

第Ⅱ部門

確率過程による河道内樹林の動態予測モデル

神戸大学大学院 学生員 ○盛岡淳二, 正会員 宮本仁志
 明石工業高等専門学校 正会員 神田佳一, 学生員 魚谷拓矢
 神戸大学大学院 フェロー会員 道奥康治, 学生員 大地洋平, 阿河一穂

1.はじめに

近年、日本の多くの河川では砂州の固定化に伴う河道樹林化が治水上の問題となっている。河道の樹林化は、出水時の通水能低下に伴う局所的な水位上昇や流木被害の原因になるため、その適切な管理が必要とされる。本報では、樹木の成長、出水に伴う倒伏などによる死亡、稚樹の新規参入を考慮した、河道内樹林の動態予測モデルを構築した。また予測モデルを用いて樹木分布密度の経時変化について検討を行った。

2.動態予測モデル概要

図1に示すように時刻 t における樹径 d の樹木分布密度を $n(d,t)$ とする。このとき、分布密度 $n(d,t)$ の経時変化は次式のように与えられる¹⁾。

$$\frac{\partial n}{\partial t} = -\frac{\partial(g \cdot n)}{\partial d} + Jd_{min} - D \cdot n \quad (1)$$

ここで、 g : 樹径 d 毎の平均成長速度, Jd_{min} : 稚樹新規参入量, D : 樹木死亡率である。また本報では加古川を対象として、ヤナギ類を対象にモデル化をおこなった。以下に g , Jd_{min} , D のモデル化について概説する。

成長速度 g は、高木による低木への成長阻害を考慮に入れて、実測データ²⁾を用いて次式のような2次曲線として定式化した。

$$g(d) = 3.2 \times 10^{-4} d \left(1 - \frac{d}{K(N^L)} \right) + 1.2 \times 10^{-5} \quad (2)$$

$$K(N^L) = \frac{d_{max}}{1 + aN^L}, \quad N^L = \int_d^{d_{max}} n(y,t) dy \quad (3), (4)$$

稚樹の新規参入量 Jd_{min} は、砂州上で樹木の存在しない空きスペースの関数とした。新規参入はヤナギの種子散布時期³⁾に必ず一度発生し、それ以降当該年には新たに参入は発生しないものとして、条件付きのポアソン過程でモデル化した。

$$Jd_{min} = L \cdot \gamma \cdot F_s \cdot D_s(d_{min})^{-1} \quad (5)$$

ここで、 L : 播種後の稚樹生残率⁴⁾, γ : 砂州面積に占める空きスペースの割合, F_s : 砂州内空きスペース, $D_s(d_{min})^{-1}$: 最小樹径一個体の占める面積である。

出水による樹木死亡率 D は、次式のように倒伏モーメント M の関数として定式化した。

$$D = \frac{M/M_C}{k + M/M_C}, \quad M = \frac{1}{2} h \rho C_D h d v^2 \quad (6), (7)$$

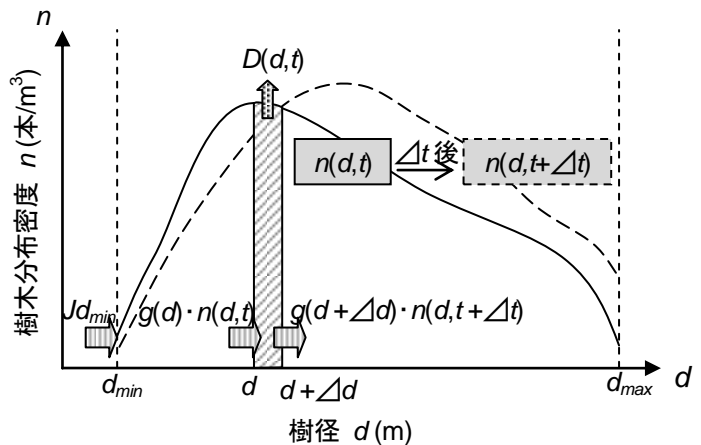


図1 動態予測モデルの概要

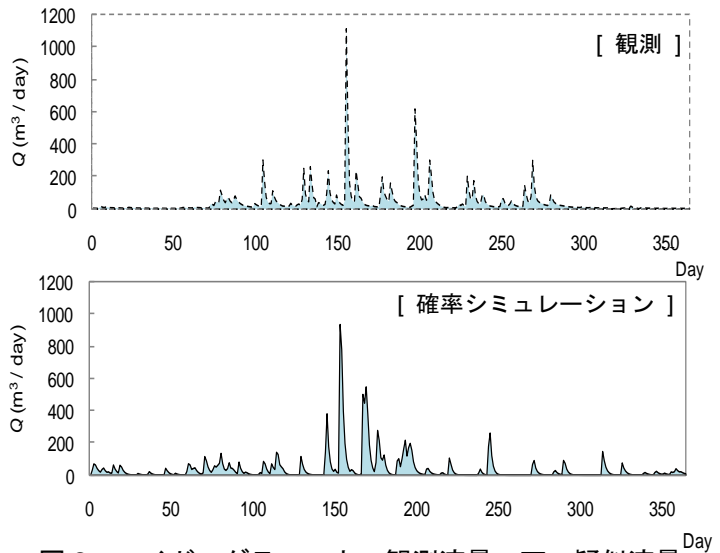


図2 ハイドログラフ 上：観測流量 下：疑似流量

ここで、 k ：モデル定数、 M ：樹木に作用する倒伏モーメント($\text{kN}\cdot\text{m}$)、 M_c ：樹木固有の限界倒伏モーメント($\text{kN}\cdot\text{m}$)、 h ：水深(m)、 v ：流速(m/s)、 ρ ：流体密度(kN/m^3)、 C_D ：樹木の抗力係数($=1.2$)である。

M_c は過去の樹木引き倒し試験結果²⁾から求めた。実際の死亡率 D の値は、日平均流量 Q に関するショットノイズモデル⁵⁾を用いた確率過程のシミュレーション時系列を利用して算出する。得られた Q と Manning の平均流速公式から水深 h 、流速 v を算出し、式(6),(7)より死亡率 D を求めることになる。

図2に、加古川の現地観測地点における観測流量と、それに対応するショットノイズモデルによる疑似流量の一例を示す。

3.結果および考察

図3にモデルシミュレーションで得られた樹木分布密度の経時変化を示す。図では死亡率のパラメータである k を変化させ、樹木密度分布のシミュレーション値を10年毎に示している。樹木分布密度の初期値は加古川の現地観測データを正弦関数で近似して与えた。図3(a)のケースでは出水による樹木倒伏が起こらないため、新たに空きスペースが現れることはなく、初期の空きスペースに対してのみ稚樹が新規に参入する。時間の経過とともに、成長により小さい樹木は分布密度が減少し、大きい樹木の分布密度が増加する。最大樹径近傍の分布密度は平衡状態へと漸近し極相をむかえるようになる。このケースでは樹林化が進行し疎通障害をもたらす。一方、図3(c)のケースでは出水による倒伏などによる死亡率が大きいいため、樹木がほとんど流失する。空きスペースが広く新規参入量は大きくなるが、高い出水死亡率のため稚樹が成長する前に流亡する。その結果、河道が裸地化し、植生および生物などの河川生態系にとっては厳しい河道環境となる。図3(b)のケースでは、死亡による樹木分布密度の減少と新規参入による増加が繰り返し起こる。しかし、樹径の大きい樹木は出水による流失が起こりにくいため、樹木分布密度は図3(a)のケースと同様にある平衡状態へと漸近する。

4.おわりに

樹木の成長、出水に伴う倒伏による死亡、稚樹の新規参入を考慮した河道内樹林の動態予測モデルを構築した。モデルを用いて樹木死亡率の違いによる樹木分布密度の経時変化を考察した。今後、死亡率のパラメータである k を変化させたモンテカルロシミュレーションを行い、砂州内の樹林面積変化に関する確率評価を行う予定である。本研究を進めるにあたり国土交通省姫路河川国道事務所の関係各位には多大なご協力を賜った。

【参考文献】1)巖佐庸：数理生物学入門—生物社会のダイナミクスを探る，共立出版，352p，1998。2)リバーフロント整備センター：河川における樹木管理の手引き，山海堂，204p，1999。3) Niiyama, K.: The role of seed dispersal and seedling traits in colonization and coexistence of *Salix* species in a seasonally flooded habitat, *Ecological Research*, Vol.5, No.3, pp317-331, 1990。4) 長坂有：河畔に生えるヤナギ類，光珠内季報，No.101, pp12-17, 1996。5) Weiss, G.: Shot noise models for the generation of synthetic streamflow data, *Water Resources Research*, Vol.13, No.1, pp.101-108, 1977。

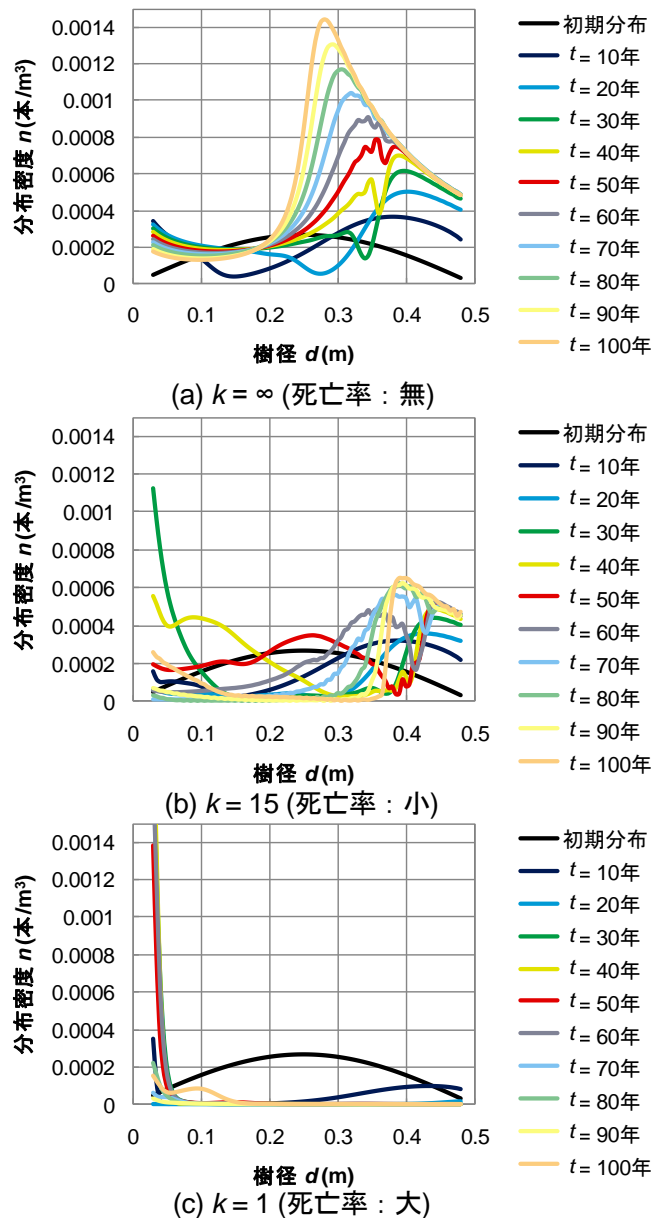


図3 樹木死亡率の違いによる分布密度の経時変化

図3(a)のケースでは出水による樹木倒伏が起こらないため、新たに空きスペースが現れることはなく、初期の空きスペースに対してのみ稚樹が新規に参入する。時間の経過とともに、成長により小さい樹木は分布密度が減少し、大きい樹木の分布密度が増加する。最大樹径近傍の分布密度は平衡状態へと漸近し極相をむかえるようになる。このケースでは樹林化が進行し疎通障害をもたらす。一方、図3(c)のケースでは出水による倒伏などによる死亡率が大きいいため、樹木がほとんど流失する。空きスペースが広く新規参入量は大きくなるが、高い出水死亡率のため稚樹が成長する前に流亡する。その結果、河道が裸地化し、植生および生物などの河川生態系にとっては厳しい河道環境となる。図3(b)のケースでは、死亡による樹木分布密度の減少と新規参入による増加が繰り返し起こる。しかし、樹径の大きい樹木は出水による流失が起こりにくいため、樹木分布密度は図3(a)のケースと同様にある平衡状態へと漸近する。