

分布型栄養塩流出モデルを用いた名取川水系の付着藻類量時空間推定

東北大学大学院工学研究科

学生会員 ○渡邊 健吾

東北大学大学院工学研究科

正会員 風間 聡

東北大学大学院工学研究科

正会員 会田 俊介

1. はじめに

一次生産として河川生態系を支える付着藻類量を把握することは、河川における潜在的な生物量を推定し、適切な河川管理を行う観点から重要である。これまで藻類量の時系列変化を推定する研究は多く行われている。しかし、既往研究のほとんどは局所的な河川区間のみを対象としており、広域スケール(e.g., セグメント, 流域スケール)を対象とする藻類量推定に踏み込んでいない。これらの研究は流量や水温、栄養塩濃度といった河川環境を入力値としており、広域スケールで藻類量を推定するためには、河川環境を広域スケールにて推定する必要がある。

付着藻類量推定に必要な環境因子のうち、流量と水温については分布型流出・水温モデル¹⁾から推定した。また、付着藻類は栄養塩濃度に影響を受けることが知られている²⁾。精度ある付着藻類量推定を行うために、河川における栄養塩濃度の時系列値を推定する必要がある。本研究では名取川水系における土地利用データを使用し、栄養塩流出モデルを付着藻類量推定モデルに組み込むことで時空間分布推定を実施した。

2. 研究対象地域

宮城県中央部に位置する名取川流域（流域面積939km²）を研究対象流域に選定した（図-1）。モデルの検証のために、計8地点にて付着藻類量と河川栄養塩濃度の測定を実施した。調査期間はおよそ月1回の頻度で、冬季を除く2014年7月~2016年7月にかけて実施した。

3. 付着藻類推定モデル

スイスの山地河川をもとに構築された以下のモデル³⁾をベースとして、本研究では栄養塩に関する項を追加したものを付着藻類量推定モデルとして使用した。

$$\frac{dX}{dt} = \mu_{max} X \frac{1}{1 + K_X X} \cdot \frac{I}{I + K_I} \cdot \exp\{\beta(T - T_0)\} \cdot \frac{C}{C + K_C} - C_{det} Q(X - X_0) - K_{flood}(X - X_0) \quad (1)$$

X が付着藻類量(mg/m²), Q が日平均流量(m³/s), T が日平均水温(°C), I が光量子密度(E/m²), C が栄養塩濃度(mg/m³)である。 μ_{max} は最大比増殖速度(1/day), T_0 は基準

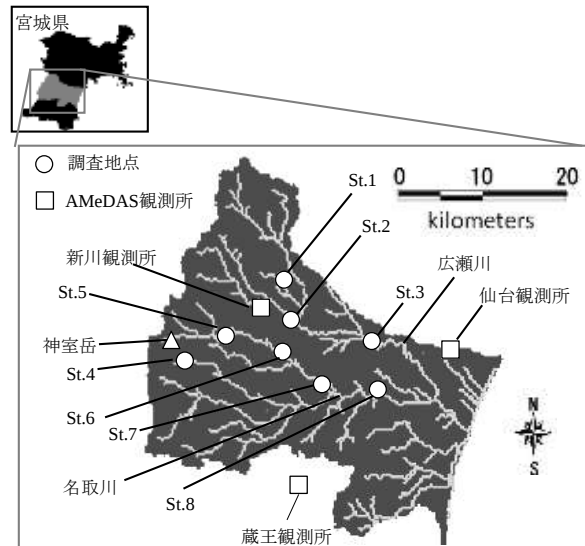


図-1 研究対象流域

温度(°C), X_0 が基準藻類量(mg/m²)を示し、本研究ではそれぞれ 1/day, 20°C, 0.2mg/m² とした。 K_X (m²/mg), K_I (E/m²), β (1/°C), K_C (mg/m³), C_{det} (s/m³/day), K_{flood} (1/day) はそれぞれ藻類量の半飽和定数, 光量子密度の半飽和定数, 成長の温度依存性, 栄養塩濃度の半飽和定数, 平水時の藻類の剥離, 洪水時の藻類の剥離に関するパラメータである。

4. 栄養塩濃度推定モデル

名取川水系ではリンが制限要因となっていたため、推定する栄養塩として本研究では全リン(TP)を採用した。河道内における栄養塩流下プロセスは一次元移流拡散方程式に従うとした。また、本研究ではTPが発生する土地利用を森林・水田・畑・市街地と設定し、以下の堆積・掃流モデル⁴⁾を用いて負荷流出量を推定した。

$$\frac{dS}{dt} = a - kS - L \quad (2) \quad L = \begin{cases} KS(q - q_c) & q > q_c \\ 0 & q \leq q_c \end{cases} \quad (3)$$

ここで S は単位面積あたりの堆積負荷量(mg/mesh), a は堆積負荷速度(mg/mesh/hour), k は減衰係数(1/hour), L は単位時間あたりの排出負荷量(mg/mesh/hour), K は負荷流出係数(1/mm), q は単位面積あたりの表面流出量(mm/hour), q_c は限界掃流流量(mm/hour)である。本研究

キーワード 水文モデル, 付着藻類推定, リン, 栄養塩動態

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL:022-795-7459

では k を0.067/hour, K を0.2/mm, q_c を1.5mm/hourと設定した。堆積負荷速度は土地利用毎に設定し、森林・市街地は22.5mg/mesh/hour, 水田・畑は5850mg/mesh/hourと設定した⁵⁾。また、点源負荷として名取川流域内に立地する3つの下水処理施設と秋保温泉地からもTPが発生するとした。秋保温泉地における点源負荷量はキャリブレーションによって推定した。

5. 結果

5.1 TP 濃度推定結果

図-2に全調査地点におけるTP濃度の実測値と観測値をプロットしたものを示す。図-2におけるTP濃度シミュレーション結果のRMSEは0.0061mg/Lとなった。瑞梅寺川を対象に分布型リン負荷流出モデルを構築した研究⁵⁾におけるTP濃度の推定値のRMSEは0.1mg/L程度のオーダーを示しており、対象領域は異なるものの、本研究における分布型栄養塩流出モデルの精度は概ね良好と判断した。しかし、St.2やSt.7では外れ値が確認できる。外れ値が観測された調査日は過去1週間に渡って降雨が発生しておらず、降雨によって栄養塩濃度が増加したとは考えにくい。また、St.2やSt.7で外れ値が確認された調査日において、その下流地点に位置しているSt.3やSt.8の栄養塩濃度の実測値は外れ値を示していない。以上より、調査日付近にかけて本研究で考慮していない点源負荷が発生したと考えられる。より詳細な負荷源データの採用については今後の課題とする。

5.2 付着藻類量モデルのパラメータ設定

付着藻類量推定モデルにおけるパラメータの感度分析の結果、栄養塩濃度の半飽和定数 K_C が最も付着藻類量の推定に影響を与えていると推定された。そこで、他の5つのパラメータ(K_x , K_i , β , C_{det} , K_{flood})は期間中安定した付着藻類量が観測されたSt.3において推定されたものを使用した($K_{x,inv}=0.6$, $K_i=0.7$, $\beta=0.06$, $C_{det}=0.0001$, $K_{flood}=0.4$)。 K_C については全調査地点における付着藻類量実測値を用いてキャリブレーションを実施し、最も良く付着藻類量が推定されるように値を設定した($K_C=2.1 \times 10^{-5} \text{mg/m}^3$)。

5.3 付着藻類量推定結果

分布型栄養塩流出モデルを組み込んだ付着藻類量推定モデルにより、2014年7月から2016年7月の期間にかけて名取川水系全体における付着藻類量を推定した。付着藻類量の分布推定結果の例として、2016年7月における月平均付着藻類量を図-3に示す。図-3より上流域と比較して下流域で付着藻類量が比較的高い値を示した。下流域では上流域と比較してTP濃度が高く推定されており、それによって付着藻類量推定値が高く表現されたと考えられる。また、付着藻類量推定モデルにおける精度は、調査期間を通した全調査地点の実測値と計算値の比較より、RMSE=11.5mg/m²と求められた。

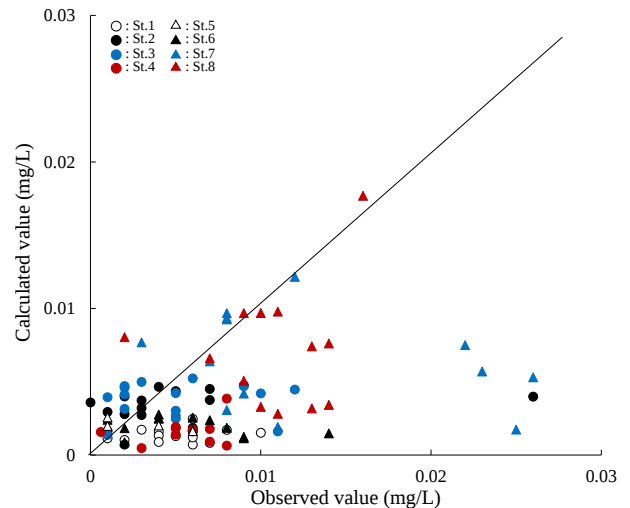


図-2 各調査地点におけるTPの観測値と計算値の比較

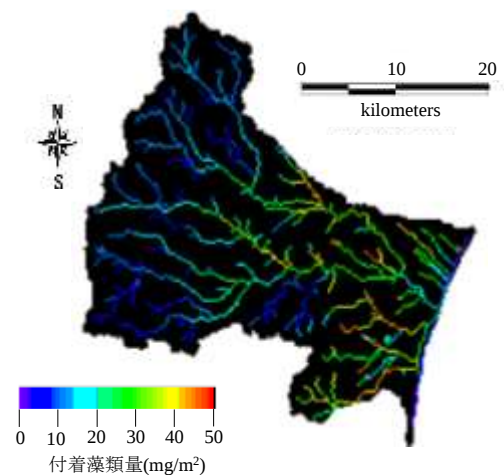


図-3 2016年7月における月平均付着藻類量の空間分布
(白色は50mg/m²以上を表す)

謝辞：本研究は、科学研究費補金（16H02363, 風間聡; 25241024, 竹門康弘; 26630247, 渡辺幸三）により実施されました。ここに深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) K.Nukazawa, J. Shiraiwa, S. Kazawa: Evaluations of seasonal habitat variations of freshwater fishes, fireflies, and frogs using a habitat suitability index model that includes river water temperature, Ecological Modeling, 222, 3718-3726, 2011.
- 2) Redfield, A.C., B.H. Ketchum and F.A. Richards: The influence of organisms on the composition of seawater, In the sea, 2, 26-77, 1963.
- 3) Urs Uehlinger, Heinrich Buhrer, Peter Reichert: Periphyton dynamics in a flood prealpine river, evaluation of significant processes by modeling, Freshwater Biology, 36:249-263, 1996
- 4) 野原昭雄, 羽田野琢磨, 高木康行, 内山雄介, 中嶋規行, 中村茂: グリッドベースの分布型流出汚濁負荷流出モデルの開発と適用, 水工学論文集, No.47, pp.1027-1032, 2003.
- 5) 井芹晴香, 平松和昭, 原田昌佳: 混住化流域を対象とした分布型窒素・リン負荷流出モデルの瑞梅寺川への適用, 農業農村工学会論文集, No.283, pp.99-110, 2013.