

危險物火災와 泡消化藥劑

1. 화재사례

[사례1] 항공기 화재

비교적 낮은 대형 항공기가 추락하여 여러명이 기체 내부에 갇히게 되었다. 추락시의 충격으로 왼쪽 날개가 떨어져 기체 주변에 상당량의 항공기 연료가 유출 되었다. 현장에 도착한 소방대원은 포막(Foam Blanket)으로서 유출 연료를 커버하고, 기체에 접근하여, 엔진 커터로 바닥 부근을 절단하기 시작 하였다. 다른 대원은 절단 작업을 용이하게 하기 위하여 진입구 부근에 주수, 냉각토록 하였다. 듀랄루민은 절단하여도 보통은 불꽃을 내지 않으나 커터의 톱날이 강철 부분에 접촉하여 생긴 불꽃으로 유출 연료에 착화, 소방대원 수 명이 화상을 입었다.

포막 가운데를 대원이 걷거나, 호스를 끌거나 물을 뿌릴 때, 또한 햇빛이나 바람에 의하여 포가 소멸되므로 포를 추가 방사하여 유지하여야 한다. 그리고, 포막으로 피복한 후에도 가능하면 유출 위험물 가운데로는 들어가지 않는 것이 좋다. 만약 부득이하여 필요한 경우에는 공기호흡기를 포함한 개인장비를 완전히 착용하여야 한다. 진입하여 작업하고 있는 대원에게는 포를 방사하여 커버해 줄 필요가 있다.

[사례2] 위험물 저장탱크 화재

대규모의 플로팅루프탱크에 휘발유를 주입하다 넘쳐서 외부에 흘러 나왔다. 대량의 가연성 증기에 인화되어 종업원 2명이 사망하였다. 현장에 도착한 소방대원은 물과 포로서 화재를 진압함과 동시에 주위에 있는 탱크의 냉각작업을 개시하였다. 다른 소방대가 방유제 안에 고여있던 휘발유에 포를 방사하였

다. 어떤 장소에서는 일단 생성된 포막 위의 작은 불을 소화하기 위하여 포를 방사하면 소화되기는 커녕 포막이 파괴되어 급격히 연소하였다. 소방대원이 위험을 인지하고 일시 대피하여 있는 동안 포막은 원상태로 안정 되었다.

여기에서 중요한 것은 포의 방사는 포막과 연료의 표면을 교반하지 않도록 정숙하게 하여야 한다는 것이다. 그 밖의 주의사항은 사례1과 같다.

[사례3] 등유 저장탱크 화재

등유가 옥외탱크에서 방유제 내로 다량 유출 되어 연소하였다. 라이트워터 소방차가 출동하여 소화작업에 임했다. 통상의 적재량 전부를 2분 이내에 방사하여 신속히 소화작업을 하였다. 라이트워터가 완전히 소모되기 전에 거의 소화할 수 있었으나 라이트워터를 재 보급 하는 사이에 포막 속의 연료가 재연 하는 등 여러 장소에서 화재가 재발하였다. 결국 특수소방대를 요청하여 충분한 양의 라이트워터와 드라이케미컬을 사용하여 진화하였다.

[사례4] 교통사고

소방대가 교통사고 현장에 도착하여 보니 사고차량 가운데에 여러명이 갇혀있고 주위에 휘발유가 유출되어 있었다. 소방대원이 인라인 어덕터를 사용하여 포를 방사하려고 하였으나 포가 나오지 않았다. 소방대장이 반쯤 닫혀있는 어덕터의 핸들을 돌려 완전히 개방하자 포가 분사되어 포막이 생성되었다. 인라인 어덕터는 사용법은 간단하지만 반쯤 열려있 다던가 노즐에 맞지않는 어덕터를 접속하거나 호스의 꼬임, 부적절한 엔진압력 등에 의하여 포가 발생하지 않는 경우가 있다. 또, 다른 종류의 포약체를

같은 용기에 넣어서는 안된다. 그러면 포약제가 고형화 하거나 겔상으로 되어 포방사장치가 막히는 원인이 된다. 포방사장치는 잔여약제에 의한 막힘을 방지하기 위하여 사용 후에는 반드시 세척하여야 한다.

가연성액체의 가장 일반적인 재해는 위험물 재해이다. 소방대원은 탱크로리, 트럭터미널, 트럭의 적재함, 저장가대, 저장탱크, 철도, 파이프라인, 저유소, 화학공장, 항공기, 선박, 주유소, 주택의 차고, 차량 등의 사고를 처리할 때 가연성액체와 접하게 된다. 가연성액체 사고가 발생할 가능성은 대단히 높기 때문에 소방관서는 B급 화재용 포소화약제를 준비해 두어야 한다. 또, 사고처리를 위하여 체제를 정비하고 대원을 훈련하는 것도 중요하다.

드라이케미컬, 할론, 이산화탄소 및 포는 가연성액체 화재의 소화가 가능하지만 보통의 물만으로서 거의 소화가 불가능하다. 포소화약제는 소화효과도 있지만 재연 방지가 가능하다. 많은 가연성액체 화재를 분석하여 보면 소방대원이 종종 물을 사용한다던가 포를 적절히 사용하지 않거나 전혀 사용하지 않는 일도 있다. 경우에 따라서는 진화할 수 없기 때문에 소진할때 까지 방치하는 일도 있다. 소방관서에 들어온 정보는 불완전하거나 부분적인 것이 있다. 메이커 등에서 많은 실험결과가 나와 있으나 공인 검정기관에서 나온 것을 인정하여야 한다. 소방대원은 발포기 및 포약제에 대하여 어느정도 자신을 갖고 있는 것일까. 포에 관한 지식 및 포를 사용한 경험에 만족하고 있는 것은 아닐까. 또, 소방관서는 위험물 사고가 발생한 경우 잘 처리 할 수 있는 것일까. 가연성액체의 재해는 대단히 위험하다. 가연성 및 폭발성액체는 일단 화재 등의 사고가 발생하면 급속히 악화되므로 그것을 바로할 기회는 거의 없다. 따라서 많은 소방대원이 사망하고, 심한 화상을 입거나 신체장애자가 되고 있다.

포소화약제에는 많은 종류가 있으나 모든 화재에 대하여 완벽한 것은 없고 각기의 장·단점을 갖고 있다. 따라서 화재마다의 화학적, 물리적 특성에 따라 바르게 적용하여야 한다.

2. 소방용포의 종류

소방용포에는 화학포와 기계포의 2종류가 있다.

(1) 화학포

화학포는 1,800년대 말 경에 석탄과 유류화재를 소화할 목적으로 개발되었다. 포는 분말중탄산소오다, 분말황산알루미늄 및 물의 화학반응에 의하여 생성된다. 화학반응에 따라 탄산가스가 발생하여 이 압력으로 포를 방사할 수 있다.

화학포는 ① 고가이다. ② 발생과 사용이 어렵다. ③ 생성된 포막은 대단히 견고하여 일단 구멍이 생기면 쉽게 막을 수 없는 등 많은 문제가 있다. 또, 포의 질이 용액의 온도에 많이 좌우된다. 화학포 발생장치는 아직 조금은 쓰이고 있으나 보다 효과가 있는 기계포로 거의 대체 되었다.

(2) 기계포

기계포는 근대적 소화약제의 꽃으로 소방용포의 대부분을 차지하고 있다. 기계포 장치는 사용법이 간단하여 소수의 인원으로 조작이 가능하다. 화학포 장치보다 빨리 작동시킬 수 있다. 기계포는 물, 포원액 및 공기의 3요소를 기계적으로 교반상태로 혼합하여 발생시킨다. 이에 필요한 에너지는 가스의 압력이나 펌프에서 얻는다. 모든 발포장치는 급수, 포원액의 공급, 혼합장치 및 공기 등 4가지 파트로 이루어진다. 소방용의 포는 대부분이 물로서, 소량의 포약제를 사용하여 대량의 기계포를 발생시킬 수 있다. 포수용액은 포원액을 특정한 비율로 물과 혼합하여 만든다. 공기는 포막을 생성하는데 필요하다.

3. 저발포

저발포는 가연성액체 화재의 소화에 사용되는 주된 소화약제이다. 저발포 수용액은 물 97에 대하여 포원액 3의 비율(3%) 또는 물 94에 대하여 포원액 6의 비율(6%)로 만든다. 포수용액은 최고 20배 까지 팽창하지만 대개의 저발포는 4배에서 12배의 범

위이다.

(1) 단백질포

처음의 기계포는 단백질포로서 이것은 1930년대에 개발되었다. 단백질포는 동물의 뼈, 물고기의 부산물, 혈액 등 천연 유기단백질의 화학분해 또는 가수분해에 의하여 만든다. 그밖에 식물도 사용되고 있다.

단백포는 점성이 있고 안정된 두꺼운 포막을 형성한다. 어떤 메이커는 단백질포의 열과 재연성에 대한 저항력은 보통 라이트워터라고 부르는 수성막포(AFFF)의 2배 정도로서, 합성포보다 발포품질이 좋아서 포가 소멸하기 까지의 시간이 길다고 주장하고 있다. 단백질포의 결점은 합성포보다 소화시간이 더 걸리는 점이다. 또, ① 단백질포는 유류연료에 대한 내성이 약하여 오염되기 쉽다. ② 유류연료가 단백질포에 침투하여 포 위에서 연소한다. ③ 유류(용제) 중의 부유물이 침전한다. ④ 저장기간이 짧다. ⑤ 몇가지 드라이 케미컬과 동시에 사용할 수 없다. ⑥ 공기흡인식 포노즐을 사용하여야 한다. 또, 단백질포는 수성막을 만들지 못하므로 포막에 구멍이나 균열이 생기면 가연성액체 또는 증기가 노출된다.

(2) 불화단백포

불화단백포는 1993년대에 불소계 계면활성제를 단백질포에 첨가하여 개발한 것이다. 계면활성제를 첨가하였기 때문에 유류(연료)와의 친화력을 갖지 않게 되어 유류와 잘 젖게 되므로 유류에 의한 오염이 되지 않는다. 불화단백포는 이런 특징이 있으므로

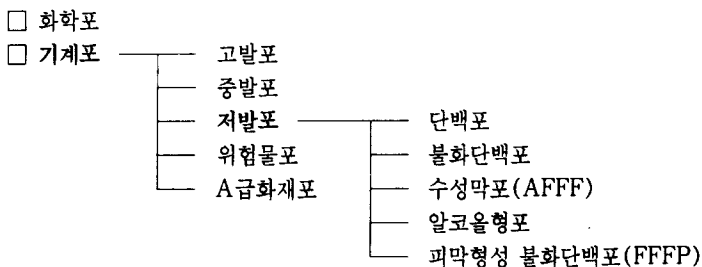
위험물저장탱크의 바닥에서 주입하면 포가 유류 가운데를 통과하여 표면으로 떠올라서 소화하므로 표면하 포주입방식에 사용할 수 있다. 또, 계면활성제에 의하여 불화단백포를 드라이케미컬과 동시에 사용할 수 있다. 불화단백포 모두 포의 층을 만들어 B급 화재를 소화하고, 증기의 발생을 방지한다. 이들 약제는 모두 3%와 6%의 것이 있다.

(3) 수성막포(AFFF)

수성막포는 미국 해군과 3M사에 의하여 1960년대에 개발되어 라이트워터라는 상품명으로 3M사에서 판매하고 있다(이하 라이트워터라 함). 라이트워터는 불소계 계면활성제를 주제로 하여 안정제 등을 첨가한 것으로서 주로 3%형, 6%형의 것을 사용한다. 라이트워터는 가연성액체 화재의 소화에 혁명을 가져와 수성막이라고 하는 새로운 차원을 열었다. 포는 단백질포와 같은 형태로 유류의 표면에 피막을 형성한다. 이 피막은 가연성액체의 표면에 떠서 급속히 전면으로 퍼지게 되어 신속하게 화재를 진압한다.

(주의 : 라이트워터의 포가 가연성액체의 표면에서 보이는 범위에서는 수성막의 형성을 계속하여 증기의 발생을 방지하지만 이 수성막은 눈으로 보이지 않기 때문에 단순히 피막이 있는 것으로 추정하여서는 안된다. 누설 위험물의 경우, 표면 전체를 덮는 포막이 끊임없이 생성되어 있지 않는 한 위험구역에 진입하여서는 안된다. 또한, 위험구역 내에 있는 대원에게는 주변에서 포를 방사해 주어야 한다.)

[포의 종류]



라이트워터의 포막은 계속 감시하여 필요에 따라 재방사 하여야 한다. 피막의 두께, 현장의 상황 및 피막에 대한 파괴력의 차이 등에 따라서 수분에 1회씩 재방사하여야 한다. 라이트워터의 포는 회복력과 재 밀폐능력이 우수하다.

라이트워터는 단백포나 불화단백포 보다 빠르게 위험물 화재를 소화한다. 보통, 소화가 우선이고 재연을 방지하는 것은 그다지 문제가 되지 않는다. 신속하게 진압하는 것은 최저 방사율이 낮은 것을 의미하는 것으로서 라이트워터의 최저 방사율은 1ft²의 연소면적당 0.1gal/min이고, 단백포 및 불화단백포는 0.16gal/min이다. 라이트워터가 유류화재의 소화에 효과가 있기 때문에 각 공항에서 항공기 화재에 있어서의 구조 및 소화에 불화단백포를 사용하고 있을 무렵 미연방 항공국은 라이트워터를 사용할 경우에는 불화단백포의 2/3의 약제량으로도 좋다고 하였다.

라이트워터는 일반적으로 표준분무노즐로 방사한다. 단백포와 불화단백포보다 효과적으로 화재의 열상승기류에 침투하여 끈적거리고, 무겁고, 수분이 많은 포를 형성한다. 화재의 열상승기류는 연기 기둥 가운데로 올라가는 불꽃과 열의 이동으로서 그것은 초속 약 22m의 바람과 비교할 수 있다. 라이트워터의 포는 이 상승기류 가운데에 방사한다. 단백포 및 불화단백포는 라이트워터보다 크게 팽창되므로 가볍고, 열상승기류에 따라 비산하기 쉬운 경향이 있다.

라이트워터는 표면장력이 낮기 때문에 A급화재의 일반가연물에 급속히 침투하여 물의 소화효과를 높여준다. 또, 물과 신속히 혼합하고, 미리 혼합하여 장시간 액상을 유지한다. 만약 필요하다면 라이트워터의 적당량을 펌프차 또는 물탱크차의 수조에 넣어 라이트워터 수용액으로 둘 수 있다. 이것을 덤프앤드고(Dump and Go)방식이라고 부르는데, 포약제를 낭비하기도 하고 약제의 재 보급시 화재를 크게 하는 일이 되기도 한다. 이 방법은 마지막 수단으로서, 약제가 모두 소모될 때 까지 처음 정한 혼합방식대로 하여야 한다. 라이트워터는 강력한 세제(洗劑)이며 강한 침투제이다. 차량의 수조에 넣어두면 펌

프의 접촉부분에서 누설되기도 하고 녹이나 스케일을 박리시켜 이들이 펌프를 통하여 노즐의 작은 구멍을 막히게 하는 일이 있다. 또, 회석되지 않은 라이트워터가 차량의 페인트에 흠을 내는 일이 있다. 라이트워터는 이와 같이 침투성이 있기 때문에 특별히 설계된 스테인레스 또는 플라스틱 탱크에 넣어 저장한다.

차량 및 기재는 라이트워터를 사용한 후에 반드시 세척하고, 발포장치 등은 5분 이상 씻어 내는 것이 좋다. 라이트워터 및 다른 몇 가지의 포약제는 완전 세척이 어렵다. 라이트워터는 다른 포약제와 같이 피부에 부착된 채로 두면 피부가 건조하게 되어 가려움이나 갈라지는 일이 생기므로 깨끗한 물로 씻은 뒤 핸드크림을 바르는 것이 좋다.

라이트워터는 드라이케미컬과 같이 사용할 수 있다. 여러곳의 공항에서 사용되고 있는 2종 소화약제 방사장치는 두가지 노즐이 결합된 것으로서, 하나의 노즐로 드라이케미컬을 방사하여 화재를 진압하고 계속해서 또 하나의 노즐로 라이트워터를 방사하여 포막을 생성함으로써 유류의 표면을 피복하여 재연을 방지한다.

라이트워터 용액은 단백포 및 불화단백포의 용액과 달리 비교적 적은 에너지로 발포할 수 있고 공기 흡인식 및 비흡인식의 포노즐과 더불어 표준노즐을 사용할 수 있다. 라이트워터는 완전한 합성물질이기 때문에 단백포보다 저장 기간이 훨씬 길다. 소방관서는 필수 있는 한 긴 시간을 포약제의 변질에 대하여 걱정하지 않고자 한다. 라이트워터는 장기간 저장할 수 있고 또한 항공기 화재에 효과가 있기 때문에 공항용 소방차에 적당한 포약제이다.

(4) 피막형성 불화단백포(FFFP)

피막형성 불화단백포는 불화단백포의 재연방지 효과와 완만한 소멸시간 및 라이트워터의 빠른 소화효과와 수성막의 장점을 취한 것으로서 1980년대에 개발되었다. 피막형성 불화단백포는 미국 이외에서 보급되어 있고 3%와 6%의 것이 있다. 이 약제는

라이터위터용 포노즐을 사용할 수도 있다.

(5) 알코올형포

알코올형포는 탄화수소와 극성용제 모두에 효과가 있다. 알코올형포로 부르는 것은 이소화약제에 알코올이 함유되어서가 아니라 M.E.K, 아세톤 등 알코올 타입 극성용제의 화재에 효과가 있기 때문이다. 앞에서 설명한 라이트위터, 불화단백포 등의 저발포는 탄화수소(비극성)의 화재에 효과가 있으나 극성용제의 화재에는 효과가 없다. 극성용제는 라이트위터 등 “일반적인 포”의 포막을 용해하여 파괴한다. 또, 극성용제는 역시 극성인 물과의 친화력이 있어서 각 극성 액체는 상호 활발하게 혼합한다. 극성용제는 일반적인 포약제의 포막에서 물을 탈취한다. 포막은 94~97%가 물이기 때문에 물이 없으면 포는 소멸한다.

알코올포에는 포화 극성용제와의 사이에 장해물을 만드는 중합체가 첨가되어 있어 라이트위터와 같이 일반적인 포이다. 알코올형포는 이 첨가물 때문에 다른 저발포보다 농도가 높아서 겔 형태로 보인다. 이 중합체는 물에는 용해되지만 극성용제에는 용해되지 않는 성질을 갖고 있다. 알코올형포를 극성용제에 방사하면 거의 순간적으로 반응하여, 포를 보호하고 물을 흡수하여 극성용제에 파괴되지 않는 수성막을 형성한다. 만일 이 피막이 파괴되어도 포막이 갖는 어느정도의 자동 회복활동에 의하여 새로운 중합체의 피막이 재생된다. 위험물 누설사고 현장에서는 불필요한 활동은 피하고, 포막이 소멸되는 경우에는 새로운 포를 방사하여야 한다.

알코올형포는 보통 3%형과 6%형의 것이 있다. 이들은 가솔린, 디젤 등 비극성 탄화수소에 대하여서는 3%로 사용되고 일반적인 포와 같이 작용한다. 이 경우 중합체는 포막을 형성하지 않는다. 포 가운데에 포함되어 있을 뿐이다. 알코올, 아세톤 등의 극성용제에 대하여서는 6%로 사용한다. 강한 극성의 용제를 처리할 경우에는 적절한 중합체의 피막을 형성하기 위하여 농도가 높은 포용액이 필요하다.(어

느 메이커는 극성용제에도 3%로 사용할 수 있는 알코올형포를 판매하고 있다.

4. 중발포 및 고발포

중발포 및 고발포는 특수한 합성세제와 안정제를 혼합한 것이다. 물과의 혼합 비율은 주로 1.5%에서 3%이고 이 용액은 특수한 공기흡인 발포장치로 발포한다.

중발포는 지금까지 가연성액체 화재의 소화에 어느 정도 성공을 거두고 있으나 그다지 사용되지 않고 있다. 팽창율은 20배에서 200배까지로서 저발포보다 가벼워서 수분이 적고 얇은(농도가 낮은) 포막을 형성한다. 저발포용액은 모두 공기흡인식 등의 발포장치를 이용하여 포를 발생시킬 수 있다. 그러나 중발포는 바람에 날리기 쉽고, 증기밀폐, 재연방지 및 유류에 대한 내성이 저발포보다 약하다는 점을 알아야 한다. 팽창율이 200배에서 1,000배가 되는 고발포는 주로 지하실, 선창, 탄광 등 소방대원이 진입하기 어려운 장소에서 통상의 가연물인 A급 화재에 사용하며, 가연성액체 화재의 소화에는 적당하지 않다. 고발포는 수분이 매우 적기 때문에 증기밀폐, 재연 방지, 유류에 대한 내성 및 바람에 대한 저항력이 극히 약하다. 고발포는 화원에 도달하여도 화재를 진압하지 못하는 경우도 있다.

5. 위험물포

과거 수년간에 걸쳐 포소화약제 메이커가 위험물포에 대하여 실험을 반복한 뒤 시판용 개시하였다. 실험에서는 가연성액체 화재를 소화할 수 있었는지 모르지만 위험물포는 이 목적에 사용하는 것이 아니라 주로 증기, 분진 및 냄새를 방지하기 위하여 만들어진 것이다. 모든 포가 그렇지만 위험물포수용액은 대부분이 물이어서, 많은 화학약품이 물과 반응하기 때문에 대개의 메이커는 위험물포의 판매를 중지하였다.

가연성액체 화재용 포소화약제 메이커 1개사는 지금도 알코올형포에 혼입할 수 있는 액체안정제를 판매하고 있으나 여기에는 2개의 픽업튜브가 부착된 특수 혼입장치가 필요하다. 그 하나는 안정제용, 다른 하나는 포약제용이다. 표준 분무노즐로서도 방사할 수 있으나 증발포 노즐을 사용하면 가장 좋다. 통상 2~3분 지난 후에 포가 안정되면 두께 10여센티의 고무와 같은 포막이 되어 이것이 수일간 지속한다. 마지막으로는 수분이 빠져나가 소멸한다. 발포장치 및 방사장치는 사용후 즉시 세척하여야 한다. 그렇게 하지 않으면 포가 장치의 내부에 고착되고 만다. 오염된 포, 토양, 화학제품 들은 위험물 폐기장소에서 처리되어야 한다. 이 포는 청소를 종료 할 때까지 누설 위험물의 장기적 증기밀폐용으로 사용할 수 있다.

다른 B급화재용 저발포는 포막 및 증기밀폐 효과를 유지하기 위하여 가끔 재방사할 필요가 있다. 다른 메이커 1개사는 산(酸)류 및 알칼리류에 대한 2종의 위험물 포약제를 만들었지만 현재는 이들 모두 제조하지 않고 있다.

6. A급화재용 포

A급화재용 포는 그 이름이 나타내는 바와 같이 나무, 플라스틱, 고무, 식물 등 통상의 가연물질에 대하여 사용하는 것이다. 처음에는 식물화재에 사용하여 "임야용포"라고 불렀으나 현재는 건물화재에 많이 사용하여 큰 성과를 거두고 있다.

압축공기 A급화재용 포는 수직면에 부착하는데 이것은 다른 포에서는 볼 수 없는 특징이다. 부착된 포는 장시간 연소물질 위에 습기를 유지하기 때문에 물질의 표면이 수분을 흡수할 수 있다. A급화재용 포는 부착된 물질을 단열, 방호, 냉각하여 복사열에 의한 연소를 방지한다. 또, 물의 표면장력을 저하시키기 때문에 물이 가연물의 내부로 깊고 빠르게 침투한다. 그리고 소화와 연소방지에 한층 더 효과가 있고 통상의 수손도 적다. 여러 메이커가 비용 효과가 높은 A급화재용 포를 생산하고 있다. A급화재용 포는 필시 그다지 많은 양을 방사하지 않고 가연성 액체를 소화할 수 있다고 생각되지만 그와 같은 목적으로 판매되고 있지는 않다. (㉞)

위험물탱크의 포소화설비

