

# 지하공간과 고층빌딩의 연소과정

—피난안전설계에서의 화재모델 적용을 중심으로—



田中孝義(다나카 다게요시)  
〈일본건설성 건축연구소 방연연구실장〉

## 1. 머리말

일본의 현행 건축방화규정은 화재사고의 경험에 비추어 경험적 판단에 따라 정해진 사양서 같은 기준이 대부분을 차지하고 있다. 이들 방화규정은 화재사고때마다 새로이 보완하기는 하지만 아직 정리되지 않은 것도 많다.

현재는 미비한 현행 기준을 건설대신 특인제도 운용 등에 의해 완화하고 있지만 이것도 남용하게 되면 안전레벨을 전문가 개인의 뜻에 맡겨 버리게 될 위험이 있다.

이러한 문제를 근본적으로 해결하기 위해 건설성에서는 성능적 방화설계법의 개발을 목표로 1982년부터 1986년까지 5개년에 걸쳐 종합기술개발 프로젝트 “건축물의 방화설계법 개발”을 실시하였다. 이 연구에서 성능적 방화설계시스템이 완성되었다고는 말하기 어렵지만 건축물의 방화상 요건을 성능적 관점에서 정리한 것과 피난, 연기의

유동, 내화성능 등의 예측 기술을 정리한 것이 주요한 성과라고 할 수 있겠다.

이들은 현재 민간건설회사, 설계사무소 등에 보급되어 방화설계에 실제로 사용되고 있고 차츰 예측수법을 이용한 안전확인이 행정에도 수용되어 가고 있으며 이것은 성능적 방화설계법 완성의 기반이 될 것이다.

## 2. 화재 MODEL

### 가. 현재 일본에서 사용되고 있는 화재모델

여기서 화재모델이라고 하는 것은 여러 가지 화재의 성상을 예측하기 위하여 사용되는 컴퓨터 계산 프로그램이다. 이에 관해서는 이전부터 건설성 건축연구소를 중심으로 연구가 진행되어 왔으나 앞에서 언급한 종합 프로젝트를 기회로 설계실무자 등이 사용 가능하도록 정비되었다. 이들은 다음과 같은 것이 있다.

- (1) One Zone 연기유동 예측 모델
- (2) Two Zone 연기유동 예측 모델
- (3) 피난성상 예측 모델
- (4) 내화성상 예측 모델

여기에서는 피난안전설계에 특히 관계가 깊은 (1)~(3)의 모델에 대하여 요점을 기술하기로 한다.

### 나. One Zone 연기유동 예측 모델

One Zone 모델은 건물내 각 공간에 유입된 연기가 실전체로 똑같

이 확산한다는 가정하에 건물내의 연기유동 성상을 예측하는 것이다.

화재실 및 그 부근은 초기에 고온층과 저온층으로 2개의 층류가 형성되기 때문에 One Zone의 가정에서는 예측정밀도가 나쁘지만 그 대신에 모델이 단순하기 때문에 많은 공간을 가지고 있는 건물에서도 비교적 계산이 용이하다.

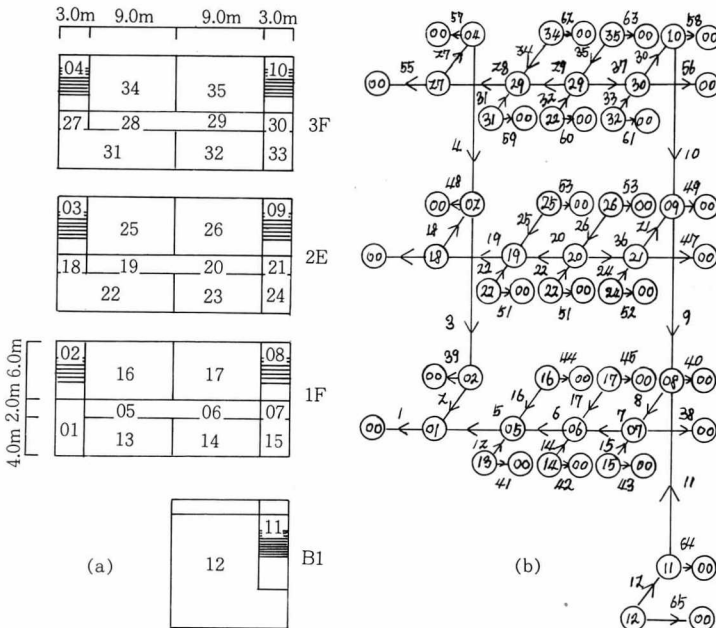
현재는 One Zone의 개념에 입각한 여러종류의 계산방법이 준비되어 있다.

예를 들면 건축물내 각 공간내의 온도가 일정한 정상상태에서의 연기유동성을 예측하는 것, 화재실내에서의 발열, 각실에서의 열전달에 의한 열손실을 참작한 비정상적인 연기유동성상을 계산하는 것 등이다.

이 계산법에 의한 건물모델화의 예를 <그림1>에 나타낸다. One Zone 연기모델은 종래의 건물내 환기계산 프로그램의 확장으로 생각할 수 있기 때문에 건축연구소 이외에도 많은 건설회사에서 독자적으로 개발한 것을 가지고 있다.

### 다. Two Zone 연기유동 예측 모델

Two Zone의 개념에 입각한 연기유동 예측 모델은 “건물내의 어떠한 공간도 물리적, 화학적 성질이 같고 명확하게 분리되는 2개의 층, 즉 상부층과 하부층으로 나누어진 다”라고 가정하여 화재가 발생한 건물내의 각 공간의 비정상적 변화



〈그림1〉 one zone model에 의한 예측계산 대상건물의 model화 예

를 예측한다. 이 모델에서 화원자체의 연소조건 즉 연소속도, 화원면적, 일산화탄소 및 그을음의 발생률 등은 계산입력치로 한다. 한편 이 입력된 화원에 의해 생기는 건물내 공간의 변화, 즉 각실 상·하층의 온도, 두께, 산소나 이산화탄소 등의 가스 농도, 실내 상·하층과 주위 벽 사이의 복사, 대류, 열전달, 각실의 압력, 건물내 각 개구부를 통한 연기나 공기의 흐름 등은 모두 물리적 법칙에 따라 예측한다. “건물내의 기체는 같은 2개의 Zone으로 명확하게 나누어진다”는 가정은 각각의 Zone내부는 잘 혼합되어 있다고 보고 내부의 상세한 국소적 흐름 등은 무시함으로써 Zone내의

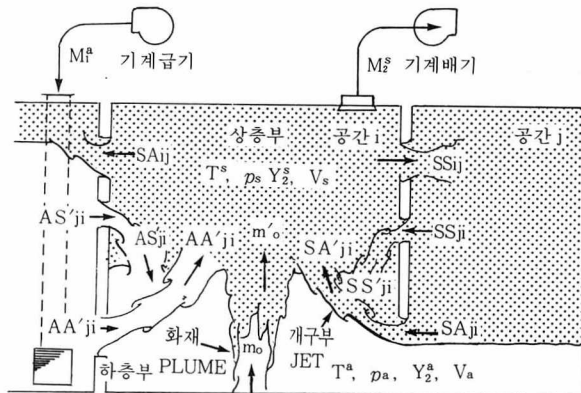
물리적 또는 화학적 성질을 나타내는 양을 최소한으로 하여 해석을 위한 공학적 취급을 간단하게 하려는 의도로 설정하는 것이다.

그러나 이 가정은 물론 편의적인

것이어서 실제의 화재실험에서 특히 상부층은 온도 등의 분포가 반드시 일치하지 않을 수도 있다. 또한 상부층과 하부층의 경계도 명확한 것이 아니어서 경계부근에서도 수직방향으로 온도 분포를 이루고 있다.

일반적으로 말하면 Two Zone으로의 근사가 타당한지 않은 지는 우리들이 어느정도 상세한 정보를 필요로 하고 있는가에 달려 있을 것이다.

화재모델의 의의는 화재성상을 예측함에 의해 방화대책이 타당한가 어떤가를 설계단계에서 평가하는 것이지만 이 단계에서의 가장 큰 불확실성은 우리들이 어떤 화원이 생길까에 대하여 알지 못하는 것이다. 이에 비교하면 상기와 같은 원인에 의한 오차는 일반적으로 사소한 것이고 방화설계상 쓰이는 수법으로써 치명적인 결함으로 되는 일은 거의 없을 것으로 생각된다.



〈그림2〉 복수의 공간을 가지는 건축물에서의 two zone 모델의 개념

복잡하고 불확실한 현상을 상대로 실무적인 해결을 찾아내는 것을 요구하는 공학적 설계일반에 있어서는 외력이나 안전의 판정 기준에 상당한 안전율이 포함되는 것이 보통이다. 이렇게 함으로써 실제로는 복잡한 현상을 단순화하여 처리하는 편리한 점이 있으며 앞으로의 방화설계에 있어서도 예외는 아닐 것이다. <그림2>에 Two Zone 모델을 나타낸다.

**라. 피난성상 예측 모델**

피난성상 예측계산법에 있어서 피난 개시 이전에는 사무실 집무공

간 등에 똑같이 사람들이 분포되어 있고 피난개시후 피난자들은 그들의 공간을 탈출하여 복도, 홀, 계단 전실, 계단 등으로 구성되는 피난 경로를 통해 최종 피난장소로 이동하는 것으로 가정한다. 피난자가 통과하는 경로, 방향은 설계자에 의해 설정된다. 단 어느정도 넓은 공간에 복수의 출구가 있어 피난자가 어느 경로를 취하는가를 합리적으로 정하기가 곤란한 경우 이 모델에서는 “Hall”이라는 개념을 도입하여 그 공간에서 피난자의 탈출이 가장 빨리 완료되도록 각 출구로부터 피난

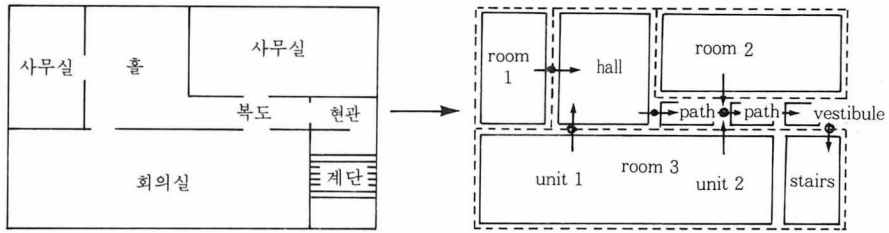
하는 사람수를 자동적으로 배분하는 등의 연구가 이루어지고 있다. 또한 각 공간의 피난자 이동속도, 개구부의 유동계수는 현재까지의 실험적, 경험적으로 널리 인정되고 있는 것을 사용하도록 하고 있지만 Data로써 입력하는 것도 가능하다.

본 예측계산법에서의 건물내공간은 <표1>에 나타낸 성격을 가진 공간으로 분류된다.

이러한 전제와 규칙하에 본 예측계산법은 피난개시후 매시간 마다 피난에 관계하는 각공간의 피난자

**<표1> 피난성상 예측모델의 공간요소와 특성**

No.	명칭	초기 피난자	이동형태	개구부		실공간과의 대응예	비고
				입구	출구		
1	room	있음	L형, 구심형, 정속→출구	0	1이상	거실, 사무실, 집회실 등	출구가 2이상인 경우 room unit로 분할
1-2	room unit	"	L형, 구심형 정속→출구	0	1	거실, 사무실, 집회실 등	
2	path	없음	직선, 정속 입구→출구	1	1		1계산 Step 사이의 이동거리를 길이로 하는 Unit로 분할
3	vestibule	"	직선, 정속 입구→출구	1	1	계단전실	유입자수를 센다. 유입자는 계단으로의 피난종료
4	stairs	"	직선, 정속 입구→출구	1	1	계단	수직이동을 위한 통로도 고려함이 좋다
5	hall	"	직선, 정속 입구→출구	1이상	1이상	Hall, 로비 등	각입구→각출구는 각각 가상의 통로로 연락됨.
				합계	3이상		
6	refuge	"	유입만 있음	1	-	건물의 최종피난 장소, 건물내 보호공간	유입자수를 센다. 유입자는 피난종료
7	link	"	이동시간없이 입구→출구	1이상	1이상	가상	Na1~6의 접합부로 가상함
8	crowding	"	-	-	-	가상	Na 1~5의 출구전으로 가상함.



〈그림3〉 피난공간의 구성예

→ 피난방향

수, 각 개구부분에서의 피난자 체류자수 등의 정보를 결과로서 출력한다. 이 결과를 유동적 예측계산결과와 비교한다던가 피난로상의 Neck나 체류자수의 확인, 피난자수의 Balance등의 검토를 통하여 피난설계에 Feed-Back할 수 있다.

건물내의 모델화의 예를 〈그림3〉에 나타낸다.

### 3. 피난안전설계의 순서

앞에서 언급한 바와 같은 예측모델을 이용한 피난안전설계법의 기본적인 순서를 〈그림4〉에 표시한다. 이 방법에서는 먼저 피난자의 조건을 주어 피난의 성상을 예측하고, 다음에 설계화재조건을 주어 피난의 성상을 예측하며 이들의 예측결과를 기초로 피난중 피난자의 안전이 확보되는가 없는가를 안전판정기준에 의거하여 판단한다. 만약 안전판정기준에 만족되지 않으면 건물의 피난안전계획안을 재고하지 않으면 안된다.

전이 확보되는가 없는가를 안전판정기준에 의거하여 판단한다. 만약 안전판정기준에 만족되지 않으면 건물의 피난안전계획안을 재고하지 않으면 안된다.

#### 가. 피난자 조건

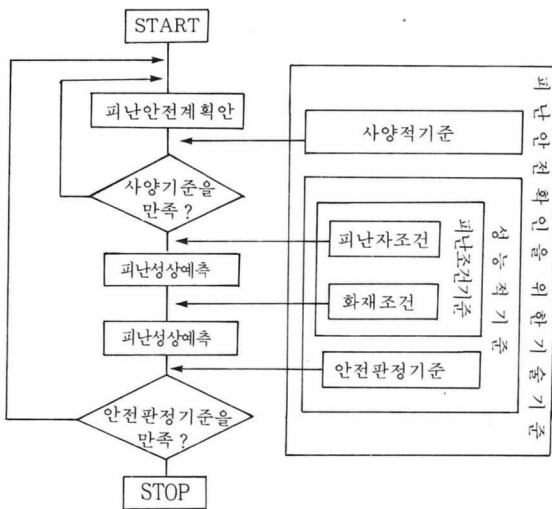
피난자 조건의 주된 것은 피난자수, 행동능력(보행속도) 및 피난개시시간이다. 이들은 건물의 규모, 용도에 따라 적절하게 미리 정해둘 필요가 있다.

#### 나. 설계화재 조건

설계화재 조건은 생각할 수 있는 최악의 화재조건이 아니며 “건물은 적어도 이 정도의 화재에 대하여 피난이 안전하도록 설계하자”라는 사회적 약속을 표현하는 것이라 말해도 좋다.

이것을 느슨히 하면 그보다 엄한 화재조건이 생길 확률이 그만큼 높게 된다. 즉 그만큼 위험성이 증가한다.

또한 역으로 엄하게 하면 방화대책의 비용상승을 초래할 가능성이 있다. 안전레벨은 이와같이 사회가

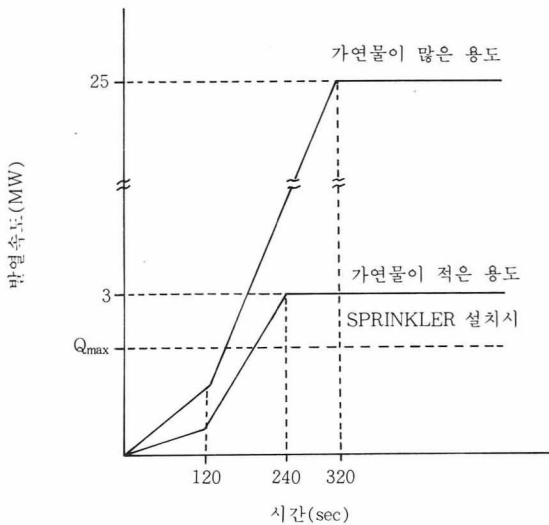


〈그림4〉 피난안전설계와 안전확인기준과의 관계 개념도

수용가능한 위험과 지불가능한 방재Cost와의 관계에서 결정하지 않을 수 없다. 현재 일본에서는 <그림 5>와 같은 설계화재를 많이 이용하

고 있으나 보다 적절한 것을 위한 검토도 진행되고 있다.

다. 안전판정 조건  
안전판정 조건은 피난자가 피난



<그림5> 설계화원의 발열속도

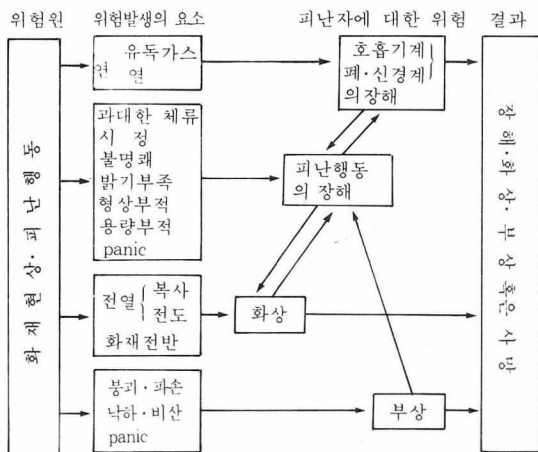
할 수 있는 건물내 공간의 환경에 관한 기준이다.

이것은 화재로 기인하는 전체 위험 즉 연기, 열, 구조안전, 화열에 의한 낙하, 비산물 등에 대하여 마련해 둘 필요가 있으나 가장 중요한 것은 물론 연기에 대한 것이다. 이것은 <그림6>에 나타낸 바와 같이 피난자에 대한 위험의 분석에서 추출되고 있다.

#### 4. 맺는 말

세계의 많은 나라에서 건축화재의 연구를 현재까지 추진한 것은 국립 또는 국립에 준하는 연구소에서 이 중 몇몇 연구소들은 성장되어온 화재성상의 예측기술, 즉 화재모델에 의해 건축물의 방화설계의 새로운 시대를 시작하려 하고 있다. 즉 방화대책이 설계를 법규 규정의 각각에 적합하게 하는 시대에서 공학적 예측수법을 이용하여 안전성을 평가하는 시대로의 변화이다.

이를 위해서는 필요한 화재모델을 개발하여 예측의 정도를 향상시키는 것이 필요하다는 것은 말할 것도 없으며 화재모델의 사용을 전제로 한 성능적 설계시스템 및 공학적수법을 실무자, 행정관에게 보급하는 것이 중요한 과제이다. ☹



<그림6> 피난경로에 대한 연기 위험요소와 메카니즘