

나트륨 염이 첨가된 미분무수의 액체 pool fire 소화특성 Extinguishing Characteristics of Liquid Pool Fire by Water Mist Containing Sodium Salt

박재만 · 신창섭†
Jae-Man Park · Chang-Sub Shin†

충북대학교 안전공학과
(2005. 5. 25. 접수/2005. 8. 20. 채택)

요 약

본 논문에서는 금속염 첨가제를 함유한 미분무수의 소화성능을 연구하고자 아세트산 나트륨을 함유한 단일 액적의 증발속도를 측정하였으며, small-scale 챔버내에서의 헵탄 pool fire에 대한 소화실험을 실시하여, 화염의 온도를 분석함으로써 첨가제에 의한 미분무수 소화특성을 분석하였다. 순수물과 수용액의 증발특성을 비교한 결과 핵비등 영역에서 온도가 높을수록 용해된 첨가제의 석출 및 표면장력의 변화 등 물리적 영향으로 순수물에 비해 수용액의 증발속도가 현저히 느리게 나타났다. 소화실험 결과, 저압에서는 물 액적이 화염의 플럼을 뚫지 못하기 때문에 소화는 이루어지지 않았고 단순히 화염의 크기를 작아지게 하였다. 중압에서는 첨가제를 넣었을 경우 액적의 운동량 증가에 따른 물리적 소화효과와 첨가제의 화학적 소화효과가 상승작용을 하여 화염을 억제하였고, 고압에서는 미분무수 시스템의 주요 소화 메커니즘 이외에도 blowing 효과에 의해서 화염이 소화되는 것을 관찰할 수 있었다.

ABSTRACT

An experimental study is presented for extinguishing characteristics of liquid fuel fire by water mist containing sodium acetate trihydrate. To evaluate the extinguishing performance of water mist containing an additive, the evaporation characteristics of a water droplet on a heated surface was examined. The evaporation process was recorded by a charge-coupled-device camera. Also, small-scale extinguishing tests were conducted for *n*-heptane pool fire in ventilated space to measure flame temperature variation. The average evaporation rate of a water droplet containing an additive was lower than that of a pure water droplet at a given surface temperature due to the precipitation of salt in the liquid-film and change of surface tension. In case of using an additive, the flame temperature was lower than that of pure water at a given discharge pressure and it was because the momentum of a water droplet containing an additive was increased reducing flame size. And also dissociated metal atoms, sodium, were reacted as a scavenger of the major radical species OH[·], H[·] which were generated for combustion process. Moreover, at a high pressure of 4MPa, the fire was extinguished through blowing effect as well as primary extinguishing mechanisms.

Keywords : Water mist, Additive, Sodium acetate trihydrate, Evaporation

1. 서 론

1987년의 몬트리올 의정서¹⁾에 의거 할론의 생산 및 사용이 금지되고 있는 상황에서 대체 소화약제의 개발에 대한 요구가 증가하고 있고, 이에 따라 환경에 무해한 청정소화약제인 물에 대해서 새로운 관심이 고조

되고 있다. 그런데 일반 스프링클러나 기존의 물분무 소화설비는 유류화재나 전기화재, 특히 최근 증가하는 식용유화재(주방화재, K급)에 적용할 수 없을 뿐만 아니라 대량의 물을 사용하기 때문에 소화 후 물에 의한 2차적 피해가 발생하는 단점이 있다.

한편 미분무수는 물 액적의 $Dv_{0.99}$ 가 1000 μm 이하인 물분무²⁾로 소화 후 수손피해가 적고 일반화재, 유류화재, 전기화재 등에 적용이 가능하기 때문에 가스

† E-mail: csshin@chungbuk.ac.kr

계 소화설비의 대체 소화설비로써 일반적으로 간주되고 있다. 미분무수의 주요 소화 매커니즘은 가연물 표면 혹은 화염의 열을 제거하는 냉각효과, 물 액적의 증기로의 증발에 따른 부피팽창에 의한 공기내 산소의 희석효과, 화염과 가연물 사이의 복사열 차단에 의한 화염전파 속도를 감소시키는 효과로 볼 수 있다³⁾.

소화약제로써 물의 특징은 큰 비열로 인해 많은 열을 흡수할 수 있으며, 증발잠열이 크기 때문에 증기로 기화시 주위로부터 많은 열을 흡수하여 가연물을 냉각시킨다. 이러한 물의 소화성능을 향상시키기 위해서 첨가제의 사용과 같은 방법이 시도되어 왔는데, 가장 광범위하게 사용되고 있는 것이 포소화약제이다.

한편 Lazzarini 등⁴⁾은 수산화나트륨을 첨가제로 하여 미분무수의 소화성능 향상에 관한 연구를 통해 할론 1301(CF₃Br)에 비해 알칼리 금속이 더 강한 화학적 효과로 인해서 소염성능이 증대된다고 보고하였다. Finnerty 등⁵⁾은 전투차량에 설치되는 물분무 소화시스템의 적용을 위한 실험에서 한랭한 지역에서 사용시 소화약제의 동결방지가 중요한 사항이며, 이를 해결하기 위해 특정한 첨가제를 물에 혼합할 경우 동결문제를 해소할 수 있을 뿐만 아니라 화재억제 효과도 증대시킬 수 있다고 보고하였다.

노즐로부터 생성된 물 입자는 고압으로 방수될 경우 충분한 운동량을 지니게 되고 화염의 부력을 뚫고 심부까지 도달하여 연료표면의 냉각 및 화염의 냉각을 통해 소화에 이르게 할 수 있다. 그러나 Downie 등⁶⁾이 연구한 바에 의하면, 미립화된 물 액적이 충분한 운동량을 갖고 있지 않을 경우 화염의 플럼에 대한 침투력이 저하되어 물 액적이 화염의 심부까지 도달하지 못하고 화염 주위로 빙겨나가 결국에는 방수되는 대부분의 미분무수가 소화활동에 사용되지 못한다고 하였다.

화염으로부터 빙겨나간 물 액적은 주위의 가열된 고체 표면에 충돌하게 되고 증발과정을 통하여 간접적으로 소화활동에 관여하게 되는데, 표면을 냉각하여 화염속도를 늦출 뿐만 아니라 증발된 액적이 다시 화염으로 유입되어 화재억제 기능을 수행하므로 주위 가열된 표면에서 액적의 빠른 증발이 요구된다. 또한 첨가제를 함유한 물은 화학적 혹은 물리적인 영향에 의해서 소화효율을 향상시키며, 액적의 증발과 생성과정에도 영향을 끼치는데, 첨가제에 의해서 물의 증기압이 낮아지고 증발을 위한 물질전달을 방해하고 비등점을 상승시키는 등 물의 물리적 특성을 변화시킨다.

최근 미분무수 소화설비의 주요 해결 문제 중 하나는 저압시스템에서의 효율향상인데, 이는 기존의 스프링클러 설비와의 호환성과도 관련이 있는 것으로, 이

러한 저압시스템에서의 미분무수의 소화성능을 향상시키기 위한 방법 중에서 첨가제를 이용하는 것은 충분히 고려할 수 있는 것으로 금속염 첨가제를 함유한 물 액적은 질량 증가에 따른 운동량 증가로 인해 미분무수의 화염에 대한 침투력을 향상시킬 것으로 예상할 수 있다⁷⁾.

따라서 미분무수의 물리·화학적 소화성능 향상과 사용상의 단점을 극복하기 위해서 첨가제의 사용이 중요하며, 이러한 첨가제가 소화작용에 어떠한 영향을 끼치는지 분석하는 것이 필요하다. 그리고 이에 함께 물 액적의 증발특성에 관한 연구를 수행하여 첨가제를 함유한 단일 액적의 소화작용에의 영향을 고려하여야 한다.

본 논문에서는 금속염 첨가제를 함유한 미분무수의 소화성능을 연구하고자 아세트산 나트륨을 함유한 단일 액적의 증발속도를 측정하였으며, small-scale 챔버 내에서의 헵탄 pool fire에 대한 소화실험을 실시하여, 화염의 온도를 분석함으로써 첨가제에 의한 미분무수 소화특성을 분석하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 단일액적 증발 실험

Fig. 1에 본 연구에서 사용한 액적 증발 실험장치를 나타내었다. 액적은 syringe pump를 이용하여 0.001 ml/s로 생성하였고, needle 끝에서 액적 자체의 무게에 의하여 분리되어 5 cm 직경의 가열된 stainless-steel (SUS 304) 표면에 떨어지게 된다. Steel 표면은 P.I.D controller에 의해서 제어되는 heater로 가열하였으며, 표면으로부터 1.5 mm 깊이에 K-type 열전대를 삽입하여 표면

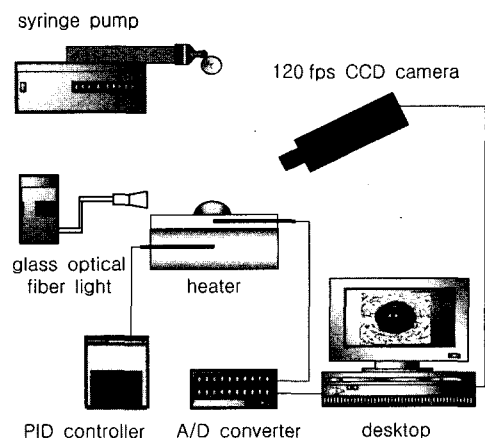


Fig. 1. Schematic of evaporation experiment set-up.

의 온도를 측정하였다.

액적의 증발시간은 초당 120 프레임의 영상을 취득할 수 있는 charge-coupled-device(CCD) 카메라를 사용하였고, 카메라에 부착된 렌즈는 zoom 렌즈를 사용하여 액적 영상을 보다 정밀히 관찰하였다. 조명은 150 W의 할로겐 back-light를 사용하였으며, steel 표면을 거울효과를 내기 위해 연마하였기 때문에 광원의 조도보다는 조명과 카메라가 이루는 각도가 영상을 촬영하는데 있어서 중요한 변수로, 본 실험에서는 수평 표면으로부터 카메라가 이루는 각도를 30도로 하였다. 그리고 glass optical fiber로 이루어진 광원을 사용하였기 때문에 조명으로부터 발생하는 열은 미비하여 액적 증발에 영향을 끼치지 않았다.

한편, 본 실험에서는 수용액 중의 물의 길보기 증발시간을 액적 표면상의 물이 증발하는 시간으로 정의하여 분석하였다. 증발실험은 순수물과 아세트산 나트륨 수용액에 대해서 실시하였으며 순수물은 증류수를 사용하였고, 수용액은 증류수에 아세트산 나트륨을 중량비로 10% 비율로 용해하여 제조하였다.

2.2 미분무수 소화실험 및 물성측정

소화실험은 Fig. 2에 나타냈듯이 스테인리스강 재질의 환기가 원활한 연소실(0.75 m×0.75 m×1.3 m)에서 수행되었다. 연소실의 전면은 소화현상을 관찰할 수 있도록 강화유리로 제작하였으며, 좌우 하부에 개구부(0.5 m×0.1 m)를 설치하여 0.58 m³/s의 유량으로 상온의 주변공기가 유입될 수 있도록 하였다. 연료팬(0.15 m×0.15 m×0.05 m)은 연소실 바닥의 중앙에 위치하였고, 화염의 온도 측정을 위해 연료팬 상부 5 cm 높이에 K-type 열전대를 설치하였으며 A/D 컨버터를 통해서 personal computer로 1초마다 화염의 온도가 저장되었다. 점화 후 180 sec 후에 미분무수를 방출하였으며 각각의 소화실험은 반복실험을 통해서 평균적인 소화

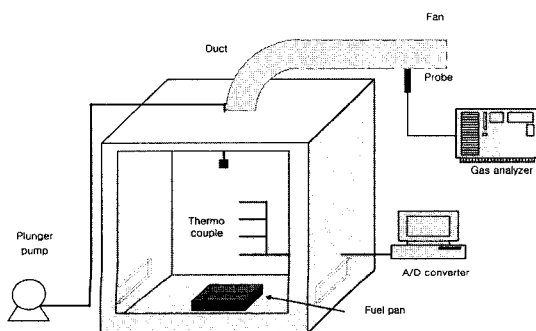


Fig. 2. Schematic of extinguishing experiment set-up.

시간 및 화염온도를 얻을 수 있도록 하였다.

미분무수가 방수되지 않는 조건에서 자유연소를 통한 300 ml 탭 pool fire의 연소속도를 측정하였고, 이를 통해 평균연소속도(mean burning rate, kg/m²s)와 열방출률(heat release rate, kW)을 계산하였다⁸⁾. 실험에 사용된 미분무수 노즐은 바닥으로부터 1.1 m 높이에 설치하였다. 플린저 펌프를 사용하여 1.2, 2, 4 MPa의 가압수를 생성하였고 노즐 상부에 압력계를 설치하여 정확한 방수압력을 측정할 수 있도록 하였다.

첨가제를 넣지 않은 물에 대해서 액적 크기 분포는 광산란 기법을 이용한 Malvern 입자 측정 장치(Mastersizer S)로 노즐로부터 하방 1 m 높이에서 방수압력 2, 4 MPa에서 측정하였고, 노즐의 분무각은 3CCD digital video camera(SONY DCR-VX 1000)를 이용하여 실험압력 2, 4 MPa에서 약 10회씩 촬영하였다.

첨가제에 의한 소화효율을 분석하기 위해서 아세트산 나트륨을 중량비율 10%로 순수물에 용해하여 첨가제를 넣지 않았을 경우의 소화특성과 비교하였다. 또한 순수물에 첨가제를 용해시킬 경우 소화약제의 물리적 성질 변화를 측정하기 위해서 증류수 및 첨가제를 용해한 수용액의 밀도, 점도, 표면장력, 어는점, pH(수소이온농도)를 측정하였다. 표면장력은 Du Noüy ring 법을 이용한 tensiometer(SEISAKUSHO, LTD. 514-B2)를 사용하여 측정하였고 밀도와 점도는 각각 비중병과 Ostwald 점도계를 이용하여 측정하였다. 물질의 어는점은 bath circulator에 10 ml 용액을 넣은 시험관을 담그고 냉각하여 일정온도에서 유리막대로 휘저어 결정이 석출되었을 때의 온도를 읽되 3회 반복 측정하여 평균값을 어는점으로 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 첨가제에 의한 소화약제의 물성변화

Table 1에는 실험에 사용된 순수물과 수용액의 물리적 특성치 값을 측정하여 나타내었다.

수용액의 밀도는 10 wt.% 나트륨염의 경우 1029.23 kg/m³으로 순수물에 비하여 3.1% 증가하였다. 밀도의 증가는 소화를 위한 분무시 액적의 운동량을 그만큼 증가시킬 수 있는 효과가 있고 이에 따라 화염면으로의 액적의 침투를 증가시킬 수 있어 소화효율을 높일 수 있다.

수용액의 점도는 약 12.4% 증가한 것으로 나타났는데, 일반적으로 순수물은 유동성 때문에 소화대상물에 오래 부착되어 있지 못하다. 따라서 물의 점도를 증가 시킴으로써 유실을 막아 건물, 수목 등의 입체면에 부

Table 1. Physical properties of the solution

Fluid	Density @20°C (kg/m ³)	Dynamic viscosity @20°C (Ns/m ²)	Surface tension @20°C (N/m)	Freezing point (°C)	pH @20°C
Distilled water	998.23	0.00089	0.072	0	7.0
10% Na-acetate	1029.23	0.00100	0.076	-8	8.8

착되어 잔류하면 소화효과가 높아진다.

표면장력은 순수물에 비해서 5.6% 증가하였고, 소화시 표면장력의 증가는 소화작용에 복합적인 영향을 줄 수 있는데, 일반적으로 계면활성제를 1% 이하로 첨가하여 표면장력을 저하시킴으로써 물의 침투, 흡수작용을 강화한다.

수용액의 어는점은 나트륨염을 10 wt.% 첨가함에 따라 -8°C로 떨어졌고, 또한 pH는 첨가제의 영향으로 약한 염기성을 나타내었다. 소화약제가 염기성을 띠게 되면 환경적으로 유해할 뿐만 아니라 장비의 부식을 유발하는 결과를 초래한다.

위와 같이, 소화효율을 향상시키기 위한 방법으로써 첨가제의 사용은, 우선적으로 물성치의 변화를 측정하여 그 장단점을 파악해야 한다.

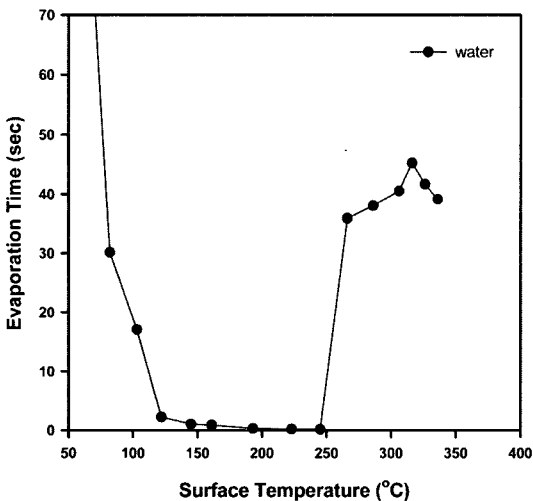
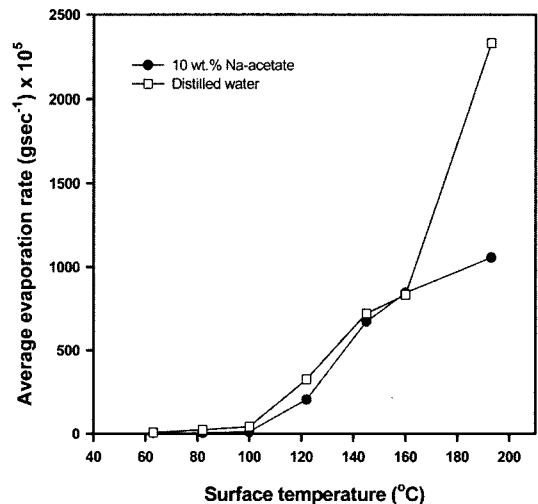
3.2 액적 증발 특성

Fig. 3은 가열표면 온도의 함수로써 나타낸 순수물 액적의 증발시간 곡선이다. 증발시간을 측정하기 위해서 액적은 steel 표면에 부드럽게 놓여지며, 20°C 온도 간격으로 증발시간을 측정하였다. Bernardin 등⁹⁾이 지적한 바와 같이, 액적의 증발시간을 측정함에 있어서

불확실도는 일련의 반복된 실험을 통하여 감소될 수 있으며, 본 실험에서는 각 온도에서의 증발시간을 세 번 측정하여 이의 평균값을 나타내었다.

액적 직경이 2.4 mm 정도인 순수물의 비등영역을 온도별로 구분하면, 100°C 미만에서는 자연대류에 의한 증발이며, 100°C에서 대략 240°C 정도까지는 핵비등에 의한 증발, 240°C에서 320°C까지는 천이비등영역이고, 320°C 이상에서는 막비등 현상이 관찰되었다. Leidenfrost 현상은 320°C 부근에서 목격되었다. 액적의 최소 증발 시간은 핵비등이 끝나는 온도인 240°C 부근에서 나타났다.

막비등 영역에서는 액적이 표면을 덮지 못하고 과열된 상태로 회전타원체형 물방울을 형성하여 돌아다니게 되며, 이러한 이유로 가열된 고체 표면을 효과적으로 냉각하지 못하게 된다. 따라서 실제로 액적의 증발에 의한 냉각 효과는 핵비등 이하 영역에서 중요한 사항이 되므로 순수물과 수용액에 대해서 핵비등 온도 이하에서의 평균증발속도를 비교하여 Fig. 4에 나타내었다. 각각의 온도에서의 액적의 평균증발속도는 단일 액적 내에 함유된 순수물의 중량을 증발시간으로 나눈 값으로 정의하였다. 수용액의 경우 함유된 물의 절대

**Fig. 3.** Evaporation lifetime of water by the temperature.**Fig. 4.** Average evaporation rates at different temperatures.

량이 순수물에 비해서 그 비율만큼 적기 때문에 냉각 효율을 비교하기 위해서는 증발속도를 비교하는 것이 타당하다.

Fig. 4에서 보듯이 자연대류에 의해서 증발이 이루어지는 영역, 100°C 이하의 온도에서는 순수물과 수용액의 성능을 비교하는 것이 무의미할 정도로 값의 차이가 나지 않는다. 그러나 핵비등 영역인 100°C에서 200°C 부근에서는 순수물과 수용액의 증발속도가 차이를 나타내고 특히 160°C 이상에서는 큰 차이를 나타낼 수 있다.

증발속도의 차이는 수용액에 용해되어 있는 용질들이 증발에 의해 표면으로 석출되고 이로 인해 액적 내부로의 열 및 물질전달을 방해하는 인자로 작용하기 때문이다. 또한 첨가제에 의해서 비등점이 상승하게 되고 이로 인해 동일 온도에서 포화증기압이 감소되므로 액적 밖으로 방출되는 수증기의 양이 줄어들어 증발속도의 차이를 나타내게 된다.

순수물의 경우 핵비등이 시작되는 100°C부터 증발속도가 증가하여 200°C에서 크게 증가하고 있으며 이러한 현상은 막비등 영역으로 들어가기 전까지 나타나고 있다. 그러나 이에 반하여 수용액의 증발속도는 선형적인 증가를 나타내었으며 이는 온도가 높은 만큼 더 빨리 첨가제의 석출이 이루어져 열저항으로 작용하는 이유에서이다.

3.3 분무 및 소화 특성

Malvern 입자 측정 장치를 이용하여 노즐로부터 1 m 떨어진 지점에서 측정한 체적 중간값 직경(volume median diameter, $Dv_{0.5}$)은 방수압력 2 MPa에서 96 μm , 4 MPa에서 91 μm 이었으며, 압력증가에 따라 입자의 크기($Dv_{0.5}$)는 평균적으로 5.2% 감소하였다.

또한 실험상의 작동압력 1.2, 2, 4 MPa에서 노즐로부터 방수되는 유량은 평균적으로 각각 0.42, 0.54, 0.72 l/min이었다. 압력증가에 따라 분무각은 변하지 않았으므로 단위면적당 방수되는 유량밀도는 증가하는 것을 알 수 있었다. Table 2에 실험에 사용된 노즐의

Table 2. Specifications of the tested nozzle

	1.2 MPa (Low)	2 MPa (Intermediate)	4 MPa (High)
Droplet size, $Dv_{0.5}$ (μm)	·	96	91
Spray angle (degree)	·	55	55
Orifice diameter (mm)	0.7	0.7	0.7
Flow rate (l/min)	0.42	0.54	0.72

Table 3. Fire out times of *n*-heptane pool fire

		1.2 MPa (Low)	2 MPa (Intermediate)	4 MPa (High)
Tap water	1st	7'29"81	6'33"85	3'44"08 ^{a)}
	2nd	7'29"80	6'04"66	3'10"52 ^{a)}
	3rd	7'01"54	6'11"19	3'31"29 ^{a)}
10wt.% Na-acetate	1st	7'16"71	6'25"34	3'12"22 ^{a)}
	2nd	7'14"06	6'20"41	3'04"87 ^{a)}
	3rd	7'20"43	6'30"72	3'07"36 ^{a)}

^{a)}fire extinguished.

분무특성을 나타내었다.

미분무수가 방수되지 않는 조건에서 자유연소를 통한 헵탄 pool fire의 연소속도를 측정된 결과, 평균연소속도는 0.025 kg/m²s, 열방출률은 25.09 kW이었다. 300 ml의 헵탄을 자유연소 시킬 경우 평균적으로 380 sec(6'20")동안 연소가 이루어졌다. Table 3에는 각 경우에 있어서의 화염이 소화 혹은 소멸되는 시간을 나타내었다.

첨가제를 넣지 않은 일반 수돗물의 경우는 고압(4 MPa)에서만 화염이 소화되었고, 저압(1.2 MPa)에서는 자유연소시 보다 더 오랫동안 연소가 지속되었으며, 중압(2 MPa)에서는 자유연소시와 비슷한 화염소멸 시간을 나타내었다.

노즐로부터 방수되는 물 액적의 운동량이 화염의 플럼을 뚫을 만큼 충분치 못한 경우, 액적은 화염 주변으로 빙겨나가 화염을 감싸게 되고 이로 인해 열방출률과 연료의 연소속도는 줄어들게 된다. 따라서 Fig. 5에서 알 수 있듯이 본 실험에서 저압의 경우 헵탄의 총 연소시간은 늘어나게 되었고¹⁰⁾, 이러한 현상은 첨가제를 넣었을 경우 저압에서 좀더 뚜렷이 나타나는데 나트륨에 의한 부촉매 효과 및 단일 액적의 평균증발속도 감소로 인해서 연소가 더욱 지연되었기 때문이다.

중압의 경우 첨가제 사용의 유무에 관계없이 화염은 소화되지 않았으나, 첨가제 사용시 화염의 온도가 다소 낮게 나타났고, 또한 각 경우에 있어서 연소시간은 자유연소시와 비슷한 화염소멸 시간을 나타내었다.

물 액적이 화염의 플럼을 뚫고 화염의 심부까지 도달한 경우, 연소반응은 순간적으로 격렬하게 진행되어 화염이 확대되는 flare-up 현상이 발생한다. Flare-up 현상은 연료표면에서의 물 액적의 충돌 혹은 미분무수와 함께 유입되는 공기에 의해서 발생하는데, 많은 경우 화염의 순간적인 소화가 이루어지기도 하지만 그렇지 않으면 화염은 격렬하게 지속된다. Fig. 5, 6에서 중압

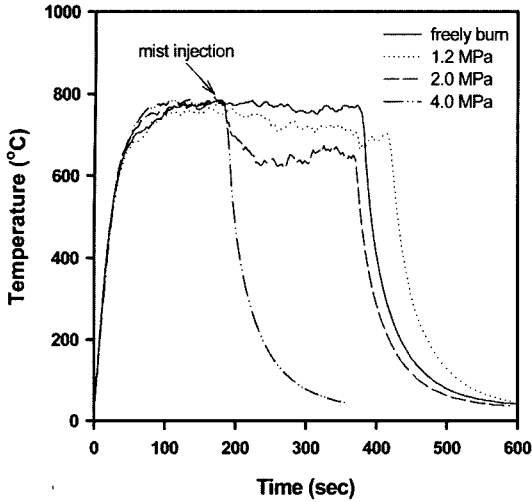


Fig. 5. Flame temperature variation of *n*-heptane pool fire under water mist application.

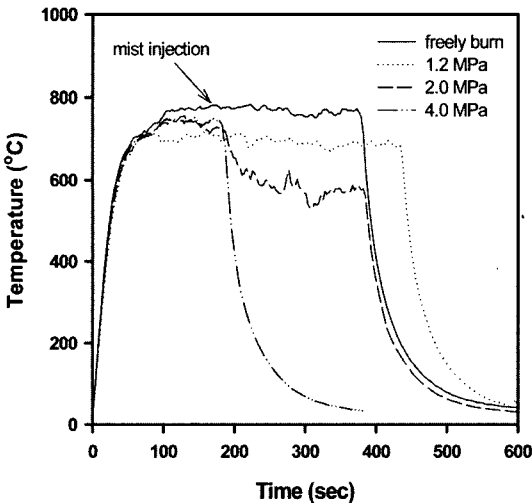
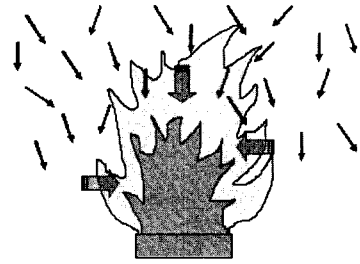


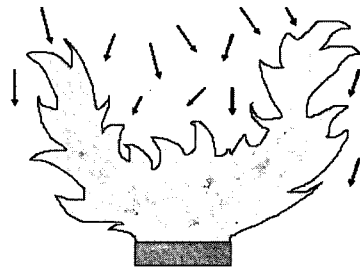
Fig. 6. Flame temperature variation of *n*-heptane pool fire under water mist application containing 10 wt.% Na-acetate additives.

의 경우 소화는 되지 않으면서 연소시간이 저압, 자유 연소시 보다 더 짧아진 것은 이상과 같은 이유에서이다.

Fig. 7는 본 연구를 통해 관찰된 저압 및 중압에서의 미분무수의 소화 메커니즘을 나타낸 것이다. 그림에서 (a)는 저압에 있어서의 화염의 형상이며 (b)는 중압에 있어서의 화염의 형상이다. 앞서서도 언급하였듯이 저압에서는 전체적인 화염의 크기가 작아지며 화염의 거동 또한 안정적인 형태를 띠며 연소가 이루어진



(a) Low pressure



(b) Intermediate pressure

Fig. 7. Interaction of water mist with liquid pool fire flame.

다. 반면 일정압력 이상(중압)에서는 flare-up 현상에 의해서 간헐적으로 화염이 확대되며 매우 불안정한 화염의 거동을 나타내었다. 고압의 경우는 위에서 설명한 소화 메커니즘 이외에도 blowing(연료표면의 유증기를 날려버리는 것) 효과에 의해서 화염이 소화되는 것을 관찰할 수 있었다¹¹⁾.

소화성능 향상을 위한 목적으로 첨가제를 사용하는 것은 Yang 등¹²⁾의 연구결과를 고려할 필요가 있다. 즉 첨가제를 함유한 물 액적이 화염의 플럼을 뚫고 화염의 중심부까지 도달한다면, 염에 의한 화학적인 효과로 소화활동이 증진되어 첨가제에 의한 물 액적의 증발속도의 감소는 소화활동에 중요한 인자가 되지 않는다. 그러나 본 실험의 저압에서의 결과와 같이 물 액적의 운동량 부족으로 액적의 대부분이 화염으로부터 빗겨난다면 첨가제에 의한 화학적 소화효과는 최소 혹은 상실하게 되고 단위 시간에 더 적은 양의 수증기가 생성되어 소화활동에 단점으로 작용할 수 있다.

4. 결 론

본 연구는 첨가제를 함유한 미분무수의 소화성능을 분석하기 위해서 아세트산 나트륨을 중량비로 10% 첨

가하여 수용액의 증발실험 및 소화실험을 실시하였다.

순수물과 수용액의 증발특성을 비교한 결과 핵비등 영역(100°C~240°C)에서 온도가 높을수록 순수물에 비해 수용액의 증발속도가 현저히 느리게 나타났다. 이는 용해되었던 첨가제가 고열 분위기에서 석출됨에 따라 열 및 물질전달의 방해 인자로 작용했기 때문이며, 또한 표면장력의 변화 등 물리적 영향으로 판단된다.

25 kW급의 헵탄 pool fire에 대한 소화실험을 수행하여 화염의 온도 및 소화시간을 측정된 결과, 저압(1.2 MPa)에서는 유량밀도 및 운동량 부족으로 인해 물 액적이 화염의 플럼을 뚫지 못하기 때문에 소화는 이루어지지 않았고, 단순히 화염의 크기를 작아지게 하였다. 중압(2 MPa)에서는 소화는 되지 않았으나 flare-up 현상 등에 의해서 연소시간이 저압에 비해 짧아졌으며, 첨가제를 넣었을 경우 화염의 온도가 좀더 낮게 나타났는데 이는 나트륨 염에 의한 화학적 소화효과로 인한 것으로 판단할 수 있다. 고압(4 MPa)에서는 미분무수 시스템의 주요 소화 메커니즘 이외에도 blowing 효과에 의해서 화염이 소화되는 것을 관찰할 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2005년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었습니다.

참고문헌

1. United Nation . Environmental Program (UNEP), "Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer(1987).
2. NFPA 750 : Standard on Water Mist Fire Protection Systems. National Fire Protection Association, (2003).
- 3) Z. Jiang, W. K. Chow, J. Tang, and S. F. Li, "Pre-Liminary Study on the Suppression Chemistry of water Mists on Poly(methyl methacrylate) Flames",

Polymer Degradation and Stability, Vol. 86, Issue 2, pp.293-300(2004).

4. H. K. Chelliah, A. K. Lazzarini, P. C. Wanigarathne, and G. T. Linteris, "Inhibition of Premixed and Non-premixed Flames with Fine Droplets of Water And Solutions", Proceedings of the Combustion Institute, Vol. 29, pp.369-376(2002).
5. A. E. Finnerty, R. L. McGill, and W. A. Slack, "Water-based Halon Replacement Sprays", ART-TR-1138, U.S. Army Research Lab.(1996).
6. B. Downie, C. Polymeropoulos, and G. Gogos, "Interaction of a Water Mist with a Buoyant Methane Diffusion Flame", Fire Safety Journal, Vol. 24, pp.359-381(1995).
7. B. A. Williams and J. W. Fleming, "Suppression Mechanisms of Alkali Metal Compounds", Halon Options Technical Working Conference, pp.157-169(1999).
8. M. B. Kim, Y. J. Jang, and M. O. Yoon, "Extinction Limit of a Pool Fire with a Water Mist", Fire Safety Journal, Vol. 28, pp.295-306(1997).
9. J. D. Bernardin and I. Mudawar, "The Leidenfrost Point : Experimental Study and Assessment of Existing Models", Trans. ASME J. Heat Transfer, 121, pp.894-903(1999).
10. B. Yao, W. Fan, and G. Liao, "Interaction of Water Mists with a Diffusion Flame in a Confined Space", Fire Safety Journal, Vol. 33, pp.129-139(1999).
11. A. K. Kim, "Improvement of Water Mist Performance with Foam Additives", Proceedings of Fire Suppression and Detection Research Application Symposium, pp.439-447(2001).
12. M. D. King, J. C. Yang, W. S. Chien, and W. L. Grosshandler, "Evaporation of a Small Water Droplet Containing an Additive", Proc. of the ASME National Heat Transfer Conference, Baltimore, (1997).