

生物の多様性からみた河川環境評価

担当： 関 伸吾 （農学部海洋生物生産学コース）

今城 雅之（農学部海洋生物生産学コース）

この実習では、特に河川などの陸水生態系に焦点を絞り、水質環境と水生生物の関係、水生生物の生活史などについて理解を深めることを目的としている。生物について知るとは「自然を楽しむこと」にもつながり、結果として、「環境を保全」に目を向ける一助にもなりうる。ここでは特に、それほど専門的な知識がなくても可能であり手軽に行うことができる、水生生物を用いた簡易水質調査法について知識を得る。

『川にすむ生物の種類や量は何に左右されるのか？』

川の上流・中流・下流域で確認される水生昆虫や貝・カニなどの底生動物には、たくさんの種類がある。そして、川にすむ生物の種類や量は、水に溶けている酸素の量(溶存酸素量)と深く関係している。例えば、有機物の多い川では細菌などによって分解のために酸素が使われるため、酸素の量は少なくなっている。酸素の量が少なくなるときれいな水にすむ生物はすめなくなり、汚れに強い生物が多くみられるようになる。それぞれの生物は、溶けている酸素の量や水質との関係で自分に合った「環境の幅」をもっている。したがって、そこにすむ生物を調べることで、水質などの川の環境を推察することができる。それを教えてくれる生物を「指標生物」といい、このような生物を使って水質を調べる方法を生物学的な水質判定法という。今回紹介する簡易水質調査法は、水生無脊椎動物 25 種を指標生物として厳選したものであり、覚えるべき種類はわずかである。したがって、誰でも手軽にできる判定方法として、国土交通省が学校や市民団体の参加によって行う全国水生生物調査でも用いられている。ただ、水質評価をわずか 4 段階で行ってしまうなどやや精度には欠ける点があるため、より専門的な調査にはスコア法や EPT 指数法などが望ましい。

河川において、ひとたび水が汚れてもすぐに水のきれいな場所へ移動することが可能な魚とは異なり、移動能力が低い水生昆虫などの無脊椎動物はその場所で死んでしまう。再び水がきれいになったとき、魚はすぐに戻ってくることも可能であるが、水生無脊椎動物は早くは戻ってこられない。つまり、水生無脊椎動物からは少し長い時間的変化を推測することができることになり、過去との比較により環境の変化を推察することも可能である。また、淡水魚類に比べ、水生無脊椎動物は採集方法が簡単であり、種類数が豊富であることも、メリットの 1 つといえる(日本の淡水魚類数は約 280 種であるのに対し、水生昆虫を含む水生無脊椎動物の種数は 700 種をはるかに超える)。種類が豊富であれば、種の「すみわけ」などを調査することで、より詳細な河川環境の情報を得ることも可能となる。

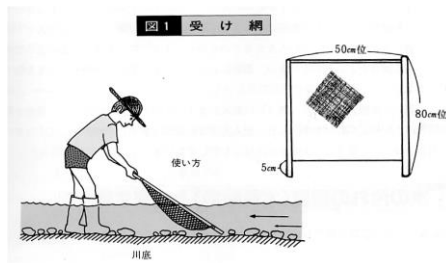
「生物による環境調査事典」(2003)より引用、「川のなんでも小事典」(1998)より引用

『簡易水質調査法』

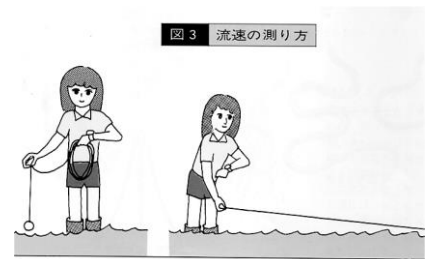
採集方法の代表的なものとしては、ベッカー津田α法とベッカー津田β法が知られる。ベッカー津田α法は瀬(流速 100～150cm/s 程度；膝程度の水深)の石礫底でスイカ大ないしミカン大程度の石の多いところで採集を行う方法で、採取面積は一定(50×50cm 程度の金属製コドラート)である。ベッカー津田α法では、定量的な調査ができるメリットがあるが、種は瀬に生息するものに限られる。一方、ベッカー津田β法はコドラートの面積に限定せず、また、瀬に限定することもない。砂礫、泥底、淵、岸あらゆる場所で 2～3 人で 30 分程度の採集を行う。なお、子供を対象とする場合は、もう少し流速の遅い場所で、次のような基準で行う場合もある。

準備するものとしては、網、バケツ、筆、ピンセット、サンプルビン、ルーペ、筆記道具などである。なお、白いバットあるいはビニールシートがあれば、生物を識別し易い。

- ① 調査は 3～5 人を 1 グループとしておこなう。調査は、水深が 30cm 前後、流速が 30～40cm/秒くらい、川底にこぶし大から頭大の石のある場所(瀬)がよい。
- ② 網を構えた上流で石や礫をとりあげ、その下の川底をシャベルや足でかきまぜ、流れてくる虫をザル網で受ける。また、石や礫を持ち上げ、石や礫についた生物をピンセットや筆でバケツなどに落とす。ザル網に受けたものは、これを岸に運んで、枯葉や木屑、ごみなどを入れないようにしながら、石や礫についているすべての生物を採集する。
- ③ 採集した生物を記録用紙に記入する(調査が終わったら観察した生物や石は川に戻す)。



受け網は 1～2mm 程度の目の布網を 2 本の棒の間に張ったものがよい。ただし、目が同じ程度であれば家庭用のザル、園芸用のフルイでも代用できる。



(流速測定の例) 3m のひもで 6 秒かかった場合、
 $300\text{cm} \div 6 \text{ 秒} = 50\text{cm/秒}$

「水生生物による水質の簡易調査法・建設省河川局編」
 (1986) より引用

表3 流速の段階

おそい	—30cm/秒以下
速い	—30～60cm/秒くらい
非常に速い	—60cm/秒以上

流れの表面の流速を正しく簡単に測定したい場合には、3 m ないし 5 m の一定の長さの細いひもをつけた浮きを用意し、秒時計を見ながら、ひものはしを持って、水面近くから浮きを落し、ひもがびんと張った手ごたえを感じるまでの秒数を読んで、1 秒当たりの流速を求めます。このようにして測定した場合には、たとえば 35cm/秒というように、流速の欄に記入します。(図3 参照)。

【参考： 川の計測(簡便法)】

川幅の計測(ナポレオン法)： 水際に立ち、目線を対岸の岸边にあわせた後、眉毛の上に手のひらを水平に置く。次に、手のひらを傾けて、手の端が対岸の岸边に重なるように手の端を動かす。手の端が重なったらそのまま固定し、直角に向き直って、こちらの岸で手のひらの端になったところにしるしをおき、今まで立っていたところからしるしまでの長さを測る(手のひらの代わりに帽子でも可)。

『水質調査法の具体例』

調査場所	××橋下流
年 月 日 時	
天気	
水温（℃）	
川幅（m）	
生物を採集した場所	（例） 川の中心
生物採集場所の水深（cm）	（例） 15
流れの速さ	（例） 50cm/秒
川底の状態	（例） 頭くらいの石が多い
水の濁り、におい、その他	（例） きれい、においはない
魚、水草、鳥、その他の生物	（例） アユがいた

調査場所については具体的に記載し、さらに採集日時、天気、水温などを記録する。また、採集位置（川の中心、左岸、右岸などの情報）、およその川幅や水深、流れの速さ、川底やみための川の状態など採集地点の詳しい情報も記載しておくといよい。

まず、採集した生物のうち指標生物に該当するものに○をつけ、右図「水質階級判定」欄の【1.】の項目にその種数を加える。さらに、○の中で個体数が多かったもの 25 種については、○から●に変え、【2.】の項目にその種数を加える。合計点により、水質階級を 4 段階に分けて判定する。

なお、指標生物には、水質に対する感受性は強いが数が多く日本全国ほとんどの地域に普通に生息し珍しい種ではないもの、誰でも簡単に採集でき分類が比較的簡単なもの 25 種が厳選されている。したがって、採集された個体のうち、水質評価に用いるのは、ここに示された指標生物 25 種のみであり、それ以外の生物種（たとえばアメンボなど）はせっかく採集したとしても判定の対象外となる。

「生物による環境調査事典」（2003）より引用

水質		指標生物	見つかった指標生物			
きれいな水	水質階級Ⅰ	1. ナミウズムシ				
		2. サワガニ	○			
		3. ヒラタカゲロウ類	●			
		4. カワゲラ類	●			
		5. ヘビトンボ	○			
		6. ナガレトビケラ類				
		7. ヤマトビケラ類	○			
		8. ブユ類				
		9. アミカ類				
		10. ヨコエビ類				
ややきれいな水	水質階級Ⅱ	1. カワニナ類				
		2. コオニヤンマ				
		3. コガタシマトビケラ類	○			
		4. オオシマトビケラ	○			
		5. ヒラタドロムシ類				
		6. ゲンジボタル				
きたない水	水質階級Ⅲ	1. タニシ類				
		2. シマイシビル				
		3. ミズムシ				
		4. ミズカマキリ				
とてもきたない水	水質階級Ⅳ	1. サカマキガイ				
		2. エラミミズ				
		3. アメリカザリガニ				
		4. ユスリカ類				
		5. チョウバエ類				
水質階級の判定		水質階級	I	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
		1. ○印と●印の個数	5	2	0	0
		2. ●印の個数	2			
		3. 合計(1.欄+2.欄)	7	2	0	0
		その地点の水質階級	I			

注：ヒラタカゲロウ、カワゲラ、ナガレトビケラなど“類”のついたものは、その名前が含まれている種のすべてが指標生物の対象となる

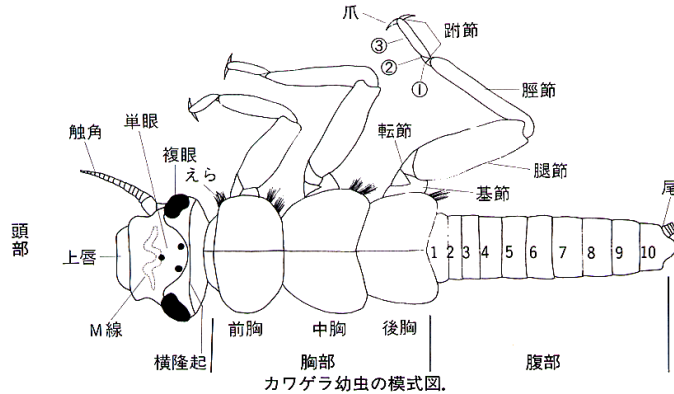
種名	個体数
サワガニ	3
エルモンヒラタカゲロウ	18
シロタニガワカゲロウ	4
オオヤマカワゲラ	15
ヘビトンボ	2
ヤマトビケラ類	3
ナミコガタシマトビケラ	5
オオシマトビケラ	5
アメンボ	15
総数	70

【参考資料：川の計測（ナポレオン法）】

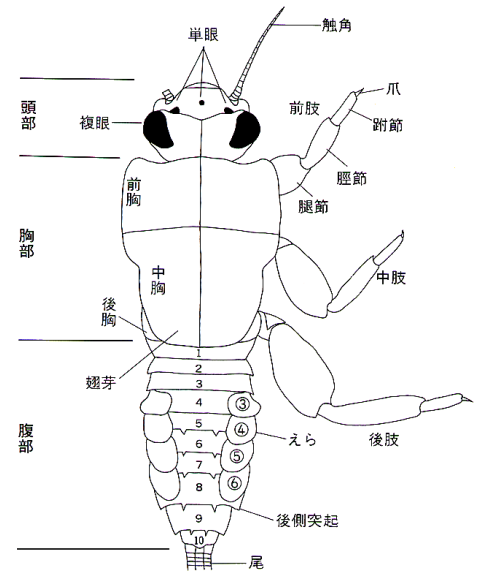
水際に立ち、目線に対岸の岸辺にあわせた後、眉毛の上に手のひらを水平に置く。次に、手のひらを傾けて、手の端が対岸の岸辺に重なるように手の端を動かす。手の端が重なったらそのまま固定し、直角に向き直って、こちらの岸で手のひらの端になったところにするしをおき、今まで立っていたところからするしまでの長さを測る（手のひらの代わりに帽子でも可）。

『カワゲラとカゲロウの見分け方』

胸の形、爪の数、エラの形とついている位置をみることで両者は容易に区別することができる。



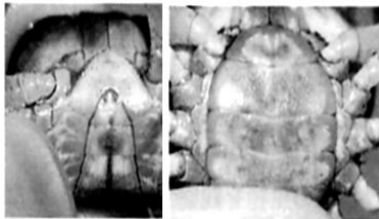
「原色川虫図鑑」(2000) より引用



カゲロウ幼虫の模式図。

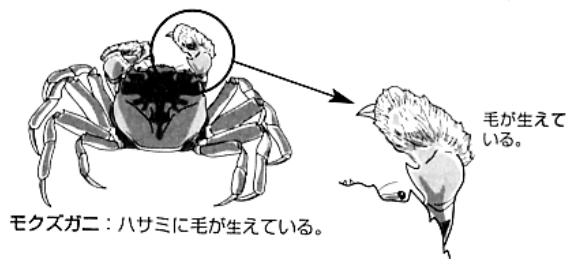
【参考： カニの雄雌の見分け方】

【参考： サワガニとモクズガニの違い】

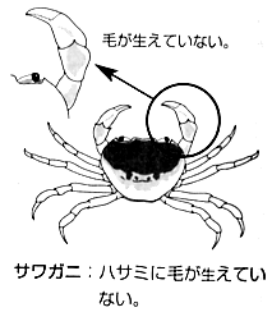


♂

♀



モクズガニ：ハサミに毛が生えている。



サワガニ：ハサミに毛が生えていない。

「生物による環境調査事典」(2003) より引用

【参考： ザリガニの雌雄の見分け方】

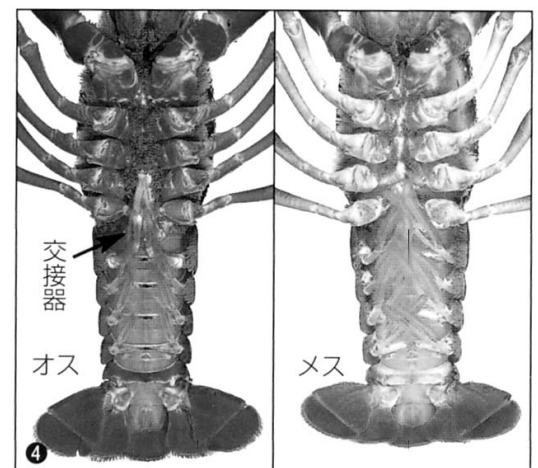
メスは卵を抱くため腹肢が長いことが特徴的である。また、オスには交接器と第2胸脚の根元に棘がある。

「田んぼの生き物図鑑」(2005) より引用

【参考： 貝の右巻き・左巻き】

右巻きと左巻きは確率的にランダムに起こりそうですが、不思議なことに実際には巻貝では右巻きのものが圧倒的に多く、左巻きははるかに少数派です。左巻きの貝は、キセルガイ科やキリオレガイ科など科としてまとまっている場合が多いですが、カタツムリ類などでは同じ科の中に右巻きの種と左巻きの種があったり、また同じ種内でも右巻きの個体と左巻きの個体があることがあります。

(http://www.kanpira.com/iriomote_museum/shell/about_shells.htm より全文引用)



『カワゲラの生活史』

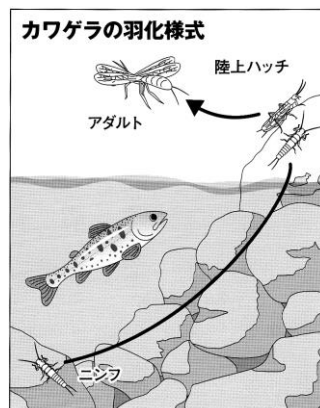
幼虫が成虫になるまでには1～3年かかるといわれているが、実際には生活史が明らかでない種のほうが多い。カワゲラは不完全変態の昆虫のため、蛹(サナギ)時代をもたない。

カワゲラの羽化は陸上で行われる。羽化間近の終齢幼虫は河川の岸際へと集まり、羽化の時期を待つ。羽化場所は種によって異なり、河川中の転石上や水際の石や植物の上、橋げた、さらには河川からかなりの距離を移動して羽化する種類もいる。羽化の時刻は種によってだいたい決まっているようで、一般に大型種の羽化は夜間から早朝にかけて行われる傾向があるといわれる。羽化開始から終了までの時間は5～10分ほど要する。

多くの種は成虫になると退化した口器しかもたなくなる。そのため成虫時代は水分のみを摂取して過ごす。水を与えた飼育条件下での成虫の寿命は10日前後である。

「フライマンのための水生昆虫入門」(2008)より引用

なお、カワゲラ類はすべて水質階級1である。



たんだ翅の形



垂直に
立っている

カゲロウ
の仲間



屋根型に
なっている

トビケラ
の仲間



平らに
なっている

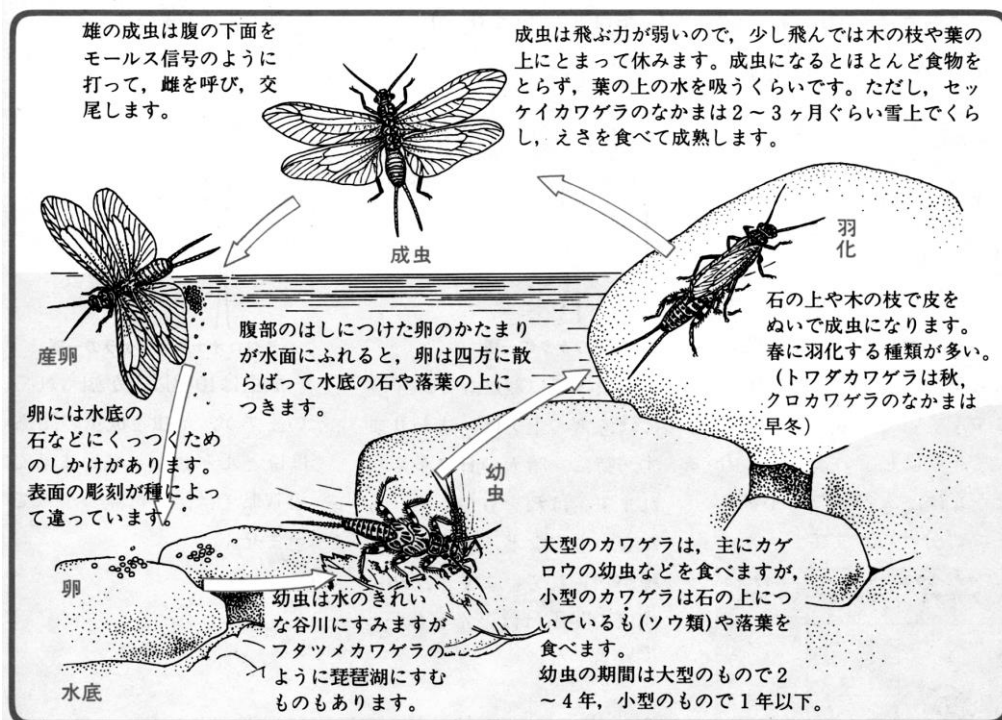
カワゲラ
の仲間

交尾は成虫の活動場所で見られ、交尾時間は10分以内と短いものから数時間にわたるものまでさまざまである。交尾を終えた雌は腹部の腹面にある生殖口の外側に卵塊を出す。

産卵方法のおもなものとしては、①河川水際の石や砂利の上から腹部の先端を水につけることによって卵塊を水中に放つ、②飛びながら川に卵塊を落とす、③水面上に降下してきて腹部を水につけて産卵する、などがあげられる。産卵は1回ではなく、2～3回することもある。

「滋賀の水生昆虫」
(1991)より引用

生活のようす (例 アミメカワゲラ科, カワゲラ科)



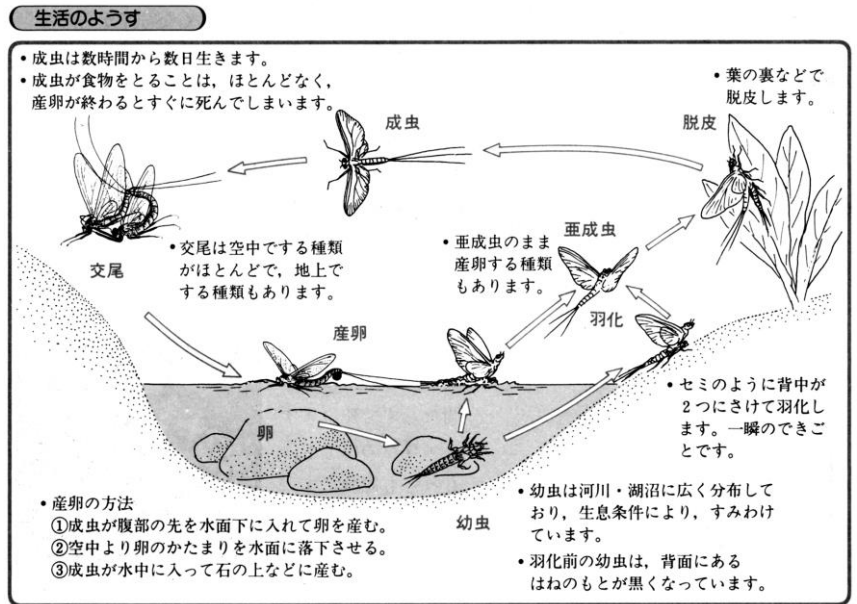
『カゲロウの生活史』

カゲロウは亜成虫という発育ステージをもつ唯一の昆虫である。幼虫は水中、水面あるいは陸上で羽化して亜成虫になり、1～2 日後には、さらに脱皮して成虫になる。ある種の雌は成虫にならず、亜成虫のまま一生を終えることが知られている。

飛翔しながら交尾をする種が多く知られているが、地上で交尾する種もいる。交尾を終えた雌成虫の腹部からはやがて卵が生み出され、数百あるいは数千の卵が1つの卵塊となる。産卵の際には、飛翔しながら水中に卵塊を落下させる。水面に腹部をつけて、卵塊を水中に放す産卵方法もある。コカゲロウ科では水中に潜って石に産卵する種が知られている。なお、カゲロウでは産卵後すぐに死んでしまう。

成虫は何も食わず、短いものでは数時間、長くても数日間のうちに死んでしまう。しかし、ナミヒラタカゲロウのように水を飲むことにより1週間近く生き続ける種もいる。なお、カゲロウやトビケラでは雄性先熟の種が広く見られる。

カゲロウには右図のような4つの生活形が知られる。このうち簡易水質調査法対象の25種に含まれているのは、ヒラタカゲロウ類であり、右図の滑行型に含まれる種である。



「滋賀の水生昆虫」(1991)より引用

表4 川の底質とカゲロウ幼虫の生活型

底の状態		泥・細砂(淵)	小石・礫(瀬)
生活型	A	水の流れを避けて物かげに体をかくす	底の砂泥の中にもぐりこんで移動する(埋没型)
	B	水の流れに直接に体をさらす	底にとまり水中を泳ぎまわる(自由遊泳型)
			石と石のすきまに体を入れて這う(潜伏匍行型)
			石の表面にはりついて滑るように歩く(滑行型)

「水生昆虫の世界」(2004)より引用

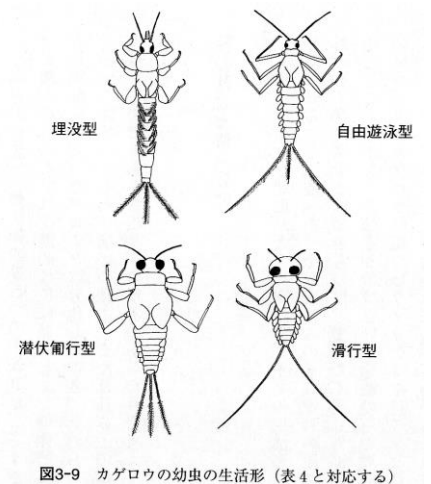


図3-9 カゲロウの幼虫の生活形(表4と対応する)

【亜成虫とは?】

形は成虫に似て、翅も完成されているが、複眼や肢はいくぶん未完成。気管鰓はなく、気門呼吸を行う。亜成虫は通常、数分から約1日後に脱皮して成虫となる。このとき翅も脱皮するのが普通である。亜成虫期の存在は、原始昆虫類が成虫となつてのちも脱皮を行ったことの痕跡とされる。

なお、亜成虫は、翅に透明感がなく、くすんだ色をしていることで、成虫と区別できる。

『トビケラの生活史』

成虫の大顎は退化しているため、液状のものを摂取する機能だけが残っている。羽化した時点で多くの雌成虫は成熟した卵をもつことから、一般には成虫の寿命は短いと考えられている。交尾の際には、雄が決まった時間帯に一定の場所に群飛して、そこに飛来する成熟した雌と交尾することがいくつかの種で知られている。日本では1年に1～2世代（5・6月と9・10月）が多い。

卵は水中の石の表面に1つずつ連続して産みつけてセメント様物質で固める平面卵塊と、ゼラチン質に包まれたゼラチン卵塊とに分けられる。ゼラチン卵塊は、ゼラチンによって卵が乾燥から保護されるので、さまざまな場所への産卵が可能となる。そのためトビケラの産卵は水中だけでなく、陸上の植物上でも見られる。

「滋賀の水生昆虫」(1991)より引用

『トビケラの仲間の様々な住まい』

トビケラの幼虫には巣をつくる種とつくらない種とがある。巣をもつ幼虫は絹糸で石や落葉などの材料をつづり合わせて種特有の巣をつくる。巣にはシマトビケラ科のように基質(石や礫など)に固着させるタイプの巣(固着巣あるいは巣室)と、持ち運び可能なタイプの巣(筒巣あるいは可携巣)とがある。ポータブルタイプの巣は巣材も形も多種多様である。幼虫の肢はよく発達しており、多くの種では中肢と後肢は前肢に比べて長くなっている。肢は移動のためだけでなく、巣の材料の大きさを測定したり、巣をつくるときの材料の位置を決めたりするのにも使われている。巣を支えるのも肢の役目である。

生活のようす (ヒゲナガカワトビケラの例)

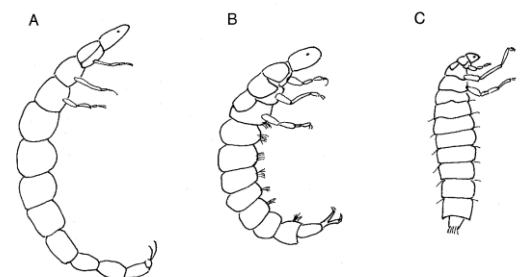
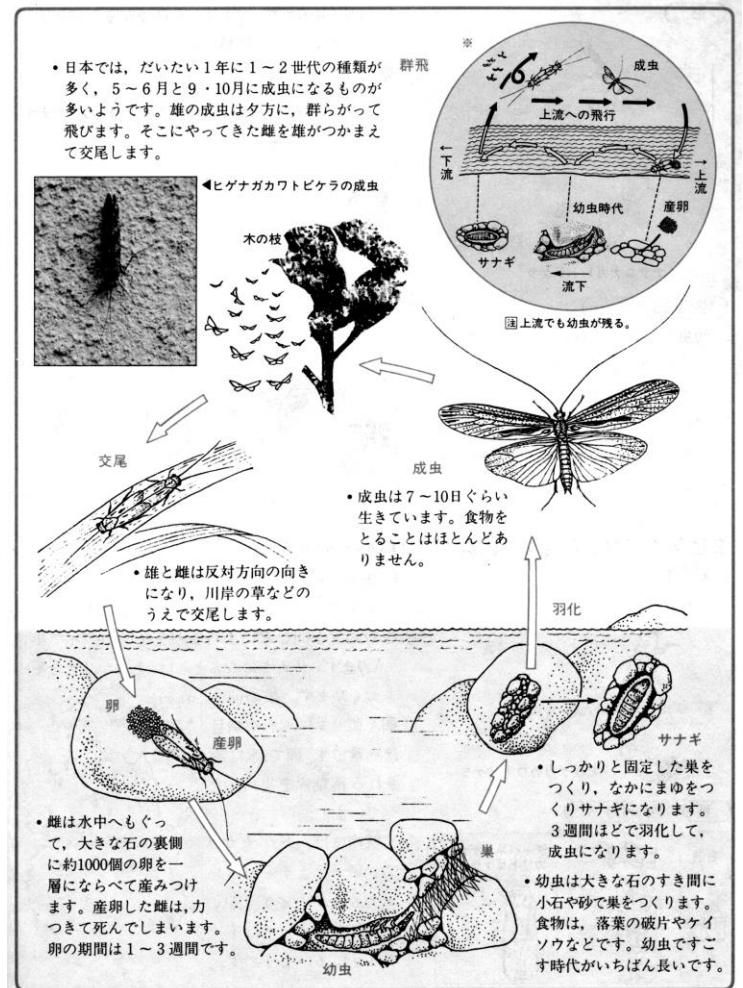


図2-12 トビケラの幼虫三つのタイプ。A：巣を造らず水底を歩き、小さい虫などを捕食する型 ナガレトビケラ。B：水底に固定式の巣を造り、食物採集網を張って流下する細かい有機物を集めて食べる型 シマトビケラ。C：小石や植物片で筒巣を造って入り、頭部と足だけを出して歩き、藻類や落葉等を食べている型 オオカクツツトビケラ

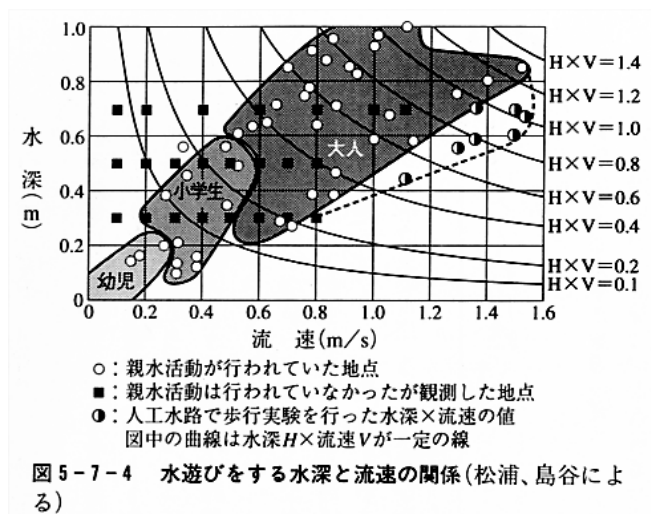
「水生昆虫の世界」(2004)より引用

トビケラの仲間としては、水質階級1に含まれるものとしてナガレトビケラ類やヤマトビケラ類、水質階級2に含まれるものとしてオオシマトビケラやコガタシマトビケラ類が知られているため、簡易水質調査のためにはこれらの区別が必要となる。

【参考： 水遊びする水深と流速の関係】

幼児にとっては水深 20cm、流速 30cm/秒あたりが親水活動の限界。

ちなみに、早瀬の流速は 0.7～3.0m/秒、平瀬の流速は 0.3～1.0m/秒、淵の流速は 0.6m/秒である。



「川のなんでも小事典」(1998)より引用

<参考図書>

「水産餌料生物学」代田昭彦著、恒星社厚生閣、514pp(1975)

「トンボ王国」杉村光俊著、新潮文庫、223pp (1985)

「水生生物による水質の簡易調査法―川の生き物から水質を調べよう―」建設省河川局編パンフレット、18pp(1986)

「水生生物による水質の調査法―川の生き物から水質を調べよう―」環境庁水質保全局編パンフレット、31pp(1988)

「日本の水生昆虫―種分化とすみわけをめぐって―」柴谷篤弘・谷田一三編、東海大学出版会、184pp(1989)

「滋賀の水生昆虫・図解ハンドブック」谷田一三・竹門康弘監修、新学社、56pp(1991)

「指標生物 自然をみるものさし」(財)日本自然保護協会編集・監修、平凡社、361pp(1994)

「川の生物 フィールド総合図鑑」リバーフロント整備センター編、山海堂、383pp(1996)

「川のなんでも小事典」土木学会関西支部編、講談社 BLUE BACKS、341pp(1998)

「原色川虫図鑑」谷田一三監修、丸山博紀・高井幹夫著、全国農村教育協会 244pp(2000)

「水辺の昆虫」今村光彦著、山と溪谷社、281pp(2000)

「水の生き物」奥谷喬司・武田正倫監修、学研、175pp(2000)

「川の生き物を調べよう 水生生物による水質判定」環境省環境部・国土交通省河川局編パンフレット、36pp(2001)

「水生昆虫ファイルⅠ」刈田敏著、つり人社、127pp(2002)

「水生昆虫ファイルⅡ」刈田敏著、つり人社、159pp(2003)

「生物による環境調査事典」内山裕之・栃本武良編著、東京書籍、291pp(2003)

「トンボのすべて 改訂版」井上清・谷幸三共著、トンボ出版、167pp(2003)

「ピーシーズ生態写真図鑑シリーズ2 日本産淡水貝類図鑑②汽水域を含む全国の淡水貝類」増田修・内山りゅう著、ピーシーズ、239pp(2004)

- 「日本の水生生物」 武田正倫監修、Gakken、208pp(2004)
- 「水生昆虫の世界 淡水と陸上をつなぐ生命」 大串龍一著、東海大学出版会、219pp(2004)
- 「野生動物観察事典」 今泉忠明著・平野めぐみ資料画、東京堂出版、310pp(2004)
- 「生物分類技能検定 3級・4級 試験問題集（平成16年）」 生物分類技能検定事務局編、187pp(2004)
- 「日本産水生昆虫 科・属・種への検索」 川合禎次・谷田一三共編、東海大学出版会、1342pp(2005)
- 「水生昆虫の観察 ー安全できれいな水をめざしてー 第2改訂版」 谷幸三著、トンボ出版、202pp(2005)
- 「水生昆虫ファイルⅢ」 刈田敏著、つり人社、159pp(2005)
- 「田んぼの生き物図鑑」 内山りゅう著、山と溪谷社、320pp(2005)
- 「NEO 水の生物」 小学館、191pp(2005)
- 「水生昆虫と川 ……四国の川で…」 古屋八重子著、高知県内水面漁業協同組合連合会、143pp(2005)
- 「今、絶滅の恐れがある 水辺の生き物たち」 内山りゅう編・写真、市川憲平ほか解説、山と溪谷社、167pp(2007)
- 「フライマンのための水生昆虫入門」 谷田一三・石綿進一・花田聡子監修、地球丸 129pp(2008)
- 「日本の外来生物」 多紀保彦監修・財団法人自然環境研究センター編著、平凡社、480pp(2008)
- 「環境 Eco 選書 河川環境の指標生物学」 谷田一三編、北隆館、197pp(2010)
- 「身近な水生生物 観察ガイド」 刈田敏三著、文一総合出版、159pp(2011)

＜参考資料＞

「リバーウォッチング パート2 水生生物でわかるかながわの川」 神奈川県環境部水質保全課編

<http://www.47news.jp/CN/200810/CN2008102101000046.html>

<http://www.city.yokkaichi.mie.jp/gakusyu/nihon.htm>

http://www.kanpira.com/iriomote_museum/shell/about_shells.htm <http://dailynews.yahoo.co.jp/photograph/pickup/>

[http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/caddisfly/monitoring\(2\)_600.pdf](http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/caddisfly/monitoring(2)_600.pdf)

<http://shoko.web.infoseek.co.jp/tobikera.html>

<http://www.mlitt.go.jp/river/>

【今回の調査結果について、下の表に従い水質階級の判定をしなさい】

水質		指標生物	見つかった指標生物			
きれいな水	水質階級Ⅰ	1. ナミウズムシ				
		2. サワガニ				
		3. ヒラタカゲロウ類				
		4. カワゲラ類				
		5. ヘビトンボ				
		6. ナガレトビケラ類				
		7. ヤマトビケラ類				
		8. ブユ類				
		9. アミカ類				
		10. ヨコエビ類				
ややきれいな水	水質階級Ⅱ	1. カワニナ類				
		2. コオニヤンマ				
		3. コガタシマトビケラ類				
		4. オオシマトビケラ				
		5. ヒラタドロムシ類				
		6. ゲンジボタル				
きたない水	水質階級Ⅲ	1. タニシ類				
		2. シマイシビル				
		3. ミズムシ				
		4. ミズカマキリ				
とてもきたない	水質階級Ⅳ	1. サカマキガイ				
		2. エラミミズ				
		3. アメリカザリガニ				
		4. ユスリカ類				
		5. チョウバエ類				
水質階級の判定		水質階級	I	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
		1. ○印と●印の個数				
		2. ●印の個数				
		3. 合計(1.欄+2.欄)				
		その地点の水質階級				

『FS 実習 海洋 C コース・感想』

所属

学生個人コード

氏名

This image shows a single page from a notebook or ledger. It features ten evenly spaced, horizontal blue lines across its entire width. The background is plain white, and there are no other markings, text, or illustrations present.