

第II部門 直立性植生層の組織的揺動と流れの相互作用

京都大学工学部 正 員 中川 博次 京都大学工学部 正 員 村上 正吾
京都大学工学部 正 員 北村 忠紀 京都大学工学部 学生員○藤井 康嗣

1. はじめに 近年、治水・利水に加えて親水の重視から、河川植生が重要な鍵となっている。植生は、洪水疎通の面からは必ずしも好ましくないが、親水の面からは自然環境という点で整備して上手く残そうと志向されている。本研究では、揺動する直立性植生を伴う流れ場について、植生の揺動状態が及ぼす影響を実験的に考察した。

2. 実験概要 実験は、長さ9m、幅33cmの可変勾配水路を用いて行い、模擬植生層はその下流側に水路全幅にわたって5.4m分設置、路床勾配を1/1000から1/64まで変化させ、水深が植生高さの1.2～2.0倍となる流量で通水し計測地点の前後1mがほぼ等流状態になるように堰を調節した。流速、水面変動はそれぞれ超小型プロペラ流速計、容量式波高計を用いて計測した。流れ場の座標系を図1に示す。模擬植生は塩化ビニール製繊維で、直径は0.026cm、高さは10.4cmで、単位体積あたりの遮蔽面積は 0.54cm^{-1} である。また、模擬植生の水中での固有角振動数、無次元減衰率はそれぞれ 8.9rad/s 、1.0であった。表1に模擬植生の特性を示す。本実験では、“穂波”（群としての植生の揺動）の発生領域と非発生領域の区分を目視により大まかに行った。水路側壁近傍の横断位置における“穂波”の流下方向変化に着目したビデオ画像解像から、“穂波”の波速、発生周期を求めたが、“穂波”の発生する水理条件では、“穂波”の波速は植生境界近傍の流速とほぼ等しく、周期は模擬植生の固有周期にほぼ等しいことがわかった。図2は次式で定義される抵抗係数をReynolds数($Re \equiv UH/\nu$)に対して示したものである。

$$f = 8(u_{*0}/U)^2 \tag{1}$$

ここに、 U ：平均流速、 H ：水深、 u_{*0} ：河床底面における摩擦速度($\equiv \sqrt{gHI}$ ， I ：エネルギー勾配)、 ν ：動粘性係数である。図より、同一のReynolds数であっても、揺動状態の違いによって抵抗係数が異なることがわかる。すなわち、揺動状態が抵抗特性に影響を及ぼすことが確認される。このことから、揺動状態はある特定の水理条件によって決まるものと考えられ、また、揺動状態と抵抗則が何らかの関数で書き表せると考えられる。図3、4に流速分布と乱れ強度分布の測定結果の一例を示す。本実験で行ったケースでは、植生層内では上に凸、植生層上では下に凸の植生層境界近傍で変曲点を有する流速分布となり、乱れ強度分布は植生層境界近傍で最大となり、植生層境界近傍のせん断で特徴づけられる場である。

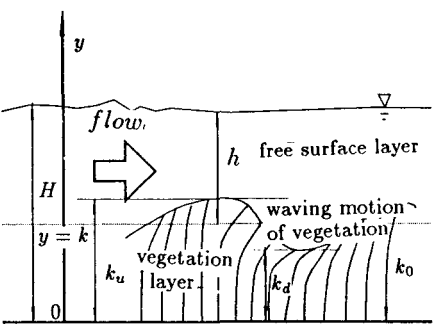


図1 座標系の定義図

表1 模擬植生の特性

	固有振動数 $\omega(\text{rad/s})$	減衰率 ζ
空中	41.2	0.062
水中	8.9	1.0

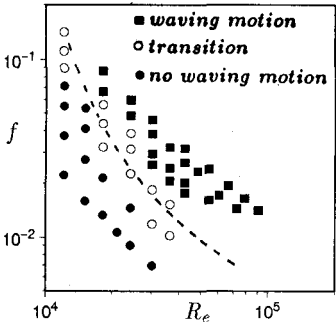


図2 Reynolds 数と抵抗係数の関係

3. 流速変動に関する検討 図5

に流速変動の時系列の一例を示す。図から流速変動に何か周期的なものが見受けられるが、この周期性を詳しく調べるために図6のように流速変動のスペクトルを計算して示した。図から、どの周波数でピークが存在するのかを特定するのは困難であるので、次式で定義するスペクトルモーメントを用いて特性周波数 f_i を求め、平均周波数を表す f_2 を求めた。

$$M_i = \int_0^{\infty} f^i S(f) df$$

図7に植生境界近傍での f_2 値を表面流の流勢で整理したものを示す。図から、“穂波”現象が生じるとき、流速変動の平均周期は“穂波”の発生周期、また、模擬植生の固有周期と一致することがわかる。この一致は、植生層上流れの流勢が増加し、平均流速が増加してもなお保持され、“穂波”現象の発生時には乱流構造が植生の揺動に支配されていることが推定される。

4. 水面変動に関する検討 本実験では、水面変動が顕著に現れているケースがあった。この水面変動には周期性があることがビデオ画像解析からわかった。水面変動のスペクトル解析の結果の一例を図8に示す。図からは、はっきりとした卓越周波数が読み取れるが、これは流速変動の平均周期、および“穂波”の発生周期とほぼ一致する。これは、開水路流れにおける“穂波”現象が自由水面の影響を受けることを示唆するものである。

5. 結論 本研究では、実験的に平均流場、流速変動、水面変動を検討することから、植生の揺動が流れ場に及ぼす影響を調べ、植生の揺動は流れ場の抵抗特性などに大きく影響を与えることが確認された。Reynolds応力分布の検討や流れの可視化、ビデオ画像解析のより優れた手法の開発などのさらに詳細な実験的検討を行うとともに、揺動の効果を取り込んだ流れ場のモデリングが今後の課題である。

参考文献

- 1) 井上：穂波の研究，1. 穂波の機構と特性，農業気象，第11巻，第1号，pp. 18～22. 1955.
- 2) 清水・辻本・中川：直立性植生層を伴う流れ場の構造に関する実験的研究，土木学会論文集，1992.
- 3) 池田・太田・前原：沈水性植生の穂波現象，土木学会第47回年次学術講演会講演概要集，1992.

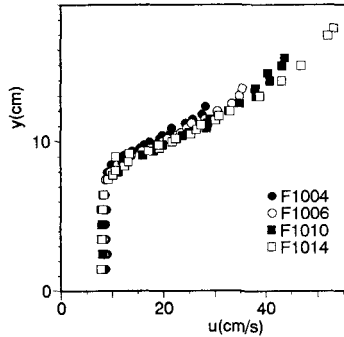


図3 平均流速分布

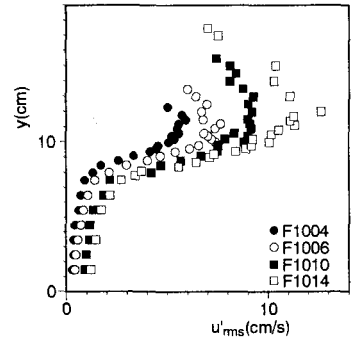


図4 乱れ強度分布

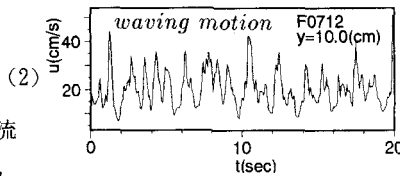


図5 流速変動の時系列

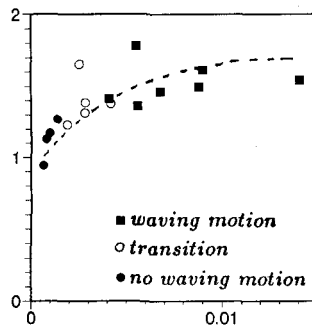


図7 f_2 値と表面流の流勢との関係

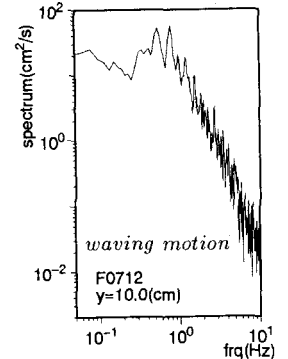


図6 流速変動のスペクトル

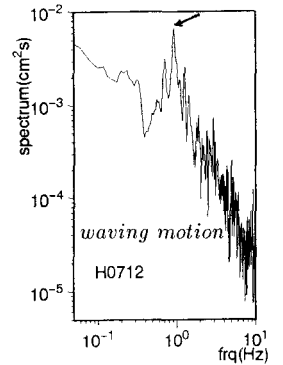


図8 水面変動のスペクトル