Ⅳ－1　流下方向密度勾配が流れに及ぼす影響について Ⅲ

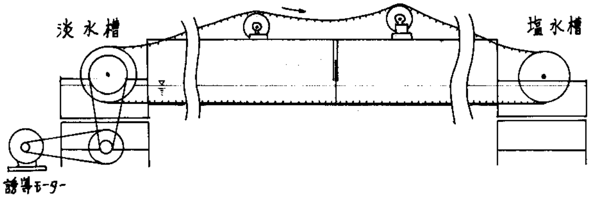
九州大工　正員　粟谷陽一
長崎大工　正員　古本勝弘
長崎大工　学員　伊庭正哲
長崎大工　学員　○山道哲二

1．まえがき

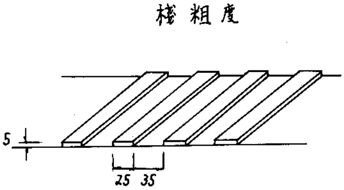
河川感潮部における流れのように、流下方向に密度勾配をもつ流れは密度流の効果により、均一流体の流れとはかなり異った流状を呈す。特に緩混合型と称される流れは、その複雑さの故に解析は容易でないが、オ1報で緩混合型の中でも、かなり強混合型の流れに近い領域を対象に、理論解析を試み、断面内の流速分布および、密度分布を計算した。また、流速分布と密度分布の相関から移流分散係数（見かけの拡散係数）を求めている。オ2報では、上の計算結果を実験的に検討し報告しているが、実験装置の制約から、それほど大きなReynolds数を得ることができず不充分さを残していた。ここでは、オ2報に引き続き、Scale up した実験装置で得られた結果を移流分散係数について報告する。

2．実験装置および実験方法

理論で設定した流れのモデルは、流下方向に一定の密度勾配をもつ定常等流である。この流れを一般の開水路に作り出すことは実際には困難である。たとえ可能だとしても、非常に長い水路を必要とし、流れの測定は平均流速とともに移動しながら行なわねばならない。これを解決するために桟粗度を貼り付けたendlessのカンバスベルトを水路床として動かすことにより、無限に長い水路と同じ効果をもつ装置を作った。この装置でベルトを回転させた時、水路部に出現する流れは、固定水路の水流を平均流速とともに移動しながら観測した流れに対応する。実験装置の概略は図－1の通りである。



図－1



図－2

・水路部は、幅300×高さ500×長さ6000mmの両側アクリル製の矩形水路であり、淡、塩水槽は、800×800×深さ350mmの大きさをもち、その底部は、水路床より110mm深い。ベルトの駆動は、回転速度可変の3.7KW誘導モーターの出力をV－ベルトで伝えて行っている。ベルトには、桟（幅25×厚さ5mm）を35mmの空間をおいて貼りつけ、乱れを起す粗度とした。ベルトを走らせて水面勾配を測定し、Manningの粗度係数を求めると、ベルト速度、水深による若干の変化が認められるが、n＝0.011程度である。実験方法は次の通りである。水路中央を締切り、片側には淡水を、一方にはNaCℓを加え密度を調整した塩水（ρ_s＝1.016）を所定の水位に入れる。実験開始T＝0で中央の締切り板を撤去すると同時に、所定の速度でベルトを駆動させる。水路床を淡水槽に向って走るベルトに付着して、あるいは粘性により引きづられて、密度の高い塩水は水路の下層を淡水槽に向って輸送される。淡、塩水の補給は行なわないのでベルトに引きづられる下層の流れを補って、上層には塩水槽側への流れが当然現れ、密度の小さな淡水、あるいは塩水は塩水槽に向って流れる。水路の横断面を横切る正味の流れは無いが、上層、下層の互いに逆向きの流れにより、淡水槽の

塩分濃度（密度）は除々に上昇し、塩水槽のそれは下降する。この淡塩両槽の塩分濃度をペン書きオシログラフに記録させている。また水面勾配を測るため水路の両端に静圧管を取り付け、$1/50$ mm の精度でその二点の水位を時々刻々読んだ。両水槽の塩分量の上昇、あるいは下降速度に水路中を移流分散される塩分量を等置して、移流分散係数（見かけの拡散係数）を求めることができる。すなわち

$$D_L = \frac{\frac{\partial c}{\partial t} \cdot V}{-A \cdot \left(\frac{\partial c}{\partial x}\right)} \quad \text{-------------------} (1)$$

ここに　C：塩分濃度，　V；淡水（塩水）槽中の水の容積，　A；水路中の流積　である。実験では $\partial c/\partial x$ として両水槽の濃度差をその距離で割って与えている。

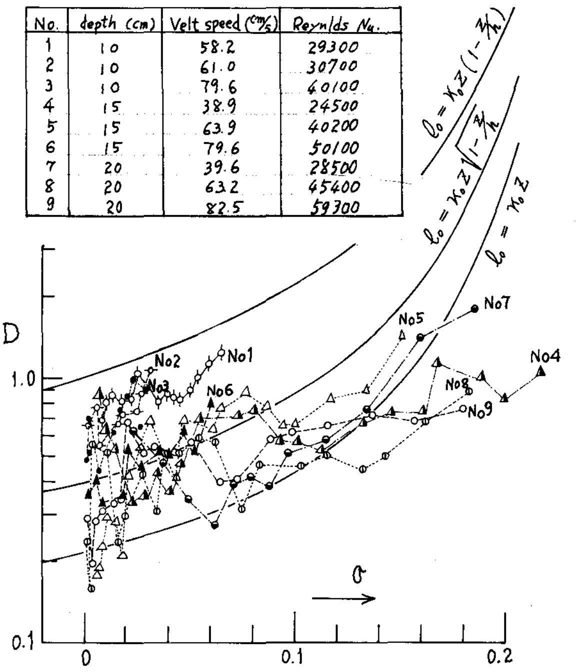
3、実験結果と考察

理論では、次式で定義される無次元の見かけの拡散係数Dと密度勾配σの関係が計算されている。

$$D = \frac{K_0^3}{U_* h} D_L \qquad \sigma = \frac{g h^2}{2\rho_0 U_*} \cdot \left(\frac{\partial \rho}{\partial x}\right)$$

ここに　K_0：karman 定数（≒0.4）　U_*：ベルトの摩擦速度，　ρ_0：淡水密度。　混合距離の与え方によりDとσの関係は異なるが，$l_0 = K_0 z$，　$K_0 z\sqrt{1-(z/h)}$，　$K_0 z(1 - z/h)$ と与えた場合には、図－3中の三本の実線で示される関係となる。実験で得た点を同図にプロットして示している。実験において、締切り板の撤去後時間の経過とともに、密度勾配、すなわちσは減少してくる。また塩分濃度は連続記録しているので、（1）式で $\partial c/\partial t$ の読み取りを密に行えば１回の実験で非常に多くの D_L を計算することができ、図－3中には実験No。毎に結線して示した。点のばらつきがかなりあり、特にσの0近傍での変動が激しい。これはオシログラフの読み取り誤差があること、水槽中の濃度が均一でなく変動があることのためであり、特に密度勾配σが小さくなると $\partial c/\partial t$ も変化が小さく、（1）式の分母、分子ともに微小となり、計算値の変動は避けられなかった。以上の原因から点のばらつきはあるもののσが0.07～0.15の範囲では、$l_0 = K_0 z$ とおいた理論値に近く、0.07以下ではそれより大きくなり、むしろ $l_0 = K_0 z\sqrt{1-(z/h)}$ の理論曲線に乗ると言える。

No.	depth (cm)	Velt speed (cm/s)	Reynlds Nu.
1	10	58.2	29300
2	10	61.0	30700
3	10	79.6	40100
4	15	38.9	24500
5	15	63.9	40200
6	15	79.6	50100
7	20	39.6	28500
8	20	63.2	45400
9	20	82.5	59300



図－3

おわりに、理論計算に協力して頂いた長大工学部、水谷達也君に謝意を表します。

文献　栗谷、古本、"流下方向密度勾配が流れに及ぼす影響について"　28回　年講
栗谷、古本、中尾、加藤　"　　　　　"　　　　　"　48年度　西部支部