

첨가제를 사용한 이동식 미분무수소화설비의 성능평가1)

(Evaluating the performance of a portable water-mist fire extinguishing system with additives)

번역 : 김기욱/교육사업팀 책임연구원

요약

본 연구는 고압미분무수설비의 방출방법이 액면화재(pool fire)의 소화성능과 및 화재억제관련 메커니즘에 어떤 영향을 주는가에 대하여 조사하였다. 미분무수는 이동식 기구를 이용하여 방사하였다. 미분무수에 첨가한 첨가제는 무독성이며 부식성이 없다. 모든 시험은 연료지배형화재로 수행하였다. 화재시험의 매개변수는 연료유형, 노즐 방사각도, 첨가제의 체적농도이다. 사용된 연료는 헵탄, 가솔린 및 디젤이다. 노즐 방사각도는 지면에 대하여 30도, 45도 및 60도이다. 첨가제의 수용액 체적농도는 0% (순수물), 3%, 6% 및 10%이다. 시험결과는 노즐방사각도와 미분무수소화설비의 첨가제 농도가 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다. 소화효율성은 미스트효과 및 첨가제에 의해 영향을 받았다. 미분무수설비는 복사열을 줄일 수 있고 이동식 미분무수소화설비를 사용하는 조작자에게 우수한 방호수단을 제공할 수 있다.

1. 개요

고정식 소화설비는 광범위한 적용분야에서 화재방호설비의 적응성을 보여주었다. 그러나 시스템의 성능은 일반적으로 스프레이노즐의 배치에 제한을 받는다. NFPA 750에 따르면 미분무수는 최소설계압력에서 작동했을 때 가중유량의 누적분포(flow-weighted cumulative distribution)에 대해 미분무수 입자의 99%가 물방울 지름 1000 μ m 미만을 갖는 것으로 정의된다. 미분무수설비의 소화성능은 입자크기, 스프레이 패턴, 유량 및 모멘텀과 방사방법(예를 들어 노즐 방사각도, 타이밍 및 방호구역의 형상)의 미분무수 특성에 달려있다.

미분무수의 소화성능을 향상시키기 위한 많은 첨가제가 최근에 개발되고 있다. Zhou et al.은 에탄올, 디젤 및 목재화재를 기반으로 한 미분무수 소화 효율성에 대한 여러 종류가 합성된(multi composition) 첨가물의 영향에 대한 현상학적 연구를 수행하였다. Zhou et al.은 미분무수에 약간의 첨가물을 추가하는 것은 화재를 소화하는데 미분무수소화설비의 성능을 현저하게 향상 시키지만 너무 많은 첨가물을 넣으면 소화효

역주 1) 출처/ Fire and Materials Vol.32, No.7 (383~397) 저자/ Yi-Liang Shu 외 3인

능이 떨어진다는 것을 밝혀냈다. 미분무수설비의 작동구성(Figure 1)은 스프링클러설비와 유사하다.

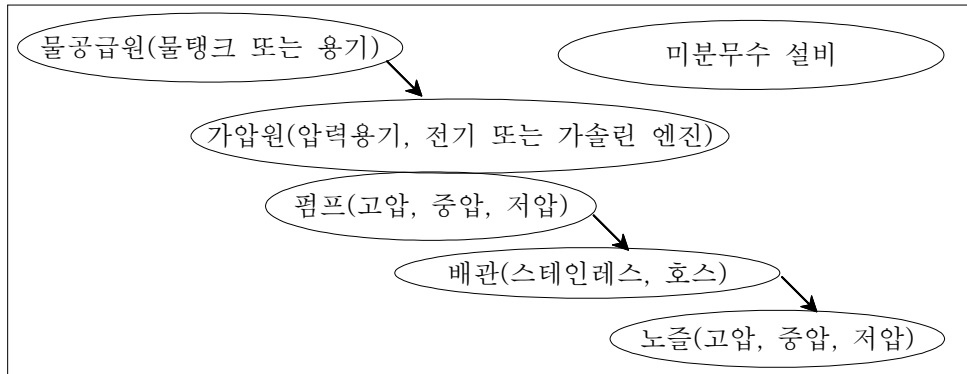


Figure 1. The operational units of water-mist system

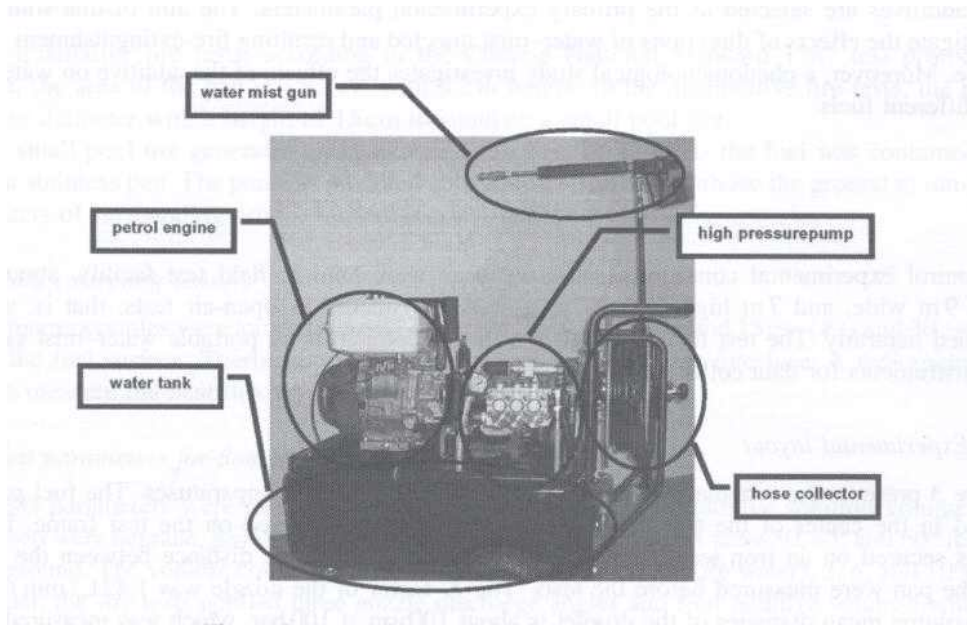


Figure 2. A portable system driven by petrol engine

미분무수설비는 스프링클러설비보다 고압에서 작동되기 때문에 고압에서의 배관, 펌프 및 밸브는 때때로 150 bar의 고압에 견디어야만 한다. Figure 2에 따르면 고정식 미분무수설비는 물공급 설비, 가압원 및 펌프가 재설계되면 이동식설비로 변환될 수 있다. 작동압력의 경우 미분무수설비는 고압, 중압 및 저압시스템의 3가지 유형으로 분류될 수 있다. 고압은 34.5 bar이상, 저압설비는 12.1 bar 미만, 중압시스템은 12.1 bar ~ 34.5 bar의 작동압력을 갖는데 본 연구에서 사용된 미분무수설비는 고압식이다.

많은 미분무수 첨가제가 소화성능 향상을 위하여 개발되었다. 이동식 미분무수설비에 첨가제의 적용은 사용된 물의 양과 화재억제를 위해 요구되는 시간을 줄여야만 한다. 그러한 첨가제는 이동식 미분무수설비의 효율과 실용성을 향상시킬 수 있다. 그러나 일부 첨가제는 심각한 결점을 나타냈다. 일부 무기물의 금속첨가제는 장비의 부식을 일으키고 일부 유기물 첨가제는 인간에 유독하며 미분무수의 소화성능을 현저히 향상시킬 수 없다.

본 논문에서는 정량적 화재시험 및 정성적 화재시험을 수행하였다. 정성적 화재시험은 Class A, Class B, 오토바이 및 자동차화재를 이용하였다. 이동식 설비의 정량적 화재시험을 위해 몇 개의 화재시나리오와 방출 방법론이 첨가제를 적용한 이동식 미분무수설비의 화재진압성능을 평가하고 화재방호의 핵심요소를 파악하기 위해 개발되었다. 고압미분무수의 방사 방법에 대한 성능평가와 화재를 억제하는 상관 메커니즘이 평가되었다. 화원은 액면화재이다. 미분무수는 개방공간에 이동식 장치를 통하여 방사되었다. 첨가제는 독성과 부식성이 거의 없다. 서로 다른 노즐 방사각도, 연료 및 첨가제의 농도가 주요 실험매개변수로서 선정되었다. 본 연구의 목적은 방사된 미분무수의 방향에 대한 영향과 이에 따른 소화성능을 조사하기 위함이다. 또한 현상학적 연구는 미분무수와 여러 연료에 대한 첨가제의 영향을 조사하였다.

2. 실험장치

실험조건을 제어하기 위해 대부분 화재시험은 대략 길이 25 m, 폭 9 m 높이 7 m의 현장시험시설에서 실시하였다. 모든 시험은 공기가 자연적으로 공급되는 개방시험(open air test)으로 하였다. 시험설비는 구획 시험실, 이동식 미분무수 설비 및 데이터 수집을 위한 계측기기로 구성하였다.

2.1 실험 레이아웃

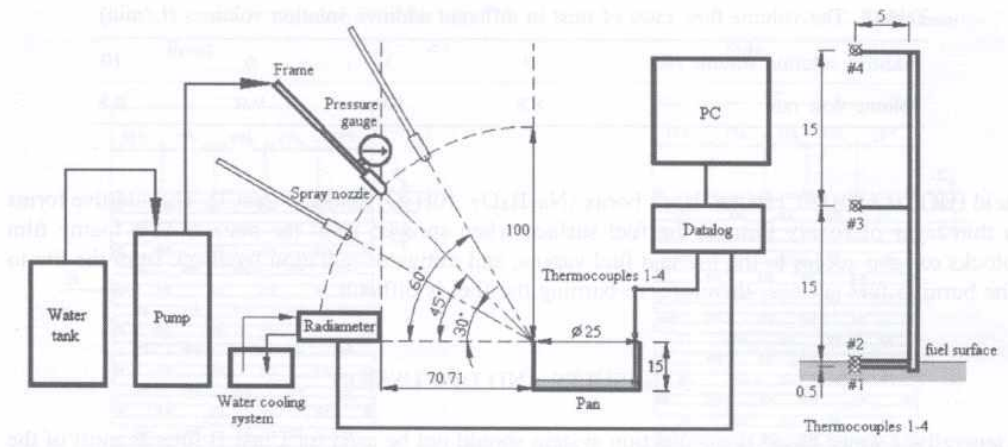


Figure 3. Experiment layout of flammable liquid pan fire

Figure 3은 실험장치의 개념도를 나타낸다. 연료팬은 시험실 중앙에 위치하고 미스트 노즐은 철재의 테스트 프레임에 고정되었다. 방출각도 및 노즐과 연료팬사이의 거리는 시험 전에 측정되었다. 노즐의 방출계수 K는 1.42 L/min/bar^{1/2}이다. 미스트의 평균 입자경은 100bar에서 100 μ m이며 방출각도는 60도이다. 노즐에는 안쪽에 3개, 바깥쪽에 18개 총 21개의 jet 구멍이 있다. 노즐 각도는 다양한 시험 시나리오를 위하여 지면에 대하여 0~90도로 조정하였다. 미스트 노즐은 전기적인 고압펌프를 경유한 부드러운 호스와 연결하였다. 압력은 펌프 압력밸브를 통하여 조정되었다. 압력은 노즐의 뒤쪽에 부착된 압력게이지를 사용하여 측정하였다. 화재온도는 연료팬 중심부의 열전대 트리를 이용해 측정하였으며 복사계는 미스트의 복사열 감소 영향을 관측하기 위해 이용하였다.

2.2 화원

정성적인 화재시험에 있어 타이완의 중국 국가기준 1387 시험 프로토콜에 의하면 연료팬의 면적은 1×1 m², 높이 0.2 m 이다. 정량적인 화재시험의 경우, 소규모 액면화재를 가상하기 위해 높이 15 cm, 직경 25 cm의 연료팬을 사용하였다. 헵탄, 가솔린 또는 디젤을 사용한 소형 액면화재는 원형의 스테인레스 팬을 사용하였다. 연료팬은 주위의 지표면이 화재 거동에 주는 영향을 최소화하기 위하여 지표면에서 15 cm 철재 스탠드위에 설치하였다.

2.3 데이터 수집 센서

열전대는 연료표면 아래 0.5 cm(#1), 연료 표면 위 15 cm(#3) 및 30 cm(#4)에 위치하였고 열전대(#2)는 연료와 공기의 경계에 위치하였다. 복사계는 연료로부터의 열유속(heat flux)을 측정하기 위해 사용하였다.

2.4 인화성 액체의 팬화재(pan fire)에 대한 시험 변수

화재시험 변수는 연료 유형, 노즐 방사각도 및 첨가제 농도이다. 사용된 연료는 헵탄, 가솔린 및 디젤이다. 노즐 방사각도는 지표면에 대하여 30도, 45도 및 60도이다. 첨가제의 농도는 0%(순수물), 3%, 6% 및 10%이다. 각 연료에 대하여 화재시험은 3개의 노즐 방사각도를 적용하였으며 4개의 첨가제 농도를 사용하였다. 각 화재시험은 데이터의 일관성을 위하여 최소 2번을 수행하였다. Table I 은 1분 이상에 걸쳐 서로 다른 첨가제 비율로 미스트의 체적유량을 나타낸다. 체적유량은 대략 같은데 이것은 체적유량이 첨가율에 의해 최소한으로 영향을 미치는 것을 나타낸다.

Table I. The volume rates of mist in different additive solution volumes(L/min)

수용액의 체적비율	0	3	6	10
체적유량	8.8	9.0	9.0	8.8

2.5 미스트의 첨가제 특성

사용된 미분무수 첨가제는 97% 화재지연 화학약품, 1.8%의 계면활성제, 0.6%의 박하(mint) 및 0.6%의 장뇌유(camphor)를 사용하였으며 무독성이다. 화재지연제인 화학약품의 구성성분은 시트르산($\text{HOC}(\text{COOH})(\text{CH}_2\text{COOH})_2$), 붕사($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 및 소금(NaCl)이다. 첨가제는 노즐로부터 분무 될 때 연료표면위에 얇은 거품 막이 형성된다. 이러한 거품막은 화재와 연료 증기에 접근하는 산소를 차단하고 화재에서 연소중인 연료표면으로 피드백(feed back) 되는 복사열을 감소시킴으로써 연료의 재연소가 어렵게 된다.

3. 결과 및 검토

대부분의 기름은 물 위에서 스프레쉬(splash) 되기 때문에 일반적으로 수계소화설비는 B급 화재로 사용되지 않아야 한다. 그 결과 수증기에 의한 연료표면의 냉각은 어렵고 유동하는 액체화재(running liquid fire)를 일으킬 수도 있다. 그러나 기존의 스프링클러설비의 단지 $\frac{1}{10}$ 만 사용하는 미분무수설비는 기름 위에서 유동하기에 충분치 않다. 게다가 체적대비 큰 표면적을 갖는 미분무수는 기름 표면을 냉각시킬 때 수증기 발생율과 부유시간을 크게 향상시킬 수 있다. 미분무수설비는 적절한 설계 및 작동으로 B급 화재를 효과적으로 진압할 수 있다.

3.1 정량적 화재시험

3.1.1 A급 화재시험-목재

A급 화재시험은 CNS1387테스트 프로토콜에 따라 수행하였다. 시험대상물(Figure 4)은 랙 위의 목재($0.9 \times 0.9 \times 0.9\text{m}$)와 랙 아래 위치한 1.5리터의 가솔린을 갖는 팬으로 구성된다. 시험 중 가솔린을 먼저 점화 한 다음, 이동식 미분무수는 3분 뒤에 작동시킨다. Figure 5는 화재시험의 일련의 과정을 보여준다. 화재는 10초 안에 소화되었다. 시험기간 중 미분무수는 목재화재를 소화하는데 매우 효과적이었다. 화재에 의해 생성된 검은 연기는 미분무수가 방출된 후 밝은색의 연기로 변화하였다. 연기의 색깔이 변한 이유는 미분무수가 화염의 온도를 냉각시키고 연소율을 감소시켜 그로인하여 연기발생률이 감소시킨 결과 일 수 있다. 다른 이유는 미스트가 연기의 표면에 큰 상호작용을 하고 연기를 억압한 것일 수도 있다.

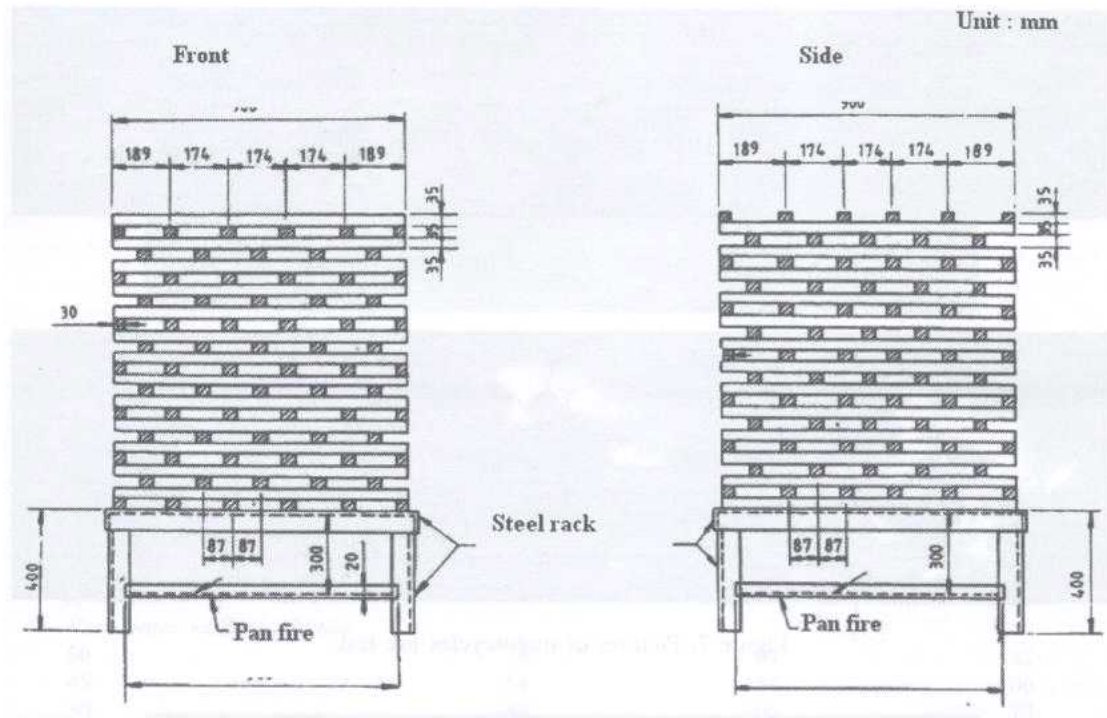


Figure 4. Wooden slabs of CNS1387



Figure 5. Picture of Class A fire test

3.1.2 B급 화재시험- 가솔린 팬 화재

가솔린 팬 화재는 B급 화재시험 시나리오를 위해 사용되었다. 면적 1×1m, 높이 0.2m의 정사각형 팬에 가솔린 5리터를 채웠다. 자유연소(free burn) 60초 후, 이동식 미분무수가 방사되었다. Figure 6은 일련의 화재시험 사진을 보여준다. 화재는 10초 이내에 소화되었다. 일련의 시험에서 작동자의 숙련도가 소화시간에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 좋은 성능을 위해서는 미스트가 팬 위를 덮어야 하며 미스트 각도 또한, 소화시에 중요하다.

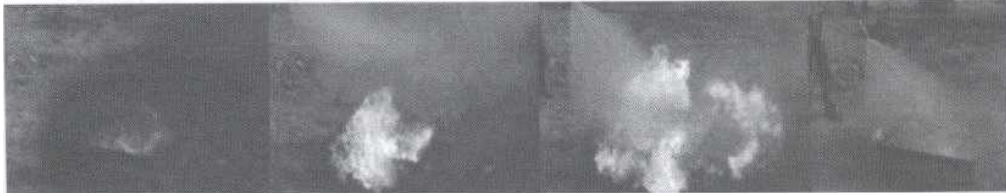


Figure 6. Pictures of Class B(pan fire) fire test

3.1.3 오토바이 화재시험

오토바이가 화원으로 사용되었다. 가솔린을 3대의 오토바이에 분사한 다음 점화 하였다. 자유연소 30초 후 이동식 미분무수가 작동되었다. 플라스틱이 오토바이의 주요 구성요소이기 때문에 연기발생률이 높았다. A급 화재시험과 같이 미분무수가 방사된 후, 연기가 밝은 색으로 변하였고 조작자가 안전하였다. 오토바이 화재는 대략 20초 이내에 소화되었다. 그러나 조작자의 숙련도는 화재를 소화하는데 필요한 시간에 상당한 영향을 미쳤다. Figure 7은 일련의 화재시험 사진을 보여준다.



Figure 7. Pictures of motorcycles fire test

3.1.4 차량화재시험

차량이 화원으로 사용되었다. 가솔린을 승용차에 분사한 다음 점화 하였다. 자유연소 30초 후, 이동식 미분무수가 작동되었다. 플라스틱이 차량의 주요 구성요소이기 때문에 연기발생률이 높았다. A급 화재시험과 같이 미분무수가 방사된 후, 연기가 밝은 색으로 변하였다. 차량 화재는 대략 30초 이내에 소화되었다. 조작자의 숙련도는 화재를 소화하는데 필요한 시간에 결정적으로 영향을 미쳤다. Figure 8 및 Figure 9는 일련의 화재시험 사진을 보여준다.

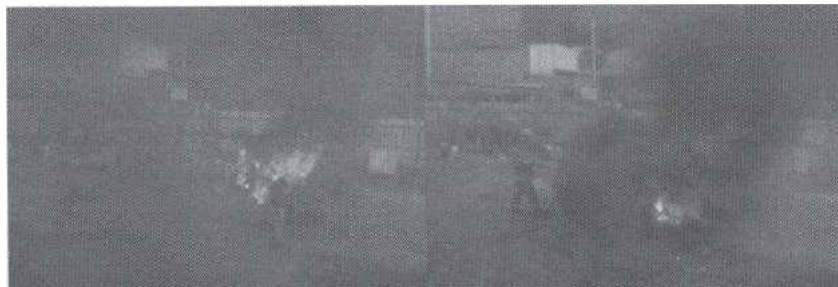


Figure 8. Pictures of car fire test(1)

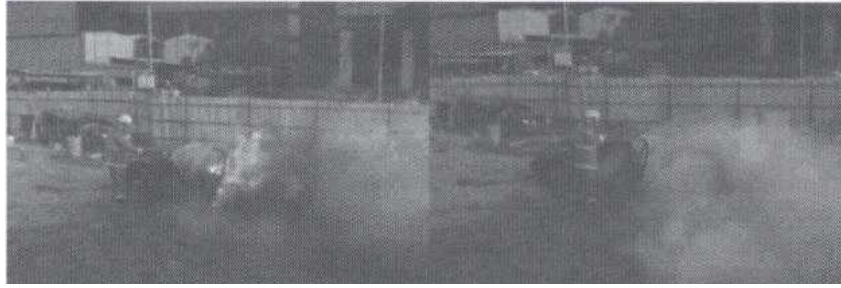


Figure 9. Pictures of car fire test(2)

3.2 정량적 화재시험

3.2.1 다른 연료유형의 순수 물 시험

이 절에서 순수물은 화재진압제로 이용되었고 실험적 결과 비교를 위한 베이스라인으로 채택되었다. Table II는 3개의 노즐 방사각도에서 서로 다른 연료를 사용하여 발생된 별개의 화재를 소화하기 위해 필요한 시간을 목록화 했다. Figure 10은 실험 결과의 그래프를 보여준다. 시간 곡선은 두개의 유형 즉, 디젤의 경우 단순하게 감소되는 곡선과 가솔린과 헵탄의 경우 불룩한 형상의 곡선으로 분류되었다.

Table II. Nozzle discharge angle and corresponding extinction time(s) without additive

방사각도(degree)	연료 유형		
	디젤	가솔린	헵탄
첨가제 없는 순수물			
60	8	89	82
45	54	154	106
30	59	106	79

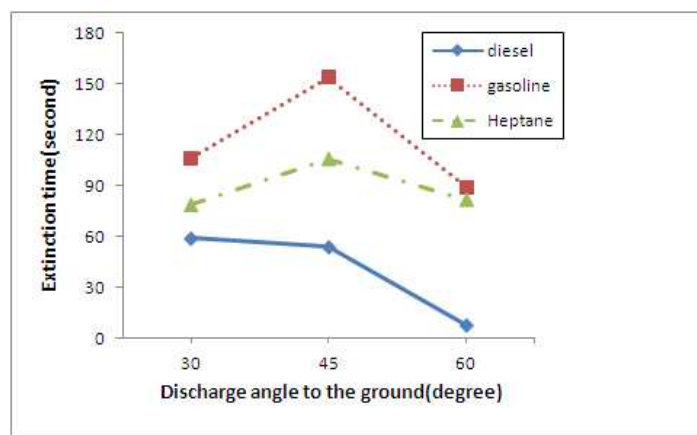


Figure 10. The relationship between nozzle discharge angles and extinction time in different fuel types without additive

디젤의 좁은 연소 한계와 높은 인화점은 가솔린과 헵탄의 것과는 다른 곡선을 만들었다. 디젤의 경우 소화시간은 노즐 방사각도가 증가됨에 따라 감소되었다. 이것은 가솔린과 헵탄의 시험에는 불리한 거동으로 나타났다. 이러한 역효과는 방사각도 45도에서 발생했다. 노즐 방사각도가 증가 또는 감소에 관계없이 소화시간은 감소하였다. 45도 이상의 방사각도에서 미분무수는 팬 화재를 완전히 덮어 화염을 냉각시키고 산소치환이 액면화재 소화에 중요한 역할을 하였다. 역으로 노즐 방사각도 45도 이하에서 방사된 미분무수는 연료팬의 벽에 되튀겨 연료표면에 평행하게 얇은 막을 형성함으로써 연료의 증기를 차단하고 희석하였다. 이와 같이 노즐방사각도 45도 보다 45도 이하에서 보다 용이하게 소화하였다.

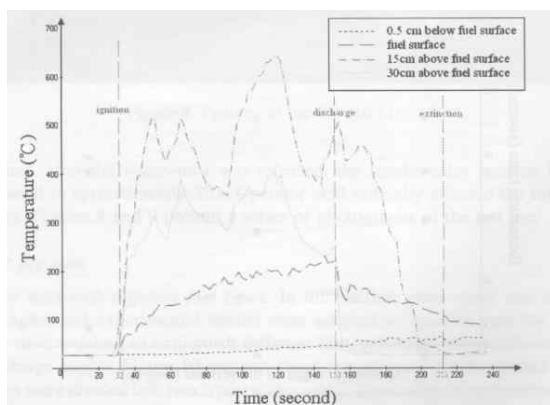


Figure 11 The temperature history of diesel fire with pure water at the nozzle discharge angle of 30°.

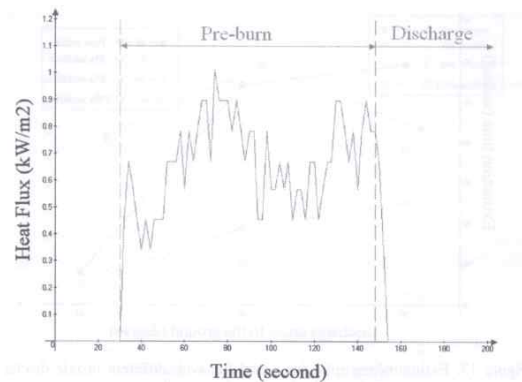


Figure 12. The heat flux history of diesel fire with pure water at the nozzle discharge angle of 30°

Figure 11은 노즐방사각도 30도에서 디젤화재의 다양한 온도분포를 나타낸다. 화염 중심에서 연료 표면 위 15 cm에서 측정(열전대 #3)된 온도는 가장 높았고 600 °C까지 도달하였다. 미분무수가 152초 대에 방사 된 후 화염크기는 급격하게 감소하였고 노즐에 가깝게 위치한 연료팬의 측벽으로 되밀쳐 졌다. 연료표면 아래 0.5 cm에서 온도 변화는 두드러지진 않았으나 열전대 #2, #3, #4번에서 측정된 온도는 미분무수가 화염에 도달했을 때 급격히 감소하였다.

Figure 12는 노즐 방사각도 30도에서 디젤화재의 복사 열유속을 보여준다. 화재의 열유속은 미분무수가 방사된 후 급격히 대략 0에 도달하였다. 이는 미분무수설비가 복사열을 감소시키는 능력이 우수하고, 또한 이동식 소화장비의 조작자에 대한 효과적인 방호를 제공한다.

3.2.2 첨가제를 함유한 미분무수의 디젤 팬 화재

디젤은 좁은 연소범위와 높은 연소점(>52°C)으로 인하여 점화가 어렵기 때문에 추진제로서 가솔린 50 ml를 사용하였다. 가솔린의 완전한 소모(burnout)와 디젤의 준정상연

소(quasi-steady)를 위해 미분무수 작동 전에 120초의 자유연소를 하였다. TableⅢ는 3개의 노즐 방사각도에서 서로 다른 첨가제 수용액의 체적에 대한 소화시간이다.

TableⅢ. Additive solution volume and corresponding extinction time(s) of diesel fires.

방사각도(degree)	첨가제(%)			
	0	3	6	10
디젤				
60	8	3	5	8
45	54	9	19	10
30	59	3	25	38

순수물을 사용한 화재진압의 경우, 미분무수가 연료팬을 완전하게 덮는 노즐방사각도 60도일 때 최고의 소화성능을 나타냈다. 첨가제를 사용한 미분무수가 사용되었을 때 소화효과는 향상되었다. 3개의 노즐방사각도에 대한 소화시간은 순수물(Figure 13)을 사용했을 때와 비교해서 모두 상당히 감소하였다. 노즐방사각도가 30도에서 첨가제를 추가로 더했을 때 화재를 소화하기 위해 필요한 시간은 현저하게 증가하였고 이는 30도의 노즐방사각도에서 미분무수의 증발효과는 첨가제의 효과보다 화재억제에 있어서 더 큰 영향을 미치는 것을 보여준다. 그러나 소화시간은 순수물을 사용하는 것 보다 감소하였다.

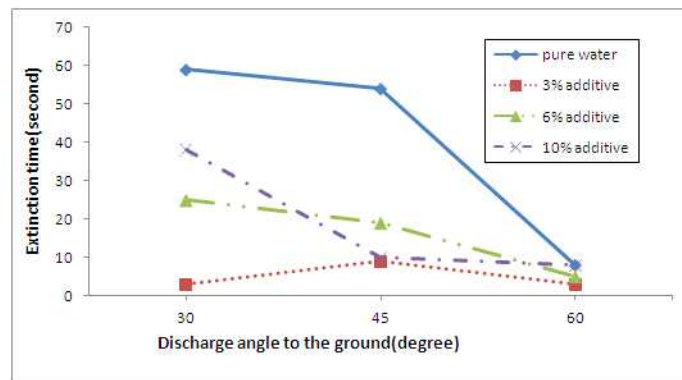


Figure 13. Extinguishing time for diesel fire with different nozzle discharge angles and additive solution volumes

3.2.3 첨가제를 함유한 미분무수의 헵탄 팬 화재

헵탄화재의 화염은 난류성상이며 연기는 거의 발생되지 않았다. 미분무수가 처음 방출되었을 때 화염의 높이는 감소되었고 화염의 크기는 신선한 공기가 미분무수와 함께 화재 플룸(fire plume)으로 유입됨에 따라 초기 화염보다 더 성장하였다. 그런 다음 화염은 급속히 확대되었고 미분무수의 연속방출과 함께 화염은 펼쳐졌다. 이러한 시험에서 헵탄화재의 소화는 어려웠다. Table IV은 3개의 노즐 방사각도에서 서로 다른 첨가제

수용액의 체적에 대한 소화시간이며, Figure 14는 소화시간에 대한 관계를 보여주는 것으로 하나는 순수물과 3% 첨가제에 대한 불룩한 형상의 소화시간이고, 반면에 다른 하나는 첨가제 6% 및 10%에 대한 단조롭게 감소하는 곡선이다. 화재억제를 위해 미분무수 그리고 3% 첨가제를 사용할 때, 노즐방사각도 30도일 때의 소화시간은 45도일 때 보다 짧았다. 좁은 노즐방사각도로 미분무수가 방사하는 경우 유입된 유동(entrained flow)은 연료팬의 벽에서 리바운드되고(rebound) 연료의 증기를 차단했다. 3%의 첨가제를 사용한 경우, 소화시간은 순수물에 비교했을 때 현저히 줄어들었다. 그러나 낮은 첨가제 농도를 갖는 진압성능은 순수물과 유사했다. 6% 및 10% 첨가제의 경우, 방사각도의 크기는 화재를 소화하는데 걸리는 시간에 역비례 하였는데 이러한 현상은 좁은 노즐의 방사각도는 연료팬에 도달하는 미분무수의 양을 감소시켰기 때문이다. 노즐방사각도 30도의 경우 최고의 화재진압성능은 3%첨가제의 경우로 나타났다. 첨가제의 수용액 체적이 증가함에 따라 소화시간은 증가하였는데 이는 미분무수의 증발효과가 30도 노즐방사각도에서 화재를 진압하는데 있어 첨가제보다 더 큰 영향을 미치기 때문이다. 노즐 방사각도가 60도로 증가 할 때 상이한 현상이 나타났다. 먼저 6%미만의 첨가제에 있어서는 소화시간은 증가하였고 6%의 첨가제 일 때 화재를 소화하는데 가장 오랜 시간이 걸렸다. 이어서 소화효율이 미분무수 효과와 첨가제의 효과에 의해 영향을 받기 때문에 첨가제 농도가 증가함에 따라 소화시간은 감소하였다. 따라서 화재를 진압하는데 미분무수와 첨가제 효과 사이에 최적의 영역이 틀림없이 존재한다.

Table IV. Additive solution volume and corresponding extinction time(s) of heptane fires.

방사각도(degree)	첨가제(%)			
	0	3	6	10
헵탄				
60	82	18	28	18
45	106	58	36	37
30	79	17	77	79

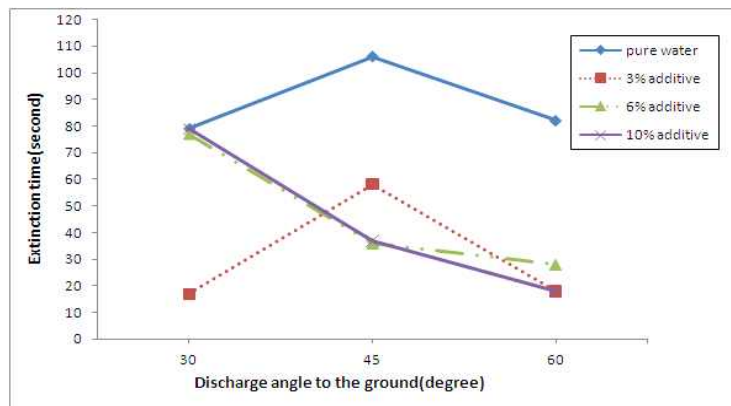


Figure 14. Extinguishing time for heptanel fire with different nozzle discharge angles and additive solution volumes

3.2.4 첨가제를 함유한 미분무수의 가솔린 팬 화재

가솔린화재시험에서 난류화염은 매우강하고 상당히 많은 연기를 발생시켰다. 가솔린의 소화거동은 헵탄과 유사하였다. Table V는 3개의 노즐 방사각도에서 서로 다른 첨가제 수용액의 체적에 대한 소화시간이며, Figure 15는 소화시간에 대한 관계를 나타낸다. 부가적으로 시간의 함수로서 2개의 곡선이 존재하는데 하나는 순수물과 3% 첨가제에 대한 불룩한 형상의 소화시간이고, 다른 하나는 첨가제 6% 및 10%에 대한 단조롭게 감소하는 곡선이다. 3% 첨가제에 대한 화재억제성능은 순수물과 유사했다. 그러나 증가된 첨가제가 사용 될 때 소화시간은 순수물을 사용했을 때에 비해 확실하게 감소하였다. 화재진압을 위한 이러한 시험에서 사용된 첨가제는 헵탄화재보다 가솔린화재에 더 좋은 성능을 나타냈다. 30도 노즐 방사각도에서 소화시간은 3개의 첨가제 농도(3%, 6% 및 10%)가 증가함에 따라 확실히 증가 되었는데 이는 노즐의 좁은 방사각도에서 미분무수의 증발효과가 첨가제의 효과보다 더 중요한 것을 나타내고 있다.

Table V. Additive solution volume and corresponding extinction time(s) of gasoline pan fires.

방사각도(degree)	첨가제(%)			
	0	3	6	10
가솔린				
60	89	9	15	9
45	154	26	15	14
30	106	9	34	54

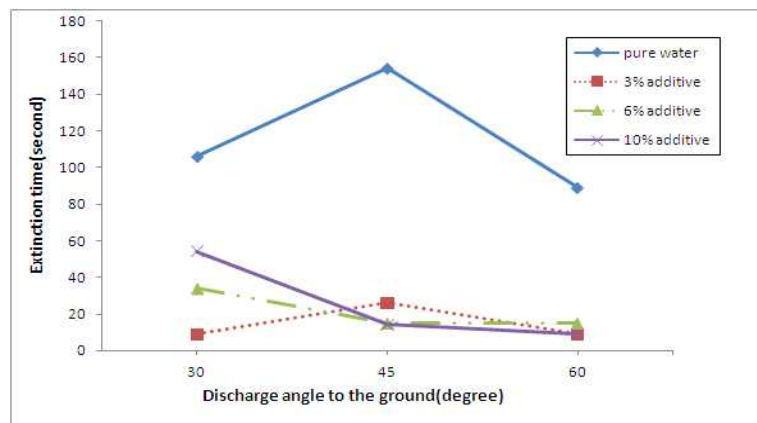


Figure 15. Extinguishing time for gasoline fire with different nozzle discharge angles and additive solution volumes

4. 결론

일련의 정성적 화재시험을 바탕으로 이동식 미분무수설비는 A급 화재, B급 화재 및 오토바이화재와 자동차화재를 소화하는데 효과적이었으며 B급 화재의 경우 첨가제의 사용은 특히 효과적이었다. 장시간의 작동은 우수한 화재제어성과 연기제어 그리고 안전성을 증가시켰으며, 이동식 미분무수설비는 기존의 이동식 소화기보다 더 신뢰성이 있다. 초기화재를 제어하기 위한 이동식 미분무수설비는 새롭고 우수한 선택이다. 정량적 화재시험에서 연료팬 액면화재의 소화성능에 대한 미분무수설비 고압방사의 효과와 화재제한의 상당 메커니즘이 조사되었다. 화재시험 매개변수는 연료 유형, 노즐방사각도 및 첨가제 농도이다. 시험결과로부터 미분무수설비는 복사열 완화, 온도감소의 우수한 능력을 갖고 있으며, 또한 이동식 미분무수 소화장비를 사용하는 조작자에게 우수한 방호수단을 제공하는 것으로 나타났다. 순수물을 사용한 화재 진압의 시험결과에서 노즐 방사각도 45도 초과인 경우, 화염냉각과 산소치환이 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다. 역으로 45도 미만의 좁은 노즐 방사각도의 경우, 연료 증기의 차단과 희석이 지배적인 요인이었다. 3% 첨가제 농도와 순수한 물은 화재 진압성능이 유사하다는 점에서 헵탄과 가솔린 화재는 유사한 소화거동을 갖는다. 부가적으로 6% 및 10% 첨가제를 사용한 시험의 경우, 방사각도가 좁을수록 연료팬에 도달 할 수 있는 미분무수가 적기 때문에 소화시간은 더 걸린다. 게다가 화재 진압을 위한 시험에서 사용된 첨가제는 헵탄화재보다 가솔린 화재에 더 좋은 성능을 하는 것으로 나타났다. 소화효능은 미분무수와 첨가제의 효과에 영향을 받는다. 따라서 미분무수와 첨가제의 영향사이에 최적의 영역이 화재억제에 있어 반드시 존재한다.