

ヘイケボタル自然繁殖のための環境づくり

ARRANGEMENT OF THE ENVIRONMENT FOR BREEDING OF FIREFLY, Luciola lateralis

余湖 典昭¹⁾、井上 聡²⁾

by Noriaki YOGO, Satoshi INOUE

In 1987 OKABARUSHI Sedimentation Reservoir was constructed in the TOYOHIRA River basin, SAPPORO City. From 1988, for the effective use of reservoir space, arrangement of the environment has been made for the inhabitation of firefly, namely, making ponds, planting, breeding test of snail (marsh snail, lymnaeid, a bit for the larva of firefly), etc. Consequently, spontaneous generation of firefly was confirmed in 1990. Thereafter, yearly increase in number of firefly, that is, success in attempt of arrangement for breeding environment was proved.

Key words : Breeding of Firefly, Sedimentation Reservoir

1. はじめに

札幌市の母なる川である豊平川の砂防対策事業の一環として、その支流であるオカバルシ川に土砂災害防止を目的とした遊砂地が北海道開発局によって昭和62年に完成した。遊砂地は旧河川の蛇行部空間を利用し堆砂域として拡幅したものであるが、オカバルシ川下流部は宅地化が進んでおり、計画当初から遊砂地に市民の共有空間としての役割を持たせることが検討され、昭和63年から札幌市によって地内の親水公園化工事が開始された。公園の上流側約半分の面積は水辺の生態観察（特にヘイケボタル）を主目的とした空間作りが計画され、著者らはそれに関連した生物・水質調査を昭和62年度から継続している。その結果を公園内施設的设计経過と関連させながら、生態系に配慮した環境づくりの一事例として報告する。

2. 計画策定と事前調査

2・1 組織

環境整備が計画された昭和62年度から、下記のような様々な専門家がこの事業に参加している。

行政；河川・砂防（北海道開発局）公園（札幌市）	→土木・公園工事担当
研究者；昆虫、水生生物、水質	→生物・環境調査担当
愛好家	→アドバイザー
事務局；北海道開発協会	→総括・生物調査担当

1) 北海学園大学教授 工学部土木工学科（〒064 札幌市中央区南26条西11丁目）

2) 北海道大学農学部（現在北海道栽培漁業振興公社技術顧問（〒060 札幌市中央区北10条西20丁目））

本研究のように生物を対象に環境整備を行う場合、その生態と必要な環境条件の理解がまず必要となる。したがって、砂防機能と環境整備を両立させるためには、土木工学以外の専門家との情報交換が重要である。結果的に本研究が一応の成果を収めた最大の要因として、上記のような幅広い専門分野の人達が同じ土俵で議論したことが上げられる。

2. 2 事前調査（昭和62年度実施）

遊砂地の環境整備を実施する前に、幾つかの事前調査を行った。その概要は以下の通りである。

(a) 自生地の環境、生物、水質調査

札幌市近郊のヘイケボタル自生地の環境、生物、水質調査を実施し、繁殖に必要な条件について整理・検討した。

(b) オカバルシ川流域の生物、水質調査

オカバルシ川流域を対象として、底生生物、水質に関する調査を行い、幼虫の餌となる巻き貝、ヘイケボタルの生息調査、オカバルシ川の水質の特徴とヘイケボタル生息の可能性について検討した。

(c) 文献調査

文献によりヘイケボタルの生態、生息環境条件を調査した。

(d) 聞き取り調査

過去を含めて、オカバルシ地区のヘイケボタル生息に関して付近住民の聞き取り調査を行った。

事前調査によって、オカバルシ川本流にはヘイケボタルおよび幼虫の餌となる巻き貝（カワニナ、モノアラガイ）は確認できなかった。しかし聞き取り調査により、オカバルシ川から導水している私有地内の池にヘイケボタルが自生していることが明らかになった。またオカバルシ川の水量は降雨に対する応答が非常に早く、流量、流速、水質などが急変することが事前調査により分かり、このことがヘイケボタルが生息しない原因であると推定された。これは、自生池の環境をモデルとして流速の低減を図ることにより、ヘイケボタルが生息可能な水質であることを意味し、以後の計画策定の基礎となった。

3. ヘイケボタルの生態と環境整備の基本方針

3. 1 ヘイケボタルの生態¹⁾

ヘイケボタルの一生と、生息に必要な環境条件を示すと表-1のようになる。発光するホタルとしてはゲンジボタルとヘイケボタルが良く知られているが、北海道ではヘイケボタルのみが自生可能である。ヘイケボタルの生態は、ゲンジボタルと大きな差はないが、体長は小さく光りも弱い。また、ゲンジボタルのように一斉に上陸せず、比較的長い期間にバラバラに上陸する。そのため羽化する時期も集中せず、ゲンジボタルのように成虫が群舞することは少ない。生息に必要な水質環境もゲンジボタルほど厳しくなく、農薬など有害物質を除くと汚染に対して比較的強いことが特徴である²⁾。ホタルの一生の中で、成虫として発光しながら飛翔する期間は非常に短いが、その神秘的な姿ゆえに成虫にのみ関心が持たれ、その他の生態は意外と知られていない。ホタルの飛翔を観察する行事は全国各地で行われているが、多くは人口飼育した巻き貝、幼虫の放流を毎年継続している場合が多く、ホタルにとってリサイクルが可能な環境条件が整備されているとは限らない。しかし、真にホタルの生態に配慮するならば、表-1を参考に継続的に生息可能な環境条件が整備されるべきと考えられる。

表-1 ホタルの一生と環境条件

生 態	関連する環境条件	季節
↓ 卵		夏
↓ (ふ化)		
幼虫	餌 (カワニナ、モノアラガイ)	秋～春
↓		
↓ (脱皮)		
上陸	岸辺に土があること	初夏
↓		
↓ (土中)		
蛹化		
↓ (羽化)	地温、湿度の上昇	
成虫		夏
↓	樹木(休息場所)	
交尾	<u>(飛しょう期間)</u>	
↓		
産卵	川岸のコケ等	
↓		

3. 2 環境整備の基本方針

2. 2で述べたように、流速低減対策および環境整備を実施することによってヘイケボタルの生息が可能であることが事前調査の結果から推定された。これを受けて遊砂地内の環境整備の考え方について議論を重ね、次の2点の基本方針にしたがって作業を進めることとした。

- ① 成虫の飛翔のみを目的とせず、リサイクル可能な環境整備を目指す。
- ② 幼虫の生息に不可欠な巻き貝（カワニナ、モノアラガイ）の放流・定着試験を最初に行い、越冬・繁殖などの基礎データを得る。

上記のような基本方針を決定するまでには様々な議論があった。すなわち、幼虫・巻き貝を放流し、『成虫の飛翔』という結果を早期に望む意見も出された。仮定ではあるが、土木技術者のみの組織でこの計画が実施されていたならば、結果を重視した方針が決定されていたと思われる。しかし、前節で述べたヘイケボタルの生態に関係者が理解し、この段階で上記のような方針を決定したことが、その後の予想外の成果と、『生態系に配慮した環境整備』の一事例として貴重なデータの収集に繋がったと言えよう。

4. 遊砂地内の環境整備（昭和63年から実施）

表-2にオカバルシ川遊砂地の概要を、また図-1にはヘイケボタル生息を目的として水路を整備した上流部の状況を示した。図-1のようにボタル生息用の池（水路）は、A、B、Cの3カ所設置した。深さ50cm、幅1~2m程度の細長い水路である。底には径数10cmの割石を敷き、護岸には自然石と『しがら工』をほぼ半々に用いた。水底の割り石はカワニナ、モノアラガイの生息場所の確保のために敷いたものである。すなわち、割り石表面に付着する藻類が餌となり、また石の間隙が隠れ家となることを想定したものである。また、護岸に用いた『しがら工』は伝統工法の一つであるが、柳の枝を組んで護岸するものであり、成長の早い柳の特性を利用している。この工法によって、産卵あるいは幼虫の上陸に適した環境が整備されるものと考えられ、また柳が成長した場合、日蔭、成虫の休息場所の確保も期待できる。

表-2 遊砂池の概要

確率規模	; 1/150
対象土砂量	; 16,000 m ³
対象降雨	; 270 mm/day
対象流量	; 65 m ³ /sec
面積	; 約 7,000 m ²
(河床部分)	
河床勾配	; 1/25(上流部)
	; 1/50(下流部)

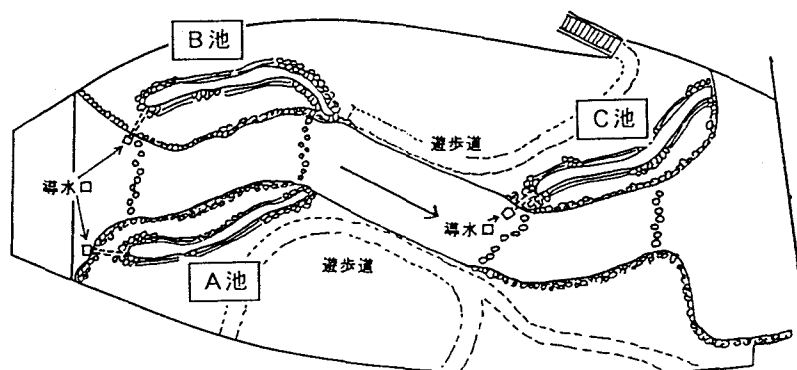


図-1 オカバルシ遊砂地上流部の整備状況

5. モノアラガイ、カワニナの放流・定着試験

5. 1 モノアラガイ、カワニナの生態¹⁾

カワニナとモノアラガイはいずれも河床の付着藻類を主な餌としているが、その生態は若干異なる。カワニナは生育環境としては、一般に止水域より流水域を好む。卵胎生であり、雌貝の胎内で卵が孵化し、1mm程度の大きさの稚貝が産出され1年で5~10mm程度に成長する。稚貝の産出は水温が16~17℃になる時

期が最も盛んと言われている。

一方モノアラガイは止水域を好み、生殖方法もカワニナと異なり卵生であり、寒天質に保護された卵囊が石や植物に生み付けられる。

先に述べたように、ヘイケボタルの自然繁殖の必須条件として、幼虫の餌となるカワニナ、モノアラガイの豊富な存在が上げられる。ボタルの幼虫を人工飼育すると様々な水中の生物を食べることが報告されているが、最も好む餌はカワニナであり、次いでモノアラガイも好むと言われている。

5. 2 行動・定着に関する予備調査（昭和62～平成元年に実施）

2. 2で述べたように、昭和62年に行われた予備調査ではオカバルシ川本流にはカワニナ、モノアラガイの生息は確認できなかった（その後、平成元年に遊砂地上流の支川でカワニナの生息を確認）。そこで遊砂地内の池の整備が行われる前に、オカバルシ川の環境下でカワニナの生息が可能か否かを推定するために、次のような予備調査を実施した。まず昭和62年から63年の冬期間に、オカバルシ川本流にポリ容器にカワニナ（千歳川で採取）を入れて放置し越冬の可否について調査した。その結果死亡率は6%に過ぎず十分越冬できることが確認された。次に昭和63年5月から8月にかけてマーキングしたカワニナをオカバルシ川本流4カ所に移植し、その行動を追跡調査した。その結果個体によって差があるが、多くは下流方向に移動し、5月から8月の約3カ月間の移動距離は最短で3.6m、最長で86mという結果が得られた。この間、マーキングしたカワニナの発見率は20～50%に低下したが、これは主に移動範囲の拡大が主たる原因と推定された。以上の結果から、遊砂地内に池を整備しカワニナを移植した場合、一部池の外に移動する可能性はあるものの定着が可能であるものと推定された。

平成元年度7月には、遊砂地内に完成したA、B、C池にそれぞれカワニナ50個体（マーキング処理）とモノアラガイ20数個体を放流し、その後11月まで行動様式、定着状況を観察した。カワニナは本流への移植調査結果とは逆に、主に上流方向に移動し池外上流にまで移動した個体も多く見られ、最終的な発見率は10%前後まで低下した。一方モノアラガイは9月以降稚貝が観察され、特にC池では11月に629個体のモノアラガイが肉眼で観測され、順調に定着していることが分かった。このようなカワニナとモノアラガイの定着状況の違いは、遊砂地内の池の流況が止水域に近かったこと、モノアラガイが卵生のため急速な増殖が可能であったことなどが主な原因として推定されたが、カワニナの個体数は減少したものの、9月には稚貝も観察され繁殖の可能性は残された。

オカバルシ川の水を導水し、ヘイケボタルが自生している池には、カワニナ、モノアラガイが混生している。この池をモデルとすれば、カワニナの定着については在来種の移植などさらに検討が必要と判断された。

5. 3 カワニナ、モノアラガイの放流・定着試験（平成2年度～）

予備調査によると、モノアラガイは順調に増殖したが、カワニナについてはあまり良い結果は得られなかった。しかし、幼虫の餌としてはカワニナが最適であるため、カワニナについて放流・定着試験を次のような方針で実施した。

- ① 既にモノアラガイが相当の個体数生息していること、および卵生と胎生の差によりカワニナの増殖速度はモノアラガイに比較して遅いと考えられるため、大量の個体数を放流する。
- ② 在来種（遊砂地上流の支川で採取）を混ぜて放流する。

予備調査を含めて、各池へのカワニナ、モノアラガイの放流数を表-3にまとめた。B、C池には各々計40,000個体以上（内在来種は610, 560個体）のカワニナを放流したが、A池は対照区として比較するため放流は行っていない。予備調査では放流カワニナにマーキング処理して行動を観察したが、平成2年以降は各池に方形区（50×50cm, 0.75m²）を3カ所設け、その中のカワニナ、モノアラガイの個体数を計測した。

平成2年から4年までの、カワニナ、モノアラガイの各池の生息密度の調査結果を図-2に示した。

表-3 カワニナ、モノアラガイ放流個体数

池	種 類	放 流 年 月 日、個 体 数					合 計
		平成元年	平成2年				
		7月15日	7月16日	7月23日	7月27日	9月12日	
A	カワニナ	50	—	—	—	—	50
	モノアラガイ	20	—	—	—	—	20
B	カワニナ	50	500	110	19,000	21,000	40,660
	モノアラガイ	20	—	—	—	—	20
C	カワニナ	50	450	110	18,000	29,000	47,610
	モノアラガイ	20	—	—	—	—	20
採 取 地		遠浅川(早来町)		オカバルシ川		チップベツ川(細町)	
備 考		予備調査			個体数は推計値		

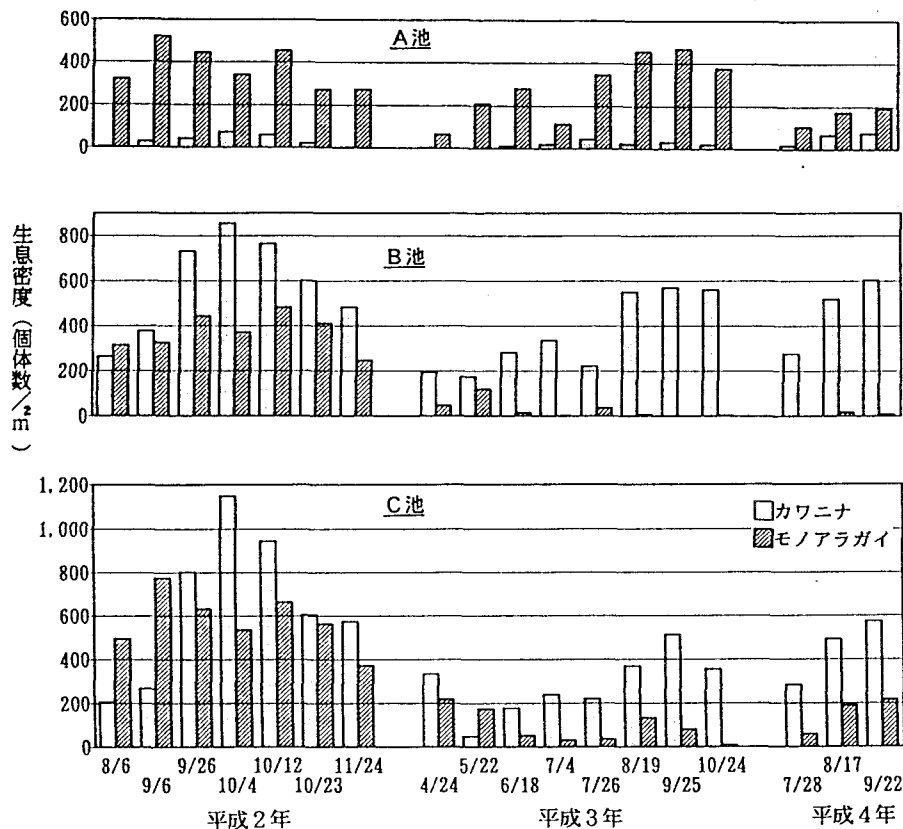


図-2 カワニナ、モノアラガイの生息密度の変化

(a) カワニナの生息密度の変化

先に述べたようにA池は予備調査で50個体放流したものの、平成2年は対照区でありカワニナの放流を行っていない。したがって、その後の生息密度は非常に小さい値である。一方B、C池は、平成2年の7月と9月に大量の放流を行っているが、11月に向かって徐々に生息密度は減少して行く傾向が認められる。これは主に水温の低下によって底泥中へ潜ったものと思われる。平成3、4年のB、C池の生息密度の変化を見ると、4月から徐々に増加し9～10月に最大値をもつパターンとなっている。7～8月から稚貝が多数観察されることから、繁殖によって9～10月にピークを持った変化になると考えられる。全般に生息

密度は平成2年に比較して、3、4年は小さな値となっているが、平成2年は放流直後の調査結果であり、その大小を直接比較することは適当でない。底泥中に潜っている個体数を考えると、平成3、4年についても実際の生息数は観測値よりもかなり多いことが推定される。このように、稚貝が多数観測され、2年間に渡って個体数が維持されていることから、B、C池ではカワニナ其自然繁殖が行われていると見なすことができる。

(b) モノアラガイの生息密度の変化

モノアラガイは平成元年7月に各池に20個体放流しただけであるが、前述のように秋には相当数の増殖が見られた。さらに平成2年夏には、最大800個体（C池、9月6日）以上の生息密度が観測されて順調に繁殖している。平成3年もA池では同様の傾向が見られるが、カワニナを大量に放流したB、C池では放流翌年からモノアラガイが急減し、特にB池で著しく減少した。このように、カワニナとモノアラガイの生息は互いに競合関係にあるものと考えられ、遊砂地の環境条件下においては同レベルの個体数ではカワニナが優占種となることが示された。今後、各池の両者の生息数がどのように変化して行くのか興味深い問題である。

以上のように、A池とB・C池のカワニナ、モノアラガイの生息状況は異なるが、幼虫の餌の自然繁殖が実証され、ヘイケボタル自然繁殖のための最も重要な必要条件が整備されたことになる。

6. ヘイケボタルの自然発生と出現数

6. 1. ヘイケボタルの自然発生

カワニナ、モノアラガイの定着試験を本格的に開始した平成2年7月6日夜、遊砂地のB、C池で計7頭のヘイケボタルが観察された。その後、7月27日まで計13回の観測を行った所、一日当たり最大11頭（7月11、12日）のヘイケボタルが観察された。

このようなヘイケボタルの発見は全くの偶然であり、幼虫の放流をせずに自然発生するという予想外の結果となった。このヘイケボタルが近くの自生地から飛来したものなのか、あるいは既に前年から産卵されて孵化したものなのか判定は困難であるが、少なくとも成虫が出現したことは事実であり、我々の環境整備に対するヘイケボタルの評価が下されたと考えることができる。

以上の結果を受けて、翌平成3年以降の調査は次の2点を中心に調査を行うこととした。

① ヘイケボタル成虫の出現数について

出現時期、出現数の変化、出現場所、雌雄などを観測し、併せて環境条件との関係について検討する。

② ヘイケボタルの自然繁殖の確認

幼虫、産卵などについて観察し、遊砂地での繁殖を確認する。

6. 2. ヘイケボタル成虫の出現状況

出現したヘイケボタルを採捕・マーキング処理し、出現数を観測した。図-3に平成3、4年のヘイケボタル出現数の変化を示す。ここで『再確認個体』とは、前回以前の観測で採捕されたものが再度確認されたものである。したがって、新出現個体の合計が羽化数と考えることが出来る。平成3年の調査は3日間隔で実施したが、成虫の生存期間が平均で3日程度の結果を得たため、平成4年は5日間隔で実施した。この結果から羽化したヘイケボタルは、平成3年は135頭、平成4年は138頭となる。平成4年は観測間隔が長いので、実際の羽化数は、平成4年のほうが多かったものと推定される。採捕実数や推定される羽化数が、前年に比較して減少しなかったことは、ヘイケボタルのリサイクルがスムーズに行われているためと考えられる。また、両年の出現期間を比較すると平成7年がやや遅くなっているが、これは5～6月の気温が低めに推移したことが幼虫の生育、上陸、蛹化などに影響したものと推定される。また出現数は気温が日平均気温が上昇するときに増加する傾向が認められる（図-4）。湿度との関係も検討したが明確な傾向は認められなかった。いずれにしても、幼虫→上陸→蛹化→羽化の一連のプロセスを考えると、気象条件がヘイケボタルの生態に与える影響を解析するにはより多くのデータの蓄積が必要であろう。

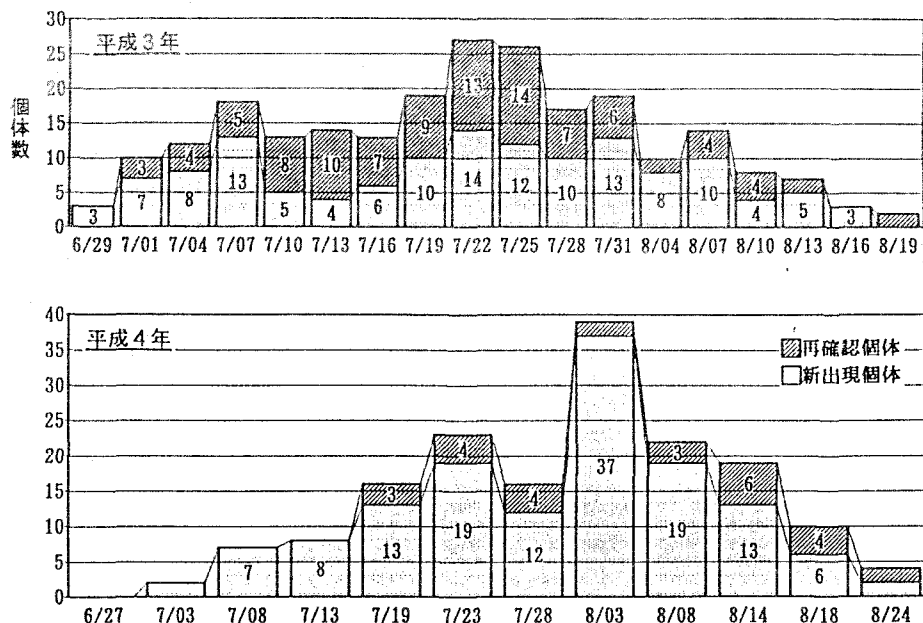


図-3 ヘイケボタルの出現個体数の変化(平成3, 4年)

各池で確認された成虫個体数は、平成3, 4年ともB池が最も多く全体の過半数を占め、A池が最も少なくなった。幼虫の餌の分布から見ると、前述のようにA池はモノアラガイ、B、C池はカワニナが優占種となっており、B、C池が条件が良い。また池周辺の植生はA、B池が豊かであり、C池は最も貧弱である。このような環境条件の違いがヘイケボタルの出現個体数の違いに現れているのかも知れない。

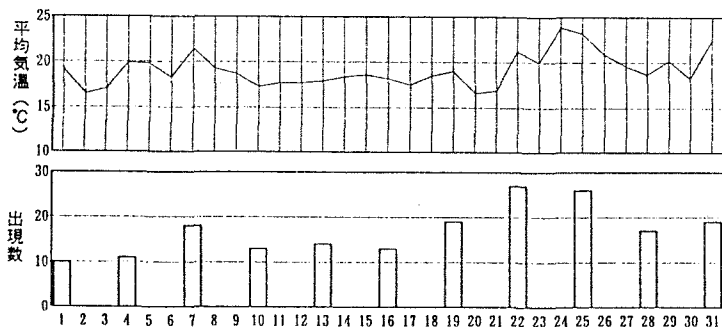


図-4 日平均気温と出現数の変化(平成3年7月)

6. 3. 自然繁殖の確認と今後の課題

平成3年5~6月、平成4年6~7月に各池の幼虫調査を実施した。その結果、いずれの年も池内に幼虫が確認され、上陸する幼虫も観察された。また、夏には産卵されたヘイケボタルの卵も確認され、自然繁殖が行われていることが実証された。

図-5には観察時にカワニナを捕食していた幼虫の体長と、カワニナの殻長の関係を示した。この図から、ヘイケボタルの幼虫は自分より小さなカワニナを餌とし、無差別な捕食を行わないことが分かる。これは、カワニナが幼虫の餌となり得るにはそのサイズが重要な要因であることを示している。事実自然条件下では、幼虫の成長に見合ったサイズのカワニナが存在するライフサイクルとなっており、自然の営みの巧みさを教えられる。また、2枚目のマメシジミを捕食している幼虫も確認され、北海道のヘイケボタルの餌として新たに記録された。このようなデータは自然繁殖条件下でのみ得られるものであり、本研究で得られた重要な知見と考えられる。

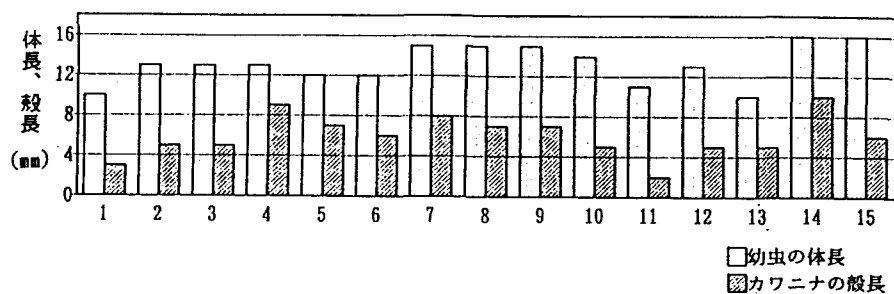


図-5 幼虫の体長と捕食しているカワニナの殻長の関係

以上のように、当初の目的であったヘイケボタルの自然環境作りは一応の成果を治めた。今までのところ、ヘイケボタルは順調に繁殖を継続しているが、今後羽化数あるいはカワニナ、モノアラガイの生息数がどのように推移し、また両者のバランスが適正に維持されて行くのか見守って行く必要がある。また、成虫、カワニナ、モノアラガイが遊砂地内のオカバルシ川本流にも観察されるようになって来た。3池の周辺環境の整備は勿論、遊砂地全体を視野に置いたより広範囲の環境整備を考えて行く必要があろう。

7. おわりに

試行錯誤で調査・研究を行ってきたが、ヘイケボタルの自然発生という予想外の成果を上げることが出来た。このような成果を得るに至った経過を振り返ると、自生地が近くにあったことなど幸運な条件にも恵まれたが、幼虫の餌であるカワニナ、モノアラガイの定着実験に十分な時間と労力を費やしたことが最大の成功要因であろう。その背景には、生物学者を含めた広範囲の組織作りを行い、ヘイケボタルの生態の共通理解の上に立って計画が実行されたことがある。

近自然工法、エコテクノロジーなどに代表されるように、生態系に配慮した技術の必要性が高まっているが、言葉のイメージが先行している感があり、基礎データが不足しているのが現状である。確率、効率、経済性などを指標として計画されてきた河川改修工事に、多様な生物の集まりである生態系への配慮を取り入れて行くことは容易ではなく、土木技術者にとって最も苦手な分野と言わざるを得ない。したがって、土木技術者と生物学者などが同じ土俵で議論し、結果を急がず、生態系の理解に基づいて計画を進めることが基礎データの集積に繋がり、今後に生かされるものと考えられる。

ヘイケボタルの飛翔が報道されると、市民が殺到し数日のうちにその姿が消えてしまうことがある。多くの市民が、『成虫の飛翔』という結果と、『ボタル狩り』という遊びを求めているのが現実である。生態系に配慮した河川環境整備を行う場合、技術的な問題とともに、市民にその目的の理解を求めることも大きな課題である。

本研究は、北海道開発局札幌河川事務所、札幌市環境局緑化推進部、釧路北海道開発協会と共同で実施されたものである。関係諸氏の協力に感謝します。また、中川俊也氏（釧路北海道開発協会）は調査の実施に多大の貢献をされた。記して深謝致します。

参考文献

- 1) 南 喜市郎；ボタルの研究，サイエンティスト社（1983）
- 2) 樋 幸四郎；ゲンジボタル・ヘイケボタルの個体群発達とその環境、会津短期大学学報第43号、pp277~286（1986）