

横断面内に植生域の存在する流れでの混合過程

金沢大学工学部 正 員 辻本 哲郎
 金沢大学大学院 学生員 北村 忠紀
 金沢大学工学部 ○王子 義徳

1. まえがき

河道横断面内に植生帯のある風景はよく見られ、親水景観として、また動植物生態系保護の面から欠くべからざるものであるとともに、洪水疎通を妨げる障害でもある。河道計画に両者の適正なバランスが必要であるのは言うまでもないが、そのための水理学的知見は必ずしも充分でない。本研究ではこうした場での水理の基礎機構が植生域と非植生域の混合（運動量・質量）現象によっており、特にそれが水面変動を伴う大規模・組織的運動として生じていることに着目したもので、実験水路で半断面に模擬植生を配し、流速変動・水面変動計測を行なって考察した。

2. 実験の概要

実験は長さ12m、幅0.4mの水路で、上流端より6mの位置から下流11mまでの区間について断面片側半分に模擬植生群（高さ $k=4.60\text{cm}$ 、直径 $D=0.15\text{cm}$ の竹製円柱を縦断・横断方向に $s=2\text{cm}$ 間隔で配置したもの）を配し、この水路に流れを導いて行なった。今回の実験では水深を植生高さ以下の範囲に限定し、植生を有する区間の後半で疑似的に等流になるよう下流端堰を調整した（図1参照、座標 x, y, z は図に示すように取った）。実験では次のような測定を行なった。（1）縦断水面変動の測定：3台の容量式波高計を用いて植生域（ $z=-9\text{cm}$ ）、植生域と非植生域の境界近傍（ $z=1\text{cm}$ ）、非植生域（ $z=11\text{cm}$ ）の3点で同時に計測した。（2）横断流速分布の測定：プロペラ流速計（直径3mm）を各断面の平均水深の40%の高さに設置して測定した。（3）横断水面変動の測定：水面変動強度（水面変動の標準偏差： H_{rms} ）と路床からの時間平均水面高（ H_{mean} ）を容量式波高計で測定した。（4）流速変動と水面変動の同時測定：2台の容量式波高計（ $z=\pm 5\text{cm}$ ）の間に小型電磁流速計（断面投影面は8mmφで y, z 成分が測定可能）を設置して（ $z=1\text{cm}$ で、 $y=40\%$ 水深高さ）同時計測した。計測はすべて20Hzでデジタルレコーダに1024個記録し、パーソナルコンピュータで統計処理した。

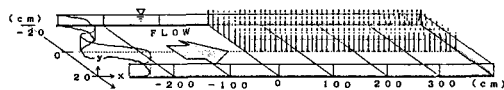


図1 水路概略図

3. 実験結果

（1）縦断水面変動の測定：縦断水面変動強度分布の例を図2に示す。これより、流れ場を縦断方向に次の4つの区域に分けて考えるのが望ましい。（A）植生群に至るまでの区域（ $x \sim 0\text{cm}$ ）（B）植生域に瞬時的に水面変動が出現する、植生群に至ってすぐの区域（ $0\text{cm} \sim 50\text{cm}$ ）（C）一旦水面変動が小さくなる区域（ $50\text{cm} \sim 150\text{cm}$ ）（D）水面変動が再び増加し平衡に達するまでの区域（ $150\text{cm} \sim$ ）。 $x=250\text{cm}$ 程度で平衡領域となるものと推定される。この区域では植生との境界近傍での大きな水面変動が特徴的である。

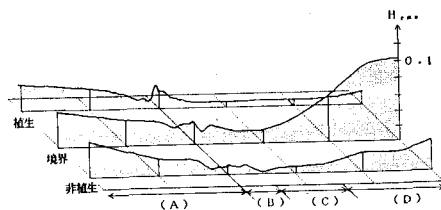


図2 縦断水面変動図

（2）横断流速分布の測定（図3）：（A）では横断方向にほぼ一様である。（B）区域でも植生域と非植生域で差は余り顕著でない。（C）区域に入ると界面付近で遅くなりはじめ、それに追従して植生側は遅く、また非植生側は速くなっていく。（D）平衡状態では植生側と非植生側との流速差は極めて大きく、境界でのせん断が流れ構造を支配しているものと考えられる。

（3）横断水面変動の測定（図4）：（A）では H_{mean} 、 H_{rms} とも横断方向に差が無い。（B）区域では植生側で H_{rms} が大きいこれは植生区域に入った流れが円柱群で受けた擾乱によるものと考えられる。（C）区域では H_{rms} は植生群に入る前よりも小さくなり、 H_{mean} は横断方向に殆ど差がない。（D）区域に入ると、 H_{mean} は非植生側が

明らかに植生側より大きくなり、非植生側への流量集中が顕著となっている。 H_{rms} は植生域の境界付近で最大値をとり、非植生側の変動強度の方が相対的に大きいことがわかる。(4) 流速変動と水面変動との関係の測定: ここでは植生域と非植生域の水面変動(あるいは水位差の変動)と境界面での横断方向流速成分(w)の変動の相関を調べた。 w は植生側から非植生側に流れる向きを正とした。 w 、植生側の水面変動(H_1')及び非植生側の水面変動(H_2')の同時計測で得られた時系列を、各区域について図5に示す。水面変動に関しては、植生・非植生側とも、(A)、(B)区域では比較的周波数の高い変動だが、(C)区域に入ると低周波変動へ移行してゆくのが認められる。このあたりでは振幅は一旦減衰しているが、(D)区域に入ると低周波で振幅の大きい変動に発達しやがて、平衡状態に達する。高周波の変動では認められなかった変動波の規則性や相関性も、低周波変動では際だってくる。水面変動は植生側と非植生側では同位相である。また w は、(A)、(B)、(C)で周波数も振幅もあまり変化しないが(D)において低周波の振幅の大きな、しかも比較的規則正しい変動波となる。また平衡区域では w の位相は水面変動と $\pi/2$ だけのずれが認められる。平衡状態で、植生域と非植生域では水面変動は同位相ではあるが、非植生域で振幅が高いため両水面高さの差は正・負を交互に繰り返す。水面変動の差($H_2' - H_1'$)と w との関係に着目し、その比較を図6に示した。これより、平

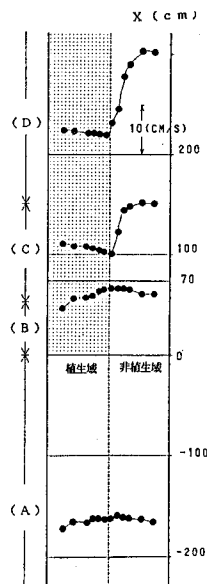


図3 横断流速分布図

衡状態においては、 H_1' が H_2' より大きくなったときには、その水面差のために w は植生側から非植生側に流れ、また逆のときには w も負の流れをとるという仕組みが認められる。こうした植生側・非植生側の間の流体のやりとりが運動量交換を担っているものと推測される。

4. あとがき

植生域と非植生域が隣合う流れで、両者の流れの混合機構を把握するため、こうした流れの遷移過程を含めて実験的に特性を調べた。特に水面変動を介して混合が行なわれているのが特徴で、著者ら¹⁾が先に行なった両域を1次元的に扱った巨視的なモデルをこうした遷移過程についても適用し、その過程においてより詳細な内部機構の検討を図りたい。

参考文献: 1) 北村・辻本(1990) 植生域と非植生域の流れの干渉についての基礎的研究, 土木学会年講.

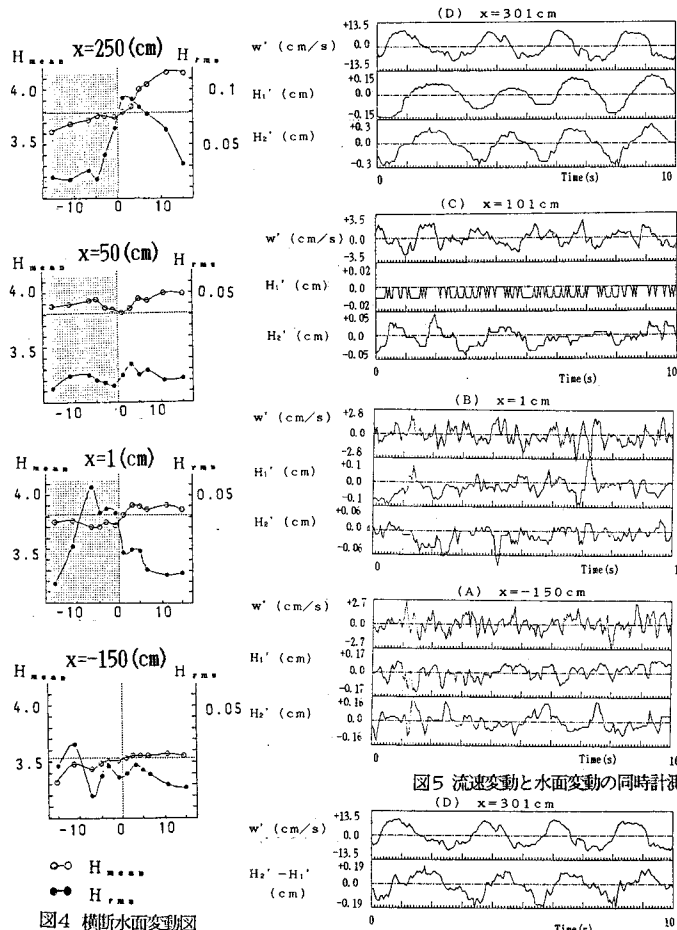


図5 流速変動と水面変動の同時計測

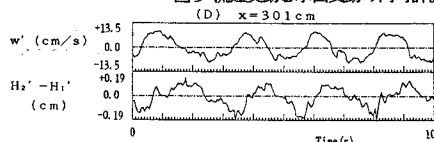


図6 水面変動差と流速変動の関係

図4 横断水面変動図