

연소시 생성된 CO가스의 고찰을 통한 인명피해 최소화 방안에 관한 연구

최만철* · 김병석*

*한국교통대학교 안전공학과

A Study on the ways to minimize Casualties through a consideration of the CO gas generated during combustion

Byung-Suk Kim* · Man-Chul Choi*

*Department of Safety Engineering, Korea National University of transportation

Abstract

Recently developed a variety of architectural interior decoration according hwadoeme type of toxic gases generated during fire also are becoming diversified, resulting in fatal casualties occurred in the trend is also being increased. During a fire, toxic gas that is generated varies depending on the combustible material occurs. However, all combustible materials, including carbon, incomplete combustion of carbon monoxide which is generated in the most common toxic gases can be seen as one.

Accordingly, in this study of organic solids that are generated in case of fire toxic gases, and briefly discuss the characteristics of the risks and, by far the most common Co gas for measures to prevent human casualties, seolbijeok, the temperature dependence, divided into four aspects of administrative daechaekdeung explained.

Keywords : Interior decoration, toxic gases, CO, Combustible materials

1. 서 론

최근 청주 지역의 다이옥산 누출에 따른 폭발사고 및 구미 불산가스의 공기중 누출에 따른 피해가 다량 발생하여 독성 물질에 대한 관심도가 높아지고 있는 추세이다. 이와 더불어 실내 장식물 개발의 다양화 됨에 따라 화재시 생성되는 유독가스의 유형도 다양화되어 지고 있기 때문에 유해성 물질 등에 대하여 앞으로 많은 관심을 가질 필요가 있을 것이다. 그러나 대부분 건축물 화재에서 많은 사상자가 발생하면 반드시 일산화탄소 가스 중독을 의심하게 된다. 건축물 화재시 많은 유독가스가 발생하는 것은 사실이다. 그럼에도 유독

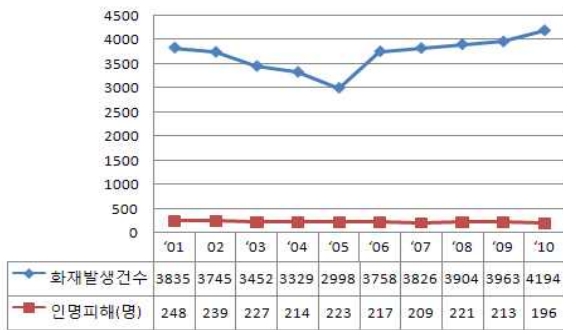
일산화탄소 가스가 최우선 되는 이유는 탄소를 함유한 대부분의 가연성 물질의 연소 시에는 1차적으로 불완전 연소부터 시작되며 이때 발생하는 대표적 가스가 일산화탄소이기 때문이다. 이에 따라 본 연구에서는 문헌 고찰을 통해 화재시 생성되는 유독가스의 발생메커니즘을 이해하고, 발생하는 유독가스의 종류 및 위험성을 분석 한 뒤 가장 많이 발생하여 대표적 유독가스가 되는 일산화탄소에 대하여 인적·설비적·재료적·관리적 방안으로 나누어 인명피해를 최소화하고, 유해·유독가스의 위험성에 대한 경각심을 고취하고자 하는 목적을 두었다.

† Corresponding Author: Man Chul Choi, 101-1407, Jeonwon Apt., Wolpyeong 3-dong, Seo-gu, Daejeon, Korea. M·P : 010-7225-1520, E-mail : cmanc000@hanmail.net

Received October 18, 2012; Revision Received January 15, 2013; Accepted February 19, 2013.

2. 화재 및 인명피해의 발생추이

<그림 1>은 최근 10년간의 소방방재청 통계 자료에 의한 화재 및 인명피해 발생 현황을 나타낸 것으로 화재발생 건수는 2005년을 저점 기준으로 꾸준히 증가하고 있는 추세이며, 화재로 인한 인명피해는 IMF가 한창 진행되던 시기인 2001년~2003년 사이에 사상자가 많이 나타난 뒤 감소 추세를 보였으나 이후 급증위기 시점이 도래한 2008년에 증가되어진 것을 알 수 있다. 이는 경제적 영향에 따른 방화성 화재나 자살의 증가로 인한 사회적 문제 현상과 맞물려 도출되어진 결과라 판단된다.



<Figure 1> The last 10years of fire and casualties Status

3. 화재성상 및 생성 유독가스

3.1 연소의 메커니즘

화재시 유독가스의 발생 시기는 가연성 물질이 불완전 연소하는 시점에서 대부분 발생하기 때문에 화재의 성상을 올바르게 이해할 필요가 있다. 화재가 진행되는 과정은 일반적으로 발화단계 → 성장단계 → 전실 화재단계 → 성숙 화재단계 → 감쇠기의 5단계 과정을 거친다. 연소의 성상 과정 중 특히, 발화 및 성장단계에서 유독가스가 많이 발생하며 전실화재단계 등에서 완전 연소하기 때문에 다량의 수증기 및 CO₂ 등이 발생한다. <그림 2>는 화재성상 곡선을 나타낸 것으로 각 성상별 특징을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

1) 발화단계(초기단계)

내화구조물은 목조건물에 비해 기밀성이 좋고, 개구부가 닫혀 있으면 산소공급이 없어 출화해 도 실내에 있는 산소만이 사용되기 때문에 산소가 감소함에 따라 화점 부근에서 그다지 확대되지 않는다.

2) 성장단계

창유리 등의 파괴와 문이 열려 대류가 일어나면 연소는 왕성하게 되어 실내의 온도는 급격하게 상승하기 시작한다.

3) 전실 화재단계 (FLASH OVER)

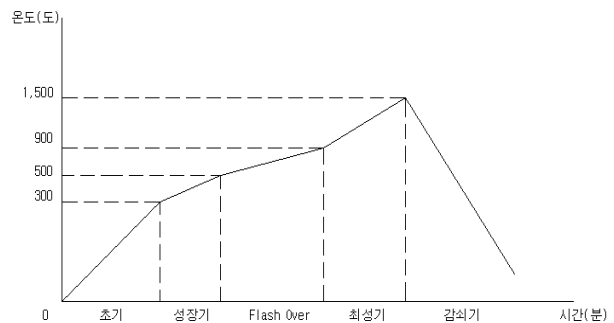
실내화재의 연소열에 의하여 천장류의 온도가 상승하여 600℃ 이상이 되면 천정에서 방출하는 복사열에 의해 실내 모든 가연물질이 열분해 되어 가연성 증기를 발생한다.

4) 성숙 화재단계 (최성기)

열 방출률이 최고가 되는 단계로 여기서 연료지배형 화재와 환기지배형로 나뉘어 진다.

5) 소멸단계(감쇠기)

연료가 거의 소진되고 열 방출률이 감소하기 시작하여 진화가 시작된다.



<Figure 2> Fire Behaviour curve

3.2 유독가스의 발생조건

화재시 발생하는 대표적인 독성가스는 이미 열거한 바와 같이 모두 고체 연소반응의 중간단계에서 생성되는 물질이다. 연소반응이 완결되었다면 화염속을 통과해 나올 것이며 그 기체 성분의 비율은 화학 평형치에 가까울 것이다. 일산화탄소의 예를들면 CO+1/2O₂ → CO₂ 라는 일산화탄소 산화반응의 평형정수 (Kp=[CO][O₂]^{1/2}/[CO₂])는 온도에 따라 다음과 같이 변화한다.

$$\begin{aligned} \text{온도 } 1000\text{K } (727^\circ\text{C}) \quad K_p &= 6 \times 10^{-11} \\ 1100\text{K } (827^\circ\text{C}) \quad K_p &= 6 \times 10^{-9} \\ 1200\text{K } (927^\circ\text{C}) \quad K_p &= 6 \times 10^{-8} \end{aligned}$$

CO₂ 는 최고라도 21%를 넘지 않으므로, 산소농도가 아주 낮지(1% 이하)않는 한, 일산화탄소에 1시간정도 노출된다고 해서 안전농도(400-500Pppm)을 초과하는

경우는 거의 없다. 만일 이러한 저산소 상태의 공기에 인체가 직접 노출된다면, 유독가스의 영향을 받기 전에 산소 결핍상태가 된다(산소 결핍으로 인해 단시간에 죽음에 이르는 한계농도 6%)고 할 수 있다. 연소 생성물의 발생구조 규명은 화염가스 독성의 화학적인 면을 규명하는데 있어서 매우 중요하다. 열이 공급되고 있는 상황에서는 유기고분자 재료를 분해하여 가스를 방출한다. 만일 충분한 가스가 방출되면, 착화되고 연소를 지속시킬 수 있는 가연성 가스가 계속 공급될 것이다. 생성물 발생구조의 제 1단계는 고분자 물질의 열분해를 포함한 것으로, 산화 또는 열분해가 넓은 범위의 화재시에 일어날 수 있을 것이다. 화재시에 생성되는 물질의 대부분은 고분자 물질의 열분해로 인해 생긴 것이며, 화염이 끝난 곳에서 유출된 것이다. 비교적 낮은 온도(400°C 정도까지)에서는 고분자의 열분해로 인해 생성되는 화학물질이 한정되어 있다. 중간정도의 온도(400-700°C)가 되면 전혀 다른 종류의 탄화수소, 중간산화물질(알데히드, 케톤)을 대량으로 생성한다. 이 온도영역은 고분자 물질이 공기중의 산소의 영향을 받는 경우 이들 산소와 반응하여 중간 산화물을 만드는 경우도 있다. 고온 영역(700°C 이상)에서는 유기물 및 유기금속화합물이 생성되는데, 불안정하여 쉽게 분해된다. 복잡한 형상의 탄화수소 및 청산, 니트릴이라는 안정된 저분자량의 물질도 존재한다. 상기에서 언급된 유독가스의 발생 조건은 열의 발생, 가연성 물질의 종류 및 화재의 성상에 직·간접적인 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

3.3 연소시 생성되는 유독가스의 종류

불완전 연소시 유해·유독한 가스가 생성되는 것에 대하여 부인할 사람은 아무도 없을 것이다. 그러나 유독가스를 순간적으로 흡입한 사람은 치사농도가 되기 전까지 직접 사망에 이르게 하는 경우는 적지만, 판단의 착오, 행동의 부자유, 대응능력 부족 등 행동능력의 저하를 일으키게 된다 즉 치사농도(Lethal Concentration)이하의 유독가스는 직접 사망이 아닌 다른 이유에 의해 사망에 이르게 된다는 말이다. 그러나 실제 화재현장에서 어떤 독성가스가 얼마나 발생하고 있는지에 대한 정보는 그리 많지 않은 게 현실이다. 기존 연구 사례 등을 통해 고찰하면 일산화탄소(CO), 염화수소(HCL), 시안화수소(HCN)는 건축물 내장재 연소시에 발생하는 대표적인 유독가스로 알려져 있다. 최근에는 다이옥신 및 포름알데히드까지도 화재시 발생하는 독성으로 언급되고 있다.

특히 일산화탄소 독성에 대하여는 1% 이상의 농도로

측사, 0.03% 이상으로 보행에 곤란을 초래한다. 즉, 일산화탄소는 저농도라 해도 화재시 피난행동에 지장을 주게 되므로 화재시 일산화탄소 발생이 가장 큰문제가 되어진다. <표 1>은 고분자 물질의 화재시 발생하는 대표적인 유독가스의 종류이며, <표 2>는 화재시 발생하는 유독가스의 특징과 인체에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

<Table 1> polymeric materials in case of fire toxic gases are generated

물 질 명	발 생 가 스	비고
셀룰로오스	아크롤레인, 포름알데히드, 저급지방산, 아세트알데히드	CO, CO ₂ 가스는 전체물품에서 발생하기 때문에 생략함
폴리에틸렌	아세트알데히드, 벤젠	
견	HCN, NH ₃ , 아세트니트릴	
양모	HCN, NH ₃ , 아세트니트릴, 유화카르보닐, 유화수소	
나일론	HCN, NH ₃ , 아세트니트릴	
폴리아크릴로니트릴	HCN, NH ₃ , 아세트니트릴, 아크릴로니트릴	
폴리우레탄	HCN, NH ₃ , 이소시아네트, 벤젠	
폴리프로필렌	아크롤레인, 포름알데히드, 저급지방산, 메틸알콜, 아세트알데히드	
폴리에틸렌	아크롤레인, 포름알데히드, 저급지방산, 메틸알콜, 아세트알데히드	
폴리스틸렌	스티렌모노머, 톨루엔, 벤젠	
폴리메타크릴레이트	메틸메타크릴레이트, 아크롤레인	
페놀수지	페놀, 벤젠	
멜라민수지	HCN, NH ₃	
유리아수지	HCN, NH ₃	
폴리염화비닐	HCL, 벤젠, 톨루엔	
불소수지	HF	

<Table 2> Characteristics of toxic gases that are generated when fire and human impact

유독가스	특성	인체에 미치는 영향
일산화탄소	무색, 무취의 가연성 가스로서 체내에 흡입된 경우 혈액중의 헤모글로빈(Hb)와 결합하여 일산화 헤모글로빈(CO-Hb)를 형성한다.	산소운반을 억제하여 현기증, 두통 등 발생
이산화탄소	공기보다 무겁고, 무색, 무취의 불연성가스이다. 화재시 농도가 급격히 증가하고, 공기 중 용적율 0.5%이상이면 독성을 가짐	호흡수가 증가, 두통, 호흡곤란에 따른 사망발생
시안화수소	공기보다 약간 가볍고 무색의 특이한 냄새를 가지 가연성 가스이며, 일명 청산가스라고 불린다.	중독시 가슴을 조이는 듯한 통증과 함께 호흡곤란에 따른 사망
암모니아	무색의 가연성 가스이고 특유의 자극적인 냄새를 가지고 있다.	피부, 점막의 자극 및 부식성이 강하다. 고농도의 암모니아가 눈에 접촉되면 결막부종, 각막혼탁을 유발하고 호흡하면 폐수종 및 호흡곤란 증상 발생
아황산 가스	공기보다 무겁고 무색이며 자극적인 냄새를 가진 독성이 강한 가스로 아유산가스라고 불린다.	눈, 호흡기 계통에 강한 자극을 주며 다량 흡입시 사망에 이침
염화수소	무색의 자극성이 있는 산성가스이다.	기도와 눈에 자극을 주며 고농도 흡입시 폐수종 발생에 따른 사망에 이르게 한다.

<Table 3> Blood carboxyhemoglobin concentration and addiction symptoms

CO-Hb(%) 및 중독증상		3CO 농도 및 중독증상	
0 - 10	없음(흡연자는 5~10%)	0.01%(100ppm)	무증상
10 - 20	가벼운 두통, 이마의 압박감	0.05%(500ppm)	1시간 흡입 → 가벼운 증상 발생
20 - 30	두통, 측두부의 박동	0.1%(1000ppm)	1시간 경과 → 사망자 발생
30 - 40	심한 두통, 시력저하, 구토	0.4%(4000ppm)	몇 분만에 즉사에 가까운 사망자 발생
40 - 50	상기 증상에 맥박수, 호흡수 증가, 마비		
50 - 60	무의식, 체인스톡 호흡, 경련, 혼수, 때론 사망		
60 - 70	심박과 호흡 감소, 혼수		
70 -	호흡정지, 사망		

4. CO 가스의 일반적 성질

4.1 CO 가스의 일반적 특성 및 유독성

CO 가스는 무색무취로 공기보다 가볍고 물에는 거의 용해되지 않는 기체이다. CO중독의 원인이 되는 많은 물질내의 CO농도를 보면, 자동차(레시프로 엔진) 배기가스에는 1~7%, 스토브 연기는 2~8%, 목탄 연소 가스에는 12%가 포함되어 있다. 급성중독의 원인은 아니지만 일상생활에서 가장 가까운 곳에 있는 담배 연기에는 0.5%~1%나 들어있다. 미국 조사에서는 비흡연자의 CO-Hb 농도가 평균 1.3%인데 비해, 흡연자에게서는 평균 6%나 되었다. 골수 흡연자에게서는 15~17%나

되어 만성 중독으로 여겨지는 경우도 적지 않다.

CO는 산소에 비해 Hb(헤모글로빈, 이하 Hb로 표기한다)과의 친화성이 강하다. CO와 결합된 CO-Hb는 산소를 운반할 수 없게 되어 세포의 무산소 상태를 초래하는데, 이것이 CO에 의한 주된 독성 구조이다. Hb과의 친화성은 CO가 산소에 비해 273배나 된다고 한다. 그 때문에 호흡기 중에 산소의 200~300분의 1의 CO가 있다면, 혈중 Hb의 50%가 CO-Hb이 되어 사망에 이를 수도 있다. 혈중 CO-Hb 농도와 중증도의 관계는 <표 3>과 같이 나타낼 수 있다. 그러나 Co-Hb 농도는 중요한 참고이지만, 피폭시간, 환기량, 순환 혈액량, 대기압 등이 복잡하게 얽혀 중증도가 결정되기 때문에 기계적으로 중증도를 정할 수 있는 것은 아니다.

<Table 4> Degree of consciousness according to the JCS (Japan Coma Scale)

I. 자극이 없어도 정신을 차린 상태(1항) 1 → 거의 의식은 맑지만, 어느 한순간만 분명하지 않은 것. 2 → 분별 장애가 있다. 3 → 자신의 이름, 생년월일을 말할 수 있다.
II. 자극을 받으면 정신을 차리는 상태(2항) 10 → 보통의 부름에 쉽게 눈을 뜬다 20 → 큰 소리 또는 몸을 흔들어야 눈을 뜬다. 30 → 아프게 자극을 주고 반복해서 부르면 겨우 눈을 뜬다.
III. 자극을 받아도 정신이 깨어나지 않는 상태(3항) 100 → 아픈 자극을 떨쳐 버리려는 동작을 한다. 200 → 아픈 자극에 손발을 약간 움직이거나 얼굴을 찌푸린다. 300 → 아픈 자극에 반응하지 않는다.

<Table 5> CO Poisoning : CO-Hb concentration(%) and the state of consciousness in initial blood

	농도	0-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50이상
JCS	계	6	-	4	8	8	1
	청명	3	-	2	4	2	-
	1-3	2	-	1	1	1	-
	10-30	-	-	-	2	1	-
	100-300	1	-	1	1	4	1

4.2 밀폐환경에서의 CO중독

최근 일본 도쿄여자의과대학, 요코하마시립대학의 구명구급센터에 건축물내 밀폐환경에서 CO와 차내에 연탄(번개탄)가스를 흡입 자살을 시도한 27명에 대하여 CO-Hb 농도와 의식상태와의 관계성을 분석한 자료를 살펴보면 CO-Hb 농도와 의식상태와는 분명히 상관성이 있음을 알 수 있다. 또한 CO중독 후 일단 회복이 되더라도 2-4주 후(늦으면 5-6주) 돌연 정신이상 증세가 나타나는 경우도 있으며 후유증으로는 무분별 착란, 불안, 이상행동, 실어증, 파킨슨 증상 등을 나타내기도 한다. <표 4>와, <표 5>는 JCS(Japan Coma Scale)에 따른 의식의 정도와 CO중독환자와의 관계를 나타낸 도표이다.

5. CO 가스로 부터의 인명피해 최소화

5.1 신속 구인조치를 위한 Process의 시스템화

인적 대책의 핵심적 요소는 CO가스 중독환자에 대한 신속한 구명조치를 통하여 인명피해를 최소화 하는 대책으로 아래와 같은 판단기준을 적용하여 상황에 맞는 응급조치를 취할 필요가 있다.

(1) 초진시 판단기준의 근거 확립

현장 사고 상황과 신체소견에 따라 대부분 정확하게 CO중독인지 아닌지를 판단할 수 있다. 특징적인 소견 중 안면홍조가 널리 알려졌는데, 실제로 급성 CO중독에서 안면홍조가 확인된 것은 10%정도로, 오히려 창백하고 지아노체(국소적으로 핏속의 산소가 결핍되어 피부 본래의 선홍색을 잃고 점막이나 피부가 청색을 띠는 상태)를 보이는 환자가 많다. 안면홍조를 띠면 급성 CO중독일 가능성이 높지만, 그렇다고 해서 CO중독의 중독을 간과해서는 안될 것이다.

(2) 현장에서 CO중독으로 여겨질 때

먼저 환자를 구출하여 안전한 장소로 옮긴다. CO가스는 공기보다 가볍긴 해도 CO를 포함한 가스 온도가 대기보다도 높아 현장에서 공기가 환류되고 있기 때문에 상층은 CO가스, 하층은 대기로 이분되어 있는 것은 아니다. 이차적인 피해를 막기 위해서는 먼저, 문과 창문을 열고 실내와 차내 공기를 배출한 후 환자를 구출한다. 구출자는 실내에 들어가기 전에 여러 차례 심호흡을 하고 산소를 충분히 들이마신 뒤 실내도 들어간다. 환자를 옮기는 장소로는 다음의 조건을 고려하도록 한다.

- ① 안정된 장소 : 합관 위나 불안정한 곳은 피한다.
- ② 바람이 잘 통하는 곳 : 건물 사이나 창문이 없는 방은 피한다.
- ③ 위험하지 않은 곳 : 차도와 많은 사람이 통행하는 곳은 피한다.
- ④ 현장에서 가능하면 멀리 떨어진 곳
- ⑤ 풍상 : 화재에서는 풍상지대로 이동
- ⑥ 구급차가 쉽게 통행할 수 있는 장소

(3) 병원선정

CO중독환자는 한시라도 빨리 혈중 CO를 제거하는 것이 중요하다. 그러기 위해서는 고농도의 산소 흡입이 필요하다. CO-Hb이 혈중에서 반으로 감소되는 기간은 통상 대기호흡으로 4시간, 100% 산소 흡입으로 80분, 3기압의 100% 고기압 산소로 23분이다. 따라서 현장 근처에 고기압 산소 치료가 가능한 시설이 있으면 그곳을 우선적으로 선택한다. 그러나 100% 산소흡입이라도 80분만에 반으로 줄기 때문에 고기압 산소치료를 위해 2-3시간이나 걸리는 먼 시설로 호송하기 보다는 근처 시설에서 한시라도 빨리 고농도 산소치료를 확실히 하는 것이 좋다.

(4) 초기 치료시의 주의

산소흡입시 흡입마스크를 사용할 경우 100% 산소를 투여해도 실제로는 환자의 흡입기에서 60-70%로 떨어진다. 중증환자 특히, 의식을 잃은 환자에게는 기관내에 튜브를 삽입하여 양압 호흡(마취기나 인공호흡기 사용)을 실시한다. 또한 환자에게 약간의 정신적인 후유증이 있을 경우 그것은 혈중 CO농도와 반드시 관계가 있는 것이 아니라는 점을 염두해 두고, 경증이라도 적어도 4-5주간은 환자의 언동에 주의하도록 관계인에게 설명을 하여 주어야 한다.

5.2 설비를 이용한 연소 억제

화재가 발생하는 경우 연소 생성물인 열, 연기, 화염, 가스 등이 발생하기 때문에 이를 신속하게 탐지를 할 필요가 있다. 설비를 이용한 연소억제 방법이란 화재 현장에서 유독성 가스로 인한 인명피해가 발생하지 않도록 신속한 화재의 감지 및 소화를 통한 연소억제 대책인 적극적인 방법과 안전한 장소(대피공간)로 피난하여 신선한 공기가 유입되어 화재 현장에서 유독가스가 유입되지 못하도록 하는 소극적 대책으로 구분하여 볼 수 있다.

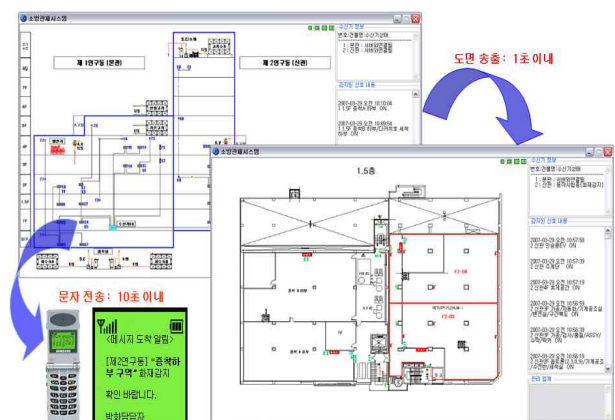
5.2.1 적극적인 대책

(1)연소 조기 감지 및 연계 소화시스템 적용

유독가스의 발생은 화재의 성장과 매우 밀접하기 때문에 화재가 발생한 경우 조기에 화재를 소화한다면 유독가스의 발생은 억제될 것이다. 그러나 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 규정에서는 소방시설의 설치 기준을 건축물의 규모, 용도, 수용인원만을 고려하여 설치하도록 규정하고 있다. 이에 따라 기 작성되어 사용되고 있는 물질안전보건자료(MSDS)를 이용하여 유독·유해가스의 생성이 많은 물질에 대하여는 가스탐지기 설치를 의무화 할 필요가 있으며 감지시스템과 연동하여 적응성 있는 가스계 소화설비(청정소화약제) 또는 스프링클러설비 등의 자동소화설비의 설치를 의무화 할 필요가 있겠다.

(2) 관계인에게 통보되는 소방방재시스템 구축

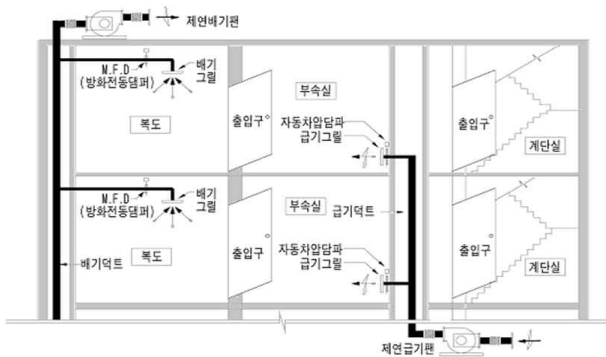
자동화재탐지설비의 문제점은 모든 통제가 가능한 수신기에서 주경종 또는 지구경종을 차단시켜 놓는 경우 화재 등 위급상황이 발생함에도 전혀 알지 못하는 문제점이 있다. 이에 따라 주경종 또는 지구경종의 차단 여부에 관계없이 관계인(소유자, 점유자, 관리자)에게 자동으로 통보를 해 줄 수 있는 소방방재시스템을 구축하여 운영하여야 할 필요가 있다. <그림 4>는 대전광역시 소재의 H업체에 구축되어 운영되고 있는 소방방재시스템을 구축한 사례이다. 화재시 CO 가스 등 누출가스 탐지 또는 관계인의 수동 동작시 방재 관계자의 컴퓨터 화면에 화재 발생을 도면 송출하고 동시에 관계인의 휴대폰에 문자 안내 공지를 하는 시스템으로 화재의 신속한 발견 및 조치를 위해 참고할 만한 조은 사례라 하겠다. .



<Figure 3> Integration of disaster prevention system operation status

5.2.2 소극적인 대책

적극적인 대책은 일반적으로 신체가 건강하고, 운동 상태가 양호한 경우 적용하기에 적합한 대책이다. 그러나 노약자, 부상환자, 가스에 이미 중독이 된 환자 등이 있는 경우에는 적극적인 대책으로는 한계가 분명히 있다. 이에 따라 화재시 발생하는 연소생성물 즉, 화염, 연기, 가스 등이 침투하지 못하는 안전한 장소에 대피할 수 있도록 하는 소극적 대책도 반드시 병행 되어야 할 것이다. 소극적 대책으로는 건축법규에서는 일정규모 이상(층)인 경우 피난계단, 특별피난계단을 구성하도록 하고 있다. 소방법규에서는 일정한 장소(노대, 부속실, 전실)에는 연기, 가스가 침투하지 못하도록 하게 하는 제연설비의 설치 규정이 있다. <그림 4>는 제연설비의 동작흐름 및 계통도이다. 현재 소방법규상에 제연설비는 소화활동설비로 규정하고 있으나 관계인의 피난 및 안전확보를 위해서는 소화활동 설비가 아닌 피난설비로 규정하는 법규 및 시설기준의 개정이 필요하다고 본다.



<Figure 4> Schematic operation of the smoke control equipment systems

5.3 가연성 실내장식물 억제 및 수용물 분산

<표 1, 2>에서 알 수 있듯이 유독가스는 건축물내에 수용하고 있는 내용물에 따라 크게 차이가 있음을 알 수 있다. 이에 따라 건축물내에 수용하는 가연성 물질의 사용을 억제하거나 분산하여 사용할 필요가 있다. 건축법규에서는 불특정 다수인의 출입이 잦은 일정한 장소, 일정규모 이상의 건축물인 경우 실내에 접하는 마감재료를 불연재료로 부착하도록 규정하고 있다. 또한, 소방법규에서도 노유자시설, 숙박시설, 종합병원, 다중이용업소, 고층건축물, 문화집회 및 운동시설 등의 시설에 대하여는 커튼, 카펫, 실내장식물 등에 대하여는 방염처리된 물품을 사용하도록 규정하고 있다. 가연성이 가능한 물품을 억제하는 것도 화재로 인한 유독가스 생성을 억제하는 방법의 일환일 것이다.

5.4 검증 시스템 구축 및 교육을 통한 관계인경각심 고취

5.4.1 화재시 생성된 가스의 독성에 대한 검증 데이터 필요

이론상, 유해가스 발생상황은 연기농도 또는 온도상승을 감지하면 거의 예측할 수 있다. 그러나 이러한 추론을 뒷받침하는데 충분한 검증 데이터가 무엇보다 부족하다. 구체적으로는 실제 화재로 소사자가 발생한 화재현장의 가스농도 관련 정보, 화재로 인해 발생한 가스를 흡입 했을때 인체에 생기는 장애발생 메커니즘에 관한 정보가 가장 중요함에도 불구하고 부족한 실정이다. 그 이유로는 화재시 유독가스 흡입으로 보이는 소사의 사례가 많지 않다는 점과 조직적으로 데이터를 수집하려는 노력이 부족하다는 점이 가장 큰 요인이라 할 수 있다. 실제로 소사체의 사인을 밝히기 위해 사체를 부검하는 등 검시관의 협력을 얻는다면 화재시 인체 반응에 관한 정보를 어느 정도는 얻을 수 있을 것이다. 또한 소방활동 시 현장에서 가스채취가 가능하면 실제 화재현장에서의 가스농도의 정보를 얻을 수 있다. 화재실험에서 측정한 화재성상의 데이터를 해석함으로써 화재 진전 상황과 독성가스 발생상황에 대한 정보를 얻을 수 있기 때문에 종합적으로 다루는 것이 중요하며 이에 대한 검증데이터를 확보할 필요가 있다.

5.4.2 CO가스의 위험성에 교육의 필요

화재시 생성될 수 있는 유독가스의 위험성에 대하여는 많은 교육이 필요하다. 특히 불완전 연소가 이루어지는 화재시 CO가스의 독성과 인체에 미치는 영향 등은 반드시 알아야 할 필요가 있다. CO가스의 중독시 가장 위험한 것은 호흡곤란에 따른 의식의 소멸이기 때문에 인공호흡법 등에 대한 대국민 교육이 필요한 시기라고 본다. 미국을 비롯한 선진국 등에서는 국민 20-30명당 1명 이상이 응급조치를 할 수 있는 교육을 실시하고 있음을 간과해서는 안 될 것이다. <표 7>은 호흡정지시 신속한 인공호흡을 실시할 경우 소생률을 나타낸 것으로 CO중독시 심폐소생술의 중요성을 나타내는 지표로 봐도 될 것이다.

<Table 6> Conducting artificial respiration when breathing stops during resuscitation rate

시 간	1분 이내	2분 이내	3분 이내	4분 이내	5분 이내
소 생 률	95%	85%	75%	50%	25%

6. 결 론

우리 주변에는 탄소와 수소를 포함한 재료가 건축자재 뿐 아니라 도처에 끊임없이 넘쳐나고 있다. 화재시에 발생하는 가스의 독성분에 대하여 논할 때 건축자재 또는 가연성 물질만을 가지고 이야기하는 것은 한계가 있다. 또한, 앞으로도 화재로 인한 인명 및 재산피해는 건물의 규모가 거대화, 심층화, 고층화되어짐에 따라 증대될 수밖에 없는 추세일 것이다. 우선 본 논문에서는 문헌고찰을 통해 화재시 발생하는 유독가스의 종류와, 고체생성물질에서 생성된 유독가스가 인체에 어떠한 영향을 미치는가에 대하여 먼저 간단히 언급하였다. 이는 건축물내 수용되어 있는 수용물이 무엇이나에 따라 대처하는 요인을 파악할 필요성이 있기 때문이었다. 그러나 모든 화재는 초기에 불완전 연소를 한다. 때문에 실제 화재시 대부분의 소사자는 화염에 의한 소사보다는 일차적 불완전 연소시 생성되는 대표 가스인 CO가스로 인해 인명피해가 많이 발생하고 있기 때문에 CO가스에 대한 안전확보 방법 크게 인적·설비적·재료적·관리적 대책 등 4가지의 방안으로 나누어 고찰하였다. 물론 이러한 기본적인 방안 외에도 휴대용 공기호흡기 등 가스마스크를 비치하든지, 위험장소에 신선한 산소를 공급하게 하거나, 신속한 대피를 유도하는 등의 방법도 강구 할 수 있을 것이다. 본 논문은 새로운 연구를 하는 것보다는 분산 발표되어 있는 기존 연구 사례를 통합 고찰하여 봄으로써 유독·유해가스의 위험성에 대한 경각심을 고취하고자 하는데 목적을 두었다. 본 연구의 추진상 도출된 문제점으로 화재시 소사자가 발생한 경우 문화적 특성에 따라 소사체의 해부를 통한 분석사례가 극히 적으며, CO가스와 CO-Hb 농도에 의한 사망사고를 분석한 자료가 거의 없어 일본에서 발표된 자료를 참고할 수 밖에 없었던 한계가 있었다. 최근 화재로 인한 사상자도 많이 발생하고 있지만 경제악화 등으로 인하여 연탄(번개탄)을 이용한 자살 사례가 증가하고 있음을 감안한다면 이에 대한 체계적 관리와 연구가 필요 하며, 의료학적인 검증 시스템의 구축도 조속히 이루어져야 할 과제라 본다.

7. 참 고 문 헌

- [1] 기타무라 요시즈구(2006), “화재시 유독가스 조사전문위원회에 대하여”일본화재학회지,v.51.5
- [2] 김효범(2009), “2008년 화재현황 분석”, 한국소방안전협회, 통권, 제154호, pp 30-31
- [3] 나카야 이치로(2006), “건축화재에서의 독성가스 발

생메카니즘”, 일본화재학회지v.52.3

- [4] 류충(2007), “방호실무스텝”, 도서출판 한성문화
- [5] 스즈키 타다시(2006), “Emergency Rescue to a Patient Posioned with CO”, 일본화재학회지,v.52.1
- [6] 이창욱외(2010), “화재공학, 방화응용”, 시대고시기획
- [7] 제태환(2005), “Study on the Efficient Fire Services Management”, 전북대학교 행정대학원 석사학위 논문
- [8] 최만철(2012), “Study on the Optimization Measure of High-rise Building Fire Safety through Safety Management Actual Status Analysis”, 한국교통대학교 박사논문
- [9] 홍성국(2009), “소방기술사 입문”, 동일출판사
- [10] 황현수(2009), “초고층 빌딩의 소방시설 대책”, (사)한국소방기술사회, 통권, 제15호, pp 5-9
- [11] James A, Milke(2008), “화재감지기 의 화재감지에 대한 다각적 측면 고찰“ Fire Technology, v.38 no.3 pp 195-198
- [12] 소방방재청 : <http://www.nema.go.kr/>(소방법규)
- [13] EN 12101-Part 6, 4 System Classification for Buildings, 2005.

저 자 소 개

최 만 철



한밭대학교 산업경영공학과 석사, 한국교통대학교 안전공학과에서 박사를 취득함. 소방·화공 안전기술사, 산업안전지도사, 소방시설관리사 자격을 취득했고, 현재 한국교통대학교, 한밭대학교 외래교수 및 (주)우송방재 전문이사로 재직하고 있다. 관심분야로는 시스템안전, 소방·화공안전 등이다.

주소: 대전광역시 서구 월평동 312 전원아파트 101동 1407호

김 병 석



건국대학교 학사, 연세대학교, 동국대학교 석사, 명지대학교 산업공학과에서 박사를 취득하였으며 현 한국교통대학교 안전공학과 교수, 대한안전경영과학회 부회장, 대한안전관리 연구회 회장, 한국산재보험학회 회장.

주소: 서울 송파구 잠실2동 우성아파트 3동 1103호