

# 가스계 소화 설비 약제의 농도 기준에 대한 고찰

(The adequacy of guidance on agent concentrations in standards for gaseous fire extinguishing systems)

*Philip Dinunno*

## 1. 소개

이 글의 목적은 현 소화약제와 관련된 기준에 있어 할론 설비의 대안인 가스계 소화설비의 농도를 결정하는 기초적인 정보와 가이드라인을 제공하며, 방화에 대해 합리적인 수준이라 생각되지 않는 현 기준에 대해 권고하는데 있다.

가스계 소화설비의 전역 방출 설계에 있어 중요한 점이 두가지 있다. 무슨 약제를 써야 하는지, 그 약제에 대한 농도는 어느 정도인지를 결정하는 것이다. 제 농도에 대해 고려할 점은 아래와 같다.

- 1) 위험한 상황에 있어 예상되는 화재의 유형
- 2) 그 화재 유형에 대한 소화 약제의 농도
- 3) 합리적인 수준까지 소화가 되기 위한 농도에 포함되는 안전율(Safety Factor)

이 글에서는 이 세 가지의 주제가 ISO14520 과 NFPA2001에서 어떻게 다루어지는지 검토하고 기준에 맞게 설계된 설비가 오작동이 일어나지 않도록 제언하고자 한다. 적정 수준의 소화 효과를 볼 수 없는 설계 농도 조건은 향후 대안 설비인 청정소화약제 사용에도 악영향을 끼칠 것이다. 그러므로 장기간에 걸쳐 방화에 성공한 적이 있는 할론이나 이산화탄소 설비의 경험에 비추어 검토하도록 하겠다.

이 글은 화재안전 조사자, 설계자, 소유자가 해당 설비가 적정 농도에서 작동할 수 있도록 결정하는데 초점이 맞춰져 있다. 청정소화약제 산업은 약제에 따라 가격 차이가 많이 나고, 같은 약제임에도 설비 제조업체에 따라 가격 차이가 많이 나기 때문에 약제 농도를 적게 쓰는 것이 가장 경제적인 수밖에 없다.

또한 화재 안전 기준을 제작하는 관계 기관에게 현재 관련 기준의 부족한 점을 보완할 수 있게 도와줄 것이다.

처음으로 청정소화약제를 사용하게 된 이후 적합한 설계 농도가 발표됐음에도 불구하고 아래와 같은 이유로 이는 심각한 문제로 부각되었다.

첫째로, 기준 시험에 의해 얻어진 A급(Class A) 최소소화농도(MEC, Minimum Extinguishing

Concentrations)는 일부 약제에 대하여 계속 낮아지고 있다. 둘째, 경제적인 면을 최우선하는 기업의 특성상 설계 농도는 허용할 수 있는 한 최소로 낮아졌다. 셋째, A급 최소소화 약제 농도 시험 기준은 적절하지 않을수도 있다. 넷째로, 통전상태의 전기적 위험은 간과되어 왔고 오직 A급 농도에 관하여만 초점이 맞춰져 있다.

## 2. 현재의 요구사항

### 2.1 기준의 비교

ISO14520 과 NFPA2001을 직접 비교하는 것은 불가능하다. NFPA2001은 설치에 관한 기준으로 알려졌다. 또한 제품생산 요구사항과 시험에 관해서는 NFPA2001은 UL2127과 UL2166에 대해 참조하는 것으로 제품의 시험에 대해 설명하고 있다. ISO14520은 설치와 제품 생산의 시험 요구사항에 관하여 모두 언급하고 있다.

상기 두 기준은 화재유형을 정의하는 것에 대해서도 약간의 차이가 난다. NFPA2001에서는 아래와 같이 A,B,C 급(Class A,B,C)으로 화재를 구별한다.

- A급 화재(Class A) - 보통의 가연물의 화재(목재, 의류, 종이, 고무, 플라스틱 등)
- B급 화재(Class B) - 가연성 액체, 그리스, 타르, 오일, 유성페인트, 솔벤트, 알콜 및 가연성 가스 등의 화재
- C급 화재(Class C) - 활성 상태의 전기장치의 화재

ISO14520은 B급 화재뿐만 아니라 A급 표면화재와 플라스틱 연료 위험이라 정의되는 기타 A급 화재를 추가하여 규정하고 있다.

### 2.2 최소소화농도 (Minimum Extinguishing Concentration)

최소소화농도를 결정하는 과정에서 측정 결과는 일정 수치로 표현할 수 있어야 한다. 즉, 최소소화농도는 여러 가지 스케일의 반복된 시험에서 얻어지고, 사이즈의 변화 및 소화 설비의 방출 시스템의 변화에도 독립적이어야 한다. B급 연료의 경우, (1) 실험실 스케일에서 (2) 중간 스케일에서 (3) 마지막으로 더 큰 스케일에서 소화약제 농도를 결정하기 위한 시험이 실시되었다. 하지만, A급 약제 농도는 중간 스케일의 화재 시험만 실시하였다. [표 1]은 A급과 B급 연료의 최소소화농도를 얻는 방법의 차이에 대해 비교하였다.

[표 1] 최소소화농도를 얻는 방법의 차이

스케일	A급 화재 시험	B급 화재 시험
실험실	없음	컵 버너
중간 스케일	UL 및 ISO Room 스케일 시험	UL 및 ISO Room 스케일 시험
큰 스케일	없음	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 미 해군 함정 스케일 시험</li> <li>○ USCG IMO 설비 공간 화재시험</li> <li>○ 미 공군 제트엔진 점화시험</li> </ul>

**B급(Class B)** : 두 개의 기준은 B급 소화 약제 농도를 비슷한 방법으로 구했다. ISO14520 기준은 다음과 같이 규정한다. “소화 약제 농도는 컵 버너 시험을 통해서 얻어지는데 이는 첨부문서 B(Annex B)에 정의되어 있는 헵탄(heptane) 팬 시험을 참조하면 된다.” NFPA2001은 다음과 같이 규정하고 있다. “B급 화재의 소화 약제 농도는 첨부문서 B(Annex B)에 정의 되어 있는 컵 버너 시험을 통해서 결정된다.” NFPA2001에 의해 참조되고 있는 UL2127<sup>(1)</sup> 과 UL2166<sup>(2)</sup>에는 헵탄 팬 시험에 의해 적용되는 다양한 컵 버너 수치에 대해 규정하고 있다.

**[표 2] ISO 14520 헵탄 화염 소화 농도(vol %)**

헵탄 화재시험	FK-5-1-12	HFC-125	HFC-227ea	HFC-23	IG-01	IG-100	IG-55	IG-541
컵 버너	4.5	9.3	6.7	12.6	39.2	33.6	36.5	31.7
룸 시험	4.4	9.3	6.9	12.3	33.7	33.6	30.2	29.6

[표 2]는 ISO14520에서 규정하고 있는 약제의 컵 버너 와 룸 시험에 의한 헵탄 소화 약제 농도이다. ISO14520는 화재 시험 데이터를 뒷받침할만한 화재시험 보고서가 근거로 존재하며, 전문 기술 위원들에 의해 ISO 14520의 화재 보고서는 입증되었다.

**[표 3] NFPA 2001 헵탄 화염 소화 농도(vol %)**

헵탄 화재시험	FK-5-1-12	HFC-125	HFC-227ea	HFC-23	IG-01	IG-100	IG-55	IG-541
컵 버너	4.5	8.7	6.7	12.9	42	31	35	31
룸 시험	4.4	8.7	6.7				30.1	31.3

[표 3]은 NFPA2001의 첨부문서에 포함된 같은 유형의 자료이다. 이 자료의 근거는 제공되지 않았지만 UL의 최신자료를 참조한 것으로 여겨지며, NFPA2001의 화재시험 자료는 UL과 생산자 간에 교환된 비공개자료에서 비롯된다고 여겨진다.

**A급(Class A)** : ISO14520은 “A급 표면 화재”라 명하고 NFPA2001은 “A급에 대한 화염 소화 농도”라 표현한다. 최대한 실무적인 목적에서 이러한 차이점은 둘다 일정 기준에서 표면화재보다 소화하기 어려운 화재를 제외하고자 하는 점에서 동의어라 볼 수 있다. NFPA2001에서 정의하는 A급 표면화재는 다음 문구와 함께 UL2127 및 2166의 참조문헌으로 인용된다. “A급 연료의 화염 소화농도는 규정된 프로그램의 시험에 의해 얻어진다. 최소한 그 시험은 UL2127 또는 UL2166 또는 그와 동등한 기준에 일치하는 것이어야 한다.” ISO14520은 “A급 표면 화재의 소화 농도는 부록 C에 묘사된 목재 및 합성수지 화재시험에

<sup>(1)</sup> “Standard for Inert Gas Clean Agent Extinguishing System Units, UL2127” Underwriters Laboratories inc.

<sup>(2)</sup> “Standard for halocarbon Clean Agent Extinguishing System Units, UL2166” Underwriters Laboratories inc.

의해 얻어진 수치보다 더 커야한다.”라고 정의한다. 두 개의 기준(NFPA는 UL의 기준을 통하여 반영함)은 4개의 A급 시험연료(목재, PP\_Poly propylene, ABS\_Acrylonitrile Butadiene Styrene, PMMA\_PolyMethylMethAcrylate)를 롬 크기 시험체에서 시험한 것에 근거를 둔다. [표 4]는 ISO와 UL A급 화재 시험 사이에서 시험방법 및 규정의 가장 큰 차이점을 표현한 것이다. 이 차이점들은 아래와 같은 이유로 최소소화농도 결과값을 크게 달라지도록 한다.

[표 4] 표면 A급 화재의 ISO와 UL 시험의 차이

구 분	ISO	UL
점화 팬 사이즈	51mm × 112mm × 21mmdeep	51mm × 51mm × 22mmdeep
허용 연소 시간	3분	10분

- UL과 ISO 규정에는 사전 연소 시간이 90초로 똑같다. ISO의 더 큰 연소 팬은 약 50%의 헵탄에 사용하는데 이는 더 많은 화염과 열이 발생하여 ISO 규정에 의한 화재는 더욱 소화하기가 어렵게 된다.(즉, 더 많은 농도의 약제가 필요하다.)
- ISO 규정은 허용 소화시간을 더 짧게 규정하므로 더 높은 소화농도를 필요로 한다. UL은 더 긴 허용 소화시간을 규정하므로 완벽하게 소화될 때까지 촛불처럼 작은 불이 계속 지속되는 것을 허용한다. UL의 규정은 시험기간 동안 시험체의 최대 질량 손실 개념을 포함하므로 모든 잔화를 10분간 촛불처럼 작은 형태로 억제한다.

[표 5] ISO 14520의 A급 표면 화재 시험 연료의 화염 소화 농도(vol %)

연료 유형	FK-5-1-12	HFC-125	HFC-227ea	HFC-23	IG-01	IG-100	IG-55	IG-541
목재	3.4	6.7	4.9	10.5	30.7	30.0	28.7	28.2
PMMA	4.1	8.6	6.1	12.5	31.6	28.8	60.7	30.7
PP	4.0	8.6	6.1	12.5	31.6	30.0	29.3	30.6
ABS	4.0	8.6	6.1	12.4	32.2	31.0	31.0	30.7

[표 5]는 ISO14520에서 중요하다고 생각되는 소화약제에 대해서 A급 표면 화재의 4가지 연료(목재, PMMA, PP, ABS)에 대한 소화농도를 나타낸다. ISO14520의 화재시험데이터를 입증할 만한 화재시험 보고서가 공개되어 있다. 게다가, ISO14520의 모든 화재시험데이터는 화재 전문위원들에 의해 검토되었다.

[표 6] NFPA 2001의 A급 표면 화재 시험 연료의 화염 소화 농도(vol %)

연료 유형	FK-5-1-12	HFC-125	HFC-227ea	HFC-23	IG-01	IG-100	IG-55	IG-541
구체적이지 않음	3.5	6.7	5.2~5.8	-	-	-	31.6	28.5

[표 6]은 NFPA2001의 첨부문서에 기재된 A급 화재시험에 관한 내용 요약이다. 최소한의 소화농도는 4개의 A급 시험연료를 소화하는데 필요한 최대의 농도를 말한다. NFPA2001의 데이터 근거는 제공되지 않았지만, 아마 UL의 최신자료 농도를 반영했을 것으로 사료된다. NFPA2001의 자료를 입증하는 화재시험 보고서는 UL과 제품 생산자간에 교환된 비공개자

료에서 얻어진 것으로 여겨진다. [표 5]과 [표 6]을 상호 비교해 봤을 때, ISO14520에서 발견되는 거의 모든 소화 농도가 NFPA2001의 수치보다 더 높다는 것을 알 수 있다. 많은 사람들이 어떤 결과가 실제상황과 가장 근접한 위험상황을 표현하는 것인지 알고 싶을 때 “어떤 기준이 더 정확한건지” 물어본다. 이런 상황에서 명확한 답은 없다. 두 가지의 시험 방법에 있어 미묘한 작은 차이(연소 팬 사이즈와 허용 소화시간)가 최소소화농도에 있어 많은 변화를 만들어 내기 때문이다. 이러한 요인들은 NFPA2001에서 설명된 A급 표면화재의 최소소화농도를 사용하는 것이 부적절한 상황이 될 수도 있다는 것을 나타낸다.

ISO의 화재시험 결과와 A급 표면화재에 관한 NFPA2001의 결과 차이는 반복 작업을 통해 발전해 온 화재 시험 테크닉으로부터 기인된다고 할 수 있다. 최소 소화 농도 시험은 최대한 적은 양의 소화농도를 얻기 위한 과정의 일환으로 반복적으로 일부 약제에 대해 시행되어 왔다. 이러한 시험을 거쳐 일부 조건이나 테크닉들은 최소한의 소화농도에서도 제대로 동작이 되는 것을 향상시켜 주는 방법이라고 확인되었다. 그 확인된 조건이나 테크닉은 다음과 같다.

- 해수면 이상의 높이에서 시험
- 저기압 및/또는 고습도 날씨에서의 시험
- 플라스틱 시험재료를 잡기위해 사용되는 금속 기구의 제거
- 소화능력을 최적화하기 위한 구획내 누설환경설정
- 소화능력을 최적화하기 위한 시험구획의 노즐 형태와 위치

이러한 조건이나 테크닉들이 소화농도에는 미세한 차이일 뿐이지만, 시험결과에는 중요한 영향을 미칠 수 있다. 어떤 이는 이러한 시도를 실제 현실과 비교했을 때 비현실적이라고 생각하고 단지 시험조건을 가지고 “장난”치는 것으로 여길 수 있다. 그럼에도 불구하고 이러한 조건이나 테크닉은 시험의 조건으로써 금지하고 있지 않으며 일부 시험실에서 사용되고 있다.

NFPA2001의 시험과정은 UL2166 또는 UL2127과 연관되어 이루어지고 있다. 이러한 시험 조건에서 세 개의 시험이 각각의 연료에 맞춰 잇따라 성공할 때까지 시험은 최대한 많이 반복된다. 더 낮은 농도에서 성공할 때 그 농도는 MEC(최소 소화 농도)가 되는데 이는 심지어 같은 농도가 다른 물건, 다른 구획 또는 다른 날에서 실패할 때도 해당된다. 그러므로 이론적으로 보자면 만약 세 개의 시험실에서 같은 소화약제를 시험할 때 다른 농도로 성공을 했을 때 세 개의 농도 중 최소의 농도가 결국 기준으로 설정될 수 있다.

[표 7] A급 화재의 설계 농도의 비교

약제	헵탄(MEC) (NFPA2001)%	A급 설계 농도 (NFPA, 20% 안전율)*%	헵탄 MEC(NFPA)에 대한 A급 설계 농도의 비율	A급 설계 농도 (ISO14520, 30% 안전율)%	MEC(ISO14520) 에 대한 A급 설계 농도의 비율	ISO14520에 대한 A급 설계 NFPA2001의 비율
Halon1301	3	5	1.67			
CO <sub>2</sub>	20	>35	1.75			
FK-5-1-12	4.5	4.2	0.93	5.3	1.17	0.79
HFC-125	8.7	8.0	0.92	11.2	1.3	0.71
HFC-227ea	6.6	6.2-6.5	0.94-0.99	7.9	1.2	0.78-0.82
HFC-23	12.9	16.8-18	1.3-1.4	16.3	1.26	1.03-1.1
IG-01	42			41.9	1.0	-
IG-100	31			40.3	1.3	-
IG-55	35			40.3	1.15	-
IG-541	31	34.2	1.1	36.5	1.17	0.94
*Note : Halon1301은 NFPA 12A, CO <sub>2</sub> 는 NFPA 12, 기타는 NFPA2001을 참조함.						

A급 설계 농도의 신빙성에 대해서 다른 측면에서 검토를 해보자면, [표 7]은 각각의 약제에 대해 기본적인 최소 헵탄 소화농도에 쓰이는 ISO14520과 NFPA2001의 데이터를 비교해 놓은 것이다. 참고로, CO<sub>2</sub>와 할론1301의 데이터는 비교를 위해 첨부하였다. 전문가들은 헵탄에 대한 MEC(최소 소화 농도)가 다음 이유로 인해 기준선(baseline)으로써 충분하다고 생각한다.

- 이 수치는 약제를 살포하는 기계 하드웨어와 상관없이 일정하다. A급 화재시험결과는 방출설비(노즐 설계, 위치, 압력 등)에 영향을 받으며, 특정세팅에만 최적화된다. 이러한 방출설비 의존도를 없애기 위해 A급 MEC시험 기준의 중요한 변화가 필요하다.
- 헵탄 MEC는 수많은 시험실에 의해서 각각의 약제에 대해 거의 동일한 조건에서 이용되어 왔다. 헵탄 MEC는 연구소들에 의해 반복 시험되어 왔다. 하지만 A급 MEC의 반복 시험은 시도되지 않았다. 오히려, 여러 시험기관들 사이의 MEC 수치는 차이가 있다.
- 액체 연료의 사용은 고체 표면에 대한 확산 연소의 시험에 있어 최악의 상황을 대비한 시도이다.
- 가스계 전역 방출 약제에 있어 오랫동안 사용된 할론1301과 CO<sub>2</sub>에 대한 비교데이터가 있다.

[표 7]에 대해 분석을 하면 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

- 청정 소화약제의 A급 표면 화재에 대한 NFPA2001의 설계 농도의 차이(비율)는 컵버너 베이스라인과 비교한 이산화탄소의 설계 농도보다 약 47%가 더 적다.
- 만약 똑같은 안전율과 설계 농도를 적용하게 되면(0.92 대비 1.75) HFC-125의 설계 농

도는 이산화탄소 설계농도의 약 47% 수준이다. 이와 유사하게 HFC-125의 설계농도는 할론1301의 것과 비교했을 때(0.92 대비 1.67) 약 45%수준이다.

- 할론1301 과 CO<sub>2</sub> 에 비교하기 가장 적당한 약제는 HFC-23이다.
- ISO에 기재된 설계 수치는 NFPA2001에 비교했을 때 훨씬 합리적이다. 그 이유는 안전율이 높고 ISO14520에 의한 A급 연료에 대해 더 많은 시험이 이루어졌기 때문이다.

[표 7]의 제일 오른쪽의 열은 ISO14520에 비교했을 때 NFPA2001의 취약점을 보여준다. NFPA2001에 의해 사용되는 HFC-125의 설계 수치는 ISO14520에 사용되는 수치의 71%이다. NFPA2001에 사용되는 설계 농도는 HFC-23을 제외하고, 모든 약제에서 ISO 농도보다 더 적다.

[표 7]의 분석은 청정소화약제에 대한 NFPA2001의 A급 소화 농도는 일반적인 베이스라인과 비교한 할론1301과 CO<sub>2</sub>의 동일한 값에 비해 확실히 낮다(약 50%)는 것이다. 중요한 점은 이러한 차이점들이 B급 가연물에 대한 할론1301과 청정소화약제 사이에서는 발견되지 않는다는 것이다. 게다가, A급 설계 농도에 대한 NFPA2001의 수치는 ISO14520의 동일 설계 수치에 비해 약 30%가 더 적다. 역사적으로나 현재 국제 정세를 고려해볼 때, NFPA2001의 A급 표면 화재에 대한 설계 농도는 확실히 낮다.

통전상태의 전기적 위험 : NFPA2001은 C급의 보호에 관한 다음의 가이드라인을 제공한다. : “C급 위험에 관한 최소 설계 농도는 최소한 A급 표면 화재만큼은 되어야 한다.” 반면, ISO14520은 전문가들에 의해 간단한 A급 표면 화재보다 훨씬 위험할 수 있다고 여겨지는 통전상태의 전기장치와 케이블에 대해 측정 가능한 가이드라인을 제공한다. :

“목재나 합성 자재의 A급 화재 시험은 일정한 플라스틱 연료 위험(예로, 컴퓨터와 바닥 밑이 비어있는 조정실 등의 전력 또는 데이터 케이블 같은 전기 유형의 위험 등이 있음)으로부터 보호에 필요한 적합한 소화농도를 판단할 수 있는 정확한 근거라 보기 힘들다. 7.5.1.3 에 정해져 있는 수치보다 적지 않은 소화 농도, 또는 C.6.2에 표현된 헵탄 화재 시험으로부터 결정된 수치의 95% 중에서 더 큰 값이 일정한 조건에서 사용되어야 한다. 이러한 조건은 다음과 같다.

- 1) 지름 100mm 이상의 케이블 다발
- 2) 트레이의 20%이상이 차있는 케이블 트레이
- 3) 케이블 트레이의 수직 또는 수평으로 250mm이하의 근접
- 4) 소비전력이 5kW를 초과하는 활성상태의 전기장치

HFC-227ea의 저 전력을 소비하는 단선과 소량의 케이블 다발에 대한 약간의 제한된 시험은 이 약간의 케이블 다발 또는 PVC/PE 또는 PE 절연체 화재의 소화에는 6.5%와 6.8%사이의 농도가 필요하다는 것을 가리킨다. 이 수치는 5.2%와 5.4% 사이의 HFC-227ea A급 최소소화농도와 20% 안전율을 고려한 6.2%부터 6.5%까지의 설계농도보다도 높다.

이러한 위험한 상황은 계속하여 만들어져 왔다. 왜냐하면 HFC-227ea에 대한 A급 소화 농도는 시험 기준에 의해 계속 시험됨에 따라 5.8%에서부터 5.2%까지 줄여졌기 때문이다. 이것은 더 나아가 A급 소화 농도를 결정하는데 사용된 시험 방법의 약점을 보여준다. 문제는 통전상태의 소규모 전기화재가 현재 소화 농도 및 설계 농도에서 진압되지 않을 것이라는 데에서 존재한다. 이러한 화재는 HFC-227ea의 소화 농도가 7.0%로 사용된 1996년도의 설계농도에서 소화될 것이라 여겨진다.

통전중인 소형도체에 대한 이러한 아주 제한적인 결과는 걱정이 큰 고압 또는 고 전력의 케이블, 특히 많은 양의 케이블 다발이나 배열에 대해 적용할 만한 것이 아니다. 이러한 배열의 케이블은 역사적으로 A급 표면 화재의 수치보다 더 높은 소화 농도를 필요로 해왔다. 예를 들어, Sandia 연구소 와 NRC(Nuclear Regulatory Commission)는 CO<sub>2</sub>에 대해 40% 및 할론1301에 대해 6%의 설계 농도를 요구한다. NFPA 12는 활성상태의 전기 장치에 대해 40%이상의 CO<sub>2</sub> 설계 농도를 요구한다. 이러한 수치는 A급 설계 수치에 대한 적어도 20% (할론 1301에 대해)의 상승분을 나타낸다. 앞의 검토에서 지적된 대로, 할론 1301에 대한 A급 설계 수치는 비슷한 A급 화재 시나리오에 대한 HFC-125보다 80% 높은 범위에 있다.

## 2.3 안전율

ISO 와 NFPA 의 두 기준간 가장 명백한 차이점은 안전율이다. 두 기준은 모두 B급 화재에 대해 30%의 안전율을 설정하고 있다. 하지만 A급 화재에 대해, ISO 14520은 역시 30%의 안전율을 요구하고, NFPA2001은 20%의 안전율까지 허용하고 있다. 20% 안전율에 대한 잠재적 약점은 조사되어 왔다. 가장 적은 MEC(최소 소화 농도)시험 규정을 가지고 있는 NFPA 2001 기준이 가장 적은(20%) 안전율을 허락하고 있다는 것은 모순이라고 할 수 있다.

화재 소화를 확신하는 방법으로 20%의 안전율에 대한 타당성은 생각해 봐야할 문제이다. 설비를 설계할 때, 유량 계산 설계 소프트웨어(연구소가 시험하는 조건 하에서 시행된)는 약제량의 ±10%정도까지의 정확도를 가지도록 요구된다. 현재 소화 농도가 10%보다 더 정확하다는 것은 믿기가 어렵다. 그러므로 각각 떨어져 있는(각각 구획되어 있거나 한줄에 3개 이상이 있는 것) 노즐이 있는 어떠한 설비 시스템에서 20%의 안전율은 사용될 수 있을 것이다. 이것은 실린더 누설(5%까지 허용되는), 불완전한 기화와 혼합, 미 개폐에 의한 개방/구획의 누설, 방해물 등에 필요한 어떠한 안전율도 포함하지 않은 것이다.

## 3. 할론1301에서 대안 약제로의 발전

이러한 기준들이 발전하는 동안 할론1301에 대한 수년간의 많은 경험들이 반영되었고, 수십번에 걸친 할론1301의 시험을 통해 추출된 이러한 경험들은 정당성이 입증되어왔다. 이러한 시험 중에는 가스 및 액체의 B급 가연물의 소화 농도를 결정하기 위해 연구실의 실험 기기인 컵버너를 사용한 시험이 있다. 컵버너와 관계된 연구실 기기와 시험 절차는 생산된 결과에 대해 충분한 자신감을 가질 수 있을 때까지 지속적으로 개량되어 왔다. 그러한 자



신감을 갖게 된 것은 연구실 컵버너 시험결과를 실제크기 실내화재시험에 일치하도록 한 요구사항이 만들어졌기 때문이다. 실제크기 실내화재시험에서는 헵탄화재의 가장 높은 소화농도가 최소소화농도로서 선택되게 된다. 이러한 시도는 B급과 관련해서는 NFPA2001 과 ISO14520에서 거의 동일하다. 또한, 둘은 모두 30%의 안전율(소화 농도의 1.3배)을 B급 연료 혼합물과 약제에 대한 최소 설계 농도를 결정하는데 사용하고 있다. 어떠한 약제에 대한 소화 약제 농도의 정당성은 몇 개의 B급 응용물들의 최대 크기(선박 기계실, 무장 상태의 엔진 및 선원실부터 고사양의 군용기의 엔진실까지)의 시험을 함으로써 확인되어 왔다.

할론1301 설비가 발전하는 동안 수많은 응용물들에 필요한 소화 농도를 포함한 약제의 성상에 대해 이해하기 위하여 더 큰 실제크기 시험이 있었다. 군대는 B급 유형의 화재에 쓰이는 할론1301의 사용효과를 시험하는데 최선두에 있었다. 하지만, 할론1301에 대한 최대 수요자는 전자 기기와 그 주위 환경에 관련된 산업이었다. 산업 전반에 걸친 시험 프로그램은 시험 연구소, 약제 생산자, 설비 업자, 컴퓨터 생산자, 보험회사 및 설계 회사와 함께 시작되었다. 그 프로그램은 전기 케이블과 회로 판부터 프린트된 종이나 파쇄지 같은 셀룰로우스 화합물 등을 포함하는 가연물 유형에 대해 필요한 소화 농도를 시험했다. 결국, 업계는 근소한 5%의 약제 농도가 이러한 유형의 기기나 환경을 보호하는데 합당한 수준이라고 동의했다. 필수적인 전자 장비의 보호에 할론1301 설비의 사용이 넓게 퍼진 이유는 이러한 산업 프로그램의 기초에 있다.

이러한 필수 전자 장치들에 있어 할론을 대체할 만한 설비의 사용에 대한 정당성을 밝히기 위해 그러한 크기의 어떠한 시험도 이루어지지 않았다. 산업체에서 할론1301의 시험 프로그램에서 추구하는 가장 근본적인 질문에 직접적으로 답해줄만한 할론의 대체설비에 대한 기술적인 보고서는 찾아볼 수가 없다. 거대한 산업 시장에서 대안설비가 직면한 기술적 주제에 바로 답하는 대신, 산업분야는 이 유형의 응용물에 대한 소화 농도의 최소량이 아닌 기존 실행했던 것들의 기술적 근거를 확립하기 위하여 대리 측정방법을 채용하는 것을 선택했다.

표면연소 특성을 지닌 A급 가연물의 경우, 해당 기준은 처음부터 컵버너 수치에 안전율을 더한 헵탄의 최소 설계 농도를 요구하였다. 많은 사람들이 헵탄과 컵버너는 A급 유형의 응용물과 연관성이 떨어진다면 이러한 접근방법에 대해 반대했다. 그들은 헵탄과 컵버너로부터 A급 응용물에 대한 설계 농도를 분리하기 위하여 애써왔다. A급 가연물은 시험실에서 쉽게 시험하기 어렵기 때문에 4가지의 A급 시험 연료 각각에 대해 최소 소화 농도를 결정하기 위해 방 크기 사이즈별로 시험기준의 개발이 필요하다. 이러한 복합 연료에 대한 시험으로부터 결정된 가장 높은 소화 농도는 약제에 대한 A급 소화 농도로 간주되곤 한다. 동시에, ISO기준이 보수적인 30%를 사용하는 것을 채택한 것에 반해 NFPA2001 기준은 오직 20%의 안전율을 선택했다.

가스계 전역 방출 시스템의 기본적인 원칙은 불규칙적인 양의 약제를 균등하게 확산하여 적당한 소화농도가 그 공간에서 어떠한 화재든 소화하고 소화한 채로 유지시키는 것이다. 방 크기 시험에 확인되고 더 나아가 선박 기계실 같은 특별한 위험에서도 확인된 B급 화재에 대한 컵버너 데이터가 충분하기 때문에 그 결과를 더 큰 규모에 추정 반영하는 것은 기

술적인 설명이 가능하다.

#### 4. 현재의 문제점

앞으로 풀어야 할 두가지 문제점은 아래와 같다.

□ NFPA2001(UL2127 과 UL2166을 반영)과 ISO14520의 기준에 있어 A급 표면 화재 시험 기준은 특히 할로젠화탄소 약제에 비추어 봤을 때 정당성이 떨어진다. 이러한 시험 기준은 시험 기준의 정당성에 끊임없이 의문이 제기되는 넓은 시장의 응용물들에 대한 소화 농도 요구조건을 결정하는 수단으로써 결과의 확장성이 증명되지 않았고 최소한 NFPA2001의 경우, 안전율이 두개의 확인된 시험 기준의 결과의 차이에 의해 상쇄 될 수 있음을 알려준다.

**[표 8] ISO와 UL의 A급 소화농도 시험 결과의 비교**

구분	ISO 14520 Testing	UL 2166 Testing	차이
HFC-227ea	6.1	5.2	14.75%
HFC-125	8.6	6.7	24.42%

□ NFPA2001은 가스계 할론의 대안 설비에서 널리 사용되는 통전상태의 전기 장치의 보호에 대한 약제 농도 요구사항에 대해 언급하지 않고 있다. ISO14520은 최소 소화농도를 헵탄 컵 버너의 95%로 고정함으로써 잠재적 어려움을 인정하고 있다. 하지만 그 문제에 대해 역시 더 이상의 언급은 없다.

NFPA2001의 마지막 수정 작업 기간 중 몇 년간 기준의 개정을 위해 노력했지만 이미 약제와 설비를 설치한 상업적 이해관계에 있는 사람들의 반대에 부딪혀서 성공적이지 못했다. 가스계화재 소화설비에 관한 기술 위원회는 소화 농도 문제를 풀어야 한다는 의견을 많이 받았다. 그 의견은 다음과 같다.

- 1) 약제의 A급 표면 화재 소화농도가 헵탄 컵 버너의 수치 이하로 결정되는 것이 허용되지 않는 것에 기초한 “단계” 개념을 설정하는 것
- 2) A급 표면 화재에 대한 안전율을 30%(1.2에서 1.3으로)로 올리는 것
- 3) 통전상태 전기 제품의 보호에 대한 가이드라인을 제공하는 기준을 재조정할 것

컵 버너 MEC의 85%와 같거나 더 클수도 있는 A급 표면 화재 농도에 대한 “단계”를 설정하는 제안은 처음 위원회에 의해 받아들여졌다. 부분적으로 이것은 HFC-227ea에 대한 최소 소화농도가 NFPA 기준 하에서 10%줄었고 현재 ISO 제안보다 16% 더 적다는 것에 근거로 두고 있다.

비슷하게 기술 위원회는 처음에는 안전율을 1.2배에서 1.3배로 늘리자는 제안에 호의적이었으나 곧 반려했다.

하지만 3년 동안 해당 기준을 강화하고자 노력했음에도 불구하고 기술위원회와 NFPA는 (1) 실사용에 있어 불특정한 낮은 A급 표면 화재 농도에 “단계”를 설정하는 것, (2) A급 안전율을 ISO 14520 수준으로 끌어올릴 수 있고 확실히 세계에서 가장 낮은 수치라 생각되는 1.2에서 1.3으로 변경하는 것, (3) 통전 중인 전기 회로, 배선, 장치 등에 대한 약제의 더 높은 조건의 가이드라인을 설정하는 것 모두를 받아들이지 않았다.

## 5. 제언

NFPA2001과 ISO14520은 확실히 여러 유형의 사용시 약제 농도와 관련된 다른 유형의 가이드라인을 제공하고 있다. NFPA2001은 A급 화재에 대한 열악한 가이드라인과 전기장치의 보호에 대한 잘못된 가이드라인을 제공하는 반면 ISO14520은 광범위한 범위에 걸쳐 약제 농도에 대해 확실한 가이드라인을 제공하고 있다. 데이터와 기술의 차이와 기술을 개발하고 그것이 기준에 적용되는 것을 확인하는 것은 수년이 걸릴 것이라는 것을 고려하여, 다음과 같은 권고사항을 만들었다.

- 1) 설계와 청정 약제 설비의 관련 전문가들은 이 글에 실린 내용을 숙지해야 한다. 특히, NFPA2001의 A급 가연물에 대한 소화 농도의 기술적 기초가 허술하다는 점을 숙지해야 한다.
- 2) NFPA2001이 더욱 믿을 만한 가이드라인을 제공하도록 바뀌거나 바뀔 때까지, 청정소화약제의 검토나 설계를 하는 전문가들은 그 설비에 대한 다음의 가이드라인을 참조하여야 한다.
  - A급 표면 화재에 대해, ISO14520에서 규정하고 있는 30%의 안전율이 적용된 소화 농도가 사용되어야 한다. NFPA2001에서 규정하고 있는 20%의 안전율은 부적절하다.
  - 전력과 데이터 케이블(컴퓨터와 전산실, 통신실 등) 와 관련된 전자 전기 유형의 위험에 있어 A급 화재에 대해, ISO14520의 가이드라인을 따라야 할 것이다. 이것은 30%의 안전율이 적용되는 헵탄 설계 농도의 95% 이상의 설계 농도를 제공한다.
  - B급 화재에 대해서는 NFPA2001과 ISO14520의 접근 방법 모두 적합하다.

큰 직경의 고 전압, 전력의 케이블, 특히 큰 케이블 다발이나 배열과 관련된 C급 화재에 관해서 헵탄 소화 농도의 두 배 이상의 설계 농도가 사용되어야 하고 예상효과는 그 소화 농도가 지속된다는 조건에서 화염 소화에만 제한되어야 할 것이다.

[표 9]는 앞에서 설명되었던 4가지 유형의 응용물에 대한 다양한 약제에 대해 사용되어질 설계 농도에 대한 해설이다.

[표 9] 최소 설계 농도(vol %)

연료 유형	FK-5-1-12	HFC-125	HFC-227ea	HFC-23	IG-01	IG-100	IG-55	IG-541
B급 <sup>1)</sup>	5.9	12.1	9.0	16.4	51.0	43.7	47.5	41.2
A급 표면 <sup>2)</sup>	5.3	11.2	7.9	16.3	41.9	40.3	40.3	39.9
A급 활성 전기 제품 <sup>3)</sup>	5.6	11.5	8.5	16.3	48.4	41.5	45.1	39.9
C급 활성 전기제품 <sup>4)</sup>	9.0	18.6	13.8	25.2	78.2	67.2	73.0	73.4

Notes:  
 1) ISO14520에 규정된 헵탄 설계 농도에 근거한 수치  
 2) ISO14520에 규정된 A급 표면 설계 농도에 근거한 수치  
 3) ISO14520에 규정된 헵탄 설계 농도의 최소 95%의 기준에 따른 수치  
 4) 헵탄 최소 소화 농도의 두배인 CO<sub>2</sub> 및 할론1301 가이드라인에 근거한 수치

장기적으로 추진되어야 할 3가지 과제는 다음과 같다.

- 방재 산업은 독자적인 소화 설비가 되는 연구 기구와 실제 상황을 효과적으로 반영하는 A급 표면 화재에 대한 합리적인 중간시험이 기술적으로 강하게 연관되도록 노력해야 한다. 그 목적은 두개의 결과를 서로 관련시키는데 있다.
- 방재 산업이 전기적 위험의 범위에 대해 정의하고 그러한 타입의 위험에 발생하는 화재를 제어하고 소화하는데 필요한 적당한 가스 약제 농도를 찾는 시험과 연구를 해야 한다.
- 방재 산업은 위의 두 아이템이 NFPA2001, ISO14520 및 기타 기준에 적절하게 반영되도록 연구기관들과 협의하여야 한다.

출처 : S+S Report (2009.4, VdS Journal)

번역: 총무팀 김기욱 대리