

# 주거용 컨테이너 화재시 발생하는 연소가스의 독성 평가에 관한 연구 - 화재용 방독면 filter의 성능평가를 중심으로

이정윤<sup>†</sup> · 김정훈 · 김연희 · 정기창<sup>\*</sup>

호서대학교 대학원 안전공학과 · <sup>\*</sup>호서대학교 안전시스템공학과

(2004. 5. 14. 접수 / 2004. 12. 6. 채택)

## A Study on Toxicity Evaluation of Combustion Gases Released from the Residential Container Fire - Efficiency Test for the Fire Gas Mask Filters

Jung Yun Lee<sup>†</sup> · Jeong Hun Kim · Youn-Hi Kim · Ki Chang Jung<sup>\*</sup>

Department of Safety Engineering, Graduate School of Hoseo University

<sup>\*</sup>Department of Safety System Engineering, Hoseo University

(Received May 14, 2004 / Accepted December 6, 2004)

**Abstract** : The recent fire incident in an elementary school of Chonan city causes the media focus on the fire safety of residential container buildings. In this study, real fire tests were conducted in this kind of buildings. Combustion products including O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, HCl, HCN were measured, and blood samples of lab rats were analyzed in terms of Co-Hb, Glucose, AST(GOT), ALT(GPT), in order to investigate the hazard-reduction effects of employing gas mask protected with filter during the fire emergency of residential container buildings. According to the test results, whether or not employing the filter showed a sheer difference in the toxicity of the fire-induced gases, and then the importance of wearing a gas mask was evidently demonstrated.

**Key Words** : compartment fire, toxicity evaluation, combustion gases

### 1. 서 론

최근 발생한 천안 초등학교 축구부 선수들의 숙소로 사용된 주거용 컨테이너 화재사고는 사회의 관심을 집중시켰으며, 그 심각성이 부각되었다. 특히 이들 컨테이너의 벽체는 폴리우레탄 또는 폴리스티렌의 발포체를 이용한 sandwich panel로, 화재시 연소 특성이 매우 취약한 것이 특징이다<sup>1)</sup>. 또한 컨테이너 내장재, 가구 및 집기 등을 구성하고 있는 고분자 물질은 부분적으로 난연 처리가 되어 있어, 화재 발생시 정상 연소에서는 발생되지 않는 유해·독성가스 생성을 상대적으로 증가시킴으로써 인체 유해성에 대한 영향은 가중된다고 할 수 있다<sup>2-4)</sup>. 이처럼 화재시의 화염에 의한 직접적인 손상 및 사망 건수보다 내장재의 연소 시 발생하는 연소가

스에 의한 질식 등이 더욱 많은 수를 차지하고 있으며 이들 고분자로부터 발생하는 연기 및 유독가스는 피난 시 시야차단 및 재실자의 호흡 곤란, 질식 등을 유발시켜 피난을 방해하고 독성가스의 흡입에 의한 호흡기 및 신체 장기에 대한 손상 및 후유증을 유발시킬 수 있다. 일반 건축물은 내장재 연소시 열 방출율, 벽체 표면 온도, 탄화층 두께, 연소가스 종류 및 온도, 방출되는 복사열량 측정 등을 통한 다양한 화재 성상 연구가 수행되고 있으며<sup>5-7)</sup>, 화재구역과 대피구역 간 격리용 방화문이나 셔터, 독성가스의 대피구역내 유입 방지를 목적으로 한 제연 방화설비 및 소화설비 등이 실제적으로 이용되고 있다. 그러나 이와 달리 주거용 컨테이너는 단일 화재 구역으로 구성된 소공간 건조물로서 화재 발생에 대비한 제연 방화 설비 및 소화 설비 등이 구비되어 있지 않은 것이 일반적이어서 거주자의 화재안전에 상당한 제약을 갖고 있다.

따라서 본 연구에서는 주거용 컨테이너의 화재

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.  
jungyuni@safety.hoseo.ac.kr

양상을 고찰하고, 재실자의 독성가스의 흡입을 차단할 목적으로 사용되고 있는 화재용 방독면의 정화통(filter)을 사용하여 독성가스의 감소 특성을 연소가스분석 및 실험용 흰쥐의 혈액분석를 통하여 비교 고찰하였다.

### 1.1. 측정된 독성가스의 특성

화재시 발생하는 연소가스 중 O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, HCl, HCN를 측정하였으며, O<sub>2</sub>농도의 감소는 산소결핍 및 5%이상의 CO<sub>2</sub>에 장기간 노출되면 재실자가 의식을 잃거나 사망할 수 있는 원인이 된다. CO는 혈액내 hemoglobin과 결합하여 산소부족의 원인이 되는 무색, 무취의 기체로서 TLV-STEL은 400 ppm이며, 최소치사량은 2000ppm이다. NO<sub>x</sub>는 호흡기에 대한 강한 자극성을 가진 기체로서 현기증 및 두통을 일으킬 수 있으며, 500ppm이상 흡입시 급성 폐수종을 유발시켜 48시간 이내에 사망할 수 있다. SO<sub>x</sub>는 대기 오염의 주원인이 되는 물질로서 8~12 ppm 이상에서 눈, 코, 목, 호흡기에 대한 자극 및 잠재적인 위험성이 매우 높은 물질이다. HCl은 자극적인 향을 갖은 무색투명의 강산성 기체로서, 부식성 및 인체 유해성이 강하고, TLV-STEL 5ppm, 최소치사량은 1500~2000ppm이며, 많은 양은 흡입하면 폐수종을 일으킬 수 있는 물질이다. HCN(hydrocyanic acid)은 복숭아향의 무색, 맹독성 기체로서 특별한 주의가 필요하며, TLV-STEL 10ppm, 최소치사량은 200~3000ppm이다<sup>8,9)</sup>.

### 1.2. 혈액분석

화재시 발생하는 독성가스를 다량으로 흡입하게 되면 신체의 이상을 유발시킬 수 있으며, 그 이상 정도를 혈액분석을 통하여 측정하였다.

혈중 Co-Hb, glucose, AST(GOT), AST (GPT) 농도를 측정하였으며, Co-Hb(Carboxy-hemoglobin)은 hemoglobin에 CO가 결합된 것으로서 그 친화력이 O<sub>2</sub>보다 210~270배 강하여 해리 속도가 늦는 특징이 있다. 혈액의 CO 포화도는 CO 폭로 치료로 사용되며, 건강인의 참고치는 2%이내이지만 CO 폭로시 30% 이상이 되면 경련 및 의식불명, 60% 이상이 되면 혼수상태 및 사망에까지 이르게 한다. 혈중 glucose의 경우 정상인의 참고치는 60~160mg/dL이상 또는 200mg/dL이하로 그 항상성이 매우 큰 효소이다. Glucose의 농도가 상승함에 따라 전신 권태 및 중추신경 질환, 쇼크 등을 발생시킬 수 있다. AST(GOT);

[aspartate aminotransferase (glutamate oxaloacetatetransaminase)], ALT (GPT); [alanine aminotransferase(glutamate pyruvate transaminase)]의 농도는 세포 장애 정도, 특히 간질환의 진단 척도로 사용되고 있으며, aminotransferase는 어느 세포에나 존재하는 효소로써 세포의 파괴시 혈액내로 유출된다. 그러나 이 효소는 분자량이 약 95~110kDa로 크기 때문에 혈행구조를 가지고 있는 심장, 간, 근육 등의 세포 파괴시 효소활성이 증가한다<sup>10)</sup>.

## 2. 실험 장치 및 방법

본 연구에 사용된 주거용 컨테이너는 현재 우리나라에서 널리 사용되고 있는 일반적인 구조의 크기 6m(W)×3m(D)×2.3m(H)로 내부에 주거 필수품인 텔레비전, 오디오, 컴퓨터 등 가전제품과 소파, 옷장, 책상, 의자, 신발장 등 가구류를 Fig. 1과 같이 배치하였다. 컨테이너의 화재 하중은 내부 가연물을 포함, 벽지, 바닥 및 천장 합판, 장판, 스티로폼 등 벽체의 중량을 측정후 등가목재중량으로 환산한 값을 산정한 결과 34.4kg/m<sup>2</sup>이었으며, 가연물의 종류에 따른 중량 및 화재 하중을 Table 1에 나타내었다<sup>11)</sup>.

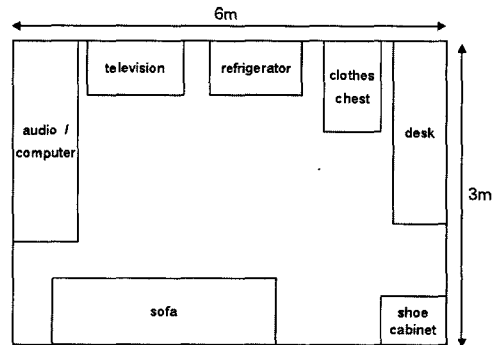


Fig. 1. Schematic of upholstered furniture in the container

Table 1. Description of the combustibles used in this experiment

	weight (kg)	amount of combustibles (kg)	amount of heat (kcal)	fire load (kg/m <sup>2</sup> )
electronic products	50.1	50	225,000	2.78
furnitures	203.3	274.5	891,850	14.6
other fixtures	232.52	225.92	999,440	17.02
total	485.92	550.42	2,116,290	34.4

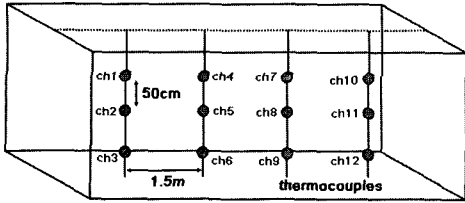


Fig. 2. The location of K-type thermocouples to measure internal temperatures during the container fire

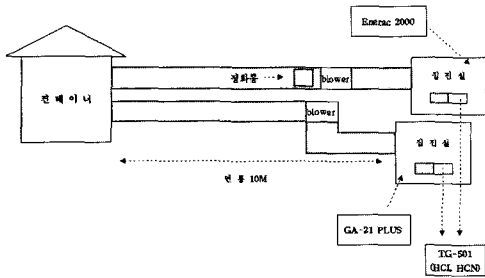


Fig. 3. Schematic of experimental set-up

### 2.1. 컨테이너 내부 화재온도 측정

컨테이너 내부 온도 측정을 위하여 Fig. 2와 같이 폭 1.5m, 높이 50cm 간격으로 전체 12개의 K-type 열전대를 설치하였으며, 화재온도 측정장치(Multiscan/1200™)와 전용 컴퓨터 프로그램을 통하여 내부 온도를 측정하였다. 컨테이너의 좌측 전면부(ch3부근)에서 점화를 시작으로 화재 실험을 실시하였다.

### 2.2. 연소가스 측정

주거용 컨테이너 화재시 발생하는 연소가스를 측정하기 위하여 길이 10,000mm×75mm의 1개의 연통을 Fig. 3과 같이 설치하였으며, 흡입구의 높이는 1.5m로 성인 남자의 코 높이로 설정하였으며, 연소가스의 원활한 흡입을 위하여 각각 blower를 설치, 그 유속을 30L/min으로 설정하였다<sup>12)</sup>. 연통의 토출부에 각 box를 설치하여 Table 2와 같이 장치를 사용하여 연소가스를 측정, 분석하였다.

Table 2. Measurement equipment for combustion gases through the filter and non-through the filter

combustion gases	filter	non-filter
O <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> CO NO <sub>x</sub> SO <sub>x</sub>	Enerac 2000	Madur GA-21Plus
HCl HCN	GrayWolf DirectSense™ TOX PPC Kit TG-501	

Table 3. Analysis method, reagent and equipment for enzymes

enzymes	method	reagent	analyzer
Co-Hb	UV spectrometer	-	H.P.
Glucose	enzyme method		Hitachi
AST(GOT)	UV method	Sinyang Korea	7600
ALT(GPT)	UV method		110

Table 4. Requirement for filter of gas mask

gases	concentration limit	maintain time under concentration limit
CO	350 (ppm)	3 (min.)
SO <sub>2</sub>	5 (ppm)	80 (min.)
HCl	5 (ppm)	15 (min.)
HCN	10 (ppm)	100 (min.)

### 2.3. 실험용 흰쥐의 혈액분석

Box 내부에는 생후 9주의 실험용 흰쥐(255±15g)를 암수를 혼합하여 10마리씩 투입하여 filter로 보호되는 box는 5분 간격, 그렇지 않은 box는 2분 간격으로 심장에서 혈액을 채취, 혈중 Co-Hb, Glucose와 임상 진단용 키트로 AST(GOT), ALT(GPT)의 농도를 Table 3과 같은 방법에 따라 분석하였다.

Co-Hb는 Watson et al.법<sup>13)</sup>, glucose는 glucose oxidase법<sup>14)</sup>, 혈청 AST와 ALT는 실험 전후 얻어진 샘플을 UV 분광광도계를 사용하여 측정하였으며<sup>15)</sup>, 효소의 종류에 따른 분석 방법, 사용 시약 및 장치를 Table 3에 나타내었다.

### 2.4. 화재용 방독면의 요구성능

실험에 사용된 방독면은 행정자치부 소방방재청의 다용도 방독면 규격서에 제시 되어 있는 filter의 요구성능에 따라 제작된 제품을 사용하였으며, 요구성능을 Table 4에 나타내었다.

또한 본 실험에 사용된 화재용 방독면의 filter는 HEPA filter의 사용에 의한 연기 차단 및 catalysis와 porous-plate 사용에 의한 CO를 CO<sub>2</sub>로 변환하여 여과하는 기능을 가지고 있다.

## 3. 실험 결과 및 분석

### 3.1. 컨테이너 내부 화재온도 측정결과

Fig. 4 시간 경과에 따른 컨테이너 내부 화염의 평균 온도를 나타낸 것으로, 점화 후 15분 경과시 최고 온도 935.5℃를 기록하였다. 또한 점화 후 4분에서 6분까지 온도가 강하하는 것은 컨테이너 내부

산소 소모로 인해 일시적으로 화염이 소멸 상태를 나타낸 것으로 사료된다. 이 지점 이후 개구부인 유리창이 파괴되었으며, 8분경 플래시 오버 단계로 진입하였다. 화재시 내부 온도 변화는 성장기(구간 ①), 플래시 오버(구간 ②), 쇠퇴기(구간 ③) 및 쇠퇴기(구간 ④)로 구분되어, 일반 건축물 화재시 구획실 온도 변화와 유사한 양상을 보였다.

### 3.2. 연소가스 측정결과

Fig. 5는 시간에 따른 O<sub>2</sub>의 변화량을 나타낸 것으로 점화 후 1분경 정상인의 치사농도인 16% 미만에 도달하였고, 5분경 최저치인 3.45%를 기록하였다.

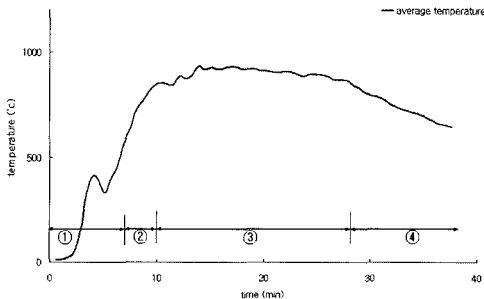


Fig. 4. The variation of the average temperature during the residential container fire

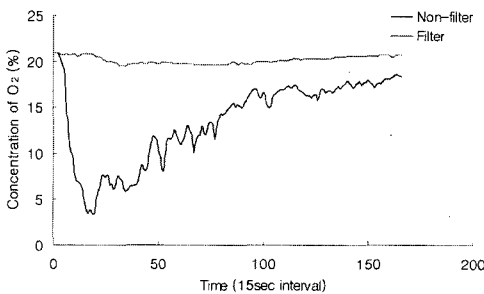


Fig. 5. Variation of O<sub>2</sub> concentration during the residential container fire

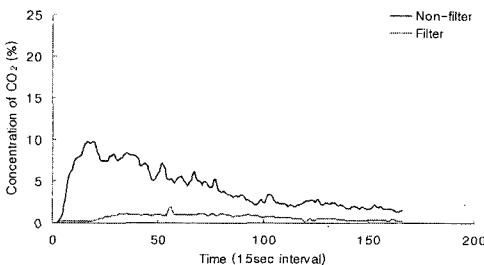


Fig. 6. Variation of CO<sub>2</sub> concentration during the residential container fire

Fig. 6은 CO<sub>2</sub>의 변화량을 나타낸 것으로서 점화 후 2분경, 정상인의 장기간 노출시 의식 불명 및 사망에까지 이르게 할 수 있는 농도인 5%를 초과하였으며, 5분경 최고치인 9.7%를 기록하였다. 이후 컨테이너 내부 화재온도의 감소에 따라 CO 및 CO<sub>2</sub>의 발생량이 감소하였다. 또한 Fig. 5, 6을 보면 O<sub>2</sub>의 감소에 따라 CO<sub>2</sub>가 증가하고 있으며, CO<sub>2</sub>의 증가 이전에 O<sub>2</sub>의 감소에 따른 재실자의 피난 불능상태를 예고하는 것이다. Filter를 통과한 연소가스중의 O<sub>2</sub>가 최저치 19.5%, CO<sub>2</sub>가 최고치 1.9%를 기록하였으며, 이는 화재 시 발생하는 연소가스 중 CO, CO<sub>2</sub>를 비롯한 기타 가스의 흡착에 따른 O<sub>2</sub> 비율 증가의 결과로 사료된다.

Fig. 7는 CO의 농도를 나타낸 것으로 점화후 1분 이내에 TLV-STEL인 400ppm을 초과하였으며, 9분 30초경 최고치인 5395ppm을 기록하였다. Filter를 통과한 연소가스의 경우 13분 이후 증가하는 양상을 나타내었으며, 17분 30초 이후 최고치인 379.5ppm 기록하였다. 이는 filter가 화재용 방독면으로 사용되기 위한 성능조건을 만족시킨 것으로 사료된다.

Fig. 8은 NO<sub>x</sub>의 농도를 나타낸 것으로서 5분 30초경 223ppm, filter가 장착된 box에서는 약 14분경과 후 최고치인 57.9ppm을 기록하였다.

Filter가 장착되지 않은 box에서의 SO<sub>x</sub> 농도는 점화 후 2분 30초경 최고치인 467ppm, filter 장착 box에서는 약 4ppm을 기록하였다.

NO<sub>x</sub>는 정상인을 사망에 하는 농도인 500ppm에 도달하지 않았으나 폐쇄성 선유성 세기관기염 및 기관지 폐렴을 유발할 수 있는 농도에 도달하였으며, SO<sub>x</sub>의 경우에도 치사량인 1500ppm~2000ppm에 도달하지 않았지만 점화직후 TLV-STEL 5ppm을 초과하여 인체에 대한 유해성이 매우 높게 나타났다.

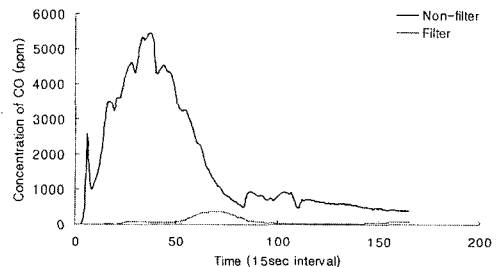


Fig. 7. Variation of CO concentration during the residential container fire

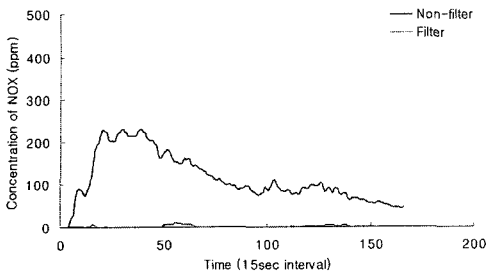


Fig. 8. Variation of NO<sub>x</sub> concentration during the residential container fire

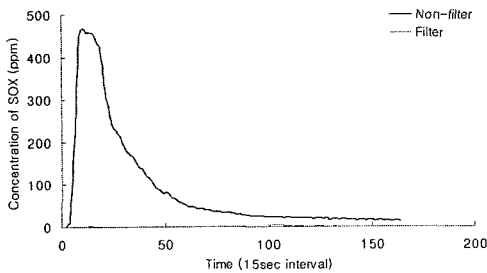


Fig. 9. Variation of SO<sub>x</sub> concentration during the residential container fire

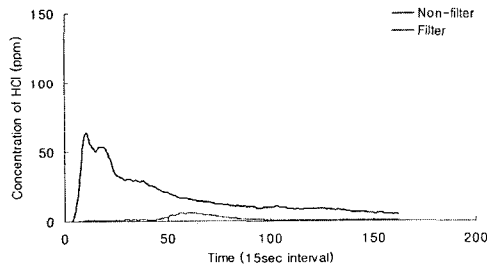


Fig. 10. Variation of HCl concentration during the residential container fire

Fig. 10은 시간에 따른 HCl의 농도를 나타낸 것으로서, 최고치는 filter 미장착 box에서는 점화후 2분경 62.3ppm, filter 장착 box은 15분경 5.9ppm을 기록하였다.

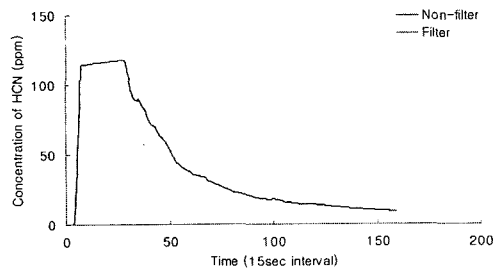


Fig. 11. Variation of HCN concentration during the residential container fire

Filter 미장착 box에서 기록된 HCN의 농도는 점화직후 TLV-STEL값인 10ppm을 초과하여 약 7분경 117.8ppm에 도달하였다. filter가 장착된 box에서는 최고 0.2ppm으로 방독면의 성능 평가기준인 10ppm을 초과하지 않았다.

### 3.3. 실험용 흰쥐의 혈액 분석결과

Fig. 12~15는 실험동안 발생하는 연소가스에 노출된 실험용 흰쥐의 혈액을 분석한 결과를 나타낸 것이다.

Fig. 12는 Co-Hb의 농도를 나타낸 것으로서 filter로 보호되지 않은 실험용 흰쥐의 혈액에서는 약 15%를 시작으로 점차 감소하는 양상으로 측정되었으며, 기록된 최저치는 약 8.5%이었다. 또한 filter로 보호된 실험용 흰쥐에서 측정된 혈중 Co-Hb의 농도 변화는 약 10.3%를 시작으로 점차 정상치인 2%에 수렴하는 양상을 나타내었다. 혈중 Co-Hb의 농도가 filter에 의한 보호 여부에 관계없이 감소하는 것은 화재 초기에 CO의 발생량이 급증한 후, 화재 진행에 따라 점차 감소함에 기인한 결과로 된다. 또한 filter가 장착되지 않은 box내의 실험용 흰쥐에서 측정된 혈중 Co-Hb의 농도가 다른 조건에서 측정된 결과치보다 높게 측정된 원인은 filter의 CO 차단에 의한 결과로 사료된다.

Fig. 13은 Glucose의 농도 변화를 나타낸 그래프으로써 filter의 보호를 받지 못한 실험용 흰쥐에서 측정된 수치는 121mg/dL를 시작으로 급격히 증가하여 약 423mg/dL에 육박하는 추세를 보였으며, 이와는 대조적으로 filter로 보호된 box내 실험용 흰쥐의 혈중 glucose 농도는 146±6mg/dL로 정상치를 일정하게 유지되었다.

Glucose의 농도가 정상 참고치의 상한인 200mg/dL를 초과한 고혈당 증세를 나타내는 것은 신체에 명백한 이상이 있는 것으로 판단할 수 있으며, 이때 나타나는 증상으로는 전신권태감 및 중추 신경계 질환 등을 들 수 있다.

Fig. 14, 15은 AST(GOT), ALT(GPT)의 수치변화를 나타낸 것이다. Fig. 14에서 filter의 보호를 받지 못한 실험용 흰쥐의 혈중 AST(GOT)의 농도가 135 IU/L을 시작으로 점화 후 약 12분에 측정 최고치인 203IU/L을 기록하는 증가양상을 보였으며, filter로 보호된 실험용 흰쥐의 혈중 AST(GOT)농도는 165±37IU/L로 일정하게 유지되는 양상을 보였다. 또한 Fig. 15을 보면 filter의 보호를 받지 못한 실험용 흰쥐에서 측정된 ALT(GPT)의 농도는 44IU/L에서 86

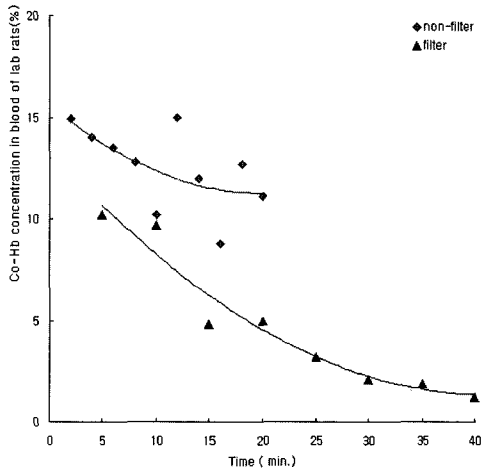


Fig. 12. Co-Hb concentration in blood of lab rats

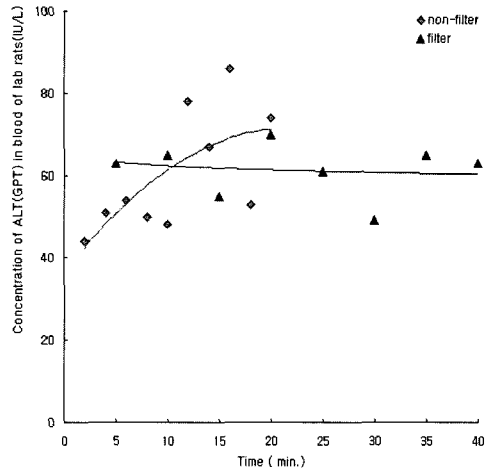


Fig. 15. ALT(GPT) concentration in blood of lab rats

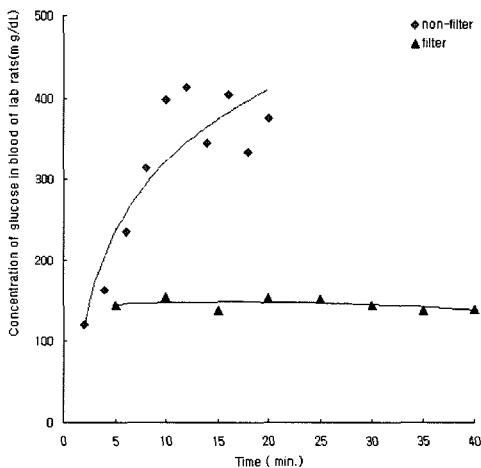


Fig. 13. Glucose concentration in blood of lab rats

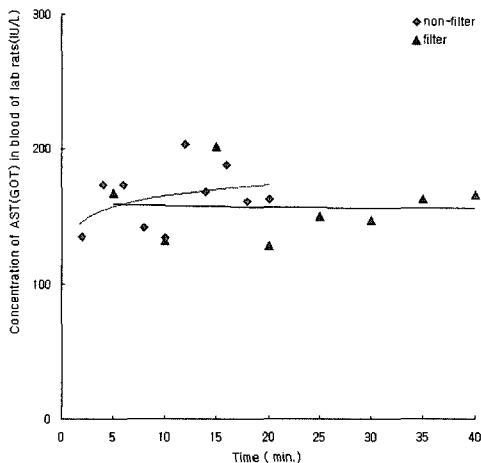


Fig. 14. AST(GOT) concentration in blood of lab rats

IU/L로 급격히 증가하는 반면, filter로 보호된 실험용 흰쥐에서는  $59.5 \pm 10.5$  IU/L로 유지되는 것을 알 수 있다.

Fig. 14, 15에서 filter의 보호를 받지 못한 실험용 흰쥐에서 측정된 AST(GOT), ALT(GPT)의 농도가 증가하는 것은 화재로부터 발생된 연소가스의 흡입에 따른 신체 장기의 손상을 의미한다고 해석할 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 주거용 컨테이너 화재시 발생하는 연소가스의 유독성을 측정, 분석하여 화재용 방독면 filter의 성능을 평가하였다.

1) 본 연구에 사용된 주거용 컨테이너의 화재 시 발생하는 연소가스의 최고치(O<sub>2</sub>: 최저치)는 O<sub>2</sub> (3.45%), CO<sub>2</sub>(9.7%), CO(5,395ppm), NO<sub>x</sub>(223ppm), SO<sub>x</sub> (467ppm), HCl(62.3ppm), HCN(117.8ppm)을 나타내었으며 연소가스의 증가가 화재 초기(1~4분)에 급격히 증가하여 인체에 치명적인 수치에 도달함을 알 수 있었다.

2) Filter를 통과한 연소가스는 O<sub>2</sub>(19.5%이상), CO<sub>2</sub> (1.9%이하), CO(379.5ppm), NO<sub>x</sub>(57.9ppm), SO<sub>x</sub>(4ppm), HCl(5.9ppm), HCN(0.2ppm)으로 측정되어 화재시 요구되는 방독면의 성능을 만족시킨 것으로 판단된다.

3) 실험용 흰쥐의 혈액 분석 결과 filter의 장착 여부에 관계없이 Co-Hb의 농도는 감소하는 양상을 나타내고 있었다. Filter로 보호되지 못한 실험용 흰쥐

의 혈중 glucose 농도는 급격한 증가양상을 나타내었으며, 반대 조건에서는 일정한 값을 유지하는 것으로 분석되었다. 이는 화재 시 발생하는 연소가스의 위험성과 함께 방독면의 성능을 단적으로 보여주고 있다. 또한 AST(GOT), ALT(GPT)의 수치가 미소하게 증가하는 양상을 나타내고 있으며, 이때 AST(GOT)의 농도가 ALT(GPT)농도 이상으로 측정되었다. 이는 일정시간 이상 연소가스에 노출될 시 심근, 간세포를 비롯한 여러 장기세포에 파괴 또는 손상이 유발되었다고 사료되는 바이다.

### 참고문헌

- 1) David A. Purser, "Toxicity assesment of combustion", SFPE Hand Book of Fire Protection Engineering, pp. 1~245, 1990.
- 2) R. Kozlowski, et. al., "Combustibility and toxicity of board materials used for interior fittings and decorations", Polymer degradation and stability, Vol. 64, pp. 595~600, 1999.
- 3) O. Hutzinger, et. al., "Analysis and toxicity testing of combustion gases 2. Characterisation of combustion products from halogen-free flame-retardant dutoplastic polymers for electronics", Journal of analytical and applied pyrolysis, Vol. 31, pp. 141~156, 1995.
- 4) G.E. Hartzell, "Engineering analysis of hazards to life safety in fires: the fire effluent toxicity component", Safety Science, Vol. 38, pp. 147~155, 2001.
- 5) Z. Yan, "CFD and experimental studies of room fire growth on wall lining materials", Fire Safety Journal, Vol. 27, pp. 201~238, 1996.
- 6) Y. Xin, "Characterization of room environments in growing enclosure fires", Fire Safety Journal, Vol. 39, pp. 239~253, 2004.
- 7) Kim Dong-Hyun, "A Toxicity Evaluation on the Toxic Gases Released form Interior Upholstery Fires", Journal of the KIIS, Vol. 17, No. 1, pp. 61~67, 2002.
- 8) 吳栢均, "危險物質論", 技多利, 1994.
- 9) S. Budavari, "The merck index-twelfth edition", Merck research laboratories division of merck & CO., Inc, 1996.
- 10) Kim Ill-Soo, "A Study of Toxic Gases From Flame Interior Materials of Pleasure Place.", Hanyang Univ., 1998.
- 11) Kim Woon-hyung, "A Survey of Fuel Loads in Office Building", T. of Korean Institute of Fire Sci. & Eng., Vol. 11, No. 1, pp. 37~45, 1997.
- 12) Kwangje Beak, "Effects of Tidal Volume Changes in Mechanical Ventilation Management for Acute Lung Injury-An Experimental Study-", The Korean Society of Traumatology, Vol. 12, No. 1, 1999.
- 13) Watson, E. S., Jones, A. B., Ashfag, M. K. and Tood Barret, J. J. : Anal. Toxicol., 11, 19, 1987.
- 14) J. S. Kim, J. Y. Choi, S. G. Kim, "The effects of a raw diet on plasma fasting glucose concentration and immune function in Streptozotocin-induced diabetic rats", J. of Korean Nutritional Sciences, Vol. 7, No. 1, pp. 3~7, 2004.
- 15) C. H. Pan, Y. H. Chien, B. Hunter, "The resistance to ammonia stress of Penaeus monodon fabricius juvenile fed diets supplemented with astaxanthin, J. of Experimental Marine Biology and Ecology, Vol. 297, pp. 107~118, 2003.