

## 방재기술 코너

우리 협회 소방기술사(유희상 기술사, 신병철 기술사, 지춘근 기술사)로 구성된 집필진에 의해 최신 소방관련 기술 및 수험생을 위한 코너로 준비하여 새롭게 연재합니다.

■ 주유소에서 인화성 액체(휘발유, 등유, 경유)가 누출되었을 때, 에너지가 접촉되어 일어날 수 있는 사고현상이 폭발이 아닌 화재현상 즉 액면화재인 이유를 설명하십시오.

### 1. 화재 개론

- 연소한 gas와 미연소 gas의 경계면에서는 복잡한 화학반응이 일어나 고온의 강한 빛을 발생하는데 이것을 화염(Flame)이라 부른다.
- 발화원에서 발생한 화염이 혼합gas를 이동하는 현상을 화염전파라 하고, 이 경우 미연소 gas에 대한 화염진행속도를 연소속도라 한다.
- 연소속도는 일정 조건에서 가연성 gas의 고유 상수이며 일반적으로 가연성 gas의 연소속도는 최대 40~50cm/sec 정도이다.
- 연소속도에 미연소 gas의 유동속도를 더한 것을 화염속도(Flame Speed)라 한다.
- 휘발유(옥탄가 100의 경우)의 화염속도는

최대 37.74cm/sec로서 가연성 gas의 연소속도보다 낮으며(경유, 등유는 휘발유의 경우보다 더 낮다) 또한 휘발유를 밀폐 압력용기가 아닌 상온상압의 지하탱크에 저장하므로, 개방된 공간에서 휘발유의 누출에 의한 사고형태는 폭발로 발전할 가능성이 없다.

### 2. 폭발 개론

- 화염의 전파속도는 미연소 gas의 유속에 따라 변화하며, 파이프나 탱크와 같은 밀폐계에서 연소하는 경우에는 화염의 전파속도가 매우 커져 수m/sec~수백m/sec에 이르며, 화염이 더욱 가속되며 폭굉으로 전이되어 전파속도가 1,800 ~ 2,000m/sec에 달한다.
- 일반적으로 화염의 전파속도가 음속(340m/sec) 이하인 경우를 폭연(Deflagration), 음속 이상인 경우를 폭굉(Detonation)이라 칭한다.

- 폭발의 정의는 압력의 급격한 발생 또는 해방의 결과로서 심한 음을 발생하며 파괴하기도 하고 팽창하기도 하는 것 또는 기체의 발생을 동반한 연소가 고속으로 진행할 때의 현상이라 한다.

### 3. 화재와 폭발의 차이

(또는 인화성액체가 누출될 때 폭발이 아닌 화재인 이유)

- 연소속도 및 화염의 전파속도에 따른 압력과 폭음의 발생을 수반하는 차이에서 비롯되며, 개방계에서는 연소속도가 자유로이 팽창하며 화염속도가 늦을 경우 압력과 폭음이 거의 발생하지 않지만 화염속도가 빠를 경우 압력파를 만들 수 있다.
- 이러한 폭발 형태를 UVCE (Unconfined Vapor Cloud Explosion)라 하며, 이 경우는 가연성 가스의 경우에만 발생할 수 있다. 개방계에서 가연성 가스에 의한 폭발형태는 UVCE인 경우에만 존재한다. 압력파를 만들 수 없는 경우는 Flash Fire로 존재한다.
- 모든 사고사례를 검토한 결과, UVCE는 Detonation(폭굉) 보다는 Deflagration(폭연)이었다.
- 또한, 많은 공정장치와 구조물(즉, 장애물)이 존재한다면 Flash Fire는 UVCE로 전환되기 쉽다.
- Flash Fire가 UVCE로 전환되기 위해서는 몇 가지의 인화성물질(즉, 가솔린으로 휘발된 증기)이 최소 질량이상 존재해야 한다. 이 최소질량의 범위는 1 ton~15 ton으로 평가하고 있다.
- 그러나 수소와 아세틸렌과 같이 보다 활성적인 물질에 있어서는 100kg 정도의 적은 양으로도 UVCE가 가능하다.
- 연소속도가 보다 높은 물질은 UVCE로의 전환이 더욱 용이하다.

### 4. 결론

- 휘발유에서 증발되는 증기는 타 가연성 가스에 비해서 연소속도가 빠르다고 볼 수 없으며, 주유소에서 저장된 휘발유 저장탱크의 휘발유로부터 증발된 인화성 증기가 1 ton이상 생성되지 않고, 또한 개방된 공간에서 휘발유의 누출에 의한 사고는 그 형태가 Pool이므로 폭발로 발전하지 않고 액면화재로 구분한다.

### ■ FM-200의 Piston Flow System(또는 Advanced Delivery System)의 원리를 설명하고, 기존 System과의 차이점을 상호 비교하십시오.

#### 1. Piston Flow System(또는 Advanced Delivery System)의 등장 배경

- FM-200 소화약제를 이용한 소화설비를 구성할 경우 소화약제 저장용기의 충전압력이 20℃ 기준, 25.3kg/cm<sup>2</sup>로 축압하여 사용하도록 규정하고 있어 FM-

200 소화약제의 송출거리가 짧아(통상 약 40m 이내) 가스계소화설비의 고정식(일정한 용기 저장실과 선택밸브 사용)으로 한정된 방호구획에만 사용하고 있다.

- 그러나 FM-200 소화약제의 송출거리를 길게 할 경우 소화약제 방출시간이 행자 부고시 기술기준 10초를 초과하기 때문에 화재진압이 용이하지 못하므로 FM-200 소화약제의 송출거리를 최대한 길게 하면서도 노즐에서의 방출시간이 10초 이내로 할 수 있는 시스템 개발이 필요하다.
- 미국 Great Lakes Chemical Corporation (GLCC)은 FM-200 소화약제 제조 회사로서 원거리 배송의 문제점을 해결하기 위해 Piston Flow System의 이론을 정립하고 연구시험을 거쳐 시판 중이고,

또 다른 제조회사인 Kidde -Fenwal 사는 최근에 소화약제로 FM-200을 사용하는 ADS (Advanced Delivery System) 설비를 소개했다.

## 2. Piston Flow System(또는 Advanced Delivery System)의 원리

- Piston Flow System은 별도의 질소(N<sub>2</sub>) 가스용기를 복합 설치하여, FM-200 소화약제가 저장용기에서 방출할 때 일정 압으로 밀어내어 FM-200 소화약제를 저장용기로부터 배관을 통하여 방출노즐까지 순간적으로 송출하게 된다.
- 이러한 방식으로 방출압력을 일정하게 유지하여 주면 소화약제 송출거리가 최대 150m이상까지도 가능하게 된다.

## 3. Piston Flow System과 기존 System과의 비교

항 목	기 존 SYSTEM	PISTON FLOW SYSTEM	비 고
저장용기의 충전압력 (20℃ 기준)	25.3kg/cm <sup>2</sup>	25.3kg/cm <sup>2</sup>	질소가스로 축압
가압용 질소가스	없 음	있 음	별도 질소가스 저장용기 사용
노즐의 방출시간	10초 이내	10초 이내	약제량의 95%이상 방출
최대 배관 길이	약 40m	150m이상	선택 밸브에서 방출노즐까지
방출 노즐의 압력	4kg/cm <sup>2</sup>	4kg/cm <sup>2</sup>	노즐 말단의 압력
배관의 두께	SCH 40	SCH 40	압력배관용 강관
기동 방식	가스압식	가스압식	이산화탄소 기동용기 사용
배 관	Halon 1301소화설비 대체불가	Halon 1301소화설비 대체가능	기계실 일부 교체

## ■ 불꽃감지기의 종류를 나열하고 약술하시오.

### 1. 개요

- 불꽃은 연료의 연소 화학반응에 의해 정해지는 특수한 파장 Band에서 복사에너지를 방출하고 연소과정에 수반된 가스상 물질의 기류나 중심부로 정의되며, 불꽃감지기는 연소시 불꽃에서 방사되는 복사에너지(UV 또는 IR파장대)를 감지하여 화재신호를 발생하는 감지장치이다.

### 2. 불꽃감지기의 종류

#### 가. UV 불꽃감지기

- 자외선(0.09~0.38 $\mu$ m)의 방사에너지를 감지하는 것으로 화염에서 방사되는 자외선에 의한 수광량의 변화로서 작동을 하는 감지장치이다.
- 불꽃에서 방사되는 자외선을 검출하는 센서는 진공관 형태의 G-M관이나 UV Tron을 기본 센서로 사용하고 있다.

#### 나. IR 불꽃감지기

- 적외선(0.78 $\mu$ m~5mm)의 복사에너지를 감지하는 것으로 적외선 파장대의 방사에너지에 의해 전기적인 변화를 일으키는 소자의 출력변화로 화재신호를 발생하는 장치이다.
- 적외선 방사에너지를 감지하는 센서는 초전체가 많이 사용되고 있다

\* IR 불꽃감지기의 감지방식에 따른 종류

- (1) CO<sub>2</sub> 공명방사방식
- (2) 2파장 감지방식
- (3) 정방사 감지방식
- (4) Flicker 감지방식

#### 다. UV/IR 불꽃감지기

- 자외선, 적외선 감지소자가 모두 작동하여야 화재신호를 발신하도록 만들어진 감지기

#### 라. 복합형 불꽃감지기

- 자외선, 적외선의 감지소자가 모두 작동하여야 화재신호를 발신하거나 자외선, 적외선 감지소자의 작동시 각각 신호를 발신하도록 만들어진 감지기

#### 마. Spark/Ember Detector

- Spark나 Ember를 감지하기 위한 복사에너지 감지기로 통상 밀폐된 환경(덕트 내부, 이송공정기구 내)에 설치되고 Spectrum상 적외선 부분을 감지한다.

\* Flame : 연료의 연소 화학반응에 의해 정해지는 특수한 파장 Band에서 복사에너지를 방출하고 연소과정에 수반된 가스상 물질의 기류나 중심부

\* Ember : 고체물질 입자의 표면 연소과정이나 고체물질의 고온에 의해 복사에너지를 방출하는 것

\* Spark : 유동장을 갖는 Ember(Moving Ember) ☹