

II-121 植生帯を有する流れの特性について

佐賀大学理工学部 正 渡辺 訓甫
 唐津市役所 正 小林 孝伸
 鳥栖市役所 正 日吉 和裕

1. まえがき

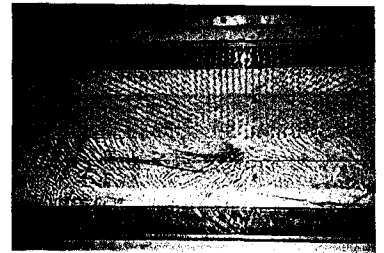
水路縦断方向に植生帯を有する流れは、植生域と非植生域における速度差に起因する大規模な平面渦による運動量混合を行い、水面にも顕著な周期変動を伴うのが特徴である。本研究では、水路の半断面を模擬植生で被覆した流れの流速分布、水面変動を測定し、植生域からの低流速、低変動の流体塊の流出が主流の流れに及ぼす影響に関して実験的な検討を行った。

2. 実験の概要

幅40cm、長さ20mの可変勾配水路に直径1.5mmの竹製円柱を間隔1.8cmの千鳥配置で水路半断面($-B/2 < y < 0$)を被覆し、非水没型の模擬植生群(植生区間 $x=0\sim 8\text{m}$)として表1に示す条件で実験を行った。植生区間の水深がほぼ一定になるように下流端堰を調節し、流速は直径3mmのプロベラ流速計で、水面変動は容量式波高計で測定した。また、染料を用いた可視化により流況の観察を行った。水路を植生で全面被覆した予備実験の結果、断面平均流速 $v = Q/Bh$ (B : 植生帯の幅=水路幅)と水路勾配 i との間には、既に指摘されているように^{1), 2)} $v = K \cdot i^{1/2}$ の関係が成立し、透過係数 k の値は145.5cm/sであった。

表1 実験条件

Run	$i \times 10^2$	h (cm)
C 1	1.12	5.32
C 2	1.57	5.30
C 3	1.57	3.30
C 4	1.57	7.20

図1 底面流況 (Run C2, $x=4\text{m}$ 付近)

3. 流況

植生带上流部で比較的滑らかに植生域から主流部への流量集中が行われ、主流部との速度差が増大するにつれて流れは不安定になり、 $x=2\text{m}$ 付近から規則的な水面波の伝播が観察される。染料で可視化すると、水面波の通過とともに、植生域の低速流体の流出と主流部高速流体の流入が周期的に行われることのほか、底面付近では主流部の流れも周期的な蛇行流となっており(図1)、流れはかなり「ねじれている」ようである。

4. 水面変動特性

図2にRun C1の植生域(破線)及び主流域(実線)における $x=4\text{m}$ 地点の水面変動と流速変動のスペクトルを示す。水面変動と流速変動は植生域内外いずれにおいても0.2Hz付近に卓越周波数を有している。この卓越周波数はRun C2~C4では0.3Hz程度である。このようなスペクトルのピークは $x=2\text{m}$ 付近から顕著に出現し、卓越周波数は流れ方向に殆ど同じである。表2に水面波の特性を示す。水面波の伝播速度 ω は水面波の目視観測により、卓越周期 T はスペクトルから求めた。水面波は主流部断面平均流速 V の約70%で伝播しており、勾配、水深の差異に対して顕著な変化はみられない。植生域の流速は5~8cmの程度であるから主流部と植生域の流速差が大きくなると、水面波はより短波長、短周期のものとなり、主流と植生域間でより活発な運動量交換を行っているものと思われる。

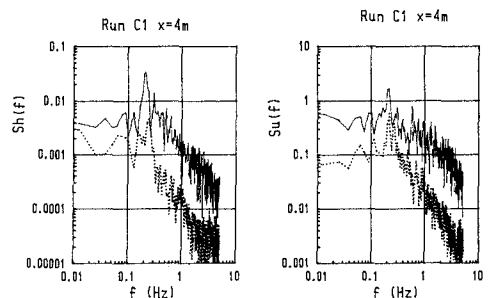


図2 水面変動と速度変動のスペクトル

表2 水面波の特性

Run	ω (cm/s)	T (s)	λ (cm)	V (cm/s)	ω/V
Run C1	15.6	5.12	79.83	21.89	0.71
Run C2	18.0	3.35	60.25	25.79	0.70
Run C3	16.3	3.49	56.87	24.85	0.66
Run C4	20.1	3.27	65.50	29.94	0.67

5. 流速分布

図3に鉛直断面平均流速Uの縦断方向分布（Run C1）を示した。植生群の抵抗で植生域の流速が急減するため流量が主流に集中し、主流の流れは一旦加速されるが、横断方向の速度差に起因するせん断抵抗により再び減速されるなど、加速・減速の様子は横断方向に異なっている。速度差とせん断応力とが釣り合って平衡状態に達するのは $x=6\text{m}$ 付近からである。なお、Run C2～C4では植生区間末端においても平衡状態に達しておらず、Kの値によっては遷移区間がかなりの距離になるようである。図4は $y=4\text{cm}$ における鉛直流速分布の流れ方向の変化を示したものである。上流域の水深中央部には低速部が存在し、流速分布形は凹型を呈する。 $x=1\text{m}$ から下流では次第に加速されてこの低速部も水表面へ移動しつつ消失していく。図5はRun C1における $x=1\text{m}$ （実線）、 3m （破線）での乱れ強度 u_{rms} の鉛直分布を、植生域（+； $y=-10\text{cm}$ ）、植生境界（*； $y=0\text{cm}$ ）及び主流（○； $y=4\text{cm}$ ）について示したものである。 $x=1\text{m}$ では境界、主流の水深中央付近に低変動領域が存在している。この領域は図4で見られた低流速塊の存在するところであり、植生層内の低速・低変動の流体塊が主流に流出していることを示している。主流・植生層間の混合により植生層内の乱れも次第に大きくなり、 $x=3\text{m}$ では境界での乱れ強度も主流 $y=4\text{cm}$ のそれとほとんど同じ大きさになる。水深の中央付近における低速部は流下するにつれて加速されるが、水表面近くに低速部が現れ、図6に示すように流速分布は放物線形となる。

6. まとめ

本実験から次のような事が得られた。水路断面の一部に植生帯を有する流れは、 $0.2\sim 0.3\text{Hz}$ 程度の周期変動以外に、主流が周期的な蛇行流となっているなど流れはかなりねじれており、流速分布も放物線形状を呈している。主流には植生層から流出した流体塊による低速・低変動域が存在する。また、主流・植生層間の速度差と境界せん断応力との間に位相差が存在し、透過係数の値によっては流れが平衡状態に達するのにかなりの流下距離を必要とする。水面波は主流部断面平均流速のほぼ70%程度の波速で伝播している。

参考文献 1)福岡ら：31回水講, 1989. 2)清水ら：土論, No. 438/2-17, 1991.

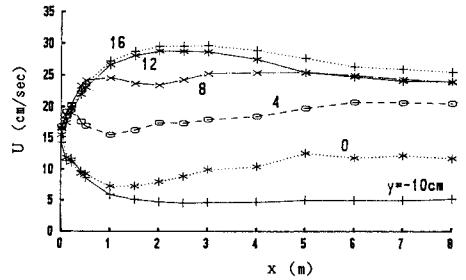


図3 鉛直断面平均流速の横断分布

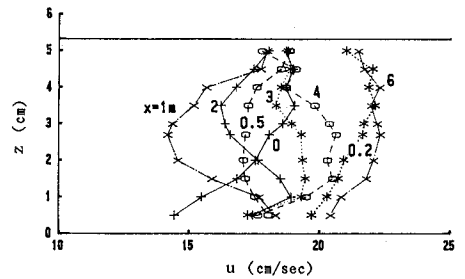


図4 鉛直流速分布（ $y=4\text{cm}$ ）

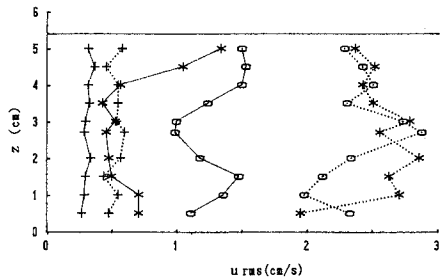


図5 乱れ強度の鉛直分布（ $x=1\text{m}, 3\text{m}$ ）

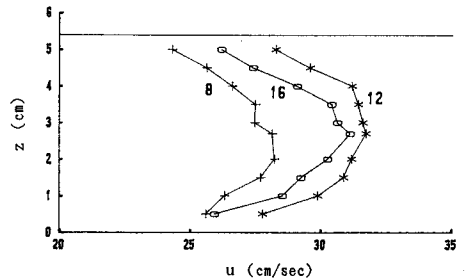


図6 鉛直流速分布（ $x=6\text{m}$ ）