

방염제도의 개선에 관한 연구

백승태, 이수경
서울산업대학교 안전공학과

A Study on Improvement of Flame Retardant System

Seung-Tae Baek, Su-Kyung Lee
Dept. of Safety Eng., Seoul National University of Technology

1. 서론

화재 발생시 인명피해는 실내장식물의 연소시 발생하는 유독가스로 인한 질식사가 주 원인이다. 따라서, 다중이용업소에서 사용하는 실내장식물에 대한 유해성 시비가 사회 문제로 대두되고 있다. 특히, 프랑스에서는 일정규모 이상의 건축물에 대해서 합성수지제품의 25% 이상 사용할 경우 연소가스 중 질소와 염소가스를 규제하고 있다. 그러나 우리나라에서는 합성섬유, 합성수지의 실내장식물의 연소가스에 대한 연구가 전무한 상태이다. 또한, 방염물품은 건축물의 일정규모 이상의 공간에서만 사용하므로 시장이 협소하여 영세한 업체에서 생산 및 보급이 이루어지고, 섬유제품의 특성상 소량의 단위로 거래가 이루어지므로 유통단계 또한 복잡하다. 방염물품의 성능은 시험을 통해서만 그 성능을 확인할 수 있는 특수성이 있고 복잡한 유통단계를 거치므로 소비자가 사용하는 실내장식물의 방염효과에 대해서 일부에서는 의문을 제기하는 사례도 적지 않다.

우리나라의 방염에 관한 시험 및 검사방법은 70년대에 방염제도가 도입된 이후 거의 변화없이 사용되고 있으며 방염물품의 품질도 개선되고 있지 않는 실정이기에 방염제도에 관한 전반적인 검토가 필요하다.

2. 방염이론

방염가공은 가연성의 가스를 극도로 억제하여 연쇄 반응을 중단시킴과 동시에 결정성이거나 거대화 된 탄소분해물을 생성시키는 것이라고 알려져 있으나 아직도 확실적인 뚜렷한 이론이 완성된 것은 아니다.

2.1 피복이론 (Coating Theory)

Gay-Lussac는 불꽃에 의하여 쉽게 용융하는 무기염류를 난연가공재로 사용했을 경우 이 용융염류의 막이 섬유표면을 피복하여 연소에 필요한 공기중의 산소공급을 차단시켜 난연효과를 발휘한다는 이론이다.

2.2 가스이론 (Gas Theories)

섬유소의 열 분해 생성물인 가연성 가스 물체를 열분해에 의해서 발생하는 불연성 가스 물체로 희석하여 가연성 가스 물체의 연소를 방지한다는 이론이다.

2.3 열적이론 (Thermal Theories)

방염가공제가 용융이나 승화시에 심한 흡열적인 상변화(Phase Change)를 일으키는 경우 불꽃의 열 에너지가 방염가공제의 이러한 상변화에 소비되어 버림으로써 섬유가 열분해점에 도달하기에는 열에너지가 부족하게 된다는 이론이다.

2.4 화학적이론 (Chemical Theories)

방염가공제의 화학적인 작용 Mechanism을 설명하기에 충분한 실험결과가 SRRL의 연구원들에 의해서 발표되었다. 방염가공제로서 처리 가공된 섬유는 보다 낮은 온도에서 열분해가 일어나서 발화점에 이르기 전에 가연성의 가스를 발생하고 많은 잔사(Charred Residue)를 남긴다는 것을 명백하게 하였다. 이 실험 결과를 설명하기 위해서 제안된 새로운 화학적인 이론은 섬유의 신속한 탈수반응에 대해서 촉매적으로 작용하는 방염가공제의 기구에 착안된 것으로 최근의 원자가이론을 도입하여 Lewis가 제창한 전자수용체를 산으로 해석한 Lewis Acid가 열분해 생성물로 형성되는 것이 방염가공제의 가장 큰 조건이라고 지적하고 있다. 다시 말하자면, Cellulose와 방염가공제의 가열탈수·분해반응은 일반적인 단일 탈수반응과 달라서 복잡하고 이중으로 된 고상반응이며 방염가공제가 촉매적으로 작용하는 탈수반응이다. 즉, 방염가공제 자신이나 방염가공제의 분해 생성물인 Lewis Acid로서 전자를 공여하는 섬유소의 분해 휘발성물질과 중간적으로 결합해서 비휘발성물질을 형성하고 이것이 촉매 역할을 하여 물과 잔사로 분해를 촉진시키는 것이라는 이론이다.

3. 방염규제 대상

3.1 방염의무 대상장소

- (1) 아파트를 제외한 건축물로서 층수가 11층 이상인 것
- (2) 안마시술소·헬스클럽장·특수목욕장·관람 집회 및 운동시설(건축물의 옥내에 있는 것에 한하되, 수영장을 제외한다)·일반숙박시설 중 호텔·관광숙박시설·종합병원·방송국·촬영소 및 전시장
- (3) 층수가 3층이상인 건축물에 설치된 여관으로서 객실이 30실 이상인 것
- (4) 다중이용업
 - 지하층에 설치된 일반음식점 중 영업장으로 사용하는 바닥면적의 합계가 66㎡이상인 것 또는 노래연습장·비디오물감상실·단란주점·유흥주점
 - 제1호에서 정한 영업에 준하는 영업으로서 화재발생 및 화재발생시 인명피해가 발생할 우려가 있는 영업중 행정자치부장관이 그 영업의 허가·면허 또는 등록·신고업무를 관장하는 중앙행정기관의 장과 협의하여 행정자치부령으로 정하는 영업

3.2 방염의무 대상물품

- 1) 선처리물품, 난연성물품

- (1) 커텐, 암막, 무대막, 구획용 막, 벽에 설치하는 막
 - (2) 실내장식물 (건축법시행령 제61조의 규정에 의한 건축물의 내장이 된 부분에 접착하거나 설치하는 종이류·합성수지류·섬유류를 주원료로 한 물품과 합판 또는 목재를 말한다. 다만, 종이벽지는 제외한다)
 - (3) 카펫, 합판 (칸막이용, 간이칸막이용, 전시용, 무대대도구용)
 - (4) 섬유판 (전시용, 무대대도구용)
- 2) 후처리물품 : 합판, 목재, 섬유판
 - 3) 권장제품 : 침구류
 - 4) 방염성능기준 : 소방법에서 규정

표 1. 물품 종류별 방염성능기준

구분	얇은 포	두꺼운 포, 합성수지판	카펫	합판, 섬유판, 목재
잔염시간	3sec 이내	5sec 이내	20sec 이내	10sec 이내
잔신시간	5sec 이내	20sec 이내	-	30sec 이내
탄화면적	30cm ² 이내	40cm ² 이내	-	50cm ² 이내
탄화길이	20cm 이내	20cm 이내	10cm 이내	20cm 이내
접염회수	3회 이상	3회 이상	-	-

4. 다중이용업소에서 사용하는 실내장식제에 대한 방염제도

4.1 실내장식제의 연소특성

다중이용업소는 불특정의 다수인이 출입하는 시설이라 화재시 다수의 인명피해를 방지하는데 화재안전성능에 초점을 맞추어야 한다. 우선, 전체 가연물 즉, 고정가연물과 적재 가연물 두가지 즉, 고정가연물에 대한 방화성능의 확보가 선행되고 순차적으로 적재 가연물에 대한 방염성능의 확보가 이루어져야만 총체적인 화재안전레벨이 유지가 가능하다고 판단된다.

4.2 실내장식제에 요구되는 방염성능

표 2. 실내장식제의 사용재료별 화재안전성능의 기준

국가	성능기준	비고
미국	A급 : 화염확대지수 0 ~ 25 B급 : 화염확대지수 26 ~ 75 C급 : 화염확대지수 76 ~ 200	(지수척도) - 아스페스토스 시멘트 판 : 0 - 적오동나무 : 100
일본	불연재료 (온도시간≤0, 발연지수 <30) 준불연재료 (온도시간≤100, 발연지수 <60) 준난연재료 (온도시간≤350, 발연지수 <120) 난연재료 (온도시간≤350)	
영국	불연재료 가연재료 0급 : 준불연재료 (건축기준법에 기준 설정) 1급 : 난연재료 2급 : 가연재료 3급 : 준가연재료 4급 : 초가연재료	

- (1) 재료의 착화성능을 정량화하기 위한 실험
복사열에 의한 착화, 화염에 의한 착화
- (2) 재료의 연소확대성을 정량화하기 위한 실험
화염전파성, 발연성(발열량)
- (3) 재료의 인명위해성을 정량화하기 위한 실험
발연성(발열량), 독성

4.3 국내 불연·방화·방염제도의 분석 및 문제점

- (1) 건축법에서는 출화·화염확대방지 및 피난안전의 측면에서 일정규모 이상의 건축물에서 사용되는 실내 마감재료를 불연·준불연재료 및 난연재료를 사용하도록 의무화 하고 있는 실정이다. 건축법의 내장재 적용범위가 모든 실내 마감·장식·치장재에 미치지 못한 구조체에 밀착되어 있는 마감재(이하 “구조체 밀착재”)에 한정되어 있어 준공 후 추가적으로 설치되는 실내 마감·장식재에 대한 방화 및 방염규제가 없는 실정이다.
- (2) 소방법에서는 화재의 출화위험 방지의 측면에서 일부 특수시설 용도에 사용되는 커튼, 카펫 등의 섬유성 치장물에 방염성능을 보유하도록 의무화 하고 있지만 소방법의 방염성능 의무확보 규정에서도 방염대상물품이 커튼, 카펫 등의 실내 치장물에만 한정되어 있다 화재시 중요한 가연물인 소파, 의자 등의 포장가구류(Upholstered Furniture)에 미치지 못하고 있는 실정이다
- (3) 다중이용업소에서 사용되는 실내재료의 국내의 법규를 비교하면 시험기준의 설정면에서 차이를 보이고 있는데 선진국은 건축재료의 화염확대성이나 연기발생지수 등의 화재성능을 실 내부의 화재확대성상을 고려한 종합적인 판단이 가능하도록 규제하고 있는 반면에 국내에서는 단순히 재료의 연소성을 나타내는 불연·준불연재료만 판단하고 있다.

표 3. 국내의 방화·방염 성능기준의 비교

분류	성능구분			국제기준	국내기준	비고
	호칭	성능	성분			
불연성 재료	불연재	불연성능	무기질재료	-불연성 -화염확대성	-KS 2271	KS기준이 비교적 뒤지지 않음
가연성 재료	고난연성 재료	준불연재·난연재	방화·방염성능 무기질 + 유기질 재료	-연소성 -방출발열량 -화염전파속도 -발연량 -유해성	-연소성	소방법 시행령·시행규칙이 화재성능의 일부분을 나타내는 기준만 규정. (연기, 독성, 화염확대성의 기준은 없음)
	난연성 재료					
	저가연성 재료	가연성 재료				
	고가연성 재료	+				
	초가연성 재료	난연처리제				

4.4 다중이용업소의 인명안전을 고려한 방화·방염제도의 개선방안

국내 다중이용업소에서 인명피해를 극소화 할 수 있는 정도의 방재성능확보가 이루어지기 위해서는 무엇보다도 이를 효과적으로 규제하기 위한 기준, 즉 실내장식재의 화재성능 단계별로 화재안전성능을 나타낼 수 있는시험지표와 종합적인 성능수준을 표시할 수

있는 기준을 설정하여 이를 관리할 평가시스템의 구축이 시급하다.

- (1) 실내 건축물의 실내 장식재에 대한 사용규제안
소방법의 피난시설조항에 불특정다수 이용시설의 실내 공간에서 화염 및 연기의 확산 방지가 가능하도록 실내 장식재료의 표면 화염 확산 및 연기발생총량에 대한 제한이 필요하다. 1980년대부터 선진국에서 사용을 제한하고 있는 플라스틱계 재료의 국내 사용억제를 위한 합리적인 조치가 취해져야 하겠다.
- (2) 국제적인 기준에 부합하는 화재 성능기준 설정 및 시험법의 구축
건축물을 포함한 특정소방대상물의 신축이나 개수에서 용도변경까지 전과정을 망라하여 사용되는 모든 재료를 등급화 할 수 있도록 화재성장단계별로 착화성, 방출발열량, 화염확대성을 나타내는 지표 및 기준의 설정이 시급하다.

표 4. 화재성능시험법의 국제적인 추세

종류	권장되는 시험법
착화성 시험	열적인 조건과 화학적인 조건을 주로 달리하는 복사열에 의한 착화시간을 측정하거나 화염의 존재 하에서 복사열을 주어 착화시간을 측정하는 방법으로 주로 사용하며 현재용 ISO 5657(착화시험)이 국제적으로 인정되어 사용.
화염전파성 시험	재료의 표면에서 화염이 전파되는 성상을 파악하기 위한 시험방법으로써 터널로 법이나 수직·수평전파법 또는 경사형 시험법들이 사용되며 대표적인 터널로 법으로는 미국의 ASTM E 84가 널리 사용되고 있으며, 수직·수평전파법으로는 영국의 BS 476:Part 7이나 ISO 5658법이, 경사형 시험법으로는 프랑스의 복사가열시험이나 일본의 JIS A 1322가 국제적으로 인정되어 사용.
발연성 시험	내장재료의 연소 시에 방출되는 입상물질의 농도 또는 중량을 측정하는 시험방법으로써 농도는 유체의 탁도를 광학적으로 표시 가능한 방법이 주를 이루는데 미국의 ASTM E 662, 일본의 JIS A 1231, ISO TR 5924 등이 사용.
독성 시험	연소생성물 즉, 연기를 포함한 유독성의 가스가 인체에 미치는 유해성을 평가하는 시험으로 화재시 유기질재료의 연소에 의해 CO, CO2의 방출과 더불어 HCN, HCL 등의 급성 독성을 포함하는 연소생성물을 종합적으로 측정하는 방법으로써 ISO 5660 Cone Calorimeter Method이 국제적으로 인정되어 사용.

5. 세계각국의 방염제도

5.1 국외의 연소가스에 대한 국제적인 동향

미국에서는 IBC 내에 실내 장식물에 관하여 화염전파속도와 함께 연농도에 관한 규제 칙 있으나 상당히 낮은 수준을 요구하고 있다. 뉴욕주에서는 Pittsburgh 대학의 연독성 측정 방법을 사용하여 연독성을 측정하고 있으나 이는 참고자료로서 이용되고 있을 뿐이고, California 주에서는 교정시설등에 사용하는 가구류에 대하여 연기 독성에 관한 규제가 있으나 일산화 탄소의 농도만 규제대상이다. 일본에서는 준불연재료 및 난연재료에 대해서 일본 건설성 고시 제1321호에 의해 발연성 및 연기독성을 규제하여 왔다. 영국에서는 일반적인 건축재료에 대한 발연성 및 유해가스에 관한 규제는없고 일부 해군기술기준이나 국방성 기준이 있을 뿐이다. 프랑스에서는 HCN, HCL 등의 농도에 관해 규제기준이 있으나 화재시 가장 중요한 CO는 제외되고 대상품목도 제외되어 폭이 넓다.

이와 같은 결과로 볼 때 외국에서도 특수하 용도나 장소 등에 한정하여 제한적으로 규제하고 있고 아직은 전자·전기 기기나 건축재료, 일반 가구 등에 대해 발연성 및 연기독성

을 적극적으로 규제하려는 움직임은 보이지 않는다. 그러나 화재의 심각성 때문에 화재안전 측면에서 서서히 규제의 가능성이 높아지고 있는 것은 사실이다.

5.2 세계각국의 방염제도

표 5. 세계각국의 방염제도

	한국	미국	프랑스	일본
주관 기관	- 행정자치부 - 한국소방검정공사	- 주소방서	- 행정자치부 - 시민안전보장청	- 소방청 - 일본방염협회
적용 범위	- 소방법	- UBC - BOCA - SBC - NBC - IBC	- 공공건물규제 - 건축·주택기준	- 소방법
대상 품목	- 커튼, 무대막, 암막 - 브라인드 - 실내장식물 - 직물벽지 - 합성수지류 - 합판, 목재, 섬유판	- 커튼 - 어린이 옷 - 매트리스 - 포장가구류 - 실내장식재료 - 비닐벽지 - 폼 플라스틱 - 텐트	- 커튼, 벽포지 등 - 섬유제품 - 내장용 물품 및 - 합성수지 제품 - 칸막이 벽, 천장 - 고정가구류, 의자	(의무대상물품) - 커튼, 포제브라인드 - 인조잔다, 카페트 - 합성수지, 바닥시트 - 합판 - 공사용시트, 케이블 (자율사용제품) - 침구류, - 포장가구 등
방염 시험 방법	- 45° 경사법 - 마이크로버너 - 맥켈버너	- 열방출율 - 에너지 방출율 - 화염확산속도 - 중량 감소율	- 내화성(2시간 정도) - 화염전파속도 - 화염착화성 (건물에서 사용되는 형태로 검사 실시)	- 45° 경사법 - 메탄아민법, - 담배법
항목	(방염제) - LD ₅₀ - 피부자극시험 - 아급성독성, - 만성독성			(방염제로 처리한 경우) - LD ₅₀ - 아급성독성 - 만성독성 - 피부자극시험

6. 방염제도의 문제점 및 개선방향

6.1 현행제도의 문제점

(1) 실내 장식물의 규제 방법의 문제점

소방대상물에 사용되고 있는 실내장식물은 화재시 미치는 영향을 고려하여 기준을 설정하여야 하지만 소방법에서는 방염성능기준만을 언급하고 있으므로 무제한적으로 사용이 가능한 실정이다. 이들은 화재시 연소하여 유독가스를 발생하여 지식사의 원인이 되지만 현행 소방법으로는 합성수지의 사용량을 제한할 수 없다. 실내

장식재료는 적용방법이 달라 일선관서에서는 업무수행에 어려움이 많다. 동일물품이라도 분류하는 사람에 따라적용법규가 달라지게 되므로 업무에 혼선이 빚어지기가 쉽다. 실내장식물로 분류가 소방법규의 적용을 받아 일선 소방서에서 관리를 하지만, 실내마감재로 분류가 되면 건축법규의 적용을 받아 일선 시, 군, 구청에서 관리하고 있다.

(2) 방염처리방법의 문제점

- 자기소화성이 있는 재료로 방염물품을 제조하거나 원료를 방염처리 한 후 방염물품을 제조하는 방법은 방염처리비용이 많이 들지만 품질이 우수하다.
- 염색가공한 직물을 방염처리한 방법은 방염처리하는 업체는 시험실만 갖춘 영세업체로 품질관리가 이루어지지 않고 불량률이 높고, 품질이 매우 불안정하여 내구성에 문제가 될 소지가 있다.
- 소방대상건축물에 설치한 후 방염도료를 칠하여 방염처리하는 방법은 선진국에서는 선처리합판이 생산되고 있으나 국내에는 시장이 협소하여 후처리를 하고 있고, 소방관이 입회하여 실시하지 않으므로 방염성능의 신뢰도가 떨어지게 된다.

(3) 검사방법의 문제점

- 후처리물품 검사는 시료를 Random하게 발취할 경우 실내장식의 손실이 크고 시료 절취가 간편한 특정부위에서 절취할 경우 전체의 성능확인이 어렵다.

6.2 개선방향

(1) 건축물의 실내장식물은 건축물에 고정하여 설치하는 물품과 장식을 위하여 사용하는 물품으로 구분하여 고려하여야 한다. 미국 등 외국에서도 고정하여 서치하는 물품은 화재시 피난, 소화활동에 크게 영향을 미치고 있으므로 불연재료 또는 준불연재료를 사용하도록 규제하고 있으며 실내 장식을 위하여 사용하는 섬유류제품은 담배불 등 부주의로 인한 화재발생을 방지하고 초기화재 지연을 목적으로 방염처리하여 사용하고 있다. 부득이하게 유기질 재료를 사용할 경우 유기질 재료에 대한 방염성능과 연소가스 시험에 대한 기준을 정하여야 한다.

(2) 방염처리업체에서 가공기를 갖추게 하거나 섬유가공공장과 일정한 계약관계를 맺도록 하여 품질관리를 공동으로 하도록 하여야 할 것이다. 방염처리업체에 대한 등록기준에 섬유가공공장의 조건을 부여하는 방법을 고려할 수 있다. 구체적으로 방염제의 사용내역을 밝힐 의무 및 규제할 근거가 없어 업체의 양심에 맡기고 있으나 신뢰도가 떨어지므로 방염처리업체에 대해서 방염제의 사용내역을 매월 검사기관에 보고하도록 하여 적정성 여부를 확인하게 하는 방법도 고려되어야 한다.

(3) 방염성능검사방법은 물품을 생산하는 공장에서 검사하는 방법과 건축물에 설치된 현장에서 방염처리한 물품을 검사하는 방법으로 구분하여 검토되어야 한다.

- 공장방염처리물품에 대한 검사방법
방염물품이 생산이 완료된 후에 샘플링하여 시료를 절취하여 검사를 실시하고 있

으므로 검사사시 제기되는 문제는 없는 것으로 보여진다.

- 현장방염처리 물품에 대한 검사방법

방염처리업체에서는 방염처리한 장소에 방염처리내역을 기록하고 매월 등록기관에 방염처리내역을 보고하면 방염처리내역이 투명해지므로 품질의 저하는 막을 수 있다. 또한, 현재 합판은 기술적으로 공장에서 방염처리가 가능하므로 선처리를 유도할 수 있다.

참고문헌

1. 한국소방검정공사, “방염제도에 관한 연구”, 2000.12.
2. 박형주, 광동일, “다중이용업소에 사용하는 실내 장식재에 대한 방화·방염제도 개선에 관한 연구”, 한국화재·소방학회 논문지, 15권, 1호, p47-54.
3. 이주현, 윤명오, 김운형, “다중이용업소의 내장재 규정에 적용에 관한 연구”, 한국화재·소방학회 논문지, 15권, 1호, p100-107.
4. 서울시립대학교 지진·방재연구소, “건축물 소방방재기준 선진화 방안 연구”, 2000.4.
5. “프랑스의 방화규제·방염규격”, 위험관리정보 124호, p6-9
6. “독일의 방화규제·방염규격”, 위험관리정보 121호, p8-11
7. “케나다의 방화규제·방염규격”, 위험관리정보 117호, p3-5