

## 화재실과 접한 복도에서의 연기유동에 관한 연구

김수영, 김응식, 김 홍, 이춘하  
호서대학교 환경안전공학부

A study on compartment fire and induced smoke movement  
in adjacent corridor

Soo-Young Kim, Eung-Sik Kim, Hong Kim, Chun-Ha Lee  
*Department of Safety Engineering, Hoseo University*

### 1. 서론

대부분의 화재사고사례를 통하여 본 인명 피해의 직접적인 원인은 화재로 인한 연기의 유해가스들의 흡입을 통하여 인명피해가 발생하는 원인의 대부분을 차지하고 있다. 따라서 화재시 건물내 연기의 유동특성을 분석하는 것은 매우 중요한 연구이다. 따라서 본 연구는 피난자들의 통로가 되는 화재실과 접한 20m복도에서의 연기유동 특성을 분석하였다. 또한 피난자들의 직접적인 흡입으로 인한 사고뿐만 아니라 화재실과 접한 복도에서의 연기유동 특성 분석을 통하여 화재감지기의 위치선정 및 연기하강특성을 분석하고자 하였다. 특히 그동안 연구되어 왔던 화재장소와 복도가 일직선상에서 있는 구조가 아니라 일반 건물들과 같이 화재실과 복도가 수직으로 만나는 구조로서 실험하여 연기의 유동 특성을 분석하였다. 본 실험을 위하여 4종류의 가스센서 및 온도센서와 수평 및 수직으로 일정간격을 두어 연기의 흐름 특성을 분석하였으며 상용CFD프로그램인 CFX를 사용하여 연기의 흐름 특성을 가시화 하였다. 본 연구의 결과로서 차후에 화재감지기의 위치선정 및 연기유동이 고려된 피난프로그램의 자료로서 사용될 수 있으리라 판단되어 진다.

### 2. 이론

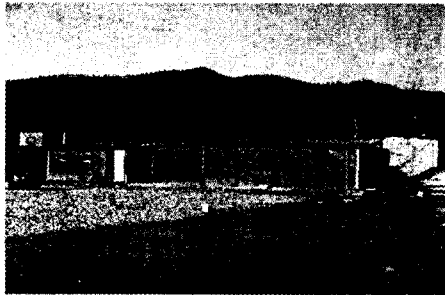
연기란 공기 중에 고체나 액체의 미립자가 떠다니고 있는 상태를 말한다. 화재 시에 있어서 연기란 물질의 열분해 생성물, 즉 유리탄소입자, 액적 입자 등이 발생한 가스와 동시에 공기 중에 부유, 확산한 상태를 말한다.

물질의 연소에 의해 발생하는 연기는 발생 즉시 열을 받아 부력을 발생하여 윗 방향으로 상승하여 천정에 부딪혀 방향을 바꾸고 천장기류를 형성하여 수평으로 확산해 간다. 이 경우 연기의 온도 강하가 없다면 고온의 연기인 채로 주위의 공기와는 확실히 분류된

층류, 즉 2개 층을 형성해 흐르게 된다. 특히 화재실로부터 복도로 유입된 연기선단은 천정부에서 복도 끝까지 이르게 되며 이후 연기의 하강이 이루어져 피난자에게 영향을 주는 지상으로부터 1.6m에 까지 이르게 된다. 이 과정 중에서 건물내 환기의 조건 및 가연물의 종류와 하중에 의한 변수들의 영향을 받게 된다.

### 3. 실험

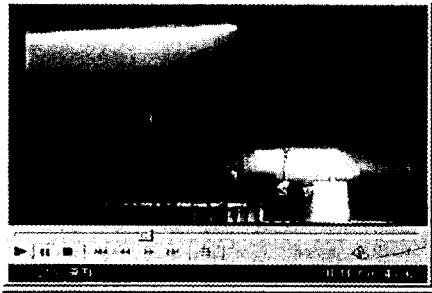
실험에 사용된 공간은 그림 1 및 2와 같이 ISO Room Corner-Test(9705)기준치수로 만들어진 화재실과 총 길이는 20m이고 내부공간의 높이는 2.4m, 폭 2.4m인 복도로 이루어졌다. 폭 0.8m, 높이 2.0m의 개구부를 통해서 복도공간과 연결되어 있는 화재실에서 각종 가연물[등유(1.5L)+폴리우레탄(500g)을 Pool Fire(직경30cm)로 연소시켰으며 이를 통하여 발생되어지는 연소생성물(연기 및 유독가스들)의 복도에서의 유동을 분석하였다.



(a) 실험실 전경



(b) 실험 모습(연기의 유출 모습)



(c) 복도에서의 센서들 모습



(d) 화재실 모습

그림 1. 실험실 및 실험 모습

그림 2와 같이 연기 선단의 이동을 복도내에서의 온도의 변화특성으로 분석하기 위하여 열전대를 천정을 따라서 설치(수평2.5m마다)하였고, 특히 대피자에게 가장 많이 영향을 주는 연기의 유해성을 측정하기 위하여 연농도, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>농도계를 설치(수평으로 2.5m, 천정으로부터 0.3m, 바닥으로부터 1.5m)하여 컴퓨터를 통해서 매초마다 저장되었으며 이를 통하여 유해가스의 확산을 시간별, 장소별로 관찰하였다.

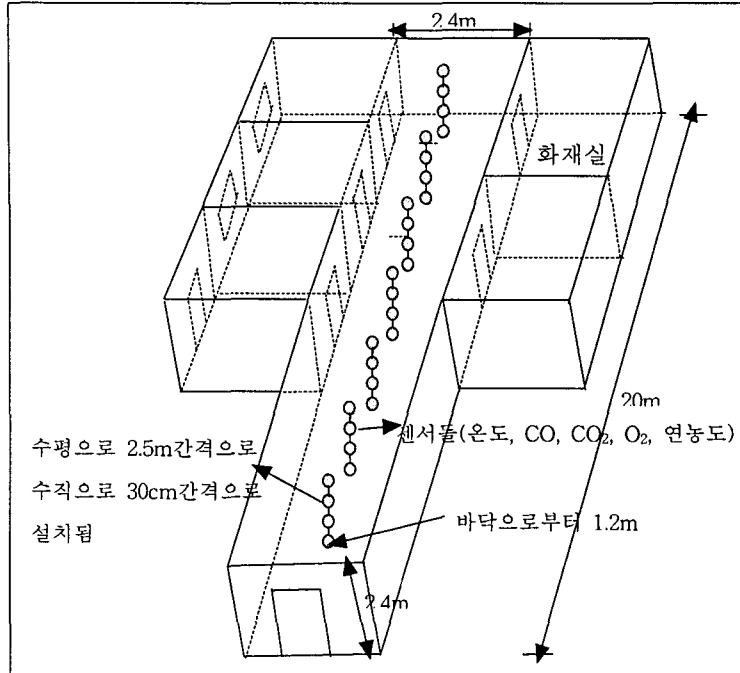


그림 2. 간략화된 실험실 및 센서들의 규격도

또한 연기유동 특성을 구체적으로 확인하기 위하여 그림 3과 같이 15%의 축소모델 실험을 통하여 연기의 구체적인 특성을 시각적으로 분석하였다.

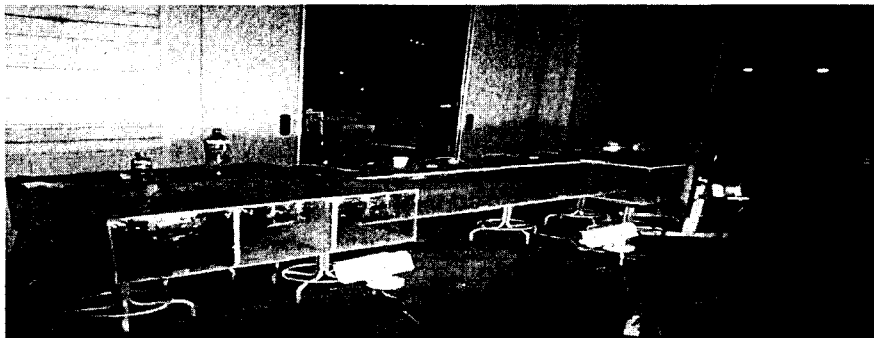


그림 3. 15%축소모델 실험

그림 4와 같이 복도의 천정으로부터 0.3m구간에 설치한 온도센서의 그래프를 보면 온도상승부분이 나타난다. 이 지점에서의 온도상승은 연기의 흐름으로 인한 온도상승임을 알 수 있다. 따라서 각 지점의 온도 상승 시점을 통하여 연기의 속도를 측정하였다. 물론 이와 같은 방법으로 CO, 연농도 센서의 반응시간에 의하여도 속도를 측정하였다.

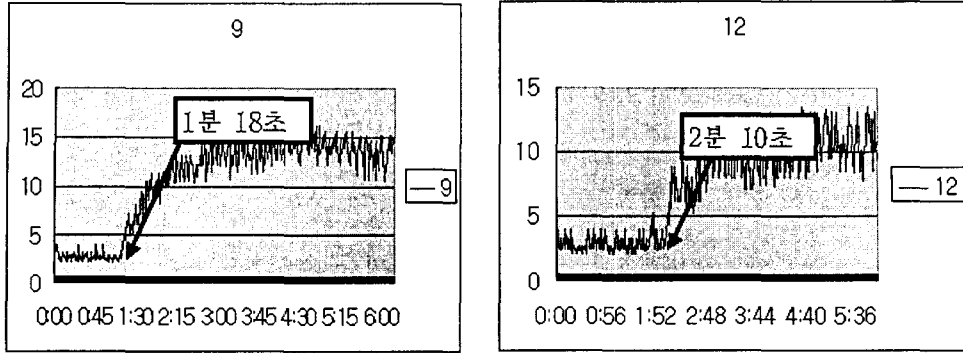
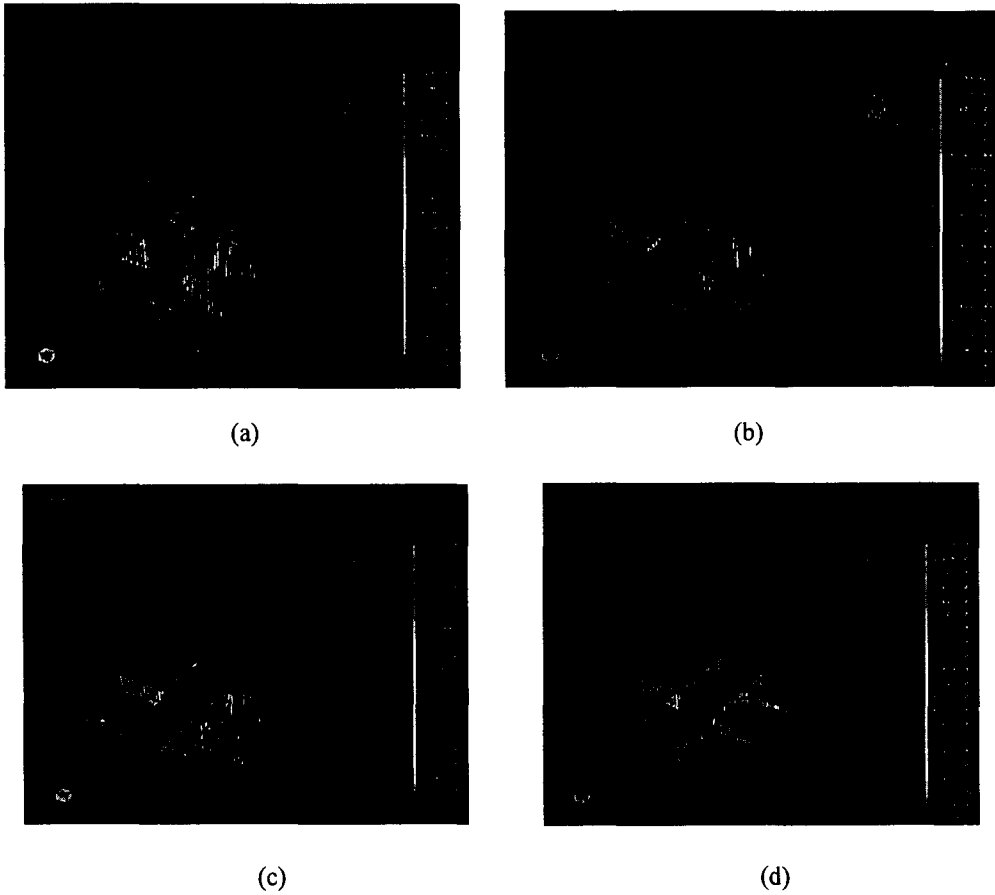


그림 4. 온도센서에 의한 연기흐름 속도 측정

특히 이의 연기유동 특성은 그림. 5에서 보여 주듯이 30,600개의 셀로서 Transient 로서 CFD에 의하여 해석되어 진결과에 의하여 더욱 명확히 알 수 있다.



(a) (b) (c) (d)  
그림 5. CFD에 의하여 해석된 연기유동 흐름

4. 결과 및 토론

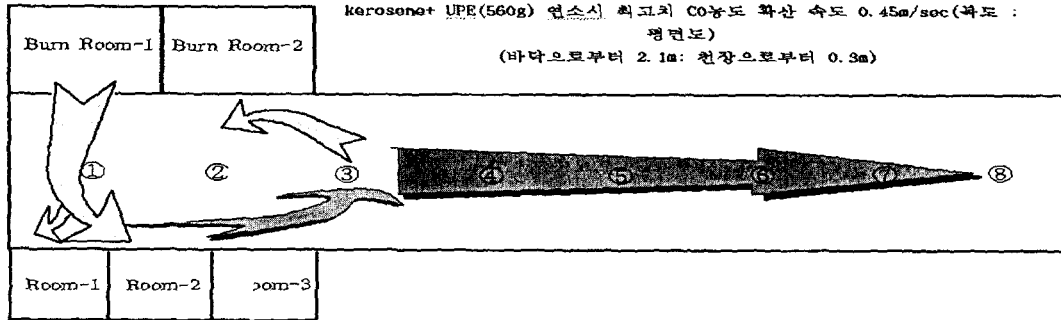


그림 6. CO센서 측정에 의한 천정부분에서의 연기흐름 모형

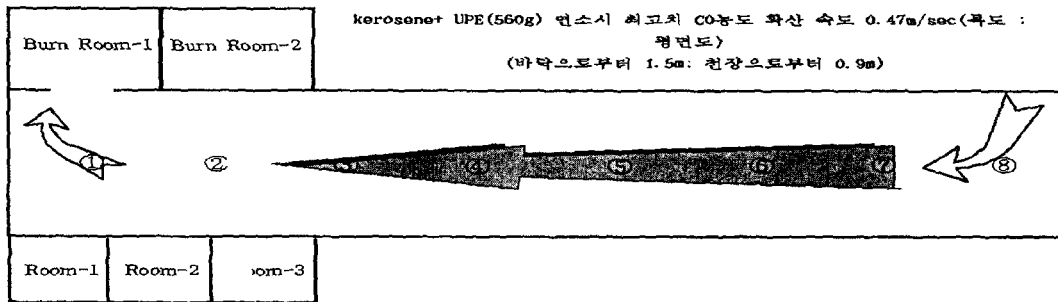


그림 7. CO센서 측정에 의한 피난자의 호흡위치로부터 연기흐름 모형

본 실험에서 분석되어진 화재실과 접한 복도에서의 연기유동의 특성은 그림 6에서 보듯이 연기 선단이 화재실 앞부분의 난류구간으로 인한 연기의 확산 인지순서가 화재실로부터 연기의 유출되는 출구까지 순서가 거리에 따라 순서대로가 아님을 알 수 있으며 또한 이는 올바르지 않다는 것이다. 이를 통하여 화재 감지기의 효율적인 위치 선정이 단지 화재지점과 가깝다고만 말할 수 없음을 알 수 있다. 피난자에서 영향을 주는 바닥으로부터의 연기 영향은 연기선단이 연기출구까지 이르고 나서 거의 동시에 이루어 졌으며 굳이 순서를 따지자면 그림 7과 같이 미소하나마 출구서부터 연기가 감지되었다. 이는 출구에서부터 화재실까지의 화재현상으로 인한 공기의 유입으로 인한 원인이 아닌가 판단되어진다. 따라서 특히 피난시 피난자의 연기흡입영향에 관하여 더욱 연구가 이루어져야 되리라 판단되어진다.

## 참고문헌

1. 김명배 외 1, "공공 건물의 화재안전진단 및 피난구조 기술개발", 한국기계연구원, 1998. 10.
2. 김충익 외 4, "화재시 복도내부의 연기확산 및 유동에 관한 연구", 방재기술동향, 1997년.
3. 허만성, "건물화재시 개구부의 흐름계수에 관한 연구", 화재소방학회지(Vol. 24), 1996. 12.
4. Harland, W. A. and Anderson, R. A., "Causes of Deah in Fires", Proceedongs Smoke and Toxic Gases from buring plasics, Vol. 15, London, 1982.
5. "Fire Smoke Venting", Fire Engineers journal, volume 60, No205, March 2000.
6. 김운형 외 2, "건축재료의 연기위험도 실험", 화재소방 춘계학술논문집, 2000년.
7. Arthur Cote, P.E. and Percy Bughee, "Principle of Fire Protection, NFPA, 1988.
8. Baum, H.R., and Rehm, R.G., 1984, "Calculation of Three Dimentional Buoyant Plumes in Enclosures", Combstion Science and Technology, Vol 40, 55-77.