

砂河川における砂州植生域の拡大・破壊に関する数値計算

名古屋大学工学研究科 学生員○溝口俊太
 名古屋大学工学研究科 正会員 戸田祐嗣
 名古屋大学工学研究科 正会員 辻本哲郎

1. はじめに

近年多くの河川で、ダム建設による流量調節に伴う流況の平滑化や、ダム上流での堆砂や河道での砂利採取による供給土砂の減少が起こっている。その結果、河床が安定化し、植生が破壊される頻度が減少したために河道内樹林化が進行している。植生が繁茂すると、砂州生態系を変質させるとともに、河積断面の減少による洪水時の水位上昇を招くといった現象が生じることもあり、植生が河川に与える影響は大きい。

したがって、ダム建設などの河川整備による流況変化に対応した河道内樹林化を予測することは重要である。本研究では、植生の生長特性・植生域拡大／破壊を組み込んだプログラムを作成し、ダム建設前と後の2流況を用いた流れ解析を行い、流況の違いが河道内樹林化に与える影響について考察する。

2. 解析手法

矢作川は、1971年に建設された矢作ダムの影響で流況が平滑化しており(図-1)、近年、樹林化傾向にある河川である。そこで、矢作川の13～20kmを対象として、矢作ダム建設前と後の流況を用いた数値計算を行い植生域の変遷を予測する。

計算プログラムは、一般曲線座標系を用いた非定常2次元流れ場の解析法¹⁾に、①植生の生長、②植生域の拡大、③流れに対する植生抵抗、④植生の破壊を組み込んだものを用いた。

- ① 植生の生長：植生は矢作川下流域で広域に繁茂しているツルヨシをイメージし、図-2のような生長特性を与えた。
- ② 植生域の拡大：過去の航空写真²⁾を参考に、1グリッド内で1年間に200m³拡大し、そのグリッドが全て植生で覆われたときに周辺のグリッドで生長が始まるとした。
- ③ 植生抵抗：植生が流れに対してもたらす抵抗 F は植生高 H と水深 h の大小関係から以下のように与えた。

$$\begin{aligned}
 H \leq h \text{ のとき } \quad F_x &= \frac{1}{2} C_D \lambda H u \sqrt{u^2 + v^2} \cdot \frac{A}{A_{\max}} \quad F_y = \frac{1}{2} C_D \lambda H v \sqrt{u^2 + v^2} \cdot \frac{A}{A_{\max}} \\
 H \geq h \text{ のとき } \quad F_x &= \frac{1}{2} C_D \lambda h u \sqrt{u^2 + v^2} \cdot \frac{A}{A_{\max}} \quad F_y = \frac{1}{2} C_D \lambda h v \sqrt{u^2 + v^2} \cdot \frac{A}{A_{\max}}
 \end{aligned}$$

ここに、 C_D ：植生の抗力係数(=0.5)、 λ ：植生密生度(=0.5)、 u, v ：水深平均流速の x, y 方向成分、 $A/A_{\max}$ ：1グリッド内の植生面積割合、である。

- ④ 植生の破壊：矢作川下流域での最大粒径である20mmの石が移動するか否かを破壊境界とし、以下の式で表される無次元掃流力 τ_* が無次元限界掃流力 τ_{*c} (=0.05)を超えるとときに植生が破壊されるものとした。

$$\tau_* = \frac{u_*^2}{(\sigma/\rho - 1)gd} \quad u_* = \sqrt{ghI}$$

ここに、 u_* ：摩擦速度、 σ, ρ ：土粒子、水の密度、 g ：重力加速度、 d ：粒径、 I ：河床勾配である。

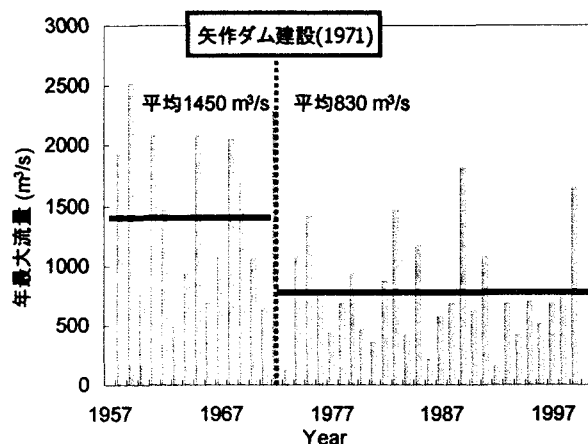


図-1 矢作川流況

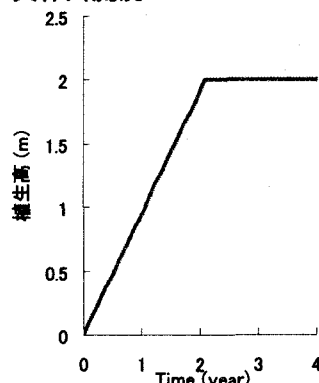


図-2 植生生長特性

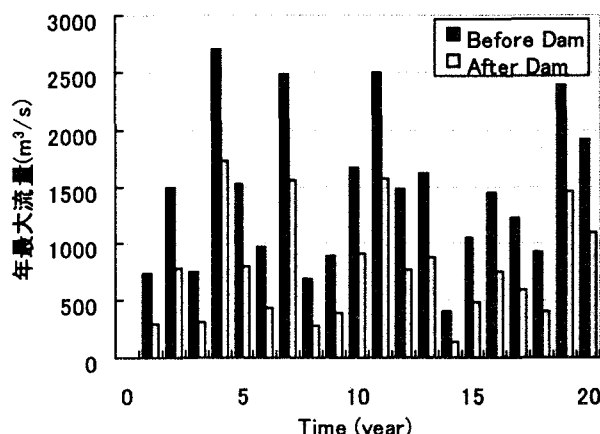


図-3 解析に用いた流況

地形は、2000年の横断地形データを元に作成し、初期植生位置は、2001年の航空写真²⁾から判断したものを与えた。流況データは矢作ダム建設前・後と同じ特性(平均、標準偏差)を持ち、流況波形が等しくなるよう

に 20 年分の流況を作成し(図-3), 数値計算を行った。

3. 計算結果と考察

ダム建設後の流況を用いて計算し, 2 年後から 5 年後までの 17km 砂州付近の単位面積あたりの植生バイオマス (植生高×植生面積/グリッドの面積) の変化を示したものが図-4 である。洪水流量の大小により植生域の減少, 拡大が生じている様子が表現できている。

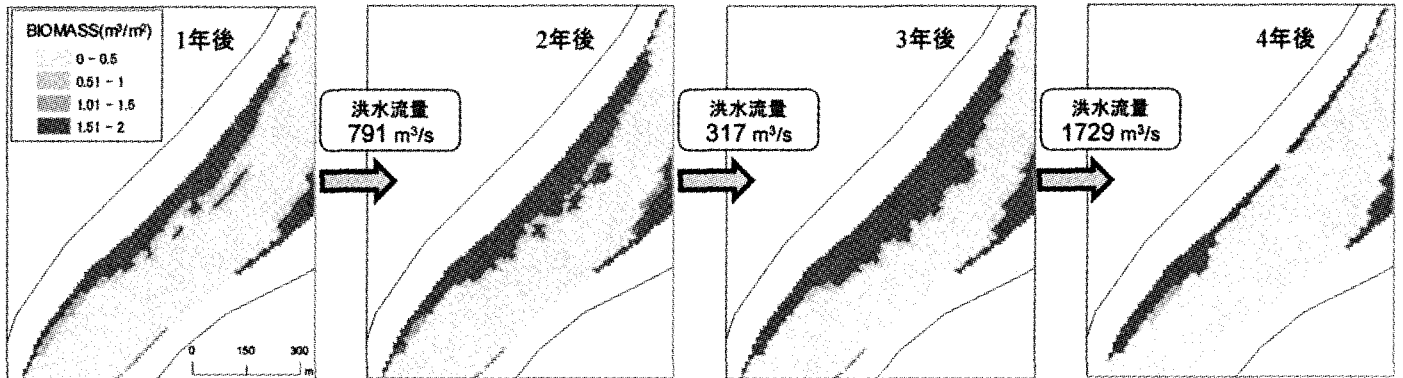


図-4 17km 砂州の植生域の変遷(ダム建設後の流況)

図-5 は計算区間全域における 20 年間の植生バイオマスの変化を示したものである。年最大流量が $1000\text{m}^3/\text{s}$ を超えるような大流量が起こった年は植生が破壊され, それ以下の流量の年では植生域が拡大する結果となった。ダム建設前の流況と後の流況での計算結果を比較すると, 計算開始より 4 年目から 18 年目の間, ダム建設後の流況では植生域は拡大していく傾向があるが, ダム建設前の流況では, 同期間に拡大と破壊が同程度の割合で起こり植生域は拡大しない傾向にあることがわかった。つまり, 矢作ダムが建設されなければ矢作川の樹林化は進行しなかったといえる。

このような解析により, 流況が変化したときの樹林化の傾向が予測できれば, 河川整備を行う際の環境影響評価に役立つであろう。

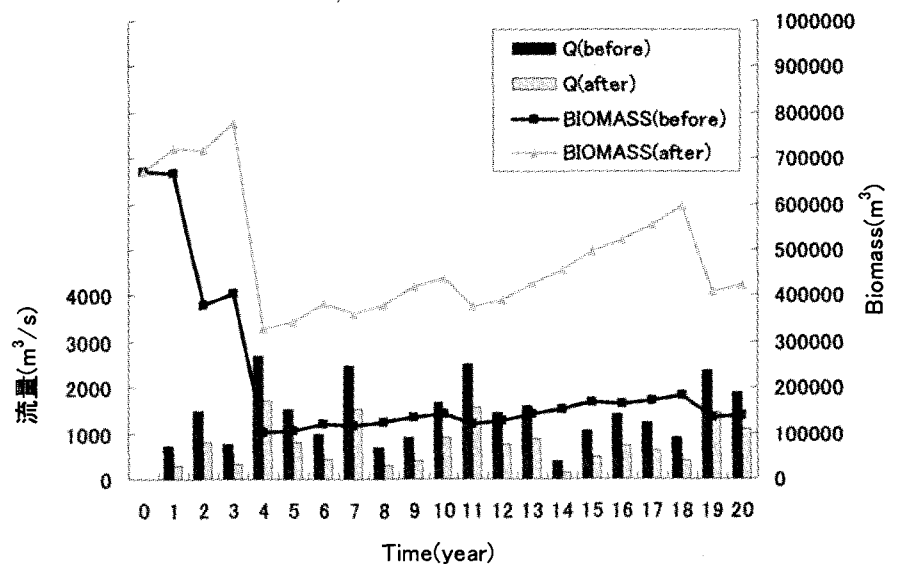


図-5 バイオマスの経年変化

4. おわりに

今回, 植生域拡大に関しては, 現存する植生域の拡大のみを考えたが, 実際は種子の散布により新たな植生が発生する。植生生長に関しても比高, 粒径などの物理特性の違いにより, 場所によって生長特性が異なると思われる。これら生物的要素を加えられれば, より精度の高い予測が行えるであろう。また, 実際の河川では, 植生域の拡大と同時に地形が変化している。今後は本プログラムに移動床理論を加え, 植生が地形変化に与える影響, 地形変化が植生域拡大に与える影響を解明していく予定である。

5. 参考資料

- 1.) 長田信寿：一般曲線座標系を用いた平面 2 次元非定常流れの数値計算, 水工学における計算機利用の講演会講義集, pp.61-76, 1999
- 2.) 矢作川空中斜写真集(1987 年, 1995 年, 2001 年)：国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所