

種間競争を考慮した砂河川付着藻類の増殖解析

名古屋大学大学院 学生会員 ○山下 貴正
 名古屋大学大学院 正会員 戸田 祐嗣
 名古屋大学大学院 フェロー会員 辻本 哲郎

1. はじめに

河川における付着藻類は主に藍藻・珪藻・緑藻で構成される。しかし、近年は礫河川・砂河川を問わず、人為的インパクトに起因する大型糸状緑藻の異常増殖が頻繁に観察されるようになった¹⁾。河川における付着藻類の捕食者の中には餌として適したものを選好して捕食することが知られており、大型糸状緑藻は餌としての質が低く、アユの成長を阻害している可能性も報告されている²⁾。これより、付着藻類の現存量、一次生産量に加えてその種構成には関心がある。本研究では戸田ら³⁾のモデルを基本に藍藻・珪藻・緑藻、またそれらの体制の違いである非糸状藻・糸状藻の6種類の間での種間競争を考慮した砂河川における付着藻類の数値解析を行う。

2. 数値計算モデル

本解析の流れを図-1に示す。藻類の増殖はロトカ・ヴォルテラ方程式で表されるものとし、図-1中の式(1)において、 M_i ：種*i*の付着藻類量(mg/m²)、 i ：注目種、 j ：種*i*にとっての競争相手種、 ϵ_i ：内的自然増殖率(day⁻¹)、 γ_{ij} ：種間競争係数、 K_i ：環境容量(mg/m²)、 S ：種数である。剥離に関しては、砂河川を想定しているため、河床材料の移動と共に剥離するとした。藻類が繁茂すると河床表面が被覆され河床材料の移動性が低下すると考えられるため、藻類層の発達による河床せん断力(τ_b)の変化を次式で算出した。

$$\tau_b = \tau_k \exp(\alpha_k H) \quad H = \sum_{i=1}^S M_i / \rho_{ai} \quad (2)$$

ここで、 τ_k ：藻類層頂部のせん断力、 α_k ：パラメータ、 H ：藻類層の高さ、 ρ_{ai} ：種*i*の藻類密度である。

内的自然増殖率は、水温、日射、栄養塩濃度の影響を受けると考え、式(3)に従うこととする。また、付着藻類の季節変化を再現するために、水温に関する影響関数は最適水温を中心とした正規分布型で表されるものとし、式(4)に示す。環境容量は日射に依

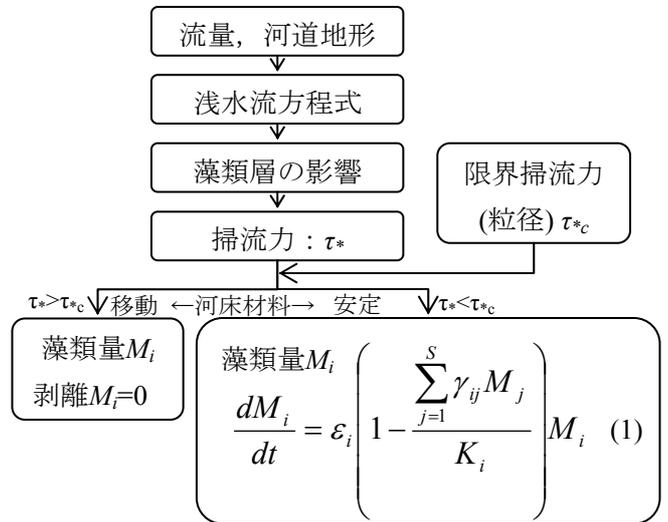


図-1 本解析のフローチャート

存しているのとし、式(5)で算出した。

$$\epsilon_i = \epsilon_{maxi} \cdot f_T(T) \cdot f_I(I_b) \cdot f_N(N) \quad (3)$$

$$f_T(T) = \exp \left[\alpha_T \frac{(T - T_{opti})^2}{\sigma^2} \right] \quad (4)$$

$$K_i = K_{maxi} \cdot g_I(I_{b0}) \quad (5)$$

ここで、 ϵ_{maxi} ：種*i*の最大内的自然増殖率、 f_T 、 f_I 、 f_N ：内的自然増殖率に対する水温、河床日射量、栄養塩濃度の影響関数、 K_{maxi} ：種*i*の最大環境容量、 g_I ：晴天時河床面日射量の影響関数、 T_{opti} ：種*i*の光合成の最適水温、 α_T 、 σ ：パラメータである。

3. 計算条件

一般的な交互砂州を対象河道として2次元解析を行い、計算対象期間は1年間とした。計算に用いたパラメータを表-1に示す。種間競争係数は、環境容量の大きい種が競争において優位になるという競争モデルの特徴から、非糸状藻、糸状藍藻・珪藻、大型糸状緑藻と順に優占する実河川における種の遷移⁴⁾を再現するため、 $\gamma_{ij}=1.0$ とした。

キーワード 付着藻類, 糸状・非糸状, ロトカ・ヴォルテラ方程式, 砂河川

連絡先 〒464-8601 名古屋市千種区不老町 名古屋大学 大学院工学研究科 社会基盤工学専攻

4. 計算結果

図-2に日最大流量(矢作川木戸観測所)と藍藻・珪藻・緑藻の付着藻類現存量の時間変化を示す。図において、藻類現存量の不連続な減少は出水による剥離により、緩やかな減少は種間競争による。実河川においては、冬から春にかけては珪藻が優占し、夏になると藍藻や大型の糸状緑藻が優占する群落となるという種の遷移が生じることが多く⁵⁾、本解析では付着藻類の季節変化を大局的に再現できている。しかし、12月に緑藻が優占するなど課題が残る。

付着藻類の競争関係に注目するため、図-3に大きな出水のない期間の珪藻現存量の時間変化を示す。図より、初期に非糸状藻が優先し、次第に糸状藻が優占していることが再現できている事がわかる。また、これらが空間的にどのように分布、遷移しているのかを見るため、図-4に1/28と2/20の珪藻現存量の空間分布を示す。図より、1/28は非糸状藻が水際において主に繁茂しており、2/20は糸状藻が水際で主に繁茂しており、非糸状藻は水際にはほとんど繁茂していない。これより、付着藻類の繁茂に加え、優占種の遷移も水際から始まる事がわかる。これは、水際は水深が浅く増殖率が大きいため、増殖率の小さい高水深部分より種の遷移が早くなったことによる。

5. 結論

本研究では、藍藻・珪藻・緑藻、またそれらの非糸状藻・糸状藻について、種間競争、剥離特性、移入特性を考慮した藻類増殖モデルを構築した。本数値計算モデルによって、実河川における付着藻類の種の遷移、季節変化を大局的に再現できた。

参考文献

1) 野崎健太郎・内田朝子：河川における糸状藻類の大発生，矢作川研究，No.4：159-168, 2000.
 2) 内田朝子：矢作川中流域におけるアユの消化管内容物，矢作川研究，No.6：5~20, 2002.
 3) 戸田祐嗣・多田隅由紀・辻本哲郎：砂河川における付着藻類の空間分布に関する研究，水工学論文集 第51巻，pp.1213-1218, 2007.
 4) Hoagland, K. D., S. E. Roemer and J. R. Rosowski：Colonization and community structure of two periphyton assemblages, with emphasis on the Diatoms (Bacillariophyceae), American Journal of Botany, 69, pp.188-213, 1982.

表-1 計算に用いたパラメータ

| 体制 | 藍藻 | | 珪藻 | | 緑藻 | |
|-------------------|------|------|------|------|------|--------|
| | 非糸状 | 糸状 | 非糸状 | 糸状 | 非糸状 | 糸状 |
| ϵ_{maxi} | 1.0 | | 1.0 | | 1.0 | |
| M_{0i} | 0.50 | 0.05 | 0.50 | 0.05 | 0.50 | 0.0005 |
| K_{maxi} | 150 | 250 | 150 | 250 | 150 | 500 |
| T_{opti} | 21 | | 15 | | 18 | |
| ρ_{ai} | 1.0 | 0.2 | 1.0 | 0.2 | 1.0 | 0.2 |

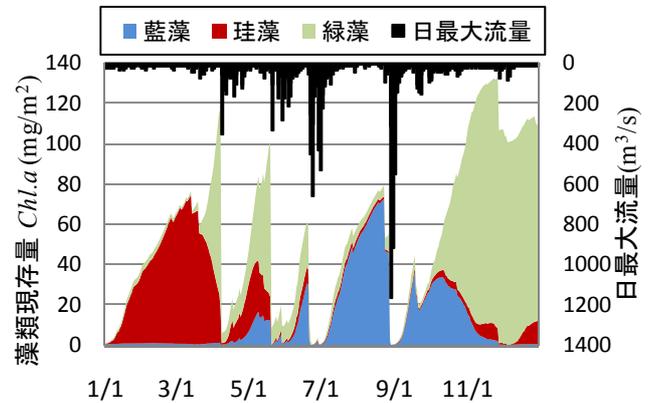


図-2 各種付着藻類現存量の時間変化

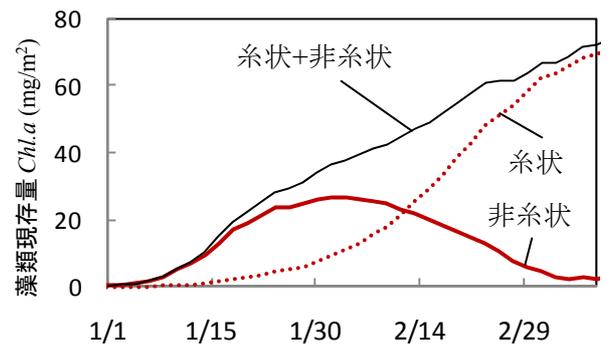


図-3 珪藻現存量の時間変化

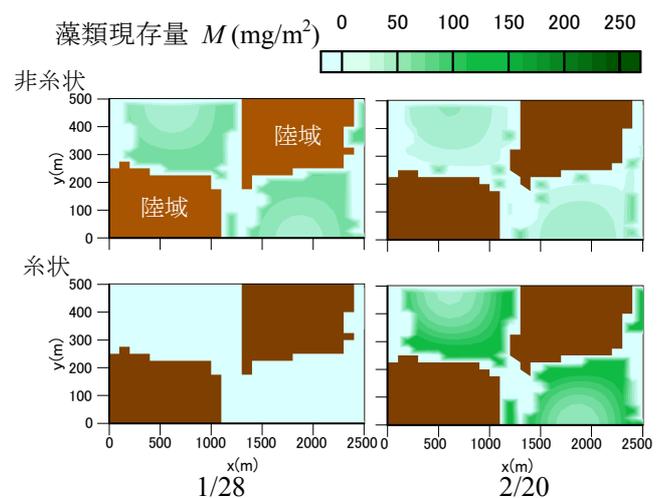


図-4 珪藻の空間分布の遷移

5) Stevenson, R. J., Bothwell, M. L., and Lowe, R.L. : Algal ecology -2. Patterns in benthic algae of streams-, Academic Press, pp.31-56, 1996.