

大規模な出水が郡家川（兵庫県淡路市）に生息するゲンジボタル およびカワニナ属の個体数に及ぼす影響

近藤 博道¹⁾・八木 剛²⁾

Effect of Flood on Population Dynamics of Japanese Aquatic Firefly
Luciola cruciata and Fresh Water Snail *Semisulcospira* sp.
in Gunke-River, Hyogo Prefecture

Hiromichi KONDO¹⁾, Tsuyoshi YAGI²⁾

要 旨

2004年10月に襲来した大型の台風23号の豪雨に伴う出水により、淡路市を流れる郡家川では、多くの中洲が消失するなど、河川環境が著しく改変された。本研究では、郡家川において、出水による攪乱がカワニナ属およびゲンジボタル幼虫、成虫の個体群動態に及ぼす影響について、出水前後の比較から検討した。その結果、カワニナ属の生息密度は出水後低下したものの、ゲンジボタル上陸幼虫の個体数は増加しており、発光成虫数もやや増加の傾向があり、河床地形を改変する大規模の攪乱にも関わらず、郡家川では、両種ともに著しい減少は見られなかった。

キーワード：ゲンジボタル，カワニナ，台風，出水，攪乱，淡路島

はじめに

ゲンジボタル *Luciola cruciata* は日本の初夏の風物詩として、古くから人々に親しまれており、かつては川沿いの至るところに生息していたと考えられる（大場 1988）。現在でも、完全に都市化された河川を除けば、観察することは難しくない。兵庫県内においても、三田市郊外（八木ら, 1998）、宝塚市郊外（足立, 2005）では多数の個体を観察することが出来る。また、淡路島では、島内の小河川に広く分布していることが知られている（自然環境研究所, 1993）。

ゲンジボタルの生息を脅かす要因には、コンクリート三面張り護岸による河川改修、農業排水や生活排水の流入による水質悪化、街灯照明による交尾行動の阻害などが指摘されている（大場, 1991; 遊磨, 1987）。一方、こうした河川周辺の人為改変によって生じる要因だけでなく、大規模な出水による攪乱もゲンジボタルやその餌と

なるカワニナの個体群動態に著しい影響を与えることが指摘されている（遊磨, 2000）。ホタルやカワニナ以外でも、著しい出水によって、附着藻類（三橋・野崎, 1998）、底生動物（Feminella & Resh, 1992; Nishimura, 1984; Holomuzki & Biggs, 1999）、魚類（Fausch et al., 2003）が影響を受けることが知られており、河川の水生生物の多くは、大規模な攪乱によって著しい影響を受ける場合が多い。このような現象は各地でよく評されてはいるが、実際の動向を把握した研究はあまりに乏しい。特に、実際に台風の前後にゲンジボタルおよびカワニナの生息数を調査し、その後の状況を追跡した事例はほとんどない。本報告では、兵庫県淡路市を流れる郡家川上流域において、2004年台風23号の出水を挟む3年間にわたってゲンジボタル幼虫の主要な餌であるカワニナ属 *Semisulcospira* sp. およびゲンジボタルの幼虫、成虫の動向を追跡した結果を報告する。

1) (財)ひょうご環境創造協会 〒654-0037 兵庫県神戸市須磨区行平町3丁目1-31 Hyogo Environmental Advancement Association; Yukihira 3-1-31, Suma, Kobe, Hyogo, 654-0037 Japan

2) 兵庫県立人と自然の博物館 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 Museum of Nature and Human Activities, Hyogo; Yayoigaoka 6, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan

調査地と方法

調査地

郡家川は、淡路島のほぼ中央部、兵庫県淡路市（旧津名町）木曾上畑を源流とし、同市（旧一宮町）郡家で瀬戸内海の播磨灘に注ぐ延長約11kmの二級河川である。その上流域約1.2kmの範囲（標高約45m）を調査区とした（図1）。調査区の上流側は河道が連続して蛇行を繰り返す、落葉広葉樹や竹林等の河畔林で構成されている。下流側は比較的直線的な部分が多く、周辺の土地利用は水田や畑地が大半を占める。川岸は、その大半で河床から3m程度の両岸はコンクリートで護岸されているが、一部に土や母岩で構成されている箇所があり、自然河川の様相を残存する。川幅は概ね5~8m、水深は、12月の平常時の瀬の部分で10~20cm、淵の部分で20~50cmである。流速は、同じく12月の平常時、平瀬で約0.3m/s、早瀬で約0.6m/s、淵で約0.1m/sである。河床は粒径50~100mm程度の礫質主体の箇所と粒径2mm以下の砂質主体の箇所構成され、部分的にジュズダマ、アキノエノコログサ、ヌカキビ等の草本を有する中州が形成されている。

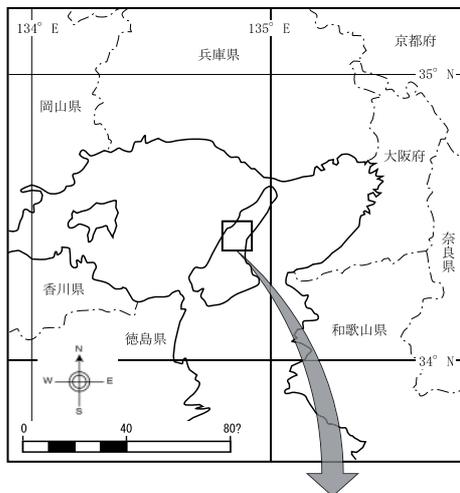


図1 調査地の位置

出水規模と河川環境への攪乱

2004年10月に襲来した台風23号は、当地域に稀にみる豪雨をもたらす、調査地の近傍にある郡家地域気象観測所（気象庁）では、2004年10月19、20日の2日間の合計で347mmの雨量を記録した。記録的な豪雨に伴う出水により、郡家川では、河道内に形成されていた中州のほとんどが消失した（図2）。また、調査地内では、コンクリート護岸が崩壊した箇所、植生を有する土羽護岸が潜掘された箇所、河畔の樹木の根が洗い出された箇所などがあった。ただし、出水前後において、河床の礫の状態に大きな変化は認められなかった。

調査方法

1. カワニナ属生息密度

2004年台風23号出水前の2003年12月11・16日、出水後の2004年12月17・18日、2005年12月13・14日に、それぞれ2日間ずつ調査を実施した。河道内の多様なマ



図2 兵庫県淡路市郡家川の出水前後における河道の状況

写真上：2003年7月、調査区の中ほど、木曾橋から清徹橋の間において撮影。河床に土砂が堆積し、植生が発達している
写真下：2005年4月、写真上と同じ地点。2004年10月の台風23号の豪雨に伴う出水により、中州が消失していることがわかる

イクロハビタットを包含するため、それぞれ69~80箇所のコドラート(50cm×50cm)を調査区内にランダムに設定し、サーバーネットを用いてコドラート内に生息するカワニナ属について成貝から稚貝まですべてを採集し(最小個体サイズ:殻高3.9mm,殻径1.9mm)、個体数を計数した。得られた個体は、カワニナ *Semisulcospira libertina* およびチリメンカワニナ *Semisulcospira reiniana* の両種が確認されたが、外部形態から両種を識別することが困難であること、両種ともにゲンジボタルの餌となることから、本研究の目的を考慮して、これらをまとめてカワニナ属として計数した。

2. ゲンジボタル上陸幼虫確認数

幼虫の生息数を把握するため、春期の上陸幼虫数を計数した。ゲンジボタルの幼虫は十分に成長した後、4月頃の夜間降雨時に蛹化のために川から上陸する(遊磨, 1982)。上陸時の幼虫は、成虫と同じく強く発光するため、個体数の確認が容易であり、上陸幼虫はその夜のうちに土中に穿孔することから、同一個体を重複して計数するおそれがほとんどない点でも精度が高い。

上陸幼虫の個体数調査は、2004年台風23号出水前の2004年4月7・13日、出水後の2005年4月2・12日、2006年4月4・10日のそれぞれ2日間実施した。調査は、降雨時の夜間に行い、調査区約1.2km全域の河床を踏査することで、ゲンジボタル発光幼虫の個体数を計数した。調査の時間帯は、日没前から雨が降っていた場合は、日没後30分を経過した時点から調査を開始し、日没後に雨が降り始めた場合は、降り始めから30分経過した時点から調査を開始した。

3. ゲンジボタル成虫確認数

2004年台風23号出水前の2004年6月2・9日、出水後の2005年6月1・7日、2006年6月1・6日に調査を実施した。調査は、上陸幼虫調査と同様、日没後に調査区約1.2km全域の河床を踏査し、発光しているゲンジボタル成虫について、個体の重複がないように個体数を計数した。調査はいずれの年も2日間実施し、それぞれ20時、22時、24時の3回の踏査を行った。この調査結果から、1日当たりの確認個体数および日別・時間帯ごとの最大確認個体数を計数した。

結 果

カワニナ属の生息密度ならびにゲンジボタル上陸幼虫確認数、成虫確認数に関する調査結果を表1および図3に示した。カワニナ属は出水前の2003年12月の調査では、62.5個体/m²(SE:標準誤差=21.2)であったが、出水の直後となる2004年12月の調査では、13.6個体/m²(SE

=5.0)と著しく減少していた。その1年後、2005年12月の調査では、35.5個体/m²(SE=7.1)に増加した。ゲンジボタル上陸幼虫確認数は、出水前の2004年4月は1日当たり49個体(7日:44個体,13日:54個体)であったが、出水の半年後となる2005年4月の調査では1日当たり142個体(2日:48個体,12日:235個体)と増加し、さらに翌年(出水後2年目)の2006年4月の調査では1日当たり202個体(4日:312個体,10日:92個体)であった。

ゲンジボタル成虫確認数について、2004年6月の1日当たりの確認数は182個体、時間帯別最大確認数は110個体であった。出水後の2005年6月の調査では1日当たりの確認数は259個体、時間帯別最大確認数は103個体で前年とほぼ同じだったが、その1年後の2006年6月の調査では1日当たりの確認数は558個体、時間帯別最大確認数は264個体と大きく増加した。

考 察

2004年10月に襲来した台風23号は、コンクリート護岸を崩壊させる規模の出水となり、河川環境は一変した。しかし、カワニナ属、ゲンジボタル幼虫および成虫の調査を行った結果、個体数は著しく減少しているわけではなく、むしろ出水の2年後には個体群の回復および増加が確認されている。

カワニナ属の生息密度については、出水後1年目には、出水前の5分の1程度まで生息密度が低下した。一般的に、カワニナは流速1m/s以上で流されることが知られており(森, 1936)、多くの個体が台風23号の出水時に流下したものと考えられる。しかし、出水後1年目でも、ある程度の生息密度が維持され、2年目には出水前の半分程度にまで密度が回復した。この要因として、流れが緩やかになる蛇行部分や比較的粒径の大きい礫下部がリフュージア(退避箇所)となったこと(加賀谷, 2005)が考えられる。また、出水によって、低水路幅が拡幅され、流れが緩やかな微生物場が多数形成されたことで、出水前よりも生息可能域が広がった可能性もある。今回の調査結果では、個体群の規模が維持された機構については不明な部分が多いが、大規模な出水にも関わらず、著しい個体群密度の低下が確認されなかったことから、ある程度の個体数が維持されていれば、出水後の個体群が速やかに回復することが示唆される。

ゲンジボタルについては、出水後1年目でも成虫の確認数はほとんど変わらず、上陸幼虫については大きく増加し、2年目では上陸幼虫、成虫ともさらに増加した。中州が消失したにも関わらず、調査区内のゲンジボタルの確認数は減少していない。しかし、今回の調査は比較的短期間で得られたデータであるため、いくつかの問題

表1 兵庫県淡路市郡家川における，台風23号による出水前後のカワニナ属の密度およびゲンジボタル上陸幼虫確認数，ゲンジボタル発光成虫確認数

1) 2004年については，郡家地域気象観測所の測定値を参照した

2) 調査時刻にばらつきがあるのは，雨が降り始めて30分後に調査を開始しているため

| | | 出水前 | | 出水直後 | | 出水後2年目 | |
|-------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| カワニナ属 | 調査日 | 2003.12.11,16 | | 2004.12.17,18 | | 2005.12.13,14 | |
| | コドラート数 | 69 | | 80 | | 71 | |
| | 総面積 (㎡) | 17.25 | | 20 | | 17.75 | |
| | 個体数 (n) | 1078 | | 271 | | 630 | |
| | 生息密度 (n/㎡) | 62.5 | | 13.6 | | 35.5 | |
| ゲンジボタル幼虫 | 調査日 | 2004.4.7 | 2004.4.13 | 2005.4.2 | 2005.4.12 | 2006.4.4 | 2006.4.10 |
| | 天候 | 雨 | 雨 | 雨 | 雨 | 雨 | 雨 |
| | 気温 | 14.1°C (22:00) ¹⁾ | 18.0°C (21:00) ¹⁾ | 12.5°C (22:00) | 9.5°C (20:00) | 12°C (19:30) | 13.2°C (19:00) |
| | 調査時刻 ²⁾ | 22:00~23:30 | 21:00~22:30 | 22:00~23:30 | 20:00~21:30 | 19:30~21:00 | 19:00~20:30 |
| | 上陸個体数 | 44 | 54 | 48 | 235 | 312 | 92 |
| | 1日当たりの上陸個体数 | 49 | | 142 | | 202 | |
| | 調査日 | 2004.6.2 | 2004.6.9 | 2005.6.1 | 2005.6.7 | 2006.6.1 | 2006.6.6 |
| 天候 | 晴 | 晴 | 晴 | 晴 | 晴 | 晴 | |
| 気温 | 19.0°C (20:00) | 22.5°C (20:00) | 21.0°C (20:00) | 22.0°C (20:00) | 20.8°C (20:00) | 22.0°C (20:00) | |
| ゲンジボタル成虫 | 20:00 ~ | 95 | 19 | 84 | 103 | 87 | 241 |
| | 21:00 ~ | 110 | 20 | 83 | 90 | 140 | 257 |
| | 22:00 ~ | | | | | | |
| | 23:00 ~ | | | | | | |
| | 0:00 ~ | 102 | 17 | 77 | 81 | 127 | 264 |
| 1:00 ~ | | | | | | | |
| 最大確認個体数 | 110 | | 103 | | 264 | | |
| 1日当たりの確認個体数 | 182 | | 259 | | 558 | | |

がある。以下，この点を踏まえて議論を進める。

ゲンジボタルの幼虫は，礫下や礫間に潜りこんで生息しているため（森，1991），サーバーネットでの採集では効果的な調査を実施することが難しい。実際に，今回の調査にあたって，サーバーネットにてゲンジボタルの幼虫の捕獲を試みたが，2003年は69コドラートで4個体，2004年は80コドラートで10個体，2005年は71コドラートで8個体しか確認できなかった（これらの結果をみても，出水後の2004年，2005年にゲンジボタル幼虫の確認個体数が減少したとは言い難い）。今回の調査において，ゲンジボタルの確認個体数が出水後にも大きく変化しなかった一因は，幼虫が河床に潜掘しているため水流の影響を回避しやすく，大規模な出水でも比較的流され難いことに関係するものと推察される。さらに，調査区内では河道が連続して蛇行しているため（図1参照），掃流力が局所的に低下し，ゲンジボタル個体数の減少が抑制されているものと思われる。

しかし，冒頭にも述べたように，今回のゲンジボタルの観察方法は，2日間しか行っていないために，不十分な部分がある。最も懸念される事項は，期間前後の天候によって確認個体数が変動する可能性である。特に，幼虫上陸期の前後の降雨状況は，確認個体数に大きな影響があると思われる。実際に，出水後2年目の2006年は，上陸時期である3月後半から4月前半の降水量が過去2年に比べて多い。ゲンジボタルの幼虫の上陸個体数と降雨量との関係を明らかにした研究は知られていないが，今回の調査結果を参照すると，比較的強い雨が降った時（2005年4月12日：8mm/day，2006年4月4日：13mm/day，2006年4月10日：15mm/day）は，平均で213匹と比較的多くの個体が上陸し，小雨時（2004年4月7日：6mm/day，2004年4月13日：0mm/day，2005年4月2日：0mm/day）の平均49匹と比較すると差は明瞭である（降雨量は郡家地域気象観測所の測定値であり，0mm/dayと表記されていても，調査地では降雨が観測

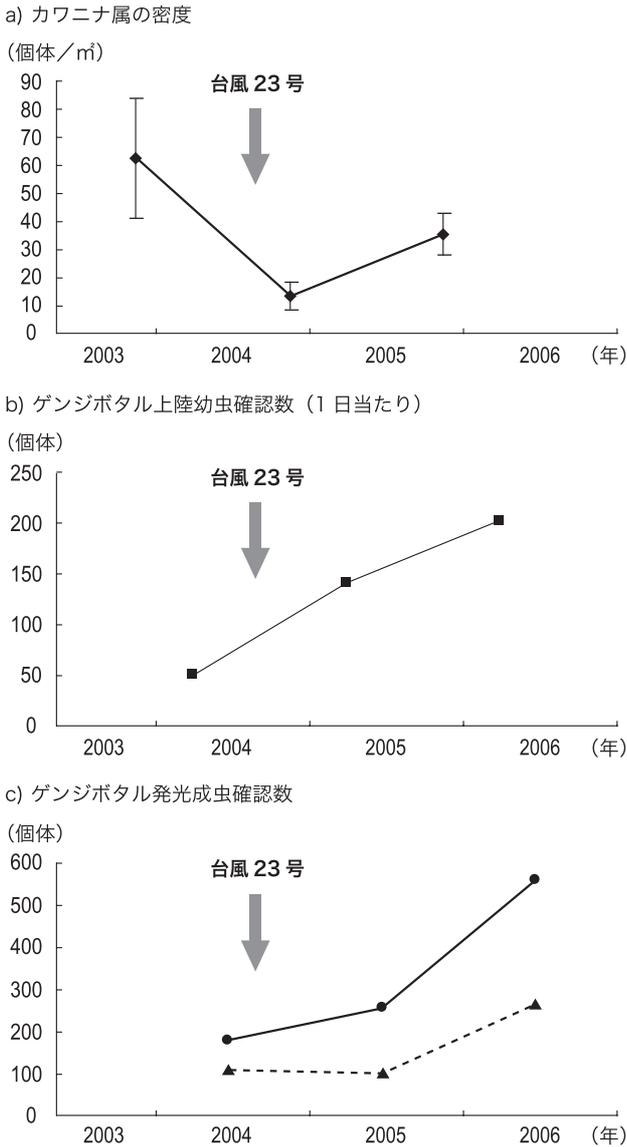


図3 兵庫県淡路市郡家川における、台風23号による出水前後のカワニナ属の密度およびゲンジボタル上陸幼虫確認数、ゲンジボタル発光成虫確認数の推移
 a)カワニナ属の密度のエラーバーはSE(標準誤差)を示す。
 c)ゲンジボタル発光成虫確認数の実線は1日当たりの確認数、破線は最大確認数を示す。

された)。特に、日雨量が多かった2006年4月4日(13mm/day)は、他の年に比べて、幼虫の上陸が短期間に集中して起こり、より多くの個体が確認できた可能性がある。一方、2004年は上述したように降雨量が少なかったことも関係して、実際のゲンジボタル幼虫の確認数は過小評価の可能性がある。したがって、2004年の確認数が2005年を大幅に上回っている可能性があり、出水によって実際には個体数が減少していたかもしれない。ただし、2004年は夜間に降雨が確認された日数が限られており、調査した時期よりもさらに遅くに多くの個体が上陸した可能性もある。これらのことから、上陸幼虫確

認数のみを指標として個体群の動態を判断することには不確実性を伴う。

ゲンジボタルの成虫の確認数については、既往の研究によると出現ピークは一週間程継続し(大場 1988)、気温や天候の変化に大きく左右されることはないようである。今回の成虫の確認数は、天候に左右されやすい幼虫上陸数よりも観測値のばらつきが少ないものと予想される。しかし、上陸幼虫数と同様に懸念される事項は、観察期間が2日間のみであるため、出現ピークからやや外れた時期に調査を行っている可能性があることである。

各調査年の日別・時間帯別最大確認数をみると、2004年は1日目(6月2日)110個体、2日目(6月9日)20個体と大幅に減少、2005年は1日目(6月1日)84個体、2日目(6月7日)103個体とほぼ同数、2006年は1日目(6月1日)140個体、2日目(6月6日)264個体と大幅に増加している。成虫の出現ピークが一週間程継続することを考えると、2日間の確認数がほぼ同数であった2005年は、ピーク期間の前期、後期に調査できた可能性が高いと考えられる。口分田ら(1999)は、京都府および滋賀県におけるゲンジボタル個体群について、幼虫上陸日と日平均気温の発育ゼロ点(蛹期:13.7)以上の積算温量から、成虫現存数の最盛日のある程度予測できると報告している。2005年は6月4日頃がピークであったと仮定し、多数の幼虫が上陸した4月12日から6月4日までの期間について、日平均気温(郡家地域気象観測所)の発育ゼロ点以上の積算温量を求めると216日度となる。同様に2004年の幼虫上陸日を4月10日(7日と13日の幼虫確認数がほぼ同数のため中間日とした)、2006年の幼虫上陸日を4月4日とし、発育ゼロ点以上の積算温量が216日度を超える日を求めると、2004年は5月28日、2006年は6月8日となる。これらのことから、2004年は発生後期、2006年は発生前期からピーク期間の前期に調査を行ったものと予測され、2004年の成虫確認数は過小評価の可能性がある。しかし、この点を加味しても出水後の2005年に成虫確認数が著しく減少したとは言い難い。

カワニナ、ゲンジボタルともに、確認個体数の比較にあたっては、数字の厳密な評価には若干の問題が伴うものの、著しい個体群の衰退が観察されなかったことは、ほぼ確実である。今回、郡家川のゲンジボタルやカワニナ個体群が壊滅的な影響を受けなかった理由は、本研究から明示することは出来ないが、郡家川の調査区周辺の物理環境特性が密接に関係している可能性が高い。いずれにせよ、大規模な出水を前後したカワニナおよびゲンジボタルの出現記録はほとんどないことから、今回の報告が貴重な記録であることを改めて強調しておきたい。

謝 辞

兵庫県淡路県民局県土整備部洲本土木事務所には、本調査及び報告の機会を与えていただいた。(財)ひょうご環境創造協会の中野浩行氏、藤井俊樹氏、竹村博章氏、藤本光宣氏、林建佑氏、(有)陸水環境研究所の阿弥一起氏には、夜間、雨の降る中での調査にご協力いただいた。また、兵庫県立人と自然の博物館の三橋弘宗氏には、考察にあたり貴重なアドバイスをいただいた。本報告をまとめるにあたり、深く感謝する次第である。

文 献

- 足立 勲(2005) ホタル。pp:40-44宝塚市大事典編集委員会(編), 宝塚市大事典, pp624.宝塚市。
- Fausch, K.D., Taniguchi Y., Nakano S., Grossman G.D., Townsend C.R. (2001) Flood Disturbance Regimes Influence Rainbow Trout Invasion Success among Five Holarctic Regions, *Ecological Applications*, 11(5),1438-1455 .
- Feminella, J.W., V.H. Resh (1990) Hydrologic Influences, Disturbance, and Intraspecific Competition in a Stream Caddisfly Population, *Ecology* 71(6), 2083-2094 .
- Holomuzki J.R., Biggs B.J.F. (1999) Distributional responses to flow disturbance by a stream-dwelling snail, *OIKOS* 87, 36-47.
- 加賀谷隆(2005) 自然的攪乱・人為インパクトに対する底生動物の応答特性: 出水が底生動物に及ぼす影響。小倉紀雄・山本晃一(編), 自然的攪乱・人為的インパクトと河川生態系。技報堂出版, 259-282 .
- 口分田政博・田中万祐・遊磨正秀(1999) ゲンジボタル成虫の発生時期の予測。応用生態工学2(2), 205-210.
- 三橋弘宗・野崎健太郎(1999) 三重県宮川における糸状緑藻 *Spyrogira* sp.の大発生。陸水生物学報, 14:9-15.
- 森 主一(1936) カワニナ類の生態に関する若干の知見(2)。Venus(貝雑), 6:14-21 .
- 森 清和(1991) 水辺の再生とホタルの里づくり。自然環境復元研究会(編), 自然復元特集 ホタルの里づくり。信山社サイテック, 東京, 35-48 .
- Nishimura, N. (1984) Larval and pupal density in the Maruyama River, Central Japan, with special reference to floods and after flood recovery processes. *Physiology & Ecology Japan*, 21:1-34 .
- 大場信義(1988) 日本の昆虫12, ゲンジボタル。文一総合出版, 東京 .
- 大場信義(1991) 日本のホタル。自然環境復元研究会(編), 自然復元特集 ホタルの里づくり。信山社サイテック, 東京, 13-22 .
- 自然環境研究所(1993) 淡路島の絶滅の恐れのある野生生物(): 18-19 .
- Wootton, J.T., M.S. Parker, M.E. Power (1996) Effects of Disturbance on River Food Webs. *Science* 273, 1558-1561 .
- 八木 剛・人と自然の会ひめホタルチーム(1998) 三田市域におけるホタルの分布状況。人と自然, 9, 87-96 .
- 遊磨正秀(1982) ゲンジボタルの上陸幼虫。インセクタリウム19(5): 14-22 .
- 遊磨正秀(1987) 人工水路のゲンジボタル成虫個体群。遺伝41(3): 48-52 .
- 遊磨正秀(2000) ホタルとサケ。岩波書店, 東京, pp36 .
- 付記
気象庁気象統計情報気象観測(電子閲覧室)
<http://www.data.kishou.go.jp/index.htm>

(2006年8月8日受付)

(2006年12月28日受理)