621.438.013

ガスタービン用燃焼器の流動抵抗について*

棚沢 泰** 手島恒男*** 田村善助****

On the Fluid Resistance of Gas Turbine Combustor

by Yasusi TANASAWA, Tuneo TESIMA and Zensuke TAMURA

As the existing formula for the total pressure drop ΔP in the gas turbine combustor,

$$\Delta P = \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} \left\{ C_1 + C_2 \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \right\} \dots \dots \dots (1)$$

includes the total pressure drop ΔP_M due to the momentum change of the gas flow, the physical meaning of the resistance coefficient C_2 becomes doubtful.

Therefore, the authors tried to divide ΔP into the net pressure drop δP due to the pure resistance and the pressure drop ΔP_M due to the momentum change in the air flow accompanying combustion as follows:

$$\Delta P = \delta P + \Delta P_M = \delta P + \frac{1}{2g} (\gamma_2 v_2^2 - \gamma_1 v_1^2) \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{and} \quad \delta P = C_{r1} \cdot \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} = C_{r2} \frac{\gamma_2 v_2^2}{2g} = C_{rm} \frac{\gamma_m^2 v_m^2}{2g} = \delta p \dots \dots \dots (3)$$

where P = the total press., p = static press., γ = the specific weight of the air or the gas, v = the mean velocity of flow, T = the temp. of the air or the gas, and suffix 1 = the inlet, 2 = the outlet, m = the adequate mean position,

assuming that the combustor provides pipes of equal cross sectional areas both at the inlet and the outlet.

The values of resistance coefficients C_{r1} , C_{r2} and C_{rm} are determined experimentally with various types of heated coils, throttle plates and mixing plate, using the electric heater instead of the combustion of fuels to get higher accuracy in the measurement.

From these experiments, it can be concluded that the total pressure drop ΔP of the heated gas can be estimated from the resistance coefficient C_{r0} of the cold state with

$$\Delta P \cong C_{r0} \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} \left\{ \frac{\alpha}{\alpha + \beta} + \frac{\beta}{\alpha + \beta} \left(\frac{T_2}{T_1} \right) \right\} + \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \dots \dots \dots (4)$$

if coefficients α , β are properly chosen, without measuring the troublesome mean total pressure drops at all points of the cross section of the outlet pipe.

Or, the properties of resistances can be analyzed from the values of α and β , when the total pressure drop ΔP has been measured.

1. 緒 言

ガスタービン用燃焼器内のせき止圧降下 ΔP を従来

$$\Delta P = \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} \left\{ C_1 + C_2 \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \right\} \dots \dots \dots (1)$$

という式, すなわち入口動圧を基準にして加熱時のせき止圧降下がその何倍になるかで表わしている。

しかし抵抗係数 C_2 の中には加熱による運動量変化のための圧力降下と, 加熱によって生ずる流動抵抗の

変化のための圧力損失が含まれているので, その物理的内容が不明りょうとなり, 測定結果も区々となっている⁽¹⁾。

著者らはせき止圧降下 ΔP を加熱による運動量変化のための圧力降下 ΔP_M と流動抵抗の変化による純粋な圧力損失 δP とに分けて考え, δP が流速や加熱度によってどのように変るかを測定して, C_1 , C_2 の物理的内容を明らかにすると同時に (1) 式よりすぐれた表示を求めることを試みた。

2. 抵抗係数の表示法

第 1 図のように燃焼器の前後に等断面積の管 1, 2 を

* 昭和 30 年 10 月 16 日 東京秋期講演大会において講演, 原稿受付 昭和 30 年 11 月 20 日.

** 正員, 東北大学工学部.

**** 准員, 東北大学工学部.

第1図 圧力降下の定義

つけ, その管のせき止圧降下 $\Delta P = P_1 - P_2$ と静圧降下 $\Delta p = p_1 - p_2$ を測ったとすると,

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_1 - P_2 = (P_1 - P_2') + (P_2' - P_2) \\ &= \Delta P_M + \delta P \end{aligned} \quad (2)$$

ここに P_2' は 1~2 間に抵抗のない場合の出口せき止圧を示す。

(2) の中の $(P_1 - P_2')$ は 1~2 間に抵抗のないときの圧力降下で, これは加熱による運動量増加 ΔP_M に等しく, $(P_2' - P_2)$ は流動抵抗による純粹の圧力損失 δP に等しい。

静圧についても同様な考え方をすると,

$$\Delta p = p_1 - p_2 = (p_1 - p_2') + (p_2' - p_2) = \Delta p_M + \delta p \quad (3)$$

$\gamma \text{ kg/m}^3$ = 空気の比重, $v \text{ m/s}$ = 空気の流速とすれば 1~2 間の連続の式は

$$\gamma_1 v_1 = \gamma_2 v_2 = \text{一定} \quad (4)$$

$$\text{運動の式は } \int dp = - \int \frac{\gamma v}{g} dv \quad (5)$$

(5) 式に (4) 式を入れて入口から出口まで積分すれば

$$p_1 - p_2 = (\gamma_2 v_2^2 - \gamma_1 v_1^2) / g \quad (6)$$

となる。

(6) 式は空気流の加熱によって運動量が増加したための圧力降下 Δp_M にほかならない。

運動量変化によるせき止圧降下 ΔP_M は

$$\begin{aligned} \Delta P_M &= P_1 - P_2' = \left(p_1 + \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} \right) - \left(p_2' + \frac{\gamma_2 v_2^2}{2g} \right) \\ &= (p_1 - p_2') + \left(\frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} - \frac{\gamma_2 v_2^2}{2g} \right) \\ &= \frac{1}{2g} (\gamma_2 v_2^2 - \gamma_1 v_1^2) \end{aligned} \quad (7)$$

(6), (7) を (3), (2) 式に代入すると

$$\Delta P = \delta P + (\gamma_2 v_2^2 - \gamma_1 v_1^2) / 2g \quad (8)$$

$$\Delta p = \delta p + (\gamma_2 v_2^2 - \gamma_1 v_1^2) / g \quad (9)$$

しかるに (8) 式を書きかえると

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_1 - P_2 = \left(p_1 + \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} \right) - \left(p_2 + \frac{\gamma_2 v_2^2}{2g} \right) \\ &= (p_1 - p_2) + (\gamma_1 v_1^2 - \gamma_2 v_2^2) / 2g \\ &= \delta p + (\gamma_2 v_2^2 - \gamma_1 v_1^2) / 2g \end{aligned} \quad (10)$$

となる。

(8) 式と (10) 式から

$$\delta P = \delta p \quad (11)$$

が得られる。

流体力学では圧力損失を普通入口動圧を基準にして

$$\delta P / (\gamma_1 v_1^2 / 2g) = \delta p / (\gamma_1 v_1^2 / 2g) = C_{r1} \quad (12)$$

において, C_{r1} を抵抗係数とよんでいる。

しかし, この係数は必ずしも入口動圧を基準にせずとも, 出口動圧を基準にすることも, また入口と出口の動圧の適当な平均値を基準にすることも考えられる。ガスタービンの燃焼器のような場合にはむしろ出口動圧などを基準にする方が便利なが多いので著者らはさらに,

$$\delta P = \delta p = C_{r2} \frac{\gamma_2 v_2^2}{2g} \quad (13)$$

$$= C_{rm} \frac{\gamma_m v_m^2}{2g} \quad (14)$$

とおき, 出口および平均に対する抵抗係数 C_{r2} , C_{rm} を定義することとした。

これらの係数を使うと,

$$\Delta P = C_{r1} \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} + \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \quad (15)$$

$$= C_{r2} \frac{\gamma_2 v_2^2}{2g} + \frac{\gamma_2 v_2^2}{2g} \left(1 - \frac{T_1}{T_2} \right) \quad (16)$$

$$= C_{rm} \frac{\gamma_m v_m^2}{2g} + \frac{\gamma_m v_m^2}{2g} \left(\frac{T_2 - T_1}{T_m} \right) \quad (17)$$

$$\Delta p = C_{r1} \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} + \frac{\gamma_1 v_1^2}{g} \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \quad (18)$$

$$= C_{r2} \frac{\gamma_2 v_2^2}{2g} + \frac{\gamma_2 v_2^2}{g} \left(1 - \frac{T_1}{T_2} \right) \quad (19)$$

$$= C_{rm} \frac{\gamma_m v_m^2}{2g} + \frac{\gamma_m v_m^2}{g} \left(\frac{T_2 - T_1}{T_m} \right) \quad (20)$$

となる。

通風試験のときには $\gamma_1 v_1^2 / 2g = \gamma_2 v_2^2 / 2g$ であるから, そのときの抵抗係数を C_{r0} とすると圧力損失は,

$$\delta P_0 = \delta p_0 = C_{r0} \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} = C_{r0} \frac{\gamma_2 v_2^2}{2g} \quad (21)$$

となる。

圧力損失 δP の流速や加熱度についての変化をしらべるには以上のように定義した抵抗係数 C_{r0} , C_{r1} , C_{r2} , C_{rm} の変化をしらべると便利である。

3. 実験装置と方法

元来せき止圧降下から求めた抵抗係数 C_r と静圧降下から求めた抵抗係数 C_r とは理論的には (12) 式から明らかなように当然一致すべきものであるが, 実際の燃焼器を測定した結果では必ずしも一致していない。

たとえば第2図は, 第1図のような円筒型燃焼器の実験結果である。(1) は静圧降下を入口動圧で割った値, すなわち静圧降下係数であり, (3) はせき止圧降下を入口動圧で割った値, すなわちせき止圧降下係数である。(1) を基にして (18) 式によって, 抵抗係数 C_{r1} を求めると, (2) となり, (3) を基にして (15) 式によって C_{r1} を求めると, (4) となって当然一致する

第 2 図 円筒型燃焼器の圧力降下係数と抵抗係数

はずのものが一致していない。

この不一致の第 1 の原因は、正確なせき止圧の平均が得られないためである。すなわち出口管でのせき止圧は断面の場所々々でちがうから、その平均値を正確に測らなければならないが、実際の測定では数多のピトー管を入れることが困難のため不正確となる。

第 2 の原因は、燃料を燃やすため、燃焼温度が時々刻々多少変化して真の定常状態が得られないためである。

これらの不正確さを除くため実験装置として、燃料を燃焼させる代りに電熱器で気流を加熱する第 3 図のような装置を用いた。送風機から送り込まれた空気は薄刃オリフィス・メータ 1 を通り、電熱器 5 で加熱され、絞り板 7 を通って管外に排出される。入口温度は熱電対 2 出口温度は管断面を 12 等分し、その各中心に 12 個そう入した熱電対 8 の平均をとって求める。

第 3 図 実験装置

入口せき止圧、出口せき止圧は、熱電対 8 と同様に管断面を 12 等分し、その中心にそれぞれそう入されたピトー管 3, 9 の平均をとって求める。

管内の静圧分布を測定した結果第 4 図のように管断面で一様であったので、静圧は管壁にあげられた静圧取出し穴 4, 6, 10 から測定した。

第 4 図 管内静圧分布

第 5 図 圧力降下係数と抵抗係数

電熱器入口と管出口の温度降下を防ぐために、その範囲の管壁を保温材 11 で保温した。

絞り板を取除いた電熱器だけの場合のせき止圧降下と静圧降下を求めて、入口動圧に対する静圧降下係数 (1)、入口動圧に対するせき止圧降下係数 (2)、静圧損失から求めた C_{r1} (3)、せき止圧損失から求めた C_{r1} (4) とを温度比に対してプロットすると第 5 図のようになり、(3) と (4) が完全に一致した。

(3) と (4) の一致は (12) 式から明らかなようにせき止圧損失 δP と静圧損失 δp との一致を意味している。したがって測定の比較的面倒な δP を測定する代りに測定の容易な δp を測定して抵抗係数を求め、温度比とレイノルズ数で整理してその物理的内容を明らかにした。

4. 電熱器の抵抗係数

絞り板を取除いた電熱器だけが管内にある場合の抵抗係数 C_{r0} , C_{r1} , C_{r2} を求めると第 6 図、第 7 図、第 8 図のようになる。

加熱量を変えないで入口の速度 v_1 、温度 T_1 を変えた場合も、 v_1 , T_1 を変えないで加熱量を変えた場合もともに第 6 図に示されているように温度比が増すにつれて C_{r1} は増加し、 C_{r2} は減少した。

加熱量を変えないで v_1 , T_1 を変えた場合の実験結果をレイノルズ数で整理すると、第 7 図のようになる。

第 6 図 電熱器の抵抗係数

第 7 図 電熱器の抵抗係数

すなわちレイノルズ数の減少とともに C_{r0} は一定であるが, C_{r1} は増加し, C_{r2} は減少した。

v_1, T_1 を変えないで加熱量を変えた場合には, 加熱量を増加すれば, レイノルズ数は減少し, 第 8 図のようになる。 C_{r1} は入口レイノルズ数 Re_1 = 一定の線上を加熱量の増加とともに増加し, C_{r2} は加熱量の増加とともに減少した。

第 8 図 電熱器の抵抗係数

$C_{r1} = \delta P / (\gamma_1 v_1^2 / 2g)$ が加熱度とともに増すのは, 基準にとった入口動圧 $\gamma_1 v_1^2 / 2g$ は加熱度によって変らないのに, 燃焼器内の流速は加熱度とともに増し, そのため圧力損失 δP も増したためである。

逆に $C_{r2} = \delta P / (\gamma_2 v_2^2 / 2g)$ が加熱度とともに減るのは, 出口動圧 $\gamma_2 v_2^2 / 2g$ が加熱によって非常に大きくなるのに, 燃焼器内の流れには, 加熱されない部分もあるので, 全体として δP は出口動圧ほどは増さないた

めである。

第 6, 7, 8 図の実験結果から

$$C_{r0} \cong \frac{1}{2}(C_{r1} + C_{r2}) = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\delta p}{(\gamma_1 v_1^2 / 2g)} + \frac{\delta p}{(\gamma_2 v_2^2 / 2g)} \right\} \quad (22)$$

$$R_{e0} \cong (R_{e1} + R_{e2}) / 2 \quad (23)$$

が成立することがわかる。

平均動圧として

$$\frac{\gamma_m v_m^2}{2g} = \frac{1}{2} \left(\frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} + \frac{\gamma_2 v_2^2}{2g} \right) \quad (24)$$

とおき, (22) 式を使うと

$$\begin{aligned} \Delta P &= C_{rm} \frac{\gamma_m v_m^2}{2g} + \frac{1}{2g} (\gamma_2 v_2^2 - \gamma_1 v_1^2) \\ &\cong C_{r0} \frac{\gamma_1 v_1^2}{4g} \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) + \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \end{aligned} \quad (25)$$

となる。すなわち通風試験のときの抵抗係数 C_{r0} と入口の状態 v_1, γ_1, T_1 , 出口温度 T_2 を与えるとせき止圧降下 ΔP は実測しなくとも (25) 式から計算によって求めることができる。

5. 絞り板の抵抗係数

第 3 図のように電熱器と絞り板を組合わせた場合には, 電熱器で加熱された気流が絞り板を通るから温度の高い部分に抵抗が多くなる。この場合の実験結果を第 9 図に示した。

C_{r0} と C_{r2} の間隔は C_{r0} と C_{r1} の間隔に比べて小さくなり,

第 9 図 出口部分に抵抗の多い場合の抵抗係数

$$\frac{C_{r1} - C_{r0}}{C_{r0} - C_{r2}} = \frac{R_{e1} - R_{e0}}{R_{e0} - R_{e2}} \cong 4.7 \quad (26)$$

という関係になっている。第 4 節の電熱器だけの場合にはこれらの比が 1 であったが, 絞り板を電熱器の後に入れた場合には 1 より大きくなった。このことは抵抗の大きさに関係するものと思われるので, 通風試験のときの電熱器だけの圧力損失 δp_H と絞り板だけの圧力損失 δp_s とを測定し, $(\delta p_s + \delta p_H / 2) / (\delta p_H / 2)$ の値をレイノルズ数に対してプロットすると, 第 10 図

のようにレイノルズ数の変化に対して一定で、その値の平均は 4.7 になり、(26) 式の $(C_{r1}-C_{r0})/(C_{r0}-C_{r2})$, $(R_{e1}-R_{e0})/(R_{e0}-R_{e2})$ の値と一致している。

第 10 図 通風時の圧力降下の比

$(\delta p_s + \delta p_H/2)/(\delta p_H/2)$ は電熱器の前半部が入口温度 T_1 にさらされ、電熱器の後半部と絞り板が出口温度 T_2 にさらされるものと仮定した場合の、 T_1 にさらされる部分の圧力損失と、 T_2 にさらされる部分の圧力損失との比をあらわしている。電熱器だけの場合には $(\delta p_s + \delta p_H/2)/(\delta p_H/2)$ の値は $\delta p_s = 0$ となるから 1 になり、第 4 節の実験結果とよく一致している。すなわち第 4 節の電熱器だけの場合は、入口部分の抵抗と出口部分の抵抗が等しい特殊な場合に相当する。

以上の結果の意味を拡張して、燃焼器内の抵抗を便宜上二つに分け、一部は入口温度 T_1 にさらされると仮定して、その抵抗を α 、他の部は出口温度 T_2 にさらされると仮想してその抵抗を β とすると、一般に

$$\frac{C_{r1}-C_{r0}}{C_{r0}-C_{r2}} = \frac{R_{e1}-R_{e0}}{R_{e0}-R_{e2}} = \frac{\beta}{\alpha} \quad (27)$$

となる。

すなわち

$$C_{r0} = \frac{\alpha C_{r1} + \beta C_{r2}}{\alpha + \beta} = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} + \frac{\beta}{\alpha + \beta} \frac{\gamma_2 v_2^2}{2g} \quad (28)$$

で表わされる。

平均動圧を

$$\begin{aligned} \frac{\gamma_m v_m^2}{2g} &= \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} + \frac{\beta}{\alpha + \beta} \frac{\gamma_2 v_2^2}{2g} \\ &= \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} \left\{ \frac{\alpha}{\alpha + \beta} + \frac{\beta}{\alpha + \beta} \left(\frac{T_2}{T_1} \right) \right\} \quad (29) \end{aligned}$$

として (28) 式を使うと

$$\begin{aligned} \Delta P &= C_{rm} \frac{\gamma_m v_m^2}{2g} + \frac{1}{2g} (\gamma_2 v_2^2 - \gamma_1 v_1^2) \\ &\cong C_{r0} \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} \left\{ \frac{\alpha}{\alpha + \beta} + \frac{\beta}{\alpha + \beta} \left(\frac{T_2}{T_1} \right) \right\} \\ &\quad + \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \quad (30) \end{aligned}$$

となる。すなわち C_{r0} , γ_1 , v_1 , T_1 , T_2 が与えられ、 α , β が仮想される場合には、 ΔP は実測しなくとも

(30) 式から計算で求まる。

絞り板を電熱器の前に置いたような場合には、送風機から送り込まれた加熱されない気流が絞り板を通るから冷い部分の抵抗が多くなる。この場合の実験結果を第 11 図に示した。

第 11 図 入口部分に抵抗の多い場合の抵抗係数

この場合には、 C_{r0} と C_{r2} の間隔は C_{r0} と C_{r1} の間隔に比べて大きくなり、

$$\frac{C_{r1}-C_{r0}}{C_{r0}-C_{r2}} = \frac{R_{e1}-R_{e0}}{R_{e0}-R_{e2}} \cong 0.2 \quad (31)$$

になっている。

6. 混合の抵抗係数

冷い空気流と、熱い空気流との混合によって生ずる圧力損失 δp を測定する装置が第 12 図の装置である。

第 12 図 実験装置

第 13 図 混合の抵抗係数

第14図 混合の抵抗係数

送風機から送り込まれた空気は、穴のあいた混合板5によって2分され、一方は電熱器4で加熱され、他方は冷いまま通り抜け、混合板の穴を通し、また混合板の後方で混合するようにしてある。1は薄刃オリフィス・メータ、2, 6は熱電対、3, 7は静圧取出し穴、8は保温材である。

静圧降下 Δp を静圧取出し穴 3, 7 から測定し、 C_{r0} , C_{r1} , C_{r2} を求めると、第13図、第14図のようになり、第4節の電熱器の抵抗係数と同じような傾向を示した。

7. 実験結果の考察

せき止圧降下を求める一般の近似式は(30)式、すなわち

$$\Delta P \cong C_{r0} \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} \left\{ \frac{\alpha}{\alpha + \beta} + \frac{\beta}{\alpha + \beta} \left(\frac{T_2}{T_1} \right) \right\} + \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right)$$

で、平均温度 T_m は(29)式から

$$T_m = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} T_1 + \frac{\beta}{\alpha + \beta} T_2 \quad (32)$$

となる。

計算でせき止圧降下を求めるには、まず入口の状態 v_1 , γ_1 , T_1 , 出口温度 T_2 と α , β を与えると(32)式から平均温度 T_m が求まる。 T_m が求まると、動粘性係数 ν_m が求まり

$$Re_m = \frac{dv_m}{\nu_m} = \frac{d}{\nu_m} \cdot v_1 \left(\frac{T_m}{T_1} \right) \quad (33)$$

から平均レイノルズ数が求まる。

$$C_{r0} \cong C_{rm} = f(Re_m) \quad (34)$$

から C_{r0} が求まる。この C_{r0} と γ_1 , T_1 , v_1 , T_2 , α , β を(30)式に代入すれば ΔP が求められる。

また逆に ΔP を測って α , β を求めれば、燃焼器の抵抗を入口温度 T_1 にさらされると仮想される部分と出口温度 T_2 に影響される部分に分析することができる。燃焼器を改良する資料をうることができる。

たとえば第1図の円筒型燃焼器に対して(30)式の α , β を $\beta/\alpha = 4/6, 3/7, 2/8, 1/9$ として計算すれば第15図のような曲線群となり、実験値は $\beta/\alpha = 2.2/7.8$ とした線とよく一致している。この燃焼器では T_1 にさらされる部分の抵抗が T_2 にさらされる部分の抵抗に比べて約3.5倍ほど大きいことがわかる。

8. 結 論

1. せき止圧降下 ΔP を次式

$$\Delta P = \delta P + \Delta P_M$$

のように流動抵抗による純粋の圧力損失と運動量増加のための圧力降下に分けて考えた。

2. 測定のむずかしいせき止圧降下を測定しなくとも壁面からの静圧降下より抵抗係数 C_r を求めることができる。

3. 純粋の圧力損失 δP は v_1 , T_1 が変わらなくとも T_2 の増加によって増加する。 δP を抵抗係数の形であらわすと、特殊の場合を除くと、 C_{r1} は加熱度の増加によ

第15図 実験式と実験値の比較

て増加するが、 C_{r2} は減少する。

4. 加熱の影響を受けない入口の部分の抵抗を α , 加熱の影響を受ける出口の部分の抵抗を β とし、平均温度 T_m を

$$T_m = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} T_1 + \frac{\beta}{\alpha + \beta} T_2$$

とすれば同一レイノルズ数 Re_m に対して

$$C_{rm} \cong C_{r0}$$

となる。

5. 通風試験の抵抗係数 C_{r0} を実測しておき、 v_1 , T_1 , T_2 を与え、 α , β を適当に定めることにより、加熱した場合のせき止圧降下を直接測定しなくとも

$$\Delta P \cong C_{r0} \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} \left\{ \frac{\alpha}{\alpha + \beta} + \frac{\beta}{\alpha + \beta} \left(\frac{T_2}{T_1} \right) \right\} + \frac{\gamma_1 v_1^2}{2g} \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right)$$

の式から計算で求めることができる。

6. また逆に C_{r0} , γ_1 , T_1 , v_1 , T_2 , ΔP を実測すると(30)式から α , β が求まり、燃焼器の加熱の影響を受けない部分の抵抗と加熱の影響を受ける部分の抵抗がわかるから燃焼器を改良する場合の資料が得られる。

文 献

- (1) J.H. Childs, R.J. McCafferty and O.W. Surine, NACA, TN, No. 1357, July, 1947.
I.I. Pinkel and H. Shames, NACA, TN, No. 1180, Feb. 1947.