536. 33 : 535. 211

ふく射を受ける面上の温度分布または熱束分布の計算方法*

田 中 楠 弥 太**

How to Calculate Temperature Distribution or Heat Flux
Distribution on a Surface in Radiation Space

by Kusuyata TANAKA

When radiant energy is emitted in the space which is composed of surfaces 1 to n and gases 1' to l' as shown in Fig. 1, the temperature of each surface has been already obtained, assuming that both distributions of the temperature and the heat flux on it are uniform.

In this paper, I will show a method by which, on the same assumption, both distributions of the temperature and/or the heat flux on each surface may be calculated as the second approximation.

The distributions may be obtained by considering heat balance, when overall interchange factor between an infinitesimal surface p on a surface m and a surface or gas x , (x, p) are determined.

(x, p) may be obtained as follows.

$$\frac{(x, p)}{A_p} = \frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_m} \frac{(x, m)}{A_m} + \varepsilon_p \varepsilon_x \frac{\Delta x_m}{A_m} + \varepsilon_p \sum_{i=1}^n \frac{\Delta i_m(x, i)(1 - \varepsilon_i)}{\varepsilon_i A_i A_m}$$

where $\Delta x_m/A_m$ represents $\overline{x, p/A_p - x, m/A_m}$, and 1, 2, ..., i , ..., m , ..., n specify n surfaces, respectively. x represents an arbitrary surface or gas, which composes the space, and p an infinitesimal surface on m . (x, m) and $\overline{x, m}$ mean overall and oneway interchange factor between a surface m and a surface or gas x , respectively. ε is emissivity.

1. ま え が き

n 個の壁面からなる閉空間のガスを l' 個の均温部分にわけ、各面上ならびに各ガスの温度、ならびに熱束が均一であると考えたときの各面および各ガス相互間の総合ふく射到着係数の計算方法は Hottel により、空間が透熱のときは古くから⁽¹⁾空間中のガス体がふく射を行う場合は最近⁽²⁾発表されている。

この方法によって各面上の総合ふく射到着係数の分布を調べるにはその面をさらに細分すればよいわけであるが、たとえば、ある面を二つにわける場合は $n+1$ 組の $n+1$ 元の連立一次方程式を解く必要がある。 $n+1$ 組の $n+1$ 次方程式をとくことは n 組の n 元方程式をとくことのおよそ n^2 倍の手数がかかる。

本報告は n 個の面で得た結果から各面上における総合ふく射到着係数の分布を求める方法に関するものである。なお空間内の温度分布は Hottel の原文から簡単に求められることを附記する。

2. 従 来 の 理 論

Hottel によって導出された結果を簡単に紹介する。

第 1 図で n 個の面のうち考えている 2 面 i, j は完全黒体で他の面および各ガスは 0°K で、かつ、面 i, j 間に存在するガスは両面間の熱束の一部を吸収すると考えたとき、2 面 i, j 間に伝わる熱量 $\overline{Q_{ij}}$ は

$$\overline{Q_{ij}} = \overline{i, j}(E_i - E_j) \dots\dots\dots (1)'$$

ここで $E = C_b(T/100)^4$, C_b は完全黒体のふく射係数, T は温度 $^\circ\text{K}$ とする。 $\overline{i, j}$ を面 i, j 間の単純ふく射到達係数と言ひ

$$\overline{i, j} = \overline{j, i} = \tau \int \frac{\cos \theta_i \cos \theta_j}{r^2} dA_i dA_j \dots\dots\dots (2)$$

である。ここで τ は中間に存在するガスの透過率, θ_i は面 i 上の垂線と直線 ij との角, A_i は面 i の面積, r は dA_i, dA_j の距離である。面とガス, ガスとガスの間にも (1)' と同様な関係が成立する。すなわち

$$\overline{Q_{x, y}} = \overline{x, y}(E_x - E_y) \quad (x, y = 1 \dots n, 1' \dots l') \dots\dots\dots (1)$$

各面のふく射黒度が $\varepsilon_i (i=1 \dots n)$ で、各ガスとともに熱のふく射、吸収をするときの面 i から面またはガ

* 昭和 33 年 12 月 6 日 第 659 回講演会において講演、
原稿受付 昭和 34 年 1 月 10 日。

** 正員、資源技術試験所(川口市寿町 188)。

ス x への総合ふく射伝熱量を $(Q_{i,x})$ とすると

$$(Q_{i,x}) = (i,x)(E_i - E_x) \dots\dots\dots (3)$$

$$(i=1\cdots n, x=1\cdots n, 1'\cdots l')$$

(i,x) を i と x の総合ふく射到着係数という. $\overline{i,x}$ ($i=1\cdots n, x=1\cdots n, 1'\cdots l'$) が全部わかっているとき (i,x) を求めるのは次のようである.

いま次の行列式

$$D = |\overline{i,j} - \delta_{ij} B_i| \quad (i=1\cdots n) \quad \left(\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & i=j \\ 0 & i \neq j \end{cases} \right)$$

$$= \begin{vmatrix} \overline{1,1} - B_1 & \overline{1,2} & \cdots & \overline{1,n} \\ \overline{1,2} & \overline{2,2} - B_2 & \cdots & \overline{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \overline{1,n} & \overline{2,n} & \cdots & \overline{n,n} - B_n \end{vmatrix} \dots\dots (4)$$

を考える. ここで

$$B = A/(1-\epsilon) \dots\dots\dots (5)$$

この行列式で第 i 列を $\begin{vmatrix} -\epsilon_x \overline{1,x} \\ -\epsilon_x \overline{2,x} \\ \vdots \\ -\epsilon_x \overline{m,x} \\ \vdots \\ -\epsilon_x \overline{n,x} \end{vmatrix}$ でおきかえたもの

を ${}_x D_i$ とする. ただし x がガスの場合は $\epsilon_x = 1$ とおく. すると (i,x) は

$$(i,x) = B_i \epsilon_i {}_x D_i / D \dots\dots\dots (6)$$

参考までにガスとガスでは

$$(g',h') = \overline{g'h'} + \frac{1}{D} \sum_{i=1}^n g D_i \overline{i,h'} \dots\dots\dots (7)$$

$$(g',h' = 1' \cdots l', i = 1 \cdots n)$$

3. 本 論

n 個の面と l' 個のガスからなる閉空間の m 面上に微小面 p をとり, これを独立の面と考える (m 面は p 面を除いたものをとるべきだが $A_p \rightarrow 0$ の極限を考えるから, そのままにする). そのときは D に相当する行列式は p の項を加えて $n+1$ 階となり

$$C = |\overline{i,j} - \delta_{ij} B_i| \quad (i=1\cdots n, p)$$

$$= \begin{vmatrix} \overline{1,1} - B_1 & \cdots & \overline{1,m} & \cdots & \overline{1,n} & \overline{1,p} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \overline{1,m} & \cdots & \overline{m,m} - B_m & \cdots & \overline{m,n} & \overline{m,p} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \overline{1,n} & \cdots & \overline{m,n} & \cdots & \overline{n,n} - B_n & \overline{n,p} \\ \overline{1,p} & \cdots & \overline{m,p} & \cdots & \overline{n,p} & \overline{p,p} - B_p \end{vmatrix} \dots\dots\dots (8)$$

p と m の面積比を a とおく

$$\frac{A_p}{A_m} = a \dots\dots\dots (9)$$

面またはガス x に対する p と m の単位面積当りの単純

ふく射到着係数の差を $\Delta x_m / A_m$ とする. すなわち

$$\Delta x_m / A_m = \overline{x,p} / A_p - \overline{x,m} / A_m \dots\dots\dots (10)'$$

(9) と (10)' 式から

$$\overline{x,p} = a(\overline{x,m} + \Delta x_m) \dots\dots\dots (10)$$

(9) と (10) 式の関係を用い $A_p \rightarrow 0$ のときの C と D との関係を求めよう. (8) 式の第 $n+1$ 列に (10) 式を代入すると

$$C = a \begin{vmatrix} \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \overline{1,m} & \cdots & \overline{m,m} - B_m & \cdots & \overline{m,p} & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \overline{1,m} + \Delta 1_m & \cdots & \overline{m,m} + \Delta m_m & \cdots & \overline{m,p} + \Delta p_m - B_m' & \cdots \end{vmatrix}$$

ここで

$$B_m' = a B_p = \frac{A_m}{1-\epsilon_p} \dots\dots\dots (11)$$

上の行列式で第 $n+1$ 行から第 m 行を引くと

$$C = a \begin{vmatrix} \overline{1,1} - B_1 & \cdots & \overline{1,n} & \overline{1,p} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \overline{1,n} & \cdots & \overline{n,n} - B_n & \overline{n,p} \\ \Delta 1_m & \cdots & \Delta m_m + B_m & \Delta n_m & \Delta p_m - B_m' \end{vmatrix}$$

$A_p \rightarrow 0$ とするとこの式の第 $n+1$ 行は $\overline{i,p} = 0$, $\Delta p_m = 0$ だから第 $1 \sim n$ 列は 0 , 第 $n+1$ 列は $-B_m'$ になる. それゆえ第 $n+1$ 行で展開すると (4) 式を参照して

$$C = -a B_m' D \dots\dots\dots (12)$$

${}_x C_p$ すなわち C の第 $n+1$ 列を $(-\epsilon_x \overline{i,x}) (i=1\cdots n, p)$ でかえたものを計算する.

$${}_x C_p = \begin{vmatrix} \overline{1,1} - B_1 & \cdots & \overline{1,n} & -\epsilon_x \overline{1,x} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \overline{1,n} & \cdots & \overline{n,n} - B_n & -\epsilon_x \overline{n,x} \\ \overline{1,p} & \cdots & \overline{n,p} & -\epsilon_x \overline{p,x} \end{vmatrix}$$

第 $n+1$ 行に (10) 式を代入すると

$${}_x C_p = \begin{vmatrix} \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \overline{1,m} & \cdots & \overline{m,m} - B_m & \cdots & -\epsilon_x \overline{m,x} & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \left[\overline{a(1,m)} \right] & \cdots & \left[\overline{a(m,m)} \right] & \cdots & \left[-\epsilon_x \overline{a(m,x)} \right] & \cdots \\ \left[+\Delta 1_m \right] & \cdots & \left[+\Delta m_m \right] & \cdots & \left[+\Delta x_m \right] & \cdots \end{vmatrix}$$

第 m 行を a 倍して第 $n+1$ 行から引くと

$${}_x C_p = a \begin{vmatrix} \overline{1,1} - B_1 & \cdots & \overline{1,m} & \cdots & \overline{1,n} & -1, x \epsilon_x \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \overline{1,n} & \cdots & \overline{m,n} & \cdots & \overline{n,n} - B_n & -\overline{n,x} \epsilon_x \\ \Delta 1_m & \cdots & \Delta m_m + B_m & \cdots & \Delta n_m & -\Delta x_m \epsilon_x \end{vmatrix}$$

第 $n+1$ 行で展開すると

$${}_x C_p = a \left[\sum_{i=1}^n (-1)^{n+i+1} \Delta i_m ({}_x C_p)_{i, n+1} + (-1)^{m+n+1} B_m ({}_x C_p)_{m, n+1} - \epsilon_x \Delta x_m ({}_x C_p)_{n+1, n+1} \right] \dots\dots\dots (13)$$

ここで

$$({}_x C_p)_{i, n+1} = \frac{\begin{vmatrix} 1, 1-B_1 \cdots 1, i-1, 1, i+1 \cdots 1, n & -\varepsilon_x 1, x \\ \vdots & \vdots \\ 1, n \cdots i-1, n, i+1, n \cdots \left[\begin{smallmatrix} n, n \\ -B_n \end{smallmatrix} \right] & -\varepsilon_x n, x \end{vmatrix}}{\dots\dots\dots (14)}$$

第 n 列を第 i 列に入れ, 第 i 列以下を 1 列ずらせると
 ${}_x D_i$ の定義を参照して

$$({}_x C_p)_{i, n+1} = (-1)^{n+i} {}_x D_i \quad (i \neq n+1)$$

(6) 式を代入して

$$= \frac{(-1)^{n+i} (i, x) D}{B_i \varepsilon_i} \dots\dots\dots (15)$$

また (14) 式から明らかに

$$({}_x C_p)_{n+1, n+1} = D \dots\dots\dots (16)$$

一方 (6) 式と同様にして

$$(x, p) = (p, x) = \varepsilon_p B_p \frac{{}_x C_p}{C}$$

(15), (16) 式を (13) 式に入れ, これと (12) 式を上式に入れ, (9), (10) 式を用いると

$$\begin{aligned} \frac{(x, p)}{A_p} &= \frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_m} \frac{(x, m)}{A_m} + \varepsilon_p \varepsilon_x \frac{\Delta x_m}{A_m} \\ &+ \varepsilon_p \sum_{i=1}^n \frac{\Delta i_m(x, i) (1-\varepsilon_i)}{\varepsilon_i A_i A_m} \dots\dots\dots (17) \end{aligned}$$

これが求める式である。 $\Delta i_m/A_m = \overline{i, p}/A_p - \overline{i, m}/A_m$ は面またはガス x に対する p と m の平均の単位面積当りの単純到着係数の差で p の座標の関数であるから (x, p) もまたその関数となる。これを用いて熱精算から面 m 上の温度分布または熱束分布が求められる。この計算方法は種々の条件によって変化するがその一例を 4 にかかげる。

普通は p の黒度は面 m の黒度と同じであるが, この場合は (17) 式の右辺第 1 項は主項で平均値である。第 2, 第 3 項が補正值で第 2 項は面またはガス x から直接のもの, 第 3 項は x から他の面に 1 回以上反射したものである。

この式は各面ならびに各ガスの温度ならびに熱束の平均値から考えている面上の総合到着係数の分布を求めた一次近似である。かくして求めた温度または熱束分布からさらに第 2 近似を求めることはできないことはないが実用的にはあまり計算が煩雑すぎよう。

4. 例 題

1) 問題 第 2 図に示す半径 $R=2\text{m}$, 高さ $H=3\text{m}$ の円筒状の炉がある。1 は発熱体, 3 は被熱物, 2 はれんがである。平均温度 T およびふく射黒度 ε は

$$\begin{aligned} T_1 &= 1700^\circ\text{K}, \quad T_3 = 1000^\circ\text{K} \\ \varepsilon_1 &= 0.9, \quad \varepsilon_2 = 0.8, \quad \varepsilon_3 = 0.5 \end{aligned}$$

第 1 図

第 2 図

で, れんが から外部へは $Q_2 = 4900 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ の熱損失がある。また空間は真空である。れんが および被熱物の温度は一応均一と考えて れんが 2 の温度分布を求めよう。

2) 平均温度 まず Hottel によって出された面 2 の平均温度 T_2 を求める。

各面の面積 A および $\rho = 1 - \varepsilon$, $B = \frac{A}{1 - \varepsilon}$ は

①	②	③
$A \text{ 面} = 4\pi$	12π	4π
$\rho \text{ 面} = 0.1$	0.2	0.5
$B \text{ 面} = 40\pi$	60π	8π

途中の計算は省略するが (2) 式の積分を行って

$$\begin{aligned} \overline{1,1} &= 0 \\ \overline{1,2} &= \frac{\pi}{2} H (\sqrt{4R^2 + H^2} - H) \\ &= \frac{\pi}{2} \times 3 \times (\sqrt{4 \times 2^2 + 3^2} - 3) = 3\pi \\ \overline{2,2} &= \pi H (H - \sqrt{4R^2 + H^2} + 2R) \\ &= \pi \times 3 \times (3 - \sqrt{4 \times 2^2 + 3^2} + 2 \times 2) = 6\pi \\ \overline{2,3} &= \overline{1,2} = 3\pi \\ \overline{3,3} &= 0 \\ \overline{1,3} &= A_1 - (\overline{1,1} + \overline{1,2}) = 4\pi - 3\pi = \pi \end{aligned}$$

さて (6) 式で ${}_x D_i$ を少し整理したものに以上の値を入れると

$$(1,2) = \varepsilon_1 \varepsilon_2 B_1 B_2 \frac{D_{12}}{D}$$

$$= \varepsilon_1 \varepsilon_2 B_1 B_2 \begin{vmatrix} \overline{1,2} & \overline{1,3} \\ \overline{2,3} & \overline{3,3-B_3} \end{vmatrix} \\ = 0.9 \times 0.8 \times 40\pi \times 60\pi \begin{vmatrix} \overline{1,1-B_1} & \overline{1,2} & \overline{1,3} \\ \overline{1,2} & \overline{2,2-B_2} & \overline{2,3} \\ \overline{1,3} & \overline{2,3} & \overline{3,3-B_3} \end{vmatrix} \\ = 2.781\pi$$

同様にして

$$(1,3) = 0.5408\pi$$

$$(2,3) = 1.4077\pi$$

$$(1,1) = \varepsilon_1 A_1 - \{(1,2) + (1,3)\} = 0.9 \times 4\pi \\ - (2.781\pi + 0.541\pi) = 0.278\pi$$

同様にして

$$(2,2) = 5.411\pi$$

$$(3,3) = 0.051\pi$$

面2の熱平衡から

$$Q_2 = \frac{(1,2)}{A_2} (E_1 - E_2) + \frac{(2,3)}{A_2} (E_3 - E_2)$$

数値を代入して

$$4900 = \frac{2.718\pi}{12\pi} \times 4.9 \times \{17^4 - (T_2/100)^4\} \\ + \frac{1.4077\pi}{12\pi} \times 4.9 \times \{10^4 - (T_2/100)^4\}$$

これをとくと

$$T_2 = 1538^\circ\text{K}$$

3) れんがの中央 P 点の温度

次のようにおく。ここで x は下面から P までの距離

$$\alpha = H/R = 3/2 = 1.5$$

$$\beta = x/R = 3/2 \div 2 = 3/4 = 0.75$$

$\Delta 1_2$ は途中の計算を省略し

$$\frac{\Delta 1_2}{A_2} = \frac{\overline{1,p_2}}{A_p} - \frac{\overline{1,2}}{A_2} \\ = \frac{1}{2} \left(\frac{2+\beta^2}{\sqrt{4+\beta^2}} - \beta - \frac{1}{2} \sqrt{4+\alpha^2} + \frac{\alpha}{2} \right) \\ = \frac{1}{2} \left(\frac{2+0.75^2}{\sqrt{4+0.75^2}} - 0.75 - \frac{1}{2} \sqrt{4+1.5^2} + \frac{1.5}{2} \right) \\ = -0.0251 \\ \frac{\Delta 2_2}{A_2} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{4+\alpha^2} - \frac{2+\beta^2}{\sqrt{4+\beta^2}} - \frac{2+(\alpha-\beta)^2}{\sqrt{4+(\alpha-\beta)^2}} \right) \\ = +0.0502$$

$$\frac{\Delta 3_2}{A_2} = - \left(\frac{\Delta 1_2}{A_2} + \frac{\Delta 2_2}{A_2} \right) = -0.0251$$

(17)式に代入して

$$\frac{(1,p)}{A_p} = \frac{(1,2)}{A_2} + \varepsilon_2 \left\{ \varepsilon_1 + \frac{(1,1)}{\varepsilon_1 B_1} \right\} \frac{\Delta 1_2}{A_2} \\ + \frac{(1,2)}{B_2} \frac{\Delta 2_2}{A_2} + \frac{\varepsilon_2 (1,3)}{\varepsilon_3 B_3} \frac{\Delta 3_2}{A_2} \\ = \frac{2.781\pi}{12\pi} + 0.8 \left\{ 0.9 + \frac{0.278\pi}{0.9 \times 40\pi} \right\} \\ \times (-0.0251) + \frac{0.2781\pi}{60\pi} \times 0.0502 \\ + \frac{0.8 \times 0.5408\pi}{0.5 \times 8\pi} \times (-0.0251) \\ = 0.2129$$

同様に

$$\frac{(2,p)}{A_p} = 0.4233$$

$$\frac{(3,p)}{A_p} = 0.1079$$

面2の熱平衡から

$$Q_2 = \frac{(1,p)}{A_p} (E_1 - E_p) + \frac{(2,p)}{A_p} (E_2 - E_p) \\ + \frac{(3,p)}{A_p} (E_3 - E_p)$$

$$4900 = 0.2129 \times 4.9 \{17^4 - (T_p/100)^4\} \\ + 0.4233 \times 4.9 \{15.38^4 - (T_p/100)^4\} \\ + 0.1079 \times 4.9 \{10^4 - (T_p/100)^4\}$$

これから $T_p = 1537^\circ\text{K}$

同様にして図の M, N, Q, R の各点の温度を求められる。結果は、

		温度 °K	差
上	T_m	1597	31
上中	T_n	1566	29
中	T_p	1537	29
下中	T_q	1508	33
下	T_r	1475	
以上の単純平均		1537	
2) による平均	T_2	1538	

これをみると上下の温度は約 $1597 - 1475 = 122^\circ\text{C}$ ある。これは耐火れんがの S-K 番号にすると 4~6 番にあたる。それゆえこの種の炉では上と下で耐火度の異なるれんがを用いることが必要である。

この例ではほぼ上下の温度は直線的に変化し、しいていえば上部および下部の方が中央より変化の割合が激しい。発熱体1は温度が均一であると仮定したが、電熱線のように熱束が均一の場合は同様な方法でその

中の温度分布が計算できるし、被熱物 3 はかくはんされて温度が均一であるが、この場合は場所による熱束の分布も計算できる。

空間が真空の場合は発熱体の温度分布は中央が周辺より低いから、この影響を考えると れんが 2 の上下の温度分布は計算値よりも開き、その中に気体のあるときは対流で れんが の上下の温度差はせばまるであろう。

5. 結 論

従来ふく射を受ける面上の温度は均一と仮定して計

算されているが例題では一つの面でも温度の最高最低では 120°C 違う。これは れんが の番号 S・K で 4~6 番に相当する。それゆえ高温の炉では同一の壁でも場所によって れんが をかえる必要がある。本文はこれの計算方法などを示したものである。

計算は小林保雄君に負うところが多い。ここで感謝の意を表する。

文 献

- (1) McAdams, *Heat Transmission*, 3rd ed.
- (2) Hottel, *Am. Inst. Chem. Engg. J.*, 4. 1 (1958), 3.

621. 436. 068

ディーゼル機関の排気吹出しエネルギー測定の一方法*

長尾不二夫**, 島 本 譲**, 大林秀彦***

A Method of Measuring the Exhaust-Gas Energy Available to Turbocharging of a Diesel Engine

by Fujio NAGAO, Yuzuru SHIMAMOTO,
and Hidehiko ŌBAYASHI

The measurement of the exhaust-gas energy is essential for the design of turbochargers. However, its direct measurement is next to impossible. The present authors have devised a simple method for this purpose. A part of the exhaust gas is extracted to expand to the atmosphere through a small measuring nozzle similar to the turbine nozzle. The momentum of the extracted gas is measured by the thrust on the cage, made up with piles of aluminum rings and a disc lined with wire gauzes, and the flow rate through an orifice. Thus the average ejecting velocity from the nozzle can be calculated. It was confirmed that the exhaust-gas energy can be measured with tolerable accuracy by the above mentioned method.

1. 緒 言

排気タービン過給ディーゼル機関において、タービンに対して利用の対象となるタービンノズル入口の排気有効エネルギーを測定することは、排気タービンの効率あるいは機関と過給機の組合せの適合性などを知る上にも必要である。しかし動圧過給方式の機関では排気有効エネルギーの大部分が排気吹出し期間に与えられ、排気の流れが脈動しているので、排気有効エネルギーを測るにはタービンノズル入口の排気ガス圧力、温度および流量の瞬間値を測定せねばならず、とりわけ

排気温度の測定に非常な困難をとまなう。この研究は排気タービンに流入するのと相似な状態で、排気タービンに近い排気管の一部より排気ガスを抽出して外部に噴出させ、その噴出ガスの運動量および流量の平均値を測定して噴出平均速度を求めれば、排気ガス温度、流量などの瞬間値を測定することなく、容易に排気有効エネルギーを知ることができると考えられるので、かかる方法について検討したものである。

2. 測 定 方 法

第 1 図は使用した装置の概要である。四サイクル・ディーゼル機関(単シリンダ、シリンダ $140\phi\times 200$)の排気管 A (直径 53ϕ) に、排気タービンに相当するノズル B が設けてある。排気管と平行に取付けられた

* 昭和 33 年 5 月 31 日 第 648 回講演会において講演、原稿受付 昭和 33 年 9 月 11 日。

** 正員、京都大学工学部(京都市左京区吉田本町)。

*** 准員、京都大学工学部。