松本市庄内の都市計画に伴うヘイケボタル水路移転の試み

上條慶子[1]・関口伸一[2]・藤山静雄[3]・山本雅道[4]

（1 松本市庄内、（2 信州大学理学部物質循環学科、（3 信州大学理学部生物科学科、（4 信州大学山地水環境教育研究センター

Drain Relocation and Conservation of its Inhabitants "Heikebotaru" firefly in Matsumoto City, Japan.

Keiko Kamijo[1], Shin-ichi Sekiguchi[2], Shizuo Fujiyama[2], Masamichi Yamamoto[3]
[1] Syonai Matsumoto, [2] Faculty of Science, Shinshu University
[3] Reserch and Education Center for Inlandwater Environment, Shinshu University
E-mail: [2]sfujiya@shinshu-u.ac.jp、[4]bassyam@shinshu-u.ac.jp

摘要：1）2002年に約30haの水田の開発工事が始まったが、この地域内に小さなヘイケボタル生息地があることが分かった。急な移転計画が持ち上がり、その対応が求められた結果、そこから北東約500mの公園予定地にホタルを移転させることになった。

2）小規模なホタル生息地であったので、移転はその数の減少を防ぐため、生息地の土を草ごと移すことにした。この試みを成功させるために、移転先の植生・水環境などの環境調査を行った。移植したホタルについては、成虫の発生状況を観察した。

3）移転先の植生では2004年12月までに44種を確認した。水質はやや富栄養であるが、ヘイケボタルの生息には適当な範囲にあった。水温については、1月の平均水温が約12℃と、冬季としては非常に高かった。

4）成虫は6月9日から8月10日まで2ヶ月余り発生し、通常の当地の発生期間よりもやや長かった。発生延べ数は166個体となった。オスは前半に多く見られ、メスは後半に多く見られた。

5）成虫の発生期間が長い原因について考察され、冬季の水温が12℃前後と高く、そうした冬季の低温期間の不足が長い発生期間をもたらしたと推定された。2004年の冬季水温を下げるように調整されたので、2005年の成虫発生が正常に戻るかが注目される。

Key words: "Heikebotaru" firefly ; Biotope ; Coservation、ﾍｲｹﾎﾞﾀﾙ、都市公園水路、ビオトープ、生物保全

1. はじめに

ホタルの里復活の試みが、最近各地でなされている。「汚れた川をきれいにしよう。」「休耕田を利用してビオトープを造ろう。」などの話題がさかんに報道される。こうしたホタル復活の試みの多くは、比較的緑豊かな環境で行われている。ここに報告する『ホタル水路移転・保存』の試みは、そういうのどかな風景の中ではなく、約30haの水田を全て宅地・商用地に変えるという開発の中で移転を余儀なくされたヘイケボタル水路を、将来の公園内に復活させようという試みである。

松本市庄内・筑摩・出川を含む水田地帯は、古来より薄川・和泉川水系の水と湧水を集める、水の豊富な地帯であった。河川改修・水田の圃場整備以前は、あちこちでホタルが見られた地域である。

1990年代半ば圃場整備が進むと同時に、この地域の水田ではヘイケボタルが急激に減少した。しかし、庄内南端の休耕田脇にあった用水路（旧高畝）だけはU字溝化されずに土の土手が残り、この地域唯一のまとまったヘイケボタル生息地となっていた。

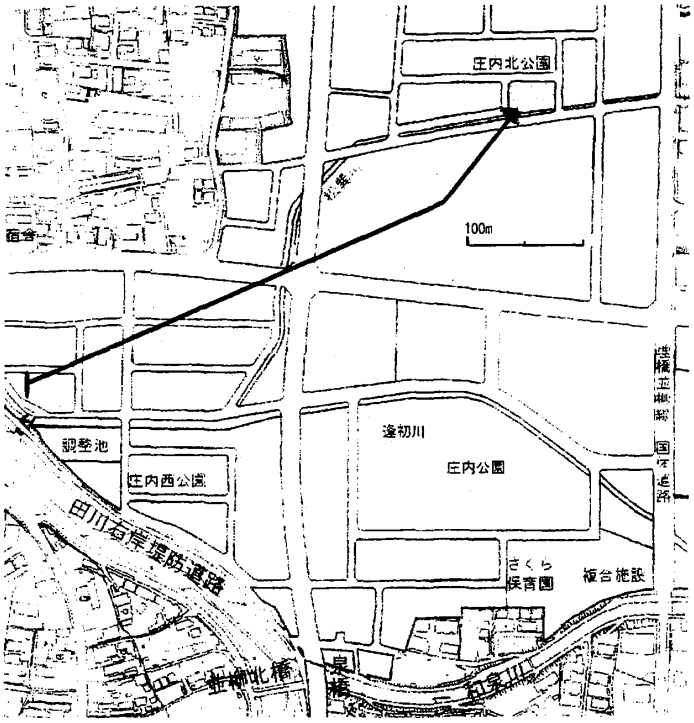

図1　旧水路と新水路の位置

2002年秋に着工された庄内地区の開発工事に伴い、このホタル水路も埋められる計画であったが、2003年春以降における筆頭著者などの働きかけにより、松本市の理解を得て、旧水路から約500 m北東の庄内北公園予定地内に移転されることとなった。移転先は、2008年頃に市有地となり、松本市による公園整備が実施される予定の場所である（**図1**）。

この水路移転の試みは、緊急に実施されたため、決して綿密な企画の下に実施されたものではなく調査上の問題点も含んでいる。しかし、この試みを記述しておくことは、他地域でのこうした試みに対し参考になるのではないかと考え、報告することにした。

2. 移転の基本的方針と状況

高畝は長さ60 m・幅50 cmのごく狭い水路(写真1)で、東側が畑と水田に接し、西側は旧家とその生垣に守られた半日陰の環境であり、セリなどが育ち、ホタル以外にも、カワニナ、ヒメタニシ、ドジョウなどが生息していた。

写真1　移転前のホタル水路(2003年4月)

旧生息地が狭く限られた範囲であり、ホタルの数は少ないと予想されるために、個体数をなるべく減らさない方法を考える必要があった。移転作業時、幼虫は越冬期に入っているため、水路底の土中あるいは土手の草の根元などに潜んでいる可能性が高かった。また、移転の労力をなるべく少なくする必要もあった。これらの理由から、水路土壌をまるごと移すことを、移転方法の基本的方針とした。

水路の移転作業は、移転先に水路の原型が出来るのを待ち、2003年11月7日に実施した。泥からの幼虫の流出を防ぐことと、運搬労力軽減のために、旧水路への流入を止め、泥を半分固めた状態にして移転作業を行った。水路の泥・土・草は手作業で稲苗用バットに移し、水路のり面の表土は重機で草ごと取り、それぞれ新水路へ運んだ。これらのものは手作業で新水路内に配置された(写真2)。

写真2　移転作業

3. 新水路内と周辺植物の変遷および保守作業

新水路（以降水路と述べる）内の配置、移植後の水路内の植生の変化と保守作業について述べる。

水路を含むビオトープは、1100m^{2}程度の公園予定地内の400m^{2}程度の敷地からなる（**図2**参照）。水路幅は上流部1m、下流部約5mの広い部分を含んでいる。全体の勾配は0.4%程度であり、下部は勾配のほとんどない水深15cm程度の水溜りとなっている。水路長は、移転当時55mほどであったが、その後工事の都合により10mほど短くなり全長約45mとなっている。

水路の形態概要と、旧水路の植物を人為的に配置した植物配置を**図2**に示した。植物は、上流部の流水中にノハナショウブ、クレソン、セリを、下流部には、旧水路ののり面土壌と共にクサヨシとチガヤを移植した。下流の中央部には、セリ、クレソンなどを点在させた。

移転後の1ヶ月間で流水中にはアオミドロが多くなり、クレソンやセリが大きくなり始めた。水温が比較的高いため、流水中の植物は生き生きしていた。2004年1月15日の朝7時の水温が、渇水のためか一時

-1.1℃となり、この日を境に流水中のアオミドロが消滅した。クレソンの一部はしおれたが、水量が安定すると流水中では再び成長を始めた。この時期にセリの地上部はすべて枯れた。春先には、重機で土手の補修作業を行い（**写真3**）、南側にシラカシとアメリカハナミズキを植えた。

をつけたので除去作業を行った。その後、除去した場所にはセリが進出した。9月以後、周辺ではヒロハホウキギク、アメリカセンダングサ、ノボロギク、コスモスなどのキク科の外来種や、下流部の流水中のミゾソバに花が咲いた。11月には、イネ科の高茎草本やタデ科植物が枯れ、流水中にはセリが残った。

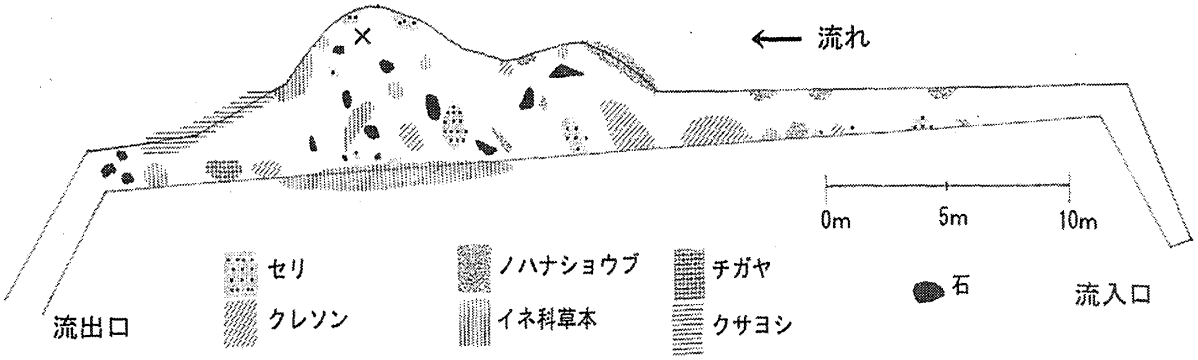

図2　移転当初の水路内の植物　（×：水温測定地点）

5月には、ナズナ、オオイヌノフグリ、ハコベ、ノミノフスマ、セイヨウタンポポなどが土手を覆い、流水中ではクレソンが、高さ50cmほどのドーム状に成長して花が咲き始めた。この時期にセリは、クレソンの陰で成長を始めていた。また、イネ科草本にも穂がつき始めた。クレソンやイネ科草本が繁茂し放棄地のような概観となることを避けるため、花や穂を刈り取った。6月半ばには、ホタルの隠れ家として残しておいたク

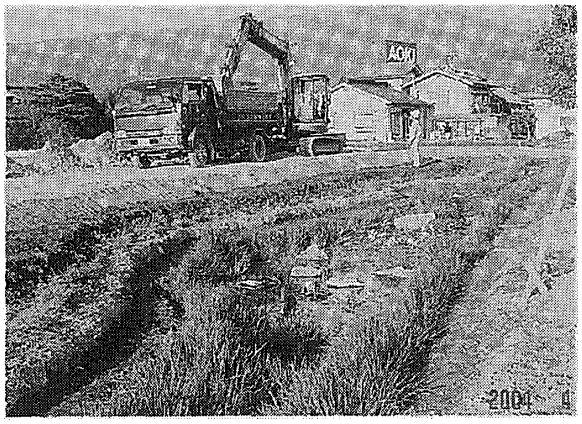

写真3　水路全景
（土手の補修業の終了直後：2004年4月）

レソンが70cmほどになり、水路を覆い尽くし無数の種

2004年12月～2005年1月では、水温が0℃を下回ることも多くなり、水路周辺の植物はほとんどが枯れた。

表1には旧水路と新水路で観察された植物種をすべてあげた。旧水路で確認できた植物のほとんどは、水路周辺に定着したが、コンフリー、ホオズキ、ミョウガなどの栽培種は見られなかった。旧水路では25種、新水路では44種と記録種が増加した。新たに定着した植物の特徴は、キク科の帰化植物などの荒地雑草と、スズメノカタビラ、アカザなどの畑地雑草である。荒地雑草は周辺からの種子散布によって、畑地雑草は、公園水路の土が畑地の表土使ったため、埋土種子によって出てきたものと思われる。また、コスモスは、成虫の発生時の照明よけなどの目的で植えたものである。流水中に見られたセリ、クレソン、ミゾソバは、幼虫の隠れ場所やホタル成虫の休息場所になっていた。セリとクレソンはカワニナの餌になることも知られており（東京ｹﾞﾝｼﾞﾎﾞﾀﾙ研究所、2004）、ホタルの生息には役立つ植物である。クサヨシ、チガヤなどの高茎イネ科草本やオオイヌタデ、ノハナショウブは、周囲からの明かりよけとして重要である。また、キク科帰化植物は、花をつけるまでは、ホタル成虫の休息場所としては有用であり、ヒメジュオンはヘイケボタルが産卵するとも言われている（木下、2005）が、種子数が多く繁殖力も強くて管理上の問題がある。イネ科高茎草

本、キク科の大型外来種、オオイヌタデなどはホタル出現期を過ぎてから、適当な景観になるように処置するほうが良い。特に、キク科帰化植物は、実をつける前に除去し、次年度の繁殖を抑制することが必要である。在来の植物が定着し適切な植生で安定するまでの間は、これらの植物に対する管理が必要であろう。

表1　旧水路と新水路周辺の植物

出現種		旧水路	公園水路
アメリカセンダングサ	*	○	○
エゾノギシギシ	*	○	○
オオアレチノギク	*	○	○
シロツメクサ	*	○	○
ヒメジュオン	*	○	○
ヒロハホウキギク	*	○	○
クレソン	*	○	○
オオクサキビ	*	○	○
コンフリー	**	○	
ホオズキ	**	○	
ミョウガ	**	○	
オモダカ		○	○
カモジグサ		○	○
ササｓｐ		○	○
シロバナノハナショウブ		○	○
スギナ		○	○
セリ		○	○
ツユクサ		○	○
ノハナショウブ		○	○
フキ		○	○
ミゾソバ		○	○
メヒシバ		○	○
ヨモギ		○	○
クサヨシ		○	○
オオバコ	*	○	
アカザ	*		○
イヌムギ	*		○
オオイヌノフグリ	*		○
オオベニタデ	*		○
オランダミミナグサ	*		○
シロザ	*		○
セイヨウタンポポ	*		○
ナガハグサ	*		○
ノボロギク	*		○
ハルジュオン	*		○
ヒメムカシヨモギ	*		○
マツヨイグサｓｐ	*		○
コスモス	**		○
イヌガラシ			○
エノコログサ			○
オオイヌタデ			○
スズメノカタビラ			○
スズメノテッポウ			○
チガヤ			○
ナズナ			○
ノミノフスマ			○
ハコベ			○
ヨシ			○
計　48種	25	25	44

確認種を○で示した。旧水路は2003年8月17日の調査結果である。*は帰化種を、は栽培種を示す**

4. 流入水の水利状況・水質・水温変化

新水路の水源は、100mほど東にあるマスの養殖場の排水であった。当初の流量は200ml/s程度であり、同程度の流量が常時流出していた。2004年秋にマス養殖場が閉鎖したために、庄内公園水路への水の流入が不安定になり、その後12月末には水が涸れてしまった。応急処置として、2005年1月末から隣接する松巽川より時々揚水し湿り気の確保を行っている。　水質は、水路の源水となる湧水、水路内、隣接する松巽川で、2004年3月16日に測定した。溶存酸素(DO)はDOメーター、電気伝導度(EC)はＥＣメーターで測定した。COD測定はパックテストで行った。塩素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、硫酸態硫黄、リン酸態リンは液体イオンクロマトグラフィーで測定した（**表2**）。　新水路周辺の水質は、硝酸態窒素、リン酸態リンなどの栄養塩濃度が高かった。亜硝酸は新水路のみ確認されたが、これはマス養殖場からの流出水であるため、餌の残りやフンが含まれているためであろう。ヘイケボタルは田んぼのような止水域で生息しているので、栄養塩などによる汚染に強いと言われている。したがって、本種の生息には水質の問題はないと考えられる。

表2　新水路と周辺の松巽川の水質
(2004年3月16日測定)

調査項目	湧水	新水路	松巽川
水温 (℃)	15.8	15.6	14.6
EC (μs/cm)	141.8	143.0	103.6
DO (mg/l)	6.00	7.02	8.85
COD(mg/l)	0.00	0.00	0.00
NO_2-N(mg/l)	0.00	0.05	0.00
NO_3-N(mg/l)	4.04	3.75	2.29
PO_4-P(mg/l)	0.015	0.094	0.056
SO_4-S(mg/l)	9.11	8.60	7.86
Cl(mg/l)	15.35	13.86	9.26

水温については、2004年1月10日～2005年1月26日まで測定し、その平均水温の変化を**図3**に示した。水温の測定は水中に設置した自記温度計を用いて自動的に1～5分間隔で測定した。図に示した平均水温は、測定日の、0時、6時、12時、18時の水温の平均値である。水温の変化は水量、気温に大きく左右されるので、時々大きな変動が見られるが、流入量の減少等に

よる影響と思われる。2004年1～9月にかけては、流入口の水量が豊富で安定していたので、水路内の水温も安定して変化した。最低は1月の10℃程度、最高は9月の18℃であった。1～2月の平均水温は約12℃程度となっていた。2004年9月以降水温は大きく低下している。これは、マスの養殖場がなくなり流入水量が減少したためである。11～12月の間の平均水温は5℃程度となった。その後、流量を増やすことはせず、前年に比べ水温を下げるように水量を管理した。その結果、1月の水温は2～3℃となり、2004年の冬の水温よりも10℃程度低くなった。

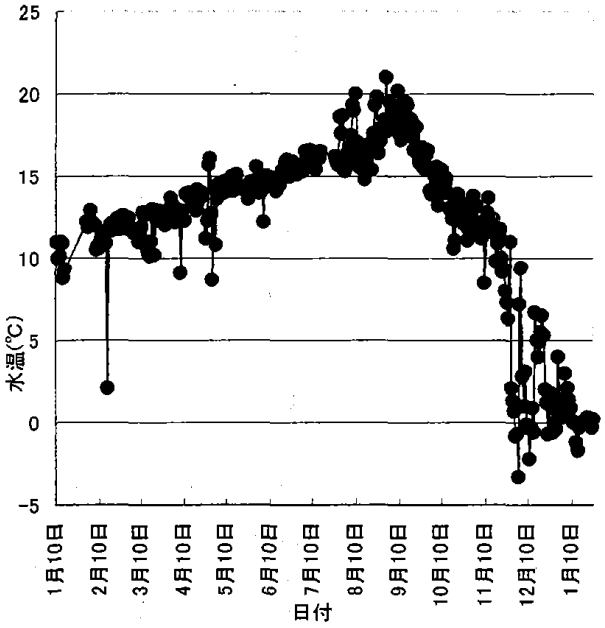

図3　水路内水温の季節変化（2004年度）

冬の水温は5.3の項で考察するように自然状態に近いことが大切であると考えられる。2004年1～2月は、水量を調節し水温低下を図ったが、大きな変化は見られなかった。しかし、2005年の冬は、水量減少や渇水により水温は前年より10℃程度下がり平常値に近づいた。ヘイケボタルは田んぼに生息しており、渇水や水温の低下には強いと考えられるが、2004年と2005年の冬期水温環境の違いによって、2005年のホタルの発生状況にどのような変化が現れるか、今後の成虫発生調査の結果が注目される。

5．移転後のホタル成虫の発生状況

5.1 調査方法

新水路での発生調査期間は6月8日～8月11日の間で、全65日中50日について調査を行った。

調査は原則として午後8時～10時の1時間程度行い、基本的には調査地全体を目視して水路と周辺土手の草むらをくまなく回った。背の低い密な草むらでは内部の成虫を見つけにくいので、草の上面を棒で静かになで、揺れに驚いて強く光る成虫を見つけるようにした。観察虫にはマーキングを行った。マーキングは前翅部分に雌にはピンク、雄には白の水性樹脂塗料を個体毎に位置を変えてつけ、ノートに記録した。

5.2 結果

2004年夏の成虫の発生状況を**図4**に示す。成虫は、6月9日～8月10日の2ヶ月にわたって観察された。このうちオスは6月9日～8月5日，雌は6月22日～8月10日の間発生した。発生の延べ数は雄91頭雌75頭、合計166頭であった。雌成虫はマーキングにより、総計17頭を識別した。雄成虫は入れ替わりが激しいため、個体の識別は難しかったが、同じ雄個体は長くても数日しか発生せず、短ければ1日で姿を消す傾向が見ら

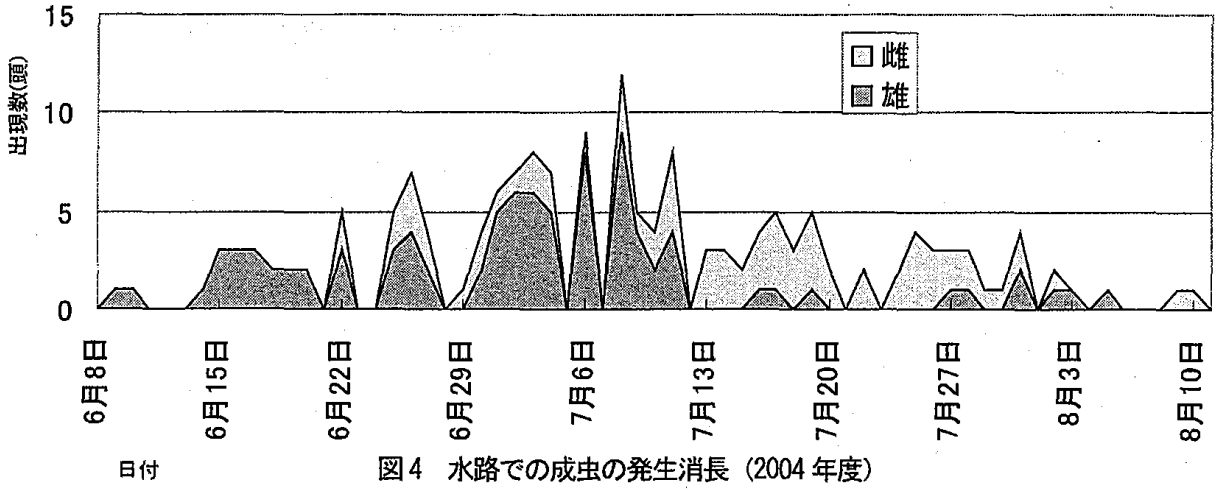

図4　水路での成虫の発生消長（2004年度）

れた。この移転先で、成虫はどれくらい発生したのだろうか。三石（2000）は、野外で見られるヘイケボタルの性比（雄／全数）は約0.75であると記述しているので、この性比を単純にこの調査結果に当てはめれば、移転先の水路では雄・雌合計68頭が発生したことになる。

雌の延べ発生数や雌数などの結果から、個体群の存続が出来る数であったのだろうと想像する。

調査地での性比を検討するため、雄の割合を調査日5日分ずつ集計して**表4**に示した。期間全体の集計結果では雄の割合が55%となっていた。この数値は三石らの性比とは異なっている。ただし、延べ発生数の集計では、一般的には次のようなバイアスがかかっていることに注意を要する。雌の出現期間は雄よりもかなり長いので雌個体の方が記録されやすく、逆に雄成虫の活発な活動性のために見つかりやすい。そのため延べ数での性比は実際の羽化数の性比とはかなり異なって表される。

表3　性比の発生時期による変化（観察5日毎の合計）

調査期間	雄	雌	雄(%)
6月8日～13日	2	0	100
6月14日～18日	12	0	100
6月19日～26日	14	7	67
6月27日～7月2日	15	7	68
7月2日～9日	32	9	78
7月10日～15日	6	14	30
7月16日～21日	3	16	16
7月22日～27日	1	13	7
7月28日～8月2日	4	7	36
8月3日～11日	2	2	50
全期間 合計	91	75	55

ホタルの雄は雌より早く発生を始めることが知られており、庄内地域では、例年6月末～7月初めに雄が発生を始め、7月10日前後に発生のピークを迎えて、梅雨明けの7月下旬、急激に減少する傾向を示すのが普通であった。しかし今回の雄の発生は早く6月上旬から始まり、6月下旬～7月上旬にピークに達し、例年より早い梅雨明け(7月13日)を境に、非常に少なくなった。一方雌は、7　月上旬以降も数頭ずつが発生を続けた。ヘイケボタルは雌1頭に数頭の雄が集まり交尾行動をすることが多い。今回の調査では一日の発生数が少なく、このような行動を見ることは少なかった。調査期間前半の7月9日までは 雄が多い期間であり、それ以降は雌が多く雄が少ない。性比の変化を見ると、初雌発生（6月22日）以降の前半は雄が多く、確認された雌のうち10頭以上の雌が交尾産卵できたと見られる。ただし後半、雄が非常に少なかった時期には、雄に出会えず死亡する雌個体の出た可能性がある。小さい個体群で発生期間が長くなり 雌雄の発生時期が例年よりずれると、繁殖効率が低下するという可能性がある。

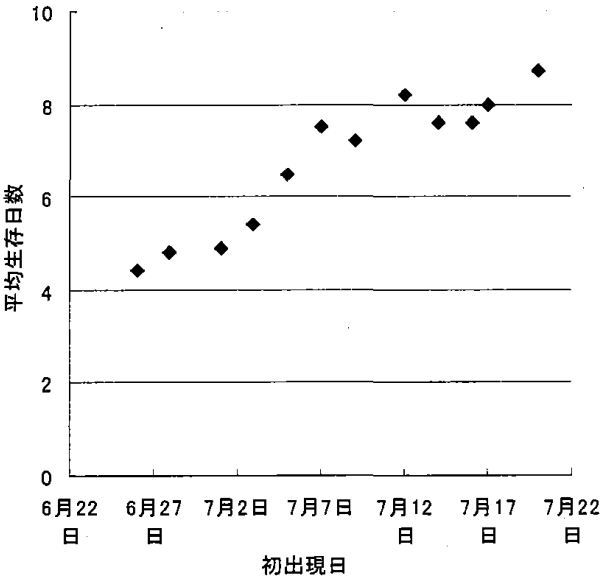

図5　雌成虫の初出現日と生存日数との関係（5個体の平均生存日数で示す）

後半梅雨明け後の雌には10日以上も生息する個体が見られた。最高では12日間もほぼ同じ場所で光り続けていた。生存期間は個体により大きな違いが見られるが、後半に出現した雌個体のほうが生存期間の長い可能性がある。この傾向を検討するため、出現日の前後する各5個体を平均して生存期間をとった。その結果は**図5**に示すとおりで、出現日の遅い雌個体ほど生存期間が長くなる傾向があるのは明白である。雄との出会いの機会の多少が、雌成虫の寿命に影響しているかも知れない。

5.3 発生調査の考察

現地のホタルは、特に移転前の夏から秋に受けた工事の影響等で一時は幼虫の生存も危ぶまれていた。この発生調査によって、公園予定地に移されたヘイケボタル幼虫が生き延び、雌雄の成虫が発生したことが確認された。成虫数は繁殖に充分な雌数を示し、雌雄の

発生が21日間重複していたことから、2004年夏、現地のホタルは確実に繁殖したと考えられる。したがって、ホタル水路保存の目的で行われた今回の移転は、2004年夏に至るまで成功していたと言えるだろう。

ただし、昔の庄内地区の水田や水路では、例年最大発生時の夜には特に探さなくても一箇所20〜30個体を見つけることが多かったのに対し、公園予定地の新水路では成虫の出現が長期間にわたり少数ずつで、期間を通して例年ほどの数は見られなかった。個体数の復活には、まだ時間がかかると思われる。

ところで、今回のような発生期間が長くばらついた原因は何であろうか？この点について厳密な説明を試みた研究はないが、著者の一人藤山（1991）は土壌昆虫コガネムシ類の生活環の調節に関する研究の中で関係すると思われる指摘をしているのでこれとの関連から述べる。すなわち、コガネムシ類では冬季の十分な低温により夏季の成虫の適期出現が制御されている。そのため、冬季の低温期間が不足する場合には、発生時期がばらつき遅れることを示し、季節的温度変化の必要性を指摘している。これと同様なことは、カブトムシの飼育に関する研究（山中・藤山：1994）でも指摘されている。今回のホタル水路の水温では、冬季でさえも12℃前後と通常の当地の水温5〜10℃あるいはそれ以下と比べて非常に高かった。この低温期間の不足により生活環の制御が十分できなく発生時期が大きくばらついてしまった可能性が高い。この点は、2004年度の冬季の水温が通常に近い状態に戻った（**図3**）ことから、次年度の発生消長が通常のものに戻るか、否かにより、この説明の正否が明らかになるであろう。

6. おわりに

「あきらめなければ夢は実現する。」庄内でのホタル水路の移転保存は、まさにこの言葉どおりであった。最初の予定の変更がなければ、ホタルの生息地の保存はされず、水路は別のタイプの公園になっていたであろう。こうしてホタル水路が実現したのは感無量だ。しかし、このビオトープ作りは始まったばかりだ。実現したからには、この取り組みが更に成功を収めるように積極的な取り組みがわれわれに求められている。ここに心を新たにするものである。ただし、こうした取り組みは、少数の市民のみでは不十分なことが多い。多くの方々に、市民の公園の中にビオトープがあることの意義を御理解して頂きたい。開発者、公共団体、市民が協力してこの場を有意義なものにしていくようにしたいものだ。そのために、多くの市民の参加と、多方面の方々の協力を節に訴えたい。

7. 謝辞

この調査にあたり、信州大学物質循環学科の島野光司先生には自動温度計を使用させて頂いたばかりでなく、植物調査についても御指導を頂きました。また、ホタル水路の移転・保存の実現には松本市役所まちづくり推進課、移転作業・その後の整備・維持には庄内土地区画整理組合事務所・高崎建設工業(株)・(有)赤澤興業の皆様の御協力が不可欠であったことを、ここに記して感謝の意を表します。

8. 参考文献

藤山静雄（1991）コガネムシ幼虫の越冬戦略．昆虫と自然26（13）：20-26.

木下　進（2005）ホタルシンポジウム資料．伊那谷自然友の会.

三石暉弥（1996）〜イケボタル　人里の可憐な昆虫．ほおずき書籍.

奥原弘人（1990）信州の野草．信濃毎日新聞社.

大場信義（1986）ホタルのコミュニケーション．東海大学出版会.

大場信義（1993）ホタルの飼育と観察．ハート出版.

埼玉県ホタル保全連絡協議会（2001）ホタル輝く彩の国．CD版.

東京ゲンジボタル研究所（2004）ホタル百科．丸善株式会社.

山中幹夫・藤山静雄（1994）カブトムシには幼虫休眠が存在する？　New Entomol. 43：60-64.