

日本に定着したトガリアメンボの周年経過と卵休眠

中尾史郎*・前田輝久**・山尾あゆみ**

Annual life cycle and egg diapause of the tropical waterstrider *Rhagadotarsus kraepelini* Breddin (Hemiptera: Gerridae) in temperate regions of Japan

SHIRO NAKAO*, TERUHISA MAEDA** and AYUMI YAMAO**

Synopsis: In northern Wakayama and southern Osaka areas on Honshu Island, it was confirmed that the waterstrider *Rhagadotarsus kraepelini* Breddin overwinters as eggs. Adults generally appeared on ponds from early June to late November. Alate adults were observed from June through to November, and diapausing eggs were produced from October onwards. Hatching of these diapausing eggs under field conditions occurred between late April and mid-May of the following year. Diapausing eggs that were exposed to 5°C for 41 days and then chilled to -5°C for a further 2 hours were able to complete their hatching when returned to an incubation temperature of 25°C. Duration from oviposition to hatching in non-diapausing eggs was approximately 27 days when incubated at 20°C, 19 days at 25°C, and 15 days at 28°C. Developmental times in nymphs decreased as incubation temperatures increased, and were unaffected by photoperiod. In field populations, floating plant materials such as bits of bark and short twigs were used as ovipositional substances. In laboratory rearing trials, a small proportion of eggs were also deposited in the water and had become fixed to the bottom of the container. Some of these eggs successfully hatched.

(Received September 6, 2010)

要 旨: トガリアメンボは和歌山県北部および大阪府南部において卵態で越冬することを明らかにした。当該地域において、本種の成虫は一般に6月上旬から11月下旬まで水面上で活動し、10月以降には休眠卵を産出した。野外で越冬した卵の孵化時期は不斉一であり、翌年の4月下旬から5月中旬に孵化した。休眠卵は1か月以上の5°C暴露および2時間の-5°C暴露に耐性を有していた。非休眠卵の卵期間は20°Cで約27日、25°Cで約19日、28°Cで約15日であり、発育は斉一であった。幼虫期間は日長と無関係で、20°Cで約62日、25°Cで約38日、28°Cで約32日であった。有翅型成虫は6月から11月まで出現した。野外における本種の産卵基質には水面上に浮遊する植物片が利用されており、樹皮断片、および長さ35 mm以下で直径2~4 mmの枝片に特に多く産卵されることが明らかになった。また、室内では、一部の卵は産卵基質に挿入されず水中に放出された。これらにも正常に発育して水中から孵化するもののあることを認めた。

(2010年9月6日受理)

* 京都府立大学大学院生命環境科学研究科応用昆虫学研究室

Laboratory of Applied Entomology, Graduate School of Life and Environmental Sciences, Kyoto Prefectural University, Kyoto 606-8522, Japan

** 和歌山大学システム工学部環境システム学科景観昆虫学研究室

Laboratory of Landscape Entomology, Department of Environmental Systems, Faculty of Systems Engineering, Wakayama University, 930 Sakaedani, Wakayama 640-8510, Japan

緒言

トガリアメンボ *Rhagadotarsus kraepelini* Breddin は 2001 年の晩夏に日本で初めて生息が確認されたアメンボ科トガリアメンボ亜科の 1 種で (Hayashi & Miyamoto, 2002), 台湾, 中国南部, ニューギニアのほか, シンガポールやタイなど旧世界東洋区に分布することが知られている (Hoffmann, 1936: 林・宮本, 2005)。我が国において, 兵庫県で生息が確認された翌年には大阪府 (中谷ら, 2003), 奈良県と和歌山県 (山尾・中尾, 2003) にも分布域を拡大し, 淡路島南部 (兵庫県) や沖ノ島 (和歌山市友ヶ島) など島々への侵入にも成功 (山尾・中尾, 2003) していることが確認された。そして, 2004 年には四国においても分布の西進が認められ (大原・林, 2004), 発見から 5 年ほどの間に近畿地方 (山尾・中尾, 2005) のみならず, 中国地方 (野崎・野崎, 2004), 四国地方 (大西, 2006) および東海地方 (矢崎・石田, 2008) に広く定着し, 2009 年には九州での生息も確認された (渡部・中島, 2010)。

本種の日本への侵入要因および侵入経路は不明である。非休眠状態にあるアメンボ類の成虫または幼虫の侵入定着では意図的な導入が疑われるが, 日本への侵入が非意図的な導入に由来するならば, 卵態で侵入した可能性を検討することに意義があると思われる。本種と同属の *R. anomalus* は, 一般に水面に浮遊する植物片に卵を挿入して産卵することが知られている (Wilcox, 1972: Andersen & Weir, 2004)。トガリアメンボも同様の産卵習性を示す (山尾・中尾, 未発表)。ただし, 室内のガラス水槽内で, 本種の成虫 4 匹を約 1 か月にわたり植物片を意図的に与えることなく飼育した際, 同水槽内に 2 匹の幼虫が出現したとの報告もある (Hoffmann, 1936)。こうした植物片のない条件下での産卵行動や産卵場所, そして産下された卵が孵化に至る場所の確認事例はない (Hoffmann, 1936)。

本種には無翅型と有翅型の翅二型が存在し, 日本における分布域の拡大は有翅型個体の飛翔移動によるものと推察される (山尾・中尾, 2003: 大原, 2004)。日本における急速な分布拡大および海洋で隔てられた島々への定着, ならびに在来生息地における沿岸部から 1,400 m を超える高地までの広域分布の状況 (Hoffmann, 1936) から, 本種の有翅型出現頻度やその機能は注目されることである。しかし, 日本国内はもとより, これまで本種の翅型出現状況に関する記録はなく, 一般に *Rhagadotarsus* 属の種は主として無翅型が優占する個体群を形成するといわれているに過ぎない (Andersen & Weir, 2004)。日本に定着した個体群が分布域を拡大しつつ発生を繰り返す過程で, 有 (無) 翅型の出現頻度が変化するかという点は, 熱帯に由来する翅多型性昆虫の温帯環境への適応プロセスとして興味深いと思われる。また, 中国広東省において本種は成虫態で越冬し, 冬季

にも配偶行動が観察されるようであるが (Hoffmann, 1936), 日本での越冬状況に関する詳細な報告はない。越冬生態, ならびに生存および発育に及ぼす温度や日長の影響を明らかにすることは, 今後の分布範囲の変化や発生長を予測するために必要であろう。

そこで, 本研究では 2002 年から 2005 年にかけて和歌山市周辺における個体群の発生長と翅型構成比率を調査するとともに, 野外での飼育を遂行して, 本種が卵態で越冬することを明らかにした。また, 温度と日長を制御した条件下で飼育したところ, 本種の卵休眠を確認するとともに発育と産卵に関する知見を得ることができたので報告する。

材料および方法

発生長および翅型構成比率の調査

大阪府泉南郡岬町別所 (N34°19', E135°10') の 2 つの溜池で 2002 年 9 月または 10 月から 2003 年 12 月まで, 和歌山県和歌山市栄谷 (N34°16', E135°9') の 2 つの池で 2002 年 8 月から 2003 年 12 月まで, 和歌山県伊都郡かつらぎ町丁ノ町 (N34°18', E135°30') の 3 つの溜池で 2002 年 10 月または 12 月から 2003 年 11 月まで, そして 2004 年 4 月から 9 月まで, それぞれ 2 か月に 1 から 5 回程度の頻度で本種の採集調査をおこなった。毎回の採集で調査員 2 名が池の外周の歩行可能な範囲を歩きながら, 池の汀線から約 2 m 以内の水面に生息している個体を捕虫網 (口径約 25 cm: メッシュ 0.5 mm) で約 20 分かけてトガリアメンボを採集した。採集した個体の発育段階を確認し, 成虫については翅型と性別を判定した。

大阪府岬町の 2 調査池は周囲の 3 面または全面をコンクリートブロックで造形された池で, 相互の距離は約 15 m であった。満水時の水面面積は, 3750 m² (池 A) と 7500 m² (池 B) であった。和歌山市の 2 調査池はコンクリートおよび人工石素材で造形された完全な人工池 (生物観察用および消火用) で, 相互の距離は約 100 m であった。満水時の水面面積は, それぞれ 160 m² (池 C) と 30 m² (池 D) であった。和歌山県かつらぎ町の 3 調査池は自然地形を利用した谷池で, 一面のみにコンクリートブロックの補強材が設置されているか, またはそういった人工造型素材のない池で, 池間の距離はいずれも約 30 m であった。それぞれの満水時の水面面積は 360 m² (池 E), 1240 m² (池 F), および 300 m² (池 G) であった。調査のための歩行距離は, 池 A で 150 m, 池 B で 200 m, 池 C で 20 m, 池 D で 24 m, 池 E で 20 m, 池 F で 30 m, そして池 G で 20 m であった。すべての調査池の標高は 150 m 以下であった。

野外における産卵基質の調査および卵の飼育

2003 年 9 月 19 日に和歌山県かつらぎ町の池 F におい

て浮遊植物片を捕虫網で採取した。これを乾燥させないように実験室に持ち帰り、植物片を素材および大きさに別々に類別した。大きさの測定にはデジタルノギス（ミットヨ：700-117とPK-1012, ならびにシンワ：19966）を用いた。類別した浮遊植物片を素材および大きさに水深2 cmとなるように水を入れた透明のスチロール樹脂容器（内径12 cm, 高さ5 cm）に収容し、28℃長日（明期15時間、暗期9時間）条件でインキュベートした。12月28日までの間、毎日観察し孵化した幼虫の個体数を記録して、幼虫を取り除いた。水の交換は3日に1回おこなった。

また、2003年9月14日に大阪府岬町の池Aで浮遊植物片（実験終了後の乾物重量約32 g）を採取し、これを和歌山市栄谷の屋外で、水深10 cmとなるように水を満たしたスチロール製水槽（34×19×21 cm）に収容して、5日ごとに水を補充しながらインキュベートした。また、2004年4月30日および2005年1月7日には和歌山県かつらぎ町の池Fで浮遊植物片を採取し（実験終了後の乾物重量約56 gと115 g）、これを、和歌山市冬野の屋外で水深15 cmとなるように水を満たしたポリプロピレン製容器（50×38×16 cm）に収容して、2日に1回程度の頻度で水を補充しながらインキュベートした。これらの容器の水面を、1～5日ごとに観察して羽化したトガリアメンボおよびその他の半翅目昆虫の1齢幼虫を採取して個体数を記録し、その個体数の経時変化を調査した。

温度制御条件下における卵期間と卵の低温耐性の調査

2003年10月19日に和歌山県かつらぎ町の池Fで採集した無翅型成虫を実験室に持ち帰り、25℃および28℃の長日条件（明期15時間、暗期9時間）で約1週間飼育した。飼育容器には水深が約1 cmとなるように水を入れた半透明のポリプロピレン製直方体容器（15.0×10.0×3.5 cm）を用いた。産卵基質として2つのポリスチレンフォーム材（株式会社カネカ製：1.0×0.3×0.2 cm および1.0×0.8×0.4 cm）を容器内に浮かべ、雌雄3対を収容した。これを温度条件ごと17セット以上用意した。同様に、2004年5月18日および7月25日に和歌山県那賀郡岩出町の複数の溜池（標高150 m以下）で採集した無翅型成虫を実験室に持ち帰り、20℃、25℃および28℃の長日条件で3日間飼育した。これらの餌には冷凍したキイロショウジョウバエ *Drosophila melanogaster* Meigen またはカスリショウジョウバエ *D. hydei* Sturtevant を雌雄1対につき6匹ずつ与え、これを毎日交換した。水と産卵基質は隔日または毎日交換した。10月20日から26日、5月19日と20日、そして7月27日と28日に容器内水中に放出された卵、および産卵基質に挿入された卵を引き続き20℃、25℃および28℃の長日条件でそれぞれ飼育して、孵化数を毎日確認した。なお、10月20日から26日までの飼育の結果、

産卵基質に挿入されず、水中に放卵されて容器底面に固着した卵については、その数とその後の孵化数を記録して孵化率を算出した。

10月20日から26日に卵を挿入された基質の一部（15片）については、12月26日まで25℃長日条件でインキュベートし、12月27日以降に以下の3条件で、基質5片ずつをそれぞれ低温に曝した：1) 5℃に42日間、2) 5℃に39日間の後、-5℃に2時間、さらに5℃に2日間、3) 5℃に39日間の後、-10℃に20時間、さらに5℃に2日間。これら3通りの低温処理後、再び25℃長日条件で2月末まで毎日観察しながらインキュベートして、孵化した幼虫の個体数を調査した。-5℃および-10℃の低温処理に際しては、基質の水分を拭き取った後、マイクロチューブに収容してそれぞれ約1時間および約2時間かけて冷却した。5℃および25℃の温度条件における飼育では、上記と同様に水深が約1 cmとなるように水を入れた半透明のポリプロピレン製の直方体容器（15.0×10.0 cm, 高さ3.5 cm）に産卵基質を浮かべて恒温でインキュベートした。

幼虫の発育期間の調査

2003年9月14日に大阪府岬町の池Aで採集した浮遊植物片から得られた幼虫、および2003年10月19日に和歌山県かつらぎ町の池Fで採集した浮遊植物片から同様に得られた幼虫、ならびに同日に採集した成虫が産下した卵から孵化した幼虫を孵化後24時間以内に、水深が約1 cmとなるように水を入れたポリプロピレン製の半透明容器（6.5×6.5 cm, 高さ4.0 cm）に個別に収容して、20℃、25℃および28℃の長日条件（明期15時間、暗期9時間）と短日条件（明期10時間、暗期14時間）で死亡または羽化するまで飼育して幼虫期間を調べた。餌には冷凍したキイロショウジョウバエ2匹を与えて、これを毎日交換した。水の交換は2日に1回とし、容器には静止場所としてポリスチレンフォーム材の小片（2.0×1.5×0.2 cm）を1片浮かべた。発育段階は毎日確認した。

結果

野外個体群の発生消長と有翅型構成比率の季節的变化

野外の6つの溜池におけるトガリアメンボの個体群構成の季節的变化をFig. 1とFig. 2に示した。大阪府岬町において、池Aでは2002年9月から11月中旬までの間、および2003年5月末から9月までの間に本種の生息を確認できた。池Bでは2002年に出現が確認されず、2003年6月と7月、ならびに10月と11月に断続的に確認された。調査期間中において一時的に発生確認の中断を認めた後の、池Aにおける5月29日、池Bにおける10月5日の再確認時には幼虫のみを発見できた。一方、秋季の発生終息前の11月12日には、池Bでは成虫だ

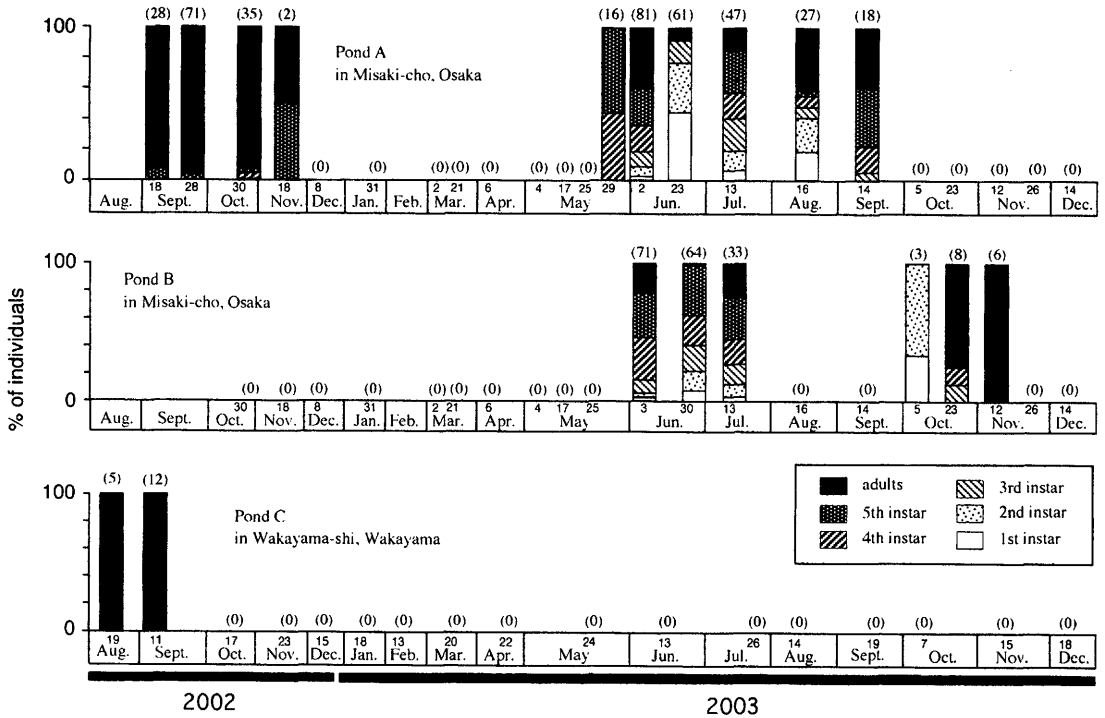


Fig. 1. Seasonal changes in percentages of adults and nymphs of various instars of *Rhagadotarsus kraepelini* in Misaki-cho, Osaka, and Wakayama-shi, Wakayama. Numbers in parentheses indicate sample size.

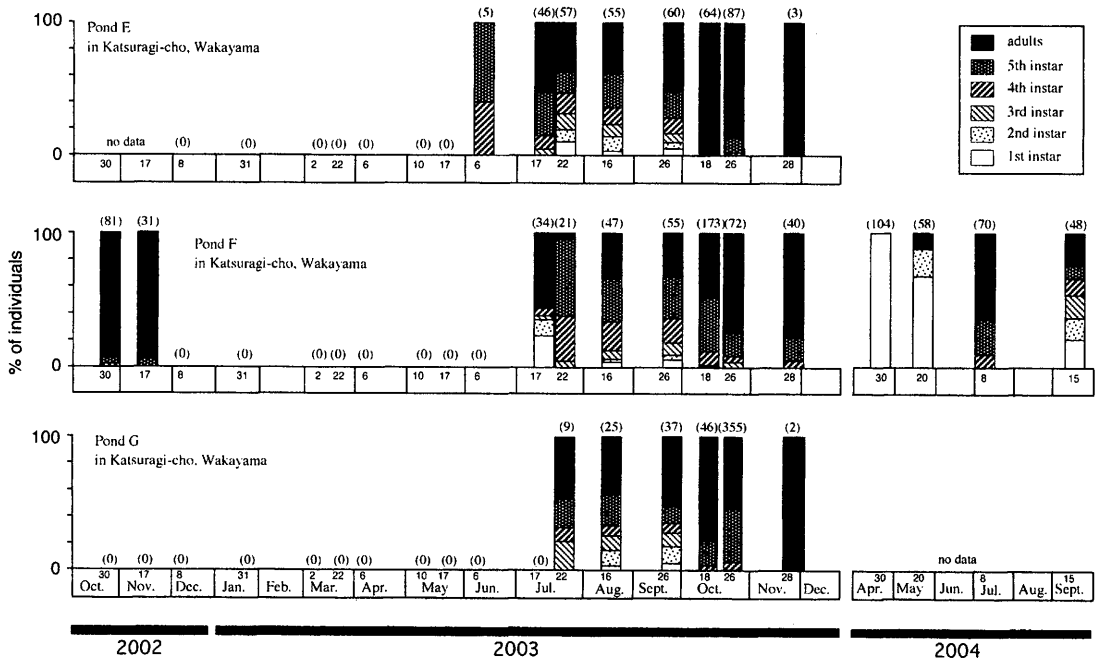


Fig. 2. Seasonal changes in percentages of adults and nymphs of various instars of *Rhagadotarsus kraepelini* in Katsuragi-cho, Wakayama. Numbers in parentheses indicate sample size.

けが発見できた。

和歌山市の池Cでは、2002年8月と9月に成虫が確認されたものの、その後の出現は認められなかった。池Dでは初調査日の2002年8月19日に2匹の5齢幼虫が確認できたが、9月以降から翌年にかけて本種の再出現は認められなかった。

かつらぎ町において、池Eでは2003年6月から11月末まで、池Gでは2003年7月から11月末まで本種の発生を確認した。池Eで本種を初めて確認した6月6日には、4齢および5齢の幼虫のみを認めた。また、池Eと池Gでは11月下旬には成虫のみの生息が認められ、その他の発生期間には成虫と幼虫をともに確認できた。池Fでは、2002年10月の調査開始時から11月にかけて、そして2003年7月から11月まで、さらに2004年4月下旬から調査を終了した9月に至るまでの期間に生息を連続的に確認できた。このうち、2004年4月には1齢幼虫のみが出現したが、その他の期間には成虫と幼虫がともに生息していた。

以上のことから、本種の幼虫の出現時期は概ね4月下旬から11月下旬頃であり、成虫の出現時期は概ね5月下旬から11月末頃であることが明らかになったといえる。すなわち、12月から翌年3月までは水面上から幼虫と成虫がともに不在となる。また、11月の発生終息直前には成虫の個体数構成比率が比較的高く安定し、生息個体数が漸減することが示された。

野外個体群における有翅型構成比率の経時的変化をFig.3とFig.4に示した。また、岬町とかつらぎ町の各溜池における、年間を通じての成虫性および有翅型構成比率をTable1に示した。本種の有翅型は6月から11月にかけて出現することが明らかになった。しかし、その構成比率に明確な季節的変動傾向や確認個体数との関連は認められなかった。かつらぎ町での採集個体数は岬町における採集個体数の約7倍であったが、2003年の1年間を通じた有翅型構成比率は岬町で3~10%、かつらぎ町で4~13%であり、両者に顕著な差異はなかった。一方、両地域の各池間の有翅型構成比率には3倍程度の差異を認めた。雌雄の有翅型構成比率の差異は軽微であったが、雌の方でわずかに高い傾向が認められた。

野外における産卵基質と孵化時期

2003年9月19日に野外から採取した植物片を素材および大きさによって類別して、室内における一定環境条件(28℃長日)において培養して得られた孵化幼虫数をTable2に示した。トガリアメンボは枝および樹皮の断片、ならびにその他の植物体部分を含む由来確認が困難な微小断片から多数が孵化したことから、本種は自然界において、これらの素材を産卵基質として利用していることが判明した。一方、茎や葉、ならびに果実や球果からは孵化個体を得られなかった。これらのうち、枝と樹皮とを比較すると、孵化数は樹皮の方で多かった。特に、

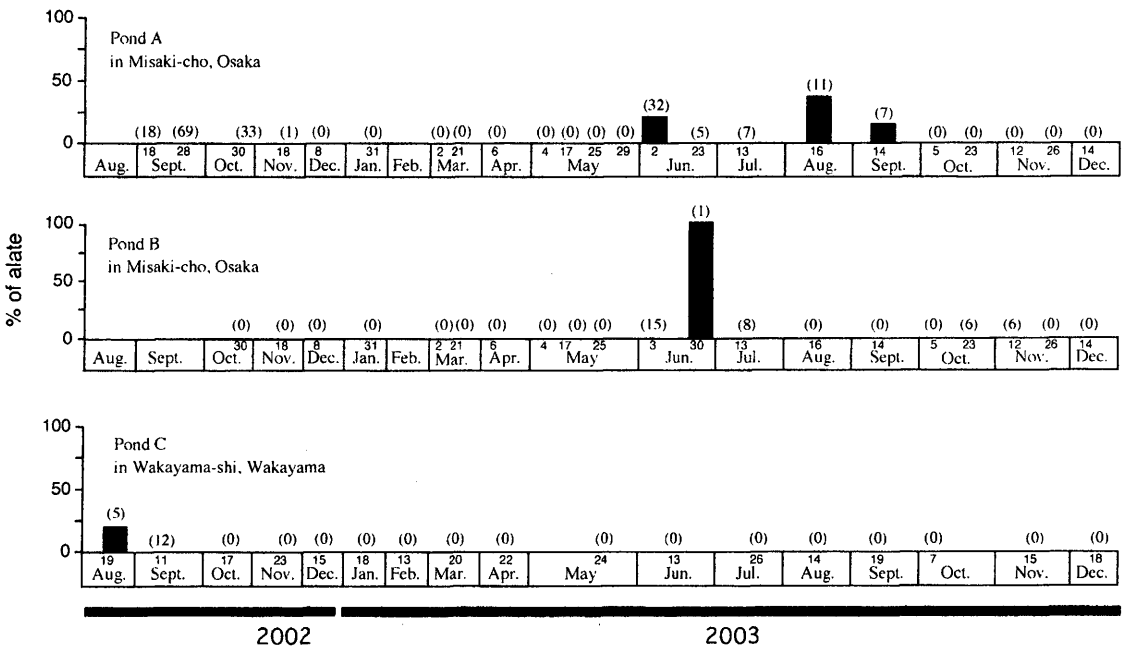


Fig. 3. Seasonal changes in percentages of alate adults of *Rhagadotarsus kraepelini* taken from Misaki-cho, Osaka, and Wakayama-shi, Wakayama. Numbers in parentheses indicate sample size.

厚さが3 mm未満の薄い樹皮からの方が、より厚い樹皮からよりも多くの個体が孵化した。枝においては、長さが35 mm以下で直径が2~4 mmである断片から特に多くの個体が孵化し、これよりも長い枝片から出現した個体はなかった。なお、1片の植物断片から複数の個体が孵化することが明らかになった。

2003年9月14日に野外で採取した植物片を引き続き野外で培養した結果で得られた孵化数の経時変化をTable 3に示した。本種の孵化は9月29日から10月11日にかけて認められたが、孵化数のピークは10月1日から10月5日であった。

2004年4月30日に採取した植物片から得られたアメンボ類の孵化数の経時変化をTable 4に示した。トガリアメンボの孵化のピークは5月3日までで、この間に本

種の全孵化数の半数以上が孵化した。その後の孵化は5月18日までで、少数個体が断続的に孵化した。ただし、その他のアメンボ科の孵化は5月26日まで確認できた。Mesovelia属の孵化は5月14日から5月26日の間であった。

2005年1月7日に野外で採取した植物片を引き続き野外で培養した結果で得られたアメンボ類の孵化数の経時変化をTable 5に示した。トガリアメンボは4月27日から5月14日にかけて孵化した。孵化のピークは5月3日前後であった。本種の他にアメンボ類の孵化幼虫はまったく認められなかった。

恒温条件における卵期間と卵の低温耐性

2004年5月18日と7月25日に野外で採集したトガ

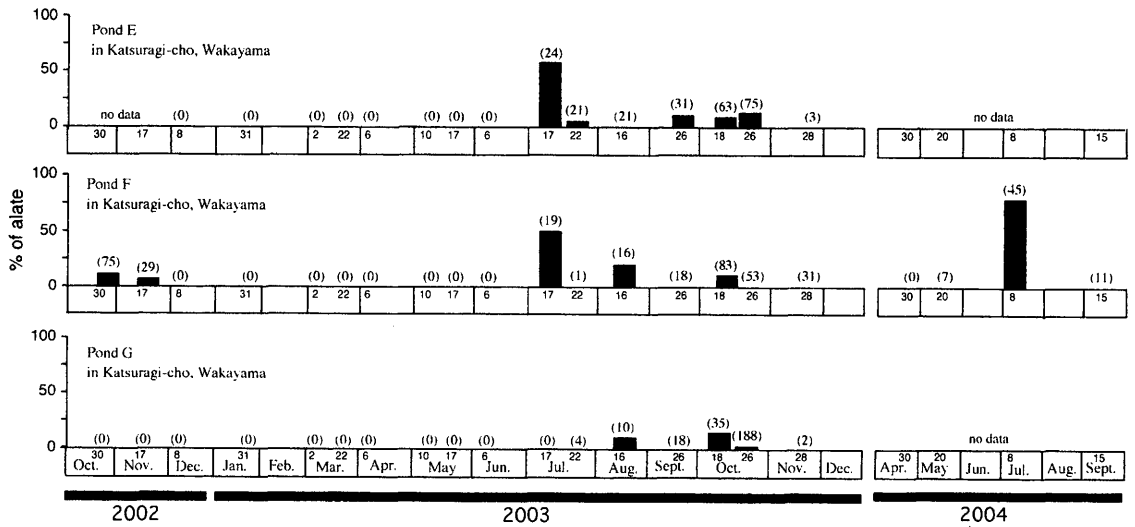


Fig. 4. Seasonal changes in percentages of alate adults of *Rhagadotarsus kraepelini* taken from Katsuragi-cho, Wakayama. Numbers in parentheses indicate sample size.

Table 1. Sex ratios and percentages of alate adults of *Rhagadotarsus kraepelini* collected from five ponds in 2003.

Location	Site	Total no. of adults	% of female	% of alate		
				Females	Males	Total
Misaki-cho in Osaka Pref.	A	62	61.3	10.5	8.3	9.7
	B	36	66.7	4.2	0.0	2.8
Katsuragi-cho in Wakayama Pref.	E	238	54.2	13.2	12.8	13.0
	F	238	56.3	8.2	8.7	8.4
	G	257	50.2	4.7	2.3	3.5

リアメンボ成虫を、その後3温度条件下で飼育して産下させた卵の孵化までの平均日数を Table 6 に示した。卵期間は20℃で27~28日、25℃で19~20日、28℃で14~16日であり、成虫の採集時期によって発育に差異はなかった (Mann-Whitney's U-test: $p > 0.05$)。一方、2003年10月19日に採集した成虫を約1週間の間、25℃と28℃で飼育して、産下させた卵の発育期間は比較的長く、孵化時期は不斉一であった。これらの孵化数の経時的な変化を Fig. 5 に示した。10月20日から26日までに産下されたこれらの卵の孵化は、25℃で1月27日まで継続し、大部分の卵の孵化までの期間は2~3か月におよんだ。また、28℃では孵化が11月4日から1

月2日におよび、概ね1か月以上の卵期間を要したが、25℃では低率であった早期孵化個体数比率が比較的高く、28℃における孵化数の変化は11月4日と12月7日にピークを持つ2山型の頻度分布を示した。前者の大部分で卵期間は10~16日、一方、後者では25~70日であったこととなる。なお、これら25℃および28℃の2温度条件における飼育期間中に、113個の卵が産卵基質としてのポリスチレンフォームの小片に挿入されず、水中に放卵された。放卵されたこれらの卵はゆっくりと容器底面に沈着し、固定された。Table 7 に示したように、これらの卵の孵化率は比較的低い値であったが、水中放卵によっても正常な孵化に至ることが明らかになった。

Table 6. Duration from oviposition to hatching of *Rhagadotarsus kraepelini* reared at different temperatures, but under the same photoperiod of 15L-9D. Eggs were obtained from females captured from ponds in Iwadecho, Wakayama, in May and July of 2004.

Temperature	Eggs deposited in early summer ¹⁾	Eggs deposited in mid-summer ²⁾
20℃	27.4 ± 0.7(53)	27.5 ± 0.8(37)
25℃	19.7 ± 0.7(67)	19.1 ± 0.8(44)
28℃	14.5 ± 1.0(46)	15.7 ± 0.7(49)

¹⁾All eggs were deposited by females immediately after capture, the 19th of May, and by the 20th of May, 2004.

²⁾All eggs were deposited by females immediately after capture, the 27th of July, and by the 28th of July, 2004.

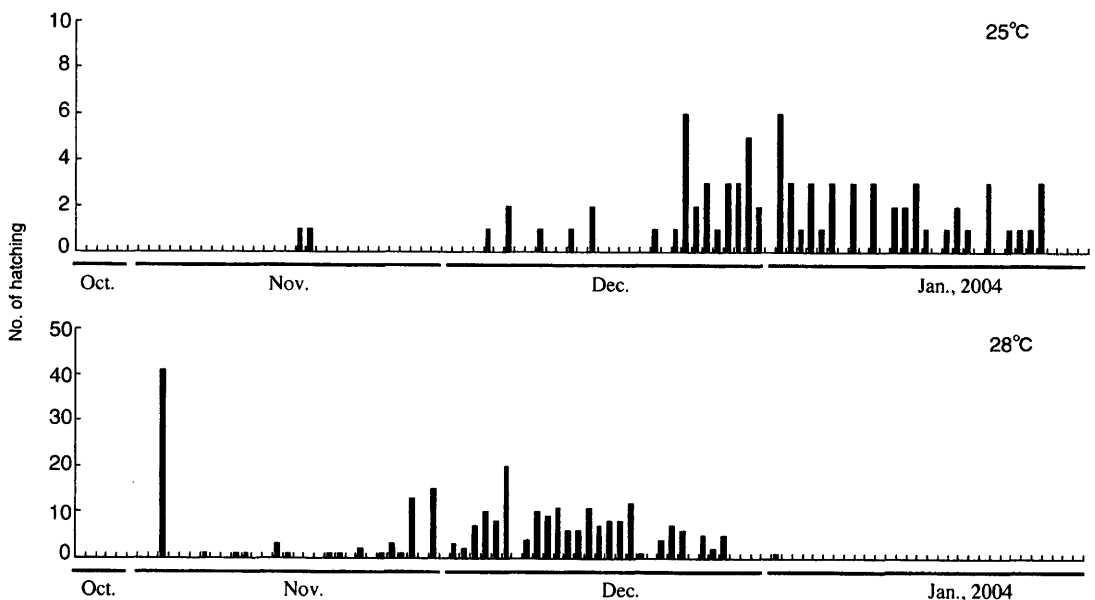


Fig. 5. Changes in the proportion of hatching eggs of *Rhagadotarsus kraepelini* laid by adults captured in the field on the 19th of October, 2003, and reared at two different temperatures (25℃ and 28℃) under a 15L-9D photoperiod. All eggs were deposited between the 20th and 26th of October, and kept under each condition.

また、2003年10月20日から26日までに25℃条件下で産下された卵を12月26日まで引き続き25℃条件下で飼育し、その後、一定期間を基質ごと低温に曝して飼育し、孵化の可否を調査した結果をTable 8に示した。卵態における42日間の5℃条件および2時間の-5℃条件の経験によっても、本種が正常に孵化することが明らかになった。一方、-10℃条件に20時間曝した場合に孵化した個体はなかった。

恒温条件における幼虫の発育期間

本種幼虫の3温度条件下における平均発育期間をTable 9に示した。本種幼虫の平均発育期間は、20℃で60~64日、25℃で36~41日、28℃で31~33日であり、2日長での発育期間に差異はなかった (Mann-Whitney's U-test: $p > 0.05$)。

考 察

中国広東省において、本種の成虫は周年水面に出現し、幼虫は厳冬期を除いてほぼ周年観察できるといわれている (Hoffmann, 1936)。わが国の近畿地方の低地部野外においては、成虫は5月から11月まで、幼虫は4月から11月まで水面上に出現することが明らかになった (Fig. 1 と Fig. 2)。また、冬季に採取した植物片を野外でインキュベートし、春季に孵化を確認できたこと (Table 5) から、本種がわが国において卵態で越冬することを明らかにできた。このことは、中国広東省において厳冬期に幼虫の出現が認められないことと整合する。すなわち、日本に定着したトガリアメンボは、わが国への侵入以前から卵態での越冬習性を基本的に備えていたと考えられる。

和歌山市において、越冬卵は4月下旬から5月中旬にかけて孵化した (Table 5)。当地の5月および6月の平

Table 7. Numbers of hatched eggs of *Rhagadotarsus kraepelini* that had been deposited in water and kept at different incubating temperatures. Eggs were laid at each thermal condition under a 15L-9D photoperiod.

Temperature	No. of eggs deposited in water	% hatchability
25℃	48	37.5
28℃	65	12.3

Table 8. Numbers of *Rhagadotarsus kraepelini* hatching from eggs that were exposed to low temperatures. All eggs were laid between the 20th and the 26th of October by females kept at 25℃ under a 15L-9D photoperiod. The adult females were captured in the field at Katsuragi-cho, Wakayama on the 19th of October, 2003, and eggs laid by them were incubated under the same photothermal conditions until the 26th of December. Series of low-temperature treatments at egg stage were conducted from the 27th of December onward. After each treatment, eggs were kept at 25℃ under a 15L-9D photoperiod.

Treatments	No. of hatching
5℃ during 42 days	13
5℃ during 39 days / -5℃ during 2 h / 5℃ during 2 days	10
5℃ during 39 days / -10℃ during 20 h / 5℃ during 2 days	0

Table 9. Duration (in days) of nymphal development in *Rhagadotarsus kraepelini* under different temperature and photoperiodic conditions.

Photoperiods	20℃		25℃		28℃	
	N	Mean ± S.D.	N	Mean ± S.D.	N	Mean ± S.D.
15L-9D	8	60.9 ± 2.6	19	41.0 ± 4.9	14	32.5 ± 2.7
10L-14D	6	63.8 ± 4.3	13	36.2 ± 2.3	14	31.3 ± 3.3

均気温はそれぞれ19℃と23℃程度である。また、室内における幼虫の発育期間の調査結果から、本種の孵化から羽化までの所要日数は、20℃で約62日であることが明らかになった (Table 9)。これらに基づいて推察すれば、本種の第1世代の成虫の羽化は6月頃に始まると推察できる。実際には、隣接する大阪府岬町において2003年の6月上旬に、そして、2004年には和歌山県かつらぎ町と岩出町で5月下旬に成虫が確認された (Fig. 1と2, ならびに材料および方法)。こうした相違の要因としては、微視的生息場所の温度条件と餌条件の影響を考慮することができる。本種が生息する開放的水面での活動状況や卵の挿入された基質の浮遊状態によっては、個体の温度が気温よりも高くなるかも知れない。また、変温条件下では恒温条件下よりも発育速度が高くなる可能性もある。さらに、本研究ではキイロショウジョウバエのみを一定数だけ与えて幼虫の発育期間を調査したが、アメンボ類においては餌の種類や量が改変されることで、より速い発育、ならびに高い生存率や繁殖率を達成する場合のあることが明らかになっている (Kaitala, 1987; Sonoda *et al.*, 1992)。本種においても、カスリショウジョウバエを与えた場合には、25℃における幼虫期間が約1週間短縮されることを確認している (山尾, 未発表)。したがって、本種の野外における幼虫期間は、本研究の結果よりも短いと考えるのが妥当であるかも知れない。夏季に採集した成虫を室内の3温度条件で飼育して産卵させ、その卵を引き続き3温度条件下で飼育したところ、本種の20℃、25℃および28℃における卵期間は、日長とは無関係に、それぞれ約27日、19日および15日であることが明らかとなった (Table 6)。キイロショウジョウバエのみを与えた本種成虫の25℃における産卵前期間は約1週間から10日間で、成虫寿命は約2か月である (前田・中尾, 未発表)。さらに、既述した理由から、本種の20~25℃および28℃における幼虫期間をそれぞれ4週間および3週間程度と想定すると、近畿地方の平地においては、第一世代は5月下旬頃より羽化し、年内に3~4世代以上を経ているものと考えられる。

野外において5月および7月に採集した成虫が25℃および28℃条件下で産下した卵は、同温度条件下で概ね14~20日後に孵化したが (Table 6)、10月中旬に野外で採集した成虫が25℃と28℃条件下でそれぞれ産下した卵の発育は不斉であり、同条件下において11月までに孵化した個体は極めて少数であった (Fig. 5)。これらの卵の飼育では、25℃における孵化は1月下旬まで継続し、28℃における孵化は1月初旬まで継続した (Fig. 5)。また、厳冬期の1月、そして野外における成虫出現期以前の4月に採取した植物片を採取直後から野外条件下で培養した際には、いずれの場合も4月下旬から5月にかけて1齢幼虫の出現を確認できた (Table 4と5) が、2003年の9月14日に野外の池で採取した植

物片を採取直後から野外条件下で培養した場合には10月中旬までに孵化が終了した (Table 3)。これらの結果から、近畿地方においては、本種が9月下旬から10月中旬以降に産下する卵には休眠が誘導されており、その孵化は翌年の4月下旬以降であるといえるだろう。卵の休眠誘導要因は、親世代虫が経験する外的環境条件と推察されるが、その確認は今後の課題である。野外の本種個体群では、11月には個体数が漸減するとともに、個体群に占める成虫の構成比率が比較的高く安定する傾向が認められ (Fig. 1とFig. 2)、4月にはまず1齢幼虫が水面に出現することから (Fig. 2)、近畿地方においては、10月および11月に休眠卵を産出した個体の大部分は冬の到来とともに12月以降に死滅すると考えられる。わが国の温帯域に分布するアメンボ類 (Gerridae) は一般に成虫越冬するが、シマアメンボ *Metrocoris histrio* (White) では卵越冬の習性が知られている (Ban *et al.*, 1988)。*Metrocoris* 属と *Rhagadotarsus* 属はともに南部アジアを分布の中心とする種を含む一群であり (Andersen, 1982; Chen & Nieser, 1993a, 1993b; Andersen & Weir, 2004)、これら熱帯から亜熱帯に分布する2グループの構成種が、わが国の温帯域で卵態越冬する共通点は、アメンボ類の環境適応の起源と進化の点で興味深い。シマアメンボは本州北部および北海道、ならびに和歌山県の標高約800 m以上の場所では卵態のみで越冬するが、和歌山県の標高200 m以下の場所では卵態のみならず幼虫態でも越冬し、低地の水路では成虫をほぼ周年観察できる場所もある (中尾・山尾, 未発表)。今後、トガリアメンボの越冬態に変化や地域間差異が検出されるか注目されるところであろう。

近畿地方の野外における本種休眠卵の孵化は4月下旬から5月上旬頃を中心とするため、越冬中の卵態期間は6か月におよぶことになる。4月に採取した植物片からはミズカメムシ類やその他のアメンボ類の幼虫も出現する (Table 4) が、1月に採取した植物片からは本種の幼虫が著しく高率で出現する (Table 5) ため、本種は冬季に池の水域に生息するアメンボ類の中で優占種となっているといえよう。さらに、産下後約2か月を25℃で飼育した卵を、その後低温に曝して飼育したところ、本種の卵は短期間の氷点下 (-5℃) の気温に曝された場合でも死亡せず、正常に胚発生を完了することが明らかになった (Table 8)。ただし、より低い気温 (-10℃) に約2日間曝した際には孵化した個体がなく (Table 8)、本種は早春の低温日の頻繁な場所、厳しい低温に曝される場所および長期低温環境が持続する場所では定着できない可能性があるといえる。本種の分布可能範囲の推定のためには、卵がどの胚発生段階で、どの程度の低温にどの程度の期間の耐性を有するかを詳細に追求する必要があるだろう。

本種の産卵は、樹木の枝や樹皮などの、一定の大きさ以下の比較的小さな植物片になされることが明らかと

なった (Table 2)。本種の雄は *R. anomalus* と同様 (Wilcox, 1972; Andersen & Weir, 2004) に、水面に散在するこれら植物片を保持して配偶し、雌は雄が保持する植物片に産卵する。これらが浮遊する池の水面は冬季にたびたび凍結するため、本種の卵と産卵基質は凍結に見舞われる可能性がある。一方、これらの植物片は本種の卵が挿入された後に池底に沈澱することであろう。近畿地方では溜池の貯水が完全に凍結することは一般的ではない。これらは、本種が比較的深い水中でも越冬している可能性を示唆する。他方、秋季から冬季にかけて落水される池では、底質上に残存した植物片が乾燥または凍結することであろう。これら、冬季の池の貯水および維持管理状況、ならびに凍結状況が本種の分布を制限する要因となると推察できる。秋季の落水は産卵基質の流出による受動分散要因でもある。本種の広域伝播を阻止する立場では、秋季から冬季の植物片除去および水管理によって越冬を許容しないことが有効かつ容易な手法であるかも知れない。さらにまた、水中放卵された本種の卵も水中 (水深約 1.5 cm) において正常に胚発生し、孵化することが明らかになった (Table 7)。野外においては、水中に放出された卵は池底や水中の浮遊物、ならびに生育する植物体に沈着するものと想像できる。浮遊する植物片に挿入され水面で越冬する卵と比較すると、水中および池底における越冬卵は凍結に曝される可能性が低くなる。野外における水中放卵の帰着を明らかにするためには、本種が、どの程度の水深の水中においても正常に胚発生を完了し、孵化できるかを調査する必要がある。

本種成虫の水面上における有翅型出現期は 6 月から 11 月におよび、2 回以上の調査時に成虫を確認できたすべての溜池で有翅型の出現が確認された。各溜池における年間確認個体における有翅型構成比率は概ね 3~13% であった (Table 1) が、これはアメンボ科の在来の翅多型性種の有翅型出現状況と比較すると低率と思われる。本調査の結果では、本種の野外個体群の成虫性比はわずかに雌に偏る傾向があり、雌では有翅型構成比率が雄よりもわずかに高い傾向があった (Table 1)。わが国における短期間での分布域拡大の実態は、本種の有翅型雌個体が在来種と比較して短期間で長距離を飛翔するのに十分な行動的または生理的特徴を有することを示しているのかも知れない。本種の分散は年間を通じての水の流れによる受動的移動および分散と、主として夏季の有翅型成虫の能動的移動の両者によるといえるだろう。また、本調査の結果 (Table 1, Fig. 3 と 4) は、近隣生息池間においても、有翅型出現率または有翅型定着率が異なることを示唆しており、この点を飛翔移動状況の把握や生存率の比較、ならびに翅型決定要因の追求などによって解明することが期待される。

本研究で明らかになった本種の産卵基質や水中放卵、ならびに休眠性を勘案すると、本種の卵が水生動植物や

その梱包資材に随伴 (付着など) して、わが国に非意図的に導入された可能性は十分にあると考えられる。そして、卵の低温耐性および初夏から秋季におよぶ有翅型雌成虫の出現は、本種が短期間で分布を拡大した一因となっていたと考えられるのではなからうか。これまでのところ、本種の新規定着による他生物への明らかな影響は把握されていない。しかし、和歌山市においては、本種の定着確認から約 1 年後にオヨギカタビロアメンボ *Xiphovelia japonica* Esaki et Miyamoto の個体群が再確認できなくなった池がある (中尾, 2005: 未発表)。現在、西日本における両種の分布域は一致しつつあることから、相互の動向が注目される。

謝 辞

ショウジョウバエ類の同定をおこなってくださった布山喜章博士と渡部英昭博士、トガリアメンボに関する情報をご教示くださった立川周二博士、林正美博士、大原賢二博士および野崎達也氏、アメンボ類に関する文献をご提供いただいた伴幸成博士、村路雅彦博士および矢崎充彦氏、そして英文記述についての助言や訂正をおこなってくださった Memorial University of Newfoundland の Dr. Tom W. Chapman に御礼申し上げる。

引用文献

- Andersen, N.M. (1982) The Semiaquatic Bugs (Hemiptera: Gerromorpha) Phylogeny, Adaptations, Biogeography and Classification. Entomonograph Volume 3. Scandinavian Science Press Ltd., Klampenborg.
- Andersen, N.M. & T.M. Weir (2004) Australian Water Bugs: their biology and identification (Hemiptera-Heteroptera, Gerromorpha & Nepomorpha). Apollo Books, Stenstrup.
- Ban, Y., S. Shibata & M. Ishikawa (1988) Life history of the water strider *Metrocoris historio* B. White (Hemiptera: Gerridae) in Aichi Prefecture Japan. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 23: 2145-2151.
- Chen, P.P. & N. Nieser (1993a) A taxonomic revision of the Oriental water strider genus *Metrocoris* Mayr (Hemiptera, Gerridae). Part I. *Steenstrupia*, 19: 1-43.
- Chen, P.P. & N. Nieser (1993b) A taxonomic revision of the Oriental water strider genus *Metrocoris* Mayr (Hemiptera, Gerridae). Part II. *Steenstrupia*, 19: 45-82.
- Hayashi, M. & S. Miyamoto (2002) Discovery of *Rhagadotarsus kraepelini* (Heteroptera, Gerridae) from Japan. *Japanese Journal of Systematic Entomology*, 8: 79-80.

- 林正美・宮本正一 (2005) 半翅類. 日本産水生昆虫科・属・種への検索. 川合禎次・谷田一三 編. 東海大学出版会. 神奈川. 291-378.
- Hoffmann, W.E. (1936) Life history notes on *Rhagadotarsus kraepelini* Breddin (Hemiptera: Gerridae) in Canton. *Lingnan Science Journal*, **15**: 477-482.
- Kaitala, A. (1987) Dynamic life-history strategy of the waterstrider *Gerris thoracicus* as an adaptation to food and habitat variation. *Oikos*, **48**: 125-131.
- 大西剛 (2006) 愛媛県でトガリアメンボを採集. 愛媛県総合科学博物館研究報告, (11) : 27.
- 大原賢二・林正美 (2004) 四国におけるトガリアメンボの発見とその分布状況. 徳島県博物館研究報告, (14) : 69-83.
- 中尾史郎 (2005) 和歌山県北部におけるケシミズカメムシとオヨギカタピロアメンボの記録と生息状況. *KINOKUNI*, (69) : 1-2.
- 中谷憲一・今結黎靖夫・金沢至・河合正人 (2003) トガリアメンボの発見と生息環境. *Nature Study*, **49**: 15-17.
- 野崎達也・野崎陽子 (2004) トガリアメンボの岡山県・広島県東部への分布拡大. *すずむし*, (138) : 7-11.
- Sonoda, S., M. Muraji & F. Nakasuji (1992) The effects of diet combination on the development and fecundity of a semi-aquatic insect, *Microvelia douglasi* (Heteroptera: Veliidae). *Applied Entomology and Zoology*, **27**: 162-164.
- 渡部晃平・中島淳 (2010) 九州における外来種トガリアメンボの初記録. ホシザキグリーン財団研究報告, (13) : 269-270.
- Wilcox, R.S. (1972) Communication by surface waves. Mating behaviour of a water strider (Gerridae). *Journal of Comparative Physiology* **80**: 255-266.
- 山尾あゆみ・中尾史郎 (2003) 近畿地方におけるトガリアメンボ亜科の1種, *Rhagadotarsus kraepelini* の定着と分布拡大. *南紀生物*, **45**: 15-20.
- 山尾あゆみ・中尾史郎 (2005) 紀ノ川周辺の溜池群における両生半翅類の分布 (I) (アメンボ科, イトアメンボ科). *南紀生物*, **47**: 69-73.
- 矢崎充彦・石田和男 (2008) 東海地方の水生半翅類. *佳香蝶*, (60) : 165-200.