

고분자재료의 연소가스 독성평가에 관한 연구

박 영 근 / 중부지방 과장

1. 서론

건축물의 대형화, 구조의 전문화·세분화 및 용도가 다양화 되면서 새로운 재료 들이 많이 개발되고 있다. 그러나 목재, 섬유, 종이, 플라스틱 등의 고분자재료는 새로운 재료들이 기존의 재료들에 비해 뛰어난 장점들이 많지만 대부분 가연성인 경우가 많다. 이들 재료의 연소시 위험성을 결정하는데 고려해야 할 요소들로서는 재료의 착화성, 연소성, 재료가 타면서 발생하는 열, 열발생속도, 연기발생, 연소가스 발생이 있다.¹⁾

각 재료의 위험성 요소를 종합적으로 평가하는 방법이 무엇보다도 중요하겠지만 본 연구에서는 재료의 위험성을 결정하는 요소 중 연소가스에 관한 고분자재료 중 방염미처리된 합판, 방염처리된 합판, 경질 PVC, 경질우레탄폼에 대하여 열분해시 발생하는 연소가스독성을 NF X 70 - 100²⁾ 및 NES 713³⁾의 가스색 가스검지관(Colorimetric gas detector tubes)을 이용하여 평가하였다.

2. 고분자재료의 연소이론⁴⁾

(1) 고분자재료의 연소과정

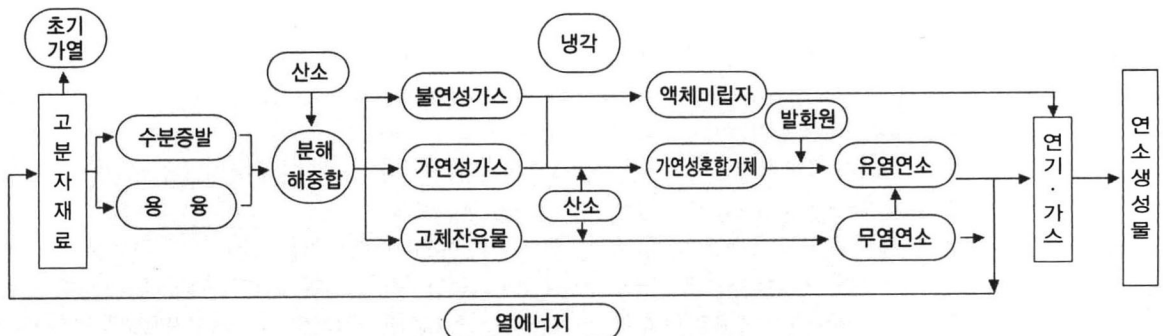
고분자재료의 타는 과정은 [그림 1]과 같이 연소과정이 이루어진다. 재료가 가열되면 수분이 발생하고 재료에 따라

서 용융된다. 그 후 재료의 온도가 상승하고 열분해가 시작된다. 열분해에 있어서는 해중합에 따라 불연성가스, 가연성가스가 발생하고 고체잔유물을 남긴다. 발생한 불연성가스는 냉각되고 발생된 연기는 대기중으로 방출되며, 가연성가스는 일부 냉각된 액체 미립자와 함께 연기로 방출된다. 또한 가연성가스는 일부 공기와 혼합하고 가연성 혼합기체를 발생한다. 이때 발화원이 있으면 화재를 발생, 연기가 발생되는데 그것을 관찰하면 연기 이외에 열, 연소가스가 발생된다. 열, 연소가스, 연기는 대기중으로 방출되지만 일부 열에너지는 재료에 피드백(feedback)되어 그 재료가 더욱더 열분해 한다. 한편, 고체 잔유물 표면에서는 무염연소하여 열, 연소가스, 연기를 발생, 발생된 열, 연소가스, 연기는 대기중으로 방출된다. 열에너지중 일부원의 재료에 피드백(feed-back)된 재료는 먼저 열분해한다 이러한 연소 사이클(cycle)과정을 반복하여 연소가 이루어진다.

(2) 고분자재료의 연소가스

[그림 1]에서와 같이 재료의 연소 사이클(cycle)과정에서 발생한 연기와 연소

가스는 대기중으로 방출된다. 이 연소의 과정중에서 발생하는 연소가스의 종류 및 발생량에 있어서는 많은 서로 다른 차이가 있다.



[그림 1] 고분자재료의 연소과정

① 완전연소의 경우

연소란 가연성재료가 공기중의 산소와 반응하여 열과 빛을 발산하면서 산화하는 현상을 말한다. 유기재료는 탄소(C), 수소(H), 질소(N), 황(S), 인(P), 할로겐(불소(F), 염소(Cl), 브롬(Br) 등) 등의 원소로 구성되어 있다. 이러한 원소가 완전연소하면 최종 연소가스는 다음과 같다.

- C → CO₂(이산화탄소)
- H → H₂O(물)
- N → N₂(질소)
- S → SO₂(이산화황)
- P → P₂O₅(오산화인)

② 불완전 연소의 경우

재료가 불완전 연소(예를들면 혼소연소)하는 경우 완전연소에서 생성된 연소 가스 이외에 각종 유사한 연소가스가 발생된다. 그 주요 연소가스는 다음과 같다.

(가) 일반유기물

- CO(일산화탄소)
- CH₂CHCHO(아크롤레인), HCHO(포름알데히드) 등의 알데히드류
- HCOOH(포름산(메탄산)), CH₃COOH(아세트산(에탄산)) 등의 카복시산류
- CH₃CH₂CO(아세톤(디메틸케톤)) 등의 케톤류
- CH₄(메탄), CH₃CH₃(에탄), C₂H₂(아세틸렌) 등의 탄화수소류
- 기타 벤젠, 나프탈렌, 안트라센, 페난트렌 등의 방향족

탄화수소

(나) 질소를 함유한 화합물

NH₃(암모니아), HCN(시안화수소), R-CN(니트릴류), R-NH₂(아민류)

여기서 R- 는 탄소와 수소원자의 집합체를 말한다.

(다) 이온을 함유한 화합물

H₂S(황화수소), CS₂(이황화탄소), COS(황화카르보닐)

(라) 인을 함유한 화합물

인화합물

(마) 할로젠을 함유한 화합물

HF(불화수소), HCl(염화수소), HBr(브롬화수소) 등의 할로젠화수소

연소조건에 따라 다르지만 일반적 현상으로 불완전연소시에 발생하는 연소가스가 많고, 공기가 주위 사방에서 공급되는 상태에서의 연소는 완전연소시 발생하는 연소가스가 대부분이다.

(3) 주요 고분자재료의 연소가스

주요 고분자재료가 연소시 발생하는 연소가스는 연소조건에 따라 크게 다르다. 일례로 시료량 100 mg, 공기유량 0.22 L/min, 분해온도 500 °C, 산소농도 21 %, 분해시간 4 시간 동안 분해시켜서 발생한 연소가스의 발생량(mg/g)은 [표 1]과 같으며 사용된 조건이 반드시 화재 연소조건을 대표한다고는 말할 수 없으므로 고분자재료의 연소가스를 [표 1]에서 나타나는 연소가스로 직접 추정하기는 곤란하지만 발생가스의 종류나 경향을 파악 할 수 있다.

[표 1] 고분자재료의 연소가스량(mg/g)

연 소 가 스	고분자재료 셀룰로우스	폴리에스테르	비단 (명주)	양모	나이론	폴리 아크릴	폴리 우레탄	폴리 에틸렌	폴리프로필 렌	PMMA(주1)	폴리염화 비닐
이산화탄소 (CO ₂)	202.0	290.0	170.0	69.0	35.0	73.0	88.0	120.0	21.0	99.0	8.0
일산화탄소 (CO)	88.0	85.0	13.0	21.0	13.0	12.0	57.0	120.0	25.0	61.0	7.0
염화수소(HCl)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	220.0
암모니아(NH ₃)	-	-	21.0	12.0	6.0	2.6	-	-	-	-	-
시안화수소(HCN)	-	-	1.3	1.8	-	6.6	2.0	-	-	-	-
황화카르보닐(COS)	-	-	-	1.8	-	-	-	-	-	-	-
메탄(CH ₄)	2.4	1.7	1.7	1.9	0.84	3.4	4.6	2.5	1.5	0.56	1.7
에틸렌(CH ₂ CH ₂), 아세틸렌(C ₂ H ₂)	2.8	2.7	0.57	1.6	3.6	0.6	3.9	18.0	2.1	0.51	0.98
에탄(C ₂ H ₆)	0.52	0.14	0.62	0.91	0.92	0.79	1.3	1.6	3.3	0.08	1.7
프로필렌 (CH(CH ₃)CH ₂)	0.88	0.18	0.60	2.0	2.6	0.27	29.0	12.0	27.0	1.23	0.73
프로판(C ₃ H ₈)	0.11	-	-	1.3	0.70	1.4	-	2.5	-	-	0.83
부탄(C ₄ H ₁₀)	-	-	-	1.1	2.9	-	0.38	-	4.8	-	-

고분자재료 연소가스	셀룰로우스	폴리에스테르	비단 (명주)	양모	나이론	폴리 아크릴	폴리 우레탄	폴리 에틸렌	폴리프로필렌	PMMA(주1)	폴리염화 비닐
벤젠(C ₆ H ₆)	-	2.7	-	-	-	-	-	-	-	-	11.0
톨루엔(C ₆ H ₅ CH ₃)	-	0.23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
메틸알코올(CH ₃ OH)	-	-	-	-	0.68	2.0	-	6.2	5.6	-	-
아세트알데히드(CH ₃ CHO)	2.5	14.0	-	-	0.81	-	32.0	10.0	7.9	-	0.30
아크롤레인(CH ₂ CHCHO)	2.1	-	-	-	-	-	-	8.4	3.9	-	-
아세톤(CH ₃ CH ₃)	-	-	-	-	-	-	13.0	-	-	-	-
아세토니트릴(CH ₃ CN)	-	-	5.7	1.6	1.2	3.0	-	-	-	-	-
아크릴로니트릴CH ₂ CHCN)	-	-	-	0.83	-	5.6	-	-	-	-	-
메틸메타크릴레이트(MMA)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	89.0	-
시료잔량	4.1	9.1	19.3	12.7	4.3	19.5	4.3	32.3	4.0	0	15.5

주1) PMMA : Poly methyl methacrylate

[표 1]에서와 같이 이산화탄소(CO₂), 일산화탄소(CO)는 대부분 고분자재료로 부터 상당히 많이 발생된다. 비단(명주), 양모, 나이론, 폴리아크릴에서는 암모니아

(NH₃)와 유독성이 높은 시안화수소(HCN)가 발생되며, 폴리염화비닐(PVC)로 부터는 염화수소(HCl)가 다량 발생된다. 일반적으로 열분해에 있어서는 연소에 따라서 발생하는 연소가스는 이산화탄소(CO₂), 일산화탄소(CO)이며 대부분의 재료로부터 발생한 기타 연소가스는 각 고분자재료에 따라 다르게 발생된다.

4. 연소가스독성

연소가스의 종류에 따라 인간 생리작용의 상태에도 차이가 있다 그 분류는 [표 2]와 같다.

[표 2] 연소가스에따른 생리작용 분류

구 분	연소가스	생리작용
단순성 질식가스	이산화탄소(CO ₂), 메탄(CH ₄), 에탄(C ₂ H ₆), 아세틸렌(C ₂ H ₂), 질소(N ₂)가스 등	공기중의 산소함량이 하이면 질식 일으킴
화학적 질식가스	일산화탄소(CO), 시안화수소(HCN), 황화수소(H ₂ S) 등	화학적작용에 의해 헤모그로빈(Hb)의 산소 운반의 장애 및 조직 호흡효소 저해 및 질식을 일으킴
자극성 가스	염화수소(HCl), 암모니아(NH ₃), 아크롤레인(CH ₂ CHCHO), 포름알데히드(HCHO) 황화수소(HF), 이산화황(SO ₂) 포스겐(COCl ₂) 등	호흡에 의한 전신 장애 작용을 일으키고 그 작용체는 국소자극 작용으로 눈, 기관점막, 폐 등에 상해를 줌

연소가스에따른 생리적 증상은 다음과 같다.

- ① 산소(O₂)
인체로의 산소공급이 저하되면 전신 근육활동의 저하, 호흡곤란, 질식을 일으킨다. 단시간 노출시 사망할 수 있는 농도는 6 %이다.
- ② 이산화탄소(CO₂)
호흡중에 산소의 분압이 저하되면 산소 결핍 증상을 일으키며, 호흡속도를 빠르게하여 호흡곤란, 질식을 일으킨다.
- ③ 일산화탄소(CO)
혈액중 헤모그로빈(Hb)과 결합력이 강하여 체내 산소공급 능력을 방해하여 두통, 현기증, 이명, 맥박증가, 구토 등이 일어나고 나중에는 마비상태로 의식불명을 일으킨다.
- ④ 시안화수소(HCN)
독성이 강하며, 세포호흡을 정지시키고 현기증, 허탈, 의식불명을 일으킨다.
- ⑤ 염화수소(HCl)
눈, 상부 기도의 점막을 자극하고 상부기도를 손상시켜 질식을 일으킨다.
- ⑥ 암모니아(NH₃)
코, 목을 자극하고 눈과 접촉시에는 결막 및 각막에 염증이 발생되며 장기노출시는 폐렴 또는 기관지염을 일으키며, 신경을 자극하여 혈관 수축, 혈압상승을 일으키며, 만성중독시 위장장애, 기관지염, 편도선염이 발생되며 고농도로 흡입시 두통, 경련 및 호흡곤란을 일으킨다.
- ⑦ 황화수소(H₂S)
눈, 코, 목 등의 점막을 자극하여 두통, 현기증, 호흡장애, 신경계통에 장애가 일어나 감지능력 마비를 일으킨다.

⑧ 불화수소(HF)

피부, 눈, 코, 목 등의 점막을 손상시키며 부식작용을 일으킨다.

⑨ 이산화황(SO₂)

피부, 눈, 코, 목 등의 점막을 자극하여 염증을 일으키며 심할 경우 질식을 일으킨다.

⑩ 포스겐(COCl₂)

피로, 두통, 현기증, 흥분, 의식상실, 경련을 일으키며 피부로도 흡수된다.

만성 노출시는 백혈구가 감소되어 백혈병을 초래할 가능

성이 있으며 급성중독, 만성중독 모두 위험하다.

⑪ 염소(Cl₂)

눈과 기관에 심한 자극을 주며 폐수중에 의한 호흡곤란, 질식을 일으키며 고농도에서는 피부자극과 화상을 일으킨다.

연소시에 발생하는 연소가스량에 따른 위험성은【표 3】과 같다.

【표 3】연소가스량에 따른 위험성^{3,5,6,7,8)}

위험성 연소가스	미국 OSHA 의허용노출 기준 (PEL) ^{3,5)} (ppm) ⁶⁾	30분 LC50 주 ³⁾ (ppm) ⁷⁾	약간 냄새 를 느낀다 (ppm) ⁷⁾	목, 코 등 에 손상을 준다 (ppm) ⁷⁾	목코등에 강한손상을 준다 (ppm) ⁷⁾	기침이 나온다 (ppm) ⁷⁾	수시간 노출 시에도 큰 위험성이 없다 (ppm) ⁷⁾	1시간노출 시 큰위험 성은 없다. (ppm) ⁷⁾	30분~ 1시간 노출 시 생명에 위험을 준다 (ppm) ⁷⁾	30분 노출 시 사망 한다 (ppm) ^{3), 8)}	수분내의 짧은 시간내에 사망한다 (ppm) ⁷⁾
이산화탄소 (CO ₂)	5000 (0.5 %)			4 %	4 %		1.1~1.7 %	3~4 %	5~10 %	6~10 %	7~15 %
일산화탄소 (CO)	35						100	400~500	500~3,000	4,000	12,500~16,000
시아니화수소 (HCN)	3			18~36	18~36		20	45~54	50~100	50~100	150~300
황화수소 (H ₂ S)	10		10	100		100	20	170~300	400~700	700~1,000	1,000~2,000
염화수소 (HCl)	5	1,600~6,000	0.5~1	5~10	5~10		5~10	50	100~200	200~500	1,000
불화수소 (HF)	3	1,600~6,000					1.5~30	10	50~100	100	400
이산화황 (SO ₂)	2	300~500	2~3	8~12	20	20	10		50~100	400	400~500
암모니아 (NH ₃)	25	1,400~8,000	53	408	498	1,420	100	300~500	2,500~3,500	3,500~4500	5,000~10,000
염소 (Cl ₂)	0.5	100	0.1~0.2	3~6	3~6		0.35~1.0	4	14~40	40~60	100~900
포스겐 (COCl ₂)	0.1		0.5	3~4	3~4	4.8	1.0		25	25~50	50이상
이산화질소 (NO ₂)	3	60~250	5 /	10~25	10~25	50	10~40		117~150	250	250~780

주2) OSHA(Occupational Safety and Health Administration : 미국산업안전보건법) PEL(Permission Exposure Limit : 허용노출기준) : 작업자가 PEL이상 독성물질에 노출되어지지 않도록하는 농도를 말한다.

주3) 30분 LC50 : 가스 및 공기중에서 증발하는 화합물에 30분동안 실험동물 한무리(10마리 이상)를 노출시 50 %가 치사되는 농도를 한다.

【표 3】에서와 같이 재료의 연소시 발생하는 연소가스 등이 인체에 미치는 영향은 아무리 양호한 조건을 가정한다 하여도 인체 허용노출기준을 대부분 초과하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 화재시 인명피해는 직접 화열에 의한 것을 제외하고는 거의 대부분이 연소가스 등의 영향에 의하여 발생된다고 볼 수 있다.

(5) 연소가스독성 평가방법

재료를 열분해시키면 연소시 발생하는 연소가스의 독성 평가로는 2가지 종류의 평가방법이 있다.

한가지 방법으로는 마우스, 토끼 등의 동물을 연소과정에 서 발생한 연소가스에 직접 노출시켜서 동물의 행동을 조사하는 방법이며, 또 다른 방법은 연소가스를 화학분석에 의하여 발생량을 정량적으로 구하여 발생한 연소가스의 독성에 관련된 문헌 자료로부터 평가하는 방법이 있다.

이들 2가지 평가방법의 장·단점은 연소가스에 동물을 직접 노출시키는 방법에 있어서는 직접적인 연소가스의 종합적인 평가가 가능하다는 장점이 있지만 동물의 개체차원에서 인간과 동물간의 관계가 불명확하다는 것과 동물보호의 관점에서 그다지 바람직스럽지 못하다는 단점이 있다.

화학분석에 의한 방법은 독성평가를 정량적인 수치로서 표현하는 것으로 재료상호간의 독성평가가 용이하다는 등의 장점이 있다. 그러나 기본적인 독성자료가 없다는 것, 화학분석으로 검출 불가능한 미량의 독성이 있는 가스의 경우에는 평가가 불가능하다는 것 등의 단점이 있다.

3. 고분자재료의 연소가스독성 평가

(1) 실험체

실험체는 고분자재료 중 소방법 특수장소 등의 방염처리 대상물품으로 사용되는 합판에 대하여 방염미처리된 합판과 수성도료로 방염처리된 합판 및 경질 PVC, 경질우레탄폼을 선정하였으며 실험체 현황은【표 4】와 같다.

【표 4】실험체의 종류

재 료 명	밀도 (kg/cm ³)	방염도료의 종류	도료두께 (mm)
방염미처리된 합판	500	-	-
방염처리된 합판	600	수성도료	0.5~0.6
경질 PVC	1,500	-	-
경질우레탄폼	50	-	-

(2) 실험방법

① 실험장치

석영관의 길이는 600 mm 내경 60 mm이고, 연소애자접시(45 x 25 x 8 mm) 1000 ℃ 까지 온도 조절이 가능한 열분해전기로, 공기(Air), 연소가스포집백(40 L), 열분해 연소가스를 분석하는 가스택 가스검지관(Colorimetric gas detector tubes)을 사용하였다.

② 실험체 전처리

실험체로부터 2~10 g 크기의 시편을 3개씩 절취하여 23 ± 2 ℃, 50 ± 5 %의 조건에서 48시간 보존하였다.

③ 실험절차

NF X 70 - 100 (연소 및 열분해가스의 분석 - Tube furnace법) 실험방법에 의한 연소애자접시에 시편을 올려 놓은 후 석영관로에 공급되는 공기유량을 120 L/h로 조정하여 공급하며 실험 열분해온도 600 ℃, 800 ℃, 1000 ℃로 안정 시킨다. 시편을 놓은 연소애자접시를 금속제 봉을 사용하여 석영관로의 중앙에 위치시킨 후 실험온도에서 20분간 열분해를 시작, 연소가스포집백에 연소가스를 20분 동안 포집하였다. 그 후 NES 713의 가스택 가스검지관 (Colorimetric gas detector tubes)을 이용하여 연소가스의 농도를 측정하였다.

연소가스농도는 재료 100 g이 연소하여 발생된 각 연소가스와 체적 1 m³의 공기중에 확산된 량을 계산식 ①을 사용하여 각각의 연소가스농도를 계산하였다.

$$C\theta = \frac{C \cdot 100 \cdot V}{m} \text{ (ppm)} \dots\dots\dots ①$$

여기서 Cθ : 각각의 분석된 연소가스농도 (ppm)
 C : 연소가스포집백내의 연소가스농도 (ppm)
 m : 시편 질량 (g)
 V : 연소가스포집백 및 석영관의 체적 (m³)

독성지수(T.I)는 계산식 ①에의해 계산된 연소가스농도와 【표 5】를 이용하여 계산식 ②에 의해 계산하였다.

$$\text{독성지수(T.I)} = \sum_{i=1}^n \frac{C\theta 1}{C_{f1}} + \frac{C\theta 2}{C_{f2}} + \frac{C\theta 3}{C_{f3}} + \dots\dots\dots \frac{C\theta n}{C_{fn}} \dots\dots\dots ②$$

여기서 1, 2, 3, ... n : 각 연소가스
 : 30분간 노출시의 치사농도(ppm)

[표 5] NES 713에 의한 30분간 노출시 치사농도(cf)

가스명	농도(ppm)	가스명	농도(ppm)
이산화탄소(CO ₂)	100,000	아크로니트릴(CH ₂ CHCN)	400
일산화탄소(CO)	4,000	이산화질소(NO ₂)	250
염화수소(HCl)	500	시아나화수소(HCN)	150
이산화황(SO ₂)	400	브롬화수소(HBr)	150

(3) 실험결과 및 분석

① 실험결과

방염미처리된 합판과 수성도료로 방염처리된 합판 및 경질 PVC, 경질우레탄폼의 실험체에 대하여 NF X 70 - 100

및 NES 713의 가스택 가스검지관 (Colorimetric gas detector tubes)을 이용하여 연소가스농도 및 독성지수(T.I)를 분석하였으며 실험결과는[표 6, 7]에 나타내었다.

[표 6] 열분해 온도에 따른 연소가스독성(ppm)

재료명		가스명 (ppm/100g)	CO ₂	CO	SO ₂	HCl	HBr	HCN	NO ₂	CH ₂ CHCN
방염미 처리된 합판	Furnace 600 ℃		61,000	9,040	-	-	-	-	-	-
	Furnace 800 ℃		55,000	12,480	-	-	-	-	-	-
	Furnace 1000 ℃		49,000	23,640	-	-	-	-	-	-
방염 처리된 합판	Furnace 600 ℃		39,000	19,720	-	-	-	-	-	-
	Furnace 800 ℃		65,000	3,880	-	-	-	-	185	-
	Furnace 1000 ℃		61,000	9,920	-	-	-	-	40	-
경질 PVC	Furnace 600 ℃		68,000	4,040	590	8,430	450	620	100	110
	Furnace 800 ℃		4,200	2,560	670	10,360	690	440	130	160
	Furnace 1000 ℃		93,000	5,080	1,200	6,260	450	430	60	50
경질 우레탄폼	Furnace 600 ℃		35,000	5,040	380	500	-	140	40	220
	Furnace 800 ℃		123,000	21,360	610	950	-	270	240	980
	Furnace 1000 ℃		44,000	14,880	400	700	-	420	120	860

[표 7] 열분해 온도에 따른 독성지수(T.I.)

재 료 명 \ 가 스 명		CO ₂	CO	SO ₂	HCl	HCN	NO ₂	HBr	CH ₂ CHCN	독성지수 (T.I.)주4)
방염미 처리된 합판	Furnace 600 ℃	0.61	0.26	-	-	-	-	-	-	2.87
	Furnace 800 ℃	0.55	3.12	-	-	-	-	-	-	3.67
	Furnace 1000 ℃	0.49	5.91	-	-	-	-	-	-	6.40
방염 처리된 합판	Furnace 600 ℃	0.39	4.93	-	-	-	-	-	-	5.32
	Furnace 800 ℃	0.65	0.97	-	-	-	0.74	-	-	2.43
	Furnace 1000 ℃	0.61	2.46	-	-	-	0.16	-	-	3.23
경질 PVC	Furnace 600 ℃	0.68	1.01	1.48	16.85	3.04	4.12	0.40	0.28	27.86
	Furnace 800 ℃	0.42	0.64	1.68	20.72	4.62	2.96	0.50	0.40	31.94
	Furnace 1000 ℃	0.93	1.27	3.00	12.52	3.00	2.87	0.23	0.13	23.98
경질 우레탄폼	Furnace 600 ℃	0.35	1.26	0.95	0.88	-	0.92	0.16	0.54	5.06
	Furnace 800 ℃	1.23	5.34	1.53	1.90	-	1.76	0.96	2.45	14.17
	Furnace 1000 ℃	0.44	3.72	1.00	1.40	-	2.80	0.48	2.15	11.99

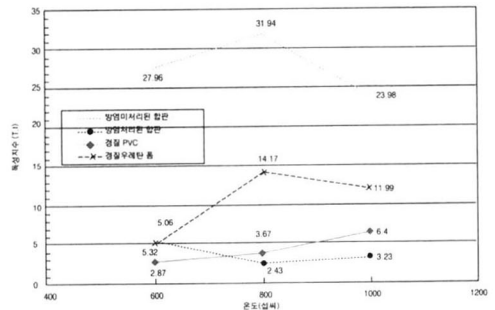
주4) 독성지수(T.I.) : Toxicity Index

방염미처리된 합판보다 낮았으며, 800 ℃보다 1000 ℃에서 높은 것으로 나타났다.

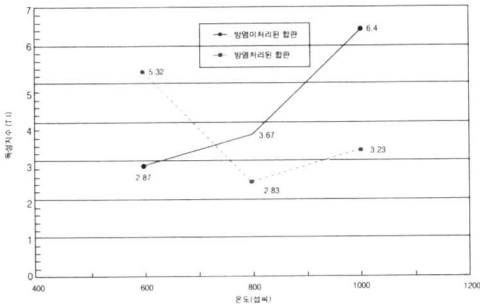
② 실험결과분석

[표 6, 7] 및 [그림 2]에서와 같이 고분자재료 중 방염미처리된 합판, 방염처리된 합판, 경질 PVC, 경질우레탄폼에 대한 독성지수(T.I.)는 경질 PVC재료가 800 ℃에서 가장 높게 나타났으며 열분해온도 600 ℃, 800 ℃, 1000 ℃ 중 800 ℃에서 독성지수(T.I.)가 가장 높았으며 1000 ℃, 600 ℃ 순으로 높게 나타났다.

그러나 합판재료에 있어서는 [그림 3]에서와 같이 독성지수(T.I.)는 600 ℃에서 방염처리된 합판이 방염미처리된 합판보다 높으나, 800 ℃, 1000 ℃에서는 방염처리된 합판이



[그림 2] 고분자재료의 독성지수(T.I.)



[그림 3] 합판의 독성지수(T.I.)

4. 결론

화재로 인한 사망자 발생의 주된 원인인 연소가스독성의 위험성을 평가하기 위하여 고분자재료 중 방염미처리된 합판, 방염처리된 합판, 경질 PVC, 경질우레탄폼을 대상으로 NF X 70 - 100 및 NES 713의 가스택 가스검지관 (Colorimetric gas detector tubes)을 이용하여 연소가스 농도 및 독성지수(T.I)실험을 실시하였으며 실험결과의 결론은 다음과 같다.

- ① 고분자재료의 연소시 발생하는 연소가스에 인간이 30분 동안 노출될 경우 사망에 이르는 독성지수(T.I)를 갖고 있으며, 열분해 온도 800 °C에서 독성지수(T.I)는 경질 PVC가 31.94, 경질우레탄폼이 14.17, 방염미처리된 합판이 3.67, 방염처리된 합판이 2.43으로 나타났다. 경질 PVC는 방염처리된 합판에 비하여 13.1배나 높게 나타났다.
- ② 고분자재료에서 공통적으로 발생되는 연소가스는 이산화탄소(CO₂), 일산화탄소(CO)로 나타났으며, 동일한 재료라도 열분해 온도에 따라 독성지수(T.I)는 차이가 있는 것으로 나타났다.

재료의 연소가스독성 위험도는 연소가스독성의 발생량 즉, 재료의 특성 및 화재강도와 직접적인 관계를 갖고 있으므로 건물내에서의 화재하중을 최소화 해야할 뿐만 아니라 재료의 저연소가스 생성 등을 위한 재료개발 및 연소가스독성에 관한 연구가 수행 되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Marcelo M. Hirschler, Fire Hazard and Toxic Poxic Potency 0.1 the Smoke from Burning Materials, Advances in Combustion Toxicology, Vol.2, pp229 ~ 230, 1990
2. NF X 70 - 100, Fire tests - Analysis of combustion and pyrolysis gases - Tube furnace method, AFNOR, 1986
3. NES 713, Determination of the toxicity index of the products of combustion from small specimens of materials. Issue 03, 1985.
4. Eiji Yanai, 고분자재료의 연소생성가스 및 그 독성, 火災, Vol.47, No.6, 1997
5. 이영순 외 역(譯), 화공안전공학, 대명사, pp42~45, 1997
6. David A. Purser, Toxicity Assessment of Combustion Products, Fire Dynamics, p2-103, 1991
7. 화재시 유해가스발생에 관한 연구, 한국화재보험협회, p69, 1980
8. BSI DD 180, Draft for Development Guide for the assessment of toxic hazards in fire buildings and transport, BSI, 1989