

B-11

첨가제 농도변화에 따른 미세물분무의 pool fire 소화

김성원 · 이경덕 · 신창섭

충북대학교 안전공학과

Extinguishment for Pool Fire of Water Mist by changing Additives Concentration

Sungwon Kim · Kyoungduck Lee · Changsub Shin

Dept. of Safety Engineering, Chungbuk National University

1. 서론

환경친화성 대체소화기술의 하나로 관심을 끌며 연구되기 시작한 소화방법이 미세물분무 노즐을 이용한 미세물분무 소화설비이다.

미세물분무 소화설비는 소화약제로서 물을 사용한다는 점에 있어 스프링클러와 같다. 그러나 고압에서 물을 방사하여 DV0.99가 1,000 μm 미만의 물분무를 만들며, 전역 방출가스설비의 특성과 같이 장애물 주위를 움직이면서 소화작용을 한다는 점에서 스프링클러와 소화메카니즘이 다르다. 또 스프링클러에 비해 물입자가 작고 표면적이 크기 때문에 화염면에서의 증발특성이 우수하며, 화염속에 공급된 미세물입자는 증발되어 산소의 농도를 감소시키는 질식작용과 화염원의 온도를 저하시키는 냉각작용에 의해 소화작용을 상승시킨다.

이러한, 미세물분무의 효과적인 소화를 위해 물의 물리적 특성 개선과 함께 화학적 소화 성능을 부여함으로써 소화효과를 높이려는 연구도 활발히 진행되고 있다.

이에 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 첨가하였을 때의 성능을 평가하고자 하였다. 첨가제로는 NaCl과 AFFF를 사용하였으며 그 결과, 3kg/cm²의 낮은 방사압력에서 첨가제를 첨가한 미세물분무는 소화성능이 50% 이상 향상된 결과를 얻을 수 있었으나, 압력이 증가된 경우 소화성능은 저하되었다. 또한 AFFF를 첨가한 경우 195 μm 에서 소화성능은 50%이상 증가된 결과를 나타냈다.

2. 이론적 배경

물은 오래 전부터 널리 사용되고 있는 소화약제로 대부분의 화재는 물을 사용함으로써

소화가 가능하다. 최근에는 각종 소화약제 및 소화 설비들이 개발되어 화재를 효과적으로 진압하고 있으나 아직까지 물은 중요한 소화약제로 사용되고 있다.

또한, 물의 소화 효과 중 가장 대표적인 것은 냉각효과로 물입자의 크기가 작아지면 열전달에 이용되는 미세물분무 입자의 표면적이 넓어지므로 물과 화재 표면 사이의 열전달 속도가 증가하고 이로 인해 물방울은 빠르게 수증기로 바뀌면서 주위의 수증기 함량이 늘어나 화재의 확대가 억제되면서 소화가 이루어진다. 이러한 미세물분무에 의한 열의 흡수 능력은 연료의 증발을 막고 연소물질을 냉각하여, 20~50%까지 대기의 열용량을 증가시켜 연소가 더 이상 지속될 수 없는 약 1,600K까지 화염온도를 낮춤으로써 화재를 진압한다. 또한 물은 표면장력이 커서 화재 내부로 침투되기 어려우나 가연물 표면과 화염면에 오랜 시간 잔존하게 되므로 물이 가지고 있는 증발잠열로 인해 냉각효과를 증가시킬 수 있으며, 고압으로 방사되는 물입자는 연소표면에서의 타격효과도 커지게 된다.

3. 실험 장치 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 고압질소로 수조를 3kg/cm²로 가압하여 분무하였으며 관내의 마찰손실은 무시하였다. 미세물분무를 방사후 소화·억제효과를 확인하기 위해 열전대를 연소 pan으로부터 10cm 간격으로 4개를 설치하였으며, 이를 A/D converter를 이용하여 화염온도를 2초 단위로 측정하였다. 소화는 미세물분무를 방사한 후 20초 이내에 화염이 소멸되는 것을 소화로 간주하였다.

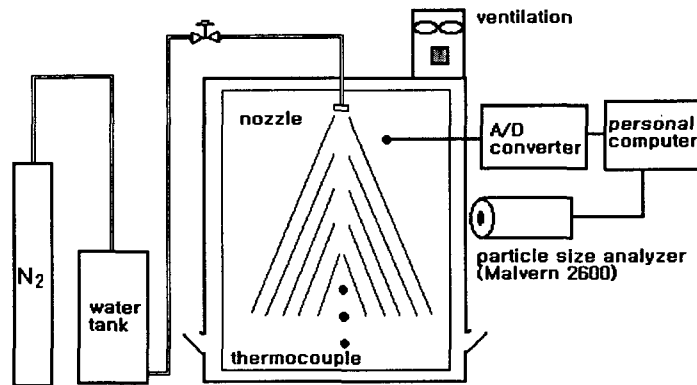


Fig. 1. Schematic of the experimental apparatus.

첨가제로는 유류화재에 적용되는 수성막포와 해수의 주성분인 NaCl을 소량 첨가하였다.

4. 결과 및 고찰

Fig. 2는 순수한 미세물분무와 2.5wt% NaCl이 첨가된 미세물분무의 방사압력 변화에 따른 n-heptane 화염의 소화시간이다. 이때 3kg/cm²과 6kg/cm²에서는 화염의 소멸시간이 순수한 미세물분무보다 증가하였으며, 방사압력이 10kg/cm²인 경우 순수한 미세물분무의 소화시간은 pan1과 pan2에서 4sec, 2.5wt% NaCl이 첨가된 경우 1sec와 3sec가 소요되었다.

Fig. 3은 n-heptane pan1 pool fire에서 순수한 미세물분무와 NaCl 2.5wt%를 첨가하였을 때 화염온도 변화이다. 순수한 미세물분무는 방사 후 화염소멸시간이 72sec였으며, NaCl 2.5wt% 첨가된 미세물분무는 34sec로 50%감소되었다.

따라서 NaCl을 첨가한 미세물분무는 ethanol과 n-heptane pan1 화염에 대하여 3kg/cm²의 낮은 방사압력에서 50% 이상의 소화시간이 단축되었다. 이는 2.5wt%의 NaCl을 첨가함으로써 미세물분무의 중량 증가에 의한 momentum 증가와 화염면으로의 침투력 증가에 의해 소화시간이 짧아진 것으로 판단된다.

0.3%AFFF를 첨가하여 ethanol pool fire에 DI노즐을 사용한 경우 화염의 온도변화를 Fig. 4에 나타내었다. 순수한 미세물분무는 방사후 60sec에 화염 온도가 400°C에서 470°C로 상승되는 현상을 나타냈는데 이는 화염으로 공기의 유입이 있기 때문인 것으로 판단되며, 0.3%AFFF의 첨가시 열전대 1에서의 화염온도는 350°C까지 지속적으로 감소되고 화염이 소멸되었다. 또한, Fig. 4에서 화염으로부터 20cm 위에 있는 열전대 2는 화염온도가 급격히 감소되는 현상을 볼 수 있다. 이는 미세물분무가 화염을 관통하여 열전대 2까지 도달된다는 것을 알 수 있다. 이때 순수한 미세물분무의 소화시간은 119sec였으며, 0.3% AFFF를 첨가한 경우 81sec를 나타냈다.

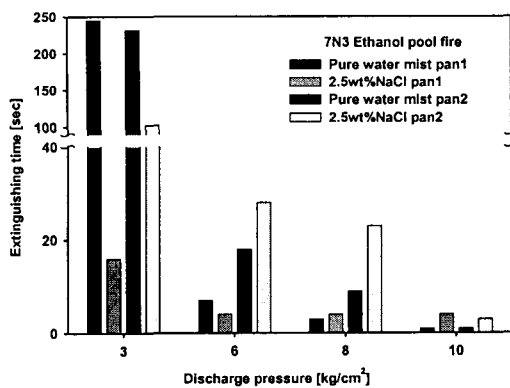


Fig. 2. Extinguishing time of ethanol pool fire by discharge pressure of 7N1.5, 7N3 nozzle for 2.5wt%NaCl additive.

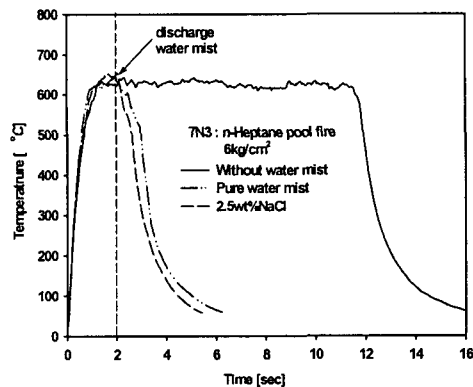


Fig. 3. Flame temperature of n-heptane pool fire by adding 2.5wt%NaCl at 7N3 nozzle(pan1, 3kg/cm²).

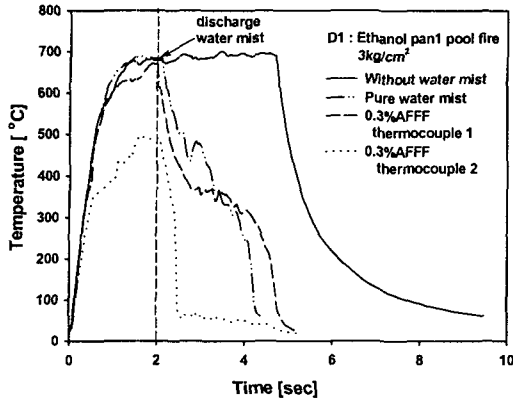


Fig. 4. Flame temperature of ethanol pool fire by adding 0.3%AFFF for D1 nozzle(3kg/cm²).

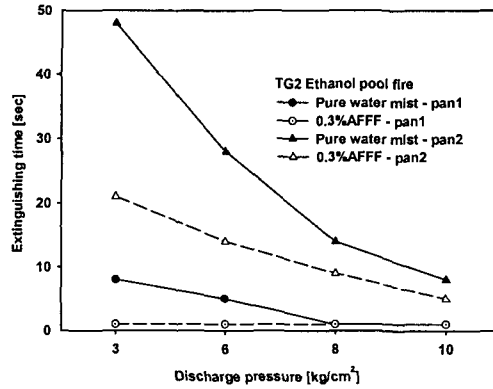


Fig. 5. Extinguishing time of n-heptane pool fire by discharge pressure for TG2 nozzle by adding 0.3%AFFF.

순수한 미세물분무와 0.3%AFFF가 첨가된 미세물분무의 압력변화에 따른 TG2노즐의 소화시간을 Fig. 5에 나타내었다. TG2노즐은 압력이 3kg/cm²에서 10kg/cm²으로 변화될 때, SMD가 195.2 μ m에서 125.1 μ m로 감소하며, 유량은 0.74 l/min에서 1.3 l/min으로 증가하는 노즐이다. 이때 순수한 미세물분무의 ethanol pan1, pan2화염의 소화시간은 3kg/cm²에서 8sec, 48sec를 나타냈으며, 0.3%의 AFFF를 첨가한 경우 pan1에서 1sec로, pan2에서 21sec로 감소되는 양상을 보였다. 이는 ethanol의 증발억제 효과, 추가적인 열 차단효과로 소화시간이 감소된 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 첨가제 농도변화에 따른 미세물분무의 pool fire 소화시 각 첨가제의 농도를 달리하여 소화성능을 시험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 3kg/cm²에서, 2.5wt%NaCl을 첨가한 미세물분무의 성능이 향상된 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 NaCl을 첨가함으로써 미세물분무의 중량 증가에 기인한 수증기막의 형성 높이가 낮아지고, momentum 증가에 따른 화염으로의 침투력 증가가 원인인 것으로 판단된다.

(2) 0.3%AFFF를 첨가하여 D1노즐 3kg/cm²로 방사한 미세물분무는 pan1, pan2에서 각각 72%, 32% 소화성능이 향상된 결과를 얻었다. 이는 AFFF에 의한 화염면에서 얇은 수성막이 형성되므로 연료의 증발억제 및 산소공급의 차단에 의한 소화가 이루어진 것으로 판단되며, 또한 화염의 중심부에 도달되는 미세물분무의 타격효과와 침투력 증가에 의해 소화시간이 감소된 것으로 판단된다.

(3) 3kg/cm²에서 TG1 노즐의 입자크기가 195 μ m인 경우 순수한 미세물분무와 비교하여 소화성능은 50% 이상 향상되었다. 이는 입자크기가 커짐으로써 화염과 연료표면에 도달되는 미세물분무의 유량밀도가 증가되고 또한 화염위에 형성되는 수성막층이 증가한 것으로 판

단된다.

참고문헌

1. 신창섭, 이경덕, “방사특성 변화에 따른 미세물분무의 소화특성,” 한국화재·소방학회, 15(4), 2001, pp. 41-48.
2. G. Grant, J. Brenton, D. Drysdale, “Fire suppression by water sprays,” Progress in Energy and Combust. Sci, 26 (2000), pp. 79-130.
3. “Water Spray Protection of Machinery Spaces,” U.S. Coast Guard R&D Center, Report No. CG-D-04-01, (2001), pp.1-83.
- 4.鈴木弘昭, 敏 “ウォーター-ミスト(マイクロフォグ)による 消火に関する研究開発(その1),” 消防検定協會 (7), 1997, 20-23.
- 5.鈴木弘昭, 敏 “ウォーター-ミスト(マイクロフォグ)による 消火に関する研究開発(その2),” 消防検定協會 (7), 1997, 23-27.
6. 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), 1995, pp. 17-22.