

# 수성막 형성 FOAM (AFFF)

〈 자료제공: 대성산업(주) 〉

1960년대까지는 저팽창단백포가 유류화재의 진압에 주로 사용되었으나 불소화합물 계면활성제로부터 유출된 합성 AFFF를 개발하면서 해수로도 이의 사용이 가능하고 지역 및 유출화재 예방에서 AFFF가 특유의 초기진압효과 및 대형화재를 방지한다는 장점 때문에 널리 사용되고 있으며, 석유화학산업의 저장탱크지역 및 공정지역에서 AFFF와 FPF가 주로 사용되며 부두시설(Oilrig, Marine Tanker, 해상/해변터미널)에는 AFFF의 사용이 지배적이다.

현재 사용되고 있는 foam으로는 단백질(Protein: PF), 불화단백포(Fluoroprotein: FPF), 막형성 불화단백포(Film Forming Fluoroprotein Foam: FFFP), 고팡창폼(High Expansion Foam), 수성막 형성폼(Aqueous Film Foaming Foam: AFFF), 알콜폼(Alcohol Resistant Foam: ATD) 등이 있으나 본고에서는 AFFF 중심으로 소개한다.〈편집자주〉

## 1. 소화원리

AFFF는 일명 light water 라고도 하며 불소계 계면활성포의 일종으로서 거품에서 유출된 용액이

수성막을 형성하여 탄화수소계 위험물의 가연성 증기를 차단함과 아울러 소화작용을 한다. 따라서 AFFF는 질식, 냉각 및 수성막을 형성함으로써 가연성액체의 기화를 억제하는 삼각적인 소화효과를 가지고 있다.

(도표 1)

색상	농도	점도	비중	PH	배율	유동점
호박색	3%	20°C에서 100센티 스틱스	1.085g/cc	4.8	8~10배	-15°C
	6%	4.5°C에서 200센티 스틱스				

## 2. 혼합방식 및 장비의 고려사항

### 가. 휴대용(portable)

AFFF와 ATC 모두 간단한 in-line eductor에 사용이 가능하다.

추출기는 일반적으로 handline으로 사용되는 경우가 보통이나 고정식도 있다.

혼합기는 휴대용 CCS 및 foam cart처럼 유량 및 압력을 적절히 변경하여 사용할 수 있는 제품도 있다.

나. 고정식 혼합장치(fixed proportioning equipment) 화재로부터 멀리 떨어진 곳에서 펌프 및 벤츄리관을 이용하여 적절한 혼합을 기대할 수 있는 보편적인 방법으로서 소화수의 압력, foam 용액의 유량이 중요한 요소가 된다.

### 3. Foam원액 선택

포 혼합장치에는 1%, 3%, 6%형이 있으므로 원액의 선택은 혼합장치와 일치되어야 기대하는 효과를 거둘 수 있다.

6%형 원액의 경우 종래 항공대, 군시설, 소방서 및 일반 공업지역에서 유출화재에 대비하여 휴대용 장치를 이용한 소화작업에 사용되던 전형적인 종류로서 물과 원액이 94:6으로 혼합된 후 공기가 흡입되어 foam을 형성하는 형태를 의미한다.

### 4. 노즐선택

공기흡출형 및 비흡출형의 두가지가 있으며 FPF 및 PF로서 탄화수소계 화재를 진화할 때와 ATC로서 극성 용매계 화재를 진화할 때에는 반드시 공기흡출형노즐을 사용하여야 하나, AFFF, ATC 및 FFPF는 탄화수소계 화재 진화시에는 공기흡출형이나 비흡출형노즐(fog/straight-stream 노즐) 양쪽 모두 사용이 가능하다.

공기흡출형노즐이 높은 팽창을 시켜주어 넓은 지역방호에서는 비흡출형보다 유리하나 비흡출형노즐은 저팽창품을 신속히 방사시키므로 신속한 화재진화에 유리한 면이 있으며 사용자가 보다 오랜 시간동안 접근하여 사용할 수 있다는 점과 fog-stream으로 변환 조정함으로써 사용자를 위험으로부터 보호할 수도 있다.

AFFF는 양쪽 노즐을 모두 사용할 수 있다는 점이 장점이다.

### 5. 화재진화시 Foam의 사용법

#### 가. 지역방호 및 유출사고

지역방호에는 AFFF가 PF 및 FPF에 비하여 탁(도표 2)

최소 방사율(LPM / m<sup>2</sup>)-탄화수소계 유류

	PF	FPF	AFFF
NFPA 403 (공항 + 헬리포트장)	8.6	8.6	5.5
NFPA 409 (비행기 격납고)	6.5	6.5	4.2
NFPA 11 (저팽창품 및 병용시스템)	6.5	6.5	4.1
호주 규격 AS 1940 (SAA 가연성 액체)	6	4	4

월한 소화효과가 있어 유류 유출사고로 인체에 위험을 주거나 고가의 제품을 보호하여야 하는 비행장 격납고, 소방대 및 일반산업체에서는 단연 우위를 지키고 있다. 이것은 AFFF가 타 약제에 비해 2~3배의 빠른 소화력을 지녔기 때문으로써 최소 방사율을 비교하면 <도표 2> 와 같다.

지역방호에 대한 AFFF의 일반적인 방사율은 4 LPM / m<sup>2</sup> (탄화수소계)이며, ATC는 4~7 LPM / m<sup>2</sup> (극성용매)이다. 방사시간은 최소 10분에서 부터 다소 변경된다.

#### 나. 유류저장탱크의 화재진압-상부 주입방식

AFFF의 상부 주입방식은 널리 사용되고 있는 방식으로서 통상 제2형 폼챔버 및 발포기를 연결시켜 사용하는 portable tower가 많이 사용되며 3% 및 6%의 AFFF 또는 ATC가 많이 사용된다.

최소방사율(LPM / m<sup>2</sup>)을 비교하여 보면 <도표 3> 과 같다.

<도표 3>

	PF	FPF	AFFF
NFPA 11	6.5	6.5	4.1
U. L	6.5	6.5	4.1
I. S. O	6	4.1	4.1
Aust STD 1940	6	4.1	4.1

방사시간 : 30~65분

다. 유류저장탱크의 화재진압-표면하 주입방식  
탄화수소계 화재에서의 AFFF를 표면하 주입방식에 적용할 경우 예열시간이 길어지면 수성막을 형성하지 못하여 소화효과가 없어진다는 논쟁이 있었으나 R.R.Burford와 J.A.Pignate는 유면의 온도가 상승함에 따라 AFFF 용액의 표면장력, AFFF 용액과 연료사이의 응집력이 감소한다는 사실을 보여 주었으며 이 자체적인 보완능력이 고온의 유면에 foam이 적용되었을 때에도 수성막을 계속 형성 시킨다는 사실을 알아냈다. 또한 G.H.Lindsay는 유면의 최악의 조건이라 일컬을 수 있는 hexane을 10분간 예열한 후, AFFF를 적용시킨 결과 아무런 무리없이 신속하게 화재진압이 이루어진다는 사실을 밝혀 냈으며, 아울러 본 시험이 NFPA에 인정되어 설계의 기준이 되고 있다.

통상 표면하 주입방식에 대한 설계기준치는 3%형을 2% 농도로 혼합하여, 방사율 4.1 LPM / m<sup>2</sup> 방

사시간 55분이 적용되며 팽창비율은 약 2~4배 가량이며 폼 생성기에서의 압력에 따라 다소 변한다.

UL에는 2% 및 3% 모두 다 적용가능하다고 되어 있다.

#### 라. 스프링클러시스템

PF 및 FPF는 foam/water 공기흡출형 노즐을 사용하여야 하나 AFFF는 비흡출형 노즐을 사용할 수 있으며 AFFF가 표준형의 스프링클러헤드에 사용되어 온 이래 폐쇄형스프링클러 시스템은 물론 위험물 적재 창고에도 효과적인 것으로 알려져 있다.

AFFF의 스프링클러설비의 일반 설계기준을 간략히 소개하면 아래와 같다.

방사율: 4.1~6.6 LPM / m<sup>2</sup> (탄화수소계), 8 LPM / m<sup>2</sup> (극성용매)

방사시간: 10분

소화전: 2개(200 LPM / m<sup>2</sup>)

유효방호면적: 폐쇄형헤드설비 200m<sup>2</sup>

헤드간격: 10m

작동온도: 145℃

AFFF는 스프링클러방식에외에 spray 노즐을 이용하여 화학공장 및 석유화학공장의 공정지역의

냉각에도 유효하게 적용될 수 있으며 이때의 표준 방사율은 8LPM / m<sup>2</sup>이며 이 방식을 이용하여 공정지역의 방화 및 소화작업에 경제적인 효과를 기대할 수 있다.

#### 마. 부두시설

AFFF는 해수의 사용이 가능하여 터미널, 탱크 선, 해상구조물, 바지선 등에 다양하게 사용된다.

일반적으로 부두시설에 사용되는 가장 간단한 방법으로는 폼추출기를 호스를 통하여 사용하며 여러개의 호스가 필요할 때에는 별도로 폼혼합장치를 설치하여 전체를 방호할 수 있도록 하는 경우도 있다.

### 6. 라이트워터 농축액의 수명

단백포 계통의 PF, FPF 및 FFFF는 경년에 따라 성능이 저하되며 특히 고온다습한 경우에는 성능 저하속도가 가속화되는 반면에 AFFF는 최초로 제작된 지 이미 20년 이상이 경과되었으나 아직 본래의 성능과 변함이 없음이 증명되었다. 일반적으로 AFFF는 수명이 20년 이상이라고 서술하고 있어 반 영구적이라 볼 수 있다. ☺

## 정전기가 인체에 미치는 영향

최근 미국 육군 텍사스의료센터 연구팀은 카페트와 구두사이에서 발생된 정전기가 심장병을 악화시킨다는 사실을 발표하는데 이어 일본 오사카대학 연구진도 정전기 방전이 피부염을 악화시키고 특히 의복에 남아있는 포르말린이나 땀 세제등을 활성화시켜 피부병을 유발시킨다고 주장했다. 또다른 연구에 의하면 정전기가 혈액의 산성도(PH)를 높이고 칼슘의 양을 떨어뜨리며 혈당치를 증가시켜 고혈압 당뇨병환자에게 나쁜영향을 끼친다고 보고했다. 이러한 인체의 영향뿐만 아니라 화재의 원인으로도 한 몫을 하여 미국의 경우 정전기로 인한 화재로 매년

3백여명이 목숨을 잃는다고 한다.

정전기의 세기는 공기중의 습도, 섬유류의 종류에 따라 200~1만볼트까지 다양하며 신체부위를 통해 쇼크를 느낄 정도는 2천~3천볼트 이상이다.

이런 정전기의 예방법으로는 사무실이나 가정의 실내습도를 75%대로 올려주고 의복은 세탁후 행굴때 대전방지제로 처리하면 정전기 피해를 막을수 있다.

특히 정전기에 민감한 사람은 합성섬유를 가급적 피하고 옷을 벗을 때 가만히 벗어 툭툭 털어 방전시키는 것도 좋다.