

소형 4행정 사이클 디젤 기관의  
성능곡선 작성에 관한 연구

A Study on the Calculation of Performances  
of the Small 4-stroke Cycle Diesel Engine

지도교수  全孝重

김우근 · 심영복 · 정영석

## 目 次

1. 性能曲線之 意義
2. 性能曲線之 構成
3. 性能曲線之 作成方法
4. 性能曲線之 作成實例
  - 4.1 供試機因之 要目及 性能實驗裝置
    - (1) 供試機因之 要目
    - (2) 性能實驗 裝置
    - (3) 實驗方法
  - 4.2 計算項目及 計算方法
  - 4.3 性能曲線之 實例
    - (1) 計算資料及 計算結果
    - (2) 性能曲線
5. 結論
6. 參考文獻

### Abstract

When the engine maker manufactures the engine, he practises the engine performances by the results of trial operation.

With these data of trial operation, the performance diagram is drawn up.

This performance diagram is supplied to engine operators in order to keep the engine in the reasonable and effective condition. In the performance diagram, the output, the fuel consumption, the thermal efficiency and the mean effective pressure etc. are assigned to the ordinate and the engine RPM or the engine load is assigned to the abscissa.

In this study, the measuring and calculating methods to obtain the required data for drawing-up the engine performance curve, are presented and these methods are applied to a 4-stroke cycle diesel engine.

By drawing-up a performance curve with data obtained, the availability and reliability of the presented methods are confirmed.

記号表

$G_s$	吸入空氣量	kg/s
$\alpha$	丸形 노즐 流量係數 $\cong 0.822$	
$\varepsilon$	空氣 팽창 보정계수	
$K$	空氣 比熱 比 $\cong 1.4$	
$g$	重力 加速度 9.8	m/s <sup>2</sup>
$P_1$	丸形 노즐 上流側 絶對 壓力 (大氣壓 과 동일)	kg/m <sup>2</sup> (mmHg)
$P_1 - P_2$	丸形 노즐 上流側, 下流側의 壓力差	kg/m <sup>2</sup> (mmHg)
$\rho_w$	溫度 0°C, 大氣壓 760 mmHg 에 건조 공기 比重량 1.273	kg/m <sup>3</sup>
$\rho_a$	室溫 5°C, 大氣壓 Pa mmHg, 습도 $\varphi$ 인 습공기의 比重량	kg/m <sup>3</sup>
$P_a$	各 試馬 驗 에 있어서 平均 測定 大氣壓	mmHg
$P_s$	各 試馬 驗 에 있어서 大氣 平均 度 화 증기 양	mmHg
$\rho_w$	各 試馬 驗 에 있어서 수증기 의 平均 비 중량	kg/m <sup>3</sup>
$\varphi$	各 試馬 驗 에 있어서 相對 濕度 (상대 습도 100% 일때 $\varphi = 1.0$ )	
$\theta$	各 試馬 驗 에 있어서 平均 室溫	
$R_d$	레이놀즈 數	
$d$	노즐 口 徑	m
$\nu$	動 粘 度 係 數	m <sup>2</sup> /s
$P_s$	吸入 空氣 壓力	kg/m <sup>2</sup> (mmHg)
$\eta_c$	充填 效率	
$\rho_0$	표준 상태 (大氣壓 760 mmHg, 溫度 20°C, 습도 65%) 에 在 的 的 濕 氣 比 重 量	kg/m <sup>3</sup>
$N$	回 轉 數	rpm

V	실린더 容積	$m^3, l$
a	사이클 數/分	
$\eta_v$	體積 效率	
R	空燃比 (混合比)	
F	燃料消費量	$l/h$
$\gamma$	測定溫度에서의 燃料比重量	$g/cc (g/k)$
$\lambda$	空氣過剩率	
$R_0$	理論混合比	
g	燃料消費率	$g/ps.h$
b	測定時間內的 燃料消費量	cc
t	燃料消費量 測定에 要한 時間	s
P	制動出力	P.S
$G_g$	排氣水 量	kg/s
$Q_g$	排氣損失 (熱量)	kcal/h
$C_p$	排氣水 等壓 比熱	kcal/kg $^{\circ}C$
$t_{g1}$	吸入空氣 溫度	$^{\circ}C$
$t_{g2}$	排氣水 溫度	$^{\circ}C$
$M_g$	排氣損失	%
$Q_w$	冷却損失 (熱量)	kcal/h
$G_w$	冷却水 流量	kg/h
$t_{w1}$	冷却水 入口 溫度	$^{\circ}C$
$t_{w2}$	冷却水 出口 溫度	$^{\circ}C$
$\eta_w$	冷却損失	%
L <sub>f</sub>	燃料馬力	PS
Q <sub>f</sub>	燃料全熱量	kcal/h
H	燃料低發熱量	가솔린 11000 경유 10500 kcal/kg
$\eta_e$	正味熱效率	%
L <sub>m</sub>	機械損失	P.S
Q <sub>m</sub>	機械損失 (熱量)	kcal/h
$\eta_m$	機械效率	%

T	制動 토크		Kg.m
L	動力計 아암의 길이		m
W	動力計 荷重		Kg
Wf	摩擦損失의 動力計 荷重		Kg
C	動力計의 係數		
h	표준상태 (大氣壓 760 mmHg 溫度 20°C, 습도 65%) 수정 계수		
P	표준상태의 制動 出力		P.S
T <sub>0</sub>	" 制動 토크		Kg.m
D	실린더 직경	8.5	Cm
S	피스톤 행정	9 (2200rpm)	Cm
n	실린더 수	1	
P <sub>e</sub>	制動平均有效壓力		Kg/cm <sup>2</sup>
P <sub>m</sub>	圖示平均有效壓力		Kg/cm <sup>2</sup>
L <sub>i</sub>	圖示馬力		P.S
η <sub>i</sub>	圖示熱效率		%
P <sub>f</sub>	摩擦損失		P.S
L <sub>io</sub>	표준상태의 圖示馬力		P.S
η <sub>f</sub>	摩擦損失		%

(4) 制動平均有效壓力

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D^2 \cdot S \cdot Z}{1000} \quad (l) \quad (3)$$

$$P_e = \frac{2\pi \cdot T \cdot a}{10 \cdot V} = 0.628 \frac{T \cdot a}{V} \quad (kg/cm^2) \quad (4)$$

여기서

V = 실린더 용적 (l)

D = 실린더 직경 (cm)

S = 피스톤 행정 (cm)

Z = 실린더 수

P<sub>e</sub> = 制動平均有效壓力 (kg/cm<sup>2</sup>)

T = 制動 토크

a = 사이클 수/2

(5) 機械效率

制動馬力과 圖示馬力의 比로서 다음과 같이 表示된다.

$$\eta_m = \frac{P_e}{P + P_f} \times 100 = \frac{P_e}{L_i} \times 100 \quad (5)$$

여기서

η<sub>m</sub> = 機械效率

P<sub>e</sub> = 制動馬力 (ps)

P<sub>f</sub> = 摩擦損失馬力 (ps)

L<sub>i</sub> = 圖示馬力 (ps)

圖示馬力과 正味馬力 (制動馬力) 과의 差는 機械의 摩擦, 또는 補助장치의 運轉에 消費되는 馬力이며 이것을 機械的 損失馬力, 또는 摩擦損失馬力이라 한다. 이들 損失馬力은 펌프손실 (吸, 排氣의 일), 摩擦損失 (피스톤 링, 피스톤, 크랭크, 베어링, 기타 各運動部의 摩擦에 의하여 잃는 일) 등이다.

(6) 熱效率

1 사이클中에 發生한 일, 즉 制動馬力을 공급 熱 에너지로 나눈 正味熱效率을 通常 말하며 계산식은 다음과 같다.

$$\eta_e = \frac{632 \times P}{Q_f} \times 100 \% \quad (6)$$

여기서

$\eta_e$  = 正味熱效率

P = 制動馬力 (ps)

$Q_f$  = 燃料의 全熱量 (kcal/h)

3. 性能曲線의 作成方法

(1) 機関의 試運轉 要領

機関을 始動하여 數分間 空轉시킨후 機関이 正常的인 상태가 되었을 때 試運轉을 行한다.

그리고 各 負荷, 또는 回轉數에 있어서의 상태가 一定하게 됨을 기다려 - 各 壓力, 各 溫度, 指壓圖, 制動馬力, 燃料消費量, 冷却水量, 吸入空氣量 등을 一定時間마다 기록하고, 制動馬力은 電氣動力計 또는, 水動力計를 機関을 直結하여 測定한다.

(2) 性能曲線圖 作成要領

試運轉 結果에서 얻은 계산항목들을 性能曲線圖로 表示하기 위하여 回轉數 또는 機関負荷率을 橫軸에 잡고, 縱軸에는 制動平均有效壓力, 制動馬力, 燃料消費率, 熱效率 등을 取하여 性能曲線을 作成한다. 各 性能曲線의



## 1. 性能曲線의 意義

機閥製作會社는 運轉者를 위하여 機閥의 性能을 表示함에 있어서 性能曲線을 利用한다.

機閥性能曲線에는 出力뿐만 아니라 各 圖示馬力이나 制動馬力에 대하여 機閥의 效率, 壓力, 燃料消費率, 排氣개스 溫度等 機閥의 性能과 關係하는 사항들이 表示된다.

機閥製作會社는 機閥을 製作한후 實施하는 機閥 試運轉時에 運轉성적을 기록하여 두었다가 實際 機閥運轉時의 性能値와 比較검토 함으로써 合理的인 機閥管理를 可能케 하는 것이다.

그리고 機閥 運轉者는 性能曲線圖에 의하여 그 機閥의 各 負荷 및 回轉數에서의 性能値를 파악하여 가장 經濟的이고 安全한 運轉을 行하여야 한다.

本論文은 以上에서 기술한 性能曲線圖을 作成하는데 必要한 性能値의 계산식을 구하고 실제의 4 사이클 디젤 機閥에 適用하여 그 機閥의 性能曲線圖을 作成하는 方法을 提示하는데 그 目的이 있다.

## 2. 性能曲線의 構成

디젤 機閥의 性能曲線은 制動馬力 또는 每分당 回轉數를 가로軸에 취하고 이들에 대한 燃料消費率, 制動平均有效壓力, 機械效率, 制動馬力등을 세로軸에 취하여 各點을 직결한 曲

線으로 連結함으로써 이루어진다. 機關性能曲線圖의 構成要素를 구하는 方法은 다음과 같다.

(1) 每分當 回轉數

機關의 使用可能 回轉數 범위에서 적당히 等分 하여 計測한다.

(2) 制動馬力

各 回轉數에 對應하는 負荷, 즉 制動馬力을 決定하는 方法은 通常 船舶에 있어서 排水量이 一定할때의 所要馬力은 速力의 3승에 比例, 즉  $(馬力) \propto (速力)^3$  이므로 制動馬力은 機關 回轉數의 3승에 比例한다고 볼 수 있다. 따라서 定格最大出力을 基準으로하여 各 回轉數, 또는 負荷率에 對應하는 制動馬力을 決定한다. 그리고 發電機 特性의 경우에는 速度를 一定히 유지하면서 負荷만을 變動시킨다.

(3) 燃料消費率

機關의 經濟性을 比較하는 수치이며, 通常 正味燃料消費率로서 나타내고 계산식은 다음과 같다.

$$F = \frac{3600 \times b}{1000 \times t} \tag{1}$$

$$g = \frac{1000 \times F \cdot r}{P} \tag{2}$$

여기서

F = 燃料消費率 (l/h)

b = 測定時間內的 燃料消費量 (cm<sup>3</sup>)

t = 測定에 要한 時間 (sec)

g = 正味燃料消費率 (g/ps.h)

P = 制動馬力 (ps)

r = 燃料의 比重量 (g/cm<sup>3</sup>)

형상은 각각 정하여진 모양을 갖는 것이므로 이점에 유의하면서 그려야 한다. 만약 그 곡線보다 너무 떨어진 점이 있을 경우에는 計測誤差나 눈금을 잘못 읽은 것에 기인한 것이므로 버리는 것이 좋다. 또한 자리를 달리하는 점이 많을 때에는 대략 그점들의 중앙을 지나도록 그려서 曲線이 자연스럽게 되도록 하여야 한다.

4. 性能曲線의 作成实例

4.1 供試機関의 要目과 性能實驗裝置

(1) 供試機関의 要目

供試機関의 要目は Table. 1 과 같다.

Table. 1 供試機関의 要目

項目	機関
機関型式	Yanmar NS 90(C)
사이클	4-行程
冷却系統	水冷
실린더數	1
실린더內徑×行程	85×90
실린더容積 (cm <sup>3</sup> )	0.570×10 <sup>3</sup>
壓縮比	21.0
最大出力	9
定格出力	8/2200
最大速度 (rpm)	2200
最大토크	2.93/9 kg·m
最小燃料消費率 (g/kwh)	200
平均有効壓力 (bar)	7.076
燃焼室	매변연식
밸브 타이밍 (deg)	열림 단림
	흡기 배기
점로 분사각 (deg)	18° BTDC
작와 순서	1

## ② 性能 實驗 裝置

實驗裝置에는 YANMAR NS 90(CC) 機床이 設置된  
內燃機床 綜合 性能 試驗 裝置 (東京 理  
株式會社 製)를 利用 하였으며 Fig. 1 은 이  
裝置를 보여주고 있다.

Fig. 2 는 實驗裝置의 各種 機器 配置  
連結圖를 보여주고 있다.

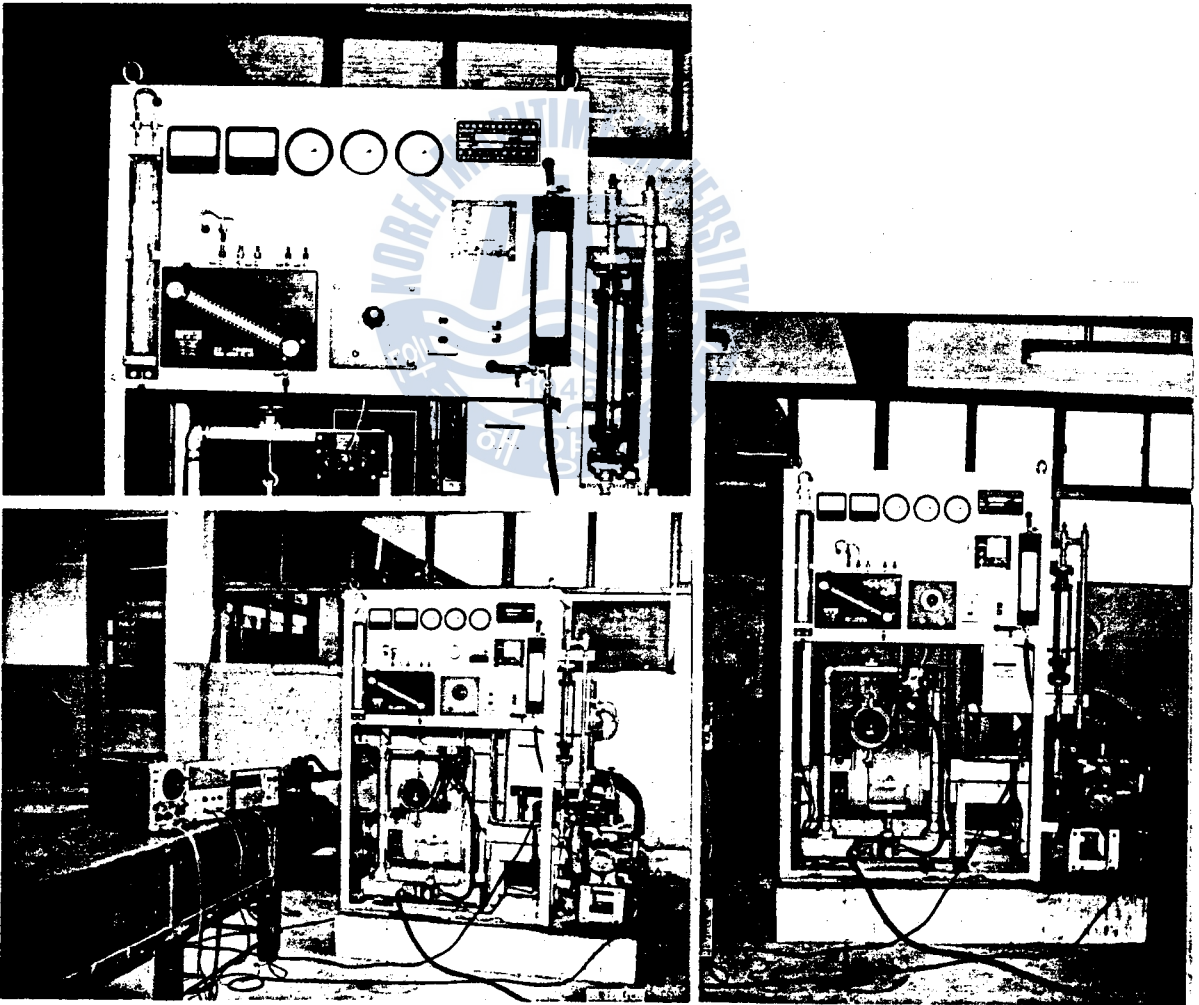


Fig. 1 General Arrangement of Experimental Apparatus.

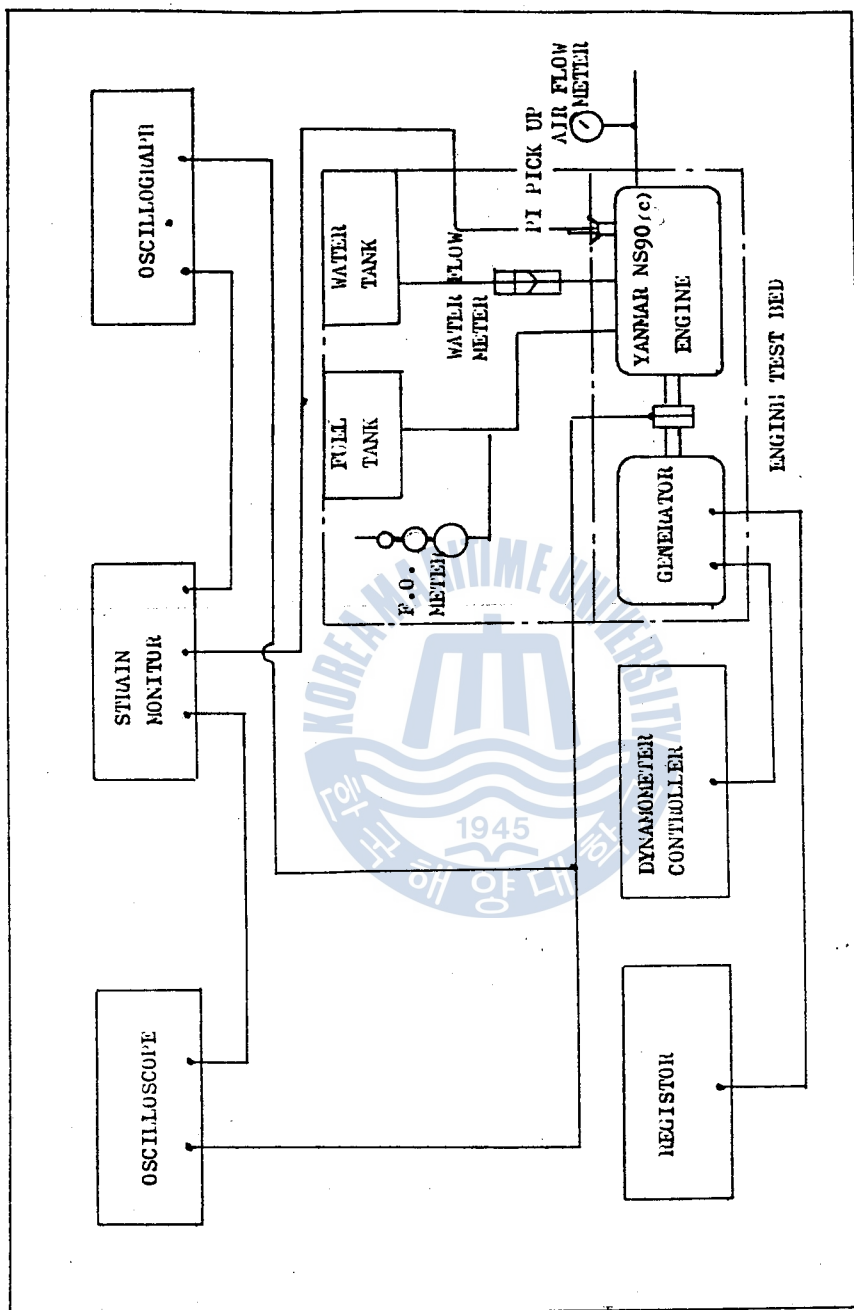


Fig. 2 Schematic diagram of experimental apparatus

(3) 實驗方法

實驗은 機筒의 回轉數를 一定하게 維持 하면서 負荷를 變化시키는 發電機 特性의 運轉과 回轉數를 負荷의 3 乘根에 따라 變化시키는 추진기 법칙에 의한 運轉을 각각 行하였으며 運轉條件은 Table 2 와 Table 3 과 같다.

Table 2 운전 조건 (발전기 특성)

No	회전수 (RPM)	중 력 (PS)	동력계 하중 (kg)
1	2000	0	0
2	2000	1	1.4327
3	2000	2	2.8650
4	2000	3	4.2980
5	2000	4	5.7307
6	2000	5	7.1633
7	2000	6	8.5960
8	2000	7	10.0287
9	2000	8	11.4613

Table 3 운전 조건 (추진기 법칙)

No	회전수 (RPM)	중 력 (PS)	동력계 하중 (kg)
10	1200	1.4606	3.4887
11	1300	1.8570	4.0942
12	1400	2.3190	4.7483
13	1500	2.8526	5.4508
14	1600	3.4621	6.2020
15	1900	5.7974	8.7457
16	2000	6.7618	9.6905
17	2100	7.8277	10.6838
18	2200	9	11.7255

4.2 計算項目과 計算方法

各 性能計算項目과 計算方法은 다음과 같다.

(1) 吸入空氣量( $G_s$ )는 다음 式으로 計算되며 여기서  $P_1, P_2$ 는 丸形 노즐에 의해서 測定한다.

$$G_s = \alpha \cdot \epsilon \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \sqrt{2g \cdot \gamma_a \cdot (P_1 - P_2)} \quad \text{kg/s} \quad (7)$$

$$\gamma_a = \gamma_N \cdot \frac{P_a - \phi P_s}{760} \cdot \frac{273}{273 + \theta} + \phi \delta_w \quad \text{kg/m}^3 \quad (8)$$

여기서  $\alpha \approx 0.822$ ,  $\gamma_N = 1.293 \text{ kg/m}^3$ .

$\epsilon$ 은 Table. 4 로부터 구할 수 있다.

Table. 4  $\gamma - \epsilon$  표

$\gamma$	0	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
$\epsilon$	1.000	0.969	0.938	0.906	0.873	0.840	0.805	0.769	0.732	0.693	0.653

표에서  $\gamma = \frac{P_1 - P_2}{P_1}$  이고  $\epsilon$ 은  $\gamma$ 에 관한 함수이다.

(단  $Rd = \frac{w \cdot d}{\nu} > 7400$ )

그리고 공기의 동점성 계수 ( $\nu$ )와 수증기의 평균 비중량 ( $\delta_w$ )은 Table. 5 에 의해 구한다.

Table. 5  $\theta - \nu$ ,  $\theta - \delta_w$  표

$\theta$	0	10	20	30	40
$\nu \times 10^5 \text{ m}^2/\text{s}$	1.33	1.42	1.51	1.60	1.70
$\delta_w \text{ kg/m}^3$	0.0048	0.0094	0.0173	0.0304	0.0512

(2) 充填效率 ( $\eta_c$ )

$$\eta_c = \frac{G_s \cdot a}{\delta_w \cdot N \cdot V} \times 60 \quad (9)$$

여기서 표준상태, 즉 대기압 760 mmHg, 온도 20°C, 습도 65% 일때 습공기 비중량 ( $\delta_w$ )은 1.20 kg/m<sup>3</sup> 이다.

(3) 體積效率 ( $\eta_v$ )

$$\eta_v = \frac{G_s \cdot a}{\delta_a \cdot N \cdot V} \times 60 \quad (10)$$

(4) 空燃比 또는 混合比 (R)

$$R = \frac{G_s}{F \cdot x} \times 3600 \quad (11)$$

(5) 空氣過剩率 (λ)

$$\lambda = \frac{R}{R_0} \quad (12)$$

여기서 燃料성분의 탄화수소물이 공기(산소 함유량: 23.2 중량%)와 완전 연소한다고 가정하면 이론 혼합비  $R_0$ 는

$$R_0 = 4.31 \times \frac{32x + 8y}{12x + y} \quad (13)$$

(6) 燃料消費量 (F) 와 燃料消費率 (g)

$$F = \frac{b}{t} \times \frac{3600}{1000} \quad \text{l/h} \quad (14)$$

$$g = \frac{F}{P} \cdot \gamma \times 1000 \quad \text{g/ps.h} \quad (15)$$

(7) 排氣가스量 ( $G_g$ )

$$G_g = G_s + \frac{F \cdot \gamma}{3600} \quad \text{kg/s} \quad (16)$$

(8) 排氣損失 ( $Q_g$ )

$$Q_g = G_g \cdot C_{pg} \cdot (t_{g2} - t_{g1}) \times 3600 \quad \text{kcal/h} \quad (17)$$

여기서 等壓比熱 ( $C_{pg}$ )는 Fig. 3 으로부터 구한다.

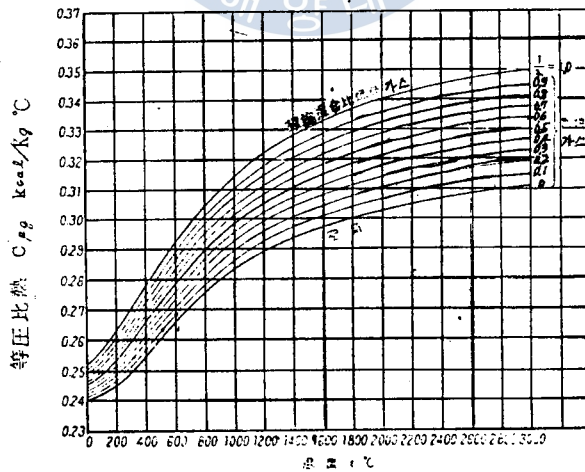


Fig. 3 연소가스의 등압비열

$$\eta_g = \frac{Q_g}{Q_f} \times 100 \quad \% \quad (18)$$



(9) 冷却損失 ( $Q_w$ )

$$Q_w = G_w \cdot C_{pw} (t_{wa} - t_{wi}) \quad \text{kcal/h} \quad (19)$$

여기서  $C_{pw}$ 는 물의 비열이므로 1이다.

$$\eta_w = \frac{Q_w}{Q_f} \times 100 \quad \% \quad (20)$$

(10) 正味熱效率 ( $\eta_c$ )

$$\eta_c = \frac{632 \cdot P_o}{Q_f} \times 100 \quad \% \quad (21)$$

여기서  $Q_f = H.F. \cdot \gamma \quad \text{kcal/h} \quad (22)$

(11) 摩擦損失 ( $P_f$ )

$$P_f = \frac{2\pi W_f L N}{60 \times 75} = 0.001396 W_f L N \quad \text{PS} \quad (23)$$

단 이 경우에 있어서  $W_f$ 는 전기 동력계에 접속한 전동기를 사용하는 방법으로 이 경우는 대기상태의 영향을 무시한다

$$\eta_f = 100 - (\eta_c + \eta_g + \eta_w) \% \quad (24)$$

(12) 制動出力 ( $P$ ) 및 制動토크 ( $T$ )

$$T = W \cdot L \quad \text{kg} \cdot \text{m} \quad (25)$$

$$P = \frac{2\pi W L N}{60 \times 75} = 0.001396 W L N \quad \text{PS} \quad (26)$$

$$T_o = k \cdot T \quad (27)$$

$$P_o = k \cdot P \quad (28)$$

여기서  $k$ 는 표준상태, 즉 대기압 760 mmHg, 온도 20°C 습도 65%에서의 수정계수.

$$k = \frac{743}{P_a - P_w} \sqrt{\frac{273 + \theta}{293}} \quad (29)$$

(13) 制動平均有效力壓力

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D^2 \cdot S \cdot n}{1000} \quad \text{l} \quad (30)$$

$$P_e = \frac{2\pi \cdot T_o \cdot a}{10 V} = 0.622 \frac{T_o \cdot a}{V} \quad \text{kg/cm}^2 \quad (31)$$

(14) 機械效率 ( $\eta_m$ )

$$\eta_m = \frac{P_2}{P_2 + P_f} \times 100 \quad \% \quad (32)$$

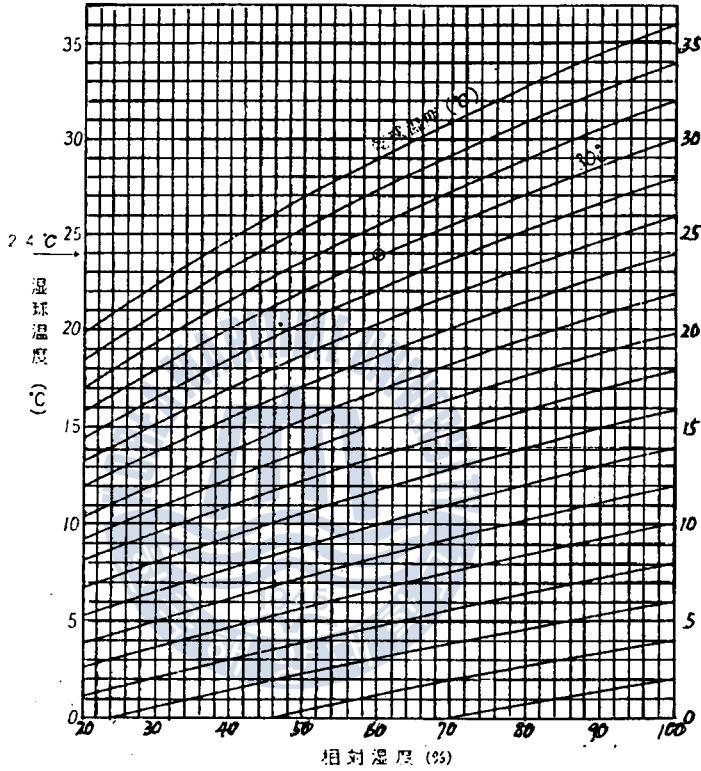


Fig 4. 상대습도표

### 4.3 性能曲線의 实例

1) 계산자료와 계산결과

(가) 흡입공기량 ( $G_s$ )

식 (8)로부터

$$\rho_a = \rho_N \frac{P_a - \phi P_s}{760} \cdot \frac{273}{273 + \theta} + \phi \rho_w \quad \text{kg/m}^3$$

여기서  $\rho_N = 1.293 \text{ kg/m}^3$ ,  $P_a = 760 \text{ mmHg}$

$\phi = 85\%$  (Fig 4로부터)

$P_s = 28.35 \text{ mmHg}$

$\rho_w = 0.027 \text{ kg/m}^3$

$\theta = 28^\circ \text{C}$

그러므로

$$\begin{aligned} \gamma_a &= 1.293 \times \frac{760 - 0.85 \times 28.35}{760} \times \frac{273}{273 + 28} + 0.85 \times 0.027 \\ &= 1.1585 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

또 식 (17)로부터

$$G_s = \alpha \cdot \epsilon \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \sqrt{2g \cdot \gamma_a (P_1 - P_2)} \quad \text{kg/s}$$

여기서  $\alpha = 0.822$ ,  $d = 0.024 \text{ m}$

$g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ,  $\gamma_a = 1.1585 \text{ kg/m}^3$

대입하면

$$\begin{aligned} G_s &= 0.822 \times \epsilon \times \frac{\pi}{4} \times 0.024^2 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 1.1585} \times \sqrt{P_1 - P_2} \\ &= 1.771975 \times 10^{-3} \times \epsilon \times \sqrt{P_1 - P_2} \quad \text{kg/s} \end{aligned}$$

첫 식에서 구한  $G_s$ 가 타당한 값이 되기 위해서는  $Re > 7400$  조건이 성립하여야 한다.

$$Re = \frac{w \text{ (m/s)} \cdot d \text{ (m)}}{\nu \text{ (m}^2\text{/s)}}$$

여기서  $w = \frac{G_s \text{ (kg/s)}}{\gamma_a \text{ (kg/m}^3)} \div \frac{\pi}{4} d^2 \text{ (m}^2) \quad \text{m/s}$

$$= \frac{G_s}{1.1585 \times \frac{\pi}{4} \times 0.024^2} = 1908.05811 \times G_s$$

$d = 0.024 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \nu &= \frac{\mu}{\rho} = 1.7580 \times 10^{-6} \times \frac{380}{380 + t} \\ &\quad \times \left( \frac{273 + t}{273} \right)^{3/2} \div \frac{\gamma_a}{g} \quad \text{kg} \cdot \text{s/m}^3 \end{aligned}$$

$$= 1.7580 \times 10^{-6} \times \frac{380}{380 + 28} \times \left( \frac{273 + 28}{273} \right)^{3/2} \div \frac{1.1585}{9.8}$$

$$= 1.6035 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

그러므로

$$Re = \frac{1908.05811 \times G_s \times 0.024}{1.6035 \times 10^{-5}} = 2.8558 \times 10^6 \times G_s$$

Table. 6

시공전 성적표 (예산자료)

	回転速度 N. rpm	軸動力 W kg	軸動力 P kg m	軸動力 W kg	吸入空氣溫度 t <sub>air</sub> °C	吸空壓力 Pb mmHg	마노미터 눈금 h <sub>1</sub> mm	마노미터 기준점 h <sub>0</sub> mm	마노미터 눈금차 h-h <sub>0</sub> mm	計測 蓄圧 P-P <sub>0</sub> mmHg
1	2000	0	0	0	28	10308.034	163	97	66	27.96610
2	2000	1	0.3582	1	28	10308.034	163	97	66	27.96610
3	2000	2	0.7163	2	28	10308.034	163	97	66	27.96610
4	2000	3	1.0745	3	28	10308.034	163	97	66	27.96610
5	2000	4	1.4327	4	28	10308.034	163	97	66	27.96610
6	2000	5	1.7908	5	28	10308.034	163	97	66	27.96610
7	2000	6	2.1490	6	28	10308.034	163	97	66	27.96610
8	2000	7	2.5072	7	28	10308.034	163	97	66	27.96610
9	2000	8	2.8653	8	28	10308.034	163	97	66	27.96610
10	1200	1.4606	0.8722	1.4606	28	10324.983	123	97	26	11.01695
11	1300	1.8570	1.0236	1.8570	28	10322.864	128	97	31	13.13559
12	1400	2.3193	1.1871	2.3193	28	10321.593	131	97	34	14.40678
13	1500	2.8526	1.3627	2.8526	28	10319.475	136	97	39	16.52542
14	1600	3.4621	1.5505	3.4621	28	10317.356	141	97	44	18.64407
15	1900	5.7974	2.1864	5.7974	28	10311.000	156	97	59	25.00000
16	2000	6.7618	2.4226	6.7618	28	10308.034	163	97	66	27.96610
17	2100	7.8277	2.6710	7.8277	28	10307.186	165	97	68	28.81356
18	2200	9	2.9314	9	28	10306.963	166	97	69	29.23729

水素灯 性能表 ( 測定結果 )

Table 7

No.	燃料比重量	消費量	計測時間	冷却水入口温度	出口温度	冷却流量	排气温度	排气压力	排气压力
	Y g/cc	b cc	t sec	t <sub>in</sub> °C	t <sub>out</sub> °C	G <sub>w</sub> Kg/h	t <sub>g<sub>2</sub></sub> °C	mmHg	Kg/cm <sup>2</sup>
1	0.7	180	1212	28	69	50	130	190	1
2	0.7	180	950	28	72	50	160	205	1
3	0.7	180	770	28	74	60	190	200	1
4	0.7	180	629	28	73	70	225	200	1
5	0.7	180	533	28	72	80	260	210	1
6	0.7	180	465	28	72	90	310	215	1
7	0.7	180	398	28	71	100	360	135	1
8	0.7	180	338	28	75	100	410	265	1
9	0.7	180	303	28	64	150	480	265	1
10	0.7	180	1185	28	65	50	160	80	0.4
11	0.7	180	983	28	69.5	50	185	80	0.5
12	0.7	180	862	28	71	55	195	100	0.65
13	0.7	180	749	28	72	60	215	100	0.7
14	0.7	180	640	28	71.5	70	245	100	0.75
15	0.7	180	418	28	73	90	350	180	0.92
16	0.7	180	352	28	75	100	400	230	0.98
17	0.7	180	299	28	62	150	460	310	1.06
18	0.7	180	226	28	71	150	580	385	1.18

Table 8 흡입공기량 및 레이놀드수 (발전기 특성)

No	$\epsilon$	$P_1 - P_2$ (mm Ag)	(1) $G_s$ (kg/s)	$R_d$
1	0.99855	27.96610	0.0093575	26723.5228
2	0.99855	27.96610	0.0093575	26723.5228
3	0.99855	27.96610	0.0093575	26723.5228
4	0.99855	27.96610	0.0093575	26723.5228
5	0.99855	27.96610	0.0093575	26723.5228
6	0.99855	27.96610	0.0093575	26723.5228
7	0.99855	27.96610	0.0093575	26723.5228
8	0.99855	27.96610	0.0093575	26723.5228
9	0.99855	27.96610	0.0093575	26723.5228

Table 9 흡입공기량 및 레이놀드수 (추진기 변칙)

No	$\epsilon$	$P_1 - P_2$ (mm Ag)	(1) $G_s$ (kg/s)	$R_d$
10	0.99943	11.01695	0.0058775	16785.1996
11	0.99932	13.13559	0.0064175	18327.3532
12	0.99925	14.40678	0.00672	19191.2448
13	0.99914	16.52542	0.0071975	20554.9084
14	0.99903	18.64407	0.007645	21832.8968
15	0.99987	25.0000	0.0088475	25267.0444
16	0.99855	27.96610	0.0093575	26723.5228
17	0.99851	28.81356	0.0094475	26980.5484
18	0.99848	29.23729	0.0095675	27323.2492

Table 6 과 Table 7 에서  $R_d$ 는 모두 7400 을 초과하므로 뒷쪽으로 구한  $G_s$  의 값은 모두 신뢰할 수 있다.

나. 充填效率

주 (9) 에  $a=2$   $V=510 \text{ CC} = 5.1 \times 10^{-4} \text{ m}^3$   
 $\gamma_0 = 1.20 \text{ kg/m}^3$  을 대입하면  

$$\eta_c = \frac{G_s \times 2}{1.20 \times N \times 5.1 \times 10^{-4}} \times 60 = 1.96078 \times 10^7 \times \frac{G_s}{N} (\%)$$

Table. 10 충전효율 (발전기 특성)

No	(1) $G_s$ (kg/s)	$N$ (RPM)	(2) $\eta_c$ (%)
1	0.0093575	2000	91.73999
2	0.0093575	2000	91.73999
3	0.0093575	2000	91.73999
4	0.0093575	2000	91.73999
5	0.0093575	2000	91.73999
6	0.0093575	2000	91.73999
7	0.0093575	2000	91.73999
8	0.0093575	2000	91.73999
9	0.0093575	2000	91.73999

Table. 11 충전효율 (추진기 법칙)

No	(1) $G_s$ (kg/s)	$N$ (RPM)	(2) $\eta_c$ (%)
10	0.0058775	1200	96.03737
11	0.0064175	1300	96.79466
12	0.00672	1400	94.11744
13	0.0071975	1500	94.08476
14	0.007645	1600	93.68852
15	0.0088475	1900	91.30527
16	0.0093575	2000	91.73999
17	0.0094475	2100	88.21176
18	0.0095675	2200	85.27165

다. 体積交力率

식. (10) 에  $a=2$  ,  $\rho_a = 1.1585 \text{ kg/m}^3$

$V = 5.1 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  를 대입하여

$$\eta_v = \frac{G_s \times 2 \times 60}{1.1585 \times N \times 5.1 \times 10^{-4}} \times 100 = 2.03102 \times 10^7 \times \frac{G_s}{N}$$

라. 空燃比 (R)

식. (11) 에 식. (14) 를 대입하면

Table. 12 제적효율 (회전식 방식)

No.	(1) $G_s$ (Kg/s)	N (RPM)	(2) $\eta_v$
1	0.0093575	2000	95.02635
2	0.0093575	2000	95.02635
3	0.0093575	2000	95.02635
4	0.0093575	2000	95.02635
5	0.0093575	2000	95.02635
6	0.0093575	2000	95.02635
7	0.0093575	2000	95.02635
8	0.0093575	2000	95.02635
9	0.0093575	2000	95.02635

Table. 13 제적효율 (후진기 방식)

No.	(1) $G_s$ (Kg/s)	N (RPM)	(2) $\eta_v$
10	0.0058995	1200	99.49967
11	0.0064195	1300	100.26208
12	0.00672	1400	97.49896
13	0.0071975	1500	97.45511
14	0.007645	1600	97.02467
15	0.0088475	1900	94.57605
16	0.0093575	2000	95.02635
17	0.0094475	2100	91.37172
18	0.0095675	2200	88.32629

$$K = \frac{G_s \times \eta_v / b \times \lambda \text{ (sec)} \times 1000}{b \text{ (cc)} \times 8 \text{ (g/l)}} \quad \text{이다}$$

여기서  $G = 0.7 \text{ (g/cc)} \quad b = 180 \text{ (cc)}$

필대입하여

$$K = \frac{G \times \lambda \times 1000}{180 \times 0.7} = 7.9365 \times \lambda \times G_s$$



Table 14 공연비 (발전기 특성)

No	t (sec)	(1) G <sub>s</sub> (kg/s)	(2) R
1	1212	0.0093575	90.01015
2	950	0.0093575	70.55251
3	770	0.0093575	57.18467
4	629	0.0093575	46.71319
5	533	0.0093575	39.58267
6	465	0.0093575	34.63356
7	398	0.0093575	29.65779
8	338	0.0093575	25.10184
9	303	0.0093575	22.50254

Table 15 공연비 (추진기 범위)

No	t (sec)	(1) G <sub>s</sub> (kg/s)	(2) R
10	1185	0.0058775	55.27643
11	983	0.0064775	50.06664
12	862	0.0067200	45.97329
13	749	0.0071975	42.78509
14	640	0.0076450	38.83171
15	418	0.0088475	29.35120
16	352	0.0093575	26.14156
17	299	0.0094475	22.41905
18	226	0.0095675	17.16074

마. 공기과잉률 (λ)

$$R_0 = \frac{1}{0.232} \left( \frac{8}{3} c + 8h + s - 0 \right) \text{ kg/kg}$$

여기서 c = 86% , h = 14%

$$\therefore R_0 = \frac{1}{0.232} \left( \frac{8}{3} \times 0.86 + 8 \times 0.14 \right) = 14.71$$

위의 값을 식 (2)에 대입하면

$$\lambda = \frac{R}{14.71} = 0.068R$$

Table. 16 공기과잉률 ( 발전기 특성 )

$N_c$	$R$	$R_c$	$\lambda$
1	90.01015	14.71	6.1207
2	70.65251	14.71	4.7976
3	57.18467	14.71	3.8818
4	46.71319	14.71	3.1765
5	39.58367	14.71	2.6917
6	34.63356	14.71	2.3483
7	29.55779	14.71	2.0099
8	25.10184	14.71	1.7069
9	22.50254	14.71	1.5302

Table. 17 공기 과잉률 ( 추진기 법칙 )

$N_c$	$R$	$R_c$	$\lambda$
10	55.27643	14.71	3.7688
11	50.06664	14.71	3.4045
12	45.97329	14.71	3.1262
13	42.78509	14.71	2.9094
14	38.83171	14.71	2.6406
15	29.35120	14.71	1.9959
16	26.14156	14.71	1.7776
17	22.41905	14.71	1.5245
18	17.16074	14.71	1.1669

바. 燃料消費率 (g)

식 (15) 에  $\gamma = 0.7$  (g/cc) 을 대입하고 運轉조건에서 구한 劔動馬力 P 를 대입하면

$$g = \frac{P}{\gamma} \times 700 \quad (\text{g/ps.h})$$

Table. 18 연료소비율 (발전기 특성)

$N_0$	$F$ (L/h)	$P$ (P.S)	$g$ (g/ps.h)
1	0.53465	0	
2	0.68211	1	477.477
3	0.84155	2	294.546
4	1.03021	3	249.38233
5	1.21516	4	212.752
6	1.39225	5	175.027
7	1.62814	6	129.94267
8	1.91715	7	191.716
9	2.13261	8	129.12232

Table. 19 연료 소비율 (추진기 엔진)

$N_0$	$F$ (L/h)	$P$ (P.S)	$g$ (g/ps.h)
10	0.54684	1.4606	262.07526
11	0.65921	1.8570	242.49052
12	0.75194	2.3193	226.22656
13	0.86575	2.8526	212.29931
14	1.0125	3.4621	204.7162
15	1.55024	5.7974	187.12124
16	1.84091	6.7618	190.57603
17	2.16722	7.8277	193.20524
18	2.86726	9	223.0091

사. 排氣가스量

식(16) 에 연료 비중량  $\gamma = 0.7$  (g/cc) 를 대입하여

$$G_g = G_s + \frac{0.7 \times F}{3500} = G_s + 1.9444 \times 10^{-4} \times F$$

Table. 20 배기 가스량 (발전기 특성)

No	F (l/h)	F x 1.944 x 10 <sup>-4</sup>	G <sub>s</sub> (kg/s)	G <sub>g</sub> (kg/s)
1	0.53465	1.03959 x 10 <sup>-4</sup>	0.0093575	9.46146 x 10 <sup>-3</sup>
2	0.68211	1.32632 x 10 <sup>-4</sup>	0.0093575	9.49013 x 10 <sup>-3</sup>
3	0.84156	1.63636 x 10 <sup>-4</sup>	0.0093575	9.52113 x 10 <sup>-3</sup>
4	1.03021	2.00318 x 10 <sup>-4</sup>	0.0093575	9.55782 x 10 <sup>-3</sup>
5	1.21576	2.36397 x 10 <sup>-4</sup>	0.0093575	9.59390 x 10 <sup>-3</sup>
6	1.39355	2.70967 x 10 <sup>-4</sup>	0.0093575	9.62847 x 10 <sup>-3</sup>
7	1.62814	3.16582 x 10 <sup>-4</sup>	0.0093575	9.67408 x 10 <sup>-3</sup>
8	1.91716	3.72780 x 10 <sup>-4</sup>	0.0093575	9.73028 x 10 <sup>-3</sup>
9	2.13861	4.15840 x 10 <sup>-4</sup>	0.0093575	9.77334 x 10 <sup>-3</sup>

Table. 21 배기 가스량 (추진기 병행)

No	F (l/h)	F x 1.944 x 10 <sup>-4</sup>	G <sub>s</sub> (kg/s)	G <sub>g</sub> (kg/s)
10	0.54684	1.06330 x 10 <sup>-4</sup>	0.0068775	9.46383 x 10 <sup>-3</sup>
11	0.65921	1.28179 x 10 <sup>-4</sup>	0.0064175	9.48568 x 10 <sup>-3</sup>
12	0.75174	1.46171 x 10 <sup>-4</sup>	0.00672	9.50367 x 10 <sup>-3</sup>
13	0.86515	1.68223 x 10 <sup>-4</sup>	0.0071975	9.52572 x 10 <sup>-3</sup>
14	1.0125	1.96875 x 10 <sup>-4</sup>	0.007645	9.55438 x 10 <sup>-3</sup>
15	1.55024	3.01420 x 10 <sup>-4</sup>	0.0088475	9.65893 x 10 <sup>-3</sup>
16	1.84091	3.57954 x 10 <sup>-4</sup>	0.0093575	9.71545 x 10 <sup>-3</sup>
17	2.16722	4.21403 x 10 <sup>-4</sup>	0.0094475	9.77890 x 10 <sup>-3</sup>
18	2.86726	5.57521 x 10 <sup>-4</sup>	0.0095675	9.91502 x 10 <sup>-3</sup>

아. 排氣損失 (Q<sub>g</sub>) 및 燃料의 全熱量(Q<sub>f</sub>)  
 Fig. 3 으로부터 구한 연소가스의 등압비열 (C<sub>pg</sub>)을  
 식.(17)에 각각 대입하여

$$Q_g = G_g \cdot C_{pg} (t_{g2} - t_{g1}) \times 3600 \quad (\text{Kcal/h})$$

$$\eta_g = \frac{Q_g}{Q_f} \times 100 \quad (\%)$$

Table. 22 배기손실 및 연료의 전열량 (발전기 특성)

No	$\lambda$	$1/\lambda$	$C_{pg}$	$t_{g2}$	$t_{g1}$	$t_{g2}-t_{g1}$	(7) $Q_g$	(8) $Q_g$
1	6.1207	0.1634	0.245	130	28	102	$9.461 \times 10^3$	851.1494
2	4.7996	0.2084	0.247	160	28	132	$9.490 \times 10^3$	1113.9949
3	3.8818	0.2576	0.248	190	28	162	$9.521 \times 10^3$	1377.0753
4	3.1765	0.3148	0.252	225	28	197	$9.659 \times 10^3$	1708.1683
5	2.8917	0.3455	0.254	260	28	232	$9.594 \times 10^3$	2025.2516
6	2.3483	0.4258	0.258	310	28	282	$9.629 \times 10^3$	2521.9042
7	2.0099	0.4975	0.262	360	28	332	$9.674 \times 10^3$	3029.3646
8	1.7069	0.5869	0.267	410	28	382	$9.720 \times 10^3$	3532.7418
9	1.5302	0.6535	0.278	480	28	452	$9.773 \times 10^3$	4041.5678

Table. 23 배기손실 및 연료의 전열량 (추진기 방식)

No	$\lambda$	$1/\lambda$	$C_{pg}$	$t_{g2}$	$t_{g1}$	$t_{g2}-t_{g1}$	(7) $Q_g$	(8) $Q_g$
10	3.7588	0.26604	0.248	160	28	132	$9.464 \times 10^3$	1115.3086
11	3.4045	0.2937	0.249	185	28	157	$9.486 \times 10^3$	1324.0653
12	3.1262	0.3199	0.25	195	28	167	$9.504 \times 10^3$	1428.4016
13	2.9094	0.3437	0.251	215	28	187	$9.526 \times 10^3$	1609.5914
14	2.6406	0.3789	0.253	245	28	217	$9.554 \times 10^3$	1888.2626
15	1.9959	0.5010	0.262	300	28	272	$9.659 \times 10^3$	2922.5175
16	1.7776	0.5626	0.265	400	28	372	$9.715 \times 10^3$	3447.8966
17	1.5245	0.6560	0.272	460	28	432	$9.779 \times 10^3$	426.6155
18	1.1669	0.8570	0.281	580	28	552	$9.915 \times 10^3$	5536.5789

燃料의 全熱量 ( $Q_f$ ) =  $H \cdot F \cdot \gamma$

여기서 경유의 저위 발열량 ( $H$ ) 은  $10500 \text{ Kcal/kg}$

이고 연료의 비중량 ( $\gamma$ ) 은  $0.7 \text{ kg/l}$  이므로

$$Q_f = 10500 \times 0.7 \times F = 7350 \times F \text{ Kcal/h}$$

$$\eta_g = \frac{Q_g}{Q_f} \times 100\%$$

Table 24 배기 손실율 (발전기 특성)

No	F	Q <sub>f</sub>	(B) Q <sub>g</sub>	(B) η <sub>g</sub> (%)
1	0.52465	3929.6775	851.1494	21.6595
2	0.68211	5013.5025	1113.8948	22.2175
3	0.84156	6185.466	1377.0753	22.2631
4	1.03021	7572.0435	1708.1583	22.5588
5	1.21576	8935.826	2035.2576	22.7764
6	1.39355	10242.5925	2521.9042	24.6217
7	1.62814	11966.829	3029.3666	25.3147
8	1.91716	14091.126	3572.7486	25.3546
9	2.13861	15718.7835	4341.5678	27.6203

Table 25 배기 손실율 (추진기 범위)

No	F	Q <sub>f</sub>	(B) Q <sub>g</sub>	(B) η <sub>g</sub> (%)
10	0.54684	4019.274	1115.3086	27.7490
11	0.65921	4845.1935	1324.9653	27.5523
12	0.75174	5525.289	1428.4016	25.8520
13	0.86515	6258.8525	1609.5914	25.3126
14	1.0125	7441.875	1888.3626	25.3748
15	1.55024	11394.264	2933.5175	25.7456
16	1.84091	13520.6885	3447.8966	25.4821
17	2.16722	15929.067	4136.6155	25.9690
18	2.86926	21074.361	5536.5789	28.2716

4. 冷却損失 (Q<sub>w</sub>)

식(19)에서 C<sub>pw</sub>는 냉각수가 물이기 때문에 1이다.  
그러므로

$$Q_w = G_w (t_{w2} - t_{w1}) \quad (\text{Kcal/h})$$

$$\eta_w = \frac{Q_w}{Q_f} \times 100 \quad (\%)$$

Table.26 냉각 손실 (발전기 특성)

No	t <sub>w2</sub>	t <sub>w1</sub>	t <sub>w2</sub> -t <sub>w1</sub>	G <sub>w</sub>	(9) Q <sub>w</sub>	(9) η <sub>w</sub> (%)
1	69	28	41	50	2050	52.167
2	72	28	44	50	2200	43.8814
3	74	28	46	60	2760	44.6207
4	73	28	45	70	3150	41.6004
5	72	28	44	80	3520	39.3919
6	72	28	44	90	3960	38.6621
7	71	28	43	100	4300	35.9327
8	75	28	47	100	4700	33.3543
9	64	28	36	150	5400	34.3538

Table.27 냉각 손실 (추진기 변조)

No	t <sub>w2</sub>	t <sub>w1</sub>	t <sub>w2</sub> -t <sub>w1</sub>	G <sub>w</sub>	(9) Q <sub>w</sub>	(9) η <sub>w</sub> (%)
10	65	28	37	50	1950	46.0282
11	69.5	28	41.5	50	2075	42.8259
12	71	28	43	55	2365	42.8031
13	72	28	44	60	2640	41.5169
14	71.5	28	43.5	70	3045	40.9171
15	73	28	45	90	4050	35.5544
16	75	28	47	100	4700	34.7359
17	62	28	34	150	5100	32.0169
18	71	28	43	150	6450	30.6059

차. 正味熱効率 ( $\eta_e$ )

식 (21) 에서.

$$\eta_e = 63200 \times \frac{P}{Q_f}$$

에서  $Q_f = H.F.V$  이다.

Table. 28 정미열효율 (발전기 특성)

No	P (Ps)	Q <sub>f</sub> (Kcal/h)	$\eta_e$ (%)
1	0	3929.6775	0
2	1	5013.5085	12.60594
3	2	6185.466	20.43500
4	3	7572.0435	25.03948
5	4	8935.836	28.29058
6	5	10242.5925	30.85156
7	6	11966.829	31.68759
8	7	14091.126	31.39565
9	8	15718.7835	32.16534

Table. 29 정미열효율 (추진기 법칙)

No	P (Ps)	Q <sub>f</sub> (Kcal/h)	$\eta_e$ (%)
10	1.4606	4019.274	22.96681
11	1.8570	4845.1935	24.22244
12	2.3193	5525.289	26.52889
13	2.8526	6358.825	28.35171
14	3.4621	7441.875	29.40183
15	5.7974	11394.264	32.15615
16	6.7618	13530.6885	31.58345
17	7.8277	15929.067	31.05710
18	9	21074.361	26.99014



카. 摩擦損失

식. (24) 에서

$$\eta_f = 100 - (\eta_e + \eta_g + \eta_w)$$

$\eta_e, \eta_g, \eta_w$  는 Table 25, Table 21, Table 23, 로 부터 구한다.

Table.30 마찰 손실 (발전기 특성)

No	(0) $\eta_e$	(8) $\eta_g$	(9) $\eta_w$	(11) $\eta_f$
1	0	21.6595	52.167	26.1735
2	12.60594	22.2175	43.8814	21.29516
3	20.43500	22.2631	44.6207	12.6812
4	25.03948	22.5588	41.6004	10.80132
5	28.29058	22.7764	39.3919	9.54112
6	30.85156	24.6217	38.6621	5.86464
7	31.68759	25.3147	35.9327	7.06501
8	31.39565	25.3546	33.3573	9.89545
9	32.16534	27.6230	34.958	5.8579

Table.31 마찰 손실 (추진기 방법)

No	(0) $\eta_e$	(8) $\eta_g$	(9) $\eta_w$	(11) $\eta_f$
10	22.96681	27.7490	46.0282	3.2540
11	24.22244	27.5523	42.8259	5.39940
12	26.52889	25.8520	42.8031	4.8159
13	28.35171	25.3126	41.5169	4.8188
14	29.40183	25.3748	40.9171	4.3063
15	32.15615	25.7456	35.5544	6.5439
16	31.58345	25.4821	34.7359	8.1990
17	31.05710	25.9690	32.0169	10.957
18	26.99014	26.2716	30.6059	16.1324

타. 修正軸 토크 (  $T$ , kg.m) 및 修正軸 出力 (  $P$ , PS)  
 식. (25) 에 전기 동력계의 팔의 길이 (  $L$ ) 가 0.25m 이므로

$$T = 0.25 \times W \quad (\text{kg.m})$$

식. (26) 에서

$$P = 0.001396 W \cdot L \cdot N = 1.396 \times 10^{-3} \times T \times N$$

Table. 32 제동도모모 및 제동출력 (발전기 특성)

No	W (kg)	T (kg.m)	N (RPM)	P (PS)
1	0	0	2000	0
2	1.4327	0.3582	2000	1
3	2.8650	0.7163	2000	2
4	4.2980	1.0745	2000	3
5	5.7307	1.4327	2000	4
6	7.1633	1.7908	2000	5
7	8.5960	2.149	2000	6
8	10.0287	2.5072	2000	7
9	11.4613	2.8653	2000	8

Table 33 수정축 토크 및 수정축 출력 (추진기 방식)

No	W (kg)	T (kg.m)	N (RPM)	P (PS)
10	3.4887	0.8722	1200	1.466
11	4.0942	1.0236	1300	1.8570
12	4.7483	1.1871	1400	2.3193
13	5.4508	1.3627	1500	2.8526
14	6.2020	1.5505	1600	3.4621
15	8.7457	2.1864	1900	5.7974
16	9.6905	2.4226	2000	6.7618
17	10.6838	2.6710	2100	7.8277
18	11.7255	2.9314	2200	9

식 (27) 에서  $k$  는 표준상태, 즉 대기압 760 mmHg, 온도 20°C, 습도 65% 에서의 수정계수

$$\text{즉, } k = \frac{749}{P_a - P_w} \sqrt{\frac{273 + \theta}{293}}$$

여기서  $P_a = 760 \text{ mmHg}$ ,  $P_w = \phi P_s = 0.85 \times 28.35 = 24.0975 \text{ mmHg}$   
 $\theta = 28^\circ\text{C}$

그러므로  $k = 1.0316$ .

$$P_o = k \cdot P, \quad T_o = k \cdot T$$

Table 34 수정축도오크 및 수정축출력 (발전기 특성)

No	P	(2) $P_o$	T	(2) $T_o$
1	0	0	0	0
2	1	1.0366	0.3582	0.3695
3	2	2.0622	0.7163	0.7389
4	3	3.0949	1.0745	1.1085
5	4	4.1264	1.4325	1.4780
6	5	5.158	1.7908	1.8474
7	6	6.1896	2.149	2.2169
8	7	7.2212	2.5072	2.5864
9	8	8.2528	2.8653	2.9559

Table 35 수정축도오크 및 수정축출력 (추진기 변칙)

No	P	(2) $P_o$	T	(2) $T_o$
10	1.4606	1.5068	0.8722	0.8998
11	1.8570	1.9157	1.0236	1.0560
12	2.3193	2.3926	1.1871	1.2246
13	2.8526	2.9427	1.3627	1.4058
14	3.4621	3.5715	1.5505	1.5998
15	5.7994	5.9806	2.1864	2.2555
16	6.7618	6.9755	2.4226	2.4992
17	7.8277	8.0751	2.6710	2.7354
18	9	9.2844	2.9314	3.0240

II. 制動平均有効圧力 (Pe)

식. (31) 에  $V = 0.51 l$ ,  $a = 2$  을 대입하여

$$Pe = 0.628 \times \frac{T \times 2}{0.51} = 2.4627 \times T$$

Table 36 制動 평균 유효 압력 (발전기 특성)

No	T (Kg. m)	Pe (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	0	0
2	0.3582	0.8821
3	0.7163	1.7640
4	1.0745	2.6461
5	1.4327	3.5283
6	1.7908	4.4102
7	2.1490	5.2923
8	2.5072	6.1744
9	2.8653	7.0564

Table 37 制動 평균 유효 압력 (발전기 특성)

No	T (Kg. m)	Pe (Kg/cm <sup>2</sup> )
10	0.8722	2.1480
11	1.0236	2.5208
12	1.1871	2.9235
13	1.3627	3.3559
14	1.5505	3.8184
15	2.1864	5.3844
16	2.4226	5.9661
17	2.6710	6.5779
18	2.9314	7.2192

아 기계 효율:

식. (32) 에서  $\eta_f = \frac{P_f}{L_f} \times 100$  ,  $\eta_m = \frac{P_o}{P_o + P_f} \times 100$

$P_f = \frac{\eta_f \times L_f}{100}$

Table 38 기계효율 (발전기 특성)

No	$\eta_f$	$L_f$	$P_f$	$P_o$	$P_o + P_f$	$\eta_m$
1	26.1935	6.21984	1.88916	0	1.8891	0
2	21.29516	7.93277	1.6893	1.0316	2.7209	37.9139
3	12.6812	9.78713	1.2411	2.0632	3.3043	62.4393
4	10.80132	11.9811	1.2941	3.0948	4.3889	70.5139
5	9.54112	14.13898	1.3490	4.1264	5.4754	75.3622
6	5.86464	16.20663	0.9504	5.1580	6.1084	84.4406
7	7.06501	18.93486	1.3377	6.1896	7.5273	82.2281
8	9.89545	22.29609	2.2062	7.2212	9.4274	76.5917
9	5.8579	24.89149	1.4569	8.2528	9.7097	84.9950

Table 39 기계효율 (추진기 발전)

No	$\eta_f$	$L_f$	$P_f$	$P_o$	$P_o + P_f$	$\eta_m$
10	3.2560	6.35948	0.2070	1.5068	1.7138	87.9185
11	5.3994	7.66645	0.4139	1.9157	2.3296	82.2316
12	4.8159	8.74255	0.4210	2.3926	2.8136	85.0361
13	4.8188	10.06148	0.4848	2.9427	3.4275	85.8546
14	4.3063	11.77512	0.5091	3.5715	4.0786	87.5675
15	6.5439	18.0289	1.1798	5.9806	7.1604	83.5234
16	8.1990	21.4093	1.7554	6.9755	8.7308	79.8949
17	10.9570	25.2042	2.7616	8.0751	10.8367	74.5161
18	16.1324	33.34557	5.3794	9.2844	14.6638	63.3149

시운전 성적표 (계산결과)

Table. 40

	레이블스數 Rd	回轉速度 N rpm	軸重 T Kg.m	軸出力 P P.S	吸入空氣量 Gs Kg/S $\times 10^3$	充填效率 $\eta_c$ %	体積效率 $\eta_v$ %	空燃比 R	空壓利用率 $\lambda$	燃料消費率 $\xi$ g/ps.h
1	26723.523	2000	0	0	9.3575	91.73999	95.02635	90.01015	7.62734	0
2	26723.523	2000	0.3562	1	9.3575	91.73999	95.02635	70.55251	5.97852	477.477
3	26723.523	2000	0.7163	2	9.3575	91.73999	95.02635	57.18467	4.84575	294.546
4	26723.523	2000	1.0745	3	9.3575	91.73999	95.02635	46.71319	3.95941	240.3823
5	26723.523	2000	1.4327	4	9.3575	91.73999	95.02635	39.58367	3.34227	212.758
6	26723.523	2000	1.7908	5	9.3575	91.73999	95.02635	34.53356	2.92633	195.097
7	26723.523	2000	2.1490	6	9.3575	91.73999	95.02635	29.55779	2.50468	189.9496
8	26723.523	2000	2.5072	7	9.3575	91.73999	95.02635	25.10184	2.12710	191.716
9	26723.523	2000	2.8653	8	9.3575	91.73999	95.02635	22.50254	1.90683	187.1283
10	16785.200	1200	0.8722	1.4606	5.8775	96.03737	99.47767	55.27643	4.68405	262.0758
11	18327.353	1300	1.0236	1.8570	6.4175	96.79466	100.26208	50.06664	4.24258	248.49058
12	19191.245	1400	1.1871	2.3193	6.7200	94.11744	97.48896	45.97329	3.89571	226.8866
13	20554.908	1500	1.3627	2.8526	7.1975	94.08476	97.45511	42.78509	3.62555	212.2993
14	21832.897	1600	1.5505	3.4621	7.6450	93.68852	97.04467	38.83171	3.29055	204.7168
15	25267.044	1900	2.1864	5.7974	8.8475	91.30527	94.57605	29.35120	2.48718	187.1818
16	26723.523	2000	2.4226	6.7618	9.3575	91.73999	95.02635	26.14156	2.21520	190.5760
17	26980.548	2100	2.6710	7.8277	9.4475	88.21176	91.37172	22.41905	1.89976	193.8058
18	27323.2492	2200	2.9314	9	9.5675	85.27165	88.32629	17.16074	1.45418	223.0091

시운전 성적표. (계산결과)

Table. 41

	排氣水量 Gg KG/S	排氣損失 Qg Kcal/h	冷却損失 Qw Kcal/h	汽缸軸受 To Kg·m	汽缸軸出力 Po P.S	冷却損失 η <sub>lw</sub> %	燃料全熱量 Q <sub>F</sub> Kcal/h	平均均動力 Pe Kg/cm <sup>2</sup>	正味熱效率 η <sub>e</sub> %	排氣損失 η <sub>g</sub> %
1	9.4615	851.1494	2050	0	0	52.1670	3929.677	0	0	21.6595
2	9.49013	1113.895	2200	0.3695	1.0316	43.8814	5013.508	0.1657	12.60594	22.2175
3	9.52113	1377.0753	2760	0.7389	2.0632	44.6207	6185.466	0.3314	20.43500	22.2631
4	9.55782	1708.1583	3150	1.1085	3.0948	41.6004	7572.043	0.4972	25.03948	22.5588
5	9.59390	2035.2576	3520	1.4780	4.1264	39.3919	8935.836	0.6629	28.29058	22.7764
6	9.62847	2521.9042	3960	1.8474	5.1580	38.6621	10242.59	0.8286	30.85156	24.6217
7	9.67408	3029.3646	4300	2.2169	6.1896	35.9327	11966.83	0.9943	31.68759	25.3147
8	9.73028	3572.7486	4700	2.5864	7.2212	33.3543	14091.13	1.1601	31.39565	25.3546
9	9.77334	4341.5678	5400	2.9558	8.2528	34.3538	15718.78	1.3258	32.16534	27.6230
10	9.46383	1115.3086	1850	0.8998	1.5068	46.0282	4019.274	0.4036	22.96681	27.7490
11	9.48568	1334.9653	2075	1.0560	1.9157	42.8259	4845.193	0.4736	24.22244	27.5523
12	9.50367	1428.4016	2365	1.2246	2.3926	42.8031	5525.289	0.5493	26.52989	25.8520
13	9.52572	1609.5914	2640	1.4058	2.9427	41.5169	6358.852	0.6305	28.35171	25.3126
14	9.55438	1888.3626	3045	1.5995	3.5715	40.9171	7441.875	0.7174	29.40183	25.3748
15	9.65893	2933.5175	4050	2.2555	5.9806	35.5544	11394.26	1.0112	32.15615	25.7456
16	9.71545	3447.8966	4700	2.4992	6.9755	34.7359	13530.69	1.1209	31.58345	25.4821
17	9.77890	4136.6155	5100	2.7554	8.0751	32.0169	15929.07	1.2359	31.05710	25.9690
18	9.91502	5536.5789	6450	3.0240	9.2844	30.6059	21074.36	1.3564	26.99014	26.2716

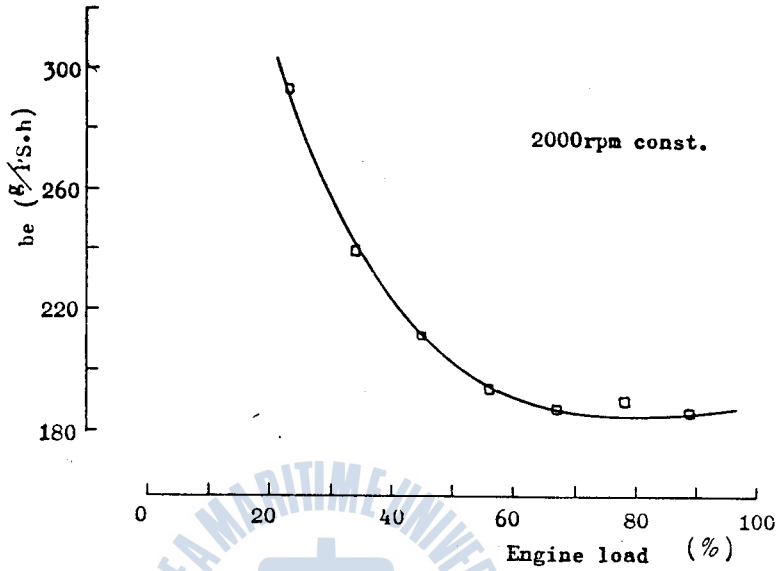


Fig 5 Specific fuel consumption (be)  
- Engine speed is constant -

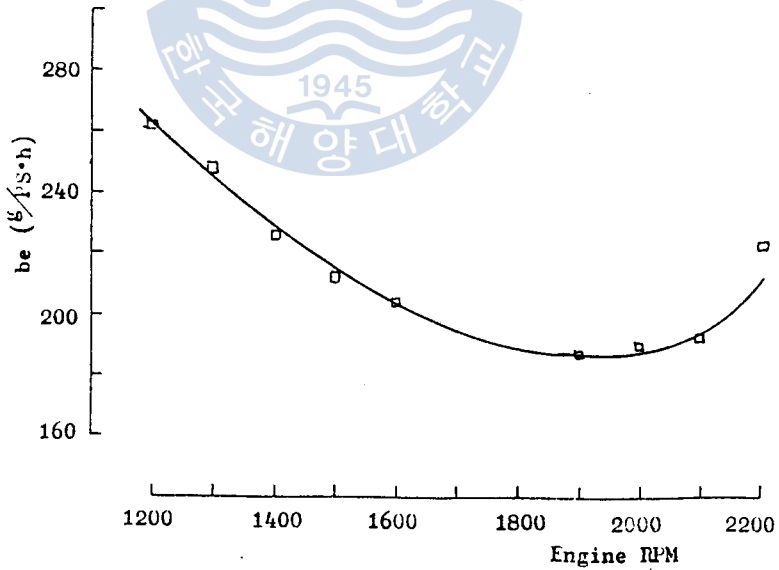


Fig 6 Specific fuel consumption (be)  
- Engine speed changes according to propeller law -



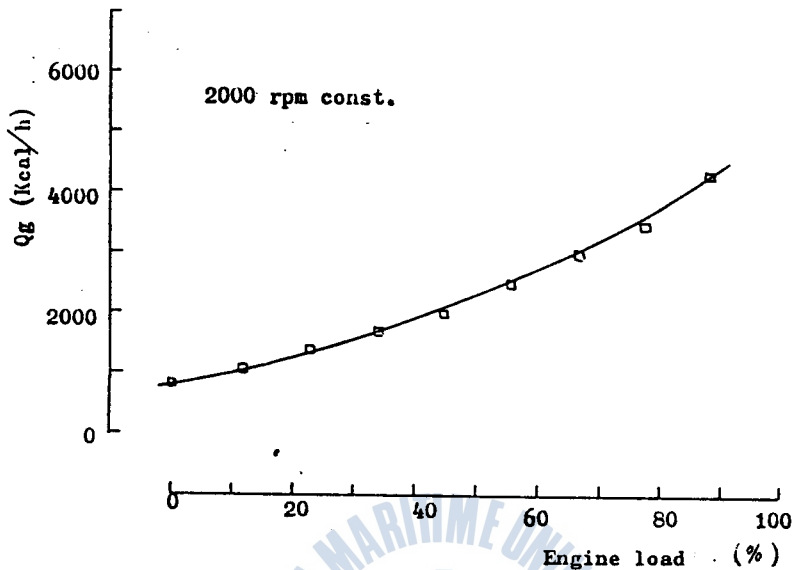


Fig 7 Heat loss by exhaust ( $Q_g$ )  
- Engine speed is constant -

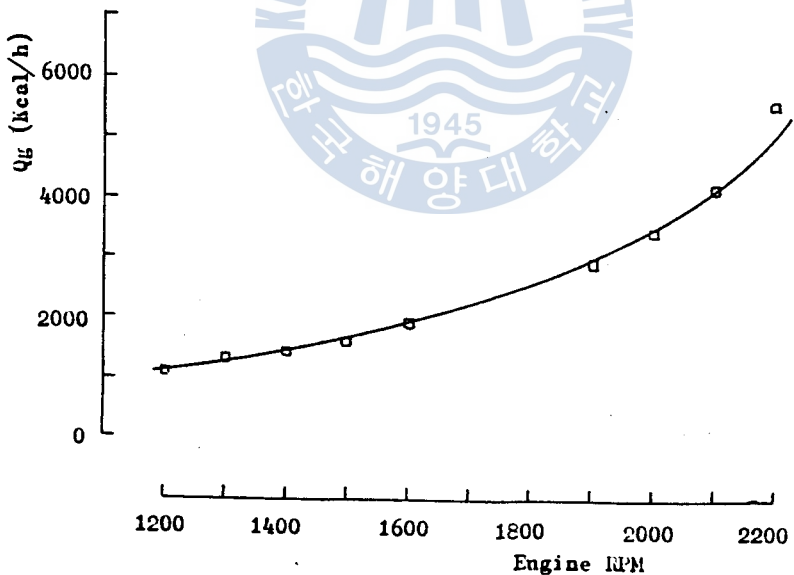


Fig 8 Heat loss by exhaust ( $Q_g$ )  
- Engine speed changes according to propeller law -

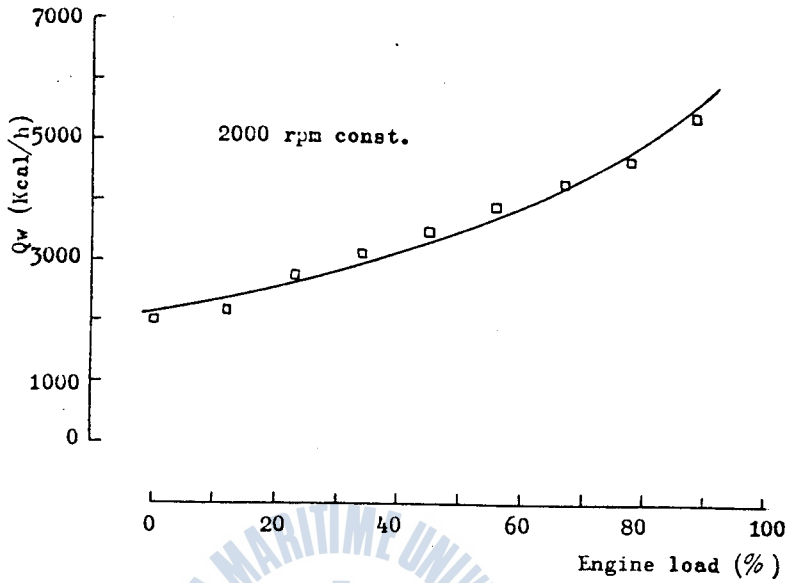


Fig 9 Heat loss by cooling water ( $Q_w$ )  
-Engine speed is constant-

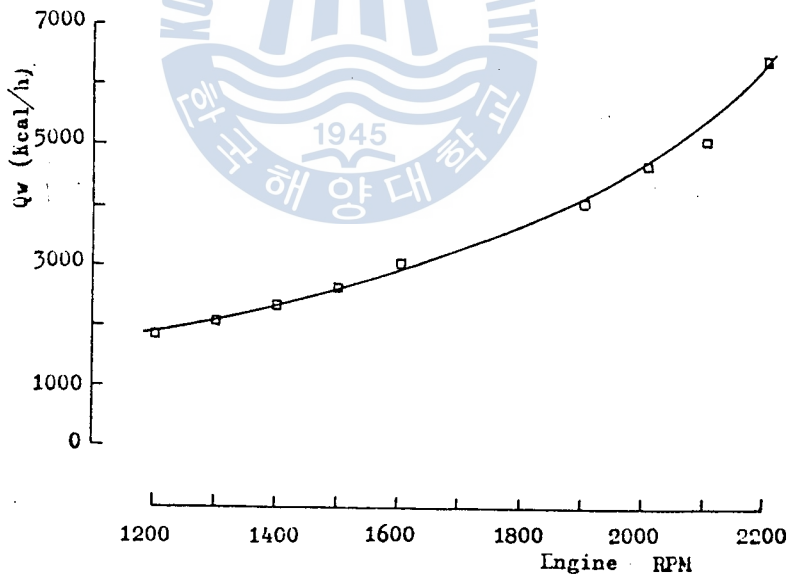


Fig 10 Heat loss by cooling water ( $Q_w$ )  
-Engine speed changes according to propeller law-

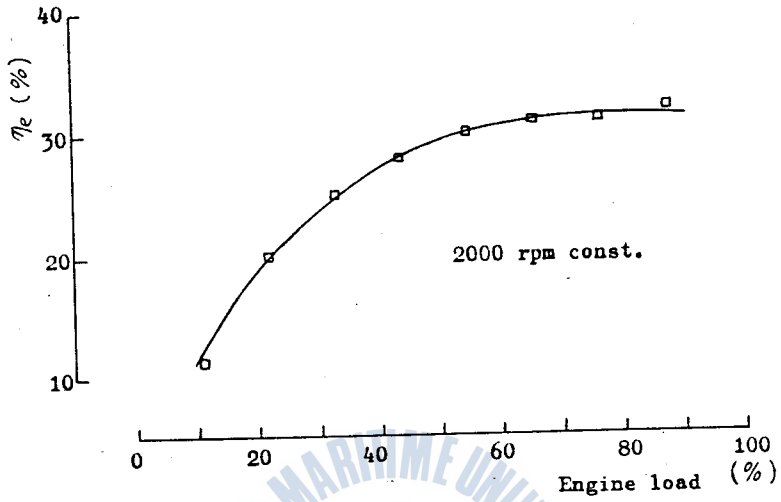


Fig // Net thermal efficiency ( $\eta_e$ )  
- Engine speed is constant -

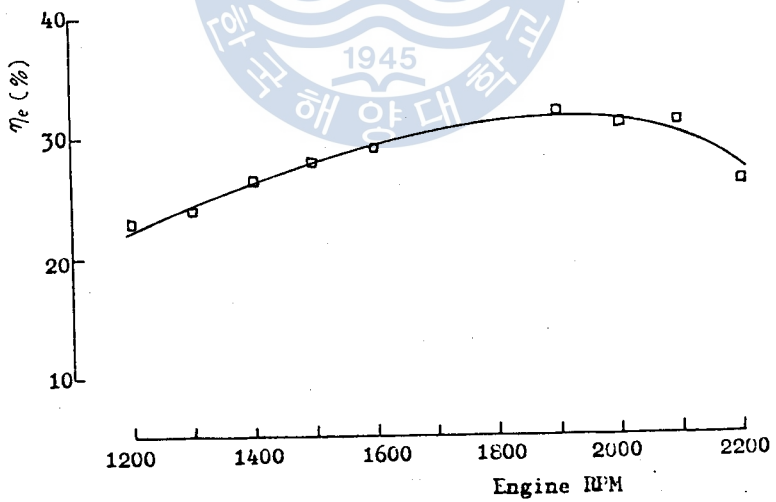


Fig /2 Net thermal efficiency ( $\eta_e$ )  
- Engine speed changes according to propeller law -

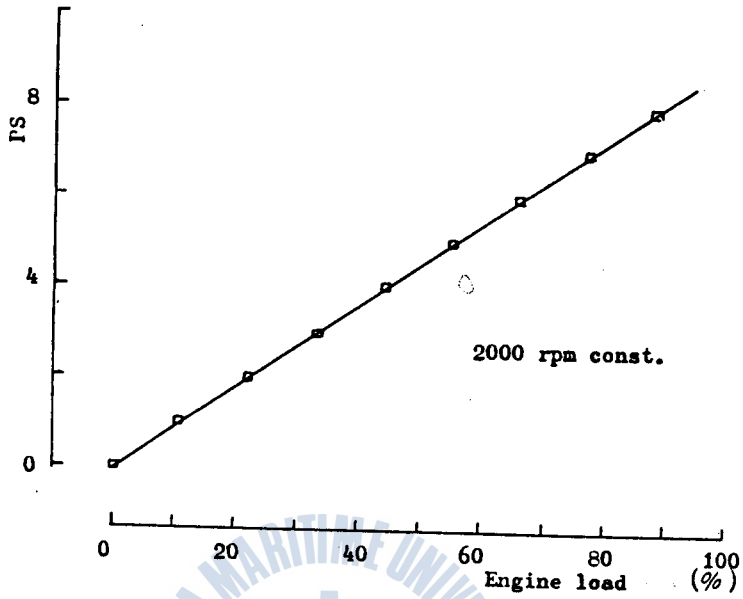


Fig 13 Power (PS)  
- Engine speed is constant -

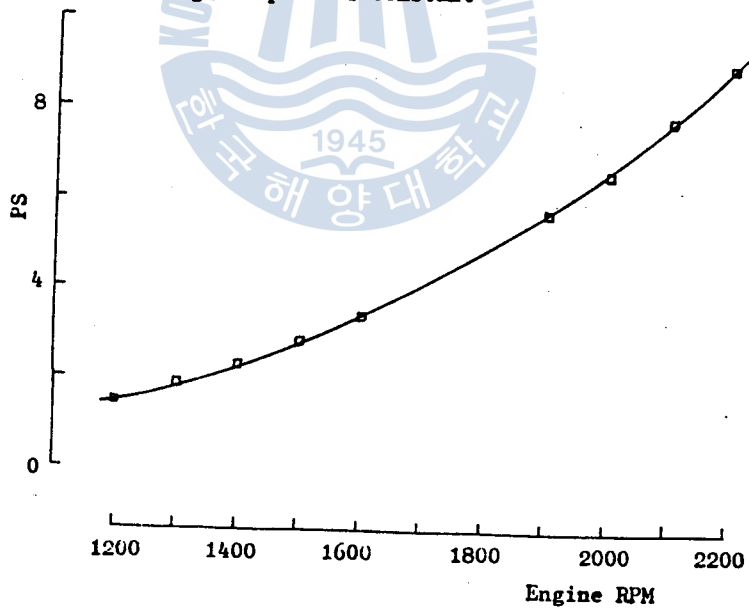


Fig 14 Power (PS)  
- Engine speed changes according to propeller law -

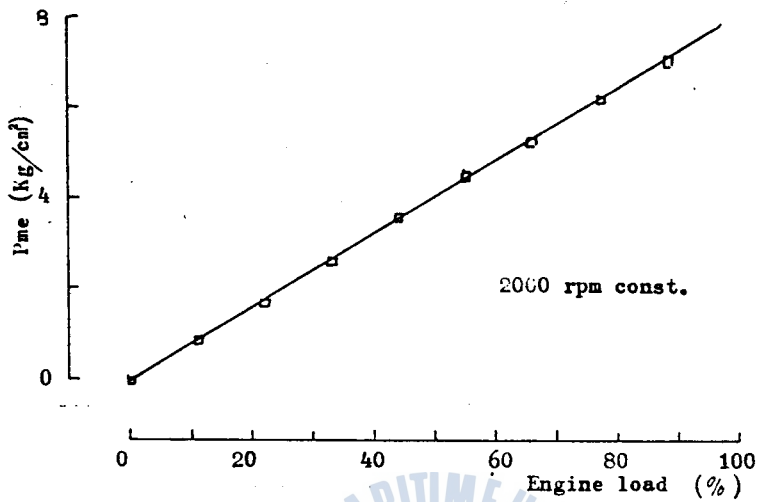


Fig /5 Brake mean effective pressure (P<sub>me</sub>)  
- Engine speed is constant -

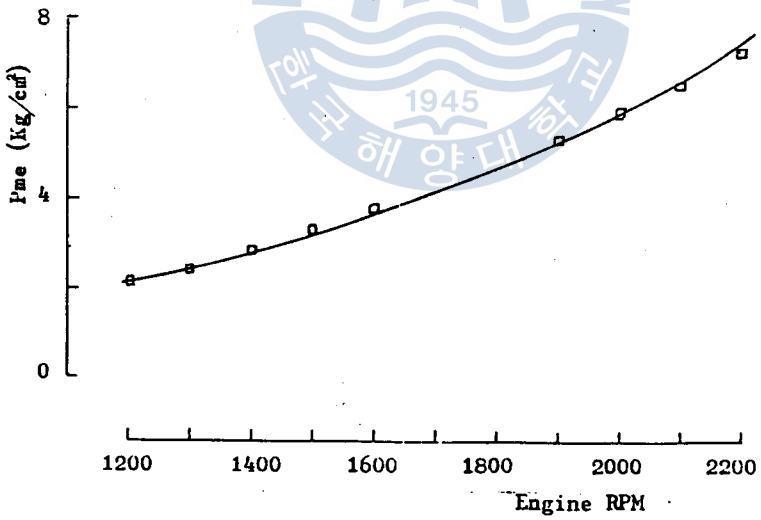


Fig /6 Brake mean effective pressure (P<sub>me</sub>)  
- Engine speed changes according to propeller law -

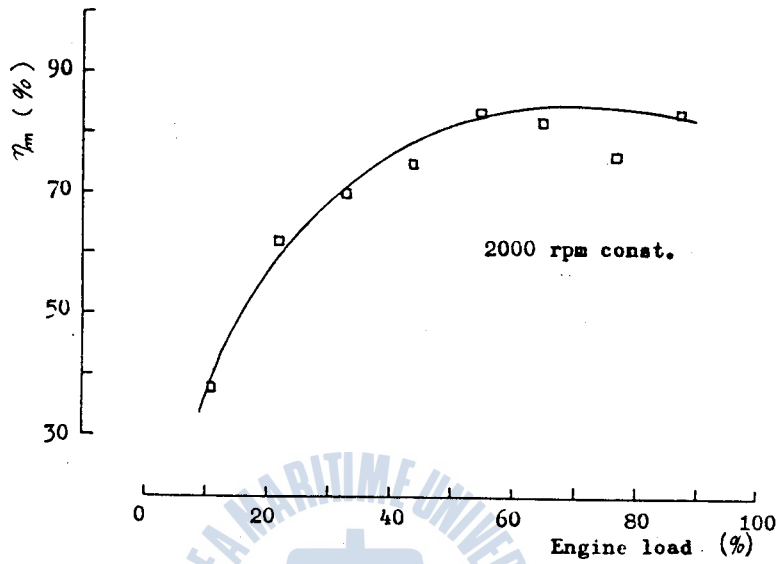


Fig /7 Mechanical efficiency ( $\eta_m$ )  
-Engine speed is constant-

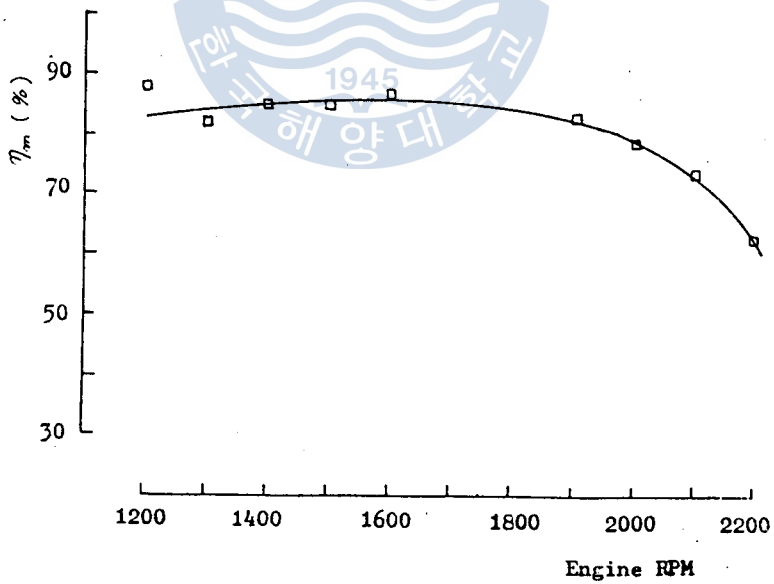


Fig /8 Mechanical efficiency ( $\eta_m$ )  
-Engine speed changes according to propeller law-

(2) 성능곡선

Fig. 5 ~ Fig. 18을 종합한 성능 곡선도는 Fig. 19와 Fig. 20에 표시한다.

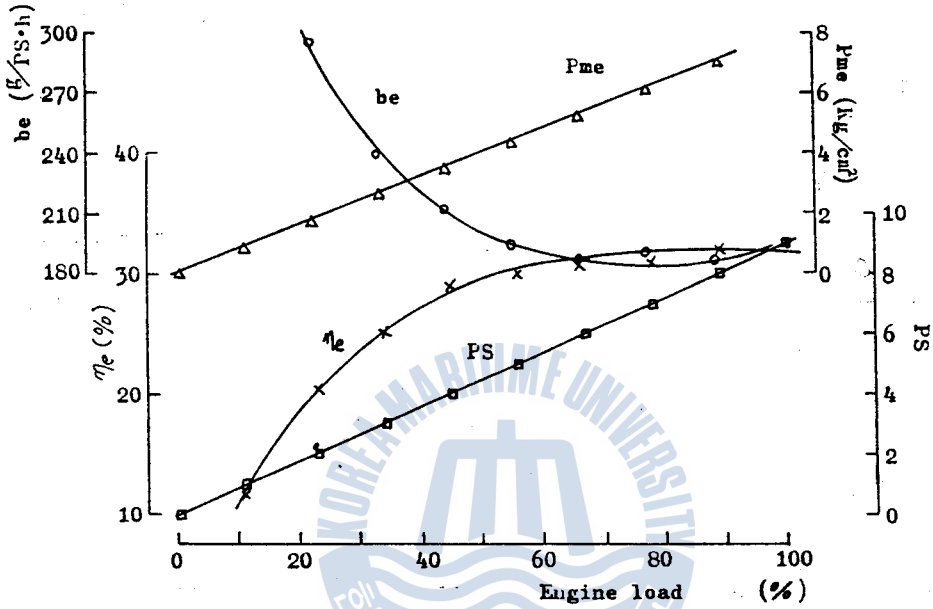


Fig 19 Performance curve (2000rpm const.)  
- Engine speed is constant -

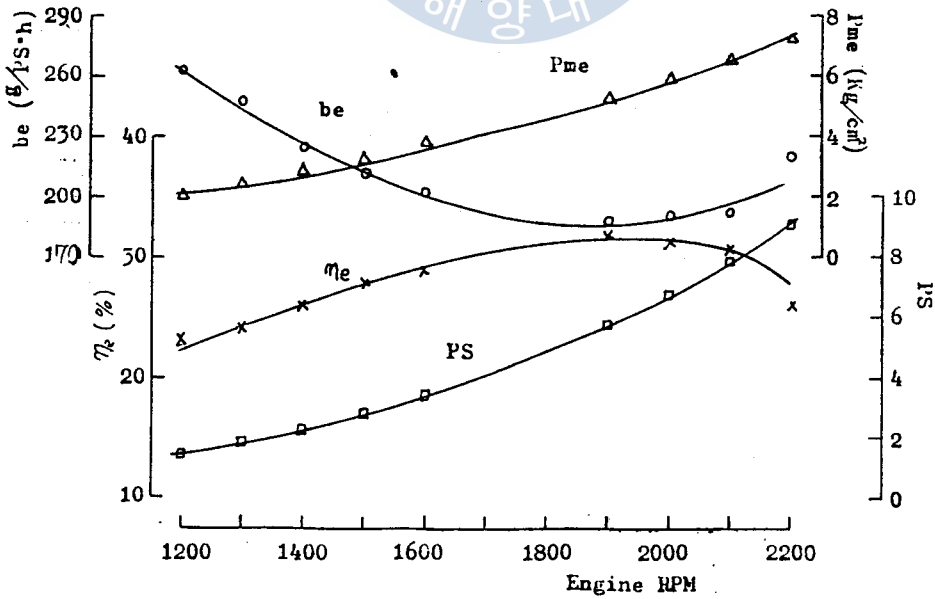


Fig 20 Performance curve  
- Engine speed changes according to propeller law -

## 5. 結論

實驗으로부터 求한 供試機関의 性能曲線에서 다음과 같은 結論을 얻을 수 있다.

燃料消費率은  $1/2$  負荷以下에 있어서는 機械效率가 低下하기 때문에 커지며  $3/4$  負荷와 全負荷 사이에서 燃料消費率이 最小이 되고 그 사이에서의 運轉이 가장 經濟的임을 알 수 있다. 그리고 供試機関이 小形高速機関이므로 冷却損失, 및 排氣損失이 커져서 燃料消費率이 대체로 큰 값을 나타내고 있다. 또한 熱效率(%)은  $3/4$  負荷前後에서 가장 좋은 값을 나타내고 있다. 위의 결과로부터 본 논문에서 구한 性能곡선은 일반적인 機関性能과 거의 일치함을 보이고 있다.



## 참고문헌

1. Rowland S. Benson . et al , *external combustion Engines* , pergamon , 1979 , PP.
2. 全孝重, 船用内燃機関講議, 韓國海洋大學 海事圖書出版部, 1979, PP.
3. 金熙喆, 俞炳澈. 内燃機関, 文運堂, 1980, PP
4. 기계공학 편람, JIS D 1002, PP. 8-1, PP 11-90, PP. 11-49
5. 内燃機関工学 日本山海堂, PP. 39

