

九州大学工学部 正員 大本照憲・平野宗夫, 学生員 松枝修治

1. まえがき

実河川の大規模乱流運動は、河床近くの強い上昇渦が河床の砂を含んで浮上し水面が黒く間欠的に盛り上がる *Boil* として観察され、この部分は周辺部に比較して低速であることが実測されている。また、固定床開水路においては、バーストと呼ばれる組織的渦運動が壁面の粗滑、形状にあまり影響を受けずに存在し、低速の流体塊の上昇流と高速の流体塊の下降流とが交互に発生する一定のパターンを有していることが明らかにされている。本報告は、浮流砂の捲き上げに与える組織的渦運動の影響を明らかにするため移動床上のほぼ等流と見なし得る流れにおいて、流速と濃度の同時測定を行い各々の変動特性について検討を加えたものである。

2. 実験方法とデータ処理

長さ 8 m、幅 30 cm のアクリル樹脂製可変勾配水路に、平均中央粒径 $d_{50} = 31 \mu$ 、比重 2.65、平均沈降速度 0.069 cm/s の均一な珪砂を敷き、表-1 の水理条件で通水した。流速の測定にはコニカル型ホットフィルム流速計を、濃度の測定には光学式濁度計を用い、同時、同位置測定を水深方向に数点行った。流速計、濁度計からの出力電圧は、一旦データレコーダに記録し、サンプリング周波数 100 Hz で A/D 変換したのち、各々 4096 個のデータを統計処理した。

表-1 実験条件

RUN No	流速	水深 cm	平均流速 cm/sec	水面勾配 $i \times 10^{-4}$	水温 °C	図中記号	
	L/sec					流速	濃度
3	2.93	3.50	27.90	27.30	15.2	○	●
4	2.93	3.00	32.56	1.06	15.2	⊙	●
5	2.94	2.86	34.27	12.80	15.2	⊖	●
6	2.84	4.22	22.43	30.60	12.4	⊗	●
7	2.42	4.46	18.09	15.30	12.2	⊗	●
8	3.62	4.50	26.81	35.50	12.2	□	■
9	4.13	4.31	31.94	17.00	12.5	△	▲

3. 実験結果とその考察

図-1 は Run No. 8 の相対水深 $y/H = 0.67$ における実験で、流速と濃度の経時変化を示したものである。これから流速の極小と濃度の極大は良く対応し、ほぼ逆位相の形を呈し浮流砂の捲き上げにバースティング効果の大きいことが予想される。図-2 は流速と濃度の確率分布であり、各々標準偏差で無次元化している。どちらも *Gauss* 分布に近い形を示しているが、詳細に見ると流速の分布は *Gauss* 分布を時計方向に歪ませた分布形となっており、一方、濃度の変動は流速とは逆に *Gauss* 分布を反時計方

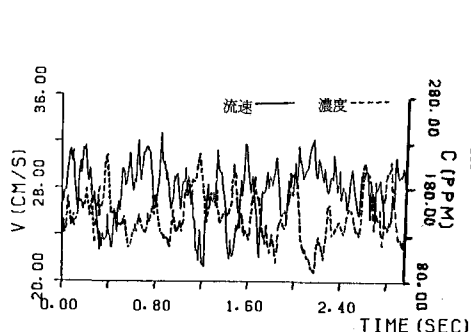


図-1 流速と濃度の経時変化

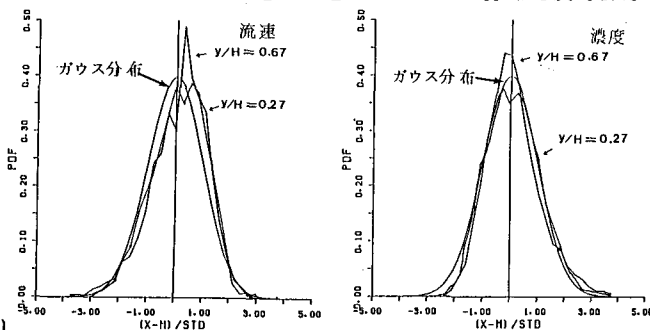


図-2 確率密度分布

向に歪ませた分布形を示している。図-3は確率分布の非対称性をさらに詳しく調べるために、歪み度の鉛直方向の変化をプロットしたものである。図中には、中川、祢津¹⁾により壁面乱流において求められた流れ方向と深さ方向の歪み度を併示している。かなりのバラツキはあるが全体の傾向として、流速の歪み度は河床付近の領域でゼロに近い値をとり、 y/H の増加に伴って減少し半水深付近で最小値をとったあと、水面に近づくにつれて増加し、壁面乱流の流れ方向と同様の傾向を示す。これに対して濃度の歪み度は、流速の歪み度と中心軸について対称な値を示し、これは壁面乱流の深さ方向に対応している。以上のことより河床近傍では、Ejection事象とSweep事象の寄与はほぼ同程度であるが、河床から離れるに従って、Ejection事象の寄与が大きくなることが予想される。図-4はパワースペクトルである。特定の周波数でピークを示すことはなく、なめらかに減少しているが、周波数が10 Hz以上になると勾配が急になり、また、水面付近より河床付近のスペクトルの方が勾配は急になる傾向を示した。図-5は速度と濃度の自己相関係数を示したものである。Kimら²⁾が示したように、この図から極大値(Second-mild maximum)の遅延時間 τ を読み、断面平均流速 U と水深 H で無次元化しバーストの発生周期を求めると、 $\tau U/H=1.0\sim 3.0$ の値を示した。図-5は濃度に対する流速の相互相関係数で、これより流速変動に対して濃度変動の遅れはほとんど無いものと考えられる。

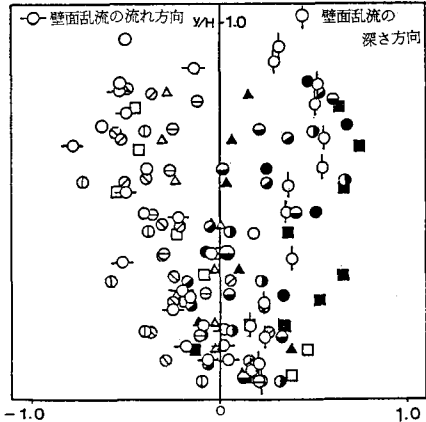


図-3 歪み度の分布

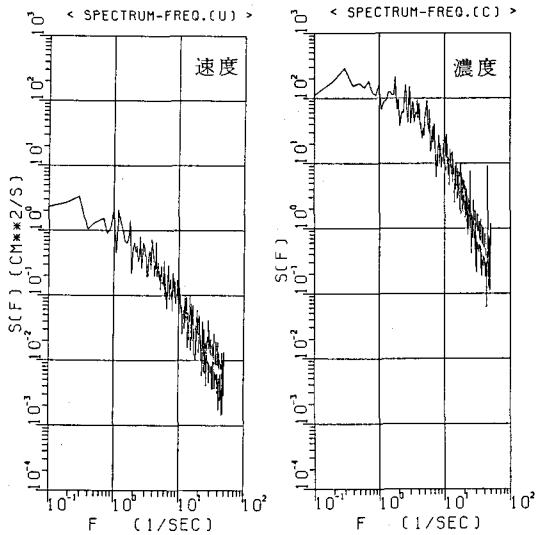


図-4 パワースペクトル

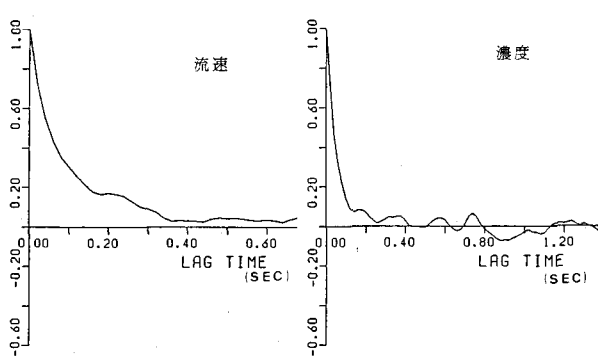


図-5 自己相関係数

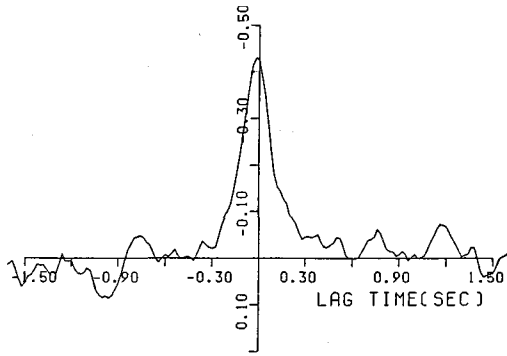


図-6 相互相関係数

参考文献

- 1) Nakagawa H.& Nezu I.:JFM vol.80 pp 99-128,1977
- 2) Kim H.T.,Kline S.J.& Reynolds W.C.:JFM vol.50 pp 133-160,1971