

가스계소화설비의 오해 및 문제점

이택구

소방기술사
소방시설관리사



1. 머리말

전기실, 발전기실, 변전실, 통신기기실, 전산실 등과 같이 물을 사용하지 못하는 장소나 고가 자료 및 장비를 보관·설치되는 장소의 대부분에는 주로 가스계 소화설비가 사용되고 있다. 가스계 소화설비는 수계 소화설비와는 달리 많은 재산피해와 인명안전에 큰 영향을 미칠 수 있으므로 완벽한 시공과 작동 및 신뢰성이 특히 요구되는 설비이다. 따라서, 가스계 소화시스템은 공학적 해석에 의한 성능위주의 설계는 물론 설치기준에 대한 정확성이 갖추어져야 화재진압 안전성능을 확보할 수 있다.

그러나, 설계자 및 엔지니어들이 국내의 가스계 소화설비에서 법기준과 기술에 대한 오해 내지 이해가 다소 부족하여 잘못 알고 있는 것에 대하여 안타까운 적이 한두번이 아니었다. 또한 이로 인한 설계 및 시공이 부적합하게 적용되어 실제 화재진압이 불가능할 것으로 예상되는 사례들이 있다. 따라서 이러한 것들이 어떠한 것들인지 알아보고 설계 및 시공시 반영하여야 한다고 평소 생각하고 있는 부분과 법기준 중 개선이 필요하다고 판단되는 사항들에 대해 기술하고자 한다.

2. 가스계소화설비의 국내외의 설치기준

2.1 국외

국제적인 화재 안전 기준으로 양대 기준이 축을 이루고 있는 기준으로 미국방화협회(NFPA ; National Fire Protection Association)에서 제정하는 NFC(National Fire Code)와 ISO(International Organization for Standardization)의 화재안전분야 기준이 있다.

2.2.1 NFPA 기준

1. 이산화탄소 소화설비에 대한 기준

NFPA 12 (Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems)로 이산화탄소 소화설비 장치들의 구입, 설계, 설치, 시험, 점검, 승인, 등록, 작동, 그리고 유지관리에 대한 지침과 사용법에 대하여 기술하고 있다. 그 주요내용으로는 목적, 적용범위, 용어 정의와 인명 안전, 감지·기동 및 제어, 저장 용기, 배관의 설계 관련 (배관, 관경, 노즐 등), 점검, 유지관리 및 교육 관련 사항, 전역 방출 방식과 관련 사항, 국소 방출 방식과 관련 사항, 호스릴 방식과 관련 사항, 옥외 주입 및 이동식 공급 장치와 관련 사항, 선박용 이산화탄소 소화설비와 관련 사항 등에 관하여 기술되어 있다.

2. 할론1301 소화설비에 대한 기준

NFPA 12A (Standard on Halon 1301 Fire Extinguishing Systems)로 할론1301 소화설비 장치들의 구입, 설계, 설치, 시험, 검사, 승인, 등록, 작동, 유지관리, 폐기 그리고 철거 등의 담당자의 사용 및 지침을 위해 작성, 기술하고 있다. 그 주요내용으로는 목적, 적용범위, 용어 정의와 인명 안전, 사용에 대한 제한 사항, 저장용기와 관련 사항, 배관·관경·노즐 등의 설계 관련, 감지·경보·기동 및 제어와 관련 사항, 시스템 설계와 관련 사항, 설계농도 요구 사항, 점검·유지관리·시험 및 교육 훈련 관련 사항 등에 대하여 기술하고 있다.

3. 청정소화약제 소화설비에 대한 기준

NFPA 2001 (Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems)로 이 약제는 1987. 9. 16일 개정으로 조인된 몬트리올 의정서의 할론 소화약제 생산에 관하여 국제적 제한에 대한 대안으로 소개되었고 이 기준은 엔지니어드 또는 프리엔지니어드 청정소화약제 소화설비 구입, 설계, 설치, 시험, 점검, 승인, 등록, 유지관리를 맡은 사람의 사용과 지침을 위해 작성되었다. 그 주요내용을 보면 목적, 적용범위, 용어 정의, 시스템 구성(저장용기, 배관, 감지/기동/경보/제어), 시스템의 설계(설계도서 승인, 유량계산, 방호구역, 약제량, 방출시간, 배관설계, 노즐관련 사항), 점검·유지관리·시험 및 교육 훈련 관련 사항, 선박용 청정소화약제 소화설비 등에 대하여 기술하고 있다.

2.2.2 ISO 기준

화재안전분야를 국제표준분류(ICS ; International Classification for Standard)13.220 화재예방(protection against fire)으로 분류하여 TC21(Equipment for Fire Protection and Fire Fight ; 소방용 기계기구), TC92(fire safety : 화재안전)를 주축으로 화재안전 관련 분야의 기준을 제정하고 있다.

1. 청정약제 소화설비 소화설비에 대한 기준

ISO 14250 (gaseous fire-extinguishing system - physical properties and system design)으로 이산화탄소와 할론을 제외한 모든 가스계 소화시스템의 설계, 설치, 시험, 유지관리와 안전에 대한 추천 사항과 요구사항을 기술하고 있다. 15개의 분야로 구성된다. 그 내용을 보면 파트1은 일반적인 요건, 파트2는 CF3I 소화약제, 파트3는 FC-2-1-8 소화약제, 파트4는 FC-3-1-10 소화약제, 파트5는 FC-5-1-14 소화약제, 파트6는 HCFC BLEND A 소화약제, 파트7은 HCFC 124 소화약제, 파트8은 HFC 125 소화약제, 파트9는 HFC 227ea 소화약제, 파트10은 HFC 23 소화약제, 파트11은 HFC 236fa 소화약제, 파트12는 IG-01 소화약제, 파트13은 IG-100 소화약제, 파트14는 IG-55 소화약제, 파트15는 IG-541 소화약제에 대하여 기술하고 있다.

2. 이산화탄소 소화설비 소화설비에 대한 기준

ISO 6183 (fire Protection equipment - carbon dioxide extinguishing system for use on premise - design and installation)으로 고정식 이산화탄소 소화설비에 대한 설계와 설치에 관한 사항을 기술하고 있다. 그 주요내용은 범위 및 정의, 안전 사항, 경고 정보, 장비 운전 정지 및 과압력 배출, 배출설비 및 안전표지, 방호구역내 보수작업시 안전 조치 사항, 시스템 설계 관련 사항, 전역방출 방식의 설계와 이와 관련 사항, 국소방출 방식의 설계와 이와 관련 사항, 저장하여야 양 및 예비 약제 저장, 약제 저장 장소와 저장용기, 선택 밸브와 배관 시스템, 노즐과 작동 방식, 검사 및 시험, 기능 시험과 운전 및 유지관리 등에 대하여 기술하고 있다.

2.2 국내 관련 법규 및 규정

국내의 가스계 소화설비에 대한 기준은 국가화재안전기준(NFSC)과 “가스계 소화설비의 성능에 관한 인정기준”(한국소방산업기술원 제정)으로 되어 있다. 가스계 소화 시스템은 일반적으로 이산화탄소 소화설비와 할로겐화합물 소화설비, 청정소화약제 소화설비로 3종류로 분류한다.

2.2.1 국가화재안전기준

국가화재안전기준에서 가스계 소화설비는 이산화탄소 소화설비, 할로겐화합물 소화설비 및 청정약제소화설비로 구성된다. 그 내용을 보면 주로 설치하여야 할 세부 기준에 대하여 설명하고 있으며 각 소화설비에 대한 주요 내용을 살펴보면 다음과 같다.

1. 이산화탄소 소화설비의 화재안전기준(NFSC106)

이산화탄소 소화설비의 화재안전기준의 주요 내용은 저장용기의 설치 장소와 용기 기준, 약제량 산출기준, 기동장치 기준, 제어반 관련 기준, 배관 기준, 선택밸브의 설치 기준, 분사헤드의 기준, 화재감지기 설치 기준, 음향경보장치 설치 기준, 자동폐쇄장치의 기준, 비상전원과 배출설비, 과압배출구, 설계프로그램 등에 대하여 규정하고 있다.

2. 할로겐화합물 소화설비의 화재안전기준(NFSC107)

약제의 종류는 할론 1301, 할론 2402 및 할론 1211의 3종류에 한하여 사용하는 것으로 규정 되어 있으며, 주요 내용은 이산화탄소 소화설비의 것과 비슷하게 되어 있다.

3. 청정소화약제소화설비의 화재안전기준(NFSC107A)

청정소화약제소화설비의 화재안전기준은 할론 1301, 할론 2402, 할론 1211의 소화약제로서 효과가 있다고 인정되는 할로겐화합물과 불활성 가스에 대한 기준으로 그 주요내용은 이산화탄소 소화설비의 것과 비슷하게 되어 있다.

2.2.2 가스계 소화설비의 성능에 관한 인정기준

한국소방산업기술원이 가스계 소화설비에 대하여 가스계소화설비의 화재안전기준에 적합하게 설계되고 구성되었는지를 확인하여 설비의 성능을 효율적으로 유지하기 위한 최소한의 요구사항을 정한 것으로 이 기준은 전역방출방식 소화설비에 대한 소화약제 방출경로의 적정성을 확인하기 위하여 주요성능인 방출압력, 방출시간, 방출량 및 소화성능시험 등을 확인하는 시험(FI 인정 TEST)에 적용하기 위하여 만들어 진 것이다. 그 주요내용을 보면 목적, 적용범위, 용어의 정의, 명세서 등의 기재사항 및 설비의 구성 등, 시험을 위한 설비의 구조와 기능, 설비의 기밀시험, 유량 계산방법의 확인, 방출 압력 시험 절차, 방출 시간의 측정 방법 및 절차, 방출량 측정 시험, A급, B급의 소화 성능 확인, 소화 시험 방법 및 절차, 시험방법 및 시험항목, 시험 순서 및 처리 방법 등에 대하여 규정하고 있다.

3. 가스계소화설비의 오해, 문제점 및 개선안

3.1 오해하고 있는 사례

3.1.1 CO₂가스의 인체 영향

CO₂가스가 방사되면 산소 결핍으로 그안에 있는 사람들은 질식사한다.

많은 소방기술자들이 이렇게 알고 있고 많은 소방관련책들도 이렇게 기술하고 있다. 이는 CO₂의 소화작용 및 소화원리가 공기중의 산소농도를 21%에서 15%이하로 떨어뜨려 소화하는 질식작용으로 알고 있어 여기서 “질식”이란 용어 때문이 아닌지 생각된다. 왜냐하면 CO₂가스는 무독성으로 설계농도가 34% 또는 50%의 농도에서 산소의 농도는 14%와 10.5%로 바로 질식하는 농도에 해당하지 않기 때문이다. 사람이 죽는 이유는 CO₂가스가 아래표와 같이 인체에 미치는 영향이 원인이다.

[표 1] 이산화탄소가 인체에 미치는 영향

CO2의 농도(vol%)	증상	처치
1 (20.79)*	공중 위생상의 허용 농도	무해
2 (20.58)	수 시간의 흡입으로도 큰 증상은 없다. 불쾌감이 있다.	무해
3 (20.37)	호흡수가 늘어나고 호흡이 깊어진다.	장시간 흡입하는 것은 바람직하지 않다. 환기를 필요로 한다.
4 (20.16)	눈, 목의 점막에 자극이 있다. 두통, 귀울림, 어지러움, 혈압 상승 등이 일어난다.	빨리 신선한 공기를 호흡할 것
6 (19.74)	호흡수가 현저히 증가한다.	빨리 신선한 공기를 호흡할 것
8 (19.32)	호흡이 곤란해진다.	빨리 신선한 공기를 호흡할 것
10 (18.90)	시력 장애, 몸이 떨리며 2~3분 이내에 의식을 잃으며 그대로 방치하면 사망한다.	30분이내에 인공호흡, 의사의 조치 필요
20 (16.80)	중추 신경이 마비되어 사망한다.	즉시 인공호흡, 의사의 조치 필요

* ()안의 숫자는 공기 중의 산소의 농도(vol%)를 나타냄

질식이 아닌 인체에 미치는 영향 때문에 방호구역의 CO₂의 설계농도에서는 바로 치사 하는 것이다. 참고로 CO₂와 같은 불활성가스인 IG-541, IG-100과 같은 불활성계 청정소화약인 경우 사람이 상주하는 통상의 거주지역에서는 43% 농도까지 사용될 수 있다고 화재안전기준 및 NFPA에 규정되어 있으며, 이는 이런 거주지역에서 할로젠화합물 청정약제의 경우는 NOAEL농도(국내 화재안전기준에서는 최대허용설계농도)로 농도한계치로 사용하도록 한 것과 같다. 이는 잔류 산소농도가 12%가 되는 결과가 된다. LOAEL부근은 52% 약제농도로서 이 경우 잔류 산소농도는 10%가 된다.

NFPA2001 요구 사항은 EPA 한계인 43% 약제농도에 근거한 것이며 불활성가스가 5분간 노출기간에는 52% 농도까지는 안전하게 사용될 수 있다고 규정하고 있다.

3.1.2 열/ 연기감지기로 교차배관

가스계소화설비의 자동 기동장치로 화재감지기는 열, 연기식으로 교차배관으로 설치

많은 소방기술자들은 방호구역의 화재특성과 관계없이 당연히 열감지기(차동식)와 연기감지고 A, B감지기 교차회로방식으로 설계하는 것을 당연히 알고 있다. 이는 매우 심각한 사항으로 실내 연소물의 연소 특성을 고려치 아니한 것으로 초기화재 진압의 실패 원인이 되는 것을 모르고 전혀 깊이 생각지도 않고 무관심하지 않았나 생각된다. 연소형태에 따라 열감지기와 연기감지를 선택하여 이에 따라 소화방법도 정해져야 한다. 그리고 가스계로 소화하는 장소는 전기시설물이나 고가장비, 귀중품 등 주로 급격히 화재가 확산하기보다는 우선 연기가 발생하는 장소이고 또한 초기소화가 절대적으로 필요한 장소임에도 불구하고 열감지기를 사용한다는 것은 있을 수 없는 일이고, 초기 소화를 놓쳐 심부화재로 발전되면 화재진압이 불가능한 사태가 올 수 있다. 아래와 같이 기술적인 원리로 심부화재와 표면화재를 구분하고 이에 따른 소화방법과 감지기 종류와 같은 소방시설을 적용하여야 한다.

■ 연소형태와 소화방법

(1) 불꽃연소와 훈소의 차이

(가) **불꽃연소 (Flaming Combustion)**는 증기상태에서 연쇄반응을 일으키며 연소하기 때문에 이를 소화하기 위하여는 공기 중의 산소농도를 희석시키는 질식효과에 의한 방법(CO₂ 또는 INERGEN)과 촉매작용에 의해 연소의 연쇄반응을 차단하는 방법(Halon 1301)과 냉각효과에 의한 방법(대부분의 청정소화약제)이 있다.

(나) **훈소(Smoldering Combustion)**는 연소의 연쇄반응이 존재하지 않으며, 가연물이 타버리거나, 연소하는데 필요한 산소가 전부 소모되거나, 가연물의 표면이 산화반응을 하기에 온도가 너무 낮을 경우에 한하여 연소가 중지된다. 이러한 종류의 화재는 물과 같은 열흡수 매체를 직접 방사하거나 불활성가스인 CO₂를 적용하여, 산화작용에 의해 발생하는 열이 주위에 열손실보다 적을 때까지 산화 반응율을 느리게 하여, 가연물의 온도를 낮추어 소화한다. 이것은 불활성 분위기가 사라진 후에 순간적인 점화에 필요한 온도 아래로 온도를 떨어지도록 한다.

(2) 전기적인 화재위험에 대한 소화약제 설치기준

NFPA 기준 중 전기, 전자장비 등의 화재위험에 대한 가스계 소화약제의 설치 기준을 살펴보면 이들 방호대상물을 심부화재로 취급하여왔다. 그러나 1968년 제정된 하론 1301 설치기준이나, 1994년 제정된 청정소화약제 설치기준은 동일한 방호대상물에 대하여 소화약제의 사용을 허용하고 있다. 또한 케이블실 또는 케이블 터널에 대하여 할론 1301 또는 청정소화약제의 사용을 허용하고 있다. 이는, 자동화재감지기술의 급속한 발전으로, 가연물이 NFPA 기준에서 정의한 심부화재 단계로 진행되기 전인 표면화재 단계의 초기단계에서 화재감지가 가능하여 초기 소화가 가능하기 때문으로 풀이되고 있다.

그리고 심부화재의 경우 CO₂ 소화약제는 방사개시 2분 이내에 기본적인 소화농도인 30%에 도달하여 소화하고 지속적으로 약제를 방출하면서 가연물의 온도를 냉각하여 재발염(Reflash)이 발생하지 않도록 하여 완전 소화한다. (방사개시 7분 이내 도달 설계농도는 약 50~75% 이다.) 하론 1301을 심부화재에 사용할 경우, 높은 소화농도와 10분 이상의

Soaking Time (소화농도를 유지하는 시간)이 요구되므로, 비실용적이 되어 사실상 거의 사용하지 않고 있다. 화재가 심부화재로 될 것인가의 여부는 가연물의 특성, 저장상태 등 여러 가지 조건에 따라 달라지겠지만, 대체적으로 소화약제가 적용되기 전에 연소되고 있는 시간 (예열시간 : Pre-burn Time)의 길이에 의한다. 청정소화약제의 경우는 심부화재에 전혀 적용성이 없다.

(3) 표면화재와 심부화재의 선택

실제적으로, 표면화재를 형성할 수 있는 가연물은 심부화재를 동시에 수반할 수도 있기 때문에, 소화약제 적용시 표면화재를 적용할 것인가 심부화재를 적용할 것인가의 결정은 다음 사항에 기초하여야 한다.

- 자동화재감지기의 감지속도 및 설비적용을 고려할 경우 심부화재로 진전될 것인가?
- 만일, 심부화재로 진전된다면 가연물의 재발염(Reflash)을 초래하지 않는 환경인가?
- 심부화재로 적용할 경우 소요되는 추가 비용보다 시설(또는 장비)의 보호가 우선인가?

참고로, 변압기나 다른 절연유봉입 전기장비는 가열된 철심이 절기절연에서 심부화재를 일으킬 수도 있으나, 가능성이 희박하여 표면화재로 취급되고 있으며, 반면 고가의 전기장비는 중요성 때문에 심부화재로 취급되기도 한다.

3.1.3 CO₂의 GWP(지구온난화지수)

CO₂가스는 가스계약제중 GWP가 높아서 사용상의 제한을 받는다.

아마 지구온난화의 주범이 CO₂로 알고 있기 때문에 소화약제인 CO₂도 사용제한을 받고 있고 받을 것으로 알고 있는데 이는 잘못 알고 있는 것이다. UN의 IPCC, 1996를 통하여 발표한 자료를 보면(아래표 참조) 실제 우리가 사용하고 있는 할로겐화합물 약제의 GWP가 매우 높고 오히려 CO₂는 “1”밖에 안되는 것이다. 즉 HFC125약제의 경우를 보면 GWP지수가 2800이다. 이는 CO₂ 2800kg에 해당하는 양으로 보면 된다.

[표2] Global Warming Potentials and Atmospheric Lifetimes (Years)

Gas	Atmospheric Lifetime	GWP ^a
Carbon dioxide (CO ₂)	50-200	1
Methane (CH ₄) ^b	12±3	21
Nitrous oxide (N ₂ O)	120	310
HFC-23	264	11,700
HFC-32	5.6	650
HFC-125	32.6	2,800
HFC-134a	14.6	1,300
HFC-143a	48.3	3,800
HFC-152a	1.5	140
HFC-227ea	36.5	2,900
HFC-236fa	209	6,300
HFC-4310mee	17.1	1,300
CF ₄	50,000	6,500
C ₂ F ₆	10,000	9,200
C ₄ F ₁₀	2,600	7,000
C ₆ F ₁₄	3,200	7,400
SF ₆	3,200	23,900

a 100 year time horizon

b The methane GWP includes the direct effects and those indirect effects due to the production of tropospheric ozone and stratospheric water vapor. The indirect effect due to the production of CO₂ is not included.

3.1.4 할로젠화합물 청정소화약제의 소화작용

할로젠화합물 약제의 소화원리는 할론1301과 같이 화학적소화가 주 소화작용이다.

청정소화약제중 할로젠화합물 청정약제는 화학적 작용과 물리적 작용 그리고 이들의 조합에 의해 소화한다. 물리적소화는 표면화재(Flaming Mode) 및 심부화재(Glowing Mode)에 모두 유효하며 질식소화, 냉각소화, 제거소화가 이에 속한다. 그러나 화학적소화는 표면화재(Flaming Mode)에만 유효하며 소화방법으로 억제소화(화학적소화)가 이에 해당한다. 조성 성분에 따라 HBFC, HFC, HCFC, PFC (또는 FC), 및 FIC 등의 5개 그룹으로 분류되나 이 중에서 HBFC와 HFIC 화합물만이 화학적 소화로 즉, Halon 1301과 유사하며 Br이나 I원자가 화염의 활성기를 포착하여 화학적 연쇄반응을 방해하여 소화하는 것이다. 그러므로 현재 우리가 시스템으로 사용하고 있는 약제들은 해당되지 아니 한다. 이외의 다른 할로젠화합물 청정약제 즉 현재 사용 중인 약제(HFC, HCFC)들은 주로 화염 반응대에서 열을 제거하여 화염온도를 높은 반응율의 유지에 필요한 온도이하로 저하시키는 것으로 물리적인 소화방법인 냉각소화에 해당한다. 그러므로 HCFC, HFC, PFC 화합물은 화염대에서 화학 연쇄반응

저지하는 성능이 부족으로 Halon 1301에 비해 높은 소화농도를 필요로 한다.

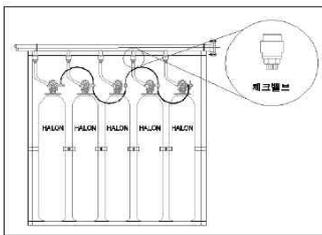
[표3] 상용화중인 할로겐화합물

그룹(계열)	화학식	명명
HCFC	CF_3CFHCl	HCFC-124
	HCFC-123 4.75%	HCFC Blend A
	HCFC-22 82.0%	
	HCFC-124 9.5%	
$C_{10}H_{16}$ 3.75%		
HFC	CF_3H	HFC-23
	CF_3CF_2H	HFC-125
	CF_3CHF_2	HFC-227ea
	$CF_3CH_2CF_3$	HFC-236fa
PFC	C_4F_{10}	FC-3-1-10
Fluoro Ketone	$CF_3CF_2C(O)CF(CF_3)_2$	FK-5-1-12
FIC	CF_3I	FIC-131I

3.1.5 집합관의 체크밸브

저장용기와 집합관 사이에 체크밸브 설치목적은 방출가스가 해당 저장용기 이외의 용기밸브를 개방하기 때문이다.

[그림1] 체크밸브



사용중인 모든 용기밸브의 구조가 집합관을 통하여 역류하는 가스로 개방되는 구조가 아니므로 체크밸브의 설치 목적이 타용기를 개방한다고 하는 것은 잘못 이해하고 있는 것이다. 다만, 용기밸브에 부정적인 영향을 미칠 우려라면 다소 이해가 간다. 체크밸브의 실제 설치 목적은 NFPA 2001에도 기술한 바와 같이 체크

밸브는 유지관리하기 위하여 용기를 집합관에서 제거 할 때 만약 시스템이 작동하게 되어 약제가 집합관으로부터 가스가 방출되어 손실되는 것을 방지하기 위하여 설치하는 것으로 규정하고 있다. 화재안전기준으로 보면 저장용기가 하나의 방호구역만을 담당하는 경우에 용기와 집합관에 연결하는 체크밸브를 설치하지 않는다는 것은 체크밸브 설치 목적에 부합되지 아니한다. 왜냐하면 체크밸브 설치 취지는 부착된 용기중 일부가 누기 되거나 보수를 위하여 해당용기를 집합관으로부터 분리시킬 경우 만약 화재시나 약제가 방출될 시에 용기저장 장소내로 가스가 방출되어 인명 안전에 문제가 야기되고, 해당 방호구역의 농도가 저하되는 것을 막기 위해 약제가 집합관에서 빠져나오지 않도록 체크밸브를 설치하는 것이

다. 따라서 저장용기가 하나의 방호구역용으로만 있을 시라도 반드시 체크밸브를 설치하여야 유지관리상에 어떠한 문제가 발생되지 않아야 되기 때문이다.

3.1.6 방출시간의 정의

약제 방출시간이란 소요량(기준저장량)이 모두 방출하는 동안의 시간이다.

화재안전기준에 의하면 하론1301과 CO2 설비는 기준저장량의 소화약제를 기준 방출시간 내에 방사하여야 하고 청정소화약제는 10초(불활성가스 청정소화약제는 1분)이내에 방호구역 각 부분에 최소설계농도의 95% 이상 해당하는 약제량이 방출되도록 각각 다르게 규정되어 있다. 그러나 하론1301이나 CO2설비도 역시 청정약제와 마찬가지로 방출시간내에 방호구역 각 부분에 최소설계농도의 95% 이상에 해당하는 약제량이 방출되어야 한다. 정확히 말하면 방출시간이란 노즐(분사헤드)로부터 기화가스, 배관 내부기체가 아닌 소화약제가 방출되는 시간으로부터 시간을 산정하여 액상 방출이 끝나는 시간이나 방출형태가 현저히 변하는 순간까지를 말한다. 5%의 여유를 둔 것은 용기와 배관내에 잔류가스가 존재하기 때문으로 방출시간내에 100%가 방출되는 것은 이치상 맞지 않는 것이기 때문이다.

3.1.7 CO2의 방출시간

CO2약제 방출시간중 심부화재는 7분 동안 방출하고 국소방출방식은 30초 이내 이다.

화재안전기준의 내용을 보면 배관의 구경은 이산화탄소의 소화약제의 저장량을 정해진 시간 내에 방사되도록 하여야 한다. 정해진 시간은 아래 표와 같다.

[표3] 이산화탄소 소화약제 방사시간

소방대상물 또는 그 부분	방사 시간
전역방출방식에 있어서 종이, 목재, 석탄, 섬유류, 합성수지류 등 심부화재 방호대상물	7 분 (단, 설계농도가 2분 이내에 30% 도달할 것
전역방출방식에 있어서 가연성 액체 또는 가연성가스 등 표면화재 방호대상물	1분
국소방출방식	30초 (NFPA:30초 이상)

인화성 액체 화재와 같은 표면화재에서는 일반적으로 1분 동안의 이산화탄소 방출로 완전한 진화를 달성할 수 있으나 심부화재에서는 보다 높은 농도로서 훨씬 긴 유지시간을 필요로 한다. 심부화재의 경우 약제 방출율은 2분 이내에 30%의 농도를 만들 수 있도록 충분히 커야 하며 최종 설계농도는 7분 이내에 달성되어야한다고 되어 있으나 기술자들이 이해가 부족한 부분이 7동안의 방출시간을 가지고 있는 것으로 알고 있으나 실제로 2분 이내에

30% 농도에 도달하기 위해서는 설계농도가 50%인 경우는 7분보다 실제로는 훨씬 짧은 3~4분이 되고 65%의 경우는 5~6분이고, 70%인 경우만이 7분이다.

국소방출방식의 방출시간이 30초 이내로 알고 있는데 절대로 이 시간내에는 절대로 소화할 수 없다. 이는 배관내의 Vapour Time(배관 냉각 시간)과 냉각작용 및 밀폐가 아닌 노출 공간이라는 약제특성을 고려하면 NFPA12와 같이 최소 30초 이상의 방출시간이 지속되어야 하며 냉각이 필요할 때는 더 길게 지속 되어야 한다. 파라핀 왁스나 조리용 기름과 같이 자동발화온도(AIT)가 비점보다 높은 액체 연료의 경우는 액체의 많은 양이 AIT이상으로 과열되는데 이러한 연료에 대해서는 많은 양의 약체연료의 냉각이 필요하기 때문에 최소 3분의 국소방출시간이 요구되기도 한다.

3.1.8 방출시간 10초와 60초와의 차이

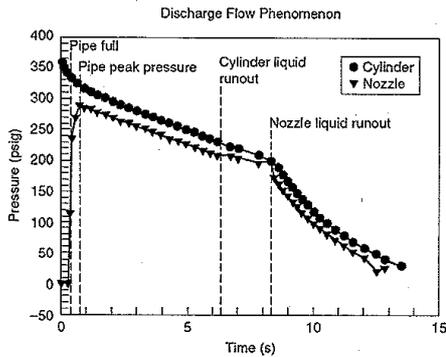
10초 방출이 60초 방출보다 방출시간이 짧은 것이 장점이다.

방출시간은 소요약제가 방출되어 방호구역 각 부분에서 설계농도의 95%이상이 되는 시간을 의미한다. 방출시간의 측정은 헤드로부터 약제가 방출되기 시작한 때부터 측정한다. 불활성 소화약제는 60초, 할로젠화합물 소화약제는 10초 이내에 방출되어야 한다. 여기서 방출시간이 10초가 짧다고 좋은 것이 아니라 어쩔수 없이 짧게 방출하게 밖에 없기 때문이다. 왜냐하면 할로젠화합물 약제의 방출시간은 매우 중요한데 빠른 시간내 방출해야만 소화시 발생하는 열분해 생성물을 최소화하고 이러한 유독가스로부터의 피해를 최소화 할 수 있기 때문이다. 그리고 고온에 노출되는 시간이 증가 할수록 열분해생성물의 농도가 증가하므로 감지기의 형식과 감도가 매우 중요하며 최대한 빨리 소화할수록 설비를 설계하여야 한다. 열분해물이 생기지 않는 불활성가스 약제의 방출시간 제한에 대한 2가지 주요 이유는 직·간접인 화재 손상을 최소화하기 위함이고 산소 결핍분위기에서의 화재 연소 시간을 최소화하기 위함이다. 불활성가스의 성능 중 방출시간의 효과에 대해 많은 정보가 개발됨에 따라 60초 제한 시간이 어떤 적용에서는 증가될 수 있을 것이며 유럽의 경우는 3분의 방출시간을 적용하기도 한다. 그래서 방출시간이 짧다고 장점이 되는 것이 아니다.

3.2 이해 부족으로 혼돈하는 사례

3.2.1 분사헤드의 방사압

[그림6] 시간별 실린더/노즐 압력선도



화재안전기준에서 규정하는 노즐(분사헤드)의 방사압에 대한 의미와 정의가 전혀 나와 있지 않아 이해가 부족한 것 같다. 분사헤드의 압력은 노즐(오리피스) 1차측 즉 전단의 압력을 말하며, 분사헤드에서 압력은 약제가 방출하는 동안에 압력이 0에서 급격히 상승해서 시간이 지나감에 따라 점차 감소하는데 방사압력이란 방출시간동안의 평균압력을 말한다.

따라서 인증받은 설계프로그램상에서 출력되는 용기의 기준압력(평균저장압력)시점에서의 분사헤드의 압력을 말하는 것이다.

3.2.2 모듈러 용어 사용

법규정에도 없는 모듈러방식란 용어가 국내에서 사용하기 시작했는데 모업체가 잘못 이해하고 사용한 것으로 알고 있다. 모듈러란 정형화된 설비를 의미하며, 정확히 표현하면 프리엔지니어드방식(Pre-engineered System)을 말하는 것으로 팩케이지설비와 같이 사전에 시험연구소(한국의 경우 한국소방산업원)에서 유량, 노즐압력/수량, 배관경, 소화약제의 양 등이 미리 사전에 시험을 통하여 결정된 것을 말한다. 반면에 엔지니어드방식(Pre-engineered System)이란 현재 우리가 가스계시스템을 설계하는 것과 마찬가지로 유량, 노즐압력, 배관경, 각 노즐의 면적이나 체적, 소화약제의 양, 노즐의 종류와 수량 등 각각 계산과 설계를 해야하는 시스템을 말한다. 그런데 국내는 방호구역내에 팩케이지방식이 아닌 약제 저장용기를 저장할 경우 모듈러시스템이라고 부르면서 심지어는 설계프로그램조차 사용하지 않고 저장용기도 임의용기를 사용하는 것을 보았다.

3.2.3 약제량의 최저온도

할로겐화합물 소화약제량의 산출은 다음과 같다.

$$W = \frac{V}{S} \times \frac{C}{100 - C}$$

- 여기서 W : 소화약제의 무게(kg)
- V : 방호구역의 체적(m³)
- S : 소화약제별 선형상수(K1 + K2 + T)
- T : 방호구역의 최저예상온도
- C : 설계농도(%)

여기서 T에 해당하는 방호구역의 온도가 20℃에서 최저예상온도로 개정이 되었음에도 불구하고 아직까지도 과거 적용되었던 20℃ 그대로 설계 및 시공되고 있다. 왜냐하면 온도가 떨어지면 더 많은 약제가 소요되고 우리나라는 겨울을 지내기 때문에 반드시 최저예상온도를 반드시 적용하여야 완벽한 화재진압성능을 보장받을 수 있기 때문이다. (불활성소화약제도 동일하게 적용)

3.2.4 팩케이지설비 설계

팩케이지설비는 프리엔지니어드설비로 프로그램설계에 의한 것이 아니라 사전에 형식승인 품 그대로 사용함에도 불구하고 설계농도를 A급화재 설계농도로 적용하는 사례가 있는 것을 안다. 약제 형식 승인 받았던 소화농도 즉, KFI 인정시의 소화농도가 아닌 컴버너 테스트에 의한 B급 소화농도에 30% 안전율을 가산한 설계농도로 설계하여야 한다.

3.2.5 B급화재에 A급 설계농도 적용

KFI인정 받은 시스템중 상당수가 A급과 B급 소화농도가 다르다. 그러나 유류와 절연유를 사용하는 장소(발전기실, 변압기실 등)에 A급 설계농도를 적용하는 사례가 많다. 화재진압성능을 전혀 보장받을 수 없기 때문에 특히 주의를 요한다.

3.2.6 고체에어로졸시스템

고체에어로졸시스템은 유류화재와 중합재에 적응성이 있으며 가스계 소화약제처럼 A급화재에 적응성이 없어 완벽하지 않으므로 사용 장소의 소화특성을 고려해서 사용하여야 하고, 제조업체에서는 시스템에 대한 성능 보장을 10년만 보장하므로 유지관리시 관심과 유의를 기하여야 한다.

3.2.7 PBPK에 의한 최대허용설계농도

최근에 할로겐화합물 소화약제에 대한 최대허용설계농도가 HFC-227ea약제는 9%에서 10.5%로, HFC-125약제는 7%에서 11.5%로 완화 변경되었다. 이 두약제는 PBPK에 의한 최대허용설계농도를 적용했기 때문으로 여기서 중요한 것은 5분 이내 대피가 가능할 경우에만 사용하여야 하는데 국내화재안전기준에는 생략되었다는 것이다. 따라서 설계 반영시에는 주의를 요한다.

3.3 설계·시공상의 문제점 및 개선방안

3.3.1 배관누설시험

가스계 소화설비 배관의 기압 시험에 관하여는 ‘건축설비공사표준시방서(기계부문)’에 규정되어 있으며 이산화탄소 설비의 1차측(선택변 기준)은 90kg/cm²이상의 질소가스 또는 공기압력으로 할론 1301 소화설비는 고압식인 경우에 1차측인 59kg/cm²이상으로 하고 2차측

에 관하여는 최고 사용압력(초기압력강하 계산을 하여 얻은 값)의 1.1배로 5분간 시행하도록 되어있다. 그러나 현실적으로 기압 시험을 $60\text{kg/cm}^2 \sim 90\text{kg/cm}^2$ 로 수행하는 것은 시험장치와 안전성 문제로 인하여 실제로는 기압시험을 거의 실시하지 않고 있다. 이의 개선안으로 NFPA와 같이 현실적이면서 안전성이 보장된 시험 압력을 제시하고자 한다.

- NFPA의 가스계배관 기압시험기준
- NFPA 2001. (청정소화약제설비) : 40psi으로 10분간 시험
 - NFPA 12A. (하론1301설비) : 150psi으로 10분간 시험

3.3.2 배관청소

가스계소화설비에서 배관 설치 후 배관 Flushing이 매우 중요하나 소홀히 하는 경향이 많다. 만약에 배관 Flushing을 하지 않을 경우 가스가 방출 시 관내에 있던 용접 슬래그와 부스러기 등이 배출되어 안체에 영향은 물론이고 전자 장비 또는 고가장비가 오염 및 훼손되는 것을 방지 할 목적이기 때문에 시방서에 반드시 명기하여야 하고 시공에 철저를 기하여야 한다.

3.3.3 약제 저장실 위치

국내 화재안전규정에서는 약제저장실을 만드는 것이 원칙이다. 이는 일본 법규정 그대로 적용했기 때문으로 세계적으로 이 두나라만 해당하는 기준이기도 하다. 본인의 제안으로 어렵게나마 방호구역내에도 저장용기를 저장할 수 있도록 일부 개정이 되어 다행이나 이제는 이 원칙을 재개정을 하여 외국처럼 저장실 설치의 필요에 따라서 설치토록 개념을 바꿔야 한다고 생각된다. 이에 대한 문제점을 살펴보면 비상시 화재실에서 수동기동이 안될 경우에 즉시 용기밸브의 수동밸브나 기동용기의 솔레노이드 밸브 혹은 제어반에서 수동기동을 시켜야 하는데 방호구역과 멀리 떨어진 위치에 별도로 구획한 지하 등의 약제저장실까지 이동하여야 하는 심각한 문제가 발생되고, 더욱더 중요한 것은 CO₂ 약제인 경우 방호구역 내에서 보수 작업할 경우에는 약제에 의한 인명 안전을 위하여 연동정지 등 그 기능을 일시적으로 중지한 상태에서 작업을 하여야 하나 멀리 떨어진 경우 제어반 조작 및 감시가 쉽게 이루어지지 않으므로 작업자에 대한 인명안전관리가 어려울 것으로 판단된다. 이러한 이유로 외국에서는 저장용기의 위치가 화재에 노출되지 않는 장소로서 가능한 한 최대 가까운 위치에 저장용기를 보관한다. 이렇게 하여야 소방산업의 발전에 도움이 된다고 생각된다.

3.3.4 예비용기 (Reserve System)

법에서 규정이 되어있지 않더라도 외국계 건물과 원자력발전소, 자동차공장 등에 적용되어진 것과 같이 설계자는 고가의 자산 또는 연속적인 공정 및 중요 시설을 보호 목적으로 가스계설비를 적용코자할 경우는 필요한 저장량의 동수에 해당하는 예비용기를 상시비축토록 설계를 자연스럽게 하도록 되어야 한다고 생각된다. 이유로는 다음을 들 수 있다.

- 재증발에 의한 재발화에 대한 방호목적이다. 1차 방사로 위험이 방호됐다고는 하나 충분

히 냉각되지 않거나 과도하게 누설이 되거나 지속적인 아크발생이 일어나는 것은 재증발에 의한 재발화의 잠재력이 크다.

- 주 소화설비에 대한 백업(Backup)용도이다. 만약의 경우 주 소화설비의 적절한 작동이 실패되면 상시예비보유설비가 백업작용을 해야 한다.
- 화재진압 후에도 즉시 방호설비가 재정비되어 즉각적인 재작동이 가능하도록 하기 위한 것이다. 상시 예비용기설비가 없다면 약제는 작동이 재개되기 전에 항상 재충진 되어야 한다.

3.3.5 음향경보장치의 문제점

최근에 설치되는 복합수신기 대부분이 교차회로 A, B 감지기 동작되어야 만 음향경보장치가 경보를 발하게끔 출시되는 것으로 알고 있다. 무슨 이유인지 모르지만 이는 매우 심각한 일이 아닐수 없다. 가스계 소화설비에서 음향경보장치는 화재시 재실자에게 약제가 방출전에 방사구역 밖으로 대피하거나 경계상태로 전환하기 위한 목적으로 매우 중요한 설비이다. 지연시간이 있어 방출이 몇십초 후에 방사하더라도 지연 시간은 임의로 설정되기 때문에 CO₂ 약제가 방출하면 엄청난 인명피해, 액체가스가 방출되면 운무 현상으로 시야 가림 등으로 인명 안전과 관련된 피해가 발생하는 만큼 유효한 경보는 반드시 어느 하나의 감지기가 동작하더라도 경보를 필수적으로 발하여야 한다. 이는 국제적으로도 통용되고 있다.

3.3.6 CO₂소화설비의 인명안전

국내 화재안전기준에서는 CO₂ 소화설비의 방출시 심각한 위험을 초래하는 인명안전에 대한 전혀 고려를 하지 않고 있다. CO₂ 소화설비의 설계, 설치, 유지관리, 사용의 각 방면에서 다음과 같은 인명안전이 고려되도록 법개정이 반드시 필요하다고 생각된다.

(1) 일반사항

- 방호지역에 인접한 장소에서 이산화탄소가 체류하고 침전될 가능성을 고려해야 한다. 또한 저장용기의 안전 차단장치에서 방출될 때 이산화탄소가 이동하거나 모이는 곳도 고려해야 한다.
- CO₂를 사용할 때 그 방출로 인해 위험한 분위기 속으로 사람이 들어갈 수 있는 가능성도 고려해야 한다. 즉각적인 대비와 그러한 대기중으로 들어가지 못하도록 하며, 위기에 처한 인명을 신속히 구조할 수 있도록 적절한 안전구조대가 마련되어야 하며 인명안전훈련이 실시되어야 한다. 통상 인간이 거주하는 공간에서는 방출 전 대피가 확실하게 되는 방법이 강구되지 않는 한 전역방출방식의 이산화탄소 소화설비가 사용되어서는 안 된다.

(2) 인명안전관련 설계와 운전 절차

- 모든 소화설비에는 가청 또는 가시의 방출 전 경보가 요구된다. 이산화탄소 소화설비로 방호되는 공간에 들어가는 사람은 이러한 경보에 정확하게 대응하는 방법에 대해 훈련되어야 한다.
- CO₂가 공간에 충전 되기 전에 방호공간의 사람들이 확실히 대피하도록 모든 사전 주의

사항들이 강구되어야 한다. 이것이 방출 전 경보의 주목적이며 CO₂가 방출되기 전에 적절한 지연시간이 준비되어야 한다.

- 소화설비의 수동조작이 준비되어 혼돈되지 않도록 해야 하며 안전운전 절차를 분명하게 부착해두어야 한다.
- 소화설비에 익숙치않은 사람에 의한 사고 방출이나 고의적 방출로 방호구역에 작동되는 것을 방지하기 위해 소화설비 잠금장치가 준비되어야 한다. 소화설비의 잠금장치는 기계식으로써 자동 또는 수동 방출 모두를 방지하도록 설계되어야 한다.
- 수동기동방출 때문에 잠금장치가 해지되어서는 안 된다. 잠금장치는 잠금상태를 책임자에게 알 수 있도록 하는 감시장치가 있어야 한다. 소화설비의 잠금 동안 발생할지도 모르는 어떤 화재도 취급할 수 있도록 적절한 화재감시가 이루어져야한다.
- 자흡식 호흡기구가 구비되어야하며 훈련된 사람들이 사용하여 CO₂ 방출지역에 갇힌 사람들을 효과적으로 구조할 수 있어야 한다.
- 많은 양의 CO₂ 가스가 누설 또는 주변의 좁은 지역으로 흘러 들어가는 것을 고려해야하며 이러한 위험성이 존재한다면 경보나 주의 신호가 이들 지역도 포함하도록 확대되어야 한다.

3.3.7 개구부

가스계 소화설비가 설치되는 방호구역의 개구부는 자동폐쇄장치를 설치하지 아니하는 경우에는 화재안전기준에 의거 할론1301과 CO₂설비에 대하여는 가산량을 소화약제의 양으로 정하게 되어있다. 그러나 이 규정은 개구부의 높이(위치)에 관계없이 개구부의 단위면적(m²)당 일정한 양의 소화약제를 가산하도록 되어 있으나 실제 개구부를 통하여 누출되는 소화약제의 양은 개구면적 뿐 아니라 개구부의 위치, 소화약제의 농도 및 누출시간에 따라 달라지는 것을 고려하지 않았다. 따라서 개구부의 위치와 누출시간을 고려한 소화약제의 가산이 필요하되, 가산되는 소화약제는 아무리 많은 소화약제 양을 추가한다하더라도 방호구역에 일정한 시간에 걸쳐서 방사키지 않으면 설계농도유지시간(Soaking Time or Retention Time)을 유지시키는 것은 불가능하므로 소화약제를 설계농도시간동안에 누출되는 비율만큼 가산하여 방사하여야할 것이다. 방호구역내의 개구부는 모두 폐쇄하거나 자동폐쇄장치를 설치하여야 하고 불가피한 개구부라면 소화를 위한 소화약제 설비와는 별도의 배관과 노즐을 통하여 가산되는 연장방출방식을 고려해야 한다. 구획실이 소화농도를 계속 유지하기에 충분할 만큼 기밀 되어 있지 않을 때는 별도의 배관과 노즐을 통하여 가산되는 연장방출방식을 고려해야 한다. 특히 발전기와 같은 회전전기기로써 회전이 정지되기 전에는 누설을 막기 어려운 경우에 많이 이용된다.

3.3.8 면적 규정

법 규정에 의거 가스계 소화설비 설치 대상은 바닥면적이 300m²이상인 장소에만 설치하도록 되어있다. 과거에는 법 적용을 피하려고 300m²미만이 되도록 편법적인 설계로 자동식 가스계 소화설비의 설치를 배제하였으나 최근에는 300m²미만에 설치하고 싶어도 오히려 법규

정이 저해가 되는 사례가 발생하고 300㎡미만에도 소공간자동소화장치를 설치하려는 사례가 증가하고 있으므로 전기실, 발전실, 변전실, 축전지실, 통신기기실 및 전산실 등은 비록 면적이 300㎡미만이라 하더라도 그 중요도와 기능을 고려하여 가스계 소화설비를 설치하도록 하는 제도 개선이 필요하다.

4. 결론

가스계소화설비는 그동안 다른 설비에 비해 많은 발전을 해왔다. 과거 우리의 소방기술기준은 일본 규정을 그대로 들여와 국제적인 기준에 비해 많이 뒤떨어졌으나 이제는 많은 개정을 통하여 국제적인 기준과 가까워진 것이 사실이다. 또한 설계프로그램에 대한 중요성을 모르고 임의로 수계산하여 설계를 하여 왔던 것을 지금은 청정소화약제는 물론 하론1301과 CO2약제도 KFI인정 받은 프로그램을 사용하여 설계를 하고 있으니 많이 개선되었다고 본다.

가스계소화설비는 수계설비와 달리 확실하고 완벽하게 설치되지 않는 한 화재진압성능을 절대로 보장받지 못한다. 간과하지 말아야 할 것은 수계와 같이 화세제어라는 기능이 없고 오로지 소화목적만 가진다는 사실과 건물 보호 목적이 아닌 고가의 자산이나 장비 보호 목적으로 설치하는 것이 가스계소화설비이다. 그래서 완벽한 소화를 위해서는 앞에서 이미 기술한 바와 같이 초기소화, 설계농도와 약제량 산정, 개구부 관리 등이 매우 중요하므로 이러한 것들에 대한 보완은 법기준 개정을 통하여 이루어 졌으면 한다. 그리고 이외에도 인명안전에 대한 대책과 보완이 소홀하지 않았으면 하는 것이 바람이다.

소방산업의 발전을 위해서는 시장이 커져야 한다. 즉 저장용기의 시장이 확대되기 위해서는 약제 저장실을 방호구역외에 두게끔 되어 있어 어쩔수 없이 저장용기를 공유하여 다중 방호구역을 방호할 수 밖에 유도하는 규정은 앞으로 개정이 필요하고 또 이외에도 필요한 약제 용기이외에 추가로 동수의 예비용기를 설계에 반영함으로서 이중 안전장치 확보 및 재발화에 대한 대비를 갖추므로써 시장확대와 안전확보란 두 마리 토끼를 잡아야 한다고 생각된다.

또한 한국소방산업기술원에서 현재 추진중인 “가스계소화설비의 설계프로그램 성능시험 기술기준”이 발효되면 앞으로 국내의 가스계소화설비 기술은 더욱 발전하게 되어 선진기술로서 자리잡게 될 것이고, 우리시장을 벗어나 세계시장 진입에 한발 더 디딜수 있게 될 것으로 확신한다.