

가솔린 機關의 混合氣 成分이 出力에 미치는 影響 (点火遲延 및 燃燒 期間에 미치는 影響)

The Effect of Mixture Component in a Gasoline Engine on Output
(The Effect of Ignition Delay and Combustion Period)

宋 載 賢*

J. I. Song

ABSTRACT

The effect of mixture component makes a delay time and a long total combustion period $\tau_{p \max}$. The flame propagation delay τ_{af} was determined by the record of current ion. The pressure release delay τ_{dp} and $\tau_{p \max}$ were determined by the indicated pressure diagram in constant volume of the combustion chamber. The results are as follows: 1) The ignition delay τ_i time takes the minimum value around $\phi=1.15$. 2) τ_{af} and τ_i time increased according to the increases of the concentrated dilution gases, because the adiabatic flame temperature decreased due to the increases of the heat capacity. But dilution gases have little effect on flame nucleus formation delay. 3) The relation between τ_i time and reciprocal laminar burning velocity is almost linear. 4) The increase of the propagation length is accompanied with increased ratio of the $\tau_{af}, \tau_{dp}, \tau_i, \tau_{p \max}$.

주요기술용어 : Ignition Delay(점화지연), Burning velocity(연소속도), Flame Propagation Delay(화염전파지연), Combustion Period(연소기간), Flame nucleus formation(화염핵형성), Dilution Gas(희석가스)

1. 서 론

내연기관의 출력은 기관과 회전수 등의 운전 조건이 동일하면 주로 흡입 건조공기량(흡입산소질량)에 의해 정해진다. 더구나, 흡입 건조공기량은 대기조건(대기압력, 온도, 습도)에 의해서도 변한다. 따라서 대기조건은 기관출력에 큰 영향을 주고, 이 영향, 즉 출력수정에 관한 연구는 많이 발표되었고⁽¹⁾⁽²⁾, 특히 가솔린기관에서는 대기압력, 온도의 변화에 의해 공기밀도가 변화하여 출력이 변화하는 것이 보고되어 있다⁽³⁾. 또, 공기중의 습도는 건조공기의 분압

에 영향을 주어, 그 결과 혼합기의 공연비가 변화할 뿐만 아니라, 점화지연과 화염전파속도가 변화하여 출력이 변화되는 것으로 보고되어 있다⁽⁴⁾. 그러나 습도에 의한 연소속도와 점화지연의 변화가 어떤 원인으로 인한지 명확하게 한 논문은 보이지 않는다. 그래서 前報⁽⁵⁾⁽⁶⁾에서 증류 버너에 의해 습도의 연소속도에 미치는 영향을 Ar, CO₂를 비교대상으로 하여 검토한 결과, 습도 등에 의한 연소속도의 변화는 혼합기의 열용량의 변화 때문이라는 것을 알 수 있었다. 한편, 습도 등으로 점화지연이 변화하는 것으로 보고되어 있지만⁽⁴⁾, 화염핵의 형성과 그 후의 화염전파의 어느 것이 어느 정도 변화하는가는 명확하지 않다. 이상의 것으로부터 저

* 정회원, (주)케이티 생산기술연구소

자는 가스유동 등의 영향이 없는 정용 연소기를 이용하여 점화지연, 연소기간 등에서의 습도 등의 영향을 조사하여, 변화하는 것이 어딘가를 명확히 하는 것을 목적으로 연구하였다. 그 결과, 점화지연과 연소기간은 연소속도와 같이, 혼합기의 열용량의 변화에 의한 것으로 설명할 수 있고 화염핵의 형성까지의 시간은 습도에 의해 거의 변화하지 않는다는 것이 명확하게 되었기 때문에 이하에 보고한다.

2. 점화지연 등의 측정

가솔린기관 등의 연구에서는 점화지연은 점화후 압력이 급격하게 상승할 때까지의 시간으로 생각할 수 있다. 이것은 출력에 영향을 주는 온도상승을 증시하기 때문이다.

한편, 연소연구 등에서는 점화후 화염핵이 형성될 때까지의 시간을 점화지연이라고 생각하는 경우가 많다.

화염핵 형성까지의 시간의 측정은, 예를 들면 小笠原은 기관의 연소실에 水晶窓을 설치하고 점화플러그에 가까운 곳에서의 화염핵 형성에 따른 화학발광에 의해 행해지고 있다⁽⁷⁾. 大東등은 점화플러그 자신을 이온 간극으로 이용하고, 점화핵 형성에 따른 이온전류에 의해 측정한다⁽⁸⁾. 野口등은 OH 래디칼의 발광에 의해 화염핵 형성을 측정하고 있다⁽⁹⁾. 그러나 실제로 화염핵 형성에 따른 화학발광을 점화 스파크와 분리해서 측정하는 것이 곤란하여 연구자에 따라 측정치에 차가 생기는 것과 이온전류에 점화 노이즈가 들어가서, 분리가 곤란하다는 것 등이 생각되어진다. 그래서 본 연구에서는 직접 화염핵 형성의 시간은 측정하지 않고, 점화플러그에서 3mm 위치에 설치한 이온 간극에 의해 화염핵 형성에 매우 가까운 초기의 전파를 측정했다. 이와 같이 측정한 시간을 화염전파지연(이후 τ_{di} 라고 함)이라고 정의하였다. 또한, 출력에 큰 영향을 주는 급격한 압력상승까지를 압력상승지연(이후 τ_{dp} 라고 함)이라고 정의하고, τ_{di} 와 τ_{dp} 의 합을 全点火지연(이후 τ_t

라고 함)이라고 정의하였다. 또 점화지연과 같이 출력에 영향이 큰 연소시간의 대표치로서, 점화후 거의 연소가 끝나는 연소최고압력까지의 시간을 全燃焼期間(이후 τ_{pmax} 라고 함)으로 정의하였다. 이들 각 시간의 관계를 Fig. 1에 나타낸다.

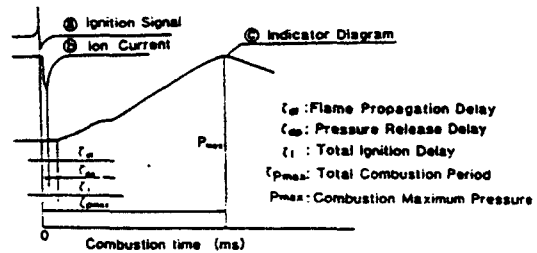


Fig. 1 Time of Ignition Delay

3. 실험장치 및 실험방법

3.1 실험장치

본 연구에서 사용한 실험장치를 Fig. 2에 나타낸다. 定容燃焼器는 직방체(140×20×30mm)이고 小端面의 중심에서 점화한다. 역시 실험중에 습도가 용축 등으로 변화하지 않도록 혼합기 공급계 및 定容燃焼器 등 전체를 恒溫槽에 넣어 초기온도를 일정하게 유지하였다. 점화는 콘덴서 방전식 점화를 이용하였다.

또, 플러그는 중심으로부터 3mm 위치에 4개의 이온 간극을 설치한 점화 플러그(NGK LN 1207, BP 6 ES 상당)를 이용하여 초기의 화염 전파를 검출할 수 있도록 하였다.

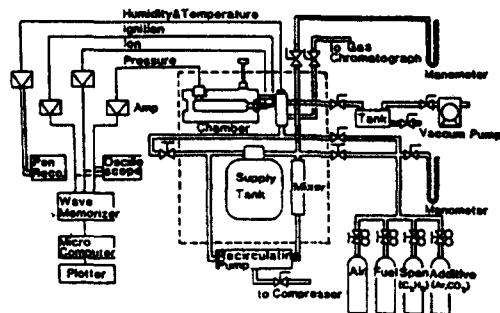


Fig. 2 Test Apparatus

3.2 실험방법

습도의 영향을 조사할 때는 혼합기 공급계 전체를 진공으로 하고 연소실에 필요한 양의 H₂O를 넣고 증발시킨 후, 소정의 당량비가 되도록 연료와 건조공기를 넣어 혼합하고, 혼합기 공급 탱크에 공급하였다. 역시 Ar, CO₂를 혼합할 경우에는 진공으로 한 혼합기 공급 탱크에 건조공기를 소정량 넣은 후 소정의 당량비가 되도록 연료를 넣고, 다음에 Ar 등을 설정치까지 넣어 혼합하였다. 역시 연료는 순도 99.99%의 프로판(C₃H₈)을 사용하였다. 또, 연료·공기와 희석가스(H₂O, Ar, CO₂)를 충분히 혼합하기 위해 혼합기 공급 탱크와 스윙 믹서를 접속하여 순환하였다. 혼합기를 연소실에 도입한 후 정지 혼합기가 될 때까지 충분히 방치한 후 점화하였다.

습도는 연소실 입구 바로 앞에 설치한 靜電容量形濕度計(HMY-144Y.VAISAL社製)에 의해 측정하고, 공급 당량비 및 공기에 대한 각 희석가스의 첨가비율은 가스크로마토그래프(충전계: Moleculasieve 5A 30/60 메쉬, Gaschropack 54 30/60 메쉬)를 이용하여 분석하였다. 또, 희석가스의 농도는 혼합기의 열용량을 거의 같게 하기 위해 단열화염온도가 동일하게 되도록 H₂O에 대해 Ar은 4.6배, CO₂는 0.8배 첨가하였다. 정적연소기의 초기압력을 101.3kPa, 초기온도 313K로 일정하게 하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 초기 충전압력의 영향

초기충전압력을 일정하게 하면 희석가스를 첨가했을 경우 연료와 공기의 농도가 저하한다. 농도가 변화하면 반응속도가 변화하고 연소속도가 변화한다고 생각된다. 이 영향을 조사하기 위해 혼합기의 초기충전압력만을 0.080~0.120 MPa의 범위에서 변화시켜 실험하였다. 그 결과를 Fig. 3에 나타낸다.

Fig. 3에서 명확한 것과 같이 실험의 초기충전압력의 범위에서는 초기압력에 대개 비례적

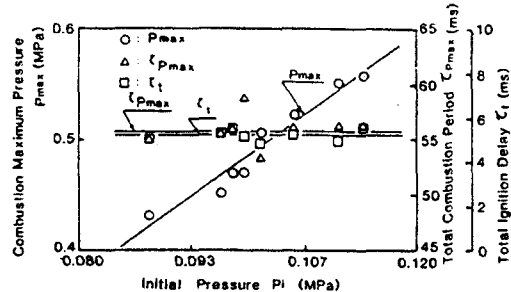


Fig. 3 Effect of Initial Pressure on Combustion Maximum Pressure and Total Ignition Delay

으로 최고압력이 변화하지만, 全点火 지연, 全燃燒期間 등의 시간에는 초기압력은 거의 영향을 주지 않는다. 따라서 이후의 실험은 모두 초기충전압력을 일정하다고 하였다.

4.2 혼합기 성분의 점화지연 등에 미치는 영향

희석가스농도를 변화시킨 경우의 점화지연 등의 대표적인 예로, 당량비(ϕ) 1.1에서 습도가 변화한 경우의 定容燃焼器내의 압력의 經過, τ_t , τ_{dp} , τ_{pmax} 의 변화물 Fig. 4에 나타낸다.

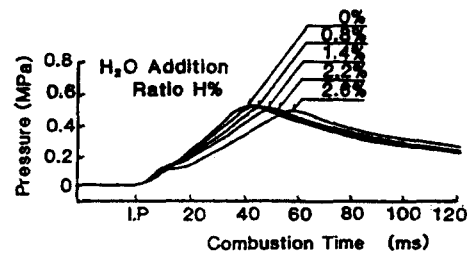
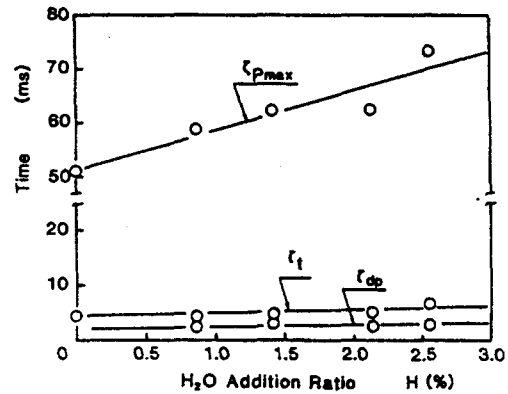


Fig. 4 Relation between Indicator Diagram and Time Delay in Dilution Gas Addition

Fig. 4에서 명확한 것과 같이 희석가스의 농도가 크게 됨에 따라 연소최고압력은 약간 낮아지고, 각지연시간 등이 희석가스농도의 변화에 대해 일차 비례적으로 길게 된다는 것을 알 수 있다. 그러나 각지연시간의 비는 희석가스의 변화에 의해 변화하고, 희석가스의 농도가 높을수록 τ_i , τ_{dp} 가 점유하는 비율이 작게 된다는 것도 Fig. 4에서 알 수 있다. 이상의 결과는 다른 희석가스, 당량비의 경우에서도 같다.

다음에, 각 희석가스 농도와 $\tau_{p,max}$ 의 관계를 Fig. 5에, τ_i 와의 관계를 Fig. 6에, τ_{df} 와의 관계를 Fig. 7에 나타낸다. 어느 것의 지연시간도 당량비에 의하지 않고 희석가스농도와 일차 관계에 있고, 희석가스농도의 증가와 함께 길게 된다는 것을 알 수 있다.

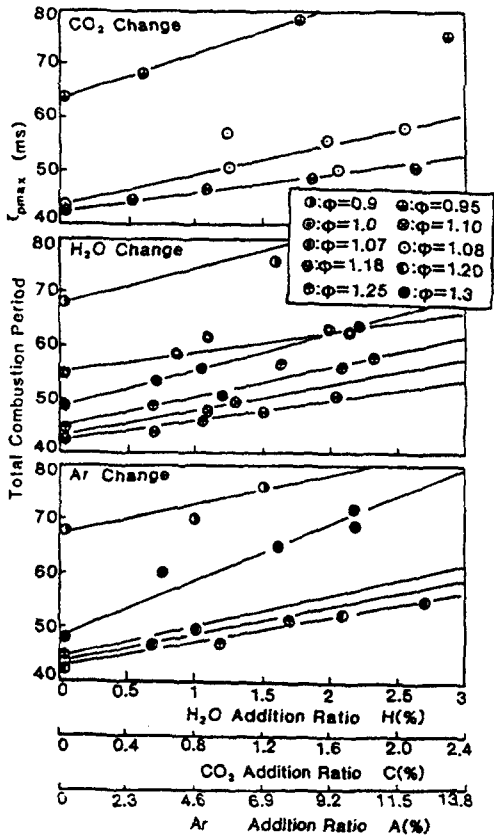


Fig. 5 Relation between Dilution Gas Addition Ratio and Total Combustion Period

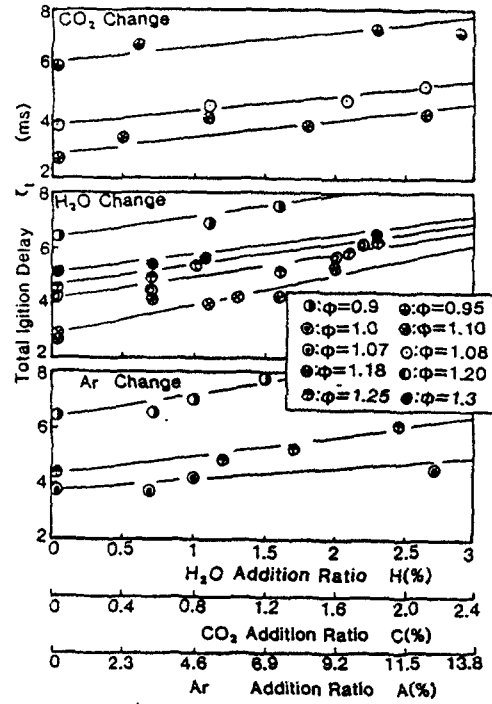


Fig. 6 Relation between Dilution Gas Addition Ratio and Total Ignition Delay

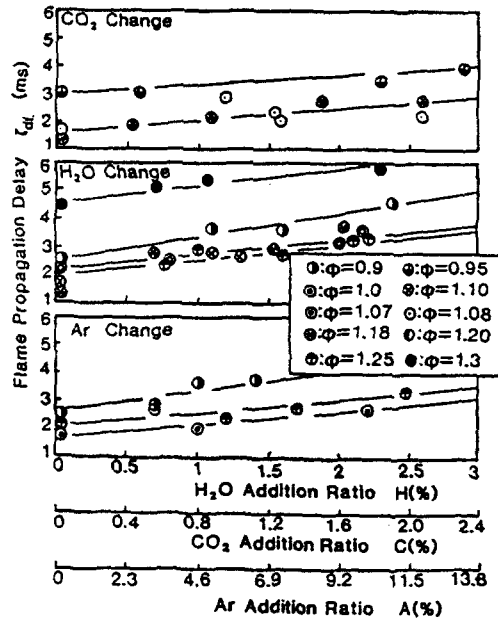


Fig. 7 Relation between Dilution Gas Addition Ratio and Flame Propagation Delay

또, $\phi=1.2$ 근처에서 가장 짧고, 그보다 ϕ 가 커지거나, 작아져도 길게 되는 것을 알 수 있다. 이것은 前報⁽⁵⁾⁽⁶⁾에서 검토한 층류 연소속도 (S_L)와 희석가스농도의 관계와 같은 경향이 있지만, 희석가스농도에 대한 지연시간의 변화율, 즉 구배는 τ_{df} , τ_t , $\tau_{p,max}$ 의 순으로 시간이 길수록 크게 되고 있다.

前述한 것과 같이 각지연시간과 S_L 에 상관성이 있으면 각 지연시간 등의 상호간에도 관계가 있다고 생각되어지기 때문에 각지연시간과 $\tau_{p,max}$ 와의 관계를 조사하였다. 결과를 Fig. 8에 나타낸다.

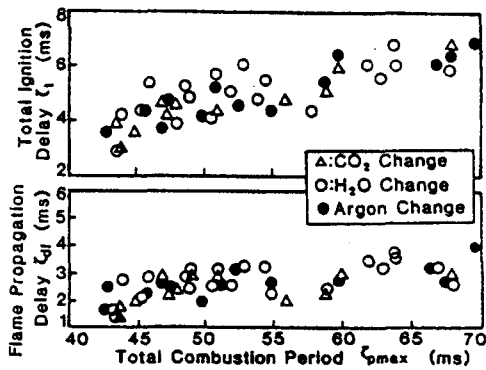


Fig. 8 Relation between Total Combustion Period and Flame Propagation Delay, Total Ignition Delay

Fig. 8에서, 어느 것의 희석가스의 경우도 τ_{df} , τ_t 는 $\tau_{p,max}$ 와의 상관관계가 있고, 일차비례의 관계로 나타나는 것이 명확하다. 따라서 화염 전파가 극히 초기에서부터 연소종료 가까운 시기까지의 각 지연시간 등의 희석가스농도의 변화에 의한 변화는 거의 같은 원인에 의한 것이다.

前報⁽⁵⁾⁽⁶⁾에서 서술한 것과 같이, S_L 의 희석가스농도에 의한 변화는 거의 혼합기의 열용량이 변화하여 단일화염온도(T_b)의 변화에 의한 것으로, 각지연시간 등과 T_b 의 관계도 동일하다.

따라서 τ_t 와 $1/S_L$ 과의 관계를 조사하였다. 일례를 Fig. 9에 나타내었다.

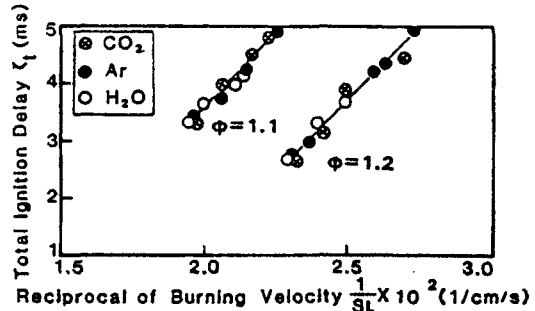


Fig. 9 Relation between Reciprocal of Burning Velocity and Total Ignition Delay

Fig. 9에서 명확한 것과 같이 실험범위에서는 희석가스에 의하지 않고 τ_t 와 $1/S_L$ 과의 관계는 일차비례의 관계에 있다.

또, S_L 은 반응속도가 큰 T_b 에 가까운 온도에서 거의 결정되어지기 때문에 근사적으로 아래와 같이 쓸 수 있다⁽¹⁰⁾.

$$S_L \propto \exp\left(-\frac{E}{RT_b}\right) \quad (1)$$

단, E : 활성화 에너지, J/kg

R : 일반가스정수, T/kg · K

따라서, Fig. 8, 9와 식 (1)에 의해 각 지연시간 등의 상호관계는 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} \tau_{df}, \tau_{\phi}, \tau_t, \tau_{p,max} &= a' + \frac{b'}{S_L} \\ &= a + b \exp\left(\frac{E}{RT_b}\right) \end{aligned} \quad (2)$$

단, a, b, a', b'는 정수

4.3 각 점화지연시간 등의 상호관계

식(2)에서 희석가스농도의 변화에 의한 각 지연시간 등의 변화는 S_L 의 역수의 변화에 비례하는 것을 알 수 있다. 그러나 각 지연시간 등에서 b'는 다르고, ϕ 에 의해 $1/S_L$ 의 변화도 다르다고 생각된다. 그래서 희석가스의 농도의 변화에 대한 각 지연시간 등의 비율(이후 변화율이라고 부르고 예를 들면 $\Delta \tau_{df}$ 와 같이 씀)과 그들의 상호의 비율 취해 검토하였다. 그 결과를 표 1에 나타낸다.

표 1 각 지연시간변화율과 비

| ϕ | $\Delta\tau_{af}$ (ms) | $\Delta\tau_i$ (ms) | $\Delta\tau_{pmax}$ (ms) | $\frac{\Delta\tau_{pmax}}{\Delta\tau_{af}}$ | $\frac{\Delta\tau_i}{\Delta\tau_{af}}$ |
|--------|---------------------------|------------------------|-----------------------------|---|--|
| 0.9 | 0.77 | 1.58 | 8.23 | 10.7 | 2.05 |
| 1.0 | 0.65 | 1.44 | 5.30 | 8.15 | 2.21 |
| 1.1 | 0.60 | 1.39 | 4.10 | 6.83 | 2.32 |
| 1.2 | 0.64 | 1.43 | 4.63 | 7.23 | 2.23 |
| 1.3 | 0.77 | 1.56 | 6.92 | 8.98 | 2.01 |
| 평균 | - | - | - | 7.80 | 2.19 |

(단, 평균치는 $\phi=0.9$ 를 뺀)

표 1에서 각지연시간의 변화율은 $\phi=1.15$ 부근에서 가장 작고, 過濃側, 希薄側 모두에게 크게 되는 경향이 있지만, 변화율의 비는 $\Delta\tau_{\phi} / \Delta\tau_{af} (= \Delta\tau / \Delta\tau_{af}^{-1})$, $\Delta\tau / \Delta\tau_{af}$ 모두 거의 일정하다. $\Delta\tau_{pmax} / \Delta\tau_{af}$ 는 $\phi=0.9$ 를 빼면 평균 7.79에 가까워져 거의 일정하다고 생각된다. τ_i 까지는 압력은 초기압력과 동일하고 일정하기 때문에 화염전파속도는 S_L 의 변화로 대개 설명할 수 있고, 변화율의 비는 그 지연시간에 해당하는 대표길이의 비에 동일하다고 생각된다. 연소과정의 고속도촬영에서, τ_i 까지 화염은 점화플러그 측 이외의 벽과는 접촉하지 않고 구에 가까운 형으로 전파되고 있다고 생각되어지고 있기 때문에 대표길이의 비는 전파한 반경의 비로 된다. 따라서 압력이 급상승하는 τ_i 까지 화염 전파한 거리는 ϕ 에 관계없이 대략 6.5mm이라고 말할 수 있다. 前述한 것과 같이 τ_i 까지는 식(2)의 b'는 대표길이인 것을 알 수 있었다. 지연시간에는 화염이 전파하는 시간과 점화후, 화염핵이 형성될 때까지의 시간이 있을 것이기 때문에, a'는 화염핵 형성까지의 시간이라고 생각된다. 이것은 각지연시간에 공통인 것으로 τ_i 라고 쓰면 τ_i, τ_{af} 는 다음과 같이 표시된다고 생각된다.

$$\tau = \tau_i + \frac{L}{S_L} \quad (3)$$

단, L : 대표길이(L_{af}, L_i), m

τ_i : 화염핵 형성시간, ms

따라서, 지연시간의 변화율은 다음과 같이 된다.

$$\Delta\tau = \Delta\tau_i + L \cdot \Delta\left(\frac{1}{S_L}\right) \quad (4)$$

여기에서 $\Delta\tau_i / \Delta\tau_{af}$ 를 취하면 다음과 같이 된다.

$$\frac{\Delta\tau_i}{\Delta\tau_{af}} = \frac{\Delta\tau_i + L_i \cdot \Delta(1/S_L)}{\Delta\tau_i + L_{af} \cdot \Delta(1/S_L)} \quad (5)$$

이것은 표 1의 결과에서 前述한 것과 같이 L_i/L_{af} 라고 생각되어지기 때문에 아래의 관계가 성립하지 않으면 안 된다.

$$\frac{L_i}{L_{af}} = \frac{\Delta\tau_i + L_i \cdot \Delta(1/S_L)}{\Delta\tau_i + L_{af} \cdot \Delta(1/S_L)} \quad (6)$$

식 (6)이 성립하는 데에서는, $\Delta\tau_i \approx 0$ 이든가, $\tau_i \approx 0$ 이지 않으면 안 된다. Fig. 4, Fig. 8 등으로부터 $\tau_i \approx 0$ 이고, $\Delta\tau_i \approx 0$ 로 되어야 되기 때문에, 화염핵 형성시간은 화석가스의 농도변화에 따라 거의 변하지 않는다고 생각된다. 本報의 실험에서는 충분히 큰 방전 에너지를 주고 있기 때문에 화염형성시의 온도상승에는 화석가스농도변화는 영향을 미쳐도 충분히 높은 온도로 되기 때문이라고 생각되지만, 연소반응의 온도 의존성이 낮기 때문이라고도 생각된다. 그러나, 충분한 검토는 이루어지지 못했다. τ_i 의 변화율은 화석가스농도에 관계하지 않고, 연소속도의 변화율에 비해, 대개 무시할 수 있기 때문에 식 (3), 식 (5)에서 화염전파시간의 비로서 다음 식을 구할 수 있다.

$$\frac{\tau_i - \tau_i}{\tau_{af} - \tau_i} = \frac{L_i}{L_{af}} = \frac{\Delta\tau_i}{\Delta\tau_{af}} = \text{일정} \quad (7)$$

식 (7)과 각 화석가스농도에 대한 τ_{af} 의 실험값을 이용하여, 최소 이송법에 의해 구하고, τ_i 와 L_i/L_{af} 를 구하면 표 2와 같이 된다. 단, $\tau_{\phi} / (\tau_{af} - \tau_i)$ 도 나타내었다.

표 2 τ_i 와 화염전파시간의 비

| ϕ | τ_i (ms) | $\frac{\tau_i - \tau_i}{\tau_{af} - \tau_i}$ | $\frac{\tau_{\phi}}{\tau_{af} - \tau_i}$ | $\frac{\tau_{pmax} - \tau_i}{\tau_{af} - \tau_i}$ |
|--------|------------------|--|--|---|
| 0.9 | -0.61 | 2.04 | 1.04 | 20.44 |
| 1.0 | 0.40 | 2.21 | 1.21 | 30.06 |
| 1.1 | 0.40 | 2.31 | 1.31 | 35.60 |
| 1.2 | 0.67 | 2.22 | 1.22 | 34.90 |
| 1.3 | 0.74 | 1.98 | 0.98 | 24.83 |
| 평균 | 0.55 | 2.18 | 1.18 | 31.35 |

(단, 평균치는 $\phi=0.9$ 를 뺀)

표 2중의 $[(\tau_{p\max} - \tau_i) / (\tau_{df} - \tau_i)]$ 는 회석가스 농도가 0일 때 값이다. 표 2에서 연소변동이 큰 $\phi=0.9$ 는 화염형성시간이 짧로 되는 이상한 결과이지만, 이것은 변동이 크기 때문이라고 생각된다. $\phi=0.9$ 를 빼면 τ_i 는 ϕ 로 변화하지만, 대개 0.6ms이고, 이것은 大東 등의 측정결과⁽⁶⁾와 거의 같은 값이다. 또, τ_i 까지의 화염전파시간의 비는 당량비에 의하지 않고 표 2중의 평균치에 거의 동일하고, 또 이들은 표 1의 변화율 비와 동일하다.

그런데, $\tau_{p\max}$ 까지의 전파시간의 비는 당량비에 따라 변하고, 또 표 2에 나타내는 것과 같이 표 1의 변화율의 비와 상당히 다르다. τ_i 이후는 압력, 온도 모두 상승하고 용기에 의한 냉각이 크게 되는 것과, 압력파의 반사 등에 의해 화염전파속도는 초기의 S_L 보다 늦어진다. 이것을 고려하여, 초기의 S_L 에서의 용기내(고속도촬영으로부터는 점화플러그에서, 약 90mm 전파했을 때가 $\tau_{p\max}$ 로 거의 일치하고, 그 이후는 극히 늦은 화염전파로 되어 용기내 압력도 저하한다)를 전파한 시간에 화염전파를 억제하기 위해 소비한 시간지연(τ_d 로 한다)을 가산하여 표시하면, $\tau_{p\max}$ 는 아래와 같이 쓸 수 있다.

$$\tau_{p\max} = \tau_i + \tau_d + (L_{p\max} / S_L) \quad (8)$$

τ_d 는 前述한 압력파의 반사와 가스유동 등의 유체역학적인 인자에 의존하지만, 회석가스 농도변화의 영향은 S_L 의 변화율이 크지 않다고 생각되어진다.

따라서 τ_i 와 같이 변화율은 거의 무시할 수 있다고 생각된다.

따라서 전파시간에서 τ_d 를 보정하여 비를 취하면 아래와 같이 된다.

$$\frac{\tau_{p\max} - \tau_i - \tau_d}{\tau_{df} - \tau_i} = \frac{L_{p\max}}{L_{df}} = \text{일정} \quad (9)$$

식 (9)와 표 2의 τ_i 를 이용하여 $\tau_d, L_{p\max} / L_{df}$ 를 구하면 표 3으로 된다.

표 3 τ_d 와 보정한 화염전파시간의 비

| ϕ | τ_i (ms) | τ_d (ms) | $\frac{\tau_{p\max} - \tau_i - \tau_d}{\tau_{df} - \tau_i}$ |
|--------|------------------|------------------|---|
| 0.9 | -0.61 | 33.44 | 10.69 |
| 1.0 | 0.40 | 38.13 | 8.15 |
| 1.1 | 0.40 | 35.09 | 6.84 |
| 1.2 | 0.67 | 33.48 | 7.23 |
| 1.3 | 0.74 | 31.54 | 8.90 |
| 평균 | 0.55 | - | 7.78 |

(단, 평균치는 $\phi=0.9$ 를 뺀)

표 3에서, 보정한 화염전파시간의 비는 당량비에 관계없이 거의 일정하고, 표 1의 변화율의 비에 일치한다.

또 $\phi=0.9$ 를 빼면 τ_d 는 혼합기가 過濃으로 될수록 적게 되지만, 이것은 혼합비의 가스정수가 작게 되어 음속이 적게 됨에 따라 압력파의 반사가 늦게 되기 때문이라고도 생각되어지지만, 현재로서는 불명확하다.

또 식 (3), 식(9)에서 $\Delta \tau_{p\max} / \Delta \tau_{df}$ 는 대표길이의 비이지만 용기는 직방체이고 대표길이를 용이하게 결정하기 어렵다. 그러나, 前述한 점화플러그에서 90mm의 곳까지의 전체적을 고려하면 대표길이는 체적의 입방근에 상당하는 셈이고, 따라서

$$\frac{\Delta \tau_{p\max}}{\Delta \tau_{df}} = \left(\frac{90 \times 20 \times 30}{(4/3) \cdot \pi \times 3^3} \right)^{1/3}$$

이라고 생각되어진다. 이것은 표 1의 $\phi=0.9$ 를 뺀 평균치 7.79에 가깝고, 따라서 대표치수를 체적의 입방근으로 하는 것은 타당한 것같이 생각되지만, 형상이 다른 연소실 용기내에서의 실험에 의해 검토할 필요가 있다.

5. 결 론

定容燃焼器에 의한 정지 혼합기중의 연소기간, 점화지연에 미치는 혼합기성분(H_2O, Ar, CO_2)의 영향을 조사한 결과로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 혼합기중의 H_2O, Ar, CO_2 를 증가하면, 본 실험범위에서는 점화에서 극히 초기의 화염

전과까지의 시간(화염전과지연), 압력상승까지의 시간(全点火지연)과 지압선도 최고치까지의 시간(全燃燒期間)등이 일차 비례적으로 길게 되는 것을 알 수 있었다.

(2) 본 실험범위에서는 각 지연시간과 全燃燒期間과의 관계는 당량비, 희석가스에 관계없이 상관관계가 있고, 서로 일차 비례 관계가 있다는 것을 알 수 있었다. 또 이들 각 시간은 단일화염온도의 역수의 지수와도 일차 비례관계에 있고, 총류 연소속도의 역수와도 일차비례관계에 있다 것을 알 수 있었다.

(3) 이상의 것으로부터 희석가스농도의 증가에 의해 점화지연 등이 길게 되는 주요한 원인은 혼합기의 열용량이 증가하고 화염온도가 저하하여, 총류 연소속도가 저하하기 때문이라는 것이 확인되었다.

(4) 화염핵 형성까지의 시간 변화율은 희석가스농도를 증가시켜도, 연소속도의 변화율에 비하면 거의 무시할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 또, 희석가스농도변화에 대한 각 지연시간의 변화율은 다르고, 화염전과거리가 클수록 각지연시간의 변화율은 증대하는 것이 확인되었다.

(5) 습도변화에 대한 기관출력의 변화는 연소실 형상 등에 의한 점화에서 연소종류까지의 화염전과거리에 따라 다르다고 생각되어진다.

이상의 결과를 이용하여, 습도가 내연기관의 출력에 미치는 영향을今後 검토할 예정이다.

참 고 문 헌

1. 五味·ほか 1名, 自動車技術, 17-5, 昭38, 288.
2. 日本機械學會, 內燃機關の出力修正に關する 研究成果報告, 昭44.
3. 本望·ほか 2名, 自技會論, 8, 昭50, 11.
4. 小早川·ほか 1名, 自動車技術, 18-4, 昭39, 274.
5. 宋·ほか 3名, 第22回燃燒 シンポジウム, 11, 昭 59, 118, 機論, 53-492, B, 昭 62, 2626.
6. 宋載翼, 한국역체미립자학회(1997.12.계제예정)
7. 小笠原·ほか 1名, 機論, 33-254, 昭42, 130.

8. 大東·ほか 1名, 機論, 36-282, 昭45, 295.

9. 野口·ほか 3名, 自技會論, 20, 昭46, 56.

10. Fueno, T., ·ほか 3名, 8th Int. Symp. Comb. 昭37, 222.

11. 疋田·ほか 1名, 燃燒概論, 昭 54, 56, コロナ社.