

渓流における礫安定性と水生昆虫の関係  
—ヒゲナガカワトビケラ(*Stenopsyche marmorata*)の巣網の強度測定—

○北海道大学大学院農学研究科

布川雅典

ブリティッシュコロンビア州立大学

五味高志

シンガポール国立大学

根岸淳二郎

京都大学地球環境学舎

高尾彰

(株) 和光技研

中原修

## 1. はじめに

我が国の渓流や河川には、ヒゲナガカワトビケラ(*Stenopsyche marmorata* Navas 以下ヒゲナガと呼ぶ)が生息する。このヒゲナガは流下する有機物をそのエサとして捕捉するため、蜘蛛の巣状の巣網を備えた固着巣を河床礫間につくる種である。この巣網によって河床礫同士を固着されることが、これまで数々の研究者によって指摘されてきた。この観察から、ヒゲナガの存在が河床礫の安定性に関与していることが予想される。一方、これまでの土砂移動の予測は、礫径分布・勾配・流速などの物理条件のみを用いて推定しており、ヒゲナガの巣網強度が土砂移動に与える影響は考慮されてこなかった。そこで、本研究ではヒゲナガが河床の安定性に影響を及ぼしているかどうかを定量的に把握することを目的とし、河床安定性への寄与を巣網強度の測定により明らかにした。

## 2. 方法

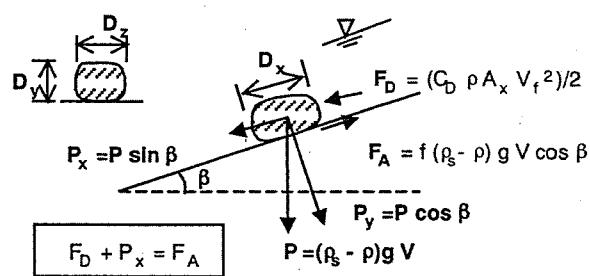
【調査地】本研究の実験地として、北海道大学天塩研究林に源流を持つ問寒別川支流十四線川を設定した。実験地を設定した付近の十四線川（勾配 0.5%：水面幅 5.5m）には本研究で利用したヒゲナガカワトビケラが多く生息していた。

【実験装置】ヒゲナガの巣網強度を測定するために、幅 20×奥行 15×高 15cm のプラスチックのかごに、メッシュサイズ 5 mm のポリエチレン製の網を取り付けた実験用ケージを 30 個作成した。ケージの底面には小礫（2-3cm）を敷き詰め、その上部に計測に用いる直径 5~10cm の礫（以下巣網石と呼ぶ）を一つおいた。内部にヒゲナガ（終齢：体長約 4cm）10 匹を入れ河川に 6 日間設置し、ケージ底部の礫と巣網石間に巣網を作らせた。

【現地調査】本実験では実験ケージに 2 タイプの処理を作り、それぞれのタイプの繰り返し数を 15 個とした。実験ケージの処理は、ケージに終齢幼虫を入れる、入れないものの 2 タイプとした。これらを河川に設置する実験を 2002 年の 6 月に 2 回(2002 年 6 月 12~17 日、20~25 日)行った。巣網の強度は、ケージ内において巣網石をバネばかりで直上に引っ張ることで計測した。巣網の強度の計測はまず、巣網のある状態で巣網石と底面との間に作られた巣網の強度 ( $F_1$  とする) を計測した。次に、巣網をきれいに除去した後に再び巣網石を底面の上に安定させ、巣網のない場合の力 ( $F_2$  とする) を計測した。

【解析方法】計測された巣網強度を用いて、巣網効果を考慮した場合としない場合の土砂移動限界流速を計算した。河床上の礫に作用する物理力は Fig. 1 A に示すように計算した。一方、ヒゲナガの巣網強度を考慮した場合には、 $H_x = H_y \tan \beta$  の力が河床上流方向への抗力として加えられ、Fig. 1 B に示すように計算された。この計算において、抗力係数  $C_D = 2$ 、摩擦係数  $f = 0.7$ 、礫形状定数  $\alpha = 0.7$ 、礫密度  $5200 \text{ kg/m}^3$  (巣網石

A: Forces acting on a particle



B: Additional forces due to nets

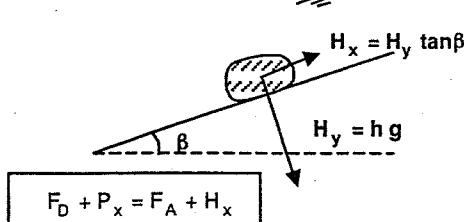


Fig. 1 河床礫に働く力を模式的に表した概略図

の平均密度)、河床勾配 0.5%とした。以上の方  
法から、0.05~0.55m の礫それぞれに対して、  
巣網が張られていない礫を移動させるための  
限界流速  $V_f$ 、もっとも強度の高い巣網が張られ  
ていた場合の限界流速  $V_{fhmax}$ 、および測定した  
巣網の平均値を用いて計算される限界流速  $V_{fhavg}$   
を求めた。

### 3. 結果

ヒゲナガを入れたケージでは、張られた巣網に  
様々な強度があり、なかには巣網を張らなかっ  
たものもあった。巣網をはったものに関しては、  
一匹のヒゲナガが巣網石とケージ底部との間  
に巣網を張っていた。巣網強度を  $F_1$  と  $F_2$  の比  
で表した場合、その値は 13.44 から 1.00 と大  
きくばらついた (Table1)。このことから、もつ  
とも強い巣網強度を持つ巣網石を持ち上げる  
ためには、巣網のない礫を持ち上げるのに要す  
る力の約 13 倍の力が必要になることが明らか  
になった。一方、ヒゲナガを入れなかつたケージでは、巣網が巣網石に張られることはなく、巣網石を持  
ち上げるのに要した力は 1 回目、2 回目ともに違いではなく、その比も 1 となつた(Table1)。巣網強度から計  
算される限界流速は、巣網強度の最大値と平均値のどちらを用いた場合でも、礫の小さな時に最も大き  
くなり、礫サイズが大きくなるにつれて小さくなつていて(Fig.2)。径 0.1m の礫の限界流速は 3.8m/s であり、  
この結果は高尾(2003)が調査地付近の数河川において計測した結果から計算した限界流速 (3.1m/s) に近か  
った。さらに、平均値から算出された限界流速は礫径が約 0.30m 以上で、最大値の場合の限界流速は約 0.50m  
以上で巣網のない場合の限界流速とほぼ同じ値を示していた(Fig.2)。このことは、平均的な強度を持つ巣  
網では 0.30m まで、もっとも強い巣網がはられた場合には、0.50m までの大きさの礫に対しては、巣網が  
礫の安定に寄与していることを意味している。

### 4. 考察

これまでの土砂移動を表現する際に、河道内の水理条件のみを用いてきたが、生物要因も土砂移動に影  
響を与えていたことがわかった。とくに、ヒゲナガの巣網が特定の礫サイズ (0.05~0.3m) に対して、限  
界流速をあげることが明らかになった。このことから、掃流力計算において、他に明らかにしなければな  
らない要因があるものの (たとえば、巣網が河床に存在する時間)、ヒゲナガの巣網効果を考慮する必要を  
指摘できた。また、このようなヒゲナガの巣網効果は、底生動物の生息場所の質向上に寄与していると思  
われる。これまでの研究で、生息場所の安定性が底生動物の群集構造に強く影響していることが知られて  
おり、ヒゲナガの巣網によってもたらされる河床の安定性は、底生動物の群集変化の可能性を示唆するも  
のだと考えられる。近年、陸域や海域において、生物あるいは生物群集が周囲の物理構造を改変している  
ことは知られているが (Jones et al., 1994)、今回の結果から、河川内においても生物による物理環境を変化  
させていることが明らかになった。今後の河川環境の管理保全を考える上で、このような生物による物理  
環境改変を考慮することも必要ではないだろうか。

### 参考文献

- Jones C.G., Lawton J.H., and Shachak M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. Oikos 69: 388-390.  
高尾彰.2003. 北海道北部の小河川におけるヒゲナガカワトビケラ(*Stenopsyche marmorata*)の巣網が河床礫安定性  
に及ぼす影響. 北海道大学農学部卒業論文

Table 1 巣網石の引っ張り測定値から算出したヒゲナガカワトビケラの巣網強度の相対値  
 $F_1$ : 1回目に (巣網のある状態で) 巣網石を引っ張った時の力(N)  
 $F_2$ : 2回目に (巣網を除去し、巣網が張っていない状態で) 巣網石を引っ張った時の力(N)

	$F_1/F_2$	N		
	Maximum	Minimum	Average(SD)	N
With Bugs	13.44	1.00	3.90(4.12)	30
Without Bugs	1.00	1.00	1.00(0.00)	28

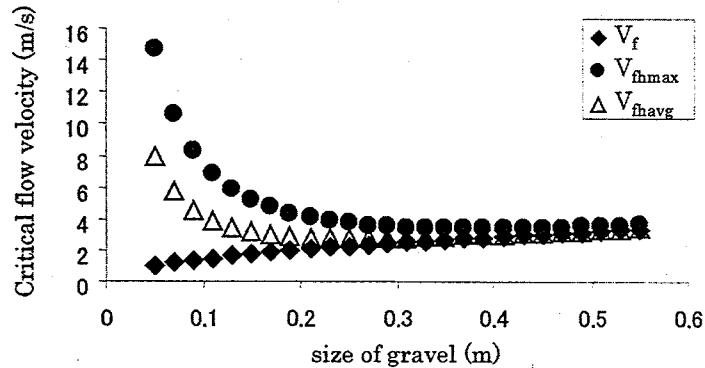


Fig.2 磯サイズと限界流速との関係  
 $V_f$ : 巣網が張られていないときの限界流速;  $V_{fhmax}$ : 最大巣網強度を用いて計算された限界流速;  
 $V_{fhavg}$ : 計測された巣網強度の平均値を用いて計算された限界流速