

九州工業大学 工学部 正 浦 勝
 九州大学 工学部 正 椿 東一郎
 九州工業大学 大学院 学 〇中村 邦明
 九州工業大学 工学部 学 阿部 聖

鉛直方向に密度が急変する密度境界面においてはせん断力あるいは乱れによって界面を越えて物理量の連行が行なわれる。筆者らはとくに上層流体の乱れによる下層流体の連行の物理的機構を明らかにする目的で前報¹⁾まで実験水槽内に鉛直方向に振動する正方格子を設置し、界面の低下速度を測定し、乱れエネルギー収支の観点から検討を加えてきた。この場合、乱れの特性量としての乱れ強度 U' 、乱れの積分スケール l の空間的特性に関する情報が必要であるが、測定の困難さから、

Thompson-Turner²⁾の均質流体に対する結果を用いてきた。ところが彼らの測定範囲外のストローク Z_0 や界面が存在する場合に対する実験結果をうまく説明することができなかった。そこで今回は格子の寸法を変えた結果も加えて、連行速度を求め、連行係数と総括リチャードソン数の関係、および空間的特性を見出し、乱れ強度 U' に対する推定の可能性が得られたので報告する。

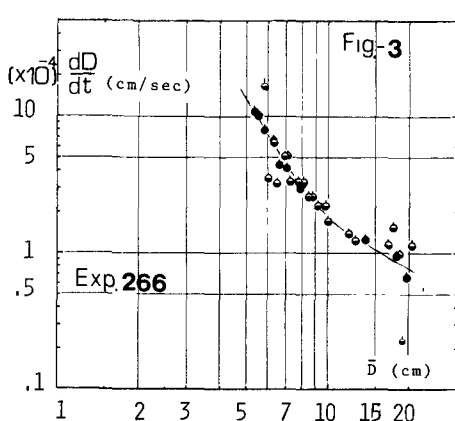
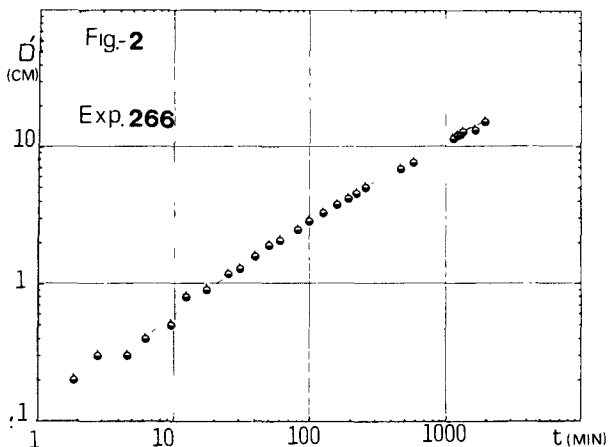
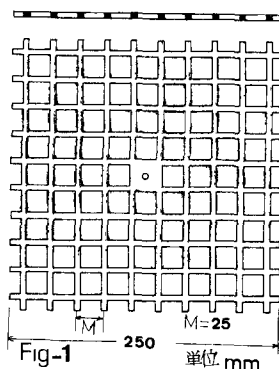
実験装置および手順 装置は前報¹⁾と同じであるが、今回は格子のメッシュ M を前回の5cmから2.5cmに変えた。 $M=5$ cmの格子の実験条件とその記号は前報¹⁾と同じであるが、 $M=2.5$ cmの格子の実験条件はTable-1に示した。なお、 $M=2.5$ cmの格子をFig-1に示す。水槽内の密度成層は、上層、下層にそれぞれ水、食塩水を用い、界面位置は、電導度計とポテンシオメーターを連結させた測定器により鉛直密度分布を適当な時間間隔で、X-Yレコーダーに記録した。

実験結果 格子中心から界面までの深さを D 、初期深さを D_0 、格子中心より上側水深を D_s 、密度差を $\Delta\rho$ 、浮力を $B=g\Delta\rho$ とし、総括リチャードソン数を $R_{10}=B(D+D_s)/(\nu Z_0)^{3/2}$ と定義する。(注:格子の振動数)

$M=2.5$ cmの界面低下量 $D=D_0$ の時間的变化の一例をFig-2に示す。また連行

Table-1

Exp No	Z_0 (cm)	f (Hz)	D_0 (cm)	R_{10}
231	1	4	5.4	5.39
232	1	4	5.1	1.57
266	2	2.22	5.2	29.97
261	2	2.22	5.2	3.85
262	2	2.22	5.7	2.02
273	2	4	10.0	5.79
271	2	4	5.1	2.66
272	2	4	5.2	1.26
201	4	2.22	5.0	7.09
204	4	2.22	5.2	5.02
202	4	2.22	10.2	1.48
201	4	2.22	11.2	0.17



速度 U_e の格子からの距離 D による変化の一例をFig-3に示す。Fig-2とFig-3は同じ実験の結果であり、Fig-3の黒点は、Fig-2の曲線上の点をとり出して計算しプロットしたものである。これより U_e はFig-3の実線で近似されるように格子からの距離 D の増加とともに減少することがわかった。同様な方法で、全ての実験結果 $U_e \sim D$ の関係を求め、 $D=2.5$ cmより2.5 cm間隔の点における連行係数 U_{fz} と R_{io} との関係を求めたが、その一例がFig-4である。(a)と(b)とは、いずれも $M=5$ cmであるが、 Z_0 は、それぞれ1, 2 cmとなっている。(b)と(c)とは、いずれも $Z_0=2$ cmであるが M が異なり、それぞれ5, 2.5 cmである。これらの図より次の二つの特徴が見出される。まずその1つとして、 $M=5$ cm, $Z_0=1$ cm, $D \geq 10$ cmで $U_{fz} = \phi R_{io}^{-1}$ (a)であるが、それ以外では $U_{fz} = \phi R_{io}^{-3/2}$ (b)である。もう1つの特徴として、 $M=2.5$ cmの場合の空間的減少に比べ、 $M=5$ cmの場合の減少が非常に大きい。Fig-4を用いて ϕ, ϕ' を求め、 $\phi, \phi', Z_0/M, D/M$ との関係を求めたのがFig-5である。これらより、まだ不完全な資料であるが次のような関係が得られる。

$M=2.5$ cm $D/M \geq 2$ $U_{fz} = \frac{1}{2} (Z_0/M) (D/M)^{-3/2} R_{io}^{-3/2}$ (4)
 $M=5$ cm $\begin{cases} 0.5 < D/M < 1.5 \\ D/M > 1.5 (Z_0/M = 0.4, 0.6) \\ D/M > 2 (Z_0/M = 0.2) \end{cases}$ $U_{fz} = \frac{1}{2} (Z_0/M) (D/M)^{-3/2} R_{io}^{-3/2}$ (5)
 $U_{fz} = 1.2 \times 10^{-3} (Z_0/M)^{3/2} (D/M)^{-7/2} R_{io}^{-3/2}$ (6)
 $U_{fz} = 4.98 \times 10^{-3} (D/M)^{-3/2} R_{io}^{-1}$ (7)

乱れ強度に対する推定 連行速度 U_e は界面の局所現象であるとするれば、界面における乱れ強度 U 、乱れのスケール L 、界面の浮力差 B の関数と考えられ、局所リチャードソン数 $R_i = B L / u^2$ (8)とすれば $U = f(R_i)$ (9)で表されるであろう。式(9)は次のように表される。 $U_{fz} = U_{fz0} f(R_i)$ (10)
 とここで $f(R_i)$ を R_i^{-1} あるいは $R_i^{-3/2}$ と仮定すれば、式(1)と式(8)より $R_i = R_{io} (L/D_0) (f_{z0}/U)^2$ (11)であるから式(10)は次のように表される。

$U_{fz} \propto R_{io}^{-1} (D/D_0) (U_{fz0})^3$ (12)
 $U_{fz} \propto R_{io}^{-3/2} (D/D_0)^{3/2} (U_{fz0})^{3/2}$ (13)

よってこれらの関係と式(4)~(7)より、乱れ強度の空間的減衰はほぼ次のような形に推定される。

$M=2.5$ cm $D/M \geq 2$ $U_{fz} \propto (L/D_0)^{3/2} (Z_0/M)^{3/2} (D/M)^{-3/2}$ (14)
 $M=5$ cm $\begin{cases} 0.5 < D/M < 1.5 \\ D/M > 1.5 (Z_0/M = 0.4, 0.6) \\ D/M > 2 (Z_0/M = 0.2) \end{cases}$ $U_{fz} \propto (L/D_0)^{3/2} (Z_0/M)^{3/2} (D/M)^{-3/2}$ (15)
 $U_{fz} \propto (L/D_0)^{3/2} (Z_0/M)^{3/2} (D/M)^{-7/2}$ (16)
 $U_{fz} \propto (L/D_0)^{3/2} (D/M)^{-3/2}$ (17)

このように M, D, Z_0 により U の減衰則が変化すると推定されるが、なを検討を加えて連行の機構を明らかにしたいと考えている。 <参考文献> 1) 浦橋, 中村; 土木学会年講 II-123 (1979) 2) Thompson - Turner; J.F.M. vol 67 (1975) 3) 浦, 田中, 中村, 芝尾; 工大研報 (工学) No. 34 (1979)

