

할로젠 化合物 消化劑 代替物質의 調査 및 安全性에 關한 研究

1994. 12. 31



한국산업안전공단
KOREA INDUSTRIAL SAFETY CORPORATION
산업안전연구원
INDUSTRIAL SAFETY RESEARCH INSTITUTE

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 보고서를 “산업안전연구 개발” 사업의 일환으로 수행한
“할로젠화합물 소화제 대체물질의 조사 및 안정성에 관한 연
구”의 최종 보고서로 제출합니다.

1994년 12월 31일

주관연구부서 : 산 업 안 전 연 구 원
화 학 연 구 실
연 구 자 : 수석연구원 정 동 인

목 차

□ 研究目的

제 1 장 서 론	1
1. 개 요	1
2. 오존 파괴물질 규제 경위	7
가. 국제환경협약 연역 요약	7
나. 우리나라 규제 주요내용	11
제 2 장 오 존 층	14
1. 개 요	14
2. 오존 가스의 생성	14
3. 오존 가스의 감소원리	16
4. 오존층 파괴에 따른 영향	19
제 3 장 미국환경청(EPA)및 전미소방협회(NFPA)의 할론 대체 消化劑 개발의 전제 조건	21
1. 개 요	21
2. 미국환경청에 승인된 할론 후보대체물질	22
가. 결정요소	22
나. 消化劑 종류	23
3. 할론 후보代替物質의 독성치 및 물리적 성질	27
4. 할론 후보代替物質 결정을 위한 NFPA의 선택기준	29

제 4 장	선진국의 할론 代替物質 개발 동향	31
1. 개	요	31
2. 세계 주요국의 할론 사용추세(1986년 기준)		33
3. 할론 代替物質 개발 현황		34
가. 代替物質 종류		34
나. 개발현황		35
다. 문 제 점		35
4. 할론 消化劑의 명명법		36
5. 할론 연소원리		40
6. 할론 消化劑의 독성		46
7. 할론의 물리 화학적 성질		47
8. 할론 消化劑의 주요 사용처		49
9. 할론과 기타 消化劑와의 비교		50
가. 오존파괴지수(ODP)의 비교		52
나. 소화원리		53
다. 기타 消化劑의 소화농도		57
제 5 장	기개발된 할론(1301) 후보代替物質의 특성조사	58
1. 하이드로플로르카본(HFC)과 플로르카본(FC)		58
가. 하이드로플로르카본(HFC)-23		58
나. 하이드로플로르카본(HFC)-125		59
다. 하이드로플로르카본(HFC)-227ea		60

2. 하이드로플로르카본(HCFC)	61
가. 하이드로클로르플로르카본(HCFC)-123	62
3. 하이드로브롬오폐로르카본(HBFC)	62
가. 하이드로브롬오폐로르카본(HBFC) - 124B1	63
나. 하이드로브롬오폐로르카본(HBFC) - 22B1	64
다. 디브로미드(Dibromide)	64
4. 불포화 할로젠 물질	65
5. 할로젠 에테르 化合物	66
6. 요오드(I ₂) 化合物	67
7. 할로젠 유황 化合物	67
8. 혼합 消化劑	69
가. NAF	69
나. Halotron	70
다. Inergen(IG-541)	70
9. 할론 代替物質 및 하이드로클로르플로르카본(HCFC) 혼합물과의 비교	71
가. NAF S-Ⅲ 消化劑(혼합 消化劑)	71
나. FM-200 消化劑(단일 消化劑)	72
다. FE-13(전역 방출식 消化劑)	73
라. PFC-410(청정 消化劑)	74

제 6 장 국내에 고시된 신규 할론(1301) 代替物質 消化劑 조사(사용 가능한 2종에 대하여)	77
1. NAF S-Ⅲ (혼합 消化劑)	77
가. 개 요	77
나. NAF S-Ⅲ의 성상	78
다. NAF S-Ⅲ와 할론 1301의 물리적 성질 비교	79
라. 독성(Toxicity)	81
마. 기타 대체품의 평가	83
바. NAF S-Ⅲ의 소화원리	85
2. NAF S-Ⅲ의 물성, 소화능력 및 독성 등의 시험결과	87
가. 물 성	87
나. 소화능력 시험 결과	91
다. 독성시험 결과	92
3. NAF S-Ⅲ 또는 (HCFC-Blend A) 설비설치 요령	93
가. 개 요	93
나. 작업자의 안전	95
다. 시스템 디자인(System Design)	96
라. 디자인 과정	101
마. 분해산물 및 안전조치	115
바. 소화농도 결정	116
사. 저장 용기	120
아. 분사 노즐	122
자. NAF S-Ⅲ와 할론 1301 소화설비 비교	123

4. FM-200(단일消化劑)	128
가. 개 요	128
나. 요점정리	130
다. 물리 화학적 성질	130
라. 특 징	131
마. 환경영향 평가 및 유독성	134
바. 결 론	138
 □ 결 론	140
□ 참고문헌	143
□ 부 록	
- 오존층 보호법	
- 내무부 고시 제 1994-9호	

여 백

□ 研究目的

消火劑로 사용된 물질의 종류는 분말, 가스 및 할로젠 化合物인 할론 1301로 대별할 수 있는데 이중 소화력이 우수하고 또한 독성이 적으며 안정한 할론 1301 消火劑를 각 사업장에서 많이 사용하고 있다. 그러나 이 물질이 너무 안정하여 대기중에서 분해속도가 매우 느려 잔류기간이 매우 길어 성층권에 존재하는 오존층을 파괴하고 또한 지구 온난화에도 크게 작용하고 있어 지구를 병들게 하고 있다.

따라서 선진 각국에서는 이 할론 消火劑 1301을 점차적으로 감량사용하다가 1996년 이후부터는 전면 사용을 금하도록 규제하고 있다. 고로 할론 1301 대체사용물질을 선진국가에서는 이미 개발하여 보급하고 있다. 따라서 새로 개발된 할론 代替物質이 우리나라에서 사용될 경우 근로자들에게 유해·유독한 분해가스가 과연 무엇이며 또 그것이 얼마나 유해한가를 심도있게 세계각국의 문헌을 조사 분석후 앞으로 신규 代替物質을 사용할 때 충분한 사전의 모든 성상을 사용자들에게 알리므로 안전 및 보건상의 예방지식을 충분히 전파하는데 본 연구의 목적이 있는 것이다.

제 1 장 서 론

1. 개요

세계 제2차대전이 끝난 1945년 이후부터 지금에 이르기까지 모든 첨단과학기술의 급속한 발달로 인해 인류의 생활양식과 부를 누릴 수 있는 편리함 또한 병행하여 발전하였다. 그러나 내면에는 지구에 생존하는 모든 생태계의 파괴는 물론 수질 및 대기오염 그리고 토양오염에 이르기까지 각종 부정적인 측면의 난문제가 산재되고 있다. 기상이변을 일으키는 지구의 온·난화현상도 부수적으로 발생되고 있는 부정적인 단적 예이다. 따라서 이제까지는 고도 산업의 발달로 인한 긍정적 측면에 감싸여 부정적인 면이 축소되어 크게 부상되지 않은 채로 산업의 발달 측면만 부각되어 왔으나 이제는 이것을 수수방관만 하고 방치할 경우에는 고도의 산업 발달로 인한 환경은 날로 파괴되어 우리 대대손손의 생존의 터전이 되기 어렵다는 판단은 어느 한 국가만이 책임을 질 수도 없고 세계 전 인류가 합심하여 이에 대처해 나아가야만 할 것이다. 특히 여러 형태의 환경파괴범이 있으나 특히 산업체에서 활용되는 프레온가스의 일종인 할론 消火劑의 사용도 전 세계적으로 일정기간 동안만 사용해야 되고 제조생산마저도 금지되고 있다. 따라서 전 세계적으로 지구의 환경을 보호해야만 하는 국제협약이 발효되어 추진되고 있다.

즉, 「오존층 파괴물질에 관한 몬트리얼 의정서」가 바로 그것이다. 1989년 1월 발효된 이 의정서는 단지 구호에만 그치는 것이 아니라 지구상공 성층권에 존재하는 오존층을 파괴하는 물질인 프레온이나 할론(Halon) 등의 생산을 중지하고 남아있는 량까지 사용을 금지하도록 강제 규정을 정하였고 만일 이것을 지키지 않은 국가들에 대한 강력한 제제조치가 포함되어 있는 것도 특징이라 하겠다. 특히 이

중 消化劑로 사용되는 할론 물질은 B급 및 C급 화재에 강력한 소화능을 발휘하는 물질로 알려지고 있다.

따라서 이제까지 할론 및 프레온 등의 규제품을 사용해 오고 있는 사업체는 사업체대로 한편 정부의 해당부처는 부처대로 사용을 금지해야 한다는 명제를 이행하기 위한 대응전략 수립이 필수적인 과제로 부상되고 있다. 그러므로 미국, 일본 및 구라파 등지의 선진 제국들은 프레온 관련 산업이 우위를 계속해서 유지하기 위해 각 기업에 대한 정책적, 재정적 지원을 충분히 배려하고 있다. 이러한 추세에 편승하여 우리나라도 소화제 할론 1301 대체품 개발은 장기간이 요구되는 과제이나 선진국에서 이미 개발한 제품일지라도 사용자들의 여러 가지 안전·보건상의 문제가 사용 전에 야기되지 않도록 새로운 消化劑에 대한 사전에 충분한 조사연구를 통해 사용될 물질의 특성을 알리므로 각종 재해의 잠재성을 도출시켜 근로자 안전보건에 대한 유해위험성을 예방하고자 하는데 그 뜻이 있는 것이다.

한국의 경우에는 의정서에 따라 선진 5개국에 분류되었다가 소비실적 자료를 근거로 개발도상국으로 재분류되어 1995년부터 2004년까지는 사용이 가능하나 실제로 세계무역기구(WTO)와 국제경제개발협력기구(OECD) 등의 압력을 고려하여 2004년 훨씬 전에 할론 1301의 사용이 전면 금지될 것을 고려하여 지금부터 매우 서둘러야 할 것으로 전망하고 있는 것이다. 우리나라 정부는 이러한 제반 국제적인 규정에 대비하여 1991년 1월 「오존층 보호를 위한 특정물질의 제조규정 등에 관한 법률」을 제정 공포한 이래 1992년 2월 29일 오존층 파괴물질에 대한 몬트리얼 의정서에 가입하므로 오존층 파괴물질에 대한 제조 및 사용규제를 받도록 되어 있다. 또한 1992년 11월 덴마크의 코펜하겐에서 결정된 제4차 몬트리얼 의정서에 따르면 이와 같은 특정화학물질에 대한 가속화된 규제일정은 국내외적으로 관련산업의 대체물질 개발을 더욱 가속시키도록 독려하고 있다.

현재 사용되고 있는 消化劑들 중에서 가장 소화능이 우수하고 잔사를 남기지도 않으며 또한 내식성과 전기적으로 비전도성을 가진 할론 1301 消化劑는 어떤 종류 화재에도 적용이 가능하고 특히 전기 및 전자설비, 고가의 기계류 화재에서 활용될 수 있는 장점이 있으나, 반면 염소보다 오존층 파괴정도가 100배 이상되는 브롬원자를 가지고 있으므로 여러가지의 오존파괴물질 중에서 오존파괴지수(ODP ≈ 10)가 가장 높은 물질로 알려져 있다. 따라서 1994년 1월 1일 부터는 선진국들은 예외없이 할론 1301 消化劑의 생산은 물론 사용도 금지해야 한다고 규제하고 있다. 그러나 정부(통상산업부)에서 정한 1994년도 할론 1301 생산허가량은 260톤에 불과하므로 전체 수요량 약 700톤에 비하면 수입도 불가하기 때문에 수급 불균형이 예상되는 바이다.

즉, 국내의 할론 1301 수급은 1991년도에 681톤, 1992년도에 722톤이 공급되었고 1993년도의 경우는 약 300톤 정도만이 공급되었으므로 1991년과 1992년도 공급물량에 비해 가격은 3~4배이상 상승되어있는 실정이며 또한 대체물질이 개발되지 않아 실제 수요자들은 할론 1301보다 소화능이 떨어질 뿐만 아니라 인체에도 해롭고 많은 양을 사용해야 되는 이산화탄소가스를 불가피하게 사용해야 하는 입장에 있다. 고로 사용자 입장에서는 기존 할론 1301 소화방식을 그대로 적용할 수 있는 대체물질 개발에 대해 확신을 갖일수 없는 입장이므로 많은 어려움을 겪고 있는 것도 현실적으로 나타나고 있는 실정이다. 이러한 상황속에서 불행히도 우리나라는 할론대체물질을 개발할 수 있는 능력이 아직은 없어 부득이 외국으로부터 수입할 수밖에 없는 상황이다. 그러나 외국에서 개발된 소화약제라도 사용자들의 인체에 해로운 점과 부산물로 생성되는 여러 종류의 가스등이 사람은 물론 동·식물에 미치는 영향 등을 구체적으로 조사하여 국내에 모든 소비자에게 알리므로 재해를 사전에 막을 수 있도록 본 연구에서는 현재 사용중인 할론 消化劑의

장단점 및 장차 사용될 할론 대체물질의 특성에 대한 조사연구를 통하여 그에 대한 대책을 마련하고자 한다.

할론 1301 消化劑는 냉동제로 사용되는 프레온 가스와 유사한 할로젠 탄화수소의 일종이다. 할론 1301(bromotrifluoromethane)은 컴퓨터와 첨단장비시설에서 消化劑로서 흔히 사용하고 있다^(1,2). 이 소화제의 장점은 훌륭한 소화력을 가졌을 뿐만 아니라 첨단장비를 보호할 수 있는 성질도 가지고 있다. 또다른 유리한 점은 근로자의 건강상태를 안전하게 유지시켜 준다는데 있다. 실험연구^(3,4)에 따르면 노출량을 인위적으로 조절할 수 있는 장치를 써서 작업자들에게 할론 1301을 노출시킨 후에 영향을 조사하였다. 즉 의식의 변화, 정신적 행동, 인식의 전환 등을 조사하였으며 4%와 7%^(5,6)를 각각 폭로시켰을 때의 복합적인 상태의 변화도 조사보고 하였다. 7%이상으로 폭로되었을 때 두통, 졸리움증과 같은 중앙신경조직의 변화와 혼수상태를 유발하는 방향감각상실 등도 설명하고 있다. 높은 농도에 폭로되면 심장병의 이상도 발견된다⁽⁷⁾. 할론 시스템은 광범위하게 사용되지만 가스가 배출되는 동안 많은 사용자들이 그 가스에 폭로되는데 건강상태에 관한 어떠한 정보도 거의 보고되지 않고 있어 이들에 대한 보고서가 발표되었다^(8,9).

미국 공군 연구소⁽¹⁰⁾에서는 현재 사용하는 할론량을 점차적으로 감소시킬 계획을 수립하고 있다^(11~15). 즉 현존량 유지, 대체기술의 발전과 응용, 할론과 같은 진압제로서 신규대체물질 개발 계획 등이며 대체 할론 消化劑의 전제 조건을 요약하면 다음과 같다.

- 소화후 잔유물이 없이 청정해야 하며 충분히 높은 증기압을 갖는 물질이어야 하고 동시에 전기적으로 비전도성이어야 한다.
- 낮은 오존 감소지수(O.D.P, Oxygen Depletion Potential)를 가져야 한다.
- 독성이 낮아야 한다.

○ 수용할 수 있는 소화능력이 있어야 한다.

할론 자체는 상온에서 가스상태이거나 또는 끓는점이 낮은 할로젠 원자가 치환된 포화탄화수소의 액체이다. 일반적으로 모든 할론 消化劑는 브롬원자를 함유한 불화탄소이다. 어떤 경우는 염소분자도 포함하고 있다. 즉, 그들의 성질은 프레온 (Chlorofluoro carbon)과 매우 유사하다. 현재 사용되고 있는 할론의 종류는 할론 1211, 할론 1301 및 할론 2402의 세 종류이다. 이들 할론 消化劑들은 브롬원자를 가지고 있으므로 염소 원자보다 성충권에 존재하는 오존 파괴에 대한 위험성이 매우 크다.

H-1301 CF_3Br , ODP = 10 ; 전역방출형

H-1211 CF_2BrCl , ODP = 3 ; 국소이동형

H-2402 $\text{CF}_2\text{BrCF}_2\text{Br}$, ODP = 6 ; 국소이동형

이들 消化劑는 주로 물리화학적 원리에 의해 진압된다. 먼저 물리적 원리로는 주위의 공기를 연하게 하거나 냉각시키므로 소화시키는 것이다. 이러한 원리는 마치 이산화탄소나 물을 써서 화재를 진압하는 기본적인 양상과 매우 흡사하다.

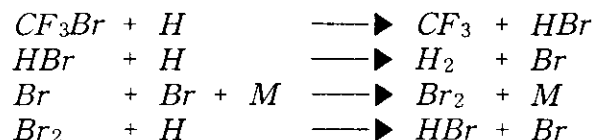
이때 냉각되는 원리는 물질이 증발되거나 가스화 되므로 일어난다. 할론 분자는 이산화탄소나 물분자보다 더 크고 분자의 결합도 크다. 결과적으로 큰 수증기상의 열용량은 중요한 냉각 작용을 제공한다.

열적 분자해리와 액상 열 흡수도 중요한 냉각효과를 가져온다. 물힘과 같은 물리적 영향은 소화원리에 미치는 영향에 비하여 적은 편이다.

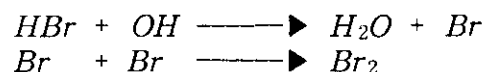
할론에 의한 물리적 소화원리에는 증기상 열흡수, 액상 열흡수, 증기냉각, 열해리, 연료와 산소의 물힘 등을 고려할 수 있다. 화학적 방법으로 소화되는 원리는 다음과 같다. 연소지역으로 부터 자유원자단을 제거하므로 화염을 진압하게 된다. 그러나 특별한 반응에 관하여도 논란이 많다. 대부분 화재예방 화학자들은 초기단

계에서는 아래 화학반응식에서와 같이 수소원자에 의해 브롬의 자유원자가 제거되는 단계가 가장 중요한 첫단계 반응이라고 생각한다. 또 생성된 브롬화수소는 수소(H₂)분자를 생성하기 위해서 다른 수소원자와 반응하게 된다. 이때 브롬자유원자가 생성되며 생성된 브롬자유원자는 다른 원자와 반응하여 브롬분자(Br₂)를 생성한다. 이와 같이 반응이 순환반복되어 브롬화수소가 생성되어 할론 1301 消化劑는 화재를 진압하게 된다.

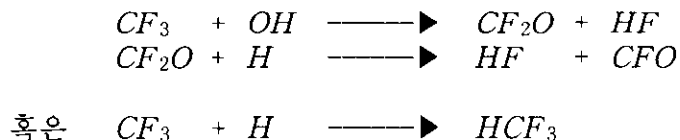
○ 할론 1301 소화원리 반응식



많은 자유원자단의 연소반응이 있으나 특히 브롬화수소와 자유수산화기와의 반응으로 물분자와 브롬분자가 생성된다.



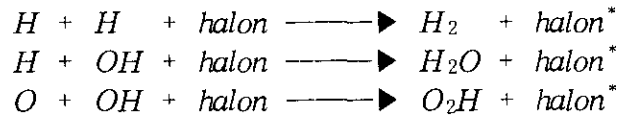
또한 할론 1301의 소화원리로 다음과 같은 원리도 제안되고 있다.



또다른 소화원리로는 흥미롭고 동시에 중요한 반응메카니즘으로 자유원자단간의

배합으로 제삼의 어떤 큰 할론 분자가 작용한다는 설이다. 이와 같은 소화원리 반응식은 물리, 화학적으로 쉽게 구분될 수 없는 경우이다.

○ 자유원자단 배합(Free Radical Combination)



halon* : 배합된 큰 분자량 할론

할론대체물질 개발의 필요 전제조건으로서는 개발될 물질은 직접적으로 응용할 수 있어야 하고 동시에 모든 요구사항이 만족해야만 한다.

대체물질 개발기준 요건으로는 독성(Toxicity), 환경영향(Environmental Effects), 소화제로서의 적합성(Materials Compatibility), 소화억제력(Fire Suppression), 경제적 요소(Economic factors) 등을 만족해야만 한다.

2. 오존파괴물질 규제 경위

가. 국제환경협약 연역 요약

(1) 1970년

독일의 Crutzen은 질소산화물 방출에 의하여 오존가스의 연쇄적인 파괴에 관한 연구논문을 발표

(2) 1975년 3월

국제경제개발협력기구(OECD)의 환경위원회에서 프레온(CFC)에 의한 오존층 파괴에 관한 검토 시작

(3) 1976년 5월

OECD환경위원회로 부터 조사작업을 위탁받은 화학분과 위원회에서 오존층 보호문제 전달

(4) 1977년 3월

U.N산하 국제연합환경계획국(UNEP)에서는 오존층 조정위원회를 설립

(5) 1980년 3월

유럽공동체 환경각료회의에서 CFC규제를 결정

- CFC-11, 12의 생산능력증가를 동결
- 에어졸에 사용되는 CFC를 1976년 대비
1981년까지 30% 삭감 결의

(6) 1985년 3월

오존층 보호를 위한 비엔나협약 채택(1988. 9. 22. 발표)

(7) 1987년 9월

오존층 파괴물질에 관한 몬트리얼 의정서 채택

(가) 의정서 개요

1) 제1조 규제대상물질

CFC - 11, 12, 113, 114, 115

Halon - 1301, 1211, 2402

2) 제2조 생산량 및 소비량(생산량+수입량-수출량)의 규제

CFC : 1986년(기준년도)

1989년 7월 이후 100% 이하

1993년 7월 이후 80% 이하

1998년 7월 이후 50% 이하

Halon : 1986년(기준년도)

1992년 7월 이후 100% 이하

3) 제3조 규제수준의 계산

생산량, 수출량 및 수입량에 대하여 각 규제물질의 연간 생산량으로 물질별 ODP(Ozone Depletion Potential : 오존파괴지수)를 곱하여 종류별로 이 숫자를 합하여 계산함.

4) 제4조 비가입국과의 무역제한

가) 제1항 규제물질의 수입금지

의정서 발효후 1년 이내

나) 제3항 규제물질 포함된 제품의 수입금지

의정서 발효후 3년 이내에 제품의 표를 작성, 표의 발효후 1년 이내에 금지

다) 제4항 의정서 발효후 5년 이내에 실행가능성 검토

가능한 경우 표를 작성하여 표의 발효후 1년 이내에 금지

라) 규제물질의 생산, 사용기술의 수출금지

생산, 사용기술의 수출억제, 보조금, 원조, 차관 등의 공여 금지

5) 제5조 개발도상국의 특수사정

규제물질의 국민 1인당 소비량이 0.3kg이하인 가입국에 대한 규제기간의 10년 이내의 유예조치

6) 제6조 2조 규제조치의 평가 및 재검토

과학적 식견 등에 기초한 규제수단 등의 평가 및 삭감일정 등의 단축 검토

7) 제9조 대체품, 기술개발, 정보교환의 촉진

대상물질의 대체품 등에 관한 협력 및 연구개발, 정보교환의 추진

8) 제10조 기술원조

개발도상국 요망에 근거한 기술원조의 추진

9) 제16조 발효요건

세계 전체 소비량의 2/3이상을 점하는 11개 국가의 비준

(8) 1989년 5월 2일 : 헬싱키 선언

협약, 의정서 회의와는 별도로 참관인을 포함한 회의참가국에 의해 국제적인 정책목표를 명확히한 정치선언의 채택

(가) 비가입국의 협약, 의정서 가입촉진

(나) CFC를 가능한한 금세기중에 전폐

(다) 가능한한 Halon도 전폐

(라) 오존층 파괴물질을 신속히 규제하여 삭감

(마) 대체물질, 기술개발 촉진

(바) 개도국에서 기술이전 등을 위한 재정체제 설치 탐구

(9) 1989년 5월 2일~5일 : 몬트리얼 의정서 제1회 가입국회의(헬싱키)

(10) 1990년 6월 27일~29일 : 몬트리얼 의정서 제2회 가입국회의(런던)

(1992년 8월 10일 발효)

(11) 1991년 6월 19일~21일 : 몬트리얼 의정서 제3회 가입국회의

(나이로비)

(12) 1992년 11월 23일~25일 : 몬트리얼 의정서 제4회 가입국회의

(코펜하겐)

(가) 규제일정 단축내용 요약

1) CFC(프레온)

1989. 1. 1 이후 100%	선진국	
1995. 1. 1 이후 50%		1994. 1. 1. 이후 25% 이하
1997. 1. 1 이후 15%		1996. 1. 1. 이후 0%
2000. 1. 1 이후 0%		

2) Halon

1992. 1. 1 이후 100%	선진국	
1995. 1. 1 이후 50%		1994. 1. 1. 이후 제조금지
2000. 1. 1 이후 0%		개도국 2004년까지 0%(사용금지)

(13) 1993년 11월 17~19일 : 몬트리얼 의정서 제5회 가입국회의 (방콕)

나. 우리나라 규제 주요내용

(1) 1987년 12월

국제연합환경계획국(UNEP)에서 우리나라 몬트리얼 의정서 가입 요청

(2) 1989년 3월

제1회 가입국회의 준비 각료회의(런던) 참석

(3) 1989년 6월

우리나라 특정화학물질 규제에 관한 대응방안 수립을 위한 관련법 제정 의견 수렴, 대책위원회 발족

(4) 1990년 5월 3일

오존층 보호를 위한 특정화학물질 제조규제에 관한 국내법 제정을 위한 입법예고

(5) 1991년 1월 14일

오존층 보호를 위한 특정화학물질의 제조규정 등에 관한 법률공포(법률 제4322호)

(가) 특정물질 생산 및 소비 규제강화 요약

1) 1991. 11. 21

오존층 보호를 위한 특정물질 제조규제 등에 관한 법률 시행령 공포(대통령령 제13507호)

2) 1991. 12. 21

오존층 보호를 위한 특정물질 제조규제 등에 관한 법률 시행규칙 공포(상공자원부령 제770호)

3) 1992. 2. 27

몬트리얼 의정서 가입서 기탁(외무부). (1992. 5. 27자로 우리나라에 발효)

4) 1992. 12. 10

몬트리얼 의정서 런던개정 의정가입서 기탁(외무부). (1993. 3. 10자로 우리나라에 발효)

5) 1993. 12. 27

오존층 보호를 위한 특정물질의 제조규정 등에 관한 법률개정공포(법률 제4626호)

6) 1994. 2. 18

오존층 보호를 위한 특정물질의 제조 규정 등에 관한 법률 시행령 개정공포(대통령령 제14168호)

7) 1994. 4. 12

오존층 보호를 위한 특정물질의 제조규제 등에 관한 법률 시행규칙 개정 공포

(상공자원부령 제35호)

8) 1994. 6

제4차 몬트리얼 의정서 가입

제 2 장 오 존 층

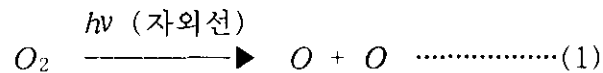
1. 개요

태양과 지구의 공간사이에는 여러층으로 분류되어 있다. 즉 대류권이란 지구 인력에 의해 외계로 제거되지 않는 각종 기체로 이루어져 있는 층을 말하며 대류권(Troposphere)의 높이는 대략 12~15km 상공이며 다음이 성층권(Stratosphere)인데 15~45km 고공에 속하며 [그림 2-1]에서 보는바와 같이 이층 약 40km위치에 고농도의 오존층이 존재하고 있다.

이 성층권 상하방면에는 대류현상이 거의 없고 고도가 높아질수록 온도가 상승한다. 따라서 이권역 주변에 어떤 기체가 이동한다는 것은 대체적으로 분자확산이라고 간주된다. 중간권층은 50~80km영역을 말하며 80~120km 고공은 열권층이라 한다.

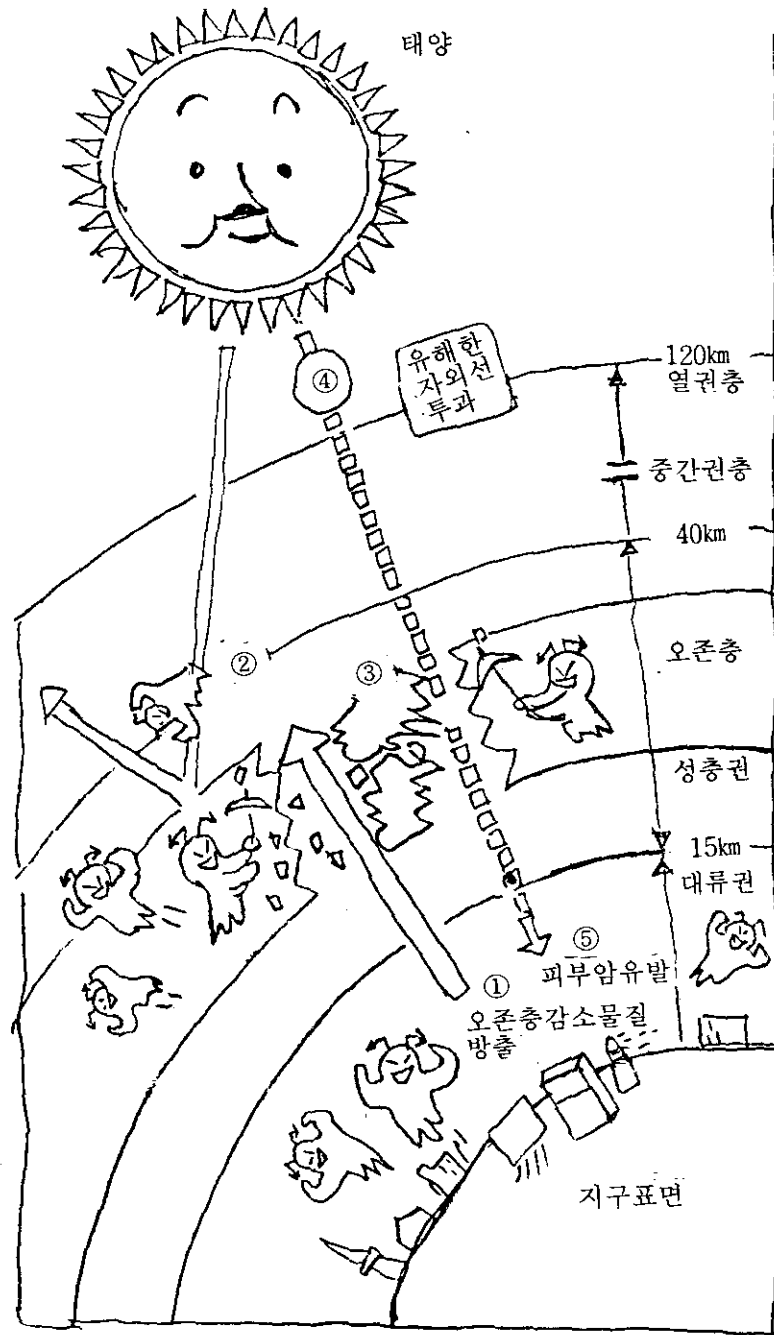
2. 오존(O₃)가스의 생성

태양으로부터 발산되는 강력한 자외선을 받아 성층권에 존재하는 산소분자가 분해되어 두개의 산소 원자로 된다.



이때 짧은 파장의 자외선은 에너지가 크다.

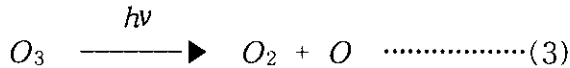
다음으로는 분해된 산소원자가 산소(O₂)분자와 재결합되어 오존(O₃)가스가 생성된다.



[그림 2-1] 오존층 감소원리



이렇게 생성된 오존가스는 약한 에너지(긴 파장)에 의하여 다시 파괴되기도 하므로 자연의 힘으로 오존가스의 양은 평형을 유지하게 된다.



상기의 반응식(1), (2) 및 (3)과 같은 경로를 통하여 생성된 오존의 수명은 길게는 수개월에서 짧게는 몇 시간 정도 유지된다. 표준상태(0℃, 1기압)에서 오존의 측정 단위는 1 DU(Dobson Unit)라 하며 대기중 존재하는 오존 측정 단위로 사용하고 있다.

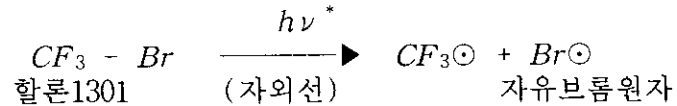
3. 오존가스의 감소원리

지구표면 약 40km 고도 성층권에 존재하는 오존가스는 태양으로부터 방출되는 자외선(U.V)과 광화학반응을 일으켜 열(Heat)로 변환시키므로 지각층에 모든 생물체를 보호하게 된다. 그런데 고도의 산업사회 발달로 인한 많은 화학물질이 대기로 방출되면서 지구 자체가 조금씩 병들어 가고 있다. 그중 할로젠 화합물로 인한 오존(O₃)가스의 분해로 많은 화학자들이 연구하고 있다. 1974년 미국의 F.S.Rowland는 CFC(염화불화탄소)나 CFB(프로로브롬모탄소)와 같은 화합물에 의한 오존층 파괴에 관한 이론적인 연구를 발표하였다.

수많은 화학물질을 취급하는 것들 중에 특히 Halon 1301이나 CFC-11, 12와 같은 할로젠 함유화합물이 지구의 성층권으로 비산하여 다음과 같이 태양으로부터 발산되는 자외선(U.V)과 광화학반응을 시작으로 연쇄반응의 결과로 오존(O₃)가스가 분해되어 결국 감소현상을 보이게 된다. 단계적인 광화학 반응식은 다음과 같

다.

초기단계 반응



즉 할론 가스와 자외선($h\nu^*$)과 접촉하면 할론의 분자가 분열을 일으켜 자유브롬원자($Br\odot$)가 생성된다.

다음으로 이 자유원자는 오존과 반응한다.

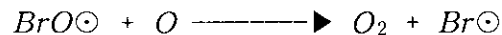
전파단계 반응



오존가스는 하나의 산소원자를 상실하여 산소분자로 되면서 오존량이 감소하게 된다.

마지막 반응으로 산소브롬 자유원자단($BrO\odot$)은 산소원자와 반응하여 산소분자가 되며 동시에 자유브롬원자($Br\odot$)가 생성하게 된다.

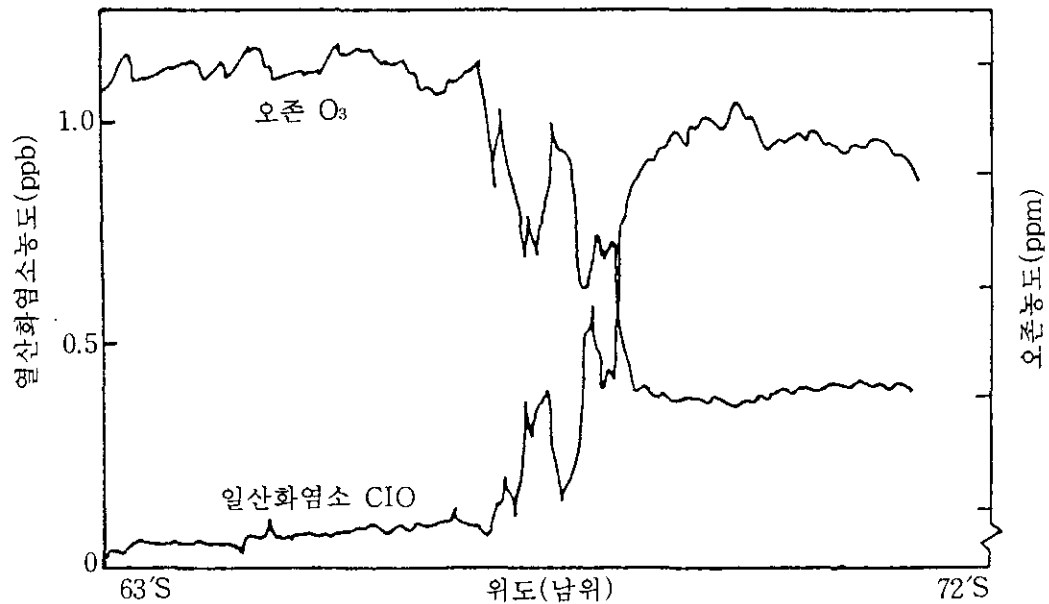
종결단계 반응



이와 같이 다시 생성된 자유브롬원자는 초기단계반응에서 생성된 자유브롬원자와 똑같이 전파단계에서 종결단계 과정을 반복하면서 특히 성층권에 존재하는 오존층을 점진적으로 감소시키게 되는 것이다.

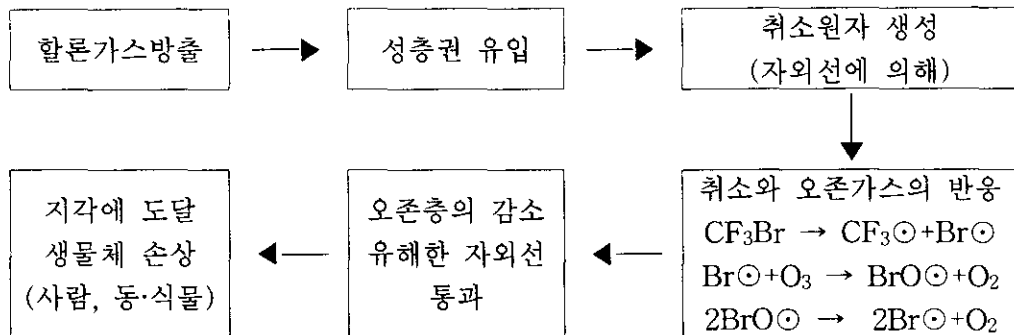
Farman이 연구한 보고에 따르면 1987년 남극상공고도 18km에서 위도 남위 63

도~72까지 존재하는 오존가스가 엄격히 감소되어 있는 것을 발표하였다. 이때 할로겐 원소 염소(Cl)와 산소원자(O)가 결합한 일산화염소(CIO)를 나타낸 것으로 일산화염소 농도가 증가한 부분에는 오존의 농도가 현저하게 감소 현상을 보이고 있고 그 반대로 오존농도가 증가된 부위에는 일산화염소 농도가 감소되어 있는 것을 [그림 2-2]에서 볼 수 있다.



[그림 2-2] 남극상공의 일산화염소농도와 오존농도

할론에 의한 오존층 파괴 원리



4. 오존층 파괴에 따른 영향

오존층을 파괴하는 자외선의 파장은 약 200~400nm사이로 분류할 수 있고 이것을 다시 장파장과 단파장으로 구분하면 자외선 A(320~400nm), 자외선B(280~320nm), 자외선C(200~280nm)의 파장 영역이다. 파장이 짧을수록 에너지는 크므로 지구에 도달하여 생태계에 해를 줄 수 있는 자외선은 B이다. 제일 적은 자외선 C는 성층권에서 모두 흡수되며 자외선 A는 만일 지각에 도달하더라도 생태계에는 큰 영향을 주지 않는다는 보고가 있다. 따라서 자외선 B가 지구에 도달했을 때에는 인간에게 피부암을 유발시키고 시력을 감퇴시키는 백내장을 유발할 뿐만 아니라 면역체계를 파괴하여 각종 질병에 대한 면역성을 저하시키게 된다. 또한 농작물에는 광합성 작용에 영향을 주어 그 수확량을 감소시켜 콩의 수확량을 25%나 감소한다는 보고도 있다. 또한 식물에도 영향을 미쳐 소나무에 흡수되면 엽록체가 파괴되어 누렇게 변질되며 해양식물인 프랑크톤 같은 미생물을 파괴시켜 결국에는 어패류의 수확량을 크게 감소시킨다.

한편 산업체와 환경에 미치는 영향도 막대하여 지구상에 자외선 B의 양이 증가함에 따라 여러가지 고분자물질의 일상용품 등이 쉽게 노화되어 경제적 손실이 크

고 성층권보다 낮은 대기층에 산소(O_2)와 자외선 B가 반응하면 불필요한 오존(O_3)가스의 함량이 많아져서 도시의 스모그(Smog)현상이 촉진되는 결과가 되어 인체의 호흡기 질환도 유발하게 될 뿐만 아니라 도시의 미관도 해치게 된다. 또한 성층권에 일정하게 유지되는 오존층은 지구의 온도를 일정하게 유지하는 역할을 하는데 오존의 농도가 감소할 경우 성층권이 온도를 유지하는 능력이 저하되어 주위가 냉각되므로 결국은 기상이변을 일으킬 가능성도 배제할 수 없는 중대한 일이 발생된다.

제 3 장 미국환경청(EPA) 및 전미소방협회(NFPA)의 할론 대체소화제 개발의 전제조건

1. 개요

제4차 몬트리얼 의정서 합의('92. 11. 23) 내용은 지구성층권에 존재하는 오존층을 파괴시키는 물질의 생산 및 사용량의 규제일정을 더욱 가속화시키는 법안에 모두 동의하였다. 즉, 규제물질의 삭감규모와 시기를 앞당기기로 합의하고 이 변경된 법안은 1994년 1월 1일부터 시행토록 하였는데 그 내용을 요약정리해 보면 다음과 같다.

가. 프레온(CFCs)

1994년 1월 1일까지 생산 및 사용량의 75% 감축하며 1996년 1월 1일까지 생산 및 사용량의 100%감축한다. (단, 필수적인 곳은 예외로 함)

나. 할론(1301)

1994년 1월 1일까지 생산 및 사용량을 100% 중단한다. (단, 필수적인 곳은 예외로 함)

다. 사염화탄소(CCl₄)

1995년 1월 1일까지 생산 및 사용량의 85% 감축하며 1996년 1월 1일까지 생산 및 사용량을 100% 중단한다. (단, 필수적인 곳은 예외로 함)

라. 메틸브롬마이드($\text{CH}_3\text{-Br}$)

1994년 1월 1일까지 생산 및 사용량의 50% 감축하며 1996년 1월 1일까지 생산 및 사용량을 100% 중단한다. (단, 필수적인 곳은 예외로 함)

2. 미국환경청(EPA)에 승인된 할론 후보대체물질

미국화재보호협회(NFPA, National Fire Protection Agency)에서 할론 대체물질로서 등록되기 위해서는 먼저 EPA에서 할론 후보대체물질로 등록되어 승인을 받아야 하므로 대체물질로 사용가능하기 위해서는 먼저 EPA의 승인을 받은 물질만이 NFPA에 후보대체물질군에 포함될 수 있고 이 군에 들어있는 후보물질을 NFPA는 다시 각 분야별로 자세한 검토 및 요구사항들을 조사하게 되는데 즉 환경적 영향요소, 독성요소 그리고 실제 설비에 적용하는데 안전도 및 경제성 등을 고려하여 최적의 할론 대체물질을 인정하게 된다. 따라서 NFPA가 정한 할론 대체물질의 사용여부 결정요소를 미리 검토해 볼 필요가 있다.

가. 결정요소

(1) 환경적 영향

(가) 오존층 파괴지수(ODP)

(나) 지구온난화 지수(GWP)

(다) 대기중의 수명 잔존년수

(2) 건강 및 안전상의 요소(독성적 요소)

(가) 치명적인 심장독성과 관련한 소화농도 및 비활성 농도

(나) 발육상의 독성영향 정도

(다) 발암물질 포함 여부

(라) 만성 독성 여부

(마) 작업상의 노출정도

(3) 소화성능 고려 요소

(가) 소화농도

(나) 무게와 저장 요소

(다) 성능시험 여부

(4) 경제적 요소

(가) 시장성

(나) 저장 및 안전성

(다) 타물질과의 상용성

(라) 화재종류별 적용성

나. 소화제 종류

소화제(Extinguishing Agents)의 종류는 그 용도에 따라 소화기용과 전역방출 방식 그리고 비활성, 폭발성 화재의 소화용으로 크게 3종류로 분류할 수 있고 전역방출방식은 다시 거주지역과 비거주지역으로 분류된다.

NFPA에 신청된 후보물질을 소화기용과 전역방출방식으로 나누어 보면 다음과 같다.

(1) 소화기용 소화제(Streaming Agents)

후 보 소 화 제	용 도
HBFC-22B1(FM-100)	비거주 지역에만 사용가능 Class1 물질은 1996. 1. 1.부터 전면 사용금지
CFC-Blend(NAF·P)	비거주 지역에만 사용가능 Class1 물질은 1996. 1. 1.부터 전면 사용금지
PFC-614	특정 용도로만 사용가능
HCFC-123	소화기용
HCFC Blend B(Halotron I)	"
이산화탄소	"
분말(화학제)	"
물	"
거품(Foam)	"

(2) 전역방출방식-거주지역

후 보 소 화 제	용 도
HCFC Blend A(NAF S-Ⅲ)	거주지역 사용가능
HFC-23(FE-13)	"
HFC-227ea(FM-200)	"
PFC-410	특정용도에만 사용가능
Inert gas blend(Inergen)	거주지역 사용가능
이산화탄소	"

(3) 전역방출방식-비거주지역

후 보 소 화 제	용 도
HBFC-22BI	Class I 물질은 1996. 1.1 부터 사용금지 비거주지역 사용가능 " " " " " "
HCFC-22	
HCFC-124	
HCFC Blend A(NAF S-Ⅲ)	
HFC-23(FE-13)	
HFC-125	
HFC-134a	
HFC-227ea(FM-200)	
PFC-410	
Inert gas blend(Inergen)	특정지역에만 사용가능
이산화탄소	비거주지역 사용가능 "

(4) 비활성 폭발성 화재

후 보 소 화 제	용 도
HBFC-22BI(FM-100)	보통 비거주 지역에만 사용
HCFC-22(FE-13)	Class I 물질은 1996. 1.1 부터 사용금지 거주지역에서 사용가능
HCFC Blend A(NAF S-Ⅲ)	"
HFC-125	보통 비거주 지역에만 사용
HFC-227ea(FM-200)	거주지역에서 사용가능
PFC-410	" , 특정용도에만 사용가능
Inert gas blend(Inergen)	거주지역 사용가능

소개된 할론 대체물질을 정리해 보면 다음과 같다.

후보대체물질	화 학 명 칭	분 자 식	상 업 명	제조업체	용 도	비 고
HBFC-22BI	Bromodifluoromethane	CHF ₂ Br	FM-100	Great Lakes	S/TF/EXP	
HCFC-22	Chlorodifluoromethane	CHClF ₂	-	-	TF	
HCFC-123	Dichloro Trifluoro Ethane	CF ₃ CHCl ₂	FE-232	Du Pont	S	
HCFC-124	Chloro Tetrafluoro Ethane	CF ₃ CHClF	FE-241	"	S/TF	국 내 허가품
HFC-23	Trifluoromethane	CHF ₃	FE-13	"	TF/EXP	"
HFC-32	Difluoro methane	CH ₂ F ₂	-	-	TF	
HFC-125	Pentafluoro ethane	CF ₃ CHF ₂	FE-25	Du Pont	TF/EXP	국 내 허가품
HFC-134a	Tetrafluoro ethane	CF ₃ CH ₂ F	-	-	TF	
HFC-227ea	Heptafluoropropane	CF ₃ CHFCF ₃	FM-200	Great Lakes	S/TF/EXP	국 내 허가품
FC-3-1-10	Perfluorobutane	C ₄ F ₁₀	PFC-410	3M社	TF/EXP	
FC-5-1-14	Perfluorohexane	C ₆ F ₁₄	PFC-614	"	S	
HCFC blendA (R-595)	Blend of hydrochloro-fluoro carbons	HCFC blend	NAF S-III	NAFG社	TF/EXP	국 내 허가품
CFC blend	-	CFC blend	NAFP	"	S	
HCFC blendB	-	HCFC blend	Halotron I	Am.Pacific co.	S	
Inert Gas	질소/알곤/CO ₂	N ₂ /Ar/CO ₂	Inergen	Ausul Fire Protection	TF/EXP	
Blend(IG-541)	이산화탄소					
이산화탄소	Carbondioxide	CO ₂	이산화탄소	-	TF/EXP	
Dry chemical	-	-	-	-	S	
Foam	-	-	-	-	S	
Water/Mist/fog	-	-	-	Marioff-Hi-Fog	S/TF	

※ S(Streaming Agent, 이동형 소화기용), TF(Total Flooding Agent, 전역 방출방식), EXP(Explosion Inertion Agent, 폭발성 비활성소화제), NAFG(North Am Fire Guardian)社

3. 할론 후보 대체물질의 독성치 및 물리적 성질

상기에 열거된 여러 종류의 후보대체물질들 중에 할론 1301 대신 사용할 수 있는 후보 소화제들의 독성농도와 소화농도를 몇 종류만 비교조사하여 기존의 할론 1301을 사용할 때 쓰이던 고정소화설비를 그대로 사용가능한지 어떤지를 알아보기 위해서 무게비 또는 용적비 및 기타 물리화학적 성질과 생리학적 독성농도를 비교한 데이터를 보면 다음 표와 같다.

성상 후보물질	독 성 농 도		소 화 농 도	설 정 소 화 농 도	ODP	무 게 비	용 적 비	EPA의 중간평가
	①NOAEL	②LOAEL						
Halon 1301	7.5%	10.0%	4.2%	5%	10(?)	1	1	사용불가
HCFC-22	-	5%	11.6%	13.9%	0.055	-	-	독성 큼
HCFC-124	1.0%	2.5%	8.2%	9.8%	0.022	-	-	독성 큼
HCFC-Blend A	> 10%	> 10%	7.2%	8.6%	0.044	1.09	1.4	사용가능성 큼
HFC-23	50%	> 50%	13%	15.6%	0	2	4.6	교체설비비용 큼
HFC-134a	4%	8%	10.5%	-	0	2.5	3.1	"
HFC-227ea	7%	9%	5.8%	7%	0	2.06	2.55	"
FC-3-1-10	40%	> 40%	5.9%	7.1%	0	2.11	-	"

주) ① NOAEL(No Observed Adverse Effect Level, 생리학적 독성의 역반응을 보이지 않는 최고의 농도)

② LOAEL(Lowest Observed Adverse Effect Level, 생리학적 독성의 역반응을 보이는 최소의 농도)

위 표에서 보면 대다수 후보대체물질은 독성문제의 미해결 또는 기존의 할론 1301과 같은 소화성능을 만족시키기 위해서 적어도 2배이상의 소화제를 사용해야 하는 난문제가 대두된다. 따라서 기존 할론 1301에 적용했던 고정소화설비를 모두

교체하고 신규설비를 대체해야만 하는 경제적 문제가 제기된다. 이 후보물질중 HCFC-Blend A는 이미 독성의 안전성치를 만족시킬 뿐만 아니라 할론 1301과 거의 유사한 용기체적을 사용하여 동일한 소화성능을 보여주고 있기 때문에 다른 대체물질중에서 1:1로 대체 가능한 가장 우수한 대체물질로 평가되고 있다. 이 말에 모순이 있는 것 같이 보이는 이유는 도표에서의 용적비가 1:1.4이기 때문이다. 그러므로 이것에 대한 해명은 다음과 같다.

NAF S-Ⅲ의 설정소화농도는 8.6%이므로 이것을 무게로 환산하면 1m³당 360g이 필요하다. 한편 할론 1301은 5%의 설정소화농도가 필요하므로 이것을 역시 무게로 환산하면 1m³당 330g이 요구된다. 여기에서 상대적으로 소화농도의 차이에 비하여 소화약량의 차이가 크지 않은 이유는 NAF S-Ⅲ가 기화할 때 체적비가 Halon 1301보다 더 크기 때문이다(약 40% 큼).

NAF S-Ⅲ의 최대충진농도는 1kg/ℓ이며 Halon 1301의 최대충진농도는 1.12kg/ℓ이다. 이것은 이론적 수치이나 실제로는 전역방출식의 고정소화설비에 적용할 때 할론은 0.9kg/ℓ 이상 충전시키지 못하는 반면 NAF S-Ⅲ는 이론치와 같은 1kg/ℓ 만큼 충전이 가능하다.

실제로 1000m³의 공간에서 화재를 진압시킬 때를 가산하여 필요한 소화제량을 계산해 보면 NAF S-Ⅲ는 360kg이 필요하며 Halon 1301은 330kg이 필요하다. 이 무게를 실제 적용하는 충전농도에 의해 계산해 보면 NAF S-Ⅲ는 360kg/1kg=360ℓ의 충전부피가 필요하며 할론 1301은 330kg/0.9kg=366.7ℓ의 충전부피가 필요하다.

따라서 이 값을 비교해 보면 대체물질인 NAF S-Ⅲ가 유리하다는 것을 보여주고 있으며 만일 어느 정도의 충전농도가 달라진다고 하더라도 거의 1:1로 대체가 가능함을 알 수 있다.

4. 할론 후보대체물질 결정을 위한 NFPA의 선택기준

NFPA(전미방화협회)는 NFPA 2001이라는 계획을 수립하였는데 그 내용은 다음과 같다.

1990년 11월 할론대체물질에 대한 모든 자료를 수집하기 시작한 것은 NFPA의 기준위원회(Standard Council)에서 시작되었다. 1991년 9월 미국의 NAFG(North American Fire Guardian)社は 후보 할론 대체소화제인 NAF S-Ⅲ에 관한 초신에 자료를 NFPA에 제출하였다. 제출된 내용 모두는 만족한 것처럼 검토되었으나 사실은 환경적 영향성을 고려치 않고 있었다. 따라서 NFPA는 다시 주요 요소로서 지구온난화지수(GWP)와 대기 잔존연수 등을 고려대상 요소로 점검한 결과 NAF S-Ⅲ는 이에 만족하였으나 다른 두종류의 대체후보물질은 긴 대기잔존연수로 인해 사용이 불가하므로 규제되어 탈락하였다. 또한 NFPA는 할론 대체후보물질들의 독성영향평가가 이루어져야만 한다고 하였다. 이러한 문제해결을 위해서 Tapscott 박사를 주축으로 소위원회가 결성되었다. 이 위원회에 따르면 1992년 7월 미국워싱턴 회의에서는 심장 민감성에 대한 요소가 포함된 것이다.

한편 미환경청(EPA)에서도 이 새로운 고려요소가 바람직하다는 의견을 표명하였으므로 NAFG社は 이들 모든 요소들을 충족할 수 있는 NAF S-Ⅲ의 좋은 결과를 입증시켰다. 소화능력 시험데이터는 8.6%의 설정소화농도보다 높은 10.0%농도로 시험을 시켜본 결과 어떠한 역반응(No Adverse effect)도 보이지 않았음을 증명해 주었다.

NFPA 2001 계획은 청정소화약제의 전역방출방식에서 할론 1301, 1211 및 2402를 사용할 수 없음은 물론 잔여물을 남기지 않는 분말이나 물 등은 고려치 않는다. 일반적으로 NFPA 2001에 제시된 소화약제들은 특히 전기장비나 액체연

료의 화재를 방지하는데 유효한 것들이며 폭발성 화재나 나트륨같은 급격한 반응을 일으킬 수 있는 금속제 등에는 사용할 수 없는 것이다. 따라서 여기서 언급되는 할론 대체소화제들은 전기적으로 비전도성을 가지고 있어야 작동하고 있는 전기방지 등을 포함하는 화재진압에 사용할 수 있다.

또한 여기에서 언급하는 소화약제를 사용하는데 쓰이는 파이프, 고정장치, 소화약제용기 등은 모두 소화약제 분사시에 위험하지 않도록 충분히 견고해야 한다. 그리고 장비에 대한 정기적인 보완과 저장용기속의 소화액량을 점검해야 한다. 이들 모든 설비시스템은 정확하게 그리고 알기 쉽게 설계되어야만 한다. 청정소화약제의 설정소화농도는 최소소화농도에 20%를 추가한 수치를 사용해야하며 이 소화약제의 방출시간은 10초로 한정해야만 한다.

결론적으로 EPA와 NFPA에서 행하고 있는 할론대체물질 개발과정을 요약하면 다음과 같다.

미국환경오염방지법(Clean Air Act : CAA)에 근거하여 미정부에서는 환경보호국(Environmental Protection Agency : EPA)에서 오존층 파괴물질을 규제하고 그 대체물질을 개발하는 권한을 EPA에 위임하였으므로 EPA는 새로운 대체물질 개발정책(Significant New Alternatives Strategy : SNAP) 프로그램을 신설하여 새로운 대체물질 개발에 대한 권한을 행사해 오고 있으며 따라서 대체물질로 사용되기 위해서는 EPA의 SNAP계획에서 승인을 받아야만 가능하게 된다. 따라서 할론 대체물질들 역시 SNAP의 승인을 먼저 얻어야만 NFPA에서도 인정을 받게 되는 것이다.

참고로 NAFS-Ⅲ의 UL의 등록 여부는 EPA 및 NFPA가 요구하는 검사방법으로 UL의 C-1058에 의해 검사받은 결과 모든 요건을 충족하였으므로 현재 UL에 정식으로 등록되어 UL마크를 획득한 상태이다.

제 4 장 선진국의 할론 대체물질 개발 동향

1. 개요

물, 이산화탄소, 분말소화제 및 포소화제 등의 기존소화제는 Halon 소화제가 꼭 필요치 않은 곳에서는 사용 가능하지만 꼭 필요한 곳, 즉 청결성을 요구하는 곳, 낮은 전기전도성, 높은 소화성능 등을 요구하는 용도에서는 대체물질을 사용하기가 난해하다.

가. 현재 출현되고 있는 대체물질 후보소화제의 특징

- (1) HCFC, HFC, FC 등 Bromine이 함유되지 않은 화합물은 ODP가 낮거나 Zero이고 독성도 약하지만 소화성능이 기존 Halon에 비해 떨어진다.
- (2) HBFC는 Bromine을 가지고 있으므로 소화성능은 우수하지만 ODP가 Zero가 아니므로 불리하고 또한 독성도 기존 Halon에 비해 약간 더 강하다.
- (3) 불포화 Halogen 화합물은 포화할로젠화물에 비해 소화성능은 유사하지만 ODP는 낮고 독성은 크다.
- (4) 요오드 화합물은 기존 Halon에 비해 소화성능은 유사하나 ODP가 낮고 독성은 강하다.
- (5) Halogen Ether는 기존 Halon에 비해 소화성능이 약간 떨어지고 독성은 강하나 ODP는 낮다.
- (6) Halogen化 黄과 Halogeng化 磷은 기존 Halon에 비해 독성이 크다.
- (7) 혼합소화제는 성능 및 물성을 임의로 조정할 수 있기 때문에 유력한 대체

물질이 될 수 있다.

대체 후보제의 소화성능을 측정할 수 있는 시험방법을 개발하여 Halon 1301, 1211 및 여러 후보물질의 소화농도를 측정하였으며 측정결과 이 시험방법의 건전성을 확인하였다.

나. 고 찰

Halon 대체소화제를 개발하기 위해서는 다음과 같은 연구가 계속 수행되어야 한다.

- (1) 분자설계기술을 이용한 후보물질의 선정
- (2) 대체물질의 실험적 합성
- (3) 물성 및 소화성능의 측정
- (4) Data Base의 확립
- (5) 대체물질의 Screening Test
- (6) 유력 후보물질의 최적 합성 및 정제조건 확립
- (7) 유력 후보물질의 사용공장 기본설계 완성

위와 같은 제 조건을 만족시키는 대체소화제 개발을 위하여 80년대 중반부터 미국의 대학 및 NIST 등의 연구소에서는 연구가 진행되어 왔으며 1989년에는 할론 대체물질연구단체(HARC, Halon Alternatives Research Corporation)⁽¹⁶⁾이라는 연구조합을 결성하였다.

스웨덴 정부에서도 1988년 Halotron⁽¹⁷⁾이라는 대체물질 개발 프로그램을 진행중이고 영국은 ICI⁽¹⁸⁾에서 연구중이며 일본도 공업기술원⁽¹⁹⁾에서 대체물질을 개발중이다. 또한 NIST⁽²⁰⁾ 보고서에서도 개발된 물질의 성능검사를 위한 많은 비용이 든다고 보고하였다.

2. 세계 주요국의 할론 사용 추세(1986년 기준)

국 가	Halon 사용량(Ton)	백 분 율 (%)
일 본	1, 769	8.2
한 국	323	1.49
미 국	7,542	34.99
E E C	6,818	31.63
러 시 아	5,100	23.66
계	21,552	100

몬트리얼의정서 가입여부에 따른 CFC와 Halon의 사용현황(1986년)

국 가	가입국(a)		비가입국(b)		계	
	사용량(T)	비사용량(%)	사용량(T)	사용비율(%)	사용량(T)	사용비율(%)
선진국	1,022,781	87.3	7,765	0.6	1,030,547	87.9
개도국	66,486	5.7	74,943	6.4	141,429	12.1
계	1,089,267	93.0	82,709	7.0	1,171,976	100.0

(a) '91. 5. 2. 현재 몬트리얼 의정서 가입국

(b) '91. 5. 2. 현재 몬트리얼 의정서 비가입국

Halon의 수요량 비(%) (러시아, 1986년)

용 도	사 용 비 (%)
항공/우주	15.0
전자계산소/ 통신선	54.0
석유, GAS의 Pumping 및 가압	8.0
해군	5.0
해상수송	8.5
박물관/도서관	5.0
원자력발전소	3.0
자동차	1.5
계	100.0 %

3. 할론 대체물질 개발 현황

가. 대체물질 종류

기 존 소 화 제	대 체 후 보 물 질	용 도
Halon 1301	HFC-125 HFC-23 HBFC-22BI CO ₂ + Sprinkler CO ₂ + Foam	전 역 방 출 방 식
Halon 1211 Halon 2402	HCFC-123 HBFC-22BI HBFC-124BI Foam Dry Chemical CO ₂	소 형 소 화 기 용

나. 개발현황

회사명	상품명	일반명	화학식	소화능도(%)	DOP	ALC(%)
(美) Du pont	FE-232	HCFC-123	CF_3CHCl_2	7.1	0.02	3.2
	FE-25	HCFC-125	CF_3CHF_2	10.1	0	>> 10
	FE-13	HFC-23	CHF_3	14.0	0	65
(美) Great Lakes	FM-100	HBFC-22BI	CHF_2Br	4.0	1.1	10.8
(英) ICI	-	HBFC-124BI	CF_3CHBrF	3.6	0.4	-

다. 문제점

대 체 후 보 물 질	문 제 점
HCFC-123 HFC-125 HFC-23 HBFC-22BI HBFC-124BI 거품소화제 이산화탄소 물	낮은 소화성능 높은 독성, 낮은 소화성능 낮은 소화성능 높은 ODP 높은 ODP 통신기기의 사용곤란 낮은 소화성능 미술품 등 귀중품에 사용곤란

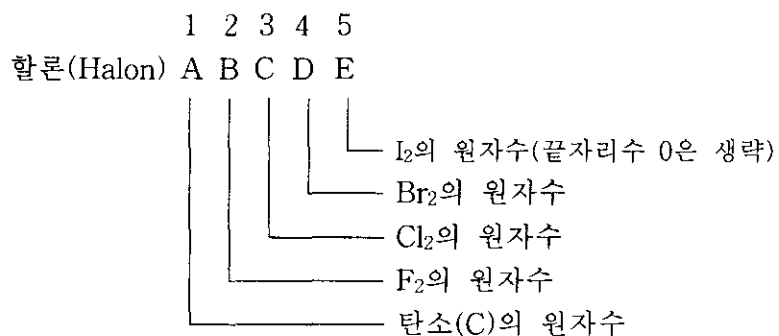
특정 할론의 성질

규제물질 항목(Items)	Halon 1211	Halon 1301	Halon 2402
분자식	CF ₂ ClBr	CF ₃ Br	CF ₂ BrCF ₂ Br
분자량	165.4	148.9	259.8
끓는점(℃)	-4	-57.8	47.5
포화증기압(kg/cm ²)	2.7	15.0	0.4
소화농도(vol%)* ¹⁾	3.8	3.5	-
독성(ALC)ppm* ²⁾	326,000	834,000	132,000
오존감소지수(ODP)	3.0	10.0	6.0

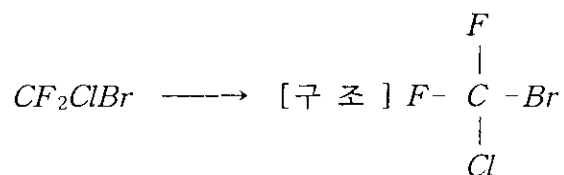
주) *1) 소화농도, 컴버너에서 n-Heptane

*2) ALC(Approximate Lethal Concentration)

4. 할론 소화제의 명명법



예) Halon 1211



할로겐 화합물 소화제 종류

Chem. name	Formula	Halon No.
Methyl Bromide	CH ₃ Br	1001
Methyl Iodide	CH ₃ I	10001
Bromochloromethane	CH ₂ BrCl	1011
Dibromodifluoromethane	CF ₂ Br ₂	1202
Bromochlorodifluoromethane	CF ₂ BrCl	1211*
Bromotrifluoromethane	CF ₃ Br	1301*
Carbon Tetrachloride	CCl ₄	104
Dibromotetrafluoroethane	CF ₂ BrCF ₂ Br	2402*

가. CFC(Chlorofluoro carbon)의 명명법

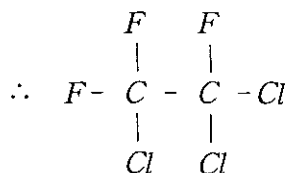
100자리	10자리	1자리
탄 소	수 소	불 소
탄소수-1	수소수+1	불소수

예1) CFC = 113

$$\text{탄소} = \text{C}-1 = 1, \text{H} = 0+1, \text{F} = 3$$

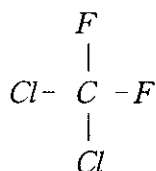
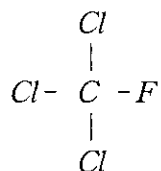
$$\text{C} = 2, \text{H} = 1, \text{불소} = 3, \text{나머지는 염소(Cl)}$$

$$\therefore \text{C} = 2-1 = 1, \text{H} = 1, \text{F} = 3 \quad \therefore \text{CFC} = 113$$



예2) CFC = 1,1

CFC=1,2



$$\text{C} = 1-1 = 0$$

$$\text{C} = 1-1 = 0$$

$$\text{H} = 0+1 = 1$$

$$\text{H} = 0+1 = 1$$

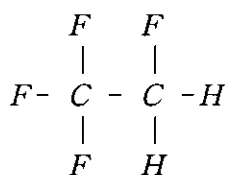
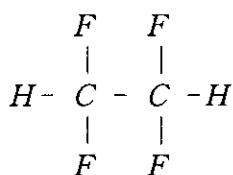
$$\text{F} = 1$$

$$\text{F} = 2$$

$$\therefore \text{CFC} = 1,1$$

$$\text{CFC} = 1,2$$

예3) 에탄계열(Ethane Series)



┌ 대 칭 ─┐

┌비대칭┐

$$\text{C} = 2-1 = 1$$

$$\text{C} = 2-1 = 1$$

$$\text{H} = 2+1 = 3$$

$$\text{H} = 2+1 = 3$$

$$\text{F} = 4$$

$$\text{F} = 4$$

$$\therefore \text{HFC} = 134$$

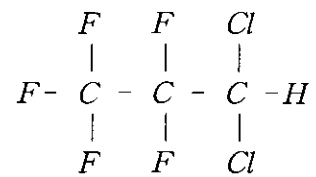
$$\text{HFC} = 134\text{a}$$

예4) 프로판계열(Propane Series)

중심탄소원자

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| - CCl ₂ - : a | - CClF - : b |
| - CF ₂ - : c | - CHCl - : d |
| - CHF - : e | - CH ₂ - : f |

예5)



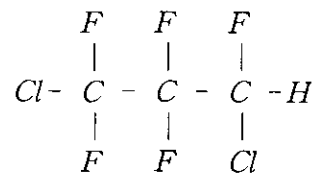
$$C = 3 - 1 = 2$$

$$H = 1 + 1 = 2$$

$$F = 5$$

$$\therefore \text{HCFC} = 225\text{ca}$$

예6)



$$C = 3 - 1 = 2$$

$$H = 1 + 1 = 2$$

$$F = 5$$

$$\therefore \text{HCFC} = 225\text{cb}$$

Halon 104, 1001 및 1011 등의 제1세대 소화제는 끊임없는 독성시비와 분말소화제의 인기에 밀려 1960년대에는 소화제로서의 사용이 중단되었다.

1947년 미국 Purde Research Foundation에서 새로운 Halon 소화제 60여종을 선정하여 미육군에서 독성검사를 수행할 때 Halon 1202(CF_2CBr_2), Halon 1211(CF_2ClBr), Halon 1301(CF_3Br), Halon 2402($\text{CF}_2\text{BrCF}_2\text{Br}$) 등을 후보로 선정하였다. 이중 Halon 1202는 소화능력이 우수하고 독성이 높은 반면에 Halon 1301은 독성이 최소이며 소화능력 또한 우수하다.

1966년 Halon 1301을 전역방출방식에 사용하였으며 지난 20년동안 박물관 송류시설, 조선소 및 수많은 건물에서 이산화탄소 대신 Halon 1301을 사용하였다.

나. 화재의 종류

A 급 화 재	고체, 섬유질 물질(종이, 나무 등)
B 급 화 재	휘발유, Alc, 등유, 항공유 및 기타 석유 제품
C 급 화 재	가연성 기체
D 급 화 재	금속(Mg, Li, Na, Ti 등)

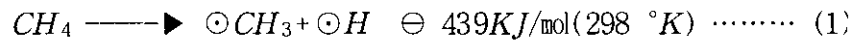
할론 소화제는 불씨가 연료내에 깊게 남아있는 A급 화재나 금속에 의한 D급 소화에는 부적합하지만 B급 및 C급 화재에는 적합하다.

5. 할론 연소원리

가. 한개이상의 홀전자를 갖는 자유 Radical이 발생하는 연쇄반응(chain reaction)의 4단계

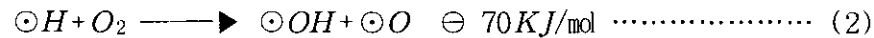
(1) 제 1 : 초기단계

안전한 분자상태도 외부로부터 충분한 에너지를 공급받으면 자유 Radical상태로 된다. 이 에너지원은 주로 스파크, 불꽃 등의 고온으로 한번 불꽃이 형성되면 자체 열에 의해 계속하여 자유 Radical의 공급원이 된다. 예로서 메탄(CH₄)가스의 연소 화학 반응식은



(2) 제 2 : 분화단계

이 단계의 반응은 자유 Radical이 소멸되는 것보다 생성되는 것이 더 많아지는 반응을 말한다. 이 과정을 통해 자유 Radical이 충분히 형성되어 불꽃이 계속 커지게 된다. 화학반응식은 산소분자가 많이 소비되는 반응이다.



즉 한개의 자유 Radical이 두개의 자유 Radical로 변하여 불꽃 전파가 쉽게 이루어지도록 하는 반응이다. 이 반응속도식은 다음과 같이 표현된다.

$$(\text{속도}) \quad Rate = AT^n [H] [O_2] \exp(-Ea/RT) \dots\dots\dots (3)$$

식에서 AT^n : 충돌빈도와배향(Orientation)

$[H] [O_2]$: 농도(수소와산소)

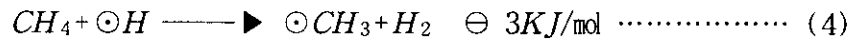
Ea : 활성화에너지

이 식에서 온도(T)항이 지수이므로 온도가 상승하면 속도(Rate)는 급격히 증가함을 알 수 있다. 만일 식(3)의 반응속도를 지연시키면 「소화」가 이루어진다.

따라서 희석(반응물 농도의 감소), 에너지 제거(반응속도의 감소), 자유 Radical 제거(충돌횟수 감소) 등에 의해 소화가 형성된다.

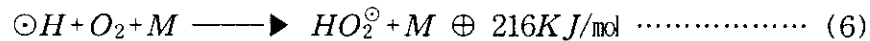
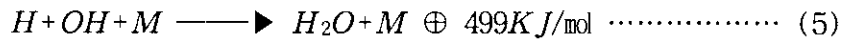
(3) 제 3 : 전파단계

불꽃내 자유 Radical의 수가 감소됨이 없이 연료와 산화제가 소비되는 반응을 의미한다. 메탄의 경우 화학반응식은 다음과 같다.



(4) 제 4 : 종결단계

자유 Radical이 재결합하여 안정한 분자나 반응성이 적은 Radical을 형성하는 반응이다. 이 화학반응의 예를 보면



식(5), (6)에서 M은 화학반응결과 방출된 열을 흡수하는 제3의 물체를 의미한다. 만일 화재 진압시 사용되는 소화제가 충분히 열을 흡수하는 제3의 물체로서 작용한다면 소화에 도움을 줄 것이다. 식 (6)에서 HO₂는 자유 Radical이지만 H Radical에 비해 반응성이 훨씬 적으므로 연소반응 속도는 감소하게 된다.

나. 자유원자(단) 이론에 근거한 Halon 1301 사용시에 소화 원리

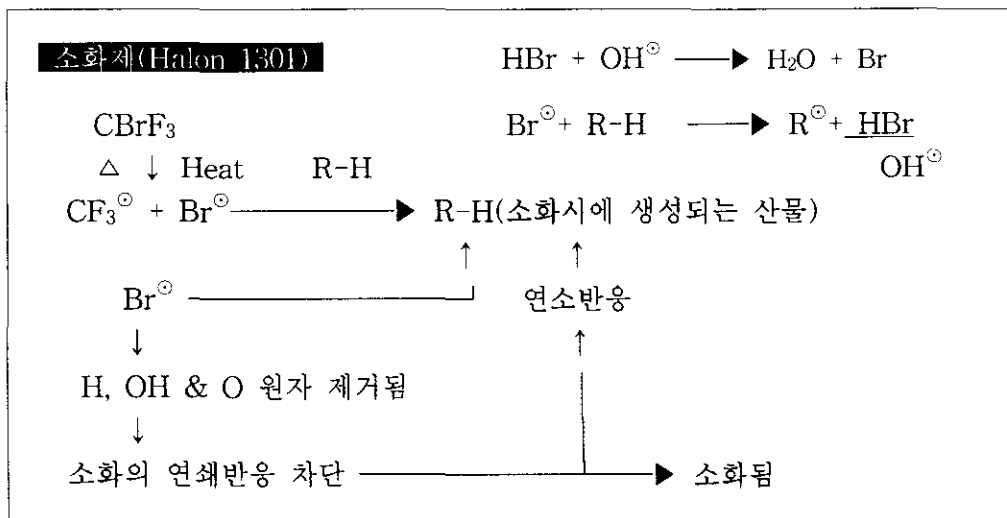
(1) 소화원리의 요약설명(Explanation of Fire Extinguishing Mechanism)⁽²¹⁾

어떤 연소성 물질 표면에 할론 1301이 분사될 때 할론은 열에 의해 두개의 자유원자로 분해된다. 즉 하나는 자유트리프로르메탄기(CF₃[⊙])이고 다른 하나는 브롬

자유원자($\text{Br}^\ominus$)이다. 이중 브롬자유원자는 물질이 탈 때 발생하는 알킬원자단(R-H)과 반응하면서 브롬화수소(HBr)를 생성한다.

이와 같이 생성된 브롬자유원자($\text{Br}^\ominus$)는 위의 과정을 반복하기 위해서 자유수산화기($\text{OH}^\ominus$)와 다시 반응한다. 궁극적으로 수소원자(H), 수산화기(OH) 및 산소원자(O)를 제거하게 되면서 불활성 알킬 그룹(RH)을 생성한다.

소 화 원 리



(2) 할론의 소화원리^(22,23)

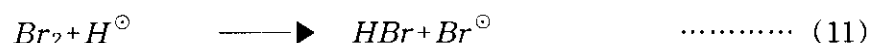
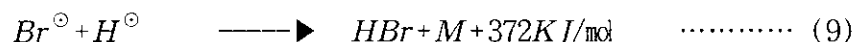
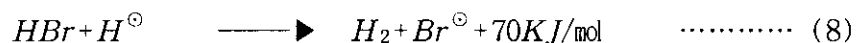
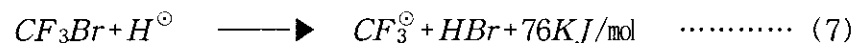
(가) 물리적 원리

기체 및 액상할론의 열흡수 및 액체할론이 기화 및 분해시에 주위에 열(Heat)을 뺏는 냉각효과와 공기중 산소농도를 물게 해주는 희석 효과 등이다.

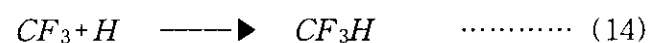
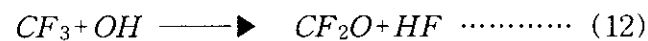
(나) 화학적 원리

연소과정은 자유 Radical이 계속 이어지면서 발생하는 연쇄반응으로 이 과정에 할론이 접촉하면 할론이 함유하고 있는 브롬이 고온에서 자유원자 형태로 분해되

어 연소시 연쇄반응의 원인물질인 활성 자유원자와 반응하여 연쇄반응의 고리를 끊어주기 때문이다. 예로서 소화시에 할론 1301이 화학반응식은 다음과 같다.



이때 식(7)에서 생성된 $CF_3^{\odot}$ 자유 Radical도 Bromine원자에 비해 상대적으로 소화력이 떨어지기는 하지만 무시할 수 없을 정도로 소화에 참여한다. 그 원리는 다음과 같다.



할론은 <표 4-1>에 나타난 것처럼 우수한 소화특성을 가지고 있으므로 할론 분자를 구성하고 있는 불소 및 브롬 등 할로젠화물질의 독특한 특성에 따라 크게 결정된다.

불소(F_2)는 주기율표상 우측 상단에 위치하며 전기음성도(Electronegativity)가 가장 큰 물질이다. 따라서 이 물질이 타물질과 결합시에 전자를 강하게 끌기 때문에 결합 길이도 짧고 결합력도 강하다.

<표 4-2>는 원소간의 결합력을 나타낸 것으로 불소와 탄소, 불소와 수소사이의 결합력이 다른 결합에 비해 강함을 보여주고 있다. 또 전기음성도가 크다고 하는 것은 다른 원소를 산화하는데 힘이 크다는 것을 의미하므로 불소(F₂)는 모든 원소에서 가장 산화력이 큰 원소이다.

<표 4-1> 할론소화제의 특성

특	성
1. 소화후에 잔사가 없어 깨끗하다.	
2. 비전도성	
3. 낮은 소화농도(5% vol)	
4. 불꽃의 빠른 진화	
5. 침투성이 우수	
6. 낮은 독성	

<표 4-2> 원소사이의 결합 (KJ/mol)

원소 \ 원소	H	F	Cl	O
C	410	536	323	321
H	-	569	428	459

불소(F₂)는 모든 원소중에서 가장 산화력이 큰 원소이다. 즉 메탄(CH₄)과는 달리 중심 탄소원자가 이미 산화되어 있는 상태이므로 「불연성」이며 대기중에서도 잘 분해되지 않는 안정한 물질이다.

할론의 특징은 C-F bond사이에 강한 결합으로 인한 타물질과의 상호작용이 없어 독성이 없다. 그러나 탄소-불소 대신 염소나 브롬이 치환되면 C-Cl, C-Br의 결합력은 C-F의 그것보다 그리 크지는 않지만 불소의 강한 힘이 염소와 브롬을 끌어당겨 이 분자의 독성을 작아지게 한다.

6. 할론 소화제의 독성

<표 4-3>를 보면 하론 1301이 가장 안전하여 83.2vol%이고 마지막의 1001은 불소원자 3개 대신 수소가 있는 것은 매우 독성이 커서 0.59vol%이다. 할론 1301은 소화성능이 우수한 브롬이 함유되어 있어 낮은 소화농도로 이용되므로 소형의 소화기 제작이 가능하다. 또한 분자내 결합은 강한 반면 분자간의 결합은 약하므로 소화시에 잔사를 남기지 않고 불꽃까지 접근하여 침투할 수 있는 장점이 있다. 이외에도 할론은 비전도성이므로 전기적 화재에도 안전하게 사용할 수 있다.

<표 4-3> 할론 소화제의 독성

할 론 (No.)	분 자 식	치 사 농 도 (vol%) ALC.	
		자 연 증 기	분 해 증 기
1301	CF ₃ Br	83.2	1.400
1211	CF ₂ ClBr	32.4	0.765
-	CO ₂	65.8	65.800
1202	CF ₂ Br ₂	5.4	0.185
1011	CF ₂ Br ₂	6.5	0.400
2402	C ₂ H ₄ Br ₂	12.6	0.160
104	CCl ₄	2.8	0.030
1001	CH ₃ Br	0.59	0.960

7. 할론의 물리화학적 성질

할 론 물리·화학적 성질	1301	1211	2402
화 학 명	브롬화삼불화메탄	브롬화염화이불화 메탄	이브롬화사불화 에탄
분 자 식	CF ₃ Br	CF ₂ ClBr	C ₂ F ₄ Br ₂
분 자 량	148.93	165.38	259.85
밀 도(21.1℃)	1.58	1.85	2.18
끓 는 점(740mmHg)	-59℃	-4℃	47.5℃
녹 는 점	-168℃	-160℃	-110℃
임계온도(T _c)	67℃	153.8℃	214.6℃
임계압력(P _c)	39.1atm	38.7atm	33.5atm
표면장력(21.1℃)	4.5		
ODP	10	3	6
잔존기간	100년	20년	
상 온	불연성	불연성	불연성
용 해 도	CHCl ₃ soluble		
소화성능	우 수	좌 동	
독 성	낮음(1000ppm)	좌 동	좌 동
용 도	소화제, 냉매	소형소화기, 소화 제(1301의 46%)	소형소화기(1301 의 57%)
제조년도 및 회사명	1940, 미국 듀폰社		
규 제	Group II 속 생산 및 사용규제	Group II 좌 동	좌 동 좌 동

가. 할론 代替品

1989년까지 세계 총 2만 Ton의 할론을 생산하였으며 Halon 1211이 60%를 차지하였다.

미국 Great Lakes Chem. Co.와 Du pont社는 Halon 1301과 Halon 1211을 생산하다 새로운 대체물질의 개발을 발표하였다. 1990년 5월 Great Lakes Chem. Co.에서는 대체품으로 FM-100을 개발하였다. Du pont社는 1991년부터 시험생산을 계획하고 있는데 ODP가 0인 Halon 1301의 대체품으로 FE-25(HFC-125)와 Halon 1211의 대체품으로 FE-232(HCFC-123), FE-13(HFC-23)을 제안하고 있다. 영국 ICI社도 Halon 대체품을 개발 추진중이나 독성문제가 해결되지 않아 연장하고 있다.

국내에서 사용하는 할론은 전량 수입에 의존하고 있으며 그 사용량은 1986년 약 320Ton에 불과했으나 1990년에는 약 470Ton으로 증가하였다. 할론을 품목별로 보면 1986년부터 1990년사이 소형소화기인 Halon 1211은 연간 40~80Ton을 사용하였으며 전역방출방식 Halon 1301은 380~420Ton 사용함으로써 전체의 80%를 차지한다.

몬트리얼 의정서에 의해 규제되는 물질의 국내수요 및 전망 (단위: Ton)

년 도		'86	'90	'92	'95	'97
품 목						
Halon	실 수 요	323	520	680	1,040	1,410
	지수환산	2,936	4,430	5,540	7,810	9,940

국내물질의 품목별 수용 및 수급전망 (단위: Ton)

년 도 품 목	'86	'90	'92	'95	'97
Halon 1211	126	330	540	1,110	1,800
Halon 1301	2,810	4,100	5,000	6,700	8,140

나. 할론 대체물질 및 관련기술 개발

- (1) 신규 소화제 개발
- (2) 신규 소화제 조성물 개발
- (3) 소화기 및 소화설비의 개량과 설계기술 개발
- (4) 할론 회수 및 재충전 장치의 개발
- (5) 할론 분해기술 개발
- (6) 할론 대체물질의 소화능력 시험⁽²⁴⁾
- (7) 신규 할론 대체물질의 탐색

8. 할론 소화제의 주요 사용처

구 분	실 예
전자기기실	전산실, 주변기기실, 자료관리실, 관제실, 통신기기실, 전화교환실, 제어실, 방송실
발전소, 전기실	변전실, 변압기실, 발전실, 케이블실, 원자력발전소/폐기물실
기타 생산시설	보일러실, 가스크빈실, 펌프생산실, 공기조화생산실, 원유생산실, 반도체공장, 화학공장, 가스생산실

구 분	실 예
일반시설	상점, 학교, 병원, 창고 등
기록보존소	도서실, 테이프, 필름, 디스크보관소
문화유산	박물관, 미술관, 역사적 건물
가연성 액체	주유소, 보관소, 실험실 등
위험물 취급점	모퍼저장소, 도장부스, 도료실, 섬유기계, 엔진 시험실, 종이코팅실, 인쇄실 등
수 송	승용차, 경주차, 중장비, 비행기, 철도 등
국 방	군용비행기, 장갑차, 탱크, 군함, 격납고
자동차 관련시설	주차시설, 자동차 수리/정비 등

<표 4-4> 주요 할론 생산회사

국 가	생 산 회 사	생 산 품 목
프랑스	Atochem S.A.	Halon 1301, 1211
독 일	Kali-Chemie	Halon 1301, 1211
이태리	Montefluos SPA	Halon 2402
일 본	Daikim Industrie Co.	Halon 1301
	Asahi Glass Co. Ltd.	Halon 1301
	Nippon Fluorochemical	Halon 1301, 1211
한 국	Hanju Chemical	Halon 1301
영 국	ICI	Halon 1211
미 국	E.I dupont de Nemoursk Co.	Halon 1301
	Great Lakes Chem. Co.	Halon 1301, 1211

9. 할론과 기타 소화제와의 비교

할론은 화학적 방법에 관한 소화에 반해 물, CO₂ 포소화제 및 분말소화제 등과 같은 기타 소화제는 물리적 방법에 관한 소화로서 그중 CO₂는 농도가 치사 농도

보다 높아 사용이 곤란하며 진화가 느리고 재발화할 위험이 높다. 즉 소화효율이 낮고 저장탱크가 커야하며 따라서 설치비가 높다. 또한 배출시 소음이 클 뿐만 아니라 저온에 의한 전자제품의 손상이 크다.

<표 4-5> 기타 소화제의 장·단점

장·단점 종 류	장 점	단 점
이산화탄소 (CO ₂)	○ 청결성 ○ 消火時 독성물질 無發生 ○ 불꽃속에 침투성 우수 ○ 非전기 전도성 ○ 초기단계에서 배출가능	○ 소화농도에서 질식 ○ A급 소화에 비효율 ○ 소화성능의 낮은 효율 ○ 큰 저장탱크 필요 ○ 진화속도가 느림 ○ 배출시간이 길다 ○ 가연성 액체분산 우려 ○ 긴 방사곤란 ○ 저온에 의한 손상
물 (H ₂ O)	○ A급 화재에 적합 ○ 재발화의 억제	○ 전기 전도성임 ○ 침투성이 낮음 ○ 초기단계에서 진압 난이 ○ B, C급 화재에 부적합
포소화제	○ A, B급 화재에 적합 ○ 재발화의 억제 ○ 냉각성이 우수	○ 전기전도성 ○ 침투성이 낮음
분말소화제	○ 소화성능 우수 ○ A, B 및 C급 소화에 적합 ○ 화재진압 가능 ○ 비전도성	○ 재발화 위험성 ○ 침투성이 나쁨 ○ 냉각효과 無 ○ 가시도 악화 우려

가. 오존파괴지수(ODP)의 비교

대체소화제도 오존층을 전혀 파괴하지 않던가 정도가 미미해야 한다. 그러므로 오존파괴능력지수가 적어야 한다.

ODP(Ozone Depletion Potential)는 CFC-11(CFCl_3)의 ODP를 1로 할 때의 상대값이다.

$$ODP = \frac{\text{어떤물질}1kg\text{이파괴하는오존량}}{\text{CFC-11}1kg\text{이파괴하는오존량}}$$

Halon 1301의 ODP는 14.1

Halon 1211의 ODP는 2.4

Halon 2402의 ODP는 6.6

미국의 대기청정법(Clean Air Act)에서는 ODP = 0.2 이상일 때 규제하고 미공군 ODP = 0.05 이하로 규정짓고 있다.

Halon 1301 이전의 소화제인 Halon 104(CCl_4), Halon 1001(CH_3Br), Halon 1011(CH_2ClBr) 등을 Halon 1301로 대체한 이유는 독성이 크기 때문이다.

소 화 제	Halon 1301	Halon 1211	Halon 2402	Halon 104	Halon 1001
독 성 (%)	83.2	32.4	12.5	2.8	0.3

즉 Halon 1301은 83.2%를 사용해도 되지만 Halon 1001은 0.3%를 사용해야 되므로 독성은 강하다.

나. 소화원리

구조식으로부터 할로젠 원자가 분리되어야 한다. 즉 열분해에 의해 유리된 할로젠 원자는 연소반응을 방해하며 다른 물질과 결합하여 HF, HCl, HBr, Cl₂, Br₂, F₂, COF₂, COCl₂, COBr₂ 등 여러 물질을 형성한다.

ex.) 71m³ Room, 0.23m³의 N-Hepane flame에 Halon 1211을 10초간 방사, 소화후 내부분해가스를 측정

HCl + HBr	50ppm
HF	10ppm
Cl ₂ + Br ₂	2.5ppm
COCl ₂	Non detectable(less than 0.25ppm)

HCl 4750ppm(ALC, Approximate Lethal Conc.)

HBr 4750ppm

HF 2500ppm

Cl₂ 350ppm

Br₂ 550ppm ∴ 큰 문제가 없다.

Halon 1301과 Halon 1211의 열분해온도는 480℃ 이다. 약 5개의 염소원자와 1개의 브롬원자와의 소화력이 비슷하다.

※ GWP(Global Warming Potential, 지구온난화지수)

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

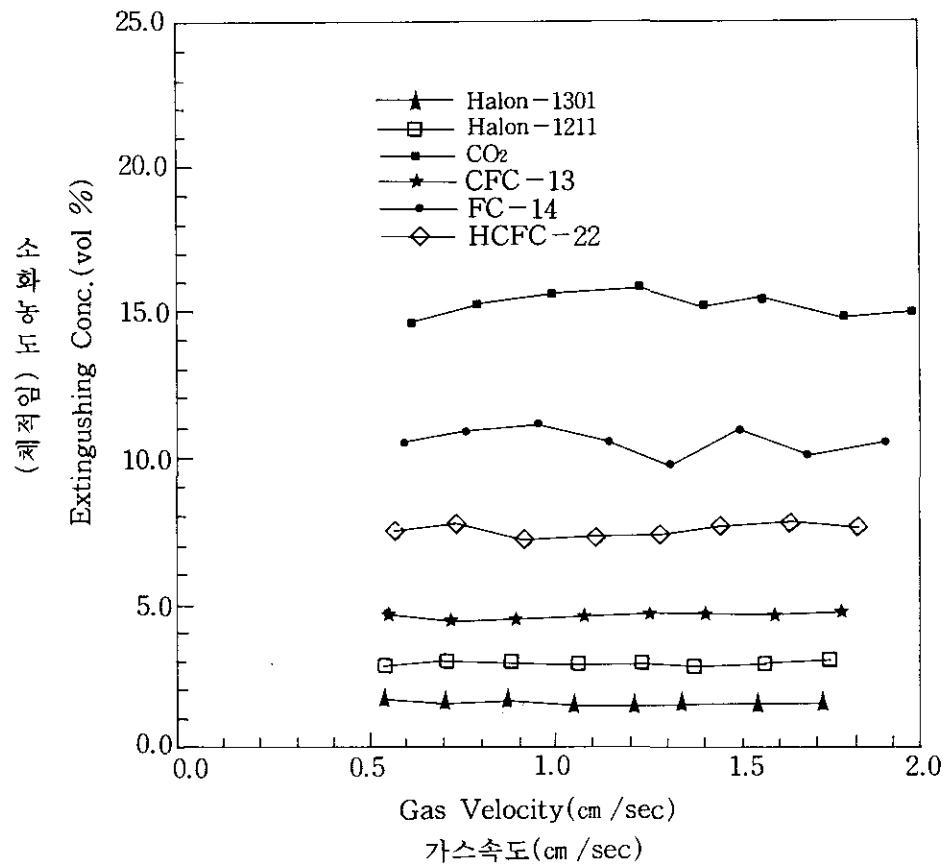
(1) 저장안정성 및 부식성

화학소화제는 장기간 금속 용기내에 저장한다. 만일 분해되면 원치않는 물질이 생성되어 소화능력이 상실되고 부식시킬 경우 소화기 작동이 안된다. 대체 소화제는 안정하여 저장시 분해되지 않고 금속을 부식시키지 않아야 한다.

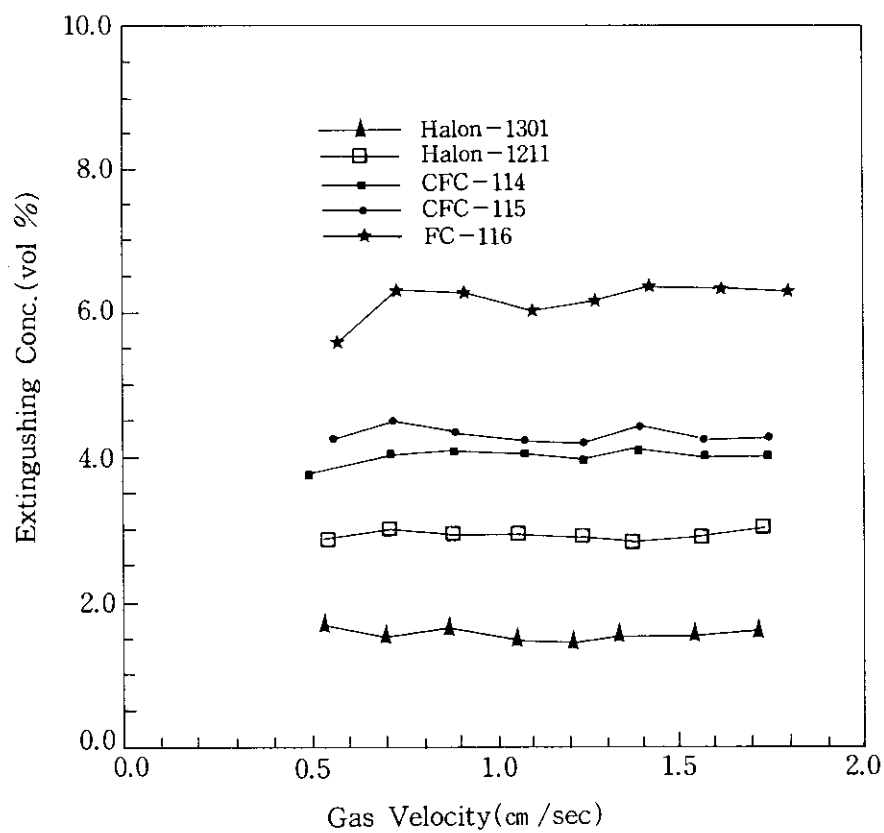
Halon 대체소화제의 요구 물성치

요 구 내 용	요 구 치	최 적 치
- 소화성능		
· 소화농도	< 10%	< 5%
- 오존파괴지수(ODP)	< 0.05	0
- 독성, TLV	> 3%	> 5%
- 지구온난화지수(GWP)		
- 저장 안정성 및 부식성		
- 상용성(Compatibility)		
- 물성		
· B.P	- 60 ~ 60℃	- 30 ~ 20℃
· 증기압	5 ~ 150 psia	30 ~ 40 psia
· 액체밀도		
· 열팽창율		
· 질소의 용해도		
· 비열	> 0.09 cal/g℃	> 0.09 cal/g℃
· 증발잠열	> 25 cal/g	> 30 cal/g
· 전기전도도	$10^{-11} \sim 10^{-1}$	
· 가격	< \$ 10/ILb	< \$ 5/ILb

다음 그림은 [그림 4-1] 및 [그림 4-2]는 컵 버너 시험결과 각 소화제의 소화농도를 나타낸 그림이다. <표 4-6>은 각종 소화농도 수치이다.



[그림 4-1] Cup-burner 시험장치에 의한 할론 대체물질의 소화농도



[그림 4-2] Cup-burner 시험장치에 의한 할론 대체물질의 소화농도

다. 메탄계 및 에탄계의 소화제의 소화농도

<표 4-6> 각종 소화농도 수치

소 화 제	농 도 (%)	소 화 제	농 도 (%)
Halon 1301	1.54	CFC-114	4.02
Halon 1211	2.92	CFC-115	4.29
CFC-13	4.64	CFC-116	6.15
HCFC-22		CTFE	7.98
FC-14			
CO ₂			
Methane계 소화제		Ethane계 소화제	

제 5 장 기개발된 할론(1301) 후보대체물질의 특성조사

1. 하이드로플로르카본(HFC)과 플로르카본(FC)

HFC(HydroFluoroCarbon)과 FC(FluoroCarbon)은 오존을 직접 파괴하는 염소나 브롬을 함유하고 있지 않기 때문에 ODP가 0이다. 다만 이들의 단점은 브롬을 함유하고 있지 않아 소화시에 화학적 소화성능은 없고 물리적 소화성능만 발휘하기 때문에 기존의 할론 1301의 소화성능과 다르다는 것이 단점이다.

가. 하이드로플로르카본(HFC)-23 (CHF_3)

미국 Du pont社가 개발한 할론 1301의 대체물질로 FE-13(Trade name)이라고도 명명된다. 처음 개발당시는 화학중간원료, 냉매, Etching제 등으로 사용되었다. 4시간동안 쥐의 50%가 사망하는 농도의 LC_{50} 은 독성이 적으며 동물에 대한 실험결과 80% 이상일 때도 심장계에 미치는 영향이 없다. 반면에 불꽃소화농도는 14~15%로 할론 1301 소화성능이 1/4정도이다. 단지 할론 1301의 1kg에 해당되는 소화성능을 내기 위해 HFC-23은 1.67kg이 필요하나 밀도가 낮아 부피로는 약 4배의 저장 탱크가 필요하다. HFC-23은 증기압이 높고 밀도가 낮기 때문에 기존 할론 1301 시스템을 사용할 수 없고 다만 HFC-23의 증기압이 이산화탄소와 비슷하고 밀도는 더 크기 때문에 이산화탄소의 대체물질로는 매우 유망하다.

따라서 이산화탄소에 비해 낮은 소화농도, 낮은 독성 및 기존의 장치를 이용할 수 있다는 점이 매우 매력적인 장점이다. 즉 환언하면 이산화탄소는 소화농도가 작업허용농도보다 높아 작업자가 있는 곳에서는 사용이 불가하다. 단지 HFC-23은 임계온도가 25.9°C 로 낮기 때문에 사용할 때 주의해야 한다.

미국 NFPA STD 12에 의하면 이산화탄소 용기의 최대사용온도는 54℃이고 영국 BS 5306에 의하면 46℃이므로 25.9℃보다 높은 온도에서는 기체상으로 배출되므로 시간이 많이 소요되는 단점이 있다.

HFC-23의 금속, 고무 및 Plastics에 대한 상용성 결과는 아직 완전히 끝나지 않았지만 이것의 높은 안전성을 고려할 때 큰 문제는 없을 것으로 판단한다. 이것의 가격은 할론 1301과 거의 같다.

<표 5-1> 염소와 브롬 원자가 없는 화합물(FC & HFC 화합물)

분 자 식	프레온 No.	Normal BP (°C)	증기압 (atm) _z (298K)	열용량 (J/kmol) (298K)	증발잠열 (KJ/mol) at NBP	소 화 농 도 (vol%)	ODP	LC ₅₀ (%)
CF ₄	FC-14	-128.0	na	61	11.6	14	0	
C ₂ F ₆	FC-116	-78.2	na	106	16.1	8	0	
C ₃ F ₈	FC-218	-36.0	8.69	148	19.7	6	0	> 80
C ₄ F ₁₀	FC-3-1-10	-2.0	2.63	189	22.8	5.9	0	> 80
C ₅ F ₁₂	FC-4-1-12	28	-	-	-	5	0	> 80
C ₆ F ₁₄	FC-5-1-14	56	0.305	-	21.0	4.4	0	> 30
(CF ₂) ₄	FC-318	-4.0	3.07	156	23.0	7.2	0	-
CHF ₃	HFC-23	-82	45.2	51	16.7	14.9	0	65
CF ₃ CF ₂ H	HFC-125	-48.5	12.9	94	20	10.1	0	> 70
CF ₃ CFH ₂	HFC-134a	-27	7.0	87	22	10.0	0	50
CF ₃ CFCF ₃	HFC-227ea	-16.4	-	-	-	6.0	0	> 80

나. 하이드로플로르카본(HFC)-125

미국 Du pont社가 FE-25(Trade name)라는 물질로 개발한 총괄소방시스템용의 할론 대체소화제이다. HFC-125는 할론 1301과 매우 유사한 물성을 가졌다.

그러나 밀도(d)는 1.25g/ml로서 할론 1301의 밀도 1.54g/ml보다 낮고 임계온도도 비교적 낮기 때문에 용기에 대한 소화제의 저장비율이 약간 떨어진다.

소화농도는 10.1%로 할론 1301 보다 높고 증발잠열은 27.1cal/g으로 할론 1301의 19.7cal/g보다 훨씬 크므로 완전히 기화시켜 배출하는데 난점이 있다. 이는 안정성이 높아서 대부분의 금속과 고무 등에 상용성이 있다. 가격은 할론 1301의 2~3배이며 소화성능은 10.1%로 할론의 5%에 비해 약 2배이다. 따라서 더 큰 저장용기가 필요하며 흡입독성이 매우 경미하다고 할지라도 사람이 있는 곳에 이 정도의량을 배출시키는 것은 어렵다.

다. 하이드로플로르카본(HFC)-227ea

1991년 8월 미국의 Great Lakes Chemical社가 FM-200이라는 상품명으로 개발한 소화제로 ODP가 0이며 B.P가 -16.4℃로 총괄소방시스템에 적합하다. 소화농도는 6.0%이며 Field소화 Test결과 설계소화농도는 6~8%로 물질자체의 흡입독성이 거의 없다면 사람이 있는 곳에서도 사용이 가능하다.

FC는 탄소원자에 결합된 모든 원자가 불소(F) 물질을 총칭하는 것으로 이들 중에는 FC-3-1-8과 FC-5-1-14는 미국 3M社가 소화제로 개발하여 발표하였다. 이들 소화제는 모두 깨끗하고 안정하며 불활성이고 또한 비전도성이다.

즉 소화한 후 잔사가 없고 전기적 화재에도 사용이 가능하다. ODP가 0이고 LC₅₀은 80%이며 FC-3-1-8의 B.P는 -2.2℃로 낮기 때문에 총괄소방시스템에 사용되며 FC-5-1-14의 B.P는 56℃로 높기 때문에 주로 휴대용 소화기에 사용된다.

FC중 FC-14, FC-116 및 FC-218의 상대적 소화성능을 비교한 결과 FC-218의 성능이 가장 우수한 반면에 FC-14의 성능은 떨어진다.

즉 탄소수가 증가할수록 소화성능과 독성이 증가하여 플로르헥탄(C₇F₁₆)은 약간의 독성도 보고되었다. 탄소수가 길어도 구조가 다르면 소화성능도 다르다.

예) FC-318의 소화농도 7.2%,

FC-3-1-10의 소화농도 5.7%,

(CF₃)₃C-F의 소화농도 4.9%

로 환상화합물이 가장 소화농도가 높은 반면에 이소포화탄화수소할로겐유도체 화합물이 가장 소화농도가 낮다. 이것은 중앙에 -CF₂-기, 끝에 -CF₃기가 소화에 더욱 효과적인 것을 의미한다.

CF는 대기중 Life-time(수명)이 길어 지구온난화에 미치는 영향이 크다.

2. 하이드로클로르플로르카본(HCFC)

하이드로클로르플로르카본은 Bromine이 함유되어 있지 않은 염화불화탄화수소로 현재 오존층 파괴 주범으로 여겨지는 CFC에 수소원자를 더 첨가하여 대기권으로 방출, 쉽게 분해되도록 하여 오존파괴능력을 낮추려는 관점에서 연구되고 있다. 할론 대체소화제로는 다음 <표 5-2>와 같이 미국 Du pont社가 개발한 HCFC-123이다.

<표 5-2> 플로르화 탄화수소(HCFC)

분 자 식	프레온 No.	Normal BP (°C)	증기압 (atm)/z (298K)	열용량 (J/kmol) (298K)	증발잠열 (KJ/mol) at NBP	소 화 농 도 (vol%)	ODP	LC ₅₀ (%)
CHClF ₂	HCFC-22	-41	10.1	57	20.2	12	0.04	22
CH ₃ CCl ₃	HCC-130a	74	0.16	93	29.8	-	0.06	-
CF ₃ CCl ₂ H	HCFC-123	27.9	0.9	102	26.0	6	0.02	32
CF ₃ CHClF	HCFC-124	-12	4.0	101	23.0	8	0.02	21
CH ₃ CCl ₂ F	HCFC-141b	32	0.5	89	27.0	8	0.10	6
CH ₃ CClF ₂	HCFC-142b	-10	3.33	82	22.4	11	0.04	50

그러나 이 소화제가 모두 기화되어 불꽃에 작용하는 것이 아니다. 예를 들면 HCFC-123과 할론 1211은 모두 9 파운드의 소형소화기가 미국 UL규격에서 A급 화재의 1A급으로 등급을 받았고, B급 화재의 경우 9 파운드의 HCFC-123이 12.5ft²의 화재에 대해 5B로 등급을 받았지만 할론 1211은 단지 2.42파운드로 같은 등급을 받았다. HCFC-123의 불꽃소화농도는 6%로 할론 1211의 약 1.9배 정도이다.

가. 하이드로클로르플로르카본(HCFC)-123

HCFC-123은 심장운동에 민감한 영향을 보이지만 돌연변이나 기형이 발생되지 않는다. LC₅₀은 32%로 비교적 낮은 독성을 가지고 있다. 다만 중간독성시험 결과 약간의 독성이 나타나서 Du pont社는 허용노출농도를 낮추었다.

HCFC-123의 상용성을 보면 대부분의 일반적인 금속에는 함께 사용할 수 있지만 강한 용해력을 가지고 있어 일부 탄성체는 과도하게 팽창된다. 아직은 독성시험이 완료되지 않아 시판은 되고 있지 않고 가격은 할론 1211과 비슷하다.

3. 하이드로브롬모플로르카본(HBFC)

기존의 할론 소화제가 성층권의 오존을 파괴하는 이유는 할론 자체가 안정하므로 분해되지 않고 성층권에 도달한 후 할론에 함유된 Bromine 원자가 오존과 반응하기 때문이다. 따라서 기존의 할론 소화제에 수소를 첨가하여 대기권에서 이 분자가 쉽게 분해되어 성층권에 도달하지 못하도록 하므로써 오존을 파괴하지 않도록 하는데 목적이 있다.

<표 5-3>에 나타난 물질군중에 가장 유력한 할론 대체소화제로는 영국 ICI社가 개발한 HBFC-124B1과 미국 Great Lakes Chem. Co.가 FM-100이라고 하는 HBFC-22B1이 있다.

가. 하이드로브롬모플로르카본(HBFC)-124B1

이 물질은 ODP가 0.3으로 할론 1211의 약 1/10이지만 불꽃소화농도는 3.6%로 할론 1211과 거의 유사하다. 이것은 분자내에 우수한 소화성능을 띄는 브롬원자가 포함되어 있기 때문이다. B.P는 8.6℃이고 액체밀도와 임계온도도 할론 1211과 유사하다. 따라서 이 HBFC-124B1 물질은 매우 이상적인 대체물질이다.

이 물질은 휴대용 소화제로서 뿐만 아니고 총괄소방시스템에도 사용가능하지만 사람이 있는 곳에는 사용이 난이하다.

<표 5-3> 브롬원자를 가진 화합물(HFC, HBFC & HBFC)

분 자 식	프레온 No.	Normal BP (°C)	증기압 (atm)z (298K)	열용량 (J/kmol) (298K)	증발잠열 (KJ/mol) at NBP	소 화 농 도 (vol%)	O D P	LC ₅₀ (%)
CF ₂ Br ₂	Halon 1202	-58	15.8	69	17.5	3.0	0.3	
CF ₃ CFBr ₂	Halon 2402	50	0.4	116	29			
CHF ₂ Br	HBFC-22B1	-15.1	4.4	59	24.1	4.0	1.1	10.8
CHBrClF	HBCFC-21B1	36	0.5	63	26			
CHBrBr ₂	HBFC-21B2	65				1.8	0.1	
CF ₃ CHClBr	HBCFC-123B1	52				3.6	0.3	
CF ₂ BrCFCIH	HBCFC-123aB1	53	0.4	103	29			
CF ₂ BrCF ₂ H	HBFC-124aB1	-5	3.1	86	23.8			
CF ₃ CFBrH	HBFC-124B1	8.6				3.6	0.3	
CF ₃ CBrH ₂	HBFC-133B1	26	1	91	27			
CF ₂ BrCFBrH	HBFC-123aB2	76	0.2	106	31	2.5		
CF ₃ CHBr ₂	HBFC-123B2	73	0.2	106	31	2.5	0.1	
CF ₂ BrCH ₂ Br	HBFC-132B2	93	0.1	95	33			
CFHBrCFHBr	HBFC-122B2	102	0.06	97	33			
CF ₂ BrCHFCF ₃	HBFC-225B1	50	0.4	145	29			
CF ₂ BrCH ₂ CF ₂ Br	HBFC-234faB2	118	0.04	138	35			
CF ₂ HCBBrCF ₂ H	HBFC-234aaB2	120	0.03	137	35			
CF ₂ BrCH ₂ CF ₃	HBFC-235B1	51	0.4	133	29			

나. 하이드로플로르카본(HBFC)-22B1

하이드로플로르카본(HBFC)-22B1은 B.P가 -15.1°C 로 할론 1211과 1301 모두의 대체소화제로 개발되고 있는 물질이다.

소화성능 Test 결과 총괄소방시스템 및 소형소화기용으로 우수한 소화능력을 가지고 있음을 보여주고 있다. 우수한 소화능력은 분자내에 Bromine의 원자가 있기 때문이다. 또한 수소원자도 있어 대기중에 수명이 비교적 짧은 7~8년 밖에 되지 않아 좋으나 ODP가 1.1로 비교적 높은 값을 가지고 있다.

또한 이 HBFC-22B1의 소화농도는 4%로 기존 할론 1211에 비해 소화성능이 약간 떨어지나 B.P가 낮아 불꽃으로 잘 분사되기 때문에 일부는 보장이 된다.

소화성능 실험결과 할론 1211보다 더 우수한 소화성능을 가지고 있다. LC_{50} 은 10.8%이다. 이것은 작업자가 없는 곳에서는 사용할 수 있는 허가가 취득되었다. 즉, 할론 1211보다 독성이 유사하거나 조금 강하다는 의미이다.

다. 디브로마이드(Dibromide)

후보물질로서는 HBFC-21B2와 HBFC-123B2가 있다. 이들은 할론 1202 (CF_2Br_2)의 ODP가 0.3으로 할론 1211의 2.4배이며 할론 1301의 14.1보다 크게 낮다는데 고안하여 여기에 수소원자를 추가시킨 $-\text{CHBr}_2$ 기가 함유된 물질이다. 이 원자단이 포함된 물질의 ODP는 약 0.1로 추정되고 소화성능은 기존의 할론 소화제보다 우수하다.

단지 이 기를 가진 화합물은 B.P가 $65\sim 73^{\circ}\text{C}$ 로 높아서 휴대용 소화제인 할론 1211의 대체물질로만 개발되고 실용화 여부를 독성 여하에 달려 있으므로 그 결과만이 기대되는 바이다.

4. 불포화 할로젠 물질

탄소-탄소 결합중 하나가 이중결합으로 되어 있으며 대부분 불소가 함유된 물질군이다.

이 물질이 대기중으로 방출된다 하더라도 상온에서 이중결합이 대기중에 -OH기(Hydroxyl)와 쉽게 첨가반응하여 OH-R(Hydroxyl-Alkyl)기를 형성한다. 이 원자단은 대기권에서 산소와 반응하면 분해한다.

따라서 이 불포화 화합물은 대기중에서의 수명은 매우 짧아 수주일에 불과하고 성층권까지 도달할 때는 무시할 수 있는 양에 불과하다. 이중결합물질이 브롬을 함유하고 있다 하더라도 ODP는 0.01 이하로 추정된다.

분자중에 이중결합이 있을 경우 물리적 변화, 즉 B.P와 열용량은 약간 낮아지지만 화학적 특성은 매우 변화가 크다. 이 점이 불포화 할로젠 화합물이 할론 대체 소화제의 후보가 된 주요 원인이 된다.

<표 5-4>에 불포화 할로젠 화합물의 일반 물성을 종합하였다. 처음 6종은 브롬을 함유하지 않은 물질이고 브롬원자가 첨가된 물질은 소화성능이 향상되고 B.P가 높으며 분자내 수소원자가 첨가되면 대기권에서 더욱 분해가 촉진된다.

불포화 화합물은 일반적으로 포화 화합물에 비해 독성이 더 강한 단점이 있다. 그러나 1,2-bis(perfluoro-n-butyl)ethylene이나 bis(di-n-butyl)Ethylene과 같은 人造血液으로 사용되는 물질은 독성이 없다.

<표 5-4> 불포화 할로젠 탄화수소화합물

분 자 식	Normal BP (℃)	증기압 (atm)z (298K)	열용량 (J/kmol) (298K)	증발잠열 (KJ/mol) at NBP	소 화 농 도 (vol%)	ODP	LC ₅₀ (%)
C ₃ F ₆	-29	6.42	116	21			
C ₄ F ₈	0	2.62	138	21			
CF ₃ C ₆ F ₅	104	0.03	207	34			
CF ₃ CH=CF ₂	-21	5	109	23			
CF ₃ CH=CH ₂	-17	4	92	24			
(n-C ₄ F ₉)CH=CH(n-C ₄ F ₉)	132	0.006	377	36			
BrCF ₂ CF=CF ₂	28	1	121	27			
CF ₃ CF=CFBr	30	1	121	27			
CF ₃ CH=CHCF ₃	6	1.6	130	26			
CF ₂ BrCH=CHCF ₃	57	0.1	138	30			
CF ₃ BrC=CHCF ₃	65	0.06	143	33			
(CF ₂) ₂ C=C(CF ₃) ₂	55	0.28	180	29			
CF ₂ BrCH=CH ₂	42						
CF ₂ BrCF ₂ CH=CH ₂	55				3.5		
CF ₂ BrCClFCH=CH ₂	99				4.5		

5. 할로젠에테르 화합물

포화 화합물의 두 탄소원자 사이에 산소가 삽입되면(-C-O-C-) 대기중의 빛의 흡수영역이 적색쪽으로 약 30cm가량 이동한다. 즉 이러한 현상은 CF₂BrCF₂Br이나 CF₃CHClBr과 같은 화합물 사이에 산소가 존재할 경우 광화학적으로 활성화되어 쉽게 분해가 이루어지는 것을 뜻한다.

단지 한개의 브롬이나 염소를 함유한 에테르가 적당한 파장에서 광화학적으로 활성화되기 쉽지 않으며 여기에 CF₂기가 있어도 크게 진전되지 않는다.

상업적으로 생산되고 있는 <표 5-5>의 대체소화 후보물질의 일반적인 특성을

수록하였다.

<표 5-5> 할로겐화 에테르 및 관련 화합물

분 자 식	Normal BP (°C)	증기압 (atm)/z (298K)	열용량 (J/kmol) (298K)	증발잠열 (KJ/mol) at NBP	소 화 농 도 (vol%)	ODP	LC ₅₀ (%)
CF ₂ HOHCF ₂	2	2	92	24.5			
CF ₂ HOCHF ₃	-35	7	109	21.2			
CHF ₂ OCF ₂ CHFCI	56.5	0.29	162	29.4			
CF ₃ CHClOCHF ₂	48.5	0.32	167	28.7			
C ₄ F ₉ C ₄ F ₇ O	103	0.333		33.5			

6. 요오드(I₂) 화합물

할론 분자의 소화성능 순위는 다음과 같다.

$$I_2 > Br_2 > Cl_2 > F_2$$

지수로 표시하면 F=1, Cl=2, Br=10, I=16 이다. 그러므로 소화제 화합물중에 F, Cl, Br 및 I 원자 갯수에 이 소화성능수를 곱한 것의 합과 실제 소화농도는 매우 밀접한 관계를 보여주고 있다.

실제 할론 13001의 소화농도는 3.0%, 할론 25001의 소화농도는 2.1%, 할론 37001의 소화농도는 3.2%로 할론 1301보다 소화성능은 약간 우수하다.

7. 할로젠 유황 화합물

할로젠화황이 대체소화제로 고려되는 가장 큰 이유는 SF₆기가 소화제에 적합한 성질을 가지고 있기 때문이다. 이 기체는 무색, 무취이고 독성이 없으며 비가연성이다. 또한 SF₆ 원자단은 대칭으로 강하게 결합되어 있으므로 매우 안정한 화합물

물이다. 대부분의 친핵성 물질은 대칭이고 팔면체 구조인 SF₆을 공격하기 어렵다. 이 SF₆중 불소원자 한개를 염소나 브롬으로 치환하면 안정성은 좀 떨어진다. 그래도 SF₅Cl은 400℃정도까지는 안정하며 SF₅Br은 150℃까지 안정하므로 소화제로 사용이 가능하다.

<표 5-6> 요드원자를 가진 할로겐 화합물

분 자 식	프레온 No.	Normal BP (°C)	증기압 (atm)z (298K)	열용량 (J/kmol) (298K)	증발잠열 (KJ/mol) at NBP	소 화 농 도 (vol%)	ODP	LC ₅₀ (%)
CF ₃ I	Halon-13001	-22.5	na	70.9	22	3.0		
CF ₃ CF ₂ I	Halon-25001	12				2.1		
CF ₃ CFICF ₃	Halon-37001	40				3.2		
CF ₂ CI	Halon-12101	33	na	76	27			
CF ₂ BrCF ₂ I	Halon-24011	78	na	124	31			
CF ₂ ICF ₂ I	Halon-24002	112	na	126	34			
CH ₃ I	Halon-10001	42.4	0.53	44.1	27.4	6.2		
CH ₃ CH ₂ I	Halon-20001	72.3	0.18	67.8	29.4	6.2		
CH ₃ CH ₂ CH ₂ I	Halon-30001	102.4	0.06	88.3	32.1			
CF ₃ CF ₂ CF ₂ I	Halon-37001	41	na	197	28			

<표 5-7> 유황원자를 가진 할로겐 화합물

분 자 식	프레온 No.	Normal BP (°C)	증기압 (atm)z (298K)	열용량 (J/kmol) (298K)	증발잠열 (KJ/mol) at NBP	소 화 농 도 (vol%)	ODP	LC ₅₀ (%)
SF ₆	2551-62-4	-63.8	21.8	97.0	23.6			
SF ₅ Cl	13780-57-9	-21	na	104	21.7			
SF ₅ Br	15607-89-3	3.1	na	107	24			

<표 5-7>에 SF₆과 SF₅Cl의 일반적인 물성을 나타내었고 현재 시판되고 있는 물질이다. 그러나 기존 할론 소화제를 대체하기에는 역부족이다. 단지 소화테스트를 할 경우 소화 원리를 이해하는데 도움이 된다.

8. 혼합소화제

순수 물질만으로 대체소화제의 모든 요구를 충족시킬 수 없는 경우가 많아 두 가지 이상의 물질을 함께 사용하는 혼합물을 이용하는 방법이 검토되고 있다.

혼합물질을 사용할 경우 순수성분에 비해 배합비, 배합성분의 조정에 의해 물성, ODP, GWP, 독성, 소화성능, 방사능 등 임의로 조절이 가능한 장점이 있으며 혼합소화제는 서로 다른 상승효과에 의해 예측치보다 높은 소화성능을 낸다. 또한 빠른 소화성능을 가진 성분과 재발화하는 것을 억제하는 성분을 적절히 배합할 수 있는 장점이 있다.

가. NAF

NAF-Q, NAF-S-II, NAF-S 등은 CFC-11(B.P 23.8℃), CFC-12(B.P 29.8℃), CFC-114(B.P 3.55℃) 등의 혼합물에 소화후 분해물질의 불을 줄이기 위해 5% 정도의 해독제를 넣은 제품이다. 이들 제품은 할론의 대체물질이다.

혼합제를 사용할 경우 내용물의 조성을 특정 조성에 맞추어 끓는점과 같은 소화제로서의 주요 물성을 임의로 정하는 장점이 있다. 다만 이러한 혼합물은 공비혼합물(Azotropic mixture)이 아니기 때문에 사용중 조성이 변화하지 않는다. 불꽃소화농도는 NAF-Q가 7.1%, NAF-S-II가 8.3%, NAF-S가 6.3%로 기존 할론 물질보다는 소화능력이 좀 떨어진단다.

NAF-Q는 B.P가 1.8℃로 휴대형 소화기인 할론 1211의 대체물질이다. 이 물질은 밀도가 적으므로 할론 1211 용기의 80% 밖에 충전할 수 없다. 따라서

NAF-Q는 2.0kg을 충전하기 위해서는 기존 할론 1211 용기에 1.5kg 밖에 충전이
않된다. 따라서 소화할 수 있는 전체능력도 약 75~80% 이다.

또한 소화 후에는 해독제 때문에 불쾌한 자극성 냄새가 난다. NAF-Q의 ODP
는 0.9이다. LC₅₀은 60%이므로 할론 1211보다 훨씬 더 높으며 내용물이 분사추진
제로 사용되어온 결과 금속, Plastics 등의 재질과의 상용성도 좋다.

NAF-S-II와 NAF-S의 끓는점은 각각 -27.0℃와 -13.0℃로 할론 1301의 대체
물질로 사용이 가능하다. 이 혼합물은 NAF-Q에 비해 CFC-12가 더 많이 함유되
어 있다. 이 소화제의 소화성능은 할론 1301에 비해 약 1/2 정도이다. 또한 상용
성도 우수해서 기존 할론 1301에 사용하던 모든 재질들을 그대로 사용할 수 있는
것도 장점이다. 단지 독성이 할론 1301보다 크므로 사람들이 존재하는 곳에서는
사용이 어렵다.

NAF-S-III는 ODP가 0.044이고 GWP가 0.1이며 대기중에서의 수명이 7년으로
할론 1301의 대체물질로 적합하다. 독성도 만족하여 현재 생산하여 판매중이다.

나. Halotron

Sweden에서 개발한 신 소화제로서 내용성분은 알 수 없으나 HCFC의 혼합물
로서 현재 공장을 건설중이다.

다. Inergen(IG-541)

Inergen은 A급 및 B급 소화제에 활용되는 것으로 그 성분은 질소 52%, 아르곤
(Ar) 40%, CO₂가 8%로 된 혼합소화제이다. 이 소화제는 할론이나 분말소화제와
같이 화학적 특성을 가진 것이 아니고 물리적으로 밀폐된 공간에서 산소의 농도를
낮추게 하여 소화시키는 물질이다. 이 소화제의 장점은 독성이 다른 불활성 기체
에 비해 비교적 강한 이산화탄소의 농도가 일정수준(5%) 이상 될 수 없어서 사람

이 존재하는 곳에서도 사용이 가능하다.

9. 할론 대체물질 및 하이드로클로르플로르카본(HCFC) 혼합물과의 비교

가. NAF S-III 소화제(혼합소화제)

North Am. Fire Guardian Technology Inc.(NAFG)에서는 할론 1301 대체물질과 같은 전체 방출식으로서 NAF S-III 소화제를 개발하였다.

NAF S-III는 3가지 다른 종류의 HCFC를 혼합한 것 외에 추가하여 저독성 첨가제(detoxifying Additive)인 NAF XX를 첨가시키면 화재시 연소될 때 생성되는 독성가스를 감소시키는 효과가 있다. 또한 NAF S-III 소화제는 주변 환경조건을 온화하게 만들고 ODP는 0.04로 매우 낮을 뿐만 아니라 GWP도 0.1에 불과하다. 이는 이 NAFS 분자구조 속에는 브롬(Br)원자가 포함되어 있지 않기 때문이다. 일반적으로 염소(Cl)원자보다 브롬(Br)원자는 오존층을 파괴하는 힘이 약 120배만큼 크기 때문이다.

NAF S-III는 할론 1301 대신 설계된 고정시스템에 사용할 수 있는 것을 의미하는데 이때 시설물 변경은 거의 요구되지 않고 다만 노출관만을 변경시키면 되는데 가격은 거의 무시할 정도이다. NAF S-III 소화제의 소화능력은 규모가 크든 적든간에 독립된 시험실에서 점검되었다.

NAF S-III는 매우 낮은 흡입독성을 가지고 있다. LC₅₀(Lethal Conc.) 농도는 비상시에 직면하게 될 농도 이상이므로 안전하다. 화재발생시 NAF S-III의 분해산물을 측정하기 위한 시험에서 NAF XX의 저독성 첨가제가 존재하면 할라이드(Halides)나 할로젠(Halogen)원자가 감소된다는 것을 알 수 있다. 그리고 NAF S-III는 상업적으로 무제한량이 사용된다.

나. FM-200소화제(단일소화제)

물 리 적 성 질	
물 질 명	1,1,1,2,3,3,3-Heptafluoropropane
화 학 구 조	$\text{CF}_3\text{-CHF-}\text{CF}_3$
끓 는 점	-16.36 °C
어 는 점	-131 °C
임 계 온 도	101.7 °C
임 계 압 력	28.7 atm
임 계 부 피	1.61 L/kg
임 계 밀 도	0.621 kg/L
증발열 (끓는점)	31.7 kcal/kg
분 자 량	170.03

<표 5-8> 실험데이터

컵버너 소화농도	FM-200	Halon 1301
n-Heptane, %vol	5.8 %	3.5 %
Methane, "	8.0 %	4.0 %
Propane, "	11.6 %	8.0 %

<표 5-9> FM-200의 물리적 성질

온 도 (℃)	액체밀도(kg/ℓ)	증기밀도(kg/ℓ)	증기압(bar)
-18	1.5340	0.0079	0.941
0	1.4758	0.0159	1.958
21	1.4032	0.0322	4.040
55	1.2674	0.0861	10.469

※ ODP (CFC-11 = 1) 0
 대기수명 32~42년
 LC50(4시간, 쥐) Acute Toxicity 800,000 ppm

다. FE-13(전역 방출식 소화)

미국 Du pont社가 개발한 할론 1301의 대체소화제로서 FE-13(Trifluoro methane)을 구조상으로 볼 때 브롬(Br)원자와 염소(Cl)원자가 없어 오존 파괴지수는 zero이다. 그러나 할론 1301보다 높은 증기압을 가지고 있으므로 이 대체물질을 사용하기 위해서는 압력을 유지할 수 있는 설비를 사용해야 한다. 즉 이산화탄소(CO₂)와 거의 유사한 시스템이 필요한 것이다. 현재 Du pont社에서는 화학합성 중간체, 냉동제 및 전자산업에 예칭제로 사용하고 있다.

FE-13은 물리·화학적 수단으로 화재를 진압하게 되므로 화재분위기를 연소될 수 없도록 열용량을 발생시킨다. 그러나 이론적인 열용량 이하 농도에서 소화가 진행되므로 이와 같은 소화원리는 연소를 일으키는 자유원자단(Free Radical)을 제거하므로 소화가 진행됨을 알 수 있다. 실제 FE-13의 소화농도는 컵버너(Cup Burner)시험시에 노말헵탄(n-Heptane)을 소화시킬 때 할론 1301의 농도는 3.5%에 비해 더 높은 12%이다. 그러나 무게비로서는 1.6배에 불과하다.

<표 5-10> FE-13 소화제와 할론 1301과의 성질 비교표

소화제종류 물리적 성질	Halon 1301	CO ₂	FE-13
화 학 식	CF ₃ Br	CO ₂	CHF ₃
O D P	16		0
분 자 량	148.9		70.01
끓 는 점(℃)	-57.8	-78.4	-82.0
임계온도(℃)	67.0	31	25.9
액체밀도(g/cm ³), at 25℃	1.54	0.75	0.67
증발열(cal/g), at 21.1℃	19.7		17.5
소화농도(컵버너) %	3.5	28	12.0
독성(LC ₅₀ , 쥐, 시간, ppm)	400,000		> 650,000
사 용 성	사용성		사용중

라. PFC-410(청정 소화제)

PFC-410 소화제는 탄화수소중에 수소대신 불소로 모두 치환된 화합물이며 동시에 할론 1301과 같은 방법으로 소화시킬 때 매우 효과적인 물질로서 검사된 화합물이다. 물리적 성질은 다음 표와 같다.

물 리 적	성 질
화 학 식	C ₄ F ₁₀
분 자 량	238.03
끓는점 (1기압)	28.4°F(-2.0℃)
어 는 점	-198.8°F(128.2℃)
임 계 온 도	235.8°F(113.2℃)
임 계 압 력	337 psia(23.23 bar)
임 계 부 피	0.000159 m ³ /kg

물리적	성질
임계밀도	630 kg/m ³
포화액체밀도 (25℃)	1.517 g/ml
기체밀도 (1atm, 25℃)	9.935 kg/m ³
액체비열 (25℃)	1045 J/kg-℃
기체비열 (1atm, 25℃)	805 J/kg-℃
증발열 (at B.P)	96.3 J/g
액체점도 (25℃)	6.42×10^{-4} poise
용해도 (물, 25℃)	0.001 % by wt.
증기압 (25℃)	2.9 bar

컵 버너(Cup Burner) 사용 소화농도(%)

연료명	농도(vol %)		연료명	농도(vol %)	
	PFC-410	Halon1301		PFC-410	Halon1301
Heptane	5.9	3.9	Methyl Ketone	5.9	4.0
Methanol	9.4	7.8	MIBK	5.5	3.5
Ethanol	6.8	4.7	Hexane	5.6	3.9
Isopropanol	6.2	3.9	Cyclohexane	5.5	3.9
n-Butyl alc.	6.7	4.9	Isooctane	5.5	3.5
Benzyl alc.	5.5	4.7	Jet Fuel(JP-4)	5.0	4.0
Acetone	5.5	3.5	Toluene	4.2	2.7

상기 소화농도는 PFC-410이나 할론 1301이 모두 컵버너 시험장치를 사용하여 실험한 값이다.

할론 1301 대체물질 물성 비교표

물리적 성질	NAF S-III	FE-13	FM-200	PCF-410	할론1301
오존파괴지수(ODP)	0.044	0	0	0	16
지구온난화지수(GWP)	0.1	13	0.6	18.2	0.8
대기수명(年)	7	400	42	> 500	107
분 자 량	92.9	70.01	170	238.0	148.9
끓 는 점(℃)	-38.3	-85	-16.4	-2	-57.75
액체밀도(21℃, g/ml)	1.20	0.66	1.42	1.51	1.57
심장강도(NOAEI)	> 10%	50%	7%	40%	5%
독 성(15분, ppm)	640,000	> 650,000	> 800,000	n/a	800,000
무 게 비	1.09	1.8	2.06	2.11	1
최소소화농도(%)	7.2	13	5.8	5.9	4.2
설계농도(%)	8.6	15.6	7	7.1	5

제 6 장 국내에 고시된 신규 할론(1301) 대체소화제 조사 (사용가능한 2종에 대하여)

1. NAF S-Ⅲ(혼합소화제)

가. 개 요

대체 할론(1301) 소화약제로 활용하고자 하는 NAF S-Ⅲ는 HCFC(Hydro Chloro Fluoro Carbon)의 세종류와 저독성 첨가제 한 종류를 혼합하여 제조한 신규 소화약제의 상품명으로서 할론 1301과 거의 동일한 소화성능을 가지고 있기 때문에 기존 할론 소화설비용, 저장용기, 파이프 배관 및 기타 각종 보조장치 등을 전혀 교체할 필요없이 사용가능한 이상적인 대체물질로 대두되고 있는 물질이다.

그러나 이 물질외에 대체물질들은 할론 1301보다 거의 2배가량 많은 소화약제량이 요구되므로 저장용기의 보충, 파이프배관, 밸브 등의 교체가 필수적이므로 설비 교체비용이 많이 들게 되므로 비경제적인 단점을 지니고 있다.

이 NAF S-Ⅲ는 할론 1301의 대체품으로서 전체 방출식이나 국부방출식 모두에 사용이 가능하고 혼합식 소화제이므로 저독성 첨가제를 가미한 소화제이다.

또한 ODP(오존감소지수)가 0.044이고 GWP(지구온난화지수)0.1에 불과하므로 산업 환경적으로 가장 안전한 대체물질이다. 즉, 할론은 오존층을 많이 파괴하는 브롬원자가 있으나 이것은 브롬원자를 갖지 않고 있다. A, B, C 화재 모두에 효과적이다.

나. NAF S-Ⅲ의 성상

<표 6-1> NAF S-Ⅲ의 성상

화 학 명 \ 성 상	상 품 명	분 자 식	구 조 식	비 고
Chloro difluoromethane	HCFC-22	CHClF ₂	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{F} \\ \\ \text{F} \end{array}$	HCFC의 1종 소화제(82%)
2,2-dichloro-1,1,1-Tri- fluoroethane	HCFC-123	CF ₃ CHCl ₂	$\begin{array}{c} \text{F} \quad \text{Cl} \\ \quad \\ \text{F}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{F} \quad \text{Cl} \end{array}$	" (4.75%)
2-Chloro-1,1,1,2-Tetra- fluoroethane	HCFC-124	CF ₃ CHClF	$\begin{array}{c} \text{F} \quad \text{Cl} \\ \quad \\ \text{F}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{F} \quad \text{F} \end{array}$	" (9.5%)
Isopropenyl-1-Methyl Cyclohexene	NAF-XX	C ₁₀ H ₁₆	$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \\ \text{Cyclohexene ring} \end{array}$	저독성첨가제 (3.75%)

NAF S-Ⅲ는 할로젠 원자와 수소가 치환된 탄화수소 화합물로서 HCFC-22, 123, 124와 저독성 첨가제 NAF-XX로 이루어진 혼합 소화제이다.

다. NAF S-Ⅲ와 할론 1301의 물리적 성질 비교

<표 6-2> 물리적 성질 비교

물 성	NAF S-Ⅲ	Halon 1301
성상(Appearance)	액 체	액 체
용융점(M.P, °C)	< -100	-168
끓는점(B.P, at 1기압, °C)	-38.3	-57.75
분자량(Mwt)	92.90	148.95
용해도(물, 25°C, wt %)	0.08	0.03
대기중 수명(年)	7	107
액체점도(Centipoise, 25°C)	0.21	0.159
오존파괴지수(ODP)	0.044	10~17
지구온난화지수(GWP)	0.1	0.80
독성치(LC ₅₀ , 쥐, 4시간, ppm)	320~640,000	400~800,000
임계온도(°C)	125	67
임계압력(bar)	66.5	67.0
밀도(25°C, g/ml)	1.20	1.57
증발열(KJ/kg)	227	118.8

위 표에서 NAF S-Ⅲ의 끓는점은 -38.3°C이며 -40°C에서의 증기압은 0.93기압이다. 그러므로 NAF S-Ⅲ가 미세구멍을 통해 안개의 형태로 분사되어 나올때 -40°C이하의 온도에서도 기화되는 현상은 발생하지 않으리라 생각된다.

또 NAF S-Ⅲ의 비중은 1.2인 반면에 할론의 비중은 1.57이므로 NAF S-Ⅲ의 액체농도는 할론보다 낮다. 따라서 NAF S-Ⅲ는 보다 낮은 충전농도를 필요로 하고 있다. 일반적으로 NAF S-Ⅲ를 최대의 충전농도로 탱크에 저장되어 있는 할론 1301을 대신 사용하게 될 경우 아주 적은 량의 NAF S-Ⅲ의 추가적인 탱크만 사

용하면 될 것이다.

즉, 액체의 밀도는 1.57/1.2로서 약 30%정도의 크기로 용적을 맞추면 할론 1301의량을 충당시킬 수 있게 된다.

이 NAF S-Ⅲ의 전기 전도성은 없어서 전기전선에 접촉하여도 안전한 반응을 보이고 있다. 또한 이 물질은 연소성도 없어 소화시 자체로서의 안전성도 보장된다.

(1) 오존파괴지수(ODP)

NAF S-Ⅲ는 콜롬비아 연구소와 니우멕시코 공학연구소(NMERI, New Mexico Engineering Research Institute)에 의해 확인된 값이 표에서 보듯이 매우 낮은 값으로 0.044에 불과한 값이다.

따라서 할론 1301의 ODP값과 비교하면 무려 227배에서 386배나 낮은 오존층을 파괴하게 되어 지구 성층권에 존재하는 오존가스를 보호하게 된다.

(2) 지구온난화지수(GWP)

영국 콜롬비아 연구소의 연구결과 발표된 수치는 할론 1301의 값은 0.8에 비하여 NAF S-Ⅲ의 값은 0.1에 불과하여 8배만큼의 더좋은 효율을 가지고 있는 것으로 나타나고 있다. 따라서 상술한 NAF S-Ⅲ의 물리적 특성을 할론 1301과 비교한 표에 따르면 NAF S-Ⅲ는 전 세계적으로 물량에 제한없이 사용이 가능하다.

이상에서 언급한 지구온난화지수(GWP)와 오존파괴지수(ODP)를 알기 위한 계산방법에 대해서 지구를 둘러싸고 있는 복잡한 대기와 기후변화에 따라 달라지기 때문에 항상 논란의 대상이 되고 있는 수치이다. 그러나 최근 Du pont연구소에서는 비교할 수 있는 가능한 모델을 가지고 연구한 결과치로는 ODP와 GWP의 수치는 다음 표와 같이 요약할 수 있다. 이 수치는 NAF 믹서(mixer)의 각 구성물의 수치를 기초하여 정해진 결과이다.

<표 6-3> NAF S-Ⅲ의 각 구성물질의 ODP 및 GWP 지수표

구 성 물 질	오존파괴지수(ODP)	지구온난화지수(GWP)
HCFC 22	0.05	0.36
HCFC 123	0.02	0.02
HCFC 124	0.02	0.10
NAF S-Ⅲ	0.044	0.031

라. 독성(Toxicity)

(1) 인체에 미치는 영향

쥐의 실험을 통한 NAF S-Ⅲ의 치사농도(LC₅₀)는 640,000ppm에서 4시간 동안 노출해야 위급한 상황으로 직면하게 되므로 안전하다고 평가된다.

NAF S-Ⅲ 자체물질은 위험성이 없어 감지할 수 있는 냄새를 쉽게 맡을 수 있어 위험농도에 이르기 전에 피하거나 이 물질을 제거시켜야 하는 시간을 정확히 알 수 있는 장점이 있다. 우리 인간 대다수는 낮은 농도에서는 잠시동안 노출되더라도 건강상이나 안전상에 위험요소가 없지만 할론 1301과 같이 높은 농도에서 장시간 노출된다면 현기증이나 심장박동과 같은 장기에 균형이 깨질 우려가 있다.

(2) 심장감지도(Cardiac Sensitization)

1971년 Reinhardt 등이 캐나다 몬트리올에 있는 생화학연구소에서 실험한 결과에 따르면 NAF S-Ⅲ의 설정된 소화농도는 8.6%(실제 소화농도 7.6%)이었다. 그러나 실제실험은 10%농도에서 시행되었으며 이 값은 미국환경처(EPA)가 요구하는 약물학적 원칙과 방법을 적용하여 실행한 것이며 그 결과에 따르면 실제 NAF S-Ⅲ의 NOAEL과 LOAEL의 값은 10%보다 더 높았다. 측정결과는 양호함을 나타내고 있다.

<표 6-4> NAF S-III에 첨가제를 가했을 때와 가하지 않았을 때
분해산물의 비교값

분 해 가 스 명	중 량	NAF-XX		WBC 8시간(한계)
		첨가제 ○	첨가제 ×	
염화수소 (HCl)	ppm	1.6	5.4	5
	mg/m'	2.5	8.2	7
불 소 (F ₂)	ppm	2.6	13.4	1
	mg/m'	4.1	21.1	2
염 소 (Cl ₂)	ppm	0.2	0.8	1
	mg/m'	0.5	2.2	3
포 스 겐 (COCl ₂)	ppm	0.02이하	0.15	0.1
	mg/m'	0.09이하	0.60	0.4

위 표에서 알 수 있듯이 위험지역에 관계없이 분해시의 부산물(decomposition byproduct)은 작업보상국(Worker's Compensation Board)이 제한하는 8시간을 넘지 않는다는 것을 알 수 있다.

또한 NAF S-III 소화제가 고온의 불길에 노출되었을 때 NAF-XX에 의해 독성이 있는 분해가스를 감소시켜 주므로 실제 나오는 양은 아주 적은 값을 보이는데 이유는 저독성 촉매(NAF-XX)가 대기중에서 할로젠화된 독성물질을 비활성화시키므로 독성물질을 제거시켜 주기 때문이다.

<표 6-5>는 NAF S-Ⅲ의 위험농도 수위를 나타낸 값이다.

<표 6-5> NAF S-Ⅲ의 위험농도 수위

노출형태	농도(대기중 부피비, %)	최대노출허용시간
일반밀폐공간	10% 이하	2 분
	10~15%	1 분
	16~20%	30 초

<표 6-6> NAF S-Ⅲ의 각 구성물 치사농도 (LC₅₀)

구 성 물	치 사 농 도 (%)
HCFC- 22	79
HCFC-123	8.5
HCFC-124	57
NAF S-Ⅲ	64

NAF S-Ⅲ의 50% 치사농도(LC₅₀)는 각 구성물의 치사농도를 상호 무게 평균으로 계산한 값이다.

마. 기타 대체품의 평가

(1) 이산화탄소(CO₂)

이 가스는 공기보다 밀도가 크기 때문에 대기에 분사되면 공기를 하단으로 밀어내면서 산소를 차단시키는 소위 물리적인 원리로서 소화하게 되는 물질이므로 많은 양을 사용해야하는 단점이 있을 뿐만 아니라 냄새도 없고 색상도 인지할 수 없어 사용자가 위험의 정도를 인지할 수 없으므로 산소결핍증세 즉, 질식의 위험성을 가지고 있고 만일 분위기가 밀폐되어 있는 장소라면 사용자에게 치명적인 타격

을 줄 수도 있다. 예를 들어 이산화탄소 가스로 가솔린 화재를 진압하기 위해서는 약 34%이상의 농도를 사용해야 소화가 가능한데 실제 9% 이상에서는 사용자가 의식불명이 될 수도 있고 20%이상에서는 사망할 수도 있어 매우 위험한 소화제이다.

또한 이 가스는 할론(1301)이나 NAF S-Ⅲ와 같은 소화제에 비해 비중이 크기 때문에 소화능력을 발휘하기 위해서는 약 5배 이상의량을 사용해야 하므로 이 가스로 대체하려면 할론 1301 설비를 모두 교체해야 하므로 새로운 장치설비의 비용이 많이 들게 되므로 매우 비경제적이라 하겠다.

이산화탄소는 우리 인간에게 매우 위험한 물질이므로 사용하기 전에 알리는 경보시스템을 이용하여 알려야 되므로 위험한 화재지역으로 부터 안전한 지역으로 대피시키기 위해서는 소화를 위한 가스 방출시기를 좀 늦추어야 하기 때문에 화재 즉시 조기진압에 문제점이 있는 단점이 있다.

(2) 분말 및 포말 소화제

분말(Powder)로 된 소화약제는 화재가 발생하고 있는 주변지역에서 사람의 호흡을 곤란하게 할뿐만 아니라 부식성도 가지고 있어 사용자들에게 매우 자극성 물질로 해를 주게 되며 또한 주위환경 시야를 흐리게 하고 화재주변 장소의 모든 시설 및 장비의 재사용을 불가능하게 하거나 기능까지도 저하시키게 되는 단점을 가지고 있다.

한편 포말(foam) 소화제는 특히 미생물(Microbiology)분해가 되지 않아 하천이나 바다에 유입되면 모든 미생물 및 생물체에 치명적인 독성을 주게 되어 매우 해로운 결과를 초래하게 된다.

(3) FM-200

이 대체소화약제는 소화시키기 위해 추가로 더 많은량을 필요하기 때문에 용기 및 기타 설비를 교체해야 하므로 비용도 더 들게 되지만 여러가지 장점이 있어 매

우 적합한 소화제로 판단된다.

바. NAF S-Ⅲ의 소화원리

NAF 소화제는 전역방출식이나 운반용방식 소화기 모두에 적용할 때 액체화된 가스를 사용하게 된다. 전역방출식에 사용되는 소화제는 일반 운반용식 소화기보다도 낮은 비점을 갖는다. NAF 소화제는 할론 소화제와 같이 깨끗한 소화제로서 독성이 없고 비전도성이다. 서론에서도 언급했듯이 NAF S-Ⅲ 소화제는 하이드로카본 화합물에 할로겐원자가 치환된 할로카본(Halocarbon) 화합물로서 할론 1301, 1211 및 2402와 같은 할로카본 소화제에는 브롬원자를 함유하고 있으나 이 NAF 소화제는 브롬대신 염소와 불소 원자만을 가지고 있어 오존파괴지수 및 지구온난화 효과가 매우 낮은 실험치를 보이고 있어 매우 유리하다.

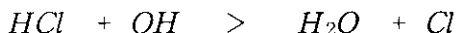
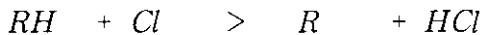
일반적으로 할론겐화된 소화제의 소화원리는 완전히 밝혀지지는 않았지만 그 소화원리는 물리화학적 요인이 있다는 것은 분명하다. 이 NAF 소화제가 소화시키는 원리는 물리적 현상으로 주로 화염으로부터 열(Heat)을 제거시키는데 있으며 운반용 소화기에서는 산소의 양을 감소시키므로 소화작용을 한다고 본다.

NAF 소화제는 화염으로부터 열을 빼앗는 역할을 한다. 이 약제 자체가 높은 열용량(Heat capacity)을 가지고 있으므로 화염의 높은 온도에서 열을 흡수하게 되어 화염의 온도를 내리게 하여 온도를 식히게 한다. 또한 NAF는 높은 기화열(Heat of Vaporization)을 가지고 있으므로 저장탱크 액상에서 밖으로 기화할 때 화염으로부터 온도를 빼앗게 된다. 뿐만 아니라 NAF가 분해되어 결합이 단절될 때 필요한 에너지를 화염으로부터 흡수하게 되어 화염의 온도를 down시키게 된다. 그러므로 화염이 일정온도 이하로 내려갈 때 불길은 더이상 탈 수 없게 되어 마침내는 꺼지게 된다.

화학적인 소화원리로는 특정원자나 원자단의 고리를 단절시키는 것을 생각해야

된다. 화염속에 대부분의 반응할 수 있는 종류는 산소원자(O), 수소원자(H) 및 수산화기(OH)로 간주된다. 어떤 화재조건하에서 NAF는 분해되어 염소원자를 만들고 이 염소원자는 화염속에서 화학반응을 일으켜 결과적으로 화재를 방해하게 되어 진압된다고 생각한다.

화학반응식으로 소화원리를 살펴보면 다음과 같다.



여기는 R group은 「유기물 분자」이다. 이러한 화학식 반응은 화염속에서 매우 반응성이 강한 수산화기(OH)를 제거시킨 다음 반응성이 비교적 약한 유기물 분자(R)기로 치환시키며 동시에 수산화기(OH)를 더 많이 제거할 수 있는 염소(Cl)기를 재생시키므로 소화할 수 있는 것이다.

다른 이론적인 설명은 원자단보다도 이온(Ion)에 기초를 두고 있다. 이 이론에 따르면 산소이온이 하이드로카본 분자가 이온화되어 생성된 전자를 포착하여 연소하게 되어 화재가 발생하게 되는데 NAF S-III의 분자내에는 염소나 불소가 존재하여 이들 원자들을 산소보다더 전기음성도가 커서 이온화된 산소에서 전자를 쉽게 빼앗을 수 있어 화재를 진압하게 되는 것이다.

상기에 언급한 두가지 화학적 소화원리는 화염속에서 일어나는 현상으로 간주되며 사실상 NAF S-III 소화제는 이들 두가지 반응원리 외에 추가적으로 또다른 반응원리도 함께 작용하여 소화를 시키게 된다고 생각된다.

화염이 소화되는 물리화학적 원리는 완전하게 이해되지 않고 있다. 그러나 NAF 소화제는 기존의 할론 소화제보다 물리적 원리에 의존되고 있으나 화학적

원리도 중요한 역할을 담당하고 있다는 것을 알아야 할 것이다.

2. NAF S-III의 물성, 소화능력, 독성 등의 시험결과

가. 물 성

단일물질의 물성치는 간단한 실험실적 방법으로 결정할 수 있으나 혼합물질에 있어서는 그렇지 않고 화학적 이론을 바탕으로 결정된다. 즉 구성물질의 개별수치는 다양한 연구를 통하거나 이론적인 계산에 의해 가능하다. 이 모든 결과를 정확하게 얻기 위해 사용된 방법들은 이미 증명된 표준치나 기타 방법에 의해 실증된 값들이라는 것을 알려둔다.

(1) 분자량(Molecular weight)

NAF S-III의 분자량은 단일물질이 아니므로 그 혼합물의 구성물질의 몰분율에 의해 각개의 분자량을 합하여 계산하였다. 몰분율 배합은 순수 구성물의 각개 무게율을 가지고 계산할 수 있다.

(2) 끓는점(Boiling point)

정상 대기압(1기압)에서의 끓는점은 그물질의 증기압이 대기압과 같아질 때의 온도이다. 이 값은 <표 6-8>에서 NAF S-III에 대한 온도대비 압력표로 부터 쉽게 알 수 있다.

(3) 어는점(Freezing point)

NAF S-III는 혼합물이므로 각개 구성물질의 제일 낮은 어는점을 실험적으로 측정하기는 불가능하다. 끓는점과는 다르게 어는점은 증기압과 같은 수치를 이용하여 측정할 수도 없다. 따라서 실제 각개 구성물질의 개별 어는점은 실제치를 정확히 측정할 수 없으므로 어는점은 그 혼합물의 최대값을 취하게 된다.

이것을 어떤 한 물질의 가장 높은 어는점을 말하는데 HCFC-123의 그 값은 -107°C 이다. 그러므로 이 혼합물의 어는점은 이 값보다는 적을 것이라 생각된다.

(4) 임계온도(Critical Temperature)⁽²⁵⁾

어떤 혼합물질의 임계온도는 각개 순수 구성물 임계온도의 평균 물분율은 아니다. 특히 NAF S-III의 경우에는 세종류의 HCFC 외에 소량의 NAF-XX 물질은 전체 혼합물중에 극미량을 점유하고 있으므로 측정된 수치중에서 아주 적은 영향을 미치게 된다. 따라서 이 NAF-XX는 혼합물 전체에 비해 분자의 상호작용은 일어나지 않는다는 가정을 하였다. 왜냐하면 세종류의 구성물을 유사하다고 본다면 이 가정은 합리적이라 간주된다. 실제 측정된 임계온도의 4%이내에서 임계온도가 측정되었다.

(5) 임계부피(Critical Volume)

실험적으로 임계부피를 결정하는데 난점은 신뢰할 수 있고 정확한 측정방법을 개발하는 것이다. 혼합물의 임계부피를 정확히 알기 위해서는 각 구성물질들의 화학적 성질을 정확히 파악해야 한다.

(6) 임계압력(Critical pressure)

임계온도와 임계부피의 정확한 측정은 임계압력의 측정을 할 수 있도록 한다. 지금까지 믿을만한 정밀하고 정확한 임계압력의 측정모델은 개발되지 않았으나 본 실험으로 얻어진 값은 거의 타당한 것으로 간주된다.

(7) 임계밀도(Critical Density)

이 값은 혼합물의 임계부피(V_c)와 분자량에 의해 쉽게 계산된다. 즉 분자량을 임계부피로 나누어주면 임계밀도 값이 나오게 된다.

(8) 액체밀도(Liquid Density, 25°C 에서)

Reid 등에 의하면 액체혼합물의 각개 구성물질이 크게 다르지 않는 경우에는 적당한 압력하에서 Amat법측을 적용하면 된다.

(9) 증기밀도(Vapor Density, 비점에서)

NAF S-Ⅲ의 혼합물에서 NAF-XX의 증기압은 무시할 만큼 낮으나 세종류의 혼합물은 이상적으로 잘 용해되어 있는 상태이다. 그러므로 포화증기상태의 물분을 구성비를 구할 수 있었다.

(10) 액체비열(Specific Heat of Liquid, 25°C에서)

이 물리적 특성은 두가지를 가정하에서 점검한다. 즉 혼합물은 이상적으로 잘 용해되며 온도의 영향은 무시해도 된다. 즉 열의 용량은 특히 온도에 큰 영향을 미치지 않는다. 따라서 5°C이상에서의 열용량은 무시해도 된다.

(11) 증기열(비점에서)

혼합물질의 물성치 평가는 순수한 물질을 평가하는 것처럼 잘 발달있지 않다. 물성치를 평가하는 가장 좋은 방법은 Clausius-Clapeyron 공식을 이용하는 것으로 이때에 증기열은 온도에 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 알아야 한다. 증기압과 온도에 관한 Semi-logarithmic plot를 이용하여 선형관계곡선을 이용하면 증기열을 측정할 수 있다.

(12) 점도(Viscosity, 25°C에서)⁽²⁶⁾

Reid 등 발표한 내용으로는 액체 혼합물의 저온점성도는 액체구성성분 각개의 물분율과 그 점성도들의 자연 log를 이용하여 계산한다고 하였다. 각개 Freon에 대한 25°C에서의 점성도는 계산할 수 있으나 NAF-XX에 대한 점성도는 계산할 수 없다.

(13) NAF S-Ⅲ의 용해도(25°C, 물)

혼합물 각개의 구성물질은 수용액에서 자신의 용해도를 가질 것이다. 문제는 각개의 구성물질의 함량에 대한 합리적인 계산으로 값을 얻을 수 있느냐 하는 것이다. 혼합물의 용해특성은 그 순수 구성물질의 상호작용에 의해 영향을 받을 수 있다. NAF-XX는 물에 대한 용해성을 갖고 있지 않으나 Freon에 대한 용해도는 계산이 가능하다.

(14) NAF S-Ⅲ속에서의 물의 용해도

물속에서의 NAF S-Ⅲ의 용해도는 NAF S-Ⅲ속에서의 물의 용해도 보다 크다. NAF S-Ⅲ의 물성치를 요약하면 <표 6-7>과 같다.

<표 6-7> NAF S-Ⅲ의 물성치

No.	물 성 종 류	수 치 값
(1)	분 자 량 (Molecular weight)	92.90
(2)	끓 는 점 (Boiling point, 1기압)	-38.3
(3)	어 는 점 (Freezing point)	< -107℃
(4)	임계온도 (Critical Temp.)	125℃
(5)	임계압력 (Critical Pressure)	66.5 bar
(6)	임계부피 (Critical Volume)	0.0017 m ³ /kg
(7)	임계밀도 (Critical Density)	580 kg/m ³
(8)	액체밀도 (25℃)	1.20 g/ml
(9)	증기밀도 (비점에서)	4.5 g/ℓ
(10)	액체비열 (25℃)	1.25 KJ/kg·℃
(11)	증 기 열 (비점에서)	227 KJ/kg·℃
(12)	점 도 (Viscosity, 25℃)	0.21 Centipoise
(13)	NAF S-Ⅲ의 용해도(25℃, 물)	0.84%(무게)
(14)	NAF S-Ⅲ속에서의 물의 용해도	0.12%(무게)

나. 소화능력 시험 결과

(1) 소규모 시험

이 소규모에 사용된 용적은 2.4m³ 정도에 합판으로 만들어서 중앙에는 약 1m 크기에 방호판을 양 측면과 평형하게 세웠다. 실제 시험은 0℃와 22℃에서 소화기를 가지고 실시하였다. 소화기 한편 구석에 방호판을 수직으로 세워 놓고 다른 구석과 방호판 뒤에 헵탄용기를 놓고 실시하였으며 또다른 시험은 소화기를 방호판 뒤에 수평으로 설치하고 모든 구석과 방호판의 다른 편에 헵탄 용기를 두고 실시하였다. 이들 용기(헵탄)는 최소한 30초 동안 불타게 한 후 소화하였다.

소화결과 NAF S-Ⅲ는 소화약제중단(Cease fire)과 공장폐쇄(Shutout unit) 두 가지 면에 있어서 또한 소화장소의 가운데와 구석부분 모두의 경우에 ULC 요구를 모두 만족시켜 주었다. ULC의 기준에 의하면 60초 이내에 모든 화재를 소화시켜야 한다.

(2) 최소소화설정 농도 시험

이 시험을 위한 용기(vessel)의 크기는 가로 6m, 세로 4.5m, 높이 4.0m 크기 공간(room)에 가솔린을 넣은 지름 7cm, 높이 11cm 크기에 용기를 여러개 설치하여 놓고 실시하였다. 이때의 시험조건으로는 내부온도는 19~24℃를 유지하여 NAF S-Ⅲ가 10초 이내에 방사되고 모든 화염이 소화될 때 그 결과는 성공적이라 볼 수 있는 것이다.

이때 최소설정소화 농도에 대한 시험에서는 300g/m³의 농도에서 20회 실시하였고 그보다 20% 더 많은 농도(360g/m³)에서도 5회 더 시험을 한 결과는 허용된 10초이내에서 모두다 소화를 시키는데 성공적이었으므로 만족한 결과를 얻었다.

다. 독성시험 결과

(1) NAF S-Ⅲ 소화제 분해산물 시험

시험은 평평한 상자속에서 실시하였다. 지름 6.5cm, 총면적 166cm²인 5개의 통에 헵탄을 넣고 상자의 각 구석과 방지판 뒤쪽 중앙에 1개를 설치하고 점화하였다. 이 불꽃을 1kg의 NAF S-Ⅲ를 가지고 소화시켰으며 NAF S-Ⅲ에 함유되어 있는 독성을 적게 하는 첨가제인 NAF-XX의 독성 효율을 평가하기 위하여 첫째 시험은 NAF-XX를 포함하여 소화시켰고 둘째로는 NAF-XX를 제거시킨 후 시험한 후 각 부산물 가스의량을 비교 측정하였다.

(2) 방사특성

NAF S-Ⅲ의 방사특성은 증기압에 의해 달라진다. 증기압이 높으면 저장용기내의 내용물을 방출시키기 위한 강한 추진력을 갖게 되며 또한 방출된 액체방울을 더 빨리 증발시키므로 많은 냉각효율을 갖게 된다. 실험을 통한 연구결과를 관찰하면 할론 1301용으로 설계된 파이프 시스템에도 NAF S-Ⅲ를 원형대로 적용하여 사용가능하다. 단지 NAF S-Ⅲ가 할론 1301보다 증발성이 크지 못하기 때문에 방사액의 방울크기를 더 적게 만들어 줄 수 있도록 방사노즐을 좀더 적게 만들어 주어야 한다. 이때 작은 액체 방울은 보다 큰 표면적을 가지므로 증발열을 더욱 증가시키게 된다.

<표 6-8>에서 볼 수 있듯이 NAF S-Ⅱ의 증기압은 할론 1301과 NAF S-Ⅲ의 증기압 중간에 값을 가지고 있다. 따라서 NAF S-Ⅲ는 Ⅱ보다 훨씬 높은 증기압을 가지고 있으므로 할론 1301을 사용하기 위한 시설물을 그대로 사용할 수도 있다.

<표 6-8> NAF S-III 및 II와 할론 1301의 증기압 비교

온 도 (°F)	증 기 압 (psig)		
	Halon 1301	NAF S-II	NAF S-III
-40	17.2	-7.1	-1.1
-30	24.8	-4.1	2.9
-20	33.9	-1.2	7.6
-10	44.3	2.3	13.3
0	56.4	6.5	20.1
10	70.3	11.5	28.1
20	86.0	17.3	37.4
30	103.8	24.0	48.2
40	123.8	31.8	60.5
50	146.2	40.8	74.6
60	171.2	50.9	90.3
70	199.0	62.5	108.3

3. NAF S-III 또는 HCFC Blend A 설비설치 요령

가. 개 요

이 소화제는 일반적으로 전기전자장치 설비 등의 잠재적인 화재의 위험을 방지하고자 하는 곳에 사용되는 소화제로서 투명하고 전기전도성이 없으며 대기압하에서는 가스상태이며 소화 후에 잔여물을 남기지 않으며 무색이고 부식성이 없다.

NAF S-III는 산화되거나 연소될 때 화염속에서 일어나는 근본적인 반응고리를

파괴시켜 소화제 성능을 발휘하게 되며 할론 1301과 같은 A급 내부화재보다는 가연성 액체 화재시 더욱 효과를 발휘한다. 효율적인 화재방지시스템을 갖추기 위해서는 화재조기 탐지기능과 보통 10초를 넘지 않는 가스의 빠른 방출시간과 화재의 재발을 방지하기 위한 충분한 가스의 정지시간을 유지해야 한다.

이 소화시스템의 핵심내용은 다음과 같다.

- (1) NAF S-III 소화제는 밀폐공간에서 표면화재를 순간 소화시킬 수 있는 능력을 가지고 있으므로 대기압하에서 기체상의 화학물질로 밀폐된 위험장소에서 특히 효과적이다. 20℃에서 8.6%의 농도이면 대부분 일반 화재를 진압할 수 있으며 최소소화농도에서 20%를 더 추가하면 부피에 대한 중량비로 360g/m³가 되는 것에 비해 할론 1301은 331g/m³이므로 무게비도 1:1.1배 정도 밖에 안된다.
- (2) 이 소화제는 고압용기에 저장해야 하며 때로는 신속하게 방출시키기 위해 불활성 가스인 질소(N₂)를 함께 혼합저장하는데 360 psi(24.8 bar) 혹은 600 psi(42 bar)의 압력하에서는 액체상태로 되어있다.
- (3) 시스템이 열려 작동이 시작되면 용기의 밸브가 열리고 질소가스가 소화액과 함께 분사되는데 노즐을 통한 방출비율이 높을수록 공기와의 혼합을 일정하게 만든다.
- (4) NAF S-III는 필요한 최소소화농도에 도달하도록 충분한 양이 방출되어야 하므로 각 노즐의 압력은 공기와의 혼합이 이루어지도록 유지되어야 한다.
- (5) 화재위험지역에 필요한 소화농도에 도달하기 위해서는 적절한 방향으로 설치되어야 한다.

나. 작업자의 안전

NAF S-III 소화제는 밀폐된 장소에서 사용될 경우에는 <표 6-5>와 같이 한계 시간의 범위를 반드시 준수해야 한다.

NAF S-III 소화제를 사용하는 사람은 건강이나 안전상 위험하지 않은 범위 내에서 짧은 시간 저농도에서 노출될 수 있는데 만일 고농도에서 장시간 노출될 경우에는 현기증, 근육마비, 심장장애 등을 일으킬 수도 있다.

또한 이 소화제는 독성은 적지만 상당한 량의 힘으로 방출되므로 위험요소를 갖고 있으며 더운 표면이나 화염의 접촉으로 분해되는 분해물에서 나올 수 있는 독성의 위험이 나타나기도 한다. 따라서 분해산물은 물질을 부식시키는 성질을 가지고 있다.

여기서 방출될 때 위험요소를 요약하면 다음과 같다.

(1) 소음

NAF S-III가 방출할 때는 사용자를 놀라게 할 정도로 큰 소음이 난다. 그러나 외상을 입힐 만큼 심각한 상태는 아니다.

(2) 진동

이 소화제가 방출되어 사용될 때 강한 분사력에 의한 진동이 생길 수 있어 천정의 타일 같은 물체가 낙하할 수 있어 그러한 대상물질은 탄탄하게 고정시켜 진동시에도 떨어지지 않도록 주변환경을 완벽히 해야 할 것으로 간주된다.

(3) 온도하강

NAF S-III 소화제가 분사될 때 직접 접촉하게 되면 접촉물질을 급속히 냉각시키게 된다. 따라서 사람의 피부에 접촉할 경우에는 동상에 걸릴수도 있다.

그러나 일단 방사되어 공기와 혼합되면 즉시 증발이 일어나서 그러한 위험은 방

출되는 노즐 부근에서만 발생될 수 있다.

다. 시스템 디자인

(1) NAF S-Ⅲ 사용할 수 있는 곳

밀폐된 방이나 용기 및 저장탱크 등지에서 사용가능하고 밀폐되고 고정된 장소에서 화재를 예방하기 위해 사용할 수 있고 NFPA(미국방제협회)에서 규정한 A, B, C급 화재 모두에 사용가능하다.

그러나 가스가 누출되는 B급 화재에서는 매우 주의하여 사용해야 한다.

또한 잠재적인 위험이 야기될지도 모르지만 다음과 같은 장소에서는 매우 유익하게 사용된다.

- 화학작용이 없고 비전도성인 장소
- 매개체를 없앨 경우 문제가 되는 장소
- 무게나 공간이 소화력의 한 요소가 되는 장소
- 사람의 안전을 보장하기 어려운 장소
- 다른 소화제보다는 설치하기에 경제적이고 효과적인 장소

예를 들면 컴퓨터실, 변압기, 오일스위치기어, 통제실, 연구실, 전자장비, 엔진실, 단파라디오중계국, 가연성액화저장소, 통신장비구역, 비대체성원료 등이 있다.

(2) NAF S-Ⅲ 사용할 수 없는 곳

질산염이나 화약류가 혼합된 화학물질, 즉 공기가 차단될 경우엔 급격히 산화작용을 일으킬 수 있다.

- 소듐(Na), 칼륨(K), 마그네슘(Mg), 티타늄(Ti), 지르코늄(Gr), 우라늄(U), 프로토늄(Po)과 같은 반응성이 강한 금속류
- 금속수소화합물(MH)

- 자동으로 열분해를 일으키는 유기과산화물이나 하이드라진
- 백린(P)이나 유기금속화합물 등의 자연발화물질
- 산화제류

NAF S-Ⅲ 소화제가 폭발잠재성이 있는 곳으로 방출될 경우에 대비하여 경고 표시를 해야 한다.

할론 1301이나 NAF S-Ⅲ와 같은 액화가스가 방출할 때는 지하로 접지 되지 않는 도체에는 정전기가 발생할 수도 있다. 왜냐하면 이 도체는 다른 물체에 방전되면서 폭발을 야기할 수 있는 전기적 스파크(spark)현상을 일으킬 수도 있기 때문이다.

화재 깊은 곳을 소화시키기 위해 NAF S-Ⅲ는 고농도를 유지해야 하며 동시에 가스정체시간을 충분히 가져야 한다. 이러한 화재종류에는 NAF S-Ⅲ를 사용치 않도록 권유된다. 왜냐하면 고농도를 유지하기 위해서는 많은 량의 소화약제를 써야 하므로 비경제적이고 사용자에게 위험성이 있고 또한 부식성이 있는 분해산물이 생성되기 때문이다.

여기서 심부화재 A급이란 물체가 쉽게 타지 않고 그을리면서 서서히 타는 화재로서 즉시 소화되지 않고 화재에 필요한 산소나 가연물이 모두 소진되 버리거나 가연물의 표면온도가 아주 낮아 산화반응이 일어나지 않을 때만 소화가 가능하다.

NAF S-Ⅲ 소화제를 사용하면 심부화재에 화염을 소화할 수 있어 불길의 속도를 감소시킬 수 있다. 소화액의 량은 가연물의 종류와 그 입자의 크기, 밀폐방호지역에서의 분산정도 및 연소시간 등에 따라 결정된다.

NAF S-Ⅲ는 사용자가 소화액 흡입에 노출되지 않는 완전히 밀폐되지 않는 방호지역의 심부 A급 화재에 사용할 수 있다. 이와 같은 A급 화재는 NAF S-Ⅲ의 소화농도는 25% 정도 필요하며 화재의 정도가 크고 소화액의 방사가 지연되는 곳

에서는 A급 가연물 화재가 심부화재로 될 수 있어 이때는 쉽게 소화되지 않을 것이다. 또한 인화성 섬유 등이 누적된 있는 곳의 심부화재는 NAF S-Ⅲ가 사용되어서는 안될 것이다.

(3) Engineered 시스템과 Pre-engineered 시스템의 비교

NAF S-Ⅲ는 engineered와 Pre-engineered 시스템 모두에 적합하다. [그림 6-1]과 [그림 6-2]에서 같은 전제하에 이 두 시스템에 관해 그림으로 보여주고 있다.

(가) 또는 중앙저장시스템

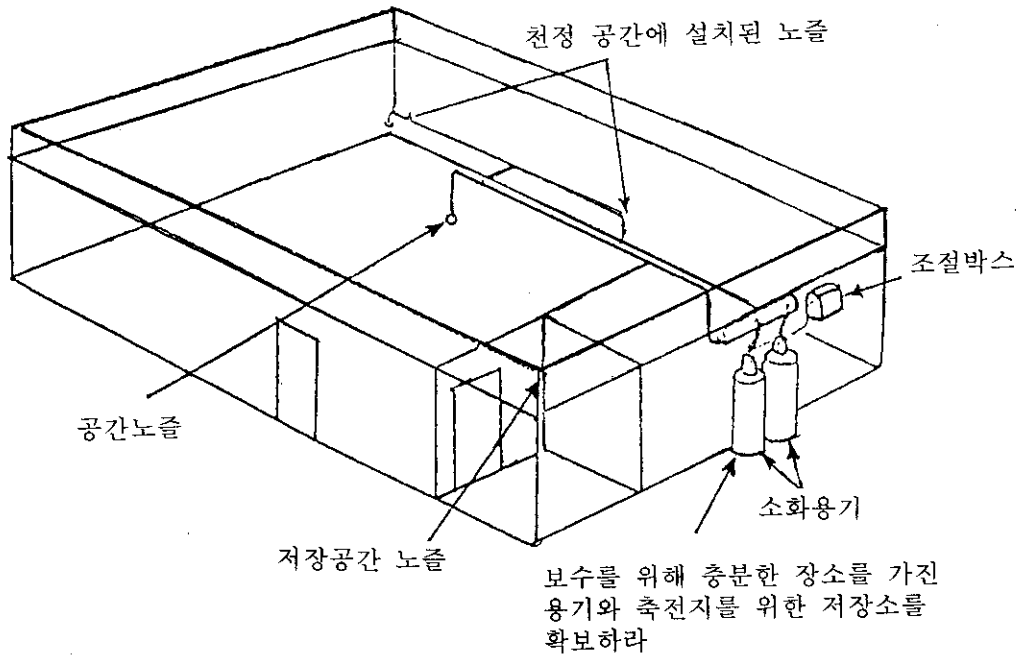
engineered 시스템은 중앙에 저장용기들을 설치하며 이들 용기는 함께 연결되어 있으며 하나의 파이프 라인을 통해 발화지역에 설치되어 있는 노즐로 소화액을 공급해 주는 방법이다. 이러한 방법의 경우에는 여기에 사용하는 NAF S-Ⅲ와 방출압력을 더 높이 걸어주는 질소가스 모두를 고려하여 파이프의 압력의 손실율과 노즐의 오리피스 크기를 계산하기 위해 아주 복잡한 계산과정을 거쳐야 한다.

그러나 방화지역의 내부온도의 최대 및 최소치와 필요한 소화농도, 압력수정, 그리고 노즐의 크기 등을 동시에 고려하여 계산할 수 있는 컴퓨터 프로그램이 개발되어 있기 때문에 쉽게 필요한 수치를 계산하여 수요자에게 공급할 수 있다.[그림 6'-1]

(나) Pre-engineered 시스템

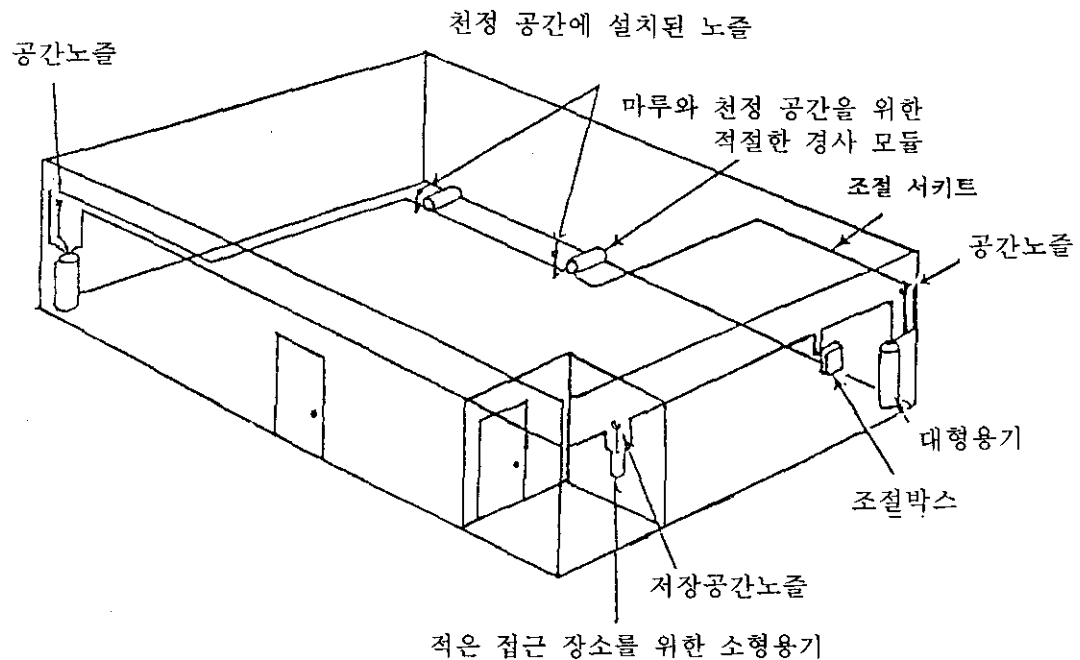
Pre-engineered시스템은 중앙저장방식이 아니라 하나의 저장용기에 작은 파이프 라인에 최대 2개의 노즐을 연결시켜 필요한 장소에 설치하는 것으로 넓은 방화지역에 이러한 장치를 여러군데 장치하는 방식이다.[그림 6-2]

(4) 안전장치



[그림 6-1] 전형적 엔지니어드 NAF S-III 시스템

- 본 시스템은 프리엔지니어드 시스템보다 더 많이 응용된다.
- 공간에서 분리 분출이 가능하다.



[그림 6-2] 전형적 프리 엔지니어드 NAF S-III 시스템

할론 1301과 마찬가지로 NAF S-III를 사용하기 위해서는 사람의 안전을 보호가 위해서 NAF S-III의 방출시나 그 소화액의 열적분해 부산물 등에 대한 필요한 안전장치를 설치해야 한다. 다음에 제시되고 있는 내용은 미국의 NFPA와 ISODP 7075에 나와있는 것으로서 필요한 안전장치 및 그 단계를 보여주고 있다.

(가) NAF S-III 시스템이 설치되어 있는 방호지역의 입구와 내부에 경고표시 및 설명서를 표시. 이 설명서에는 위험에 대한 내용도 함께 포함되어야 한다.

(나) NAF S-III의 방출로부터 사람들이 안전하게 대피할 수 있는 여유시간

확보

(다) 방호지역내에서 화재감지 후 즉시 작동할 수 있는 경보장치

(라) 소화완료후 화재장소의 대기가 정상으로 되돌아 올 때까지 화재지역의 입구에 계속적인 경보장치

(마) 모든 NAF S-III 저장실의 문을 안에서 밖으로 열 수 있도록 설계되어 있는 출구문

(바) 방호지역의 출구에 자동으로 닫힐 수 있는 여닫이 문

(사) 즉각적인 통풍장치. NAF S-III 및 공기와 혼합된 NAF S-III는 공기보다 무겁기 때문에 다른 장소로 흘러들지 않도록 제거할 수 있는 강제 통풍장치가 요구된다.

(아) 안전점검 및 기타 보수 수리시의 알람 해제 장치

(자) 기타 특수상황에 대한 안전장치

(차) 방호지역 내지는 근접지역의 관련 사람들에게 대한 교육 및 훈련

(카) 사람들이 화재발생시 그 지역에서 탈출할 수 있는 통로 및 출구

(타) 안전한 탈출을 위한 비상등 및 지시표시 설치

(파) 발화지역에서 NAF S-III가 완전히 없어질 때까지 흡연 금지

(하) 화재발생시 사고 장소에서의 의식불명자 등에 대한 구출 훈련

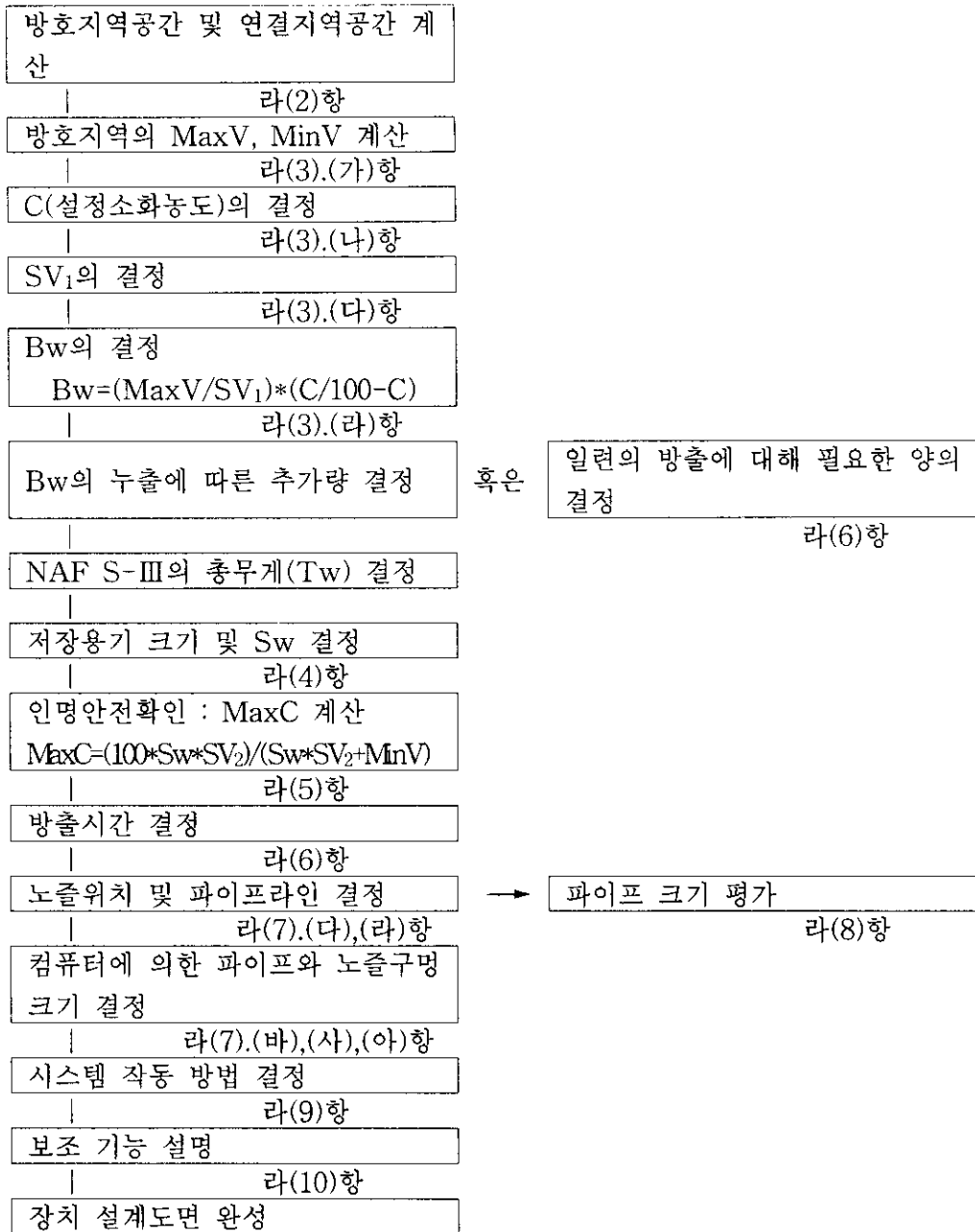
라. 디자인 과정

다음에 보여주는 도표 라.는 engineered NAF S-III 시스템의 디자인 과정을 보여주고 있다. 이때의 열역학적 고려사항은 할론 1301과 유사하다.

(1) 약어

- Bw = 최소 온도에서 설정한 소화농도를 얻기 위해 필요한 NAF S-Ⅲ의 무게
- Tw = kg 단위로 표시한 NAF S-Ⅲ의 총량
- Sw = NAF S-Ⅲ의 저장되어 있는 무게
- SV₁ = 발화 지역내의 최저 내부온도에서 최대로 가열된 NAF S-Ⅲ 증기의 비례 부피. 단위는 m³/kg(혹은 ft³/lb)
- SV₂ = 발화 지역내의 최고 내부온도에서 최대로 가열된 NAF S-Ⅲ 증기의 비례 부피. 단위는 m³/kg(혹은 ft³/lb)
- C = 화재의 소화를 위해 필요하다고 설정한 NAF S-Ⅲ의 소화농도 단위는 부피에 대한 %로 표시
- MaxC = 얻어질 수 있는 최대의 소화농도. 부피에 대한 %로 표시
- MinV = 방호지역의 최소 순공간 체적. 단위는 m³ 또는 ft³
- MaxV = 방호지역의 최소 순공간 체적. 단위는 m³ 또는 ft³
- F = 도표 라(3). (나)와 관련하여 주어진 온도에서 8.6%의 소화농도로 NAF S-Ⅲ를 제공할 때 방호지역의 1m³당 그 무게.

<표 6-9> Engineered NAF S-III 시스템의 디자인 흐름도



(2) 필요한 자료

시스템을 디자인하기 전에 내용의 정보가 필요하다. 정확한 정보를 얻기 위해서 장소에 대한 조사를 한다 하더라도 항상 정확하게 필요한 정보를 얻을 수 있는 것만은 아니다. 특히 새로운 건축물에 대해서는 더욱 그렇다. 방호장비를 설치하는 장소에 대한 조사를 하지 못할 경우에는 건물의 정확한 설계도와 고객과의 토론을 통해서 필요한 정보를 획득해야 한다. 이때 정확한 정보가 아주 중요하다는 사실을 명심해야 한다.

(가) 방호지역의 정확한 치수 -건물의 높이, 길이, 넓이- 이는 방호지역의 체적을 계산하기 위한 것이다.

(나) 불연성이거나 침투성이 없거나 또는 움직일 수 없는 대상물의 체적. (예: 기둥, 들보, 저장탱크 등) 이러한 대상물들은 방호공간을 줄여준다.

(다) 방호지역의 주요 장비들(예: 기계류, 전기 장치실, 저장상사 등)

(라) 방호지역내에서 사용되거나 저장되는 원료의 목록

(마) 방호지역내의 최대, 최소 온도

(바) 방호지역내에서 단혀지지 않는 개구부의 위치와 크기

(사) 방호지역내에서 화재발생시 작동중지 되지 않는 개구부의 위치와 크기

(아) 방호지역내에 있는 고압공기탱크 등의 공간. 예를 들면 선박의 엔진실 등에서 볼 수 있는 공기탱크 등을 들 수 있는데 그 용량과 작용압력이 정확하게 알려져야만 한다. 이런 탱크가 화재시 파손되어 화재구역내의 공기양을 더 높여 줄 수 있기 때문이다.

(자) NAF S-III용기를 설치하려는 정확한 장소. 만약 이 장소가 설치하기에 적당하지 않을 경우를 대비해서 다른 파이프 설계가 가능한 제2의 장소를 함께 결정한다.

(차) 만약 NAF S-Ⅲ 저장용기의 저장창고가 방호지역과 다르다면 그 저장창고의 최소, 최대 온도

(카) 방호지역이 보통 밀폐되어지는지 아닌지의 여부

(타) 발전기나 팬(fan) 등의 정지시간과 자동비살문창의 폐쇄시간

(3) NAF S-Ⅲ의 사용량 계산

(가) 방호지역의 순 체적(MaxV)을 계산하라

공식 : 방호공간의 총 공간에서 라.(2).(나)항에서 설명한 침투성이 없거나 움적일 수 없는 대상물의 체적을 빼고 다시 라.(2).(아)항에서 설명한 공기저장통 등의 부피를 더한 값.

저장실이나 창고 같은 방호지역에서는 방호지역체적이 상당히 달라질 수 있는데 이때는 반드시 저장한 물건의 양에 따라 최소, 최대 체적이 계산되어야 한다. 최대 체적의 정보는 소화농도를 만들기 위해 필요한 NAF S-Ⅲ의 양을 결정하기 위한 것이며, 최소 체적의 정보는 사람의 안전의 목적상 최대설정 소화농도를 정하기 위한 것이다.

(나) 방호지역내에 저장하거나 사용하는 원료의 화재나 또는 그 기대되는 화재의 유형에 맞는 NAF S-Ⅲ의 소화농도를 결정하라.

이때, 방호지역의 밀폐 상태에서 창문틀이나 문의 틈새를 통해 누출이 있을 수 있는 점을 충분히 감안해야 한다.

(다) 방호지역내의 기대되는 최소온도에서의 NAF S-Ⅲ의 비체적비를 계산하라.(〈표 6-9〉 라.(3).(가)항)

이 증기 비례 부피는 설정 소화농도를 형성하는데 필요한 NAF S-Ⅲ의 최대 양을 결정하기 위한 것이다.

(라) 설정 소화농도를 형성하기 위해 필요한 NAF S-Ⅲ의 기본 양을 계산하

는데 사용하는 공식은 다음과 같다.

$$Bw = (MaxV / SV_1) * (C / (100 - C))$$

이 공식에 의해 계산된 수치는 폐쇄될 수 없는 개구부나 작동중지 될 수 없는 통풍장치나 해수면보다 높거나 낮은 고도와 대기와 다른 압력 등의 특별한 조건을 고려하여 수정되어야 한다.

(4) 용기의 크기 결정

필요한 NAF S-Ⅲ의 양이 결정되었다면, 충전농도를 0.5~0.9kg/litre범위로 하여 현행 가능한 용기의 범위 내에서 그 크기를 결정해야 한다.

(5) 인명의 안전점검

특수 상황에서, NAF S-Ⅲ의 소화농도는 대개 설정소화농도보다 높다. 이 농도는 <표 6-10>에서 보여주고 있는 안전한계와 비교하여 결정해야 하는데 만약 안전한계 수위보다 높다면 소화액이 방출되기 전에 사람들이 안전하게 탈출할 수 있도록 방출시간의 늦춤이나 방출전 경보장치 등을 설치해야 한다.

최대소화농도는 다음의 공식을 이용하여 계산할 수 있다.

$$MaxC = (100 * Sw * SV_2) / (Sw * SV_2 + MinV)$$

<표 6-10> NAF S-Ⅲ의 최대 허용 노출시간

노출 형태	소화농도 % (부피비)	최대 노출 허용시간
일반 밀폐 지역	10 % 이하	2분간
	10 ~ 15 %	1분간
	16 ~ 20 %	30초간

<표 6-11> NAF S-III의 총 흐름량 - Metric (1대기압 상태에서 계산)

온도 ℃	비례부피 ft ³ /lb	설정소화농도에 필요한 부피에 대한 무게(1b/ft ³)							
		7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%
-50	0.197	0.382	0.441	0.502	0.564	0.627	0.692	0.758	0.826
-45	0.202	0.374	0.432	0.491	0.551	0.613	0.677	0.742	0.808
-40	0.206	0.366	0.422	0.480	0.540	0.600	0.662	0.726	0.791
-35	0.210	0.358	0.413	0.470	0.528	0.588	0.648	0.710	0.774
-30	0.215	0.351	0.405	0.461	0.517	0.576	0.635	0.696	0.758
-25	0.219	0.343	0.397	0.451	0.507	0.564	0.622	0.682	0.743
-20	0.224	0.337	0.389	0.442	0.497	0.553	0.610	0.668	0.728
-15	0.228	0.330	0.381	0.434	0.487	0.542	0.598	0.655	0.714
-10	0.232	0.324	0.374	0.426	0.478	0.532	0.587	0.643	0.700
-5	0.237	0.318	0.367	0.418	0.469	0.522	0.576	0.631	0.687
0	0.241	0.312	0.360	0.410	0.461	0.512	0.565	0.619	0.675
5	0.246	0.306	0.354	0.403	0.452	0.503	0.555	0.608	0.663
10	0.250	0.301	0.348	0.396	0.444	0.494	0.545	0.598	0.651
15	0.254	0.296	0.342	0.389	0.437	0.486	0.536	0.587	0.640
20	0.259	0.291	0.336	0.382	0.429	0.477	0.527	0.577	0.629
25	0.263	0.286	0.330	0.376	0.422	0.469	0.518	0.568	0.618
30	0.268	0.281	0.325	0.369	0.415	0.462	0.509	0.558	0.608
35	0.272	0.277	0.320	0.363	0.408	0.454	0.501	0.549	0.598
40	0.277	0.272	0.314	0.358	0.402	0.447	0.493	0.540	0.589
45	0.281	0.268	0.310	0.352	0.395	0.440	0.485	0.532	0.579
50	0.285	0.264	0.305	0.347	0.389	0.433	0.478	0.524	0.570
55	0.290	0.260	0.300	0.341	0.383	0.427	0.471	0.516	0.562
60	0.294	0.256	0.296	0.336	0.378	0.420	0.463	0.508	0.553
65	0.299	0.252	0.291	0.331	0.372	0.414	0.457	0.500	0.545
70	0.303	0.248	0.287	0.326	0.367	0.408	0.450	0.493	0.537
75	0.307	0.245	0.283	0.322	0.361	0.402	0.444	0.486	0.529
80	0.312	0.241	0.279	0.317	0.356	0.396	0.437	0.479	0.522
85	0.316	0.238	0.275	0.313	0.351	0.391	0.431	0.472	0.515
90	0.321	0.235	0.271	0.308	0.346	0.385	0.425	0.466	0.508
95	0.325	0.232	0.267	0.304	0.342	0.380	0.419	0.460	0.501

도표 라(3)B. NAF S-III의 총 흐름량-Imperial (1대기압에서 계산)

온도 ℃	비례부피 ft ³ /lb	설정소화농도에 필요한 부피에 대한 무게(1b/ft ³)							
		7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%
-50	3.219	0.023	0.027	0.031	0.035	0.038	0.042	0.046	0.051
-40	3.298	0.023	0.026	0.030	0.034	0.038	0.041	0.045	0.049
-30	3.376	0.022	0.026	0.029	0.033	0.037	0.040	0.044	0.048
-20	3.455	0.022	0.025	0.029	0.032	0.036	0.040	0.043	0.047
-10	3.533	0.021	0.025	0.028	0.031	0.035	0.039	0.042	0.046
0	3.612	0.021	0.024	0.027	0.031	0.034	0.038	0.041	0.045
10	3.691	0.020	0.024	0.027	0.030	0.034	0.037	0.041	0.044
20	3.769	0.020	0.023	0.026	0.030	0.033	0.036	0.040	0.043
30	3.848	0.020	0.023	0.026	0.029	0.032	0.035	0.039	0.042
40	3.926	0.019	0.022	0.025	0.028	0.032	0.035	0.038	0.042
50	4.005	0.019	0.022	0.025	0.028	0.031	0.034	0.037	0.041
60	4.084	0.018	0.021	0.024	0.027	0.030	0.033	0.037	0.040
70	4.162	0.018	0.021	0.024	0.027	0.030	0.033	0.036	0.039
80	4.241	0.018	0.021	0.023	0.026	0.029	0.032	0.035	0.038
90	4.319	0.017	0.020	0.023	0.026	0.029	0.032	0.035	0.038
100	4.398	0.017	0.020	0.023	0.025	0.028	0.031	0.034	0.037
110	4.476	0.017	0.019	0.022	0.025	0.028	0.031	0.033	0.036
120	4.555	0.017	0.019	0.022	0.024	0.027	0.030	0.033	0.036
130	4.634	0.016	0.001	0.021	0.024	0.027	0.029	0.032	0.035
140	4.712	0.016	0.019	0.021	0.024	0.026	0.029	0.032	0.035
150	4.791	0.016	0.018	0.021	0.023	0.026	0.029	0.031	0.034
160	4.869	0.016	0.018	0.020	0.023	0.025	0.028	0.031	0.033
170	4.948	0.015	0.018	0.020	0.023	0.025	0.028	0.030	0.033
180	5.026	0.015	0.017	0.020	0.022	0.025	0.027	0.030	0.032
190	5.105	0.015	0.017	0.019	0.022	0.024	0.027	0.029	0.032
200	5.184	0.015	0.017	0.019	0.021	0.024	0.026	0.029	0.031

이 수치를 계산하기 위해 사용된 공식은 도표 라(3)A에 있는 공식과 같다.

(6) 방출시간

방출시간은 액체의 NAF S-Ⅲ가 노즐에서 처음 발견되는 시점에서 가스상태로 방출되는 시간간의 차이를 말하는 것으로 이 시점은 방출시에 나는 소리와 방출이 처음 시작되기 시작하는 변화의 시점에 의해서 보통 구분된다.

방출시간은 일반적으로 NFPA에서는 10초, IMO에서는 20초로 규정하고 있다.

설혹 방출시간이 일반 표면 화재에 대해서 10초 정도가 알맞은 것으로 되어 있으나 화재가 보통보다 더 빨리 진행되거나 고가품의 기계장비가 설치되어 있는 곳의 화재에는 보다 빨라지도록 해야 할 것이다. 발화의 위험지역에 표면화재와 심부화재가 동시에 일어나는 화재대상물이 있는 경우에는 방출시간을 표면화재에 맞춘다.

방호지역에서 개구부내지는 그 외 어떤 틈새를 통해 방출된 NAF S-Ⅲ의 누출이 일어난다면, 당해 화재의 소화를 위해 설정한 소화농도를 유지할 수 있게 하기 위해 즉시 보충이 있어야 하며 일정시간 동안 그 소화농도는 유지되어야 한다. 이런 유형의 적용은 심부화재를 위한 전역방출방호 방식에서도 필요하다.

최소 방출은 규정된 시간한계내에 완결되어야 하며 다음에 오는 추가 방출은 필요한 홀딩시간 동안에 설정 소화농도를 유지할 수 있게 해주어야 한다. 추가 방출률이 낮거나 제일 작은 노즐의 한계 이하인 곳에서는 NAF S-Ⅲ의 혼합과 토출이 어려우므로 NAF S-Ⅲ는 “펄스”로 방출되어야 할 것이다.

(7) 장비 선택과 설계

여기에 언급하는 것은 방화시스템을 디자인하는데 직접적인 영향을 미치는 설비에 대한 정보들이다. NAF S-Ⅲ의 소방시스템을 디자인하는 절차는 다음과 같다.

(가) 방호지역의 윤곽과 다음의 내용을 포함하는 설계도를 만들어라.

- ① 모든 문의 위치
- ② 큰 캐비닛이나 저장 선반 등과 같은 주요 설비의 위치
- ③ 폐쇄될 수 없는 모든 개구부의 위치
- ④ 공기 통풍기의 위치
- ⑤ 구조물의 기둥, 들보 등의 위치

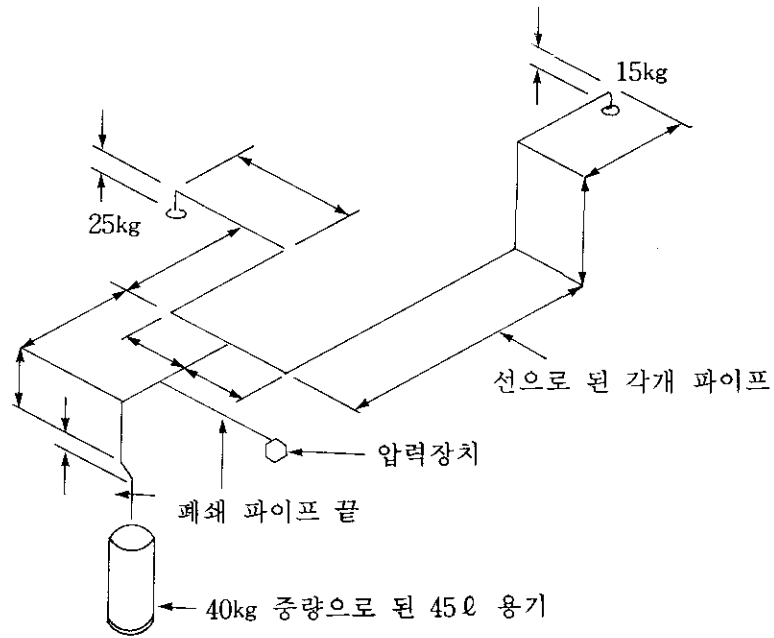
NAF S-III 저장 용기가 방호구역 밖에 위치하고 있을 경우에는 방호구역과 연계하여 그 위치를 설계도에 나타낼 수 있도록 한다.

(나) NAF S-III의 저장용기의 최소 필요계수를 결정하고 설계도면상에 표시한다.

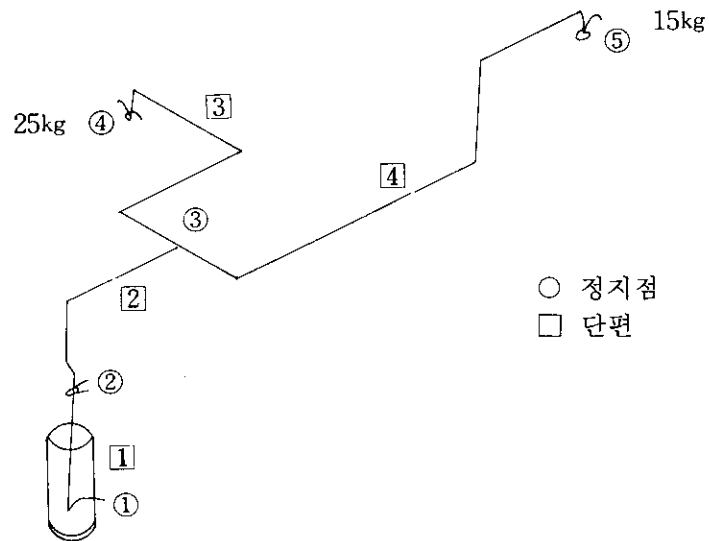
(다) 방호구역에 최소로 필요한 방사노즐의 개수를 결정하고 설계도면상에 표시한다. 이때 NAF S-III는 전 방호구역을 통해 큰 소방 대상물에 잘 분사되도록 하고 노즐의 방사율이 특정 상황에 과도하게 집중되도록 해서는 안된다. 항목(8)에 이 요구조건을 충족시키는 방법에 대해 언급하고 있는데 각 노즐을 통해 방사되는 소화액의 무게에 의해 결정한다.

(라) 소화액의 저장용기로 부터 노즐까지 이르는 파이프 배관 설계도를 그려야 한다. 이때 파이프의 길이는 가능한한 짧게 하도록 하며 건물의 설계도와 연계하여 그린다.

(마) 파이프 배관은 동척 또는 3-D스케치로 그린다.([그림 6-3]과 [그림 6-4]참조) 또한 파이프 배관에서 엘보우, 티, 커플링, 리듀서 등 그리고 파이프 끝부분과 연결되는 저장용기와 압력스위치, 압력 릴리즈 트립 등이 도면상에 나타나도록 한다.



[그림 6-3] 시스템 파이프의 전형적인 이성체의 모델



[그림 6-4] 숫자를 매긴 전형적인 파이프 부분

파이프의 처음 시작부터 모든 파이프의 각 부분의 실제 길이를 그리고 각 노즐로 방사되는 NAF S-III의 실량을 표시한다.

파이프 배관에서 파이프를 연결하는 각각의 티앞에 그리고 각 노즐 앞에 있는 파이프의 마디를 표시하고 이 마디에 의해 나누어지는 모든 파이프의 모든 부분에 번호를 매긴다. 그리고 파이프의 각 마디에도 일련번호를 매기는데 소화약의 저장 실린더에서 부터 각 노즐에 이르는 모든 마디에 순서대로 일련번호를 매긴다. 따라서 마디의 총수는 파이프 부분의 수보다 하나가 더 많은 셈이 된다. 파이프부분에 대한 번호 매김은 1번 마디와 2번 마디사이를 1번으로 하고 계속 일련번호를 매겨가게 된다. 그리고 마디의 제1번은 저장용기 자체의 호오스 시작점이 되고 2번 마디는 저장용기와 파이프 배관이 시작되는 점을 의미한다. 위의 지금까지의 설명은 번호 매김의 목적상, 단지 하나의 저장용기만을 가정한 것이다.

- 1) 컴퓨터를 이용하여 이러한 방호시스템을 이용하기 위해 압력저하, 노즐의 모형을 결정하는 것이다. 이때는 파이프 지름을 수요자가 결정하게 된다.
- 2) 음으로 새로 파이프 배관을 하게 될 경우에는 컴퓨터 프로그램에 의해 파이프 시스템의 적당한 지름을 결정하게 된다. 이 컴퓨터 프로그램이 전 방호시스템을 통하여 다량의 적당한 소화액의 지속적인 흐름을 유상 파이프 시스템에 있어서 최적의 파이프 지름을 결정하는 것은 아니고 가능한한 시스템이 수용할만한 선에서 결정한다. 더 자세한 내용을 알기 위해서는 컴퓨터 프로그램 매뉴얼을 참조하기 바란다.

(바) 컴퓨터 입력할 데이터를 준비한다.

(사) 입력자료의 확인 및 인정

(아) 마지막으로 NAF S-III 컴퓨터 프로그램을 이용하여 파이프와 노즐구멍의 크기를 결정한다.

예)	Schedule 80 Pipe	- Belgian Pipe
	Schedule 40 Pipe	- Stainless Steel Pipe
	British Standards 5306 Part 5	- Norsk Hammerverk
	Copper Pipe Type K	- German Pipe
	Combination Schedule 160/Schedule 80 Pipe	

(8) 파이프와 노즐구멍 크기 결정

파이프의 크기를 결정하는 것은 시스템 설계과정에서 아주 중요한 요소인데 지나치게 작은 구경은 과도한 압력의 손실을 야기할 수 있는 반면에 지나치게 큰 구경은 유량의 흐름속도를 떨어뜨리므로 NAF S-III 소화액을 노즐을 통해 가스로 방사시키기 위해 요구되는 흐름속도를 얻으려면 질소가스를 사용해야 한다.

파이프의 지름이 크다는 것은 사용한 압력을 떨어뜨리므로 노즐을 통해 방사시키기 위해서 더 많은 소화액을 충전시켜야 함을 의미한다. 도표 라(8)의 치수가 파이프의 크기를 결정하는데 이용될 수 있다.

파이프와 노즐구멍의 크기를 결정하는 것은 아주 복잡하여 가장 단순한 파이프 배관일 경우라도 계산하는데 여러 시간이 걸릴 수 있다. 그러나 이미 개발되어 있는 컴퓨터 프로그램을 이용하면 쉽게 계산해 낼 수 있다.

<표 6-13> 유속과 파이프 크기 대략적인 안내도

대략수치 (mm)	파이프 크기 (인치)	최소유속 kg/sec.	최 대 유 속 kg/sec. (파이프 평균길이에 대한)		
			10m 이상	5~10m	0~5m
10	3/8	0.3	0.3	0.4	0.5
15	1/2	0.5	0.5	0.7	1.0
20	3/4	1.0	1.0	1.0	2.0
25	1	1.5	1.5	2.7	4.0
32	1 1/4	2.6	3.5	5.6	8.0
40	1 1/2	3.8	4.5	8.6	12.6
50	2	5.9	8.8	16.3	23.5
65	2 1/2	8.8	14.5	25.4	37.0
80	3	15.0	25.0	45.0	63.5
100	4	26.3	50.0	90.0	131.5
125	5	43.0	95.0	172.0	250.0
150	6	57.5	150.0	272.0	408.0

주) 파이프와 노즐 크기는 컴퓨터 프로그램에 의해서 확인될 필요가 있다.

(9) 시스템 기동 방식

모든 저장용기의 밸브는 전기나 공압방식, 원격 수동 작동 그리고 국소 수동 작동 방식 등이나 그 각각의 복합적인 방식에 의해 자동 기동이 되도록 설계되어야 한다. 그리고 전기력이 나갔을 때에도 방호시스템이 작동할 수 있게 하기 위해서 모든 방호시스템은 수동 기동 방식 또한 설치되어 있어야 한다.

(10) 보조장치

방호시스템에는 여러 가지 보조장치가 있을 수 있는데 주로 환풍기의 작동중지 장치나 문의 자동폐쇄장치, 음향장치 등에 관련한 것으로서 이들 장치 모두는 방

호시스템에 포함된다. 보다 구체적인 보조장치의 예를 들자면, 압력스위치, 압력배출트립, 방사지연장치, 체크밸브, 실렉트밸브, 알람 등 여러 형태의 탐지장치 등이 있다.

다. 분해산물 및 안전조치

(1) 분해산물

이 소화제의 화염이 접촉되어 섭씨 480℃이상 가열될 경우 분해되어 여러 가지의 가스가 방출된다. 예로서 분해산물은 불화수소(HF)가스, 염화수소(HCl)가스, 카보닐프로라이드(COF₂) 및 카보닐크로라이드(COCl₂) 등이 나오게 된다. 이러한 종류의 가스는 인체에 매우 유독하여 해로운 가스이므로 사용자가 방호대상지역에서 피해야 하는 가스이다. 그러므로 위험소화농도에 도달하기 전에 낮은 농도에서 매운 냄새와 특성을 지니고 있다.

어떤 분해산물은 부식성도 가지고 있으며 고농도가 아닐지라도 빠른 반응을 일으킬 수 있으므로 상대습도가 높은 지역에서 정밀한 장비를 보호하기 위해서는 위와 같은 제반조건을 충분히 고려해야 할 것이다.

이 NAF S-III 소화제의 분해산물은 소화시의 농도, 화재의 규모, 방사된 NAF S-III가 화염 표면에 접촉되는 시간에 비례하여량이 결정된다. 따라서 분해산물의량을 최소로 하기 위해서는 신속 정확한 탐지기술 및 고율에 의한 신속한 방사등이 매우 바람직하다.

(2) 필요한 안전조치

(가) NAF S-III 소화제가 설치되어 있는 방호지역의 입구와 내부에 경고표시를 부착

(나) 소화제 방출시 사용자 및 주변 사람을 안전하게 대피할 수 있는 시간의

확보

- (다) 화재 감지후 방호지역내에서 신속히 작동할 수 있는 경보장치
- (라) 소화 완료후 화재장소의 공기가 정상적으로 유지될 때까지 화재지역 입구에 계속적인 경보장치
- (마) 소화제 저장실의 문을 밖에서 열 수 있도록 설계
- (바) 방호지역의 출구에 자동으로 닫힐 수 있는 문
- (사) 소화제가 공기와 혼합되면 비중이 공기보다 크므로 낮은 장소로 가스가 유출되지 않도록 제거할 수 있는 강제 통풍장치
- (아) 안전점검 및 장치 보수시의 알람 해제장치
- (자) 소화제 장치 근접지역의 사용자들에 대한 교육훈련
- (차) 화재발생시 그 인접지역에서 탈출할 수 있는 통로 및 출구
- (카) 발화지역에서 소화기 사용후 분해가스가 완전제거 될 때까지 흡연 절대 금지
- (타) 화재발생시 사고장소에서 의식불명자에 대한 구출 훈련

바. 소화농도 결정

(1) 개 요

주로 산업용 방호시설에서 표면화재에 적합한 소화농도는 20℃에서 부피비로 8.6%가 적합하다. 그러나 그보다 낮은 농도에서도 적합한 경우가 있으나 최소 8.6%(360g/m³)를 유지하는 것이 바람직하다.

소화농도를 결정할 때는 가연물의 종류와 양, 방호구역내에 고정되어 있는 가연물의 상태, 특별한 위험상황 등을 고려하여야 한다. 다량의 원료가 저장되어 있는 곳이나 기계 및 가구류가 누적되어 있는 곳 또 온도변화가 큰 장소에서는 높은 소

화능도가 필요하므로 소화기 설계자는 이와 같은 조건을 신중히 고려하여 위험정도를 평가해야 한다.

방호구역내에서 필요한 소화능도를 유지하기 위해서는 다음 사항들을 고려해야 한다.

- 소화제 NAF S-III의 정확한 비축량
- 소화제와 공기의 혼합과 그 혼합가스의 분산
- 방호구역의 밀폐정도, 폐쇄될 수 없는 개구부의 크기와 모형, 전선이 지나가는 밀폐되지 않는 구멍 및 넓은 틈새 등을 확인해야 한다.
- 공기 통풍관련 장치의 작동중지와 소화액의 방사시점과 시간. 공기 통풍관련 장치는 작동중지하는데 시간이 조금 걸린다는 것을 알아야 한다.

방호구역내에 에어컨디셔너나 환풍기가 가동할 경우에는 소비되는 소화제 가스에 대해 연속적으로 보충해야 한다.

(2) 설정소화능도의 결정

<표 6-14> 20℃ 1기압하의 공기 중에 NAF S-III 소화능도

가 연 물	부 피 (%)	무 게 (kg/m³)
가연물(최소치)	8.60	0.360
에 탄 올	9.80	0.419
메 탄	8.60	0.360
메 탄 올	15.48	0.707
프 로 판	8.60	0.360

<표 6-15> NAF S-III의 소화농도 (영국콜롬비아 연구소 결과)

물 질	%(부피)	물 질	%(부피)
아세트 알데히드	11.35	에틸클로라이드	8.60
메틸 아세테이트	8.60	에틸포미에이트	9.80
비닐 아세테이트	10.00	에틸렌글리콜	11.70
아세트 에시드	8.60	에틸렌옥사이드	20.30
아세트 니트릴	8.60	부틸포메이트	9.30
아세틸 아세톤	8.60	포믹에시드	8.60
아세틸아세틸렌	8.60	연료오일-JP4	8.60
아세틸 에스테르	8.60	연료오일-JP5	8.60
아세틸렌	17.80	가솔린(옥탄98)	8.60
아세트 안하이드라이드	8.60	가솔린(옥탄94)	8.60
아크릴릭 에시드	9.10	부틸글리콜	8.60
아크릴릭 알코올	10.00	메틸글리콜	10.35
아크릴로 니트릴	9.30	가스오일	8.60
알코올(상업용 변성알코올)	9.80	1-헥산올	9.80
에틸알코올	9.80	N-헥산올	8.90
메틸알콜	15.48	하이드롤릭 잭 오일	8.60
이소-프로필알코올	9.50	하이드로젠	48.16
N-프로필알코올	9.50	젤A	8.60
아밀 아세테이트	8.60	케로센	8.60
이소아밀아세테이트	8.60	메틸이소부틸 케톤	8.60
아크로 레인	17.00	메틸레이티드 스피리트	9.50
아밀락알콜	10.00	메틸아민	12.00
올릭아세티이트	8.60	메틸 벤조에이트	8.60
아브개스	8.60	메틸 에테르 케톤	8.60
아브택	8.60	메틸 포미에이드	10.00
아브투어	8.60	메틸 메타크릴레이트	12.80
벤졸	9.20	나프타	13.80

물 질	%(부피)	물 질	%(부피)
벤질알콜	9.80	내추럴가스	10.30
병크C	8.60	네이버 디스틸레이트	8.60
2-부탄올	8.80	니트로 메탄	15.80
부틸알디하이드	10.40	옥탄	8.60
부틸렌옥사이드	13.30	사이클로펜탄	8.60
1,3-부티디엔	9.30	이소-펜탄	8.60
1-부탄	8.60	네오-펜탄	8.60
N-부탄	8.60	놀-펜탄	8.60
1-부탄올	8.60	페트롤륨 에테르	8.60
SEC-부탄올	8.60	폴리에스터	8.60
1-부텐	8.60	폴리에테르	8.60
부틸 아세테이트	8.60	폴리에틸렌	8.60
부틸알콜	9.50	폴리스틸렌	8.60
카본황화물	8.60	폴리우레탄	8.60
카본모녹사이드	8.60	폴리비닐클로라이드	8.60
클로로벤젠	8.60	프로판락탄	9.10
사이클로펜탄	8.60	N-프로판놀	8.60
사이클로헥산	8.60	이소-프로필 아민	8.60
데카하이드로나프탈렌	8.60	이소-프로필 니트레이트	17.70
데칼린	8.60	이소-프로필 옥사이드	8.60
디젤연료250	8.60	프로필렌	8.90
디에틸에테르	8.60	프로필렌 옥사이드	22.20
1,1-디플루오로에탄	8.60	프리라이딘	8.60
디메틸에테르	14.50	셀 셰미아	8.60
N,N-디메틸포르마마이드	10.40	스토다-드 솔벤트	8.60
디옥산	12.70	스틸렌	8.60
디메틸프로판	8.60	스타이렌	8.60
다우섬 A	8.60	설퍼	56.70

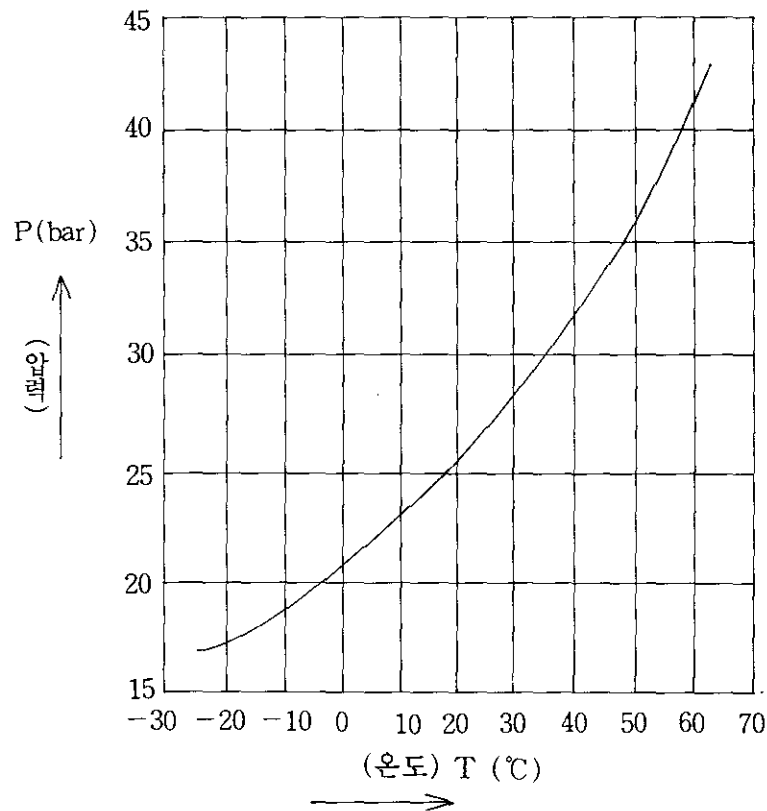
물 질	%(부피)	물 질	%(부피)
에네콜 HLP-65	8.60	테트라하이드로프란	9.80
에네콜 OEM-30	8.60	트랜스포머 오일	8.60
에피클로로하이드린	11.20	트리에틸아민	9.46
에탄	10.32	2-2-5 트릴메틸헥산	8.60
에틸아세데이트	8.60	왁스	8.60
에틸에테르	8.60	화이트 스피리트	9.80
에틸벤젠	8.60	아연옥테이트	9.10

사. 저장용기

(1) 용기선택

일반적인 산업용으로는 보통 24.8bar(360psi) 설비가 사용되는데 이것이 가장 경제성이 있다고 본다. 한 용기에 저장되는 소화제의 최대량은 각양각색이다. 그러나 보통 1리터 부피에 무게비로 0.9kg을 넘지 않도록 충전시키면 된다. 충전시에 건조시킨 질소가스로 21℃에서 약 25bar의 압력을 주면 가장 효율적이며 동시에 경제적이다. 저장용기는 -30℃~70℃사이에 온도범위내에 설치해야 하고 41bar에서는 상위온도가 60℃로 낮아진다. 저장용기의 압력은 온도변화에 따라 [그림 6-5]에서 볼 수 있듯이 다양하게 나타나므로 설계를 하려면 복잡한 양상을 띤다.

따라서 저장용기의 온도가 21℃를 유지한다는 가정하에 설계를 하는 것으로 한다. 이러한 가정하에서 8.3bar의 최소노즐압력을 이용하여 테스트한 결과 -29℃와 60℃의 온도범위에서 용기가 제작될 때 만족할만한 소화기능을 발휘한다는 것을 확인할 수 있었다. 만일 온도가 낮으면 방사시간이 설정된 방사시간보다 더 길게 된다는 것도 알 수 있었다. 저장용기가 16℃~27℃사이에 보관될 경우에는 최적의 성능을 발휘함을 알았다.



[그림 6-5] 41bar명목상 충전

(2) 소화용기 설치장소

소화용기는 정방향으로 세워야 하고 사이펀 튜브로 고정해야 한다. 저장용기는 검사나 재충전 등을 위해 안전한 장소에 위치해야 한다. 용기는 되도록 방호구역 가까이 설치해야 하며 주로 방호구역내에 설치하여 화재에 노출되지 않도록 하고 소방설비 전체의 소화기능을 저해하지 않도록 해야 한다. 용기 저장을 위해 선택한 장소는 기계적 화학적 전기적 또는 기타 손상으로부터 보호될 수 있도록 해야

한다. 또한 태양열이나 직사광선에 노출되지 않도록 해야 하며 온도변화가 매우 심할 경우에는 적당한 보호장치가 필요하다.

용기가 복수로 한번에 연결되어 있는 경우에는 용기의 크기가 일정해야 하며 일정 압력하에서 무게비로 같은 양이 충전되어야 하고 내부로 연결되어 있는 예비용기도 같은 조건으로 비치해 두어야 한다.

아. 분사노즐

소화제 분사시에 노즐의 기능은 소화액제의 흐름을 조절해 주는 기능을 맡고 있다. 이것은 방사시 속도가 소화액제와 공기를 적절히 배합시켜서 방호구역내에 고르게 분사되도록 해주는 역할을 맡고 있기 때문에 중요한 요인이 되고 있다. 노즐에서 소화액제가 유출될 때 흐름의 비율은 방사시 속도, 그 상황의 압력과 NAF S-Ⅲ의 농도에 따라 결정된다.

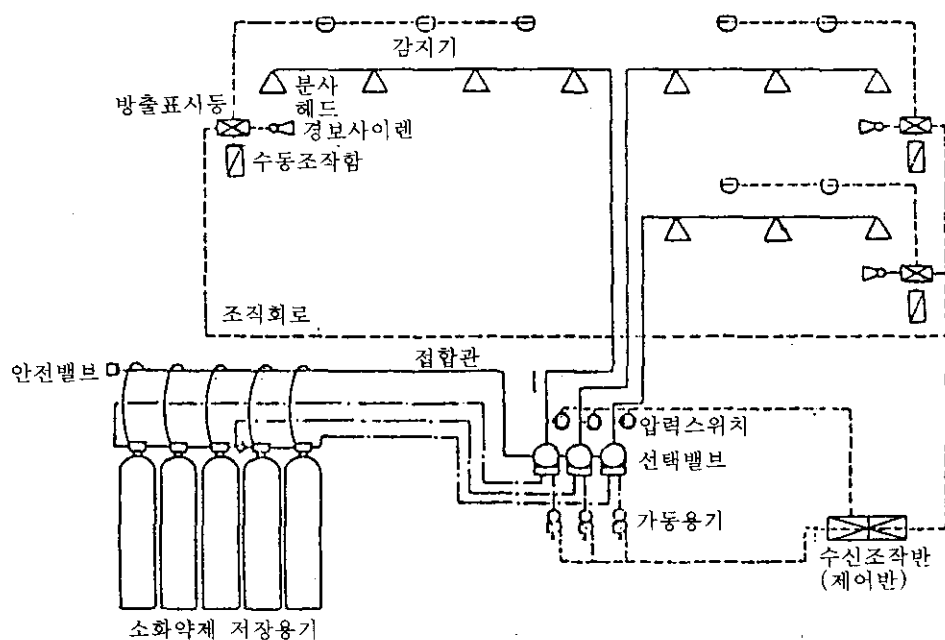
그러나 노즐까지 연결되어 있는 파이프라인의 흐름은 유출량에 따라 어느 정도 한계가 있다. 그러므로 노즐을 선택할 때 노즐로서 커버(cover)할 구역보다는 조금 적은 면적의 구역을 방호하도록 설치해야 한다. 또한 복수노즐 방식에서는 한 쪽 방향이나 여러 방향 노즐의 혼합방식에 대하여는 규제조항은 없다. 단지 어떠한 방식을 선택하더라도 파이프라인을 최소화하면서 소화액의 분산이 잘 되도록 하기 위해 파이프 배관작업을 최적화 해야 할 것이다.

자. NAF S-Ⅲ와 할론 1301 소화설비 비교

(1) NAF S-Ⅲ 소화설비 해설

HCFC 혼합소화제인 NAF S-Ⅲ 소화제는 할론 1301 소화제와 같은 할로겐 화합물 청정소화제로서 그 물성 및 성능이 거의 같기 때문에 할론 1301의 용도로서 기존의 설비 기준에 그대로 적용하여 사용할 수 있다.

일반적인 할로젠 소화제 설비 계통도 [그림 6-6]를 보면 할론 1301과 같이 용기, 파이프, 각종 보조장치, 밸브 등에 관한 적용규칙을 그대로 적용한다. 다만 이 신규대체품인 NAF S-Ⅲ 소화제는 비중이 약간 다르므로 노즐형태의 관의 구멍 크기만 약간 작은 사이즈로 대체하면 사용에 지장이 없다.



[그림 6-6] 소화설비 계통도

(2) HCFC Blend A 소화제

HCFC Blend A는 Hydrochloro carbon(하이드로클로로 카본) 화합물의 혼합물로 구성되어 있으므로 그 표시를 HCFC Blend A로 하며 이것의 상품명은 NAF S-Ⅲ이다.

<표 6-16> HCFC Blend A의 구성 성분

물 질 명	화 학 명	화 학 식	구성비(%)
HCFC-123	Dichlorotrifluoro ethane	CHCl_2CF_3	4.75
HCFC-22	Chlorodifluoro methane	CHClF_2	82.0
HCFC-124	Chlorotetrafluoro ethane	$\text{CHClF}_2\text{CF}_3$	9.50
NAF-XX	Isopropenyl-1-methylcyclohexene	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	3.75

여기소 소화액제 저장용기는 기존 할론 용기와 같이 축압식(사전에 용기 내에 압력을 압축)과 가압식(별도로 가압하는 가스를 연결설치하는 방식)이 있다.

(3) 할론 대체 신규 할로겐화합물

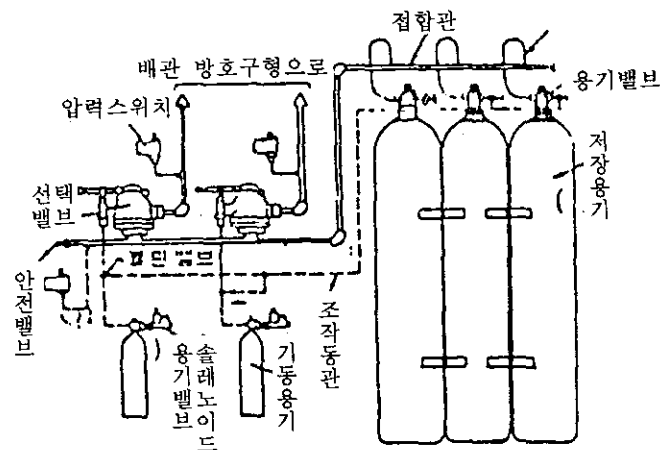
할론 대체신규 할로겐화합물로 인정된 물질은 HCFC Blend A를 포함해서 모두 8가지의 물질이 있다.

<표 6-17> EPA와 NFPA에서 승인한 할론 대체소화제

상품명(물질명)	화 학 명 (일반명칭)	분 자 식
FC 3-1-10	Perfluoro butane	C_4F_{10}
HBFC-22BI	Bromodifluoro methane	CHF_2Br
HCFC Blend A	HCFCs 혼합물	—
HCFC-124	Chlorotetrafluoro ethane	$\text{CHClF}_2\text{CF}_3$
HFC-125	Pentafluoro ethane	CHF_2CF_3
HFC-227ea	Heptafluoro propane	$\text{CF}_3\text{CHF}_2\text{CF}_3$
HCF-23	Trifluoromethane	CHF_3
IG-541	Nitrogen(52%)	N_2
	Argon(40%)	Ar
	Carbon Dioxide(8%)	CO_2

(4) NAF S-Ⅲ 소화제의 저장용기

HCFC Blend A 소화제는 할론 1301 소화제와 거의 같은 양(무게기준 1.09배)으로 같은 효능을 보이므로 기존의 저장용기 및 그 부속품을 그대로 사용할 수 있다.



[그림 6-7] 축압식 저장용기 설치도

저장용기의 개방밸브는 전기식 가압식 기계식이 있다.

(5) NAF S-Ⅲ 소화제의 방출시간과 농도제한

이 소화제는 그 자체로는 위험이 없으나 뜨거운 열이나 불길에 접촉하면서 이 소화제의 구성물질인 할로젠 원소가 화학반응을 일으켜 맹독성 가스인 염화수소(HCl), 취소(F₂), 염소(Cl₂) 및 포스겐(COCl₂) 또는 COF₂ 등의 가스가 부산물로 생성되므로 이러한 생성되는 가스의 양은 할로젠 가스가 열(heat)에 노출되어 있는 시간과 그 농도에 따라 증가하게 된다. 따라서 소화에 필요한 가스농도의 조정

시간과 그 농도를 제한할 필요가 있다.

즉, 최대농도를 10%로 제한해야 한다. 이것을 사람이 사는 밀폐된 거주구역에 적용하며 비거주지역에는 제한을 하지 않아도 된다.

<표 6-18> NAF S-III의 위험농도 수위

노 출 형 태	농도%(대기중의 부피비)	최대노출허용시간
밀 폐 공 간	10% 이하	2분
	10~15%	1분
	16~20%	30초

이 신규소화제는 할로겐 원소를 이용하여 산화작용을 방지케 하므로 부촉매 역할을 하여 소화가 된다. 충전용기는 압력을 이용하여 화재시 사용하게 되는데 가압식과 축압식의 두종류가 있다.

- 가압식 : 타용기에 충전된 압축가스를 소화액제 용기에 주입하여 외부로 뿌리는 방식(spray 방식)
- 축압식 : 동일용기에 압축 질소가스를 넣어 화재시 서로 혼합하여 뿌리는 방식

(6) 일반 할로겐 화합물 소화설비의 종류

(가) 전역 방출식

방호대상물이 내화구조나 불연재료로 구성되어 있고 구성이 밀폐되어 있거나 거의 밀폐에 근접한 부분에 소화제를 방출하는 방식이며 방호대상물에 따라 방출액제 양과 시간이 다르며 그 기능은 이산화탄소 소화설비와 매우 유사하다.

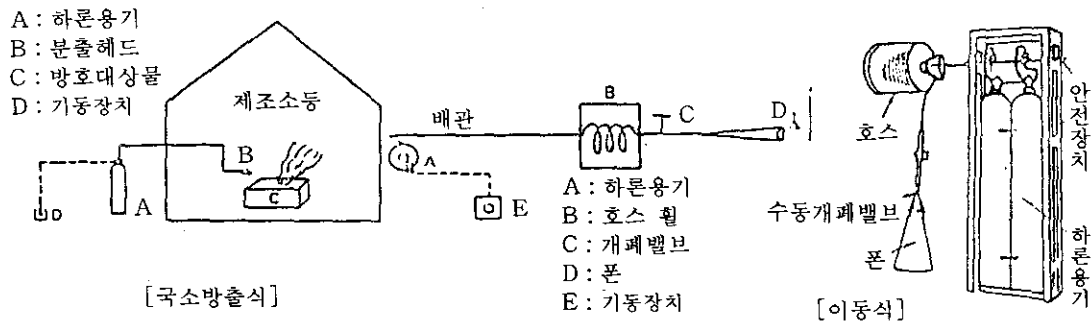
(나) 국소 방출식

방호대상물 또는 구획에 넓은 개구부가 밀폐 불능하여 전역방출식의 소화가 난

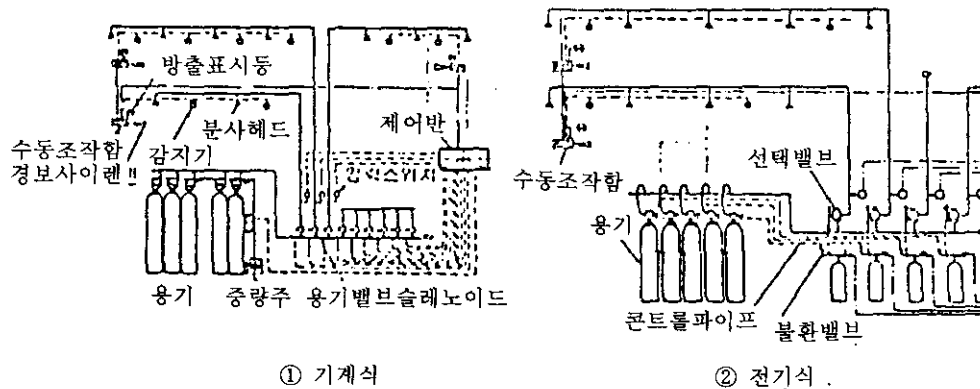
이할 경우에 부분적으로 방대한 소방대상물내에 한정된 소규모의 방호대상물이 있는 경우 방출소화약제로 소화하는 방법으로 사전에 고정배관을 적절한 위치에 분사가 용이하도록 배치해 두는 방식이며 이 방법도 이산화탄소가스 소화설비의 기능과 매우 유사하다.

(다) 이동방식(호스릴식)

전역방출 또는 국소방출식과 같이 사전에 배관을 고정설치하는 것이 아니고 옥내소화전과 같이 화재발생시 호스를 연결하여 사람이 조작 소화시키는 방식이다. 그러므로 사용자는 화염에 접근하여 소화해야 되므로 그 설치 장소가 한정되어 있다. 때문에 화재가 급속히 확대될 위험요인이 있는 장소 등에는 작업자가 영향이 미칠 우려가 있으므로 이 방식은 피해야 할 것이다.



[그림 6-8] 국소방출식 및 이동식 소화설비도



[그림 6-9] 할로겐화합물 소화설비의 배관

4. FM-200(단일소화제)

가. 개 요

할론 1301 소화제는 지난 1948년 이래 건축물 자재나 전자제품 등에 피해를 주지 않으며 또한 A급(섬유), B급(인화성 유기용제), C급(전기류)의 화재에 매우 효과적인 소화제로 광범위하게 사용되었다.

그러나 1986년에 지구 남극 상공 성층권에 존재하는 오존(O_3)층이 CFC(프레온) 가스류의 일종인 할론 1301과 같은 화학물질로 인해 상당량이 파괴되어 있다는 것을 화학자들은 발견하였다. 그러므로 지구 성층권에 있는 오존가스층을 보호하기 위해서 이와 같은 특정한 할로겐 화합물의 제조 및 사용을 규제하도록 국제협약이 맺어지기 시작하였다.

이러한 국제협약에 따라 할론 1301의 사용도 단계적으로 제한해야 하며 개발도

상국을 제외한 모든 국가에서는 1994년 1월 1일 이후부터는 생산 및 사용이 금지되고 있다. 따라서 각국에서는 할론 1301의 대체품 개발에 박차를 가해 환경적 영향이 없음은 물론 독성이 적고 소화효율이 높은 대체품 개발에 주력한 결과 미국의 최대 할론 메이커사인 Great Lakes Chemical Corporation에서는 FM-200 (HFC-227ea)인 화학명으로는 1,1,1,2,3,3,3-Heptafluoropropane을 개발하여 상품화하는데 성공하여 미국에서는 ODP(오존파괴지수)가 zero인 HFC 제품중 가장 우수한 제품으로 인정되어 급속도로 판매가 신장되고 있는 품목이다. 한편 우리나라의 경우는 오존파괴물질 소비실적 자료 제출에 따라 개발도상국으로 잠정적으로 인정받아 1994년도에 할론 1301을 생산, 사용할 수 있다는 허가를 받고 있으나 타 개도국에서조차 할론 1301의 생산 및 사용을 앞당겨 중단하는 추세로 볼 때 우리나라도 급속하게 앞당겨질 가능성이 충분히 엿보이는 것이다.

이러한 여러가지 국제적인 추세와 국내의 상황을 종합적으로 볼 때 오존파괴지수가 zero인 대체품의 사용은 필수적이며 국제적인 추세에도 맞추어야 할 것이다. 그러나 수년내에 사용이 제한되거나 전면 금지될 수 있는 부적절한 대체품의 선택으로 무모하게 막대한 예산, 인력 및 시간낭비를 가져와서는 안될 것이다. 최근 할론 대체품으로 생산 및 사용이 허용된 NAF S-III 소화제가 알려진 것보다 오존파괴 성질이 강한 것으로 분석되어 EC 및 NORDIC 국가들은 HCFC 규제 일정 단축을 주장하고 있고 대부분의 선진국이 이를 지지하고 있어 동규제 물질의 일정 단축 및 전폐 일정 문제가 공식적으로 제기될 것 같은 전망도 할 수 있다. 이러한 제반문제를 종합적으로 분석해 볼 때 ODP가 zero이며 특별한 시설의 변경없이 최소한의 비용으로 할론 1301을 대체할 수 있고 이미 NFPA-2001의 목록에서 추천된 FM-200은 현재까지 상품화된 할론 1301의 대체품중 최적의 제품이라 간주할 수 있다.

나. 요점정리

- (1) 오존파괴지수(ODP)가 zero인 HFC계 대체물질중 가장 최소한의 설비와 비용으로 할론 1301을 대체할 수 있다.
- (2) 주거공간에서 안전하게 보호되는 가장 효과적인 청정 소화제이다.
- (3) 전자제품, 통신장비 및 정보처리 장치를 안전하게 보호할 수 있는 소화제이다.
- (4) 인체에 대한 독성이 할론 1301과 동등한 수준이므로 미국 NFPA 2001에서 추천한 8가지 대체물질중 가장 독성이 적다.
- (5) 화합물의 모든 조성 성분에 대해 미국 UL이 승인한 최초의 소화제이다.
- (6) FM(Factory Mutual)로 부터 공식 승인되었다.
- (7) 미국환경처(US EPA)의 SNAP(The Significant New Alternatives Policy)에서 추천한 할론 1301의 대체물질중 가장 효과가 뛰어난 HFC계 소화제이다.

다. 물리화학적 성질

물 리 화 학 적 성 질	
화 학 명	1,1,1,2,3,3,3-Heptafluoropropane
화학분자식	CF ₃ -CHF-CF ₃
분 자 량	170.03
비 점	2.55°F(-16.36°C)
융 점	-204°F(-131°C)
임계온도	215.0°F(101.68°C)
임계압력	422 psia(2.912MPa)
임계부피	0.0258 ft ³ /Lb
임계밀도	38.76 Lb/ft ³ (0.621kg/ℓ)
증 발 열(at B.P)	57.0 Btu/Lb

라. 특 징

(1) 미환경처의 SNAP에서 추천한 오존파괴지수 zero의 HFC계 소화제

미국환경처(US EPA)의 SNAP에서 추천한 오존파괴지수(ODP)가 zero인 HFC계 대체물질중 가장 우수한 소화제로 평가하여 상품명으로는 FM-200, HFC-227ea로서 추천한 소화제로서 거주지역 및 비거주지역의 전역방출방식에서 공히 사용할 수 있으며 성층권에 존재하는 오존층을 파괴하지 않으며 할론 1301의 HFC계 대체물질중 효과가 가장 뛰어난 소화제로 추천하였다.

미국환경처는 효율적인 할론 대체물질을 일반인에게 홍보하기 위해서 SNAP를 설립하여 추천된 할론 대체물질의 독성, 소화효과, 물리화학적 성질, 대기잔존기간, 지구온난화효과에 대한 영향 및 상업성 등을 검토한 후 FM-200을 SNAP 목록에 HFC-227ea로 등록하고 주거공간에서 가장 효과적인 전역방출 소화제로서 사용시 제한이 없고 오존파괴가 전혀 없는 유일한 할론 1301의 대체물질로 인정하였다.

(2) FM-200은 할론 1301을 효과적으로 대체할 수 있는 소화제

실험결과에 따르면 FM-200은 할론 1301과 거의 같은 효과를 가진 것으로 판명되었다. 즉 1301의 최소설계농도가 부피비로 5%인 것에 반해 FM-200은 7%로 입증되었고 이것은 할론 1301에 비하여 무게비로 단 70%의 소화제만이 추가로 필요함을 뜻한다.

화재를 진압할 때 물, 발포제 및 분말 화학약품과 같은 일반적인 소화제를 사용할 경우에는 그 소화제들의 잔류물이나 기타 오염물로 인하여 화재로 인한 직접적인 손실보다 오히려 훨씬 큰 간접적인 시설 및 재산피해를 유발할 수도 있다. 그러나 FM-200을 사용할 경우 이러한 간접적인 시설 및 재산의 피해없이 청결하고 안전하게 화재를 진압할 수도 있다. FM-200은 ISO 9002의 엄격한 품질관리에

생산되고 있다.

(3) FM-200은 주거공간에서도 안전하게 사용된다.

1950년대 말부터 할론 1301은 직접적인 화재 피해뿐만 아니라 화재진압시 손상될 수 있는 컴퓨터 산업시설의 보호차원에서 개발되어 청결하고 안전한 소화제로 사용되었다. 또한 소화제의 필수적인 조건중의 하나는 인체에 안전해야 한다는 것인데 할론 1301은 이들 조건을 충족시키는 광범위한 소화제로 사용되어 왔다. 실험에 따르면 FM-200의 노출허용치가 할론 1301보다 오히려 높은 것으로 관측되었는데 미국환경처는 FM-200 부피비로 9.0%의 농도에서도 안전하며 10.5%의 더 높은 농도에서도 1분간 노출이 허용된다고 인정하였다. 이에 반해 할론 1301의 경우에는 부피비로 7.5%의 농도까지만 노출이 허용되는 것으로 보고되었다. 최초의 SNAP의 보고서가 FM-200의 노출허용치가 부피비로 8.1%라 언급하였으나 이는 심장에 관련된 용인들을 고려하여 그 수치를 보수적으로 잡았던 것이며 최근 미국 환경처는 부피비로 9.0% 농도의 노출에서도 안전성이 확보되어 있다고 인정하고 있다.

즉 7.0%의 설정농도에서도 물리화학적 반응메카니즘을 통해 신속히 화재를 진압할 수 있다. 또한 할론 1301뿐만 아니라 어떠한 소화제에 대해서도 가능한한 접촉을 피해야 하며 만일 화재발생시 생성되는 분해산물로 부터 최소한의 시간으로 인명을 대피시켜야 한다. 할론 1301과 같이 FM-200은 고온에서 분해되어 할로젠산을 생성할 수 있으나 할로젠산은 인체에 해로운 수준에 도달하기 훨씬 전에 강하고 자극적인 취기로 인하여 쉽게 감지할 수 있다. 화재를 신속하게 감지하여 안전하게 인명을 대피할 수 있도록 효율적인 설비를 갖춘다면 불필요한 오랜 기간동안 소화제에 노출되어 일어날 수 있는 피해는 최소한으로 단축시킬 수 있을 것이다.

(4) FM-200은 전자제품, 통신장비 및 정보처리 설비를 안전하게 보호한다.

C급 화재나 전기설비의 화재시는 청결하고 안전한 소화제가 사용되어야 하므로 이 FM-200은 청정소화제로서 전기전도성도 없으므로 매우 안전하게 사용될 수 있다. 또 이는 비점도 상대적으로 높기 때문에 이산화탄소와 같은 소화제를 사용할 때 발생하는 정밀한 전자제품에 대한 열적 충격을 최대한 감소시킬 수 있다. 할론 1301과 같이 FM-200은 적절한 설계하에 사용시 극대의 화재진압효과를 나타내며 살포시에는 초기에 사람들의 안전을 위하여 쉽게 감지할 수 있도록 다소 흐려지도록 만들어져 있으나 곧이어 신속히 맑아지고 때문에 화재지역에서 작업자가 안전하게 탈출하는데 전혀 지장이 없다.

(5) FM-200은 장기적 안목으로 볼 때 가치있는 대체물질이므로 미국 UL(Underwriter's Laboratory inc.) 및 FM(Factory Mutual)로부터 세계 최초로 승인받은 소화제이다.

미국환경처는 대기잔존기간이 매우 긴 할론 1301 대체물질에 대해서는 그 사용을 제한하고 있다. FM-200은 열적으로나 화학적으로 모두 인정되어 대기 잔존기간이 31~42년 정도로 짧아서 미국환경처(US EPA)는 효과적인 대체물질로 인정하여 사용상에 어떠한 제재도 가하지 않고 있다.

또한 미국 UL은 1993년 11월 23일 공식적인 대체물질로 FM-200을 정식승인하여 FM-200을 사용하는 모든 설비에 UL마크를 사용할 수 있도록 허용하였으며 FM 역시 Fike社에서 요청한 FM-200 설비시스템에 대하여 1994년 1월 1일부터 그 심의를 완결하여 공식 승인하였다.

(6) FM-200은 할론 1301과 거의 같은 형태의 실린더를 사용할 수 있으므로 부대비용의 최소화가 가능하다.

이 신 소화제는 효율적인 소화특성을 지니고 있으므로 할론 1301에 사용된 동일한 형태에 설비에도 사용이 가능하며 단지 70%의 추가 중량만이 소요되므로 오존파괴지수가 zero인 대체물질중에서 가장 최소한의 비용으로 교체가능한 우수한 소화제이다. FM-200은 이산화탄소가스나 인너젠(Inergen)가스 사용시 요구되는 복잡한 설비나 많은 실린더가 불필요하다.

예를 들어보면 할론 1301이나 FM-200이 필요로 하는 실린더 수는 4~6개이나 탄산가스는 14개 인너젠가스는 약 40여개의 실린더가 필요한 것을 예측하여 보아도 단지 1/10의 설비 공간만을 필요하게 되어 사용자에게 매우 적은 경제적 부담을 주게 되는 장점이 있는 것이다.

마. 환경영향 평가 및 유독성

할론 1301 소화제의 대체물질을 개발시에 궁극적인 목표는 화재진압시 요구되는 소화제로서 모든 기능을 보유함은 물론 장기간 환경에 영향을 미치지 않는 물질을 개발하는 것이다. 이 FM-200은 지구 성층권내의 오존층을 파괴하는 어떠한 화합물도 배출시키지 않으므로 오존파괴지수는 전혀 없다. 한편 대기중에 장기간 존재하는 어떠한 화합물은 지구온난화에 큰 영향을 미치는 것으로 간주되는데 FM-200은 대기잔존 기간이 할론 1301의 그것에 비해 매우 짧은 31~42년에 불과하므로 미국환경처의 SNAP에 의하여 환경적으로 인정하여 가장 효과적인 할론 1301의 대체물질로서 인정하였다.

또한 이 새로운 대체물질의 독성은 할론 1301과 거의 같은 수준으로 독성측정 방법인 LC₅₀(농도 50%시 급성경구 치사량)이 할론 1301과 동일한 800,000ppm 이

상이다. 따라서 주거공간에서 사용할 때 소화제의 안전노출 수준을 결정하는데 심장부정맥증을 유발할 수 있는 잠재력이 중요시되므로 미국환경처가 인정한 실험규정에 의한 결과에 따르면 FM-200에 대한 심장내약력이 할론 1301보다 매우 높기 때문에 주거공간의 진화에서 안전하게 사용할 수 있다고 발표하였다.

<표 6-19>을 보면 미국환경처의 SNAP에서 추천한 오존파괴지수가 zero인 대체물질의 환경 및 독성요소는 다음과 같다.

<표 6-19> 환경영향지수 및 독성치

대체물질	독성농도		오존파괴지수 (ODP)	대기잔존기간 (년)	지구온난화 지수(GWP)
	NOAEL	NOAEL			
Halon 1301	5%	7.5%	10	107	0.8
FM-200 TM	9%	10.5%	0	31~42	0.3~0.6
FE-13	50%	> 50%	0	400	13
PFC-410	40%	> 40%	0	> 2600	-

위의 <표 6-19>에서 보았듯이 FM-200은 할론 1301이 사용되었던 전산실, 자료실, 핵통제설비실, 통신설비실, 전자장비실, 실험실, 항공기 엔진실, 선박엔진실 및 고성능 자동차 등의 모든 분야의 화재진압용으로 사용이 가능하다고 판단된다.

(1) 분해산물

할론 1301 소화제를 사용하여 화재를 진압시킬 때에는 독성 및 부식성이 강한 불화수소(HF)의 할론젠화 수소산이 부산물로 생성되어 방출되기 때문에 새로운 부산물의 유독한 가스가 생성되는지를 알아내고 과연 이들의 농도는 어느 정도인지를 실험적으로 측정하여 알므로써 사용자들의 위험 및 위해한 재해를 미리 막을

수 있게 된다. 이 FM-200은 브롬원자가 없어 브롬화수소산은 생성되지 않으나 불화수소산은 생성된다. 따라서 이들 분해산물을 실험적으로 측정하는 방법을 요약하면 다음과 같다.

(2) 분해물 생성측정 방법

실험설비 내부에 70마이크론 크기에 다공성 폴리에틸렌판이 부착된 250cc의 폴리프로필렌가스 세척병을 설치하여 할로젠산 분해물을 측정할 수 있다. 할론 1301의 경우 가스 세척병은 100cc의 이온수로 채우고 산할로젠화물은 2m mole 탄산나트륨과 2m mole 중탄산나트륨 혼합용액을 사용하여 Diones Ionpack AS4A 컬럼위에서 이온크로마토그래픽(IC)으로 측정한다.

한편 FM-200과 HFC-23에서 발생하는 불화수소(HF)가스는 위에서 언급한 이온크로마토그래픽이나 110cc의 이온력 조절용액을 사용하여 측정한다.

두 가지 다른 측정방법에 의한 불화수소가스의 농도 결과치는 매우 유사하다. 즉 가스방출후 총 10분간에 걸쳐 눈금이 매겨진 진공펌프로 가스세척병내의 공기를 제거함으로써 초기 30초간의 할로젠산 시료를 채집하였다. 세척병에서 채집된 할로젠산 양을 기준으로 실험설비 전체 부피내에서 생산된 할로젠 산의 농도를 추정하여 계산하였다.

(3) 시험결과

소규모(1000m³ 밀폐부피, 0.06m² 연료표면적) 및 대규모(1000m³ 밀폐부피, 0.60m² 연료표면적)의 노말헵탄(n-Heptane) 화재진압용으로 사용한 할론 1301, FM-200 및 HFC-23에서 생성된 불화수소 및 브롬화수소에 실험실적 농도값을 <표 6-20> 및 <표 6-21>에 요약하였으며 이때의 값은 5회이상 실험한 평균값이다.

<표 6-20> 소규모 화재(0.06m²/1000m³)

소 화 제	농도(%) v/v	방출시간(초)	불화수소(ppm)	브롬화수소(ppm)
할론 1301	5	4.5	3.9±1.2	2.6±1.3
FM-200	8	6.5	2.5±10	없 음

<표 6-21> 대규모 화재(0.60m²/1000m³)

소 화 제	농도(%) v/v	방출시간(초)	불화수소(ppm)	브롬화수소(ppm)
할론 1301	5	4.5	78±48	25±6
FM-200	10	6.5	503±123	32±9
HFC-23	16	8.0	1259±159	-
HFC-2	18	9.0	805±209	-

상기 실험의 방출장치에는 1.5인치의 탄소강과 1.5인치의 노즐이 사용되었으며 특정소화제의 효율을 극대화하기 위해서 장치변화를 시도치 않았으므로 전체소화를 위한 대체물질로 사용된 것으로 간주하여 실험결과를 평가해야 할 것이다. 표에 나타난 설정농도는 방출시간 이하에서 화재를 진압하는 소화제의 최소농도를 표시한 값이다. <표 6-20>에 표시된 소규모 화재진압시 부피비로 8%의 FM-200 농도에서 화재는 신속하고 청결하게 진압되었으며 부피비로 5%의 할론 1301 농도에 비하여 6배 가량되는 불화수소가 생성되었다.

한편 <표 6-21>에서 보는바와 같은 대규모 화재진압시 부피비 8%의 소규모

화재시 FM-200만으로도 화재는 충분하게 진압되었으나 실제로 1000ppm 이상 과량의 HF가 생성되었다. 대규모 화재시 부피비로 10%의 FM-200 농도에서 화재는 신속하고 청결하게 진압되었으나 동일한 화재시 할론 1301이 생성하는 불화수소의 약 6배에 상당하는 불화수소가 생성되었다.

그러나 생성된 불화수소의 량에 따르는 관찰한 설비는 부식되지 않았으며 노출되어 있던 전자기판에 부착되어 있는 납 이음새만이 미세하게 변질되어 있는 것 이외에 아무것도 잔류물이 생성되거나 또는 다른 변화가 일어나지 않았음을 발견할 수 있었다. 부피비 16%의 농도에서 불화탄화수소(HFC-23)는 화재를 진압할 수 있었지만 불화수소(HF) 생성량은 1000ppm 정도의 과량이었다. 부피비로 18%의 농도에서 HFC-23에서 불화수소는 596~1014ppm을 발생하면서 화재를 진압하였는데 이들 불화수소의 생성량은 동일한 화재조건하에서 할론 1301이 생성하는 량의 약 10배에 달하는 량이다.

이러한 고농도에서 과압축적을 피할 수 있을 만큼 설비내의 가스가 방출되지 않는다면 과가압 때문에 실험설비에 문제가 발생할 수도 있다는 사실을 주목해야 할 것이다.

바. 결 론

부피비로 8.0%의 FM-200농도에서 소규모 화재는 신속히 아주 청결하게 소화되었고 이때에 부피비 5% 농도의 할론 1301에 비해서 약 6배 정도의 불화수소가 생성되었다. 그러나 이러한 정도 소량의 불화수소(16~35ppm)는 화재 자체에 의해 발생할 수 있는 위험정도를 고려할 때 그리 심각한 문제는 아닌 것이다. 결과적으로 화재 초기 단계에서 신속히 화재를 감지하여 소화제가 방출될 수 있도록 설비가 준비되어 있다면 FM-200은 전역방출방식에서 충분히 할론 1301을 대체할 수 있다는 것을 알 수 있다. 또한 10% 부피비의 FM-200 농도에서 대규모 화재

는 신속히 청결하게 진화되었으며 380~626ppm 정도의 불화수소(HF)가 생성된 것을 위 <표 6-21>에서 보았다. 참고적으로 포유류 동물에 대한 독성시험치는 불화수소에 대한 30분간의 데이터를 보면 50%의 치사농도(LC₅₀)는 약 900~3600ppm이며 10분간의 ALC₅₀(대략적 치사농도)은 2500ppm으로 알려져 있다.

□ 결 론

국내에서 사용되고 있는 소화제는 여러 종류가 있다. 그 중에서 할로젠 화합물인 할론 1301은 전역방출방식의 소화제로 특히 사업장에서 많이 사용하고 있다. 이유는 소화력이 우수할 뿐만 아니라 또한 독성도 매우 적다. 그러나 단점으로는 안정한 유기화합물의 일종이므로 대기중에서 분해되는 속도가 매우 느려 지구 성층권에 잔류하는 기간이 약 107년이나 된다. 따라서 성층권에 존재하는 오존량을 감소시키므로 태양으로부터 발산되는 강한 자외선을 흡수시켜야 하는 오존가스의 역할을 저해시키게 되므로 지상에 존재하는 모든 생물체의 악영향을 미치게 된다.

한 예로서 해변가에서 일광욕을 할 때 오존가스에 흡수되지 못하고 직접 지구상에 온 강한 자외선이 사람피부에 접촉되면 피부암이 발생된다는 보고도 있고 또한 콩과 같은 식물에도 수확을 감소시킨다는 보고도 있다.

뿐만 아니라 할론 가스는 지구온난화에도 악영향을 미쳐 지구의 기상이변을 낳게 하는 역할도 우려된다. 즉 우리 대대손손에게 물려주어야 할 지구를 병들게 하고 있다. 따라서 이 할론 소화제를 년차적으로 감량 사용해야 하고 선진국에서는 이미 1994년 1월 1일부터 할론 제조를 금지시켰고 이후 1996년부터는 전면사용을 금지하도록 규제하고 있다.

그러므로 선진국에서는 할론 1301 대체물질을 이미 개발하여 보급하고 있다. 따라서 우리나라에서는 내무부고시 제1994-9호에 의거 7종의 할론 대체물질을 1994년 6월 18일 이미 고시하였다. 그러나 실제로는 이들 7종을 모두 사용하는 것은 현실적으로 어려운 점이 많다. 이들중 국내에서 할론 대체소화제로 사용이 가능할 것으로 판단되는 두종류에 대하여 본 연구보고서에 모든 자료, 물성치, 독성치, 소

화능력 및 소화설비등의 여러종의 자료를 조사연구 하였으나 그 중에서 특히 安全性에 바탕을 둔 FM-200 및 NAF S-Ⅲ 두 종류 소화제에 관해 결론을 요약해보면 다음과 같다. 즉 단일소화제(FM-200)는 기존 할론 1301과 비교할 때 소화농도는 노말-헵탄의 경우 5.8% 할론(3.5%), 메탄 8.0%(할론 4.0%)로 거의 유사하여 소화능력을 우수하다. 또한 건축물 자재나 전자제품등 소화시 피해를 주지 않으며 A급, B급, C급 화재 소화에도 매우 효과적인 소화제로 알려져 있다. 또한 ODP는 무시되고 지구 잔존년수는 31~42년(할론 107년)에 불과하며 이 소화제는 미국 GLCC社가 개발한 제품으로 특히 미국 UL에서 승인한 최초의 소화제이다.

안전성면을 보면 독성치(LC₅₀)는 약 80만 ppm으로 할론 1301과 같아 미국내 주거지역에서도 사용이 가능한 것으로 판명하고 있다. 이 소화제의 분해 산물은 독성 및 부식성이 강한 불화수소(HF)가 생성되어 방출되므로 이들 농도를 측정한 실험자료에 따르면 기존 할론보다 약 5~6배 정도가 더 발생되나 이러한 수치는 ppm 단위이므로 무시할 수도 있어 안전성 면에서는 기존 할론과 큰 차이가 없는 것으로 판단된다, 한편 혼합 소화제(NAF S-Ⅲ)는 3종류의 할로겐 화합물과 저독성 첨가제(NAF-X X)가 혼합된 물질로서 할론 1301과 비교할때 브롬(Br)의 분자가 없어 브롬화수소(HBr)가 방출되지 않으므로 보다 안정하다.

FM-200도 브롬화수소가 방출되지 않는다. 그러나 이 혼합소화제(NAF S-Ⅲ)의 안전성의 강점은 화재발생시 저독성 첨가제(NAF-X X)가 혼제되 있어 할라이드나 할로겐원자의 상당량이 감소하게 되어 실제 작업자들에게 더 안전성이 확보된다. 왜냐하면 고온에서 화염에 노출된 NAS-Ⅲ 소화제가 저독성첨가제(NAF-X X)에 의해 대기중에서 할로겐화된 독성물질을 비활성시키므로 실제 독성물질을 제거하는 효과가 있기 때문이다. 따라서 국내에서 이미 고시한 7종의 신규할론 대

체 소화제중 위에서 언급한 FM-200 및 NAF S-III 소화제가 사용가능한 것으로 판단되며 특히 안전성면에서 추천할 만하다. 그러나 아직은 가격면에서 기존 할론과 비교할때 좀 고가이나 할론의 제조가 금지되었고 또한 수요는 상대적으로 증가하고 있어 '95년말 내지 '96년경 부터는 거의 유사해질 전망이므로 사용해야할 각 해당업체에서는 금년('95)부터는 대체 소화제 사용을 본격적으로 추진해야 할 것으로 판단되므로 본 연구보고서가 미흡한 점도 있으나 많이 활용해 주길 바랍니다.

□ 참고문헌

- (1) D.Linn Holness M.D. et al.,
J of Occupational Medicine, Health Effects of Halon 1301 Exposure
Vol 34, No 7, 722(1992)
- (2) Bryan JL., Fire Suppression and Detection System
New york; Macmillian Publishing Co. Inc., (1982)
- (3) Reinhardt CE, Reinke R.
Toxicology of halogenated fire extinguishing agents; Halon 1301,
Symposium on an Appraisal of halogenated Fire Extinguishing
Agents, washington, DC; National Academy of Sciences (1972)
- (4) Smith DG, et al., Human Exposure to Halon 1301 during simulated
aircraft cabin fires, Aerosp Med. 44, 198(1973)
- (5) Harrison JN, et al.
The Use of Halon 1301 for firefighting in Confined spaces, J. Soc.
Occup. Med., 32, 37(1982)
- (6) Call D.W. a Study of Halon 1301 Toxicity Under Simulated flight
conditions Aerosp Med. 44, 202(1973)
- (7) Mullin L.S et al., J. of Am. Ind. Hyg. Assoc., Vol 40, 653(1979)
- (8) Sass-Kortsak AM. et al.,
An accidental discharge of a Halon 1301 total flooding fire
extinguishing system, Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 46, 670(1985)
- (9) Tobacman JK, et al.,

use of Halon 1301 in a hospital.

J. Occup. Med., 26, 632(1984)

(10) Jolm R. Floden et al.,

Halon Replacement program in the U.S. Air Force. 84th Annual Meeting & Exhibition Van Couver, British Columbia, June 16(1991)

(11) J.S. Nimitz et al.,

Halocarbons as Halon Replacements; Technology Review and Initiation, ESL-TR-90-38, Vol 1 of 3, Air Force Engineering and Service Lab., Tyndall Air Force Base, FL(1990)

(12) Ibid., Alternative Training Agents Phase I -Survey of Near-Term Candidate Fire Extinguishing Agents and Predicting Properties of Halocarbon Mixtures, ESL-TR-90-39, Vol 1. Air Force Eng. and Ser. Lab., Tyndal Air Force Base, FL.(1990)

(13) T.A. Moore et al.,

Alternative Training Agents, Phase II -Lab-Scale Experimental Work, ESL-TR-90-39. Vol2, Air Force Engineering & Services Lab., Tyndall Air Force Base, FL(1991)

(14) M.E. Lee et al.,

Alternative Training Agents, Phase III, Medium Scale Tests, ESL-TR-90-39 Vol 3, Air Force Engineering & Service Lab., Tyndall Air Force Base, FL(1991)

(15) Ibid., Phase IV -Large Scale Tests, ESL-TR-90-39, Vol 4, Air Force Engineering and Service Lab., Tyndall Air Force Base, FL(1991)

- (16) Tapscott, Robert T., et al., Halon Replacement: What and When, Fire Systems, Nov.-Jan. 4(1989)
- (17) Tapscott, Robert T., Halon Fire Extinguishants, Proc. of the global business outlook for CFC Alternatives, Mar. London, Falmouth Assoc.(1991)
- (18) Anderson, Jan, Halotron : A Total Concept Halon Replacement, Abst. of Halon Alternatives Tech., Working Conf. 25pp Albuquerque., May(1992)
- (19) 日本 工業技術院, 化學工業日報, July 13(1992)
- (20) Gann, Richard G. et al.,
Preliminary Screening Procedures and Criteria for Replacements for Halon 1211 & 1301, NIST Tech., Note 1278, NIST(1990)
- (21) Yasunobu Kishimoto,
Ozone layer protection office, Basic industries Bureau, Ministry of International Trade & Industry, Japan. Manual for Reductions in the use of Ozone Depleting Substances, Chap. 9 P111(1991)
- (22) UNEP, Report of the Halons Technical Options Committee 147 pp, Dec., (1991)
- (23) Floden, John R. et al., Halon Replacement Program in the US Air Force, Proc. of the 84th annual Meeting & Exhibition of Air & waste Management ASSO., June(1991)
- (24) The Halogenated Extinguishing Agent, NFPA Quqrterly, 48(8), Part 3, NFPA, Quincy(1954)

- (25) Chueh P.L and J.M. Prausnitz, Al Che E J., 13, 1099(1967)
- (26) Reid. R. C., et al. The Properties of Gases and Liquids, 3rd Ed.,
McGraw-Hill, New York(1977)

附 錄

여 백

오존층 보호를 위한 특정물질의
제조규제등에 관한
법률

제정 1991. 1. 14 법률 제4322호

제 1 장 총 칙

제 1 조(목적) 이 법은 오존층 보호를 위한 비엔나 협약과 오존층파괴물질에 관한 몬트리올 의정서의 시행을 위하여 특정물질의 제조 및 사용등을 규제하고 대체물질의 개발 및 이요의 촉진과 특정물질의 배출질의 개발 및 이요의 촉진과 특정물질의 배출억제 및 사용합리화등을 효율적으로 추진하는 것을 목적으로 한다.

제 2 조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. “특정물질”이라 함은 오존층 파괴물질에 관한 몬트리올의정서(이하 “의정서”라 한다)의 규정에 의한 오존층 파괴물질 중 대통령이 정하는 것을 말한다.
- ②제1항의 규정에 의한 특정물질에는 당해 특정물질의 이성체와 혼합물중의 특정물질을 포함한다. 다만, 저장 또는 운반등을 위하여 사용되는 용기내에 포함된 특정물질외에 특정물질을 사용하여 생산된 제품에 포함된 특정물질 또는 혼합물중의 특정물질을 제외한다.
2. “대체물질”이라 함은 특정물질을 대체하는 물질 및 혼합물을 말한다.
3. “생산량”이라 함은 특정물질의 제조수량에서 제13조의 규정에 의한 파괴확인을 받은 수량을 뺀 수량을 말한다.

오존층 보호를 위한 특정물질의
제조규제등에 관한
법률

제정 1991.11.21 법률 제13507호

제 1 조(목적) 이 영은 오존층보호를 위한 특정물질의 제조 규제 등에 관한 법률(이하“법”이라 한다)에서 위임된 사항과 그 시행에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제 2 조(특정물질 및 오존파괴지수) ①법 제2조제1호의 규정에 의한 특정물질 및 법제2조제5호의 규정에 한 특정물질의 종류별 오존파괴지수는 별표와 같다.

4. “소비량”이라 함은 특정물질의 생산량 및 수입량에서 수출량을 뺀 수량을 말한다.
5. “산정치”라 함은 특정물질의 종류별 수량에 의정서의 규정에 의한 특정물질의 종류별 오존파괴지수를 곱하여 얻은 각각의 수량을 말한다.
6. “특정물질의 사용합리화”라 함은 특정물질을 회수하여 재이용하거나 사용량의 절감 및 대체물질을 사용함으로써 특정물질의 이용효율을 높이는 것을 말한다.

제 3 조(기준한도의 공고등) ①상공부장관과 환경처장관은 의정서의 시행을 위하여 우리나라가 준수하여야 하는 특정물질의 생산량 및 소비량의 산정치를 기준한도를 정하여 공고하여야 한다. 이를 변경하는때에도 또한 같다.
②상공부장관은 매년 전년도에 특정물질의 생산량·소비량·수출량 및 수입량의 산정치의 실적을 공고하여야 한다.

제 2 장 특정물질 제조등의 규제

제 1 절 특정물질 제조업의 허가

제 4 조(제조업의 허가) ①특정물질의 제조업을 영위하고자 하는 자는 상공부장관의 허가를 받아야 한다. 허가받은 사항을 변경하고자 하는 때에도 또한 같다. 다만, 상공부령이 정하는 경미한 사항을 변경하고자 하는 때에는 상공부장관에게 신고하여야 한다.
②제 1 항의 규정에 의한 허가의 기준 및 절차등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.
③상공부장관은 제 1 항의 규정에 의하여 허가를 받은 자(이하 “제조업자”라 한다)에 대하여는 상공부령이 정하는 바에 의하여 제조업허가증을 교부하여야 한다.
제 5 조(제조업허가의 결격사유) 다음 각호의 1에 해당하는 자는 특정물질의 제조업의 허가를 받을 수 없다.

제 3 조(제조업의 허가) ①법 제4조제1항의 규정에 의하여 특정물질의 제조업의 허가 또는 변경허가를 받고자 하는 자는 상공부령이 정하는 바에 의하여 상공부장관에게 신청하여야 한다.
②상공부장관은 제1항의 규정에 의한 신청을 받은때에는 제조하고자 하는 특정물질의 공급능력이 수요보다 부족하여 그 공장건설이 불가피하다고 인정되는 경우에는 한하여 제조업의 허가 또는 변경허가를 하여야 한다.

1. 금치산자 또는 한정치산자
2. 파산선고를 받고 복권되지 아니한 자
3. 이 법에 위반하여 금고이상의 형의 선고를 받고 그 집행이 종료되거나 집행을 받지 아니한 자 또는 형의 집행유예선고를 받고 그 집행유예기간중에 있는 자.
4. 임원중에 제 1 호 내지 제 3 호의 1에 해당하는 자가 있는 법인

제 6 조(제조업자의 지위승계) ①제조업자가 사망하거나 그 사업을 양도한때 또는 법인인 제조업자의 합병이 있는 때에는 그 상속인, 사업을 양수한 자 또는 합병후 존속하는 법인이나 합병에 의하여 설립되는 법인이 그 제조업자의 지위를 승계한다. 다만, 그 사업을 양수한 자 또는 합병후 존속하는 법인이나 합병에 의하여 설립되는 법인이 제5조 각호의 1에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

②제 1 항의 규정에 의하여 제조업자의 지위를 승계한 상속인이 제5조제1호 내지 제3호의 1에 해당하는 경우에는 상속개시일부터 6월이내에 다른 사람에게 이를 양도하여야 한다.

③제 1 항의 규정에 의하여 제조업자의 지위를 승계한 자는 상공부령이 정하는 바에 의하여 그 승계한 날부터 30일 이내에 이를 상공부장관에게 신고하여야 한다.

제 7 조(제조업자의 취소등) 상공부장관은 제조업자가 다음 각호의 1에 해당하는 경우에는 제조업의 허가를 취소하거나 6월이내에 기간을 정하여 제조업의 전부 또는 일부의 정지를 면할 수 있다. 다만, 제조업자가 제 1 호에 해당하는 경우 그 사유가 발생한 날부터 6월 이내에 그 제조업을 양도하거나 임원(법인인 경우에 한한다)을 변경하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 제5조각호의 1에 해당하는 경우
2. 사이 기타 부정한 방법으로 허가를 받은 경우

3. 허가를 받은 후 정당한 사유없이 6월이내에 그 사업을 개시하지 아니하거나 계속하여 6월이상 그 사업을 휴지한 경우

제 8 조(제조업의 휴·폐지의 신고) 제조업자가 폐지 또는 휴지하거나 휴지한 사업을 재개하고자 하는 경우에는 상공부령이 정하는 바에 의하여 상공부 장관에게 신고하여야 한다.

제 2 절 특정물질 제조수량등의 규제

제 9 조(제조수량의 허가) ①특정물질을 제조하고자 하는 자는 상공부령이 정하는 기간마다 당해 기간중에 제조하고자 하는 특정물질의 수량을 정하여 상공부령이 정하는 바에 의하여 상공부장관의 허가를 받아야 한다. 다만, 다음 각호의 1에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 제13조의 규정에 의하여 파괴확인을 받은 수량의 범위 안에서 특정물질을 제조하고자 하는 경우

②제 1 항제2호의 규정에 의하여 특정물질을 제조하고자 하는 자는 상공부령이 정하는 바에 의하여 그 제조수량을 상공부 장관에게 신고하여야 한다.

제 10 조(허가제조 수량의 증량허가) 제조업자는 제9조제1항의 규정에 의하여 허가받은 제조수량(이하 “허가제조수량”이라 한다)을 초과하여 특정물질을 제조하고자 하는 경우에는 상공부령이 정하는 바에 의하여 상공부장관의 증량허가를 받아야 한다.

제 11 조(제조불가능수량의 신고) ①제조업자는 허가제조수량을 제조하는 것이 불가능하게 된 경우에는 지체없이 상공부령이 정하는 바에 의하여 제조불가능한 수량을 상공부장관에게 신고하여야 한다.

②제10조의 규정에 의한 허가제조수량에서 제1항의 규정에 의하여 신고한 수량을 뺀수량은 신고한자의 허가제조

수량으로 본다.

제 12 조(수입의 허가등) ①특정물질을 수입하고자 하는자는 상공부령이 정하는 바에 의하여 상공부장관의 허가를 받아야 한다. 허가받은 사항을 변경하고자 하는때에도 또한 같다.

②상공부장관은 의정서의 시행을 위하여 특정물질이 포함된 제품 및 특정물질을 사용하여 생산된 제품의 수입을 제한할 수 있다.

③제2항의 규정에 의한 특정물질이 포함된 제품 및 특정물질을 사용하여 생산된 제품은 상공부장관이 정하여 공고한다.

제13조(파괴확인) ①제조업자가 상공부령이 정하는 바에 의하여 특정물질이 파괴된 것을 보고한 경우에는 보고된 수량에 대하여 상공부장관의 파괴확인을 받아 확인받은 수량의 범위안에서 특정물질을 제조할 수 있다.

②제1항의 규정에 의한 특정물질의 파괴의 기준 및 방법은 상공부령으로 정한다.

제14조(판매계획의 승인) 제조자 및 특정물질의 수입허가를 받은 자가 제조 또는 수입한 특정물질을 판매하고자 하는 경우에는 특정물질의 종류별·용도별·수요업종별 판매계획(이하 “판매계획”이라 한다)을 정하여 상공부령이 정하는 바에 의하여 상공부장관의 승인을 얻어야 한다. 승인을 얻는 사항을 변경하고자 하는 때에도 또한 같다.

제15조(수급등의 조정) ①상공부장관은 특정물질의 국내·외 수급여건이 변동되었거나 유통질서의 혼란등으로 인하여 국민경제의 원활한 운영을 저해하거나 저해할 우려가 있다고 인정하는 경우에는 제조업자 또는 특정물질의 수입허가를 받은 자에게 다음 각호의 사항에 관한 조정을 명할 수 있다.

1. 특정물질의 허가제조수량에 관한 사항

2. 특정물질의 수입에 관한 사항
3. 특정물질의 판매계획에 관한 사항
4. 특정물질의 판매가격에 관한 사항

②제1항의 규정에 의한 조정에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제16조(제조수량의 허가취소등) ①상공부장관은 제조업자가 사위 기타 부정한 방법으로 제9조제1항의 규정에 의한 제조수량의 허가 또는 제10조의 규정에 의한 중량허가를 받은 경우에는 당해 허가를 취소하거나 당해 허가수량을 감량할 수 있다.

②상공부장관은 제조업자가 사위 기타 부정한 방법으로 제13조의 규정에 의한 파괴확인을 받은 경우에는 확인을 한 수량을 감량할 수 있다.

제 3 장 특정물질의 배출억제 및 사용합리화

제17조(특정물질 사용업자의 노력) 특정물질의 사용을 업으로 하는 자(이하 “사용업자”라 한다)는 특정물질의 배출억제 및 특정물질의 사용합리화를 위하여 노력하여야 한다.

제18조(배출억제 및 사용합리화 지침의 공고) 상공부장관과 환경처장관은 오존층 보호를 위한 비엔나협약 및 의정서의 시행을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 사용업자의 특정물질의 배출억제 및 특정물질의 사용합리화를 도모하기 위한 지침을 정하여 이를 공고하여야 한다.

제19조(오존층의 관측) ①과학기술처장관은 오존층의 상황을 관측하여 그 결과를 공고하여야 한다.

②환경처장관은 대기중에서의 특정물질의 농도변화의 상황을 관측하여 그 결과를 공고하여야 한다.

제20조(조사 및 연구) 정부는 특정물질이 오존층에 미치는 영향 및 오존층의 변화가 기후동에 미치는 영향에 관하여

제 4 조(수급등의 조정) ①법 제15조제2항의 규정에 의하여 상공부장관이 조정을 명할 수 있는 경우는 다음 각호의 1과 같다.

1. 법 제4조제1항의 규정에 의하여 제조업의 허가를 받은 자(이하 “제조업자”라 한다)가 법 제9조제1항의 규정에 의하여 허가받은 제조수량(이하 “허가제조수량”이라 한다)을 제조하는 것이 불가능하다고 인정됨에도 불구하고 그 제조불가능한 수량을 법 제11조제1항의 규정에 의한 신고를 하지 아니하는 경우
2. 법 제12조제1항의 규정에 의하여 수입허가를 받은 자(이하 “수입업자”라 한다)가 허가받은 사항을 이행할 수 없다고 인정됨에도 불구하고 법 제12조제1항의 규정에 의한 변경허가를 받지 아니하는 경우
3. 제1호 및 제2호의 규정에 의하여 허가제조수량 및 수입허가 사항의 조정 또는 특정물질의 사용합리화의 추진등으로 법 제14조의 규정에 의한 판매계획의 변경이 필요하다고 인정하는 경우
4. 제조업자 또는 수입업자가 제조 또는 수입한 특정물질의 판매가격을 부당하게 조정하는 경우
5. 법 제14조의 규정에 의하여 판매계획의 승인을 얻은 자가 상공부장관의 승인없이 특정물질의 수요자로서 특정물질의 사용을 업으로 하는 자(이하 “사용업자”라 한다) 변경하는 경우
6. 기타 오존층파괴물질에 관한 몬트리올 의정서(이하 “의정서”라 한다)의 시행을 위하여 법 제15조제1항 각호에 해당하는 사항에 대하여 조정이 필요하다고 인정하는 경우

조사·연구하고 그 결과를 홍보하여야 한다. 제21조(정부의 지원) 정부는 대체물질의 개발과 특정물질의 배출억제 및 특정물질의 사용합리화에 도움이 되는 설비의 개발과 이용 및 제18조의 규정에 의한 지침의 이행촉진등을 위한 조세·금융·행정상의 필요한 지원을 할 수 있다.	②상공부장관은 제1항의 규정에 의한 조정정을 명하고자 할 때에는 미리 공정거래위원회와 합의하여야 한다. 제5조(특정물질 관측항목) 환경처장관은 법 제19조제2항의 규정에 의하여 대기중에서의 특정물질의 농도변화 상황을 관측할 때에는 그 관측항목을 정하여 관측할 수 있다.
제 4 장 특정물질 사용합리화 기금 제22조(기금의 설치) 대체물질의 개발, 특정물질의 배출억제 및 특정물질의 사용합리화등을 효율적으로 추진하기 위하여 특정물질사용합리화기금(이하 “기금”이라 한다)을 설치한다. 제23조(기금의 조성) ①기금은 다음 각호의 재원으로 조성한다. 1. 특정물질의 제조업자로부터 징수하는 수입금 2. 특정물질을 수입하는 자로부터 징수하는 수입금 3. 법인 또는 개인으로부터의 출연금 4. 기금의 운용으로 생기는 수익금 5. 기타 수입금 ②제1항 제1호 및 제2호의 규정에 의한 수입금의 징수대상자·징수금액·징수방법등에 관하여 필요한 사항을 대통령령으로 정한다.	제6조(수입금의 징수대상자) 법 제23조제1항제1호 및 제2호의 규정에 의하여 법 제22조의 규정에 의한 특정물질사용합리화기금(이하 “기금”이라 한다)에 납입하는 수입금(이하 “수입금”이라 한다)의 징수대상자는 제조업자 및 수입업자로 한다. 제7조(수입금의 징수금액) ①법 제23조제2항의 규정에 의한 수입금의 징수금액은 특정물질의 종류별 1킬로그램당 트리클로로플루오르메탄 1킬로그램의 가격(제조업자가 제조하여 국내에 판매하는 부가가치세를 제외한 공장도가격을 말한다)에 별표의 특정물질의 종류별 오존파괴지수를 곱하여 얻은 금액의 100퍼센트 범위안에서 상공부장관이 다음 각호의 사항을 감안하여 고시하는 금액으로 한다. 1. 법 제2조제2호의 규정에 의한 대체물질의 사용촉진 2. 법 제2조제6호의 규정에 의한 특정물질의 사용합리화의 사업에 소요되는 비용 3. 법 제25조 각호의 사업에 소요되는 비용 ②상공부장관은 제1항의 규정에 의한 특정물질의 종류별 1킬로그램당 수입금의 징수금액을 정함에 있어서 다음 각호의 사항을 감안하여 특정물질의 종류별·용도별·수요업종별로 징수비율에 차등을 둘 수 있다. 1. 특정물질과 대체물질의 수급상황

2. 특정물질과 대체물질의 가격상황

3. 기타 대체물질 및 그 이용기술의 개발 상황

③상공부장관은 제1항 및 제2항의 규정에 의한 수입금의 징수금액을 정하고자 할 때에는 제13조의 규정에 의한 특정물질수급조정심의회 심의를 거쳐야 한다.

제 8 조(수입금의 징수방법) ①제6조의 규정에 의한 수입금의 징수대상자중 제조업자는 매월 제조하여 판매한 특정물질을(제조업자가 수입하여 자가사용은 판매로 본다. 이하 같다)에 대한 수입금을 다음달 15일 까지 기금에 납부하여야 한다. 수입업자가 매월 수입한 특정물질(제조업자가 수입한 특정물질을 포함한다. 이하 같다)에 대한 수입금을 납부하는 경우에도 또한 같다.

②특정물질이 다음 각호의 1에 해당하는 경우에는 수입금의 징수를 면제한다.

1. 수출하였거나 외화획득용 원료로 판매하는 경우
2. 외화획득용 원료로 수입하는 경우
3. 법 제13조의 규정에 의한 파괴확인을 받은 수량의 범위안에서 제조하여 판매하는 경우
4. 사용된 특정물질을 회수하여 판매하는 경우
5. 특정물질의 제조용원료로 판매하거나 수입하는 경우
6. 오존층을 파괴하지 아니하는 물질의 제조용 원료로 판매하였거나 수입하는 경우
7. 별 표 제Ⅳ군에 속하는 경우

③제1항의 규정에 의한 수입금을 납부한 특정물질이 다음 각호의 1에 해당하는 경우에는 이미 납부한 수입금을 환급한다.

1. 수출하였거나 외화획득용 원료로 사용하는 경우
2. 특정물질의 제조용 원료로 사용하는 경우
3. 오존층을 파괴하지 아니하는 물질의 제조용 원료로 사용하는 경우

제24조(기금의 운용·관리) ①기금은 대통령이 정하는 자가 운용·관리한다. ②기금의 운용·관리등에 관하여 필요한 사항을 대통령으로 정한다.	④제2항의 경우에 의하여 수입금을 면제받은 특정물질이 다음 각호의 용도로 판매 또는 수입되어 당해용도로 사용되지 아니한 경우에는 면제받은 수입금을 기금에 납부하여야 한다. 1. 외화획득용 원료 2. 특정물질의 제조용 원료 3. 오존층을 파괴하지 아니하는 물질의 제조용 원료 ⑤제1항 내지 제4항의 규정에 의한 수입금의 징수방법등에 관하여 필요한 사항을 상공부장관이 정하여 고시한다. 제9조(기금의 운용·관리기관) 기금은 법 제24조의 규정에 의하여 공업발전법 제23조의 규정에 의한 사업자단체인 한국정밀화학공업진흥회(이하 “진흥회”라 한다)가 이를 운용·관리한다. 제10조(기금의 운용·관리계획등) ①진흥회는 매년 다음 연도의 기금의 운용·관리계획을 수립하여 다음연도 개시 1월전까지 상공부장관에게 제출하여 상공부장관의 승인을 얻어야 한다. 승인을 얻은 사항을 변경하고자 할 때에도 또한 같다. ②제1항의 규정에 의한 기금의 운용·관리 계획에는 다음 각호의 사항이 포함되어야 한다. 1. 기금조성을 위한 자원별계획 2. 사업별·자원별 기금 사용계획 3. 기타 기금의 운용·관리상 필요하다고 인정하는 사항 ③진흥회는 따로 개정을 설정하여 기금을 관리하여야 한다. ④진흥회는 기금의 운용·관리와 관련하여 이유자금이 있을 때에는 다음 각호의 방법으로 이를 운용한다. 1. 금융기관 또는 채신관서예의 예치 2. 국채·공채 기타 유가증권의 매입 ⑤진흥회는 기금을 운용·관리함에 있어서 필요하다고 인정할 때에는 상공부장관의 승인을 얻어 그 업무의 일부를
---	---

제25조(기금의 사용) 기금은 다음 각호의 사업을 위하여 사용한다. 1. 대체물질의 개발사업 2. 대체물질의 이용기술 개발사업 3. 특정물질의 배출억제 및 특정물질의 사용합리화를 위한 설비의 개발 및 이용사업 4. 오존층 보호를 위한 국제협약등의 시행을 위한 국제협력사업 5. 제1호 내지 제4호의 사업에 부대되는 사업으로서 대통령령이 정하는 사업	금융기관의 장에게 위탁할 수 있다. ⑥상공부장관은 제1항의 규정에 의한 진흥회의 기금의 운용·관리계획중 기금의 용자사업이 있는 경우에는 그 용자조건에 대하여 미리 재무부장관과 협의하여야 한다. ⑦이 영에서 정한 사항회에 기금의 운용·관리에 관하여 필요한 사항은 진흥회가 상공부장관의 승인을 얻어 이를 정한다. 승인을 얻은 사항을 변경하고자 할 때에도 또한 같다. 제11조(기금의 결산보고) 진흥회는 매년 기금의 결산 보고서를 작성하여 다음 연도 3월 31일까지 상공부장관에게 제출하여야 한다. 제12조(기금의 사용) ①법 제25조제4호의 규정에 의한 “오존층보호를 위한 국제협약 등”이라 함은 오존층보호를 위한 비엔나협약과 의정서를 말한다. ②법 제25조제5호의 규정에 의한 대통령령이 정하는 사업은 다음 각호와 같다. 1. 법 제25조제1호 내지 제4호에 규정된 사업을 위한 기술자료 및 기술수요의 조사사업 2. 대체물질의 이용 및 특정물질의 사용합리화 촉진을 위한 교육·홍보등 사업 3. 기금의 운용·관리를 위한 진흥회의 운영 4. 제1호 내지 제3호의 사업에 부대되는 사업 5. 기타 상공부장관이 특정물질의 사용합리화를 위하여 필요하다고 인정하여 위탁하는 사업 제13조(특정물질수급조정심의회 설치) 다음 각호의 사항을 심의하기 위하여 상공부에 특정물질수급조정심의회(이하 “심의회”라 한다)를 둔다. 1. 법 제3조제1항의 규정에 의한 기준한도에 대한 사항 2. 법 제14조의 규정에 의한 판매계획에 한 사항 3. 제10조의 규정에 의한 기금의 운용·관리계획에 관한 사항
---	--

	4. 제11조의 규정에 의한 기금의 결산보고에 관한 사항 5. 법 제15조의 규정에 의한 특정물질의 수급등의 조정에 관한 사항 6. 법 제18조의 규정에 의한 특정물질의 배출억제 및 특정물질의 사용합리화를 도모하기 위한 지침에 관한 사항 7. 기타 상공부장관이 필요하다고 인정하여 심의회에 부치는 사항 제14조(심의회) ①심의회는 위원장 1인을 포함한 21인 이내의 위원으로 구성한다. ② 심의회는 위원장은 상공부 소속 공무원 중에서 상공부장관이 지정하는 2급 또는 3급의 일반직 국가공무원으로 하고, 위원은 다음 각호의 자로 구성한다. 1. 경제기획원·외무부·내무부·과학기술처 및 환경처 소속공무원중에서 그 소속기관의 장이 지정하는 4급 이상 국가공무원으로 보하는 직위에 있는자 각 1인 2. 다음 각목의 1에 해당하는 자중에서 상공부장관이 위촉하는 자 15인 이내 가. 특정물질의 제조업자 및 사용업자의 임원 또는 직원 나. 특정물질의 제조업자 및 사용업자 단체의 임원 또는 직원 다. 특정물질에 관한 학식과 경험이 풍부한 자 ③위원장은 심의회를 대표하고 심의회 의장이 되며, 그 회무를 통할한다. ④제 2 항제 2 호의 규정에 의하여 상공부장관이 위촉한 위원의 임기는 2년으로 하되, 연임할 수 있다. 제15조(회의) ①심의회 회의는 위원장이 소집한다. ②심의회 회의는 재적의원 과반수의 출석으로 개인하고 출석의원 과반수의 찬성으로 의결한다. 제16조(회의) ①심의회에 간사 1인을 둔다. ②간사는 위원장이 상공부 소속 공무원중에서 임명한다.
--	---

제 5 장 보 칙

제26조(장부의 비치) ①제조업자는 장부를 비치하고 특정물질의 제조수량 및 수출량 기타 상공부령이 정하는 사항을 기록하여야 한다.

②제 1 항의 장부는 상공부령이 정하는 바에 의하여 보존하여야 한다.

제27조(보고·검사) ①상공부장관은 이 법 시행을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 제조업자·사용업자 또는 특정물질의 수입허가를 받은 자에 대하여 대통령령이 정하는 바에 의하여 필요한 보고를 명할 수 있다.

②상공부장관은 이 법 시행을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 그 소속 공무원으로 하여금 제조업자·사용업자 또는 특정물질의 수입허가를 받은 자의 사무소·공장 기타 사업소에서 장부·서류기타의 물건을 검사하게 할 수 있다. 이 경우 검사를 위하여 필요한 최소한의 수량에 한하여 특정물질을 무상으로 수거할 수 있다.

③제 2 항의 규정에 의한 검사를 하는 공무원은 그 권한을

③간사는 위원장의 임명을 받아 심의회의 사무를 처리한다.

제17조(분과위원회) 심의회는 필요한 경우 특정물질의 종류별·용도별 또는 수요업종별 분과위원회를 설치하여 운영할 수 있다.

제18조(수당등) 심의회 및 분과위원회에 출석한위원에 대하여는 예산의 범위안에서 수당 및 여비를 지급할 수 있다. 다만, 소관업무와 직접 관련이 되는 공무원인 위원의 경우에는 그러하지 아니한다.

제19조(운영세칙) 이 영에서 정한 사항외에 심의회 및 분과위원회의 운영에 관하여 필요한 사항은 심의회의 심의를 거쳐 위원장이 정한다.

제20조(보고) ①제조업자 및 수입업자는 법 제27조 제 1 항의 규정에 의하여 특정물질의 제조·판매·수입 실적등을 상공부령이 정하는 바에 의하여 상공부장관에게 보고하여야 한다.

②상공부장관은 법 제27조제 1 항의 규정에 의하여 특정물질의 사용업자에게 특정물질의 종류별·용도별·수요업종별 사용상황 및 특정물질의 사용합리화 추진상황등을 보고하게 할 수 있다.

표시하는 증표를 지니고 이를 관계인에게 내보여야 한다.

제28조(청문) 상공부장관은 제 7 조 및 제16조의 규정에 의한 처분을 하고자 하는 경우에는 대통령령이 정하는 바에 의하여 미리 당해 처분의 상대방 또는 그 대리인에게 의견을 진술할 기회를 주어야 한다. 다만, 당해 처분의 상대방 또는 그 대리인이 정당한 사유없이 이에 응하지 아니하거나 주소불명등으로 의견진술의 기회를 줄 수 없는 경우에는 그러하지 아니한다.

제29조(권한의 위임·위탁) 상공부장관은 이 법에 의한 권한의 일부를 대통령이 정하는 바에 의하여 서울특별시장·직할시장 또는 도지사에게 위임하거나 관계 행정기관의 장 또는 대통령령이 정하는 법인 또는 단체에 위탁할 수 있다.

제 6 장 벌 칙

제30조(벌칙) 다음 각호의 1에 해당하는 자는 3년이하의 징역 또는 1천만원이하의 벌금을 병과할 수 있다.

1. 제 4 조제 1 항의 본문의 규정에 위반하여 제조업을 영위하거나 사위 기타 부정한 방법으로 제조업허가 또는 변경허가를 받은 자.
2. 제 9 조제 1 항 본문의 규정에 위반하여 특정물질을 제조한 자.
3. 제10조의 규정에 위반하여 허가제조수량을 초과하여 제조한 자.

제21조(청문) ①상공부장관은 법 제28조의 규정에 의하여 청문을 하고자 할 때에는 7일전에 처분의 상대방 또는 그 대리인에게 서면으로 통지하여야 한다.

②제 1 항의 규정에 의한 통지를 받은 처분의 상대방 또는 대리인은 지정된 일시 및 장소에 출석하여 의견을 진술하거나 서면으로 의견을 제출할 수 있다.

③제 2 항의 규정에 의하여 처분의 상대방 또는 대리인이 출석하여 의견을 진술한 경우에는 관계 공무원은 그 요지를 서면으로 작성하여 진술한 자로 하여금 이를 확인한 후 서명날인하게 하여야 한다.

④제 1 항의 규정에 의한 통지에는 정당한 사유없이 이에 응하지 아니하는 경우 의견진술의 기회를 포기한 것으로 본다는 뜻을 명시하여야 한다.

제22조(권한의 위탁) 상공부장관은 법 제29조의 규정에 의하여 법 제13조제 1 항의 규정에 의한 특정물질의 파괴확인 권한을 제 9 조의 규정에 의한 진흥회의 장에게 위탁한다.

4. 제12조제 11항의 규정에 위반하여 특정물질을 수입한 자.
제31조(벌칙) 다음 각호의 1에 해당하는 자는 2년이하의 징역 또는 5백만원이하의 벌금에 처하거나 이를 병과할 수 있다.

1. 제14조의 규정에 위한 판매계획의 승인을 얻지 아니하고 특정물질을 판매하거나 승인을 얻은 판매계획과 다르게 특정물질을 판매한 자.

2. 제15조의 규정에 의한 조정명령에 위반한 자.

제32조(벌칙) 다음 각호의 1에 해당하는 자는 5백만원이하의 벌금에 처한다.

1. 사위 기타 부정한 방법으로 제13조의 규정에 의한 과학인을 받은 자

2. 제26조의 규정에 위반하여 장부를 비치하지 아니하거나 장부에 기록하지 아니한 자 또는 장부를 허위로 기록하거나 장부를 보존하지 아니한 자

3. 제27조제 1 항의 규정에 위한 보고를 하지 아니하거나 허위로 보고한 자

4. 제27조제 2 항의 규정에 의한 검사나 수거를 거부·방해 또는 기피한 자

제33조(양벌규정) 법인의 대표자나 법인 또는 개인의 대리인, 사용인 기타 종업원이 그 법인 또는 개인의 업무에 관하여 제30조 내지 제32조의 위반 행위를 한 때에는 행위자를 벌하는 외에 그 법인 또는 개인에 대하여도 해당 각 본조의 벌금형을 과한다.

제34조(과태료) ①다음 각호의 1에 해당하는 자는 1백만원이하의 과태료에 처한다.

1. 제 4 조제 1 항 단서의 규정에 의한 신고를 하지 아니하거나 허위로 신고한 자

2. 제 6 조제 3 항의 규정에 의한 신고를 하지 아니하거나 허위로 신고한 자

제23조(과태료의 부과·징수) ①상공부장관은 법 제34조제 2 항의 규정에 의하여 과태료를 부과할 때에는 당해 위반 행위를 조사 확인한 후 위반사실과 과태료 금액등을 서면으로 명시하여 이를 납부할것을 과태료 처분대상자에게 통지하여야 한다.

②상공부장관은 제 1 항의 규정에 의하여 과태료를 부과하고자 할 때에는 10일이상의 기간을 정하여 과태료 처분대상자에게 구술 또는 서면에 의한 의견진술의 기회를 주어야 한다. 이 경우 지정된 기일까지 의견진술이 없는 때에는 의견이 없는 것으로 본다.

③상공부장관은 과태료금액을 정함에 있어서는 당해 위반

3. 제 8 조의 규정에 의한 신고를 하지 아니하거나 허위로 신고한 자 4. 제 9 제 2 항의 규정에 의한 신고를 하지 아니하거나 허위로 신고한 자 5. 제 11 조 제 1 항의 규정에 의한 신고를 하지 아니하거나 허위로 신고한 자 ② 제 1 항의 규정에 의한 과태료는 대통령이 정하는 바에 의하여 상공부장관이 부과·징수한다. ③ 제 2 항의 규정에 의한 과태료 처분에 불복이 있는 자는 그 처분의 고지를 받은 날부터 30일 이내에 상공부장관에게 이의를 제기할 수 있다. ④ 제 2 항의 규정에 의한 과태료 처분을 받은 자가 제 3 항의 규정에 의하여 이의를 제기한 때에는 상공부장관은 지체없이 관할법원에 그 사실을 통보하여야 하며 그 통보를 받은 관할법원은 비송사건 절차법에 의한 과태료의 재판을 한다. ⑤ 제 3 항의 규정에 의한 기간내에 이의를 제기하지 아니하고 과태료를 납부하지 아니한 때에는 국세 체납처분의 예에 의하여 이를 징수한다.	행위의 동기와 그 결과등을 참작하여야 한다.
부 칙 제 1 조(시행일) 이 법은 공포일로부터 2년을 넘지 아니하는 범위안에서 대통령령이 정하는 날부터 시행한다. 제 2 조(특정물질의 제조업에 관한 경과조치) ① 이 법 시행 당시 특정물질의 제조업을 영위하고 있는 자는 이 법 시행일부터 3월 이내에 상공부장관에게 신고하여야 한다. ② 제 1 항의 규정에 의한 기간내에 신고를 한 자는 제 4 조 제 1 항의 규정에 의한 제조업 허가를 받은 것으로 한다.	부 칙 ①(시행일) 이 영은 1992년 1월 1일부터 시행한다. ②(오존층보호를위한특정물질의제조규제등에관한 법률 시행일에 관한 규정) 법률 제 4322호 오존층보호를 위한 특정물질의 제조규정에 관한 법률은 1992년 1월 1일부터 시행한다. 다만, 다음 각호에 규정된 벌칙은 법 시행 후 3월이 경과한 날 부터 시행한다. 1. 법 제 30 조(법 제 30 조 제 1 호의 사위 기타 부정한 방법으로 제조업허가를 받은 자를 제외한다)

2. 법 제31조
 3. 법 제32조제 2 호(장부를 허위로기록한 자를 제외한다)
및 제 3 호(허위로 보고한 자를 제외한다)
 4. 법 제33조
 5. 법 제34조제 1 항(허위로 신고한 자를 제외한다)
- ③(수입금의 징수에 관한 적용례) 법 제23조제 1 항제 1 호
및 제 2 호의 규정에의한 수입금은 이 영 시행일 이후 판
매되거나 수입신고되는 특정물질부터 적용한다.

오존층 보호를 위한 특정물질의 제조규정등에 관한 법률(영 발표)

[별 표]

특정물질 및 오존파괴지수 (제 2 조 관련)

군	호	특 정 물 질 의 종 류	화 학 식	오존파 괴지수
I	1	트리클로로플루오르메탄(CFC-11)	$C F C \ell_3$	1.0
	2	디클로로디플루오르메탄(CFC-12)	$C F_2 C \ell_2$	1.0
	3	트리클로로트리플루오르메탄(CFC-113)	$C_2 F_3 C \ell_3$	0.8
	4	디클로로테트리플루오르메탄(CFC-114)	$C_2 F_4 C \ell_2$	1.0
	5	클로로펜타플루오르에탄(CFC-115)	$C_2 F_5 C \ell$	0.6
II	6	브로모트리플루오르메탄(Halon-1301)	$C F_3 Br$	10.0
	7	브로모클로로디플루오르메탄(Halon-1211)	$C F_2 Br C \ell$	3.0
	8	디브로모테트리플루오르에탄(Halon-2402)	$C_2 F_4 Br_2$	6.0
III	9	클로로트리플루오르메탄(CFC-13)	$C F_4 C \ell$	1.0
	10	펜타클로로플루오르에탄(CFC-111)	$C_2 F C \ell_5$	1.0
	11	테트라클로로디플루오르에탄(CFC-112)	$C_2 F_2 C \ell_4$	1.0
	12	헵타클로로플루오르프로판(CFC-21)	$C_3 F C \ell_7$	1.0
	13	헥사클로로디플루오르프로판(CFC-212)	$C_3 F_2 C \ell_6$	1.0
	14	펜타클로로트리플루오르프로판(CFC-213)	$C_3 F_3 C \ell_5$	1.0
	15	테트라클로로테트리플루오르프로판 (CFC-214)	$C_3 F_4 C \ell_4$	1.0
	16	트리클로로펜타플루오르프로판(CFC-215)	$C_3 F_5 C \ell_3$	1.0
	17	디클로로헥사플루오르프로판(CFC-216)	$C_3 F_6 C \ell_2$	1.0
	18	클로로헵타플루오르프로판(CFC-217)	$C_3 F_7 C \ell$	1.0
IV	19	사염화탄소	$C C \ell_4$	1.1
V	20	1, 1, 1, -트리클로로에탄(메틸클로로포름)	$C_2 H_3 C \ell_3$	미 정

군	호	특정물질의종류	화학식	오존파괴지수
Ⅵ	21	디클로로플루오르메탄(HCFC-21)	$C H F C \ell_2$	미정
	22	클로로디플루오르메탄(HCFC-22)	$C H F_2 C \ell$	미정
	23	클로로플루오르메탄(HCFC-31)	$CH_2 F C \ell$	미정
	24	테트라클로로플루오르에탄(HCFC-121)	$C_2 H F C \ell_4$	미정
	25	트리클로로디플루오르에탄(HCFC-122)	$C_2 H F_2 C \ell_3$	미정
	26	디클로로트리플루오르에탄(HCFC-123)	$C_2 H F_3 C \ell_2$	미정
	27	클로로테트리플루오르에탄(HCFC-124)	$C_2 H F_4 C \ell$	미정
	28	트리클로로플루오르에탄(HCFC-131)	$C_2 H_2 F C \ell_3$	미정
	29	디클로로트리플루오르에탄(HCFC-132)	$C_2 H_2 F_2 C \ell_2$	미정
	30	클로로트리플루오르에탄(HCFC-133)	$C_2 H_2 F_3 C \ell$	미정
	31	디클로로플루오르에탄(HCFC-141)	$C_2 H_3 F C \ell_2$	미정
	32	클로로디플루오르에탄(HCFC-142)	$C_2 H_3 F_2 C \ell$	미정
	33	클로로플루오르에탄(HCFC-151)	$C_2 H_4 F C \ell$	미정
	34	헥사클로로플루오르프로판(HCFC-221)	$C_3 H F C \ell_6$	미정
	35	펜타클로로디플루오르프로판(HCFC-222)	$C_3 H F_2 C \ell_5$	미정
	36	테트라클로로트리플루오르프로판 (HCFC-223)	$C_3 H F_3 C \ell_4$	미정
	37	트리클로로테트리플루오르프로판 (HCFC-224)	$C_3 H F_4 C \ell_3$	미정
	38	디클로로펜타플루오르프로판(HCFC-225)	$C_3 H F_5 C \ell_2$	미정
	39	클로로헥사플루오르프로판(HCFC-226)	$C_3 H F_6 C \ell$	미정
	40	펜타클로로플루오르프로판(HCFC-231)	$C_3 H_2 F C \ell_5$	미정
	41	테트라클로로디플루오르프로판 (HCFC-232)	$C_3 H_2 F_3 C \ell_4$	미정

군	호	특 정 물 질 의 종 류	화 학 식	오존파괴지수
	42	트리클로로트리플루오르프로판 (HCFC-233)	$C_3H_2F_4Cl_2$	미 정
	43	디클로로테트리플루오르프로판 (HCFC-234)	$C_3H_2F_5Cl$	미 정
	44	클로로펜티플루오르프로판(HCFC-235)	$C_3H_3FC_4$	미 정
	45	테트라클로로플루오르프로판(HCFC-241)	$C_3H_3F_2Cl_3$	미 정
	46	트리클로로디플루오르프로판(HCFC-242)	$C_3H_3F_3Cl_2$	미 정
	47	디클로로트리플루오르프로판(HCFC-243)	$C_3H_3F_4Cl$	미 정
	48	클로로테트리플루오르프로판(HCFC-244)	$C_3H_4FC_3$	미 정
	49	트리클로로플루오르프로판(HCFC-251)	$C_3H_4F_2Cl_2$	미 정
	50	디클로로디플루오르프로판(HCFC-252)	$C_3H_4F_3Cl$	미 정
	51	클로로트리플루오르프로판(HCFC-253)	$C_3H_5FC_2$	미 정
	52	디클로로플루오르프로판(HCFC-261)	$C_3H_5F_2Cl$	미 정
	53	클로로디플루오르프로판(HCFC-262)	$C_3H_5F_2Cl$	미 정
	54	클로로플루오르프로판(HCFC-271)	$C_3H_6FC_2$	미 정

비고 : 1, 1, 2 - 트리클로로에탄은 제 V 군 제20호($C_2H_3Cl_3$)에 해당되지 아니한다.

◎ 내무부고시 제1994-9호

소방기술기준규칙 제62조의2의 규정에 의거 할로젠화합물중 “Halon 1301”, “Halon 2402” “Halon 1211”외에 소화약제로서 효과가 있다고 인정되는 청정소화약제의 종류를 다음과 같이 고시합니다.

1994년 6월 18일
내 무 부 장 관

청정소화약제의종류

1. 목적

이 고시는 지구오존층 보호를 위해 1987년 9월 16일 조인되어 1989년 9월 16일부터 발효된 몬트리올의정서와 수차에 걸친 동 의정서가입국간의 회의 개최결과 및 국제대응력 강화를 위한 환경정책추진에 따라 생산량을 단계적으로 감축하여 조만간 생산중단이 예상되는 “Halon 1301”, “Halon 2402” “Halon 1211” 이외에 소화약제로서 효과가 있다고 인정되는 청정소화약제의 종류를 국민에게 알려주고자 함을 그 목적으로 한다.

2. 종류(총 7종)

품 명(물질명)	화 학 식 명(화 학 식)
① PFC-410(FC-3-1-10)	퍼플루오로부탄(C ₄ F ₁₀)
② NAFS-Ⅲ(HCFC BLEND A)	디클로로트리플루오로에탄 HCFC-123(CHCl ₂ CF ₃) : 4.75% 클로로디플루오로메탄 HCFC-22(CHClF ₂) : 82% 클로로테트라플루오로에탄 HCFC-124(CHClF ₂ CF ₃) : 9.5% 이소프로페닐-1-메틸사이클로헥산 (C ₁₀ H ₁₆) : 3.75%
③ FE-241(HCFC-124)	클로로테트라플루오로에탄(CHClF ₂ CF ₃)
④ FE-25(HFC-125)	펜타플루오로에탄(CHF ₂ CF ₃)
⑤ FM-200(HFC-227ea)	헵타플루오로프로판(CF ₃ CHFCF ₃)
⑥ FE-13(HFC-23)	트리플루오로메탄(CHF ₃)
⑦ INERGEN(IG-541)	질소(N ₂) : 52% 아르곤(Ar) : 40% 이산화탄소(CO ₂) : 8%

3. 물 성

항 목	단 위	FC-3 -1-10	HCFC BLEND A	HCFC -124	HFC -125	HFC -227ea	HFC-23	IG-541
분자량		238.03	92.90	136.5	120.02	170.03	70.01	34.0
비등점(760mmHg)	℃	-2.0	-38.3	-11.0	-48.5	-16.4	-82.1	-196
빙점	℃	-128.2	< -107.2	-198.9	-102.8	-131	-155.2	-78.5
임계온도	℃	113.2	124.4	122.2	66.0	101.7	25.9	·
임계압력	kPa	2323	6647	361.4	3595	2912	4836	·
임계부피	cc /mole	371	162	241.6	210	274	133	·
임계밀도	kg / m ³	629	577	565	571	621	525	·
비열, 액체(25℃)	kJ / kg℃	1.047	1.256	1.13	1.260	1.184	1.549	·
비열, 증기(760mmHg)	kJ / kg℃	0.804	0.67	0.741	0.800	0.808	0.737	0.574
기화열(비등점)	kJ / kg	96.3	225.6	194	164.7	132.6	239.6	220
액체의열전도율(25℃)	w / m℃	0.0537	0.0900	0.0722	0.0651	0.069	0.0779	·
점도, 액체(25℃)	centipoise	0.324	0.21	0.299	0.145	0.226	0.083	·
상대열연도(1기압25℃)	절소=1	5.25	1.32	1.55	0.955	2.00	1.04	1.03
액체에녹는 증기압 (25℃)	중량비% kpa	0.001 289.6	0.12 948	0.07 386	0.07 1371	0.06 457.7	500PPM	0.015 15200

4. 소화농도

가. 20℃ 1기압(760mmHg)에서 순방호공간(완전밀폐공간)의 설계농도별 소요약제량

소화약제	단위중기부 피 (m ³ / kg)	설계농도(% 부피비) · 약제의 량 W / V(kg / m ³)								
		5	7	8	9	10	12	14	15	17
FC-3-1-10	0.1001	0.529	0.752	0.869	0.988	1.110	1.362	1.626	1.763	2.046
HCFC BLEND A	0.2590	0.203	0.291	0.336	0.382	0.429	0.527	0.629	0.681	0.791
HCFC-124	0.1698	0.310	0.443	0.512	0.582	0.654	0.803	0.959	1.039	1.206
HFC-125	0.1841	0.286	0.403	0.472	0.537	0.604	0.741	0.884	0.959	1.113
HFC-227ea	0.1369	0.384	0.550	0.635	0.722	0.812	0.996	1.189	1.289	1.495
HFC-23	0.3194	0.165	0.236	0.272	0.310	0.348	0.427	0.510	0.553	0.641

○ 소화약제량 계산식 : $W = V / S \times (C / 100 - C)$

W : 약제중량(kg)

V : 방호공간체적(m^3)

S : 단위중기부피(m^3/kg)

C : 설계소화농도(%)

$S = k_1 - k_2(t)$ $t = ^\circ C$

소 화 약 제	k1	k2
FC-3-1-10	0.0941	0.0003
HCFC BLEND A	0.2413	0.00088
HCFC-124	0.1578	0.0006
HFC-125	0.1701	0.0007
HFC-227ea	0.1269	0.0005
HFC-23	0.2954	0.0012

나. 20 $^\circ C$ 1기압(760mmHg)에서 순방호공간(완전밀폐공간)의 IG-541의 설계농도별 소요약제의 부피

소 화 약 제	단위중기부피 (m^3/kg)	설계농도(%부피비) · 소화약제의 체적 $V/V(m^3/m^3)$					
		34	38	42	46	50	54
IG-541	0.6964	0.4176	0.4805	0.5476	0.6193	0.6967	0.7805

○ 소화약제의 부피 계산식 : $X = 2.303 \times V / S + \log_{10}$

$(100 / 100 - C) \times V_s$

X : 단위부피당 소요약제의 부피(m^3/m^3)

V : 방호공간체적(m^3)

S : 단위중기부피(m^3/kg)

C : 설계소화농도(%)

V_s : 21.1 $^\circ C$ 의 비용적= $0.6998(m^3/kg)$

$S = 0.649 + 0.00237(t)$ $t = ^\circ C$

5. 약제의 저장특성

항 목	소화약제	FC-3 -1-10	HCFC BLEND A	HCFC -124	HFC -125	HFC -227ea	HFC -23	IG-541
최대충전농도(kg/ℓ)		1.26	0.9	1.13	0.93	1.15	0.87	·
저장용기최소설계압력(kg/m^2)		35	35	16.8	22.4	35	126	152.25
20 $^\circ C$ 에서의 총압력(kg/cm^2)		25.2	25.2	13.65	11.65	25.2	42.62	·

6. 청정소화약제를 사용하여서는 안되는 장소

가. 산소를 보유하고 있는 질산염 및 화약등의 저장·취급
장소

나. 리튬, 나트륨, 포타시움, 마그네슘, 티타늄, 지르코늄,

우라늄, 플루토늄등과 같은 반응성 금속물질을 저장·취
급하는 장소

다. 금속수소화합물 또는 유기과산화물 및 히드라진등과 같
은 자기열분해물질을 저장·취급하는 장소

할로겐 化合物 消化劑 代替物質의
調査 및 安全性에 關한 研究
연구보고서(화학연 94-1-14)

발 행 일 : 1994. 12. 31

발 행 인 : 원 장 徐 相 學

연구수행자 : 수석연구원 鄭 東 寅

발 행 처 : 한국산업안전공단

산업 안전 연구원

화 학 연 구 실

주 소 : 인천직할시 북구 구산동 34-4

전 화 : 032)518-6484 ~ 6

비매품