

京大 工 正員 平岡正勝
 京大 工 正員 池田有光
 ○京大 工 学生員 岡部義信

1. はじめに

汚染物質の大気中伝播過程に関する研究は、その濃度予測をする上で重要な問題である。現在そのメカニズムを解明するために、風洞実験・屋外観測等が行われているが、その中で特にここで水理模型による方法を取り上げたのは、対象が同じく流体であり、しかも小型で取り扱いが容易で、特定の現象のみに注目するならば、大気との相似性を十分満たすであろうと考えたからである。

従来の研究では、物質の伝播過程において、自然対流と強制対流の両者が同時にその役割を果たすという形のものはほとんど報告されていない。そこで、ここでは強制対流が存在し、しかも水平な底面には熱源があり、不安定成層をなしている流れ中での物質及び熱拡散について考察する。ただその場合、境界層方程式を立てるわけであるが、底面と流体本体との温度差 ΔT が大きく、自然対流による鉛直方向の流速が水平方向の流速に比べて無視できない場合は境界層方程式が成り立たなくなる。そこで、今は ΔT を小さくして、不安定成層をなしているが、浮力の効果による鉛直方向の流速が水平方向の流速に比べて無視できる場合について考える。

以上のような条件の下で実験を行い、数値計算と合わせて、安定度の変化に伴う拡散係数の変化を評価し、同時に温度境界層の形成、流速分布、濃度分布の変化を評価して、大気中における同現象に相似させるのが本研究の目的である。

2. 基礎式とその計算

先に述べた条件を、Boussinesq 近似を導入して、境界層方程式で表現すると次のようになる。

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (1)$$

$$0 = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + g \beta \Delta T \quad (2)$$

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial z} = 0 \quad (3)$$

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\alpha \frac{\partial T}{\partial z} \right) \quad (4)$$

$$u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial C}{\partial z} \right) \quad (5)$$

x : 水平方向の座標, z : 鉛直方向の座標

u, v : 水平、鉛直方向の流速, T : 温度, C : 濃度, ρ : 密度

g : 重力加速度, β : 膨張率, ν : 動粘性係数, α : 熱拡散係数, D : 拡散係数

境界条件は

$$\text{B.C. 1} \quad \text{at } x=0 \quad u = A z^p \quad T = T_\infty \quad C = M \delta(z-h)$$

$$\text{B.C. 2} \quad \text{at } z=0 \quad u = v = 0 \quad T = T_0 \quad \frac{\partial C}{\partial z} = 0$$

$$\text{B.C. 3} \quad \text{as } z \rightarrow \infty \quad u \rightarrow u_\infty \quad T \rightarrow T_\infty \quad C \rightarrow 0 \quad p \rightarrow \text{const} \quad \text{である。}$$

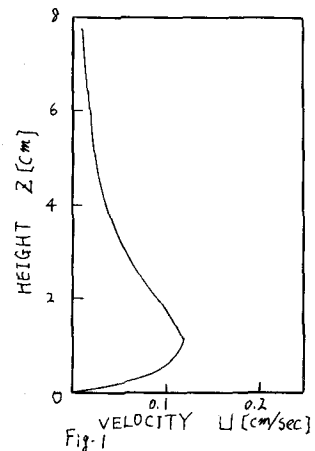
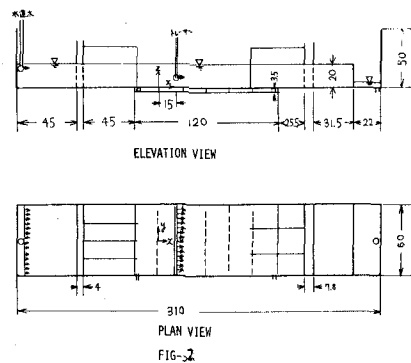


Fig-1

この式の数値計算は、強制対流がなく、 ν , α , D が場所によらず一定である場合については、適当な相似変数を見つけ出し常微分方程式に変換して解いた例があるが、2変境界値問題になるために見れどもかなりや、かいである。筆者らは *Prandtl* 数 Pr の場合について同様に自然対流のみの場合を計算してみた。その時の流速分布を Fig-1 に示す。次に、強制対流があり、 ν , α , D が変化する場合には報告例が少なく、計算手法もまだ十分開発されていないようである。本研究においては、実験結果と計算結果を比較するのも目的の一つであるが、現在その計算中である。



3. 実験結果及び考察

実験は Fig-2 に示すような装置で行なった。各量の測定法は表-1 に示す通りである。また拡散係数を、隣接した2つの流下距離での濃度プロファイルの分散から求めた。測定位置は壁の影響を避けるために、水槽中央で行ない、同時に表面張力の効果を避けるために底盤から 10cm 程度とした。

Fig-3 は底盤からの加熱がある場合と、ない場合の速度分布の差を示したものである。これによると、加熱によつて、指数分布と仮定した速度プロファイルの指数が小さくなることがわかるであろう。

次に Fig-4 は、温度境界層の形成の様子を示したものである。境界層理論によると、温度境界層厚み δ_t と、*Reynolds* 数 Re 、*Prandtl* 数 Pr の関係は

$$(\delta_t/l) \sim 1/(Re \cdot Pr)$$

である。もし、 $Pr = \text{const}$ であれば δ_t は $\sqrt{x}$ に比例する。

濃度分布については、測定した拡散係数を用いて、*Pasquill* の式から計算した濃度分布と、実測値との比較を Fig-5 に示す。

4. 本モデルの大気現象への適用について

本モデルの実際の大气現象への適用で、注意しておかなければならないことは、水槽中での現象がすべて同時に大気現象を相似しているわけではないということである。だからこのモデルをそのままの形で実際の大气汚染に適用することはできない。しかし特定の現象(例えば拡散、流速分布等)1つずつに注目して各々の場合の縮尺のスケールを求めれば、実際の大气汚染問題に適用することは可能である。

最後に本研究を進めるに当り、惜しまぬ協力を提供して下さいた 笠倉王晴氏に感謝します。

流速	スキムミルクを水に溶かし、メチルアルコールで比重調整したものをトレーサーとして流し、カメラのシャッターを開放にしてストロボを2度打ち、その時間間隔とトレーサーの変位から測定する。
濃度	比色法により、自動記録させる。
温度	サミスター温度計で測定し、自動記録させる。

表-1

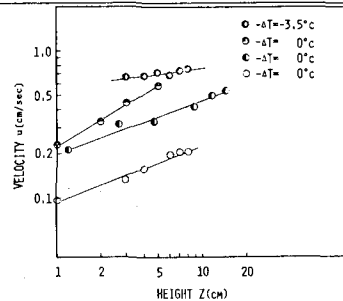


FIG-3- VARIATION OF VELOCITY WITH HEIGHT

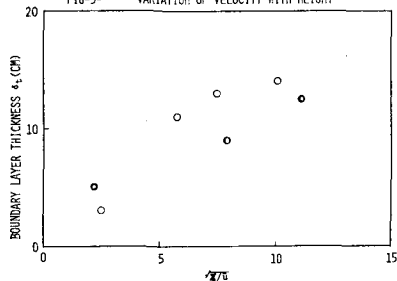


FIG-4 VARIATION OF THERMAL BOUNDARY LAYER THICKNESS WITH $\sqrt{x}$

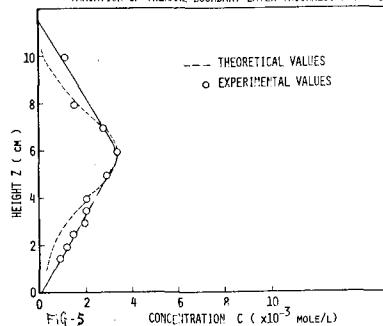


FIG-5 CONCENTRATION C (x 10⁻³ MOLE/L)