

## 가스계 소화약제의 소화성능 평가에 관한 연구

임우섭 · 정종진 · 남동군 · 최근주\* · 김종원\*\*

한국소방산업기술원, 포트텍\*, 퓨텍\*\*

### A Study on Fire Extinguishing Ability Evaluation of Gaseous Extinguishing Agents

LIM, Woo Sub · Jung, Jong Jin · Nam, Dong Gun

Choi, Kenu Joo\* · Kim, Jong Won\*\*

Korea Fire Industry Technology Institute

Forttec, co. Ltd.\*, Futec\*\*

#### 요 약

국제사회의 할론계 소화약제 사용규제가 본격화 되면서 차세대 소화약제에 대한 개발은 시급한 사안으로 다가왔다. 그중에서도 청정소화약제에 해당하는 가스계 소화약제의 개발은 상당히 진척되었으며, 가스계 소화약제의 소화성능에 관한 평가는 화재발생시 인명과 재산상의 손실을 최소화하기 위한 중요한 평가요소이다. 본 연구는 기존의 이산화탄소 소화약제와 새로운 형태의 소화약제인 Novec의 소화성능을 비교 평가하기 위해서 Cup Burner Test를 이용하여 실험을 행하였으며, 에탄올, 노르말헵탄, 톨루엔과 가솔린을 원료하여 실험한 결과 Novec의 소화성능이 이산화탄소 소화약제보다 우수한 것으로 나타났다.

#### 1. 서 론

할론계 소화약제는 소화성능이 우수한 반면 환경오염의 문제를 안고 있다. 그러나 새롭게 개발된 가스계 소화약제는 친환경적이며 침투성이 높고, 전기화제에 뛰어난 소화효과를 가지고 있어 전기실, 전산실 등에 많이 사용될 것으로 사료된다. 또한 기존에 50년 이상 사용되어 오던 할론계 소화약제가 1987년 몬트리올 의정서에 의거 선진국부터 개발도상국에 이르기까지 순차적으로 생산이 중단되게 되면서 2010년에는 완전히 생산이 중단되는 단계에 이르게 되었다.(최재욱, 2007)

따라서 가스계 소화약제의 사용이 앞으로 더욱 증가 할 것으로 판단되며, 일부 선진국에서는 이러한 사황을 일찍부터 인식하고 몇몇 가지의 대체 소화약제를 개발하여 내어 놓았다. 그중에서 미국을 중심으로 일부 유럽 국가 등에서는 할론계 소화약제를 대체할 청정소화약제로 FC-3-1-10, HFC-125, HFC-227ea 등을 내어 놓고, 이를 수용할 방침을 밝혔으며, 이들 소화약제와 불활성가스인 질소, 헬륨, 아르곤 등과 혼합하여 보다 실용성 높은 방안에 대해서 연구하고 있다.(권경옥, 2007)

이러한 청정소화약제의 실험은 가스계 소화약제로서 불꽃소화농도 실험장치인 Cup Burner Test를 이용하여 실험을 하고 있으며, 이는 세계적으로 통용될 수 있는 가스계 소화시스템 검정에 관한 표준규격을 국제규격화하여 ISO-14520로 제정하였으며, Cup Burner에 관한 모든 부품의 모양과 크기를 정밀하게 권고하고 있으며 가스유량, 초기 불꽃안정화 시간 등을 표준화하여 측정오차를 가능한 줄일 수 있도록 유도하고 있어 가장 널리 사용되는 방법이다.(ISO-14520, 2000)

본 연구는 이러한 컵버너 시험장치를 이용하여 새롭게 개발되어진 노백이라는 소화약제를 가지고 불활성가스인 이산화탄소와 질소에 대한 소화성능에 대한 효과를 분석하고자 한다. 이는 앞으로 국내 할론계 대체 소화약제 개발에 기초적인 자료를 제공하고자 한다.

## 2. 이론

가스계소화약제의 실험에 있어서는 기체의 방정식을 적용하여, 유량을 몰분율로 계산하고 다시 각 농도를 계산 할 수 있으므로, 혼합기체의 상태 방정식을 적용하게 되었다. 이 방정식은 두가지 이상 혼합되어 있는 기체 혼합물에 각 물질의 혼합조성비는 압력이나 부피에 의존하게 되며, 혼합 기체 속에 들어있는 각 물질의 몰수의 합은 전체 혼합기체의 몰수가 되며, 각각의 몰수는 각 성분 기체의 농도, 즉 량을 나타낸다. 또한 동일한 시간에 투입되는 부피 유량의 경우 그 물질의 혼합비율에 따른 부피의 농도와 동일한 값을 나타내기 때문에 동일한 압력과 온도변화에 대해서도 동일한 농도를 지니게 된다. 따라서 물리화학적 조성을 나타내는 것은 몰분율의 형태로 표시하는 것이 더 편리하다.

몰 분율  $x_i$ 는 존재하는 모든 물질의 몰수의 합,  $n_t = n_1 + n_2 + n_3 + \dots$ 에 각 몰수를 나눈 것으로 식 (1)과 같으며, 혼합물 속에 존재한 모든 물질의 몰분율의 합은 1로서 식(2)와 같다.

$$x_i = \frac{n_i}{n_t} \quad (1)$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_i = 1 \quad (2)$$

## 3. 실험

### 3.1 실험시료

소화약제로 사용된 실험시료는 순도 99% 이상의 이산화탄소와 FK-5-1-12로 불리는 노백을 사용하였으며, 이산화탄소는 승화성물질로서 상온에서 기체 상태로 존재하는 반면 노백은 상온에서 액체 상태이며, 끓는점은 49℃로 약간의 온도상승에 의해 기화되는 성질을

가지고 있다.

이러한 이산화탄소와 노백 소화약제의 물리화학적 특성치를 표 1에 나타내었으며, 불활성가스인 이산화탄소는 99.999%의 경기도 소재의 삼보특수가스에서 생산된 것이고, 노백은 순도 99%의 것으로 다국적기업 3M에서 생산된 것을 사용하여 실험을 하였다.

표 1. 소화약제의 물리화학적 특성

Sample	Pure(%)	M.W	B.P(°C)
CO <sub>2</sub>	99.99	44	승화성물질
Novec	99.0	316.05	49.2

M.W: molecular weight, B.P: boiling point

### 3.2 실험장치 및 방법

일반적으로 가스계 소화약제시험은 국제규격인 ISO -14520에 의해서 제작되어진 컵버너 시험장치를 사용하고 있으며, 이 실험 장치는 NFPA Code 2001에서 제시하는 시험방법에 따라 시험을 행하고 있다.

그림 1은 컵버너 실험 장치를 나타낸 것으로 컵버너에 화염이 착화되어 일정시간 불꽃을 안정화 시킨 후 실험을 시작하였다.



그림 1. 가스계 소화약제 실험 장치

### 4. 결과 및 고찰

그림 2는 이산화탄소의 소화농도에 대한 실험 결과를 나타낸 것으로 에탄올, 노르말헵탄, 톨루엔 그리고 가솔린에 대한 소화농도는 에탄올은 이산화탄소 15.5L/min에서 소화가 되었으며, 노르말 헵탄의 경우 14.5L/min, 톨루엔 11.0L/min 그리고 가솔린 13.5L/min에서 소화가 일어났다. 실험 조건은 40L/min의 공기가 주입되고 있는 가운데 소화약제를 일정량씩 변화시켜 가면서 투입하였을 때 소화가 일어나는 량(L/min)을 나타낸 것이다.

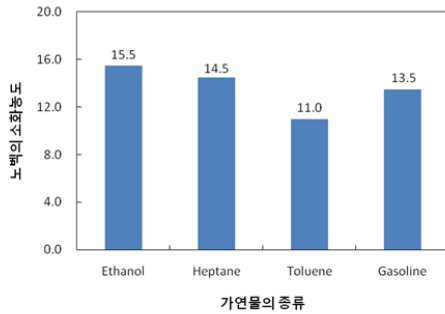


그림 2. 이산화탄소 소화약제의 소화농도

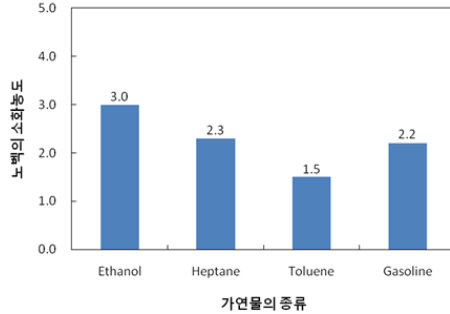


그림 3. 노백 소화약제의 소화농도

그림 3은 노백 소화약제 소화농도를 나타낸 것으로 이산화탄소의 소화농도 실험과 동일한 에탄올, 노르말헵탄, 톨루엔 그리고 가솔린에 대해서 에탄올은 3L/min, 노르말 헵탄은 2.3L/min, 톨루엔 1.5L/min 그리고 가솔린 2.2L/min에서 소화가 일어났다. 이 값들은 이산화탄소 소화약제에 비해 극히 적은 노백의 량으로 소화가 이루어 졌으므로 상당히 소화효과가 높은 것으로 나타났다.

## 5. 결 론

차세대 소화약제로 개발된 노백은 에탄올, 노르말헵탄, 톨루엔 그리고 가솔린에 대해서 각각 소화량이 3L/min, 2.3L/min, 1.5L/min 그리고 2.2L/min를 나타낸 반면 이산화탄소는 각각 15.5L/min, 14.5L/min, 11.0L/min 그리고 13.5L/min에서 소화가 이루어 졌다. 따라서 노백이 이산화탄소에 비해 우수한 소화성능을 지니고 있는 것으로 나타났다.

## 감사의 글

본 연구는 지식경제부의 “CFC 대체실용화 기술개발연구”에 관한 연구비 지원 사업에 의해서 수행 되었습니다.

## 참고문헌

1. 최재욱 (2007). “등유의 소화성능 평가를 위한 불활성 가스의 소화농도에 관한 연구” 산업안전학회지.
2. 권경옥 (2007) “이성분계 가스계소화약제 소화성능의 컵버너실험 및 이론적 고찰”, 한국가스학회지.
3. ISO 14520 (2000). “Gaseous Fire Extinguishing Systems- Physical Properties and System Design” ISO.