

糸状藻・非糸状藻の種間競争を考慮した付着藻類増殖モデルの開発

東京工業大学大学院 正会員 ○戸田祐嗣
 東京工業大学大学院 正会員 赤松良久
 東京工業大学大学院 フェロー会員 池田駿介

1. はじめに

礫床河川の河床礫表面に生息する付着藻類は、その光合成活動によって有機物を生産し、魚類、昆虫類の餌となることによって、水域内生態系の根幹を支えている。これら付着藻類には、大きく分類して、非糸状藻類と呼ばれる礫表面に平面的に繁茂して生育するものと、礫表面や生物膜表面に基部を付着させ、糸状の体のつくりを有する糸状藻類（以下、それぞれ非糸状藻、糸状藻と記す）がいることが知られている。河川水内の一部の魚類や昆虫類は、このうち非糸状藻を嗜好して捕食することが報告されており、それらの食性を考慮して生態系の構造を把握するためには、糸状藻と非糸状藻の混在する環境下において種間競争を考慮に入れた藻類の増殖過程を明らかにする必要がある。以上の背景から、本研究では、糸状藻・非糸状藻の増殖競争モデルを開発することを目的とする。

2. 数値計算モデル

付着藻類膜の模式図と記法の定義を図-1 に示す。単位面積あたりの付着藻類の現存量 M_i の時間変化が以下の式で表されるものとする（添え字 i は藻類種（糸状藻 f 、非糸状藻 u ）を示す）。

$$\frac{dM_i}{dt} = P_i + C_i - R_i - D_i \quad (1)$$

ここに、単位面積・単位時間あたりの P_i : 総生産量、 C_i : 移入量、 R_i : 代謝量、 D_i : 剥離量であり、それぞれ表-1 に示すように定式化した。日射量 I 、栄養塩濃度 N 、溶存酸素濃度 DO の付着藻類膜内での分布は以下の式に従うこととする。

$$\frac{dI}{dz} = -\lambda z \quad (2)$$

$$\frac{d}{dz} \left\{ \epsilon_N \frac{dN}{dz} \right\} = \sum_i \alpha_{Ni} P_i - \sum_i \alpha_{Ni} R_i \quad (3)$$

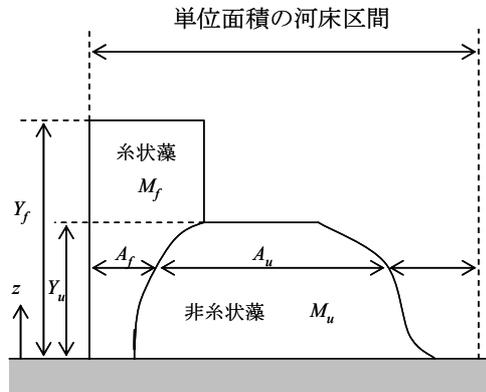


図-1 付着藻類膜の模式図と記法の定義

表-1 各変数の定義

藻類量 M_i :	$M_i(t) = \int_0^{Y_i} \rho_i dz$
一次生産量 P_i :	$P_i(t) = \int_0^{Y_i} p_i(z,t) dz$
移入量 C_i :	$C_i(t) = A_c(t) c_i$
代謝量 R_i :	$R_i(t) = \int_0^{Y_i} r_i(z,t) dz$
剥離量 D_i :	$D_i(t) = d_i M_i(t)$
各高さの藻類密度 ρ_i :	$\rho_i(z,t) = A_i(z,t) \rho_{i0}$
各高さの生産速度 p_i :	$p_i = \mu_{1i} \frac{I}{I_{ci} + I} \frac{N}{N_{ci} + N} \rho_i$
各高さの代謝速度 r_i :	$r_i = \mu_{2i} \frac{DO}{DO_{ci} + DO} \rho_i$

ここに Y_i : 各藻類の高さ、 A_c : 移入可能面積率、 d_i : 剥離率、 A_i : 各高さにおける各藻類の占有面積率、 ρ_{i0} : 種間競争が無い場合の藻類密度、 μ_{1i} : 最大生産速度、 μ_{2i} : 最大代謝速度、 I_{ci} 、 N_{ci} 、 DO_{ci} : 日射、栄養塩、溶存酸素の半飽和定数

$$\frac{d}{dz} \left\{ \epsilon_{DO} \frac{dDO}{dz} \right\} = - \sum_i \alpha_{DOi} P_i + \sum_i \alpha_{DOi} R_i \quad (4)$$

式(2)中の吸光係数 λ は各高さの藻類密度に比例させ、式(3)、(4)中の拡散係数については Rotta の式¹⁾より与

キーワード：付着藻類，糸状・非糸状，競争モデル，藻類密度

連絡先（〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学・大学院理工学研究科・土木工学専攻）

表-2 計算に用いたパラメータ

パラメータ	値	パラメータ	値
μ_{1f}, μ_{1u}	3.0 (day ⁻¹)	N_{cf}, N_{cu}	0.8 (mg/l)
μ_{2f}, μ_{2u}	1.5 (day ⁻¹)	DO_{ci}	0.1 (mg/l)
c_f, c_u	0.01(g/cm ³ /day)	ρ_{f0}, ρ_{u0}	0.4, 0.8 (g/cm ³)
d_f, d_u	0.003 (day ⁻¹)	α_{Nf}, α_{Nu}	0.092
I_{cf}, I_{cu}	20 (W/m ²)	$\alpha_{DOf}, \alpha_{DOu}$	1.975

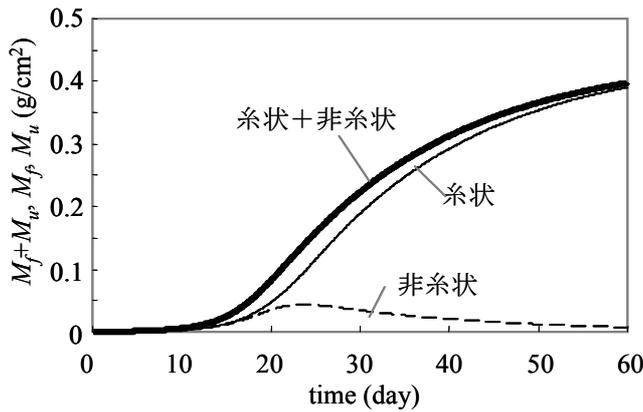


図-2 付着藻類量の時間変化

えた。また、藻類膜内部において、糸状態は移入により、非糸状態は移入と生産によりそれぞれの占有面積 A_i を増やしていくこととした。

3. 計算条件

平板水路床での藻類増殖過程²⁾に関する実験に対応した条件で数値計算を実施した。日射量、栄養塩濃度、溶存酸素濃度の境界条件については、付着藻類膜上端において日射量 $I=200$ (W/m²)、栄養塩濃度 $N_i=5.0$ (mg/l)、溶存酸素濃度 $DO=8.0$ (mg/l) とし、栄養塩濃度、溶存酸素濃度については水路床においてフラックスをゼロとした。計算に用いたパラメータの一覧を表-2 に示す。ここで、糸状態、非糸状でことなつた値を与えているのは藻類密度 ρ_{i0} のみである。

4. 計算結果

計算より得られた藻類量の時間変化を図-2 に示す。本解析では生物生理に関するパラメータとして既往の多くの報告の平均的な値を用いているため、特定の試験との比較は行っていないが、計算結果は、既往の研究²⁾で報告されている増殖の進行に伴う糸状態藻類の優占率の増加を再現している。

図-3 に単位面積あたりの生産量、代謝量、剥離量、移入量の時間変化を示す。増殖の初期段階においては、

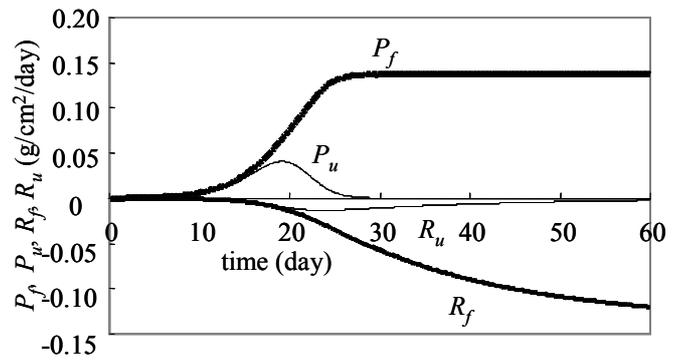


図-3 生産量、代謝量の時間変化

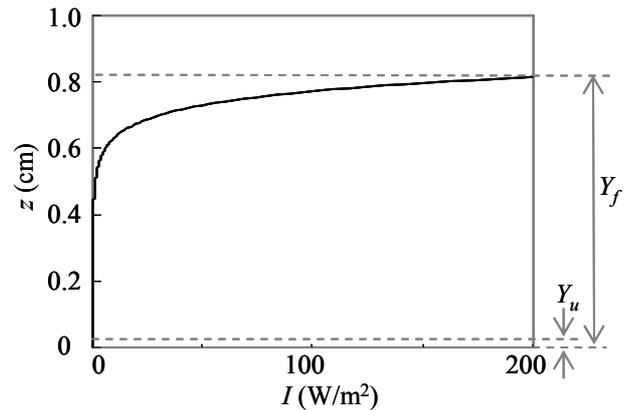


図-4 藻類膜内部での日射の減衰

糸状藻、非糸状藻ともに一次生産活動を行うが、増殖が進行して行くにつれて、日射の獲得において有利である糸状藻の増殖が大きくなり、非糸状藻の増殖が低下していくことが分かる。

図-4 に藻類膜が十分に発達した計算開始より 50 日後の膜内部での日射の鉛直分布を示す。図より、日射の大部分が上層に生育する糸状藻に使用されていることが分かる。

5. 結論

本研究では、糸状藻・非糸状藻の種間競争を考慮した増殖モデルを構築した。本数値計算モデルによって、藻類密度のみの違いで、増殖とともに糸状態藻類が優占していく過程を再現出来た。

参考文献：

1) Rotta, J: Das in Wandnahe gultige Beschwindigkeitsgesetz turbulenter Stromungen, *Ingenieur Arch*, 18 Band, 1950.
 2) 戸田祐嗣, 赤松良久, 池田駿介: 水理特性が付着藻類の一次生産特性に与える影響に関する研究, 土木学会論文集, No.705, pp.161-174, 2002.