



HCl에 노출된 mouse의 병리학적 관찰에 관한 연구

조남욱* · 천지홍 · 이종천 · 이인구 · 신현준

*한국건설기술연구원

A Study for pathological observations on the exposed mouse to the HCl

Nam Wook Cho · Ji Hong Chun · Jong Cheon Lee · In Koo Lee · Hyun Jun Shin

Korea Institute of Construction Technology

요 약

최근의 건축물은 다양한 소재의 마감재를 사용함으로써 화재 발생시 다양한 연소가스를 배출한다. 이때 건축물 내부의 화재에 노출된 재실자는 열 및 화상의 위험성과 함께 연기 및 독성가스의 피해를 받기 쉽다. 본 연구에서는 건축물 화재시 발생될 수 있는 HCl에 대한 표준가스를 제작하여 가스유해성시험을 수행하고, HCl 표준가스에 노출된 실험용 쥐의 표적 장기적출실험을 수행하였다. 이를 통해서 유독가스에 노출된 실험용 쥐의 해부를 통한 표적 장기-심장(Heart), 간(Liver), 폐(Lung), 비장(Spleen), 신장(Kidney), 흉선(Thymus)-의 손상 여부와 KS F 2271에 의한 평균행동정지시간과의 관계를 분석하였다.

1. 서 론

1.1 연구의 목적

화재에 노출된 가연물은 다양한 형태의 연소가스를 배출하고 배출되는 연소가스는 가연물의 화학적 성질과 연소상태에 따라 다르게 나타난다. 현 건축법에서는 KS F 2271의 가스유해성 시험을 이용하여 연소가스의 유해성 시험을 수행하고 있다.^{1,2)} 가스유해성 시험은 연소가스에 노출된 실험용 쥐의 평균행동정지시간을 측정하여 일정 기준(실험용 쥐의 평균행동정지시간 9분 이상)을 충족하는 재료에 대한 적합성 여부를 판단한다. 따라서 연소시 발현되는 연소가스의 종류 및 농도를 측정할 수 없으며, 연소가스가 미치는 인체의 손상여부를 확인할 수 없는 한계를 가진다. 또한 기존에 수행된 연구가 기기분석과 가스유해성에 대한 동물의 행동정지시간을 측정하고, 이를 통해 독성지수를 산정하여 생체 내에서 일어나는 세포과피 및 장기손상 등을 관찰할 수 없는 한계가 있어 유독가스에 노출된 동물의 병리학적 접근이 필요하다.³⁾ 따라서 본 연구에서는 연소시 발생될 수 있는 연소가스 중 HCl을 선정하여 10.0, 51.1, 150.0 ppm까지 바탕가스를 N₂로하여 표준가스를 제작하고 실험용 쥐에 노출시켜 연소가스(HCl)가 실험용 쥐의 행동정지시간에 미치는 영

향과 더불어 6가지 표적장기(Target Organ)를 적출하여 병리학적 관찰을 수행하여 연소가스(HCl)의 연소독성연구에 활용하고자 하였다.

2.1 가스유해성 시험

가스유해성 시험 KS F 2271는 건축물 마감재로 사용되는 모든 등급(난연, 준불연, 불연)에 공통적으로 적용되는 시험항목이다. 본 연구에 적용된 화재모델은 KS F 2271의 가스유해성 시험기로서 피검상자에 직접 표준가스(HCl)를 공급하였다. 피검상자 내의 온도는 30℃이며 센서가 부착된 회전바구니(각 회전바구니의 무게 75g) 8개에 실험용 쥐를 한 마리씩 넣은 후 15분간 유해가스(HCl)에 노출된 실험용 쥐의 표준행동정지시간을 측정하였다. 실험용 쥐는 생후 5주령(18~22g)의 ICR계 암컷이다.^{1,2,4)}

마우스의 평균행동정지시간²⁾

$$x = \bar{X} - \sigma \dots\dots\dots(1)$$

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8}{8} \dots\dots\dots(2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{X})^2 + (x_2 - \bar{X})^2 + \dots + (x_7 - \bar{X})^2 + (x_8 - \bar{X})^2}{8}} \dots\dots\dots(3)$$

여기에서 \bar{X} : 8마리 실험용 쥐의 행동 정지시간(실험용 쥐가 행동을 정지하지 않은 경우에는 15분으로 한다.)의 평균값

σ : 8마리 실험용 마우스 행동 정지시간(실험용 쥐가 행동을 정지하지 않은 경우에는 15분으로 한다.)의 표준편차

위 식(1)의 x 는 마우스의 평균행동정지시간으로, 실험용 쥐 8마리의 평균(\bar{X})에서 식(2) 행동시간의 표준편차 식(3)을 차감한 값으로 가스유해성 시험 KS F 2271의 적합성을 판단하는 기준이 된다.²⁾

2.2 mouse의 병리독성 관찰

유해물질에 노출된 실험용 쥐의 장기 손상 여부 및 정도의 파악을 목적으로 유독가스에 노출되지 않은 정상상태의 쥐를 비교군으로 선정하여 실험군과 비교군의 표적장기를 적출하여 병리독성 관찰을 수행하였다. 실험 절차는 다음과 같다. 가스유해성실험 후 표준가스에 노출된 쥐의 폐 손상여부 확인을 위하여 폐세척액(BALF)을 채취한 후 복부를 절개하여 6개의 표적장기-심장(Heart), 간(Liver), 폐(Lung), 비장(Spleen), 신장(Kidney), 흉선(Thymus)-를 적출하였다. 적출된 표적장기는 슬라이드의 형태로 삭절 후, 광학현미경을 통하여 세포 단위의 손상여부를 병리학적 관점에서 관찰하였다. 실험에 사용된 HCl 표준가스의 농도는 10.0, 51.1, 150.0 ppm이다.

3. 시험결과

3.1 가스유해성 시험결과

HCl가스는 포스겐(COCl₂), 시안화수소(HCN) 등과 같이 인체에 치명적인 자극성 독성가스로 분류된다. 가스유해성 시험결과는 Table 1 및 Figure 1,2,3와 같다. HCl 표준가스의 농도 10.0, 51.1, 150.0 ppm에 노출된 실험용 쥐(8마리)의 평균행동정지시간은 각각 07분 26초, 07분 22초, 07분 25초를 기록하였다. 실험에 사용된 HCl의 농도범위(10.0~150.0ppm)는 실험용 쥐의 표준행동정지시간에 비슷한 영향을 미친 것으로 보이며 건축법에서 규정하는 건축물 마감재의 가스유해성시험의 적합기준(표준행동정지시간 9분 이상)을 충족하지 못하는 수준이었다. 실험 후 HCl가스에 노출된 실험용 쥐는 모두 사망하였다.

Table 1. The Result of Gas Hazard Test

화학종	농도 (ppm)	평균행동정지시간 (min, s)
HCl	10.0(저농도)	07, 26
	51.1(중농도)	07, 22
	150.0(고농도)	07, 25

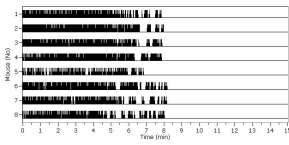


Figure 1. Mouse Activity graph

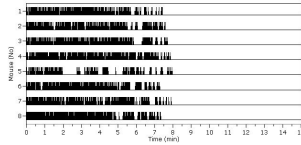


Figure 2. Mouse Activity graph

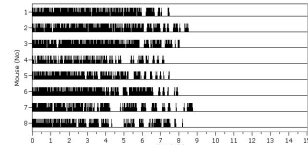


Figure 3. Mouse Activity graph

3.2 mouse의 병리독성 관찰결과

각 농도(10.0, 51.1, 150.0 ppm)별 HCl 유독가스에 노출된 실험용 쥐 5마리에 대하여 표적장기를 적출하고, 적출된 장기의 손상여부를 확인하는 병리독성관찰을 수행하였다. 실험용 쥐의 장기는 총 6개 기관-심장(Heart), 간(Liver), 폐(Lung), 비장(Spleen), 신장(Kidney), 흉선(Thymus)-을 선정하여 관찰하였다. 관찰에 사용된 표적기관 중 심장(Heart)과 신장(Kidney)을 제외한 4개 표적기관 간(Liver), 폐(Lung), 비장(Spleen), 흉선(Thymus)에서 세포변화 및 이상소견이 나타났다.

간(Liver)은 횡경막 아래의 우측 위복부에 위치하여 대표적으로 알코올의 분해기능과 해독기능을 가진 기관이다. 연소가스에 노출된 실험용 쥐의 간(Liver)은 저, 중, 고농도에서 모두 세포 충혈 및 출혈이 나타났고 이로 인한 세포괴사로 이어짐을 알 수 있었다. 특히 중농도(51.1ppm) 이상의 표준가스에 노출된 실험용 쥐에서는 공통적으로 거대세포가 증가하였다. 폐(Lung)는 가슴의 앞쪽에 위치하여 호흡을 담당하는 기관으로 연소가스에 노출된 실험용 쥐의 폐(Lung)는 저농도(10.0ppm)부터 폐포상 출혈 및 울혈 현상과 모세기관지 주위의 혈관출혈이 관찰되었다. 중농도(51.1ppm)와 고농도(150.0ppm)에서는 혈전이 나타났다. 비장(Spleen)은 횡경막과 왼쪽 신장 사이에 위치한 장기로 혈액 중의 세균을 죽이고, 노화된 적혈구를 파괴하는 역할을 한다. 연소가스에 노출된 실험용 쥐의 비장

(Spleen)은 저농도(10.0ppm)에서 이상소견이 나타나지 않았으나, 중농도(51.1ppm)부터 혈관의 출혈 및 출혈현상과 거대세포가 증가됨을 확인할 수 있었다. 고농도(150.0ppm)에서는 적색비수에 출혈 및 출혈 현상이 관찰되었다. 면역기능의 중추기관인 흉선(Thymus)은 저농도(10.0ppm)에서 이상소견이 나타나지 않았지만, 중농도(51.1ppm)와 고농도(150.0ppm)에서 혈관 출혈 및 출혈이 관찰되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 연소가스(HCl)에 대하여 실험용 쥐를 활용하여 가스유해성시험(KS F 2271)을 실시하였고, 연소가스(HCl)가 실험용 쥐의 평균행동정지시간에 미친 영향을 병리학적관점에서 관찰하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 연소가스(HCl)에 노출된 실험용 쥐는 10.0ppm에서 07분 26초, 51.1ppm에서 07분 22초, 150.0ppm에서 07분 25초의 평균행동정지시간을 나타냈다.
2. 연소가스(HCl)에 노출된 실험용 쥐는 KS F 2271의 실험에서 모두 9분 미만의 평균행동정지시간을 나타냈고, 연소가스(HCl)에 노출된 실험용 쥐의 4개 기관 간(Liver), 폐(Lung), 비장(Spleen), 흉선(Thymus)에서 세포의 출혈 및 거대세포가 증가되는 등 이상소견이 나타났다.
3. 본 실험결과 연소가스 분석분야에서 병리독성학적 접근은 실험용 쥐의 각 기관의 피해 정도를 관찰함으로써 가스유해성 연구에 유용하게 활용될 수 있으며, 다변화된 소재에 따라 발현되는 다양한 연소가스(HBr, HCN, CO 등)가 각 기관에 미치는 영향에 대하여 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

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. 국토해양부, 2011 “국토해양부 고시 제 2011-39호. 건축물 마감재료의 난연성능 기준”.
2. KS F 2271, 2006 “건축물의 내장재료 및 구조의 난연성 시험 방법”.
3. BS 6853:1999 Code of practice for fire precautions in the design and construction of passenger carrying trains
4. NES 713, Determination of the toxicity index of the products of combustion from small specimens of materials. issue 03, (1985)
5. ISO 13344 : 2004 “Estimation of the Lethal Toxic Potency of Fire Effluents”
6. 조남욱, 한국화재소방학회 “NFPA 269에 의한 건축물 마감재의 연소가스독성평가연구”.(2011).
7. ISO/TR 9122-3 : 2004Toxicity testing of fire effluents-Part 4 : The Fire Model