

アカツキシロカゲロウの生活史と若齢幼虫形態について

青柳育夫・手塚マサ子・中村和夫

摘 要

茨城県下の鬼怒川下流域において、アカツキシロカゲロウ *Ephoron eophilum* ISHIWATA に関する野外調査を実施した。同所にはオオシロカゲロウ *E. shigae* (TAKAHASHI) も生息する。両種の卵を実験室内において孵化させ、若齢幼虫の形態比較を行った。

1) アカツキシロカゲロウは年1化性で、越冬した卵は4月から7月にわたって孵化し、成体は7月から10月にかけて羽化・産卵した。短期間に同調的な孵化および羽化がおこるオオシロカゲロウと比較すると孵化および羽化とも長期間に及んだ。2) アカツキシロカゲロウの羽化・産卵は日の出前後におこり、日没直後に行われるオオシロカゲロウの羽化・産卵とは明確に分離していた。3) アカツキシロカゲロウの卵はオオシロカゲロウより体積で約4倍大きく、1齢から5齢幼虫は同一齢のオオシロカゲロウより大型で、特に大顎牙が1齢の時期からよく発達していた。4) 大卵少産型のアカツキシロカゲロウは幼虫が粘土質の河床に生息しており、小卵多産型のオオシロカゲロウの幼虫は砂礫質や砂泥質の河床に生息している。アカツキシロカゲロウの1齢幼虫の大顎牙は固い粘土質の河床での生息に適応した形態と考えられる。

キーワード：カゲロウ，羽化時期，幼虫形態，卵サイズ

はじめに

日本各地の河川において、一時期に集中して羽化したカゲロウ類が大量に橋の水銀灯の周囲に集まり、交通妨害等を引き起こす現象が1970年代以降注目されてきている。これらの多くはオオシロカゲロウ（別名アミメカゲロウ）*Ephoron shigae* (TAKAHASHI) によるもので、この種は毎年9月上旬から中旬にかけての比較的短期間に集中的に羽化する（塩山，1978；野崎，1983）。

シロイロカゲロウ属 (*Ephoron*) はオーストラリアと極地域を除く世界中の広い範囲に分布している。日本では最近までオオシロカゲロウ1種が、本州・四国・九州の河川に両性又は単性個体群として分布するとされていた (WATANABE and ISHIWATA, 1997)。ISHIWATA (1996) は新たに関東平野の荒川および利根川とその支流から同属のアカツキシロカゲロウ *E. eophilum* を記載した。その報告では、アカツキシロカゲロウの卵、終齢幼虫および成体の形態と共に分布や生態の概略をとりあげているが、アカツキシロカゲロウの生活史全体や若齢幼虫の記載は欠けている。

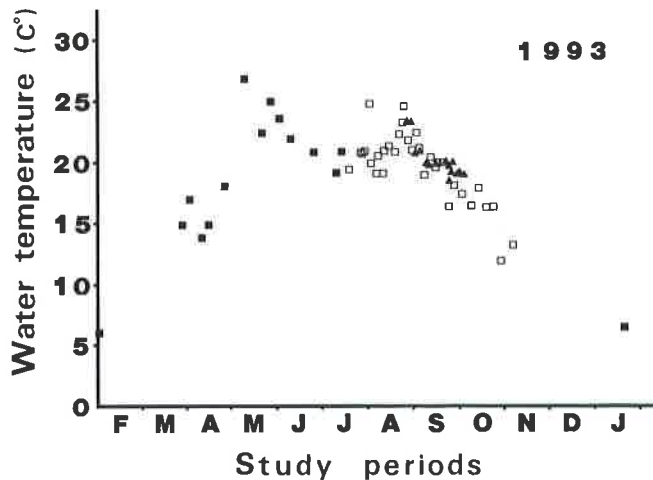
我々は、アカツキシロカゲロウが大量に発生し、かつオオシロカゲロウと同所的に分布する茨城県下の鬼怒川下流域において、これら2種の生活環の調査を実施した。さらに若齢幼虫を飼育し、形態の記載並びに発育速度の測定を行った。

材料と方法

調査地

鬼怒川は関東平野を流れる利根川の一支流で、全長約 177 km の河川である。茨城県結城郡石下町の石下橋付近（北緯 36°07′，東経 139°58′，海拔 15 m）を調査地とした。ここは利根川への合流点から約 25 km 上流にあたり、川幅は 50~100 m で、河床の底質は粘土質である。調査地点にはオオシロカゲロウも分布しており、同一地点で 2 種の比較調査を行うことができる。

幼虫の調査は石下橋の上流約 30 m の河川中央部（10 m×10 m）を調査域とした。調査域付近の水深は平水時で約 50 cm であり、河床における流速は約 30 cm sec⁻¹であった。成体の調査は石下橋の下流約 20 m の左岸を定点として実施した。幼虫および成体の調査期間中の水温は、調査地において測定したものを示した（Fig. 1）。



大顎牙長（頭頂部の先端から大顎牙の先端までの長さ）を測定した。また飼育を開始してから、固定した個体のうち2齢幼虫が50%に達する日までを1齢幼虫期間(日数)とした。50%到達日が2調査日間に位置するときには比例配分して推定した。

幼虫の採集

1993年2月1日から1994年1月20日の間に2~4週間に1回、定点にて幼虫を定量的に採集した。ガラス箱でのぞきながら、粘土質の河床をバターナイフまたは小型スコップを用いて、10×10 cm²、深さ10 cmを1~3箇所削り取り、流下した幼虫と粘土をサーバーネット(メッシュサイズ:108×115メッシュ/インチ)で採取した。粘土ごとF.A.A.液で固定し、実験室に持ち帰った後、実体顕微鏡下でシロイロカゲロウ類の幼虫を選別した。アカツキシロカゲロウの幼虫は1~5齢までは頭部や気管鰓の形態により、6齢以降は気管鰓に葉脈状の血脈を持たない点で(Ishiwata, 1996)、オオシロカゲロウと区別できる。幼虫の大きさに応じて顕微鏡または実体顕微鏡の接眼マイクロメーターを用いて頭幅と翅芽長(外部に突出している部分の長さ)を測定した。複数のサンプルを採取した場合、最も幼虫の個体数の多かったサンプルのみ計測した。

1993年8月25日・1994年8月28日・1995年8月30日・1996年8月24日には、終齢幼虫の性比を求めた。終齢幼虫はその一齢前の幼虫に比べて翅芽が不連続的に伸長するので、翅芽長が1.8 mm以上の個体を終齢幼虫と判定した(Fig. 2)。雄ではすでに把持子を外部から確認できるので、その有無によって雄雌の判別を行った。

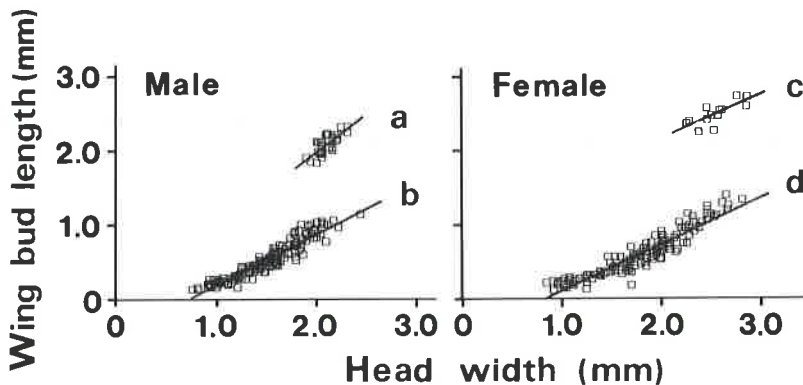


Fig. 2. Relationship between head width (X) and wing bud length (Y) of the larvae.

Cluster (a) and (c) are identical with the last instar. Regression equations are

- : (a) $Y=1.021X-0.073$, $r=0.753$, $N=32$, $p<0.005$
- : (b) $Y=0.688X-0.516$, $r=0.940$, $N=162$, $p<0.005$
- : (c) $Y=0.601X+0.947$, $r=0.767$, $N=14$, $p<0.005$
- : (d) $Y=0.622X-0.516$, $r=0.937$, $N=134$, $p<0.005$

亜成虫および成虫の採集

前年の予備的な羽化観察と幼虫の成育状況から、両種の亜成虫および成虫が出現する時期を7月下旬から10月までの間と推測した。1993年7月17日から11月5日まで定点において数日おきに51回、設置した水銀灯(100 w, 水面からの高さ80 cm~100 cmを標準的な設置条件とする。)に飛来して、その直下のバット(内径42×33 cm, 70%エタノー

ル入り)に落下した亜成虫および成虫数を調査した。アカツキシロカゲロウの雌亜成虫はオオシロカゲロウより大型の卵を放出し、雄成虫は翅がオオシロカゲロウより白く半透明であることから、両種を区別することができる (ISHIWATA, 1996)。

アカツキシロカゲロウについては、前年の予備的な観察で日の出時刻の2時間以上前には飛来がなかったため、日の出時刻の約2時間前から飛来終了時まで水銀灯を点灯した。飛来開始から終了までの間に原則として5分間隔でバットを更新し、各バット内に落下した個体数を計測し、それらの合計をその日の総飛来数とした。各調査日の全採集個体から雌亜成虫および雄成虫を無作為に各50個体ずつ抽出し、それぞれの頭幅を実体顕微鏡の接眼マイクロメーターで測定した。1日の総飛来数が50に満たない場合は、全個体の計測を行った。

オオシロカゲロウの羽化時期については、前年までの予備的な観察から9月上旬から下旬と推定し、8月26日から調査を開始した。調査時刻については、予備的な観察と塩山(1978)によって日没後に飛来が開始するので、日没時から飛来が終了するまで約2時間水銀灯を点灯した。飛来数が少ないため水銀灯の周囲も含めて全ての飛来個体を10分毎に採集した。また、全個体の頭幅を測定した。

卵数および卵サイズ

アカツキシロカゲロウは1993年8月23日、9月19日、10月23日に計121個体、オオシロカゲロウは1993年9月5日、17日、21日、27日に計28個体のいずれも未産卵の雌亜成虫を採取し、プラスチック容器内の少量の水に個別に産卵させ(一腹中の全卵が一斉に放出される)、後に全てをF.A.A.液で固定した。これら各個体について、頭幅を計測した後、放出された全卵を万能投影機を用いて卵数を求めた。卵径の測定はアカツキシロカゲロウでは8月23日と10月23日に採取した98個体分、オオシロカゲロウでは9月5日、21日、27日に採取した4個体分について、それぞれ同一個体から10卵(オオシロカゲロウでは20卵)を無作為に抽出し、万能投影機を用いて卵径を測定した。また、両種とも無作為に80卵を抽出し、卵の長径と短径の比率(長径/短径)も算出した。

結 果

孵化幼虫の発育に伴う形態変化

室内飼育した孵化幼虫は、頭部の形態 (Fig. 3) および気管鰓の形態 (Fig. 4)、触角あるいは尾糸・尾毛の節数 (Tab. 1) が、脱皮によって齢間で不連続に変化した。それぞれの齢における特徴は安定していたので、これらの形質の組み合わせにより、種及び1~5齢幼虫を区別することができた。室内飼育により得られた全幼虫の頭幅の齢別頻度分布を Figure 5 に示す。同一の齢ではアカツキシロカゲロウがオオシロカゲロウを上回っていた。

同一齢における両種の大顎牙長は差異が著しく、とくにアカツキシロカゲロウでは大顎牙が突出した状態で1齢幼虫が孵化するのに対し、オオシロカゲロウでは4齢になってから初めて大顎牙の突出が認められた (Fig. 3)。気管鰓については、両種とも1齢幼虫には鰓がなく2齢になって腹部第2節から第7節に分枝のない小さな鰓が形成される。その後、オオシロカゲロウでは3齢以降脱皮に伴って鰓の分枝が段階的に進行するのに対し、アカツキシロカゲロウでは3齢で一挙に分枝し鰓が大型化する (Fig. 4)。

Table 2 は各温度条件における両種の1齢幼虫期間を示す。両種とも1齢幼虫の期間に大差はなく、水温が低くなると期間が長くなった。ただし、5°Cではオオシロカゲロウは少なくとも43日までは2齢に脱皮することがなかった。

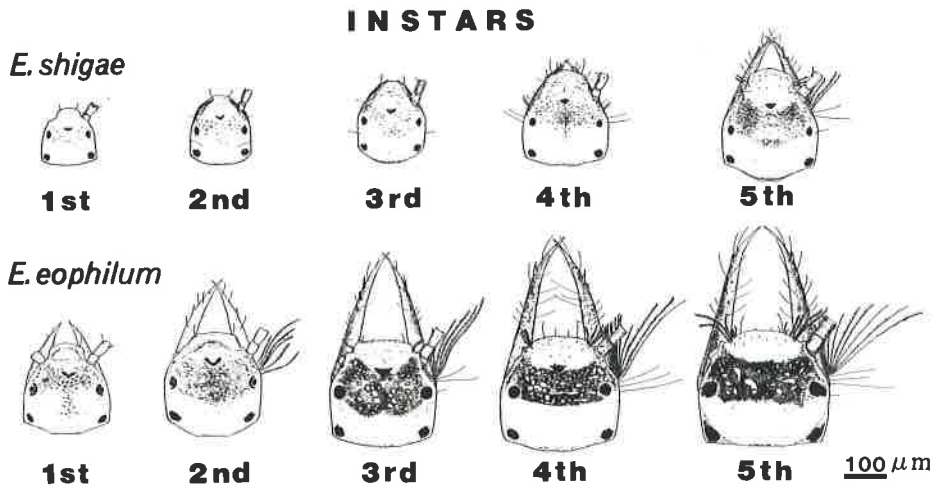


Fig. 3. Head (dorsal view) of the 1st to 5th instar larvae of *E. shigae* and *E. eophilum*. Antennae are partly drawn.

Mean mandibular tusk lengths are 0 mm (SD=0 mm, N=31), 0 mm (SD=0 mm, N=58), 0 mm (SD=0 mm, N=21), 0.002 mm (SD=0.005 mm, N=9) and 0.055 mm (SD=0.009 mm, N=14) for respective instars of *E. shigae*, and 0.038 mm (SD=0.015 mm, N=19), 0.111 mm (SD=0.014 mm, N=35), 0.165 mm (SD=0.020 mm, N=52), 0.224 mm (SD=0.026 mm, N=38) and 0.246 mm (SD=0.023 mm, N=4) for respective instars of *E. eophilum*.

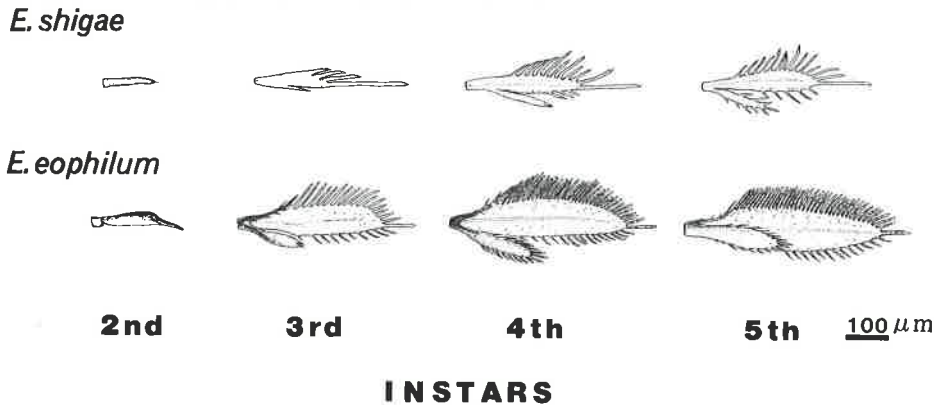


Fig. 4. Lateral gill filament (dorsal view) on the right side of the second abdominal segment in the 2nd to 5th instar larvae of *E. shigae* and *E. eophilum*. The first instar larvae have no gill filaments.

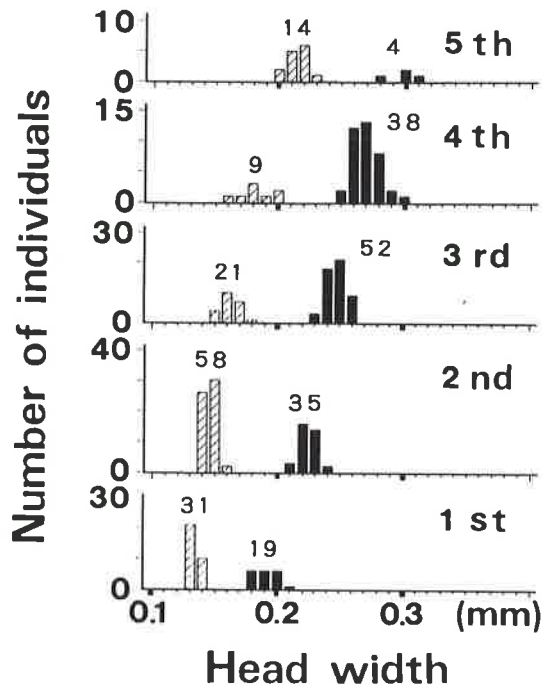


Fig. 5. Frequency distribution of head width of the 1st to 5th instar larvae of *E. shigae* (▨) and *E. eophilum* (■) reared in the laboratory from newly hatched ones. Number indicates total number of larvae analysed.

Table 1. Number of segments in the antenna and the caudal filament for the 1st to 5th instar larvae of *E. shigae* and *E. eophilum*.

		1st	2nd	3rd	4th	5th
<i>E. shigae</i>	Antenna	5	5	6	7	8
	Caudal filament (middle)	4	5	7	9	13
	Caudal filament (lateral)	4	5	5	7	9
<i>E. eophilum</i>	Antenna	5	6	7	7	8
	Caudal filament (middle)	4	5	9	13	16
	Caudal filament (lateral)	4	5	7	9	13

野外におけるアカツキシロカゲロウ幼虫の発育

Figure 6 は、各調査時に得られたアカツキシロカゲロウ幼虫の頭幅別個体数を示している。1993年2月、3月には未孵化卵は発見できたが、幼虫は発見できなかった。幼虫は4月から8月の調査で採集され、10月と翌年の1月には確認できなかった。1齢幼虫は4月15日から8月2日まで連続的に採集され、その平均頭幅は 0.196 ± 0.009 mm (±標準偏差, 以下同様; N=218) を示した。幼虫の大きさは夏に向かって増大し、終齢幼虫は7月23日になって確認できた。採集された終齢幼虫の頭幅は、雌で平均 2.56 ± 0.19 mm (N=12), 雄で平均 2.12 ± 0.09 mm (N=20) となり、雌が雄に比して有意に大型であった (t検定: $t=7.13$, $p<0.001$)。アカツキシロカゲロウは粘土質の河床にオオシロカゲロウと

Table 2. The first instar larval period of *E. shigae* and *E. eophilum* at different temperatures. Fifty larvae were reared in each cage after hatching. Samples (n=5~10) were taken every three days except when the temperature was 20 °C (daily sampling).

		5 °C	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C
<i>E. shigae</i>	A	*	11.5	5.6	3.8	1.5**
	(B-C)	*	(12-18)	(6-9)	(4-7)	(3-3)**
<i>E. eophilum</i>	A	21.0	12.5	4.5	2.5	1.5**
	(B-C)	(15-27)	(12-15)	(3-6)	(2-5)	(3-3)**

A : days when the second instar larvae reached 50 % in the samples.

B : days when the second instar larvae appeared for the first time in the samples.

C : days when all the first instar larvae were not found in the samples.

* : development was not observed during 43 days of observation.

** : all larvae had moulted during 3 days of observation.

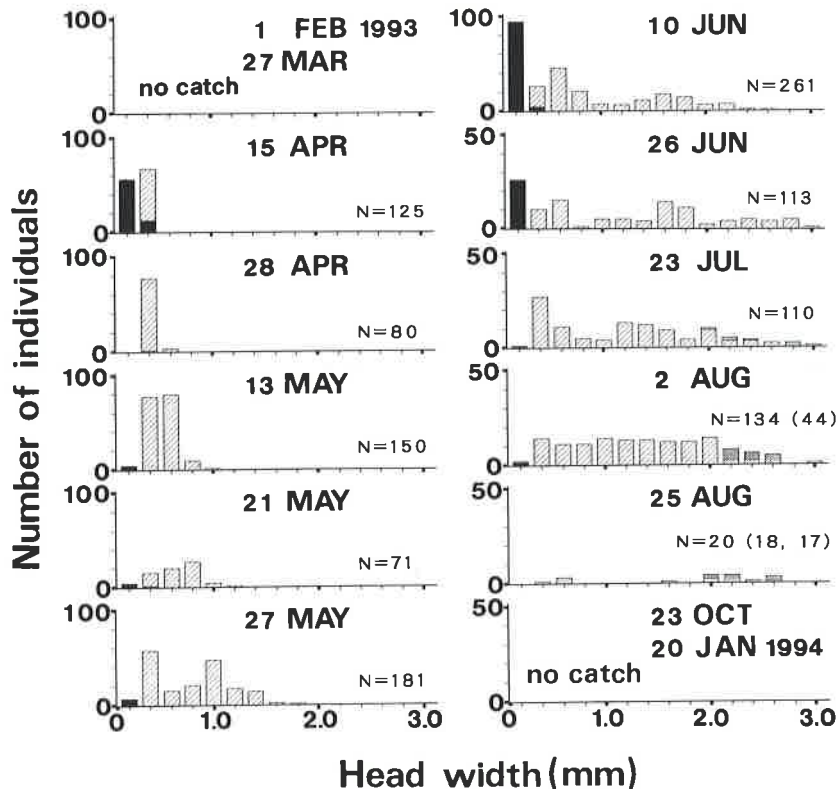


Fig. 6. Seasonal changes in frequency distribution of head width of *E. eophilum* larvae. (■ ; first instar larvae, ▨ ; mature larvae). N indicates total number of larvae analysed. Numbers in parentheses show those in other samples.

同様な U 字型の巣穴を掘って生息していた。オオシロカゲロウの幼虫は全く得られなかった。

Table 3 に、アカツキシロカゲロウの終齢幼虫について雌雄の数を年次別に示す。1993

年および1995年では、雌雄同数の仮定に対し有意に雌が多かったが、それ以外の年では個体数の性差は有意でなかった。

Table 3. Sex ratio of the last instar larvae of *E. eophilum*.

Date of sampling	N	Female	Male	Sex ratio (F/M)	χ^2 test
25 Aug 1993	25	20	5	4.00	**
28 Aug 1994	69	31	38	0.82	NS
30 Aug 1995	116	69	47	1.47	*
24 Aug 1996	76	31	45	0.69	NS

NS: not significantly different.

** : significantly different at 1 % level.

* : significantly different at 5 % level.

亜成虫・成虫の羽化

アカツキシロカゲロウは、7月23日から10月23日までの約3ヵ月間にわたって羽化した (Fig. 7)。飛来数には大きな日変動がみられたが、9月中旬に最大の飛来数を記録した。一方、オオシロカゲロウの羽化は、9月3日から27日までの約1ヵ月間に限られていた (Fig. 7)。また、飛来数も前種より少なかった。

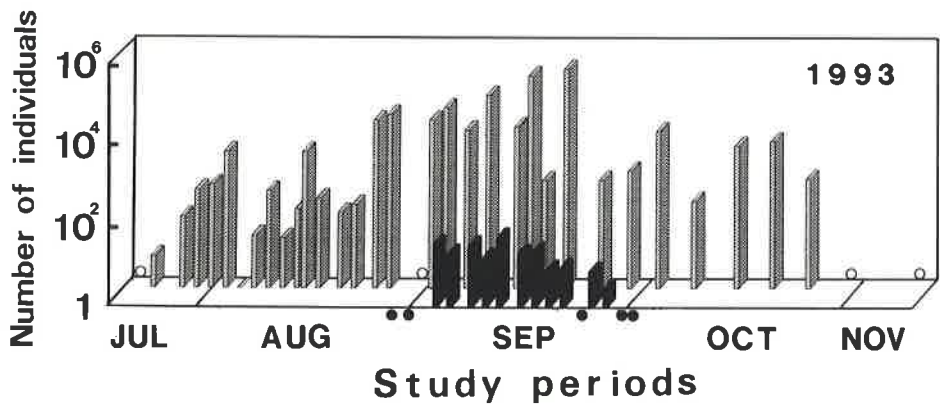


Fig. 7. Total number of subimagos and imagos of *E. eophilum* (■) and subimagos of *E. shigae* (■) collected by a light trap. Circle symbols (○ for *E. eophilum*, ● for *E. shigae*) show that no individuals were collected.

アカツキシロカゲロウの飛来は、日の出時刻の1時間23±21分前(平均±標準偏差, 以下同様; N=30)から始まり、日の出前後まで続いた (Fig. 8)。飛来数が最も多い時刻は日の出時刻と有意な正の相関があり ($r=0.96$, $p<0.01$, $N=30$)、日の出時刻の26±8分前 (N=30)であった。オオシロカゲロウの飛来は日没20分後~2時間後の時間帯で観察された (Fig. 8)。

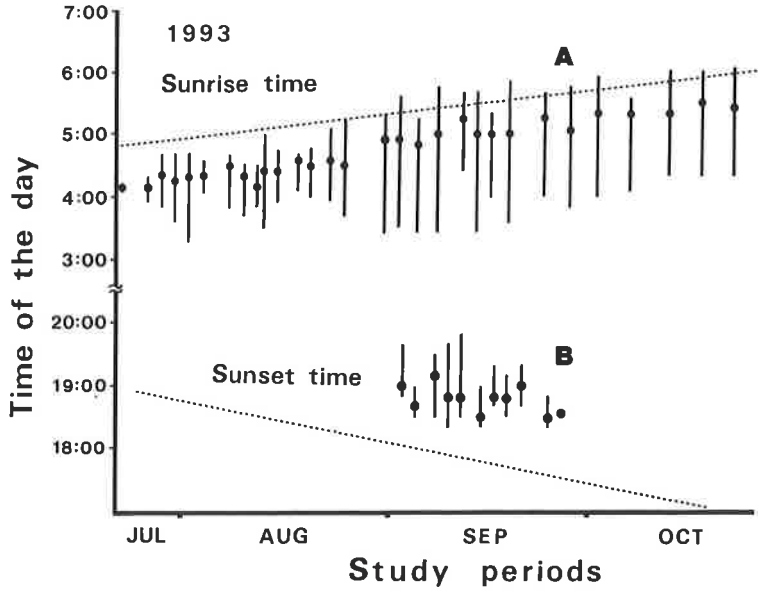


Fig. 8. Duration (bars) and peak time (●) of subimagos and imagos of *E. eophilum* (A) and subimagos of *E. shigae* (B) assembling in the light.

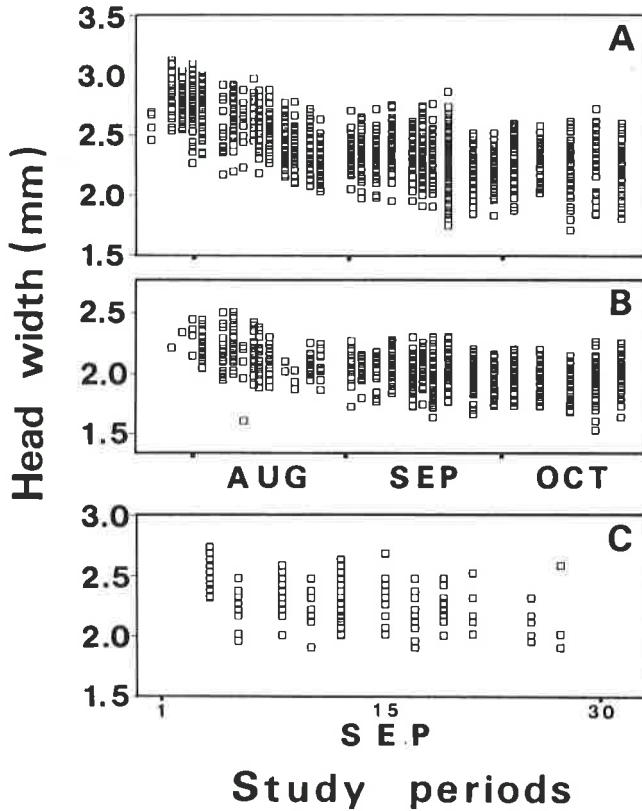


Fig. 9. Seasonal changes in the head width of female subimagos (A) and male imagos (B) of *E. eophilum* and female subimagos of *E. shigae* (C).

採集されたアカツキシロカゲロウは圧倒的に雌が多く、性比は 19.6 : 1 であった。オオシロカゲロウは全て雌亜成虫であった。

Figure 9 に、各調査日におけるアカツキシロカゲロウの雌亜成虫、雄成虫およびオオシロカゲロウの雌亜成虫の頭幅を示す。両種とも羽化期の初期には大型の個体が出現し、次第に小型化した。

卵数および卵サイズ

アカツキシロカゲロウの卵形は、一端に粘着性の付着糸を有する楕円体で、短径は 0.251 ± 0.008 mm (N=980)、長径/短径比の平均値は 1.439 ± 0.072 (N=80) であった。オオシロカゲロウの卵形はアカツキシロカゲロウとほぼ同形の楕円体 (長径/短径比の平均値は 1.418 ± 0.135 ; N=80) で、短径は 0.157 ± 0.002 mm (N=80) であった。アカツキシロカゲロウの短径はオオシロカゲロウより有意に大きい ($Z=416.2$, $p < 0.001$, N=80)

Figure 10 に、両種の雌亜成虫の頭幅と卵数との関係を示す。アカツキシロカゲロウの 1 雌当たりの卵数は 352~1863 の範囲にあり、雌亜成虫の頭幅とその卵数との間に有意な正の相関が認められ ($r=0.790$, $p < 0.01$, N=121)、図に示す回帰式が得られた。オオシロカゲロウの 1 雌当たりの卵数は 634~3420 の範囲にあり、同様に有意な正の相関が認められた ($r=0.660$, $p < 0.01$, N=28)。

アカツキシロカゲロウの雌亜成虫の頭幅とその個体から得た卵の卵径との間には有意な相関は認められなかった ($r=0.22$, $p > 0.05$, N=98)。オオシロカゲロウについても同様であった ($r=0.34$, $p > 0.05$, N=4)。

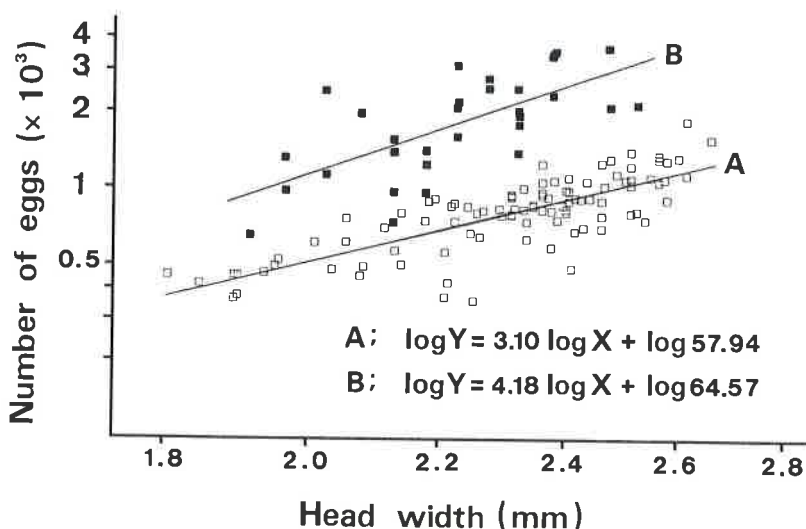


Fig. 10. Relationship between head width and clutch size in female subimagos of *E. eophilum* (A, □) and *E. shigae* (B, ■). Regression equations between head width (X) and number of eggs (Y) are shown.

考 察

アカツキシロカゲロウは、同属種であるオオシロカゲロウと同様に(中村, 1985; 中村・宇都宮大学生物研究会, 1987; 渡辺ほか, 1993), 年1化性のカゲロウであることが明らかになった。しかし, 成体の羽化期と羽化・産卵時刻, 幼虫の孵化期と微生物場所, 卵形質(卵サイズと一腹卵数), 1齢幼虫の形態など多くの点でオオシロカゲロウと異なる生活史特性を持っている (Table 4)。

Table 4. Life-history traits in *E. shigae* and *E. eophilum*.

Life-history trait	<i>E. shigae</i>	<i>E. eophilum</i>
Life span :	Univoltine ^a	Univoltine ^g
Emergence season :	Mainly ^a September ^g	July to October ^g
Emergence time :	After sunset ^{abcg}	Before sunrise ^{bg}
Head width of female subimagos (mm, range) :	1.91-2.74 ^g	1.70-3.13 ^g
Hatching season :	March to April ^{af}	April to July ^g
Microhabitat of larvae :	U-shaped tunnel along buried cobble ^{de} in the clay ^{bg}	U-shaped tunnel
Egg diameter (mm) :	0.16 ^g	0.25 ^g
Fecundity (range) :	634-3420 ^g	352-1863 ^g
Head width of the first instar larvae (mm) :	0.133 ^g	0.191 ^g

a : WATANABE *et al.* (1993)

b : ISHIWATA (1996)

c : WATANABE *et al.* (1989)

d : HASUDA (1989)

e : BAN and CHUBU aquatic insects research group (1994)

f : NAKAMURA and Biological Research Group of Utsunomiya University (1987)

g : present study

オオシロカゲロウの羽化は, 本調査では9月中旬を中心として約1ヵ月間観察された。全国各地の河川においても, 若干の年次変動はあるが, 毎年ほぼ同じ時期に数日から1ヵ月程度の期間観察されている(渡辺ら, 1993 など)。一方, アカツキシロカゲロウの羽化は, 7月下旬から10月下旬までの約3ヵ月間に及んだ。羽化が同調し集中的におこるオオシロカゲロウに対して, アカツキシロカゲロウでは長期間に分散していることが大きな特徴である。

羽化・産卵時刻では, オオシロカゲロウが日没直後に羽化し, それに続いて産卵するのに対し(塩山, 1978; 野崎, 1983; WATANABE *et al.*, 1989), アカツキシロカゲロウでは日の出前後に羽化・産卵がみられる。本調査地ではオオシロカゲロウの発生期に両種が重複して羽化・産卵を行っているが, その時刻は朝と夕に明確に分離している。両種の交尾器の形態は極めて類似しているが(渡辺ほか, 1993; ISHIWATA, 1996), 羽化・産卵時刻の分離が生殖的隔離を確実にしているものと考えられる。同属種で琵琶湖に分布している *E. limnobium* ISHIWATA, 北米に分布している *E. album* (SAY) と *E. leukon* WILLIAMSON, およびヨーロッパに分布している *E. virgo* OLIVIER の4種も全て日没直後に羽化・産卵する習性を有しており (IDE, 1935; BRITT, 1962; IBAÑES *et al.*, 1991; ISHIWATA, 1996), アカ

ツキシロカゲロウの羽化・産卵時刻は判明している範囲の全北区分布の本属種中で特異的である。

幼虫の孵化期については、中村・宇都宮大学生物研究会 (1987) が、12月4日から0°Cで低温処理したオオシロカゲロウの卵を1987年1月31日宇都宮市内の鬼怒川に設置して追跡調査をおこない、3月下旬から4月上旬に大部分の卵が孵化することを観察している。また岡山県の旭川では、自然状態で検出できる卵の空殻率から同様に3月下旬の短い期間に同調的に孵化が起こることが確認されている (渡辺ほか, 1993)。

これに対し、アカツキシロカゲロウの1齢幼虫は、4月15日から8月2日にかけて継続して採集された。1齢幼虫が採集された期間の調査地付近の水温は全て15°C以上で (Fig. 1)、室内飼育によるアカツキシロカゲロウの1齢幼虫期間は15°Cで4.5日間 (最大でも6日以内) であった (Table 2)。このことから、オオシロカゲロウのように早い時期に同調的に孵化した幼虫が、生育遅滞を起こしたために長期間1齢幼虫が採集されたのではなく、孵化自体が少なくとも4月から7月にわたっていた可能性が高い。

幼虫の微生物場所は、オオシロカゲロウが「はまり石」の周囲を埋めた砂礫中にU字型の巣穴を掘って生息している (蓮田, 1989; BAN and CHUBU Aquatic insect research group, 1994) のに対し、アカツキシロカゲロウは粘土質の河床にU字型の巣穴を掘って生息していた。オオシロカゲロウの幼虫が本調査地で確認できなかったのは、幼虫の生息に適した微生物場所が調査対象域付近に存在しなかったことが原因と推定される。今回の調査対象域は全域が粘土質の河床であり、このことも、本種とオオシロカゲロウの幼虫の間には、巣穴を作る底質に違いがあることを示唆するものである。

オオシロカゲロウでは地理的単為生殖が知られているが (WATANABE and ISHIWATA, 1997)、調査地より約50 km上流の鬼怒川中流域では雌単性個体群であり (塩山, 1978)、本調査地でも雌亜成虫しか採集できなかった。従って、鬼怒川流域においてはすべて雌単性個体群であり、単為生殖で世代を重ねているものと考えられる。一方、アカツキシロカゲロウでは終齢幼虫の性比の調査結果から、雌が多い年があるが基本的には性比が1:1であると結論できる。灯火採集された成虫および亜成虫の性比が大きく雌に偏っていたのは、灯火への誘引性が雌雄で異なるためと考えられる。

卵サイズと一腹卵数との関係は、成体雌が卵に費やすエネルギーをどのように配分するかを意味するものであり、重要な繁殖特性の一つとされる (伊藤, 1959)。アカツキシロカゲロウの卵の短径 (0.251 mm) はオオシロカゲロウ (0.157 mm) の約1.6倍であるから、卵径の3乗に比例する卵体積ではオオシロカゲロウの約4.1倍と推定される。一方卵数については、雌亜成虫の頭幅とその卵数との間に両種とも回帰関係がみられるが、同一頭幅では明らかにオオシロカゲロウの方が卵数が多い。同一頭幅 (2.4 mm: アカツキシロカゲロウの雌亜成虫の中央値, Tab. 4) の個体の卵数を頭幅-卵数間の回帰式から算出してみると、アカツキシロカゲロウの874に対しオオシロカゲロウは2508 (約2.9倍) となる。このように、アカツキシロカゲロウは大きな卵を数少なく (大卵少産)、オオシロカゲロウは小さな卵を数多く (小卵多産) 産むことがわかる。

1齢幼虫の大きさは、卵サイズの違いを反映してアカツキシロカゲロウの方がオオシロカゲロウより大型であり、大顎牙も発達している。しかし、卵殻内における胚発生過程の後期 (背部閉鎖のステージ付近) までの間は、アカツキシロカゲロウの胚の大きさはオオシロカゲロウとそれほど差がなく小型で、胚の完成直前に卵黄を吸収して大型化する (東城幸治, 私信)。またアカツキシロカゲロウの1齢幼虫の頭部形態は、オオシロカゲロウの4齢幼虫に類似している (Fig. 3)。これらのことからアカツキシロカゲロウはオオシロカゲロウの1齢から3齢に相当する幼虫期間を卵内で過ごしているとみることができる。

TSUI and PETERS (1974) は、両種と同じシロイロカゲロウ科 (Polymitarciidae) に属する *Tortopus incertus* TRAVER の 1 齢幼虫において、大顎牙が粘土質の底質での掘潜行動と密接に関係することを報告している。一方、主に砂礫質や砂泥質の河床に生息するオオシロカゲロウや *E. album* および *E. leukon* は、1 齢幼虫の大顎牙が伸長していない (IDE, 1935; BRITT, 1962)。つまりアカツキシロカゲロウの 1 齢幼虫では、発達した大顎牙が粘土質の河床での生息に重要な機能を果たしており、卵の大型化によって、より発育の進んだ状態で孵化し、すみやかに固い粘土質の河床に巣穴が掘れるようになったと考えられる。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり、貴重な助言を頂いた香川大学教育学部渡辺直氏、北海道大学水産学部生産基礎生物学講座野田隆史氏、筑波大学菅平高原実験センター東城幸治氏に深く感謝いたします。また本研究を進める際、ライトトラップ装置を提供していただいた神奈川県環境科学センターの石綿進一氏に深く感謝いたします。

文 献

- BAN, Y. and CHUBU Aquatic insect research group (1994) : Life history and habitat preference of the burrowing mayfly, *Ephoron shigae* Takahashi (Ephemeroptera : Polymitarciidae) in the Yahagi River in central Japan. Verh. Internat. Verein. Limnol., 25 : 2468-2474.
- BRITT, N. W. (1962) : Biology of two species of Lake Erie mayflies, *Ephoron album* (SAY) and *Ephemera simulans* Walker. Bull. Ohio Biol. Surv., 1 : 1-70.
- 蓮田祐一 (1989) : アミメカゲロウ幼虫の生態. インセクト (昆虫愛好会), 40 : 12-18.
- IBANES, C., R. ESCOSA, I. MUÑOZ, and N. PRAT (1991) : Life cycle and production of *Ephoron virgo* (Ephemeroptera : Polymitarciidae) in the lower River Ebro (NE Spain), p. 483-492. In J. Alba-Tercedor and A. Sanchez-Ortega (ed.), *Overview and Strategies of Ephemeroptera and Plecoptera*, Sandhill Crane Press.
- IDE, F. P. (1935) : Life history notes on *Ephoron*, *Potamanthus*, *Leptophlebia* and *Blasturus* with descriptions (Ephemeroptera). Can. Entomol., 67 : 113-125.
- ISHIWATA, S. (1996) : A study of genus *Ephoron* from Japan (Ephemeroptera, Polymitarciidae). Can. Entomol., 128 : 551-572.
- 伊藤嘉昭 (1959) : 比較生態学, 岩波書店.
- 中村和夫 (1985) : アミメカゲロウの卵の発生条件. インセクト (昆虫愛好会), 36 : 83-86.
- 中村和夫・宇都宮大学生物研究会 (1986) : 栃木県でのアミメカゲロウの分布と発生. インセクト (昆虫愛好会), 37 : 57-62.
- 中村和夫・宇都宮大学生物研究会 (1987) : アミメカゲロウ卵の孵化条件. インセクト (昆虫愛好会), 38 : 77-81.
- 野崎隆夫 (1983) : 相模川に生息するアミメカゲロウの生態. 神奈川自然誌資料, 4 : 37-41.
- 塩山房男 (1978) : アミメカゲロウの大量発生. インセクト (昆虫愛好会), 29 : 1-6.
- TSUI, P. T. P. and W. L. PETERS (1974) : Embryonic development, early instar morphology, and behavior of *Tortopus incertus* (Ephemeroptera : Polymitarciidae). Florida. Entomol., 57 : 349-354.
- 渡辺直・中村和夫・八田耕吉・久枝和生・石綿進一・星一彰 (1993) : カゲロウ類の大量発生機構に関する研究. 日産科学振興財団研究報告書, 16 : 151-162.

WATANABE, N. C. and S. ISHIWATA (1997) : Geographic distribution of the mayfly, *Ephoron shigae* in Japan, with evidence of geographic parthenogenesis (Insecta : Ephemeroptera : Polymitarcyidae). Jpn. J. Limnol., 58 : 15-25.

WATANABE, N. C., I. YOSHITAKA and I. MORI (1989) : Timing of emergence of males and females of *Ephoron shigae* (Ephemeroptera : Polymitarcyidae). Freshwater Biology, 21 : 473-476.

青柳育夫 : 〒 323-0007 小山市松沼 741, 栃木県立小山西高等学校 (Ikuo AOYAGI : Oyamanishi High School, 741 Matsunuma, Oyama 323-0007)

手塚マサ子 : 〒 329-3133 黒磯市沓掛 77-3 (Masako TETSUKA : 77-3 Kutsukake, Kuroiso 329-3133)

中村和夫 : 〒 321-8505 宇都宮市峰町 350, 宇都宮大学農学部 (Kazuo NAKAMURA : Faculty of Agriculture, Utsunomiya University, 350 Mine, Utsunomiya 321-8505)

(受付 : 1997 年 9 月 4 日 ; 受理 : 1998 年 1 月 28 日)

Morphology of Early Instar Larvae and Life History of *Ephoron eophilum* (Ephemeroptera : Polymitarcyidae)

Ikuo AOYAGI, Masako TETSUKA and Kazuo NAKAMURA

ABSTRACT

The life history of a burrowing mayfly, *Ephoron eophilum* ISHIWATA, was studied in the Kinu River, Ibaraki Prefecture, Japan, which a congener *E. shigae* (TAKAHASHI), inhabits sympatrically. *E. eophilum* had a univoltine life cycle. First instar larvae were found during the long period from April to July, and adults appeared from July to October, which is in contrast to the more synchronous life history pattern of *E. shigae*. Another distinct difference between these two species is the diurnal timing of the emergence of imagos and subimagos : *E. shigae* emerged after sunset, while *E. eophilum* emerged at early dawn. *E. eophilum* females had fewer (352-1863) larger (0.25 mm in diameter) eggs than *E. shigae* females which had as many as 634-3420 eggs 0.16 mm in diameter. Hatchings of *E. eophilum* were larger in body size than those of *E. shigae*, and had well developed mandibles which may be adapted to life in harder clay stream beds.