

京都大学大学院 学生員 細田 尚
京都大学工学部 正 員 岩佐 義朗
京都大学工学部 正 員 綾 史郎

1. はじめに；河川や水路における分散係数を決定するために、トレーサー実験・野外觀測が行なわれるが、多くの場合、断面内一点で測定されるため、その断面代表性が問題となる。本研究では、断面内多点測定を行なった実験データにより、濃度-時間曲線の断面内分布特性、断面平均濃度との関係を調べ、さらに、分散域の条件を、断面内濃度偏差との関連により検討した。

2. 使用したデータおよび水理量；解析に使用したデータは、筆者らの実験値(RUN 1, 2)および、Fischer⁽¹⁾の実験値 Series 3400(RUN 3)である。主な水理量を表-1に示す。いずれも直線の実験水路におけるものであり、流れは等流である。トレーサーとしては、すべて食塩水が用いられており、水路上流部において瞬間面源として投入され、下流各断面で、同時多点測定を行なった。

3. データの対応領域；時間の無次元化には、Lagrange的時間スケールとEuler的時間スケールの二つが、通常、用いられるが、本研究では、断面内混合の時間スケールを表わすと考えられるEuler的時間スケールで無次元化した。その際、

水深方向・水路幅方向の二つが考えられ、それぞれ $TE_y = h^2 / \bar{E}_y$, $TE_x = (B/2)^2 / \bar{E}_x$ と表わせるが、水路幅方向の濃度偏差が大きいとして、 TE_x を用いた。ここに、 h ；水深， B ；水路幅， $\bar{E}_y$, $\bar{E}_x$ ；水深，水路幅方向の平均的な乱流拡散係数。

無次元時間 $\bar{t} = \bar{t} / TE_x$ の範囲を表-2に示す。ここに、 $\bar{t}$ は分散雲の平均到達時間であり、 $\bar{E}_x = 0.2 h^2$ として計算している。

分散域の定義には、二、三考えられているが⁽¹⁾、ここでは、断面平均濃度-時間曲線の分散 σ^2 が線形となる領域とすると、図-3より、RUN 1 は分散域以前、RUN 2 は投入より分散域初期、RUN 3 は分散域にあるものと考えられる。

4. 測定値の断面代表性について；①断面内の濃度分布を各断面における各測点の濃度-時間曲線として、図-1 (a), (b) に示す。これらより、断面中央値は、断面内の最大濃度を示すことが多く、ピーク通過後、最小濃度を示すことがわかる。

②各測点における平均到達時間 $\bar{t} = \int_0^\infty ct dt / \int_0^\infty c dt$ (1) を図-2に示す。 $\bar{t}$ は断面内の位置によって異なるが、 $\bar{t}-x$ の関係は線形といつてよく、その勾配はほぼ同じであり、断面平均流速で伝播しているとみてよい。

③各測点における濃度-時間曲線より得られた分散値 $\sigma^2 = \int_0^\infty c(t - \bar{t})^2 dt / \int_0^\infty c dt$ (2) と距離の関係を図-3に示す。これによると、水路側壁へ近づくほど大きい分散値をとる傾向がみられ、それぞれの測点の分散 σ^2 の成長率は、小さい無次元

	RUN 1	RUN 2	RUN 3 *
Discharge (cm ³ /s)	1531	562	
Width (cm)	25.0	10.0	19.1-23.3
Depth (cm)	2.00	2.05	2.10
Mean velocity (cm/s)	30.60	27.44	46.1
Shear velocity (cm)	1.84	1.69	3.88
Froude No.	0.69	0.61	1.02
Reynolds No.	5200	4700	7800

表-1 水理量

	$\bar{t}$
RUN 1	0.017 — 0.112
RUN 2	0.035 — 0.728
RUN 3	0.695 — 1.392

表-2 無次元時間の範囲

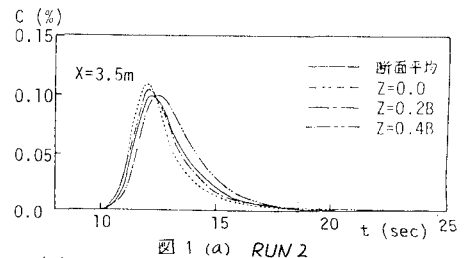


図 1 (a) RUN 2

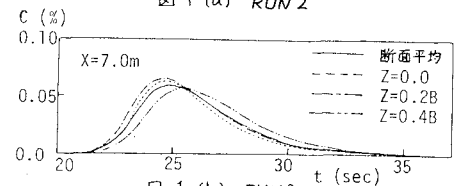


図 1 (b) RUN 2

時間 $\tau = (x/\bar{u})/T_{Ez}$ において、かなり相違しているが、 τ の増加とともに、ほぼ同一となる。

5. 断面内濃度偏差について；① Sayre⁽²⁾は分散域の条件を、断面内混合の程度と結びつけ、分散域ではほぼ $|C - \bar{C}|_{\max}/\bar{C} < 0.1$ としたが、ここでは、断面内濃度偏差の代表量として、 C の最大値と最小値の差をとり、次式で定義される相対偏差をとった。

$$\alpha = \frac{C_{\max} - C_{\min}}{\bar{C}} \quad (3)$$

ここに $\bar{C}$ ；断面平均濃度。

τ のピーク濃度生起

時刻における α 値 α_p を

無次元時間 $\tau = (x/\bar{u})/T_{Ez}$ に対して示した(図-4)。

これによると α_p 値は分散域以前に急激に減少し、分散域では、0.16程度に落ちつく。

さらに、 α 値を $(\tau - \tau_p)$ について示した

のが図-5である。 α の波形は、

濃度波形の前縁部で大きく、ピーク濃度付近で最小値を示し、その後上昇して一定値となり、後端部でまた上昇する。また、流下が進むにつれて、 α の値は全体的に小さくなる。

② Fischerは、分散域の条件として、 $\partial C/\partial x \ll \partial \bar{C}/\partial x$ が必要としたが、 $\partial/\partial x$ を調べるのは困難であり、代わりに

$\partial/\partial \tau$ を図-6に示す。ここに、 $\bar{C}$ ；断面平均

濃度よりの偏差。分散域では、 $\partial C/\partial \tau$ は $\partial \bar{C}/\partial \tau$ の数分の一となり、断面内混合の進行を示す。

6. おわりに；本研究では横方向二次元として取り扱ったが、三次元性の尺度として、水深方向と水路幅方向のEuler的時間スケールの比が考えられ、 $T_{Ez}/T_{Ey} = \frac{1}{12} \left(\frac{B}{h}\right)^2$ となる。ただし、 $\bar{C}_y = \frac{K}{6} h u_* = \frac{h u_*}{15}$ としている。このように T_{Ez}/T_{Ey} はAspect比の関数となり、

様々の初期・境界条件における横方向二次元解析の妥当性が問題となる。

参考文献 (1) Fischer, H. B; Report No. KH-R-12, CIT, 1966.

(2) Sayre, W. W ; U.S.G.S. 433-4, 1968.

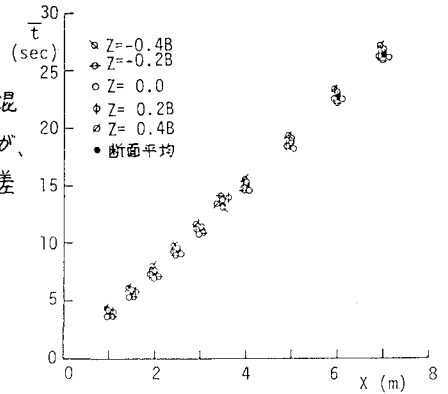


図-2 RUN 2

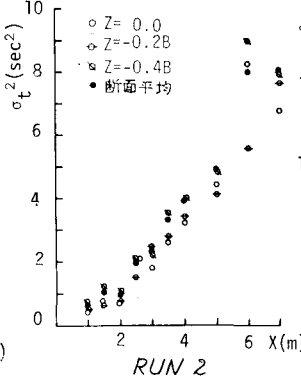
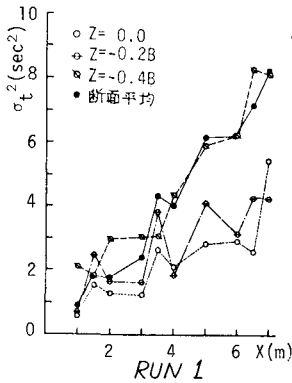


図-3

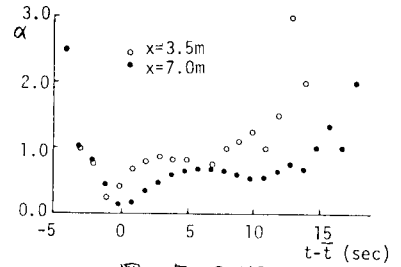


図-5 RUN 2

図-4

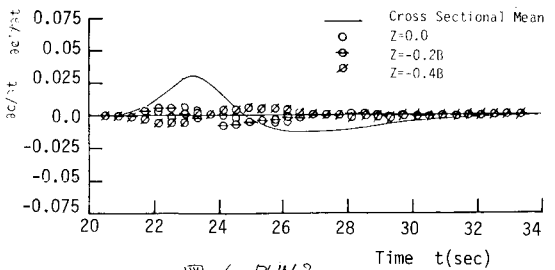


図-6 RUN 2