

자동차 엔진 화재용 자동 소화 시스템 개발에 관한 연구

A Study On The Development Of An Automatic Fire Extinguishing System For The Engine Compartment Use Of Automobiles

임 성 목* 정 기 창* 김 홍** 강 영 구** 이 창 섭****
Lim, Sung-Muk Jung, Ki-Chang Kim, Hong Kang, Young-Goo Lee, Chang-Sub

Abstract

Our goal was to make a cost-effective automatic fire extinguishing system for the engine compartment use of automobiles. We designed this system for the engine compartment.

This system consists of 1)foam extinguisher, 2)four nozzles, 3)a pipe arrangement, and 4)an extinguishing device which is equipped with a glass bulb as detector. First and foremost, the extinguishing device was carefully designed to keep the system cost to a minimum. Second, a AFFF foam extinguisher was used because no other fire-fighting agents proved effective against fire in the engine compartment. The AFFF(Aqueous Film Forming Foam) agent which was used in the extinguisher is the 3M company's Light Water.

We sought, however, to make other foams by using Halon 1301 and Halon alternatives such as HCFC Blend A, HFC-227ea. We selected these alternatives instead of air in order to raise the expansion ratio of the AFFF agent. By these means we discovered that it is possible to increase the expansion ratio of the AFFF agent up to 44:1.

We then demonstrated that our automatic fire extinguishing system is the most effective and lowest cost-system yet devised for passenger cars.

1. 서 론

1970년대 이후 우리 나라는 지속적인 경제 성장을 거듭함으로써 국민 소득이 향상되고 자동차 산업이 발달함에 따라 자동차의 보유 대수도 급격히 증가하여 1980년대의 50만대에서 1995년에는 800만대를 초과하였다. 이러한 자동차의

급격한 증가 추세로 교통 문제뿐만 아니라 자동차 화재로 인한 인명 피해 및 재산 손실을 초래하였고 자동차 화재 사고 발생 건수도 연간 4000여건 정도 발생하고 계속 증가 추세이다. 자동차의 화재 발생 원인으로는 엔진 과열, 전

* 호서대학교 대학원 산업안전공학과

** 호서대학교 공과대학 안전공학부

*** 내무부 중앙 소방학교 연구실

기 장치의 불량, 전자 제어에 따른 각종 Sensor의 연결 상태 및 기능 불량, 기름 누출, 차량 정비 및 차내 담뱃불 관리 소홀, 교통사고로 인한 엔진 화재 등으로 들 수 있다.¹¹⁾ 그러나 차량 화재는 이런 원인들이 서로 독립되어 있는 것이 아니고 서로 연관되어서 화재 발생 요인으로 작용하고 있기 때문에 사고의 원인을 정확히 밝혀내기 어려운 경우가 많다.^{2,3)} 이러한 사실에도 불구하고 자동차 소유자들의 자동차 화재에 대한 인식은 그다지 높지 않아 차내에 휴대용 소화기조차 비치하지 않고 있는 경우가 태반이고 이러한 실정을 가만하여 볼 때 자동차 자동 소화 시스템의 개발은 필수적이라고 할 수 있다. 현재 국내에서 개발된 자동차 자동 소화 시스템은 없으며 외국의 경우에는 영국과 독일에서 자동차에 자동 소화 시스템의 장착을 Option으로 제공하고 있다. 따라서 본 연구에서는 자동차 자동 소화 시스템과 자동 소화 시스템에 적용하기 위한 소화약제에 대하여 연구하게 되었다.

자동차 자동 소화 시스템에 적용하기 위한 소화약제로서 포 소화약제를 선택하였고^{4,5)} 소화 성능 및 팽창비를 높이기 위해 기포제로서 공기 대신에 Halon 1301, Halon 대체 소화 약제를 사용하였다. 자동차 자동 소화 시스템의 소화 약제 방출 방식은 Detector로 쓰이는 Glass Bulb가⁶⁾ 화재를 감지하여 소화약제 개방장치를 작동시키면 소화 용기 내에 있는 포 소화약제(AFFF)를⁷⁾ 기포제로 사용한 Halon 1301, Halon 대체 소화약제가^{8,9,10)} 소화용기에 충전할 때의 압력과 자체 증기압에 의하여 포 소화약제와 혼합 방출하는 방법으로 액화되어 있던 Halon 1301 및 Halon 대체 소화약제가 기화되면서 포 소화약제와 혼합하여 포를 형성하고 배관을 따라 차량의 엔진부에 포를 방출시켜 화재를 진압하는 방법으로 시스템을 구성하였다.¹¹⁾

본 연구에서 사용하는 소화 시스템은 기존의 포 소화 설비에서 사용하는 혼합장치 및 가압송

수장치를 사용하지 않고 간단한 구조로 포를 방출시키기 때문에 자동차의 엔진부 내에 장착이 가능하고 기존의 휴대용 축압식 포 소화기의 5~7배의 팽창비에¹²⁾ 비하여 팽창비를 40배 이상 향상시켜 적은양의 소화약제를 가지고도 효과적으로 화재를 진압할 수 있게 되었다. 그러나 아직까지는 Halon 1301 및 Halon 대체 소화약제의 가격이 높기 때문에 Halon 1301 및 Halon 대체 소화약제의 사용량을 적게 하면서 높은 팽창비를 유지한다면 자동차뿐만 아니라 소형 선박용 자동 소화 시스템 및 일반화재와 유통화재에 적용이 가능하다고 본다.¹³⁾

2-1 자동차 엔진부 내의 자동 소화 시스템 Design

국내의 자동차의 종류는 수십 가지나 되며 기종마다 엔진부의 구조가 다르기 때문에 자동차 엔진 부위의 복잡성과 정비 및 점검의 용이성을 고려하여 배관라인은 엔진부의 차체 부위를 따라 위치시켰고 화재가 발생하면 Glass Bulb가 파괴 되면서 소화약제 개방장치의 피스톤이 움직여 소화약제가 배관을 따라 방출하는 시스템으로 그 기본 개념을 다음과 같다.

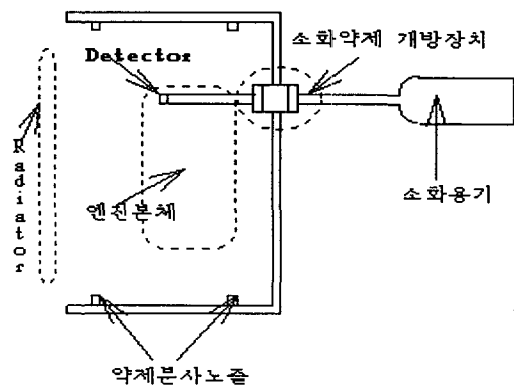


Fig. 1 Schematic diagram of automatic fire extinguishing system for automobiles

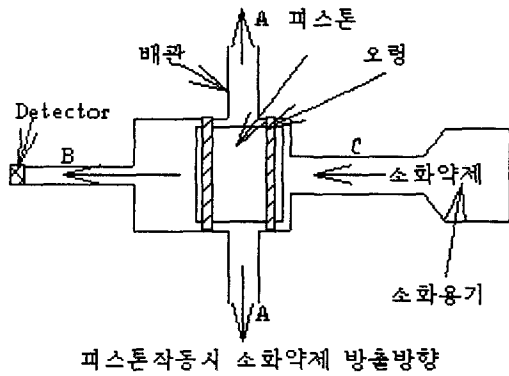


Fig. 2 Structure diagram of releasing device of fire extinguishing agents

2-2 자동차 엔진부 내의 온도변화 실험

본 실험의 목적은 자동차 운행 조건에 따른 자동차 엔진부 내의 부위별 온도변화를 측정하여 자동 소화 시스템의 작동 온도와 Detector의 위치를 선정하는데 그 목적이 있다. 자동차 엔진부의 온도변화를 측정하기 위하여 소나타II를 실험차량으로 사용하였고 운행조건으로는 주행 전 공회전 상태와 자동차 주행시, RPM 변화에 따른 자동차 엔진부 내의 온도변화를 측정하였다. 측정결과 자동차 엔진부 내의 온도변화는 배기 Manifold 표면의 온도가 230℃까지 상승하고 온도가 갑자기 낮아지는 이유는 Fan이 작동하기 때문이다. 다른 측정 부위는 자동차 주행시 냉각효과에 의해서 온도변화가 심하지 않았고 본넷 하부의 주행조건에 따른 온도는 50℃ 이하로서 운행 조건에 따른 온도변화가 적고 화재 발생시 열기류에 의한 온도변화를 가장 빠르게 감지할 수 있기 때문에 Detector의 위치로 선정하였다. Detector는 Glass Bulb를 사용하고 여름철의 오작동을 고려하여 작동온도는 100℃ 정도로 설정하였다.

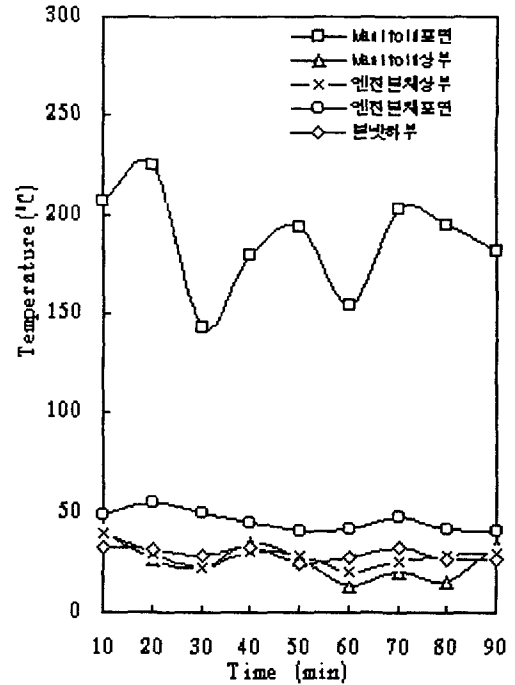


Fig. 3 A variation of temperature inside engine compartment as driving

2-3 자동차 자동 소화 시스템에서의 포 소화약제의 적용

기존의 포 소화약제의 종류로는 화학포와 기계포가 있는데 화학포는 현재 약제의 검정이 중단되었고 기계포는 포 소화약제 원액을 다량의 물에 혼입한 후 발포기에 의해 기계적인 수단(혼합장치, 가압송수장치)으로 공기와 혼합하여 포를 발생시키는 것으로서 포 소화설비의 소화약제로 사용되고 있다. 그러나 자동차 자동 소화 시스템에 포 소화약제를 적용시키기 위해서는 자동차의 공간이 한정되어 있다는 점에서 기타 부수적인 장치(혼합장치, 가압송수장치)없이 포를 방출시켜야 하며 엔진부 내의 공간을 채울

수 있어야 한다. 본 연구에서 사용하는 새로운 포 형성 방법은 액화된 Halon 1301 및 Halon 대체 물질이 기화되면서 증기압에 의해 방출되며 포 소화약제인 AFFF(Aqueous Film Forming Foam : 3M's Light Water 3%)와 혼합하여 포를 형성하므로 기존의 AFFF agent의 팽창비인 5~7배에 비하여 팽창비를 40배 이상으로 향상시킬 수 있게 되었다.

실험방법으로는 AFFF agent 수용액을 소화용기(3.5 l)에 넣은 후 Halon 1301을 충전하여 방출밸브를 열어 방출되는 포의 양을 측정하였다. 최적의 혼합조건을 찾기 위하여 AFFF agent와 물과의 혼합비, Halon 1301의 양, 충전압력의 변화에 따른 포 발생량을 측정하였다. 그리고 Halon 1301은 오존층 파괴 물질로서 사용 및 생산이 규제되고 있기 때문에 국내에 고시되어 있는 Halon 대체 소화약제인 HCFC Blend A, HFC-227ea를 사용하여 Halon 1301을 기포제로 이용한 방법과 같은 방법으로 Halon 1301을 기포제로 이용한 포 소화약제와의 팽창비를 비교하였다.

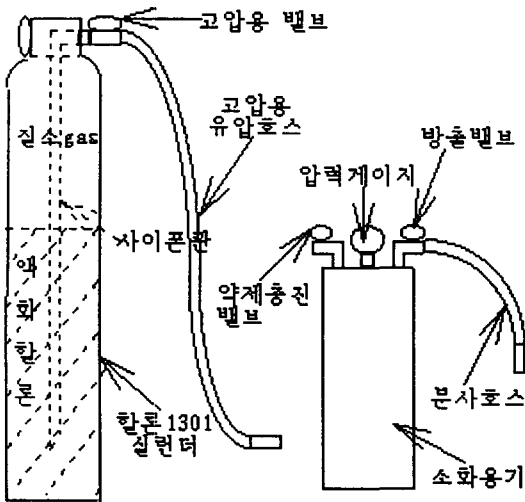


Fig. 4 Structure diagram of testing device of fire extinguishing agents

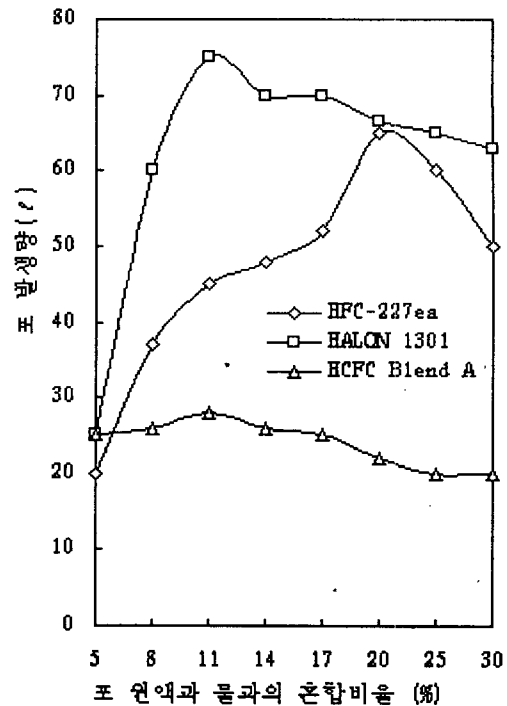


Fig. 5 Experiment of making foams by using Halon 1301 and Halon alternatives

Halon 1301을 기포제로 이용한 포 형성 실험에서 AFFF와 물과의 혼합비율이 11%일 때 포의 팽창비가 44로 가장 많은 포를 형성하였고 이때의 AFFF 수용액의 양은 1.7 l, Halon 1301 사용량은 0.76kg, 소화용기내의 압력은 25kg/cm²이었다.

HCFC Blend A를 기포제로 이용한 포 형성 실험에서는 AFFF와 물과의 혼합비율이 10%에서 팽창비가 12였고 AFFF 수용액 양은 2.5 l, HCFC Blend A 사용량은 0.5kg, 소화용기 내의 압력은 25kg/cm²일 때 가장 많은 포를 형성하였다. HFC-227ea를 기포제로 이용한 포 형성 실험에서는 AFFF와 물과의 혼합비율이 25%이고 HFC-227ea의 사용량은 0.54kg, AFFF 수용액 양이 2.5 l일 때 팽창비가 24로 가장 많은 포를

형성하였고 이때의 충전 압력은 25kg/cm²이었다. Halon 대체 물질이 Halon 1301에 비하여 발포 성능이 떨어지는 이유는 Halon 대체 물질이 가지고 있는 자체 증기압과 기화할 때 필요한 기화열 때문으로 판단되며 AFFF와 물과의 혼합비가 낮은 경우에는 결빙현상이 발생하였다.

3. 결 론

Halon 1301과 Halon 대체 소화약제를 기포제로 이용한 AFFF 소화약제는 기존의 AFFF 소화약제의 팽창비인 5~7배에 비하여 Halon 1301은 44배, HCFC Blend A는 12배, HFC-227ea는 24배로 팽창비를 향상시킬 수 있었다.

따라서 Halon 1301 및 Halon 대체 소화약제를 기포제로 이용한 AFFF 소화약제는 자동차 자동 소화 시스템에 적용이 가능하다고 판단되고 실제로 차량에 장착하여 소화실험을 한 결과 화재 발생 10~15초 이내에 자동 소화 시스템이 작동하여 1분 이내에 화재를 진압하였다. 향후 Halon의 사용규제에 대처하기 위한 대체 물질로서 HFC-227ea이 자동차 자동 소화 시스템에 적용가능한 AFFF 소화약제에 적합하다고 판단된다. 그러나 각각의 Halon 1301 및 Halon 대체 소화약제의 물성이 다르기 때문에 자동차 자동 소화 시스템에 적용하기 위해서는 Halon 대체 물질을 기포제로 이용한 AFFF 소화약제에 대하여 지속적인 연구가 필요하고 노즐 및 배관에 대한 연구가 병행되어 진다면 자동차 뿐만 아니라 소형 선박 및 기존의 포 소화 설비에도 적용이 가능하다고 본다.

4. 참 고 문 헌

1. 內務部 消防局, 94年 火災統計年報, 삼진기획, 1995

2. “車動車火災の性能と防火對策”, 火災, Vol. 209, pp.40~44, 1995. 1
3. “The growing problem of road vehicle fires”, Fire Prevention 222, pp.29~31, 1989
4. J. Brittain, “Environmental Concerns Prod used By Foam Usage Fire”, 1994.10
5. Kida, “Test of automatic extinguisher for new type diesel car”, Quarterly Report of the Railway Technical Research Institute, vol.18, no.2, pp.95~96, 1977.
6. Hauker Ingason, “Response Characteristics of Glass Bulb Sprinkler Heads Mounted in a Paint Spray Booth”, Fire Technology, Vol. 29, No. 4, 1993
7. Michael Clarke, Fire Fighting Foams, Fire Surveyor, 1992. 12
8. 井上康史, Halon代替清淨物質の消火性能と實用性評價 消防研究所報告 vol. 79, 1995
9. 韓國産業安全公團, 할로젠 화합물 소화제 대체물질의 조사 및 안전성에 관한 연구, 1994
10. Kazuo Suzuki, Treatment Produce on Fire Extinguishing Gas Systems as Halon Replacement 自治省 消防廳子防課, vol.45, No. 6, 1995.12
11. 墨田武, Halon消火性泡の發生方法, 特許公報, 1987. 3
12. 內務部, 韓國消防檢定公社, 消防機械器具便覽, 1994
13. Fire Protection Handbook, 17th ed. NFPA, 1991