

청정소화약제 FK-5-1-12 소화성능 실험

최병일*, 한용식*, 오창보*, 김명배*, 최근주**, 박신흥**

한국기계연구원 *, (주)포트텍 **

Fire Suppression Test Using Clean Agent FK-5-1-12

B.I. Choi*, Y.S. Han*, C.B. Oh*, M.B. Kim*, G.J. Choi**, S.H. Park**

*Korea Institute of Machinery and Materials, FORTTEC CO.**

1. 서 론

Halon은 현재까지 개발된 소화약제중 B급화재나 C급화재에 가장 뛰어난 소화성능을 갖고 있는 소화약제로 알려져 있다. 그러나 이러한 뛰어난 소화특성을 가지고 있는 할론 소화약제는 대표적인 오존층 파괴 및 지구온난화 물질로 알려지면서 1985년 빈 협약과 1987년 몬트리올 의정서에 의해 선진국에서는 이미 생산이 중단되었고, 우리나라도 2010년에는 할론 생산이 완전히 중지되게 된다. 따라서 이를 대체할 소화약제 혹은 소화시스템의 개발이 미국을 비롯한 선진국에서 한창 진행 중이며¹⁾ 현재까지 할론 대체물질로 개발된 소화약제로는 FC-2-1-8, FC-3-1-10, HCFC-124 (FE-241), HCFC Blend A (NAF S- III), HFC-125 (FE-25), HFC-227ea (FM-200) 등이 있다.^{2),3)} 그러나 이들 물질은 기존 할론보다 오존파괴능력은 작지만 상대적으로 소화성능이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 최근 3-M사에서 개발한 FK-5-1-12 약제는 끓는점이 상온으로 저장성이 좋으며, 소화능력 또한 우수하여 할론 대체 물질로써 각광받고 있다⁴⁾. 본 연구에서는 실물화재 실험과 문헌 조사를 통해 청정 소화약제인 FK-5-1-12이 철도시스템의 소화설비로 적용이 가능한지에 대한 검토를 하고자 하였다. 먼저 실물화재의 진압 성능을 확인하기 위하여 분사노즐을 설계하고, 분사 특성을 살폈으며 밀폐공간에서의 A급, B급 화재 진압실험을 수행하였다. 진압실험 결과 FK-5-1-12 소화약제가 밀폐공간에서 A급 및 B급 화재의 진압에 매우 효과적임을 밝혔고, 소화약제의 위해성 에 관한 문헌조사를 통해 해당 소화약제를 인명이 상주하는 공간에 적용하기에는 무리가 있음을 밝혔다.

2. 소화약제량 산정 및 화재시나리오

FK-5-1-12의 화학명은 플루오르화케톤(fluorinated ketone)이다. FK-5-1-12는 상온

에서 액체상태로 존재하나, 화재 구역내에 분사되면 궁극적으로 기화되어 화재를 소화시키기 때문에 가스계 소화약제로 구분된다. 또한 개구부가 큰 공간에는 기본적으로 가스계 소화약제를 적용할 수 없으므로, 개구부가 작은 공간에 전역방출 방식으로 설계되어진다. 따라서 약제량 계산 등의 기초 설계

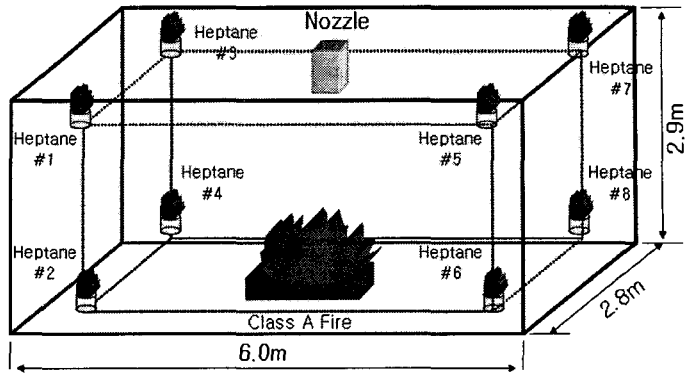


Fig. 1 Fire scenario for FK-5-1-12 fire sxtinguishing experiment

는 가스계 소화약제의 설계 지침⁵⁾에 따라 수행되었다. 소화 약제량 산정을 위한 설계 농도는 제조사 자료⁴⁾ 및 관련 ISO 문헌⁶⁾을 토대로 5.9%를 적용하였다.

모형 화재실험의 개략도를 Fig. 1에 도시하였다. 화재실험 공간은 열차 차량의 내부 공간을 모사한 것으로 깊이와 너비는 일반 열차 차량의 대표값이며, 길이는 일반열차의 1/3 에 해당한다. 화재시나리오는 UL2127 기준⁷⁾에 따라 작성되었다. 유류화재에 대한 소화 성능을 확인하기 위하여 차량 내부 모서리 8 부위에 직경 77mm heptane pan 화재를 상정하였다. 또한 A급 화재를 모사하기 위하여 50mm* 50mm* 460mm 목재 6개를 4단으로 쌓은 목재화재를 구성하였다. 실험은 차량의 모든 문이 닫힌 상태에서 이루어졌다.

유류화재는 30초 예연소 시키며, 목재화재는 6분동안 예연소 된다. 목재화재의 예연소는 차량 밖에서 실시되며 예연소 종료 15초 전에 차량 내부 중앙에 위치시킨다. 유류화재와 목재화재의 예연소가 끝나면 소화시스템을 가동한다.

3. 실물화재 실험 결과

실험은 서로 다른 분사노즐을 사용하여 2회 수행되었다. 사용된 노즐은 GW M5 Nozzle을 4개 Clustering 한 노즐과 8개의 직경 4mm hole로 구성된 노즐 두 종류이다.

소화시스템은 40 liter 탱크에 소화약제 33kg을

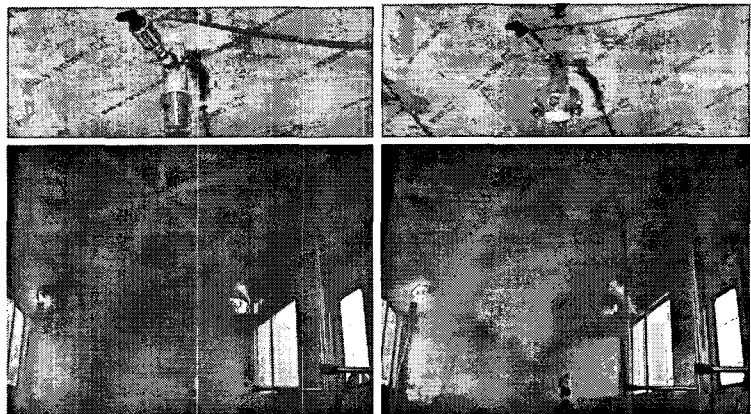


Fig. 2 Photographs of discharge nozzles and discharge pattern

충진하고, 질소로 22.6bar (GW M5 4 Clustering 노즐), 24bar (8*4mm hole nozzle)를 충전 가압한 후 소화시작과 함께 소화약제통의 밸브를 열어 노즐을 통하여 분사시켰다.

각각의 노즐의 형상 및 분사패턴을 Fig. 2에 나타내었다. GW M5 Nozzle의 경우 물을 분무시키기 위해 사용되는 노즐로써 분무 입자의 크기가 작은 대신 분사거리가 작은편이다. 직경 4mm의 hole을 수평방향으로 8개 사용한 노즐의 경우 방사형으로 멀리 분사됨을 알 수 있다.

Fig. 3과 Fig. 4에 실험결과를 도시하였다. 두 노즐 모두 유류화재, 목재화재를 효과적으로 소화하였으며, 소화시간과 약제량 분사시간은 그림에 도시하였다. 8개의 4mm hole을 사용한 노즐이 약제 방출시간 측면에서 우수한 성능을 보였다. 화재 진압성능 측면에서 8개의 4mm hole을 사용한 노즐은 구석에 위치한 B급 화재에, GW M5 4 Clustering nozzle은 노즐 하단의 B급 화재에 우수한 소화성능을 보였다. 이는 Fig. 2의 방출 특성에서 기인한 것으로 GW M5 4 Clustering nozzle의 경우 노즐 하단으로 다량의 약제가 분사되어 노즐 하단에 위치한 B급 화재가 신속히 진압되었다. 그러나 가스계 소화약제의 경우 화재발생 공간 전역의 화재를 진압할 수 있어야 하므로 소화약제를 가능한 빠르게 화재공간에 확산시킬 수 있는 8개의 4mm hole을 사용한 노즐이 FK-5-1-12 소화약제의 분사노즐로써 적절함을 알 수 있다.

실험을 통하여 FK-5-1-12 소화약제가 소화능력 측면에서 철도차량 화재에 적용이 가능함을 파악하였다. 가스계 소화약제의 경우 공간이 밀폐되면 타 공간에 대해서도 쉽

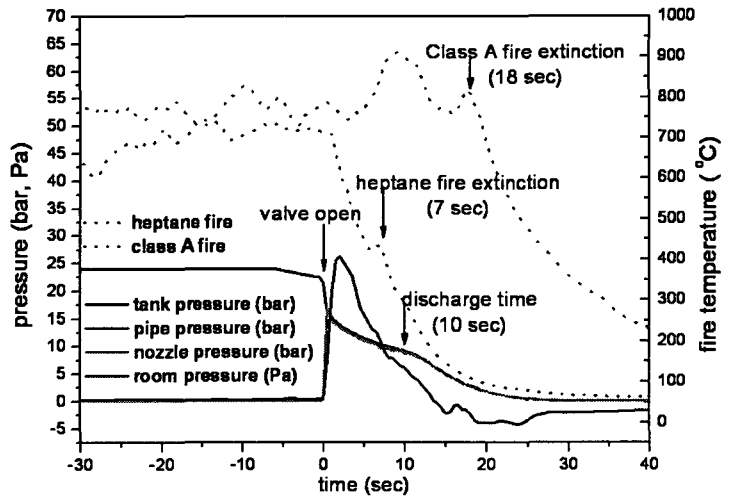


Fig. 3 Results of fire experiments - 8*4mm hole nozzle

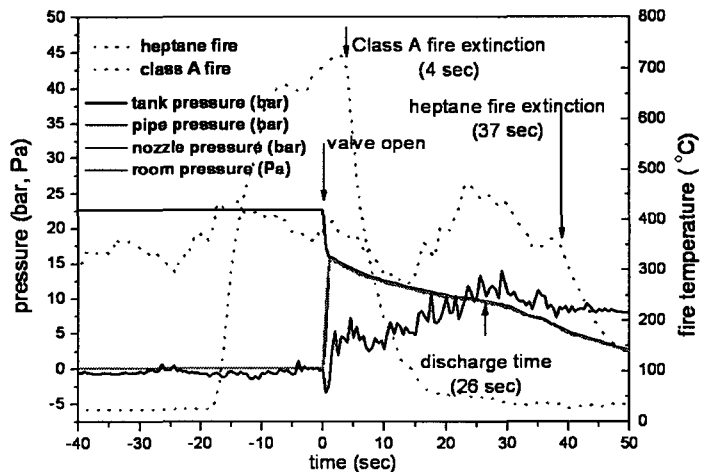


Fig. 4 Results of fire experiments - GW M5 4 Clustering nozzle

게 적용이 가능하기 때문에 철도차량에서 확인된 소화능력은 역사의 기타 주요부분에도 적용될 수 있다.

4. FK-5-1-12 적용성 검토

Table 1 Characteristics of halon replacement extinguishants^{4),6)}

| 약제명 | Halon 1301 | HFC-125 | HFC-227ea | FK-5-1-12 |
|----------|------------|----------|-----------|-----------|
| 끓는점(℃) | -57.8 | -48.5 | -16.4 | 49.2 |
| 소화농도(%) | 5 | 8.7~12.1 | 7.5~8.7 | 4~6 |
| NOAEL(%) | 5 | 7.5 | 9 | 10 |
| ODP | 12 | 0 | 0 | 0 |
| GWP | 6900 | 3400 | 3500 | 1 |

NOAEL : No-Observed-Adverse-Effect Level, ODP : Ozone Depletion Potential, GWP : Global Warming Potential

실물화재 실험을 통하여 FK-5-1-12 소화약제가 A, B 급 화재를 효과적으로 진압할 수 있음을 밝혔다. FK-5-1-12의 끓는점과 독성 자료를 다른 가스계 소화약제와 비교하면(Table 1) FK-5-1-12이 상온에서 액체로 존재하기 때문에 취급이 용이하며, 독성 또한 타 약제에 비하여 적음을 알 수 있다 (NOAEL의 경우 값이 작을 수록 독성이 큼) 또한 소화농도 측면에 있어 지금까지 최고의 성능을 가지는 소화약제로 알려진 Halon 1301과 동등한 정도의 소화능력을 보이고 있다. 그러나 화재공간내에 소화약제가 뿌려질 경우 화염과 약제의 반응에 의한 유독물질의 생성 등 인명안전의 관점에서 여러 가지 고려가 있어야 한다. 제조사의 MSDS⁸⁾(Material Safety Data Sheet)에 FK-5-1-12 소화약제의 NFPA Hazard Classification⁹⁾은 “ Health: 3 Flammability: 0 Reactivity: 1 Special Hazards: None”으로 표기되어 있다. NFPA Hazard Classification의 health rating “3”은 “Extreme danger”를 의미하는 것으로 화재발생 구역에 인명이 존재하는 경우 매우 위험한 상황이 도래함을 나타낸다.

따라서 뛰어난 소화성능 및 환경오염 방지성능을 가지는 FK-5-1-12 소화약제는 인명이 상시 거주하지 않는 지역에 적용되어야 할 것으로 판단되며, 철도 시스템의 경우 철도차량 화재에 적용하기에는 부적합하며 철도시스템의 전기실, 기계실 등 인명이 상주하지 않는 구역에 적용되어질 수 있을 것이다.

5. 결 론

자료조사와 실물화재 진압실험을 통하여 청정소화약제 FK-5-1-12가 A, B급 화재에 대하여 뛰어난 화재진압 성능을 가지는 것을 확인하였다. 그러나 화재공간내에 인명이 상주하는 경우 인명 안전에 위험성이 존재할 수 있는 것으로 나타나 FK-5-1-12 소화

약제는 기계실이나 전기실 등 인명이 상주하지 않는 공간의 halon 대체 소화약제로 사용되어야 할 것으로 판단된다.

6. 후기 : 본 연구는 철도종합안전기술개발사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

7. 참고문헌

1. Wickham, Robert. T, Status Of Industry Efforts To Replace Halon Fire Extinguishing Agents, Wickham Associates, Stratham, NH: March 2002.
2. 김엽래, 최신소화시스템학, 동화기술교역, 2005
3. 소방약제화학, 김영수, 신광문화사, 2005
4. www.3m.com/novec1230fluid
5. 청정소화약제소화설비의화재안전기준, NFSC107A, 소방방재청
6. Gaseous fire-extinguishing systems - Physical properties and system design Part 5 : FK-5-1-12 extinguishant, ISO 14520-5, ISO, 2006
7. UL2127 "Standard for Inert Gas Clean Agent Extinguishing System Units" Underwriters Laboratories Inc.
8. 3M MATERIAL SAFETY DATA SHEET 3M (TM) Novec (TM) 1230 Fire Protection Fluid, 3M Co., 2005
9. NFPA 704 "Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response", NFPA, 2007