

행복한 시민, 신뢰받는 기업,
글로벌 No.1 서울교통공사

산 업 안 전 보 건 자 료

2019. 1.



Seoul Metro

안 전 관 리 본 부
[보건환경처]

1. 화재의 정의

1-1 화재란?

- (1) 실화 또는 방화 등으로 인하여 사람들의 의도에 반하여 발생하는 연소현상
- (2) 사회공익을 해치거나 경제적인 손실 및 인명 피해를 가져오기 쉬우므로 이를 방지하기 위하여 소화할 필요성이 있는 연소현상
- (3) 소화시설 또는 이와 같은 정도의 효과가 있는 것을 사용하여 소화할 필요가 있는 연소현상. 즉, "화재"란 사람의 의도에 반하거나 고의에 의해 발생하는 연소현상으로서 소화시설 등을 사용하여 소화할 필요가 있는 현상을 말한다.

1-2 화재의 조건

- (1) 불자리가 아닌 장소에서 발생하거나 불자리를 벗어나서 존재하는 우발적인 것
- (2) 불에 의한 연소 작용이 있을 것
- (3) 인명에 피해를 주거나, 재물을 소실시켜 손해를 초래시킬 것

1-3 화재의 종류

(1) 일반가연물 화재(A급 화재)

- 연소 후 재를 남기는 종류의 화재로써 목재, 종이, 섬유, 플라스틱 등으로 만들어진 가재도구, 각종 생활용품 등이 타는 화재를 말한다.

소화방법 : 주로 물에 의한 냉각소화 또는 분말소화약제를 사용한다.

※ 물을 1분에 1리터 정도 쏟으면 일반가연물 0.7㎡ 에 붙은 불을 끌 수 있다.

(2) 유류 및 가스화재(B급 화재)

- 연소 후 아무 것도 남기지 않는 종류의 화재로써 휘발유, 경유, 알코올, LPG 등 인화성 액체, 기체 등의 화재를 말한다.

소화방법 : 공기를 차단시켜 질식소화하는 방법으로 포소화약제를 이용하거나, 할로겐화합물, 이산화탄소, 분말소화약제 등을 사용한다.

(3) 전기화재(C급 화재)

- 전기기계.기구 등에 전기가 공급되는 상태에서 발생한 화재로서 전기적 절연성을 가진 소화약제로 소화해야 하는 화재를 말한다.

소화방법 : 이산화탄소, 할로겐화물소화약제, 분말소화약제를 사용한다.

(4) 금속화재(D급 화재)

- 특별히 금속화재를 분류할 경우에는 리튬, 나트륨, 마그네슘 같은 금속화재를 D급 화재로 분류한다.

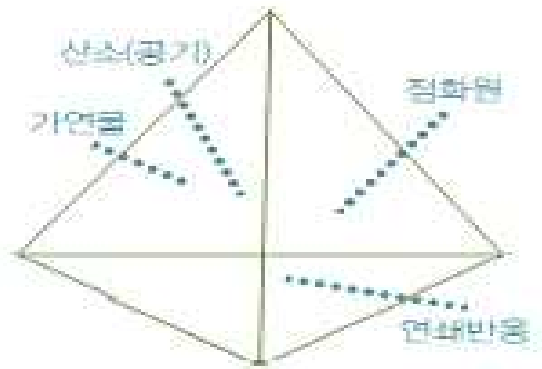
소화방법 : 팽창질석, 팽창진주암, 마른 모래 등을 사용한다.

2. 연소의 조건

- 불(연소)은 물질이 산소와 급격한 화학반응을 일으켜 열과 빛을 내는 강력한 산화반응 현상이며 연료(가연물), 산소(공기), 열(발화원) 등 세 가지 요소가 동시에 있어야만 연소가 이루어질 수 있어 이를 '연소의 3요소'라고 한다. 연소현상은 상징적으로 삼각형을 그려 표현하기도 한다. 즉 세 변(요소)중 한 변(요소)이라도 없으면 삼각형(연소)이 만들어지지 않는다. 물질에 따라서는 산소가 없어도 연소가 일어나는데 이때에는 가연물 자체에 산소가 포함되어 있기 때문이다. 연소의 3요소는 연소가 되기 위한 기본적인 조건이며, 연소가 지속되기 위해서는 계속하여 충분한 열과 가연물이 공급되어야 한다. 즉, 외부로부터 에너지를 가하지 않아도 자체적으로 반복하여 열과 가연물을 공급하는 연쇄반응이 필요하다. 불이 연속적으로 타올 수 있는 요소로서 지속적인 점화와 연소를 연결시켜주는 '연쇄반응'을 추가하면 이때에는 '연소의 4요소' 또는 '연소사면체'라고 부른다.



연소의 3요소



연소의 4요소

3. 열과 연기의 특성

3.1 대류

- 대류는 '기체나 액체가 이동하는 것과 같이 열의 흐름에 의하여 열이 전달되는 현상'이다. 불에서 나오는 열의 대부분은 공기 및 화재시 발생하는 연소가스에 의해 이동한다. 화재시 발생하는 뜨거운 열과 연기에 의해 실내의 공기는 온도가 올라갈수록 단위부피당 무게가 작아지고 가벼워져(밀도의 변화가 발생하여) 상층부로 이동하며 상층부에 있던 찬 공기(열과 연기로

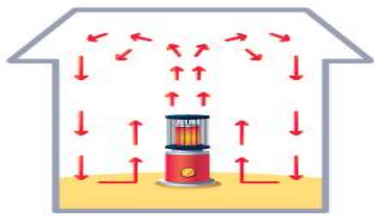
오염이 안된 공기)는 가열된 공기보다 무거워 아래로 내려오게 된다. 이러한 열의 이동, 즉 대류는 연소가 확대됨에 따라서 주위의 가연물을 가열하고 강력한 힘(열기류)도 갖게 된다. 방안에 난로를 켜 놓으면 방 전체가 서서히 훈훈해 지는 것은 '자연대류'이며, 선풍기를 켜놓아 방안의 공기흐름을 만드는 것은 '강제대류'이다.

3.2 복사

- 복사는 '열에너지가 전자파의 형태로 사방으로 전달되는 현상'이다. 이 에너지의 전파속도는 빛과 같고 물체에 닿으면 흡수, 반사 또는 투과된다. 이때 흡수된 열, 반사된 열, 투과된 열의 합량은 발산된 복사열량과 같다. 온도를 가지고 있는 모든 물체는 그 온도에 해당하는 만큼의 복사에너지를 발산한다. 난로를 마주보고 있는 사람이 뜨겁다고 느끼는 것은 복사열을 받고 있기 때문이다. 난로 안전망에 걸어놓은 빨래가 타버리는 것과 집에 불이 났을 때 이웃집에 불이 붙는 것은 복사 열에너지를 흡수하였기 때문이다. 태양 열에너지가 지구에 도달하는 하는 것이 복사에 의한 대표적인 열전달 방법이다.

3.3 전도

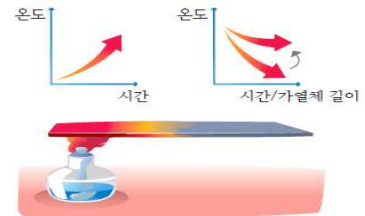
- 전도는 '물체와 물체(분자와 분자)가 직접 접촉하였을 때 열이 전달되는 현상'이다. 물질 내 두 지점 사이의 온도차이로 인하여 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 열에너지가 퍼져 나가기 때문이다. 예를 들어 금속제 젓가락을 뜨거운 국물에 넣었을 때 손잡이 부분이 뜨거워지는 현상은 전도에 의해서 열에너지가 국물에서 젓가락으로 이동하였기 때문이다.



대류



복사



전도

4. 연소생성물

- 화재 시 발생하는 연소생성물은 가연물의 연소형태, 화학적 성질 등에 따라 차이는 있지만 일반적으로 4가지로 분류된다. 연소생성물 중 인체에 미치는 영향이 가장 큰 것은 연소가스(독성가스)이며 피난 시 가장 큰 장애를 주는 것이 연기이다.

4.1 연소가스 (Fire Gases)

- 연소가스는 가연물의 화학적 성질과 연소상태에 따라 다르게 나타나는데 화재 시에 여러 종류의 연소가스가 복합적으로 생성된다. 연소가스 중 인체에 치명적인 영향을 주는 것으로 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO2), 일산화질소(NO), 황화수소(H2S), 아황산 가스(SO2), 시안화

수소(HCN), 포스겐(COCl₂), 아크로레인(CH₂CHOHO), 염화수소(HCl), 암모니아(NH₃) 등 여러 가지 독성가스가 있다.

4.2 연소가스의 독성

- 성인남자가 그 분위기 속에서 1일 8시간씩 계속 근무해도 인체에 해를 느끼지 않는 농도를 허용농도라고 한다. 허용농도의 일반적인 단위는 ppm 이다.

4.3 화염의 특성 및 인체피해

- 일반적으로 대부분의 가연물은 연소 시 화염을 발생하게 되는데, 발생하는 화염은 가연물의 화학적 성질, 산소의 공급 상태, 가연물의 양 등에 따라 달라지게 된다. 화염이 클수록 발생하는 열의 세기가 크며, 화재가속도(화재의 최고온도와 지속시간)도 커지게 되어 인체와 건축물에 미치는 영향이 커지게 된다. 화재 시 인명피해를 가장 크게 유발하는 것이 연소가스에 의한 질식사이지만 열기(화염, 열기류)에 의한 소사(燒死)도 적지 않게 나타나고 있다. 화염의 수평길이는 수직길이의 3 ~ 5배에 해당하며 이러한 특성은 실내 화재 시 불길이 천장으로 번져 바닥에 있는 미연소 가연물에 직접적인 복사열을 전달함으로써 화재를 급속하게 확산하는 요인이 되기도 한다.

4.4 열이 인체에 미치는 영향

- 사람이 장기간 고열에 노출되면 눈에 띄는 외상은 없지만 폐 속으로 들어간 열에 의하여 혈압 강하와 혈액순환 장애로 사망할 수 있고 일사병과 비슷한 체온 상승으로 인한 뇌신경중추의 손상을 입게 되어 사망하는 경우도 발생한다. 화재 시 발생하는 복사열과 고온 다습한 열환경도 화재진압의 큰 장애물로서 작용되며 방화복을 착용하고 진화작업을 하더라도 장시간이 지나면 탈수와 체온상승으로 인한 현기증, 구역질, 두통, 허탈감, 경련, 실신 등의 열중증이 되고 심한 경우 사망에 이르기도 한다.

4.5 연기에 의한 피해

- 연기란 가연물이 연소할 때 생성되는 물질로서 고체상의 미립자, 액체상의 타르와 같은 액적 입자, 증기 및 기체상의 분자가 공기 중에서 부유확산 하는 복합혼합물이라 정의된다. 연기는 연소생성물 중 인체에 대한 직접적인 피해뿐만 아니라 시야를 가려 피난 및 화재진압에 어려움을 가져다주는 간접적인 피해도 매우 크다. 연기 입자의 크기는 보통 0.01~10[μ m] 정도로 가연물이 불완전 연소 시 다량으로 발생한다.

5. 소화원리

- 소화원리는 연소의 반대개념으로 연소의 4요소를 적정하게 통제 또는 차단함으로써 이루어

진다. 실제 상황에서는 다음에 열거하는 소화원리가 하나 또는 둘 이상이 일어나서 소화 작업이 이루어진다.

(1) 냉각소화

- 연소의 3요소 중에서 열이 계속적으로 발생하지 못하도록 차단하는 방법으로 불이 붙지 않는 온도로 낮춤으로서 불의 삼각형을 파괴하는 것이다. 가장 대표적인 소화작업 으로 물을 뿌리는 방법으로 물이 증발하면서 열을 빼앗아 가는 원리를 이용한 것이다.

(2) 질식소화

- 연소의 3요소 중에서 공기중의 산소농도를 10% ~ 14%이하로 낮추기 위하여 불타고 있는 가연물을 감싸거나 불연성기체를 화재공간에 불어넣어 산소비율을 작게 만든다. 가장 대표적인 소화방법으로는 마른 모래를 뿌리거나, 물에 젖은 담요로 연소물을 덮거나 포(거품)소화설비 또는 이산화탄소소화설비를 작동시키는 방법이 있다.

(3) 제거소화

- 연소의 3요소 중에서 불타고 있는 장소에서 가연물을 다른 안전한 장소로 이동시키는 방법이다. 예를 들면 주택에서 불이 났을 때 가재도구를 집밖으로 꺼내어 더 이상 타지 않도록 하는 것과 산불이 났을 때 연소 저지선의 나무를 모두 베어 버림으로서 더 이상 확대되지 않도록 하는 것도 제거소화의 한 방법이다.

(4) 부촉매효과

- 이 방법은 연소과정에서 고체가연물의 열분해가스, 액체가연물의 증발된 가스, 기체가연물을 소화약제와 반응시켜 더 이상 화학반응이 일어나지 못하도록 연쇄반응 체인을 끊어 화재를 억제하는 방법이다. 실제 생활에서는 물품이 처음부터 불이 잘 붙지 못하도록 하는 방염처리(커튼, 카펫, 벽지 등에 불이 잘 붙지 않도록 약품 처리하는 것)하기도 하며, 이와 같은 원리를 이용하는 소화설비에는 할로겐화합물 할론 또는 분말소화설비가 있다.



냉각소화



질식소화



제거소화



부촉매소화

6. 원인별 화재 예방법

6-1 유류 등 화학물질화재 예방

- 석유난로는 불이 붙어있는 상태에서는 절대 주유 하거나 이동해서는 안된다.
- 가스난로는 충분한 거리를 두어 설치하고 주변의 인화성 물질을 제거한다.
- 난로주변에서 세탁물을 건조하지 않고 커튼 등이 난로에 닿지 않게 한다.
- 화기주변에는 항상 소화기나 모래를 비치하여 만일의 사태에 대비한다.
- 건설현장, 창고 등에 도장을 위해 스프레이 할 때는 환기를 철저히 한다.
- 공장, 사무실, 창고 등 시설물의 내장재는 불연성 소재로 한다.
- 소화기, 소화전 등 소방시설을 정기적으로 점검한다.

6-2 전기화재 예방

- 사용하지 않는 전열기구는 플러그를 뽑고, 뽑을 때는 몸 전체를 잡고 뽑는다.
- 누전에 의한 발화를 예방할 수 있도록 누전차단기를 설치한다.
- 과전류에 의한 발화를 예방할 수 있도록 과전류 차단기를 설치한다.
- 합선, 단락에 의한 발화를 예방할 수 있도록 전선의 절연저항을 측정한다.
- 플러그 및 전선 피복 손상여부, 온도조절장치 정상 작동 여부를 확인한다.
- 전열기기가 넘어지는 경우 전원 차단 장치가 있는 제품을 사용한다.
- 많은 전열기기를 한 개의 콘센트에 문어발식으로 사용하면 안된다.

7. 올바른 소화기 사용법

- 화재발견 시“불이야”를 외치고 소화기가 비치된 장소로 이동하여 소화기를 집어든다.
- 소화기를 들고 불이 난 장소로 이동하여 가급적 가까이 (4~6m 정도) 가서 안전핀을 뽑는다.
- 왼손(왼손잡이는 오른손)으로 약제 방출호스 끝부분을 잡고 불이 난 방향으로 향하게 한 다음 우측 손으로 손잡이를 힘껏 움켜쥐면 소화약제가 방출된다.
- 빗자루로 마당을 쓸 듯이 앞에서부터 방사하여 불을 끈다.

9. 중대재해사례



1. 재해발생상황

- A사 작업자가 프레스의 자동이송장치 하부키를 가스토키로 가열하던 중 화염이 방음벽에 옮겨 붙어 옆 B사로 화염이 전파되면서 B사의 피재자가 소화기로 화재 진화 도중 발생한 재해임
- A사 프레스 방음벽은 가연성의 샌드위치 판넬로 제작되어 있었으며, A사와 B사는 프레스, CNC 등의 작동유 등 인화성 물질을 취급중이었음
- * A사 인화성물질 : 스탬핑오일, 유압오일, 방청유 등
- * B사 인화성물질 : 절삭유, 방청유, NC오일 등
- A사에서 발생한 화재가 환풍기(발화원으로부터 1m거리)를 통하여 B사 CNC기계로 화염이 전파되었으며, 취급중인 인화성 물질(절삭유 등)로 화염이 급속히 확산된 것으로 추정됨

2. 재해발생원인

- 가연물(샌드위치 판넬)이 있는 프레스 이송장치 주변에서 불꽃, 불티 비산 방지조치 및 인화성 액체 등에 대한 방호조치 등의 화재예방조치를 실시하지 않은 상태에서 가스토키를 이용하여 가열작업을 실시함

3. 동종재해 예방대책

- 화재 또는 폭발의 위험이 있는 장소에서는 화기의 사용을 금지해야 하며,
- 가연물이 있는 건축물이나 설비 내부에서 화기 작업을 하는 경우에는
 - 화기작업에 따른 인근 인화성 액체에 대한 방호조치 및 소화기구 비치
 - 용접불티 비산방지덮개, 용접 방화포 등 불꽃, 불티 등 비산방지조치 등의 화재예방조치를 실시해야 함