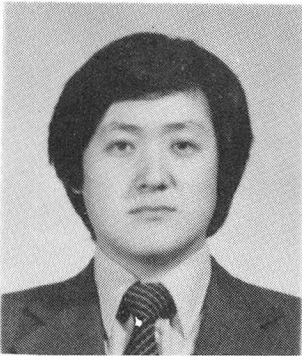


# 화재시 유독가스와 인명피해



金 信 道  
(서울시립대학 교수)

## 1. 서언

화재는 건물에 관한 재해로는 가장 중요시되고 있는 것의 하나로 우리나라의 화재에 의한 재해액은 연간 수백억원에 달하고 있으며, 인명의 피해도 사망과 부상을 합치면 연간 1천여명에 이르고 있다.

그러나 큰 재해를 준 화재라 하더라도 처음에는 조그만 불씨에서 시작되므로 조그만 불씨라도 주의깊게 살피는 것이 가장 중요한 방화대책으로 생각된다.

최근 화재의 문제점은 폐쇄된 공간내에서 사람이 밀집하여 생활을 하고 있으므로 화재가 발생하면 많은 인명피해를 내고 있는 점이다. 또한 이러한 인명피해는 불(온도)에 의한 화상등의 직접적인 피해보다는 유독가스나 산소결핍에 인한 질식등이 두드러지게 증가하고 있는 경향을 보이고 있다.

따라서 여기에서는 화재의 발전상황에 따른 매연의 발생과정을 살피고 연기에 의한 유해요인을 고찰하여 인명의 피해를 줄이는 방안을 모색코자 한다.

## 2. 발연과 화재온도

실내에서 화재가 발생한 경우의 일반적인 상황을 온도의 시각적 변화의 형태로 나타내면 그림1과 같다.

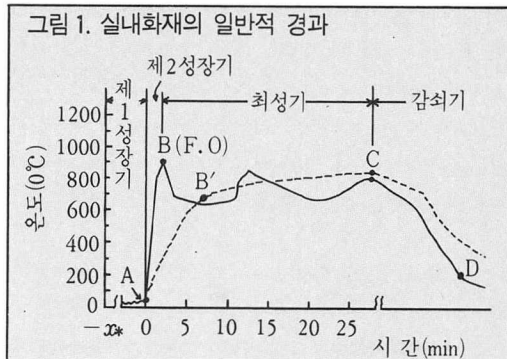


그림1에서 보면 0에서 A까지가 출화의 단계이며 이 시간은 화재원인, 출화물의 종류 등에 의해 서로 다르므로 일정하지 않고 불길이 천정면에 닿으면 급속히 수평방향으로 번져서 잠시 동안에 천정 전면에 불길이 불

는가 싶으면 실내 전체가 불길로 휩싸이는 상태가 된다.

이 상태를 플래쉬 오버(F.O)라고 하며 온도도 B점의 최고점에 이르게 된다. B점 이후에는 실내의 불길에 휩싸여 모든 가연물이 계속 타고 가연물의 대부분은 다 타버려서 불길도 감퇴되기 시작해서 온도도 C점에서 D점으로 향하여 천천히 하강한다.

D점 이후에는 다 타버리기에 너무나 큰 목재같은 것이 바닥에 쌓여 그것을 방지하고 내버려 두면 그 부근에는 꽤 장시간 고온상태에 놓이게 되므로 실온도 낮아지지 않고 200~300°C 전후를 나타내는 수가 있다.

이는 아주 일반적인 실내화재의 진행 상황을 온도로 나타낸 것으로 O에서 B까지를 성장기, B에서 C까지를 최성기, C이후를 감퇴기라고 한다.

화재의 재해에서 F.O는 매우 중요한 의미를 갖고 있다. 즉 F.O란 출화의 단계에서 연소가 착화물의 주변에 한정되다가 그 범위를 확대해 가는 과정으로, 연소에 따라 발생한 가연성가스가 주로 천정부근에 축적되어 있다가 공기와 혼합되어 연소의 범위에 들어가는 시점이며, 큰 화염이 방전체를 충만시켜서 각종 내장재들에서 급격히 유독가스를 방출하는 상태가 되는 현상이기도 하다.

F.O의 시기에는 급격한 온도 상승과 함께 화재중의 실내의 가스체의 열팽창에 의한 대량의 연기가 발생하여 한꺼번에 밖으로 분출한다. 그러나 이 경우의 급격한 연소 때문에 산소(공기)의 공급이 충분치 못하므로 불완전 연소에 의한 검뎅이를 다량 포함한 짙은 검은 연기가 방출된다.

### 3. 연기의 유해성

화재의 통계자료에서 밝혀진 바와 같이 건물화재에서 귀중한 인명피해의 주원인은 유해가스를 포함한 연기임을 잘 알 수 있다.

화재시 유해가스로는 일산화탄소의 증가, 산소의 감소, 탄산가스의 증가 등을 들 수 있다. 이러한 유해가스의 유해성은 크게 다음의 세가지 면에서 검토되어야 한다.

#### 1) 시각적 피해

짙은 연기로 앞이 잘 보이지 않으면 피난장소, 방향을 알 수 없게 되거나 잘못된 방향으로 가서 더욱 피해를 가

중시킨다.

주로 시각한계의 척도로는 연기농도를 감광계수( $C_s$ )로 표시하며  $C_s \leq 0.1$ 에서 30초이내,  $0.1 < C_s \leq 0.3$ 에서 10초 이내를 한계점으로 추정하고 있다.

#### 2) 심리적 피해

연기를 본 것만으로도 공포심이 생기고 충격을 받아 이상한 행동을 하는 정신적, 심리적 장애를 말한다.

일반적으로 심리적인 피해의 척도는 군집밀도( $\rho$ )를 주로 사용하며  $\rho > 8$ 인/m<sup>2</sup>의 상태가 2분이상 계속되면 위험,  $\rho > 10$ 인/m<sup>2</sup>의 상태가 3분이상 지속되면 극히 위험한 상태가 된다고 보고되고 있다.

#### 3) 생리적 피해

직접 생리적인 기능장애로 최근에 들어 특히 인명피해와 가장 관계가 깊은 것으로 중요시 되고 있다. 이러한 영향을 주는 대표적인 가스로는 다음의 것들이 있다.

##### ① 일산화탄소(CO)

일산화탄소는 무색, 무취로 극히 미량이라도 인체에는 치명적인 해를 주며, 화재시의 발생농도가 5% 이상에 달하므로 가장 위험한 가스로 중요시 해야 한다. 5분미만의 정도에서는 0.5%이하, 5분이상 30분미만의 경우는 0.05% 이하를 한도로 보고 있으며, 보통 CO농도는 1%의 경우 2~3분에 실신하며, 10~20분에 사망하고 그 이상의 고농도에서는 단시간내에 사망한다.

##### ② 산소(O<sub>2</sub>) 부족

보통 공기중에 21% 포함되어 있는 산소가 물질의 연소에 의해 급속히 감소해서 저농도가 되므로 인체는 강한 영향을 받아 질식하게 되며 그 위험성은 CO와 비슷하다고 하여도 과언이 아니다. 특히 산소의 농도가 16% 이하가 되는 것은 위험하다고 생각되고 있다.

##### ③ 기타 유해가스 성분

화재시에는 CO<sub>2</sub>의 증가를 들 수 있는데 그것의 인체에 대한 악영향은 잘 알려져 있으나 앞의 두가지 요인보다 심하지는 않다. 이외에도 타는 물질, 타는 조건에 따라 적은 양이기는 하나 각종의 맹독성의 유해가스 성분이 발생하는 것이 밝혀져 있다. 특히 고분자화합물의 내장재가 많이 쓰이고 있으므로 방연, 난연재료의 개발이 필요하다. 표2는 각종 재료에 의한 발생가스를 보여 준다. 이 중에서 시안계와 염화수소가 특히 문제시 되고 있다.

표 2 각종 재료의 연소에 의한 발생가스

가열조건	분해생성물	생 성 량 (시료 1g당 발생가스 g수)							
		포 리 에 틸	에 틸	염 화	염 화	포 리	레이	양모	목재
		에틸렌	셀룰로즈	비니리덴	비닐	아미드	온		
인공피난도 800℃	탄산가스	2.19	2.229	1.04	0.43	1.22	1.83	1.54	1.62
	일산화탄소	0.17	0.44	0.02	0.23	0.30	0.12	0.45	0.27
	알데히드	-	-	-	-	0.006	-	-	-
	호스겐	-	-	-	0.0001	-	-	-	-
	시아니화수소	-	-	-	-	0.0076	-	0.007	-
	암모니아 염화수소	-	-	-	-	0.032	-	-	-
산소 800℃	탄산가스	1.70	0.20	0.42	0.74	0.91	1.13	0.65	0.93
	일산화탄소	0.54	0.17	0.22	0.08	0.36	0.23	0.14	0.37
	알데히드	0.0003	0.012	-	-	0.006	-	-	-
	호스겐	-	-	0.0008	-	-	-	-	-
	시아니화수소	-	-	-	0.0098	-	-	0.008	-
	암모니아 염화수소	-	-	-	0.21	-	-	0.03	-

#### 4. 연기의 확산이동

화재실에서 발생한 연기는 창을 통해서 밖으로 유출되는 외에 모든 건물내에 유동, 확산해 간다. 건물내의 유동확산은 일반적으로 방의 출입구 틈에서 복도, 계단, 엘리베이터, 승강로 등으로 해서 위층으로, 또는 공기조화용 덕트를 통해서 건물내의 각부에서 유동 확산해 나간다.

그 발생 연기량, 유동경로, 유동속도, 연기농도 등은 화재실에서의 발연상태, 유동경로의 상황, 개구조건, 건물내외의 온도차, 외기의 풍향, 풍속을 포함한 압력조건 등에 의해서 변동한다.

화재초기의 연기는 재료중의 수분의 방출에 의해 흰색, 회색의 경우가 많으나 플라스틱이나 유리류 등의 경우에는 처음부터 흑색의 경우도 있다. 이 경우의 연소는 방 전체로 보면 국부적이며 필요한 공기도 충분히 공급되므로 연소의 속도, 발연속도는 내장재료를 포함한 전 가연물의 종류나 표면적, 위치 관계에서 결정된다.

화재의 최성기에는 그 방의 개구부에 의해 정해진 급기조건에 제약을 받아 연소는 정상적이 되지만 연소면적에 비해 개구면적이 작을때 연기농도가 크게 되어 더욱 많은 피해를 줄 수가 있다. 또한 이 시기에서는 온도의 상승으로 재료의 발화점이 되어 직접 불이 닿지 않아도 화염을 내며 타오르게 된다. 이때가 앞에서의 F.O에 해당한다.

F.O가 되면 당연히 사람은 실내에서 생존할 수 없으

며 이 이전에 사람은 실내에서 실외로 탈출하지 않으면 안된다. F.O를 계기로 연소에 따른 매연이 실외로 대량 분출하며 건물 전체에 급속한 매연의 유동을 일으키므로 출화실 이외에도 동일층의 사람은 될수 있는 한 이 시점까지 계단이나 기타 피난시설을 통해 안전한 장소까지 피난해야 한다.

즉 발화 2~3분에 이르는 시간이며 이 시간이 인명피해를 결정짓는 가장 중요한 시간이 된다.

일본 동경해상화재빌딩의 실험에 의하면 연기의 선단의 수평방향 진행 속도는 0.8~1.0m/sec로 추정되고 있으며 수직방향의 연기의 상승속도는 3~5m/sec로 예상하고 있다. 따라서 우리의 상식보다는 무척 빠르므로 조급의 늦음이 많은 인명의 피해를 야기시킨다.

보통건물에서는 몇개의 방화구획이 설정되어 있으나 결점이 있는 경우가 많으며 화재에 의한 온도상승 등에 의해 각종 기구가 정상으로 움직이지 않는 경우도 많이 있다. 따라서 불은 조금씩 다른 구획으로 확대되어 가며, 연소경로로서는 출입문에서 직접 옆의 구획으로, 외벽창에서 위층의 창을 통해 위층으로, 닥트나 파이프샤프트, 관통구의 내부를 통하여 수직, 수평으로 연기가 확산이동하는 수가 있다. 이를 방지키 위한 방연문, 댐퍼, 배연설비 등을 적절히 설치하는 일을 게을리 하여서는 안 된다.

#### 5. 결 언

화재시 실내의 온도 변화와 F.O의 중요성에 대해 살펴 보았다. 또한 화재시의 연기의 유해성과 연기의 이동, 확산경로를 검토하였다.

따라서 인간의 피난시간은 F.O가 되기 전의 2~3분이 내가 되도록 피난계획이 수립되어야 하며, 특히 가스에 의한 피해를 줄이기 위해서는 방연문, 댐퍼, 배연설비 등이 필요하다고 생각한다.

#### 참고문헌

1. 堀内三郎, 建築防火, 朝倉書店, 1980
2. 藤本盛久, 羽倉弘人, 建築防災工學, オーム社, 1981
3. 川越邦雄, 齋藤文春, 建築學大系21, 建築防火論, 彰國社, 1970
4. Kawagoe & Sekine, Estimation of Fire Temperature Time Curve in Room, Building Research Institute Occasional Report No.11, 1963