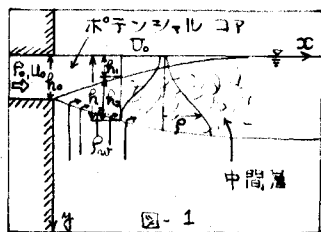


IV-21 密度噴流における連行現象

九州産業大学 工学部 正員 栗原 道徳
九州大学 " " 橋 東一郎
" " " 小松 利光
九州産業大学 大学院 学生員の松山龍太郎

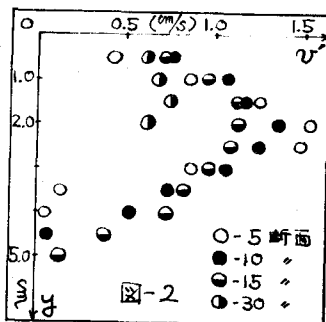
1. まえがき

密度噴流の連行現象に関しは、Ellison, Turner 以来多くの研究が行われてきたが、こゝらは連行係数が Richardson 数に規定されるものとして扱っており、流束の確立領域を対象としたものであった。しかしながら連行作用は形成領域に於いて支配的役割を演じており、確立領域に到った時はほとんど混合は終つてしまつてゐるようである。ここでは、形成領域の連行現象について、実験的考察を行つてみた。



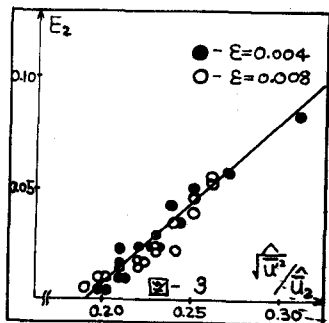
2. 装置及び実験方法

実験水路は透明アクリル製のキのど、長さ 5.5 m, 高さ 1.5 m, 幅 15 cm である。実験は二次元水路に塩水を貯え、厚さ 2 cm のスリットから噴出口流速 $U_0 = 10 \text{ cm/s}$ で淡水を塩水表面に噴出させた。密度差は $E = 0.004$, 0.008 の 2 通りである。また噴流の定常状態を延長させる為に、後方より一定量の塩水の供給を行つた。流速の測定には、hot-film anemometer を使用し、密度の測定には電導度式塩分濃度計を用いた。



3. 実験結果及び考察

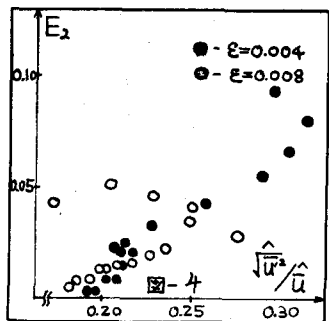
流束を模式的に示すと図-1 のようにになる。potential core と下層境界の間に混合層が存在する。この混合層は強い剪断力により激しい乱流状態を呈しており、連行と深い関連がある。図-2 に $\sqrt{u'^2}$ の測定結果を示す。中間層に peak があり、垂直方向の乱流拡散が顕著であることがうかがわれる。図-3 に混合層に関する連行速度 E_2 と平均乱流強度 $\sqrt{u'^2}/U_2$ との関係を示す。(へ) は断面平均を示す。また図-4 は上層全体に関するものである。両図より、乱流強度 $\sqrt{u'^2}$ は連行に密接に関連しており、上層全体よりも混合層が連行現象に対し支配的であると言える。また筆者らが求めた理論式では、E は次の式で与えられる。



$$E = \text{const.} \cdot \frac{\sqrt{u'^2}}{U_2} \cdot \frac{q}{R_2} \cdot \chi \left(\frac{R_2}{R} \right) \quad \dots \dots (1)$$

χ は関数形、 q は混合距離

これによると E は、渦動粘性係数 $K_H = \sqrt{u'^2} \cdot q$ ($\sqrt{u'^2}$, q は混合層の overall Richardson 数 R_2 と幾何学的な値 h_2/h の関数として与えられる) に比例することになる。すなわち確立領域が理論的にき実験的にき一致して、 R_2 のみに規定されるものと異なり、形成領域では、E は R_2 と h_2/h に規定されることを意味する。図-5 に実験より求めた渦動粘性係数 $K_H = -\overline{u'v'}/\frac{dU}{dy}$, 渦動拡散係数 $K_H = -\overline{P'v'}/\frac{dP}{dy}$ と E との関係を示す。ほぼ直線で表わされ、式(1)の E と K_H , 両者の間の線型性を良く示している。図-6 は $q = \rho h_2$ (混合距

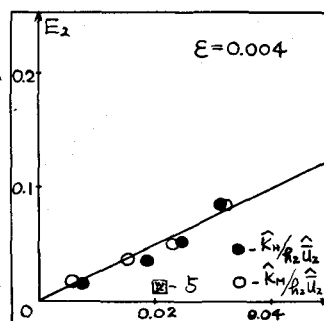


混合層の深さに比例するとする。homogeneous jet では $\beta = \text{const.}$) としたときの β と local Richardson 数 $R_i = -\frac{g}{\rho} \frac{d\rho}{dy} / \left(\frac{du}{dy} \right)^2$ との関係を示す。密度場では混合距離 l はその自体密度効果によって与えられることを示し、式(1)を計算する際用いる Kao らの定めた加速度方程式、式(2)の有効性をある程度示唆している。

$$l \left(\frac{du}{dy} \right)^2 = l_0 \left(\frac{du}{dy} \right)^2 - B \frac{g}{\rho} \cdot l_h \cdot \frac{d\rho}{dy} \quad \text{--- (2)}$$

従って、渦動粘性係数及び渦動拡散係数は、密度場では $\sqrt{R_i}$ と共に減少する為 R_i 数の増加に伴い大きく減少する。

図-7 に混合層に規定されたとした進行係数 E_2 と R_i の関係を以前著者が行った実験及び和田片野のデータと一緒に示す。 R_i の増加に伴い E_2 は減少する傾向を示す。しかし、実験ごとに異なった傾向を示している。かなりおぼろつききみられ、 E_2 が R_i のみに規定されるとは思えない。 E_2 を規定する量として理論式(1)により R_i と h_2/h が与えられる。また、現象として R_i (噴出口における Richardson 数) が与えられるば流れの pattern は定まるので R_i を支配的要因と見られる。図-8 に $E_2 - R_i/R_{i0}$ の関係を示す。図-7 に比べるとかなりおぼろつきが小さく、実験の精度を考えると非常に良一致を示していると言えよう。



4. まとめ

- (i) 密度噴流の進行現象は主に形成領域に於て生じる。
- (ii) 進行現象は混合層の特性に規定される。特に混合層内の渦動粘性係数、及び渦動拡散係数と実験値を比較する。
- (iii) 密度場では混合距離 l も密度勾配の影響を受け、加速度方程式はかなりの妥当性を持つ。
- (iv) E_2 は R_i/R_{i0} に規定されその一義的関係は図-8 に示されている。

謝辞： 本論文作成に当たり、献身的な御助力をいただいた柴田敏彦氏、神谷誠一郎氏、佐々部圭二氏に甚大なる謝意を表します。

