

메틸알콜의 화염전파속도에 관한 연구 A Study on the Flame Propagation Velocity of Methyl Alcohol

최재욱[†]

Jae-Wook Choi[†]

부경대학교 공과대학 안전공학부
(2005. 7. 11. 접수/2005. 9. 5. 채택)

요약

도료공업, 유기합성의 원료, 혼합용제 및 분석용 시약으로 광범위하게 이용되고 있는 메틸알콜에 대하여 작업장에서 발생할 우려가 있는 화재·폭발 예방 대책을 수립하기 위한 기초자료를 획득하기 위하여 화염전파속도와 화염도달시간을 측정하였다. 용기의 크기를 변화시키고 온도 및 농도를 변화시켜 실험을 행한 결과 시료의 용기가 적을수록 연소가 용이하고 연소속도는 빠르게 나타났으며, 최대연소속도는 소용기 30°C에서 200 cm/sec를 구하였다. 화염도달시간은 시료 용기의 크기가 클수록 길어지는 경향을 나타내었으며, 시료의 온도 및 농도가 높아질수록 짧아졌다.

ABSTRACT

The flame propagation velocity and the flame arrival time of methyl alcohol, which is widely used as a material of paint industry and organic synthesis, a mixing solvent, and an analytical reagent, were examined at different temperatures and concentrations. It was found that the smaller the vessel size, the easier and faster the combustion. The maximum combustion velocity was 200 cm/sec in the small vessel at 30°C. The flame arrival time was determined to be longer with larger vessels, and shorter with higher concentrations.

Keywords : Flame propagation velocity, Flame arrival time, Organic synthesis, Maximum combustion velocity

1. 서론

현대 산업사회에서는 석유에너지의 사용이 날로 증대하고 있으며 다른 에너지원보다 열효율이 높고 취급이 간편하여 주 에너지원으로 사용되고 있을 뿐만 아니라, 석유화학공업의 발달과 함께 공업원료의 면에서도 많은 기여를 하고 있다. 메틸알콜은 포름알데히드, 용제, 메틸아민, 할로겐화 메틸 등을 생성하는 합성용 원료로써 뿐만 아니라 에너지 담체인 동력연료로 직접적으로 사용할 수 있다. 또한, 자동차의 기화 원료나 가솔린의 첨가성분으로 사용될 수 있는 장점이 있고 15 v/v까지는 메틸 알콜을 혼합제로 첨가할 수 있다. 국내에서는 1984년부터 알콜을 사용할 수 있는 자동차를 연구하게 되었고, 배출 가스는 가솔린을 사용한 자동차에 비하여 CO 85%, HC 70%, NOx 40%의 저감

의 효과를 얻을 수 있으나 내식성과 신뢰성이 떨어지고 차량가격이 5~10% 높은 것이 단점으로 지적되었다. 이런 단점이 개선된다면 메틸 알콜은 산업현장에서 뿐만 아니라 내연기관용 연료로도 널리 사용될 것이다. 메틸알콜을 포함한 유기용제는 일반적으로 휘발성이 높고, 인화가 용이하며 수용액 상태에서도 인화·폭발의 위험이 있어 제조, 저장, 취급 및 사용 중의 부주의로 인하여 대기 중에 누출되면 화재와 폭발 사고를 자주 발생시키고 있다¹⁻³⁾.

연소에 관한 연구는 국내외적으로 오래 전부터 밀폐계 또는 개방계에 대하여 이루어지고 있으며, 연소속도 및 화염전파속도에 관한 연구 사례를 살펴보면 국내의 경우 김과 신⁴⁾은 화염전파속도에 대한 폭발관 구조의 영향과 세라믹 소염 소자의 소염 성능에 관한 연구를 하였다. 국외의 경우 Zhamashchikov⁵⁾가 혼합기체의 연소 특성에 관하여 연구를 수행하였으며, 일본 자치성소방청 소방연구소 위험물 위원회에서 인화점이

[†] E-mail: jwchoi@pknu.ac.kr

높은 위험물의 규제 결정을 위한 연구⁶⁾와, 新 등⁷⁾이 관내에서의 화염전파거동과 화염방지기의 소염성능에 관한 연구 등이 있다. 그러나 이러한 연구는 대부분 가연성 가스를 대상으로 한 것이며 액상 물질의 연소속도에 관한 연구는 거의 없는 상태이다.

따라서 본 연구에서는 메틸알콜의 농도와 온도 및 시료량에 따른 연소속도, 화염도달시간 및 화염전파속도를 측정하여 메틸알콜을 취급하는 작업장에서 발생할 우려가 있는 화재·폭발 예방대책의 수립을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 화염전파속도와 연소속도

연소란 다량의 열을 동반하는 발열화학반응으로서, 반응에 의하여 발생하는 열에너지와 활성화확물질에 의해 자발적으로 반응이 계속되는 현상으로 정의할 수 있다. 연소의 특성을 평가하기 위한 주요 특성치로서는 연소속도(combustion velocity), 화염전파속도(flame propagation velocity), 화염도달시간(flame arrival time), 화염온도(flame temperature) 등이 있다. 이 중에는 분자의 분해 반응이나 분자내 반응에 의해 열에너지가 발생하는 발열분해반응, 수소-브롬간의 산화·환원 반응 등 특수한 연소반응도 포함된다. 그러나 공업적으로는 공기나 산소에 의해서 높은 온도가 발생하는 발열성 산화 반응으로서, 그 반응이 계속되는 것을 연소로 정의한다^{8,9)}. 액체연료의 연소는 초중질유를 제외하고는 액체상태 그대로 급속히 산화반응을 일으키는 연료는 없으나 액면에서 증발한 연료의 증기가 산소와 화합하여 확산연소를 하든지, 증발기에서 발생한 연료 증기가 공기와 혼합해서 예혼합연소를 하게 된다. 따라서 액체 연료의 연소는 기체연료의 연소와 본질적인 차이는 없다. 그러나 액체연료의 경우는 증발과정과 연소과정이 결합되어 있는 경우가 많아서 그 현상이 더 복잡하게 된다.

연소에 의해서 발생하는 화염은 열전도, 분자확산 및 화학반응을 원동력으로 하여 자력으로 전파하는 성질을 가지고 있을 뿐만 아니라 복잡한 형상을 가지고 있으며, 스스로 유기된 흐름에 따라 화염 각부의 법선 방향으로 전파해 가는 속도를 화염전파속도라고 한다. 즉, 화염전파속도는 가연성 혼합 가스 중에 한번 화염이 발생하면 이것을 중심으로 하여 주위로 화염이 확산되면서 이동하는 속도를 말한다. 이때 화염 면의 전방에 존재하고 있는 미연소의 혼합 기체는 이미 연소에 의하여 생성된 연소가스의 열팽창 때문에 전방으로 밀어내어지므로 화염전파속도는 이동하고 있는 미연소

의 가연성 혼합가스의 이동속도를 포함한다. 또한 화염전파속도는 단위시간 단위면적당 연소하는 혼합물질의 양($m^3/m^2/s$ 또는 m/s)으로서 정의되며, 이동하고 있는 미연소의 가연성 혼합가스에 대한 화염 면의 상대적인 속도를 말한다.

반면에 연소속도는 단위면적의 화염면이 단위시간에 소비하는 미연소 혼합물의 체적이라고 정의할 수 있다. 종류 예혼합화염의 연소속도는 연료의 종류와 혼합물의 조성, 온도에 대응하여 고유한 값을 가지게 되고 액체의 조성, 온도, 압력 등이 정해지면 혼합 물질의 고유한 값으로서 화염 중에서 일어나는 화학반응의 속도는 온도, 압력의 상승과 함께 증가하며 가연성 혼합 물질의 조성이 화학양론 조성의 부근에 있을 때 최고치가 되고 이 보다도 하한계, 상한계로 감에 따라 작아지게 된다.

유기용제에 대한 연소속도의 측정법으로는 정지법(또는 버너법)과 전파법의 두 종류가 있다. 정지법은 버너를 사용하고, 버너상에서 생성된 종류영역의 정지화염에서는 연소속도와 미연소 가스의 유속이 반대방향으로 균형을 갖는 것을 이용하여 측정하는 방법이다. 전파법은 관내를 이동하는 화염의 속도 및 밀폐용기 중에서의 압력상승으로부터 간접적으로 연소속도를 구하는 것으로 온도, 압력, 관의 상태, 연소 가스의 팽창 등에 대한 외부 조건에 따라 큰 영향을 받는다. 일반적으로 전파법은 액면상의 화염전파속도의 측정에 이용되고 있으며, 그 외에 액체 및 고체의 연소속도로서 단위시간당 연료소비량을 측정하는데 사용하는 경우가 많다. 한편 탱크와 같은 국한된 액면에서 연소가 일어난 경우에는 액면의 강하속도를 연소속도로 정의하고 있다¹⁰⁾.

액면상에서 일어나는 연소확대의 경우, 가연성 액체의 액면상의 한 점에서 착화가 일어나면 화염은 액면을 따라서 일정한 속도로 번져간다. 이 현상을 화염의 연소확대(fire spread)라고 하며, 그 거동은 액체 온도가 인화점보다 높거나 낮은가에 따라서 변하게 된다. 즉, 액온이 인화점보다 높은 경우에는 액면상의 증기는 어떤 위치에서 가연범위에 들어있는 농도영역에 존재하게 된다. 그러나 증기상의 농도가 연료증기와 공기사이의 화학양론혼합비가 되는 액체의 온도를 넘으면 연소의 확대속도는 그 이상 증가하지 않고 일정한 값을 유지하게 된다.

3. 실험재료

본 실험에 사용된 시료는 덕산약품공업(주)의 시약

Table 1. Experimental results of the samples with the change of methyl alcohol concentration and temperature

| Concentration (v/v%) | Temp. (°C) | Specific gravity | Boiling point (°C) |
|----------------------|------------|------------------|--------------------|
| 40 | 20 | 1.0297 | 75.70 |
| | 25 | 0.9642 | |
| | 30 | 0.9634 | |
| 45 | 20 | 0.9627 | 73.97 |
| | 25 | 0.9622 | |
| | 30 | 0.9602 | |
| 60 | 20 | 0.9435 | 70.17 |
| | 25 | 0.9426 | |
| | 30 | 0.9411 | |
| 75 | 20 | 0.9203 | 67.50 |
| | 25 | 0.9195 | |
| | 30 | 0.9186 | |
| 90 | 20 | 0.8917 | 64.93 |
| | 25 | 0.8914 | |
| | 30 | 0.8905 | |

1급을 사용하여 연소속도를 측정하기 위하여 농도를 부피%로 변화시켜 시료를 조절하였으며, 실험에 사용된 메틸알콜의 농도와 온도에 대한 비중과 비점을 측정하여 Table 1에 나타내었다.

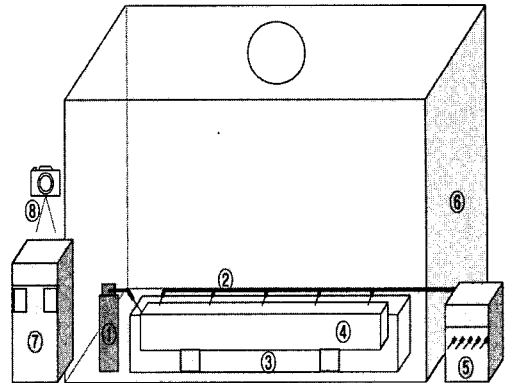
4. 실험장치 및 시험방법

4.1 실험장치

본 연구에 사용된 실험장치는 전파법과 유사한 장치로서 Fig. 1과 같다. 주요 장치의 전체 구성은 수조, 연소관, 열전대, 항온조, 기록계, 카메라(Camcorder) 등으로 구성된다.

수조는 가로가 1200 mm, 세로가 200 mm, 높이가 50 mm의 아크릴판으로써 용기의 체적이 12 l이며, 용기의 벽면에는 난연성 재료를 부착하여 연소확대로 인하여 수조의 화재 발생을 사전에 예방하였다. 그리고 연소시 각 지점에 대한 화염도달시간을 측정하기 위하여 식별이 용이하도록 야광도료를 열전대의 각 지점에 표시하였다.

연소관은 스테레스 스틸의 재질로써 규격에 따라 소용기(1000 mm×25 mm×25 mm), 중용기(1000 mm×50 mm×25 mm), 대용기(1000 mm×75 mm×25 mm)로 제작하였다. 실험에 사용된 용기는 수조의 가운데에 평



- ① Gas burner
- ② Thermocouple
- ③ Water vessel
- ④ Combustion vessel
- ⑤ Recorder
- ⑥ Barrier
- ⑦ Refrigerated bath
- ⑧ Camcorder

Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

행하게 설치하여 화염의 중심부 온도를 측정할 수 있도록 하였으며, 시료를 용기의 용량에 따라 각각 약 80% 정도로 균일하게 채워 화염의 표면온도를 측정할 수 있도록 하였다.

연소가 진행될 경우에 화염의 온도를 측정하기 위하여 사용된 열전대는 연소관의 한쪽에서부터 각각 4 cm, 27 cm, 50 cm, 73 cm 및 96 cm 지점에 모두 5개를 부착시켰으며, 연소시 각 지점의 화염온도를 자동으로 감지하기 위한 기록계는 일본 동경 공업(주)에서 제작한 INR-6000의 기록계를 사용하였다. 또한 기록계의 내부에는 각 열전대의 온도변화율을 차트에 표시하기 위해 5개의 펜을 장착하였으며 기록계의 속도는 1200 mm/min으로 일정하게 하였다.

항온조는 시험하고자 하는 시료의 온도를 정확하게 유지시키기 위하여 35 cm×25 cm×35 cm의 크기로서 온도를 -35°C에서 95°C까지 자유롭게 제어할 수 있는 ST-30의 것을 사용하였으며, 열유체로는 에틸렌글리콜과 물을 1:1의 혼합비로 제조한 용액을 넣어서 온도를 조절하는 냉매용으로 사용하였다.

연소현상과 연소속도를 측정하기 위하여 사용된 카메라는 일본 소니(주)에서 제작된 CCD-TR 650으로 최고 30프레임까지 측정이 가능하다. 또한 공기에 의한 유동의 영향을 최소화하기 위하여 좌·우, 뒷면은 합판으로 구성하였으며 앞쪽은 아크릴판으로 만들어 연소현상을 촬영 및 육안관찰이 용이하도록 하였다.

4.2 실험방법

연소속도는 온도와 습도 및 외부의 대기 상태에 따

라서 많은 영향을 받게 되므로 실험을 행하기에 앞서 측정장소를 무풍 상태로 유지하고 온도 및 습도를 일정하게 유지시켰다. 그리고 실험을 행하기 위하여 연소관에 주입하는 메틸알코올은 순도가 99.5%인 것을 사용하였으며, 실험은 다음과 같은 순서로 진행하였다.

- (1) 두개의 항온조를 사용하여 한 개의 항온조는 측정하고자 하는 온도로 설정하여 수조통의 온도를 일정하게 유지하였으며, 다른 한 개는 시료를 등근 플라스크에 측정하고자 하는 양만큼 채워서 일정한 시간동안 항온시켰다.
- (2) 시료 및 증류수의 온도가 설정온도에 도달하면 시료가 담긴 등근 플라스크내의 시료를 측정하고자 하는 연소관에 주입한다.
- (3) 열전대를 연소관의 각 위치에 설치한다.
- (4) 기록계를 작동시킨다.
- (5) 연소관의 한쪽에서 가스 점화기를 사용하여 착화시킨다.
- (6) 한쪽에서 착화가 시작됨과 동시에 카메라로 연소현상을 촬영 및 관찰한다.
- (7) 촬영 후 연소속도를 각각의 용기 크기에 대하여 농도를 변화시켜 연소가 진행되는 속도를 시간의 변화에 대한 거리를 컴퓨터로 해석하여 연소속도를 구하고, 기록계에서 화염의 온도를 분석한다.

(8) 시료의 농도 및 온도를 변화시켜 측정을 계속한다.

5. 결과 및 고찰

5.1 농도에 따른 연소속도

메틸알콜의 연소시 위험성을 파악하기 위하여 농도 및 온도를 변화시켜 연소속도 및 화염도달시간 등을 측정하여 Table 2에 나타내었다.

Fig. 2는 용기별 농도 변화에 따른 연소속도를 나타내었다. 시료의 용기가 작을수록 연소가 용이하고 연소속도는 상대적으로 빨라졌다. 또한 온도가 20°C이고 농도가 90%에서의 연소속도는 소용기가 119.05 cm/sec, 중용기는 100.00 cm/sec 및 대용기가 68.49 cm/sec로서 최고치를 나타내었다. 그러나 45% 이하에서는 모든 용기에서 연소가 일어나지 않았으며, 용기의 크기가 증가할수록 연소속도가 느리게 나타났다. 액면화재는 발생한 화염으로부터 열이 액면에 전달되어 액온이 상승됨과 동시에 증기를 발생하고 확산되는 연소현상으로 전열과 증발이 지배적이다. 따라서 용기의 폭이 넓을수록 화염으로부터 표면류의 액체가 화염의 가속을 위한 증기의 발생이 상대적으로 어렵기 때문에 생각된다. Fig. 3에서는 시료의 온도가 25°C일 때, 농도 변화에 따른 용기별 연소속도를 나타내었다. 메틸알콜의 농

Table 2. Combustion velocity of the used samples with the change of concentration and temperature (Small vessel)

| Con. (%) | T (°C) | Distance (cm) | | | | | F.A.T (s) | C.V (cm/s) |
|----------|--------|---------------|-------|-------|-------|-------|-----------|------------|
| | | 4 cm | 27 cm | 50 cm | 73 cm | 96 cm | | |
| 40 | 25 | × | | | | | | |
| | 30 | 0.57 | 4.57 | 7.47 | 10.30 | 12.50 | 11.73 | 8.38 |
| 45 | 20 | × | | | | | | |
| | 25 | 0.47 | 3.90 | 7.03 | 10.83 | 14.23 | 13.76 | 7.27 |
| | 30 | 0.20 | 1.57 | 3.33 | 4.43 | 6.03 | 5.83 | 17.15 |
| 60 | 20 | 0.27 | 1.37 | 3.37 | 5.17 | 6.94 | 6.67 | 14.99 |
| | 25 | 0.07 | 0.53 | 0.97 | 1.37 | 1.83 | 1.76 | 56.82 |
| | 30 | 0.07 | 0.37 | 0.67 | 0.93 | 1.23 | 0.86 | 116.27 |
| 75 | 20 | 0.10 | 0.80 | 1.53 | 2.17 | 2.83 | 2.73 | 36.63 |
| | 25 | 0.07 | 0.20 | 0.40 | 0.60 | 0.80 | 0.73 | 136.99 |
| | 30 | 0.03 | 0.17 | 0.30 | 0.43 | 0.57 | 0.54 | 185.19 |
| 90 | 20 | 0.03 | 0.23 | 0.47 | 0.67 | 0.87 | 0.84 | 119.05 |
| | 25 | 0.03 | 0.17 | 0.30 | 0.43 | 0.57 | 0.54 | 185.19 |
| | 30 | 0.03 | 0.17 | 0.30 | 0.40 | 0.53 | 0.50 | 200.00 |

F. A. T : Flame arrival time.

C. V : Combustion velocity.

× : Non - combustion.

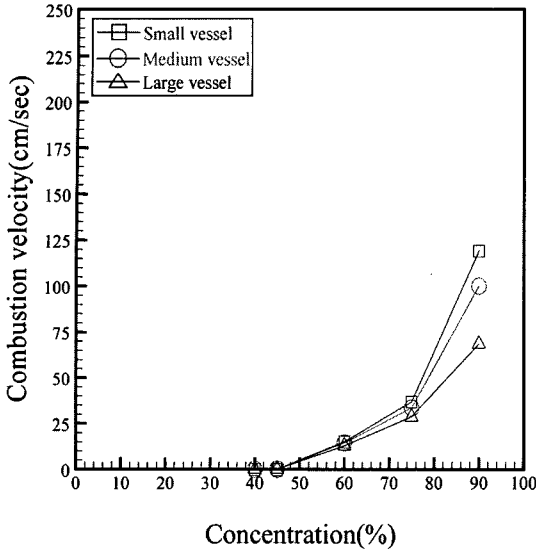


Fig. 2. Variation of combustion velocity with methyl alcohol concentration for ambient temperature 20°C.

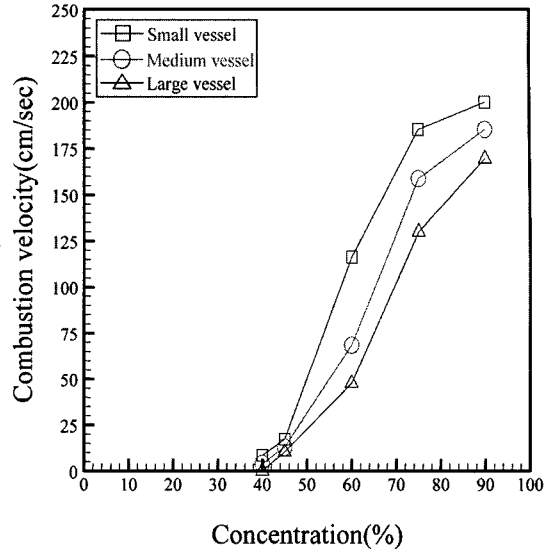


Fig. 4. Variation of combustion velocity with methyl alcohol concentration for ambient temperature 30°C.

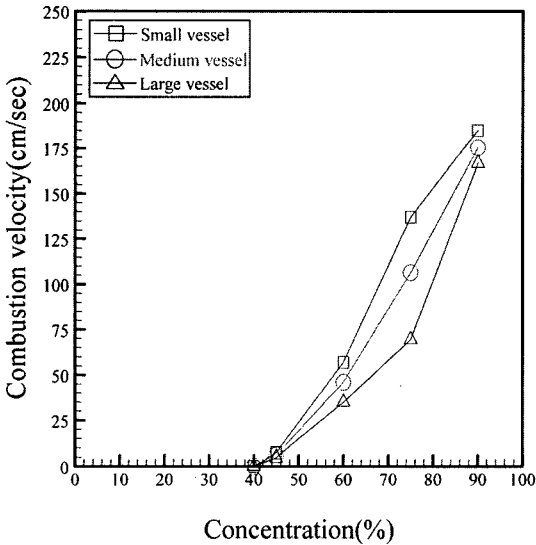


Fig. 3. Variation of combustion velocity with methyl alcohol concentration for ambient temperature 25°C.

도가 90%에서 소용기, 중용기 및 대용기의 연소속도는 각각 185.19 cm/sec, 175.44 cm/sec, 166.67 cm/sec의 최고치를 나타내었으며, 40% 이하에서는 20°C와 동일하게 모든 용기에서 연소가 일어나지 않았다. Fig. 4는 시료의 온도가 30°C일 때, 농도 변화에 따른 용기별 연소속도를 나타내었다. 시료의 농도가 90%에서 용기 각각의 연소속도는 200.00 cm/sec, 185.19 cm/sec, 169.49

cm/sec의 최고치를 구하였다. 또한 시료의 온도가 20°C에서 30°C로 증가할수록 연소속도는 빠르게 나타났다. 이것은 온도가 높을수록 증기의 발생이 용이하고 열의 이동속도가 용이하기 때문인 것으로 생각된다.

5.2 농도에 따른 화염도달시간

혼합기체의 유동이 없는 기류층에 불꽃을 주면 불꽃에 의하여 혼합기 층은 연소반응을 일으키게 되고 그 반응은 불꽃 주변의 혼합기 층으로 화염면이 접촉되고 접촉된 불꽃은 서서히 진행되어 미연소의 혼합기체는 가스로 남게 된다. 따라서 미연소 혼합기체의 양이 많을수록 화염의 도달시간이 길어진다.

Fig. 5는 시료의 온도가 20°C에서의 농도변화에 따른 화염도달시간의 관계를 나타낸 것으로써 용기의 크기가 클수록 화염의 도달시간이 길어졌다. 시료의 농도가 40%와 45%에서는 연소가 일어나지 않았으나, 60%에서 최초로 화염이 발생하여 90%에서는 빠른속도로 화염이 진행되었다. 또한 시료 용기의 크기가 커짐에 따라 점화 후 용기의 끝부분까지 화염의 도달시간이 각각 0.84 sec, 1.00 sec, 1.46 sec로 길어졌다. 이것은 용기의 크기가 클수록 연소 속도가 느리다는 것을 의미한다.

Fig. 6에서는 시료의 온도가 25°C일 때 농도 변화에 따른 용기별 화염도달시간을 나타내었으며 45%에서 최초로 화염이 발생하였다. 시료의 농도가 90%에서는 20°C의 경우와 동일한 경향을 나타내었다.

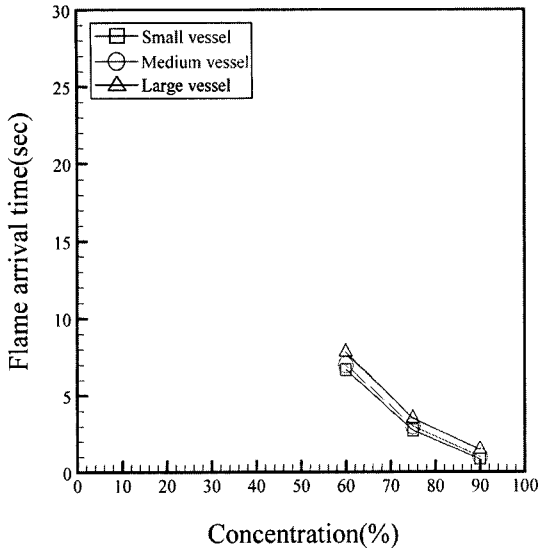


Fig. 5. Variation of flame arrival time with methyl alcohol concentration for ambient temperature 20°C.

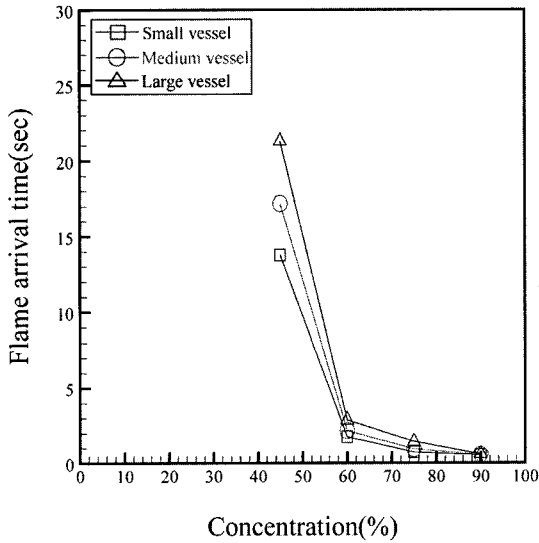


Fig. 6. Variation of flame arrival time with methyl alcohol concentration for ambient temperature 25°C.

Fig. 7에서는 시료의 온도가 30°C일 때 농도 변화에 따른 용기별 화염도달시간을 나타내었으며, 90%의 농도에서 용기의 크기별로 각각 0.50 sec, 0.54 sec, 0.59 sec의 화염도달시간을 구하였다. 시료의 온도가 20°C, 25°C에서는 시료의 농도가 40%에서 연소가 일어나지 않았지만 시료의 온도가 30°C에서는 소용기와 중용기에서 40% 농도에서 화염이 발생하였으나, 대용기에서는 화

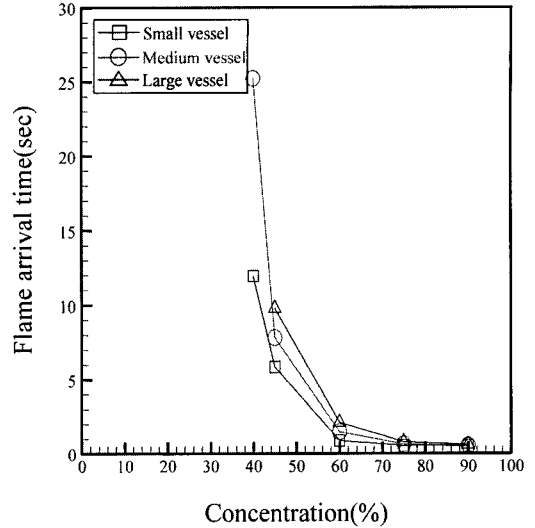


Fig. 7. Variation of flame arrival time with methyl alcohol concentration for ambient temperature 30°C.

염이 발생하지 않았다. 이는 시료의 온도가 20°C에서 30°C로 증가할수록 표면에서 가연성 증기의 발생이 용이함에 따라 연소가 계속 진행되는 것으로 생각된다.

5.3 용기의 크기에 따른 화염도달시간

Fig. 8은 시료의 농도가 60%이고 용기의 폭이 2.5 cm 일 경우에 있어서 5개의 지점에서 화염도달시간을

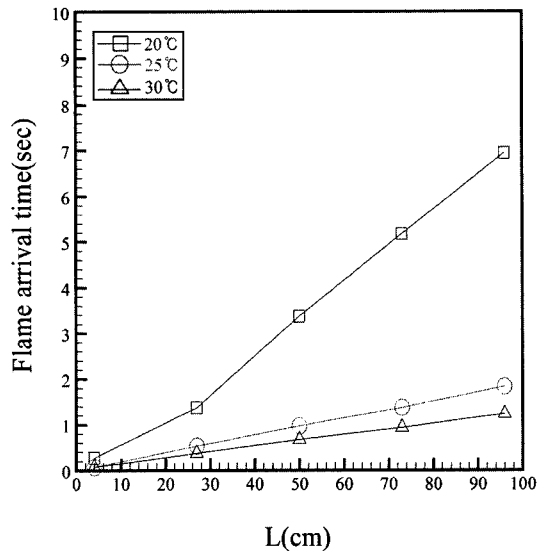


Fig. 8. Variation of flame arrival time with flame propagation distance for methyl alcohol concentration 60% and small vessel.

나타낸 것으로서 온도가 낮을수록 화염도달시간이 길게 나타났다. 이는 온도가 낮을수록 가연성 증기의 발생량이 적기 때문이라고 생각된다. 또한 용기의 27 cm 지점 이후에서 시료의 온도가 20°C에서는 25°C와 30°C에서 보다 훨씬 느리게 진행되었다. 이는 25°C와 30°C

에서는 가연성 증기의 발생량이 연소가 용이한 농도의 조성으로 되어 있기 때문인 것으로 생각된다. 또한 최대거리인 96 cm 지점에서 시료온도가 20°C, 25°C 및 30°C일 경우의 화염도달시간은 각각 6.67 sec, 1.76 sec, 0.86 sec로 급격하게 빨라졌다.

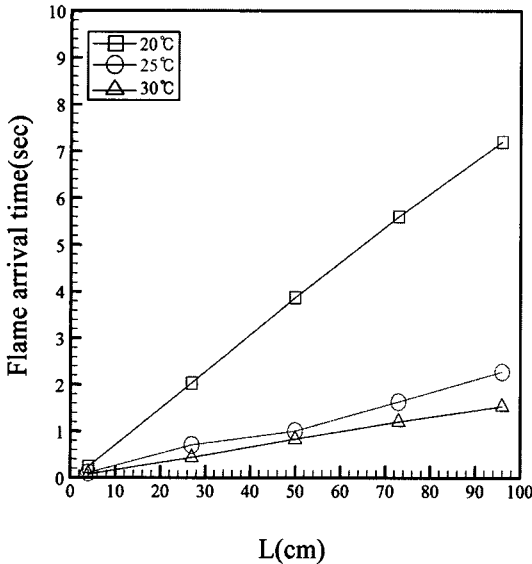


Fig. 9. Variation of flame arrival time with flame propagation distance for methyl alcohol concentration 60% and medium vessel.

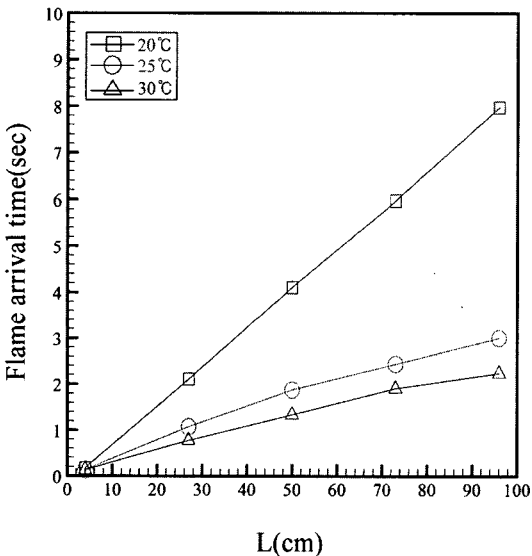


Fig. 10. Variation of flame arrival time with flame propagation distance for methyl alcohol concentration 60% and large vessel.

Fig. 9는 시료의 농도가 60%이고 용기의 폭이 5 cm 일 경우에 있어서의 결과로서 Fig. 8과 동일한 경향을 나타내고 있다. 또한 최대거리인 96 cm 지점에서 시료 온도가 20°C, 25°C 및 30°C일 경우의 화염도달시간은 각각 6.97 sec, 2.17 sec, 1.46 sec로 측정되었다.

Fig. 10은 시료의 농도가 60%이고 용기의 폭이 7 cm 일 경우의 결과로서, 최대거리인 96 cm 지점에서 시료 온도 20°C, 25°C 및 30°C일 경우의 화염도달시간은 각각 7.80 sec, 2.87 sec, 2.10 sec로 측정되었다.

6. 결 론

도료공업과 유기합성의 원료 등으로 사용되는 메틸알콜을 시료로 화염전파속도와 화염도달시간을 측정할 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 용기별 농도변화에 따른 연소속도는 용기가 작을수록 빨라졌고, 45% 이하의 농도에서는 화염의 전파가 일어나지 않았다.
- 2) 농도에 따른 화염도달시간은 용기의 크기가 클수록 길어짐을 알 수 있으며, 온도가 높을수록 가연성 증기의 발생이 용이하여 화염도달 시간이 짧아졌다.
- 3) 메틸알콜의 최대연소속도는 소용기로서 30°C에서 200cm/sec를 구하였다.

따라서 메틸알콜은 45% 이상에서는 화염의 전파를 방지하기 위해서는 점화원에 대한 관리가 중요하다고 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2003년도 부경대학교 기성회 학술연구비에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. 李壹宗, 具廣謨, “有機化學”, pp.142-143, 創文閣(1984).
2. 박외철, “청정실 화재의 시뮬레이션”, 한국화재소방학회지, Vol. 19, No. 2, pp.8-12(2005).
3. 韓國産業安全工團, “KISCO NET”, 화재·폭발 재해사례, 자료실(2002).
4. 김영수, 신창섭, “화염전파속도에 대한 폭발관구조의

- 영향과 세라믹 소염 소자의 소염 성능”, 한국산업안전학회지, Vol. 10, No. 3, pp.55-61(1995).
5. V. V. Zhamashchikov, “Special Features of Combustion of Propan-air and Hydrogen-air Mixtures in a Narrow Tube”, Combustion, Explosion, and Shock waves, Vol. 33, No. 6(1997).
 6. 自治省消防廳 危險物 委員會, “高引火點 危險物の規制のあり方に關報告書-消防法別表等に關する檢討-”, 參考資料, 12(1998).
 7. 新井信, 加納能一, 北倏英光, 津田健, 化學工學科, 東京工業工學部, “管内における火炎の傳播舉動とフレイムアレスターの消炎性能”, 第12節(1986).
 8. 金 鴻, 睦演洙, 李謹悟, 鄭國三, “防火工學”, pp.81-85, 東和技術(1991).
 9. 崔炳輪, 李度衡, “燃燒工學”, pp.35-102, 東明社(1992).
 10. 목연수, 최재욱, 전성균, “화학안전공학실험”, pp.133-135, 세종출판사(1997).