

真名川ダム下流における河床固化の実態とフラッシュ放流による影響

名古屋大学大学院 工学研究科 正会員 ○田代 喬

(独) 土木研究所 自然共生研究センター 正会員 皆川 朋子, 片野 泉, 萱場 祐一

1. はじめに

ダム下流などの人為的影響を強く受けた礫床河川では、糸状緑藻が繁茂し、底生動物の群集組成が変化するなど生態系の変質が生じており、こうした原因のひとつとして低攪乱な河床の存在が挙げられている（谷田・竹門, 1999）。低攪乱礫床の形成には、いわゆるアーマー化のように粒度組成の変化を伴うなどの物理的要因（北村ら, 2001）と河床間隙に棲み込む底生動物などによる生物的要因（Statzner *et al.*, 2003）が考えられる。前者については、既往の土砂水理学的知見によりその機構の概略が明らかにされている一方、後者についてはほとんど未解明であった。最近になって、実河川や実験水路における報告（Downes *et al.*, 1997; Statzner *et al.*, 1999）がきっかけとなり、造網型トビケラの営巣が材料の限界掃流力を顕著に増加させる「河床固化」が定量的に示された（田代ら, 2004; 田代ら, 2006）。しかし、これらは河道内の限られた河床形態（ユニット）を対象として実施されたに過ぎないという、外的なインパクトによってどのような影響を受けるか明らかではない。

本研究は、ダム下流河道の生態系機能の修復を目指した河川管理に資する知見の取得を目的として、河床形態による河床固化の差異、ダムからのフラッシュ放流による影響について調査、分析したものである。

2. 研究方法と材料

2.1 調査地および日程

調査地は福井県大野市を流れる九頭竜川水系真名川であり、真名川ダム下流約 6.4 km 地点に位置する。造網型トビケラの豊富な生息が確認されている礫床河川として知られる（西村ら, 2001）。現地ではダムからのフラッシュ放流が計画されており、本調査は 2005/8/2 に実施された放流の前後（同 8/2 および 8/3）に行った。上流のダム・堰堤から調査地に向けて、平常時は $5 \text{ m}^3/\text{s}$ 、本フラッシュ時には最大 $30 \text{ m}^3/\text{s}$ （2 時間継続）が放流された。



写真-1 河床固化の測定装置。ばねばかり（置針式丸型テンションゲージ、(株)大場計器製作所製）と熊手にて作成。

2.2 調査方法

調査地におけるリーチ 1 区間内の平瀬と早瀬を対象として、各ユニットに位置する河床材料をランダムに 5 個以上選定し、各対象材料の 3 軸径（長径、中径、短径）および河床固化度を計測し、近傍の流速（6 割水深点）、水深を調べた。河床固化の計測には、既往の研究（Downes *et al.*, 1997）を参考に、写真-1 に示す装置を作成し用いた。計測対象とする材料を熊手により捕捉し、流れと同方向に力を加えながらこれの移動に要する引張力 F_{before} （底生動物除去前）を記録し、付着物除去後に再度、引張力 F_{after} （底生動物除去後）を計測した。これら 2 種の引張力から、底生動物の棲み込みによる材料の移動限界の変化を考察した。ここでの計測項目・手法は、田代ら（2006）に準ずる。

2.3 解析方法

対象材料にかかる力の釣り合いを考え、移動限界掃流力を算定した。対象材料の移動限界状態における関係は、本調査における引張力が加わると式(1)のように書ける。なお、抵抗則には材料径と結び付けた Manning-Strickler の式を用いた。

$$\tau_{*cx} - \tau_* = \frac{F_x}{A_x} \cdot \frac{1}{\rho(\sigma/\rho - 1)gd} \quad (1)$$

ここで、 $\tau_{*(c)}$ ：無次元（限界）掃流力、 x ：底生動物除去前／後を表す添え字、 F ：材料移動に必要な引張力、 A ：接着部の

キーワード：ダム下流，河床固化，限界掃流力，河床形態，フラッシュ放流，真名川

連絡先（〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学工学研究科社会基盤工学専攻 Tel. 052-789-4628, Fax. 052-789-3727）

面積, ρ/σ : 水密度 / 材料密度, g : 重力加速度である. はじめに, 除去後の移動限界状態における力の釣り合いを対象とし, 岩垣式から得られる $\tau_{c/after}$ ($=0.05$), 実測の流速, 水深から算定される τ , 実測した F_{after} から接着部面積 A を求める. この A と実測の F_{before} を除去前の関係に適用すれば $\tau_{c/before}$ を推定できる. この $\tau_{c/before}$ が河床固化を評価する指標となる.

3. 結果と考察

表-1 には, 調査地の物理環境として放流後の低水時における物理量の平均と標準偏差を併記する. 平瀬, 早瀬での水深, 流速, 礫径, 付着物除去前の引張力の分布には有意な差があることから, 河床形態による物理量の定量的な差異が確認された (水深, 流速, 引張力は Student's t test; 礫径は Mann-Whitney's U test). 図-1 にはフラッシュ放流前後における無次元限界掃流力の算定結果を示す. 放流前/後と河床形態の差異を 2 要因とする二元配置分散分析 (Two-way ANOVA) を行ったところ, 要因間に交互作用は無く, 河床形態による無次元限界掃流力の有意な差 ($P < 0.05$) が確認された. すなわち, 今回の放流による固化への影響は無かったが, 平瀬では早瀬よりも顕著な固化が生じていたことになる. また, 田代ら (2006) によれば, 材料の接着部面積と無次元限界掃流力の間には負の相関があることから, 図-2 にはこの関係を示す. 河床形態によらず両者の関係には負の相関があることが確認され, 材料の接着が小さいと無次元限界掃流力が大きくなった. これらから, 真名川ダム下流では固化された河床が安定的に存在し, 平瀬の浮き石帯において顕在化していることが明らかとなった.

既往の報告と比べると, 無次元限界掃流力は宮ヶ瀬ダム下流のそれ (0.05~0.35) よりも小さく, 水路実験から見積もられたもの (0.05~0.1) と同程度であった. 河床固化の制限要因の特定には更なる観測の積み重ねが必要と考えられる.

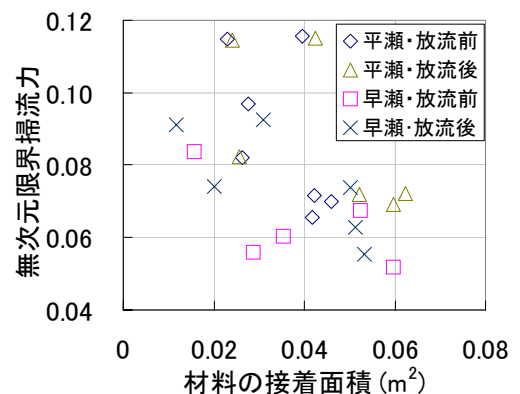
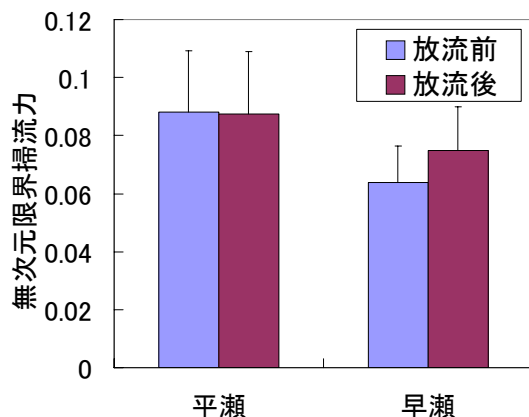


図-1 フラッシュ放流前後における材料の移動に必要な無次元限界掃流力. 図-2 材料の接着部面積と無次元限界掃流力の関係.

4. おわりに

本研究では, 簡易な計測装置を用いた調査とその分析から, ダム下流河道における河床固化の実態把握とフラッシュ放流による影響把握を試みた. 真名川ダム下流における調査の結果, 早瀬よりも平瀬において河床固化が顕著で, 放流による変化は観測されなかった. これらの結果から, 固化した河床を修復していくには, 限界掃流力を超える物理的なインパクトが必要であることが改めて示唆されたと言える. ダム下流の生態系修復を図っていくには, 人為的に操作可能な放流規模を見極めたうえで, 河道規模の見直しなどを含めた弾力的な河川管理が必要と思われる. 今後は, 河床固化機構の把握に向けて, 季節変化や底生動物の現存量および群集組成の違いによる影響などについても検討を進めたい.

最後に, 坂本博文氏を始め, 国土交通省近畿地方整備局九頭竜川ダム統合管理事務所の方々には現地調査の便宜を図っていただいた. ここに記して御礼申し上げる.

参考文献

- (1) Downes *et al.*: J. NABS 16: 203-220, 1997.; (2) 岩垣: 土論 41: 1-21, 1956.; (3) 北村ら: 河技論 7: 297-302, 2001.; (4) 西村ら: ホシザキグリーン財団報告書 5: 161-206, 2001.; (5) Statzner *et al.*: WRR 35: 3495-3506, 1999.; (6) Statzner, *et al.*: WRR 39: 1309-1325, 2003.; (7) 田代ら: 水工論 50: 1249-1254, 2006.; (8) 田代ら: 河技論 10: 489-494, 2004.; (9) 谷田, 竹門: 応用生態工学 2: 153-164, 1999.