

저압식 이산화탄소 소화설비에 대하여

이산화탄소 소화설비로 고압식 설비가 사용되어 왔으나, 최근 저압식 이산화탄소 소화설비가 국내에도 사용 증가 추세에 있어 저압식 이산화탄소 소화설비를 소개하고자 한다.

이택구

(주) SH 엔지니어링(tklee@shinwhaelc.com)

이산화탄소 소화설비의 개요

불연성가스인 CO₂가스를 고압가스용기에 저장해 두었다가 화재 발생시 수동조작 및 자동기동에 의하여 배관을 통해 화재지점에 CO₂가스를 방출 분사시켜 질식 및 냉각작용으로 화재를 소화하는 고정소화설비로서 대기중의 산소를 차단(산소를 15% 이하로 감소)하여 소화한다. 소화약제의 저장방식에 따라 고압식과 저압식이 있지만 일반적으로 고압식이 주로 사용되고 있으며 최근에 들어서는 유지관리상의 편리성과 작동의 확실성 및 약제 저장실의 공간 등의 문제점으로 인하여 저압식을 선호하고 있는 추세이다.

이산화탄소 소화설비의 적용성

이산화탄소 소화설비는 화재의 3요소 중의 하나인 산소의 공급을 차단함으로써 질식작용에 의한 소화를 하는 설비로 이산화탄소를 일정한 용기에 담아서 저장시켜 놓았다가 자동 또는 수동으로 방출대상물에 분사시켜서 산소의 농도를 저하시켜 소화하는 설비이다. 또한 이산화탄소소화설비는 냉각효과가 크고, 기체이기 때문에 화재지역의 모든 부분으로 침투 확산되고 또한 소화시 잔여물을 남기지 않으므로 소화설비 중 이용범위가 넓고 몬트리올의정서에 의한 할로젠화합물 소화약제의 사용제한으로 인한 대체방안의 하나로도 적용하고 있으며, 방출시 산소의 농

〈표 1〉 KS K 1106 액화탄산의 품질

구분	1종	2종	3종
CO ₂ (용량 %)	99.0 이상	99.5 이상	99.5 이상
수분(중량 %)	-	0.05 이하	0.005 이하
냄새느낌	이상한 냄새가 없을 것	-	-

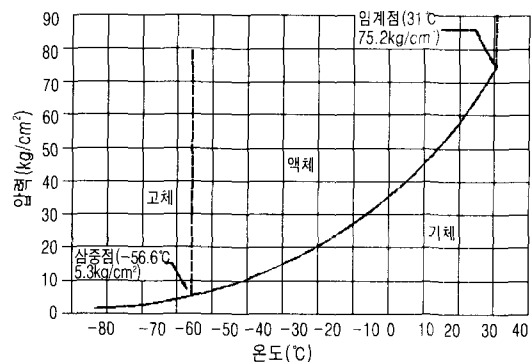
도저하 및 독성으로 재질자를 질식시킬 위험성이 있어 설계 및 시공 시에는 신중한 고려와 전문가에 의한 검토가 필요한 설비이기도 하다.

이산화탄소 소화약제

이산화탄소를 소화약제로 사용하려면 KS K 1106 액화탄산의 2종 또는 3종에 적합한 것으로 규정하고 있다. 이산화탄소는 공기중에 0.03% (용량) 존재하나 공업적으로는 석유 등을 원료로 하는 수소의 제조 공정 중에서 발생한 기체에서의 회수 또는 발효공업의 부산물의 포집(捕集) 등에 의해 만들어진다. 그 용도는 소화약제 외에 탄산나트륨과 요소의 제조원료, 주물, 용접, 냉동용 등으로 사용되고 있다(표 1).

이산화탄소 소화약제의 열역학특성과 물리적 성질

이산화탄소는 실온과 대기압 상태에서 기상으로 존재하며, 무색, 무취이고, 압축이나 냉각에 의해 쉽게 액화되며, 더욱 압축하거나 냉각하면 고체가 된다(그림 1. 이산화탄소의 온도압력 변화곡선 참조). 또한 공기보다 1.5배 가량 무겁다.



〔그림 1〕 이산화탄소의 온도압력 변화곡선



이산화탄소는 그림 1에서와 같이 $-56.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-69.9\text{ }^{\circ}\text{F}$)와 임계온도 $31\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($87.8\text{ }^{\circ}\text{F}$) 사이에서는 용기내에서 기상 또는 액상으로 존재한다. 기상과 액상이 공존할 때는 압력과 온도가 상호 관련이 있으며, 압력과 온도가 증가할 때는 기상의 경우 밀도가 증가하나 액상의 경우 밀도는 감소된다. 임계점 ($31\text{ }^{\circ}\text{C}$, 75.2 kg/cm^2)에서는 기상의 밀도가 액상의 밀도와 같아져서 두 상간의 분명한 구분이 없어지며, 이와 같은 임계온도 이상에서는 고압력의 CO_2 가 기상으로만 존재한다. 5.3 kg/cm^2 (517 kPa ; 75 psi)의 압력 상태에서 온도가 $-56.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-69.9\text{ }^{\circ}\text{F}$)로 감소되면, CO_2 는 기상, 액상, 고상이 서로 평형상태로 공존하는 3중점이 되며, 3중점 이하에서는 기상과 고상만이 존재할 수 있다. 액상의 CO_2 가 대기압 상태로 방출될 때 부분적으로 즉시 증발하여 증기가 되는 한편, 나머지 부분은 이러한 증발에 의해 기화열을 빼앗겨 냉각되며, 결국 $-79\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-110\text{ }^{\circ}\text{F}$) 부근에서 잘게 썰어진 눈과 같은 형태의 드라이아이스가 된다. 이산화탄소의 물리적 성질은 표 2와 같다.

용기내에 규정량이 충전된 이산화탄소는 압축되어 액화상태로 있지만 온도에 따라 그 압력은 변화한다. 압력변화의 정도는 충전비에 따라 다르다. 충전비란 소화약제 1kg당의 용기내 용적의 크기(ℓ)이다.

$$\text{충전비} = \text{용기내 용적}(\ell) / \text{충전 소화약제량}(\text{kg})$$

저장 관련 특성

액상의 CO_2 는 대기온도에 따라 압력이 변화하는 고압 실린더에 저장되거나 저장온도가 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0\text{ }^{\circ}\text{F}$) 부근이 되도록 설계된 저압의 냉동용기에 저장된다. 고압 시스템은 통상적으로 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($32\text{ }^{\circ}\text{F}$)~ $49\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($12\text{ }^{\circ}\text{F}$) 범위의 저장온도에서 적절하게 운전되도록 설계된다. 한편 통상 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0\text{ }^{\circ}\text{F}$)에서 운전되는 저압 시스템은 저장용기 주위와 대기온도가 $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ (-10

$^{\circ}\text{F}$)로 저하되거나 저온에서 장시간 놓여지지 않는 한 큰 영향을 받지 않는다. 극한 기후상황은 적절한 운전을 보장하기 위해 특별한 설계조건을 요구하게 된다. 저온에서 저장하는 장소에 있어서는 고압 실린더는 특수한 월동조치(winterization)를 필요로 한다.

이산화탄소소화약제의 소화원리

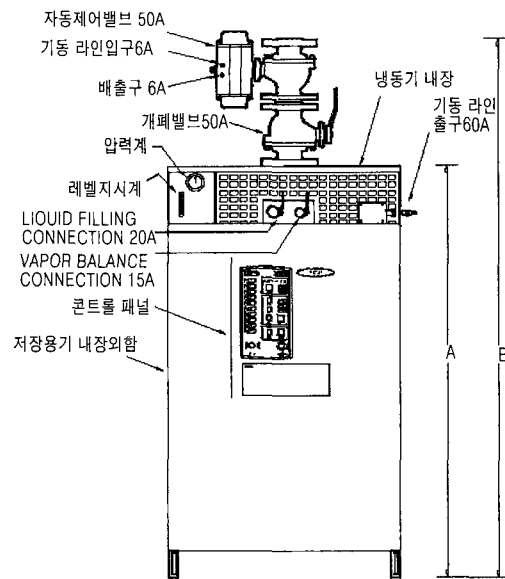
공기의 산소함유량은 통상 21%이지만 이것이 15%가 되면 수소, 아세틸렌, 이황화탄소, 일산화탄소 등의 특수한 물질을 제외한 통상의 가연물은 연소할 수 없게 된다. 이산화탄소는 불활성 가스이고 이것이 공기중에 34% 이상 혼합하면 산소 농도는 15% 이하가 되고 연소물은 질식작용에 따라 소화된다. 또 노즐에서 이산화탄소가 방출될 때의 Joule Thomson효과(단열팽창시 온도강하가 일어나는 현상)에 의해 주위의 열을 흡수하고 온도가 저하해서 드라이아이스가 생기고 그 냉각작용으로 소화를 돕는 보조효과가 있다.

이산화탄소 소화설비의 종류

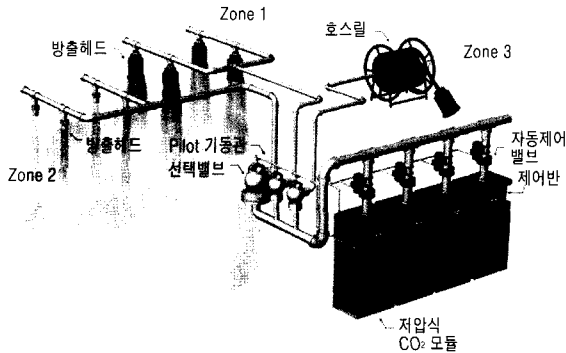
고압식은 $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에서 59 kg/cm^2 의 압력으로 이산화탄소를 액상으로 보통 68ℓ 용기에 저장하는 방식으로, 외부온도에 따라 내부압력이 변화된다. 밸브가 개방되면 기화되면서 방사된다. 이 방식은 방호구역이 다수 있는 장소로서 용기 저장실 설치에 제한이

<표 2> 이산화탄소의 물리적 성질

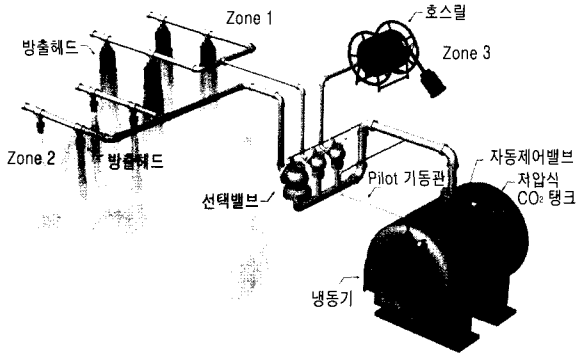
분자식	CO_2
분자량	44.01
외관	무색 투명의 가스체
기체밀도 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1 atm	1.997 g/L (1.53/공기)
액체비중	0.90088/ $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1.101/ $-37\text{ }^{\circ}\text{C}$
고체비중	1.56/ $-79\text{ }^{\circ}\text{C}$
승화온도 1 atm	$-78.5\text{ }^{\circ}\text{C}$
임계온도	$31\text{ }^{\circ}\text{C}$, 75.2 kg/cm^2
임계압력	72.8 atm
기화열 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$	56 cal/g
물100g에 대하여 용해량	0.335 g/ $^{\circ}\text{C}$, 0.169 g/ $^{\circ}\text{C}$



[그림 2] 저압식 모듈형 저장용기



[그림 3] 저압식 모듈형 시스템



[그림 4] 저압식 탱크형 시스템

없을 때 적합하다.

저압식은 -18°C 에서 21 kg/cm^2 의 압력으로 이산화탄소를 액상으로 저장하는 방식으로 언제나 -18°C 의 온도를 유지해야하므로 단열조치 및 냉동기가 필요하며, 약제용기는 대형 저장탱크 1개 또는 모듈형 저장용기 1개 이상을 사용한다. 이 방식은 용기 저장실 설치 용적 등이 제한되고 많은 약제량을 필요로 하는 대단위의 소방대상물에 적합하다.

고압식 이산화탄소 저장용기는 일반적으로 내용적이 68ℓ형의 이음매 없는 용기이며, 내부에 사이폰관이 있고, 소화약제는 상온에서 용기에 저장되어 있다. 고압가스안전관리법에 의하여 용기검사에 합격한 것을 사용하며, 충전비는 1.5 이상 1.9 이하이고, 소화약제 저장량은 일반적으로 약 45kg이다.

저압식 이산화탄소 저장용기는 내압시험압력의 0.64배 내지 0.8배 압력에서 작동하는 안전밸브와 액면계 및 압력계가 설치되고, 23 kg/cm^2 이상 19 kg/cm^2 이하의 압력에서 작동하는 압력경보장치와 자동냉동장치를 설치하여 21 kg/cm^2 (-18°C)의 압력을 유지하여야 한다(그림 2).

<표 3> 고압식과 저압식 시스템 비교분석

구 분	고압식 시스템	저압식 시스템
저장용기	실린더 Type으로 68ℓ/45kg	탱크 Type으로 5톤에서 40톤까지 제조
저장압력	59 kg/cm^2 at 21°C	21 kg/cm^2 at -18°C
방출압력	21 kg/cm^2 이상	10.5 kg/cm^2 이상
약제량 확인	육안으로 확인 불가능, 점검시 저울로 용기마다 확인해야 함	Level Indicator로 약제량을 모니터링 할 수 있음
약제량 누설시 확인	확인 불가능	24시간 상시 확인 가능
방출시험	전체 시스템이 한꺼번에 방출되어 시험이 어려움	필요한 가스량만큼 수동/자동으로 방출가능
배관 소재	Schedule 80	Schedule 40
오동작 발생시 가스 방출제어	불가능	수동 기동 및 정지로 방출제어 가능
저장 용기실 면적	크다	고압식의 1/2
저장 용기실 배관	용기와 가스 집합관이 복잡하게 배열되어 있고 각 방호구역에 필요한 용기를 작동시키기 위한 기동용 Copper Tube 연결이 복잡	Tank와 배관이 간단하게 배열되어 있고 각 방호구역에 필요한 약제량을 방출시키기 위한 기동용 Copper Tube 가 필요 없음
저장용기 수동조작	수많은 용기의 수동기동장치(Needle Valve)를 모두 개별적으로 수동 조작 시켜야 하는바, 실제 화재시 현실적으로 불가능함	저장탱크 상부의 주 제어밸브 1개만 수동으로 작동시킴
재충전 방법	기를 분리하여 가스 충전소로 이동하여 충전해야 하기 때문에 복구시간과 비용이 많이 소요됨	용탱크로리치의 Flexible Hose를 사용하여 간단하게 충전할 수 있으므로 복구시간과 비용이 절약됨
인건비 & 작업성	용기와 집합관, 기동용 Copper Tube의 복잡한 작업성으로 인건비 상승, 공사시간이 늘어남	Tank와 부품들이 간단하여 설치가 용이하고 작업공정을 단축시킬 수 있음

저압식 이산화탄소소화설비의 종류

저압식 모듈형 시스템과 저압식 탱크형 시스템으로 크게 분류된다.

저압식 모듈형 시스템(그림 3)

CO_2 가스를 액화하기 위하여 냉동기를 저장용기 상부에 장착한 모듈형으로 고압가스 안전관리법의 적용을 받는 용기이어야 하고, 이산화탄소 소화약제 저장량이 5000kg 이하인 중형 CO_2 시스템에 적용하기가 용이하며, 저장용기 1 세트에 555kg, 355kg, 155kg의 이산화탄소를 각기 저장할 수 있는 세 가지 모델이 있다.

저압식 탱크형 시스템(그림 4)

CO_2 를 액화시키기 위한 냉동기를 저장용기 측면에 장착한 탱크형으로 고압가스안전관리법의 적용을 받는 용기이어야 하고, 이산화탄소 소화약제 저장량이 5000kg 이상인 대형 이산화탄소 시스템에 적용하기가 적절하며, 이산화탄소를 5톤에서 40톤까지 1개의 탱크에 저장할 수 있다. *