

연기의 발생을 억제하는 대책이 강구되어야

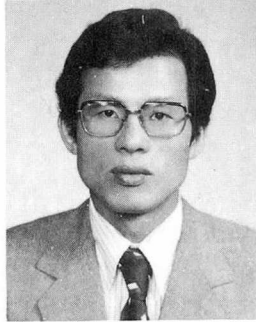
1. 머리말

화재시 발생하는 연소 생성물은 온도등의 영향에 따라 그 성분이 수시로 변화하며 이에 따라 인체에 대한 작용도 변화하여 그 정확한 내용의 연구나 해명이 극히 부족한 실정이다. 또한 연기를 마시는 사람의 제반요건, 즉 피해자의 주위사정과 이에 대한 인식(숙지), 사전의 훈련, 감성 및 육체적능력 등과 같은 수 많은 인자에 따라 그 피해 정도가 다양하기 때문이다.

여기서는 다만 연기에 대한 실제와 특성을 파악하여 인간에게 미치는 영향이 어떤 것인지를 살펴보고자 한다.

2. 연기발생

연기발생에 대해서는 아직도 불명확한 점이 많다. 일반적으로 유기질 재료가 열을 받게되면 열분해가 일어나 열분해생성물이 공기중으로 방출된다. 이러한 생성물은 기체상태와 입자상태로 혼합되어 있다. 화재시에 이 생성물이 고온으로 가열되면 연소 생성물의 구성 성분도 가열온도에 따라 시시각각으로 변화한다. 이 과정에서 완전연소가 되지 않는 한 탄소입자와 액체입자가 미연소상태로 남아 있으며 가스중에 부유, 확산된 상태로 존재하게 된다. 이러한 미립자(연기입자 등)가 부



한 광 수
〈점검 2부 부장〉

유상태로 가스성분과 혼합 존재하는 것을 연기라고 부른다.

연기입자의 크기와 수는 재료의 화학적 조성, 가열온도 및 산소의 공급조건 등에 의하여 변화하지만 대체로 0.1~1.0 μ의 크기를 지니는 것으로 밝혀졌다.

건물내의 사무실 및 구획된 장소에서 화재가 발생하는 경우 발생하는 연기는 창문이나 출입구가 열렸거나 유리가 파손되면 즉시 외부로 유출되는데 이때 일반적으로 복도나 계단(엘리베이터, 에스컬레이터)을 통하여 윗층으로 올라가고 공조덕트, 파이프피트 및 샤프트 등을 통하여 건물 전체로 유동 확산한다. 이때의 발생 연기량, 유통 경로, 유속 및 연기농도 등을 화재가 발생한 실에서의 연소발연성상, 및 유통경로의 형식, 유통길이, 연기유동장소의 개방상태, 건물내외의 온도차와 외기의 풍향, 풍속 등의 모든 조건에 따

라 좌우된다.

화재 초기의 연기는 재료중에 수분이 많이 있어 백색 또는 회색을 띄게 되나 플라스틱류와 유리류에 있어서는 검은색을 띄는 경우가 많다. 이때의 발생 연기량 및 속도는 공급되는 공기의 양에 따라 결정되며 가연물의 종류와 표면적 또는 위치 등에 따라 상당히 다르게 된다. 일반적으로 화재 초기의 발연량은 화재 성숙기의 발연량보다는 많다. 화재 성숙기에는 화재가 발생된 방의 급기조건에 따라서 연소상태가 결정된다. 일반적으로 연소되는 면적에 비례하여 개구부의 면적이 적을 때는 연기농도가 짙게되고 이와 반대의 경우는 희박하게 된다. 또한 실내에서 유출하는 연기의 질량은 화재가 발생된 방의 온도(약 300°C~1,200°C의 범위내)와 개구부의 조건에 지배를 받는다.

연소시간은 화원과 착화물의 종류 등에 따라 다르다. 처음에는 내장재 등에 착화하게 되고 그 후 온도가 급상승하게 된다. 이에 따라 화염이 점차 확대되고 드디어는 천정면에 도달, 급속히 수평방향으로 전도되며, 방전체가 화염에 휩싸이고 개구부 등으로 화염 등이 유출하는 상태가 된다. 이 상태를 플래시오버(flashover)라고 한다. 이와 같은 플래

시오버 시간에는 급격한 온도상승에 따라 화재가 발생된 실내의 가스 등이 팽창하여 다량의 연기가 발생, 일시에 실외로 분출하게 된다. 또한 급격하게 연소되는 플래시오버에 산소의 공급이 충분하지 못하면 미처 연소되지 않은 탄소 입자를 다량 함유한 농도가 짙은 검은 연기를 분출하게 된다.

3. 연기의 이동현상

건물내에서 화재가 발생한 경우 화재실에서 유출된 연기는 일반적으로 화재실의 출구에서 복도, 계단 등을 통해 윗층으로 이동한다. 이 경우 화재실에서 유출된 연기는 공기보다 훨씬 고온이기 때문에 기류를 움직이는 조건이 없으면 복도의 천정하면을 따라서 흐르게 된다.

실험에 의하면, 이 연기층의 하부에 맞닿은 공기층에서는 화재진행에 따라서 연소에 필요한 신선한 공기가 화재실쪽으로 향하고 연기의 전달방향과는 반대방향으로 흐르고 있는 현상을 볼 수 있다. 이와같은 현상을 비롯해서 그 후의 연기의 이동현상에 대하여는 건물 전체에 대한 환기계산이 필요하며 더욱이 이 경우는 복잡한 비정상적인 계산이 요구되므로 정확한 해석을 구하기는 어렵다.

가. 수평방향으로의 이동

실험에 의하면 연기의 온도는 화재가 발생된 방에서 멀어짐에

따라 급속히 내려가고 연기층의 두께는 연기온도가 내려가도 거의 변하지 않는 것으로 확인되었다. 단, 플래시오버시에는 많은 연기가 일시에 분출하기 때문에 연기층이 순간적으로 얇아지는 현상을 볼 수 있다. 그 후 화재발생 장소의 연소가 정상상태(성숙기)에 들어가면 연기층의 두께도 일정치를 갖게 된다. 또한 연기의 진행속도는 평균 약 0.8~1.0m/sec 정도로 추정되고 있다.

나. 수직방향으로의 이동

실험에 의하면 점화 후 약 2분 만에 화재가 발생된 실에서 분출한 연기가 약 30m 떨어진 계단실에 유입되며, 점화 후 약 3분경이면 연기가 각층의 복도에 진입하기 시작하고, 점화 후 5~7분 쯤에는 상층의 복도 부근은 위험할 정도로 연기가 짙아지게 된다. 또한 계단의 공정부분(空井部分)내에서의 수직방향의 연기상승 속도는 최대 3~5m/sec에 달한 것으로 추정되고 수직방향의 상승 속도는 예상 이상으로 커서 만약 상층 부분에서 연기차단이 늦어지면 상당히 위험한 상태가 될 것으로 나타났다.

4. 연기가 인간행동에 미치는 영향

가. 연기의 유해성

각종재료가 일정한 조건하에서 연소될 경우 발생하는 연소생성

물의 성분과 각각의 성분이 단독으로 존재할 경우의 유해성과 허용 한도는 거의 분명하게 밝혀졌지만 실제 화재시 이들을 포함한 연기가 인체에 어떤 해를 주는지는 아직까지 명확하게 밝혀져 있지 않은 실정이다. 화재시 유해가스가 인체에 미치는 영향을 규명하기 위하여 선진국 등에서 많은 실험이 행하여지고 있으나 아직도 불분명한 점이 많다. 그러나 이제까지의 분석과 실험결과를 요약해 보면 아래와 같은 내용으로 집약할 수 있다.

① 일산화탄소(CO)의 증가와 산소(O₂)의 감소가 치명적인 영향을 준다.

② 연소 생성물의 각 요소가 단독으로 존재할 경우보다는 혼합연소가스로서 작용하는 쪽이 인체에 더욱 악영향을 준다.

③ 건축재료 및 일반 건물내에서 사용하고 있는 각종재료의 연소 생성가스 중에는 일산화탄소(CO) 및 탄산가스(CO₂) 이외의 유해성분으로서 Cyan계 물질 염화수소계 물질 및 기타 합성수지류 등에서 발생하는 시안화수소(HCN), 염화수소(HCl) 및 포스젠(COCl₂) 등 여러가지의 유독가스를 들 수 있으며 이들은 그 독성이 상당히 강하여 극히 미량으로도 인체에 위험한 영향을 끼치는 것으로 밝혀졌으나 정확한 내용에 대하여는 아직도 불분명한

점이 많다.

④ 유해가스성분이라고는 할 수 없지만 연기중의 미립자가 주는 영향도 무시할 수 없으며 치명적인지의 여부는 현재로서는 명확하게 밝혀져 있지 않다.

나. 연기가 인간행동에 미치는 영향

(본 내용은 Fire Journal 1978. 5월에 게재된 내용을 요약발췌한 것임)

① 연기로 인한 영향

연기의 물리적 영향은 인간행동에 제약을 준다. 예를 들면, 수많은 연기입자는 흡입시 코, 입, 목에 머물러 있다가 삼켜질 수도 있다. 그래서 자극성 알데히드나 산(酸)에 의해 구토증세를 일으킬 수도 있다. 이런 증세가 행동에 영향을 미쳐 사람의 능력을 떨어뜨린다. 연기의 입자는 눈을 자극, 시야를 흐리게 하여 피난을 어렵게 하므로 결국 열이나 연소생성 가스에 장시간 노출시키게 된다. 그러나 연기가 인간행동에 미치는 영향에 대해서는 아직도 밝혀져 있지 않다. 심지어는 연기입자를 흡입함으로써 생기는 생리적영향도 사실상 연구된 바 없는 실정이다. 흡입된 이물에 자극을 받아 기침이나 콧물이 나오지만 연기입자의 흡입때문이라는 특별한 증거는 없다.

② 화재발생시 생성된 가스로 인한 영향

사람이 화재시 5~30분간 노출되었을 때 흡수하는 수 많은 생성물의 영향을 자세히 알 수는 없다. 더구나 어느 농도에서 연소한 단일물질이 또 다른 온도에서는 전혀 다른 가스를 방출할 것이다. 또한 산소의 감소가 연소생성물의 화학적 조성을 바꿀 수도 있다. 문제를 더욱 복잡하게 하는 것은 비교적 무해한 가스가 또다른 제 2의 가스와 결합하였을 때 인체에 치명적인 가스로 될 수가 있다. 심지어 동물 그 자체에는 치명적이 아닌 온도에서 열의 부가로 화재시 발생한 무해가스가 치명적인 가스로 바뀔 수도 있다.

③ 폐에 대한 자극물로 인한 영향

염화수소가스(HCl)의 흡입만큼 인체에 장애가 심한 것은 없다. 예를들면 이 가스는 전선을 부식시키고 인간의 기도를 상하게 한다. 잠깐 동안 HCl 50ppm 농도에 노출되면 피난능력을 상실하게 된다. 또한 이 가스는 사람의 축축한 눈에 닿아 염산이 되면 통증과 눈물이 심해져 연기가 시야를 가릴만큼 자욱하지는 않더라도 볼 수가 없게 된다.

화재가 어느 지역에서 발생하여 열을 많이 받으면 방염물질을 분해시켜 가스를 방출하게 된다. 주요 방염제는 불화물, 브롬화물, 요드화물 등으로, 불화물은 유리를 부식시킬 정도로 사람의 눈에

미치는 영향이 엄청나다.

④ 최면·마취·마비성 가스로 인한 영향

(Hypnotic, Narcotic and Anesthetic Gases)

케톤의 화합물은 폐병을 일으키지는 않으나 이것이 체내를 순환하여 중추신경계통에 들어가면 정신혼란과 무의식상태를 초래하게 된다.

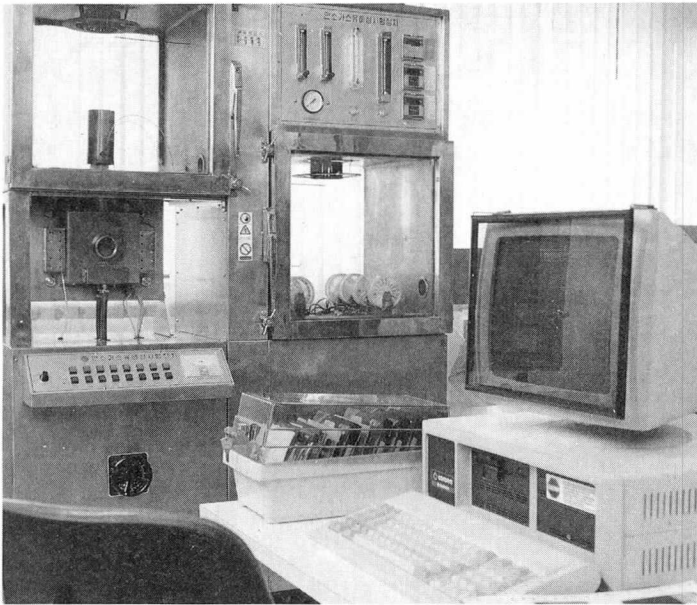
메틸에틸케톤 (Methyl Ethyl Ketone)과 이소부틸케톤(Isobutyl Ketone)은 심한 냄새가 나며 의식을 잃을 우려가 있으므로 장시간 냄새를 맡아서는 안된다. 황화수소(H_2S)도 폐렴이 되기전에 신경계통에 큰 타격을 준다. 방염제로 사용되는 할로겐에 대해서도 마찬가지로 브롬화물의 진정효과를 넘어 알려져 있다.

⑤ 확인이 안되는 물질로 인한 영향

무색, 무미, 무취의 일산화탄소는 사망의 주원인이 되는 물질로서 적혈구내의 헤모그로빈과 결합하여 산소를 치환시키고 무취의 질소산화물은 희생자 자신이 숨이 가쁠 때에야 비로써 피해를 입고 있다는 사실을 알게 되며 4염화탄소 같은 과열된 염소가 첨가된 탄화수소가 염증을 일으킬 때에는 이미 치명적인 상태가 된다.

⑥ 산소 부족으로 인한 영향

산소가 부족하면 사람은 실제로 이성을 차릴 수가 없게되어 문의



손잡이를 돌려야 할 것을 문을 당기는 행위를 한다든가 화재현장에서 소방관들과 싸우거나 불이 나고 있는 건물안으로 들어 가려는 등 비이성적 또는 무절제한 행동을 하게 된다.

다. 화재시의 인간행동

① 불안감으로 인한 행동

불안감은 화재시의 인간행동에 대하여 유익한 면과 불리한 면을 함께 가지고 있다. 부신(副腎)에 대한 자극결과 아드레날린이 흘러나오고, 포도당이 동원되고, 심장이 빨리 뛰는 등. 그래서 사람은 더 잘 뛰며 불을 끌 수도 있다. 또한 상처를 입으면 피가 정상 상태보다 빨리 응고된다. 이러한 불안감이 불구경을 갔다가 갑자기 진화활동에 참여케 하기도 한다.

② 공포(panic)로 인한 행동

일반적으로 panic이란 사람들이 대피할 수 있다고 믿는 동안에는 위협이 될 수는 없다.

몇가지 예를 들어 보자.

예1. 한꺼번에 1분당 90명이 아래층으로 대피할 수 있는 계단은 상부층에서 1분당 90명 이상의 사람들이 내려가려 한다면 누군가가 뒤에서 밀기 시작하여 어떤 사람이 균형을 잃고 자기 앞사람을 밀면서 넘어지고 또 다른 사람은 발을 밟혀 넘어지게 되면서 그 뒷사람들의 대피에 장애가 되어 panic현상이 더욱 가중된다.

예2. 방화문 하나가 잠겨 있었고, 또 다른 문은 안으로 열려 있었으며 회전문에는 사람들이 잔뜩 몰려 있었다. 이때 누군가 진정하라는 소리를 질렀지만 아무도 듣지 않고 모든 사람이 피난할 통로가 막혀 있다고 생각했을 때 원시적인 상태, 즉 panic현상이 나타난다.

예3. 최근 브라질 상파울로의 고층건물 화재에서 수백명이 위기에 몰려 있는 옥상에 헬리콥터 1대가 접근하던 중 공포에 질린 군중들로부터 거의 파괴될 뻔 하였으나 겨우 위기를 모면한 일이 있었

다.

결론적으로 화재시의 인간행동은 여러가지 인자, 즉 흡입된 가스의 성상 및 농도, 노출시간에 따라 크게 달라지며 또한 육체적, 정신적 건강, 교육과 훈련, 과거의 화재경험, 지성과 책임감에 달려 있다고 할 수 있다.

5. 연기로부터의 인명보호

연기로부터 인명을 보호하는 방법에는 일차적으로 연기발생을 억제하여야 할 것이고, 연기가 발생했을 때 환기를 통하여 연기농도를 희석시켜야 하며 아울러 연기로부터 탈출할 수 있는 피난로를 확보해야 할 것이다. 그 다음으로 어쩔수 없이 연기에 노출이 되었을 때는 적절한 응급조치 및 전문의의 치료가 뒤따라야 할 것이다.

6. 맺는 말

연기의 성분은 파악하기도 어렵고 피해증상도 다양하기 때문에 연기에 대한 노출을 막아야 하는 것이 제일의 대책일 것이다. 이를 위해서는

첫째, 연기 발생을 줄이며

둘째, 발생된 연기를 희석시키고

셋째, 연기로부터 멀리 떨어져야 할 것이다.

이 3가지에 대한 대책이 확실히 강구되는 정도에 따라 인명피해도 줄일 수 있을 것이다. ☞