

河床表層の鉛直構造の変動を考慮した付着藻類現存量の変動予測 Predicting Algal Biomass Focusing on Vertical Riverbed Structure

○宮川幸雄・角哲也・竹門康弘

○Yukio MIYAGAWA, Tetsuya SUMI, Yasuhiro TAKEMON

Sediment replenishment at downstream reaches of a dam restricts algal biomass not only by detaching algae on riverbed materials, but also by covering exposed area of stones where algae can attach and grow. In this study, we developed a model for estimating a ratio of the exposed area (R) assuming that the area of exposed stone surface depends on the height of sediment deposition relative to the height of the stone surface. Then, algal biomass per square meter was calculated as the product of R multiplied by algal biomass. Further, accuracy of the model was confirmed based on the results of experiment in the artificial rivers in Gifu Prefecture, Japan. The results showed that estimated values of the model were generally consistent with measured values of the experiment.

1. はじめに

ダムの貯水池に土砂が堆積し、下流への流下土砂量が減少することで、下流の河床中の細かな粒子（細粒子）が消失する（Erskine, 1985）。これにより、付着藻類が細粒子と衝突して剥離される機会が減少し、過剰に繁茂することが報告されている（萱場, 2007）。これに対し、貯水池に堆積した土砂を人工的に下流に供給することで、河床材料の細粒化および付着藻類の剥離を促進させる効果が期待されている。

しかし、河床間隙に供給された細粒子が堆積し、その堆積厚（以下、砂面高）が上昇することが報告されている（藤田ら, 2008）。この河床表層の鉛直構造の変化により、露出している石の表面積（以下、露岩面積）が減少することで、付着藻類が定着・生育可能な面積が少なくなると考えられる。このため、掃流砂の移動による剥離効果のみでは、土砂供給による付着藻類現存量の減少を過小に見積もるおそれがある。

そこで本研究では、土砂供給による河床の鉛直構造の変化、すなわち砂面高の変化と初期河床の凹凸を考慮した上で、土砂供給が付着藻類現存量に及ぼす効果をより精緻に予測する方法を開発する。具体的には、従来の石上の付着藻類現存量の密度（mg-chl. a/m²）に露岩面積割合をかけて算出される河床 1m² あたりの付着藻類現存量を算出する。この予測モデルの精度の検証のため、土砂を河床に敷設した後の砂面高および付着藻類現存量の経過観測を野外の人工河川施設にて行った。

2. 予測方法

(1) 実験方法

実験は、2本の人工河川施設（幅約 2 m, 延長約 60 m）にて行った。実験中、流速は約 0.4 m/s, 水深は約 0.25 m に維持した。

はじめに、付着藻類を生育させる礫（ $D_{60} = 200$ mm）を複数個、河床に敷設した。その約 1 ヶ月後、礫上に付着藻類が生育したことを確認した後、1本の河川（以下、実験区）の区間全体に、礫を設置した地盤を砂面高 0 mm として、そこから約 200 mm の高さまで、平均粒径が約 2 mm の砂を敷設し、礫を埋没させた（砂面高=200 mm）。もう 1本の河川（以下、対照区）には砂を敷設しなかった。そして、砂の敷設日から -4, 1, 3, 7, 11 日後に実験区の砂面高、実験区と対照区の付着藻類現存量（chl. a 量、露岩部のみ）を計測した。さらに、1m² あたりの露岩面積（露岩面積割合 R' ）を河床の砂の被度割合 S を用いて $R' = 1 - S$ で算出した。

(2) 予測モデルの構築

はじめに、河床表層が D_{60} の単一粒径の礫で構成されていると仮定した。そして、礫を敷設した河床基盤を固定床として、河床表層の凹凸について、河床のある石の中心点の高さ z_d の鉛直分布は、河床基盤地点（砂面高=0 mm）を平均値とした正規分布で表されると仮定した（図 1, 村上ら, 1992）。

$$P(z_d) = 2 \cdot \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{z_d}{\sigma}\right)^2\right)$$

すると、砂面高を z_s としたときの露岩面積割合

$R(z_s)$ は礫を上面から見た時の露岩面積 $A(z_s, z_d)$ を用いて下記の式から予測可能である.

$$R(z_s) = \frac{\int_0^{0.6D_{60}} P(z_d) \cdot A(z_s, z_d) dz_d}{\pi \cdot 0.5D_{60} \cdot 0.35D_{60}}$$

予測した $R(z_s)$ を観測値 R' と比較することで、本モデルの精度を確認した.

一方、石上の付着藻類現存量の密度 M は、既往研究から生産速度と代謝速度と土砂の衝突による剥離速度から算出した (萱場, 2007). 最後に M と $R(z_s)$ の積から、河床 1m^2 あたりの付着藻類現存量を算出し、2(1)と比較した.

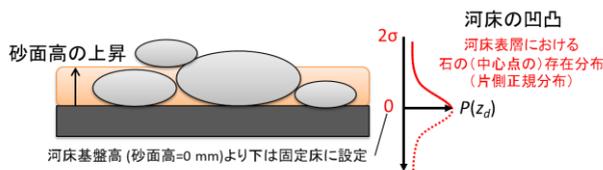


図1 砂面高, 河床基盤高, 河床表層の鉛直構造に関する設定

3. 結果と考察

砂面高を観測した結果、砂を敷設した直後から砂が流出し、3日後に平均約 60 mm で安定した (図2). そこで、砂面高が低減する過程における付着藻類現存量の変動に着目し、砂敷設の-4, 1, 3 日後のデータを対象に以降の分析を実施した.

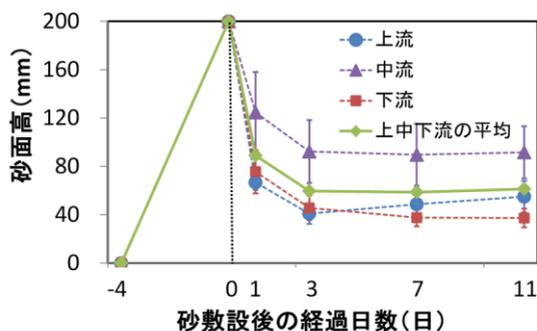


図2 実験区における砂面高の変化

1, 3 日後における露岩面積割合の観測値 R' と予測値 $R(z_s)$ を比較した結果、 $R(z_s)$, R' とともに砂面高 z_s の上昇とともに減少する傾向が見られた (図3). さらに、単回帰分析の結果、観測値 R' と予測値 $R(z_s)$ とに、概ね 1:1 の関係が見られた ($R(z_s) = 0.8951R' + 0.0261$, $R^2 = 0.8803$). このため、本モデルにより、砂面高の上昇に対する露岩面積割合の減少を高い精度で予測できるといえる.

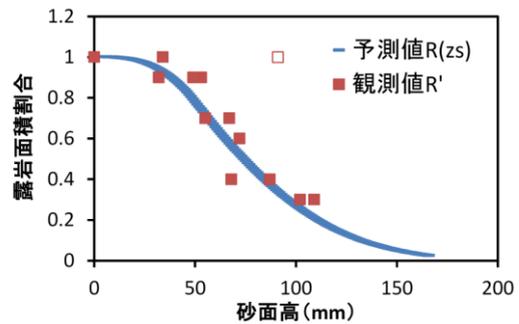


図3 実験区の砂面高に対する露岩面積割合の観測値 R' および予測値 $R(z_s)$ の散布図 (R' 中の白抜きプロットは外れ値を表す.)

そして、土砂供給後における実験区の河床 1m^2 あたりの付着藻類現存量の観測値とモデルによる予測値を比較した結果、砂敷設日から1日後の予測値は観測値より低い傾向となったが、3日後の予測値は概ね一致した (図4). このため、本モデルにより、河床 1m^2 あたりの付着藻類現存量を概ね予測できるといえる.

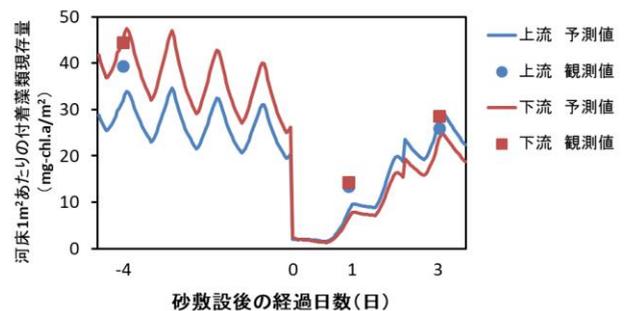


図4 実験区の河床 1m^2 あたりの付着藻類現存量の予測値と観測値との比較

参考文献

- Erskine W.D.: Downstream geomorphic impacts of large dams: The case of Glenbawn Dam, Applied Geography, 5, 195-210, 1985.
- 萱場祐一: 河川中流域における物理環境場が一次生産過程に及ぼす影響に関する研究, 博士論文, 2007.
- 藤田光一, 山原康嗣, 富田陽子, 伊藤嘉奈子, 小路剛志: 大礫床表面における砂の堆積状況と浮遊砂量との関係についての実験的研究, 水工学論文集, 52, 547-552, 2008.
- 村上正吾, 辻本哲郎, 中川博次: 河床砂礫の pick-up rate 推定式について, 土木学会論文集, 443(II-18), 9-16, 1992.