

植生繁茂を考慮した河川横断地形変遷に関する研究

名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○前田英毅
 名古屋大学大学院工学研究科 正会員 戸田祐嗣
 名古屋大学大学院工学研究科 フェロー 辻本哲郎

1. はじめに

ダムの影響を受ける河川において、上流からの長期的なダムの排砂による影響を考慮するとき、河道内植生は洪水時の流速を減速させる効果があり、植生域に大量の土砂を堆積させ高水敷を形成することで川幅の縮小を引き起こす事例が報告されている。また、ダムによる洪水の頻度や規模の低下、形成された高水敷への植生の繁茂により河道内の植生繁茂の加速や樹林化が報告されている。このように河道地形の形成と植生の繁茂は互いに密接に関係している。本研究では、河道内の植生繁茂と地形横断地形の相互作用について数値解析によって明らかにすることを目的とする。

2. モデルの概要

流下方向を x 軸、横断方向を y 軸、鉛直方向を z 軸とする。植生の成長に関しては、植生の成長が光合成による生産量と呼吸による代謝量の差によって決まるものとした。また、植生の拡大に関しては、拡散項の形で表すものとする。単位時間・単位面積当たりのバイオマスの変化量を以下の式で表す。

$$\frac{\partial M}{\partial t} = P - R + \frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial M}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial M}{\partial y} \right) \quad (1)$$

ここで、 M ：単位面積当たりのバイオマス、 P ：生産(光合成)量、 R ：代謝(呼吸)量、 k_x 、 k_y ： x 方向、 y 方向の植生群落拡大係数である。

植生群落内における単位高さの植生層による光合成速度は以下の Monod 型関数で与えられるとする。

$$P = \frac{I}{I + I_c} P_{\max} \quad (2)$$

ここで、 p ：光合成速度、 I ：光量、 I_c ：光量に対する半飽和定数、 p_{\max} ：最大光合成速度である。植生群落内の日射の減衰については、植物の葉の密度による吸光係数を考慮した Lambert-Beer の式を用いて評価した。

代謝量 R は

$$R = \gamma P + \mu M \quad (3)$$

で与える。ここで、 γ ：成長呼吸係数、 μ ：維持呼吸係数である。

横断面での流れ場の解析は以下の連続式と浅水流方程式を用いる。

$$Q = \int_0^B U h dy \quad (4)$$

$$0 = g i_b - \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} \left(h v_t \frac{\partial U}{\partial y} \right) - \frac{g n^2}{h^3} U^2 - \frac{C_D \chi l}{2h} U^2 \quad (5)$$

ここで、 Q ：流量、 B ：川幅、 U ： x 方向の流速、 h ：水深、 i_b ：河床勾配、 v_t ：渦動粘性係数、 n ：Manning の粗度係数、 C_D ：抗力係数、 χ ：植生パラメータ、 l ：植生の水中高さである。

横断面での土砂の連続式は以下のようなになる。

$$(1 - \lambda) \frac{\partial \eta}{\partial t} = D - E - \frac{\partial q_B}{\partial y} \quad (6)$$

ここで、 λ ：間隙率， η ：河床高， D ：沈降量， E ：巻き上げ量， q_B ：横断方向掃流砂量である。
横断面での浮遊砂濃度の拡散方程式は以下のようなになる。

$$0 = \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + E - D \tag{7}$$

ここで、 K_y ：浮遊砂の拡散係数， C ：水深平均浮遊砂濃度である。

3 結果と考察

図-1 は洪水の影響のない平坦地形上での一年間の草本類の成長，拡大の様子を表している。草本はツルヨシを想定しており，最大高さが約 1.5 メートル程度になる。高さは1年でほぼ最大高さにまで成長し，それ以降は変化しなかった。また，植生の横断方向への拡大は年に約 5 メートル拡大する。

この植生モデルと組み合わせて洪水時の地形変化解析を行った結果が図-2 である。初期条件として川岸から 20 メートルの地点まで図-1 で求めた最大高さの植生が一様に分布しているとした。また，1年間を出水時(1日)と平水時(364日)に分け，洪水時に土砂の堆積が，平水時に植生の成長，拡大が起こるとした。土砂は植生域の境界付近に最も堆積し，非植生域で土砂が削れて土砂による自然堤防が形成されるという結果になった。これは，流下方向に平衡状態としているので，植生の流速逡減効果により植生域に土砂が堆積する分，非植生域の土砂が削れるからである。

植生域の変化については，図-1 で年に約 5 メートル拡大することができるとしたが，土砂の堆積により平水時に新たに形成される裸地域はわずかであり，植生域の拡大は土砂の堆積による裸地域の形成に伴い少しずつ拡大していくという結果になった。

4. おわりに

以上のことから，河道地形の変化と植生の繁茂が互いに影響を及ぼしてあっていることが示された。

しかしながら，河道内植生は草本類だけではなく木本類も存在しており，草本-木本の競争関係が発生している。木本類は草本類に比べ出水時の水中での長さが長いので流水への抵抗も大きく，根を深くはり安定しやすいため出水に対する抵抗性が大きい。よって草本-木本の種間競争を考慮することは地形解析を行う上で非常に重要なことである。今後は草本-木本の種間競争を考慮すると共に，流れによる植生の破壊についても検討していく。

参考文献

- 1) 藤田光一・John A Moody・宇多高明・藤井政人：ウオッシュロードの堆積による高水敷の形成と川幅の縮小，土木学会論文集，No551/ -37，pp47-62,1996
- 2) 黒岩澄雄：物質生産の生態学，東京大学出版会，pp4-73,1990

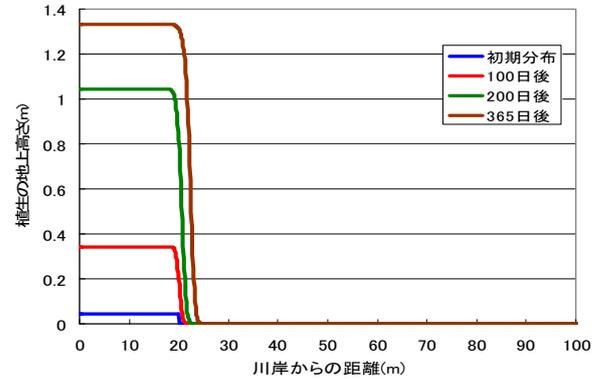


図-1 植生の成長，拡大モデル

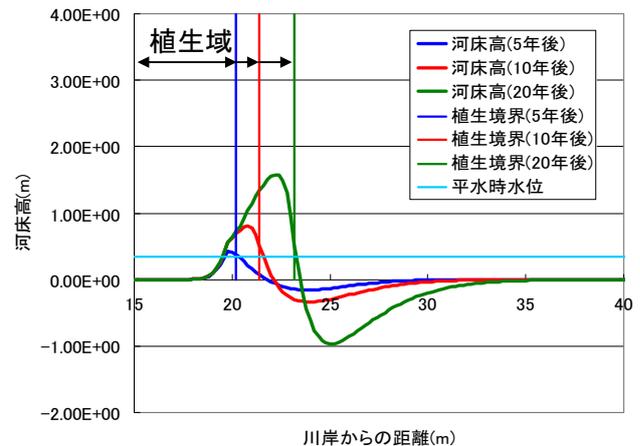


図-2 河道地形の変遷