

II-124 沈水性植生の穂波現象

○ 東京工業大学 正員 池田駿介
清水建設 太田賢一
西松建設 前原一成

1. 序

草原や水田の植生の上を風が吹くと、植生の組織的な変形によって、植生上端形状が波状となって下流側へ伝播して行く穂波現象が見られることがある。このような穂波現象は直立性沈水植物にも見られ、乱れの構造、運動量輸送、物質の輸送などに大きな影響を与えていると考えられる。本研究では、植生境界に発生する組織渦と穂波現象の関係について水路実験により調べた結果を報告するものである。

2. 実験装置及び実験方法

実験は、長さ15m、幅40cmの循環式可変勾配水路を用いて行われた。模擬植生は横断方向に0.5cm、流下方向に1cm間隔で、長さ7mにわたって設置した。植生の長さは5cmであり、6.10ナイロンブリッスル（東レモノフィラメント社製）を用いたが、水流の変化に追従する柔軟性を有している。植生境界に発生する渦は、直径0.3～0.5mmの球形ポリスチレン粒子を混入させ、上方からスリット光を当てて可視化した。組織渦は植生上端部の平均流速と同じ速度で動くカメラから撮影され、又穂波の発生周期等はビデオカメラを用いて調べられた。流速の測定は、ピトー管及び二成分電磁流速計を用いて行われた。実験は3ケースについて行った。

3. 実験結果

ここでは、紙面の都合上、Run1を用いて結果を説明する。図-1は平均流速の鉛直分布である。他の二つのRunに比べて不明瞭ではあるが、植生層上端より少し下に変曲点が現れている。図-2はレイノルズ応力の分布である。レイノルズ応力は、植生上端で最大となり、上下方向へ向かって減少している。このレイノルズ応力をもう少し詳しく検討する。図-3aは、植生境界から下方に2cmの高さにおける w' 、 u' 及び $-u'w'$ の生出力の一部である。レイノルズ応力が間欠的に現れているが、詳細にみると、殆どのレイノルズ応力は $u' > 0$ 、 $w' < 0$ の位相で現れている。図-3bは、 u' 、 w' をそれぞれ象限に分け、相関をプロットしたものである。 $u' > 0$ 、 $w' < 0$ の象限に多くレイノルズ応力が現れていることが判る。同様に、図-4a、図-4bは、境生境界から上方に2cmの高さにおける値を示している。ここでは、 $u' < 0$ 、 $w' > 0$ の場合にレイノルズ応力が出現する確率が高い。即ち、植生境界で発生したレイノルズ応力は、上方に向かっては低速流のejection運動で、下方に向かっては高速流のsweep運動で輸送されることを示している。

図-5には、植生境界付近に存在する組織渦の流速分布、循環の分布を写真から読みとり、プロットしたものである。分布形はオセーン渦の分布形に似ており、中心からある範囲内に殆どの渦度を有している。又、組織渦は前傾しているのが特徴であり、前部で渦が植生層に接している所では、穂波が発生していた。流速

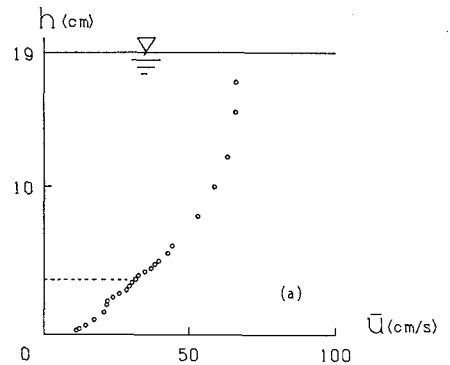


図-1 平均流速分布

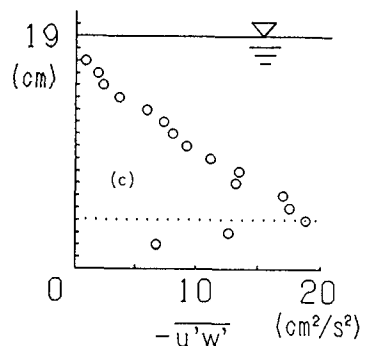


図-2 レイノルズ応力分布

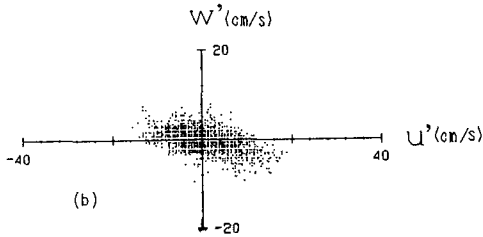
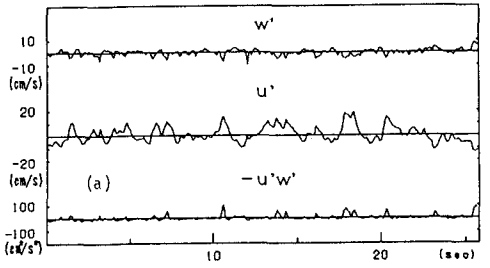


図-3 高さ2cmの (a) 乱れ、(b) 象限分布

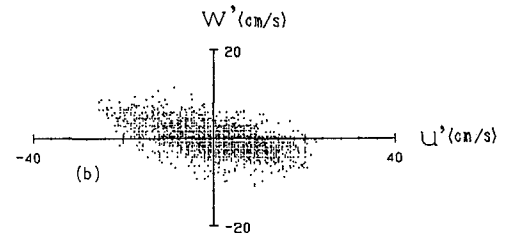
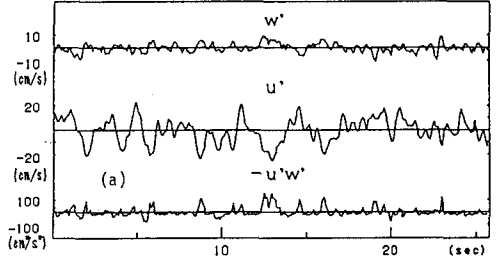


図-4 高さ6cmの (a) 乱れ、(b) 象限分布

表-1 穂波の周期

実験条件	方法	周期 (s)
Run1	スペクトル解析から求めた周期	1.95
	実測値 (ビデオ画像)	1.72
	理論解	1.61
Run2	実測値 (ビデオ画像)	2.08
	理論解	2.03
Run3	実測値 (ビデオ画像)	1.51
	理論解	1.28

分布に変曲点を有する場合には、不安定性により渦が発生する。その発生周波数 f は $f \theta / U = 0.032$ で表される（ここに θ は流速分布の持つ運動量厚さ、 U は流速の平均値）。又、渦の位相速度は植生境界の平均流速の $1 \sim 1.4$ 倍であった。この値は不安定理論から予測される値とほぼ一致する。表-1に、各Runについて、植生境界付近の乱れのスペクトル解析から得た、ビデオ画像から読みとった穂波の発生周期(900秒間の平均)及び上記の不安定理論によって得られる周期を示した。いずれの場合もよく一致している。

4. 結論

植生が存在することにより生み出される流速分布に起因して、植生境界で流れが不安定となり、それが組織渦となって流下しながら植生境界を变形させ、その変形が穂波として伝播するように見えているのであると結論付けられる。

参考文献：1) Ho, C.M. and P. Huerre: Perturbed free shear layers, Ann. Rev. Fluid Mech., vol.16, 365-424, 1984.

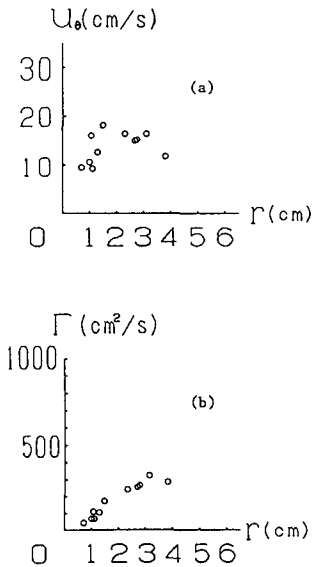


図-5 渦の (a) 流速分布、(b) 循環の分布