

植生消長シミュレーションソフトの開発について

Development of the software to simulate expansion and reduction of vegetation



おおぬま かつひろ

大沼克弘*

Katsuhiko Onuma

1. はじめに

ダムによる流量調節により、攪乱の減少など河川の流況に大なり小なり影響を及ぼしている。この流況の変化が一因となり、樹林化の進行等下流河川の環境の変化をもたらしていると推測される河川もある。

さらに近年は、正常流量を維持するのみならず流量の変動にも着目する等、河川の自然環境の保全を考慮した流量管理の必要性が認識されるようになってきた。しかし、そのような流量管理を行っていくためには、どの季節の、どのくらいの規模・継続時間・頻度の出水が、ハビタットの形成・維持や河川生物の生活史各段階等に寄与しているのか、さらに、流量—ハビタット—生物の関係等、数多くの知見の集積が必要である。

これらに関しては、河川の物理環境及び生物環境双方が連携を取りつつ研究が進められており、相当の蓄積が進んでいる。例えば、河川生態学術研究会でなされている諸研究が挙げられる¹⁾。このような成果を河川管理、整備を行うにあたっての現場の技術判断に使えるような技術開発も重要になっている。

なかでも、洪水による植生破壊や植生域の消長の機構に関する研究については、このような技術開発が検討できる成果が出始めている。そこで、実際の河川の管理や攪乱の減少等流量の変化による影響予測等に活用されるよう、手始めとして簡

易に植生の消長を予測できるシミュレーションソフトの開発をダム環境プロジェクトの一環として進めている。このソフトでは、洪水による植生の流失、植生による細粒土砂の堆積促進と、それに伴う立地環境の変化による植生の消長に焦点を絞ることにより、モデルの簡略化を図っている。

このソフトは、ある程度の基礎的な知識があれば誰でも使えることをねらって、エクセルにより入出力できるよう開発している。比較的簡易なものゆえ荒削りではあるが、河川管理等現場の実務に使っていただきながら課題を抽出し、研究へフィードバックし、さらなる改善を図っていくサイクルを確立したいと考えている。

本稿では、この植生消長シミュレーションソフトの概要について紹介する。

2. シミュレーションが扱う植生消長過程

河川では、洪水による冠水や土砂の流出、堆積等の立地の攪乱を頻繁に受けるため、植生は破壊や回復、遷移を繰り返している。このようなメカニズムに関する研究は前述のように河川生態学術研究会での研究等様々あるが、モデル化につながるポテンシャルが高いものとして多摩川の研究成果がある²⁾。それによると、セグメント1（扇状地礫床河道）に属する多摩川の永田地区（52km付近）、秋川合流地区（49km付近）、日野橋付近（40km付近）の調査地区から、植生消長のサイクルを〈図—1〉のように捉えている。各過程は以下の

* 国土技術政策総合研究所環境研究部河川環境研究室主任研究官

Senior researcher, River Environment Division, Environment Department, National Institute for Land and Infrastructure Management

とおりである。

①礫床裸地の形成と維持

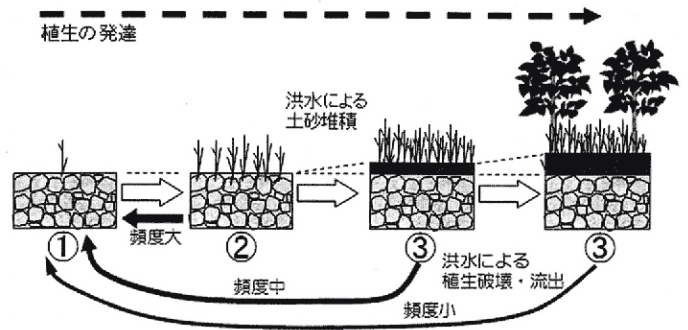
洪水により有意な河床変動が起こり、前と異なる形状を持つ河床が形成される。河床表面は礫床で裸地である。河原のような厳しい環境に生育できるが、②で述べるほど密生せず、細砂等細粒土砂の堆積に寄与しないような植生の生育までを①の段階とおいた。

②立地条件の変化をほとんど伴わず発芽・定着できる先駆的植物の繁茂

河床が変動するような出水のない状態が一定期間経過すると、裸地の礫床面に、立地条件の変化をほとんど伴わず発芽・定着できる植物が先駆的に繁茂する。①で想定している植物とは異なり、ツルヨシ等のようにある程度密生して繁茂して細粒土砂の捕捉・堆積に寄与する植物を想定した。

③細粒土砂の堆積と安定的な植生域の形成

②の植生が破壊されない程度の出水を何度か経験するうちに、裸地の礫床の上に細粒土砂が層状に堆積する。この土層が厚くなると、例えばオギ、ハリエンジュ等土層を必要とする植物が生育できるようになり、比較的安定した植生域が形成される。



〈図-1〉シミュレーションが扱う植生消長プロセス

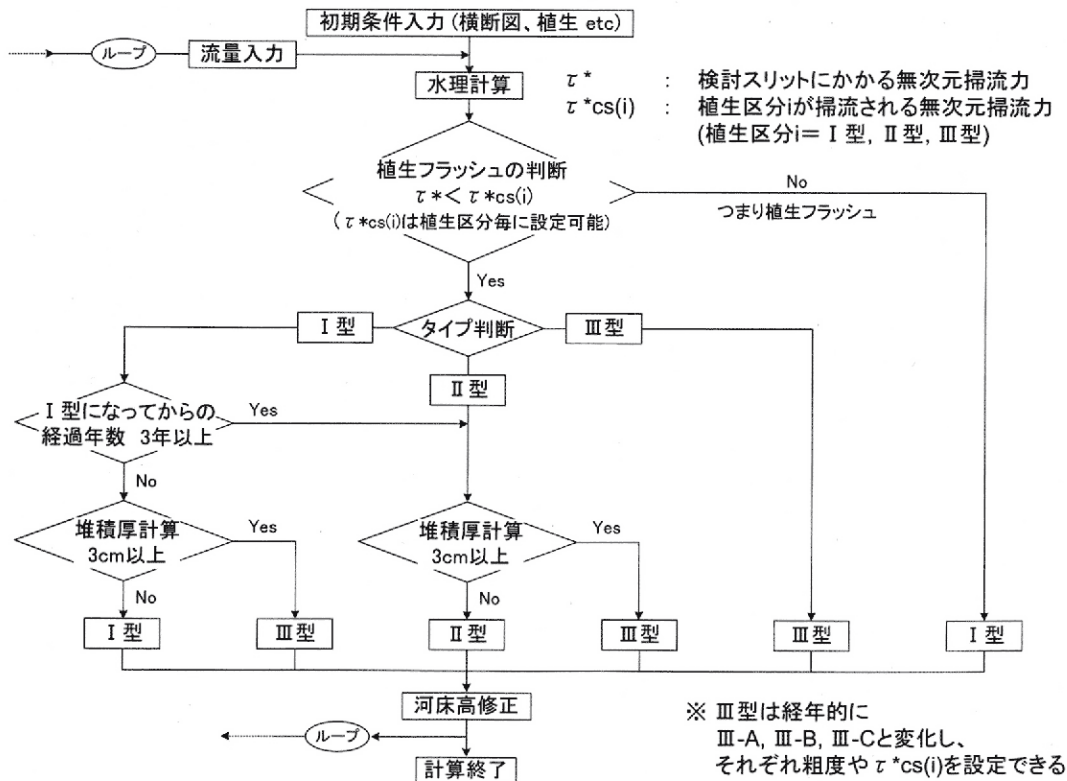
④洪水による植物の流失

基盤を形成する主材料が有意に動く規模の出水が生じると、植生が流失し裸地に戻る。

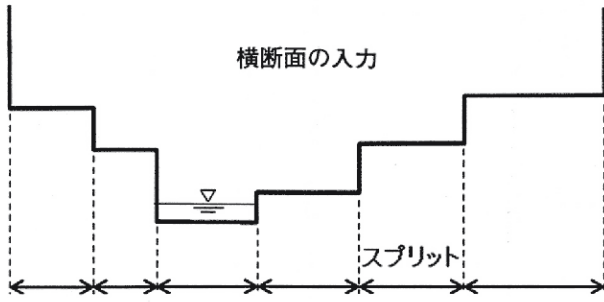
植物の成長には、気象条件や生物的競争、種子散布と定着、栄養繁殖など多くの要因が関わっているが、本ソフトは、このうち物理的要因に着目し、出水による植生の流失、植生による細粒土砂の堆積促進とそれに伴う立地環境の変化による植生の消長に焦点を絞って表現している。

3. 植生区分の考え方と計算フロー

本ソフトでは、〈図-1〉の過程の①の特徴を



〈図-2〉計算フロー



〈図-3〉 横断面の入力とスプリット

有する植物および裸地をⅠ型、②の特徴を有する植物をⅡ型、③の特徴を有する植物をⅢ型としている。

本ソフトの計算フローを〈図-2〉に示す。まず〈図-3〉のように計算開始時点の計算対象横断面を入力する。横断面は任意の位置で分割して入力できる（以下分割後の区分をスプリットと呼ぶ）。次に計算対象期間の当該断面における流量の時系列データを入力するとともに、粗度係数（植生区分毎、ただしⅠ型についてはスプリット毎）、代表粒径（スプリット毎）、植生*i*が流出する無次元掃流力（ $\tau * cs(i)$ ）、Ⅰ型からⅡ型へ移行するのに要する経過年数 T_{pr} 、Ⅲ型へ移行するための堆積細粒土層厚 D_c 等の計算条件を入力する。水理計算は準二次元等流計算で行い、植生消長や細粒土砂の堆積はスプリット毎に計算される。

ここでの細粒土砂の堆積は、ウォッシュロードに含まれる細粒土砂が植生によって捕捉される分を計算するものであり、土砂濃度 C は流量 Q に比例するとし、 $C = \alpha Q$ の関係が成り立つとした。ここで α は流域からの細粒土砂供給の活性度を表す係数である。この α をはじめ、細粒土砂の堆積厚の計算のために必要な様々なパラメータも入力する必要がある。

植生の流失は無次元掃流力で判断する。水理計算の結果、初期条件で植生区分毎に設定した $\tau * cs(i)$ を上回る無次元掃流力が働いた場合、Ⅱ型、Ⅲ型はⅠ型に移行する。

なお、本ソフトではⅢ型の中での変化にも対応できるように、Ⅲ型をさらに3つにⅢ-A型、Ⅲ-B型、Ⅲ-C型と細分しているが、これは一定の年数の経過により移行するとしている。例えば、まず草本が侵入し、ある年数を経て低木に移行

し、さらにある年数を経て高木に移行する過程を便宜的に表現できる。

計算対象期間中に出水による浸食等の地形の変化がある場合は適宜横断面を入れ替えて計算を行う。

植生の区分は粗く、河川的作用や植生の立地条件からのみのアプローチではあるが、物理環境の変化（流況の変化や河道形状の変化）とそれに伴う植生の変化について定量的な検討を行うことができる。ダムによる流況の変化のみならず、河道掘削による河床形状の変化が河道内植生に及ぼす影響の将来予測・要因解析を行うための有用な支援ツールとなることを目指している。

4. 本ソフトの使用例

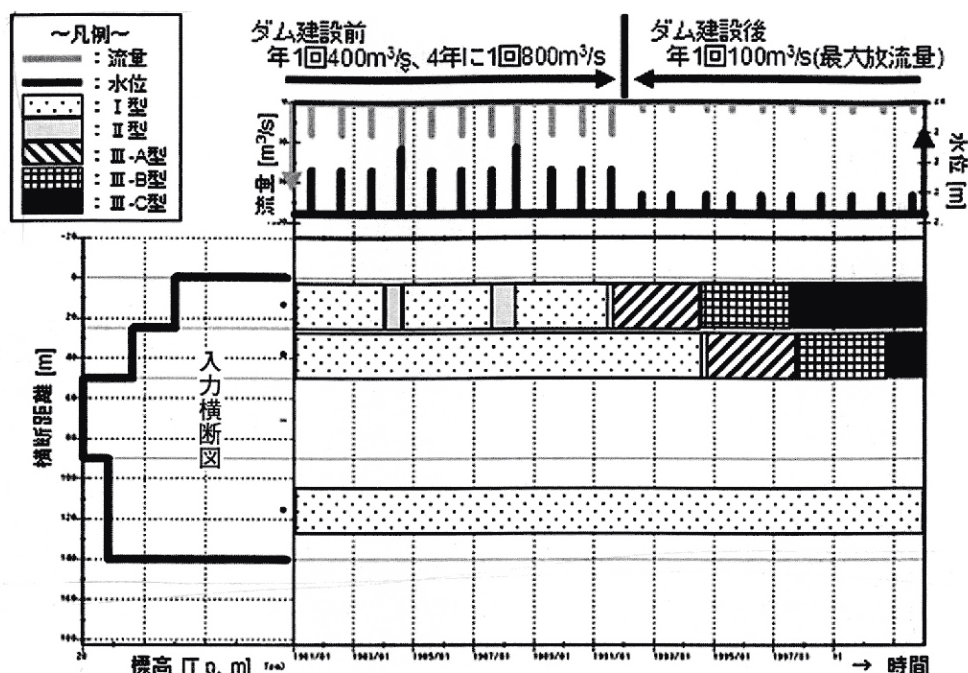
本ソフトを用いて、ダム建設による河道内植生の変化を計算した例を紹介する。仮想ケースとして、ダムの洪水調節によって出水規模が小さくなった場合を設定した。出水規模以外の条件は変わらないものとした。

ダム建設前：年1回 $400\text{m}^3/\text{s}$ の出水+4年に1回 $800\text{m}^3/\text{s}$ の出水

ダム建設後：洪水調節により最大 $100\text{m}^3/\text{s}$ の放流

シミュレーション結果例を示す。このケースでは、ダム建設前は4年に1回生じる $800\text{m}^3/\text{s}$ の出水で裸地が維持されている。しかし、ダム建設後は比高の低い右岸側では裸地が維持されているものの、左岸側では掃流力が低下し、安定的な植生に移行すると予測された。

実際には、ダムにより出水時の細粒土砂が捕捉され、ダム下流のウォッシュロード濃度が低下し、安定植生的な植生への移行が遅くなることも考えられる。ダムによるウォッシュロードの捕捉状況に合わせて先述の流域からの細粒土砂供給の活性度 α を変更し、感度分析を行う必要がある。このようなチューニングを適切に行うことで、ダム建設後の河道内植生の消長の推定や樹林化等の原因分析の精度が向上すると考えている。



〈図-4〉 植生シミュレーションの結果

5. 本ソフトの有用性、課題

現在様々な河川に本シミュレーションソフトを適用し、その適用性について検討を行っている。

本ソフトでは植生を3段階に区分しているため、群落レベルの予測には至っていない。また、河川的作用や植生の立地条件からのみのアプローチであり、生物的要因は考慮していないことや、河床変動が組み込まれていないため低水路の変化が激しい河川では精度が悪い等の限界がある。

しかし、将来どの程度裸地が維持されるのか、あるいは樹林化がどの程度進行するのか等の大まかな傾向予測を行うことができる。また、従来の植生消長の予測方法では、出水の生起確率から予測することが多かったが、本ソフトを使用することにより、変化の再現・予測を経時的に行うこともできる。すなわち、入力する流量を自在に設定することができるため、実際にこれまで起きた様々な規模の洪水に対して植生消長を再現することにより樹林化の要因分析に活用できるとともに、今後生起が想定される様々なパターンの洪水に対して、裸地、草地、樹林化の推移を予測することができる。今後展開が期待される植生フラッ

シュを目的としたダムの操作等の管理への応用も期待できる。

以上のような河川管理での活用のみならず、ダム建設や河道掘削等河川改修後の植生消長の将来予測にも役立つものである。ただし、与える流況(出水の規模やタイミング)に計算結果が影響されるため、得られた結果の解釈に工夫が必要である。

6. おわりに

当研究室のホームページを通じて本ソフト及びその操作マニュアルがダウンロードできるよう準備を進めているところである。

様々な方々に利用していただきながら今後引き続き本ソフトの有効性、問題点を抽出していき、問題点を改善すべくグレードアップを図っていきたい。

【参考文献】

- 1) 例えば、山岸哲他：河川生態学術研究会について他、RIVER FRONT Vol.52, pp.3-25, 2005.
- 2) 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.