

II-146 感潮河川乱流のエネルギー収支

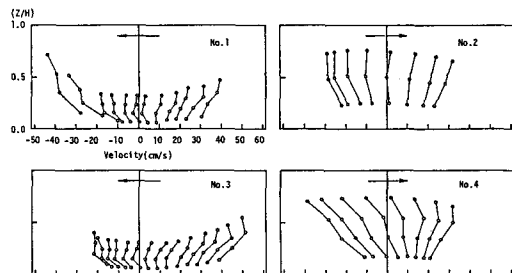
広島大学工学部 正会員 川西 澄  
 広島大学工学部 正会員 余越正一郎

1. はじめに

河川感潮部の流況は潮汐や塩水の侵入等の影響により、非定常で複雑に変化する。そこにおける乱流も強い非定常性を示し、乱れエネルギーの生産と消散の大きさは時々刻々変化している。太田川放水路における流速と塩分濃度の多点同時連続測定から評価した、潮汐にともなう乱れエネルギー収支の変化について述べる。

2. 観測

観測地点は太田川放水路の河口から約3km上流の河川中央部である。河床から鉛直線上に0.4m間隔で設けた4測点で、流速と塩分濃度を同時連続測定した。流速測定には時定数0.1秒の2成分電磁流速計を使用し、流速の主流方向成分 $u$ と鉛直方向成分 $w$ を同時測定した。ただし $u$ は上げ潮、 $w$ は鉛直上向きを正とした。塩分濃度は温度補償回路付きの導電率計を用いて測定した。電磁流速計と導電率計の受感部は相互干渉を起こさないように、3cm横方向に離して取付けた。流速計センサーには傾斜計を取付け、その出力を流速計の出力とともにデータレコーダーに記録し、後で傾斜補正を行った。データレコーダーに記録したアナログデータはエイリアシング防止のローパスフィルターを通した後、0.32秒間隔でAD変換し、大型計算機で処理した。



3. 結果

図1に平均流速とその鉛直分布の経時変化を、図2に水深 $H$ と河床からの高さ $z=0.8m$ の相対高さ $z/H$ の経時変化を示す。平均流速分布の図中に示したNo.は、平均流速の経時変化の区画No.に対応している。また平均流速分布図中の矢印は、時間の経過方向を示している。ただし、水深が大きく変化しているのど、図の縦軸は相対高さ $z/H$ にしてある。No.2の干潮付近では、最上部の測点は水面上に露出した。平均流速分布は時間とともに複雑に変化し、大部分の時刻で対数則に従わない。特にNo.4の下げ潮では、後で述べるように成層化が進んだために、直線的な分布となり、大きな速度勾配を示している。平均流速の経時変化をみると、水深が変化するために、下げ潮の最大流速は干潮時のすこし前に、上げ潮の最大流速は干潮時のすこし後に生じている。速度勾配 $\partial u/\partial z$ を、求める関係上、以下では $z=0.8m$ の測点について解析結果を述べる。速度勾配は4測点の平均流速を3次スプライン関数で補間して求めた。図3にレイノルズ応力 $-\overline{uw}$ と、速度勾配の経時変化を示す。経過時間14時の上げ潮では、レイノルズ応力が速度勾配に対し、1時間程度遅れて変化している。2回

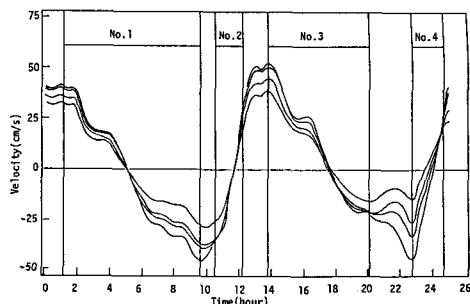


図1 平均流速とその鉛直分布の経時変化

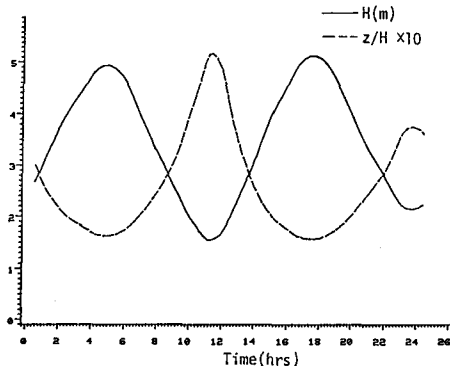


図2 水深と相対高さの経時変化

目の下げ潮では速度勾配が大きいにもかかわらずレイルズ応力は小さいが、これは後に述べるように、成層の程度が強くなっているためだと思われる。図4に乱れエネルギー  $\overline{q^2}/2$  の経時変化を示す。流速の2成分  $u, w$  しか測定していないので、横方向流速変動の分散  $\overline{v^2}$  を  $\overline{v^2} = 0.5 \overline{u^2}$  とおき、 $\overline{q^2} = 1.5 \overline{u^2} + \overline{w^2}$  で評価した。 $\overline{q^2}/2$  は満潮時が最も小さく、潮汐2周期の間で10倍程度変化している。乱れエネルギー収支式は次のように書かれる。

$$\frac{\partial(\overline{q^2}/2)}{\partial t} + \overline{uw} \frac{\partial \overline{u}}{\partial z} + \varepsilon + \frac{g}{\rho} \overline{\rho w} + \text{移流拡散項} = 0$$

第1項は最大でも  $10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}^2$  のオーダーで、他の項より1オーダー以上小さいので、残りの4項について述べる。図5にそれぞれの経時変化を示す。ただし最下段はフランスリヤートソン数

$$R_f = \frac{g}{\rho} \overline{\rho w} / (-\overline{uw} \frac{\partial \overline{u}}{\partial z}) \quad \text{である。}$$

密度変動  $\rho$  は塩分濃度変動  $S$  より、 $\rho = \rho_0 (1 + \beta S)$ 、 $\beta = 7.8 \times 10^{-4} (\text{P.P.T})^{-1}$  で求めた。エネルギー散逸率  $\varepsilon$  はスペクトルの  $-\frac{5}{3}$  乗則より求め、移流拡散項は、

$$\text{移流拡散項} = -\overline{uw} \frac{\partial \overline{u}}{\partial z} - \varepsilon - \frac{g}{\rho} \overline{\rho w}$$

が求めた。日潮不等のため、潮汐位相が同じでも各項の大きさは大きく異なる。2回目の下げ潮時  $R_f$  は1.0程度になり、乱れエネルギーの生成、散逸、移流拡散は1回目の下げ潮時より小さい。これは2回目の上げ潮時に最大となるが、その時間はレイルズ応力と同様に速度勾配の最大より1時間程度遅れている。レイルズ応力の速度勾配に対する位相遅れはエネルギー生成率の低下を招く。エネルギー生成率は散逸率にくらべてかなり大きく、生成された乱れエネルギーの大部分は移流拡散されることがわかる。全体に  $R_f$  は下げ潮時に大きくなり、成層度が強くなっている。

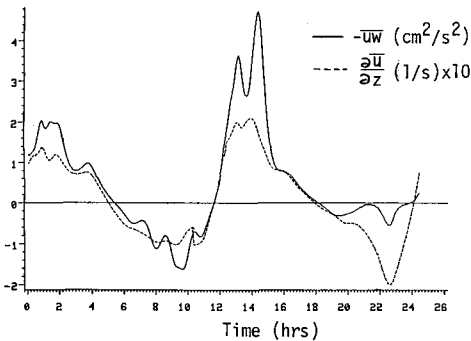


図3 レイルズ応力と速度勾配の経時変化

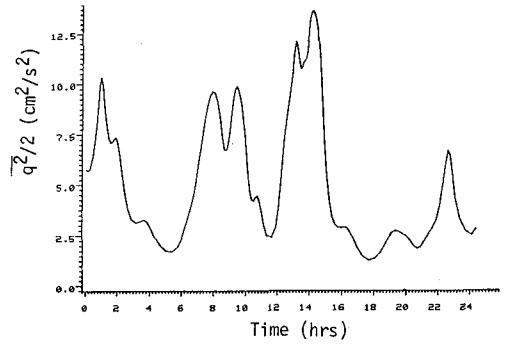


図4 乱れエネルギー-経時変化

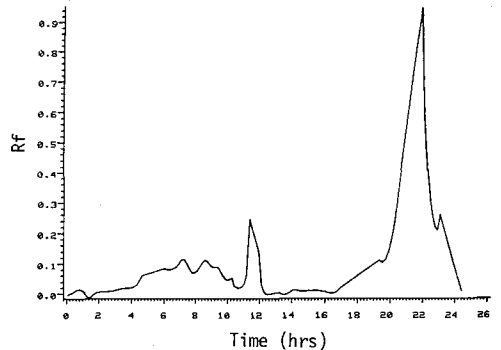
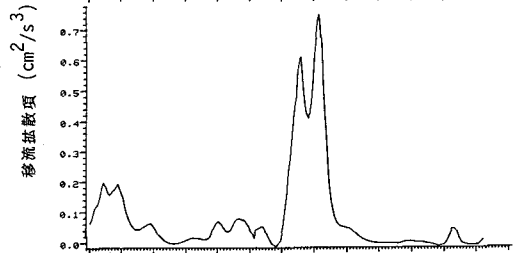
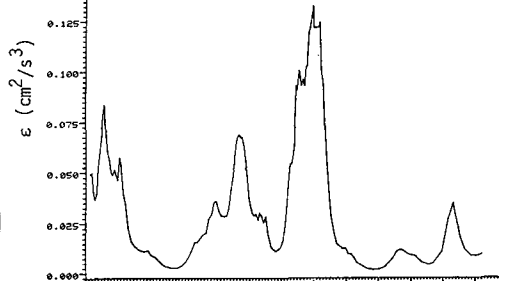
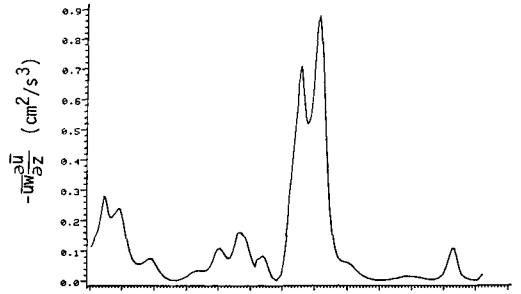


図5 乱れエネルギー-収支