

미분무수 첨가제의 소화효과 비교

김승일 · 신창섭^{*†}

한국소방안전협회 · ^{*}충북대학교 안전공학과
(2013. 7. 26. 접수 / 2013. 10. 10. 채택)

Comparison of Fire Extinguishing Effects for Water Mist Additives

Seung Il Kim · Chang Sub Shin^{*†}

Korea Fire Safety Association · ^{*}Department of Safety Engineering, Chungbuk National University
(Received July 26, 2013 / Accepted October 10, 2013)

Abstract : In order to improve extinguishing performance of water mist, many studies of additives have been conducted. In this study, viscosity agent which has the ability to improve extinguishing performance by adhering to the surface on fire was used and fluorine-free surfactant was also added to water to enhance water's wetting ability. This study aimed to verify optimal concentration of extinguishing of additives according to fire source and extinguishing performance by comparison with pure water. In case of wood crib fire, the results show that flame suppression and extinguishing time of sodium alginate 0.4 wt.% are 3.4 times and 2.2 times shorter than those of pure water in 0.2 MPa respectively. It seems that large amount of water adhere to surface on fire, thus cooling effect on surface was enhanced. Also water consumption of sodium alginate 0.4wt.% is up to 65% lower than that of pure water. In case of heptane fire, extinguishing time of cocobetaine 0.1 wt.% is 9.7 times shorter than that of pure water in 0.2 MPa. It is thought that because cocobetaine can block oxygen and suppress oil mist by making emulsion film on fire surface due to a low surface tension. On the other hand, water consumption of cocobetaine 0.1 wt.% is 92% lower than that of pure water.

Key Words : viscosity agent, adhesion, cooling effect, extinguishing, wetting

1. 서론

소화약제로서의 물은 어디서나 쉽게 구할 수 있는 경제성 있는 재료이며 물의 비열은 4.18 J/g · °C, 기화열은 2,253 J/g으로 분말소화약제, CO₂ 및 할론 등 다른 소화약제와 비해 탁월한 열 흡수 능력을 가지고 있고, 기화시 약 1,670배의 수증기가 팽창, 공기 중의 산소를 밀어내는 질식소화의 효과도 있다. 미분무소화설비의 화재안전기준에 의하면 미분무수의 입자크기는 헤드로부터 방출되는 물 입자 중 99%의 누적체적분포가 400 μm이하로 정의되어 물분무소화설비보다 더 미세한 입자크기를 요구하고 있다. 특히, 미분무수 소화설비에 대한 연구는 할론소화약제가 1992년 몬트리올 의정서에 의거 지구온난화 및 오존층 파괴지수가 높은 물질로 분류되어 더 이상의 추가생산 및 사용이 금지되면서 활발히 진행되어왔다. 이러한 미세한 입자크기에 의한 소화수로서의 장점은 미세 물입자에 의한 질식 및 냉각, 복사열 차폐 등의 소화작용으로 유류 및 전기화재에도 적용이 가능하다는 점이다. 반면 미세한 물입자로 인해 충분한 운동량을 갖지 않을 경우 화염의 플럼에 대한 침투력 저하로 소화효과가 떨어진다는 단점이 있다¹⁾.

이러한 단점을 보완하고자 미분무수에 첨가제를 함유함으로써 질량증가에 따른 운동량 증가로 화재표면으로의 침투가 용이함과 동시에 첨가제의 화학적 효과인 연쇄반응 억

제도 기대할 수 있는 연구도 보고되고 있다²⁾.

그러나 20°C에서 물의 점성은 1 mPa·s이며 이에 비해 우유는 3 mPa·s, 꿀은 10,000 mPa·s, 케첩은 50,000 mPa·s 정도의 점성을 가지고 있지만 물이 가지고 있는 점성 자체가 상대적으로 낮아 이러한 소화약제로서의 큰 장점에도 불구하고 화재표면에 물을 방사시 직접 소화에 이용되는 물보다 흘러내리는 물의 양이 훨씬 많아 완전진압을 위해 더 많은 물이 필요하게 된다.

물분무소화설비 등과 같이 고정된 소화설비에 의한 소화는 아니지만 실제 소방관들의 화재진압시 화재대상의 완전진압을 위해 소모되는 물의 양은 상당하다. 한 연구에 따르면 2007년 한해 소방관들의 화재진압시 사용된 물의 양은 약 2백 6십여만톤³⁾에 이른다. 이는 소방용수, 비상시 급수차에 의한 용수 등 공공수량의 공급량 중 약 6%를 차지한다. 건물이나 시설 등에 설치된 수계소화설비에 사용되는 물까지 포함한다면 낭비 또는 소실되는 물의 양은 증가할 것이라 예상할 수 있다.

따라서 소실되는 물의 양을 줄이고 소화에 직접 작용할 수 있도록 물에 증점제를 첨가, 방사 시 화재표면에 점착되도록 하는 연구가 진행되고 있는데, 이는 오랜 시간 물이 표면에 점착됨으로서 냉각효과를 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라 재발화 방지에도 도움을 줄 수 있다. 또한 화재 주변에 방사 시 보호층을 형성하여 화재확대를 억제하는 효과

[†]Corresponding Author: Chang Sub Shin, Tel: +82-43-261-2457, E-mail: csshin@chungbuk.ac.kr

Department of Safety Engineering, Chungbuk National University, 365, Naesudong-ro, Heungduk-Gu, Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea

도 보고되고 있다.

Walkinshaw 등은 산림화재로부터 구조물 보호를 위해 스프링클러 시스템과 수용성 겔의 효과를 시스템셋팅에 요구되는 시간과 인력, 소모되는 물의 양, 구조물 손상, 구조물 온도 등으로 비교 측정하였으며 수용성 겔에 사용된 물보다 스프링클러에 사용된 물이 더 많이 소모되므로 물 공급이 제한적인 지역에서 수용성 겔이 유리하다고 밝히고 있다.⁴⁾ 겔화제의 특성상 건축물 도포제나 산림화재용으로 많이 쓰여 화재지연제나 화재확대 방지대책으로 쓰이고 있으나 겔화제를 상용소화기를 이용하여 연구된 사례도 보고된다.

Wilson 등은 군용차량 타이어 화재시 기존 약제로는 재발화로 인해 효과적이지 못해 상용 소화약제 8가지를 소화기를 이용하여 테스트한 결과 AFFF와 겔화제가 소화시간 및 소화에 소모된 양에서 가장 좋은 성능을 보였다고 보고하였다.⁵⁾

또한 물의 소화성능을 개선하기 위한 방법의 하나로 표면장력을 낮추어 물의 침투성을 좋게하기 위해 계면활성제를 활용하는 연구가 지속되어 왔다. 김성용 등은 불소계 계면활성제를 주성분으로 하는 수성막포를 미분무수 첨가제로 사용하여 식용유화재에 대한 소화성능을 분석한 결과 수성막포 함유량이 증가할수록 소화시간이 줄어드는 것을 확인할 수 있어 소화성능에 효율적인 영향을 나타냈다고 보고하고 있다.⁶⁾

하지만 최근 불소계 계면활성제의 사용금지 조치에 따라 불소가 함유되지 않은 계면활성제의 소화성능에 대한 연구의 필요성이 제기되고 있으며 증점제를 첨가하거나 겔화제를 활용하여 기존의 고정소화설비를 이용한 구체적인 연구사례는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 미분무수의 소화성능을 향상시키기 위한 첨가제로 증점제 및 불소가 함유되지 않은 계면활성제를 이용하여 목재 및 헵탄화재에 대한 소화실험을 진행하였으며 첨가제 별 최적의 소화농도 및 방사압에 따른 소화시간 변화 등을 관찰하였고 순수 물과의 소화시간 및 물소모량 비교를 통해 첨가제의 소화효과를 알아보려고 하였으며 본 연구를 통해 실제 고정식 소화설비의 적용을 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.

2. 재료 및 실험방법

2.1. 재료

증점제로 사용된 알긴산나트륨(samchun pure chemical)은 옅은 황색의 과립 또는 분말로서 거의 냄새가 없고 맛이 없다. 물에 녹이면 대단히 점조한 액이 되며 안정제 및 증점제로 그 효과가 우수하다. 본 연구에서 사용된 알긴산나트륨 수용액의 농도는 목재화재의 경우 0.2%에서 0.8%까지 0.2%씩 증점하여 조제하였으며 헵탄화재의 경우 0.05%에서 0.2%까지 0.05%씩 증가하여 조제하였다. 이는 점도를 감안하여 각각 다른 농도를 적용하였고 예비실험을 통해 확정하였다. 또한 코코베타인(천연사탕)의 분자식은 $C_{19}H_{36}N_{2}O_3$ 으로 불소가 함유되지 않은 계면활성제로 저자극성 거품 촉진제로 많이 사용되고 있으며 코카마이드와 글리시비타

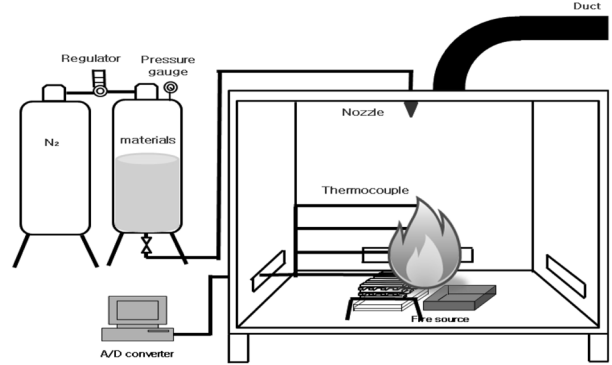


Fig. 1. Schematic diagram of fire extinguishing experimental apparatus.

인의 화학적 반응으로 만들어진다. 목재 및 헵탄화재에 적용된 코코베타인의 수용액의 농도는 모두 0.05%에서 0.2%까지 0.05%씩 증가시켜 조제하였다.

2.2. 실험방법

미분무 소화노즐을 사용한 목재 및 헵탄화재 소화장치를 Fig. 1에 나타내었다. 스테인레스강 재질의 환기가 가능한 연소실(75 cm×75 cm×130 cm)에 소화약제로 사용될 재료를 압력챔버에 넣고 이를 질소가스로 가압하여 미분무 소화노즐을 통해 방사하였다. 본 연구에서는 0.2 MPa의 방사압으로 실험을 진행하였으며 각 소화약제별로 소화시간이 가장 짧은 농도만을 선별하여 방사압 증가에 따른 소화시간을 측정하였다.

본 연구에서 사용된 미분무 소화노즐은 HG20 제품으로 바닥으로부터 약 116 cm 높이에 설치하였으며, 1 MPa에서 91°의 분사각도 및 약 113 μm~239 μm의 입자크기로 분사되는 노즐이다. 이는 NFPA 750⁷⁾의 입자크기별 분류에 의해 Class1에 가까운 가장 미세한 물입자크기로 분류된다.

연소연료로 사용된 목재화재의 경우에는 연소실 중앙에 3 cm×3 cm×15 cm규격의 소나무를 3열 5단으로 쌓을 수 있는 크기의 받침대를 만들어 연소실 바닥과 약간의 공간을 유지하도록 했으며 바로 아래에는 원활한 연소를 위해 헵탄 10 mL를 연소시킬 수 있는 연료용기(15.5 cm×15.5 cm×5.5 cm)를 위치시켰다. 또한 목재는 실험의 재현성을 위해 105°C에서 24시간 건조시켜 사용하였으며 연소 및 소화시의 온도변화를 관찰하기 위해 4개의 K-type 열전대를 바닥에서 0.2 m, 0.3 m, 0.4 m, 0.6 m의 위치에 설치하여 목재모형 중간부 및 상단부 등의 온도를 측정하였고 이를 A/D 컨버터를 통해 컴퓨터로 매 1초마다 저장하였다. 노즐로부터 생성되는 미분무 소화약제는 연료 용기내의 헵탄에 착화하여 2분 만에 분사되었으며 각각의 소화실험은 반복 실험을 통해 유의한 데이터를 얻도록 하였다.

또한 헵탄화재의 경우에는 연소실 중앙에 연료 용기만을 위치시키고 용기 안에 200 mL의 헵탄을 넣은 후 착화 후 3분 후에 소화약제가 분사되었으며 열전대는 바닥으로부터 6 cm, 20 cm, 40 cm, 60 cm높이에 설치하여 온도변화

를 측정하였다. 그리고 목재 및 헵탄화재 공히 각 소화약제별, 농도별 분당방사량을 측정하여 소화시간동안 소모된 물의 양을 측정하여 이를 순수물의 소모량과 비교하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 목재화재에 대한 첨가제의 소화효과

Fig. 2은 목재화재에 대하여 순수 물과 알긴산나트륨 및 코코베타인의 수용액 농도에 따른 목재모형 중간부에서의 화염온도 변화를 나타낸 것이다. 알긴산나트륨의 경우, Fig.

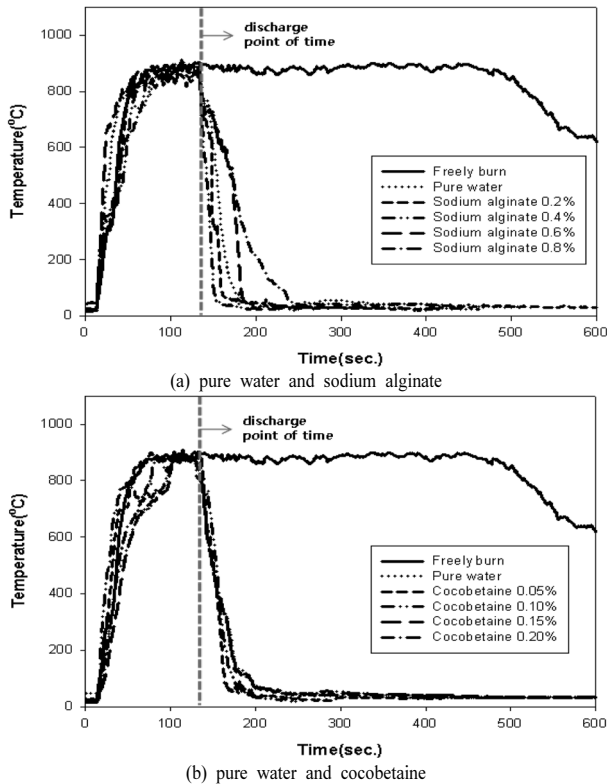


Fig. 2. Flame temperature variation by discharging pure water and water additives(wood crib fire, 0.2 MPa).

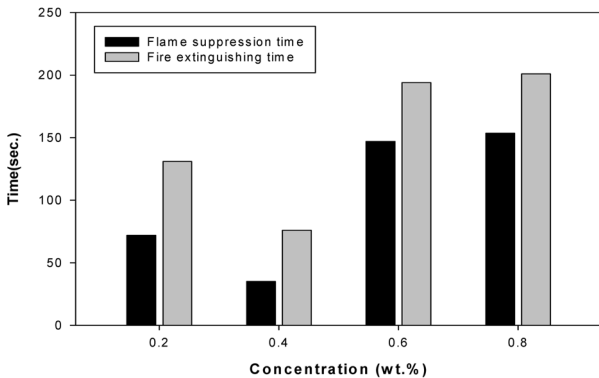


Fig. 3. Flame suppression and fire extinguishing time for sodium alginate by concentration variation(wood crib fire, 0.2MPa)

2(a)에서 보는 것처럼 가연물에 착화 후 가장 최성기인 2분 후에 소화약제가 방사되었는데 순수 물에 비해 알긴산나트륨 0.2% 및 0.4%가 급격한 화염온도 저하를 가져온 반면 상대적으로 0.6% 및 0.8%는 순수 물보다 화염온도 저하율이 낮게 나타났다. 한편, (b)에서처럼 코코베타인의 경우에는 알긴산나트륨의 0.2%나 0.4%처럼 급격한 화염온도 저하는 아니지만 모든 수용액 농도에 있어서 방사 후의 화염온도 저하가 순수 물과 비슷하거나 그 이하의 양상을 나타내고 있다.

Fig. 3은 0.2 MPa의 방사압에서 목재화재에 대한 알긴산나트륨의 수용액 농도변화에 따른 화염억제시간 및 소화시간을 나타낸 그래프이다. 목재화재의 특성 상 화염이 소멸될 때까지의 시간을 화염억제시간으로 정하고 완전진압 시까지의 시간을 소화시간으로 정하여 실험을 진행하였다. 그래프에서 표현된 것처럼 알긴산나트륨 0.4%에서 각 35초 및 76초의 시간이 소요되어 다른 농도의 수용액보다 가장 빨리 소화 되었다. 알긴산나트륨 0.6% 및 0.8%의 결과에서 보듯이 소화시간이 상대적으로 길어지는 이유는 일정 농도 이상의 점성 증가는 배관 내 유동성을 저하시켜 시간당 분사량이 감소하게 되므로 가연물 표면에 충분한 냉각효과를 기대할 수 없기 때문인 것으로 분석된다.

한편, 목재화재에 대한 코코베타인의 0.2 MPa의 방사압에서의 수용액 농도변화에 따른 소화시간을 Fig. 4에 나타내었는데 0.05%의 농도에서 화염억제시간 44초, 소화시간 97초로 나머지 3가지 농도에 비해 가장 빨랐다. 코코베타인의 경우 0.05% 이후에 소화시간이 길어지는 것은 분당 방사량은 약간씩 늘어나지만 농도가 높아질수록 분사 후 미세액적에 의한 거품형성이 더욱 많아져 이것이 오히려 화재표면으로의 침투를 방해해 실제 가연물 표면을 냉각시키는데 있어서 제한적 역할을 하기 때문인 것으로 추정된다. 알긴산나트륨 및 코코베타인의 수용액농도 중 가장 빠른 화염억제시간 및 소화시간을 나타낸 농도와 순수물의 소화시간을 비교한 그래프를 Fig. 5에 나타내었다. 그림에서 보는 것처럼 코코베타인 0.05%의 화염억제 및 소화시간은 순수 물보다 각각 2.7배, 1.7배 빨랐으며 알긴산 나트륨 0.4%의 경우는 3.4배, 2.2배 빠른 소화를 보

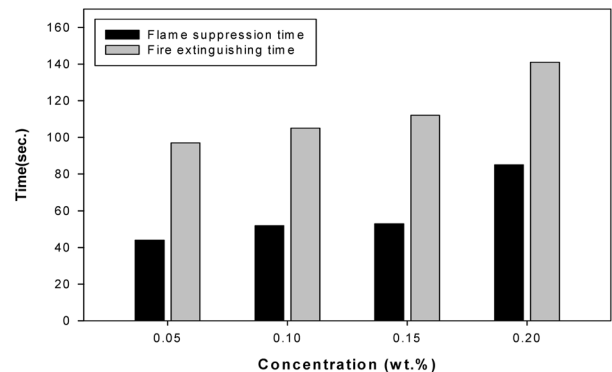


Fig. 4. Flame suppression and fire extinguishing time for cocobetaine by concentration variation(wood crib fire, 0.2 MPa).

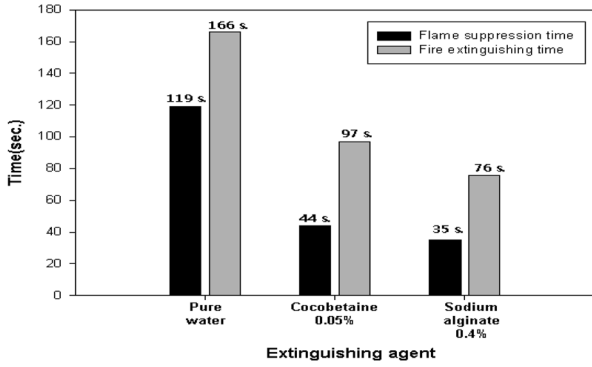


Fig. 5. Comparison of Flame suppression and fire extinguishing time for water additives with pure water(wood crib fire, 0.2 MPa).

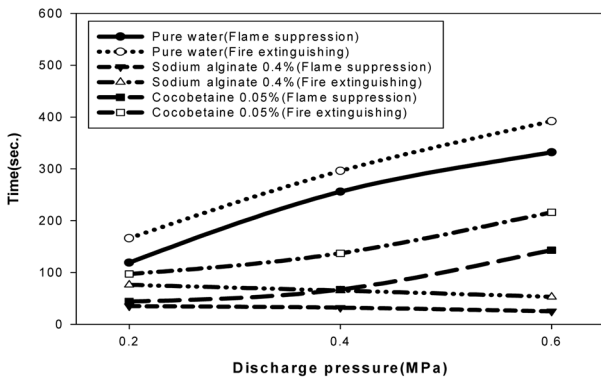
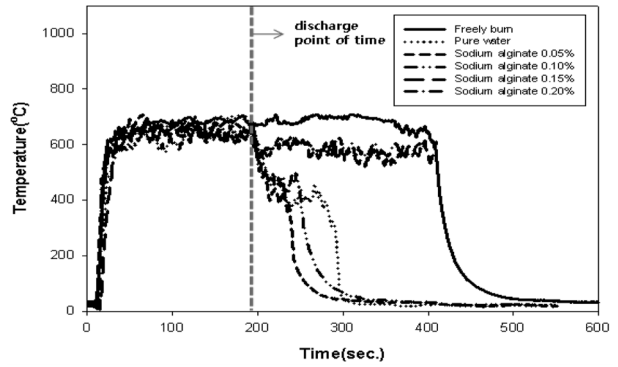


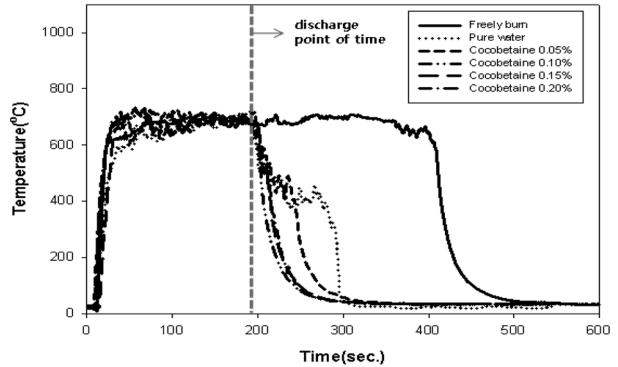
Fig. 6. Flame suppression and fire extinguishing time for extinguishing agents by discharge pressure variation(wood crib fire).

였다. 이를 통하여 소량의 코코베타인으로 표면장력을 낮추어 화재표면에서의 침투성을 좋게 함으로 인해 냉각효과를 증가시킬 수 있으며 알긴산나트륨의 경우에도 Grove⁸⁾ 등이 실험을 통해 점성이 있는 물이 일반 물보다 소화시간을 단축시킨다는 결과에서 알 수 있듯이 방사 후 화재표면에 점착됨으로서 소실되는 물의 양을 줄이고 소화에 관여되는 물의 양을 지속적으로 유지할 수 있어 표면냉각효과를 높일 수 있었다고 판단된다. Fig. 6은 알긴산나트륨 및 코코베타인의 수용액농도 중 0.2 MPa의 방사압에서 가장 빠른 화염억제시간 및 소화시간을 나타낸 농도와 순수물에 대하여 방사압을 0.6 MPa까지 증가시켜 실험한 결과이다.

순수 물은 방사압이 커질수록 소화시간이 길어지는 경향을 보이고 있다. 목재화재에 있어서는 무엇보다 목재표면의 냉각효과가 소화성을 좌우하기 때문에 방사압이 커지면 액적크기가 작아지고⁹⁾ 이로 인한 운동량 저하로 화염 플럼을 뚫지 못하여 목재 표면까지 도달하지 못함으로 인한 소화성의 저하를 가져올 수 있다고 판단된다. 반면, 알긴산나트륨 0.4%의 경우에는 방사압이 증가함에 따라 소화시간이 단축되었는데 이는 방사압에 따라 방사량이 많아지고 화염 플럼을 뚫고 가연물 표면에 점착하는 양도 많아지게 되어 이로 인해 표면냉각효과가 증가한 결과로 추정된다.



(a) pure water and sodium alginate



(b) pure water and cocobetaine

Fig. 7. Flame temperature variation by discharging pure water and water additives(heptane fire, 0.2 MPa).

3.2. 헵탄화재에 대한 첨가제의 소화효과

200 mL의 헵탄은 약 7분 정도 자유연소 후에 소진된다. 화재의 소화는 착화 후 3분 만에 소화약제가 방사되었으며 화염이 사라질 때까지의 시간을 소화시간으로 하였고 재발화의 여부를 확인하기 위해 1분 이상 관찰하였다. 헵탄화재에 대하여 순수물과 알긴산나트륨 및 코코베타인 농도에 따른 화염온도 변화를 Fig. 7에 나타내었다. (a)의 알긴산나트륨 수용액 농도 0.05% 및 0.1%는 순수 물보다 화염온도가 억제 방사 후 현저히 낮아졌지만 0.15% 및 0.2%는 헵탄이 소모될 때까지 소화되지 않은 관계로 높은 화염온도를 유지하였다. 반면 코코베타인은 모든 농도에 있어서 순수 물보다 화염온도가 잘 제어된 결과를 보여주고 있다.

Fig. 8은 헵탄화재에 있어서 0.2 MPa의 방사압으로 방사하였을 때 알긴산나트륨 수용액의 농도별 소화시간을 나타낸 그래프이다. 그림에서 보는 바와 같이 알긴산나트륨 0.05%가 가장 빠른 소화시간을 보였으며 특히 0.15% 및 0.2%의 농도에서는 4분이 지나도 소화가 되지 않았다. 이는 알긴산나트륨의 점도가 증가할수록 배관내의 마찰손실로 인한 유동성 저하가 분사량을 감소시키기 때문인 것으로 판단된다. 반면 Fig. 9은 코코베타인의 농도에 따른 소화시간의 결과인데 수용액 농도 0.1%에서 가장 빠른 소화시간을 나타내었는데 알긴산나트륨의 0.05%의 소화시간보다 3.85배 빠른 소화시간을 보였다. 코코베타인의 경우 표면장력을 현저히 낮추어 화재표면에 대한 분산성

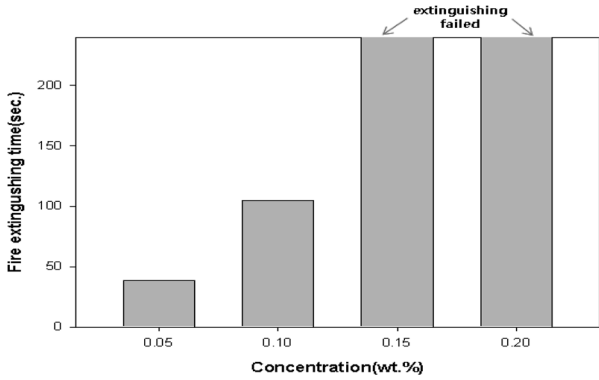


Fig. 8. Fire extinguishing time for sodium alginate by concentration variation (heptane fire, 0.2 MPa).

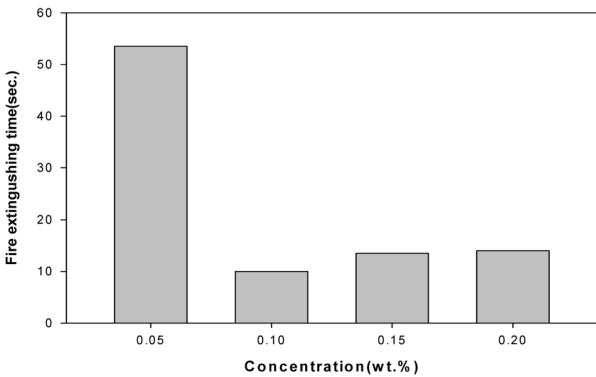


Fig. 9. Fire extinguishing time for cocobetaine by concentration variation (heptane fire, 0.2 MPa).

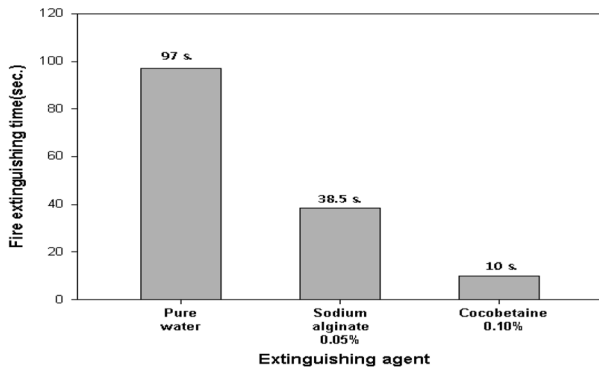


Fig. 10. Comparison of Fire extinguishing time for water additives with pure water (heptane fire, 0.2MPa).

을 향상시켜 표면에 얇은 막을 형성함으로써 유증기의 발생을 억제함과 동시에 가연물 안쪽으로의 산소공급을 제한하여 질식소화효과로 인한 소화성능을 향상시킨 것으로 분석된다.

Fig. 10은 헵탄화재에 0.2MPa의 방사압으로 소화약제를 방사했을 때 첨가제별 가장 소화시간이 빠른 수용액의 농도를 선별하여 물과 비교한 그래프이다. 알긴산나트륨 0.05%는 순수 물보다 2.5배 빠른 소화를 보였으며 코코베타인 0.1%는 순수 물에 비해 9.7배 소화시간이 단축되었

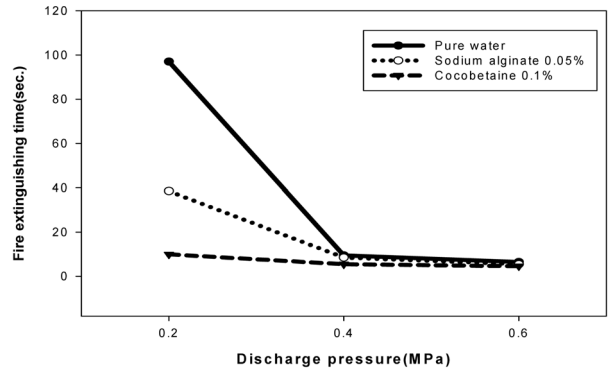


Fig. 11. Fire extinguishing time for extinguishing agents by discharge pressure variation (heptane fire)

다. 이는 Andrew 등¹⁰⁾이 행한 실험에서 첨가제 없는 순수한 물은 소화되지 않았으나 0.3%의 포형성 첨가제가 함유된 수용액은 소화되었다는 결과에서처럼 코코베타인의 계면활성으로 인한 유화층의 형성이 소화에 긍정적인 영향을 줄 수 있었다고 판단된다. 이는 최근 불소가 함유되지 않은 성분의 소화약제 사용을 의무화하고 있어 기존의 불소함유 계면활성제를 대체할 수 있는 유의한 결과로 판단된다.

또한 Fig. 11에서는 0.2 MPa의 방사압에서 알긴산나트륨 및 코코베타인의 수용액농도 중 가장 빠른 소화시간을 나타낸 농도와 순수 물에 대해 방사압을 증가하여 소화시간을 비교하였다. 순수 물 및 첨가제 모두 방사압이 증가할수록 소화시간이 짧아지는 경향을 보였으며 0.4 MPa 및 0.6 MPa의 방사압에서는 모두 10초 이내의 소화시간을 보이고 있으며 그 중 0.2 MPa에서 가장 소화성능이 좋았던 코코베타인 0.1%가 0.6 MPa의 방사압에서는 순수 물에 비해 1.4배 향상된 결과를 보여주고 있다. 코코베타인의 이러한 결과는 방사압 증가에 따른 운동량 증가 뿐 아니라 높은 계면활성이 헵탄표면에서의 유화층 형성에 도움을 주어 순수 물보다 소화성능을 향상시킬 수 있었을 것이라 분석된다.

3.3. 물 소모량 비교

Fig. 12은 목재화재 및 헵탄화재에 있어서 소화시간 동안 소모된 물의 양을 0.2MPa의 방사압에서 가장 빠른 소화시간을 나타낸 첨가제 수용액의 농도와 순수 물과를 비교한 그래프이다. 물소모량은 노즐에서의 농도별 분당방사량을 측정하여 각 수용액의 농도를 고려, 소화시간의 곱으로 산출하였다.

목재화재의 경우 코코베타인 0.05%의 화염억제 및 소화시간에 소모된 물소모량은 순수 물에 비해 각각 74%, 59% 감소하였고, 알긴산나트륨 0.4%의 경우 순수 물보다 76%, 65% 감소하여 알긴산나트륨의 물 소모량이 가장 적었다. 또한 헵탄화재에 있어서는 알긴산나트륨 0.05%의 소화시간에 소모된 물소모량이 순수 물보다 약 66% 적었으며 코코베타인 0.1%의 경우에는 약 92%로 가장 적었다. 그러나 헵탄화재의 경우 Fig. 12에서 알 수 있듯이 방

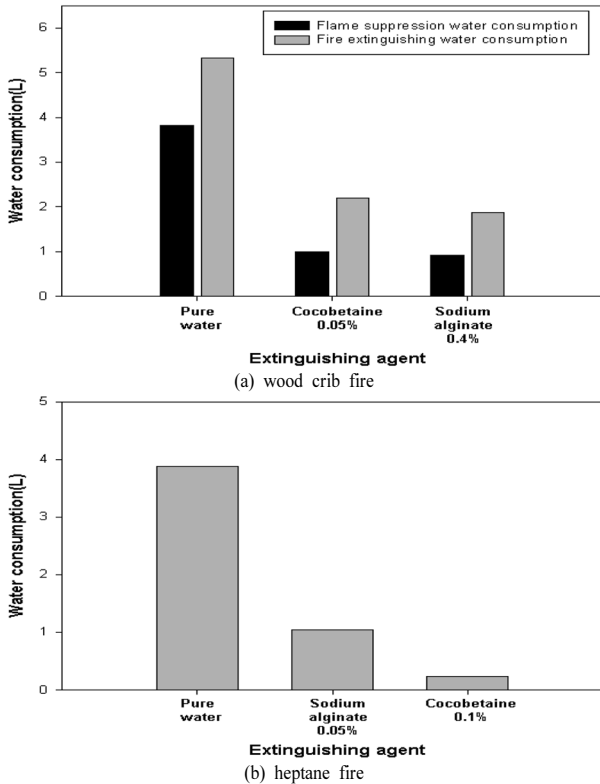


Fig. 12. Comparison of water consumption for water additives with pure water(0.2 MPa).

사압이 증가하는 경우에는 소화시간의 차이가 크지 않기 때문에 순수 물에 비해 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 반면, 목재화재에 있어서는 Fig. 7에서 나타난 것처럼 알긴산나트륨의 경우에는 방사압이 증가할수록 소화시간이 짧아지지만 순수 물의 경우에는 소화시간이 길어짐으로 인해 알긴산나트륨의 물소모량과 순수 물의 물소모량은 더욱 큰 차이를 보일 것이라고 예상할 수 있다. 물소모량은 경제성 등의 현실적 문제이므로 추후 고정소화설비에 적용 시 기본 데이터로 활용할 수 있을 것이라 사료된다.

4. 결론

미분무 노즐을 이용한 목재화재 및 헵탄화재에 대한 첨가제의 소화효과를 비교하기 위해 진행된 연구결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 목재화재의 경우 0.2 MPa의 방사압에서 대상 소화약제 중 증점제로 첨가된 알긴산나트륨 0.4%의 소화성능이 가장 우수하였는데 이는 순수 물보다 화염억제시간은 3.4배, 소화시간은 2.2배 빠른 소화시간을 나타내었다. 또한 방사압을 증가시켜 실험한 결과 순수 물과 코코베타인 0.05%의 경우는 소화시간이 더욱 길어지는 반면 알긴산나트륨 0.4%의 경우는 소화시간이 더욱 짧아지는 경향을 보였다.

2) 헵탄화재의 경우 0.2 MPa의 방사압에서 가장 소화시간이 짧은 소화약제는 코코베타인 0.1%였고 이는 순수 물의 소화시간에 비해 9.7배 빠른 소화시간이었으며 방사압이 증가할수록 순수 물 및 첨가제 모두 비슷한 소화시간대로 짧아지는 경향을 보였다.

3) 0.2 MPa의 방사압에서 목재화재의 물소모량에 있어서 화염억제 및 소화소모된 물의 양을 순수 물과 비교하였을 때 알긴산나트륨 0.4%의 경우 각각 76%, 65% 감소하였으며 코코베타인 0.05%의 경우 각각 74%, 59% 감소한 결과를 보였다. 또한 헵탄화재의 물소모량에 있어서도 소화소모된 물의 양은 코코베타인 0.1%의 경우 순수 물보다 약 92% 적었으며 알긴산나트륨 0.05%의 물소모량은 순수 물보다 약 66% 감소하였다.

References

- 1) B. C. Downie, Polymeropoulos and G. Gogos, "Interaction of a Water Mist with a Buoyant Methane Diffusion Flame", Fire Safety Journal, 24, pp. 359~381, 1995.
- 2) J. M. Park, "Extinguishing Characteristics of Water Mist Containing Alkali Metal Agent", Doctor of Engineering's Thesis, Chungbuk National University, pp. 1~126, 2006.
- 3) D. W. Goo, "Research on the Use of Rain Water during Fire Suppression", Master of Engineering's Thesis, Kangwon National University, pp. 1~81, 2011.
- 4) S. Walkinshaw and R. Ault, "Use of Sprinklers and Aqueous Gel for Structure Protection from Wildfire Case Study 2", FP Innovations Advantage, Vol. 11, No. 3, pp. 1~12, 2009.
- 5) E. Wilson and A. Ordway, "Tactical Wheeled Vehicle Tire Fire Extinguishing Agent Test Report", Naval Air Warfare Center Weapons Division TM 8565, 2008.
- 6) S. Y. Kim and C. S. Shin, "Extinguishing Characteristics of Cooking Oil Fire by Water Mist Added with AFFF Agent", Journal of the KOSOS, Vol. 24, No. 5, pp. 21~27, 2009.
- 7) NFPA 750 Standard on Water Mist Fire Protection System, NFPA, MA : Quincy, National Fire Protection Association, 2003.
- 8) C. S. Grove, Jr and A. R. Aidun, "Improving the Effectiveness of Water for Fire Fighting", Symposium on Fire Control Research, American Chemical Society, pp. 81~90, 1961.
- 9) B. P. Husted, G. Holmstedt and T. Hertzberg, "The Physics Behind Water Mist Systems", Proc. IWMA Conference, pp. 1~15, 2004.
- 10) A. K. Kim, B. Z. Dlugogorski and J. R. Mawhinney "The Effect of Foam Additives on the Fire Suppression Efficiency of Water Mist", National Fire Laboratory, Institute for Research in Construction, National Research Council Canada, Ottawa, Canada K1A 0R6, pp. 347~357, 1994.