

アミメカゲロウの発生に対する ダム・堰堤の影響

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) の大発生は、従来、河川の水質の有機汚濁がその原因とされてきた。それに対して、私達は、矢作川での本種の発生域および幼虫の成長速度の違いなどから、ダム・堰堤の建設こそ本種の発生域を拡大させてきた真の原因であることを明らかにしてきた(中部水生昆虫研究会1995・1996。本報告では、私達の1993 a-1993 bの報文を合わせて前前報、1995の報文を前報と呼び、1996に本誌に報告したものを第一報と呼ぶことにする)。

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ダム湖と呼ぶことにする)の内部で本種幼虫が高密度に達することを報告し、前回提出したダム湖の内部が本種の分布の中心であるとする考え方を補強したい。また、そのように高い幼虫密度を可能にするダム湖の環境条件について考察する。さらに、ダム湖が本種の発生を引き起こす原因として、第一報で報告したクロロフィル a 量だけでなく河床の土砂の粒径についても報告する。

2. 長良川河口堰によるアミメカゲロウの発生

1996年秋に、新たにダム湖となった長良川河口部においてもアミメカゲロウが発生した。名古屋女子大学の八田耕吉教授によれば、1996年秋に長良川河口堰のダム湖湖岸でアミメカゲロウの発生がみられたが、その前年までは様々な調査でも、本種の発生は確認されておらず、1995年夏に長良川河口堰が締め切られたことにより本種の発生が引き起こされたのではないかとのことであった。長良川河口堰で本年以降も発生が見られるかどうかかわからないが、ダム湖建設と時期を同じくして本種が発生することか確認された最初の例となる可能性が強い。

3. 成虫羽化数の年次変動と河川の状態

(1) 羽化個体数の経年変動

1992年より1996年にかけて、矢作川の支流乙川にかかる大平橋東端の街路灯の下で、アミメカゲロウ亜成虫のスイーピングによる調査を行った。スイーピングは、19時30分から、1992年には直径30cm、1993年以降は直径40cmの捕虫網を大きく10回振り、その中に捕らえられた個体数の合計を求めた。1992年には10回のスイーピングの合計値だが、1993年以降は10回一組のスイーピングを3回行い、その合計値の平均で示した。

羽化個体数のピークは、1994年が9月8日であった以外は、1992年・1993年・1995年とも9月12日であった。しかしながら、捕獲された個体数は年により大きな変動が見られ、1992年・1994年・1995年がいずれも50個体以下であったのに対して、1993年には2桁大きな値となった（図1は縦軸が対数表示となっていることに注意）。すなわち、3回の平均値で1494個体、1回目のスイーピングでは2089個体を記録した。

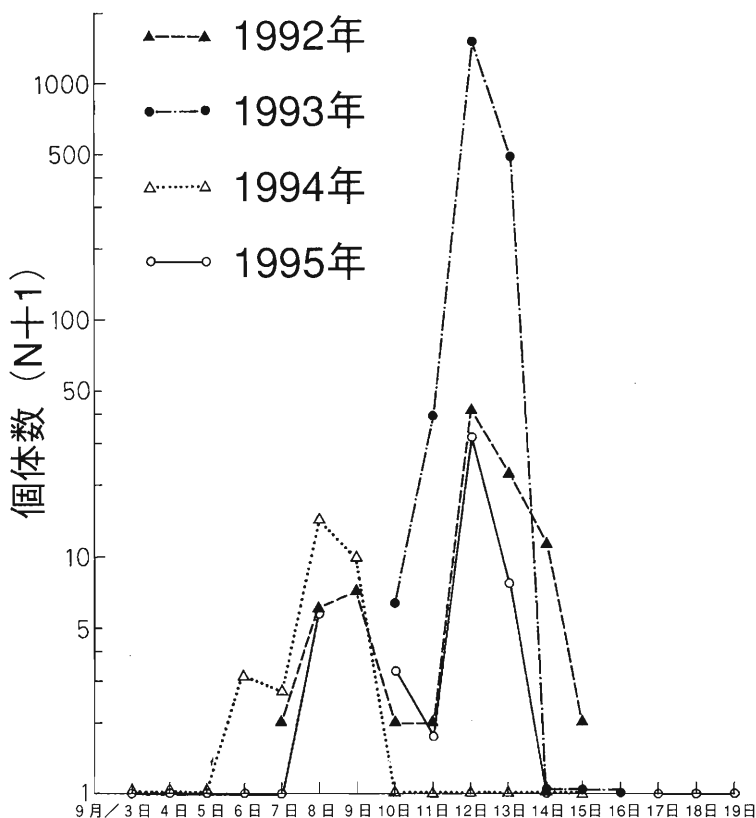


図1. 1992年から1995年にかけての、大平橋燈火に集まったアミメカゲロウ亜成虫数の日変化。1992年は直径30cmの捕虫網で1993年以降は直径40cmの捕虫網で10回スイーピングした合計値。

なお、1996年の結果が記されていないが、この年は9月6日から調査を始め、その後15日まで3日に一度以上の頻度で調査を行った。羽化して灯火に飛来する亜成虫は見られたものの、10回のランダムスウィーピングでは1個体も捕えられなかった。9月6日に見られた亜成虫の死骸から、この年の発生ピークは9月4日または5日と見られるが、その発生規模は1992年から1995年のいずれの年よりも小さいと思われる。

(2) 1993年の大量発生

1993年の夏は、近年にない米不足をもたらした低温多雨の年であった。第一報で述べた通り、1993年は多雨による水位の上昇に加えて1994年末からの河川内の土木工事のため、中山堰堤下流（B地点、第一報図1参照）では本種の生育に不可欠と思われるはまり石がなく、ほとんど浮き石状態となっていた。そのため、1993年には幼虫の密度は低く、特に川の部分（前回同様ダム湖でない河川の流程を川の部分と呼ぶ）では、本種はほとんど絶滅状態であった（第一報表2）。ダム湖の内部（C地点）ではある程度の幼虫密度が保たれていたものの、そのレベルは、9月11日の羽化極大日前日に飽和密度の十分の一程度であった。

1993年の羽化の状況は、1987年より続けてきた私達の調査中、最大規模の羽化であった。ところが、河床の幼虫密度はほとんど最低レベルであったことになる。

表1. 1993年9月12日に大平堰堤上流（C地点のわずかに上流）で行った羽化トラップによる捕獲個体数の経時的变化。各羽化トラップの面積はいずれも0.325m²（縦50cm・横65cm）。

調査時刻	トラップ ^a 1	トラップ ^a 2	トラップ ^a 3	平均
18:15～18:30	0	0	0	0
18:30～18:45	0	0	0	0
18:45～19:00	2	0	0	0.7
19:00～19:15	14	14	22	16.7
19:15～19:30	28	37	38	34.3
19:30～19:45	3	14	13	10.0
19:45～20:00	2	0	0	0.7
20:00～20:15	0	0	0	0
20:15～20:35	0	0	0	0
合計	49	65	73	62.3
密度 (N/m ²)	151	200	225	191.8
表面流速 (cm/s)	21.8	21.4	24.3	22.5

4. 羽化トラップによる調査から

(1) 調査方法と羽化時刻

サーバーネットによる幼虫の調査では、ダム湖内部の調査でもせいぜい30cmの水深の部分しか調査できないため、より深い部分の幼虫密度および正確な羽化時刻を推定するため、羽化トラップ（後の写真参照）による調査を行った。この日の日没は18時5分、水温は18時の時点で22.0℃だった。

羽化トラップは、大平堰堤上流の水深約1mの地点（C地点よりやや上流、大平橋より下流）に3個設置した。河川の右岸寄りからトラップ1、トラップ2、トラップ3と設置した。中央やや左岸寄りに堰堤の放流水路が設けられているが、トラップ3はこの水路に近く、流心部と思われる地点に配置した。このことは、トラップ3ではトラップ1・2に比べて表面流速が大きいことから分かる（表1）。大平堰堤によるダム湖は最も深い部分でも2m程度の水深なので、3個の羽化トラップはダム湖全体をある程度代表し得るものと考えられる。

表1に15分間毎の羽化個体数を示した。この表から、羽化が19時から19時45分までの45分間に極めて集中して起き、中でも19時15から19時30分の間に集中していることがわかる。これまで、本種の羽化時刻は灯火に飛来する個体数や流下ネットによる脱皮殻の数などにより報告されており、いずれの場合にも捕獲されるまでに時間的な遅れが予想されるため、正確な羽化時刻となっていない。羽化トラップによる今回の調査から、本種の羽化これまでのいずれの報告よりも、より短時間に集中して起きることを明らかにできた。

(2) 羽化トラップから得られた幼虫密度

1993年に大量に飛来した亜成虫はどこから湧いて出たのか、答はこの表で明らかである。ダム湖の深い部分では極めて高い幼虫密度が維持されていたわけである。

私達は前前報で幼虫の飽和密度について推定し、はまり石の周りに4cm幅で幼虫が巣穴を掘ることができるとの調査結果をもとに、礫の偏平率（礫の直径と礫の高さの比）がおよそ60%の乙川の場合、1m²当り100~150個体と推定した。この羽化トラップから得られた幼虫密度は、この理論的な飽和密度も超え、この10年間に実際に河床の調査で得られた老熟幼虫のいかなる値をも上回る値であった。

さらに、この羽化トラップで得られた密度は河床の幼虫密度よりもかなり低くなると考えられる。羽化が集中してはいるが一日で終了するわけではなく、この日以前に羽化してしまった個体もいれば、この日には羽化せず河床に残ったものもいたはずである。また、羽化のために河床から浮上する間に魚により捕食される個体もあることがわかっているからである（中部水生昆虫研究会、未発表）。

このように考えると、羽化トラップによる値は何らかの誘引作用により引き起こされた異常な数値ではないかとの憶測がなされるかもしれない。私達は、それ以前にも中山堰堤下流（B地点）で羽化トラップによる調査を何度か行っているが、そのような特別の現象は見られていない（中部水生昆虫研究会、未発表）。

5. ダム湖内の環境条件

(1) クロロフィル a 量

昨年に引き続き、ローレンツェン法によるクロロフィル a 量とフェオ色素量の測定をした（表 2）。1996年 8 月 18 日と 9 月 8 日に中山堤と大平堰堤の流出部位で採水した。中山堰堤では前回同様クロロフィル a はほとんど検出されなかったが、大平堰堤では、若干のクロロフィル a 量が検出された。2 km も離れていない二つの堰堤でこのように異なる値が得られた。本年度の調査結果から、小規模な堰堤でも植物プランクトンを増殖させる可能性があることが明らかになった。

表 2. 1996年 8・9 月の乙川中山堰堤上流（A 地点）と大平堰堤上流（C 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	採水場所	水温	pH	クロロフィル a 量	フェオ色素量
8月18日15時25分	中山堰堤	27.0°C	7.1	0 μg/l	3.34 μg/l
8月18日16時20分	大平堰堤	27.7°C	7.1	0.33 μg/l	0 μg/l
9月8日15時20分	中山堰堤	25.2°C	7.1	0.67 μg/l	2.60 μg/l
9月8日17時21分	大平堰堤	24.9°C	7.0	2.00 μg/l	1.97 μg/l

(2) 河床の底質について

1996年 8 月 18 日と 9 月 8 日に中山堰堤の直上流（A 地点）と下渡（B 地点）、大平堰堤の直上流（C 地点）と下流（D 地点）において、河床表面の砂礫を約 1 kg 持ち帰り、乾燥させてふるいで分別し、土砂の粒径組成を求めた。

図 3 は、土砂の中から粒径 5 mm 以上のものを取り除いた後、ふるいで分別した土砂の重量による粒径組成を示したものである。

堰堤下流の川の部分では、小さな粒径の泥土は押し流され、堰堤上流のダム湖内部にはそのような泥土が堆積すると予想される。8月18日には、中山堰堤の上流と下流では底質の粒径に明瞭な差異が見られたが、大平堰堤では上流と下流の差異は少なかった。9月8日には、中山堰堤上流間の差異も小さくなっており、大平堰堤ではダム湖内部のほうが粒径が小さいという傾向すら認められなかった。いずれの場合にも、粒径0.5mm以下の泥はほとんど存在しなかった。

大平堰堤上流のダム湖の場合、C地点の水深が30cm以内の場所で砂礫の採集を行ったため、堰堤下流のものとはほとんど差異が認められなかった。羽化トラップによる調査を行った水深1mの地点で調査を行えばもう少し小さな粒径の土砂が得られたと思われる。ともあれ、この二つの堰堤についてはダム湖内部と堰堤下流の差異はさほど大きなものではなかった。

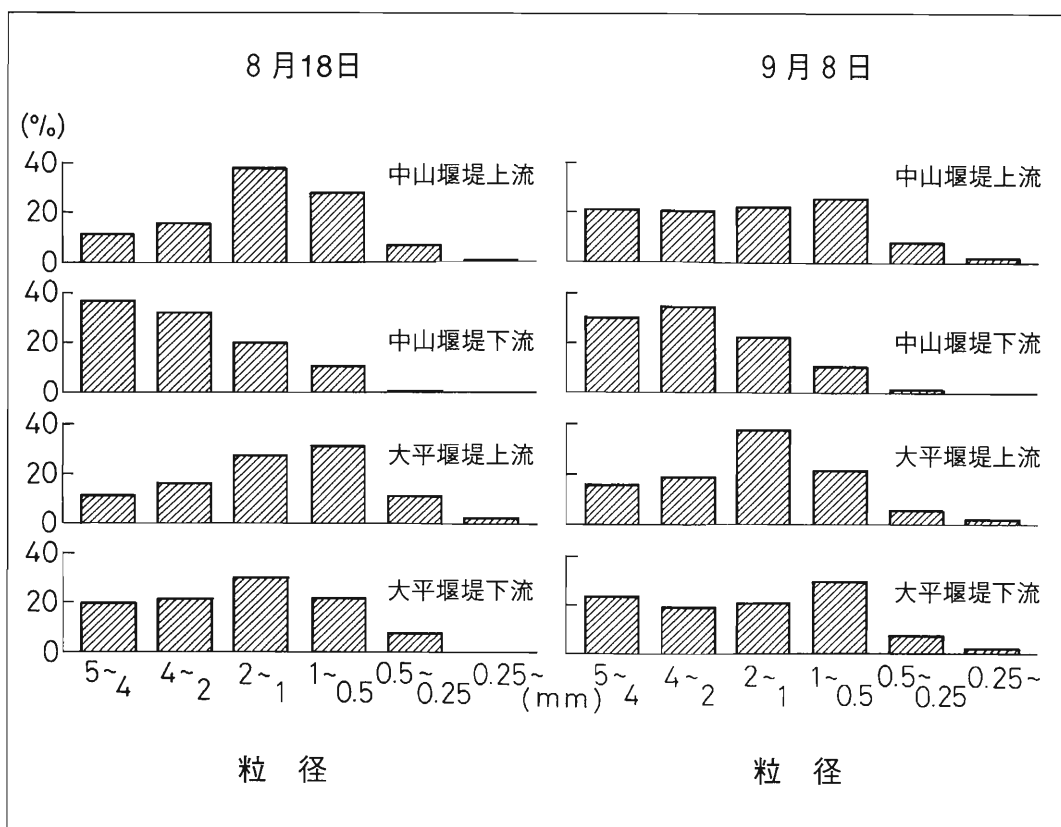


図2. 中山堰堤と大平堰堤における、堰堤上流と下流の底質の粒径組成の比較。5 cm以上の礫を除いた上で、各粒径の土砂の重量組成を求めた。

6. ダム湖内で高密度が維持される原因

(1) アミメカゲロウモドキ型巣穴について

近年、アミメカゲロウに近縁の新種、アミメカゲロウモドキが鬼怒川で発見され、さらに、その生活が新種の発見者である栃木県の青柳育夫先生によって明らかにされた。アミメカゲロウの幼虫がはまり石の壁を利用して巣穴を作るのに対して、アミメカゲロウモドキは固い粘土質の土壤にU字形の巣穴を作り、そのために老熟幼虫の密度がアミメカゲロウの10倍以上の1830個体/m²に上るとされる。

このアミメカゲロウモドキ型の巣穴がアミメカゲロウでも確認された。愛知用水(木曾川の水を知多半島に送るための水路)のアミメカゲロウを調査していた前述の八田教授は、愛知用水が名古屋市と豊明市の境界を流れる部分で、その幼虫がアミメカゲロウと同じく固い泥土の中に、石などの面を利用することなしに直接巣穴を作っている跡を多数発見した。長良川河口堰で発生したアミメカゲロウなどについては、このようなタイプの巣穴を作っている可能性が高いと思われる。

(2) ダム湖内部でアミメカゲロウ幼虫が高密度に達する理由

第一に、アミメカゲロウモドキ型巣穴を作ることがダム内部でアミメカゲロウの幼虫が高密度に生息する原因になっているかどうかを検討したい。私達は、以下の理由から、私達の調査地点では、アミメカゲロウモドキ型の巣穴は作られていない、と考えられる。

(a)ダム湖内部にもこぶし大から頭大の礫が一面に存在すること。

(b)ダム湖内部の底質が、直接巣穴を作ることができる粘土質のものではないこと。

(c)もしもアミメカゲロウモドキ型の巣穴が作られているとすれば、ダム湖に砂泥が多く堆積した方が生息に有利と考えられるが乙川では、多雨で砂泥が最も浸食されはまり石が砂泥の表面に露出したと考えられる1993年に最も大量の羽化が見られたこと。

ではなぜ、大平堰堤のダム湖であるように高密度に生息することができたのだろうか。前前報の飽和密度推定理論に返って考えてみたい。

飽和密度推定理論では、野外の巣穴の大きさや礫の状態と生息密度との関係から、礫の底が河床中に5 cm以上埋まっていないと老熟幼虫は巣穴を作れない、と考えた。密度が極大となる礫の直径は、弱偏平モデルでは20cm~24cmとなり、その高さは12cm~14cmとなるので、異なる比率で埋没している確率が等しいとした

仮定のもとでは、36%以上の礫で巣穴がつくられないことになる。川の瀬では実際にそう感じられるが、ダム湖の内部では、ほとんどの礫が深く埋まっており、ほんの一部だけが埋まっている礫は少ない。

また、礫の8割以上が埋まっている場合（図3のような場合）、やはり礫の表面に沿って巣穴を作ることはできない（出入口付近が砂の重みでつぶれてしまうため）ので、本種の幼虫は生息できない、とした。実際、ダム湖の内部では礫が深く埋まっている場合が多い。しかしながら、ダム湖の内部では、図に示したように、深い部分では礫の側面に沿って巣穴を作りながらも、出入口の部分が垂直に砂泥の中を貫いている巣穴が多く見られた。

前前報で推定した飽和密度は、埋没深度が浅すぎたり深すぎたりして生息できないとされる礫の状態が56以上%を占めるとして求めたものである。ダム湖内部では埋没深度が浅すぎるようなこともなく、埋没深度が深すぎて生息できないこともない、とするならば、理論的に算出される飽和密度は二倍強となる。二倍として200~300個体/m²となり、羽化トラップの結果とよく一致する。また、すべての礫が上端のみを露出させて深く埋まっているということも、一般に起きることではないので、例外的に多雨の1993年だけこのような密度に達したことも理解できる。

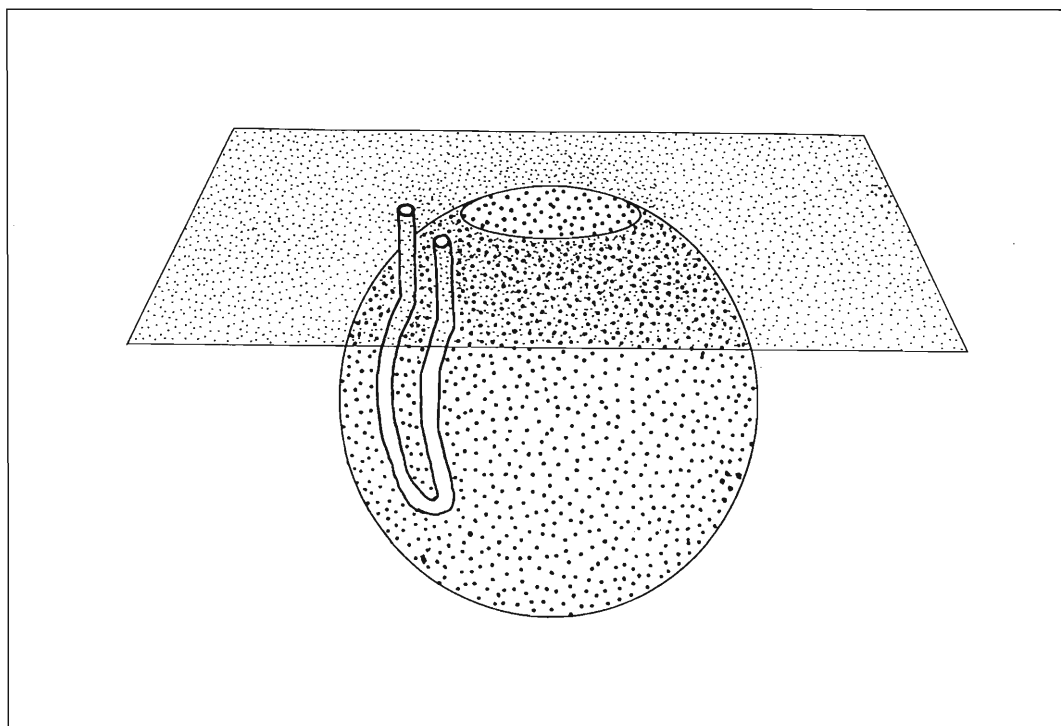


図3. ダム湖内における礫の埋没状態とその表面を利用したアミメカゲロウ幼虫の巣穴の概念図。球形のものが礫を、水平の平面が河床の土砂の表面を示す。

7. おわりに

アミメカゲロウは日本産のカゲロウの中では、最もよく研究されているカゲロウの一種と考えられる。にもかかわらず、本種の生態について、多くの間違った理解がされてきたことがわかってきた。本種の大発生の原因については、従来は家庭排水による汚濁が原因とされてきたが、ダムや堰堤の建設こそがその主因と考えられるようになってきた。ダムや堰堤の影響を調査するうちに、本種が従来考えられてきたような瀬の昆虫ではなく、ダム湖内部を主な生息域とする場合もあることがわかってきた。本種の生息にはこぶし大以上の礫が必要とされてきたが、このような生息条件も書き換えられる可能性が強く、本種の捕食者についても、私達が書き換える予定である。このように書き換えられた事柄やこれから書き換えられようとしている事柄は、本種の研究に役立たないばかりか、研究の進展を阻害してきたようにさえ思われる。私達生態を研究するものは、種の生活の可塑性を重要視し、一部の資料から生活のすべてがわかったような発言をしないよう、慎重でなくてはならない。



アメメカゲロウの幼虫調査(乙川、中山堰堤下流)



投網による天敵の調査(乙川、大平堰堤上流)



アメメカゲロウの生息河川の調査(愛知用水、東郷町)



実験室でサンプル処理をする会員
(愛知県立豊野高等学校、生物室)



アメメカゲロウの巣穴の調査(乙川、大平堰堤上流)



捕虫網による
スウィーピング
調査(矢作川本
流、平戸橋付近)



羽化トラップによる羽化亜成虫の調査
(乙川、大平堰堤上流)



魚などの餌に
利用するため、
アメメカゲロウ
の死骸を集める
会員(矢作川本
流、水源橋)