

---

# アミメカゲロウの発生に対する ダム湖の影響

---

中部水生昆虫研究会  
代表 伴 幸成

---

## 1. はじめに

アミメカゲロウ *Ephoron shigae* Takahashi は、1970年代になってから日本各地で大発生が報告されるようになった。珍種と考えられていた本種が各地で大量発生を始めたことなどから、従来、本種の大発生の原因は水質の有機汚濁である、との考えが強かった。しかしながら、近年、本種の発生は比較的清冽な河川に多いこと（渡辺ほか1993）、矢作川水系では本種の発生域はすべてダム（堰堤）の中またはその下流であることなどから、ダム・堰堤の建設が本種の大発生の原因と考えられるようになってきた（中部水生昆虫研究会 1993a・1995、1993a・1993bの報文を合わせて前前報、1995の報文を前報と呼ぶことにする）。

本種の幼虫の生息環境は、従来、川の瀬の部分と考えられてきたが、適度な大きさのはまり石さえあれば瀬でも淵でも広く分布することが明らかにされてきた（Ban et al., 1994）。近年、ダムや堰堤が本種の分布拡大の要因とされて以降も、本種が瀬（あるいは川の流れている部分）の昆虫であるとの前提のもとに、ダムによる流量の安定化が平瀬の拡大を引き起こしたため、とダムの影響が評価されてきた。

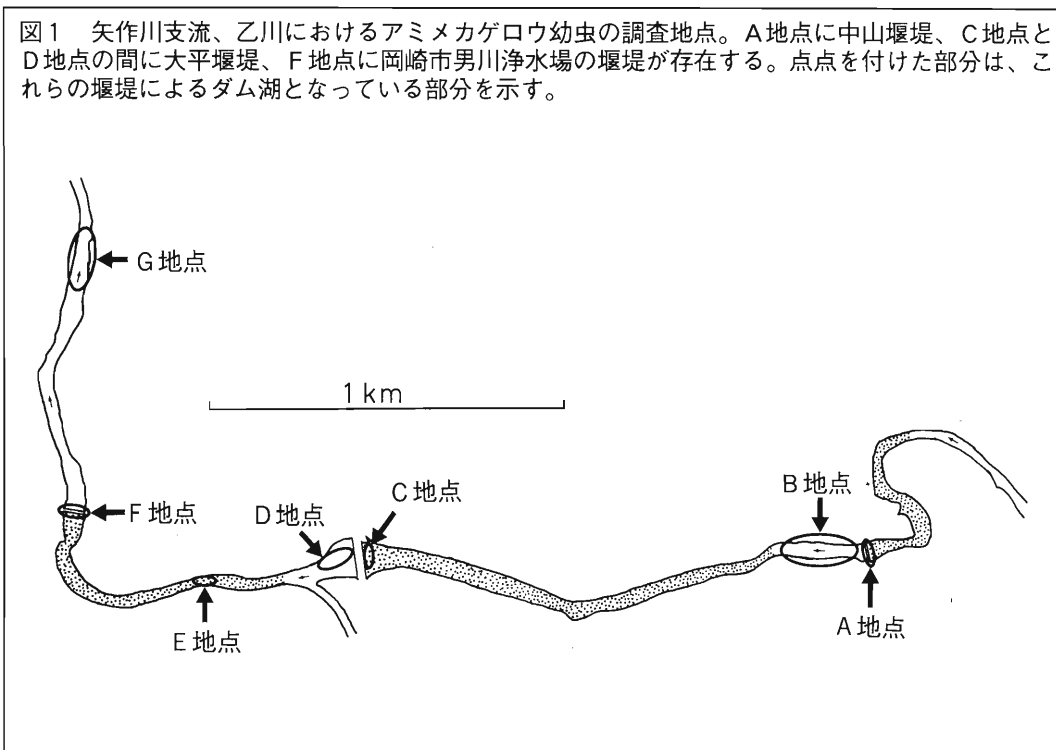
本報告では、ダム湖（堰堤によりせき止められた小規模なものもこう呼ぶことにする）の内部が本種の幼虫の分布の中心なのではないか、との仮説をいくつかの根拠とともに提出したい（深いダム湖の内部の調査は非常に困難なので、あくまで仮説にならざるを得ない）。また、ダムや堰堤が本種の大発生をもたらしてきた要因について、上記仮説とダム湖内部で発生する植物プランクトンの影響の、主に二つの面から考察する。

## 2. ダム湖内部での本種幼虫の生息について

ダム湖内部で直接アミメカゲロウ幼虫の生息が確認されたのは、矢作川支流である乙川の太平橋周辺において連続する3個の堰堤（男川浄水場の堰堤・大平堰堤・中山堰堤）のダム湖である（図1）。水深の浅い部分ではあるが、男川浄水場のダム湖では1990年から1993年にかけて（その後は調査していないが生息していると考えられる）、大平堰堤のダム湖では1993年から1995年にかけて、中山堰堤のダム湖では1995年に、はまり石の周囲に幼虫がかなりの密度で生息していた。

亜成虫の飛来からダム湖内部での発生が予測されるのは、矢作川本流の越戸ダムと明治用水頭首工のダム湖である。1995年、越戸ダムからおよそ3 km上流のダム湖上にかかる枝下大橋で多数の亜成虫の死骸が観察された。

ダム下流で発生した亜成虫は遡上の際にダムにぶつかりと反転して下流に飛ぶことや、前前報で報告したように亜成虫の飛行距離がせいぜい2 kmと考えられることから、これらの亜成虫はダムの下流から飛来したものではなく、越戸ダムのダム湖で発生したものと考えられる。枝下大橋上流の広梅橋には、1987年頃より毎年本種の亜成虫が大量に飛来するが、やはりこのダム湖で発生したものが多くを占めると思われる。1982年頃から1990年にかけて飛来していた竜宮橋は、明治用水頭首工のダムからおよそ3 km上流に位置しており、明治用水頭首工のダム湖で発生していた可能性が大きい（中部水生昆虫研究会 1995）。



### 3. 乙川における調査地点と調査方法

矢作川支流である乙川の大平橋周辺の4地点でアミメカゲロウ幼虫の調査を行った。B地点は、中山堰堤と大平堰堤によるダム湖に挟まれた川の形態が残されている部分（以降、このようなダム湖でない河川の流程を川の部分と呼ぶ）、C地点は、大平堰堤の直上流でダム湖が浅くなっている部分、D地点は、大平堰堤と男川浄水場の堰堤によるダム湖に挟まれた川の部分で、堰堤の上面から流れ出した水が編目状に多くの細かい流れを作っている部分、E地点は、川の部分から男川浄水場のダム湖へ流れ込む、川の部分からはダム湖への移行部分である（図1）。E地点は、泥の堆積が他の地点より多かった。

幼虫の採集と密度の計算は、サンプリング地点の微環境のばらつきによる差異をなくすため、はまり石のない場合を除いて石サンプリング（stone samples Ban et al., 1994）により行った。すなわち、5 cm以上埋まったはまり石を取り上げ、その周囲の個体をサーバーネットで採集した。また、密度ははまり石が土中から水中へ姿を現す境界面の円周（cm）当りの個体数で示した。C地点での流速は、流量が少ないと0になる。その場合は、石を持ち上げた時に多くの幼虫がサーバーネットと違う方向へ泳いで逃げてしまうため、採集効率は低下する。幼虫の巣穴の数などから捕獲効率を推定すると、流速が0の場合は半分程度と思われるが、それによる補正は行わなかった。

流速は流速計CR-7型（コスモ理研）を用いて測定した。ここで0とされているのは、この流速計では測定不可能（6.55cm/s以下）という意味である。

### 4. ダム湖内と川の部分でのアミメカゲロウ幼虫の密度と発育の比較

#### ① 1993年～1995年の河川の状況

1993年夏は、雨が多く、7月から9月にかけての水位は平年を上回っていた。1994年は反対に渇水で、9月に若干回復した以外は平年の水位を大きく下回っていた。1995年は、7月までは水位も高かったが8月以降は1994年を上回る渇水であった（表1）。

川の部分であるB地点では、1992年秋からの土木工事で河床から土砂が流されてしまったため、1993年の7月にはすべての礫が浮き石となり、はまり石はほとんどなかった。8月14日には、土砂の堆積によりはまり石の河床が回復していたが、9月9日にこの地を襲った台風による出水のため、9月の調査の時点では浮き石の状態になっていた。1994年以降は水位が低くはまり石の河床であった。

ダム湖から大平堰堤に流れ出すC地点は、水位が高い1993年には水が堰堤全体

表1 1993年から1995年にかけての乙川の月平均水位。男川浄水場堰堤（F地点）上端で毎時間測定した値の平均値を最近20年間の各月の平均水位との比較で示したもの。

年	6月	7月	8月	9月
1993年	-11.1cm	+12.0cm	+ 5.5cm	+ 7.2cm
1994年	-13.4cm	-15.5cm	-17.2cm	- 4.0cm
1995年	- 4.2cm	+ 6.0cm	-20.3cm	-14.1cm

表2 ダム湖内とその周囲におけるアミメカゲロウ幼虫の密度・頭幅と環境条件の比較。幼虫密度は、1個のはまり石周囲の個体数をはまり石が土砂に埋っている境界面の円周の長さで割ったもの。成熟幼虫の飽和密度は0.25と推定され、この密度を面積当りの密度に換算すると、底質の条件により100~150個体/m<sup>2</sup>の範囲になる。

調査地点	調査日時	サンプル数	表面流速	底面流速	水深	幼虫密度	幼虫の頭幅
			(cm/s, M±S. D.)	(cm/s, M±S. D.)	(cm, M±S. D.)	(M±S. D.)	(mm, M±S. D.)
S T. B	1993年7月20日	5	110.4±14.9	73.2±27.8	19.8±3.7	*0.010±0.014	1.71±0.10
S T. B	1993年8月14日	6	89.7±27.5	41.1±31.6	23.3±2.4	0.039±0.035	2.01±0.33
S T. C	1993年8月14日	6	24.1± 2.8	14.9± 2.1	37.7±6.0	0.082±0.032	2.38±0.27
S T. D	1993年8月14日	5	89.3±32.8	70.9±19.9	19.9±6.6	0.018±0.011	2.13±0.21
S T. E	1993年8月14日	5	35.8± 4.2	23.7± 3.2	38.2±5.0	0.029±0.014	2.26±0.30
S T. B	1993年9月11日	3	データなし	データなし	43.3±2.4	0.0±0.0	標本なし
S T. C	1993年9月11日	6	44.1± 5.3	26.6± 7.9	53.0±3.8	0.029±0.018	2.39±0.24
S T. B	1994年6月26日	3	76.0± 6.2	56.5±12.6	15.3±0.9	0.622±0.129	1.07±0.37
S T. C	1994年6月26日	6	2.7± 5.3	0.0± 0.0	35.6±6.6	0.287±0.152	1.32±0.37
S T. B	1994年8月12日	5	38.5±20.7	27.5±12.5	9.6±3.9	0.123±0.065	2.22±0.31
S T. C	1994年8月12日	6	10.6± 1.6	6.8± 3.1	33.1±6.5	0.067±0.056	2.44±0.18
S T. B	1994年9月 4日	4	54.9±15.3	41.5±12.5	16.3±4.5	0.118±0.062	2.21±0.28
S T. C	1994年9月 4日	4	0.0± 0.0	0.0± 0.0	31.3±1.3	0.071±0.010	2.49±0.19
S T. B	1995年7月20日	5	データなし	データなし	15.6±1.7	0.081±0.066	1.27±0.33
S T. C	1995年7月20日	3	データなし	データなし	28.0±2.2	0.271±0.038	1.48±0.39
S T. B	1995年8月12日	3	72.5±15.3	60.6±13.0	16.2±3.5	0.0±0.0	2.01±0.35
S T. C	1995年8月12日	4	13.4± 4.8	4.8± 8.2	28.1±2.2	0.080±0.032	2.11±0.36
S T. B	1995年9月 3日	3	65.2±20.0	61.5±14.6	13.0±5.9	0.010±0.014	2.11±0.42
S T. C	1995年9月 3日	3	7.9±11.2	6.6± 9.3	35.3±1.2	0.019±0.016	2.50±0.14

(注1) 1993年の幼虫密度(\*)については、はまり石がなくサンプリングができなかったため、面積とサンプリングの結果から、平均的な石の大きさの数値を用いて推定した。

を乗り越えて流れていたため、少なくとも表面ではかなりの流速があったが、水位が低い年には中央の狭い水路以外は水が流れず、表面・底面ともにほとんど流れがなかった（表2）。しかしながら、そのような年にも、川の部分とダム湖内部で水温の違いは常に1℃以内であったため、ダム湖の部分で水の循環が悪かったとは思えない。

D地点の編目状の流れは、水位が低かった1994・1995年には存在しなかった。

## ② 幼虫密度の比較

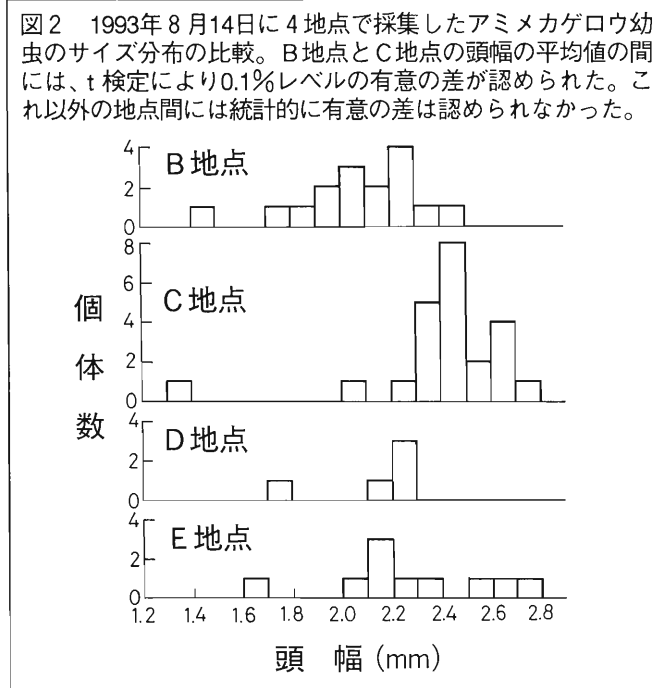
川の部分（B地点・D地点）では、1994年のような渇水の年には幼虫密度は高いが、1993年や1995年のような増水の年には非常に低かった。1993年には、はまり石の河床の回復に伴い8月に本種の幼虫も回復するが、9月の出水で絶滅してしまった。1995年には、7月の増水の影響で8月に幼虫は皆無であったが、9月に若干回復した。川の部分では、流れの傾斜が緩やかなB地点のほうが、急なD地点よりも密度が高かった。

ダム湖内では、3年間を通じて常に幼虫が採集された。表面流速もほとんど0となった1994・1995年には、幼虫の採集効率が低下しているため、実際の密度はもっと高いと考えられる。1994年にはダム湖よりも川の部分の密度の方が大きな値となっているが、実際にはほとんど差がないと考えられる。

川からダム湖への移行部分（E地点）では、ダム湖からの流出部分（C地点）に比べて密度は低かった。

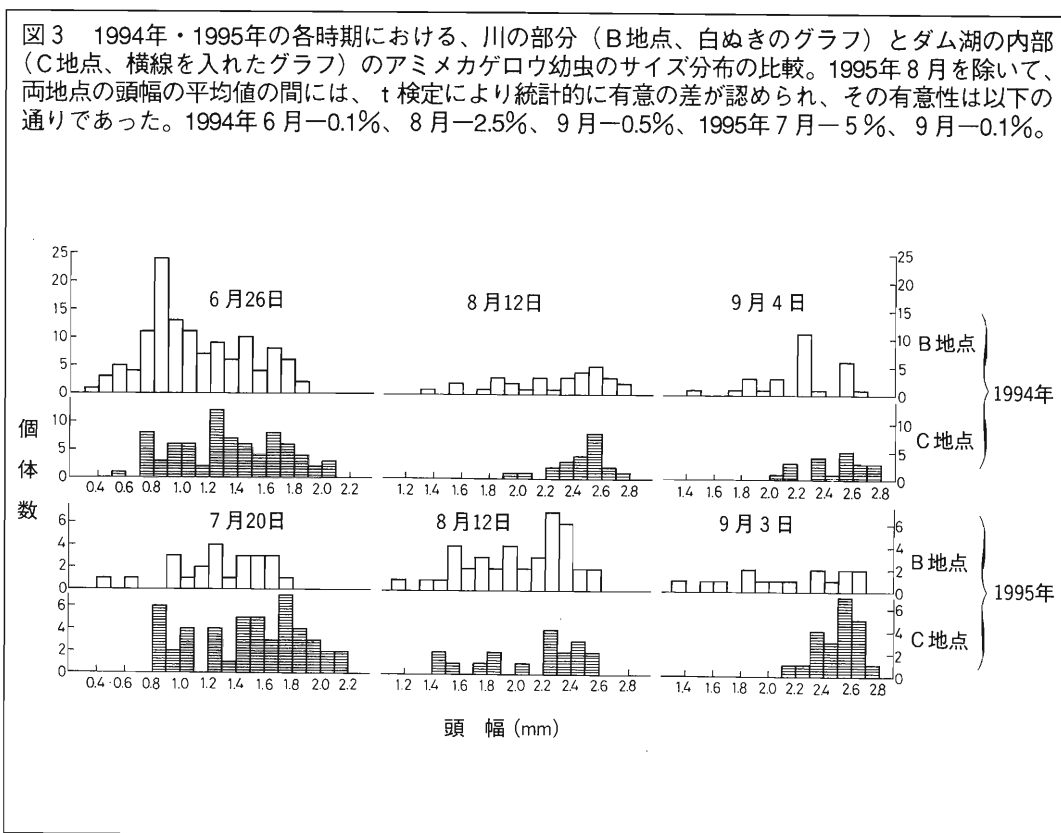
## ③ 幼虫の発育と肥満度の比較

幼虫の頭幅は、いずれの年のいずれの場合を比較しても、ダム湖のほうが川の部分よりも大きかった。また、両地点間の頭幅の平均値の間には、ほとんどの場合に統計的に有意の差が認められた。ダム湖内部でも、ダム湖への移行部分（E地点）よりダム湖からの流出部分（C地点）のほうが発育がよい傾向が見られた（表2、図2）。



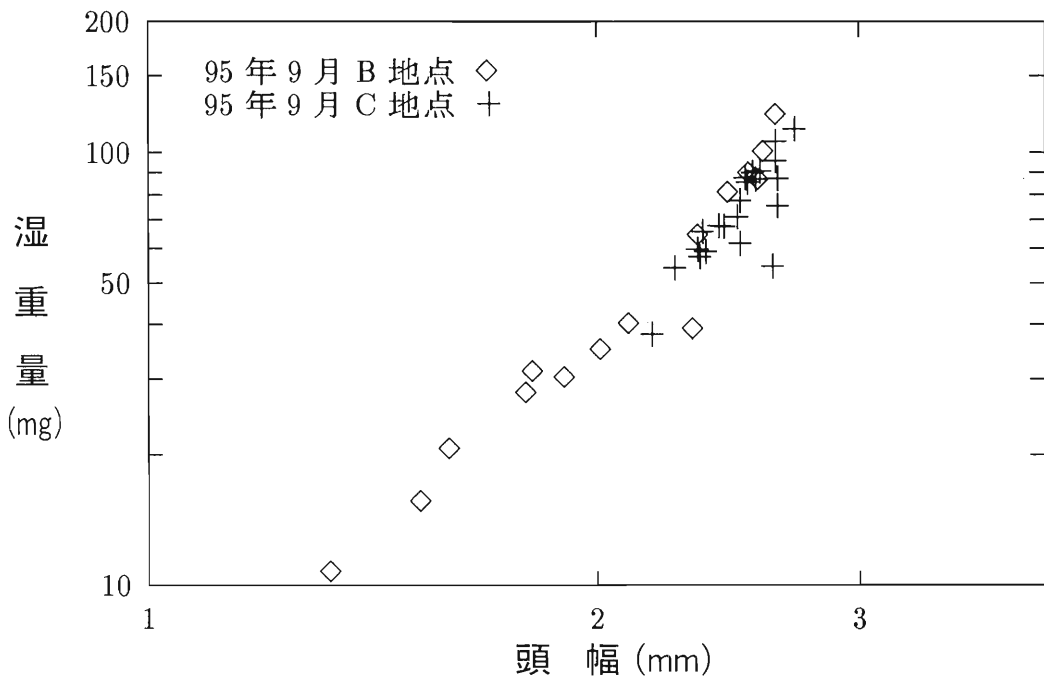
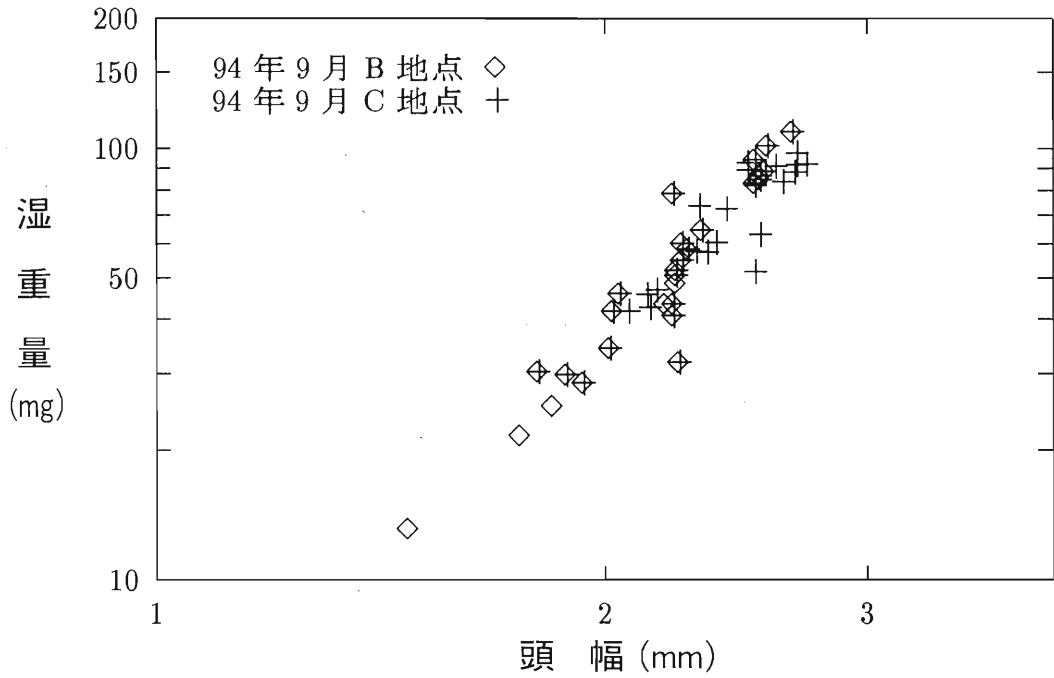
幼虫の発育の差は6月にすでに認められるため、弱齡幼虫の時期からダム湖（C地点）の個体のほうが川の部分（B地点）よりも発育が良いと考えられる。さらに、8月から9月にかけての発育についても、川の部分よりもダム湖のほうが勝っている（表2、図3）。

川の部分では、8月から9月にかけて発育の悪い個体が多く見られたにもかかわらず、1994年・1995年とも。この時期にはほとんど頭幅の増加が見られなかった。ダム湖では、1995年には8月から9月にかけて頭幅の増大が認められ、発育の悪い個体が減少し、個体間のばらつきが小さくなっていった。1993年・1994年については、川の部分同様8月から9月にかけての発育が見られなかったが、もともと8月の時点ですでに羽化が十分な大きさに達していたためと思われる（図3）。



9月の羽化直前の幼虫について頭幅と湿重量の関係をプロットしたところ、川の部分（B地点）とダム湖の内部（C地点）の幼虫の肥満度の差異（この時期にはすでに卵巣は成熟しているので、胞卵の状態についての差異）はほとんど認められない程度であった。しかしながら、この肥満度すなわち頭幅が同じ個体の湿重量は、発育状態とは逆に、ダム湖の内部よりも川の部分の方が大きい傾向が見られた（図4）。

図4 1994年9月3日（上図）と1995年9月4日（下図）における、川の部分（B地点）とダム湖の内部（C地点）のアミメカゲロウ幼虫の肥満度の比較。



## 5. ダム湖内のクロロフィル a 量について

1995年の7月・8月・9月に中山堰堤（A地点）の上端中央部で採水し、ローレンツェンの方法によりクロロフィル a 量とフェオ色素の量を測定した。その結果、いずれの月もクロロフィル a は検出されなかった。フェオ色素については少量検出され、付着藻類由来のものと考えられる（表3）。

表3 1995年7・8・9月の乙川中山堰堤（A地点）におけるクロロフィル a 量とフェオ色素量。測定はローレンツェンの方法による。

採水日時	水温	pH	クロロフィル a 量	フェオ色素量
7月20日15時40分	23.2℃	6.9	0 $\mu\text{g} / \text{l}$	4.1 $\mu\text{g} / \text{l}$
8月12日14時50分	28.7℃	7.1	0 $\mu\text{g} / \text{l}$	3.3 $\mu\text{g} / \text{l}$
9月 3日16時10分	24.5℃	7.0	0 $\mu\text{g} / \text{l}$	4.9 $\mu\text{g} / \text{l}$

## 6. おわりに

### ① ダム湖の内部がアミメカゲロウ幼虫の分布の中心であることについて

ダム湖の幼虫は増水の年にも生き残るのみならず、渇水の年にも川の部分に比べてさほど低くない密度を維持している。さらに、いずれの年にもダム湖の幼虫は川の部分の幼虫に比べて明らかに発育がよい。アミメカゲロウ幼虫にとって、ダム湖内部は明らかに川の部分よりも好適な環境と考えられる。

1993年と1995年のある時期に川の部分の幼虫がほとんど絶滅し、その1カ月後にある程度回復するという現象が見られた。この際、川の部分に新たな個体を供給するのはダム湖内部の個体群であると考えられる。前前報でも1988年にG地点の幼虫が台風による出水で全滅したことを報告したが、この地点の分布はその後現在に至るまで回復していない。この地点より下流にダム湖が存在しないことを考えると、出水によって絶滅した川の部分の個体群の回復は、上流のダム湖の幼虫の流下によってではなく、下流のダム湖の幼虫の遡上によってある程度は補償され、最終的には遡上した亜成虫の産卵によって回復すると考えられる。



今回の報告では、ダム湖の内部と言っても浅い部分で行った調査のみを検討しているが、より深い部分ではさらに高密度に分布していることもわかってきている。また、今回の報告では増水した年より渇水の年のほうがアミメカゲロウの密度が大きい印象を受けるが、大平橋（C地点のすぐ上流）に集まる亜成虫の数は、最も雨が多く水位の高かった1993年がこれまで9年間の調査の中では群を抜いて多かった（中部水生昆虫研究会、未発表）。

このような事実を考え合わせると、少なくとも乙川のこの地域については、ダム湖の内部がアミメカゲロウ発生の中心となっていると考えられる。

この地域は川の部分よりもダム湖の部分のほうが大きな面積を占めているが、矢作川本流や巴川水系の本種発生地域では、反対に川の部分のほうが大きな面積を占めている。このような地域の場合には、ダム湖の役割はもう少し小さいかもしれない。渇水の年には川の部分が分布の中心になり、増水の年にはダム湖の内部が分布の中心になる、という生活場所の使い分けが行われている可能性がある。

## ② ダムがアミメカゲロウを増加させる要因

アミメカゲロウに対するダム湖の影響として、前報で2つの要因を挙げておいた。そのうちのひとつである植物プランクトンについては、今回は検出されなかった。しかしながら、1994年のようなひどい渇水の年、あるいは阿摺ダムや越戸ダムのような大規模なダム湖では、植物プランクトンが発生している可能性はある。ともあれ、現時点では、幼虫の餌の供給源としてのダム湖の役割は、あったとしても大きいものではないと思われる。

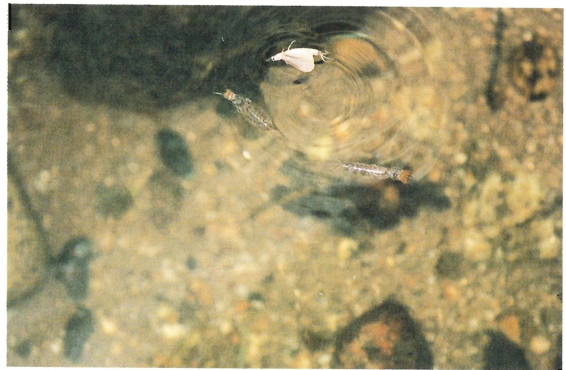
もう一つの要因としてあげた棲み場所については、川の部分が本種幼虫の主要な生息場所と考えていたため、前報では、ダムによる洪水の減少がはまり石の河床が広がる平瀬の拡大をもたらした、と推定した。このような考え方は、ダムと連続堤防の建設により年々洪水の規模が拡大してきた近年のダム工事の歴史にてらしても、誤りであった。ダムによって供給される本種幼虫の棲み場所は、洪水に対して不安定な川の部分の河床ではなく、洪水時にも攪乱されないダム湖そのものであると考えられる。

## 引用文献

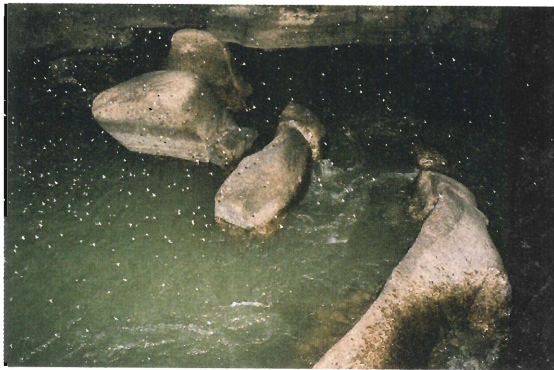
- (1) 中部水生昆虫研究会 (1993a) アミメカゲロウはなぜ“大発生”するのか. ①幼虫の分布と密度 インセクトリウム 30(6):192-199
- (2) 中部水生昆虫研究会 (1993b) アミメカゲロウはなぜ“大発生”するのか. ②成虫の集団羽化と単為生殖 インセクトリウム 30(7):242-249
- (3) 渡辺 直・中村和夫・八田耕吉・久枝和生・石綿進一・星一彰 (1993) カゲロウ類の大量発生機構に関する研究. 日産科学振興財団研究報告書 16:151-162
- (4) Ban, Y. and CHUBU aquatic insects research group (1994) Life history and habitat preference of the burrowing mayfly, Ephoron shigae Takahashi (Ephemeroptera: polymitarcydae) in the Yahagi River in central Japan. Verh. Internat. Verein. Limnol. 25:2468-2474
- (5) 中部水生昆虫研究会 (1995) 矢作川水系におけるアミメカゲロウ発生域とその特徴—ダム(堰堤)の存在に関して—. 環境 71:14-15。



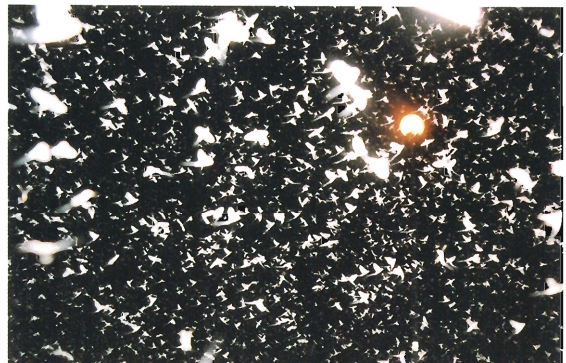
◀羽化のため巣穴から出たアミメカゲロウ老熟幼虫（尾澤直教氏撮影）



水表面で羽化したアミメカゲロウ雌亜成虫 ▶  
と幼虫の脱皮殻（尾澤直教氏撮影）



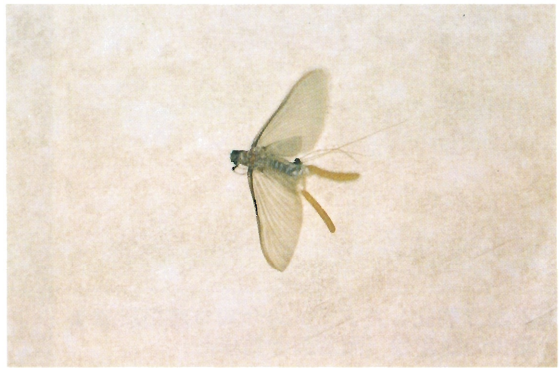
◀流れの上を遡上するアミメカゲロウ雌亜成虫（尾澤直教氏撮影）



橋の上を遡上するアミメカゲロウ雌亜成虫 ▶  
の集団（尾澤直教氏撮影）



◀ 橋の灯火に集まるアミメカゲロウ雌亜成虫の集団（尾澤直教氏撮影）



▶ 一对の卵塊を放出するアミメカゲロウ雌亜成虫（尾澤直教氏撮影）



◀ 産卵後水面に落ちたアミメカゲロウ雌亜成虫の死骸（尾澤直教氏撮影）



▶ 橋の上に降り積もったアミメカゲロウ雌亜成虫の死骸