

불활성계와 할로카본계 복합 소화약제 및 소화시스템 개발

최근주[†] · 안상수[†] · 김종원^{*} · 정종진^{**}
(주)포트텍[†] · 퓨텍^{*} · 한국소방산업기술원^{**}

Inert and Halogenated compounds Fire Fighting Agent
And Fire Fighting System Research

Choi, Keun Joo[†] · Ahn, Sang Soo[†] · Kim, Jong Won^{*} · Jung, Jong Jin^{**}
FortTec[†] · Futec^{*} · KFI^{**}

ABSTRACT

A compound agent that mixes inert gas agents and halocarbon agents and a complex fire suppression system using the compound agent have been developed. The ultimate goal of this study is to develop the extinguishing agent which doesn't destroy the ozone layer and has low GWP and to develop the fire suppression system. As a result of the test and research for inert gas agents and halocarbon agents, nitrogen and FK-5-1-12 were selected finally and have been tested and studies for three years. Thus, the optimal extinguishing agent and fire suppression system have been accomplished. The performance of the agent and system was tested according to KFI performance test technical standards for gas fire extinguishing system and the fitness of the agent and system for a fire was certified by Korea Fire Industry Technology Institute (KFI).

1. 서 론

가스계소화약제가 등장한 이래 할론은 지난 60년간 소화약제로 국내는 물론 전 세계적으로 사용되어온 약제이다. 할론은 최고의 가스계소화약제로 평가받아왔다. 그러나 할로겐화합물이 오존층을 파괴하며, 특히 할론의 경우 오존층파괴지수가 일반 CFC의 10배에 달하는 것으로 확인되면서, 몬트리올의정서 합의에 따라 선진국은 1995년, 개발도상국은 2010년까지만 생산, 소비가 가능하게 되었다.

따라서 세계 각국의 화학업체 및 소방업체은 할론을 대체할 신규 소화약제를 개발해왔다. 그 개발방향은 크게 할로카본계 소화약제와, 불활성가스계 소화약제로 양분되었다.

본 연구개발에서는 불활성계인 N₂와 할로카본계 소화약제중 GWP가 "1"인 FK-5-1-2 소화약제를 복합한 소화약제를 개발하여 연료별 소화성능을 확인하였고, 실화제소화시험을

통하여 소화성능과 소화약제의 필요조건을 갖추었는지, 소화약제를 효율적으로 방호구역에 방사시켜 소화할 수 있는 지를 확인 연구개발하였다.

청정소화약제의 기본요소인 소화력, 환경친화성, 인체안전, 비전도성을 갖추고 있으며, 특히 인체안전성을 확인하기위하여 CO, CO₂, O₂, HF, HCN의 독성가스를 측정하여 연구하였다. 시스템에서는 초고압밸브를 개발하여 시험을 완료하였으며, 부품들에서도 시제품을 완료개발하였다.

완료된 시스템을 구축하여 종합적인 시험과 평가를 통하여 개발하였으며, 이러한 자료를 기준으로 제품의 국산화 및 기술기준 등제로 인한 현장적용으로 기술을 개발할 것으로 예상되어진다.

2. 연구개발범위 및 내용

본 연구를 통하여 개발하고자 하는 범위는 오존층을 파괴하지 않는 할론대체물질 개발, 지구온난화를 유발하지 않는 할론대체물질 개발, 인체에 무해한 할론대체물질 개발, 경제성을 가지는 할론대체물질 및 소화시스템 개발, 수출가능한 할론대체물질 및 소화시스템 개발이다.

2.1 소화약제 개발

소화약제는 Inert Gas를 기반으로 HFC-125, HFC-227ea, FK-5-1-12등 여러 할로카본계 소화약제를 혼합하여 약제개발을 실시하여 N₂ + FK-5-1-12의 복합소화약제를 성분 확정하여 개발하였다. 물성데이터 산출은 두 약제의 혼합이 이루어지지 않은 상태에서 방출시만 혼합되는 관계로 각 소화약제의 물성과 동일한 것으로 판단하였다. 각각의 물성은 표1, 표2에 나타내었다. 최적 소화약제의 성분비 확인을 컵버너시험을 통하여 연료별 불꽃소화농도를 실시하였으며, 시험결과는 그림1과 같다.

표 1. 질소 소화약제의 물성

특 성	단 위	값
Molecular mass		28.02
Boiling point at 1,013 bar (absolute)	°C	-195.8
Freezing point	°C	-210.0
Specific volume of superheated vapour at 1,013 bar and 20 °C	m3/kg	0.858
Chemical name		Nitrogen
1 bar = 0,1 MPa = 105 Pa; 1 MPa = 1 N/mm2.		

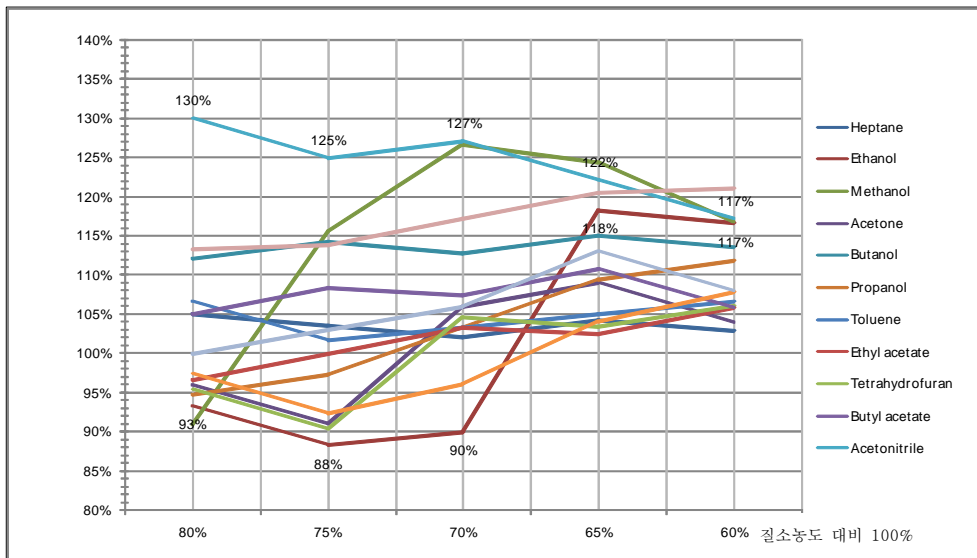
표 2. FK-5-1-12 소화약제의 물성

특성	단위	값
Molecular mass		316.04
Boiling point at 1,013 bar (absolute)	°C	49.2

Freezing point	°C	-108.0
Critical temperature		168,66
Critical pressure	bar	18,646
Critical volume	cc/mol	494,5
Critical density	kg/m3	639,1
Vapour pressure	bar abs	0,3260
Liquid density	g/ml	1,616
Saturated vapour density	kg/m3	4,3305
Heat of vaporization at boiling point	kJ/kg	88,0
Specific volume of superheated vapour at 1,013 bar and 20 °C	m3/kg	0,0719
Chemical name	Dodecafluoro-2-methylpentan-3-one	
Chemical formula	CF3CF2C(O)CF(CF3)2	
1 bar = 0,1 MPa = 105 Pa; 1 MPa = 1 N/mm2.		

불꽃소화농도 측정을 통하여 N2 소화약제의 소화농도 31%를 70%농도인 21.7% 정하고 FK-5-1-12의 약제의 20%인 0.9%를 혼합하여 불꽃소화농도를 측정하였으며, 각 연료별 불꽃소화농도를 측정한 결과 예상치와 일치하게 이너트가스가 농도대비 70%에서 첨가소화약제를 혼합했을 때 효과가 좋은 것으로 나타났다.

그림 1. 복합소화약제의 연료별 불꽃소화농도 값

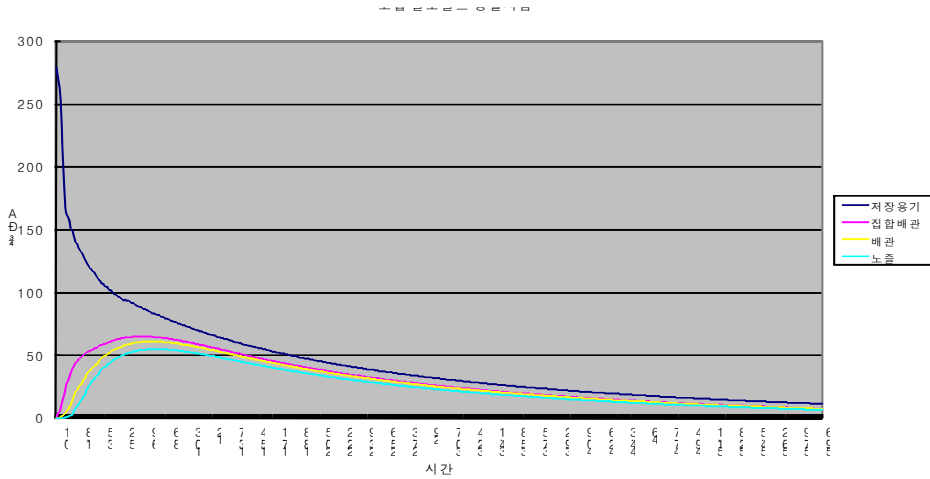


2.2 시스템 개발

중요한 부품중의 하나인 용기밸브는 사용압력 30MPa이상의 용기밸브를 개발하였다.

최고사용압력에서의 기밀 및 내압시험을 실시하였고 방출시험을 통하여 감압기능 및 방출 압력등을 확인하였다. 그림2에서는 밸브이후압력이 감압되어 70bar이하로 나타나고 있다.

그림 2. 고압질소밸브의 방출시험 압력그래프



불활성가스의 용기밸브는 고압저장된 Inert Gas를 안정적으로 방출할 수 있는 구조의 밸브를 개발하였고, 혼합소화약제의 밸브는 저장된 첨가소화약제를 효과적으로 혼입할 수 있는 구조의 밸브를 개발하였다.

선택밸브는 가볍고, 단순한 작동원리를 가지는 경제적이며, 압력손실을 최소화 할 수 있는 구조의 밸브 개발하였고, 시스템에 사용되는 체크밸브는 배관 및 동관의 역류방지를 위하여 압력손실을 최소화할 수 있는 체크밸브의 개발완료하였다.

노즐은 혼합소화약제의 특성에 알맞은 최적혼합성능을 발휘할 수 있는 노즐의 개발하였다.

2.3 설계 Logic 수립 및 설계프로그램 개발

시험한 설계요인에 의해 설계프로그램에 필요한 압력강하, 부속품등에 의한 손실계수, 노즐의 방사패턴, 압력, 방사시간, 소화시간등을 도출하여 당해연도의 중형소화모형에서의 장비관 방출시험을 실시하여 설계요인을 도출하였다. 소형모형, 대형모형에서 방출시험과 소화시험을 반복 실시하여 프로그램 소스를 입력하였다.

마찰 손실은 배관 및 용기 밸브, 담금관(Dip Tube), 가요성 커넥터, 셀렉터 밸브, 시간 지연 장치, 그리고 배관에 설치된 기타 장비(예: 감압 장치) 내에서 발생하는 마찰 손실을 고려하여 계산하였다. N₂ 기체가스와 FK-5-1-12액체의 혼합물(혼합 비율은 압력 및 온도에 따라 달라짐)로 이루어진 유체에서 나타나는 2상(Two-Phase) 현상을 보인다는 사실이 입증되었다. 압력 강하는 배관의 마찰에 의한 감압에 따른 압력 손실의 속도가 증가함에 따라 비선형적으로 일어났다.

압력 강하는 액화 가스에 적용되는 2상 유량 공식과 함께 비액화 가스에 적용되는 단상(Single-Phase) 유량 공식을 이용해 계산하여 실제 방출시험을 통하여 완료하였다.

설비의 유량 및 압력 확인은 공칭 소화약제 저장 온도인 상온에서 실시했으며, 배관의 압력강하를 측정하여 개발하였다.

2.4 시스템 방출 및 소화시험

방출시험과 소화성능시험을 통하여 소화성능을 확인하고 설계기준에 적합한지 확인하고 설계프로그램과 일치하는지 요인을 도출해냈으며 성능을 시험하였다.

사진1. 소화시험 장면



그림 3은 FTIR측정장비를 이용하여 HF, CO, CO2, HCL등 독성가스를 측정하여 비교하였다. HF가스는 많은 시험을 통하여 여러 방향에서 측정하여야 평균 측정치가 나와야 하므로 계속해서 측정할 계획이다.

그림 3. 분해부산물 측정치(FTIR 사용)

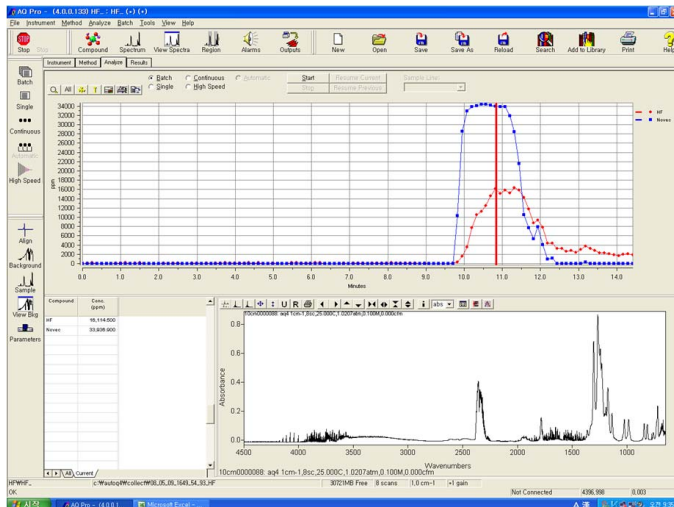
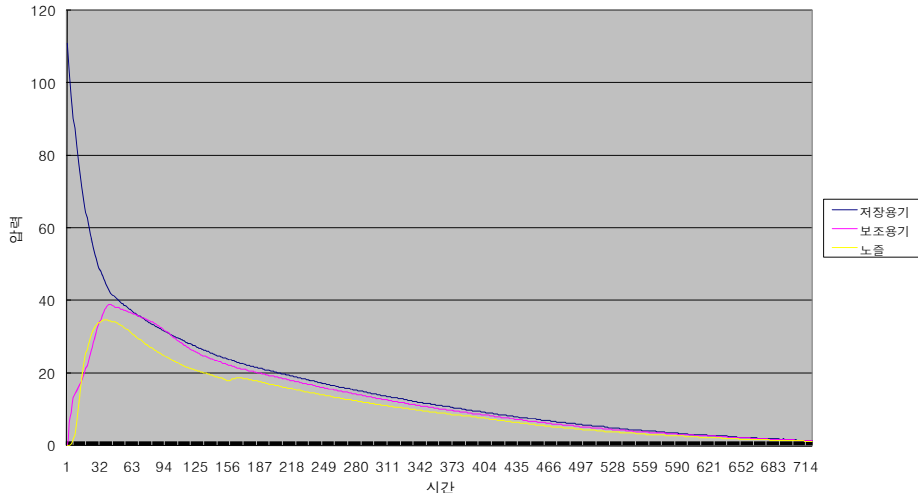


그림 4는 A급, B급 소화시험 및 방출시험을 실시한 압력그래프이며, 소형 및 중형시험실에서 질소저장압력 100bar, 110bar, 120bar에서 실시하였고 방출시간은 60초이하를 유지하였으며, 전체 100% 소화농도대비 주(질소)소화약제량 70% ~80%를 첨가

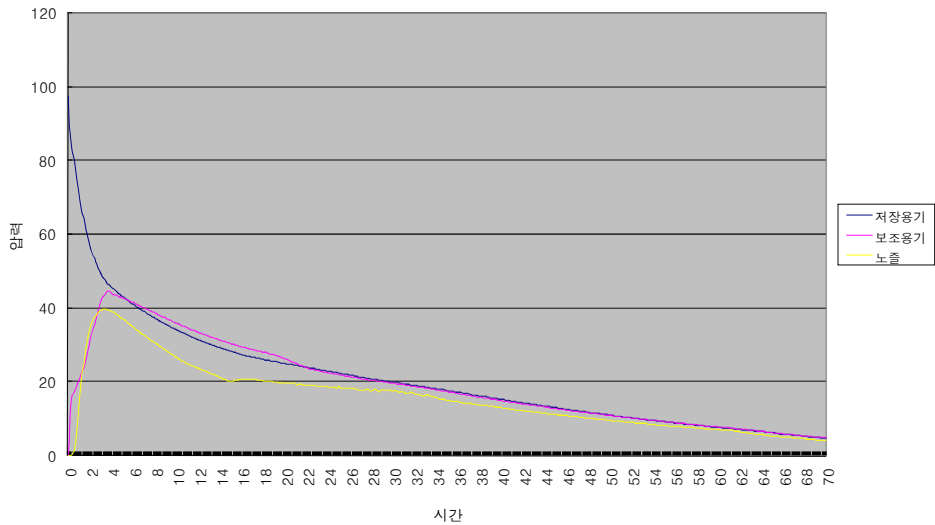
(FK-5-1-12)소화약제량 10%~30%를 충전하여 시험하였다.

그림 4. 소화시험 결과

2모형 A급 N2 : 110bar/4BT, NOVEC 8.8kg



2모형 B급소화시험 N2 : 100bar/4BT, NOVEC 29.3



3. 결 론

본 연구개발제품은 불활성가스의 장점과, 할로카본약제의 장점을 혼합한 제품으로 가장 큰 특징으로 불활성가스용기의 감소를 들 수 있다. 일반적으로 불활성가스 소화설비는 대규모 저장고가 필요하며, 재료비 및 자재비의 가격이 높아, 할론대체청정소화약제중 가

장 고가의 설비로 알려져 있다.

따라서 본 제품의 개발을 통하여 불활성가스 저장용기의 30%의 감축효과를 나타내며, 설비의 설치 및 부품가격을 고려할 때 기존 불활성가스 소화설비의 70%선에서 시장공급이 가능할 것으로 예상된다. 따라서 단순한 약제 및 설비비의 절감 이외에 용기저장실의 축소에 따른 경쟁력 또한, 가지고 있어 약제가격이 고가인 할로카본소화약제 보다 뛰어난 경쟁력을 가질 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 한국정밀화학산업진흥회의 “CFC 대체실용화 기술개발사업”에 관한 연구비 지원사업으로 이루어진 것으로 참여기업인 퓨텍과 위탁연구기관인 한국소방산업기술원에 감사드리며, 본 연구의 관리기관인 한국산업기술평가원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김재덕, Jae-Duck Kim, "가스계 소화시스템의 평가 = Evaluation of gaseous fire extinguishing system." 한국화재.소방학회지 2000
2. Gaseous fire-extinguishing systems - Physical properties and system design - Part 13 : IG-100 extinguishant
3. Gaseous fire-extinguishing systems -Physical properties and system design - Part 5: FK-5-1-12 extinguishant