

## 청정소화약제 및 소화설비의 최근 개발동향

최근 청정소화약제 시장에 여러 가지 새로운 변화가 생기고 있다. 할론 1301 소화설비의 계속적인 사용중지, 새로운 청정소화약제의 개발 등 환경문제 해결에 중요한 역할을 하는 청정소화약제의 최근 개발동향을 소개한다.

2002년 하반기 이후 청정소화약제 시장에 충격을 주는 여러 가지 새로운 변화가 이루어졌다. 이 변화에는 전 세계에서 할론 1301소화설비의 계속적 사용 중지, 새로운 청정소화약제의 개발, 몇몇 청정소화약제의 시장으로부터의 퇴출, 새로운 소화설비 설계의 개발, 청정소화약제 소화설비의 사용을 총괄하는 국가 및 국제적 기준의 변화 등이 포함된다.

### 할론의 퇴조와 청정소화약제의 진입

30여 년간 할론 1301은 이상적인 소화약제로 사용되어 왔다. 그러나 1987년 몬트리올 의정서에서 오존층을 파괴시키기 때문에 사용과 생산이 제한되어야 하는 물질 중의 하나로 지정되었고, 이 의정서의 개정으로 선진국은 1994년 1월 1일부터 할론 1301의 생산을 중단하게 되었다.

요즘은 할론 1301 소화설비는 드물게 설치되고 있고, 주로 항공 및 군사 부문인 특별하고 필수적인 사용처 만으로 제한되고 있다. 대부분의 경우 이들 설비도 할론 1301 생산의 금지규정 때문에 재생 또는 회수된 할론 1301을 사용한다.

할론 1301의 전 세계적 생산금지와 더불어 많은 국가에서 할론 1301 소화설비의 제거를 명령하는 단계를 밟고 있다. 독일 및 오스트레일리아에서는 이미, 필수적 사용처를 포함한 소수의 설비를 제외하고, 할론 1301 설비가 완전히 제거되었다. 캐나다는 2010년부터 고정식 할론설비의 재충전을 허용하지 않는 것으로, 할론 1301의 단계적 감축계획을 수행하고 있다.

유럽공동체 내에서 현재 및 장래의 할론 1301 사용에 대한 규제는 EC 규정 2037(2000)에 의거한다. 할론 1301의 필수 사용처로 허용되는 경우에는 항공기용(승무원실, 엔진실, 화물칸), 군사용(차량 및 선박의 엔진실과 인원 상주 공간), 특수 불활성화용(수중터널, 방사능물질 처리시설, 국가보안 통신 및 상황실)이 포함된다.

EC 규정 2037(2000)은 할론 1301 필수 사용처가 아닌 곳의 사용 중지 날짜를 정하고 있다. EC 내에서 신규 할론을 사용하는 할론설비의 판매와 서비스는 2000년 10월 1일부로 금지되어 왔다. 필수 사용처로 등록되지 않은 모든 할론 1301설비는 2003년 12월 31일부로 사용 중지되어야 한다.

할론 1301의 점진적 제거로 인해 대체설비의 필요성이 커지고 있으며, 이 시장의 상당부분이 청정소화약제의 사용으로 대체될 것이라고 기대되고 있다.

**새로운 변화**

할론 1301 제조금지에 대응하여 소화설비업계에서는 환경친화적인 전역방출방식 청정소화약제를 다양하게 개발해 왔다. 지난 1년간 청정소화약제 시장에 두 가지 새로운 약제가 소개되었는데, NAF S 125와 Novec 1230이다.

NAF S 125는 SHT(Safety Hi-Tech Services)사에서 판매하는 D-limonene이 함유된 펜타플루오르에탄 화합물의 상호명이다. 펜타플루오르에탄은 하이드로플루오르카본(HFC)의 일종이며 일반적으로 HFC-125, D-limonene으로 호칭되며, 자연적으로 발생하는 물질이다. 화학명은 4-이소프로페닐-1-메틸사이클로hex산으로 알려져 있고, 주성분은 감귤 껍질 오일이다. 소화약제 혼합물의 D-limonene 성분은 진화시 HFC-125 성분의 분해로 생성되는 산성물질(플루오르화 수소산)의 양을 감소시키는 역할을 한다. 현재 시판되고 있는 NAF S 125설

[표 1] 사용가능한 청정소화약제

상 호 명	제 조 사	화 학 식	웹사이트
FM-200	Great Lakes Chemical	CF <sub>3</sub> CHFCF <sub>3</sub>	www.fm-200.com
FE-227	Du Pont	CF <sub>3</sub> CHFCF <sub>3</sub>	www.dupont.com/fire
FE-125	Du Pont	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> H	www.dupont.com/fire
FE-13	Du Pont	CF <sub>3</sub> H	www.dupont.com/fire
FE-36	Du Pont	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	www.dupont.com/fire
Triiodide	Ajay North America	CF <sub>3</sub> I	www.CF3I.com
NAF S 125	Safety Hi-Tech, Srl	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> H 0.1% D-limonene	www.safetyhitech.com
NAF S III	Safety Hi-Tech	4.75% CF <sub>3</sub> CHCl <sub>2</sub> 82% CF <sub>2</sub> HCl 9.5% CF <sub>3</sub> CHFCI 3.75% D-limonene	www.safetyhitech.com
Novec 1230	3M	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> C(O)CF(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	www.3m.com
Argotec	Minimax GmbH	Ar	www.minimax.com
N100	Koatsu	N <sub>2</sub>	www.koatsu.co.jp
Argonite	Ginge-Kerr	50% N <sub>2</sub> 50% Ar	www.ginge-kerr.com
Inergen	Ansul	52% N <sub>2</sub> 40% Ar 8% CO <sub>2</sub>	www.ansul.com

비는 저압식(360 psig 질소가압) 및 고압식(360 psig 질소가압)이 있다. NAF S 125의 오존층파괴 지수(ODP)는 0이며, 지구온난화지수(GWP)는 3400(100년 적산 기준)이다.

Novec 1230은 3M사 제품의 상호명이며, 플루오르화 케톤류에 속한다. 케톤족의 하나로 Novec 1230 분자는 카르보닐(C=O)기를 가지고 있다. 화학자들이 언급하는 이 특별한 '작용기'의 존재는 Novec 1230 분자에 HFC 형태의 소화약제에는 없는 두 가지 특성, 화학적 반응 및 광분해 반응을 부여한다. 광분해 반응에 의해서 Novec 1230은 대류권에서 빨리 사라진다. Novec 1230은 햇빛의 자외선과 반응하여 신속히 분해된다. 결과적으로 이 약제의 대기에서의 존재시간과 지구온난화지수는 낮다. 3M은 대기 존재시간이 약 5일이며 지구온난화지수가 1인 것으로 보고하고 있다. Novec 1230은 브롬과 염소가 포함되어 있지 않기 때문에 오존층 파괴지수는 0이다.

작년 한 해 동안 모두 세 가지의 청정소화약제를 제조사가 자발적으로 시장에서 퇴출시켰다. 2002년 9월, 뉴올리언즈에서 개최된 ISO TC/21/SC 8 소위원회 회의 모임에서 옥타플루오르프로판(CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>, FC-2-1-8, 3M), n-데카플루오르부탄(CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>, FC-3-1-10, 3M), 클로로-테트라플루오르에탄(CF<sub>3</sub>CHFCl, HCFC-124, 듀폰)을 ISO 14520에서 제거하는데 동의하였다.

표1은 현재 상업용으로 사용할 수 있는 청정소화약제의 목록이다. 청정소화약제 시장은 현재 FM-200과 Inergen, 두 가지 약제에 의해 지배되고 있다. FM-200은 세계적으로 70여 개국에서 100,000개 이상 설치되어 있는 것으로 추정된다. 청정소화약제는 매우 다양하게 사용된다. 예를 들면, 유람선, 군용선박, 항공시물레이터,

의료시설, 지하공간, 인터넷 서비스 센터, TV 및 라디오 방송실, 단파 송신타워, 무반향 휴게실, 클린룸, 가연성 액체 저장지역, 미술전시실, 도서관, 박물관 등이다. 세계적으로 수많은 고가의 물건이 청정소화약제 소화설비로 방호되고 있다. FM-200 소화설비는 에펠탑의 전기시설, 독립선언서 초안 등을 방호하며, FE-125 소화설비는 미해군 F/A-18E/C와 V-22 항공기 엔진실을 방호한다. FE-13 소화설비는 노스슬로프(알래스카주 북극해 연안 유전지대)에서 불활성 설비에 사용되며, Inergen 소화설비는 게티스버그 연설문 사본을 방호한다.

#### 신규 청정소화약제 소화설비의 설계

지난해에 새로운 청정소화약제의 소개와 함께 새로운 소화설비 설계가 청정소화약제 시장에 소개되었다.

Kidde-Fenwal사는 최근에 소화약제로 FM-200을 사용하는 ADS(Advanced Delivery System) 설비를 소개했다. ADS 설비는 질소가스가 액체 FM-200을 배관망으로 밀어주는 '추진제 유동' 설계를 사용한다. 질소와 FM-200은 별도의 용기에 저장되어 있고, 적절한 호스 및 제어용 장치로 연결되어 있다. 설비의 기동시 질소가 FM-200용기의 상부로 유입되고 FM-200을 용기 하부의 사이편관을 통해 밀어내어 설비배관망으로 보낸다. ADS 설비는 질소와 FM-200을 같은 용기에 함께 넣어 축압시켜 놓은 종래의 FM-200 설비와 비교하여 여러 가지 이점이 있다. ADS 설비는 질량유량에 있어 큰 개선효과가 있고, 용기내부 평균 압력을 높게 유지할 수도 있다. 이는 더 작은 직경의 배관망을 사용할 수 있을 뿐만 아니라 더 길고 복잡한 배

관망을 사용할 수 있게 한다. Kidde-Fenwal에 따르면, ADS 설비의 사용은 통상 FM-200 설비에서 사용할 수 있는 배관길이의 3배에 이르는 배관길이가 사용가능하다고 한다. 더 작은 직경과 더 긴 배관의 사용 가능성은 기존 할론 1301 설비의 개조에 필수적인 사항이며, ADS 설비는 기존 할론 1301 설비의 효과적 개조방안이 될 수 있다. ADS 설비는 UL 인증등록과 FM 승인을 받았다.

Fike Corp.사는 최근 ECARO-25 청정소화약제 소화설비를 미국뿐만 아니라 유럽에 소개하였다. ECARO는 'Extinguishing Clean Agent Retrofit Option'을 뜻하며, Fike ECARO-25 설비는 듀폰사의 FE-25소화약제를 사용한다. ECARO-25 설비도 기존 할론 1301 설비의 개조방안으로 상용화되었고, FM 승인을 받았다.

불활성가스 청정소화약제 제조사들은 과거 몇

년 동안 설비변경을 해왔고, 청정소화약제 시장에 저압식과 고압식 설비 모두를 도입시켰다. 저압식 설비는 기존 할론 1301 설비의 재사용을 목표로 하였고, 고압식 설비는 용기의 약제수용능력을 증가시켜, 용기 저장개수의 요구사항을 줄였다.

### 청정소화약제 기준

ISO 14520(가스계 소화설비: 물리적 특성 및 설계)은 청정소화약제 소화설비의 설계, 설치, 시험, 유지관리 및 안전성에 대한 요구사항을 규정하고 권장사항을 제시한다. 이 기준에서는 part 1 일반사항을, part 2 내지 15에서는 소화약제의 특정 요구사항을 다루고 있다. 현재 ISO 14520은 초판이며, 2000년 8월에 제정되었다. ISO 14520에 대한 최근 개발은 2002년 9월, 뉴올리언즈에서 개최된 ISO TC/21/SC 8 소위원회 모임의 결과인데, 많은 제안사항이 소위원회에서 의결되었다.

[표2] 청정소화약제 화재시험 데이터 : 소화능도, %v/v

소 화 약 제	시 험 소	헵탄 컵버너	헵탄 팬화재	목재더미 화재
FM-200/FE-227	HAI	6.7	6.9	4.9
FE-125 <sup>a</sup>	HAI	9.3	9.3	6.7
FE-13	HAI	12.6	12.3	10.5
FE-36	HAI	6.5	7.5	5.0
Triiodide	HAI	3.5	3.5	3.5
NAF S 125 <sup>b</sup>	VdS/HAE	9.2	8.7	7.5
NAF S III	HAE	10.0	9.9	6.0
Novec 1230	UL	NA	4.4	3.4
Argotec	VdS	39.2	33.7	30.7
N100	NMRI	33.6	33.6	30.0
Argonite	DIFT/FM	37.8	30.2	28.7
Inergen	UL	31.7	29.6	28.2

a : 360psig 설비, b : 600psig 설비

ISO TC/21/SC 8 소위원회는 ISO 14520 기준에 NAF S 125와 Novec 1230 두 가지 신규 소화약제를 추가하며, FC-2-1-8, FC-3-1-10, HCFC-124의 세 가지 소화약제를 제거하는데 동의하였다.

소위원회는 PBPK(생리학적 약물동태학) 모델에 근거하여 HFC 청정소화약제에 대한 노출한계를 허용하는데 동의하였다. PBPK 모델은 노출한계를 설정하는데 사용되던 심장민감성과 관련된 NOAEL/LOAEL식 접근방식보다 개선된 면이 있다. PBPK 모델을 사용한 최종 결과에서 통상 사람이 상주하는 구획실에 허용되는 HFC 청정소화약제의 최대설계농도가 증가하게 된다. 현재의 제안사항에 따르면, LOAEL 수준까지의 설계농도는 통상 사람이 상주하는 지역에서 허용된다.

소위원회는 또한 청정소화약제에 대한 신규 화재시험 데이터를 허용했다. 소화농도는 현재 통용되고 있는 ISO 14520-1, 초판, 부록 C에 제시되어 있는 시험절차에 따라 결정된다. 시험 데이터는 제3자 시험소에서 작성되었고, 장래 ISO 14520 개정판에 추가될 설계농도의 근거가 될 것이다. 표2는 신규 화재시험 데이터를 보여준다.

소위원회가 허용하는 ISO 14520의 추가적 변경사항은 플라스틱 시트 화재시험의 허용이다. 화재시험절차는 UL 2166 및 UL 2127의 플라스틱 시트 화재시험과 유사하고, 장래의 ISO 14520 개정판에서 클래스 A 설계농도 결정기준의 하나로 사용될 것이다. ISO 14520 부록 B에 제시된 컵버너 시험절차도, 가열된 연료의 시험을 제외하고, 40ℓ/분을 초과하는 공기흐름에서 컵버너 소화농도의 결정도 제외하도록 변경되었다.

NFPA 2001(청정소화약제 소화설비기준)도

청정소화약제 소화설비에 대한 최소 요구사항을 규정하고 있다. NFPA 2001의 현재 판은 2000년판이다. NFPA 2001 기준의 장래 개정판에 포함될 두 가지 항목이 최근에 제안되었다.

NFPA 2001 기술위원회는 위에서 언급된 새로운 소화약제인 Novec 1230의 추가를 허용하였다. 또한, NFPA 2001 기술위원회는 통상 사람이 상주하는 지역에서 HFC 청정소화약제 허용설계농도의 증가를 주장하는 제안을 허용하였다. 최대 허용설계농도는 PBPK 계산의 결과에 근거한다. 현재의 제안사항에 따르면, PBPK 계산에 의해 해당 설계농도에서 5분간의 노출이 안전하다고 간주되는 한, 통상 사람이 상주하는 지역에서 HFC 청정소화약제 설계농도가 LOAEL 수준을 초과하는 것이 허용될 것이다.

### 결론

청정소화약제 및 소화설비의 제조자들은 새로운 약제와 소화설비의 개발을 통해 할론과 관련된 환경적 문제를 피할 수 있는 혁신적인 소화설비를 계속 상용화하고 있다. 할론 1301의 사용금지에도 불구하고, 전세계적으로 이들 청정소화약제 소화설비가 특별한 장치와 자산을 계속 방호할 수 있게 한다. 그와 동시에, 청정소화약제의 설계 및 사용을 총괄하는 국가 및 국제기준이 계속 갱신되어 최신 기술을 포함시켜 나가고 있다. 유럽공동체에서 할론을 강제적으로 퇴출시키고, 세계적으로 오존층 파괴물질의 의존도를 줄여 나가려는 압력이 청정소화약제로 하여금 세계적 환경문제 해결에 중요한 역할을 떠맡게 할 것이다. ☉

— IFP(2003.5)

— 기술지원부 과장 강영은