

加古川の河道内樹木観測による植生動態予測モデルの検証

神戸大学大学院 学生員 ○利守伸彦
 横浜市 正会員 盛岡淳二

神戸大学大学院 学生員 木村 諒
 神戸大学大学院 正会員 宮本仁志

1. はじめに

河道内の過度な樹林化は、河川の治水機能と生態系保全機能との両面に大きな影響を与える。そのため、河川流域の特性を考慮し、河道内樹木を適切かつ合理的に管理することが重要となる。樹木の適正管理に向けて、筆者らは植生動態の確率過程モデル^{1),2)}を構築してきた。本報では、加古川での樹木繁茂状況との比較により、植生動態予測モデル^{1),2)}における樹木成長・新規参入のモデルパラメータを同定し、モデルの予測性能を検討する。

2. 樹木動態の数理生態モデル

植生動態予測モデル^{1),2)}は①河川流量、②河川流動、③河床形状、④樹木動態の4つの水文・水理・生態過程により構成される。ここでは、本報の検討に直接関係する④の数理生態モデルの概要を記す。

図1に樹木分布密度 $n(x,t)$ のサイズ x に関する分布とその経時変化を概念図で示す。本研究ではサイズ x は樹径 d としている。 $n(x,t)$ の変化要因としてサイズ x ごとの平均成長速度 g_i (m/day) および樹木死亡率 D (day⁻¹) を考慮すると、数理生態モデルの基礎方程式は次式のように定式化される。

$$\frac{\partial n}{\partial t} = -\frac{\partial(g_i \cdot n)}{\partial x} - D \cdot n \tag{1}$$

成長速度 g_i は、高木による低木への成長阻害を考慮に入れて、以下の式(2)~(4)で与えられる¹⁾。

$$g_i(x,t) = ax(1 - \frac{x}{K(N_L)}) \quad , \quad K(N_L) = \frac{x_{max}}{1 + bN_L} \quad , \quad N_L = \int_x^{x_{max}} n(y,t) dy \tag{2),(3),(4)}$$

ここで、 a, b : 成長阻害パラメータ、 $K(N_L)$: 成長阻害関数、 N_L : あるサイズ x よりも大きい個体数である。

式(1)の境界条件として、最小サイズ x_{min} における稚樹の新規参入 $J(x_{min},t)$ が与えられる²⁾。稚樹の新規参入 $J(x_{min},t)$ は、種子繁殖 $J_{sp}(x_{min},t)$ と倒伏樹木からの再生や漂着樹木の定着による栄養繁殖 $J_{vp}(x_{min},t)$ の双方に起因するととして、以下の式(5),(6)で与えられる。

$$J_{sp}(x_{min},t) = \alpha \frac{s_f(t)}{s_v(x_{min})} \quad , \quad J_{vp}(x_{min},t) = \beta N_F(t) + \gamma \frac{s_f^{1/2}(t)}{s_v^{1/2}(x_{min})} \tag{5),(6)}$$

ここで、 α : 種子生残率、 $s_f(t)$: 砂州に占める空きスペースの割合、 $s_v(x)$: サイズ x の樹木一本が占めるスペース割合、 β : 倒伏樹木一本からの平均再生率、 $N_F(t)$: 倒伏樹木本数、 γ : 漂着樹木の定着率である。

3. 加古川における現地植生観測

図2に、加古川流域の河道網と河口距離 23.6km 付近の河道内比高およびヤナギの観測樹径を示す。この地点では2008年より継続的にヤナギの現地植生観測を実施しており、GPSによる樹木位置の把握や樹木サイズ

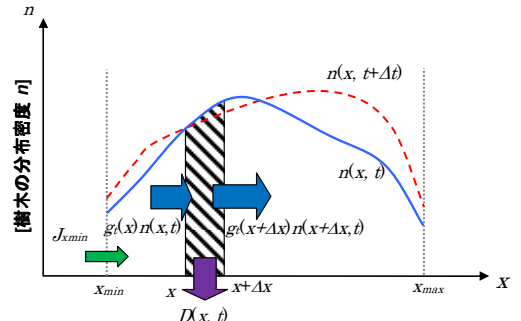


図1 樹木分布密度の経時変化の概要

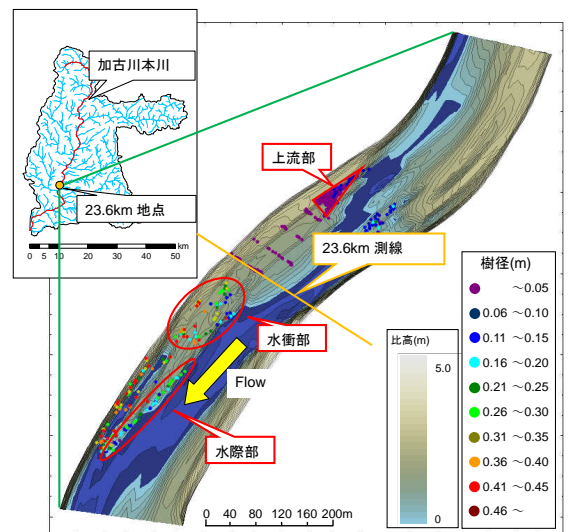


図2 加古川現地観測の概要

キーワード：環境管理、河道設計、樹林化、確率過程モデル、新規参入、成長阻害

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 宮本仁志 miyamo@kobe-u.ac.jp

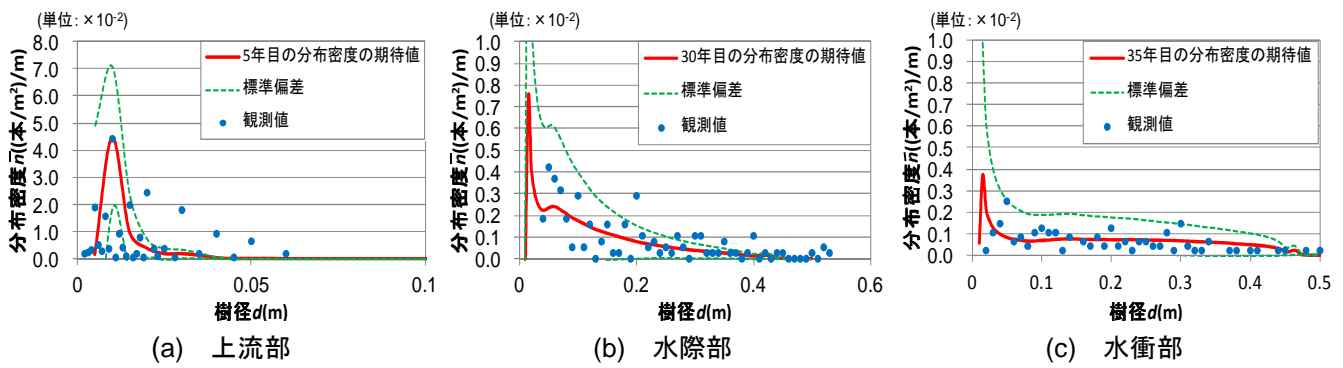


図3 樹径と分布密度の関係

の経時変化などをモニタリングしている。

本報では、図2に示すように23.6km付近の砂州を上流部・水際部・水衝部の3つのエリアに分けて検討を行う。上流部はH19.3に切り下げ施工が実施されたエリアで、他の部分に比べて稚樹が非常に多く繁茂する。全エリアの中で最も主流に近い水際部や、洪水時に流れが砂州に乗り上げる水衝部では、上流部と比べて大きいサイズの樹木が多い。さらに、水衝部では他の部分と比較して樹木密度が最も小さいといった特徴がある。

これらのエリアごとに現地観測により得られた樹木データから分布密度を算出した(後述：図3)。また、各エリアの最大樹径より推定される樹齢を用いて、裸地から現在の樹林繁茂状況に至るまでの経過年数を求めたところ、上流部・水際部・水衝部でそれぞれ5、30、35年となった。

4. 植生動態予測モデルの検証

ここでは、3つのエリアを対象にして様々なモデルパラメータ値のもとで樹林消長解析^{1),2)}を2000回ずつ実施し、パラメータ値の組合せ毎に分布密度の期待値 $\bar{n}(d,t)$ と標準偏差 $\sigma(d,t)$ を算出した。得られた $\bar{n}(d,t)$ と観測値に最小自乗法を適用してパラメータの最適値を同定し、それより予測モデルの性能を検討した。本報で検討したパラメータは、式(3),(6)中の成長阻害パラメータ b 、漂着樹木の定着率 γ である。砂州の初期分布は裸地($n(d,t)=0$)とし、各エリアの解析期間は上述の経過年数とした。パラメータの最適値は、上流部： $\gamma=0.9, b=0.001$ 、水際部： $\gamma=0.9, b=0.008$ 、水衝部： $\gamma=0.55, b=0.002$ となった。

図3に、分布密度の観測値および最適パラメータによる解析の期待値・標準偏差をエリアごとに示す。図3(a)に示す上流部では、3つのエリアの中で樹木定着率 γ が最も大きく、成長阻害パラメータ b は小さい。このエリアでは小さなサイズの樹木が多いため成長阻害を受けにくく、 b が小さく同定されたと考えられる。図3(b)の水際部では γ と b がどちらも相対的に大きい。このエリアは最も水際に位置しているため漂着樹木が定着しやすく、そのことが同定値に反映されて γ が非常に大きくなったと考えられる。また、大小様々なサイズの樹木が分布していることから、小さな樹木に対する成長阻害効果が顕在化し、 b の値が相対的に大きくなったと考えられる。図3(c)の水衝部では、他のエリアと比較して γ が最も小さく同定される。水衝部は、図2に示すように上流部・水際部に比べて最も堤防側のエリアに設定されている。そのため、漂着樹木が定着しにくく γ が小さくなったと考えられる。さらに、このエリアでは b も小さく同定されている。これは、3章で記述したように、水衝部では樹木密度が小さく個体間競争が小さくみつめられるため、成長阻害が小さくなったと考えられる。

以上、モデルでの解析値と現地調査による観測値とを比較することで、モデルに含まれるパラメータを同定した。最適値は、上流部・水際部・水衝部の3地点で現地の状況とよく対応付けられるものが得られたため、本研究で構築した植生動態モデルの予測性能が検証されたと考えられる。

【参考文献】1)宮本ら：流量変動のインパクトを考慮した河道内樹林動態の確率モデル，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.67，No.4，pp.I_1405-I_1410，2011。2)木村ら：植生動態モデルとリンクマグニチュードによる河川水系複数河道での樹林化傾向の確率評価，土木学会論文集B1(水工学) Vol.68，No.4，I_727-I_732，2012。