

ヒゲナガカワトビケラ雑記 (つづき)

西 村 登

6. 流れ幼虫の流下距離と川底での移動

河川底生昆虫の流下については、日周期性と溯上移動の面から研究されてきた(田中 1960, Waters 1962, 大串・斎藤1962, Bishop・Hynes1969, Elliott1971, 御勢1972, 川合・阿部1972, 阿部1973ほか)。

著者も 1974 年以来 ヒゲナガカワトビケラ 幼虫について、水中での流下・溯上について観察・実験を行っており、その結果の一部については報告した(西村1978)。本種幼虫は、ふ化直後と洪水時に流下が著しく、平水時は若干流下し、溯上性は弱い。つまり本種幼虫は平水時は幼令期を除き定着型である。そして増水時、川底の礫から虫が離れると流下する。以上のように、本種幼虫の水中での移動は流下が中心と推察される。

そこで、平水時に一度川底を離れた幼虫(以下流れ幼虫と呼ぶ)が、水中をどのくらいの距離流れると再び川底に到達するのか、川底にひっかかってから後、どの方向に移動するのか実験的に調べてみた。以下その結果を報告する。

1. 流れ幼虫が川底へひっかかるまでの流下距離

瀬の水深・流速・底質のちがいで、または幼虫の发育段階のちがいで、流れ幼虫の礫へのひっかかり方、つまり川底を離れた幼虫が再び川底の礫にひっかかるまでの流下距離を、環境条件を変えて調べてみた。

調査時期：1979年 8月 3～4日, 14日, 20日。

調査場所と環境：円山川本流朝来郡和田山町久世田の平瀬、水深：7～30cm, 表面流速：0.53～0.91m/sec, 底質：中・大礫-浮・沈石, 水温：25.1～27.2℃ (11:00～16:00)。水位：かなり減水状態。

調査方法：平瀬の川底に、幅0.9m, 長さ4.7mの範囲にガーゼを沈め、ところどころ礫で押えた。そのガーゼの上流側、水表面下約1cmから幼虫を1個体ずつ放し、自然に流下させた。そして、虫を放した位置から川底のガーゼにひっかかるまでの流下距離を測定記録した。

調査結果：(1)水深と流下距離との関係(表1) 表面流速0.65m/secのところ、水深のちがう3カ所を選び上

表1 流れ幼虫が川底のガーゼへひっかかるまでの流下距離と水深との関係*

水深 cm	流下距離 cm	0～	26～	51～	76～	101～	126～	151～	201～	251～	301～	351～	401～	451
		令	25	50	75	100	125	150	200	250	300	350	400	450
①	4			3	7	6	4	2			1			
	7～10	5	7 (4.4)	50 (31.2)	44 (27.5)	23 (14.4)	15 (9.4)	11 (6.9)	6 (3.8)	2 (1.2)	2 (1.2)			
②	4							1			2			
	17～18	5	1 (1.0)	3 (3.1)	27 (27.9)	21 (21.7)	16 (16.5)	8 (8.2)	10 (10.3)	7 (7.2)	4 (4.1)			
③	4										2		7	2
	27～30	5				3 (3.1)	4 (4.1)	7 (7.2)	33 (34.1)	19 (19.6)	17 (17.5)	8 (8.2)	3 (3.1)	2 (2.1)

* 個体数で示す。()内は百分率、ヒゲナガカワトビケラとチャバネヒゲナガカワトビケラの区別は、肉眼的にはできない。実験後サンプルについて顕微鏡で調べたところ、チャバネの割合は約20%であった。流速は①～③とも0.65m/secのところを選んで実験を行った。

述の方法で調べた結果を表1に示した。1) 水深7~10cmでは、73.1%の5令幼虫は川底にひっかかるまでに、0.25~1.0m流れ。2) 水深17~18cmでは、66.1%が0.51~1.25m。3) 水深27~30cmでは、71.2%が1.5~3.0m流れた。4) 流れはじめは、からだを一直線に伸ばして棒状になって流れる。頭部は下手のときも、上手のときもある。2~3秒流れるとからだを環状に曲げ、ガーゼにひっかかる。5) 虫は流れに沿って流下し、上記実験用ガーゼ(幅0.9m)から外れる個体は少なかった。

(2) 流速と流下距離との関係(表2) 水深9~11cmで流速のちがう場所で流下実験を行った。結果は表2に示した。平水時5令幼虫の流下距離は、ほぼ流速の2乗に比例している。

(3) 底質の流下距離との関係(表3) 実験水路がガーゼを沈めたのみの場合(表3②)とガーゼの上に礫を載せて流下実験をした場合(表3①①)とを表3に示し

した。両者で大きいちがいはみられない。礫のみよりガーゼの方が虫はややひっかかりやすい傾向がみられる。

(4) 発育段階と流下距離との関係(表4) 上記(1)~(3)の実験を行う際、5令幼虫を見かけの大きさで区分して記録したので、その資料から表4をつくった。5令の中で比べても初期と終期ではかなり流下距離が異なる。幼虫の体重と流下距離はほぼ反比例している。

2. 流れ幼虫が川底にひっかかってからの移動方向

調査時期・場所・方法: 実験場所と日時は前述の流下距離の測定のとおりである。方法は平瀬の川底に、幅0.9m長さ1.5mの範囲にガーゼを沈め、そのガーゼ上に小・中・大礫を混ぜて円形に並べ、直径0.4mの礫の環をつくった。そして、その礫の環のほぼ中央に、幼虫を1個体ずつ放し、移動方向を記録した。

調査結果: 表5に示した。1) 幼虫の移動方向は、水流とは関係なく全くrandomである。2) 移動しはじめて途

表2 流れ幼虫(5令)が川底のガーゼへひっかかるまでの流下距離と流速との関係*

流下距離 cm	0~	26~	51~	76~	101~	126~	151~	201~	251~	301~	351
流速 m/sec	25	50	75	100	125	150	200	250	300	350	以上
① 0.5 3	2 (1.9)	29 (28.2)	27 (26.2)	20 (19.4)	6 (5.8)	8 (7.8)	6 (5.8)	3 (2.9)	1 (1.0)	1 (1.0)	
② 0.6 5	7 (4.4)	50 (31.2)	44 (27.5)	23 (14.4)	15 (9.4)	11 (6.9)	6 (3.8)	2 (1.2)	2 (1.2)		
③ 0.9 1			4 (3.8)	10 (9.7)	18 (17.5)	22 (21.4)	18 (17.5)	13 (12.6)	7 (6.8)	6 (5.8)	5 (4.9)

* 水深は①~③とも9~11cmのところを選んで実験を行った。

表3 流れ幼虫(5令)が川底にひっかかるまでの流下距離と底質との関係*

流下距離 cm	0~	26~	51~	76~	101~	126~	151~	201~	251~
底質	25	50	75	100	125	150	200	250	300
① 小・中・大礫	3 (3.4)	10 (11.4)	23 (26.2)	17 (19.3)	12 (13.6)	9 (10.2)	6 (6.8)	6 (6.8)	2 (2.3)
① ガーゼ1**		1 (4.8)	3 (14.3)	4 (19.1)	7 (33.2)	3 (14.3)	3 (14.3)		
② ガーゼ2	7 (4.4)	50 (31.2)	44 (27.5)	23 (14.4)	15 (9.4)	11 (6.9)	6 (3.8)	2 (1.2)	2 (1.2)

* 表面流速は①~③0.65m/sec, 水深は7~10cm。

** ①の実験中、礫の下のガーゼ上にひっかかった虫の数。

②は表1, 2, 4と同様、川底にガーゼのみを沈めて実験した結果。

表4 流れ幼虫が川底のガーゼにひっかかるまでの流下距離と发育段階との関係*

流下距離 cm	0~	26~	51~	76~	101~	126~	151~	201~	251~	301~	351
发育段階	25	50	75	100	125	150	200	250	300	350	以上
① 5令初期									1	2	2
" 中期				6	7	11	12	8	5	4	3
" 終期			4	4	11	11	6	5	1		
② 5令初期			2	3	1	1	2	1	1	1	
" 中期		4	7	10	3	4	2	2			
" 終期	2	25	18	7	2	3	2				

* ①は水深9~11cm, 表面流速0.91m/sec, ②は水深9~11cm, 流速0.53m/sec, 发育段階は見かけの大きさで区分した。夏世代5令幼虫1個体当りの体重(湿重量)は初期90~120mg, 中期150~220mg, 終期300~470mg程度である。

表5 流れ幼虫が川底のガーゼへひっかかってから礫の裏にもぐりこむまでの移動方向*

移動方向	個体数(百分率)
(下手に向って) 右へ	31
下手→右へ	11
上手→右へ	2
右下手へ	31
	75 (26.04)
(下手に向って) 左へ	41
下手→左へ	8
上手→左へ	3
左下手へ	24
	76 (26.39)
上手へ	57
右→上手へ	8
下手→右→上手へ	5
	70 (24.31)
下手へ	55
右→下手へ	6
左→下手へ	6
	67 (23.26)

* 表面流速0.65m/sec, 水深17cm, 潜りこむ礫の粒度に対する選択性は, この実験では中礫(長径6~10cm)の裏に61%入ったが, 今回の実験のみでははっきりしない。

中停止する虫に対し, 頭部約10cmに礫を近づけると, 上手・下手・側方何れに関係なく, その礫の方へ移動する。
3) 移動のしかたは, 礫が近いときは後退することもある, 多くは前進匍匐して移動し, 礫の裏側に潜る。

考察 (1) 瀬の水深と幼虫密度: 川の瀬には水深が極端に浅い瀬と, かなり深い瀬がある(西村1975, 1978)。このような場合, 平水時流れ幼虫がどちらの瀬にひっかかりやすいか比べると, 表1の結果からみて浅い瀬にひっかかりやすいと推察される。

実際, 浅い瀬とやや深い瀬で幼虫密度を調べてみると,

平水時一時的には浅い瀬で高密度のことが多い(西村1958)。このことは流速や川底の礫の粒度・層状構造なども関係すると推察されるが, さらに上述した流下の面から水深も重要な要因の1つとして考えなければならぬように思われる。

(2) 洪水時の流下距離の推定: 平水時における5令幼虫の流下距離は, 表1~4で見る限り案外短い。それでは洪水時, もし流下途中で死亡しなかった虫はどの位押し流されるのであろう。洪水時の実際の調査は極めて困難なので, 上述の諸資料(表1~5)をもとに1つの冒險

的な推定をしてみよう。水理学のテキスト（例えば野満・瀬野1959など）をみると，“流水の運搬力は流速の6乗に比例する”ことが述べられている。いま表1をみると，流速0.65m/sec，水深30cmで5令幼虫は1.5～3.0m流れている。洪水時の流速は2m/secを越えることはしばしばである。2m/secなら流速は上記実験時の約3倍（ただし，水深は変わらないとして¹⁾），運搬力はその6乗倍とすると，虫の流下距離は次式のようになる。

$$1.5 \times \left(\frac{2.00}{0.65} \right)^6 \approx 1.1(\text{km})$$

$$3.0 \times \left(\frac{2.00}{0.65} \right)^6 \approx 2.2(\text{km})$$

しかし，実際河川での洪水時は，流量が増加するから当然水深も著しく増加する。表1をみると，水深と流下距離はほぼ比例関係にある。いまある洪水時に水深が5

倍になったと仮定すると，虫の流下距離は前式の5倍，すなわち5.5kmまたは11.0kmとなる。

さらに洪水時は，水の動きは著しい乱流状態になるし（野満・瀬野1959），濁水に伴って水の浮力が増す。このような状態では，水勢が衰えない間は流れ幼虫が川底の礫にひっかかり，礫底に潜り込めるチャンスは極めて稀であろう。従って，洪水時虫の流される距離は，上述の推定よりもかなり大きいのかも知れない。

洪水直後，浅い小・中礫底の瀬では，本種幼虫は0個体のこともある（西村1978）。数日後次第に増加して行くが，これは洪水後平水に回復する過程で，水勢も限界流速以下になり，水深も減少し，流れ幼虫が川底の礫にひっかかる状態になったということであろう。

1) 限界流速を求める公式 $v = \sqrt{\frac{u(-P_0) d \cdot (c o s) \alpha}{0.076 P_0}}$ (m/sec) には水深は入っていない（野満・瀬野1959）。

7. 分布域と個体数の季節変動

川合（1957）は，長野県女鳥羽川で水生昆虫の分布の季節変動を調べ，“夏季上流へ分布範囲を広げる種が多い”ことを述べている。

著者もヒゲナガカワトビケラについて，小規模河川で，ほぼ分布域全体について，分布範囲と個体数の季節変動を知る資料を得ているので報告しておく。

調査時期：1956年4月中旬～1957年2月中旬。

調査場所：京都府北端与謝半島宇川。全長22km，河口付近でも川幅10～20m程度の小型河川である。各調査地点の位置や環境要因については，川那部ほか（1957）にあるので省略する。

調査方法：各調査地点で，早瀬と平瀬の川底に50cm×50cmの方形枠を置き，その中の砂礫をちりとり型金網かごに入れ，それを岸へ運んで，礫やかごに付着している虫を見つける限り採集した。方形区は各河床型について2個ずつ設定したので，早瀬と平瀬と合わせると，地点ごとの採集面積は1m²である。

本調査は底生昆虫群集の季節変化を定量的に把握する目的のため，各季節ごとの採集にはかなりの日数をかけて行った（図1）。

調査結果：図1の通りである。流程約7kmの範囲において，分布域と個体数に明らかな季節変動がみられる。

1) 1956年6月は個体数が著しく増加し，分布域が6km以上上流へ広がっている。4月と比べると著しい相違である。2) 6月以後個体数は減少し，1957年2月上旬は分布域も狭くなり，著しく下流側へ移行している。

考察：図1は冬世代初期（9月）の調査が欠けて

いるが，水温その他の環境要因から考えて（川那部ほか，1957），宇川のこの範囲（図1）での本種の生活環は年2世代と推定される（本種は円山川でも年2世代である）。図1の宇川の季節変動の例は，小型河川なるが故に分布範囲全体の変動が把握できたのであるが，円山川の場合も基本的には図1とよく似ている（西村1976b）。冬世代成虫の産卵後，つまり夏世代の繁殖期に個体数が激増し，分布域が著しく上流側に広がる。それに比べ，冬世代の初期は上述の場合のように明らかな変動がみられない（西村1976b）。これは著者が度々述べてきた本種成虫の溯上飛行（西村1959，1967，1976a，投稿中），並びに繁殖期における降水量等の気候要因に原因するところが大きいと思われる（西村1976b）。

（付記）図1は京大動物学教室河川生態研究グループが中心になって行った宇川の生物群集研究の一環として，大串龍一氏（現金沢大教授）の指導の下に，同氏と著者が宇川の昆虫群集の季節変動を把握するために実施した調査資料の中から，著者がヒゲナガカワトビケラについて抽出し整理したものである。

本報の大要は，1958年頃京大動物学教室生態学談話会で，著者の生息域循環の仮説提唱資料の1つとして発表された。

文献（雑記6，7をまとめて記す）

阿部ひとみ，1973，高見川における水生昆虫の流下と溯上について，吉野川の生物生産力の研究，5：17-39，
Bishop, J.E., H.B.N.Hynes, 1969. Downstream drift of the invertebrate fauna in a stream ecosystem.

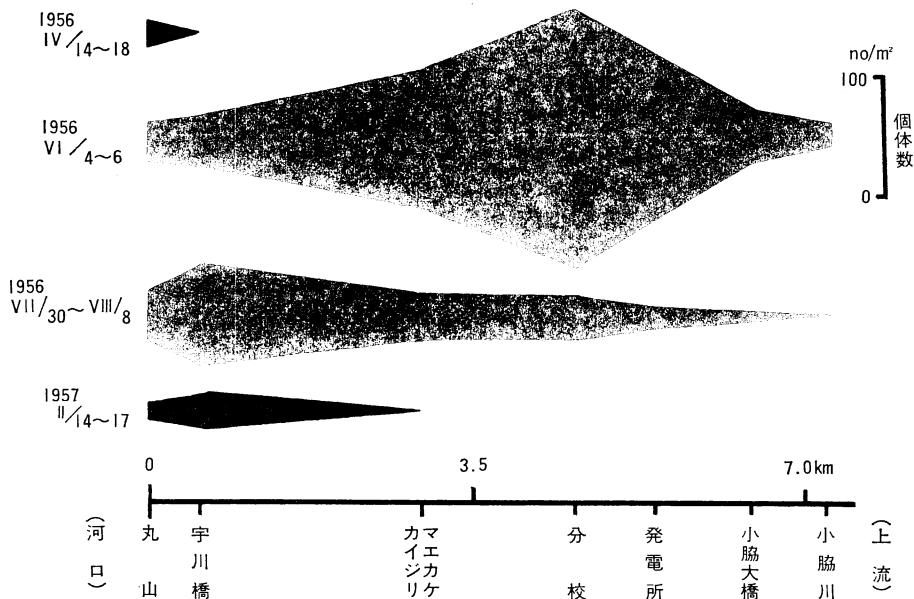


図1 宇川での分布域と幼虫個体数の季節変動
早瀬と平瀬での採集数で表わしてある。丸山は河口から約0.3km上手。

Arch. Hydrobiol. 66 : 56-90.

Elliott, J.M., 1971. Upstream movement of benthic invertebrate in a lake district. J. Anim. Ecol. 40 : 235-252.

川合禎次, 1957, 女鳥羽川の水棲動物, 本郷村誌資料, 4 : 41-61.

—, 阿部ひとみ, 1972, 高見川新子における水生昆虫の溯上について, 吉野川の生物生産力の研究, 4 : 10-13.

川那部浩哉・水野信彦・宮地伝三郎・森主一・大串龍一・西村登, 溯上アユの生態Ⅱ, 生理生態, 7 : 145-167.

水野信彦・御勢久右衛門, 1972, 河川の生態学, 築地書館, 32-71.

西村登, 1959, ヒゲナガカワトビケラの飛翔について, 生態昆虫, 7 : 140-144.

—, 1975, 川の平瀬の2つの型とヒゲナガカワトビケラ個体群の動態, 日生態大会講演要旨, I D24.

—1976 a, ヒゲナガカワトビケラの生態学的研究, 4.

成虫の溯上飛行と産卵域の拡大, 生理生態, 17 : 179-183.

—, 1976 b, 円山川におけるヒゲナガカワトビケラ個体群の密度変動とその要因, 日生態大会講演要旨, I C06.

—, 1978, ヒゲナガカワトビケラの生息場所と個体群動態, 個体群生態学会々報, 31 : 7-12.

—, (投稿中), ニッポンヒゲナガカワトビケラの生態学的研究, 5, 成虫の溯上飛行について, 昆虫.

Nishimura, N., 1967. Ecological studies on the net-spinning caddisfly. 2. Upstream-migration and determination of flight distance. Mushi, 40 : 39-46.

野満隆治・瀬野錦蔵, 1959, 新河川学, 318pp, 地人書館.

大串龍一・斉藤洋子, 1963, 河川流下物の生態学的研究, 日生態誌, 13 : 28-35.

田中光, 1960, 河川における底棲動物の流量の日変化, 淡水研報告, 9 : 13-24.

Waters, T.F., 1962. Diurnal periodicity in the drift of stream invertebrate. Ecol. 43 : 316-320.