

노벡을 이용한 유기물의 소화농도 측정에 관한 연구

임우섭 · 사공성호 · 정종진 · 남동군 · 최근주* · 안상수* · 김종원**

한국소방검정공사, 포트텍*, 퓨텍**

A Study on Measuring of Fire Extinguishing Concentration for Organic Material Using Novec

LIM, Woo Sub · Sakong, Seong Ho · Jung, Jong Jin · Nam, Dong Gun
Choi, Kenu Joo* · An, Sang Su* · Kim, Jong Won**

Korea Fire Equipment Inspection Corporation

Forttec, co. Ltd.*, Futec**

요 약

This study was on basic step to develop a good clean extinguishing agent. In order to get a satisfactory result, we tested fire extinguishing ability using Novec which is inert gas. In study used to Cup Burner Test its made by international standard ISO-14520 regulations of gaseous extinguishing agent ability test. The finding is that a new clean agent, Novec has a very efficient extinguishing ability in a state of gas.

1. 서 론

현재 화재로 인한 인적, 물적 피해는 계속해서 증가하고 있는 추세에 있으며, 2007년 화재조사통계자료에 의하면 화재발생건수는 2006년에 대비 15,982건 증가하여, 총 47,882건이 발생하였으며, 인명피해는 2,459명, 재산피해는 2,484억으로 2006년 대비 각각 12.8%와 64.7%가 증가하였다.(소방방재청, 2008)

이는 경제성장과 더불어 각종 에너지 소비의 증가 및 건축물의 대형화, 고층화, 심층화 등의 경향에 따른 것으로 판단되며, 화재안전에 대한 문제는 외향적인 건축물의 형태 뿐 아니라 소방시스템과 동시에 근본적인 소화약제에 있어서도 해결해야 할 중요한 사안들이 있다. 이 중에서 기존에 사용되던 할론계 소화약제가 인체에 무독성이며, 비전도성으로 탁월한 소화효과를 나타내고 있으나, 지구환경에 유해한 오존층을 파괴하는 물질로 밝혀지면서 기존에 50년간 사용되어오던 할론계 소화약제가 1987년 몬트리올 의정서에 의거 선진국부터 개발도상국에 이르기까지 순차적으로 2010년에는 생산이 전면 중단되게 되었다.(최재욱, 2007)

따라서 친환경적이며 인체에 무해하고 소화효과가 높은 소화를 개발하여 사용하는 일이 시급한 실정이며, FC-3-1-10, HFC-125, HFC-227ea 등은 할론을 대체할 물질로 개발

되었으며, 이들 소화약제의 효능을 검증하기 위해 각국에서는 여러 가지 방법으로 소화약제의 시험평가 방법을 개발하여 시행하였다.(권경옥, 2007)

이러한 실험들은 가스계 소화약제의 불꽃소화농도 실험장치인 Cup Burner Test장치로 실험을 하고 있으며, 이는 세계적으로 통용될 수 있는 가스계 소화시스템에 관한 표준규격을 ISO-14520로 제정하여, Cup Burner에 관한 모든 부품의 모양과 크기를 정밀하게 규정하고 있으며 가스유량, 초기 불꽃안정화 시간 등을 표준화하여 측정오차를 가능한 줄일 수 있도록 유도하고 있어 가장 널리 사용되는 방법이다.(ISO-14520, 2000)

본 연구에서는 최근 다국적기업인 3M에서 개발되어 널리 알려진 “노백”이라는 소화 약제를 가지고 대표적인 불활성가스인 질소와 혼합하여 소화농도의 변화를 관찰하고자 한다.

2. 이 론

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.

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

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

이러한 이론을 바탕으로 단일 가스를 사용한 가스계 소화약제의 계산에 있어서는 NFPA 2001의 기준에 따라 소화농도는 공기유량(n_2)을 40 l/min에 고정시켜 두고 측정하고자 하는 가스소화약제의 유량(n_1)으로 하였을 때 소화농도%는 식(3)과 같이 나타낼 수 있으며, 이는 기체의 경우 몰분율과 부피 분율이 동일하기 때문에 적용이 가능하다.

$$\text{소화농도 \%} = \frac{n_1}{(n_1 + n_2)} \times 100 \quad (3)$$

3. 실험

3.1 실험시료

소화약제로 사용된 실험시료는 대표적인 불활성가스인 질소와 3M에서 개발되어 소화성능을 인정받고 있는 노백을 사용하였으며, 소화약제의 물리화학적 특성치를 표 1에 나타내었다.

불활성가스인 질소는 국내 삼보특수가스에서 생산되는 99.99%의 초고순도를 사용하였으며, 노백은 순도 99%의 것으로 FK-5-1-12 소화약제로 널리 알려져 있는 것을 사용하여 실험을 하였다.

표 1. 소화약제의 물리화학적 특성

Sample	Pure(%)	M.W	B.P(°C)
N2	99.99	28	-195.8
Novec	99.0	316.05	49.2

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

3.2 실험장치 및 방법

본 연구에 사용된 실험 장치는 가스계 소화약제실험의 국제규격인 ISO -14520에 의해서 제작되었으며, 이 실험 장치는 미국 NFPA Code 2001에서 제시하는 시험방법으로, 국내의 소화약제의 형식승인 및 검정기술기준을 다루고 있는 KOFEIS 0102에도 적용되어 사용되고 있는 실험 장치이다.

그림 1은 실험 장치를 나타낸 것으로 컵버너 시험장치부와 시료 및 연료 가스의 량을 조절하는 가스 조절부 그리고 소화약제를 기화시키는 기화부로 구성되어 있으며, 컵버너 상단부분에 공기배출부가 있고 연소시간에 배출된 가스는 상단부의 배기구를 통해서 배출되도록 되어 있다.



그림 1. 가스계 소화약제 실험 장치

실험방법은 연료시료를 연료공급탱크에 넣은 다음 펌프를 가동시키고, 펌프를 통해 수송된 액체연료는 액면높이 조절장치를 통해서 컵버너에 채워진 다음 전자식 유량조절계를 사용하여 40L/min으로 공기가 연소통 내부를 균일하게 흐르도록 하고, 점화기구를 이용하여 점화시키 후 실험을 실시한다. 실험은 3회 반복에 있어서 단 1회라도 소화가 이루어지지 않으면 소화약제의 량을 증가하여 3회 반복하여 모든 동일 조건에서 소화가 이루어지면 소화농도로 판정하였다. 1회 시험이 끝나면 컵버너의 온도를 상온까지 냉각시킨 다음 실험을 다시 시작하였다.

4. 결과 및 고찰

그림 2는 질소와 노벡을 사용한 소화농도 실험의 결과를 나타낸 것으로 아세톤, 아세토니트릴, 에틸아세테이트 그리고 노르말 부틸아세테이트에 대한 소화농도이다. 실험은 40L/min의 공기가 주입되고 있는 가운데 소화약제인 질소 또는 노벡을 일정량 변화시켜 가면서 투입하였을 때 소화가 일어나는 량(L/min)을 가지고 이론식에서 나타낸 방법으로 계산하여 소화농도%를 계산하였다.

아세톤에 있어서는 질소농도 29.82%에서 소화가 되었으나, 노벡을 소화약제로 사용하였을 때는 5.88%에서 소화가 되었다. 또한 아세토니트릴과 에틸아세테이트 그리고 노르말 부틸아세테이트에 대해서도 질소에 대한 소화농도는 각각 20.79%, 28.57% 그리고 27.27%로 나타났으며, 노벡에 대한 소화농도는 각각 3.38%, 5.66% 그리고 5.66%로 나타났다.

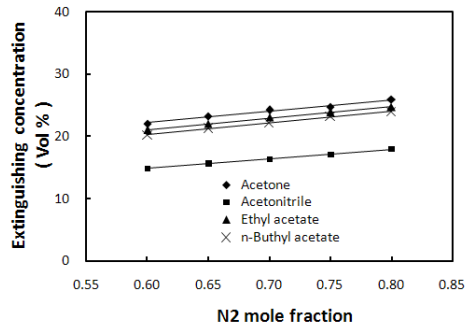
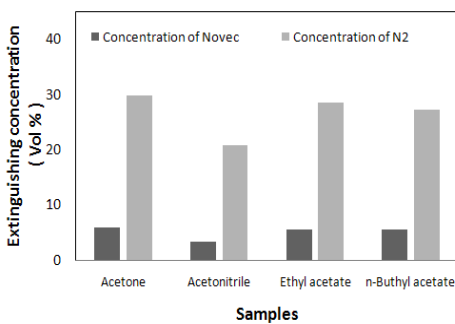


그림 2. 소화약제 질소와 노벡의 소화농도 그림 3. 질소와 노벡 혼합소화약제의 소화농도

그림 3은 질소와 노벡의 혼합소화약제 소화농도를 나타낸 것으로 각각의 유기용제에 대하여 아세톤의 소화농도가 가장 높게 나타났으며, 아세톤은 질소 물분율 기준 0.60-0.80 사이에서 소화농가 22.03-25.93%로 나타났다. 또한 에틸아세테이트가 노르말 부틸아세테이트 보다 소화농도가 높게 나타나 소화가 어렵다는 것을 알 수 있으며, 에틸아세테이트의 경우 아세톤과 같은 질소 물분율 기준에서 21.10-24.81%의 소화농도를 나타내었고, 노르말 부틸아세테이트의 경우는 20.16-23.95%로 소화농도 범위가 나타났다. 아세토니트릴의 경우가 가장 소화농도가 낮게 나타났으며 14.89-18.03%의 범위에서 소화가 이루어졌다.

5. 결 론

할론을 대체할 신개념의 소화약제 개발을 위한 기초연구로 행하여진 본 연구에 있어서 인체에 무해하며, 친환경적인 소화약제로 개발되어진 노백과 대표적인 불활성가스인 질소를 이용하여 실험을 행한 결과 차세대소화약제로 개발된 노백은 질소에 비해 아주 우수한 소화효과를 나타내는 것으로 나타났으며, 질소와 노백의 혼합가스에 대한 실험으로부터 질소의 몰농도비가 증가하면 소화농도가 증가하는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 소방방재청 방호조사과 (2008). “2007년도 전국화재발생현황분석” 소방방재청 보고서.
2. 최재욱 (2007). “등유의 소화성능 평가를 위한 불활성 가스의 소화농도에 관한 연구” 산업안전학회지.
3. 권경옥 (2007) “이성분계 가스계소화약제 소화성능의 컵버너실험 및 이론적 고찰”, 한국가스학회지.
4. ISO 14520 (2000). “Gaseous Fire Extinguishing Systems- Physical Properties and System Design” ISO.