

ホタル科幼虫の食餌の摂り方について

(代表執筆) 小 俣 軍 平

1 はじめに

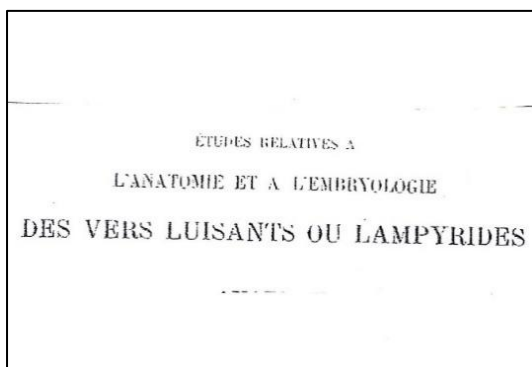
富山県黒部市の灌漑用の水路で、カワニナが多発生する環境の下で、ミミズを捕食するゲンジボタル幼虫を撮影した中 穀士氏の衝撃的な報告から、早くも 4 年の歳月が流れました。中氏は、その後も此の問題の探索を精力的に継続し、昨年ミミズだけの食餌でゲンジボタルは、2 世代にわたって生育し、繁殖問題についても支障のないことを、陸生ホタル研の月報 91 号で（予報）として報告しました。これは、陸生ホタル研の会員・調査協力者のみならず、永年にわたりゲンジボタルの保護・保全活動にとり組んでいる全国の多くの方々の驚きと感動を呼びおこしました。

ゲンジボタル幼虫が何を食べているのかという点については、なお多くの謎を秘めており、水生の貝類・ミミズの他に第三の食餌があるのでは……？、とも言われています。中氏は、この研究結果で満足することなく、その後もゲンジボタルの生態について、未解決の新たな課題に向かって調査・研究活動を継続しています。その成果の発表が期待されています。

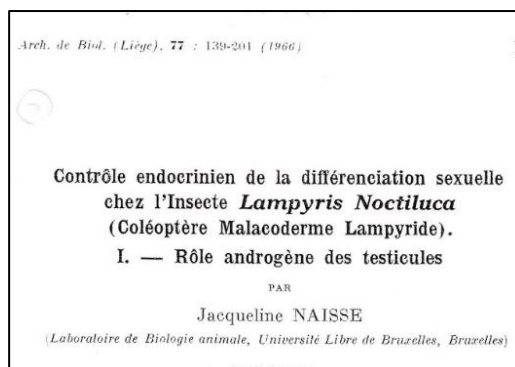
ゲンジボタルの幼虫の食餌については、何を食べているのかという問題と平行して、もう一つ「**どう食べているのか**」という、大きな研究課題があります。「**体内消化か、体外消化か**」という問題です。これは、ゲンジボタルだけの問題ではなく、ホタル科全体の問題ですが、これについては、フィールド・室内飼育の両面からの調査・研究、その源となった文献探しと、陸生ホタル研としてもここ 4、5 年精力的にとり組んできました。しかし、これまでのところ国内では、この問題の基になったと思われるような論文は、見つかっていません。

そうしましたところ、昨年の 5 月に、(株) オリンパスの鈴木浩文先生から 1922 年と 1966 年にフランスで発表された、陸生ホタルの解剖に関する下記の様な 2 通の論文をご教示頂き、また同時にコピーも御恵贈頂きました。どちらも古いものですが、詳細な解剖図がっていた、50 ページから 60 ページの本格的な大論文でした。特に①の論文は、日本のマドボタル属によく似た陸生のホタルの解剖で、注目される内容が込められていました。そこで、今回はこの①の論文の最初のところで報告されている、ホタル科の幼虫の食餌の摂り方とそれに関わる身体構造の問題を取り上げてみました。以下、まず、論文をご紹介します。

①



②



先にも述べましたように、フランス語の論文です。鈴木先生から頂いたものの、私達にはフランス語の知識がなく、読むことができませんでした。そこで、陸生ホタル研の会員の中にこれを読める方がいないかと想って呼びかけてみました。そうしましたところ。名古屋市の若杉和男様から、親戚に塾の講師をしている方が居り、大学ではフランス文学が専攻でしたので、翻訳できるかも知れない・・・・、というお知らせを頂きました。

この方は、坂本晴恵様という方で、早速論文のコピーを持参して見て頂いたところ、「学術論文ですから用語が難しいかも知れませんが、必要なところを指定して頂ければ、訳してみます」と言うお言葉をいただき、これは有り難いと言うことで、塾の講義でご多忙中のところを、早速お願いいたしました。

その結果、今年の1月になって、坂本様から日本語に翻訳された論文が郵送されてきました。一つ目の論文はタイトルが、「ホタルの解剖学と発生学についての研究」、論文の著者名は、E. ブニヨン（ブニヨン） 此の論文の掲載誌は、「フランスとベルギーの生物学報告書 56巻 1-53 1922」。

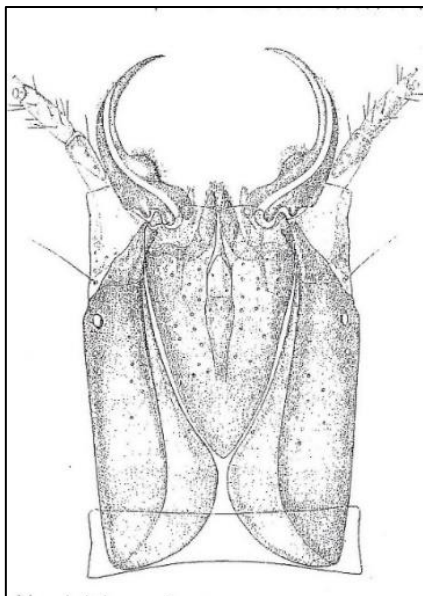
二つ目の論文は、タイトルが「昆虫（昆虫鞘翅目）における内分泌腺検査及び性的識別」、著者名はジャックヌ ネス この論文の掲載誌は、「生物学の記録リエージュ（ベルギーの都市名）77巻 139～201 1966」。

そこで、早速これの①をもとに、ホタル科幼虫の食餌の摂り方とこれに関わる体内組織構造の問題を検討する事務局段階の学習会を、2月に開きました。この会には、皆越ようせい氏・蒔田和芳氏のお二方にもご参加頂きました。今回はその時の結果を基に、一つ目の論文の冒頭に記載されている、「ツチボタル」の食餌の摂り方について、報告いたします。なお報文中の解剖図は、①の論文から転載させて頂きました。本文は、坂本晴恵様に翻訳して頂いたものです。

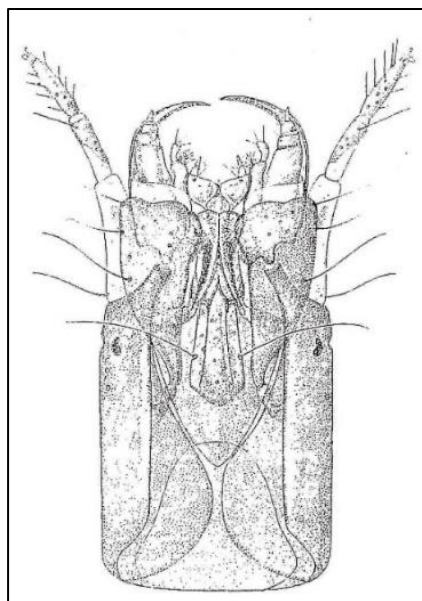
2 「ホタルの解剖学と発生学についての研究」 E. ブニヨン

註： 冒頭に掲載されている「ツチボタル」幼虫の頭部の解剖図1～4図（小俣）

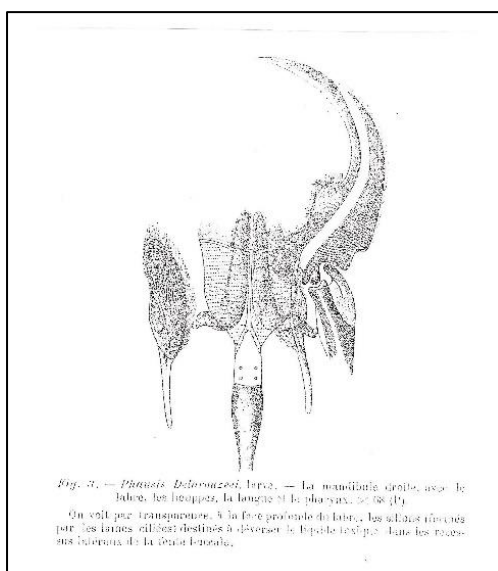
1 図



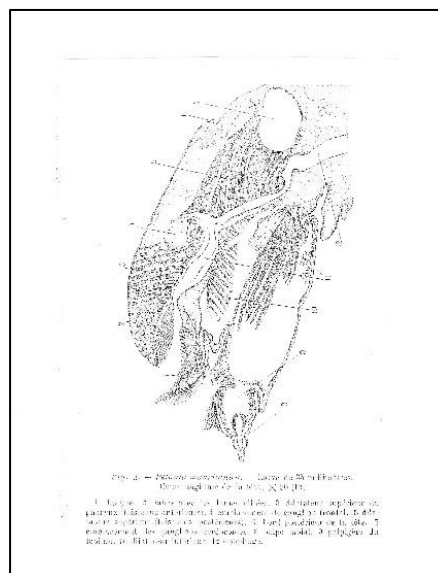
2 図



3 図

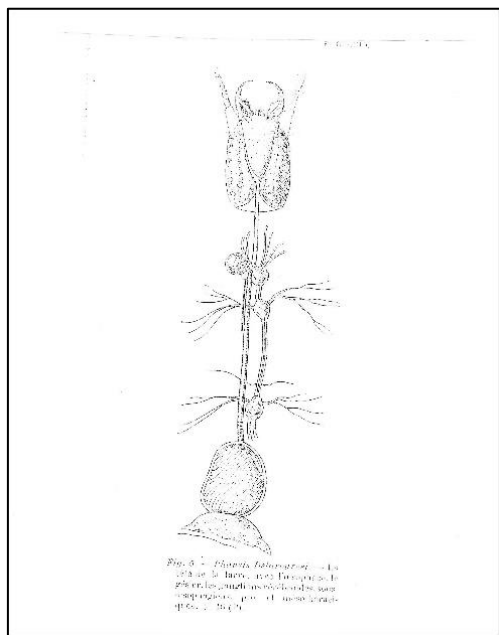


4 図

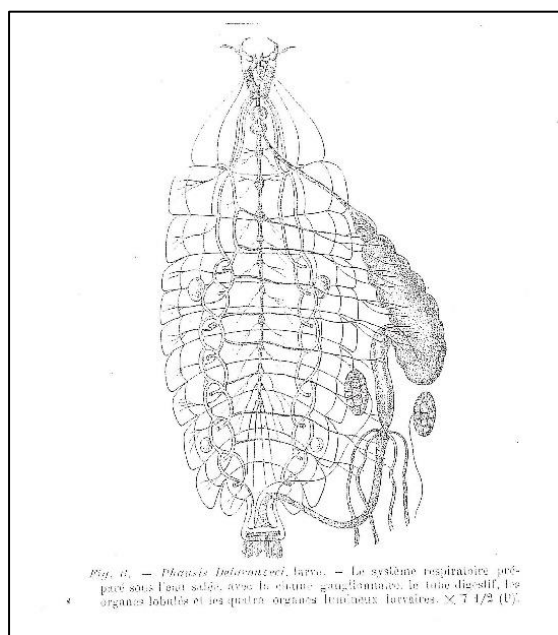


註： 次も、同じくツチボタルの体内組織の解剖図 5～7 図 (小俣)

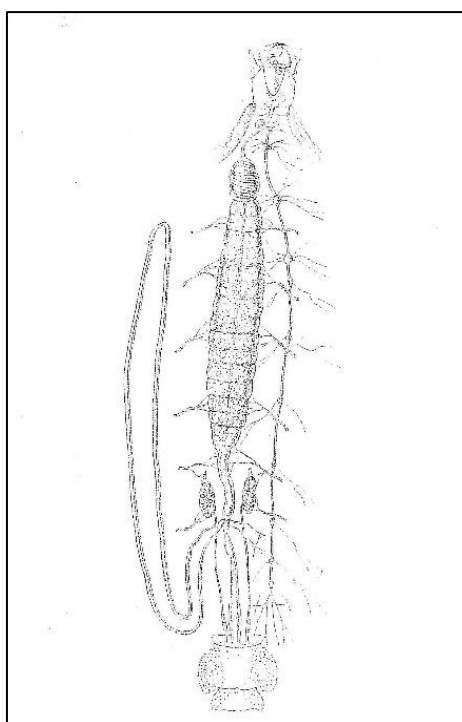
5 図



6 図



7 図



註：以下、上掲の解剖図に関する解説文 坂本晴恵 訳 (小俣)

.....
ホタルは解剖学的構造の観点から見るとホタル独特のいくつかの特徴があり、注目に値する。

I まず最初に幼虫の下顎細管（細い管のくちばし（吻）と、一般的にいうと、口腔部分の配列がある。小さなカタツムリやナメクジを食べて生きるのも、ホタルの幼虫は鋭く曲がった半月形の鎌の形で、一本の管が通った吻を持っている。小さな食いしん坊であるホタルの幼虫は犠牲者（えもの）の肉体に二本の牙を突き立てながら、胃から分泌された褐色がかった液体（毒性が有ると同時に麻痺させたり、消化を促進する）を獲物の皮下に注ぎ込む。その液体を注入されたカタツムリはそのウイルス（害毒）の作用で殺されるだけでなく、部分的に消化され、直ちに半液体のブイヨン（肉汁）に変わる。

ホタルの幼虫の食糧補給にあたっては、この栄養のあるブイヨンは幼虫の毛を備えた口を使って養分を摂取される。それは毛細管現象により、そして特に二枚弁の咽頭運動（拡張筋と括約筋を備えており、吸い上げポンプの役割をする）によって養分を吸い込むのである。故にホタルの幼虫は、はっきりと見分けられる三つの器官が有る。

- ① 細い管の吻、とりわけウイルス（毒）の注入の用途に当てられる。
- ② 毛を備えた口（液体の食料の吸収摂取の用途に当てられる）
- ③ 二つの弁の咽頭（筋肉によって動かすもので吸収の最大の要因）

II 二番目のホタルの特徴は脳神経節と下部食道である。それらは幼虫において頭部の中に位置する代わりに、頭部の後方に見られる。前述の（神経）節と（いつも食道を通して）結びついている結合により形作られた神経リンクは、解剖時頭部と胸部あるいはそれ以上に前胸部でより頻繁に見られる。

図面 5 は、プロバンス地方のツチボタルの幼虫を描写した（借りた）ものだが、この点において十分に証明に役立つ。この形態の変則は恐らくたいして苦勞もせずを示すことができるであろう。手のかかる吸引器官、非常に発達した筋肉組織、脳は頭部の囊の後方に衰退した。咽頭の膨張をより広範囲に取り込むことができるように。

前出の断面図（図面 4）はこの見解の裏付けとして（証拠として）示している。上部の膨張は頭に相当する囊の一部に繋がられただけでなく、上頭部の lame（薄片？蓋？）までの長さいっぱい（図面 1）、言い換えれば下唇と後頭部の間に含まれた囊のすべての部分にまで及ぶ。空いている空間は頭部の後方の断面図に見ることができる。その空いている空間は神経節で占められた生きている昆虫に見られた。図面 32（生まれたてのホタルが描かれている）は、その点についてより明白である。 註： 図面 32 はここには掲載してありません（小俣）

Ⅲ 幼虫の消化管（図面 6 と 7）は、幼虫そのものと同じく我々の注意を促すに値する。食道は糸状で等しい大きさで、頭部が引っ込められた時（胸部の中への収納）、はっきり際立った曲がりくねりの特徴を呈する。

それ独自のそのうは白っぽい色の卵形の器官で、とりわけ筋肉の多い細胞壁によって特徴がはっきり表れる。とりわけ胃から分泌される毒性の体液を下顎の管の中で逆流させる用途に当てられ、そのうは伸びたり縮んだりゴム製の梨形の容器（スポイト？）のように交互に伸縮する。胃の中に入っている液体の吸引は細胞壁が伸ばされた時に自然に行われる。

一方細胞壁が収縮する時には（液体は）口腔へと押し込まれる。VOGEL によって研究されたホタルのそのうは、私は、それについては改めて言及しない。（実験用の）レトルトの形をした湾曲した黄色がかった胃は、割合に大きく多くの皺が見られる。その皺は内側へ突起しており、分泌物の面積を増やすものである。その上皮（組織）は（こぶ状）美しい細胞の小さい突出部分の上、隙間の間、より低半円式の細胞の中に見られる。その表面には、非常にまばらにいくつかの縦の繊維が見られる。腸は短く狭く細胞壁内に入った環状の繊維の存在に起因する張り出し（ふくらみ）とせばまりの連続を示すのみである。

Ⅳ マルビーギ管は独自の配列をしている

一般的な昆虫では、これらの管は一本のいきどまりで終了する。（開閉）自由な端という形で終わりになる。ホタルのマルビーギ管は（幼虫や成虫では全部で 4 本）左右にアーチを構成するように両側に対でかみ合わさっており、およそ同じ大きさである。

まず最初に *pelania* の幼虫を観察するにあたり、マルビーギ管のアーチが準備された。それからさまざまな *Lampyris noctiluca*, *Phausis Delarouzei* や *Luciola lusitanica* 解剖の途中（間）にも、幼虫の段階と同様に成虫の段階でも、アーチの構成で配置されたマルビーギ管の存在は、恐らくホタル科の特別な特徴とみなされるであろう。

Ⅴ 肛門の突起

ホタルの幼虫は、肛門のあたりに外皮の延長で出来上がった突起の二つの集まりがある。それらは、動物次第で外に突き出したり、中に引っ込めることが出来る。表面に小さな牙が立ち並んだこれらの突起は、それらが突き出した時、粘着の道具（接着剤）の役をし、とりわけ爬行の動きの中で使われる。それらはさらに掃除の道具（掃除機）を作りあげ、それらにくっついた異物を表皮から取り除くのに役立つ。個別に（それとは切り離して）考えると、肛門の突起は恐らく肛門の周りにはさみ込まれた端が開いた極めて小さい手袋の指（指先がない手袋）になぞらえることが出来るだろう。筋肉繊維によって留められたその端が閉じた時多かれ少なかれ深く内側から引き出される。

（後略）

3 この論文を読んで

(1) ホタルの幼虫の体外消化説との関わり

E. ブニヨンのこの論文は先にも書きましたように、1922 年（96 年前）に発表されたものですが、解剖図とその解説から、我が国で広く知られ、なかば神話化している「体外消化説」と「ゲンジボタルは、限られた種のカワニナしか食べられない 説」の基になった研究ではないかと想いました。ただ、ブニオンは、上記のように、「体外消化」という用語は使っていません。解剖図は、精密を極めていて、胃液の逆流、半液状の汁の体内への取り込み方は、なるほどそういうことだったのかと理解しました。

ところが、もう一つ、「ホタルの幼虫の餌の取り方について」は、この論文でも解けない謎があります。それは、陸生ホタル研が発足して 2 年目の夏に、月報 10 号に掲載した東京都小平市の蒔田和芳氏のクロマドボタル幼虫の食餌に関するフィールドでの観察記録の内容との関わりです。以下、蒔田氏の報文の一部を再録してみます。

※ クロマドボタルの幼虫が、夜間に木の葉の上で小型のクモを捕食した瞬間（1 分間）の記録 観察地は、埼玉県所沢市北野町南 1 丁目（長者峰湿地）

観察日時 2006 年 7 月 19 日 20 時 44 分～45 分

観察者・撮影 蒔田和芳

1：図



2：図



3：図



4：図



この蒔田氏の観察結果の報告は、当時大きな反響を呼び起こしました。上述の報告のように当時は、「ホタルの幼虫は餌を体外で消化液で溶かして肉汁にして啜る」が、定説のように広がっていましたので・・・、小型のクモを溶かさずに、ぱくりと丸呑みにして食べているのは俄に信じがたい情景でした。蒔田氏はこの後も、東京都西多摩郡の丘陵地や埼玉県所沢市の丘陵地で、この記録と同様に、クロマドボタルの幼虫が、アズマネザサの葉の上で、ダニやクモなどの小動物を溶かさずに丸呑みにしている光景を何回も観察しています。その後、小型のクモを丸呑みにする光景は、岐阜県の田口仁一氏も室内飼育で観察した例をHP（岐阜 里山ホタル）で公開しています。

また、2013年9月26日には、千葉 豊氏が岩手県二戸市折爪岳山頂下の遊歩道で、ヒメボタルの幼虫が、体長10cm以上もあるフトミミズを捕食しているのを発見し、これを千葉氏以外に、蒔田和芳・三角義彦・小俣軍平の3人も参加して、同所で目視で40分間にわたり継続観察しました。（月報67号）下記の図がその時の記録です。この場合は、捕食されているミミズの体の、噛みつかれている部分が、液状になって溶けている様子は、見られませんでした。 註： 撮影は、1：2：図とも蒔田和芳氏です。

1：図



2：図



次に海外の例ですが、名古屋市在住の平田秀彦・若杉和男の両氏が2013年にタイ王立博物館を訪れた際に、学芸員が撮影した、陸生ホタルの幼虫が、大型ミミズを捕食している動画を頂いてきて、御恵贈下さいました。これを見ますと、幼虫は、Eブニョンの言うところの、半月型の鎌のような吻でミミズに噛みつき、吻を動かして食べています。これは、動画ですので、静止画像以上に捕食の瞬間の状況をリアルに見ることが出来ます。この場合もミミズの体が溶けている様子は見られません。

そこで、食餌の摂り方の謎ですが、まず一つ目に、ホタルの幼虫の口蓋は、液状になった物を吸引する構造になっていることが、詳しく解説されています。この通りだとすると、固形物は取り込めないことになります。しかし、蒔田さんの観察記録のように、現実にはクロマドボタルの幼虫は、小型のクモやダニの仲間を捉えて丸呑みで呑み込んでいます。

次に、二つ目の謎ですが、鎌のような吻を使って胃液を注入し、獲物を溶かす（肉汁にす

る) これを、毛の生えた口蓋を使って吸い込むと言われます。しかし、クロマドボタル・ヒメボタル・タイの陸生ホタル幼虫の一種の、捕食の現場を観察すると、獲物が溶けているようには見えません。ただ、この点については、一つ目の謎と異なって、目視による観察ですので、実際には溶けているのだけれども、見る事が出来ない。あるいは見落としているのでは・・・と、いうことも考えられます。溶けているのだけれども、見えないのか・・・と、いう点については、次の様には考えられないでしょうか？

ホタルの幼虫が、鎌のような吻を獲物に突き刺し胃液を注入すると吻に近接した部分が溶けて液状になります。それを毛の生えた口蓋ではなく、鎌のような吻で今度は吸い上げて胃に送る。つぎに、鎌のような吻を獲物の肉に再び差し込んで、逆流させた胃液を注入する。溶けたら、鎌のような吻で再び吸い上げて胃に送る。この動作をくり返して獲物を取り込む。この方法だと、外から目視で観察していても、獲物の肉が溶けて液体になった状態を見ることは出来ません。

そこで、この2月～3月にかけて、事務局で現在小俣が室内飼育している、マドボタル属幼虫を使って、食餌の摂り方を改めて観察してみました。餌は観察しやすく幼虫も好んで食べるリンゴを使いました。

1：図 リンゴを食べるマドボタル属幼虫 ①



2：図 1：図をトリミングしたもの ②

マドボタル属幼虫は、神経質ではなく、接近してルーペを使って観察していても、お構いなくリンゴを食べています。ブニョンの言うように、吻をリンゴに突き刺し、突き刺し食べています。しかし、リンゴの果肉は、溶けて流れだすことはありません。食べた後で確認すると

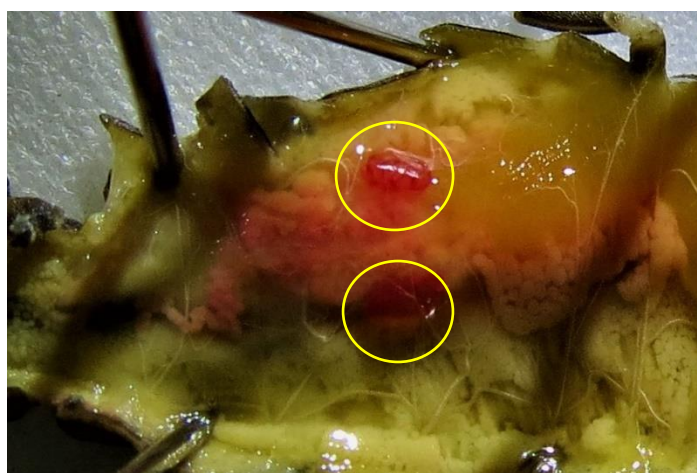


リンゴの果肉に幅 2~4mm、長さ 2cm 程、深さ 2mm 程の溝ができます。

次に食餌の問題ではありませんが、内臓の問題に付いて、ここ 3 年マドボタル属幼虫、蛹・成虫と解剖に取り組んでいますが、ブニョンの解剖図に見られるような大きな胃は、本土産マドボタル属・ゲンジボタル・ヒメボタルの幼虫にはみつかりません。

余談になりますが、もう一つ、6：図 7：図で、胃の管に続いて下腹部に左右ツインの小さな楕円形の臓器が有りますが、この臓器が何なのかは、ブニョンの解説文には見られません。これによく似た臓器が本土産マドボタル属には有ります。これについては今後の月報で詳しく報告します。お楽しみに・・・。

3：図 マドボタル属幼虫の腹部解剖図 （黄色丸がそれに当たる）



4 おわりに

フランスのブニョンは、私達からすれば雲の上のような存在です。すぐれた解剖学者だと想います。そのような立派な方の論文に「？」符を付けることは本当に恐れ多く、身の程知らずと笑われそうですが、あえて、ホタル科幼虫の食餌の神話化している問題の謎を解きたい一心で、この報文を書きました。陸生ホタル研の、会員・調査協力者の皆さん方、ご覧いただいて、是非とも忌憚のないご意見をお寄せ下さい。お願いいたします。

あとがき

皆様方への送信が年度末の 3 月を過ぎましたが、この 95 号を持って陸生ホタル研の 2017 年度を終了といたします。会長だった小西正泰先生が、鬼籍入りして早くも 5 年の歳月が流れました。「光陰如箭」という諺を実感させられています。

不思議なことに、本土産のホタルの生態に関する大きな発見が有りますと、亡き小西正泰先生が、しばしば夢枕に登場してきます。雲に乗り、千の風になって日本中を駆け巡ってい

る先生は、

- 常識を疑ってみる。
- 理屈よりも前に現場で事実を丹念に調べる。
- 調べる過程では誤認も起きる。
- 誤認は現場で事実を丹念に調べ研究することで自から訂正できる。
- 理屈はその後でいい。
- 調査は、いつも楽しく・根気よく・焦らないで。

と、私達に呼びかけて下さいます。「がんばれよ！！」と、優しく背中を押して下さいます。

4月から始まる2018年度には、会員・調査協力者の皆さんのお力で、どんな発見が有るのでしょうか・・・、楽しみな一年になりそうです。