

分布型流出モデルを用いた名取川水系の付着藻類量推定

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	糠澤 桂
東北大学大学院工学研究科	正会員	会田 俊介
東北大学大学院工学研究科	正会員	風間 聡

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。これまで物理化学的プロセス (e.g., 光合成, 同化, 剥離) に基づいて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が、いずれも河川の一部分のみを研究対象としており、広域スケール (e.g. セグメント, 流域スケール) の生物量がポテンシャルを推定出来ていない。また、従来の研究は栄養塩や水質など数多くの環境因子を入力値としており、様々な河川に広く適用出来る汎用的なモデルは確立されていないのが現状である。

本研究は既存の藻類量時系列推定モデル¹⁾と分布型流出モデル²⁾を用いて、流域スケールにおける藻類量の時空間分布推定モデルの構築を目的とする。分布型流出モデルにより流域全域における流量、水温を計算し、これらを藻類量モデルの入力値とすることにより、付着藻類量の時空間分布推定が可能である。また藻類量の時系列推定の較正ならびに空間推定の精度評価のために、名取川水系の計9地点において複数回の付着藻類の定量採取を行った。

2. 方法

2.1 研究対象流域・調査方法

名取川水系において9地点の調査地点を設定した(図1)。付着藻類の現地観測を2014年7月~11月において5~6回(St.1~St.3, 広瀬川流域)および2~3回(St.4~St.9)実施した。広瀬川流域に関しては地点内における9カ所、St.4~St.9に関しては5カ所の礫を選定

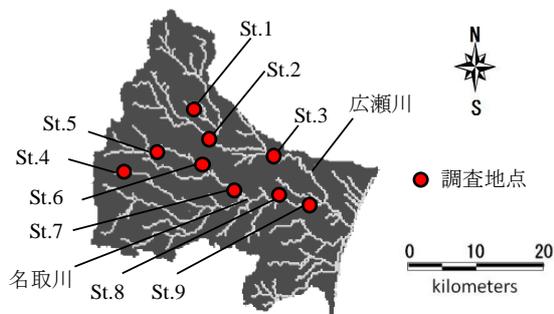


図1 調査対象流域

し、採取した礫の平面部分に5cm×5cmの方形枠をあて、ブラシを用いて枠内の付着藻類を剥ぎ取り中性ホルマリンにて固定した。付着藻類量はアセトン抽出法を用いて算出した。本研究ではクロロフィルa量を採取した付着藻類量の生物量とみなした。また同日に河川水を採取し、河川水中に含まれる栄養塩濃度の測定も実施した。

2.2 分布型流出モデル

分布型流出モデルは気温や降水量等の気象データを入力値とし、蒸発散量、積雪・融雪、熱収支を考慮して流出と河川水温の差分計算を各計算格子(解像度:250mメッシュ)にて行う特徴を持つ。本モデルにより、高い精度で流量や水温を推定できることが確認されている。計算期間は現地調査期間を含めた2013年12月から2014年11月の1年間である。

3. 付着藻類量推定モデル

本研究ではスイスの山地河川を試験河川として構築された以下の付着藻類量推定モデル¹⁾を使用した。

$$\frac{dX}{dt} = \mu X \frac{1}{1 + K_{x,inv} X} \cdot \frac{I}{I + K_I} \cdot \exp\{\beta(T - T_0)\} - C_{det} Q(X - X_0) - K_{flood}(X - X_0) \quad (1)$$

ここで、 X が付着藻類量(mg/m²)を表す。 dX/dt は1日間隔での藻類量の増減を表している。このモデル式の入力値は日平均流量 Q (m³/s)、日平均水温 T (°C)、光量子密度 I (E/m²)であり、日平均流量と日平均水温は分布型流出モデルから算出され、光量子密度は山台気象台で観測された日積算日照時間から線形回帰式³⁾により推定した。 T_0 は基準温度(°C)、 X_0 は基準藻類量(mg/m²)を示し、本研究ではそれぞれ20°C、0.6mg/m²とした。 μ (1/day)、 $K_{x,inv}$ (m²/mg)、 K (E/m²)、 β (1/°C)、 C_{det} (s/m³/day)、 K_{flood} (1/day)はそれぞれ増殖率、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、平常時の剥離、洪水時の剥離に関するパラメータである。本研究では年間上位5%の流量が入力された場合に K_{flood} の項を有効とし、それ以外の場合は $K_{flood}=0$ とした。

キーワード 流況, 水文モデル, 水温, 付着藻類量推定

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

4. 結果・考察

水系全域にて藻類量を推定するために可能な限りパラメータを固定する必要がある。まず、広瀬川流域の3地点の観測値を用いて、3地点それぞれで6パラメータを推定した。3地点の推定結果における二乗平均平方根 (RMS) を年平均値で割った値が St.3 で最も低く示されたため、St.3 での値を用いて μ 以外のパラメータを水系内で固定出来ると仮定した ($K_{X_{min}}=0.6, K_I=0.7, \beta=0.03, C_{det}=0.001, K_{max}=0.2$)。藻類の増殖は硝酸態窒素 (NO_3-N) やリン酸態リン (PO_4-P) の濃度が影響することが知られている。また、調査地点で観測した NO_3-N や PO_4-P の年平均濃度と標高に正相関関係が確認された ($NO_3-N: R^2=0.86, PO_4-P: R^2=0.55$)。以上より本研究では増殖率 μ (1/day) が標高に規定されると仮定し、標高の関数として表現した。9地点にて推定された μ と標高により以下の式を導いた。

$$\mu = 1.754 \exp(-0.007elv) \quad (2)$$

ここで elv は標高(m)を示す。 μ の範囲は $0.1 \sim 1 \text{ day}^{-1}$ とした。同様に、調査回数の多い広瀬川の3地点のみで以下の増殖率と標高の関係式を導出した。

$$\mu = 2.002 \exp(-0.01elv) \quad (3)$$

式(3)を用いて計算した藻類量の推定結果は式(2)と比べると、広瀬川流域では RMS 値においてそれぞれ 8.2~23.5 から 3.1~21.5 mg/m^2 と減少する傾向を示した。また、St.6 (22.2~19.5 mg/m^2) と St.7 (32.6~26.2 mg/m^2) にて同様の傾向を示し、St.4, 8, 9 にて同値を示した。これは、式(3)を用いた場合の推定精度が式(2)を用いた場合よりも良好であることを示唆する。この理由として、式(3)では調査回数が多く広瀬川流域のみで推定した増殖率を使用したことが挙げられる。

式(3)を用いて計算した推定結果を図 2 (A)~(C) に示した。計算期間は2013年12月~2014年11月であるが、ここでは後半期間のみを示した。これを見ると、上流域における相対的に少ない藻類量 (St.4, 5) や、St.7~9 における10月の剥離による藻類量の減少とその後の増殖傾向を良好に再現できていると言える。一方、St.2, 5 の観測値にて藻類量の急激な増殖がみられ、この藻類の増殖を表現することは出来なかった。式(3)を用いた藻類モデルを水系全域に適用し、名取川水系全体の付着藻類量の空間分布を推定した (図 3)。出水の影響が大きい名取川と広瀬川下流にて藻類量は少ないが、総じて上流よりも下流にて藻類量は多く表現された。

参考文献

- 1) Urs Uehlinger, Heinrich Buhner, Peter Reichert : Periphyton dynamics in a flood prealpine river; evaluation of significant processes by modeling. *Freshwater Biology*, 36:249-263, 1996
- 2) Kei Nukazawa, Jun-ichi Shiraiwa, So Kazama: Evaluations of seasonal habitat variations of freshwater fishes, fireflies, and frogs

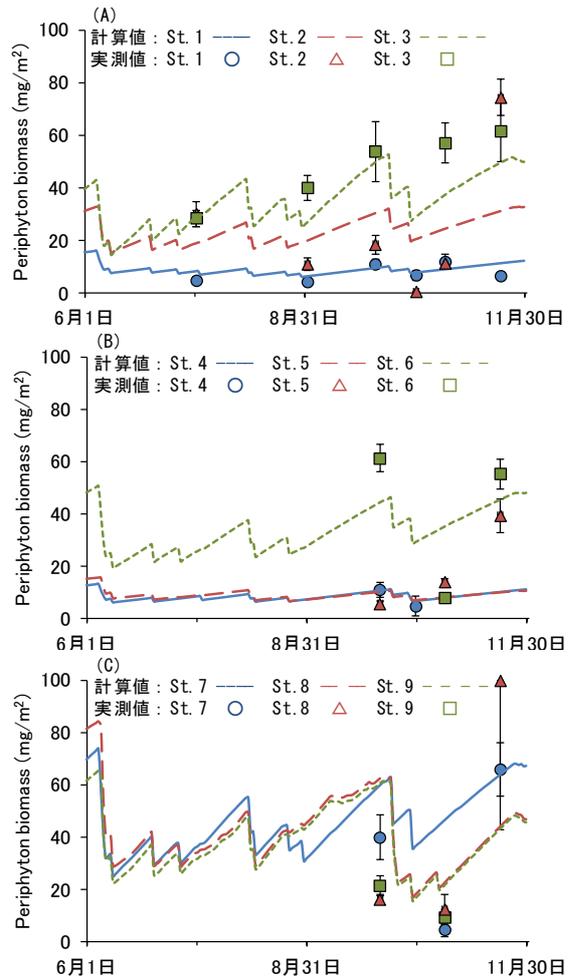


図 2 (A)~(C) 式 (3) を用いた場合の付着藻類量の推定結果

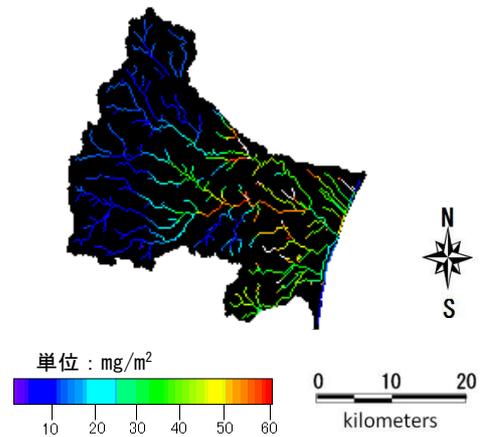


図 3 2014 年 9 月における月平均付着藻類量の空間分布 (白色は 60 mg/m^2 以上を表す)

using a habitat suitability index model that includes river water temperature, *Ecological Modeling*, 222, 3718-3726, 2011

- 3) 古賀 英昭 : 光量子と日照時間・全天日射量及び珪藻類増殖との関連, 佐有水試月報 12:67-74, 1990

謝辞: 本研究は、科学研究費補助金 (大村達夫: 24254003, 竹門康弘: 25241024, 糠澤桂: 26820196), 特別研究員奨励費 (256493, 糠澤桂), 環境省の環境研究総合推進費 (S-8) の支援により実施された。ここに深甚なる謝意を表します。