

가스사고와 예방대책



제진주
(송파소방서 서장)

1. 머리말

64년 국내의 일반가정에 보급되기 시작한 LPG와 80년대 초부터 도입된 도시가스는 국민생활수준의 향상으로 간편하게 사용할 수 있으면서도 청정연료로써 선호도가 높아짐에 따라 가스소비량은 매년 15~20%의 증가추세를 보여 지금은 전체 가구의 95.8%가 취사용 및 난방용으로 이용되고 있다. 그러나 가스성상의 잘못된 이해와 사용부주의로 최근 2~3년간 대형 가스사고가 발발하여 국민생활에 커다란 재해 불안요소로 나타나게 되었다.

모든 안전사고의 예방과 사고수습 대책은 과거의 사고사례로부터 얻어질 수 있으므로 철저한 사고원인 조사로 예방대책을 세울 수 있겠지만 후술하는 가스사고 중별에서 보듯 대부분의 가스사고는 화재와 연관지어 생각할 수 밖에 없고 화재 및 이를 동반한 폭발사고를 미연에 방지하기 위해서는 연소형태를 충분히 이해할 수 있어야 하므로 연소이론도 소개해 보겠다.

2. 연소이론

가. 연소의 정의

일반적으로 빛과 열의 발생을 수반하는 산화반응을 연소라 말한다.

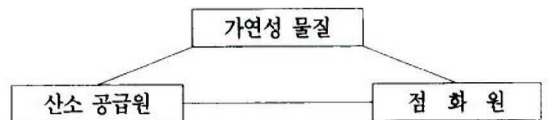
물질이 단순히 산화하는 것만을 연소라 하지 않

는다. 예를 들어 철의 산화반응에 있어서, 적열(赤熱)된 철선을 산소의 기류속에 넣으면 온도가 상승하고, 빛을 발생시킴으로 연소라 말할 수 있으나, 공기중에 방치된 철이 녹스는 것은 산화된 것이긴 하지만 반응속도가 완만하고, 발열에 의한 온도상승이 전혀 없어 육안으로 느낄만한 빛을 발하지 않으므로 연소라고 할 수 없다.

나. 연소의 조건

(1) 연소의 3요소

물질이 연소하기 위하여는 다음에 보는 바와같이 세가지의 요소가 필요하며 이 가운데 하나가 없어도 연소는 일어나지 않는다. 이것을 연소의 조건이라 한다.



이들 세가지 요인이 상호관련하여 일정한 조건을 만족시킬 때 연소가 시작된다.

가) 가연성 물질의 조건

가연성 물질이란, 물질이 산화되기 쉬운 분자구조를 가지고 있는 것을 말하며, 그 수는 지극히 많고, 유기화합물의 대부분이 그렇다.

예를 들면 목재, 석탄, 가솔린, 등유, 프로판 가스 등이다.

1) 가연성 물질의 조건

① 산소와 화합하여 산화물이 될 수 있어야 하며, 큰 발열을 하는 발열반응을 하는 것.

② 산화물이지만 산소와 결합할 여지가 있는 것.

③ 다음 것은 가연물이 될 수 없다.

- 주기율표 제 0족의 원소
- 산소와 충분히 화합한 것.
- 산소와 화합할 여지는 있지만 발열과는 반대로 흡열반응을 하는 것.

2) 연소의 난이(難易)

주된 원소 및 화합물의 연소열, 열전도는 각 물질로부터 다음 사항이 고려된다.

가연성 물질에는 많은 금속원소가 있다. 예를 들면 마그네슘(Mg)의 분말 또는 리본이 착화제로, 알루미늄 분말(Al)의 텔미트(알루미늄과 산화철의 화합물로서 철의 용접제 또는 소이탄에 쓰임)로 란탄(La)이나 셀렌(Se)이 발화합금으로써 사용되고 있다.

물질의 열전도도는 기체가 제일 작고, 액체 및 비금속고체가 그 다음이며, 금속이 제일 크기 때문에 기체는 타기 쉽고, 금속은 최고로 연소하기 어렵다. 또 가연성 고체에도 큰 괴상(塊相)보다 작은 분말쪽이 쉽게 타는 것은 공기의 공급이 쉽게 되는 것이 전체적으로 열전도도가 작아져서 국부(局部)에서 일어난 산화현상이 연소까지 진행할 가능성이 증대하기 때문이다.

이상과 같이 일반적으로 가연성 물질이 되기 쉬운 것은 다음과 같다.

- 산화되기 쉬운 물질
- 산소와의 화합시 생기는 연소열이 큰 것.
- 공기(산소)와의 접촉이 크고, 열전도율이 작은 것.
- 산소와의 화학반응을 일으킬 때 필요한 에너지(活性化에너지)가 작을 것.

나) 산소공급원

연소가 일어나기 위해서는 가연성 물질에 산소

가 공급되어야 한다. 그 산소공급원으로서 유리(遊離)산소, 화합물 형태의 산소가 있다.

1) 유리산소

일반산소 공급원으로써 생각되어질 수 있는 것은 공기중의 산소 및 산소가스이다.

2) 불연성이지만 산소를 다량 함유하고 있는 화합물

화합물 등의 산소가 산소 공급체로서의 역할을 하기 위해서는 소방법 별표 제1류의 산화제(염소산염류, 질산염류 등)가 있다. 즉 산화제(불연성 물질)와 가연성 물질을 혼합발화시키면 가연성 물질은 산화제로부터 방출된 산소와 반응하여 연소한다.

3) 가연성 물질 자체에 산소를 함유한 화합물

가연성 그 자체에 산소를 함유하고 있는 것을 자기연소성물질이라 하며 소방법 별표 제5류의 위험물이 있다.

다) 점화원

점화원은 간단히 열이든가 열원, 발화원, 착화원, 점화에너지 등으로 불리며, 가연성 물질에 활성화 에너지를 공급하는 것이다. 목재를 연소시킬 때 성냥으로 점화하면 성냥의 열에너지가 목재 중의 분자와 산소를 활성화시키는 에너지가 되어 목재가 분해하여 연소를 시작하게 되므로 이 성냥이 점화원이 되는 것이다.

다. 인화와 발화

(1) 인화점(引火点)

가) 가연성 증기를 발생하는 액체 또는 고체가 공기중에서 그 표면부근에 작은 불꽃과 접촉할 때, 그 덩김불에 의해 표면 가까이서 인화할 수 있는 충분한 농도의 증기를 발생시키는 최저 온도를 인화점(인화온도)이라 한다. 즉, 인화점이란 가연성 액체 또는 고체의 공기중에서 생기는 가연성 증기가 폭발범위의 하한농도에 도달할 때의 최저온도를 말한다.

(2) 연소점

인화점은 증기 조성이 폭발범위의 하한계 농도에 달한 온도를 가리키므로 액체의 표면에 당긴 불을 가까이 하면 그 표면은 인화하지만 연소를 계속하는 것은 아니다. 이것은 액체가 연소로 소비되는 이상의 가연성 증기를 증발에 의해 계속 공급하지 않기 때문이다.

인화점에 달하여 인화된 때에 연소를 계속함에 충분한 증기량을 발생하는 온도의 최저치를 연소점이라 말하고 일반적으로 인화점보다 17~28°C 온도가 높으며, 인화온도가 낮은 액체는 그 차이가 적고 인화온도가 높은 액체는 그 차이가 크다.

(3) 폭발(연소) 한계

가) 가연성 가스, 인화성 액체 및 휘발성 고체의 증기를 용기내에서 공기 또는 산소와 혼합할 때 착화에 의해 연소하는 혼합비율은 한계가 있다. 그 혼합비율에 의해 화염이 전파 가능한 농도범위를 용적(%) 또는 mg/l 단위로 표시하고 폭발범위(또는 연소범위)라 한다. 이 농도범위가 낮은 쪽을 폭발하한계(연소하한계), 높은 쪽을 폭발상한계라 한다.

나) 폭발한계에서 가연성 가스, 증기의 농도는 물질의 고유치는 아니고 측정에 쓰이는 착화원이나 용기의 현상, 온도, 압력 등의 조건에 의존하므로 동일 조건하에서 측정 비교할 필요가 있다.

(4) 발화점

가연성 물질 또는 혼합물이 밖으로부터 전기불꽃, 화염 등의 점화원을 받지 않고 물질을 공기중 또는 산소중에서 가열한 때 연소(발화 또는 폭발)를 개시하는데 필요한 최저온도를 발화점(발화온도, 착화점, 착화온도라 함)이라 한다.

3. 내화조 건물에서의 특이 현상

가. Flash over 현상

플래쉬 오버란, 화재에 의해 발생한 열이 건물내에 축적되어 천정, 벽체, 수용물(收容物) 등의 가연물이 가열되어 연소되기 쉬운 상태가 되므로

써 실내 전체가 일시에 타기 시작하여 급속히 연소 확대하는 현상이다.

플래쉬 오버가 일어나면 급격한 열팽창을 수반하기 때문에 실내의 압력이 높아지고, 고온의 기체(연기를 포함)가 복도나 건물내에 한번에 불어닥쳐 건물 내부는 대단히 위험한 상태가 된다. 플래쉬 오버가 생기는 순간은 통상 천정에 착화할 때 또는 천정이 불연재인 경우에는 화재실 근처의 온도나 화재로부터의 열방사 강도가 급격히 상승한 때이다.

플래쉬 오버까지의 시간은 방의 형상이나 내부재료, 방의 개방상황 등과 관계가 있으나 대부분 출화후 3~10분 정도이다.

나. 역화(逆火, Back draft) 현상

개구부가 작은 방화구조물, 내화조 건물에는 공기부족에 의해 불완전 연소가 되므로 일산화탄소 등의 가연성 가스가 생겨서 체류하게 된다. 실내의 연소에 의해 온도상승이 된 상태에서 급히 개구부를 열면 신선한 공기가 공급되어 폭발적인 연소현상이 일어난다. 이 현상을 백드래프트라 한다.

4. 연기의 성상

연소나 열분해에 의해 생긴 생성물 가운데, 공기중에 부유하는 육안으로 보이는 고체나 액체 입자의 집단, 입자의 크기는 연소조건에 따라 틀리지만 일반적으로 무염연소(無炎燃燒) 때의 경우에는 약 1μ, 유염(有炎)연소 때는 1~5μ 정도가 대부분이다.

후자의 경우에는 그을음이라 불리는 큰 입자가 생기는 수도 있다. 연기는 기체상의 연소, 열분해 생성물로서 연소·열분해에 의해 생긴 가스와 같이 섞여 있다. 여기서 이 기체상의 생성분을 포함하여 연기라 부른다.

연기의 조성은 연료, 연소조건 등에 따라 틀리고 또 완전히는 밝혀지지 않고 있다. 고체 입자는 탄소 함유량이 많은 거대한 고분자의 집합체이며,

액체 입자는 수증기, 유기산, 알데히드, 알콜, 탄화수소 타르 등이 응축된 것이다.

기체 성분은 탄산가스, 일산화탄소 그외 상기 액체 성분에 응축되어 포함되지 않는 것이 많으나 연료에 따라서는 염화수소, 암모니아, 아황산가스 등이 포함되어 있다.

목재의 연기는 유염연소시에는 고체성분을 다소 포함하고 있으나 무염, 유염 양연소를 통하여 기체 및 액체성분이 점하고 있는 비율이 대단히 크다. 한편 플라스틱 등 합성고분자 물질의 연기는 무염연소시와 비교하여 유염연소 쪽이 고체 성분이 많으며 목재의 이것과 비교하여도 대단히 많다.

연기의 발생량은 발연계수(감광계수×연기의 체적/연료의 중량)에 따라 나지만, 목재에서는 저온의 무염연소에는 1~2, 고온의 유염연소에는 0.5 이하가 된다.

합성고분자에서는 유염연소가 되면 발연계수가 적어지기도 하고 거꾸로 증가하기도 하지만 발연계수의 무염, 유염연소간의 차이는 목재와 비교해 볼 때 적어지는 것이 특징으로써 수는 2~8 정도이다. 유염연소 때에는 목재의 40배 이상의 발연량이 될 때도 있다.

연기에 존재하는 무서운 유기물질은 유기산, 알데히드, 시안화수소, 염화수소, 암모니아, 발연성 탄화수소 등이 있다.

합성고분자 물질의 연기는 목재연기와 똑같이 일산화탄소 등이 함유되어 있고, 구성원소에 따라 항염소물의 탄화수소, 항질소물의 시안화수소, 암모니아 등의 유독물질이 많이 함유되어 있다.

5. 가스사고의 유형

가스상 물질에 의한 사고는 일반적으로 누설 또는 가연성 가스가 폭발적 연소를 일으켜 인명 또는 재산상 피해를 주는 것이며 나타나는 피해 형식에 따라 중독사고, 폭발(화재)사고 등으로 구분된다.

가. 배기가스(CO) 중독사고

보통 연소기구의 가스는 완전연소가 되어 배기를 사람이 마시더라도 위험이 없는 줄 알고 있으나 배기에는 산소량이 절대적으로 부족하고, 미량의 CO가 존재하므로 완전연소된 배기가 실내로 들어온다면 산소부족에 의하여 중독사고가 발생하게 된다.

이는 정상적인 연소기라고 하더라도 일산화탄소 농도는 0.2%(CO/CO₂)가 포함될 수 있으며 연소에 필요한 공기를 실내에서 취하는 경우 공급되는 급기중의 산소 농도가 떨어져 결국은 불완전 연소를 일으키게 되며 배기가 실내로 들어오고 환기가 되지 않는다면 결국 사망의 결과는 CO중독으로 나타나게 된다.

중독사고의 원인은

① 배기계통설비 불량 ② 환기불량 ③ 연소기 불량 ④ 틈새유입 등이 있으며 각각의 경우는 상호 관련이 있는 것이 대부분이다.

나. 가스유출에 의한 폭발사고

가스유출 원인은 인위적인 경우와 자연적인 경우로 구분된다.

인위적인 경우란 자살 또는 방화목적으로 유로(流路)를 개방하여 유출시키는 것과 공사중 과실에 의한 파손사고이며, 자연적인 경우는 원래 이상이 없던 유로(流路)가 어떤 요인에 의해 손상되어 유출되는 것이다.

다. 폭발사고

폭발은 에너지의 급격한 발생 또는 표출을 말하며, 일시적으로 발생하는 고밀도의 막대한 에너지에 의하여 파편효과, 폭음효과, 충격파에 의한 파괴효과가 나타나는 현상을 말한다. 이러한 폭발현상은 물리적 폭발과 화학적 폭발로 구분된다.

(1) 물리적 폭발이란 화학적 변화없이 계속되어 있던 내부에너지가 급격히 발산되는 현상을 말하며, 상변화를 일으키는 보일러 폭발, 압력용기의 파열, 전선폭발 등이 이에 속한다.

가) 증기폭발

보일러는 대기압 상온에서 액상인 물에 에너지를 공급(가열)하여 대기온도 보다 높은 고온고압으로 되어 있는 상태에서 급격한 압력해방(파열)으로 일시에 상변화를 수반하여 폭발현상을 일으킨다. 이러한 현상은 대기 온도보다 높은 온도이며, 자체 및 주변에서 충분한 기화열을 공급받을 수 있는 물이나 액화산소에서 일어나며, 이와는 달리 대기압 상온에서 기상(氣狀)인 프로판, 부탄, 질소 등은 자신이 급냉되어 돌비현상이 일어나지 않는다.

나) 압력용기의 파열

고무풍선, 타이어 및 기타 각종 용기가 내압을 견디지 못하여 파열되는 현상을 말한다. 이는 가장 취약한 부분이 파손되며, 내부의 기체가 분출하는 힘에 의하여 용기 몸체가 로켓트와 같이 비산하게 된다.

다) 전선폭발

전선에 전압이 인가된 상태에서 합선이 일어나는 경우, 순간적으로 발생하는 고온에 의하여 전선이 폭발적으로 증기상태가 되는 현상으로, 이는 동선 자체가 화학적으로 변하는 현상이 아니라 공급되는 전기에너지를 흡수하여 전선 자체가 기화하는 현상이므로 외형상 발열이 나타나나 물리적 폭발현상이라 한다.

(2) 화학적 폭발이란

물질 자체가 화학적으로 반응하여 순간적으로 고에너지를 발생하는 것을 말하며, 화약의 폭발, 가연가스의 폭발, 분진폭발 등이 있으며, 이는 반드시 화염을 수반하게 된다.

가) 폭약 및 화약의 폭발

무연화약이나 흑색화약 같이 화학적으로 비교적 안정된 물질과 산소 공급원인 물질을 혼합하여 착화시 폭발적으로 연소하는 것을 화약이라 하며, 비교적 원만한 폭발 반응을 일으키는 다이나마이트, TNT 같은 것을 폭약이라 한다.

나) 분진폭발

공기중에서 산화성 물질의 산화속도는 산소와의 접촉면적과 온도에 따라 급격히 증가하게 되는데 철분 및 알루미늄 분말과 같이 산소와의 접촉면적을 크게 하여 착화시키면 부식이 일어나고 이때 발생하는 열에 의하여 고온 상태가 되면 인접한 입자가 고온상태가 되어 연속적으로 산화되어 폭발적으로 산화반응이 일어나게 되는데 이러한 현상을 분진폭발이라 하며 화약류와 비교하여 잔류물이 다량 남게 된다. 즉, 어느정도의 밀도와 양이 있어야 폭발적인 산화반응이 일어난다.

다) 가연가스의 폭발

가연성 가스가 공기중의 산소와 적정상태의 혼합상태에서 점화되면 일시적으로 전체가 연소하는 것으로 이때는 순간적으로 발생하는 열에너지에 의하여 폭발효과를 일으키게 된다. 가연가스란 메탄, 프로판, 부탄 등 연료로 사용되는 가스와 목탄가스 등과 같은 연소시의 발생가스, 휘발유나 신나와 같은 유증(油蒸)도 포함된다.

6. 맺는 말

이상과 같이 우리 주위에서 발생하는 가스사고는 연료로 흔히 접하고 있는 도시가스나 LPG가 그 원인이 되는 경우가 많기는 하다. 그러나 이들 연료는 청정연료이며 취급하기에 따라서는 가장 안전하고 편한 것임에는 틀림없다.

그리고 연소이론에서 접하였듯이 모든 가연성 물질이 가열되면 목재는 분해되어 일산화탄소를 포함한 가연성 가스가 발생되며, 액체는 증발하여 즉시 가연성 가스가 발생된다. 그리고 여기서 발생한 가연성 가스는 우리가 흔히 접하고 있는 연료용 도시가스나 LPG와 똑같은 유형의 가스사고가 발생하게 될 뿐만 아니라, 특히 목재 등에서 발생한 일산화탄소는 일산화탄소 중독증을 일으키며 각종 가연가스는 역화(Back draft) 현상이나 플래쉬 오버(Flash over) 현상도 같이 일으켜 순식간에 건물 등이 파괴되고, 급격한 연소도 생기게 된다.

특히, 목조보다는 내화조 건물이 더 많은 현대 건축물은 충분히 연소되지 않기 때문에 가구, 벽지 등이 열분해하여 목조건물보다 일산화탄소 등 가연성 가스가 특히 많이 분출되며 이는 화재시 불로 인한 피해보다 질식사 등의 위험이 더 높게 되는 경향이 있는 것으로 판단된다. 따라서 가스의 성질을 잘 이해하여야 할 것이다.

근본적으로 가스가 누출되면 자동차단되는 가스 자동차단기 등을 설치하여 누출되지 않도록 하여야 하며, 누출시 자연배기 되도록 통풍을 잘함은 물론 평상시 누출가스가 체류되지 않는 구조로 하여야 할 것이다. 또한, 점화원이 될 수 있는 담배불, 선풍기, 냉장고 등의 전기스위치의 스파크 불꽃 등이 누설가스에 착화에너지를 주지 않도록 해야 할 것이다.

참고적으로 우리 주위에서 가장 많이 접하는 가스를 연료로 사용하고 있는 LPG나 LNG의 성질에 대하여 정리하여 보면

첫째, 가스사고 발생현황은

- 가스종별 : LPG 59%, 도시가스 36%
- 사용장소별 : 단독주택 32%, 아파트 22%, 요식업소 10%
- 원인별 : 취급부주의 48%, 시설미비 31%이며
- 둘째, 가스사고 주요원인은
- 콕크와 밸브 조작 미숙
- LPG 용기의 실내 보관
- 연소기 점화 미확인으로 가스누출
- 호스와 밸브 접속불량으로 인한 가스누출이다.

셋째, 가스비중은

- LPG는 공기보다 1.5~2배 무거워 누설시 아래쪽에 체류하며
- 도시가스나 LNG는 비중이 0.65로서 공기보다 가벼워 누설시 윗쪽에 체류한다.
- 다만 LPG는 누설후 시간이 경과하면 실내 온도와 같아져 상하로 고루 분포, 체류될 수 있다는 점을 알아야 할 것이다. (㉹)

무료로 안전점검을 해 드립니다.

■ '97년 6월 13일 개정 공포된 「화재로 인한 재해보상과 보험가입에 관한 법률 시행령」에 의하여 전국의 아래 특수건물은 연 1회 우리 협회 방재전문기술자가 안전점검을 무료로 해 드립니다.

■ 또한, 특수건물은 화재시 건물 손해보상은 물론 타인의 인명피해에 대한 배상을 위하여 신체손해배상특약부 화재보험을 반드시 가입하여야 합니다. 다만 지금 내고 계시는 화재보험료의 일부가 할인 될 수 있기 때문에 추가 부담없이 이를 드실 수 있습니다.

■ 이 경우 사망에 대하여 최고 3천만원, 부상에 대하여 최고 1천만원, 그리고 후유장애에 대하여 최고 3천만원까지 건물주를 대신하여 배상하게 됩니다.

개정된 시행령에 의한 특수건물은

- 11층 이상의 건물(다만, 아파트의 경우 16층 이상)
- 병원, 호텔, 공연장, 시장, 학교 및 공장 등으로서 연면적의 합계가 3,000㎡ 이상인 건물
- 학원 및 유흥주점으로 사용되는 바닥면적의 합계가 3,000㎡ 이상인 건물을 말합니다.

문의전화

- 서울중앙지부 (02)780-8111
- 서울동부지부 (02)424-2742
- 부산지부 (051)469-7053
- 대구지부 (053)562-3213
- 인천지부 (032)427-4011
- 대전지부 (042)256-2807
- 광주지부 (062)222-2279
- 전주지부 (0652)84-2655
- 울산지부 (0522)65-2916

법정 방재기관
 **한국화재보험협회**

서울특별시 영등포구 여의도동 35-4
 전 화 : (02)780-8111, 783-2121