubes)에 의해 독성가스를 측정하는 방법인 NES 713을 적용하였다.

3.4.1 실험장치

실험장치는 체적 0.96 m³인 연소챔버, 분젠버너(높이 125 mm, 구경 11 mm), 연소챔버 벽면에 가스검지관 삽입구, 강제배기장치, 혼합팬, 메탄가스 및 공기를 조절하는 유량조정장치, 실험편지지대, 시간측정장치, 가스검지관 등으로 구성된 연소가스독성 분석장치를 사용하였다. 이 연소가스독성분석장치[한국, 에이텍사]는 Fig. 4와 같다.

3.4.2 실험방법

실험체로부터 1~2 g 크기의 실험편 3개씩을 절취하여 23±2°C, 상대습도 50±5%의 조건에서 24시간 보

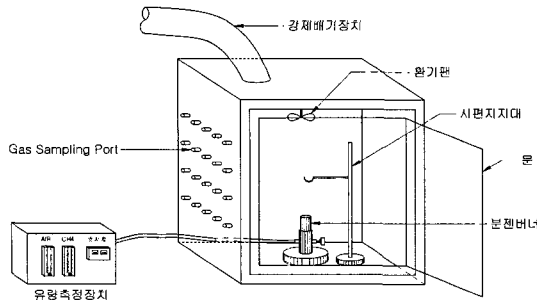


Fig. 4. The Combustion Gases Analysis Apparatus.

존하였으며, 연소챔버 바닥의 중앙에 버너를 설치하고 메탄가스를 10 l/min, 공기를 15 l/min로 조정하여 불꽃높이를 약 100 mm로 유지 가장 뜨거운 지점에서의 온도가 1,150±50°C가 되도록 하였다. 연소챔버 바닥 중앙에 위치한 실험편 지지대에 실험편을 올려놓고 버너의 불꽃을 1,150±50°C로 하여 실험편에 노출시켰다. 연소챔버의 밀폐를 확인하고 강제배기장치가 꺼져 있는지 확인한 다음, 연소챔버 벽면에 가스검지관 삽입구를 통하여 가스검지관을 삽입하고 연소챔버의 문을 닫고 버너에 연료 공급과 동시에 점화시킨 다음 시간을 측정하였다. 연소시간은 실험편이 완전 연소될 수 있는 충분한 시간 동안하며, 이 시간을 기록하고 버너를 끈후 30초동안 혼합팬을 작동시킨 후 즉시 연소챔버로부터 각각의 가스검지관을 통하여 차례로 가스를 뽑아내는 가스샘플링을 개시하였다. 가스분석이 끝나면 즉시 문을 열고 강제배기장치를 통하여 연소챔버내의 잔류 연소생성물들을 배출시키고 강제배출은 3분이상 계속하였다. 아래의 식 (4)를 사용하여 재료 100 g

이 연소하여 발생된 각각의 가스의 농도와 체적 1 m³ 중의 공기중에 확산된 각각의 가스농도를 계산하였다. 각각의 가스에 대해 3개의 C_θ 값을 평균한다.

$$C_{\theta} = \frac{C \cdot 100 \cdot V}{m} \quad (4)$$

여기서 C_θ : 분석된 가스농도(ppm)
 C : 연소챔버내의 가스농도(ppm)
 m : 실험편 질량(g)
 V : 연소챔버의 체적(m³)

3.4.3 독성가스의 위험성기준

각 독성가스에 인간이 가벼운 활동에서 2분, 5분 및 30분 동안 노출될 때 의식장해 및 사망에 이를 수 있는 독성가스농도의 위험성 기준은 Table 2와 같다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 착화온도

각 재료에 대하여 ISO 871를 이용하여 시험한 착화온도(AIT)의 실험결과는 Table 3과 같이 나타났다.

Table 3. Auto-Ignition temperature experimental result

Materials	AIT (°C)
Artificial Leather 1	437
Artificial Leather 2	427
Artificial Leather 3	435
Artificial Leather 4	433
Artificial Leather 5	429

Table 2. Hazard of the major toxicity gas concentration⁸⁾

Standard	Gases	Exposure duration					
		2 min(ppm)		5 min(ppm)		30 min(ppm)	
		Escape impairment	Death	Escape impairment	Death	Escape impairment	Death
NES 713	CO ₂	-	-	-	-	-	100,000
	CO	-	-	-	-	-	4,000
	HCl	-	-	-	-	-	500
	NO _x	-	-	-	-	-	250
	HCN	-	-	-	-	-	150
BSI DD 180	CO ₂	70,000	150,000	70,000	100,000	60,000	100,000
	CO	12,500	40,000	5,000	16,000	1,000	3,000
	HCl	1,000	40,000	1,000	16,000	200	3,000
	HCN	200	400	150	300	50	100

착화온도(AIT)는 Artificial Leather 2가 427°C로 가장 낮았고, Artificial Leather 1이 437°C로 가장 높게 나타났으나 각 재료별 차이는 크지 않은 것으로 분석되었다.

이는 주요 구성요소가 비슷한 재료이기 때문으로 판단된다.

4.2 산소지수

각 재료에 대하여 KS M 3032를 이용하여 산소지수(LOI)의 실험결과를 Table 4와 같이 나타냈다.

산소지수(LOI)는 Artificial Leather 2, 5가 19%, Artificial Leather 1,3,4는 20%로 측정되어 대기중의 산소농도가 21%를 고려할 때 착화된 물질의 연소 용이성은 아주 쉬운 것으로 나타났으며 이는 실험에 사

용된 시료가 모두 난연 미처리 제품이기 때문이다.

4.3 열방출율 등

각 재료에 대하여 ISO 5660-1를 이용하여 점화장치가 부착된 수평방향의 콘 히터 복사열 25 kW/m² 및 35 kW/m²에 노출된 실험편의 착화시간(Time to Ignition, TTI), 최대 열방출율(Peak Heat Release Rate, PHRR), 평균 열방출율(Average Heat Release Rate, AHRR), 총방출열량(Total Heat Released, THR), 유효연소열량(Effect Heat of Combustion, EHC)의 실험결과를 Table 5, 6 및 Fig. 5, 6과 같이 나타냈다.

복사열 25 kW/m²(온도 461°C)에서 Artificial Leather 1~5의 착화시간은 10초~16초, 최대 열방출율은 149~277 kW/m², 평균 열방출율 45.6~94.8 kW/m², 총 방출열량 8.7~18.9 MJ/m² 및 유효연소열량 14.0~20.3 MJ/kg로 나타났으며 복사열 35 kW/m²(온도 616°C)에서 Artificial Leather 1~5의 착화시간은 6초~9초, 최대 열방출율은 176~296 kW/m², 평균 열방출율 50.0~95.4 kW/m², 총열방출열량 10.2~18.5 MJ/m², 유효연소열량 15.5~18.7 MJ/kg로 나타났으며, 각 재료들은 복사열이 증가함에 따라 착화시간은 짧아지고 열방출율은 증가하는 경향이 보였으며 유효연소열량은 거의 비슷한 것으로 분석되었다.

Table 4. Limiting oxygen index experimental result

Materials	LOI (%)
Artificial Leather 1	20
Artificial Leather 2	19
Artificial Leather 3	20
Artificial Leather 4	20
Artificial Leather 5	19

Table 5. Experimental result at heat flux 25 kW/m² used cone calorimeter

Materials	Specimen average mass(g)	TTI(s)	PHRR (kW/m ²)	AHRR, t180(kW/m ²)	THR (MJ/m ²)	EHC (MJ/kg)
Artificial Leather 1	5.0	11	149 at 22s	45.6	8.7	14.0
Artificial Leather 2	11.0	16	277 at 39s	94.8	18.9	18.2
Artificial Leather 3	5.3	10	183 at 30s	48.5	8.9	16.0
Artificial Leather 4	5.4	10	173 at 14s	52.0	9.5	20.3
Artificial Leather 5	5.7	11	155 at 16s	48.9	10.7	19.3

((주) 복사열 25 kW/m²의 온도는 461°C)

Table 6. Experimental result at heat flux 35 kW/m² used cone calorimeter

Materials	Specimen average mass(g)	TTI(s)	PHRR (kW/m ²)	AHRR, t180(kW/m ²)	THR (MJ/m ²)	EHC (MJ/kg)
Artificial Leather 1	5.0	6	194 at 12s	50.0	10.5	17.9
Artificial Leather 2	11.0	9	296 at 20s	95.4	18.5	15.5
Artificial Leather 3	5.3	7	206 at 17s	51.0	10.3	18.5
Artificial Leather 4	5.3	7	219 at 18s	52.0	10.2	18.7
Artificial Leather 5	5.7	7	176 at 18s	52.7	11.2	18.1

((주) 복사열 35 kW/m²의 온도는 616°C)

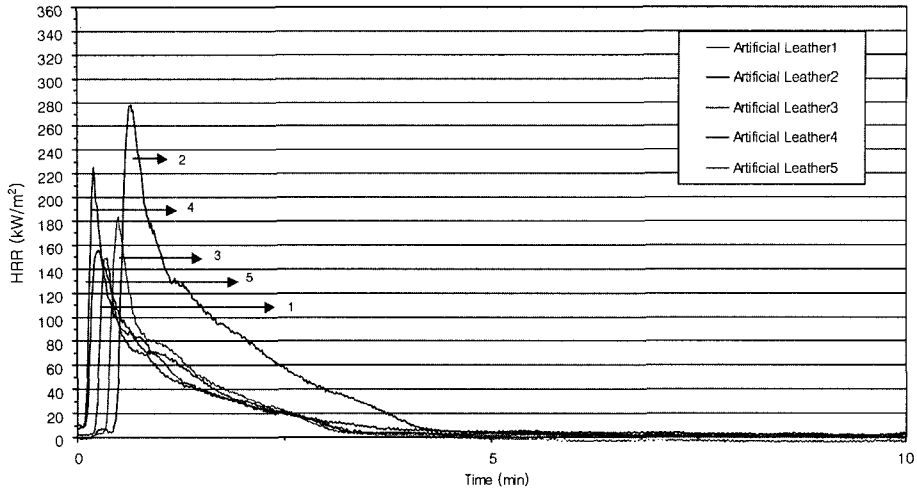


Fig. 5. Heat release rate curves for heat flux 25 kW/m².

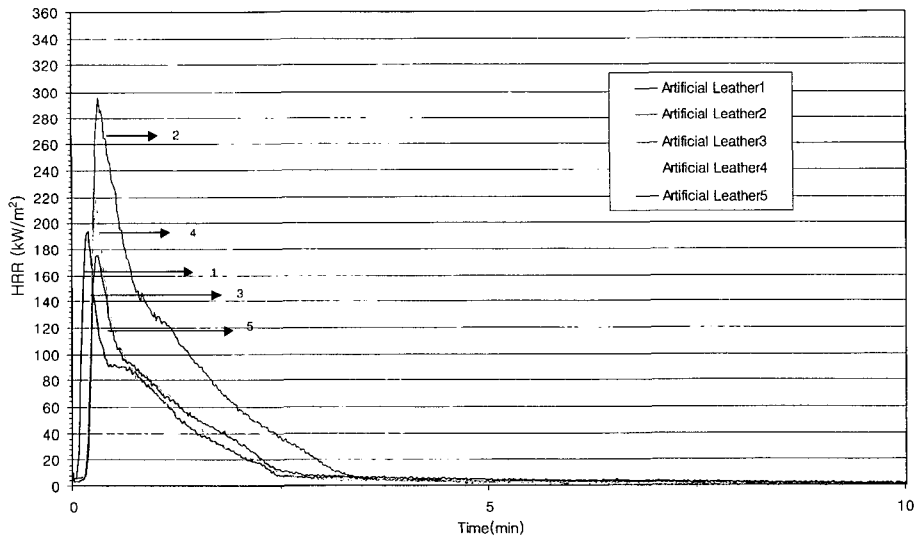


Fig. 6. Heat release rate curves for heat flux 35 kW/m².

4.4 독성가스

각 재료에 대하여 NES 713 연소가스분석장치를 이용하여 과잉공기 상태에서 재료의 소형실험편을 불꽃 온도 1,150±50°C로 1 m³인 연소챔버 내에서 완전연소시켜 발생한 각각의 연소가스를 가스검지관을 사용하여 분석한 실험결과는 Table 7과 같이 나타났다.

일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO₂), 염화수소(HCl), 시안화수소(HCN), 질소산화물(NO_x)가스가 분석된 재료는 Artificial Leather 1~5 모든 실험체에서 분석되었으며 일산화탄소(CO)는 Artificial Leather 5에서

6,290 ppm, 이산화탄소(CO₂)는 Artificial Leather 1에서 23,400 ppm, 염화수소(HCl)는 Artificial Leather 4에서 140 ppm, 질소산화물(NO_x)은 Artificial Leather 1에서 220 ppm, 시안화수소(HCN)는 Artificial Leather 1에서 65 ppm으로 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다. Artificial Leather 1~5 각각의 재료 연소시 발생하는 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO₂), 염화수소(HCl), 시안화수소(HCN), 질소산화물(NO_x)가스에 노출시 Table 1(주요 독성 가스농도에서의 위험성)에 의한 NES 기준의 노출시간을 적용하면 30분 이내에 사망할 수 있

Table 7. Combustion gases concentration for each material(ppm/100 g)

Materials	Gases						Specimen average mass(g)	Burn time (min)
	CO	CO ₂	HCl	NO _x	HCN			
Artificial Leather 1	5,620	23,400	110	220	65	1.7	2	
Artificial Leather 2	5,550	18,500	120	145	32	2.0	2	
Artificial Leather 3	6,050	22,900	130	150	15.	1.6	2	
Artificial Leather 4	6,040	20,100	140	170	14	1.7	2	
Artificial Leather 5	6,290	22,000	120	160	13	1.8	2	

으며, BSI 기준을 적용하면 인간이 5분 동안 가벼운 활동에 노출될 때 의식 장애에 이를 수 있는 위험성에 있는 것으로 나타났다.

5. 결 론

본 연구에서는 다중이용업소에서 사용하고 있는 실내 내장재료 중 소파의 커버로 사용되는 인조가죽 5종에 대하여 자연발화온도 측정방법인 ISO 871, 최저산소농도를 측정하여 재료의 상대적인 연소성을 판단하는 방법인 KS M 3032, 산소소비열량계(콘칼로리미터)를 이용하여 착화성, 열방출율, 유효연소열량을 측정하는 ISO 5660-1 및 독성가스는 가스검지관을 이용한 실험방법인 NES 713을 이용하여 실시한 실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 착화온도(AIT)는 Artificial Leather 1~5는 427~437°C로 나타났으며 산소지수(LOI)는 19~20%로 나타났다.

2. 복사열은 25 kW/m²의 온도는 461°C로 25 kW/m² 복사열에의 Artificial Leather 1~5의 착화시간은 10~16초이었으며 최대 열방출율은 149 kW/m²(at 22초)~277 kW/m²(at 26초)로 재료의 착화 후 10~26초에서 가장 많은 방출열을 방출하는 것으로 나타났으며, 복사열은 35 kW/m²의 온도는 616°C로 35 kW/m² 복사열에의 Artificial Leather 1~5의 착화시간은 6~9초이었으며 최대 열방출율은 176 kW/m²(at 18초)~296 kW/m²(at 20초)로 재료의 착화 후 6~20초에서 가장 많은 방출열을 방출하는 것으로 나타났다.

3. 독성가스는 Artificial Leather 1~5에서 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO₂), 염화수소(HCl), 시안화수소

(HCN), 질소산화물(NO_x) 분석하고자 하는 가스 모두 분석되었으며 Artificial Leather 1~5에서 일산화탄소(CO)는 5,550~6,290 ppm, 이산화탄소(CO₂)는 18,500~23,400 ppm, 염화수소(HCl)는 110~140 ppm, 시안화수소(HCN)는 13~65 ppm, 질소산화물(NO_x)은 145~220 ppm이 발생하는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 윤명오, “화성씨랜드 화재문제 및 대책”, 한국화재·소방논문지, Vol. 12, No. 4, p.58(1999).
2. James g. Quintiere, Ph.D., “Principles of Fire Behavior”, Delmar Publishers, pp.101-125(1993).
3. Marcelo M. Hirschler, “Fire Hazard and Toxic Potency 0.1 the Smoke from Burning Materials”, Advances in Combustion Toxicology, Technomic Publishing Co., Inc., Vol. 2, pp.229-230(1983).
4. ISO 871, “Plastic- Determination of ignition temperature using hot-air furnace”, Generer (1996).
5. KS M 3032, “산소지수법에 의한 고분자재료의 연소시험방법”[NEQ ISO 4589-2 : 96], 한국표준협회, (2001).
6. ISO 5660-1, Reaction to Fire Part 1. Rate of Heat Release from building products(Cone Clorimeter), Generer(1993).
7. NES 713, “Determination of the toxicity index of the products of combustion from small specimens of materials”, Issue 03(1985).
8. 박영근, 김동일, 현성호, “가스검지관법에 의한 플라스틱 재료의 연소가스 독성평가”, 한국화재·소방논문지, Vol. 16, No. 4, p.80(2002).