

대형화재 발생원인과 특성



김 병 효
(현대방재연구소 소장)

1. 머리말

화재발생 원인은 접근 방법에 따라 그 얼굴이 달라진다.

예컨대 우리나라의 화재원인별 통계를 보면 매년 전기 화재가 수위를 차지하고 있다.

그렇다면 전기화재를 예방하여 이를 감소시키고자 한다면 어떻게 해야 할 것인가에 대한 획기적인 대책을 세울 수 있을까?

한마디로 간단치가 않음을 알 수 있다. 이와 같이 통계로서 끝나는 통계가 있는 반면에 처음부터 화재에 대한 대책을 전제로 하는 통계가 있다.

전기 화재라도 용도, 기기 또는 각부위를 앞세워야 처음부터 전기 화재라는 항목을 없애는 것이 다.

위의 예는 간단한 예에 지나지 않으나 우리나라 일본은 상당히 개념적이고 상징적인 전통에서 전자의 통계를 자주 볼 수 있는 반면 서구에서는 분석적이고 정량적인 통계를 택하고 있다.

이는 어느 통계 방법이 옳다고 논할 성질은 아니나 화재를 자연과학 내지는 공학적인 면에서 다루고자 한다면 서구의 경우가 적합할 것이고 행정적인 차원이나 개념적인 면에서 다루고자 한다면 동양의 경우가 적합할 것이라는 생각이 든다.

본 고에서는 화재발생원인별 문제점에 대하여는 자연과학 내지는 공학적인 면에서 다루어질 성격이므로 우리나라에서 근래 발생한 대형 화재의 발생원인에 대하여 몇가지로 나누어 다루어 보고자 한다.

2. 대형 화재 발생원인

대형 화재에 대한 정의는 각 기관마다 일정하지 않다. 미국의 NFPA의 경우는 25인 이상의 사상자가 발생한 경우, 또는 3천만 달러 이상의 손해를 당한 경우에 대한 통계를 별도로 집계하고 있다.

일본의 경우 3인 이상의 사망자가 발생한 화재를 별도로 다루고 있다. 우리나라의 경우는 한국화재보험협회에서 피해액 1천만원 이상의 화재를 대형 화재로 분류, 별도의 통계결과를 매년 발표하고 있다.

이 자료에 의하면 매년 대형화재는 건수, 피해액 면에서 급격히 증가하는 것으로 나타나고 있다.

1987년 통계에 의하면 대형 화재의 용도별 화재원인은 아래의 <표1>에서 보는 바와 같이 용도별로는 공장이 수위이고 발생원인별로는 전기가 수위를 차지하고 있다.

<표 1> 대형화재의 용도별 화재원인

원인 \ 용도	전기	정전기	기계 화재	화기사 용시설	담배	용접부 주 위	원인 불명	합계
공 장	16	1	6	3	-	5	1	32
4층이상	2	-	-	-	1	-	2	5
시 장	3	-	-	-	-	-	-	3
호 텔	1	-	-	-	-	-	2	3
기 타	2	-	-	3	-	-	-	5
합 계	24	1	6	6	1	5	5	48

다음으로 대형화재의 원인별 분석을 보면 (표 2)와 같이 가연성 내장재 및 가연성 수용품으로 인한 것이 수위이고 그 다음이 방화구획 불량으로 나타나고 있다.

〈표 2〉 대형화재 확대 원인

원인	방화구획	가연성 내장재	소방대응	화재발생	순간적인 연소확대	위험물(가스 위험물)	소방설비	이상
종도	불	침	수용품	활동	근반	지	인	
공	장	5	22	1	4	1	1	4
4층 이상	-	3	-	1	-	-	-	1
호	텔	1	-	-	1	-	-	1
시	정	-	2	-	-	-	-	1
기	타	-	4	-	2	-	-	1
합	계	6	31	1	8	1	1	8

이상의 같이 우리나라의 대형화재 발생원인을 요약하면

발생원인 : 전기

대형화재 발생원인 : 1) 가연성 내장재 및 가연성 수용품

2) 방화구획 불량

으로 나타나고 있으며 발화원인에 대한 검토는 앞에서 언급한 바와 같이 전기화재 특성상 그 개념설정이 우선되어야 하는 관계로 제외키로 하고 대형화재로 진전된 원인에 대하여 기술적인 면에서 간략히 살펴보기로 한다.

3. 가연성 내장재 및 가연성 수용품

가. 실화재에서 불꽃의 특성

어느 실내에서 발화하였다고 가정할 때 불은 열을 방출하게 되는데 이때 방출 열에너지는 3가지 형태로 나타난다.

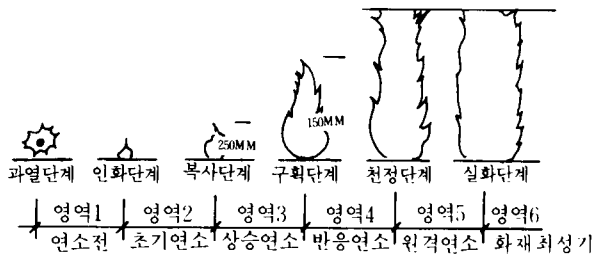
이중 가장 큰 65%의 에너지는 대류 에너지와 열기류이다.

다음은 복사에너지로 전체의 약 25%정도이다. 이 에너지는 인접 물질을 인화시키는 가장 위험한 요소가 된다. 나머지 에너지는 약 10% 연기 가스로 빼앗기며 에너지는 방출하지 아니한다. 화재시 연소확대의 주요소인 복사에너지는 보통 3가지 목적으로 소비되는데 불꽃내에서의 자체복사인 소위 내부복사와 아직 타지않은 물질의 연소에 귀환하는 복사인 소위 귀환복사, 그리고 불꽃의 몸체에서 떠나 주위 공간으로 방출하는 소위 전달 복사가 그것이다.

이러한 전달복사는 바닥, 벽, 천정 또는 인접 물질을 연료로 하여 인화시킨다.

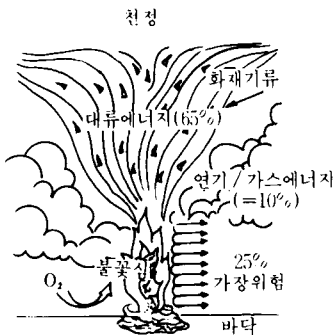
나. 실화재에서 화재확대 과정 및 문제점

공간이나 실내화재는 몇가지 단계를 거쳐 성장하는 것으로 알려지고 있다. 이들 과정을 나타낸 것이 〈그림 2〉이다. 그림에서 보면 6개 단계로 나누어지는 것으로 되어 있다.

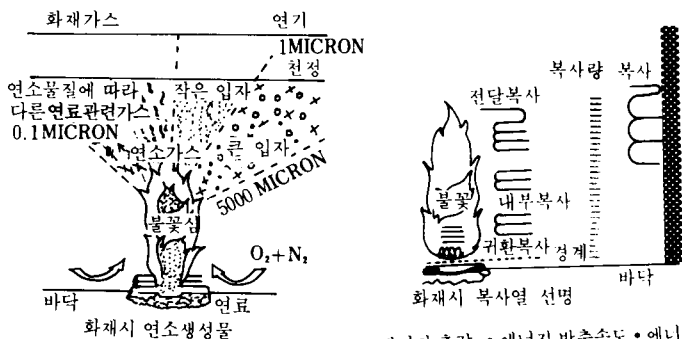


〈그림 2〉 영역 성장단계의 식별

• 화염의 높이는 실내의 평평한 바닥에서 영역변경을 구분하기 위하여 개략적으로 표현한 것이다. 연료형태에 따라 각 영역별 화염의 높이가 다를 수 있다. 그리고 연료종류에 따라 복사열 등이 변할 수 있다. 또한 벽으로부터 불꽃까지의 거리에 따라 구획침 등이 변할 수 있다.



인생성체로서의 화재
3.7MJ의 에너지방출에 1m²의 공기 필요



• 에너지 총량 • 에너지 방출속도 • 에너지량

〈그림 1〉 불꽃의 에너지 방출 설명도

가연성 내장재나 그 수용품을 체계적으로 나타낸 것이 <그림 3>이다. 이러한 가연성 물질 또는 연료는 실내에 산재할 수도 있고 일단을 이룰 수도 있다.

공장에서 저장품이 가득찬 경우를 하나의 연료덩이 (Fuel pack)라 부르며 화재시 직접접촉으로 화염을 이동시키므로 특히 위험하다.

실내에 일정한 간격(보통 40cm) 이상일 때는 수용품의 성질에 따라 별개의 연료덩이로 볼 수도 있다.

가연성인 커튼이나 카펫이 없는 실에 있는 경우 별개의 연료덩이로 볼 수 있어 스스로 꺼지는 경우도 있다.

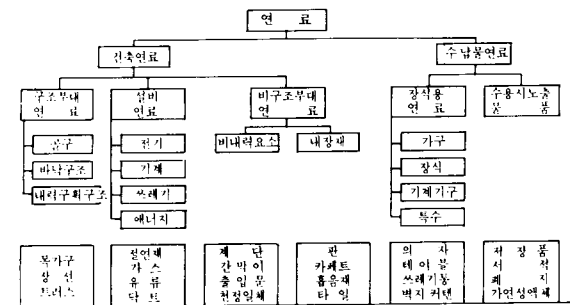
불꽃이 벽 가까이에서 일어나면 불꽃의 높이가 길어지는데 불꽃높이의 5~7배의 반지름으로 확산한다.

내장재는 화재시 열에너지를 흡수한다. 특히 불연재료인 석고보드, 석면판, 콘크리트블럭, 제치장 콘크리트 등에서는 열에너지 흡수가 크다.

이들 열에너지 흡수표면은 화재성장과 불꽃크기에 수동적이거나 연소지연체로서 작용하게 된다. 한편 내장재가 가연재료인 경우에는 열에너지를 조장할 수 있다. 즉 목재판, 가연성 벽판, 발포플라스틱, 카펫 등은 열에너지를 조장하는 표면으로서 화재성장과 불꽃크기를 능동적으로 강화시키는 작용을 한다.

일반적으로 0.6mm 미만 두께인 페인트, 벽지, 석고판에 바른 벽지 등은 표면 화염전파나 화재조장에 무관한 것으로 밝혀지고 있다.

<그림 3> 가연성 수용품 및 불꽃의 특성

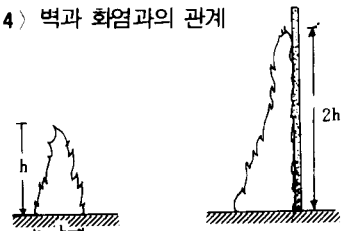


<그림 3>

이들 가연성 물품이 실내에서 확산하는데는 다음의 3가지 성상이 있다.

- 1) Spreadover: 발화지점에서 발생한 불꽃이 벽, 천정의 가연성 내장재의 표면을 따라 퍼진다.
- 2) Flashover: 화재 초기에 연소 및 불연소 가스가 발생하며 불꽃에서 방출하는 복사열은 가연성 가스가 모두 없어질 때까지 가연성 물질을 가열한다. 이러한 연료가스 중의 열마가 연소되지 아니한 상태에 있다면 그것은 연소가스 또는 연기 입자와 함께 천정을 따라 미연소가스, 가열가스, 그을음 등이 쿠손과 같은 상태가 될 때까지 모이게 된다. 이렇게 해서 모인 가스가 불이 붙기 위하여는 최소한의 가연성 가스량과 산소가 필요하다. 이러한 혼합상태에서 불씨가 닿으면 갑자기 빠른 화염이 발생한다.
- 3) Flameover: 석유화학계(플라스틱) 물질중에는 서서히 다량의 화염을 발생하는 것이 있다. 이상과 같은 실의 연소현상은 동시에 발생하기도 하나 전소의 경우에는 위의 3가지 현상은 뚜렷이 나타나게 된다.

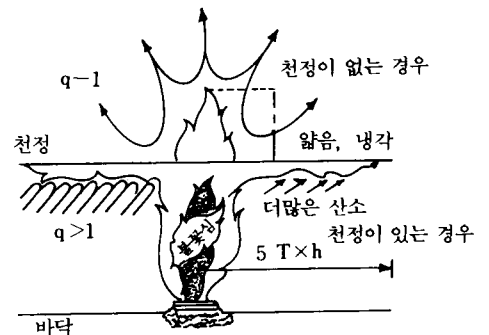
<그림 4> 벽과 화염과의 관계



벽에서 떨어진 화염 벽에 접한 화염

- 벽에서 50cm만큼 떨어진 화염은 벽쪽으로 물리면서 발생한다.
- 벽에서 1.2h만큼 떨어진 화염은 그 높이가 2배가 된다.
- 벽이 가연재료(에너지)발생 일 때 화염은 더 빨리 상승한다.

<그림 5> 천정현상



- 낮은 천정(수목 화재) 화성기 도달시간 단축
- 가연성 물질(에너지) 방출로 된 천정인 경우 복사면적은 증가

이러한 위험을 없애기 위한 원칙을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 작은 불은 큰 불보다 저절로 쉽게 꺼진다.
- 2) 연료의 공급을 차단하면 불은 저절로 꺼진다.
- 3) 연료연료덩이 (Fuel pack)를 없앤다.
- 4) 에너지를 발생시키는 재료를 억제하고 에너지를 흡수하는 재료를 사용한다.
- 5) 가연재료가 된 전경과 벽표면은 화세를 강하게 하고 연소속도를 증가시킨다. 그러므로 가연성 내장재를 가능한 한 억제한다.

이상과 같은 내장재 및 수용품에 의한 화재확대 위험을 적극적으로 해결하는 방법은 여러가지가 있겠으나 그중 가장 확실한 대책은 자동식 소화장치이다. 그러나 우리나라의 방화관련법령에는 공장에서 스프링클러 설비의 설치의무규정이 없고 일반 건축물에서도 가연성 내장재 또는 수용품에 따른 스프링클러 규정은 미흡한 실정이다.

4. 방화구획의 검토

전항에서 검토한 사항은 방화구획과 깊은 관련이 있다. 즉 화염의 이동관점에서 방화구획의 기능은 노출되지 않은 층의 방화방지 및 발화지연이다.

방화구획은 단기간에 화재 최성기에 도달하여 방화벽을 통하여 많은 복사열에너지가 인접실로 전달되는 경우와 인접실의 작은 부분에서 발화하는 경우 방화구획상의 작은 개구부를 통하여 연소할 수 있는 경우가 있다. 방화구획에는 어떠한 형태이건 관통부가 있는 것이 대부분이다. 방화구획이 열에너지 방출을 저지할 수 있는가를 판단하기 위하여서는 다음과 같은 사항을 검토해야한다.

- 1) 적은 열에너지를 화재초기에 방화구획을 통해 인접실로부터의 어떠한 형태의 점화원이라도 차단해야 한다.
- 2) 방화구획은 건물 구조체의 전반적 내화성능과 동등해야 한다.
- 3) 화재가 지속되어 점점 더 많은 열에너지를 방출함에 따라 방화구획은 Hot spot failure의 위험이 증가한다. 이러한 부분적 고열현상은 방화구획상의 작은 틈이나 구멍 또는 벽전체를 통한 열전도에 의하여 인접실로 연소 확대될 수 있다.
- 4) 화재가 계속됨에 따라 다량의 열량에 의한 Massive failure 위험이 증가된다. 이로 인하여 방화

벽이 붕괴될 수 있다.

- 5) Massive failure에 의한 방화구획의 붕괴위험은 시간경과에 따라 그 위험도가 증가한다.

이러한 방화구획의 결함을 평가하기 위해서는 다음과 같은 사항을 고려해야 한다.

- 1) 방화구획의 재료 및 구성상의 특성
- 2) 열에너지 충격하중 변화에 따른 방화구획 구조의 내화도 시험 결과
- 3) 자동식 방화구획 보호용 살수장치의 효과 및 유무여부

우리나라의 경우 방화구획의 기본 개념인 구조체의 내화성능 판단기준 및 개구부에 대한 방호기준에 대한 사항에 대해서 개념적인 내용만이 법령에서 정하고 있을 뿐이다.

5. 결론

우리나라의 대형화재 원인의 가장 큰 부분이 건물내 수용된 가연물과 방화구획 미비에서 비롯되고 있다.

가연물의 수용은 용도상 불가피한 경우가 많으므로 이에 대한 대책은 수납방법의 개선, 내장재료의 불연화 등으로 일시적으로 화재하중을 감소시킬 수는 있으나 근본적인 제거대책은 상당히 곤란할 것이다.

그러나 이와 관련된 방화구획의 개선은 상당히 실현성이 있고 그 효과 또한 크다 할 수 있겠다.

앞으로 대형화재 예방을 위하여 이에 대해 개념적이 아닌 현실적인 연구가 계속될 것으로 판단된다.

그러나 설계자, 소유자, 관리자 및 관계기관의 이 부분에 대한 인식이 어느 정도 수준에 오를 때까지는 현재와 같은 양상의 피해가 반복되고 점차 증가될 것으로 예상된다. 이에 대한 긴급대책으로 이들 대형화재가 예상되는 대형공장이나 창고건물 등에 스프링클러설비를 권장한다면 현재와 같은 피해는 대폭 감소되지 않을까 생각된다.

여기서 이들 가연성 내장재, 수납물 및 방화구획과 스프링클러설비와의 관계는 비교하기란 지면이 허락하지 않으나 앞으로 대형화재 예방을 위한 적극적인 대책으로는 이 길이 가장 타당할 것으로 판단된다. (4)