

방화위험과 화재특성

1. 서언

화재는 인류가 불을 발견하면서부터 접하게 되었던 가장 오래된 위험이며, 우리의 생활 속에 늘 존재하기 때문에 화재에 대한 안전의식은 다른 분야의 안전문화 정착에 영향을 줄 수 있어 사회전반에 대한 과급효과를 기대할 수 있다.

우리의 기억에 남는 화재참사로는 대연각호텔 화재(1971년, 163명 사망), 대왕코너 화재(1974년, 88명 사망), 인천 라이브호프 화재(1999년, 57명 사망)를 비롯하여 2003년에 192명이 사망한 대구지하철 방화사고가 있었다. 한편, 대형 재산피해 사고로는 경북 윤성방직 화재(1974년, 156억원), 대전 충남방직 화재(1996년, 122억원), 울산 SK 화재(1999년, 156억원) 등이 있었다.

다음달에는 대구 지하철 방화참사 4주기를 맞게 된다. 그 날의 참담했던 기억을 잊지 않고 고인들의 넋을 위로하기 위하여 매년 추모행사를 하고 있으며, 화재위험에 대비하기 위하여 소방엑스포를 대구에서 개최하는 등 많은 노력을 기울이고 있다. 그러나 사회적 불만을 해소하는 방편으로 또는 경제적 이득을 얻기 위한 방편으로 방화(放火)는 지속적으로 증가하는 추세에 있어 이에 대한 대책 마련이 시급한 실정이다.

여기서는 화재의 특성에 대해 알아보고, 최근 증가추세에 있는 방화로 인한 위험과 문제점을 살펴보고 대응방안을 모색하고자 한다.

2. 화재 특성

불에는 사람에게 이로운 불과 해로운 불이 있으며, 인간의 의도에 반하거나 고의에 의하여 발생하는 연소현상 또는 객관적으로 연소확대의 위험이 있거나 인적 물적 피해를 일으켜 소화시설 또는 유사한 설비를 사용하여 소화할 필요가 있는 것을 화재라고 한다.

불이 나기 위해서는 산소·가연물·점화원이 필요한데 이를 연소의 3요소라고 하며, 연쇄반응을 더하여 4요소라고 한다. 따라서 이들 요소 중 하나를 제거하거나 통제할 수 있다면 화재를 예방하거나 피해를 줄일 수 있게 된다.

최근 5년(2001년~2005년)간 우리나라의 화재는 평균 33,117건으로 1.3% 정도 감소하는 추세를 보이고 있으나 재산피해는 3.1%, 사망자는 2.7% 증가하고 있어 화재 건수 당 피해규모는 오히려 증가하는 추세를 보이고 있다.

2.1 연소 유형

연소의 유형은 불꽃을 내며 연소하는 불꽃연소(Flaming Combustion)와 불꽃을 내지 않고 주로 빛만을 내면서 연소하는 작열연소(Glowing Combustion)로 구분한다. 화재의 경

우 표면화재는 저 에너지 화재로서 불꽃연소이며, 심부화재는 고 에너지가 방출되는 작열 연소이다.

또한, 산소의 공급에 따라 완전연소와 불완전 연소로 구분할 수 있으며, 발화 및 화염의 확산에 따라 확산연소, 훈소, 예혼합연소, 자연발화 등으로 구분할 수 있다.

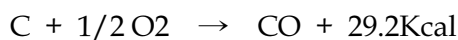
밀폐된 실내에서 내장재와 가구가 탈 경우에는 실내의 산소농도가 한계 산소량(LOC) 이하로 되면 연소하다말고 꺼진다. 그러나 개구부가 있으면 그곳을 통해서 공기가 공급되기 때문에 계속 연소하게 된다. 이와 같은 경우 가연물의 연소속도를 좌우하는 요소는 환기이지만, 개구부가 더욱더 커지거나 외부 화재인 경우에는 환기 여하에 관계없이 공기공급이 충분하게 되므로 이때에는 가연물의 연소속도는 연료특성에 의해 지배받게 된다.

일반적으로 전자를 환기지배화재(Ventilation Control Fire), 후자를 연료지배화재 (Fuel Control Fire)라고 한다.

■ 완전연소는 산소의 공급이 충분하여 연소의 온도가 높으며, 가연성 원소가 완전히 산화되어 CO₂ 등의 연소생성물이 발생하는 연소이다.



■ 불완전연소는 산소의 공급이 불충분하여 연소의 온도가 비교적 낮으며, 가연성 원소가 완전히 산화되지 못하여 CO 등의 연소생성물이 발생하는 연소이다.



2.2 화재 위험

연소에 의하여 생성되는 것으로는 연기·연소가스·화염·열 등이 있으며, 이들 모두 인명 및 재산피해에 영향을 주고 있다.

유기성 가연물은 화재 시 열분해한 다음, 기체상태에서 공기 중의 산소와 반응하여 연소하며 여러 가지 생성물을 발생시킨다.

연소가스의 종류는 연소물질의 조성, 연소에 공급되는 공기량, 온도 등과 같은 여러 가지 요인에 의하여 달라진다. 불완전연소의 경우는 완전연소에 의한 생성물 외에 다수의 산화물이나 분해생성물이 생긴다.

고분자의 연소과정으로부터 생성되는 유독성 가스는 다양하여 셀룰로오스의 경우 175가지, PVC는 70가지 이상의 생성물을 발생시키며, 목재는 200종류 이상의 생성물을 발생시키는 것으로 보고되고 있다.

주요 연소가스에 포함되는 물질에는 다음과 같은 것들이 있다.

- **일반적인 유기물** : 일산화탄소, 알데히드, 케톤(아크롤레인, 포름알데히드, 아세트알데히드, 아세톤 등), 유기산(의산, 초산, 프로피온산 등), 탄화수소(메탄, 아세틸렌, 벤젠 등), 폴리방향족탄화수소(나프탈렌, 벤조피렌 등)나 타르, 그을음 등
- **질소화합물** : 암모니아, 시안화수소(청산가스), 니트릴류 등

- 황화합물 : 황화수소, 이황화탄소, 황화카르보닐
- 인화합물 : 오산화인
- 할로젠화합물 : 염화수소

화재로 인한 인명 피해 원인을 보면 뜨거운 가스나 독성가스를 호흡하여 치명상을 입는 경우가 많다고 알려져 있는데, 실제로 대규모의 인명피해를 낸 화재를 보면 독성가스 혹은 산소가 부족한 상태에서 연기를 호흡하여 의식을 잃고 결국에 사망하는 것으로 나타나고 있다.

연소가스의 위험성에 대한 실험결과에 따르면, 이산화탄소, 일산화탄소, 아황산가스, 암모니아, 시안화수소, 염화수소, 이산화질소, 아크롤레인 및 포스젠 등과 같은 가스가 주요한 치사원인이 되는 것으로 알려져 있다.

보통 대기 중에서 물질이 타면 화염이라 불리는 불꽃이 나오는데, 불꽃과 직접 접하거나 불꽃으로부터 복사열을 받아 화재가 발생하기도 한다. 그러나 화염이 없어도 열, 연기, 가스를 내면서 불이 타기도 한다. 확대된 화염에서는 공기흐름에 의해 화염이 멀리까지 운반되기도 한다.

화재 시에 안전하게 대피하도록 하기 위해서는 피난로의 온도가 49℃~66℃를 넘지 않도록 건축 설계 시에 고려해야 한다. 여기서 온도 측정위치는 일반적으로 높은 천정 부분이 아니고 대략 사람 어깨 높이를 말한다.

사람이 눈에 보이는 화상 없이도 장시간 고온에 노출되면 사망케 되는 경우가 있다. 이러한 현상은 주위로 열이 방출되거나 습기를 증발시켜 없어지는 열보다 사람의 몸이 더 많은 열을 흡수하여 체온이 올라가서 뇌신경에 손상을 주기 때문이다.

고열이 사람의 허파에 들어가면 혈압이 떨어져서 혈액순환이 불량하여 사망하는 경우도 있다. 이러한 경우는 다량의 산이나 아크롤레인의 경우에도 일어난다.

복사열의 강도에 따른 고통한계 시간과 2도 화상을 입는데 걸리는 시간을 [표 1]에 나타내었다.

[표 1] 복사열과 노출시간에 따른 영향

| 복사 강도 | | 고통한계 시간 (sec) | 2도 화상을 입는데 걸리는 시간 (sec) |
|---------------------------|----------------------|---------------|-------------------------|
| (Btu/hr/ft ²) | (kW/m ²) | | |
| 300 | 1 | 115 | 663 |
| 600 | 2 | 45 | 187 |
| 1000 | 3 | 27 | 92 |
| 1300 | 4 | 18 | 57 |
| 1600 | 5 | 13 | 40 |
| 1900 | 6 | 11 | 30 |
| 2500 | 8 | 7 | 20 |
| 3200 | 10 | 5 | 14 |
| 3800 | 12 | 4 | 11 |

실내화재에서 특히 중요한 점은 플래시오버(Flash Over)현상이다. 이것은 실내의 가연물이 연소에 의해서 실내의 온도를 높이고 동시에 다량의 가연성가스를 수반하는 연기를 방출하며, 어느 시점에서 실내공간의 상부에서는 고온가스가 모아지고 또 천장이나 벽면의 온도로 상승하므로 이들로부터 열방사가 바닥위의 미가연물을 연소시킴으로써 화재의 진행을 순간적으로 실내 전체에 확산시키는 현상이 일어나게 된다.

플래시오버 시점에서 실내 온도는 가연물에 따라서 다르지만 대개 800~900℃가 되며, 목조건물의 실내에서는 발화 후 7분 정도에서 발생하는 것으로 알려져 있다.

3. 방화(放火)

방화는 2가지 상반되는 뜻으로 사용되는데, 화재를 미리 막는다는 의미의 방화(防火)와 일부러 불을 지른다는 의미의 방화(放火)가 있다. 여기서 말하는 방화는 후자의 의미이며 구체적으로 방화란 고의로 화재를 일으켜 가옥이나 기타의 물건을 연소시키는 행위로서 살인, 강도, 강간과 함께 강력 범죄로 취급하고 있다.

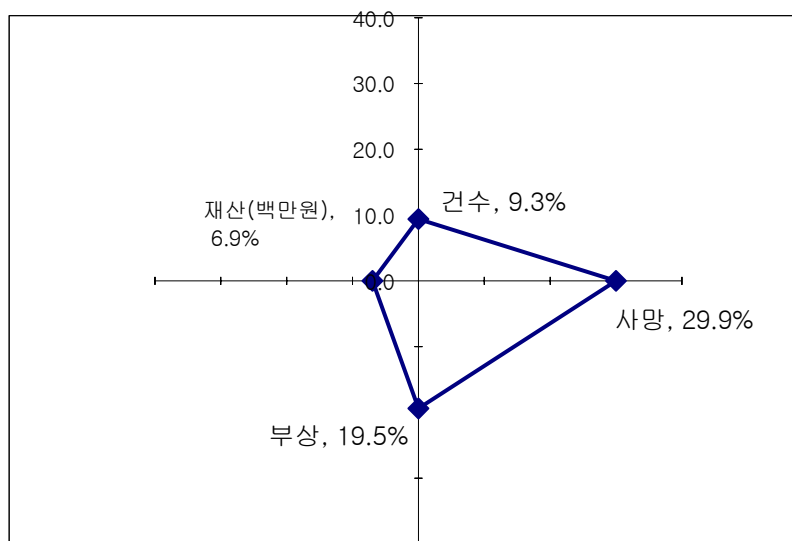
국내 형법 제13장 제164조(현주건조물등에의 방화)부터 제176조(타인의 관리대상이 된 자기의 물건)까지 방화와 실화의 죄에 대하여 명시하고 있는데, 주거용 건물이나 사람이 현존하는 건물, 차량 등에 방화하는 경우 3년 이상의 징역에 처하고, 사람을 부상당하게 한 경우 5년 이상, 사망에 이르게 하는 경우 7년 이상 또는 무기, 사형에 처하도록 하고 있으며, 자기 소유의 건물에 불을 지르거나 미수에 그친 경우에도 처벌하도록 되어 있다.

[표 2]에서와 같이 2005년도 화재통계자료를 보면 방화(放火)로 인한 화재 건수가 전기로 인한 화재 다음으로 많은 3,326건으로 나타나고 있으며, 인명피해는 사망자 135명, 부상자 317명으로 가장 많은 피해를 보이고 있어 적절한 대책마련이 필요하다.

[표 2] 2005년도 국내 화재현황

| 구 분 | 발생건수 | 발생비율 (%) | 인명피해 | | 재산피해 (백만원) |
|--------|--------|----------|------|-------|------------|
| | | | 사망 | 부상 | |
| 총 계 | 32,340 | 100.0 | 505 | 1,837 | 171,374 |
| 전기 | 9,991 | 30.9 | 44 | 324 | 44,577 |
| 담뱃불 | 3,291 | 10.2 | 30 | 92 | 4,312 |
| 방화 | 3,326 | 10.3 | 135 | 317 | 11,009 |
| 불티 | 2,460 | 7.6 | 7 | 107 | 7,389 |
| 가스 | 587 | 1.8 | 12 | 117 | 1,524 |
| 불장난 | 1,120 | 3.5 | 4 | 18 | 1,412 |
| 아궁이 | 752 | 2.3 | 7 | 44 | 1,613 |
| 난로 | 372 | 1.2 | 3 | 28 | 1,840 |
| 유류 | 335 | 1.0 | 9 | 118 | 1,239 |
| 성냥, 양초 | 280 | 0.9 | 2 | 33 | 748 |
| 기타 | 9,826 | 30.4 | 252 | 639 | 95,712 |

최근 5년간 국내 화재 중 방화의 비율을 [그림 1]에 나타냈는데, 발생 건수에 비하여 인명피해가 많은 특징을 보이고 있다.



[그림 1] 최근 5년간 국내 전체 화재 중 방화비율

3.1 방화 유형

방화는 피해형태, 목적, 동기에 따라 분류할 수 있으며, 이러한 사항은 방화를 입증하는데 결정적인 역할을 하게 된다.

방화는 개인적 관계로 인하여 특정한 목적을 갖고 행하는 단일 방화와 사회적 불만을 갖고 불특정 다수인 또는 건물에 대하여 불을 지르는 연속방화가 있다.

또한, 이익, 원한 및 정치적 목적 등을 위해서 의도적으로 방화를 행하는 경우와 정신이상, 사회전반에 대한 불만 해소를 위하여 방화를 하는 우발적인 방화로 구분할 수 있다.

동기로 보면 보험을 통한 경제적 이득을 얻기 위한 경우, 범죄를 은폐하기 위한 경우, 자살기도, 타인의 인명을 상해하기 위한 경우, 자기만족을 얻기 위한 경우 등 다양하게 나타나고 있다. 방화 흔적은 방화의 동기, 목적에 따라서 다르게 나타나게 되는데 일반적 특징으로는 인화성 물질을 이용하며, 사람의 출입이 적은 시간대에 행하는 것으로 보고되고 있다.

많은 비율은 아니나, 사람들의 이목을 끌고 있는 자살방화의 특징으로는 주변에 일회용 라이터나 성냥이 존재하며, 음주흔적이 보인다. 또한, 유서를 남기는 경우가 있으며, 사고 전에 주변인과 통화를 하는 경우가 많다.

보험금을 노리는 방화는 과다하게 보험에 가입하거나, 발화 도중 불이 꺼지는 경우를 대비해서 여러 곳에 불을 내거나, 알리바이를 증명하려고 발화시간을 조종하려는 흔적이 있게 된다.

3.2 방화 위험

방화(放火)는 가연물이나 점화원을 이용하여 의도적으로 피해를 확산시키기 위한 행위로서 예방하기가 어려우며, 유류와 같은 촉진제를 사용하기 때문에 일반화재보다 빠르게 확산되는 경향을 보이고 있어 손실규모가 크게 된다.

국내 방화로 인한 화재건수는 전체화재의 10% 정도를 차지하고 있으나, 인명피해는 2~3배 높은 것으로 나타나고 있다.

일본은 방화와 방화로 의심되는 화재가 전체 화재의 20%를 차지하고 있으며, 미국의 경우에도 15%를 상회하고 있는데 국내 화재의 경향에서 알 수 있듯이 한번 올라간 원인을 다시 낮추기란 상당히 어렵다. 따라서 지금의 수준을 정점으로 더 이상 올라가지 않도록 관리하는 것이 필요하다.

방화는 일반화재와는 달리 발화대상에 대한 예방이 곤란하며, 고의적인 화재이기 때문에 소방시설이나 방화구획 등의 효과가 반감되어 예상외의 대형피해가 발생할 수 있다. 또한, 보험금을 노리거나 특정 목적을 위한 지능적인 범죄는 원인 규명과 범죄를 증명하기 위해서 많은 시간과 인력이 필요하게 된다.

4. 결론

방화(放火)나 테러와 같은 인적요인에 의한 화재·폭발사고를 포함하여 지진과 같은 자연재난 이후 발생하게 되는 화재사고는 지금까지 설정한 안전수준을 훨씬 뛰어 넘을 것으로 판단되며, 사회가 점점 다양해지고 여러 분야가 복합적으로 연결되어 한 번의 사고로 인하여 예상치 못한 파급효과가 발생할 것으로 예상하고 있으나 여러 가지 이유로 그 대책 마련이 제대로 이루어지지 않고 있는 실정이다.

안전에 대한 투자는 관리분야와 설비분야에 대한 것으로 구별할 수 있는데 최악의 상태를 상정하여 다양성과 다중성을 갖도록 하여야 한다. 그러나 방화의 특성상 최악의 상태를 예측하기 어렵고 비용효과를 고려하여야 하는 현실적인 문제점이 있으므로 위험요소를 정확히 파악하고 분석함으로써 안전성을 향상시키는 것이 중요하다. 따라서 화재 위험성평가 방법과 같은 기술적인 분야에서의 연구 개발과 안전수칙의 이행, 안전문화 정착을 위한 시민들의 의식전환, 사회에 대한 불만을 줄일 수 있는 주변 환경의 변화 등이 복합적으로 필요하다.

가장 기본적인 대책은 안전교육을 통한 안전문화의 조성과 방화범죄에 대한 시민들의 공감대 형성이라고 할 수 있겠다.

작성 : 위험조사부 차장 김인태