

<論 文>

# Wiebe의 燃燒函數에 의한 디젤機關의 燃燒와 性能의 解析

李盛魯\* · 宮本 登\*\* · 村山 正\*\* · 盧相舜\*\*\*

(1985年 2月 18日接受)

## Analysis of Combustion and Performance of Diesel Engine by Wiebe's Combustion Function

Sung-Ro Lee, Nobori Miyamoto, Tadaci Murayama and Sang-Soon Ro

**Key Words:** Heat Release Rate(熱發生速度), The Rate of Pressure Increasing(壓力上昇速度) Constant Volume Ratio(定積度), The Ratio of Premixed Combustion(豫混合燃燒率), Combustion Property(燃燒特性值)

### Abstract

To investigate the combustion phenomena in the diesel engine combustion chamber modified Wiebe's combustion function, considering the heat release curve as a combination of premixed and diffusive portion, was used and chamber pressure during combustion was estimated by simulating the heat release curve.

General purpose computer codes were developed to analyze the effect of various parameters on the diesel engine performance. Followings are the results of the analysis:

- (1) Found the effect of premixed combustion rate, compression ratio increase and reducing combustion period on the thermal efficiency and maximum pressure increase rate.
- (2) Found the optimum heat release rate curve with minimizing the maximum pressure increase rate and maximum combustion pressure but without sacrificing the thermal efficiency.

### 1. 序 論

內燃機關의 着火運轉에 있어서 燃燒室內의 壓力經過가 熱發生速度에 의하여 決定되는 것은 말할 나위도 없다. 따라서 指壓線圖를 解析함으로써 燃燒가 어떠한 經過를 거쳐 이루어지고 있나를 判斷할 수가 있다. 이미 村山等은 2개의 Wiebe의 燃燒函數의 重合에 의해 디젤機關에 있어서 熱發生速度의 函數近似를 행하고 曲線을 구성하는 6個變數의 값에 의하여 燃燒의 諸特性的의 記述을 행하고 있다<sup>(1,2)</sup>.

本 研究에서는 Wiebe의 函數를 구성하는 變數를 任意로 바꾸면서 發生速度 및 指壓線圖의 形狀, 그리고 機關運轉條件 및 燃燒函數를 構成하는 諸變數가 機關의 諸性能值에 대하여 미치는 영향을 數值實驗을 통하여 調査하고, 그 相互關係를 定量的으로 밝혀 보았다.

그 結果 豫混合燃燒率 및 壓縮比의 增加 또는 燃燒期間의 短縮이 熱效率 및 最大의 壓力上昇速度等에 대하여 미치는 效果外에 熱效率을 低下시키지 않고 最大의 壓力上昇速度 또는 最大壓力을 低下시키기 위한 燃燒率形狀에 대한 指針에 대해서도 밝힐 수가 있었다.

\* 正會員, 忠南大學校 工科學 機械工學科

\*\* 日本北海道大學 工學部 機械工學科

\*\*\* 正會員, 全北大學校 工科學 機械工學科

### 2. 計算方法

우선 最初에 실린더내의 熱平衡을 생각하면 다음식

이 成立한다.

$$C_{PI} T_i G_i' + C_{PE} T_E G_E' + Q_B' - Q_C' = (GC_V T)' + PV' \quad (1)$$

단, '는 크랭크角度  $\theta$ 에 대한 微分을 表示한다.

$C_{PI}, C_{PE}$ ; 실린더내에 流入 및 流出하는 气体的 定壓 比熱 J/kg·K

$G_{PI}, G_{PE}$ ; 실린더내에 流入 및 流出하는 气体的 重量 kg/°CA

$Q_B'$ ; 燃燒率 J/°CA

$Q_C'$ ; 燃燒室內의 損失熱量 J/°CA

$G$ ; 실린더내의 气体的 重量 kg

$C_v$ ; 실린더내의 定積比熱 J/kg·K

$P$ ; 실린더내의 气体壓力 Pa

$V$ ; 실린더내의 體積變化 m<sup>3</sup>/°CA

完全가스의 狀態方程式  $PV = GRT$ 를 式(1)에 代入 하면 다음과 같은  $P$ 에 대한 微分方程式이 얻어진다. 즉

$$P' + \kappa PV'/V = \{(\kappa - 1)/V\}(Q_B' - Q_C' + C_{PI} T_i G_i' + C_{PE} T_E G_E') \quad (2)$$

式(2)에 의해 실린더내의 壓力經過  $P(\theta)$ 가 구하여지는데, 여기에서 比熱比  $\kappa$ 는 谷下<sup>(3)</sup>의 式을 使用하여 計算했다. 한편 실린더내의 平均가스溫度는  $T = PV/MR$ 로 구하여지고,  $M$ 는 실린더내 動作가스의 몰(mol)數로, 一般가스定數는  $R = 8314.3 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ 이다.

다음에 燃燒室壁과 가스사이의 傳達熱量  $Q_C'$ 는 다음 式으로 구하여진다.

$$Q_C' = \alpha F(T - T_w) \text{ J/°CA} \quad (3)$$

여기에서, 熱傳達係數  $\alpha \text{ J/m}^2\text{kh}$ 는 G. Woschni<sup>(4)</sup>의 式을 使用하여 구하고, 燃燒室壁溫度는  $T_w = 523 \text{ K}$ 로 가정했다. 또  $F$ 는 傳達面積 m<sup>2</sup>이다.

熱發生速度의 函數近似是 많은 研究例가 있으나<sup>(5-9)</sup> 初期의 急激한 發熱 및 多樣한 熱發生速度의 近似에는 미흡하다고 생각되어 本 研究에서는 豫混合燃燒部分과 擴散燃燒部分에 같은 函數形態인 Wiebe의 燃燒函數의 重合에 의한 近似函數를 이용했다. 여기에서 使用한 Wiebe의 燃燒函數는 시간에 따른 燃燒過程을 다음과 같이 모델화한 것이다.

$$x = 1 - \exp \left\{ -6.9 \left( \frac{t}{t_z} \right)^{M-1} \right\} \quad (4)$$

여기에서  $x$ 는 임의의 燃燒經過期間  $t$ 에 있어서의 燃料量에 대한 燃燒比率,  $t$ 는 임의의 燃燒期間(sec),  $t_z$ 는 全體의 燃燒期間(sec),  $M$ 는 燃燒特性值이다.

式(4)에 있어서 時間을 크랭크角度로 바꾸고 積分하면, 燃料의 燃燒에 의한 熱發生量은 다음과 같다.

$$\int_0^\theta \frac{dQ}{d\theta} d\theta = Q_T \left[ 1 - \exp \left\{ -6.9 \left( \frac{\theta}{\theta_z} \right)^{M+1} \right\} \right] \quad (5)$$

여기에서  $Q_T$ 는 總熱發生量(J),  $\theta_z$ 는 全體의 燃燒 期間(°CA),  $\theta$ 는 임의의 燃燒期間(°CA)이다.

따라서 熱發生速度는 다음식으로 구하여진다.

$$\frac{dQ}{d\theta} = \frac{d}{d\theta} \left[ Q_T \left\{ 1 - \exp \left\{ -6.9 \left( \frac{\theta}{\theta_z} \right)^{M+1} \right\} \right\} \right] = 6.9 \frac{Q_T}{\theta_z} (M+1) \left( \frac{\theta}{\theta_z} \right)^M \exp \left\{ -6.9 \left( \frac{\theta}{\theta_z} \right)^{M+1} \right\} \quad (6)$$

그런데 디젤기관의 燃燒에 있어서는 디젤기관 特有의 燃燒初期의 急激한 豫混合燃燒가 지배적이라고 생각되는 初期燃燒部分과 비교적 완만한 擴散燃燒가 지배적이라고 생각되는 後期燃燒部分의 2단계의 燃燒를 행하는 것이 一般의이므로 式(6)만으로는 精度높은 熱發生速度의 近似가 곤란하다고 생각되어, 디젤기관의 燃燒는 豫混合燃燒部分과 擴散燃燒部分으로 構成되고 이 2개의 燃燒는 着火과 동시에 開始된다고 하는 2가지의 가정하에서 熱發生速度의 函數近似是 다음식과 같이 유도하였다.

$$\frac{dQ}{d\theta} = 6.9 \frac{Q_p}{\theta_p} (M_p + 1) \left( \frac{\theta}{\theta_p} \right)^{M_p} \exp \left\{ -6.9 \left( \frac{\theta}{\theta_p} \right)^{M_p + 1} \right\} + 6.9 \frac{Q_d}{\theta_d} (M_d + 1) \left( \frac{\theta}{\theta_d} \right)^{M_d} \exp \left\{ -6.9 \left( \frac{\theta}{\theta_d} \right)^{M_d + 1} \right\} \quad (7)$$

여기에서  $dQ/d\theta$ 는 燃燒에 의해 發生한 熱量의 時間比率로서 定義되는 熱發生速度(MJ/Kmol°CA), 添字  $p$ 와  $d$ 는 豫混合燃燒 및 擴散燃燒를 表示한다.

式(7)에 의한 熱發生速度의 一般의인 모델은 Fig. 1과 같이 表示된다. 式(7)에 의해 熱發生速度는  $Q_p$ ,  $Q_d$ ,  $\theta_p$ ,  $\theta_d$ ,  $M_p$  및  $M_d$ 의 6개의 變數에 의해 모델화되는데, 이때,  $Q_p + Q_d = Q_T$ 이기 때문에,  $Q_T$ 가 주어지면 變數는 5개로 減少된다. 本 計算에서는 광범한 運轉條件下에서 거의 一定值를 취할 수 있는 3개의 變數,

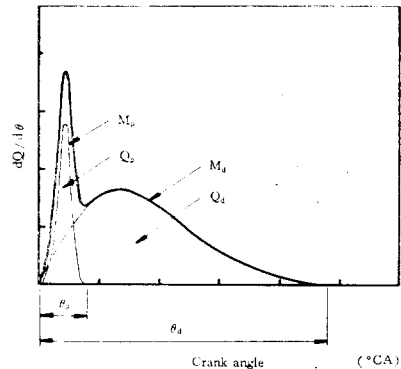


Fig. 1 Approximation model for the rate of heat release by Wiebe's function

즉  $M_p=3.0$ ,  $M_d=0.9$  및  $\theta_p=7.0$  으로 가정하여<sup>(2)</sup>, 豫混合燃燒率  $\alpha=Q_p/Q_r$  와  $\theta_d$  에 대하여 주로 考察하기로 하였다. 역시 대개의 경우에 壓縮比  $\epsilon=20.6$ , 回轉數  $n=2000$  rpm, 總發熱量  $Q_r=50$  MJ/Kmol 一定으로 하여, 크랭크角의  $0.1^\circ$ CA 마다 計算했다. 機關諸元으로서 Bore×Stroke=102×106 mm, Stroke Volume=860cc 의 豫燃燒室式 4 사이클 水冷單氣筒 디젤機關을 想定했다.

3. 解析結果 및 考察

3.1. 豫混合燃燒率  $\alpha$  의 影響

Fig. 2는 燃燒期間  $\theta_d=70^\circ$ CA 및 着火時期  $\theta_{i\epsilon}=-10^\circ$ CA 一定으로 하여,  $\alpha$  를 變數로 한 경우의 실린더 내의 壓力經過  $P(\theta)$  및 熱發生速度曲線을 表示한 것이다.

또 Fig. 3에는  $\theta_d=60^\circ$ CA 로 한 경우의 着火時期에 대한 機關諸性能值와의 關係에 대하여  $\alpha$  를 變數로 하여 表示하였다. 그림에 있어서 圖示熱效率  $\eta_i$  의 最大值는  $\alpha$  에 의해서는 근소한 變化가 보이나  $\eta_i$  가 最大로 되는 着火時期는  $\alpha$  의 增大에 의하여 지연되는 경향이 보여진다. 이것은  $\alpha$  의 增大에 의해 熱發生速度曲線에 의한 面積의 重心點이 前方으로 移動하기 때문이다. 또 燃燒最高의 壓力上昇速度 $(dP/d\theta)_{max}$ 는  $\alpha$  의 增大에 의해 또 着火時期의 前進에 의해 着火時期  $\theta_{i\epsilon}=-10^\circ$ CA 부근에서는 대폭적으로 上昇하는데, 더욱 着火時期를 前進시키면, 반대로 減少하는 경향을 나타

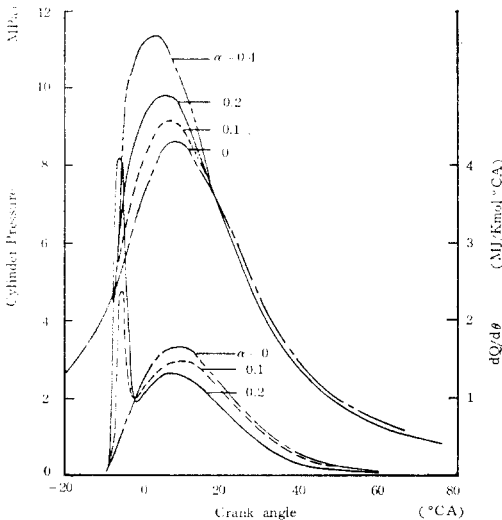


Fig. 2 Influence of  $\alpha$  on  $P(\theta)$  and  $dQ/d\theta$  ( $\theta_d=70^\circ$ CA)

낸다. 이것은 着火時期가 前進됨에 의하여 실린더내의 體積  $V$  가 크게 되기 때문이다.

定積度, 즉 壓縮比가 一定한 경우 임의의 燃燒狀態에서의 熱效率과 定積燃焼를 행한 경우의 理論熱效率과의 比率  $\eta_{g,th}$ , 역시  $\alpha$  의 增大에 따라 增加하고, 定着度가 最大로 되는 着火時期는  $\alpha$  의 減縮에 따라 前進하는 경향이 있다. 이는 熱發生速度曲線에 의한 面積의 中心點이  $\alpha$  의 減縮에 따라 後方으로 移動하기 때문이다.

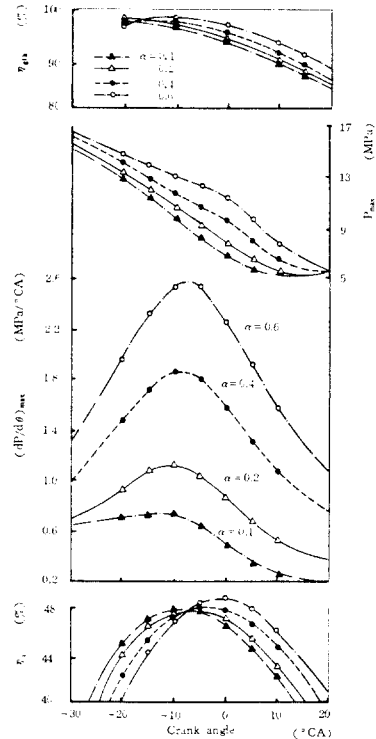


Fig. 3 Relation between  $\alpha$  and engine performance ( $\theta_d=60^\circ$ CA)

3.2. 擴散燃燒期間  $\theta_d$  의 影響

Fig. 4는 豫混合燃燒率  $\alpha$  와 着火時期  $\theta_{i\epsilon}$  를 一定하게 하여  $\theta_d$  를 變數로 한 경우의 실린더내의 壓力經過 및 熱發生速度 등의 變化를 나타낸 것이다.

Fig. 5는 Fig. 4와 같은 條件으로 着火時期에 대한 機關諸性能值 즉  $\eta_{g,th}$ ,  $P_{max}$ ,  $(dP/d\theta)_{max}$  및  $\eta_i$  를 나타낼 것이다. 豫상한 바와 같이 燃燒期間  $\theta_d$  는 熱發生速度曲線의 形態에는 큰 影響을 미치지 않지만, 機關의 出力性能 특히 圖示熱效率에 대하여 큰 影響을 미

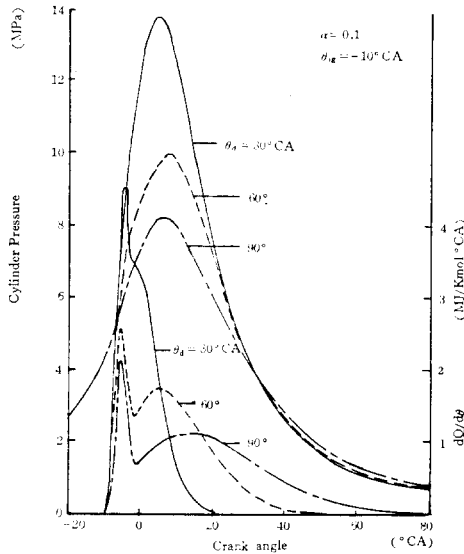


Fig. 4 Influence of  $\theta_d$  on  $P(\theta)$  and  $dQ/d\theta$

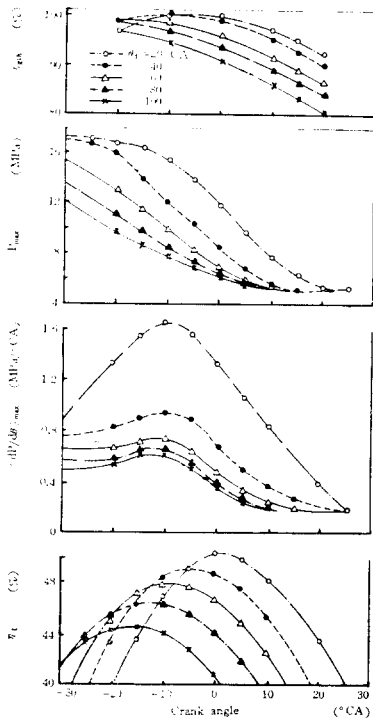


Fig. 5 Relation between  $\theta_d$  and engine performance ( $\alpha=0.1$ )

치는 特性值임을 알 수 있다. 그림에서 보는 바와 같이  $\theta_d$ 의 短縮에 의해  $\eta_i$ 는 대폭적으로 改善된다. 그러나  $\theta_d$ 를 極度로 短縮하여,  $60^\circ\text{CA}$ 以下로 되면 最大의

熱發生速度( $dQ/d\theta$ )<sub>max</sub>가 대폭적으로 增加하고, 그에 따라  $P_{\text{max}}$ 와  $(dP/d\theta)_{\text{max}}$ 도 대폭적으로 上昇하게 된다. 예컨대  $\theta_d=60^\circ\text{CA}$ 와  $20^\circ\text{CA}$ 의 2개의 경우를 比較하면 후자는 전자에 비해  $(\eta_i)_{\text{max}}$ 가 2.5% 改善되는데,  $P_{\text{max}}$ 는 28.2%,  $(dP/d\theta)_{\text{max}}$ 는 66.7%程度 增加하여 燃燒는 急激하여 진다.

定積度  $\eta_{e1h}$ 는  $\theta_d$ 의 短縮에 의해 增加하고 定積度가 最大로 되는 着火時期는  $\theta_d$ 의 增大에 따라 前進하는 경향이 있다.

3.3. 擴散燃燒特性值  $M_d$ 의 影響

Fig. 6은  $\alpha=0.1$ ,  $\theta_d=60^\circ\text{CA}$ 一定으로 하여, 熱效率 最大일 때의 着火時期에 對한 擴散燃燒特性值  $M_d$ 와 熱效率과의 關係를 나타낸 것이다.  $M_d$ 는 식 (5)에서 定義된 것으로서  $M_d=0.1\sim 0.2$ 附近에서 熱效率이 最大值를 나타내고,  $M_d$ 의 增加에 따라 점차 減少하는 傾向이 있다.

한편 Fig. 7은  $\alpha=0.1$ ,  $\theta_d=60^\circ\text{CA}$ 一定인 경우의  $M_d$ 와 熱發生速度와의 關係를 나타낸 것이다.

또 Fig. 8은  $\alpha=0.1$ ,  $\theta_d=60^\circ\text{CA}$ 一定으로 하여, 熱

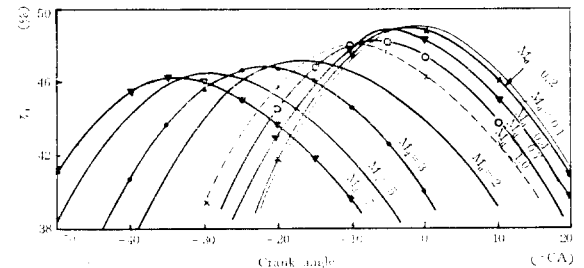


Fig. 6 Relation of  $\theta_{ie}$  and  $\eta_i$  for combustion property  $M_d$  [ $\theta_d=60^\circ\text{CA}$ ,  $\alpha=0.1$ ,  $\theta_{ie}$  of  $(\eta_i)_{\text{max}}$ ]

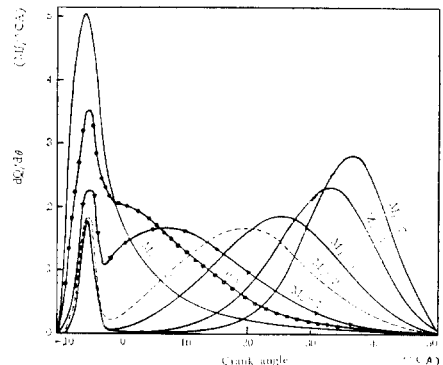


Fig. 7 Relation of  $\theta_{ie}$  and  $dQ/d\theta$  for combustion property  $M_d$  ( $\theta_d=60^\circ\text{CA}$ ,  $\alpha=0.1$ ,  $\theta_{ie}=-10^\circ\text{CA}$ )

效率最大일 때의 크랭크角에 있어서  $M_d$ 에 對한 機關性能値를 나타낸 것이다. 이 경우에는  $M_d$ 의 減縮에 따라 熱效率는 上昇하나 最大壓力 및 最大의 壓力上昇速度가 增加하는 傾向이 있다.

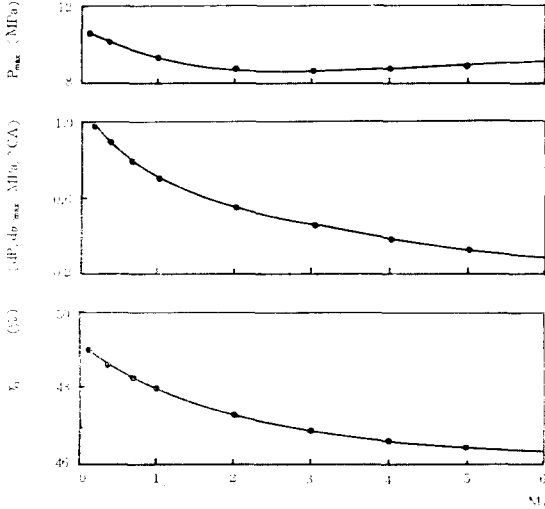


Fig. 8 Influence of  $M_d$  on thermal efficiency  $(dP/d\theta)_{max}$  and  $P_{max}$  ( $\alpha=0.1, \theta_d=60^\circ CA, \theta_{i_e}$  of  $(\eta_i)_{max}$ )

3.4. 負荷  $Q_T$ 의 影響

Fig. 9 및 10에는 各各 負荷를 變數로 하여  $\alpha=0.1, \theta_d=70^\circ CA, \theta_{i_e}=-10^\circ CA$ 의 條件下에서 구한 指壓線圖와 熱發生速度曲線 그리고 負化變化에 對한 機關諸性能値를 나타낸 것이다. 그림으로 부터 알 수 있듯이  $P_{max}$  및  $(dP/d\theta)_{max}$ 는 負荷  $Q_T$ 에 의해 直線的으로 增加하는데,  $\eta_i$ 는  $Q_T=40\sim 50 MJ/Kmol$ 附近에서 最大値를 취한다. 또  $Q_T$ 가  $20 MJ/Kmol$ 以下로 되면  $\eta_i$ 는 더욱적으로 減少한다.

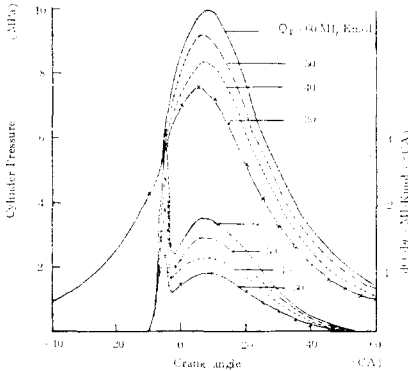


Fig. 9 Influence of  $Q_T$  on  $P(\theta)$  and  $dQ/d\theta$  ( $\alpha=0.1, \theta_d=60^\circ CA$ )

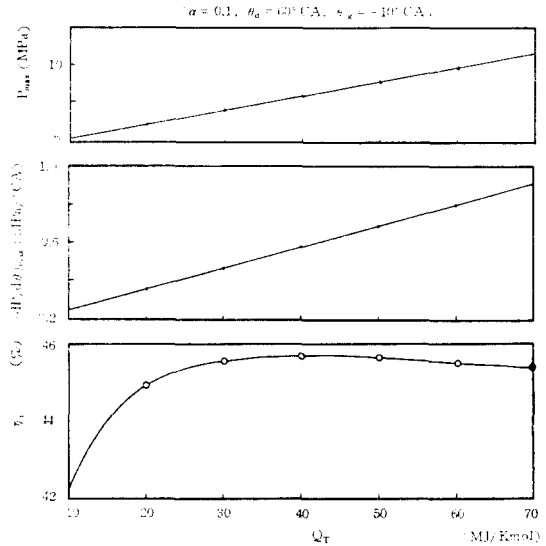


Fig. 10 Relation  $Q_T$  and engine performance

3.5. 壓縮比  $\epsilon$ 의 影響

Fig. 11은  $\alpha=0.1, \theta_d=70^\circ CA, \theta_{i_e}=-10^\circ CA$ 一定의 條件下에서 壓縮比  $\epsilon$ 을 12, 15, 18 그리고 20.6으로 바꿀 때의 실린더내의 壓力經過  $P(\theta)$ 와 熱發生速度  $dQ/d\theta$ 를 나타낸 것이다. 이 경우 壓縮比  $\epsilon$ 이 變化해도 實線으로 나타낸 熱發生速度曲線은 一定하다.

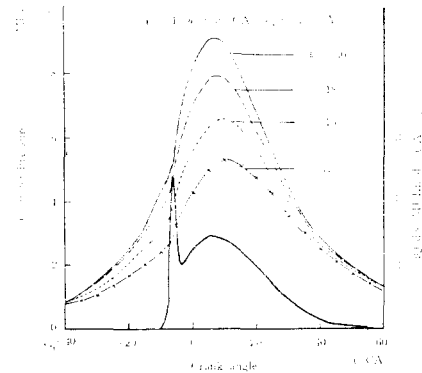


Fig. 11 Influence of compression ratio on  $P(\theta)$  and  $dQ/d\theta$

또 Fig. 12는  $\epsilon$ 을 變數로 하여 着火時期에 대한 機關諸性能値를 表示한 것이다.  $\eta_i$ 는  $\epsilon$ 의 增加에 따라 向上하는데, 어느 壓縮比에 있어서도  $\theta_{i_e}=-10^\circ CA$ 附近에서 그 最大値가 얻어지고 있다.

한편  $P_{max}$  및  $(dP/d\theta)_{max}$ 에 대해서도  $\epsilon$ 과 함께 增

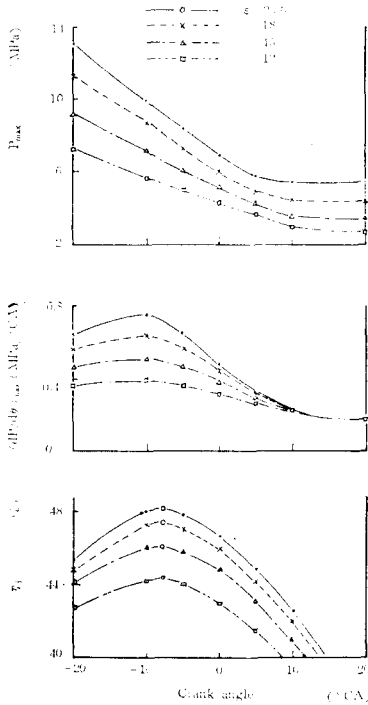


Fig. 12 Relation between compression ratio and engine performance

가하는데, 특히  $(dP/d\theta)_{max}$  는  $(\eta_i)_{max}$  附近에서 最大가 됨을 알 수 있다. 着火時期 즉  $\theta_{i_s} = -10^\circ CA$  附近에서 Fig. 3 과 마찬가지로 最大値를 表示하는 것을 알 수 있다.

3.6. 豫混合燃燒率  $\alpha$  및 燃燒期間  $\theta_d$  와 機關諸性能値와의 相互關係

Fig. 13 은  $\alpha$  및  $\theta_d$  와  $(\eta_i)_{max}$  와의 相互關係를 表示한 것이다. 그림에서 밝혀지는 바와 같이,  $\theta_d$  의 減少 또는  $\alpha$  의 增大에 의하여  $(\eta_i)_{max}$  는 增加하는데, 특히  $\theta_d$  가 큰 경우에 있어서  $\alpha = 0.2$  附近에서  $(\eta_i)_{max}$  는 最少値를 表示하는 傾向이 보여 진다. 이것은  $\alpha$  의 減少에 따른  $\theta_d$  의 增加에 있어서 冷却損失의 減少外에 定積度가 增加했기 때문에 생긴 現象이다. 또  $\alpha = 0.1$  附近에서 보면,  $\theta_d$  를  $100^\circ CA$  로 부터  $60^\circ CA$  까지  $40^\circ CA$  短縮됨으로서  $\eta_i$  는 4% 程度의 增加가 보여 지는데,  $60^\circ CA$  로 부터  $20^\circ CA$  까지 短縮시켜도 2% 程度의 增加밖에 얻어지지 않는다. 한편  $\alpha$  에 關係서는  $\theta_d$  가 클 때에는  $\alpha$  의 增大에 의해  $(\eta_i)_{max}$  가 크게 增加하는데,  $\theta_d$  가 적을 때는 약간의 增加가 보일 뿐이다. 예컨대  $\theta_d = 60^\circ CA$  의 경우에  $\alpha$  를 0.0 으로부터 0.6 까지 變化시

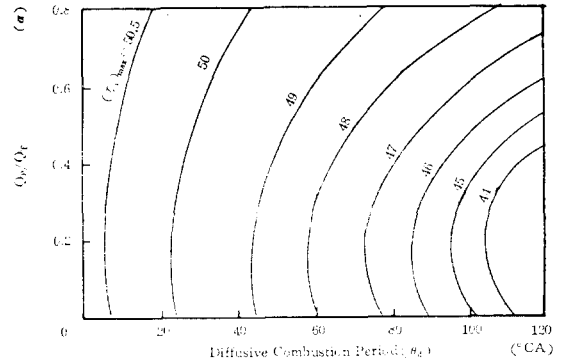


Fig. 13 Relation between  $\alpha, \theta_d$  and thermal efficiency

켜도, 이에 의해 얻어지는 效率의 增加는 1% 程度이다. 이들은 어느 경우에도  $\theta_d$  의 短縮 또는  $\alpha$  의 增大에 의한 定積度의 增加의 程度가 減少함과 同時に 冷却損失增加의 比率이 크게 되기 때문이라고 생각한다.

Fig. 14 는  $\eta_i = 44\%$  一定의 경우에 있어서  $\alpha$  와  $\theta_d$  와  $P_{max}$  및  $(dP/d\theta)_{max}$  와의 關係를 表示한 것이다. 즉  $\alpha$  가 크게 될수록  $P_{max}$  와  $(dP/d\theta)_{max}$  가 共히 增加하는 外에  $\alpha$  를 一定으로 하면  $P_{max}$  와  $(dP/d\theta)_{max}$

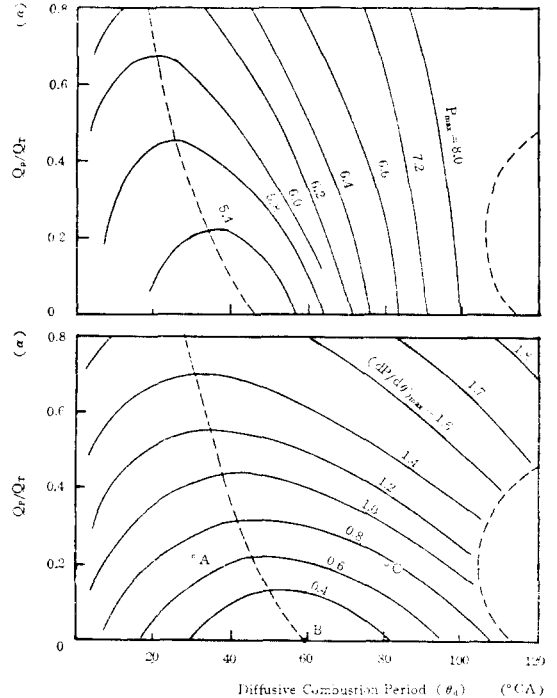


Fig. 14 Relation between  $\alpha, \theta_d$  and thermal efficiency under the constant of thermal efficiency ( $\eta_i = 44\%$ )

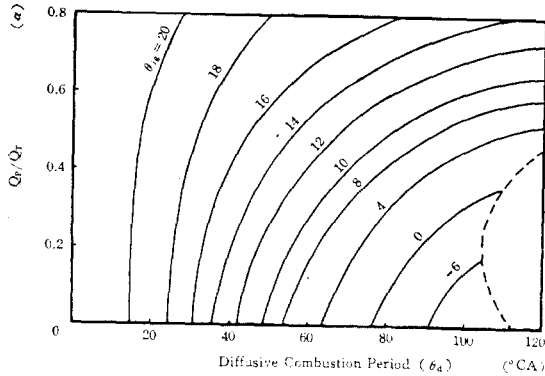


Fig. 15 Relation between  $\alpha$ ,  $\theta_d$  and ignition timing under the constant of thermal efficiency ( $\eta_i=44\%$ )

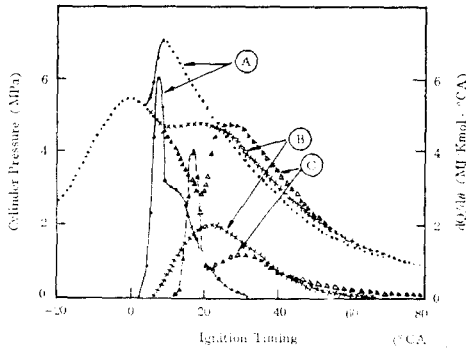


Fig. 16 Optimum rate of combustion in terms of  $(dP/d\theta)_{max}$  under the Constant thermal efficiency ( $\eta_i=44\%$ )

가 最少로 되는  $\theta_d$ 가 存在하는 것을 알 수 있다. 즉, 그림중의 點線은  $P_{max}$ 와  $(dP/d\theta)_{max}$ 를 最少로 억제하기 위한  $\theta_d$ 를 表示한 것이다. 한편 Fig. 15는  $\eta_i=44\%$ 에 있어서의  $\alpha$  및  $\theta_d$ 와  $\theta_{ia}$ 와의 關係를 表示한 것인데, 그림으로부터  $\alpha$ 의 增加 또는  $\theta_d$ 의 短縮에 따라서  $\theta_{ia}$ 가 遲延되는 것이 分明하다.

역시 Fig. 16은 Fig. 14에 있어서의  $(dP/d\theta)_{max}$ 의 最少値를 나타낸 點 B의 경우 즉  $\alpha=0.0$ ,  $\theta_d=60^\circ CA$ 의 熱發生速度를 다른 再形的인 A點과 C點의 熱發生速度와 比較한 線圖이다. 그림으로부터  $\alpha=0.0$ ,  $\theta_d=60^\circ CA$ 에 있어서는 매우 圓滑한 指壓線圖가 얻어지고 있는 것을 알 수 있다.

#### 4. 結 論

Wiebe의 燃燒函數에 의하여 豫燃燒室式 디젤機關의 燃燒室內의 燃燒狀態를 豫混合燃燒部分과 擴散燃燒部分으로 나누어 燃燒室內의 壓力變化의 豫測이 可能

하고 디젤機關의 機關性能에 미치는 여러가지 物理的 變數의 影響에 關하여 數值實驗이 可能한 汎用프로그램을 개발하여 解析한 主要結果는 다음과 같다.

(1) 豫混合燃燒率의 增大 또는 燃燒期間의 短縮에 의해 圖示熱效率는 改善되고, 最大壓力 및 最大의 壓力上昇速度는 대폭적으로 上昇한다. 역시 兩者가 熱效率의 改善에 미치는 效果는 燃燒期間이 短縮될수록 減少한다.

(2) 一定條件下에서의 負荷의 增加에 따라 最大壓力 및 最大의 壓力上昇速度는 거의 直線적으로 上昇한다.

(3) 壓縮比의 增大에 의해 圖示熱效率, 最大壓力 및 最大의 壓力上昇速度는 거의 같은 比率로 上昇한다.

(4) 熱效率一定으로 最大의 壓力上昇速度를 減少시키는 데는  $\alpha$ 의 減少가 効率的이다. 한편  $\theta_d$ 에는 最適의 값이 存在한다.

本 計算에 있어서는 北海道大學의 大型計算機센터를 利用했다.

#### 參 考 文 獻

- (1) 村山 正 等, 低壓縮比ディーゼル機關に関する研究(第3報), 日本機械學會論文集, 第38卷 第308號, pp.865~875, 1972
- (2) 宮本 登 等, ディーゼル機關の定常および加速運轉時におけるアルニールブレンド燃料での性能と燃燒特性, 日本內燃機關講演論文集, pp.265~270, 1984
- (3) 谷下, 工業熱力學應用編, p.45, 裳華房, 1976
- (4) G. Woschni, Reitrage Zum Problem des Wärmeüberganges im Verbrennungsmotor, MTZ, 26-4, p.128, 1964
- (5) A. Austen & W.T. Lyn, Relation between Fuel Injection and Heat Release in a D-I-Engine and the Nature of the Combustion Process, PIME, No. 1, 1960
- (6) Tanasawa, On the Combustion Rate of a Group of Fuel Particles, Tech Rep. Tohoku Univ., p.61 1953
- (7) 金岡, CFR 機關による有効熱發生率について, 內燃機關, Vol. 10-9.
- (8) 立石又二外, 筒內熱發生率の近似法について, 日本機械學會九州支部講演論文集, No. 708-2, p.9 1975
- (9) 松岡, ディーゼル機關の熱發生率に對する研究, 日本機械學會講演論文集, No. 710-5, p.145, 1971