

凹凸河床における流砂による付着藻類の剥離効果に関する実験的考察 Experimental Study on Detachment Effect of Benthic Algae on Uneven Riverbed

○伊藤潤* 濱上邦彦** 土谷幹* 吉岡秀和***

○Jun Ito* Kunihiko Hamagami** Miki Tsuchiya* Hidekazu Yoshioka***

1. はじめに

ダム下流域など、アーマー化が見られる河床で付着藻類の過剰繁茂が確認されている。このことは、珪藻類の発育阻害や河川景観の悪化の問題を引き起こし、河川環境に影響を与えている。これらの対策として流砂による付着藻類の剥離除去の検討を行っている研究例が多く存在し、その剥離効果は示されている。しかし、殆どの研究は平坦河床、水理条件が実河川に則していない等、現場への適用が難しい点が課題である。そこで、適切な水理条件を設定し、河床に凹凸部を設け開水路実験を行い、河床の凹凸が流砂による付着藻類の剥離効果に及ぼす影響を検討した。

2. 実験装置

図 1 に実験水路の概要を示す。水路はサンドポンプを用いた循環型水路となっている。礫を 3 つ設置し実験を行う。

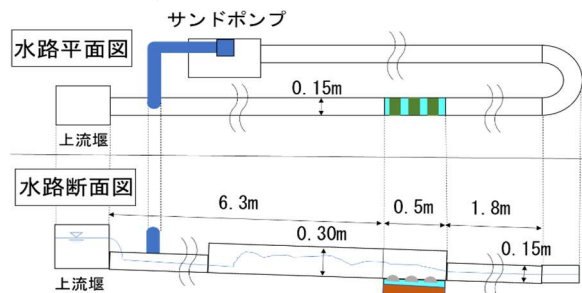


図 1 実験水路

Fig.1 Experimental equipment

3. 予備実験

各実験における流況の把握、礫及び礫間に対する流砂の挙動の把握を目的として行う。礫の露出高、礫間の幅をパラメータとして変

化させ、全 11 条件で実験を行った。水路勾配、流量、砂粒径、単位幅流砂量は一律条件として河床の凹凸のみの比較となっている。表 1 に実験条件を示す。ここでは、付着藻類の繁茂していない礫を設置し、各条件で砂無、砂有の 2 パターンの流況の測定を行う。

表 1 実験条件

Table.1 Experimental conditions

実験番号	1	2	3	4	5
変化条件(cm)	高1.幅4	高1.幅8	高2.幅2	高2.幅4	高2.幅8
	6	7	8	9	10
	高3.幅2	高3.幅4	高3.幅8	高4.幅2	高4.幅4
	11				
一律条件	水路勾配	流量(m³/s)	砂粒径(m)	単位幅流砂量(m²/s)	
	1/70	0.0055	0.002	3.5 × 10 ⁻⁴	

3.1 結果

流速、水面形状、堆砂の様子を表した実験 5 の流況図を一例として図 2 に示す。砂の有無の流況を比較すると、堆砂の影響により流速が上がり、水面高が低くなっていることが確認できる。各条件の堆砂有の流況図を比較すると、堆砂量は露出高に比例して多くなっていることから、露出高に依拠した剥離効果検討の必要性が確認できる。礫間の幅の変化によって堆砂の様子が異なる点が見られた。

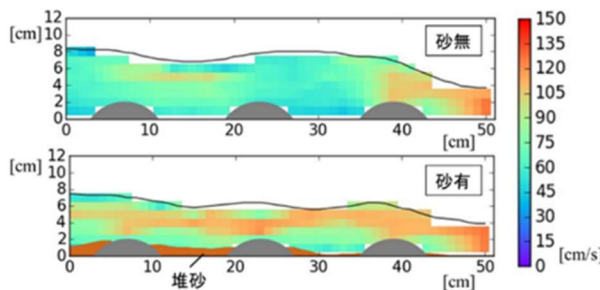


図 2 流況図 (実験 5 高 2, 幅 8)

Fig.2 Flow conditions (Exp5 h2,w8)

*岩手大学大学院総合科学研究科 Iwate University Graduate School **岩手大学農学部 Iwate University

***島根大学学術研究院環境システム科学系 Shimane University キーワード：開水路流れ，土砂水理，付着藻類

4. 本実験

予備実験と同様の条件を用いる。手順は、付着藻類が十分に繁茂した礫を設置し、水と共に砂を投入する。付着藻類の剥離が十分と判断した8時間後、水と砂の供給を止める。付着藻類の初期状態と8時間後の状態を撮影し、撮影した画像・動画より、剥離量の評価を行う。各礫における付着藻類の残存面積の割合を残存率とした。初期状態の付着藻類の占める面積を S_0 、時間 t 秒後の占める面積を S とし、残存率は S/S_0 と評価する。

4.1 結果・考察

剥離量と残存率の時間変化を表す以下の関係式より、剥離特性値 p の値を算出した。

$$S/S_0 = e^{-pt} \quad (1)$$

S/S_0 ：残存率， p ：剥離特性値， t ：時間(s)

また、付着藻類の剥離要因には、サルテーション運動する砂が礫へ衝突する際の摩擦によるものと明らかにされている。その摩擦力による仕事を以下の式により算出した。

$$W = \gamma q_B d^{1/3} u_*^{2/3} \quad (2)$$

W ：仕事量(N/m·s)， q_B ：単位幅流砂量(m²/s)
 γ ：係数(2.02×10^5 (Nm⁻⁴s^{2/3}))， d ：砂の粒径(m)
 u_* ：摩擦速度(m/s)

凹凸の影響で砂の運動が制限され、摩擦力が小さくなることが予想される。そこで、摩擦力について凹凸の影響を考慮し補正を行い、仕事量 W と、同様に摩擦の影響を含み藻類剥離に関わる掃流力 τ_* の検討を行う。本研究では、礫の露出高、礫間の幅によって礫背後に作り出される遮蔽部に着目する。この遮蔽部の影響を考慮した有効掃流力 τ_{*c} を算出できる遮蔽係数 k を用いて検討する。有効掃流力 τ_{*c} は(3)式により算出できる。また(4)式により算出された有効摩擦速度 u_{*c} を(2)式に代入することで、有効仕事量 W_c の算出を行う。

$$\tau_{*c} = \frac{k u_*^2}{sgd} \quad (3) \quad u_{*c} = \sqrt{sgd\tau_c} \quad (4)$$

τ_{*c} ：有効掃流力， k ：遮蔽係数， s ：砂の水中比重
 g ：重力加速度(m/s²)， u_{*c} ：有効摩擦速度(m/s)

既往研究より、遮蔽係数 k を算出する式は示されているが、露出高のみ考慮されている。そこで、実験結果を基に露出高だけでなく、礫間の幅も含み、遮蔽部の表現性が高い遮蔽係数 k を算出する(5)式を作成した。

$$k = \frac{\sqrt{(h+w)d}}{h} \quad (5)$$

h ：露出高(m)， w ：礫間の幅(m)

補正された有効仕事量、有効掃流力と剥離特性値の関係を図3、4に示す。補正前後を比較すると、補正前では明らかな相関は確認できなかったが、補正後では正の相関を示し、遮蔽係数が機能している事がわかる。

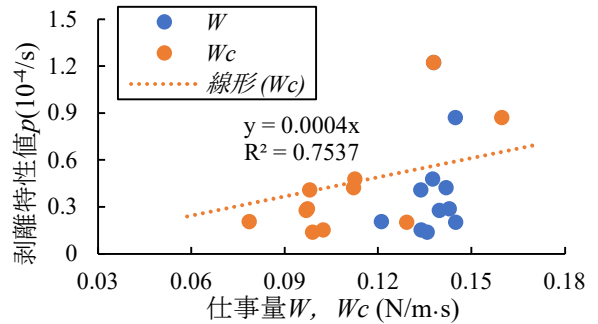


図3 仕事量 W ， W_c と剥離特性値 p の関係

Fig.3 Relation between W ， W_c and p

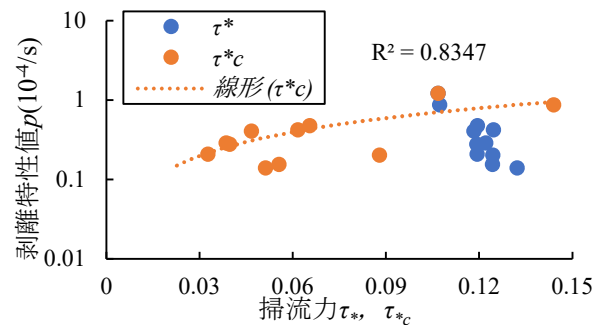


図4 掃流力 τ_* ， τ_{*c} と剥離特性値 p の関係

Fig.4 Relation between τ_* ， τ_{*c} and p

5. まとめ

遮蔽部による影響は、露出高、礫間の幅に関係し露出高に大きく依存する。遮蔽係数の式により、凹凸河床における掃流力、仕事量および剥離特性値の推定が可能となった。