

첨가제로 NaCl과 포소화약제가 포함된 미세물분무의 소화성능

이경덕 · 김성원 · 신창섭

충북대학교 안전공학과

1. 서론

할론 등 CFC 계통의 소화약제는 환경오염물질을 내포하며, 지구온난화지수와 오존 파괴지수 등이 높아 전세계적으로 그 사용이 중단되고 있다. 또한, IMO의 SOLAS Chapter II-2에서는 소화설비에 대한 규정으로 할론소화장치의 새로운 설치를 금지하고 있으며, 2002년 7월 1일 이전에 건조된 2,000톤이상의 현존 여객선은 기관실 전체를 방호하는 고정식 수계국소방출소화설비를 설치하여야 한다고 규정하고 있다. 이에 대체소화기술의 하나로 관심을 끌며 연구되기 시작한 소화방법이 미세물분무노즐을 이용한 소화설비이다.

미세물분무 소화설비는 소화약제로서 물을 사용한다는 점에 있어 스프링클러와 같다. 그러나 고압으로 물을 방사하여 $D_{V0.99}$ 가 $1,000\mu\text{m}$ 미만의 물입자를 방사하므로 스프링클러에 비해 물입자가 작고 표면적이 크기 때문에 화염면에서의 증발특성이 우수하며, 화염속에 공급된 미세물입자가 증발되어 산소의 농도를 감소시키는 질식작용과 화염원의 온도를 저하시키는 냉각작용에 의해 소화작용을 상승시킨다. 이렇듯 미세물분무의 소화성능은 물의 물리적 특성과 방사특성에 의해 결정되므로 이에 대한 연구가 활발히 진행되었다. 그러나 첨가제를 이용한 물의 물리적 특성 개선과 화학적 소화성능을 부여하기 위한 연구는 미미한 현실이다.

따라서 본 연구에서는 순수한 미세물분무의 입자크기, 방사분포 및 화염크기에 따른 ethanol과 n-heptane 화염의 진압특성과 소화시간에 대한 연구를 기반으로, 여기에 물리적 소화 성능의 향상과 화학적 소화성능을 부여하기 위해 첨가제를 첨가하였다. 첨가제로는 NaCl과 AFFF를 사용하였으며 그 결과, $3\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 낮은 방사압력에서 첨가제를 첨가한 미세물분무는 소화성능이 50%이상 향상된 결과를 얻을 수 있었으나, 압력이 증가된 경우 소화성능은 저하되었다. 또한 AFFF를 첨가한 경우 $195\mu\text{m}$ 에서 소화성능은 50%이상 증가된 결과를 나타냈다.

2. 실험장치 및 방법

미세물분무의 소화효과는 액체의 물성과 함께 액체 미립자를 발생시키는 노즐의 특성 즉, 분무압력에 따른 입자크기, 분무유량밀도, 분무각도, 방사분포 등에 따라 소화성능이 결정된다. 이러한 분사특성에 대한 유류화재의 소화특성을 실험하기 위하여

소규모 화재 실험장치를 Fig. 1과 같이 제작하였다. 이때 실험장치는 단면적이 85cm × 85cm이고 높이가 130cm인 연소실, 가압수조, 미세물분무의 방사분포를 측정하기 위한 채수통으로 구성된다.

연료는 n-heptane과 ethanol을 100ml 사용하였으며, 연소용기는 단면적이 11cm × 11cm(pan1), 15.5cm × 15.5cm(pan2)를 사용하여 화염크기와 연료량에 따른 미세물분무 소화설비의 소화성능을 측정하였다. 또한, 일정한 분무량을 얻기 위하여 고압 질소로 수조를 3kg/cm²에서 10kg/cm²로 가압하여 분무하였으며, 관내의 마찰손실은 무시하였다. 미세물분무를 방사후 소화·억제효과를 확인하기 위해 열전대를 연소 pan 으로부터 10cm 간격으로 4개를 설치하였으며, 이를 A/D converter를 이용하여 화염온도를 2sec 단위로 측정하였다. 소화는 미세물분무를 방사한 후 20sec 이내 화염이 소멸되는 것을 소화로 간주하였다.

본 연구에서 사용한 첨가제는 유류화재에 효과적인 불소계 습윤제를 기초로한 수성막포 소화약제(AFFF)와 불소계 계면활성제에 고분자겔 생성물을 첨가한 내알콜포(AFFF-ATC)를 첨가하였다. 또한 선박에서 해수를 이용한 미세물분무의 적용가능성을 연구하기 위해 NaCl을 미세물분무에 소량 첨가하여 그 소화성능을 측정하였다.

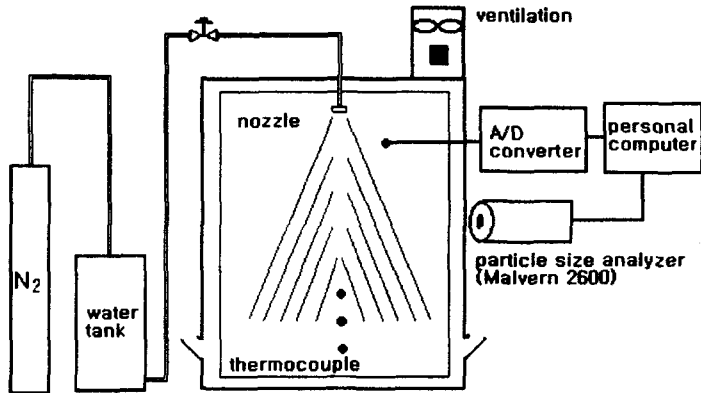


Fig. 1. Schematic of the experimental apparatus.

3. 실험 결과

Malvern 입자측정기에 의해 측정된 방사압력 변화에 따른 각 노즐의 입자크기 변화를 Fig. 2에 나타냈다. 3kg/cm²에서 TG2노즐은 가장 큰 195 μ m를 나타냈고, 7N1.5노즐은 122 μ m로 가장 미세한 입자크기를 나타냈으며, 10kg/cm²에서는 D1노즐이 144 μ m를 나타냈고 7N1.5노즐이 81 μ m를 나타냈다. Fig. 2에서 방사압력이 증가할수록 입자크기는 선형적으로 감소했다.

NaCl을 첨가한 경우 n-heptane pan1 화염의 온도변화를 Fig. 3에 나타냈다. 이때

입자크기가 $176\mu\text{m}$ 인 TG1노즐로 방사하였으며, 순수한 미세물분무의 소화시간은 19sec였다. 반면, NaCl을 첨가한 미세물분무의 화염온도는 순수한 미세물분무보다 빠른 온도 저하와 짧은 소화시간을 나타냈다. 이때 TG1노즐에서 NaCl이 2.5wt%가 첨가되었을 때 가장 짧은 소화시간인 8sec를 나타냈다. 이는 NaCl의 첨가에 의한 미세물분무 입자의 중량 증가에 의한 momentum 및 타격효과의 증가로 화염위에서의 낙하거리가 길어져 수증기 막의 형성 높이가 낮아지고, 낮은 방사압력에서도 화염으로의 침투력이 증가하여 소화시간이 짧게 나타난 것으로 판단된다.

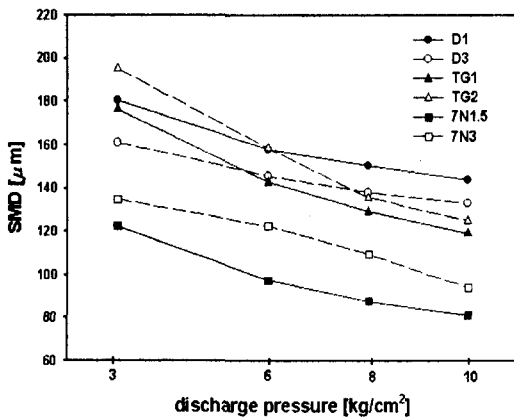


Fig. 2. Droplet size of water mist by the change of discharge pressure.

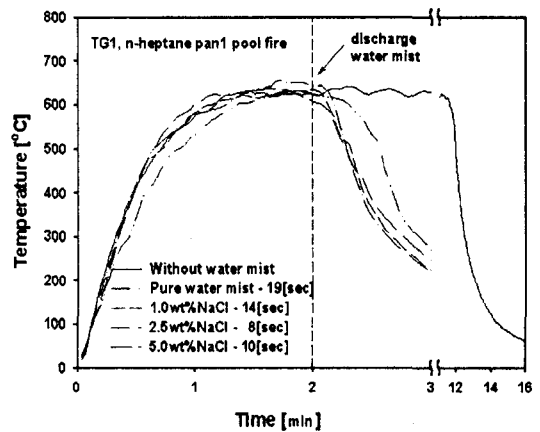


Fig. 3. Flame temperature of n-heptane pool fire by adding NaCl at TG1 nozzle.(3kg/cm²)

Fig. 4는 0.3% AFFF를 첨가한 경우 ethanol pan1과 pan2에 대한 소화시간을 측정한 결과이다. 이때 사용한 7N3노즐은 3kg/cm^2 의 방사압력에서 SMD와 유량이 $134\mu\text{m}$ 와 1.4 l/min 이다. 실험결과 7N3노즐은 순수한 미세물분무의 pan1, pan2에서 245sec, 239sec를 나타냈으며, 0.3%AFFF를 첨가한 경우 소화시간은 65sec와 78sec를 나타냈다. 이는 AFFF 첨가에 의해 ethanol 표면에서의 얇은 수성막의 형성에 의한 연료 증발억제, 화염관통에 의한 화염과 연료표면 냉각에 의해 소화효과가 상승된 것으로 판단된다.

2.5wt%NaCl과 0.3%의 AFFF를 혼합하여 D3노즐 3kg/cm^2 에서 방사한 ethanol pan1 화염의 온도 변화 측정 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 이때 순수한 미세물분무의 소화시간은 612sec 였으나, 2.5wt%NaCl과 0.3% AFFF를 혼합한 경우 139sec를 나타냈다. 이는 AFFF가 연료 표면위 수성막 형성에 의한 증발억제 및 연료로 유입되는 산소 차단과 NaCl의 첨가에 따른 중량증가에 의한 직접적인 타격효과와 낮은 수증기 막 형성으로 화염으로 유입되는 산소농도 저하에 의한 복합적 소화작용에 의해 소화효과가 77% 향상된 것으로 판단된다.

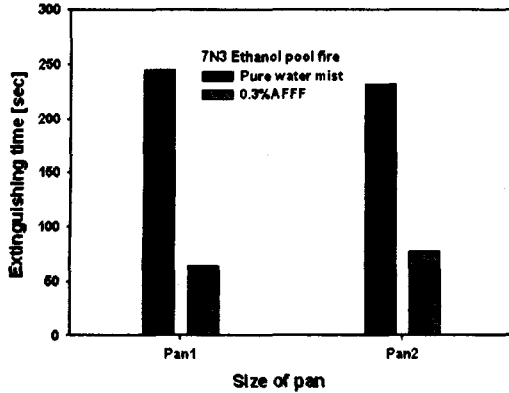


Fig. 4. Extinguishing time of ethanol pool fire by adding 0.3%AFFF for 7N3 nozzle. (3kg/cm²)

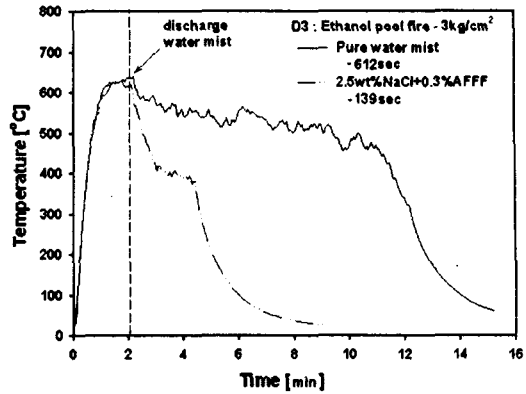


Fig. 5. Flame temperature of ethanol pool fire by adding 2.5wt%NaCl and 0.3%AFFF for D3 nozzle. (pan1, 3kg/cm²)

4. 결론

첨가제를 첨가하여 유류화재의 진압·소화특성에 대한 미세물분무의 소화성능을 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) NaCl 2.5wt% 수용액을 미립화함으로써 입자의 중량이 증가되어 수증기 막의 형성 높이가 낮아지고, 낮은 방사압력에서도 화염으로의 침투력이 증가하여 순수한 미세물분무에 의한 소화시간에서 보다 50%이상 소화효과가 향상되었다.

(2) AFFF를 첨가한 경우 ethanol 화염에서는 연료증기와의 혼합에 의한 증기농도 감소에 의해 소화가 이루어졌으며, n-heptane 화염에 대한 소화는 미세물분무에 의한 소화작용과 연료표면에서의 수성막 형성에 의한 포 고유의 소화작용이 복합적으로 발생된 것으로 판단된다.

(3) 2.5wt%NaCl과 0.3%의 AFFF를 혼합한 경우 연료 표면 위에서 수성막 형성에 의한 증발억제와 NaCl의 첨가에 따른 중량증가에 의한 직접적인 타격효과, 산소농도 저하에 의한 소화효과가 복합적으로 작용하여 소화효과가 77% 향상되었다.

참고문헌

1. 신창섭, 이경덕, “방사특성 변화에 따른 미세물분무의 소화특성”, *한국화재·소방학회*, 15(4), pp.41~48, 2001.
2. A. Jones, P.F. Nolan, “Discussions on the use of Fine Water Sprays or Mists for Fire Suppression”, *J. Loss Prev. Process Ind*, 8(1), pp.17~22, 1995.
3. “Water Spray Protection of Machinery Spaces”, U.S. Coast Guard R&D Center, Report No. CG-D-04-01, 2001.