

植生帯による濁度軽減効果の検討

金沢大学工学部 正 員 辻本哲郎
金沢大学大学院 学生員 泉 倫光
金沢大学工学部 学生員 〇辻倉裕喜

1. まえがき

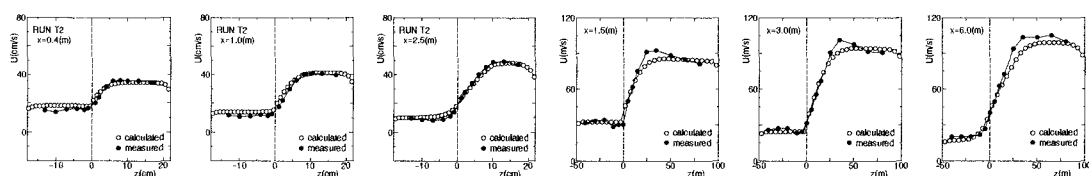
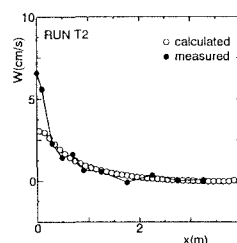
近年、河川環境の向上を目指しつつ整備していくうえで植生が重要なファクターとなっている。植生が治水機能を阻害している面は正しく評価し、よりよい環境を追い求めて積極的に植生についての研究が行われている。流下方向に帯状に繁茂している植生が付加抵抗となることによる運動量混合によって主流部の濁度を誘い込み、流れが減速された植生帯において沈殿させる働きに着目し、遷移過程における流れの構造と土砂挙動の把握を目的とし、本研究では流れの実験を行うとともに植生の形状抵抗を考慮した $k-\epsilon$ モデルによる平面2次元の流れ場の計算から拡散係数に関する情報を得、浮遊砂の拡散方程式¹⁾を解くことで濁度軽減効果の検討を行った。

2. 実験概要

幅0.4m、長さ12mの変勾配式直線水路と幅1.5m、直線区間30mの金沢市金浦用水(浅野川水系)のコンクリート矩形断面とのスケールを変えた実験を行った。植生モデルには双方の実験とも鉄棒(幾何形状は等しく、縮尺のみを変化)を採用して、水路側岸に沿って設置した。流速測定は2成分小型電磁流速計を使用して、流下方向に断面を変えて計測を行った。

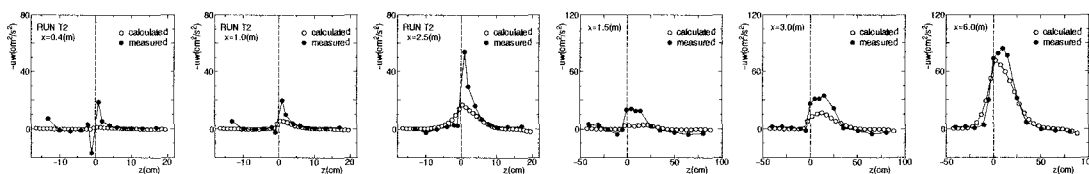
3. 数値解析

数値計算は乱流モデルに $k-\epsilon$ モデルを採用し、空間平均化した流れの基礎式を水深方向に平均化し、平面2次元流として取り扱った。図-1に植生帯境界での横断方向流速 W の流下方向変化を示す(横断方向流速は主流速に比べて極めて小さいので実測値を用いず主流速分布から流量一定という条件で連続式を用いて求めている)。 $W>0$ の流速は植生帯内から外に向かう流速成分を示し、植生帯流入部でピークを持ち主流路への流量集中が認められ、その後指数関数的に減衰していくことが確認される。図-2, 3に主流速 U 、横断方向Reynolds応力 $-uw$ の流下方向変化の計算値と実験値を併示する。主流速分布から遷移距離は灌漑水路の場合はほぼ6.0m、室内水路ではほぼ2.5mと推測できる。Reynolds応力分布より計算値が若干過小評価している傾向があるが、 $k-\epsilon$ モデルによる有用性は十分に確認された。



室内水路

灌漑水路

図-2 主流速 U の流下方向変化

室内水路

灌漑水路

図-3 Reynolds応力 $-uw$ の流下方向変化

4. 数値計算による濁度軽減効果の検討

洪水時における斜面崩壊や地すべり地からの濁質分がダム湖などに流入し濁水長期化を生起させているので本報告では、急流の山地河川を想定した一例を挙げて植生を利用した濁質除去効果を数値計算を用いて試算する。

流れ場の計算により拡散係数に関する情報を得て、これをもとに次式に示すような浮遊砂の拡散方程式を解くこ

とにより検討を行った。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left\{ UC - \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_{sx} \frac{\partial C}{\partial x} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ WC - \frac{\partial}{\partial z} \left(\varepsilon_{sz} \frac{\partial C}{\partial z} \right) \right\} = (w_0 C) + S_c \quad (1)$$

ここで、U、W：それぞれ主流方向、横断方向流速、C：浮遊砂濃度、 w_0 ：浮遊砂の沈降速度、 ε_{sx} 、 ε_{sz} ：それぞれ流下方向、横断方向の浮遊砂の拡散係数、 S_c ：浮遊砂の生成項である。

境界条件として水路両岸より外側では濃度拡散が起こらないようにし、また植生帯内においては巻き上げ量がないものとし、非植生帯においては沈降量と巻き上げ量の連続式が成立するようにした。初期条件として辻本らに倣い、摩擦速度 u_* と結びつけられた次式によって平衡濃度を与えた。

$$C_{ae} = 0.002(u_* / w_0)^2 \quad (2)$$

ここで、 C_{ae} ：平衡状態(底面での浮遊砂の上昇フラックスと沈降フラックスがバランスした状態)での浮遊砂の底面濃度、 w_0 ：浮遊砂の沈降速度を示す。

また、底面では浮遊砂の上昇フラックスと沈降フラックスの差が河床の侵食・堆積量を決定するため一定値を境界条件として用いることはできない。

ここでは、山地河川を想定し、計算領域に流下距離100m、河幅20mをとり、河床の粗度高さ16cm、浮遊砂の粒径0.1cmとし表-1に示す計算条件を用いて行った。なお浮遊砂の拡散係数は便宜的に運動量拡散係数と等しいものとした。図-4に主流速Uの等値線図を示す。植生帯境界で等値線が密になっており、またこの図より判断できる遷移距離はほぼ20mである。図-5に渦動粘性係数 ν_t の等値線図を示す。植生帯流入端ではあまり運動量拡散が行われていないにもかかわらず、流量シフトが終了した位置より下流では運動量拡散が増加傾向を示している。図-6に浮遊砂の濃度分布Cの等値線図を示す。植生帯流入部から流下方向に約20m区間においては植生帯内の遅い流速域のため等値線が鉛直になる傾向があり次第に浮遊砂が沈降していくが、混合発達領域から下流にかけては非植生帯からの浮遊砂濃度の吸い込みが顕著になるため等値線が斜めになると考えられる。植生帯幅のセンターライン($y=2.0m$)で比較すると植生帯内最下流端では植生帯流入部からはば4割程度に濃度が低減されており有効な手段であると判断できる。

5. おわりに

本研究では乱流モデルにk- ε モデルを用いた流れ場の計算により遷移域、平衡域ともに実測値との対応が良好なため今回は山地河川を想定した一例を挙げてk- ε モデルによる平面2次元解析によって濁質低減効果の検討を行った結果、植生帯最下流端では浮遊砂の濃度分布の横断方向変化が非植生帯内から植生帯内において指数関数的に減少傾向を呈していることが確認され、主流部の濁度を植生帯内に誘い込んで十分に濁質除去効果が現れていることが示された。

表-1 計算条件

平均流速(m/s)	1.25
水深(m)	0.80
路床勾配	1/300
植生帯幅(m)	4.00
植生帯長(m)	80.0
密生度(m-1)	1.00

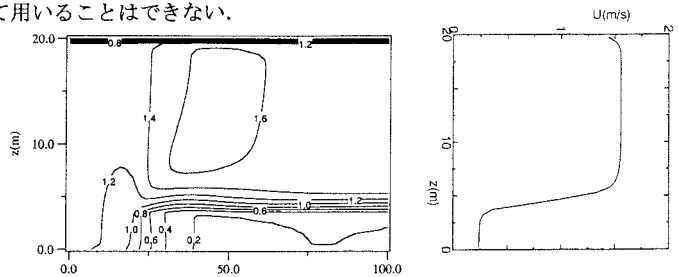


図-4 主流速Uの等値線図

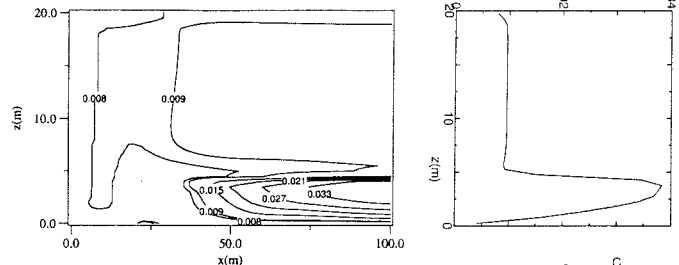


図-5 渦動粘性係数 ν_t の等値線図

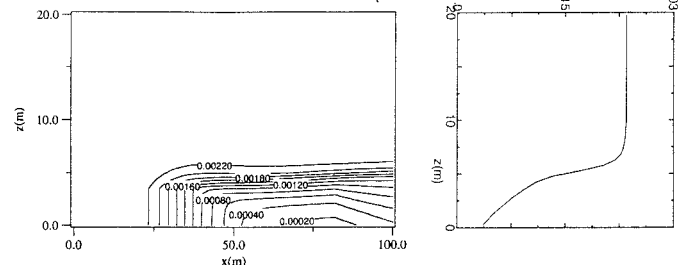


図-6 浮遊砂濃度分布の等値線図