

미분무소화설비 도입에 따른 국내 환경여건과 기술개발 동향



(주)건국이엔아이 대표이사 소방기술사 박 정 렬

1. 서론

현대 사회는 끊임없이 신기술이 개발되고 생산되는 과정에서 각종 원료에서부터 부가물과 생산장비의 설치 등으로 인해 급변하고 있으며 그 이면에는 항상 화재의 위험성을 내포하고 있다. 또한 전 세계는 심화되는 환경문제에 대하여 심도 있는 논의를 하고 있고 특히, 사회적 이슈가 되고 있는 저탄소 녹색성장의 기조에 부응하는 소방시설의 필요성이 대두되고 있다. 이와 맞물려 환경적인 요인 등을 고려한 친환경적인 소화성능을 지닌 소화약제 개발이 시급히 요구되고 있으며 이에 과거 소홀히 여겼던 Water Mist 설비는 다시 부각되어 신개념의 소화약제로 세계 각국에서 연구 개발하여 도입하고 있는 실정이다.

1990년대 국제해사기구(IMO : International Maritime Organization)에서 처음으로 미분무소화설비에 대한 신뢰성 인증방법과 시험규격 및 법

제화를 도입하여 사용해 왔다. 미분무소화설비는 선박에서 가스계 소화약제를 대신하여 기관실에서 사용하고 있고 육상용으로는 전산실, 엔진실, 주방, 변압기실 등 여러 분야에서 설치되고 있다.

기후변화협약에 의한 할론 소화설비 감축으로 세계적인 관심을 받고 있는 미분무소화설비는 스프링클러설비 보다 적은 양의 순수한 물을 이용하여 유류화재에는 물론 목재화재에도 효율적으로 화재를 진압할 수 있는 친환경적인 소화설비이다.

우리나라도 이를 도입하여 소방기술기준을 마련하기까지 여러 기관과 학계의 연구가 있었고 소방방재청에서 많은 검토 끝에 2011년 11월 미분무소화설비에 대한 화재안전기준을 제정하게 되었다.

그간 미분무소화설비는 친환경적인 장점 이외에도 소량의 물을 사용함으로 방사 후 수손 피해가 작다는 장점을 가지고 있어 건축주가 자진하여 안정성 확보를 위해 가스계 소화설비의 이중방어 시



스팀용으로 미분무소화설비를 추가로 설치하는 사례가 있었다.

국내 소방업계에도 화재안전기준의 제정에 따른 시장의 변화와 미분무소화설비 신기술을 개발하기 위한 연구가 활발히 진행된 것으로 본다. 금번에 제정된 미분무소화설비 화재안전기준을 살펴보면 미분무 헤드의 화재성능시험에 대한 세부적인 기준이 해외 시험인증기관의 세계적 기준에 미치지 못하고 있다.

본 기고문에서는 그동안 소방분야의 제조에서 설계 및 시공까지 국내에서 경험한 사례를 토대로 미분무소화설비의 국내의 여건과 기술 개발의 동향에 대해 기술하고자 한다.

2. 미분무소화설비 개요

미분무소화설비는 물을 사용하는 수계소화설비로서 스프링클러설비와 비교하여 약 10~20%의 작은 방사량으로 효율적인 소화효과를 가지고 있으며 소화 후 2차적인 피해(침수 및 오염 등)를 줄일 수 있는 친환경 소화설비라고 할 수 있다. 특히, 유류화재 및 전기화재와 심부화재에도 적응성이 있다. 또한 스프링클러설비가 물 분사로 인해 피난시 장애를 일으킨다는 연구보고와는 달리 미분무소화설비는 화재 시 미세한 물 입자가 연기를 제거하여 피난을 원활하게 해주는 소화 메커니즘으로 일반적인 수계 및 가스계 소화설비의 소화효과와 유사한 화재의 소화(extinguishing), 진압(suppression), 온도제어(control) 및 노출 보호라 할 수 있다.

2.1 정의 및 소화이론

1) 미분무의 정의

NFPA 750에서 미분무소화설비의 정의는 미분무소화설비의 최소 작동압력으로 분사되는 물 액적을 1[m] 하단부에서 측정하였을 때 직경 0에서부터 각각의 액적 지름까지의 누적 체적과 같은 액적의 직경은 전체 분포의 합과 같은 분율이 99%가 1,000[μ m] 이하인 것을 말한다.

또한 화재안전기준과 한국 산업규격에는 물방울 표면 입자 평균 크기(SMD : Sauter Mean Diameter 표면의 부피 비율이 완전한 스프레이 표본과 같은 입자경 지름)로 규정하고 있고 물 입자 크기를 400[μ m] 이하로 규정하고 있다.

압력의 사용범위에 따라 저압, 중압, 고압으로 구분하고 있으며, 우리나라의 경우 미국과 유사하게 다음과 같이 구분한다.

- 저압 : 1.2 [MPa] 미만
- 중압 : 1.2 [MPa] 초과 3.5 [MPa]미만
- 고압 : 3.5 [MPa] 초과

2) 미분무소화설비의 소화이론

미분무소화설비의 소화 작용은 화재를 제어하여 지연시키고 진압하는 경우에 있어서는 분무되는 작은 물입자의 유동특성을 이용하고 화재 시 고온에서 빠르게 기화하여 수증기를 생성하며 급격히 팽창한 증기는 실내의 산소를 밀어내어 산소 농도를 저하시키는 작용과 작은 미분무가 기화 되면서

○ 특집

발생되는 현열과 잠열이 화재 시 발생하는 열을 급속히 냉각시키는 원리로 화재를 진압한다. 흔히 보일러에서 수증기의 팽창으로 인한 폭발 사고에서 볼 수 있듯이 실내에서 화재가 발생하여 처음 미분무 헤드로 물이 방출되는 순간 화재실에서도 “핑” 하는 폭음을 들을 수 있다.

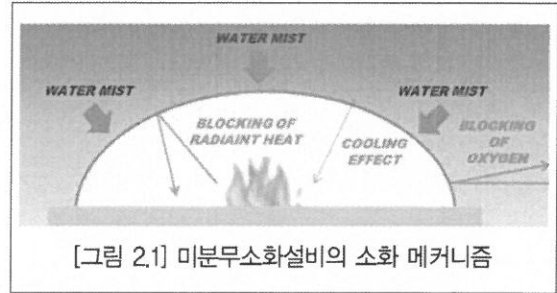
물이 급격히 증기로 팽창하는 순간 실내의 온도와 크기에 따라서는 유리창이 깨지는 경우도 있다. 이와 같이 미분무소화설비에서 물 액적의 부피의 급격한 팽창에 따른 표면적의 변화는 [표 2.1]과 같다.

[표 2.1] 액적의 입자직경 감소에 따른 표면적의 증가

Droplet Size	6[mm]	1[mm]	0.1[mm]
Surface Area of Droplet	1[m ²]	6[m ²]	60[m ²]

이와 같이 액적의 증발은 수증기 체적이 증가됨에 따라 산소농도 감소로 인한 질식 효과와 복사열의 차단 효과 등이 있다. [그림 2.1]은 미분무소화설비의 소화 메커니즘을 표현한 것이며 미분무소화설비의 소화효과를 간략하게 정리하면 아래와 같다.

- 물 입자와 연소 물질의 직접적인 접촉으로 인한 연소 물질의 냉각
- 물 입자의 증발로 인한 화염의 냉각 효과 및 복사열의 차단
- 물 입자의 증발로 수증기의 체적이 증가하여 산소 농도 저하 및 차단



2.2 미분무 노즐의 종류와 성능검증

미분무소화설비의 노즐(Nozzle 또는 Head라고도 함)은 가압송수장치로부터 발생하는 압력을 이용하여 액적을 미립화하는 역할을 하며 이는 소화 성능에 큰 영향을 미치게 한다. 즉 액적크기와 각도, 방출 속도를 결정하는 미분무소화설비의 가장 핵심 부품으로 일반적으로 개방형과 폐쇄형으로 구분하며 물이 방출되어 작은 입자로 되어 분사되는 과정에서 노즐의 내부형태에 따른 특징은 다음과 같다.

1) 충돌 노즐

충돌 노즐은 일반적으로 단일 유체로 작동되는데 비교적 큰 오리피스를 가지며 디플렉터(deflector)라고 하는 충돌 판을 가지고 있으며 일반적인 스프링클러의 형태와 유사하다. 상대적으로 작은 액적을 생성하기 위해 오리피스를 통해 분사되는 물의 제트의 속도가 빨라야 하며 디플렉터의 디자인에 따라 생성 액적의 크기가 달라지기도 한다. 보통 중저압 범위에서 작동되고 제작이 용이하다는 장점이 있지만 디플렉터를 고정하는 부가적인 구조 때문에 분무 분포가 균일할 수 없다는



단점을 갖고 있다. 보통 선박의 객실 및 기계실과 일반 거주 공간에서는 우수한 소화 성능이 있으며 특히 밀폐공간과 같은 수증기 팽창으로 산소 농도 저하 효과가 큰 부분에 주로 설치한다.

2) 가압 노즐

가압 노즐은 대개 단일 유체로 작동되면 작은 오리피스 또는 스윙 챔버(swirl chamber)로 구성된다. 고속의 물 제트가 오리피스를 통과할 때 생기는 얇은 막이나 제트가 주변 기상과의 공기역학적 상호작용에 의해 불안정하고 작은 액적들로 분열되어 미세한 액적들이 생성된다.

화재 방재용으로 사용되는 가압 노즐의 오리피스 직경은 일반적으로 0.2 ~ 3 mm 정도이다. 다양한 작동압력인 5 ~ 200bar 에서 작동되며 작은 유량에서 매우 큰 유량까지 다양하게 얻을 수 있고 스윙 노즐의 경우 넓은 분사 각을 얻을 수 있다. 일반 가압 노즐은 고속의 미세 분무를 얻을 수 있다는 장점이 있지만 좁은 분무 각을 형성하며 스윙 형태의 가압 노즐은 반대로 넓은 분무 각에 걸친 미세 액적을 얻을 수 있으나 분무 운동량이 상대적으로 작다. 적용 목적에 따라 적절한 노즐을 선택하는 것은 매우 중요하며 노즐을 조합하여 복합체를 구성함으로써 미세 액적, 넓은 분무 각, 높은 분무 운동량을 갖는 미분무를 생성할 수 있다.

일반적으로 분사압력을 증가시킴으로써 액적 크기는 작게, 유량 및 운동량을 크게 할 수 있으나 액적 크기 감소의 경우에는 한계가 있는 것으로 알려져 있다. 압력 노즐은 다양한 화재 형태에 적용되

어 좋은 소화 성능을 보여 왔는데, 기계실 및 엔진실 등을 비롯한 밀폐 공간내의 유류화재에 좋은 소화 및 화재억제 능력을 갖고 있다. [그림 2.2]은 국내에서 개발된 가압방식 형태의 다양한 미분무 노즐의 일례를 나타내고 있다.



[그림 2.2] 방사 패턴별 미분무 노즐

3) 이류체 노즐

이류체 노즐은 작동 유체인 물과 함께 압축 공기 또는 불활성 기체, 다른 유체 등을 함께 분사시키는 방식의 노즐이다. 이러한 노즐은 두 유체에 대한 입구와 혼합 챔버로 구성되며 챔버 안에 형성된 액막은 압축 공기 등과의 상호작용으로 강한 전단력을 받아 불안정한 상태가 되며 작은 액적들로 분열된다. 노즐 출구로 방출된 액적들은 내부에 존재하는 높은 와류 강도로 인해 이차적으로 분열되어 더욱 미세한 액적들이 형성된다. 일반적으로 두 유체의 분사 압력은 개별적으로 제어되며 주로 저압인 3 ~ 12bar에서 작동된다.

이 형태의 노즐에서는 비교적 넓은 범위의 분무 각 형성이 가능하고 이류체 노즐의 다양한 장점들로 인해 오랫동안 여러 시스템에서 사용되어 왔다. 광범위한 액적 크기 분포, 분무 각, 분무 운동량 및 분무 유량 범위를 커버할 수 있으며 낮은 압력 범

○ 특집

위에서 사용되기 때문에 관리 및 제어가 쉽다. 또한 압축 공기에 의해서 분사 이후에 난류 혼합이 강화되어 미분무 액적의 연소 영역으로 침투가 용이하므로 소화 성능 역시 매우 우수한 편이다. 그러나 단점으로는 노즐의 제작비용이 높은 편이고 두 가지의 관로를 통해 물과 가스를 각각 가압하여 분사해야하기 때문에 시스템 구성이 단일 노즐시스템에 비해 무겁고 배율을 조성해야하는 어려움이 있으며 최대 단점은 장치의 복잡성에서 오는 시스템 비용 측면에 있다.

2.3 노즐의 성능검증

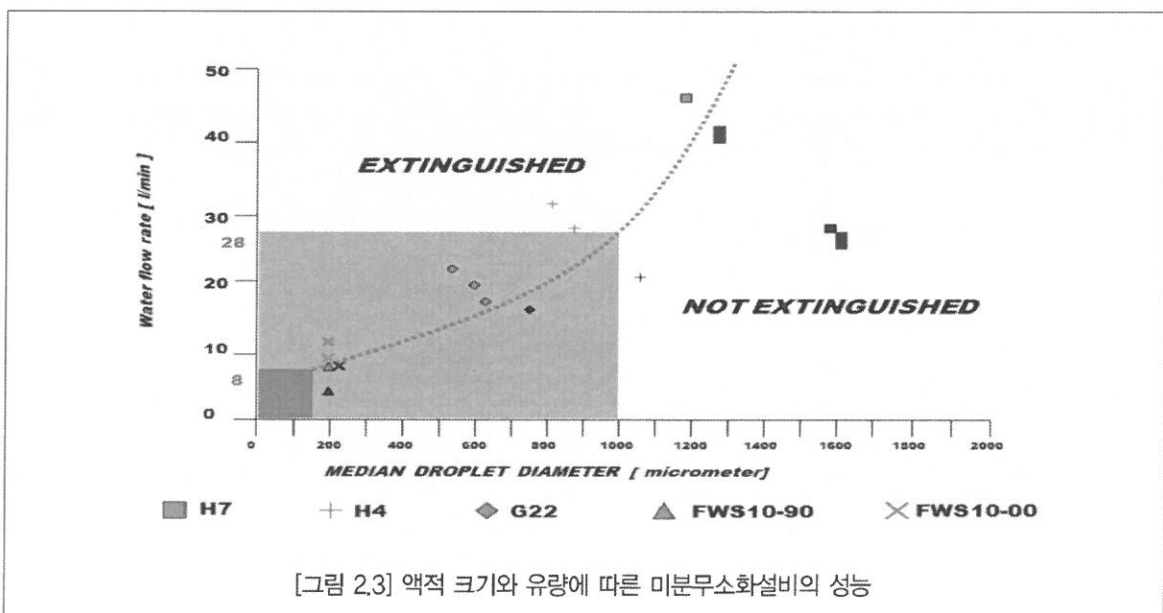
미분무 노즐 분사성능 등에 대한 검증은 노즐의 재료 및 재질에 대하여 부식균열시험 및 내열시험, 소화수의 원활한 흐름을 보장하기 위한 소화수 흐름시험, 이물질 등으로 인한 막힘을 방지하기 위해

막힘 시험 등 요구되는 시험 목록을 정리해보면 [표 2.2]와 같다.

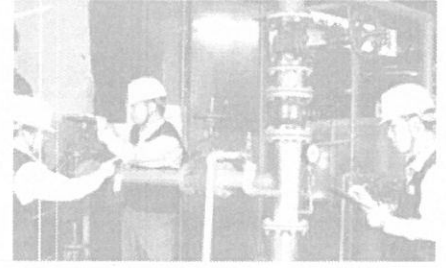
[표 2.2] 미분무 노즐의 분사성능 시험 항목

시험항목	시험방법
소화수 흐름시험	압력의 증가 및 감소에 따른 유량 및 흐름상수 값 측정
소화수 분포시험	소화수 분포 시 분포 면적 측정
SMD 측정시험	노즐의 중심으로부터 1[m] 하단부에서 측정
부식 균열시험	높은 온도의 염화마그네슘 용액에 대한 부식 여부 측정
이산화황 부식시험	이황화 나트륨수산물에 대한 부식 여부 측정
열 내력시험	높은 온도에서의 내력성 실험
충돌 시험	자유낙하 후 내구성 실험
막힘 시험	오염물질이 흐르는 경우 막힘 여부 측정

앞에서 언급했던 것처럼 SMD(Sauter Mean Diameter) 측정시험은 미분무소화설비에서 화재의 억제와 관련하여 중요한 요인이다. 기본적으로 국내에서는 미분무에 대해, 액적의 직경이 400[μm] 이하 인 것이라고 정의하고 있다. 또한 액적의 직



[그림 2.3] 액적 크기와 유량에 따른 미분무소화설비의 성능



경은 화원의 종류에 따라 소화효과의 차이가 큰 것으로 연구되었다. [그림 2.3]에서는 미분무소화설비 액적의 직경과 유량에 따른 소화 가능성에 대한 실험 결과 값으로 미분무수의 입자크기와 분무 유량의 중요성을 보여주고 있다.

또한 막힘 시험은 미분무소화설비 설치시 시스템 안정성 보장을 위한 검증이라고 판단된다. 실제 현장에서는 이물질 및 오염물질에 의한 미분무소화설비의 막힘 현상이 발생하는 경우도 있으며 이에 대한 대책과 검증으로 이물질이 노즐팁에서 막히지 않도록 하는 제도적인 장치를 마련하는 것이 필요하다. 위에서 언급한 것처럼 미분무 노즐은 액적의 미립화와 소화성능 향상을 위해 영향을 많이 미치는 요인이다. 따라서 노즐의 분사성능 시험기준의 마련은 미분무소화설비의 안정성 및 성능 향상에 크게 기여할 것으로 본다.

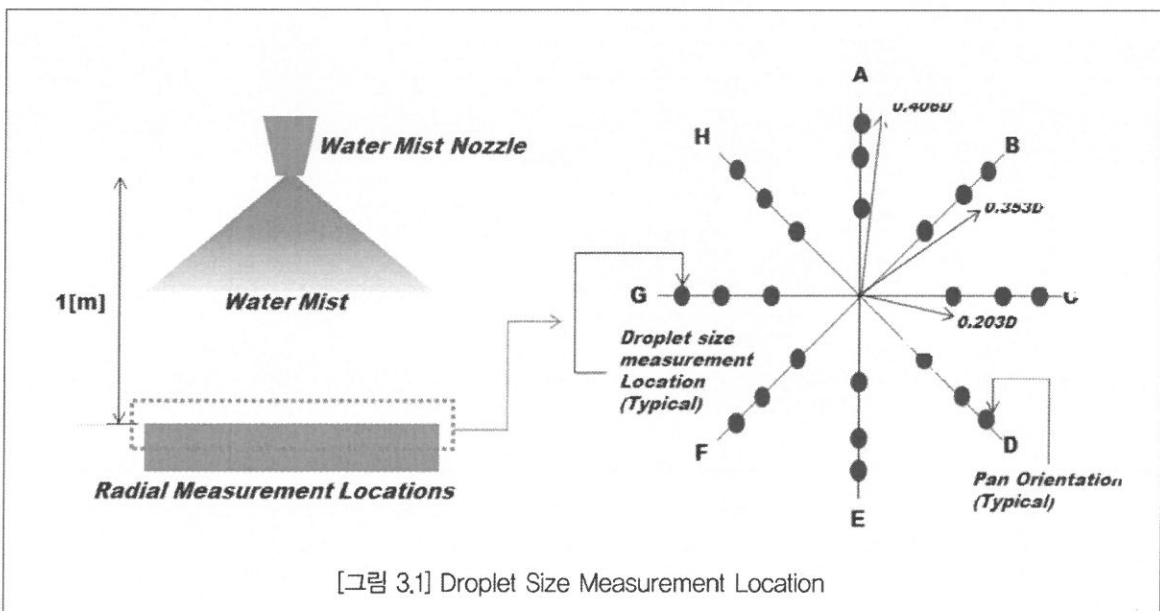
3. 미분무설비의 해외 기준

3.1 NFPA 750

NFPA 750에서는 미분무소화설비에 대한 정의, 구조, 시험기준 및 설치기준은 물론 Darcy-Weisbach Equation을 사용한 유량 계산절차, 액적의 입자측정에 대한 규정 및 [그림 3.1]과 같이 노즐의 설치 위치에 대한 기준까지 규정하고 있다. 특히 NFPA 750에서 규정하고 있는 입자의 누적 체적분포는 [그림 3.1] 같이 미분무 노즐 팁으로부터 1[m] 아래에 위치하는 시험체로 측정된 단위면적당 유량으로 산출하도록 규정하고 있다.

또한 단일 액적의 누적 수량비율은 아래와 같은 수식으로 구할 수 있다.

$$c_y = \frac{n_y}{n_x} + c_{y-1} \quad (1) \quad p_x = \frac{f_x}{F} \quad (2)$$



[그림 3.1] Droplet Size Measurement Location

$$\sum f_x \quad (3) \quad w_y = c_y p_x + w_{y-1} \quad (4)$$

(1)식에서 n_y 는 측정 시험 체에서 단일 유체 수이고 n_x 는 시험 체에서 전체 수량이다. (2)식으로 단위면적 당 유량비율을 구할 수 있으며는 측정 시험 체에서 면적 당 유량을 나타낸다. 이를 (3)식과 같이 합하고 (4)식으로 질량 누적 비율을 구할 수 있으며 결과적으로 (5)식에서 단일유체의 질량 누적 체적을 구할 수 있다.

$$V_{I_y} = \frac{(\pi b_y^3)}{6} (c_y - c_{y-1}) + V_{y-1} \quad (5)$$

3.2 화재 소화능력시험 기준

NFPA 750에서는 미분무소화설비의 일반적인 설계방법 및 공학적 이론의 부재로 특정소방대상물을 방호하기 위한 풀 화재 시험 등을 규정하고 있다. 또한 화재 소화능력 시험을 실시하는 기관으로 IMO, FM Approval, UL, VDS와 같은 기관들을 [표 3.1]과 같이 지정하고 있으며 각 기관에서는 화재소화능력시험에 대한 기준을 별도로 정하였다. 상기의 시험인증기관에서 정하는 화재 소화능력시험 기준은 차이가 있지만 설치 장소를 변수로 한다는 점에서 공통점이 있다.

1) IMO

IMO(International Maritime Organization) Protocol을 살펴보면 선박에서의 미분무소화설비의 성능을 보장하기 위해 시험기준을 제시하고 있

다. IMO에서 제시하고 있는 규정 중 기계장치 공간의 화재 소화능력시험 기준을 보면 기밀이 되어 있는 구조에서 실제 엔진크기의 목업(Mock-up)을 제작하여 종류별 연료 및 가연물을 변수로 하는 13개의 화재시나리오 별로 화재 소화능력시험을 수행하여 실제 소화능력을 확보하도록 규정하고 있다.

이 시험에서 모든 시나리오 화재가 소화 후 재발화하지 않도록 완벽히 수행하여야 하며 미분무소화설비의 구조 등도 명확하게 제시하고 있다. 또한 기계장비실의 화재 이외에도 선실 화재, 복도 및 숙박시설의 화재에 대해서도 화재 소화능력시험에 대한 세부적인 기준까지 정하고 있다.

2) FM Research Corporation

FM(Factory Mutual) Research Corporation에서는 FMRC라는 기준으로 미분무소화설비의 시험규정을 제시하고 있으며 미분무소화설비는 특수한 공간에 적용되기 때문에 미분무소화설비의 화재 소화능력시험은 케이스별로 수행하는 것이 전제되어야 한다고 설명하고 있다.

FM Global의 미분무소화설비 기계장치실의 화재 소화능력시험에 대해 살펴보면 80[m³] 이하의 기밀상태가 유지된 공간에서 연료공급라인 등 같은 설비에 자동 인터록 시스템이 있다는 것을 가정한다. 화재상황은 열 감지기에 의해 화재 신호를 받아서 미분무소화설비가 1분 이내에 작동하도록 제시되어 있다. 또한 미분무소화설비는 발화 시간부터 5분 이내에 풀 화재를 소화되어야 한다고 명시되어 있다.



[표 3.1] NFPA 750에서 규정하는 기관별 화재 소화능력시험

Agency	Water Mist Fire Test Protocols
IMO	MSG/Circ. 728, Amendments to the Test Method for Equivalent Water Based Fire Extinguishing System for Machinery Space Category A and Cargo Pump Rooms
FM Approval	FMRC, Draft Performance Requirements for Fine Water Spray Systems for the Protection of Combustion Turbine Enclosures, Machinery Space and Special Hazard Machinery Space
UL	ANSI/UL 2167, Standard for Water Mist Nozzles for Fire Protection Service
VDS	VDS 2498, Guideline for Water Extinguishing System Requirements and Test Methods for Fine Spray Nozzles

[표3.1]의 규정은 기계장치실의 규모를 변수로 [표3.2]와 같이 구분되어져 있으며 각 규정에 따라 시험기준은 차이가 있다.

[표 3.2] 기계장치 실크기에 따른 소화시간(예)

Machinery Space	Extinguishing Time
not exceeding 80 [m ³]	within 5 [min]
from 80 to 260 [m ³]	within 5 [min]
exceeding 260 [m ³]	within 30 [min]

3) VDS

VDS(Verband der Schadenversichen)에서 제시하고 있는 VDS 2498은 미분무소화설비의 몇몇의 화재 소화시험기준을 제시하고 있다. VDS에서는 IMO 또는 UL 등에서 제시하고 있지 않는 적용 가능성을 제시하고 있다.

실용성에서는 미분무소화설비를 설치함에 있어 고려해야할 수많은 변수들을 공학적인 분석을 통해 미분무소화설비의 적용 가능성을 다음과 같이 제시하였다.

- 화재 소화능력시험 기준의 연료와 비슷한가? (연료 물질의 상태, 인화점, 연소성, 저장량, 배치상태)
- 화재 소화능력시험 실험실의 체적은 실제 적용하려는 장소의 체적과 같은가? 또는 이하인가?
- 화재 소화능력시험 실험실의 체적은 실제 적용하려는 장소의 높이와 같은가? 또는 이하인가?
- 화재 소화능력시험 실험실의 환기시설은 실제 적용하려는 장소의 환기시설과 유사한가? (개구부의 면적, 개구부의 위치)
- 미분무소화설비에서 분사시 이에 방해가 되는 요소가 있는가?
- 기준에서 제시하고 있는 방호의 지속성은 실제 추구하려는 방호의 지속성 정도에 대해 적절한가?

화재 소화능력시험의 조건과 실제 적용하려는 설치장소의 조건들을 비교하는 상기의 질문에 대한 결과는 미분무소화설비의 적용 시 판단기준, 성능기준 등으로 사용된다.

4. 국내 설치사례와 화재안전기준에 대한 고찰

4.1 국내 설치 사례 및 실증시험

미분무설비가 국내에 도입하여 설치한 것은 수년 전 반도체공장에서 처음 이동용 미분무 건을 시작으로 하여 차량화재 진압을 위해 소방차에도 장착하였으며 고정형 소화설비는 최근 변압기실, 중

요 목조문화재 등에 설치하였다.

일본에서도 현재 목조문화재에 미분무설비를 설치하기 위해 연구 중에 있으며 국내에 설치사례는 세계 최초라 하겠다. 국내에 설치된 미분무설비의 설계 기준은 사용자가 소방전문가에 의한 화재 시나리오의 화재실증 시험을 통해 이루어 졌으며 대부분 기존의 소방법에서 정한 기준 외에 추가한 자진설비로 설치되었다. 아래 기술된 예는 국내에 설계 및 시공된 미분무소화설비의 설치 사례이다.

1) 소화성능 및 설치장소

미분무설비는 변압기실, 발전기실 및 반도체 공장의 클린룸, 문화재 등 특정한 소방대상물에 주로 적용하고 있는 소화설비이다. 따라서 이에 대한 화재 소화능력시험은 소방대상물 종류와 가연물, 실내의 크기 등 여러 환경조건에 따라 화재 소화성능 시험 기준이 상이하다.

NFPA 750 및 FM Research Corporation 등 해외 연구기관에서 화재 소화능력시험을 적용 대상의 종류별로 구분하여 시험 기준을 적용하고 있으나 아직 국내에서는 미흡한 실정으로 좀 더 과학적이고 구체적인 기준마련 되어야 하며 이를 위해서는 현재 소방대상물을 구분하고 화재를 효율적으로 진압할 수 있는 화재성능 위주의 설계 도입을 추진하고 있다. 현재 국내에 미분무소화설비가 적용되는 장소를 구분하면 [표 4.1]과 같다.

미분무소화설비는 [표 4.1]처럼 일반 건축물과는 달리 특수한 건축물 또는 특별소방대상물에서 소화성능을 발휘할 수 있는 시스템이다.

[표 4.1] 건축물 종류에 따른 미분무소화설비 적용 가능 장소

구분	적용 가능 장소
전력시설	기관실, 변전실, 발전기실, 개폐설비
전자 통신시설	전산실, 통신 교환실, 클린룸
선박	기계실, 축전지실, 객실, 공공장소
목조 건축물	목조 문화재, 한옥
다중이용업소	박물관, 미술관, 극장, 병원, 호텔, 공항
기타	군용시설, 지하도, 지하철역사, 철도차량

하지만 미분무소화설비는 적용대상에 따라 유량, 가압송수방식, 압력, 액적의 크기 또는 분사각도 등이 차이 나기 때문에 각각의 설치장소에 적합한 설계 및 시공 방법이 요구된다. 이러한 이유로 미분무소화설비의 화재안전기준에서는 설계자의 설계도서에 따라 소화성능을 검증하는 방법을 제시하고 있다.

IMO, UL, FM Research Corporation 등 해외 연구기관에서는 설치장소에 따라 화재 소화 성능 시험 기준을 제시하고 있다. 국내에서는 미분무소화성능에 대한 기준 마련이 필요하며 일부 학회 및 학계에서 적용하고 있는 기준은 본 화재안전기준 제정에 따라 많은 변화가 있을 것으로 본다.

2) 고압 미분무소화설비의 설치사례

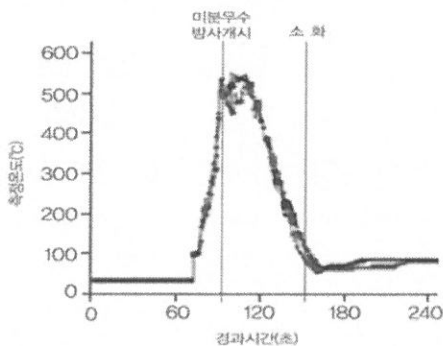
지하 설치되어 있는 변압기실내의 가스계 소화설비의 대체 설비로서 수계설비중 미분무 설비를 주목하여 왔고, 주변압기실의 화재 위험의 특성상 가스계 소화설비의 1차 소화 실패 시 대처 방안으로 미분무 설비에 대한 인증 기준을 자체적으로 작성하여 지하 변압기실에 설치하였다. 시험 항목의



화재 시나리오에 의거하여 미분무소화설비의 화재 소화능력시험을 수행하고 15분 이내에 재 발화 또는 잔염이 없어야 시험결과를 만족하는 것으로 기준을 정하였다. 미분무소화설비 화재능력시험은 고압 미분무 노즐을 이용하였고 약 80[bar]의 압력을 사용하여 실시하였다. 시나리오 중 Pool Fire 6[MW]의 시험 결과는 [그림 4.1]과 같다.

[그림 4.1]을 참고하면 미분무소화설비 작동 후 10초 후에 화재실의 온도는 급격하게 하강하였으며 소화하는데 걸리는 시간은 약 60초 정도였다.

본 변압기실 화재 소화성능시험은 사전 화재를 발생하여 여러 가지 시나리오를 작성하고 그 중 기 설치된 장소의 변압기내 화재발생시 화재진압에 적합한 시나리오를 선정하여 실증 시험 전에 화재 시뮬레이션을 통하여 소화 시험 확인 후 실증시험을 실시하는 등 미분무 소화능력시험에 적합하게 설계되었다. 즉 미분무소화설비의 화재 소화능력 시험은 설치장소에 따라 적합하게 설계되어야 한다는 것이다. 아래 화재의 크기는 참고로 2MW의 화재는 자동차 1대가 불이 나서 연소할 때 발생하는 복사열로 추정하면 된다.



[그림 4.1] 소화성능시험의 시간별 온도변화

[표 4.2] 화재 소화능력 시험 기준 예 (변압기실)

시나리오	화원 위치	비 고(화재 발생 방법)
Spray Fire (1MW)	Mock-Up 상단	경유를 이용한 Full Cone 방식
Spray Fire (6MW)	Mock-Up 상단	경유를 이용한 Full Cone 방식
Pool Fire (10MW)	Mock-Up 하단	0.6[m]×1.4[m]×0.3[m]×4[ea], Water 15[cm], Fuel 5[cm], (2.5MW Pool Fire 4개소)
Pool Fire (6MW)	Mock-Up 상단	0.6[m]×1.4[m]×0.3[m]×2[ea], Water 15[cm], Fuel 5[cm]
Pool Fire (1MW)	Mock-Up 하단	0.6[m]×0.7[m]×0.3[m], Water 15[cm], Fuel 5[cm], 점화용 Fuel 1.5[L]
Cascade Fire (12MW)	Mock-Up 하단	Fuel 사용, 모의 변압기 상부로부터 0.25[kg/s]로 흐르는 화재

미분무소화설비의 화재 소화능력시험 기준을 마련하기 위해서 중요 내용을 요약하면 아래와 같다.

- 적용 대상에 따른 미분무소화설비의 소화성능 기초 연구 수행
- 적용 대상 종류별 화재 시나리오 작성과 화재 시뮬레이션 구현
- 설치 장소에 따른 화재 소화 성능 시험 방법 제시 및 기준마련

3) 중저압 미분무소화설비의 설치 사례

산불로 인해 화재가 발생하여 낙산사 등 문화유산이 소실되어 국내 매스컴에서 현 문화재의 소방 시설실태의 문제점에 대하여 크게 대두된 바 있으나, 연이은 승례문 화재로 국민들에게 많은 실망감을 주었으며 이후 정부, 민간에서 문화재 보호 차원에 적정한 소방시설을 연구 모색하게 되었다. 그 결과 미분무 설비 대한 화재성능시험과 그 결과를 토대로 설계 기준 및 시공 시방서를 작성하고 미분

○ 특집

무소화설비를 설치하였다.

중저압 미분무설비는 고압시스템에 비해 물 입자가 커서 미분무 소화의 메커니즘 요인 중 냉각소화의 비중이 많은 편으로 화세가 크거나 대상물의 천장높이가 높은 지역, 개방되어 있는 장소에 사용되고 있다. 주로 냉각작용과 질식에 의한 소화 작용의 성능이 우월하며 약 150 μ m ~ 250 μ m 정도 크기의 물 입자가 많이 사용된다. 따라서 유류화재 외의 목조 화재로서 천장 높이가 높은 사찰, 문화재 및 목조 건축물에 설치되어 있다.

이외 저압시스템은 물 입자가 약 200 ~ 300 μ m 이상의 크기로서 화세가 크고 거의 개방된 공간에 사용하여 냉각효과가 크며 일부 첨가제를 사용하기도 한다. 고압 미분무 시스템은 목재화재에서 화재 시 화세가 커 고압의 경우 입자가 작아 물 입자가 증발하기 때문에 목재화재에는 소화능력이 없는 것으로 입증 되었으며 화재 실증시험의 기준은 다음과 같다.

- 가로(8,000 mm), 세로(8,000 mm), 높이(5,000 mm)의 구조물
- 시험장 벽체는 인접한 2개의 벽체는 내화용 석고보드를 사용하고 시험 시 측면 벽에 12mm 두께의 보통합판으로 마감한다. 나머지 2개의 벽체는 개방상태로 한다.
- 시험장은 외기의 바람과 풍속에 영향을 받지 않는 장소에서 설치한다.
- 성능시험장 내부는 20 \pm 10 $^{\circ}$ C로 유지하여야 한다.
- 시험장과 주변시설은 시험으로 인한 열, 하중, 충격, 피로 등에 안전하도록 구조보강 후 시공한다.

[표4.3] 중저압 미분무소화설비 화재 소화능력시험 시나리오

	화재시나리오	화원 위치	화재발생 및 작동 조건
A	실내 노즐 하부 목재화재	노즐 하부	화원착화 3분 연소 후 노즐 5분간 개방
B	실내 노즐 사이 목재화재	벽면에서 화원 중심 1m 이격위치	
C	실내 중심부 목재화재	노즐 중간 부 바닥	
D	벽체 노즐 하부 유류화재	노즐 하부 벽면에 밀착	화원착화 1분 경과 후 노즐 5분간 개방
E	벽체 노즐 사이 유류화재	노즐사이 벽면에 화원 밀착	
F	실내 중심부 유류화재	노즐 중간 부 바닥	

압력 용기를 이용한 중저압 미분무소화설비는 설치비용 및 유지관리 측면에 있어서 엔진펌프 방식보다 경제적이고 효율적인 시스템이며 소량의 질소를 이용하여 저압의 배관망을 통해 미분무를 분사할 수 있어 공간적인 제약이 적으며 중저압 미분무 시스템의 가장 큰 장점은 질소가압방식을 이용하여 별도의 동력원 없이 작동된다는 점이다. 이는 전 세계적 관심이 온실가스 감축과 저탄소 녹색성장이라는 이슈에 부합하는 친환경적 시스템이라는 점에서 매우 고무적이라 하겠다.



[그림 4.2] 중저압 미분무 시스템의 화재 소화능력시험



4.2 화재안전기준에 대한 고찰

금번 미분무소화설비의 화재안전기준이 제정됨에 따라 제조사는 화재의 종류별 이에 적합한 분무노즐을 제작하여 화재실증 시험에 대비하여 제품인증을 위해 소방산업기술원에서 성능인증을 받아야 하며 소방 설계회사는 화재안전기준 제4조에 의한 설계도서 작성 후 법 42조 제1항에 따라 성능시험기관으로부터 성능을 검증을 받아야 한다.

본 설비는 국내에 처음 도입되는 설비라 제조단계부터 어떻게 설계도서의 성능인증을 받을 것인가와 어떻게 도입할 것인가에 대해서 많은 관심이 있다.

설계 방법, 설계를 하기위한 기본적인 자료 및 경험이 중요하여 이에 대한 설계자의 능력에 따라 결과물이 상이할 것으로 본다. 아울러 시공은 설계도서를 기초로 배관의 이음부터 청소 등 마무리까지 성실히 시공하여야 한다.

실제 현장에서 작업자의 부실시공으로 감리를 실시하여 검증함에도 불구하고 배관의 누설, 노즐의 막힘 등의 현상이 발생하고 있어 이에 대한 대책 마련이 필요하다고 보며 미분무소화설비의 완벽한 시공을 위해 시공의 실명제 도입이 필요하다 본다.

상기 국내에 설치된 사례를 바탕으로 현 미분무설비의 화재안전기준에 대해 고찰해보고자 한다.

1) 미분무소화설비의 이해

미분무소화설비는 화재진압 외에 화재를 제어한다. 화재가 발생하여 미분무수가 방사되면 실내온

도를 일정온도 이하로 낮추어 화재가 확산되는 것을 방지한다. 또한 일반인은 미분무수하면 입자가 작으면 좋다고 하지만 화재의 성상, 실내의 크기 등에 따라 소화에 적합한 물의 입자크기, 압력, 속도가 달리 정해지기 때문에 실제로 꼭 입자가 작다고 소화 성능이 우수한 것은 아니다. 입자의 크기는 보통 가정에서 사용하는 가습기의 입자는 약 20~30 μ m, 봄에 우산을 쓰지 않아도 될 정도의 상황의 가는 비의 경우 약 200~300 μ m라 추정하면 물 입자의 크기를 쉽게 이해하리라 본다.

2) 유수검지장치 및 밸브

화재가 발생하면 소화배관 내 물이 흐르면서 유수검지장치를 통해 압력스위치를 동작시키거나 패들형의 경우는 물의 흐름을 점점으로 받아 수신기에 통보하여 주는 원리이다.

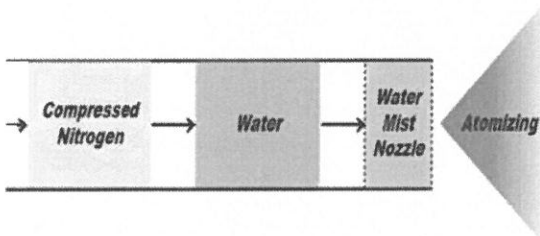
현재 국내에는 22kg/cm²이하만 인증이 되어 있어 중저압용으로 사용이 가능하고 그이상의 압력에는 KS 규정 이상의 제품을 사용하여야 한다.

개폐 표시 형 밸브에는 바깥나사 게이트밸브(Outside Screw & Yoke Gate Valve)와 버티플라이 밸브가 있다. 개폐 표시 형 밸브는 개폐 표시 형 밸브의 성능 시험 기술 기준(소방방재청장고시)에 의거 제품승인 및 제품시험을 받은 제품을 사용하도록 권장한다. 그러나 고압의 경우 이러한 기준에 알맞은 기준이 없어 계폐 상태가 육안으로 확인 가능한 고압용 볼 밸브 및 전동밸브 등의 승인 기준이 필요하며 고압밸브의 경우는 필히 봉인 조치를 하여야 한다.

3) 가압송수 장치

미분무소화설비에서 가압송수장치는 미분무 노즐과 더불어 소화 성능과 설치 효율성 등에 중요한 영향을 미치는 장치이다. 따라서 설치장소와 미립화하려는 액적의 직경 및 분무 유량에 따라 적합한 가압송수방식을 선정하여야 한다. 현재 사용되고 있는 가압송수장치는 전동기 또는 내연기관에 따른 펌프를 이용하는 방법과 질소 또는 압축공기를 용기에 가압하여 가압원으로 사용하는 방법 그리고 질소, 압축공기를 이용하여 펌프를 가동시키는 방식이 있다. 전동기를 사용하는 방법은 펌프실의 전기적인 장치와 전동기 등의 설비를 설치해야 하고 압력조정 범위가 넓어 중저압 이하는 원심펌프를 그이상은 피스톤펌프를 사용한다.

반면에 압력용기를 이용하여 가압수조의 물을 방사하는 방식은 별도의 동력원이 필요없기 때문에 전동기를 이용한 가압송수장치의 설치가 어려운 오지 또는 산간 등과 같은 장소에 설치가 가능하다. 이 방식은 주로 중저압 미분무소화설비를 사용할 때 사용되는 방식이며 유체의 압력 에너지만을 이용하기 때문에 탄소배출 절감에 효과적이고 친환경적이며 일정한 압력을 사용할 수 있어 운영 방식에 대해 안정적인 효과를 기대할 수 있다.



[그림 4.3] 압력수조를 이용한 미분무소화설비의 작동 메커니즘

잘 사용하지 않는 방식의 가압장치로 가스펌프 방식도 동력이 없는 장소에 사용하며 광산 등 매연 발생이 없으며 공기오염이 없는 곳에 사용되어진다. 압축공기를 이용하여 피스톤을 작동하여 물을 가압하는 방식으로 외국의 경우 철도차량에 현재 설치 운영 중에 있는 미분무설비의 가압방식의 하나이다.



[그림 4.4] 미분무소화설비의 내연기관 및 압력수조 방식

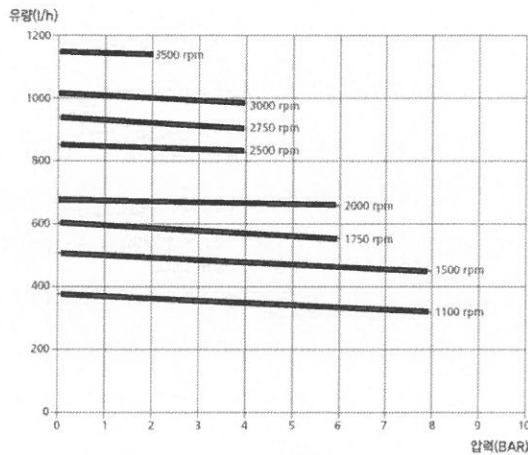
4) 소방펌프

펌프의 종류를 크게 2가지로 분류하면 원심펌프와 용적형 펌프로 구분할 수 있다. 원심펌프는 가장 흔히 사용하고 있는 펌프이나 고압으로는 사용이 불가하여 주로 용적형의 피스톤 펌프가 사용되어진다. 원심펌프의 경우 소방펌프 등 일반적으로 사용되어 왔기 때문에 설명은 생략하고, 고압을 위한 용적형 피스톤 펌프 또는 플런저 펌프에 대하여 보다 자세히 설명하면, 용적형 펌프의 경우 원심펌프와 다른 성능시험 곡선으로 나타난다. 즉, 원심형 펌프가 2차 함수 그래프와 유사한 모양인 반면 피스톤 펌프의 유량과 압력에 대한 그래프는 1차 함수인 [그림 4.5]와 같다.

[그림 4.5]에서 보여주듯이 피스톤 펌프의 경우 펌프의 사용 압력을 증가 시킨다고 하여도 총 사용



유량에는 큰 변화가 없다. 이러한 플런저 펌프 또는 피스톤 펌의 작동원리를 간단히 설명하면, 케이스에 장착된 실린더(노즐)는 내부에 각각의 체크밸브가 설치되어 있는 흡입구와 토출구를 갖고 있고, 전동기나 엔진의 힘으로 크랭크축을 회전하게 되면 크랭크축에 부착된 커넥팅 로드가 피스톤과 연결되어 있어 피스톤을 왕복운동 시키게 된다. 이때 피스톤이 노즐의 반대쪽으로 움직(흡입행정)일 때 흡입구 쪽에서는 물이 빨려들어 오게 되며 연이어 노즐 쪽(압축행정)으로 진행하게 되면 흡입구의 체크밸브가 닫히면서 토출 측의 체크밸브를 통과하여 토출 측으로 밀어내는 원리를 갖고 있어 피스톤의 왕복 운동에 의한 일정한 용적을 갖는다.



[그림 4.5] 피스톤 펌프의 성능 그래프

5) 배관의 이음

미분무소화설비에 사용되는 배관의 구성요소는 동관이나 STS 304 이상의 재료를 사용하여야 하며, 기계적인 강도, 내식성 및 내열성이 요구되며

배관의 이음에는 한국공업규격(KS) 또는 미국의 ANSI 규격에 적합하도록 하는 것을 권장한다.

배관을 용접할 경우 용접 잔존 물질 등이 남아 있지 아니하고, 부식의 우려가 없는 용접방식으로 하여야 한다.

배관의 접합방식에서 있어 대부분 용접을 사용하나 최근 배관기술의 발달로 용접 방식 외에 화재의 위험이 큰 장소에서 관경 1[inch] 이하의 경우는 스테인리스 튜빙 배관의 Lok Joint 방식을 사용하며 관경 1[inch] 무용접 압착방식으로 조인트 방식을 사용한다.

6) 스트레이너의 설치

소화용수, 수조, 배관, 펌프의 종류, 각종 부속기는 녹이 슬지 않는 재질로 사용하며 여기에 펌프의 흡입 측에 스트레이너를 설치하고 스트레이너의 메쉬 입자는 노즐관경의 80% 미만의 크기를 사용하여야 하며 스트레이너망의 전체 개방된 면적은 배관관경의 150%의 크기의 면적을 확보된 것으로 사용하여야 한다. 미분무소화설비에 있어 가장 중요한 부분이 노즐이므로 제조사양에 따라 미분무 노즐 입구에도 배관내의 이물질로 인한 노즐의 막힘 현상을 방지하기 위하여 노즐마다 스트레이너를 설치하는 것이 바람직 하다.

7) 소화용수조, 소화배관의 겸용

미분무로 사용되는 물에는 입자, 용해고체가 있을 경우 노즐을 막을 우려가 있기 때문에 수원의 사용을 먹는 물 관리법의 규정에 적합하도록 제시

하도록 하고 소화용수조 또한 녹이나 부식으로 인한 이물질이 발생하지 않는 재질을 사용하여야 할 것으로 판단된다.

수원의 양을 계산하는 변수는 설계 방수량, 설계 방수시간 및 방호구역 내 노즐의 개수와 안전을 (1.2)을 고려하는 것을 추천한다.

미분부소화설비의 경우는 단독 배관으로 하도록 되어있으나 사용자가 소화전 그리고 스프링클러 설비를 미분부소화설비와 겸용할 수 있다.

이 경우 소화용 수조와 배관 재질 등이 미분부 소화설비 기준과 적합해야 한다.

그리고 이 경우는 유사시 외부의 수원 확보를 위한 연결 송수구를 펌프의 1차측 입구에 설치하여야 한다. 저압인 경우는 즉, 기존 소화전이나 스프링클러 설비의 압력에 준하는 압력을 사용하고 있는 경우는 펌프 1차 측에도 송수구를 설치하여 외부의 동력으로도 사용할 수 있도록 한다.

8) 미분부소화설비의 C급 화재 검증방법

미분부소화설비의 C급 화재에 대한 화재 억제는 현실적으로 검증이 불가능하기 때문에 이에 대한 명확한 정의와 검증방법의 제시가 되어야 한다.

국내 C급 화재 소화기준은 수동식 소화기 C급 화재 적용기준이며, 약 10만 볼트의 전류를 흘렸을 때 사용자에게 전기장이 타고 들어와 영향을 미치는 결과이므로 이를 검증할 필요성에 대한 논의는 고정식 설비에 있어서 조금 더 규정에 대한 정의가 정해져야 할 필요가 있을 것으로 사료된다.

9) 미분무 건의 선정

현재 법적으로 호스릴 방식으로 사용되는 미분무 건의 기준에 대하여 명확하게 정하여 진 것은 없다. 그러나 사용의 용이성, 다양한 화재 적용능력 및 소량의 물로 화재를 진압하는 소화능력이 사용자들로부터 입증받아 현재 미분무 타입의 건이 상용화되어 활발하게 적용되고 있는 것이 현실이다. 법적인 인증기준이 마련되어야 하며, 미분무 건의 인증하기 위한 기술적인 정의가 필요할 것으로 판단된다.

먼저, 수손의 피해를 최소화하기 위해 특정 방사유량의 제한, 분사거리에 대한 기준, 소화능력 단위에 대한 기준 등이 필요할 것으로 판단된다. A급 화재의 소화 능력단위 뿐만이 아니라 B급, C급의 소화 능력 단위 그리고 방호대상물의 각 부분으로부터 하나의 호스 접결구까지 수평거리의 기준 등을 세세하게 규정할 필요도 있다고 본다.

10) 미분무 설비의 성능확인

미분무 설비의 성능확인을 하기 위해 화재안전기준 제 11조 7항에 의하면 배관의 끝단에 동일형태의 오리피스 또는 개방형노즐을 설치하도록 되어있다. 스프링클러 설비 중 준비작동식타입의 경우 평상시에는 압력이 없는 상태에서 감지기 동작 후 폐쇄형 노즐가 열에 의해 동작되어야 물이 방출되도록 시스템이 구성되어 있다. 이를 보완하기 위해 배관 내 공기나 질소가 가압하여 배관의 파손, 누설을 감지하도록 하나 미분무 설비는 대부분 실내 등의 밀폐



된 공간에서 거의 개방형으로 설치되고 있어 실제 물 방출 등 외 배관의 누설, 파손을 확인할 수 없는 실정이다. 소화설비는 유사시 대비하여 건축물에 설비를 투자한 것으로 항시 완벽하여야 한다. 따라서 미분무 설비의 성능확인 은 현재 정한 기준보다 실제 방출시험을 하거나 노즐을 밀폐하여 성능을 확인하는 제도가 필요하다, 특히 미분무 설비는 고압의 경우 약 100Bar 까지 방사되는 압력을 고려하며 장기적으로 설비의 노후화 등을 감안하여 실증 시험에 의한 성능시험의 설계가 이루어져야 한다고 본다.

11) 도면 설계

미분무 설비는 최근 도입된 설비이기는 하나 많은 기술력을 이용하거나 경험이 풍부한 자의 도면 설계가 필요하다. 화재안전기준 제 13조 2항의 경우 하나의 노즐까지 수평거리 산정은 설계자가 제시하여야 한다 라고 되어있다. 이를 설계자가 제시하려고 하면 설계하고자 하는 미분무 시스템에 대해 화재실증시험부터 참관하여 완벽히 기술을 파악하여야 한다. 따라서 노즐간의 거리, 개구부의 화재확산방지, 노즐의 설치높이제한기준, 가연물의 종류와 최대 화재하중, 바람의 영향을 충분히 분석하여야 하나 이는 어려운 상황이다. 따라서 설계의 기준은 모두 제조사가 정한 사양에 따라 설계자가 설계하여야 하며 이후 설계도서 작성 및 검증 후 성능시험기관으로부터 확인을 받고 소방관서의 동의를 얻어 완공이 이루어져야 한다.

12) 설계도서의 작성

설계도서는 미분무 제조사에서 제시하는 기술적인 자료를 기초로 하여 설계를 실시하여야 한다. 제조사는 미분무 기술시방서에 설계압력, 미분무 노즐 특성, 분사각도, 최대설치 높이 및 최소설치 높이, 방호대상, 각 개별 노즐의 유량을 명기해야 하며, 노즐간의 수평거리, 노즐 배치의 기본원칙 등 모든 엔지니어링 자료 및 시스템에 대한 정보를 제공하고, 이에 대한 노즐의 성적인증을 받아야 한다. 그리고 노즐의 검증을 위해 화재시나리오의 승인 및 실증 실험을 통한 검증이 이루어져야 하며, 작성된 화재시나리오의 적합성을 객관적으로 평가기 위해서는 많은 경험이 필요하다. 화재 시나리오에 따라 노즐의 화재실증 시험이 이루어지고 이에 대한 결과를 화재안전기준 제5조에 의거 소방관서에 동의를 받기 전에 법 제42조 제1항에 따라 성능시험기관으로 지정받은 기관에 그 성능을 검증받아야하나 화재 시나리오 자체가 잘못되었다면 다시 시간과 비용을 소요됨에 따라 설계도서의 검증이 검증하는 엔지니어에 따라 잘 못 평가될 수도 있다는 점이다. 시험인증은 실제 화재시험을 해야 하나 미분무소화설비를 설치하는 장소는 모두가 상이하여 설치하는 장소마다 매년 화재시험을 할 수 없다. 따라서 본 성능시험도 이 분야에 많은 경험과 학식이 있는 자를 별도로 선정하여야 할 것으로 본다. 아울러 성능시험인증을 화재의 크기, 화재실의 면적의 변경 발생 시 어디까지 인정하여야 한다는 기준 마련이 필요하다.

화재시나리오의 고려사항으로는 점화원의 형태, 초기 점화되는 연료유형, 화재의 위치, 문과 창문의 개폐 상태에 따른 변화, 공조시스템에 대한 고려, 해당 방호구역에 대한 구조적 특성과 환경요소 등을 고려하여야 한다. 이때 가장 중요한 것은 화재의 진압유무를 판가름하는 물 입자와 방사 거리이다. 즉 미분무 노즐과 가연물과의 거리에 따라 화재 진압 및 제어에 상당한 영향을 준다는 것이다. 예로 목재화재의 경우는 고압분사가 물 입자가 약 100 μ m 의 크기만 되어도 화재 발생지역과 일정 거리가 떨어져 있어도 화재시 소화가 불가능하다는 것이다. 물의 입자가 작다는 것은 방사거리가 작고 입자크기가 큰 것은 방사거리가 멀리 분사된다는 것이다.

별표 1에 기술되어 있는 설계도서의 작성기준을 살펴보면, 일반도서와 특별 설계 도서를 작성하도록 하였으며 특별설계도서는 6가지의 유형이 있다. 이 6가지 특별설계도서 중 발화 장소 등을 변경하여 위험도를 높게 만들어 작성하여야 한다. 특별도서에는 화재시험 외 인명에 대한 재실자의 안전부분이 고려되어 있다. 이는 실제화재시험 외에 인명 안전에 대한 검증이 필요한바 이는 실제 화재를 고려할 수 없고 인명에 대한 시뮬레이션이 필요하다는 것이다. 종합해 보면 성능위주의 설계가 이루어져야 한다는 것이다. 즉, 별표 1을 고려하여 작성되어야 하며 미분무 화재시나리오를 작성하고 실증시험을 거쳐 성능위주설계 기준에 근접한 설계 도서를 작성하여야 하겠다.

상기와 같은 설계방법은 많은 요인을 고려하여

설계기준을 정립하였으나 점차 화재 시나리오는 UL 및 FM 기준과 유사한 방향으로 접근하는 것이 올바르다고 판단하고 있다. 화재 시나리오를 위한 공간의 이해와 그 사용목적에 따른 별도의 화재시나리오를 작성하여 검증기관으로부터 case by case 형태로 인증을 취해 나가는 것이 올바른 발전 방향이며, 향후 외국으로의 수출 등을 위한 미래지향적 기준이라고 판단되는 바이다.

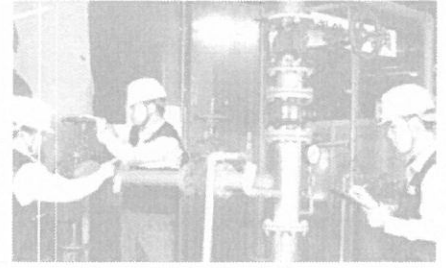
미분무 기술기준에 있어서 제조사의 설계기준과 화재 시나리오에 의한 인증 시험은 매우 중요한 문제이자 제조사 및 인증기관 신중히 결정해야 할 문제라 사료된다.

4.3 미분무소화설비의 선진화

1) 수리계산 및 실증시험(성능위주 설계)

미분무소화설비에 사용되는 노즐의 특성 및 배관의 사용에 따라 배관의 관경을 결정하여야 하며, 이때 펌프에서부터 최 말단에 설치된 노즐까지 필요한 유량을 계산하여야 한다. 메인 배관부터 가지 배관의 관경을 결정하기 위한 수리 역학적 계산서를 첨부하여야 한다. 이때 사용되는 노즐의 압력에 따라 윌리엄 하젠 방정식이나 달시 방정식을 활용하여 수식에 따른 배관의 관경을 계산할 수 있다.

미분무소화설비는 성능위주의 설계에 따라 모든 적용대상에 대한 실증실험이 필요하다. 이에 따라 금번 고시된 법안에 따르면 설계도서란 명칭으로 기록되어 있으며, 이 설계도서에 화재시나리오 및 성능에 대한 실험을 하도록 규정하고 있다. 이는



각 제조회사에서 제안하는 설계도서에 따라 기술적 검토와 더불어 실증화재 실험을 실시하여 이에 대한 실험 결과가 포함하여야 하며, 노즐의 배치 환경의 구성 및 규격, 사양 등 모든 내용이 포함되어야 한다.

또한, 미분무 소화설비의 설계를 설계회사의 설계자에 의해 수행되는 것으로 하나 실제적으로 미분무소화설비는 제조사의 사양에 의해 결정되어진다 하겠다. 따라서 각기 설계의 기준이 달라지고 미분무소화설비는 사용압력에 따라 입자크기가 달라 설계에 세심한 주의가 필요하다. 여기에는 고압용 프로그램이 사용되는데 아직 국내에는 검증된 프로그램이 없고 외국의 제품이 있기는 하나 상당히 고가로 이에 대한 프로그램의 개발이 요구된다.

2) 부속기기의 개발

전술한 바와 같이 미분무소화설비에는 미세한 물을 만들기 위해서 다양한 가압방식이 사용되고 있으며, 고압 피스톤 펌프 및 질소가압장치와 같은 경우 다양한 부속품이 필요하다. 예를 들어 고압 피스톤 펌프를 사용하는 시스템일 경우 고압 피스톤 펌프 뿐만이 아니라, 고압 충격을 흡수할 수 있는 맥동기, 고압용 압력조절 밸브, 고압용 압력스위치, 고압용 선택밸브, 안전밸브 등 다양한 부속품들이 필요하고, 설계자의 의도에 따라 적절한 제품들이 선택되고 사용되어야 한다.

질소 가압시스템의 경우 국내에서는 300 bar 이상의 압력 실린더 및 압력부속 부품이 사용되어야 가장 효율적이나 국내에서는 이를 생산하고 있지

않는 등 고압관련 기기가 상업화 되어 있지 않은 것이 현실이다.

따라서 향후 고압 미분무 시장이 활성화 되려면 관련 부품에 대한 국산화가 진행되어야 하며, 고압과 관련된 인증제도 등이 개선이 되어 국내 개발업체에서 용이하게 개발하고 상업화 할 수 있는 제도적인 장치도 필요한 시점이라 하겠다.

3) 제조사의 검증제도 도입

미분무 설비의 특성상 제조자가 제공하는 기술적 정보가 절대적으로 중요한 요소를 차지하고 있다. 이는 개발된 노즐의 특성에 따라 액적의 크기, 분사각도, 유량 및 노즐의 배치간격 등의 요건에 따라 다양한 설계 조건이 주어질 수 있으며, 적용하고자 하는 장소와 목적에 따라 보다 세분화된 기준과 검증이 필요하다.

제조자의 기술 수준을 검증하기 위해서는 미국의 FM과 같이 공장 및 생산과정과 설계 도서에 이르는 모든 정보들을 인증하는 공장인증 제도와 같은 방법이 적용되어야 한다고 판단된다.

만약 제조사 검증제도를 도입한다면, 제조사 또한 다양한 실물화재 시험을 수행하여 각 건축물의 용도와 화재 진압 목적에 대한 실험을 수행하고, 그 실험수행 시설이 인증을 부여하는 성능시험과 동일한 시험시설을 갖춘 업체의 경우 실증화재 실험은 제조사에서 수행하고, 인증기관에서 방문하여 결과 치를 확인 방법으로 각 화재 시험 시나리오에 대한 인증을 대비하여 시간과 비용을 절약할 수 있는 방법을 추구할 수 있을 것으로 기대된다.

4) 성능인증을 위한 화재시험소 확대

실증화재 실험의 경우 모형의 제작 및 반복적인 화재 실험으로 많은 비용과 시간이 필요한 것이 현실이다. 그러나 현재 화재실험을 수행하고 입자를 측정할 수 있는 인증원은 한국소방기술원이 유일한 상태이고, 많은 시간과 비용을 들인 시험을 지속적으로 한 기관에서 수행하여 인증을 하기에는 어려운 점이 있다. 미분무 시장이 형성이 되려면 다양한 조건의 화재 시나리오가 개발이 되어야 되고, 적용 장소에 따른 실증화재 실험이 꼭 뒤따라야 하는 것이 현실이다. 이때, 미분무 노즐을 개발한 업체의 수는 수요의 증가와 더불어 더욱 증가할 것으로 예상되며 이때 인증원의 수적 한계 및 시설적 한계로 인하여 인증시험에 제때 이루어지지 않는다면 기술개발과 인증이 절차의 복잡성과 시간의 지연으로 인해 개정된 법이 효과적으로 수행되기 곤란하다고 본다. 따라서 현재 한국소방산업기술원 뿐만 아니라 화재 실험을 수행할 수 있는 인증기관의 수를 증가 시켜 기술개발 속도를 한층 가속화 시키는 것도 미분무 기술개발과 상업화에 있어 매우 중요한 요소 중의 하나라고 본다.

5. 결 론

미분무소화설비는 환경 문제가 사회적 이슈가 되고 있는 현대사회의 소화설비 중 가장 친환경적이고 탄소 배출이 적은 시스템이다. 또한 안정적이고 효율적인 소화 효과를 기대할 수 있으며 소화 후 수손의 피해도 적다. 따라서 해외시장에는 물론 국내 소화설비 시장에서도 다수의 기업에서 개발

하고 있으며 국내 미분무 기술력은 선진국과 비교하여 이미 동등한 수준에 있다 해도 과언은 아닐 것이다. 이러한 국내 미분무 시장형성과 기술개발에 발맞추어 미분무소화설비의 화재 안전기준 제정은 미분무소화설비가 소방법에서 정하는 소화설비가 되었다는데 큰 의미가 있으며 고무적이다. 또한 화재 안전기준의 도입으로 미분무소화설비의 시장이 더욱 확대될 것이라 예상되며 소방 업계에서도 기준의 도입을 환영하는 분위기이다.

하지만 미분무소화설비의 화재안전기준은 본문에서 언급한 것과 같이 미분무소화설비의 구조에 대한 기준, 화재 소화성능시험에 대한 기준 및 설치기준에 대한 세부적인 사항이 없는 것이 현실이며 현재 미국 등 해외국가의 인증기관과 비교하였을 때 객관적인 신뢰성 측면에서 다소 미흡한 점은 있다. 따라서 미분무소화설비의 신뢰성 및 안정성 향상과 세부적인 기준 정립을 위하여 많은 연구와 변화하는 산업 발전에 적응하기 위해 소방 신기술과 적용에 있어 급변하는 화재안전기준도 매년 개정되고 있는 실정이다. 미분무소화설비 화재안전기준도 이에 병행하여 도입된 기술로 우선 미분무소화설비의 소화 및 분사성능과 특성에 대한 기초적인 연구 수행이 우선되어야 할 것이며 이를 토대로 설치 대상에 따른 분사 및 소화성능 시험기준과 시공 시 설치기준이 마련되어야 한다.

국내 미분무소화설비는 비록 해외의 미분무소화설비보다 개발시기가 늦었지만 현재 제품의 기술력이나 신뢰성은 해외제품에 뒤쳐지지 않는다. 더 높은 소화성능의 제품과 보다 안정적이며 신뢰성



이 있는 제품의 기술개발을 위해서는 제조에서부터 설계 및 시공분야의 업계에 종사하는 모든 소방인 이 책임감을 가지고 소화설비의 기술력 향상과 신제품 개발에 솔선수범하고자 하는 촉매제가 되

어 보다 완벽한 소방시설을 유지하여 국민의 재산과 인명을 보호한다는 사명감을 가진다면 대한민국의 소방 발전에 크게 기여할 것이라고 사료되는 바이다. K_{FSA}

참고문헌

1. UL 2167, "Water Mist Nozzles for Fire Protection Service", 2004
2. NFPA 750, "Standard on Water Mist Fire Protection Systems", 2006
3. Ramsden, N., "Water Mist - a Status Update, Fire Prevention", vol.287, pp.16-20, 1996
4. Mawhinny, J. R. and Solomon, R., "Water Mist Fire Suppression Systems" Fire Protection Handbook, 18th Ed., NFPA, pp.216-248 of Chap. 6, 1997
5. Arvidson, M., "Experience with fire suppression installations for wood churches in Sweden", JOURNAL OF FIRE PROTECTION ENGINEERING vol.18 pp.141-159, 2008
6. Qin, J; Weng, WG, "Preliminary study of water mist suppressing ghee flame in historical building in the northwest China" JOURNAL OF CULTURAL HERITAGE vol.7 pp.329-333, 2006
7. Mawhinney, J.R. "Principles of Water Mist Fire Suppression Systems", NFPA Handbook - 18th Edition, 2005
8. International Maritime Organization(IMO), "MSC/Circ. 668, ANNEX, APPENDIX A (Component manufacturing standards of equivalent water-based fire extinguishing systems) and APPENDIX B (Interim test method of equivalent water-based fire extinguishing systems for machinery space of Category A and cargo pump rooms)", London, 1994
9. Zhou, XM; Liao, GX; Cai, B, "Improvement of water mist's fire-extinguishing efficiency with MC additive", FIRE SAFETY JOURNAL vol. 41 pp.38-45, 2006
10. Hansen, R., "USCG Full Scale Water Mist Testing Vertical & Horizontal Scaling" Proceedings: International Conference on Fire Research and Engineering, p.313, 1995
11. Kim A., Mawhinney, J, and Su, J., "Water-mist System Can Replace Halon for Use on Electrical Equipment", Canadian Consulting Engineer, May/June, p.30, 1996
12. Bill, R. G., "Water Mist in Residential Occupancies", Technical Report, Factory Mutual Research Corporation, March, 1996
13. 남준석 외, "미분무소화설비 도입을 위한 연구용역", 한국소방기술원 연구용역, 2008
14. 박정렬 외, "목조문화재 미분무 시스템 개발", 소방방재청 산업화 지원과제 연구용역, 2009
15. 박정렬 외, "이류체 건 개발", 소방방재청 산업지원화 사업, 2010