

河道内の砂州形成と滞筋の固定化を再現する草本・樹林動態解析モデルの適用について

いであ(株) 正会員 ○板谷越朋樹・岡村誠司・小澤宏二
埼玉大学大学院 理工学研究科 正会員 浅枝 隆

1. はじめに

河道内砂州の草本化や樹林化プロセスについては、これまでに数多くの研究^{例えば1),2)}がなされているが、いずれも河道の物理機構と関連付けた植生消長、植生動態を解明したものであり、河床変動に伴う土壌の構成材料変化や栄養塩循環と草本や樹木の生理機構等を関連付けて、植生侵入や生長プロセス等を一体的に表現するモデルには至っていない。著者らは、砂州における土壌の細粒化や栄養塩濃度の増加が植生バイオマスを拡大させ、樹林化を促進させる要因の一つであることに着目し、河床変動による土壌の栄養塩更新と植生の生理機構を関連付けた植生消長モデル(DRIPVEM)を開発^{3),4)}し、これらの課題の解決を試行してきたところである。

本研究では、河床変動と土壌の栄養塩循環を考慮した植生消長モデルの有効性を示すため、本モデルを実河川に適用し、河道内の草本・樹林化砂州の形成及び滞筋の固定化過程の再現性の評価を試みたものである。

2. 解析モデルの概要

解析モデルは、図-1に示す(1)樹木群落モデル、(2)草本群落モデル、これらが枯死・分解することで生ずる(3)窒素循環モデルおよび洪水に伴う砂州の地形変化や植生流失、土壌表層の窒素濃度の更新を行う河床変動モデル(二次元河床変動計算)から構成される。(1)樹木群落モデル、(2)草本群落モデル、(3)窒素循環モデルの詳細は既往文献⁴⁾を参照されたい。河床変動モデルは、流れと河床変動の解析は一般座標系における平面二次元不定流解析と混合粒径の平面二次元河床変動解析を組み合わせた解析⁵⁾を用いた。掃流砂量は芦田・道上式により計算した。浮遊砂の河床からの浮上量は板倉・岸の式により計算し、流水中の浮遊砂濃度は移流拡散方程式により浮遊砂量を計算した。河床材料粒度分布の計算には交換層モデルを用いた。

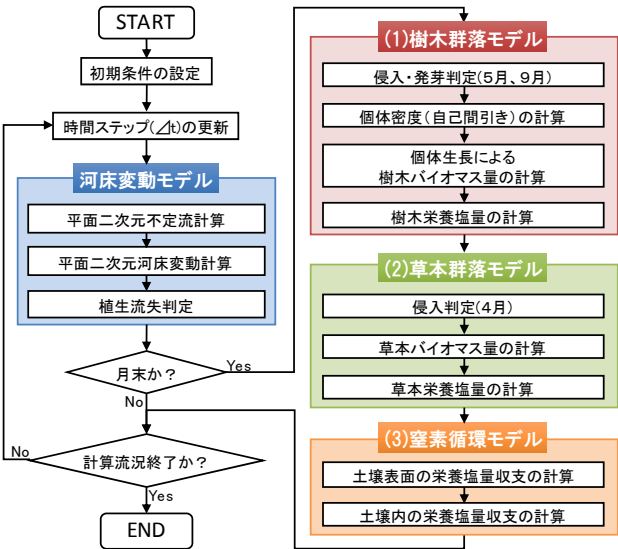


図-1 河床変動と栄養塩循環を考慮した草本・樹林動態解析モデルの計算フロー

3. モデル適用河川の概要

モデルの適用は、河道内砂州の草本化・樹林化による滞筋の固定化が顕著である城山ダム下流の相模川 24.0k～29.4k 区間を対象とする。(図・2 参照)

当該区間では、河道地形の二極化が顕著に見られ、その特徴としては、①小沢頭首工直下(27.4k～28.7k)や 26.8k～27.0k 区間のように、湾曲した河道線形や頭首工の可動堰の位置により滞筋が固定化した結果、比高差が大きくなり河道地形の二極化に発展したケース、②24.0k～25.4k 区間のように、砂州上に発達した草本・樹木の流水抵抗により土砂を捕捉・堆積させ、砂州の中央を流下する主流路で河床の低下が生じた結果、比高差が大きくなり河道地形の二極化に発展したケース、が挙げられる。

表-1 解析条件

項目	設定内容
検討区間	相模川 23.4k～34.2k (城山ダム直下流)
対象流況	1973 年(S48)1 月～1992 年(H4)12 月 (20 年間)
初期河道	1973 年(S48)測量
メッシュ分割	横断間隔: 約 10m, 縦断間隔: 約 40m
下流端水位	23.4k 地点の H-Q 関係
粗度係数	砂礫域: n=0.030, 樹木・草本域: n=0.050
上流端供給土砂	掃流砂と浮遊砂の供給無し (城山ダム直下流)
初期河床材料粒度分布	1972 年(S47)河床材料調査結果の粒度分布 (25.6k 上流 d ₆₀ =55mm, 25.6k 下流 d ₆₀ =40mm)
初期樹木・草本分布	1968 年(S43)の航空写真を参考に植生が無い状態
樹木・草本流失条件	u>0.36m/s (最大粒径 160mm の移動限界摩擦速度)
初期の土壌栄養塩(TN)	河川水中の栄養塩量 1.5(g/m ³)×0.01%
河川からの TN 供給量	〃
大気からの TN 負荷量	1.55(g /m ² /yr)
土壌の層厚	0.5m (樹木・草本の根圏深さ)
河床変動による TN 変化	0.5m 以上の土砂堆積により TN を初期化

キーワード 草本化, 樹林化, 栄養塩, 河道内砂州, 滞筋の固定化, 二次元河床変動解析

連絡先 〒154-8585 東京都世田谷区駒沢 3 丁目 15 番 1 号 いであ株式会社 TEL 03-4544-7600

4. 解析モデルの適用性の検証

表-1 に示す河床変動解析及び草本・樹林動態解析条件を用いて, DRIPVEM を適用しない条件(河床変動モデルのみを適用)と DRIPVEM を適用した条件での解析結果を示し, 両者を比較することで本解析モデルの適用性を検証した。

河床変動高分布の実績値(図-3)と DRIPVEM を適用しない条件での解析結果(図-4)を比較すると, 解析結果は, 28.7k 小沢頭首工上流での土砂堆積, 小沢頭首工下流右岸での洗掘状況を概ね再現できている。また, 28.0k~26.0k 区間での交互砂州の移動に伴う河床変動傾向を良く捉えている。その一方で, 26.0k 下流区間をみると, 実績値では 25.0k 付近の河道中央で河床が低下し河道兩岸で河床が上昇することで砂州と滞筋の固定化が進行しているのに対して, 解析結果では明確な滞筋が形成されず, 実績値の特徴を捉えられていない。

これに対して, DRIPVEM を適用した条件での解析結果(図-5)をみると, 26.0k 上流区間での河床変動状況を再現できているとともに, 26.0k 下流区間の河道中央の滞筋で河床が低下する傾向を捉えることができています。

5. まとめ

DRIPVEM を相模川に適用した結果, 河道内砂州の草本化・樹林化による滞筋の固定化といった, 河道地形の二極化を再現することができた。一方, DRIPVEM を適用しない場合では, 26.0k 上流の交互砂州の発達による河道地形の二極化を再現できたものの, 26.0k 下流の砂州上に侵入した樹木・草本の流水抵抗による土砂の捕捉・堆積による河道地形の二極化を再現することができなかった。以上より, DRIPVEM の適用は, 砂州における土壌の細粒化, 栄養塩濃度の増加をモデル化することで, 砂州上の草本化・樹林化と土砂堆積過程の再現性を向上させ, 土砂移動環境の変化に応じた河道内の砂州形成と滞筋の固定化を再現する有効な手法であることを示すことができた。

謝辞 本研究にあたり, 神奈川県より河道横断測量成果, 航空写真, 樹木調査結果, 時刻流量データ, 河床材料調査結果等の基礎データを提供して頂きました。ここに, 感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 藤田光一, 李 参熙, 渡辺敏, 塚原隆夫, 山本晃一, 望月達也: 扇状地礫床河道における安定植生域消長の機構とシミュレーション, 土木学会論文集, No.747, II-65, pp.41-60, 2003.
- 2) 八木澤順治, 田中規夫: 河道内植生の洪水による破壊・再生を考慮した植生動態モデルの開発, 水工学論文集, 第 53 巻, pp.1171-1176, 2009.
- 3) 浅枝隆, R. Abu Baker, M. H. Rashid: 樹木管理に向けた中流域砂州の植生遷移の動的予測モデルの開発, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.70, No.4, pp.I_1375-I_1380, 2014.
- 4) 小澤宏二, 板谷越朋樹, 岡村誠司, 兵藤誠, 浅枝隆: 河床変動と土壌の栄養塩循環を考慮した河道内の草本・樹林動態解析モデルの開発, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.71, No.4, pp.I_1063-I_1068, 2015.
- 5) 岡村誠司, 岡部和憲, 福岡捷二: 洪水流の縦断面形変化と準三次元流解析法を用いた石狩川河口部の洪水時の河床変動解析, 河川技術論文集, 第 16 巻, pp.125-130, 2010.

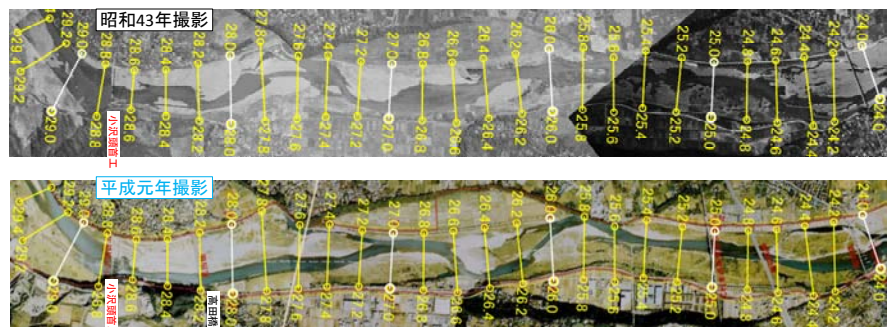


図-2 植生及び地形変化の実態(航空写真による判読)

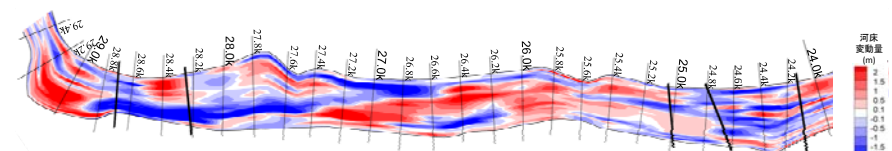


図-3 河床変動高分布(実績): 1973年(S48)~1992年(H4)

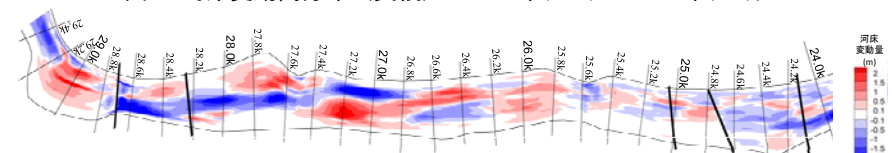


図-4 河床変動高分布(解析結果: DRIPVEM 適用なし)

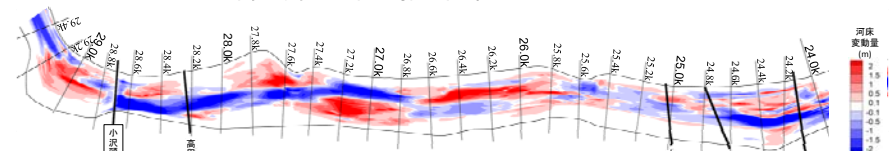


図-5 河床変動高分布(解析結果: DRIPVEM 適用)