

미분무수 소화설비의 기술동향 및 NFPA 750의 소개

A State of the Art for Water Mist Fire Protection Systems and Introduction of NFPA 750

김 명 배[†]

Myung Bae Kim[†]

한국기계연구원 환경설비연구부

1. 서 언

미세한 수적으로 이루어진 분무를 소화에 활용한 것은 1930년대로부터 알려져 있으나 오늘날과 같은 미분무수 소화설비 형태로 사용되기에는 두 가지의 동기가 부여되었다.

첫째는 상업용 선박의 소화설비를 개선하려는 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)의 노력으로, 주로는 스프링클러 설비의 대체를 목표로 한 움직임이다. 두 번째는 몬트리올 의정서에 따른 할론소화설비의 단계적 철수로 기인된 환경친화적 소화설비 개발 동향이다. 현재 선박에서는 미분무수 소화설비를 할론대체용으로 기관실에서, 스프링클러 대체용으로 선실에 사용하고 있으며, 육상용으로는 전산실, 엔진실, 주방 등 여러분야에서 활용되고 있다.

지금까지 파악된 미분무수 소화설비의 장점으로는 다음과 같은 내용이 열거되고 있다.

- 물을 사용하기 때문에 독성이 없고 환경문제를 야기하지 않는다.
- 가연성 액체화재 및 분사화재(Spray fire)를 소화할 수 있다.
- 스프링클러 설비에 비하여 소화수를 매우 적게 사용하기 때문에 수손을 감소시킨다.
- 전역방출방식 가스계 소화설비와 같이 차폐, 장애가 있어 소화하기 어려운 화재도 진압할 수 있다.
- 기동방법이 다양하다.
- 전기부도체이므로 C급화재에도 적용가능하다.
- 폭발 억제 설비로도사용 가능하다.

위와 같은 장점이 있는 반면에 기술적인 어려움은

다음과 같다.

- 아직까지는 소화성능 변수를 설계할 객관적이고 일관적인 이론이 없다.
- 화재종류에 따라 시스템의 작동조건 및 방식이 변화해야 하나 정확한 근거가 없다.
- 화재종류 뿐만 아니라 주변조건, 즉 공간의 밀폐성, 환기유무, 공간대비 화재크기 등에 따라 같은 크기의 수적으로 이루어진 미분무수라도 화재진압 성능이 달라진다.

상기와 같은 기술적 어려움에도 불구하고 엄밀한 실험 규모 화재실험방법(Fire test protocol)이 전세계에서 개발되었고, 이를 바탕으로 주요 기관으로부터 그 성능이 입증된 설비들이 판매되고 있는 실정이다.

국내에서는 그간 미분무수 설비에 대하여 꾸준한 관심을 보여왔으나 연구수준에 머물러 있으며, 외국과 같이 성능을 입증할 수 있는 제도가 마련되어 있지 않아 소화설비의 기술발전 측면은 물론 현장에서 미분무수 소화설비를 사용하기 어려운 문제점이 되고 있다.

따라서 이러한 문제를 직시하고 소화설비 기술발전의 궤도속에서 이탈되지 않도록 하기 위하여 본 특집에서는 미분무수 소화설비의 기술 개요와 미국방화협회의 관련 규격 NFPA 750을 소개한다.

특히 미분무수 소화설비의 기술표준으로 소개되고 있는 NFPA 750은 1997년도에 이어 금년에 2차 개정판이 발간되었고, 현재까지 개발된 기술의 대부분이 기술규격의 형태로 제시되고 있기 때문에, 이의 분석을 통하여 미분무수 소화설비의 세계적 기술동향을 비교적 쉽게 파악할 수 있으리라 생각된다.

행간의 논리나 의미를 분명히 하기 위하여 필자의 해석이 부분적으로 추가될 것이며, 필자의 해석이 내용 중에서 명백하게 드러날 수 있도록 작성하려고 한다.

[†] E-mail: mbkim@mailgw.kimm.re.kr

2. NAPA 750의 기본개념 및 용어정의

NFPA 750 2000년 개정판은 이전의 내용에 비하여 상당히 포괄적으로 바뀌었으며 그 제목부터 “미분무수 시스템의 설치기준...”으로부터 “미분무수 시스템에 관한 기준”으로 변경되었다. 그 동안의 이루어진 기술개발 내용을 포함시키면서 설계와 성능기준에 관한 검토 사항을 나열하여 미분무수 시스템의 설계에서부터 성능평가까지의 방법을 제시하였다.

다만 아직까지도 미분무수 시스템의 일반적인 설계 기준이 존재하지 않기 때문에, 이 부분은 설계된 내용을 확인하기 위한 방법론을 제시한다고 볼 수 있겠다. 여기에서는 널리 사용되는 기본 용어를 NFPA 750으로부터 발췌·정리하여 미분무수 소화시스템의 개념을 설명하고자 한다.

2.1 시스템의 성능 목표에 관한 정의

2.1.1 소화(Fire extinguishment)

불에 타고 있는 가연물이 없도록 화재를 완전히 진압하는 것을 의미한다.

2.1.2 화재억제(Fire suppression)

화재의 발열율(Heat Release Rate)을 급격히 감소시키고 화재의 재성장을 방지하는 것.

2.1.3 화재제어(Fire control)

주의의 가연물을 미리 물에 젖게 하여 화재의 성장을 제한하고, 천장의 가스온도를 제어하여 구조적 충격을 방지하는 것.

2.1.4 온도제어(Temperature control)

화재이외의 온도상승에 따른 위험요소를 배제하기 위하여 사용되는 시스템의 목적을 기술하기 위한 것으로 미분무수의 상대적으로 큰 비표면적의 특성에 기인한다.

2.1.5 노출방호(Exposure protection)

가연물이 들어있는 탱크의 표면을 냉각시켜 화재 및 폭발 위험에 대비하기 위한 것으로 “고정식 물분무 설비”의 기능에 해당한다.

2.2 시스템 작동압력에 따른 분류

2.2.1 고압시스템(High pressure system)

배관내의 압력이 500 psi(34.5 bar)이상인 시스템

2.2.2 중압시스템(Intermediate pressure system)

배관내의 압력이 175 psi(12.1 bar)이상 500 psi 미만인 시스템

2.2.3 저압시스템(Low pressure system)

배관내의 압력이 175 psi 이하인 시스템

2.3 기타 주요 용어정의

2.3.1 미분무수노즐(Water mist nozzle)

미분무수를 만들 수 있도록 설계된 하나 이상의 오리피스를 갖고 있는 특수목적의 기구

2.3.2 미분무수(Water mist)

미분무수노즐의 최소 설계작동압력에서 Dvo.99가 1000 μm보다 작은 분무(Spray). Dvo.99는 미분무수 액적의 직경별 누적 분포에서 부피기준으로 99%가 되는 액적의 직경이다.

2.3.3 미분무수 시스템(Water mist system)

미분무수 시스템은 매우 미세한 수분무(Water Spray)를 이용한 소화시스템이다. 매우 작은 수적들은 화염이나 화재기류(Fire plume)를 냉각시키거나, 수증기에 의한 산소농도감소, 복사열 회식/차폐등에 의하여 화재제어 또는 소화 작용을 수행한다.

3. 시스템 요구사항(System requirements)

3.1 일반사항(General)

미분무수 시스템(Water mist system)은 다음 네가지의 변수(parameter)에 의하여 기술되어야 한다.

- (1) 시스템 적용 (System application)
- (2) 노즐형식(Nozzle type)
- (3) 시스템의 작동방법(System operation method)
- (4) 시스템 매체 종류(System media type)

3.2 시스템 적용

적용방법에는 다음 세가지의 종류가 있으며, 그 중 하나로 구성된다.

- (1) 국소보호 시스템(Local-application System)
- (2) 전역보호 시스템(Total compartment application System)
- (3) 구역보호 시스템(Zoned application System)

3.2.1 국소보호 시스템

방호대상물 또는 위험요소 주위를 미분무수로 완전히 둘러싸도록 설계되어야 한다.

3.2.1.1 국소보호시스템은 밀폐공간(Enclosed), 실내의 개방공간(Unenclosed), 외부개방공간(Open outdoor space)에 있는 방호대상물 또는 위험요소를 보호할 수 있도록 설계되어야 한다.

3.2.1.2 국소보호 시스템은 폐쇄형노즐(Automatic nozzle)이나 별도의 화재탐지장치에 의하여 기동되어야 한다.

3.2.2 전역보호 시스템

3.2.2.1 전역보호 시스템은 밀폐공간이나 특정한 공

간 전체를 완전히 방호할 수 있도록 설계되고 설치되어야 한다.

3.2.2.2 공간의 완전방호는 수동 또는 자동적인 수단에 의하여 모든 노즐이 동시 작동함에 의하여 이루어진다.

3.2.3 구역보호 시스템

구역보호 시스템은 전역보호 시스템의 부분으로 구획의 일정부분만을 방호하는 시스템이다.

3.2.3.1 구역보호 시스템은 구획 또는 공간의 일정부분을 방호할 수 있도록 설계되어야 하고 설치되어야 한다.

3.2.3.2 구역보호 시스템은 폐쇄형 노즐이나 별도의 화재탐지장치에 의하여 기동되어야 한다.

3.3 노즐형식

미분무수노즐(Water mist nozzle)은 다음 세 가지 중 하나로 분류되어야 한다.

(1) 폐쇄형(Automatic)

별도의 화재탐지장치에 의하지 않고 내장된 기동장치에 의해 자동적으로 유로가 개방되는 노즐

(2) 개방형(Nonautomatic, Open)

별도의 화재탐지장치에 의해 기동되는 유로가 개방되어 있는 노즐

(3) 조합형(Hybrid)

폐쇄형과 개방형 어느 것으로도 사용될 수 있는 노즐

3.4 시스템의 작동방법

미분무수 시스템은 다음 중 한가지 수단으로 작동되어야 한다.

(1) 일제개방식(Deluge)

(2) 습식(Wet pipe)

(3) 준비작동식(Preaction)

(4) 건식(Dry pipe)

3.4.1 일제개방식 시스템

일제개방식 시스템은 개방형 노즐들로 구성되며 노즐과 동일 구역에 있는 별도의 화재 탐지장치에 의해 제어되는 밸브를 통하여 노즐들로 소화수가 공급된다.

3.4.2 습식 시스템

노즐선단까지 소화수가 채워져 있도록 폐쇄형 노즐이 사용된다.

3.4.3 준비작동식 시스템

준비작동식 시스템은 폐쇄형 노즐과 압축성 가스를 이용하여 노즐이 설치된 동일구역에 별도의 화재탐지장치를 가지고 있어야 한다. 화재탐지장치에 의하여 밸브를 여는 기구가 기동되며 소화수가 노즐로 흘러간다.

3.4.4 건식 시스템

건식 시스템은 폐쇄형 노즐과 압축성가스를 이용하며, 배관내의 가스압력 저하는 제어밸브를 기동시킨다. 제어밸브 기동에 의하여 소화수가 노즐로 흘러간다.

3.5 시스템 매체 종류

미분무수 시스템은 다음 두가지에 의하여 분류하여야 한다.

(1) 단일유체(Single fluid)

미분무수 노즐내부에 오직 소화수만이 있는 경우이다.

(2) 이유체(Twin fluid)

미분무수 노즐 내부에서 질소, 공기와 같은 압축성 가스와 소화수가 혼합되어 미분무수가 만들어지는 방식을 의미하며, 따라서 별도의 가스배관이 필요하게 된다.

4. 분석 및 결론

지금까지 기술된 내용을 분석하면 다음과 같다.

1) 일반적으로 알려진 것 처럼 미분무수 소화설비를 밀폐공간에만 사용될 수 있도록 한 것이 아니라, 개방공간에서도 사용될 수 있도록 하였다.

2) 따라서 개방공간에서는 화염이나 화재기류 또는 가연물의 냉각을 통한 소화작용으로 화재진압이 기대되며 이는 참고문헌 4와 5에서도 알 수 있다.

3) 미분무수 소화설비는 밀폐공간에서는 가스계 소화설비 대체용으로, 개방된 공간 또는 A급 화재에는 스프링클러 대체용으로 사용될 수 있어 적용범위가 다양하다.

4) 중·저압 미분무수 시스템의 경우는 “고정식 수분무 설비”와 기술적 차이점이 거의 없어 개념정의가 매우 포괄적이다.

5) NFPA 750에서 미분무수 시스템에 대한 기술적인 제한사항으로는 오직 수적의 크기에 관한 것이며, 유량, 살수밀도, 노즐 설치 위치 등에는 아무런 제한이 없다.

6) 그러므로 미분무수 시스템의 인증을 위하여는 실물규모의 화재실험을 통하여 그 성능을 입증하여야 하고, 이를 위하여는 화재진압실험규격(Fire test protocol)의 엄밀한 검토가 필수적이다. 즉 화재진압실험 내용이 방호대상공간 및 예상되는 화재를 충분히 반영하고 있는지를 평가하여야 한다.

7) 이는 아직까지도 객관적으로 적용할 만한 설계방법이 개발되지 않았기 때문인데, 일반적인 설계방법의 개발이 어려운 이유는 다음과 같다.

스프링클러의 경우는 공간의 밀폐성 유무와 상관없이 화재위험 등급에 따라서 스프링클러 헤드 종류에 따른 헤드 1개의 방호면적에 관한 자료가 많은 실험을 통하여 확보되어 있기 때문에, 설계자는 방호대상 공간의 위험등급과 면적을 알면 스프링클러를 설계할 수 있게 된다. 미분무수의 경우는 공간의 밀폐성 여부가 변수로 추가되며, 이에 더하여 노즐의 위치, 화재규모 등이 성능에 큰 영향을 미치게 된다. 즉 스프링클러의 경우는 예상되는 화재특성만이 설계인자인데 반하여 미분무수 시스템의 경우는 공간규모, 밀폐성 등 주위 환경요인이 변수로 추가되기 때문에 변수의 숫자가 월등히 많아져 이를 전부 실험에 의존한다는 것은 불가능에 가깝다.

이러한 이유로 미분무수 시스템의 인증이 성능에 기반을 둔 방법으로 방향이 정립된 것이다. 당연하지만 인증에는 설비 측면에서의 사양 뿐만 아니라 작동 조건, 노즐설치위치, 공간조건, 밀폐도 여부, 환기여부 등 성능에 영향을 줄 수 있는 거의 모든 조건들이 포함될 수 밖에 없다.

참고문헌

1. NFPA 750, Standard on Water Mist Fire Protection Systems, (2000)
2. NFPA 750, Standard for the installation of water mist fire protection Systems, (1997)
3. 이순목, "Water mist 소화설비의 연구개발", 소방검정 3.4 (1998), (일본 소방검정협회 다요리 1997년 7, 8월 호 번역)
4. 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)
5. M. B. Kim, Y. J. Jang and J. K. Kim, "Burning rate of a pool fire with downward-directed Spray", Fire Safety Journal Vol. 27, pp. 37-48(1996)
6. 김명배, 장용재, 한용식, 윤명오, "미분무수를 이용한 소화실험 (I) - 개인용 컴퓨터 화재 -", 한국화재소방학회 지 제 13권 제 3호 pp. 27-33(1999)