행복한 시민, 신뢰받는 기업,
글로벌 No.1 서울교통공사

산 업 안 전 교 육 자 료

2017. 7.

Seoul Metro

안 전 관 리 본 부

[보건환경처]

Ⅰ 화재의 위험성 및 대피요령

1. 화재의 정의

1.1 정의

(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

2. 연소의 4요소

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 이루어 질 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. (예 : 면화약) 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 타오를 수 있는 요소로서 지속적인 점화와 연소를 연결시켜주는'연쇄반응'을 추가하면 이때에는 '연소의 4요소'또는'연소사면체'라고 부른다.

3. 열과 연기의 특성

3.1 대류

대류는 기체나 액체가 이동하는 것과 같이 열의 흐름에 의하여 열이 전달되는 현상이다. 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.

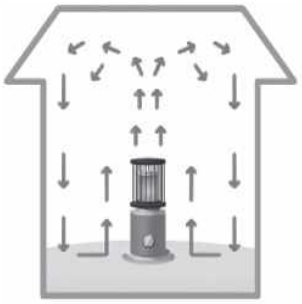
3.2 복사

복사는 열에너지가 전자파의 형태로 사방으로 전달되는 현상이다. 이 에너지의 전파속도는 빛과 같고 물체에 닿으면 흡수, 반사 또는 투과된다. 이때 흡수된 열, 반사된 열, 투과 된 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 현상이다. 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 젖 가락으로 이동하였기 때문이다.

		
<대류>	<복사>	<전도>

4. 연소생성물의 위험성

화재시 발생되는 연소생성물은 가연물의 연소형태, 화학적 성질 등에 따라 차이는 있지만 일반적으로 다음과 같은 4가지로 분류된다.

(1) 연소가스(fire gases) (2) 화염(flame) : 불꽃 (3) 열(heat) (4) 연 기(smoke)

연소생성물 중 인체에 미치는 영향이 가장 큰 것은 연소가스(독성가스)이며 피난시 가장 큰 장애를 주는 것이 연기이다.

4.1 연소가스

연소가스는 가연물의 화학적 성질과 연소상태에 따라 다르게 나타나는데 화재시에 여러 종류의 연소가스가 복합적으로 생성된다. 연소가스 중 인체에 치명적인 영향을 주는 것으로 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO 2), 일산화질소(NO), 황화수소(H 2S), 아황산가스(SO2), 시안화수소(HCN), 포스겐(COCl2), 아크로레인(CH2CHOHO), 염화수소(HCl), 암모니아(NH3) 등 여러 가지 독성가스가 있다.

<연소물질과 생성가스>

주요 연소가스	연소물질
일산화탄소, 이산화탄소	탄소(C)성분을 갖고 있는 모든 가연물
아크로레인	나무류, 유지류, 석유류 등
아황산가스, 황화수소	고무류, 석유류, 석탄, 아스팔트, 양모 등
일산화질소, 이산화질소	셀룰로이드, 폴리우레탄 등
할로겐화수소 화합물 및 포스겐	PVC, 방염수지, 불소수지 등
시안화수소	질소성분을 갖고 있는 모사, 비단, 피혁, 합성수지, 레이온 등

4.2 연소가스의 독성

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

(2) 독성가스 : 허용농도가 200ppm 이하인 가스를 독성가스로 규정하고 있다.

< 유독가스의 허용한도 >

연소가스	ppm*	연소가스	ppm*
일산화탄소(CO)	50	염화수소(HCI)	5
이산화탄소(CO2)	5000	아크로레인(CH2CHCHO)	0.1
일산화질소(NO)	25	염 소(CI2)	1
이산화질소(NO2)	1	불 소(F2)	0.1
시안화수소(HCN)	10	아황산가스(SO2)	5
황화수소(H2S)	10	포스겐(COCI2)	0.1
벤 젠(C6H6)	25	암모니아(NH3)	25

* ppm=parts per million (백만분의 일)

4.3 화염의 특성 및 인체피해

일반적으로 대부분의 가연물은 연소 시 화염을 발생하게 되는데, 발생되는 화염은 가연물의 화학적 성질, 산소의 공급 상태, 가연물의 양 등에 따라 달라지게 된다. 온도가 높을수록 발생되는 열의 세기가 크며, 화재가혹도도 커지게 되어 인체와 건축물에 미치는 영향이 커지게 된다. 화재 시 인명피해를 가장 크게 유발하는 것이 연소가스에 의한 질식사이지 만 열기(화염 , 열기류)에 의한 소사도 적지 않게 나타나고 있다. 화염의 수평 길이는 수직 길이의 3 ~ 5배에 해당하며 이러한 특성은 실내 화재시 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 발생되는 복사열과 고온 다습한 열 환경도 화재진압의 큰 장애물로서 작용되며 방수복을 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 액적입자, 무상의 증기 및 기체상의 분자가 공기 중에서 부유확산 하는 복합혼합물이라 정의된다. 연기는 연소생성물 중 인체에 대한 직접적인 피해뿐만 아니라 시계를 가리어 피난 및 화재진압에 장애를 가져다 주는 간접적인 피해도 매우 크다. 연기 입자의 크기는 보통 0.01~10[㎛] 정도로 가연물이 불완전 연소시 다량으로 발생한다.

1단계 : 열에 의해서 열분해가스 및 증기
160 ~ 360[℃]일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO2)
360 ~ 432[℃]H, C2, H2, 탄화수소가스류
2단계 : 가연성 가스들이 계속 공급되는데 열에 의해서 공기와 결합하여 연소가 일어나 연소 생성물 발생

<보행속도 저하 및 피난의 장애>

감광계수*	가시거리[m]	상황설명
0.1	20 ~ 30	연기감지기 동작 건물에 익숙하지 않은 사람들의 피난에 지장
0.3	5	건물에 익숙한 사람이 피난에 지장
0.5	3	약간 어두운 기분이 들 때의 농도
1.0	1 ~ 2	거의 전방이 보이지 않음
10	0.2 ~ 0.5	최성기의 화재층의 연기농도 암흑상태로 유도등도 보이지 않음
30	-	화재실에서 연기가 배출될 때의 연기농도

*감광계수 : 감지하기 어려우나 감각적으로 연기입자의 같은 크기 즉 단위 체적당 입자수

5. 화재발생시 행동요령

5.1 화재발생시 대피방법

(1) 불을 발견하면 '불이야'하고 큰소리로 외쳐 다른 사람에게 알리고 화재경보 비상벨을 누른다.

(2) 엘리베이터를 이용하지 말고 계단을 이용하되 아래층으로 대피가 불가능한 때에는 옥상으로 대피한다.

(3) 방문을 열기 전에 문손잡이를 만져 보았을 때 뜨겁지 않으면 문을 조심스럽게 열고 밖으로 나간다.

5.2 화재시 119 신고요령

(1) 119를 누르고 불이 난 내용을 간단·명료하게 설명한다.(우리집 주방에 불이 났어요. 2층 집이예요) 주소를 알려 줍니다(○○구 ○○로 ○○○번지예요 / ○○초등학교 뒤 쪽이에요)

(2) 소방서에서 알았다고 할 때까지 전화를 끊지 않는다.

(3) 휴대전화의 경우, 사용 제한된 전화나 개통이 않된 전화도 긴급신고가 가능하다.

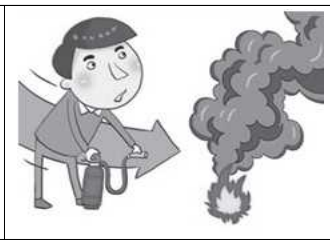
5.3 소화기 사용요령

(1) 소화기를 불이 난 곳으로 옮겨 손잡이 부분의 안전핀을 뽑는다.

(2) 바람을 등지고 서서 호스를 불쪽으로 향하게 한다.

(3) 손잡이를 힘껏 움켜쥐고 빗자루로 쓸듯이 뿌린다.

1. 안전핀을 뽑는다



2. 호스를 불쪽으로 향한다

3. 손잡이를 움켜쥔다

4. 바람을 등지고 분사한다

6. 피난시 인간의 대피본능

6.1 피난시 인간의 대피 본능

(1) 귀소 본능 : 인간은 본능적으로 비상시 자신의 신체를 보호하기 위하여 원래 온길 또는 늘 사용하는 경로에 의해 탈출을 도모 하고자 한다

(2) 퇴피 본능 : 화재 발생초기에는 그 상황의 확인을 위하여 소수 인원이 모여들지만 화세가 확대되어감에 따라 화염과 연기 등에 대한 공포감이 급증되어 발화지점과 반대 방향으로 거주자가 이동한다

(3) 지광 본능 : 화재 시 정전 또는 검은 연기의 유동으로 주위가 어두워지면 사람들은 밝은 곳으로 피난 하고자 한다.

(4) 추종 본능 : 불특성 다수의 인원이 모인 경우에 화재가 발생하면 최초에 행동을 개시한 사람을 따라서 전체가 움직이므로써 인명피해가 확대되는 경향이 있다.

6.2 화재 시 피난자의 특성

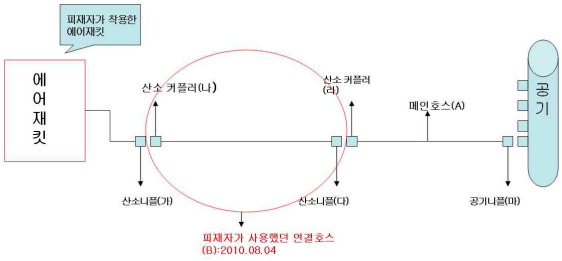
(1) 아치 형성 : 통로에서 단거리에 위치하기 위하여 도로를 중심으로 아치 형태로 모인다

(2) 좌 회 전 : 일반적으로 오른발의 지지력이 강하기 때문에 체력조건이 동등한 경우 도로를 향하여 우측의 인원이 먼저 진입하며 군집은 좌측으로 회전한다.

7.피난수칙

	• 연기나 어두워서 아무것도 안 보일 때에는 벽을 따라 기어 나온다. 이 때 손수건 등으로 입을 가리고 행동한다. • 연기 속을 피난 할 때 물에 젖은 수건을 몇 겹 포개서 입과 코에 대고 숨을 쉬면 연기속의 암모니아나 염화수소가스 등 수용성 자극물질이 수분에 흡수되어 농도가 저하된다. • 마른 수건도 4겹이면 연기를 40%정도 제거할 수 있다.
	• 불이 났을 때에는 침착하게 유도등이나 유도표지를 따라서 계단으로 피난한다. • 일반 엘리베이터는 정전으로 운행 중지되어 갇히게 되므로 타지 말아야 한다. 엘리베이터 속으로 연기가 들어가 질식위험이 있다.
	• 집에서 나올 때에는 연기나 불길이 퍼지지 않도록 출입문을 닫고 나온다. • 평소에 익힌 피난통로로 탈출하며 약속된 집합 장소로 이동한다. • 안전하게 밖으로 피난을 못하는 경우가 발생할 수 있다. 출입문으로 연기가 새어 들어오고 손잡이나 문이 뜨겁게 느껴진다면 출입문을 열어서는 안된다. 물이 있다면 실내의 탈 수 있는 물건에 뿌려두어 타지 않게 하고, 물에 적신 수건이나 헝겊으로 문틈을 막는다
	• 불길이나 연기로 인해 집안에서 빠져나올 수 없을 때에는 밖에 있는 사람에게 큰 소리로 알려야 하며, 흰 수건을 흔들어 사람이 있다는 것을 알려 구조신호를 보낸다. 그리고 침착하게 기다린다. • 피난도중에 피난로에 피난을 할 수 없을 정도의 연기를 만나면 어느 방향으로 피난할 지를 결정해야 한다. 가장 안전한 지상 피난통로를 포기할 때에는 일단 연기가 없는 곳으로 피난하여 앞에서의 방법으로 구조신호를 보내고 구조대가 올 때 까지 침착하게 기다린다
	• 만일 불길 속을 빠져나와야 할 상황이라면 물에 적신 담요를 뒤집어쓰고 피난하면 화상을 방지할 수 있다. • 약속된 장소로 피난을 완료한 사람은 가족이 안전한지를 확인한다. 확인이 안된 사람이 있으면 소방관에게 그 내용을 알려준다. 가족을 찾으러 재진입해서는 안된다.

II 중대재해사례



1. 재해발생과정

2010년 8월 4일(수) 10시 20분경 경남 고성군 소재 선박블록 제작 사업장내에서 용접 작업자가 선박 블록 말단부 용접 작업 중 불티가 비산하여, 착용하고 있던 에어재킷에 산소가 공급되어, 용접복에 화재가 발생, 화상을 입고 병원 치료 중 사망한 사고임.

2. 재해발생원인

○ 용접· 용단 등의 화기 작업에서의 안전수칙 미준수
- 에어재킷에 공기를 공급하여야 하나 산소가 공급되어 용접 불티에 의한 화재가 발생

○ 안전수칙 준수를 위한 관리 감독의 미비
- 에어재킷과 에어 공급 연결 호스에 산소 연결이 되지 않도록 관리감독 및 점검 미흡

3. 동종재해 예방대책

○ 용접· 용단 등의 화기 작업에서의 안전수칙 준수 철저
- **에어재킷에는 공기를 공급하여 사용하여야 하는 안전수칙 준수 및 지속적 교육 실시**

○ 안전수칙 준수를 위한 관리감독 업무 철저
- **에어재킷과 연결용 호스에는 공기용 니플 및 커플러를 설치로 산소 사용 근원적 금지**

1. 재해발생과정

'06년8월25일(금) 17:50분경 (주)○○의 제작중인 데크하우스에서 협력업체 ○○기업 소속 재해자 2명이 코파담(cofferdam) 밀폐공간(가로710cm*세로430cm*깊이76cm)에서 스프레이 도장작업중에 코파담 윗층 바닥에서 다른 협력사 작업자가 가스토치를 사용하여 비드를 용융·절단작업을 하던중 용접열이 코파담 내부 인화성 증기에 인화되면서 화재폭발로 1명이 사망(3도 화상)하고 1명이 부상(일부 화상)을 입은 사고임.

2. 재해발생원인

○ 도장작업과 화기작업 병행 실시
  - 작업허가제 규정은 있으나 미실시
○ 도장작업지역 화기금지표지 미게시
○ 밀폐공간 환기방식 부적절

3. 동종재해 예방대책

○ 작업허가제도의 철저 시행
*** 도장 및 용접작업 협력사가 다를 경우 철저 통제 필요**
○ 도장작업 주변 화기금지 표지 게시
○ 환기는 급.배기방식으로 시설