



병리학적 관찰을 통한 HBr의 연소 독성에 관한 연구

조남욱* · 이인구 · 최재범 · 이봉재 · 신현준
한국건설기술연구원

A Study for Pathological Observations on the HBr Combustion Toxicity.

Nam Wook Jo* · In Ku Lee · Jae Bum Choi
Bong Jae Lee · Hyun Jun Shin

Korea Institute of Construction Technology(KICT)

요 약

건축 재료가 다변화됨에 따라 화재 시 발생하는 연소가스 또한 다양해지고 있다. 그중 HBr은 NES 713과 BS 6853에서 연소 가스의 독성 평가를 위해 측정되는 독성가스이다. 특히 산업안전물질보건자료(MSDS)에서는 HBr가스를 흡입할 경우 화상을 일으키며 호흡부전, 두통 등을 유발시킬 수 있고 50ppm의 HBr가스에 노출된 사람은 생명과 건강에 즉시 영향을 받을 수 있는 매우 유독한 연소가스이다. 본 논문에서는 HBr 표준가스를 사용하여 건축법에서 규정한 가스유해성 시험결과와 HBr가스에 노출된 mouse의 병리학적 관찰 결과를 비교 분석하여 HBr의 연소 독성에 관하여 연구를 진행하였다.

1. 서 론

최근에 건축 재료가 다변화됨에 따라 화재 시 발생하는 연소가스의 종류도 다양하게 발생하고 있다. 특히 합성수지의 연소로 인해 발생하는 할로젠 계 가스들(HBr, HCN, HF 등)은 NES713과 BS6853, ISO13344에서 독성 평가 진행을 위해 측정되는 가스들 중 유독한 가스들로서 제시되고 있다.¹⁾²⁾³⁾ 특히 HBr의 경우 산업안전물질보건자료(MSDS)에서 사람이 흡입할 경우 화상을 일으키며 호흡 부전 및 두통 등을 유발시킬 수 있다. 특히 일정시간 동안 50ppm의 HBr가스를 흡입 시 생명과 건강에 즉각적인 영향을 줄 수 있다. 연소 독성평가를 위해서 건축법에 의한 마감 재료의 난연 성능평가 제도에서는 가스유해성 평가를 수행하고 있으며 FT-IR을 활용한 연소 독성평가에 관한 연구가 수행되었다.⁴⁾⁵⁾ 하지만 가스유해성 시험과 연소 독성평가의 경우 가스 흡입 후에 발생하는 장기 손상까지는 고려하지 않아 실험 동물을 이용한 장기 손상의 병리학적 관찰 연구가 필요하다.

이에 본 논문에서는 HBr 표준 가스를 사용하여 가스 유해성 시험을 진행하였고 시험이

종료한 후 시험에 사용된 mouse는 해부하여 병리학적 관찰을 진행하였다. 병리학적 관찰 결과와 가스 유해성 시험 결과의 비교를 통하여 HBr 가스가 mouse의 장기에 미치는 영향에 대하여 연구를 진행하였다.

2. 문헌조사

2.1 가스유해성 시험

현재 건축법에서는 건축물 마감 재료의 난연 성능평가를 건축법 제43조, 동 시행령 제 61조 및 ‘건축물의 피난 방화 등의 기준에 관한 규칙’ 제24조에서 건축물의 마감 재료에 대한 용도 및 규모별 적용 대상과 성능기준을 정하고 있다.⁶⁾⁷⁾

Table 1. the test method and evaluation standard of KS F 2271

| 규격 | 등급 | 성능기준 |
|---------|-------|---------------------|
| 가스유해성시험 | 불연재료 | ○ 평균행동정지시간 9분 이상일 것 |
| | 준불연재료 | |
| | 난연재료 | |

가스 유해성 시험은 가열을 시작해서 시험용 mouse가 행동을 정지할 때까지의 시간 측정은 자동 기록할 수 있는 장치를 사용하여야 하며, 시작 후 15분간 개개의 mouse마다 실시하여야 한다. 성능을 통과하기 위해서는 평균행동정지시간인 Table 1의 마감 재료의 성능 기준인 9분 이상이 되어야 한다. 본 실험에서는 실제 시험체 가열에 의한 연소가스 노출이 아닌 표준가스를 직접 피검 상자에 주입하는 방식으로 실험 동물을 관찰하였다.

2.2 mouse의 병리학적 관찰

병리학이란 병의 원인, 발생, 결과 및 변화 등에 관한 학문으로써 본 논문에서는 HBr의 표준 가스에 노출된 실험용 mouse에 장기 손상 여부 및 정도의 파악을 목적으로 표적 장기를 적출하여 병리학적 관찰을 진행하였다. 검체 제작은 조직에 대하여 일정한 두께로 삭정(trimming)한 다음, 일반적인 조직처리과정(processing)을 거쳐 파라핀 포매(embedding)하고 2~3 μm 두께로 박절(cutting)하여 조직 절편을 제작한 후, HE 염색을 실시하였다. 완성된 조직 검체는 광학현미경 (Olympus BX50, Olympus Optical Co., Japan)으로 관찰하였다.

3. 결과

시험은 HBr 표준 가스를 사용하여 진행 하였으며 가스의 농도는 10.7ppm, 46.1ppm, 112ppm, 616ppm을 대상으로 진행하였다. mouse의 해부는 HBr 가스에 노출된 실험군과 가스유해성 시험을 진행하지 않은 정상 상태의 비교군을 대상으로 표적 장기를 적출하여

병리학적 관찰을 진행하였다.

3.1 가스유해성 시험 결과

가스유해성 시험 결과는 Table 2와 같다. HBr의 표준가스 농도 10.7ppm, 46.1ppm, 112ppm, 616ppm의 표준행동정지시간은 각각 7분 44초, 7분 58초, 7분 33초, 6분 53초로 나타났다. 10.7ppm, 46.1ppm, 112ppm에 경우 HBr가스가 평균행동정지시간에 유사한 영향을 준 것으로 보인다. 하지만 616ppm에 노출된 mouse의 표준행동정지시간의 경우 HBr가스의 주요한 영향을 받았다는 것을 판단할 수 있다. 그러나 가스 유해성 시험은 각 농도에 따른 세포 단위의 장기 손상을 관찰할 수 없는 한계를 가진다.

Table 2. Result of Noxious Gas Test

| 가스 종류 | 농도 | 표준행동정지시간 (min, s) | 비고 |
|---------------------------------|----------|-------------------|-------------|
| HBr (N ₂ balance) | 10.7 ppm | 7, 44 | mouse 전부 사망 |
| | 46.1 ppm | 7, 58 | mouse 전부 사망 |
| | 112 ppm | 7, 33 | mouse 전부 사망 |
| | 616 ppm | 6, 53 | mouse 전부 사망 |

3.2 mouse의 병리학적 관찰 결과

HBr 가스에 노출된 실험군은 10.7ppm, 46.1ppm, 112ppm의 경우 5마리, 616ppm의 경우 1마리를 병리학적 관찰을 수행하였다.

Table 3. Histopathological findings in mouse(Group summary) by HBr

| Organ/ Findings | | HBr(ppm) | | | |
|--------------------|--|----------|------|-----|-----|
| | | 10.7 | 46.1 | 112 | 616 |
| Heart | 소혈관 충혈 & 울혈(+) | 5 | 5 | 5 | 1 |
| Liver | central vein 및 portal space 충혈 & 울혈(+) | 5 | 0 | 0 | 0 |
| | central vein 과 portal space 및 sinusoid 충혈 & 울혈(+), 세포괴사(+) | 0 | 5 | 5 | 1 |
| Lung | 소혈관 및 alveolar septum 충혈 & 울혈(+) | 5 | 0 | 0 | 0 |
| | 소혈관 및 alveolar septum 충혈 & 울혈(++) | 0 | 5 | 5 | 1 |
| Spleen | 소혈관 충혈 & 울혈(+) | 5 | 0 | 0 | 0 |
| | 소혈관 충혈 & 울혈(+), giant cell (+) | 0 | 5 | 5 | 1 |
| Thymus | 소혈관 충혈 & 울혈(+) | 5 | 5 | 5 | 1 |
| Kidney | 신사구체 출혈(+), cortex 충혈(+), medulla 충혈(+) | 1 | 1 | 1 | 1 |

병리학적 관찰 결과는 Table 3과 같다. 실험용 mouse의 장기는 총 6개 기관(심장(Heart), 간(Liver), 폐(Lung), 비장(Spleen), 신장(Kidney), 흉선(Thymus))을 선정하여 관찰하였다. 관찰 결과 모든 장기에서 세포 변화 및 이상 소견이 나타났다.

HBr 실험군에서는 심장(Heart), 흉선(Thymus), 신장(Kidney)에서 모든 농도로부터 충혈 및 울혈 등 이상 상태를 보였다. 하지만 폐(Lung), 비장(Spleen), 간(Liver)의 경우 10.7ppm을 제외한 모든 농도에서 세포괴사, 거대 세포가 발생하였고 소혈관의 충혈 및 울혈이

10.7ppm에서 보다 증가함을 보였다.

4. 결 론

본 논문에서는 가스유해성 시험 결과와 병리학적 관찰을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 가스유해성 시험 결과 10.7ppm, 46.1ppm, 112ppm에서는 농도별 평균행동정지시간의 HBr 가스의 영향을 확인하는 데는 제한되었으나 616ppm의 HBr 가스에서는 가시적 영향이 있는 것으로 판단된다.

2. 병리학적 관찰 결과 HBr 실험군의 경우 6개 기관(심장(Heart), 간(Liver), 폐(Lung), 비장(Spleen), 신장(Kidney), 흉선(Thymus))에서 모두 충혈 및 울혈이 발생하였다. 특히 10.7ppm을 제외한 모든 농도에서 세포괴사, 거대 세포가 두드러지게 관찰되었고 간(Liver)과 폐(Lung)에서는 충혈과 울혈이 심각하게 나타났다.

3. 가스유해성 시험 결과에서는 616ppm에서부터 평균행동정지 시간의 변화가 나타났으나 병리학적 관찰 결과 46.1ppm부터 장기 손상이 나타났다. 이는 가스유해성 시험만으로는 화재 발생 시 유해 가스 흡입이 초래한 장기 손상 정도 및 기타 후유증의 여부를 확인할 수 없다고 사료되며 본 연구에서 시도한 병리학적 관찰과 DNA 변성추적등의 추가연구를 통하여 보다 자세한 연소독성 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 한국건설교통기술평가원 첨단도시개발사업 “연소가스 정량분석을 통한 건축물 마감재료 연소유해가스 평가방법 및 기준개발”에 대한연구비 지원에 의한 결과의 일부이며 본 연구를 가능케한 한국건설교통기술평가원에 감사드립니다.

참고문헌

1. BS 6853:1999 Code of practice for fire precautions in the design and construction of passenger carrying trains
2. NES 713, Determination of the toxicity index of the products of combustion from small specimens of materials. issue 03, (1985)
3. ISO 3344 : 2004“Estimation of the Lethal Toxic Potency of Fire Effluents”
4. 조남욱, “ 연소독성지수와 마우스 행동정지시간 비교 연구” 한국소방학회 논문지, 제 25권 제 4호(2011)
5. 김성수, “ FT-IR과 FED를 이용한 건축 재료의 연소독성평가에 관한 연구” 한국소방학회 논문지, 제25권 제 6호(2011)
6. KS F 2271 : 2006 “건축물의 내장재료 및 구조의 난연성 시험 방법”
7. 국토해양부 (2011). “국토해양부 고시 제 2011-39호. 건축물 마감재료의 난연성능 기준”