

# (1) 건물의 인명안전 평가

화재로 인한 인명손실을 예방하기 위하여 건물용도에 따른 화재위험과 거주자 특성을 설명하고 인명안전을 위한 재반대책을 제시하고자 Fire Protection Handbook의 Hazards to life in structures를 번역, 연속하여 게재하고자 한다. 게재는 (1)건물의 인명안전평가 (2)집회장 (3)교육시설 (4)병원 (5)호텔 (6)판매장 (7)사업장 (8)산업시설 (9)저장소의 순으로 할 예정이다.

인명안전 평가는 화재에 대한 안전도를 측정하는 과정이지만, 건물화재에 있어 인명안전을 평가하는 확실한 방법은 없다.

인명안전이란 하나의 개념이며, 어떤 건물이 화재로부터 안전하다는 것을 보장해 줄 수 있는 공식은 존재하지 않는다.

평가를 위해서는 먼저 인명안전의 개념을 근본적으로 이해하고, 위험을 발생시키는 변수와 위험을 완화 또는 경감시키는 변수들을 본질적으로 측정해야만 한다.

이를 위하여 체크리스트가 사용되기도 하지만 체크리스트를 통하여 변수의 절대치나 상호관계를 알 수는 없다.

## 1. 인명안전 요소

인명안전이라는 것은 유해한 연소생성물에 노출되지 않는 것을 의미하며, 화재를 제어하거나 위험상태에 있는 사람들을 화재로부터 격리시킴으로써 이루어질 수 있다.

위험에 노출된 사람들의 특성과 화재의 확산요인이 위험의 크기를 결정한다.

위험을 경감시키기 위해서는 특별한 안전조치가 취해져야 하며, 이들 요소들의 상호관계를 이해하는 것이 건물화재에 대한 인명안전을 평가하는 첫 단계이다.

### 가. 시간(Time)

화재가 진행됨에 따라 연기와 열이 생성되어 인명에 해로운 환경을 조성하며, 많은 요인이 관련되어 있어 환경이 악화되는 속도를 예측하기는 어렵다.

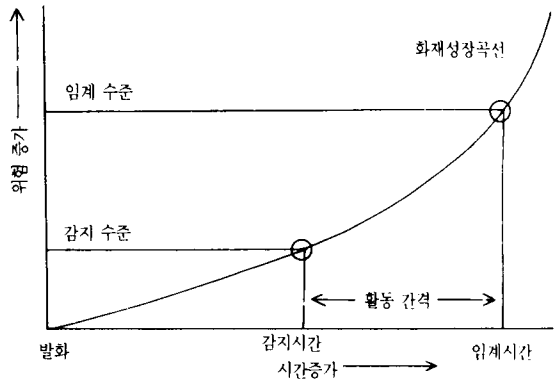
(그림1)은 인명위험이 시간에 따라 증가하는 것을 보여주고 있다.

발화시 주위환경은 정상이다.

대부분의 화재는 처음에는 느린 속도로 진행되므로 위험이 적지만, 나중에는 화재강도가 급격하게 증가하고, 위험한 연소생성물을 방출하게 된다.

연소생성물이 축적되는 어떤 수준이 되면, 화재는 감지기 또는 사람(냄새, 목격)에 의하여 감지된다.

화재감지시의 위험수준은 (그림1)에서와 같이 화재경과시간(즉, 감지시간)과 일치한다.



(그림1) 시간진행에 따른 환경악화속도

### 나. 임계수준(Critical Level)

화재성장에서 또 다른 중요한 요소는 임계수준 즉, 환경악화로 인해 인명이 위협해지는 시간이다.

이 임계수준은 방출되는 연소생성물과 위험에 노출된 사람들의 특성에 따라 변화한다(이 특성에 의하여 연소생성물에 대한 적응력이 다소 달라짐).

인간에 대한 화재의 영향을 평가하는 데에는 제어할 수 없는 미지의 수 많은 요인들이 존재하기 때문에 임계수준을 정확하게 측정하기란 매우 어렵다.

임계위험수준(critical hazard level)과 상응하는 것은 화재가 이러한 상황으로 확대되는데 소요되는 시간이다.

(그림1)에서는 임계시간(critical time)으로 표시되었다.

감지시간과 임계시간 사이의 간격이 거주자(occupant)를 임계위험수준에 노출시키지 않도록 보호할 수 있는 활동시간이다. 이러한 활동에는 자동식 설비의 작동, 거주자의 피난과 같은 여러가지 형태가 있다.

(그림1)에서 보면 감지가 일어나는 수준을 낮추면 활동이 가능한 시간간격이 증가함을 알 수 있다.

또한 감수성이 예민한 거주자(개인 임계수준의 낮음)는 보다 빠르게 반응할 것이다.

#### 다. 화재편차(fire Variation)

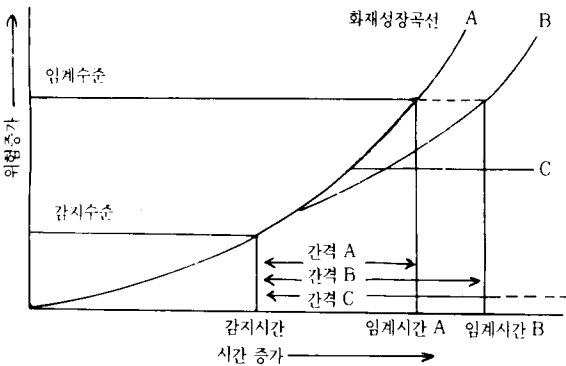
화재의 성장과 위험성은 항상 같은 비율로 발전되어 가는 것은 아니다.

화재가 빠르게 확대될 수 없는 조건이라면 환경악화속도가 감소하여 결과적으로 화재성장곡선의 경사도가 감소한다.

예를 들어 (그림2)에서 곡선 B는 곡선 A보다 성장이 느린 화재를 표시한다(결과적으로 활동가능 시간간격이 증가).

곡선 C는 자동식 배연설비의 효과를 나타내고 있다.

화재감지 후에 작동된 설비는 장시간 주위환경을 임계수준 이하로 유지시켜 주고 있다.



(그림2) 성장이 빠른 화재와 느린 화재의 환경악화속도 차이

## 2. 거주자의 특성

인명안전을 평가하는데 가장 어려운 것은 위험상태에 놓여 있는 사람들(즉 화재건물의 거주자)의 인적 요소로서 건물 거주자들의 큰 특성 차이로 인한 것이다.

화재 및 화재생성물에 대한 감수성과, 책임을 맡아 필요한 조치를 수행할 수 있는 능력(화재, 비상사태시의 예상반응)을 평가해야 한다.

이러한 성향은 거주자의 신체적, 정신적 특성에 따라서 개별적으로 또는 집단적으로 나타난다.

중요한 인적 변수는 나이, 기동성, 의식, 지식, 밀도, 훈련 등이다.

#### 가. 나이(Age)

나이는 위험상태에 있는 거주자의 특성중 가장 쉽게 파악할 수 있는 항목이며 기동성, 의식, 지식 및 훈련과 같

은 다른 중요한 특성에 직접적인 영향을 미친다.

통계에 의하면 나이에 따른 인명위험은 아주 나이가 적거나 많은 사람들이 화재로 인한 사망율이 높은 것으로 나타났다.

#### 나. 기동성(Mobility)

대다수의 경우 기동성은 나이와 함수관계에 있어 나이가 아주 적거나 많은 사람들은 기동성이 떨어지며, 기동할 수 없거나 기동에 제약을 받는 사람들이 있다.

공공시설에 대한 접근이 용이해짐에 따라 장애인들이 보다 많은 장소에 나타나게 되었으므로 인명위험을 평가하는 데는 장애자의 한계를 고려해야만 한다.

예를 들어 병원과 같은 장소에서는 많은 사람들이 일시적으로 무능력해져 지원을 받아야만 재배치(relocate)가 가능하다.

정신병원이나 감옥과 같은 장소에서는 기민성을 가진 사람도 감금상태에 있게 되므로, 기동성 부족이 나이와 신체적 능력에만 관계되는 것은 아니다.

#### 다. 의식(Awareness)

의식은 나이에 따라 영향을 받는 또 다른 특성이다.

중요한 요인은 깨어 있었느냐(예, 사무실) 또는 잠자고 있었느냐(예, 주거용도)하는 것이다.

그 밖에 약을 복용한 사람들에게서 제한된 의식이 나타날 수 있다. 알콜과 마약은 화재 사망에 중대한 영향을 미치는 요인이다.

대부분의 사업장에는 다양한 의식과 의사결정능력이 각기 다른 사람들이 포함되어 있다.

#### 라. 지식(Knowledge)

지식은 자기보존(본능과 같은 요소포함)의 포괄적 개념에 대한 한정된 용어이다. 이 특성중 어떤 것은 측정할 수는 없지만, 식별할 수는 있다.

교육 훈련은 거주자의 자기보존 지식수준을 증가시키고, 사회적 자기보존에까지 노력하게 할 수 있다. 그리하여 어떤 사람들은 다른 사람들을 돕기 위하여 훈련되거나 무의식적으로 행동한다.

건물에 대한 거주자의 친밀도(familiarity)는 지식중에서 보다 덜 직접적인 것이다.

건물의 상시 거주자는 일시 방문자보다 비상구에 대해 더 많은 지식을 갖고 있을 것이다.

#### 마. 밀도(Density)

인구밀도(또는 주어진 공간에의 사람수)는 위험의 크기와 거주자의 안전한 재배치에 매우 중요하다.

주어진 공간에 사람수가 많을수록 잠재적 인명위험도

커진다.

거주자 밀도와 이동속도의 관계가 연구되고 있으며, 사람들이 아치를 형성하는 것과 같은 현상(출입구를 통한 통행을 방해)은 거주자의 밀도에 좌우된다.

### 바. 훈련 (Discipline)

밀도와 같이, 훈련은 개인이라기 보다 집단으로서의 거주자 특성이다.

학교와 공장과 같은 용도에서는 관리능력이 입증된다. 일반적으로 사람들은 훈련을 정기적으로 받고 있으며, 훈련은 비상시 통제에 따르게 하여 위험한 행동을 줄인다.

## 3. 건물화재의 특성

화재는 화학반응으로서 열과 빛을 내는 급격한 산화반응이며, 또한 ① 연기(시계를 방해하는 미립자 물질로 구성됨)와 ② 연소가스(대부분 독성이 높음)에 관련되어 있다.

화재는 모든 일반적 자연현상중에서 가장 이해하기 어려운 속성을 가지고 있다.

최근에는 원하지 않는 연소에 대한 복합성을 이해하기 위하여 활발한 연구가 진행되고 있다.

인명안전에 중요한 영향을 미치는 것은 발화잠재력, 화재성장 및 연기확대이다.

### 가. 발화잠재력 (Ignition Potential)

발화과정은 연료와 접촉 또는 근접해 있는 열원과 관련되어 있다.

잠재열원에는 조리, 난방 및 기타의 에너지 소비활동이 포함되어 있다. 내장재, 의복 및 기타 건물내 집기비품 등이 연료를 제공한다. 열원과 연료를 가장 빈번하게 수반하고 있는 것은 건물의 거주자들이다.

발화는 시간과 온도의 함수이다. 단시간동안 높은 온도에 노출되어도 착화하지 않는 연료일지라도 장시간 비교적 낮은 온도에 노출되어 착화할 수 있다.

어떤 발화형태에 대한 발생빈도만으로 발화잠재력을 측정하는 것은 불충분하다. 그것은 현재의 발생건수만을 나타낼 뿐 과거의 발화건수로부터 추정되는 발생가능건수를 나타내 주지 못하고 있기 때문이다.

### 나. 화재성장 (Fire Growth)

화재성장 단계는 인명안전에 가장 중요하다.

발화실이 마침내 거주할 수 없게 되는(즉, 임계위험수준에 도달)시점이 성장단계이다. 그러므로 이 단계에서 발화실이 거주자를 보호하기 위한 감지와 행동이 이루어져야 한다.

(그림3)은 인명위험에 대한 화재성장속도의 중요성을

설명해 주고 있다.

가연물에 대한 수 많은 물리·화학적 성질은 시험을 통하여 명백히 증명되고 있다.

물질의 화염확대속도는 관찰할 수 있는 특징중의 하나이며, 화재성장특성을 나타내 준다.

내장재의 화염확대속도는 재료의 물리·화학적 성질에 따라 크게 변화한다.

화재의 초기 단계에서는 연료가 중요한 요소인 반면에, 화재의 성장단계에서는 주위환경이 중요하게 된다.

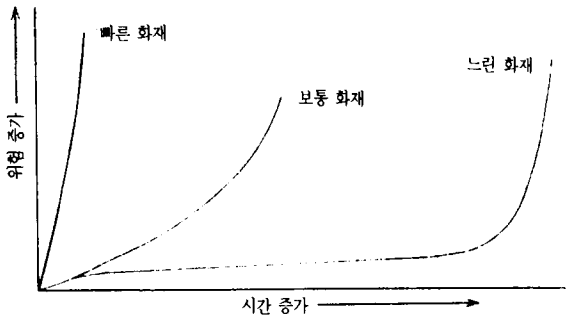
벽 부근에서 타는 물질은 실의 중앙부분에서 타는 물질보다 화재성장속도가 빠르다. 이것은 벽이 가열되고 연료에 열을 방출시켜 연소기구로부터의 열손실을 감소시키기 때문이다.

같은 이유로 구석에서의 화재는 두개의 벽으로부터 복사열을 받아 더욱 빠르게 성장한다.

실에서 가장 중요한 것은 천장높이이다.

확대되어 가고 있는 화염이 천장에 도달하면, 화염이 넓게 퍼져 커다란 방열화염표면(radiating flame surface)을 생성한다.

이것은 차례로 연소속도를 증가시키고 공간내 다른 연료의 착화를 촉진시킨다.



(그림3) 위험증가에 대한 화재성장속도의 영향

화재가 천장 전체에 확대될 때에는, 실내의 열이 계속 증강되어 공간내의 다른 대부분의 가연물질이 급격히 착화되는 현상이 일어난다. 이 현상을 flashover라고 한다.

이 시점에서 다량의 고온가스가 생성되어 이 지역을 안전하게 유지할 수 없게 된다. 이것은 아직 실내에 남아 있는 거주자의 생명을 보호하기 위한 합리적 행동이 불가능한 상태를 의미한다.

### 다. 연기와 화재의 확대

발화지점을 벗어난 연기와 화재의 확대로 거주자는 위험에 노출되게 된다.

하나의 실이나 구획부분내에서 성장한 화재는 양(陽)의

압력을 발생시켜 연기를 발화지역에서 다른 부분으로 전파시킨다.

화재압입이도 기후적 특색과 성질로 인하여 연기와 독성가스를 건축물의 먼 부분까지 날려 보낼 수 있다.

가장 일반적으로 화재생성물은 거주자용으로 설계된 통로(즉, 개방된 출입문, 복도, 계단 등)를 따라 이동한다. 그러나 연기와 가스가 이동하는 다른 통로도 많다. 샤프트, 덕트, 밀집공간, 빈공간, 외부창문까지도 화재와 연기 확산의 길이 된다.

특히 atrium건물이나 쇼핑몰과 같은 대규모의 복합 건축물의 경우 인명안전평가를 위해 연기유동에 대한 철저한 분석이 요구된다.

#### 4. 안전대책

이상적으로는 건물설계시에 거주자와 화재에 관련된 위험요소가 고려되어야 하며, 위험을 경감시키기 위한 안전조치가 포함되어야 한다.

여기서는 거주자에 대한 화재위험을 감소시키기 위하여 적용할 수 있는 여러가지 종합적인 안전대책에 관하여 기술한다.

안전대책의 주요범주는 “화재예방”, “화재관리” 및 “거주자관리”로서 “Fire-safety Concepts Tree”(NFPA)에 설명되어 있다.

##### 가. 화재예방(Fire Prevention)

화재가 일어나지 않는다면 화재로 인한 손해도 없다. 그래서 화재예방은 다른 화재안전조치의 필요성을 배제시킬 가능성이 있다. 그러나 화재를 완전히 제거할 수 있는 만족할만한 대책은 아직 고안되지 않았다.

화재예방은 열에너지원, 연료 및 이들을 수반하는 메카니즘과 관련되어 있다.

전기와 같은 주요한 잠재착화에너지원은 주로 법규를 통하여 통제할 수 있다. 또한 인화성액체나 내장재와 같은 연료도 code나 standard의 규제를 받는다. 그러나 모든 발화원과 연료를 규제할 수는 없다. 발화의 주요한 메카니즘인 인간의 경우에는 특히 규제대상이 될 수 없는 것이다.

화재발생 가능성의 평가에는 발화잠재력(특히 건물 거주자의 활동과 관련하여)분석하고 발화가능성을 감소시키는 요인이 포함되어야 한다.

##### 나. 화재관리(Fire management)

화재발생 자체를 완전히 회피한다는 것은 기능적으로 불가능하므로 화재의 제어대책이 중요하게 된다.

화재관리기술은 (그림1)과 (그림2)에 표시되어 있는 화재성장곡선의 경사도를 낮추는 방법이 될 것이다.

이러한 방법은 ① 연료와 환경의 변화를 통하여 연기와 열의 방출속도를 제어하고 ② 수동 또는 자동진압활동으로 연소과정을 제어하고 ③ 환기 및 방연을 통하여 연소생성물을 제어하는 것이다.

화재시 유해 생성물의 방출을 억제하기 위하여 연료와 환경을 변화시키는 것은 아주 바람직스러운 방법이지만 시행되기 어렵다. 첫째 장애물은 경제성이지만, 꾸준히 진전되고 있는 상황이다.

진압설비는 연소생성물이 임계수준에 도달되기 이전에 화재성장에 영향을 미칠 수 있어야 한다.

환기 및 배연설비는 인명안전을 고려해야 한다. 연소생성물을 거주자와 격리시키는 것이 인명안전의 관점에서의 적절한 방법이다. 배연설비의 설계는 지속적인 연구대상이다.

화재관리대책의 목적은 화재성장과 관련한 위험을 감소시키고 화재와 연기의 확대를 감소시키는 것이다. 동시에 이들을 감소시킴으로써 건물 거주자에 대한 화재의 영향을 줄일 수 있다.

##### 다. 거주자관리(Occupant Management)

이에 대한 안전대책은 가장 복잡적이며, 화재와 인간 상호간의 위험요인과 관련되어 있다.

여기에서 관리라는 것은 예상되는 화재성장과 거주자의 특성에 맞는 비상활동을 의미한다.

거주자가 행동을 개시하기 위해서는 무엇보다도 감지와 경보활동이 필요하다. 이러한 기능은 자동설비나 거주자에 의하여 수행된다.

위험에 처해 있는 사람들의 관리활동에는 대피, 피난 또는 구조 등이 있다. 거주자가 민첩하게 움직일 수 있는 경우에는 대피가 가장 일반적인 방법이다.

다른 경우에는 비상요원의 협조를 받아 화재와 연기로 부터 피난할 수 있는 건물내의 장소를 이용한다.

비상구설비(emergency egress system)는 적합성과 신뢰성의 면에서 평가된다.

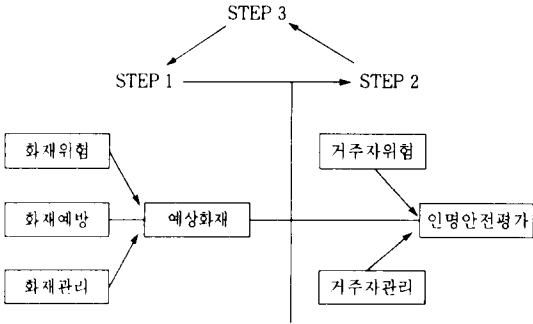
적합성은 안전탈출시간내에 건물내의 일부 또는 전부를 대피시킬 수 있는 용량을 결정하는 구조적 요소이다.

신뢰성은 비상구 용량을 어떻게하면 효과적으로 이용할 수 있는지의 방법이다. 신뢰성의 요인에는 경보 전달과 훈련, 표지, 비상전원 및 화재, 연기, 독성가스로부터의 비상로 보호 등이 있다.

#### 5. 평가수단(위험평가)

건물화재에서 인명안전을 위한 총괄지침으로는 The Life Safety Code(NFPA 101)가 널리 활용되고 있다. 그러나 이 Life Safety Code의 목적은 최소한의 규정을 제정한 것이다. 아주 높은 수준의 인명안전이 요구되거나

최악의 인명안전위험을 파악하고자 하는 경우에는 다른 수단이 요구된다.



(그림4) 건물 인명안전의 일반적 방법

위험과 안전은 건물화재에서 인명안전을 평가하는 보편화된 방법의 구성요소이다. 이러한 방법이 (그림4)에

요약되어 있다.

첫번째 단계는 논의하려고 하는 화재위험 변수와 화재 예방 및 화재관리에 상응하는 안전조치를 분석하는 것이다. 이러한 분석은 예상되는 건물화재에 대한 개념을 산출해 낼 수 있어야 한다.

두번째 단계는 거주자위험요인 및 거주자관리와 관련하여 예상화재를 고찰하는 것이다.

인명안전은 그 때 평가되며, 만약 결함이 발견되면 처음으로 돌아와 더욱 높아진 인명안전대책을 고려한다. 그러므로 건물의 인명안전을 평가하는 것은 위험과 안전 요인을 조화시키는 반복과정이다.

건물화재의 인명안전을 평가하는 보다 특별한 기법은 시나리오, 비상구분석, FSES(Fire Safety Evacuation System), BFSM(Building Fire Simulation Model), 화재안전효과표, ASET(Available Safe Egress Time) 및 모형방법 등이 있으나 여기에서는 설명을 생략한다.