

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  
京都大学大学院 学生員○島村亜紀子 京都大学大学院 学生員 堀 孝成

1. はじめに 河川の高水敷は、公園・広場など人々の憩いの場所として利用され、様々な植生群落が存在する。しかし、高水敷上に流れが及ぶと高水敷上に土砂の輸送・堆積が起こる。そこで、本研究では、高水敷上に植生帯を持ち、かつ植生帯の分布を変化させ、流れの構造および浮遊砂輸送に及ぼす影響を明らかにすることをその目的とする。

2. 実験方法 長さ12m、幅50cmの直線可変勾配水路を勾配 $i_b=1/500$ に設定し、水路右岸側に高さ4cm、幅18cmの高水敷を設け、高水敷上に図-1に示すような6パターンの植生帯分布について実験を行った。植生帯モデルは、直径1.8mm、長さ90mmの竹性円柱を1.5cmの正方形格子状に配置したものを用いた。路床は粗面とし、粒径 $d=0.197\sim0.210\text{mm}$ の砂をニス付けした。流れの実験では、路床を固定床とし、ホットフィルム流速計により流れ諸量を計測し、高水敷上植生が複断面流れに及ぼす影響を調べた。浮遊砂実験では、低水路を移動床(厚さ4cm)とし、水理条件は流れの実験と同じとした。

使用砂は粗度づけに用いたものと同じで、光学式濁度計で濃度を計測した。測点は、複断面接合部で密に設定した。流量は、植生分布の抵抗を比較するため全ケースで同一とした。水理条件を表-1に示す。

3. 流れの実験に関する検討 表-1の平均水深からわかるように、高水敷上全面に植生帯を伴うものより、高水敷端に1/3の幅で植生帯を伴うものの方が水深が大きく、高水敷端に植生帯を伴うものの抵抗の大きいことが明らかである。図-2は、平均主流速を断面内最大流速 $U_{max}$ で無次元化したもののコンター図であり、図-3は、レイノルズ応力を $U_{max}^2$ で無次元化したものである。従来の研究<sup>7)</sup>で指摘されているような等流速線の高水敷端部で水面へ突き出し、その両側で壁に向かって突き出す分布は、植生が存在するケースでは認められず、植生の存在しないF03でわずかに認められる程度である。最大流速点の横断方向位置は植生帯を伴うもの、特に高水敷端に幅の狭い植生帯存在するものでは、低水路・高水敷上非植生部と植生帯との間の運動量交換を活発にすることがわかり、植生帯の抵抗は、その幅だけでなく、植生帯が接合部に存在するほど大きいことがわかる。接合部から高水敷側の流速分布では、植生帯を伴うケースでは、高水敷上で等流速線が直立しおり、植生帯内では流速の一様化が見られる。このことは、単断面内にある側岸植生帯内の流下方向流速が鉛直方向にも、横断方向にも一様となることと一

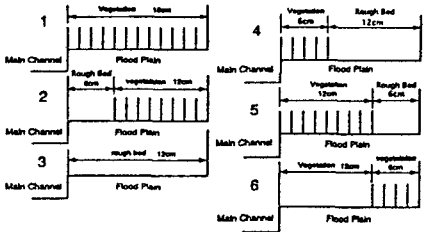


図-1 植生分布パターン

表-1 実験条件

| CASE | 植生モデル | 路床勾配 $i_b$ | 水路幅 $B$ (mm) | 高水敷幅 $B_f$ (mm) | 高水敷高さ $D$ (mm) | 低水敷水位 $H$ (mm) | 高水敷水位 $H_f$ (mm) | $D/H$ | 流量 $Q$ (l/s) |
|------|-------|------------|--------------|-----------------|----------------|----------------|------------------|-------|--------------|
| F01  | 1     | 1/500      | 500          | 180             | 40.0           | 70.0           | 30.0             | 0.57  | 13.004       |
| F02  | 2     |            |              |                 | 43.2           | 69.0           | 27.3             | 0.63  |              |
| F03  | 3     |            |              |                 | 41.8           | 61.0           | 21.2             | 0.69  |              |
| F04  | 4     |            |              |                 | 41.7           | 72.9           | 32.3             | 0.57  |              |
| F05  | 5     |            |              |                 | 42.4           | 76.9           | 36.0             | 0.55  |              |
| F06  | 6     |            |              |                 | 42.5           | 63.6           | 21.5             | 0.67  |              |

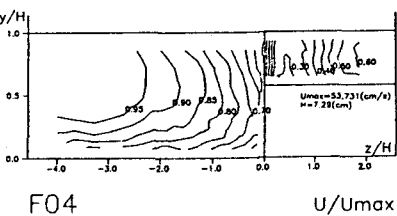
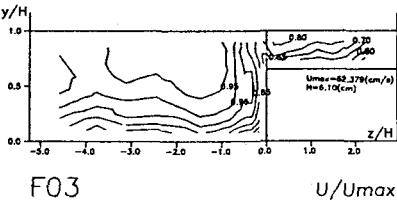
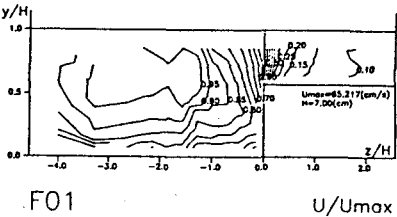


図-2 平均主流速

致している。高水数上に植生帯を伴わないF03では、接合部付近におけるレイノルズ応力の変化は、植生が存在する場合に比べて緩やかであり、植生帯が横断方向の運動量輸送に与える効果の大きく、その境界では乱れを増大させるが、内部では乱れを低減させる効果の強いことがわかる。図-4は、摩擦速度 $u_*$ の2乗をその横断面内平均値 $u_{*m}$ の2乗で無次元化した値の横断方向分布を示す。高水数上での値が接合部に近づくにつれて増大し、接合部のやや低水路寄りでは低い値を示す傾向は複断面の特徴であり、植生帯を伴わないF03にそれが現れている。一方、植生帯内では、底面せん断応力が極端に小さいことがわかる。低水路側については、接合部から徐々に増大していき、そのピークは、最大流速の位置とほぼ一致し、そこから減少している。

**4. 浮遊砂実験に関する検討** 図-5は、浮遊砂の水深平均された相対濃度の横断方向分布である。植生帯を伴うものでは、濃度の横断方向分布が接合部でその横断方向変化が大きくなっている。これは、接合部での水平せん断が大きいことに起因するものである。また、高水数端に幅の狭い植生帯を伴うST04の横断方向への影響はかなり強いことがわかる。図-6は高水数上の浮遊砂の堆積をそれぞれのケースの堆積高さの最大値で無次元化したものの横断方向変化である。なお、植生帯を伴わないもの、および植生帯が高水数壁面側に6cmの幅で存在するものは、堆積が認められなかった。堆積高さのピークは、高水数端に植生帯が存在するものではほぼ同じ位置である。植生帯の幅の狭いものの方が堆積位置が高水数壁面側に及んでおり、植生帯の幅が狭く横断方向の透過性がよいこと、高水数壁面側の非植生部の流れの影響およびその部分からの輸送が考えらる。ST04では、流下方向にほぼ7.5cmおきに植生帯から高水数壁面側へ、浮遊砂の堆積による筋が確認された。高水数非植生域における境界面からの摩擦速度と流速の増加により、高水数底面付近に周期的な渦ができていているものと思われる。

**5. おわりに** 高水数上全面および高水数端に幅の広い植生帯を伴うものは、単断面植生に似た傾向を示したが、高水数端に幅の狭い植生帯を持つものは、その抵抗、輸送などに関して顕著な特徴を表しており、この特徴が、どの程度の幅・密度から現れるか等の検討が必要と考えられる。また、周期的な水平混合渦に関しても、測定断面を増やすなどして明らかにする必要がある。高水数端に植生帯を伴わないものについては、複断面流れ・植生流れの両方の影響を受け、より複雑な流れ場になっていると思われる。植生帯幅・2次流など予測される要因についても今後の検討が必要である。

<参考文献> 1) 富永ら：第33回水理講演会論文集, pp.523-528, 1989.  
2) 清水ら：水工学論文集, 第36巻, pp.265-272, 1991.

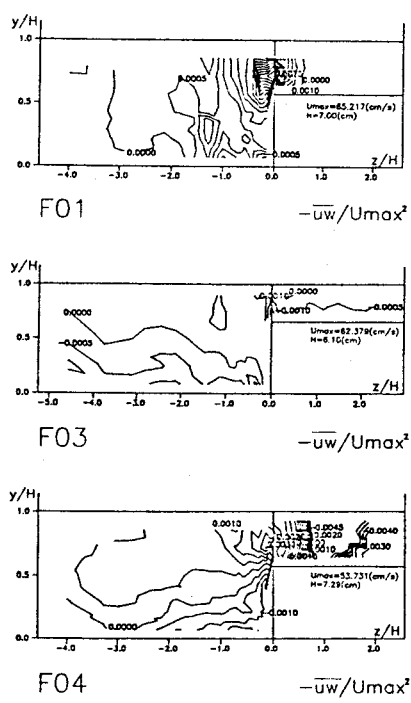


図-3 レイノルズ応力

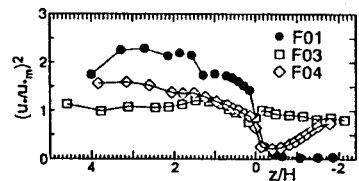


図-4 摩擦速度

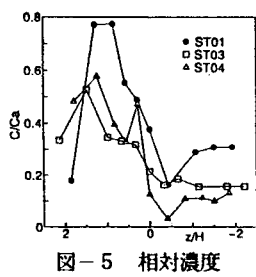


図-5 相対濃度

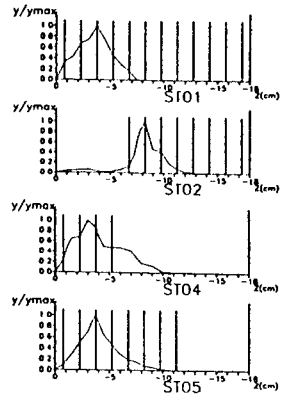


図-6 浮遊砂の堆積分布