

가스계 소화시스템의 평가 Evaluation of Gaseous Fire Extinguishing System

김 재 덕
Jae-Duck Kim

한국과학기술연구원 환경복원연구센터 책임연구원

1. 서 론

가스계 소화약제란, 말 그대로 방호구역에 방출된 물질의 상태가 상온에서 기체인 소화약제를 나타내며, 그 종류로는 지금까지 사용되어 왔던 이산화탄소와 할론을 비롯하여 오존층 파괴문제로 규제되는 할론을 대체하기 위해 1990년대 들어 새로 개발되어 도입되기 시작한 HFC-23, HFC-125, HFC-227ea, HFC-236fa, HCFC- Blend A, IG-541, IG-01, IG-55 등이 있다. 방사후 잔사를 남기지 않아 청정소화약제(clean fire extinguishing agent)라고도 하는 이 소화약제의 특징으로는 기체상태로 방출되므로 침투성이 우수하여 신속하게 다양한 모양의 방호구역에 사용될 수 있고 소화후 2차손실이 적으며 전기전도도가 낮아 B급화재 및 C급화재의 진압에 사용할 수 있는 점이다.

이 가스계 소화약제와 이 약제를 저장하였다가 화재시 방호구역까지 이송하는 설비(저장용기, 밸브, 배관, 노즐 등) 및 이 설비를 설계하는 방법론(설계매뉴얼, 설계프로그램 등)을 모두 포함하여 가스계 소화시스템이라 한다.

화재로부터 인류의 생명과 재산을 보호하는 여러 장치중 소화시스템은 화재발생시 1차적으로 가장 먼저 진압작용을 하는 만큼, 시스템이 적합하게 작동하는지의 여부가 실제 화재에 의한 손실의 크기를 크게 좌우한다고 할 수 있다. 또한 소화시스템은 화재 발생시 확실한 화재진압 성능이외에도 인체에 미치는 위해성, 환경영향성, 2차손상 등의 측면에서 신뢰성과 법적인 적합성을 당연히 갖추고 있어야 한다.

이를 확실히 하기 위해 미국, 유럽, 일본 등 선진국에서는 여러 제도를 도입하여 운영하고 있다. 예를 들어 미국의 경우 NFPA(National Fire Protection Association)

에서 소화약제 및 소화시스템에 대한 표준규정을 제정하여 운용하고 있고, UL(Underwriters Lab.)과 FM(Factory Mutual)에서 특정 소화시스템의 소화성능 인증업무를 수행하며, EPA(Environmental Protection Agency)에서 환경영향성을 적용방법에 따라 평가하여 사용 허용여부를 결정하고 있다. 또한 유럽의 LPC(Loss Prevention Council), 캐나다의 ULC(Underwriters Lab. Canada), 일본의 소방설비안전센터에서는 소화시스템의 인증 업무를 수행하고 있다.

우리나라의 경우 가스계 소화약제가 들어있는 휴대용 소형소화기와 소규모의 전역방출방식의 가스계 소화시스템의 소화성능 시험이 이루어지고 있으나 큰 규모의 소화성능 시험이나 설계방법론에 대한 평가는 화재진압 시험장비 및 평가기술의 부족으로 아직 체계적으로 이루어지지 않고 있다. 결국 국내 건물의 가스계 소화시스템은 외국의 소화시스템 개발회사의 설계기준과 설계방법을 그대로 수용하여 설치되고 있으며 화재진압여부, 소화약제의 법적 방출시간 준수여부, 최대배관거리, 기존 소화시스템을 일부 변경하거나 새로운 소화시스템이 개발되어도 국내에서는 제대로 평가가 이루어지지 않는 등의 문제점도 나타나고 있는 실정이다.

이와 같이 가스계 소화시스템의 적절한 평가가 중요하다라는 명제 하에 본고에서는 가스계 소화시스템의 평가에 포함되는 항목, 기준, 방법 등을 기술적 측면에서 검토하였다.

2. 소화약제의 평가

2.1 소화농도(Flame Extinguishing Concentration)

소화농도는 이미 형성되어 있는 불꽃에 소화제가 확산되어 불이 꺼질 때 소요되는 소화제의 최소농도로 정의되며 방호구역에 필요한 가스계 소화약제의 양을

† E-mail: jdkim@kistmail.kist.re.kr

산정하는 기초가 되는 값으로 소화능도가 낮을 수록 더 우수한 소화능력을 갖는다.

이 소화능도는 일정규격으로 제작된 Cup Burner 장치의 확산불꽃 주위로 공기와 소화제의 혼합기체를 흘려보내 불꽃이 꺼질 때까지 소화제의 농도를 서서히 증가시켜 측정한다. 이 장치는 기본적으로 연료가 기체, 액체 또는 고체에 의해 형성된 확산화염이 이루어지는 cup모양과 크기, chimney크기 등을 달리하여 측정오차를 줄이기 위해 여러 형태로 제작되어 왔으며 그 대표적인 것은 다음과 같다.

2.1.1 ICI Burner

ICI는 외경이 28.5 mm인 유선형의 cup에 액체연료를 넣어 불꽃을 만들고, 내경 85 mm의 chimney로 불꽃을 둘러싼 후 공기와 소화제를 아래에서 윗쪽으로 통과시켰다. 이 때 공기의 유량은 45 l/min으로 유속으로 환산하면 13 cm/s이고 연료, 공기 및 소화제는 상온이었다. 만약 연료가 기체일 경우 cup을 외경 8 mm인 관으로 교환하여 사용하였다. 연료의 끓는점에서 소화제의 소화능도를 측정하려면 cup주위에 가열장치를 설치하기도 한다.

2.1.2 FMRC Burner

Factory Mutual Research Corp.(FMRC)는 ICI의 cup burner와 유사한 장치를 설치하여 실험을 수행하

였다. 직경 28 mm의 cup을 직경 105 mm의 chimney로 둘러싼 후 공기와 소화제를 아래에서 윗쪽으로 통과시켰다. 이 때 공기의 유속은 ICI burner의 약 60% 이었고 10가지의 연료로 불꽃을 만들어 소화능도를 측정하였다. 또한 FMRC는 이 장치에서 액체연료를 기화하여 보내주도록 cup일부를 수정하여 별도의 장치를 제작하였다. 이 burner관의 직경은 38.5 mm이었다. 기화된 연료는 관을 통과하여 관의 끝에서 점화되어 불꽃을 형성하며 연료의 온도는 끓는점보다 3-4°C 높게 유지한다.

2.1.3 Limiting Oxygen Index Test(ASTM D2863)

Oxygen index test는 실제 소화제로 질소를 사용하는 불꽃소화법으로 연료는 대개 고체이다. 이 test의 목적은 파라핀재질의 초처럼 타고있는 불꽃에 산소/질소의 혼합물을 통과시켜 불꽃이 존재하는 최소산소농도를 구하는 것이다. 평형은 일정시간 또는 일정길이의 시료에서 연소결과 발생한 열량만큼 주위에 열을 빼앗길 때 이루어진다.

2.1.4 NIST Burner

액체를 연료로 사용한 Cup burner test법의 가장 큰 단점인 연료의 액위변경에 따라 소화능도 값이 변하는 것을 피하기 위해 NIST에서는 ASTM D 2863을 일부 수정한 새로운 방법을 제안하였다.

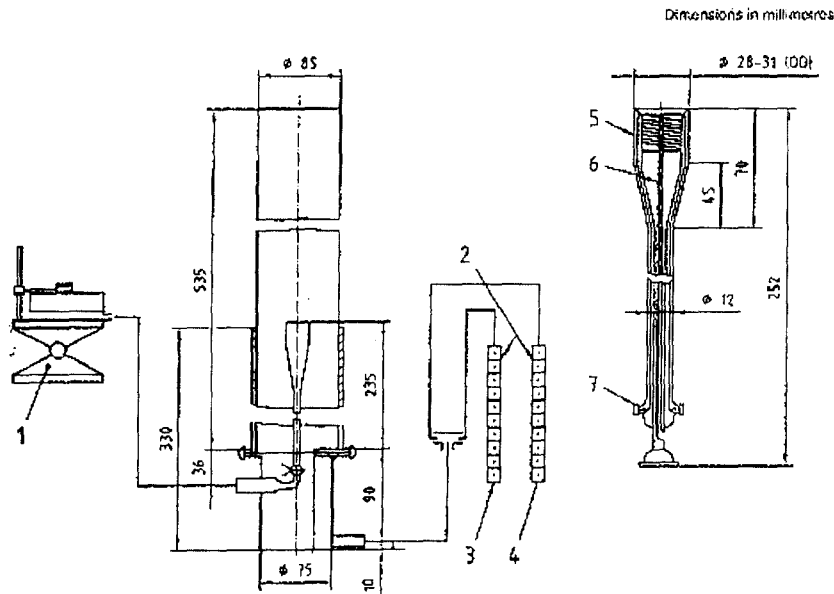


Fig. 1. ISO Cup Burner Test Equipment.

- 1. Levelling Jack 2. Rotameter 3. Air 4. Extinguishing Agent
- 5. Heating Wire 6. Thermocouple Tube 7. Heater Terminal

이 장치는 chimney는 ICI나 FMRC의 장치와 유사하게 직경 105 mm, 높이 480 mm의 Pyrex 유리로 제작하였으며 공기와 소화제의 혼합가스가 주입되는 바닥판은 Brass로 제작하였다. 이 혼합가스는 다공판과 glass bead를 통과한후 상부로 상승하여 불꽃을 지나간다. 이 장치에서는 시험조건이 변화에 큰 차이 없이 일정한 소화농도를 측정할 수 있다. 다만 이 방법에 의한 소화농도는 n-헵탄을 연료로 한 Cup Burner에서 측정한 소화농도와 달라 실제 설계에 사용하기 위해서는 보정과정을 거쳐야한다.

2.1.5 ISO법

국제표준기구(ISO)에서는 전세계적으로 통용될 수 있는 가스계 소화시스템에 관한 표준규격(ISO/FDIS 14520)을 제정 중에 있으며 그 내용 중에 소화농도 측정방법이 포함되어 있다. 이 방법에서는 Cup Burner의 모든 부품의 모양과 크기를 정밀하게 규정하였을 뿐 만 아니라 주위온도, 가스유량, 초기 불꽃안정화 시간 등을 표준화하여 측정오차를 가능한 줄일 수 있도록 하고 있어 조만간 이 방법이 가장 신뢰성 있는 측정방법으로 등장할 것으로 보인다.

Fig. 1은 ISO규정에 의한 Cup burner 소화농도 측정장치를 도시한 것이며 Table 1은 여러 방재관련 기관에서 각자 제작한 Cup Burner장치에서 측정한 가스계 소화약제의 소화농도를 나타낸 것으로 각 기관마다

측정치가 꽤 큰 차이가 있음을 알 수 있다.

2.2 불활성화 농도(Inerting Concentration)

불활성화 농도는 공기와 연료가 함께 섞여있는 가연성 혼합물을 불연성 혼합물로 만드는데 필요한 최소 소화제 농도로 정의되며 폭발방지용으로 사용되는 가스계 소화약제의 폭발방지 성능을 나타내는 지표가 된다.

이 농도를 측정하는 장치로는 다음과 같은 것이 있다.

2.2.1 Explosion Burette

가느다랗고 긴 유리관인 Explosion Burette에 가연성 기체연료, 공기 및 소화제의 혼합물을 잘 혼합하여 주입하고, 관의 아래 부분에서 일정 에너지의 스파크와 같은 발화원을 작동시켜 폭발여부를 측정하는 방법이다. 이 방법에서 폭발여부는 눈으로 쉽게 관찰할 수 있으며 불꽃이 관의 전체까지 전파될 때 그 혼합물은 가연성으로 간주한다. 그러나 안정성의 면을 고려하여 관의 일정부분까지 불꽃이 전파되면 가연성이라고 간주하여 실험할 수도 있다. 극단적으로 발화원 부근에서만 불꽃이 생성되어도 가연성으로 간주하기도 한다.

2.2.2 Mason jar

1971년 Du Pont에서 개발한 방법으로 부피가 965 ml인 Mason jar에 발화원으로 176 J의 spark plug를

Table 1. n-Heptane을 연료로한 불꽃 소화농도 (부피%)

| | NRL | 3M | NMERI | Fenwal | GLCC | Ansul | NIST |
|-----------------|------|-----|-------|--------|------|-------|------|
| FC-3-1-10 | 5.2 | 5.9 | 5.0 | 5.5 | | | 5.3 |
| HCFC-124 | | | | 6.4 | | | 7.0 |
| HFC-227ea | 6.6 | | 6.3 | 5.8 | 5.9 | | 6.2 |
| HFC-236fa | | | 5.6 | 5.3 | | | 6.5 |
| HCFC Blend A | 11 | | 9.9 | | | | |
| HFC-23 | 12 | | 12.6 | 12 | 12.7 | | 12 |
| HFC-125 | 9 | | 9.4 | 8.1 | | | 8.7 |
| CF3I | 3.24 | | 3.0 | | | | 3.2 |
| IG-541 | | | | | | 29.1 | |
| IG-55 | | | 28 | | | | |
| IG-01 | | | 38 | | | | |
| Halon-1301 | 3.1 | 3.9 | 2.9 | 3 | 3.5 | | 3.1 |
| Halon-1211 | | | 3.6 | | | | |
| CO ₂ | | | 24 | | | | |

NRL : National Research Lab.

NMERI : New Mexico Engineering Research Institute.

GLCC : Great Lakes Chemical Corp.

NIST : National Institute for Standards and Technology.

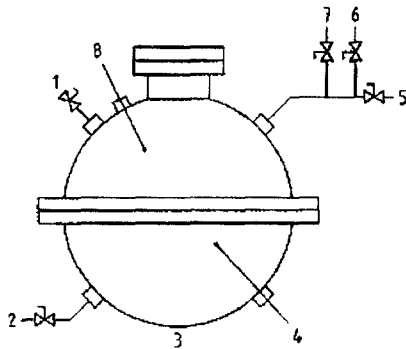


Fig. 2. ISO Inerting Test Equipment.
 1. Septum Port 2. Gas Inlet 3. Test Vessel
 4. Igniter 5. Vent 6. Vacuum Line
 7. Pressure Gauge 8. Test Chamber

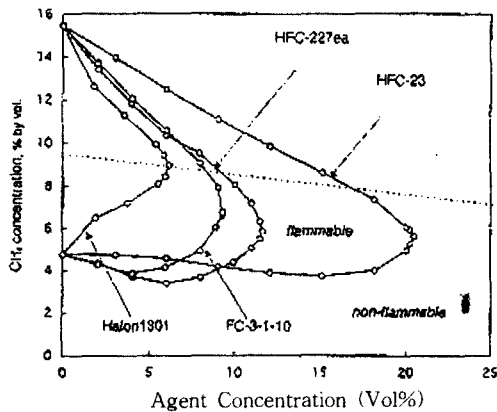


Fig. 3. Inerting Concentration of

설치하여 발화원 부근 이외의 곳으로 불꽃이 더 이상 퍼지지 않을 때의 농도를 불활성화 농도로 정하였다.

2.2.3 ISO법

불꽃소화농도 측정시와 마찬가지로 국제표준기구 (ISO)에서 규정한 방법으로 Fig. 2에 나타난 부피가 7.9 ± 0.25 l인 폭발용기내에 graphite 점화원을 설치하여 직류로 68-70 J의 스파크를 가하여 불활성화 농도를 측정한다. Fig. 3은 몇 가지 가스계 소화약제에 의한 메탄가스의 불활성화 농도측정 결과를 나타낸 것으로 불활성화 농도는 소화약제의 종류 및 공기 중 메탄농도에 따라 변한다.

일반적으로 불활성화 농도 측정시 영향을 미치는 인자로는 연료의 종류 및 형태, 온도, 용기의 모양, 발화원의 에너지공급 양, 용기의 크기 및 관에서 불꽃전파

의 길이 등 가연성의 정의 등으로 온도가 상승하면 불활성화 농도가 높아지고, 발화에너지가 크면 불활성화에 소요되는 소화제의 양이 증가하며, 불꽃의 전파거리를 길게 설정하면 불활성화 농도가 낮아지며, 이 영향은 발화에너지가 클수록 더 커진다.

2.3 오존파괴지수(ODP)

소화성능이 우수하여 지금까지 널리 사용되어 왔던 소화제의 사용이 금지되는 이유가 오존층을 보호하기 위한 것이기 때문에 새로 개발되는 대체소화제도 필히 오존층을 전혀 파괴하지 않던가 파괴정도가 미미하지 않으면 안된다. 따라서 물질의 오존파괴능력을 상대적으로 나타내는 지표가 정의되었는데 이를 ODP(Ozone Depletion Potential, 오존파괴지수)라 한다. 이 ODP는 기준물질로 CFC-11(CFCl_3)의 ODP를 1로 정하고 상대적으로 어떤 물질의 대기권에서의 수명, 물질의 단위 질량당 염소나 브롬질량의 비, 활성염소와 브롬의 오존파괴능력 등을 고려하여 그 물질의 ODP가 정해지는데 그 계산식은 다음과 같다.

$$ODP = \frac{\text{어떤 물질 1kg이 파괴하는 오존량}}{\text{CFC-11 1kg이 파괴하는 오존량}}$$

ODP는 염소나 브롬을 함유하지 않은 물질도 오존을 파괴할 경우 앞의 기준으로 일정한 값을 갖는데 예를 들어 N_2O 의 ODP는 0.05이다. 결국 실제 오존감소는 각 물질의 ODP와 방출량에 따라 결정된다. 할론-1301의 ODP는 14.1 할론-1211은 2.4, 할론-2402는 6.6으로 CFC-11에 비해 훨씬 높은 값을 갖고 있어 더 많은 성층권의 오존을 파괴시킨다. 미국의 대기청정법 (Clean Air Act)에서는 ODP가 0.2이상인 물질은 추가 규제키로 명문화되어 있으며 미 공군에서는 대체소화제의 ODP기준을 0.05이하로 정하고 있는 만큼이 규정에 부합하는 물질을 선정하는 것이 바람직하다.

2.4 지구온난화지수(GWP)

할론은 분자내 C-Cl, C-F, C-Br결합에 의해 파장 8-13 μm 부근의 적외선을 강력히 흡수하기 때문에 대기 중에서 온실효과를 내는 물질이며 이밖에도 이산화탄소, 수증기, 오존, 메탄, 아산화질소, CCl_4 등 50여종이상이 온실효과물질로 알려져 있다.

일정무게의 CFC-11이 대기 중에 방출되어 지구온난화에 기여하는 정도를 1로 정하였을 때 같은 무게의 어떤 물질이 기여하는 정도를 GWP(Global Warming Potential, 지구온난화지수)로 나타내며 다음 식으로 정

의된다.

$$GWP = \frac{\text{물질 1 kg이 기여하는 온난화 정도}}{\text{CFC-11 1 kg이 기여하는 온난화 정도}}$$

아직 전 세계적으로 온실효과물질을 규제하는 규정이 제정되지는 않았지만 여러 환경단체로부터 규제압력을 받고 있는 만큼 가능한 한 GWP가 적은 가스계 소화약제가 바람직하다.

2.5 독성

할론소화제가 사용되기 직전까지 잔사가 없는 소화제로 이용되고 있던 CCl_4 , CH_3Br , CH_2ClBr 가 할론소화제로 대체된 이유는 이 물질들이 독성이 있었기 때문이다. 할론-1301은 지금 사용되고 있는 할론소화제 중 가장 독성이 작은 물질로 15분간 노출시킬 경우의 치사농도가 83.2%이다. 이에 비해 할론-1211은 32.4%, 할론-2402는 12.5%, CCl_4 는 2.8%로 독성이 크다. 일반적으로 건물의 총괄소방시스템용 할론-1301의 대체소화제는 밀폐된 실내에서 사용해야 하므로 독성이 낮아야 하며 휴대용 소화제인 할론-1211의 대체소화제는 개방된 대기 중에서 사용되므로 상대적으로 독성이 약간 높아도 무방하다.

또한 할론대체소화제의 독성을 나타내는 지표 중 중요한 값이 NOAEL(No Observed Adverse Effect Level)로 독성면이나 생리적으로 사람에게 아무런 악영향도 감지되지 않는 가장 높은 농도를 나타낸다. 사람이 거주하는 밀폐된 곳의 화재에 사용되는 소화제는 당연히 소화농도가 NOAEL보다 낮아야 한다.

2.6 소화분해물

가스계 소화약제 중 할로젠화 소화약제는 말 그대로 불소, 염소, 브롬 등이 함유되어 있어 이 약제가 불꽃과 접촉하면 HF , HCl , HBr 등과 같은 유독물질이 발생한다. 발생하는 유독물질의 양은 화재원 및 약제의 종류, 화재불꽃과 약제의 접촉시간, 온도 등에 따라 다르지만 화재불꽃과 약제의 접촉시간이 길어질수록 그 양이 증가하는 경향을 보이고 있다. 따라서 대부분 할로젠화 가스계 소화시스템의 경우 약제방출시간을 10초 이내로 제한하고 있다.

2.7 저장안정성 및 부식성

가스계 소화약제는 대부분 장기간 금속용기내에 저장되어 있는데 이 기간중 소화약제가 불안정하여 분해될 경우 원하지 않는 물질이 생성되어 소화약제의 성

능이 낮아진다. 또 저장용기인 금속을 부식시킬 경우 일정기간 경과후 용기를 교체해야 하는 것은 물론, 소화시스템이 작동하지 않을 우려도 있다. 따라서 대체소화제는 안정하여 저장시 분해하지 않을 뿐만 아니라 금속을 부식시키지 않아야 한다.

2.8 상용성(Compatibility)

가스계 소화설비 부품의 플라스틱 수지 및 고무 재질이 소화약제와 장기간 접촉하였을 때 재질의 변질성을 나타낸다. 일부 플라스틱 수지의 경우 약제에 따라 강도가 변하거나 틈이 생길 수 있으며 고무의 경우 탄성율의 변화가 지나쳐 고무 자체의 특성이 크게 떨어지는 현상이 나타나기도 하므로 소화약제의 종류에 따라 적합한 부품재질을 선정해야 한다.

2.9 불순물 함량

가스계 소화약제에 고형불순물, 유사 화합물, 수분, 산분 등과 같은 소화약제 이외의 불순물의 함량이 일정량 이상이 되면 소화설비의 오작동이 발생하거나 화재를 진압하지 못할 수 있다. 이 현상을 방지하기 위하여 불순물의 함량을 일정규격 이내로 규정하는 소화약제의 품질규제가 미국(NFPA2001)을 비롯하여 전세계(ISO/FDIS 14520)에서 시행되고 있으며 그 항목으로는 소화약제의 순도, 수분함량, 산도, 증발잔량 등이다.

2.10 물성

가스계 소화약제가 소화시스템에 이용될 때 약제계 공자는 소화시스템 설계자에게 증기압, 밀도, 점도, 증발잠열, 열용량 등 설계시 사용되는 약제의 기본적 물성치(기상 및 액상)를 약제가 존재하는 설비 및 방호구역의 온도 및 압력영역 범위에 걸쳐 제공해야 한다. 특히 약제가 액상으로 저장되는 혼합물의 경우 기액평형 자료도 제공해야 한다.

3. 소화설비 부품의 평가

3.1 저장용기

저장용기는 견고성, 내구성 및 내식성이 있는 재질로 최소두께가 0.028 인치인 연철(mild steel), 알루미늄 합금(6061-T6, 6361-T6, 1100, 1170, 3003) 등으로 제작되어야 하며 저장용기의 바닥과 상부재질도 용기 측벽과 동일한 재질로 제작되어야 한다. 또한 이 압력용기는 소화약제의 저장시 발생할 수 있는 가장 열악한 조건에서도 압력을 유지하고 외부충격에 견딜 수

있는 최대허용 용력을 지니도록 제작하여야 한다.

저장용기에 주입되는 소화약제의 충전밀도는 약제 공급업체에서 안전을 고려하여 최대/최소값을 제공하여야 하며 저장용기의 외부에는 소화약제명, 빈통 및 전체무게, 사용압력 등이 기재된 명판을 설치한다.

3.2 가스켓과 O-Ring

탄성체로 제작된 가스켓과 O-Ring은 압축형 Seal로 사용하기에 충분한 두께이어야 하며 소화약제와의 상용성이 우수해야 한다. 만약 탄성체가 변질되면 누출이 발생할 수 있다.

3.3 압력계와 지시계

고압가스로 이루어진 가스계 소화설비에는 압력계를 부착해야 한다. 압력계의 압력지시범위는 소화약제의 온도-압력관계(증기압, 저장압력 등)를 반영하여 정한다. 다만 최소 조작압력이 최소조작온도에서 약제가 나타내는 압력보다 높을 경우에는 최소압력 지시값을 최소 조작압력으로 할 수 있다. 압력계의 최대 지시값은 Halocarbon 소화약제의 경우 21°C에서의 증기압의 150-250%사이여야 하고 불활성 소화약제의 경우 49°C에서 충전압력의 120%이상이어야 한다.

예외적으로 상온에서 액화가스로 존재하는 Halocarbon 소화약제를 별도의 작동가스를 사용되지 않고 액위계가 설치되어 있는 시스템의 경우 압력계를 설치하지 않을 수 있다.

3.4 천공부품

천공기구의 부품들은 소화약제에 노출되지 않은 스프링과 핀을 제외하고는 비철금속이나 내식성이 있는 스텐레스 재질로 제작하여야 한다.

3.5 사이폰관

사이폰관은 사용되는 소화약제에 내식성 있는 재질로 구성하며 사이폰관과 용기밸브는 나사식으로 고정시켜 작동 중 풀리지 않아야 한다. 사이폰관의 끝부분이 저장용기의 바닥면과 닿아 있는 경우 바닥이 긁히거나 약제방출이 원활하지 않게 되는 등의 문제가 발생하므로 주의해야 한다.

3.6 작동보조기체

소화약제의 증기압만으로 약제방출이 원활하지 않을 경우 방출을 원활하게 하기 위해 사용되는 기체로는 주로 질소를 사용하며 소화약제의 비등점에서 수분이 응축하지 않는 등급의 질소를 사용해야 한다.

3.7 고분자 및 비금속 재료 부품

O-Ring 및 가스켓 이외의 고분자 및 비금속 재료로 제작된 부품은 기계적 강도시험, 수압시험, 파열강도시험, 수분흡수시험, 염수분무에 의한 내식성시험, 명판 노출시험, 가연성시험, 장기노출시험, 소화약제와의 상용성시험 등으로 품질을 평가한다.

4. 성능 시험평가

4.1 방출시험

Halon 소화약제, Halocarbon계 소화약제는 21°C의 상온에서 노즐을 통해 최소 설계농도에 도달하는데 필요한 약제무게의 95%가 10초이내에 방출되어야 하며 불활성계 소화약제는 60초이내에 방출되어야 한다.

Engineered 시스템의 방출시간은 “유량계산방법 인 증시험법”과 같은 방법으로 측정하며 Pre-engineered 시스템의 방출시간은 초시계로 수동으로 측정하거나 미리 보정된 압력센서가 부착된 압력계와 기록계에 의해 자동적으로 측정한다.

4.2 누출시험

4.2.1 밸브 누출시험

실린더 방출밸브는 1분간의 실린더 누출시험에서 누출현상이 나타나지 않아야 하며 다지관(Manifold)의 Check밸브와 선택밸브는 1분간의 실린더 누출시험에서 누출량이 밸브의 공칭크기 1 인치당 0.5 ml/min을 초과해서는 안된다.

4.2.2 1년 누출시험

저장용기, 밸브, 작동부품을 포함한 소화시스템에서 1년 동안의 누출량이 최소충진량의 0.25%를 초과해서는 안되며, 또한 소화시스템의 모든 부품은 소화약제에 의해 어떤 부식이 일어나서는 안된다.

시험에 사용되는 시스템은 360일 동안 22.2±3.9°C에서 보관하여 1, 3, 6, 12개월에 무게와 압력을 측정하며 무게나 압력의 손실이 발생하면 누출이 일어난 것을 나타낸다. 1년이 지난 후 최소한 하나이상의 소화시스템에 충전된 소화약제를 배출한 후 부식여부도 함께 조사한다.

4.2.3 승온 누출시험

저장용기, 밸브, 작동부품을 포함한 소화시스템을 최대저장온도에서 30일 동안 보관한 후 최소충진 무게의 0.021%이상의 누출, 소화약제에 의한 부식, 고무 Seal의 열화나 분리현상 등이 나타나서는 안된다.

4.2.4 온도사이클 누출시험

저장용기, 밸브, 작동부품을 포함한 소화시스템을 최

소저장온도에서 24시간, 다시 최대저장온도에서 24시간, 다시 최소저장온도에서 24시간 동안 저장한 후 1년간 누출율이 최소저장량의 0.25%를 초과해서는 안 된다.

4.3 수압시험

소화설비 압력용기의 수압시험결과 21°C에서 소화약제 작동압력의 3배인 보장시험 압력을 1분동안 파열 없이 견뎌야 한다. 특히 접합부가 있는 압력용기 및 바닥이나 돔이 평평한 용기의 경우, 수압시험결과 21°C에서 소화약제 작동압력의 8배인 보장시험압력을 1분 동안 파열없이 견뎌야 한다.

4.4 염수분무 부식시험

모든 소화약제와 소화설비부품 등이 완비된 소화시스템에 20무게%인 염수를 분무하고 240시간동안 방치한 후 소화설비는 수돗물로 닦아서 쉽게 지워지는 부식이외에 어떤 표면부식이나 galvanic부식 징후가 나타나서는 안된다. 또한 압력계의 내부에 습기가 없어야 하며 모든 부품들이 정상적으로 작동되어야 한다.

4.5 500회 작동시험

작동장치를 포함한 방출밸브, Manifold Check밸브, 선택밸브 등은 500회 동안 오작동이나 손상없이 정상적으로 작동해야 한다. 시험은 21°C의 조작압력에서 밸브를 fully open과 fully closed를 500회 반복한 후 공기나 질소를 통과시켜 수중에서 공기 bubble의 발생 여부를 관측하여 누출여부를 평가한다.

4.6 소화시험

가스계 소화시스템의 A급 및 B급 화재의 실제소화 여부를 평가하기 위한 시험으로 방호구역 부피가 100 m³ 이상인 시험구역에서 설계 소화약제량의 83.34%를 방사하였을 때 화재진압여부를 판단한다. A급화재의 경우 약제방출 후 600초 이내에 소화되고 다음의 600초 동안의 soaking시간중 재발화가 일어나지 않아야 하며, B급화재의 경우 30초 이내에 소화가 이루어져야 한다.

4.6.1 A급화재

심부화재인 A급화재의 소화시험 연료로는 수분함량이 9-13%인 나무(크기 3.8 cm×3.8 cm×46 cm) 6개를 4겹으로 쌓은 것을 n-Heptane으로 6분 동안 불을 붙여(0.4 gal n-Heptane 연소시간 3-3.5분) 15초 이내에 시험설비 내로 이동시킨 다음 다시 15초 이내에 소화약제를 방출한다. 시험이 계속 진행되는 동안 시험설

비내의 산소농도와 연료감소량은 연속적으로 측정하며, n-Heptane 연소시간, 약제방출 개시시간, 약제방출 종료시간, 화염소화여부 등도 측정한다.

4.6.2 B급화재

표면화재인 B급화재의 소화시험 연료로 상업용 n-Heptane을 0.25 m²의 원형 Pan에 넣은 것을 사용한다. Pan내 n-Heptane의 높이는 최소한 5 cm 이상이며 Pan 상부에서 n-Heptane 액위 까지의 높이도 최소한 5 cm 이상이어야 한다. 시험은 n-Heptane이 들어있는 Pan을 점화시켜 30초동안 불을 붙인 다음 피압구를 제외한 개구부를 모두 닫고 소화약제를 수동으로 방출시킨다.

시험이 계속 진행되는 동안 시험설비내의 산소농도는 연속적으로 측정하며, n-Heptane 연소시간, 약제방출 개시시간, 약제방출 종료시간, 화염소화여부 등도 측정한다.

4.7 노즐 분배시험

하나의 전역방출방식의 소화시스템에 포함된 여러 개의 노즐을 통해 소화약제가 방출될 때 방호구역내 소화약제가 분배가 원활하게 이루어지는지의 여부를 평가하기 위한 시험이다.

시험설비는 가스계 소화시스템의 B급 소화시험과 유사한 방법으로 이루어지며 두시험방법 사이의 큰 차이점은 B급 소화시험의 경우 n-Heptane Pan의 소화여부만을 판단하지만 노즐분배시험에서는 n-Heptane Pan 외에도 n-Heptane Can(직경 7.6-8.9 cm, 높이 최소 10.2 cm)을 높이 5 cm의 방해판 뒤의 소화설비 구석에 놓고 소화여부를 함께 판단한다.

소화약제를 시험설비 내에 방출한 후 30초 이내에 모든 불이 소화되었는지 여부로 분배가 제대로 이루어졌는지를 판단하며, 이 시험으로 노즐의 형태, 각 노즐의 영향반경, 소화시스템의 최저 작업온도, 방호구역내 노즐의 위치, Pre-engineered시스템의 최대 배관길이, 배관경, Fitting, Engineered시스템의 최소 설계노즐 압력, 가장 낮은 노즐압력이 되는 소화약제 충전밀도 최대방출시간 등 소화시스템의 사용성 및 한계 등을 알 수 있다.

4.8 유량계산방법 인증시험

전역방출방식의 Engineered 소화시스템은 시스템 개발업체가 제공한 설계방법으로 방출시간, 노즐압력, 소화약제 분배율 등을 계산하였을 때 얼마나 정확하게 계산되었는지를 실제 방출시험을 통해 인증하는 시험으로 시험조건은 실제 설계가 이루어지는 온도(21°C)에서 설계매뉴얼에 따라 선정된 배관을 그대로 설치하

여 진행된다.

시험설비의 부피는 유량계산의 모든 한계범위를 시험할 수 있도록 충분히 커야하며, 3개와 4개의 노즐을 갖는 노즐 배관배열(이중 5개는 서로 다른 크기)을 설치하여 시험한 후 유량계산의 정확성을 비교한다. 제조업체의 설계매뉴얼에 규정된 제한규정과 설계시 고려사항을 감안하여 유량을 계산할 때 다음과 같은 사항들이 함께 고려되어야 한다.

- (1) 배관내 소화약제의 비율은 배관배열이 가능하도록 충분히 커야하며 최대 배관 내용적이 되는 배관배열조건에서 최소한 한번이상 시험이 이루어져야 한다.
- (2) 밸브방출 outlet에서 최초 T까지의 최소 길이
- (3) 최소 및 최대 방출시간
- (4) 최소 및 최대 충전밀도
- (5) 배관에서의 최소 및 최대유량
- (6) 각 노즐까지의 배관 내용적 변화율
- (7) 배관배열에서 노즐압력의 최대변화율
- (8) 초입 배관면적에 상응하는 노즐의 최소 및 최대 오리피스 면적
- (9) 노즐에서 약제도착시간과 약제방출시간의 차이가 큰 배관배열
- (10) 모든 종류의 T split
- (11) T split 종류에 따른 최소 및 최대유량
- (12) 배관종류, Schedule No., Fitting종류
- (13) 높이변화

시험시 저장용기는 원하는 양으로 충전되고 저장압력은 안정되어야 하며 저장용기, 배관, 시험설비는 가능하면 21°C로 유지한다. 만약 이 온도에서의 유지가 곤란하면 다른 온도에서 시험을 수행하되 온도정정계산을 병행해야 한다. 소화약제의 방출시 저장용기와 노즐의 압력, 방출시간, 각 방호구역에서의 소화약제 농도, 방출된 소화약제의 무게 등을 측정 또는 계산한다.

시험결과 측정된 소화약제 방출시간, 노즐압력, 방출된 소화약제량은 설계시 계산치와 비교하여 Halocarbon 소화시스템의 경우 방출시간이 ±1.0초, 노즐압력이 ±10%, 방출된 소화약제량이 ±10%이상 차이가 나는는 안되며 불활성가스 소화약제의 경우 방출시간이 ±10초, 노즐압력이 ±10%, 방출된 소화약제량이 ±10% 이상 차이가 나는는 안된다.

4.9 등가길이 결정시험

Engineered 소화시스템의 방출밸브, 사이폰관 조립품, Fitting 및 각 부품들은 소화약제의 이동저항을 같은 크기의 배관길이를 환산한 것을 등가길이라고 하며

사용하는 부품의 종류에 따라 다른 값을 가진다. 따라서 소화시스템 개발업체의 설계매뉴얼에 각 부품의 등가길이를 제공하며 이 제공된 등가길이의 신뢰성을 확인하기 위한 시험이다.

시험은 액주압력계(Piezometer)를 시험하려는 부품의 양끝에 설치하고 수은 Differential Manometer와 연결한 다음 물을 3.0 m/sec 이상의 유속(최소한 4개의 서로 다른 유속에서 시험)으로 흘려보내면서 부품의 압력손실을 측정한다. 이 측정된 압력손실값을 사용하여 Hagen-Williams 상수 C=130으로 놓고 등가길이를 계산한다.

5. 결 론

우리나라에서 “청정소화약제의 종류 및 소화설비의 기술기준”이 제정된 것이 1995년이므로 새로운 가스계 소화시스템이 개발되어 국내에 도입된지도 벌써 5년이 지나가고 있다. 지금까지 사용되어 온 가스계 소화약제 중 이산화탄소 소화제는 소화능도가 사람의 질식농도보다 높아 발생하는 사용성의 제약이 있고, 소화성능은 우수하지만 오존층을 파괴하는 할론소화제의 전세계적 규제 때문에 새로운 가스계 소화시스템의 국내 도입은 필연적이라고 할 수 있었다.

그러나 지금까지의 국내 소방현실을 보면 가스계 소화시스템에 대한 의미있는 규모의 화재진압 시험 및 평가를 수행한 경험이 없어 소화시스템을 개발한 회사의 설계기준과 설계방법을 그대로 수용하여 설계된 소화시스템이 실제 화재 발생시 화재진압 여부에 대한 신뢰성 확인이나 약제 방출시간, 방출시 방호구역내 과압 해소방안, 소화시스템의 내구성 등의 법적 적합성 확인을 하지 않는 등의 문제점이 발생하였다. 또한 외 국산 설비를 기준으로 만들어진 소화시스템의 설계매뉴얼에 따라 설계가 이루어지고 실제 설치되는 국산 설비로 이루어질 때 신뢰성 확인이 곤란한 문제점도 발생하고 있다.

따라서 가스계 소화시스템에 대한 화재진압의 신뢰성과 법적 적합성 평가가 시급히 이루어져야 화재로부터 국민의 생명과 재산을 보다 확실히 보호할 수 있을 것이며 궁극적으로 국내 소방산업 발전의 토대가 될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Proc. of Halon Alternatives Technical Working Conference (1991)

- | | | |
|--|-------------------|--|
| 2. Proc. of Halon Alternatives Conference (1992) | Technical Working | 10. KIST 보고서, “제3세대 CFC 대체물질 개발” (1994) |
| 3. Proc. of Halon Alternatives Conference (1993) | Technical Working | 11. NFPA 2001, “Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems”, (1996) |
| 4. Proc. of Halon Options Conference (1994) | Technical Working | 12. ISO/FDIS 14520 Final Draft, “Gaseous Fire-Extinguishing Systems-Physical Properties and System Design”, (2000) |
| 5. Proc. of Halon Options Conference (1995) | Technical Working | 13. UL Standard 1058, “Halogenated Agent Extinguishing System Units”, (1989) |
| 6. Proc. of Halon Options Conference (1996) | Technical Working | 14. UL Standard 2127, “Standard for Inert Gas Clean Agent Extinguishing System Units”, (1999) |
| 7. Proc. of Halon Options Conference (1997) | Technical Working | 15. UL Standard 2166, “Standard for Halocarbon Clean Agent Extinguishing System Units”, (1999) |
| 8. Proc. of Halon Options Conference (1998) | Technical Working | 16. IMO, “Revised Guidelines for the Approval of Equivalent Fixed Gas Fire-Extinguishing Systems”, (1998) |
| 9. Proc. of Halon Options Conference (1999) | Technical Working | |