

底島建設正員 藤本和義
 矢野信太郎
 高橋幸一

1. まえがき

煙突、化学プラント等の排煙は、非常に高温になる場合があり、安全性の面からその熱拡散現象を的確に把握する必要がある。そこで、本研究は排煙の熱拡散を容易に予測することのできるプログラムの開発を試みたものである。本解析モデルでは、まず、湾曲ジェットのカ学モデルを考え、このモデルを用いて、排煙の中心軸の軌跡、各断面の平均温度および拡散幅を求め、次に正規分布モデルを仮定して排煙の平均温度を正規分布に変換することにより、排煙の温度分布を求めている。このように二段階に分けて考えることにより、短い計算時間で容易に、排煙密度の変化を考慮した温度分布を予測することが可能になる。特に、連続式においても密度の変化を考えているので、密度変化の著しい高温排煙の温度分布予測に適している。なお、解析モデルで用いたパラメータは、本研究開発の一連の実験として行なわれた風洞実験の結果により決定した。

2. 解析モデル

(1). 湾曲ジェットの力学モデル

座標軸および各変数の取り方は図-1に示すとおりであり、

以下のような仮定を設けた。

1. 排煙断面内の速度と温度分布は一様である。
2. 排煙および主流の圧力は一定で大気圧に等しい。
3. 排煙断面は円形である。
4. 排煙の中心線の曲率半径は排煙の幅に比べて大きい。

以上の仮定に基づき、フルームの湾曲ジェットの力学モデルとして

以下に述べる、連続式、運動量式、力の釣り合い式、エネルギー式

状態式、エントレイメント関数、渦対モーメント関係式、熱伝達率関係式を考える。

i) 連続式

$$E = \frac{d(\pi r_j^2 U_j)}{ds} \quad \text{---- (1)}$$

ii) 運動量式

$$C_E E U_m \cos \theta = \frac{d(\pi r_j^2 U_j^2)}{ds} \quad \text{---- (2)}$$

iii) 力の釣り合い式

$$\frac{\pi r_j^2 U_j^2}{\gamma} = \frac{1}{2} C_D \rho_m U_m^2 \cdot 2 r_j \cdot \sin^2 \theta$$

$$+ C_E E U_m \sin \theta - \pi r_j^2 g (\rho_m - \rho_j) \cos \theta \quad \text{---- (3)}$$

iv) エネルギー式

$$E \left(\frac{1}{2} U_m^2 + J C_p T_m \right) + 2 \pi r_j J \alpha (T_m - T_j)$$

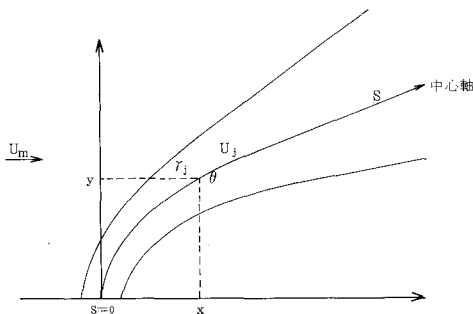


図-1 座標系

$$- 2 \pi r_j J \epsilon_0 T_j^4$$

$$= \frac{d}{ds} \left\{ \pi r_j^2 U_j \left(\frac{1}{2} U_j^2 + J C_p T_j \right) \right\} \quad \text{---- (4)}$$

v) 状態式

$$r_j T_j = C_v \quad \text{---- (5)}$$

vi) エントレイメント関数

$$E = E_1 \rho_m r_j |U_j - U_m \cos \theta| + E_2 \rho_m \frac{U_j^2}{r_j} \quad \text{---- (6)}$$

vii) 渦対モーメント関係式

$$\frac{d\alpha}{ds} = \frac{E}{\rho_m} \sin \theta \quad \text{---- (7)}$$

viii) 熱伝達率

$$\alpha = \frac{\lambda Nu}{r_j} \quad \text{---- (8)}$$

ここで

$$Nu = 0.46 \left(\frac{U_m \cdot 2r_j}{\nu} \right)^{0.5} + 0.00128 \left(\frac{U_m \cdot 2r_j}{\nu} \right)$$

E : 主流から排煙への流入量

ρ_j : 排煙の密度

r_j : 排煙の半径

U_j : 排煙の流速

U_m : 排煙の角度

ξ : 排煙の曲率半径

ρ_m : 大気密度

(2) 正規分布モデル

二、三の仮定より、本解析では次の正規分布モデルを用いた。

$$T(r) - T_m = 2.313 (T_j - T_m) \exp\left(-\frac{2r^2}{r_j^2}\right) \quad (9)$$

ここで、

$T(r)$: 中心軸から r 離れた点の温度

r : 中心軸からの距離

3. パラメータの検討および計算例

湾曲ジェットのカラムモデルの方程式系には、四つのパラメータ C_D , C_E , E_1 , E_2 を含んでおり、これらは実験定数であり、何らかのデータより決定しなければならない。その中で、 E_1 は Wooler が行ったように、大気中に吹き出される排煙に対する結果に基づいて決定するのが合理的であり、次の値を用いた。他の三つについては、風洞実験の結果より次のように求めた。

$$E_1 = 0.16 \pi$$

$$C_E = 0.45$$

$$E_2 = 0.85 \left(\frac{\rho_j V_j^2}{\rho_m U_m^2} \right)^{-0.253}$$

$$C_D = 1.27 \left(\frac{\rho_j V_j^2}{\rho_m U_m^2} \right)^{0.304}$$

測定値と計算値の比較を図-2に示し、代表的な計算例のプロッター図を図-3に示す。以上より、本解析モデルによって、排煙の熱拡散の予測が容易に行なえるようになったと考えられる。

