

平成 21 年 5 月 1 日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2007－2008  
 課題番号：19570021  
 研究課題名（和文） 外洋棲と陸水棲ウミアメンボ類間における行動の温度反応についての比較研究  
 研究課題名（英文） Comparative study on temperature responses by oceanic and fresh water species in Halobatinae  
 研究代表者  
 原田 哲夫（HARADA TETSUO）  
 高知大学・教育研究部人文社会科学系・准教授  
 研究者番号：60260692

研究成果の概要：黒潮から北赤道海流から赤道付近の海流まで西太平洋全域を移動していると考えられるコガタウミアメンボは高温耐性が最も強く、分布域が低緯度に限られる種ほど耐性が低い（センタウミアメンボ、ツヤウミアメンボの順に低くなる）ことが分かった。陸水に棲むウミアメンボ科昆虫であるシマアメンボは外洋棲ウミアメンボ（上記 3 種）よりはるかに高温耐性が強く陸水の激しい温度変動に適応していた。また東インド洋では、2つの海流がぶつかる南緯 6 度で際立ってツヤウミアメンボの高温耐性が強く、海流が出会う場所でのダイナミックな水温変動への適応と考えられる。また、北緯 12 度、東経 135 度の 20 日間の 6 月の定点観測では台風発生時における 25℃以下の気温低下の頻発が、生息するツヤウミアメンボを消耗させ、高温耐性の低下を招くものと考えられる。このようにウミアメンボ科昆虫は棲息する水域の温度環境を反映した形で高温耐性の高低を示すものと思われる。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：ウミアメンボ科、高温耐性、海洋と陸水、温度変動、海流

## 1. 研究開始当初の背景

ウミアメンボ類は外洋に進出した唯一の昆虫（5 種のみ）である（Andersen, 2000）。カメムシ目に属するアメンボ類は水面という特殊な生息場所を獲得した。中でもウミアメンボ類は陸での生活から完全に離脱した、“水上のスペシャリスト”である。ウミアメンボ類の生態や生活史、そしてそれを支えている生理機能を調べることは、生き物が特殊な環境へどのように進出し適応するのを探るモデルケースとして、生物多様性を理解する上

で極めて意義深い。

しかしながら、特に外洋棲ウミアメンボは究極の水上スペシャリストでありながら、分類生態学的研究がこれまでの研究の主流であり、生きた状態の生理機能に関する情報はこれまで、殆どなかった。

## 2. 研究の目的

ウミアメンボ科昆虫のうち外洋に生息する 3 種と淡水に棲むウミアメンボ＝シマアメンボ（シマ）では、生息する水域の温度変化値

が全く異なる。淡水は温度変動が激しいが、外洋特に低緯度域では安定している。近縁であるウミアメンボの仲間でも、生息する温度環境にその生理機能も適応させているのかを探る。

また、同じ外洋棲ウミアメンボであっても分布域が高緯度側に広がっているコガタウミアメンボ（コガタ）やセンタウミアメンボ（センタ）の方が、低緯度側に集中しているツヤウミアメンボ（ツヤ）の方が高温耐性が弱い可能性がある。この点も検証する。

海流などの海洋動態の激しさや同じ海域でも気象条件が外洋棲ウミアメンボの温度耐性に影響を及ぼす可能性がある。高温耐性と海流・気象条件などとの関係も探る。

### 3. 研究の方法

日本列島の南を流れる黒潮の北辺海域（KT-06-23、KT-07-19、KT-08-13）、鹿児島沖、高知沖の黒潮から北に外れた海域（KT-08-23）、東部熱帯インド洋域：北緯 8 度～南緯 6 度（KH-07-04-Leg1）、西部熱帯太平洋海域：北緯 8 度～0 度（MR-06-02）、西部熱帯太平洋海域：北緯 12 度、東経 135 度定点（2008 年 6 月、20 日間観測：MR-08-02）

で、ORI net(直径 150cm の丸型ネット)、または Neuston-net (箱形、間口幅約 70 cm) を用いてサンプリング調査 (15 分または 20 分 X 3 回、2~2.5knot) を行った。採取されたウミアメンボは物理的衝撃による麻痺からの蘇生後、飼育水槽に移され飼育条件に 12 時間順応させた後、温度麻痺実験に供された。飼育は採集海域の水温で行われ、温度麻痺実験は飼育温度から開始された。1 時間に 1□ずつ階段状に水温をヒータを使って上昇させ、高温によって滑走行動が停止する温度を亜麻痺温度、更に、胸部腹面が水面と接し体幹が水面から浮いていない状態＝麻痺状態になった温度＝麻痺温度をそれぞれ記録した。

### 4. 研究成果

(1) サンプリング調査 コガタは黒潮上から、北赤道海流、北緯 5 度の NECC 海流上で幼虫や成虫が採取されているので、本種は西部太平洋域を海流によって広く移動している可能性がある。また、西部熱帯太平洋域の赤道付近（北緯 0-8 度）ではツヤとセンタが占有していたのに対し、東インド洋北緯 8 度～南緯 6 度ではツヤが占有していた。

外洋棲ウミアメンボは、「海流に乗って様々な海域を渡り歩く旅人アメンボ」と「一定の場所に留まる定住型アメンボ」に分かれるという仮説が成り立つ。2008 年度の調査結果を照らし合わせると、6 月の黒潮上（高知沖から房総沖）では採取されたのは殆どが

コガタウミアメンボ（コガタ：小型種）成虫とツヤウミアメンボ（ツヤ：大型種）幼虫であったが、黒潮から外れた土佐湾内（9 月）では採取されたのは殆どがセンタウミアメンボ（センタ：中型種）であった。2006 年、2007 年の淡青丸航海でも、8-9 月の夏季に黒潮上で最も多く採取されたのはコガタであった。このように黒潮上の「旅人アメンボ」の多くはコガタではないかと考えられる。本種の多種と比較しての高い高温耐性はこのことを支持する。翻って、北赤道海流上（北緯 17-12 度）での 27 回に及ぶサンプリングの結果、ツヤは約 1300 頭、センタは約 400 頭、コガタは約 300 頭採取された。従って熱帯域を東から西へ流れる北赤道海流に乗って移動する「旅人アメンボ」のうち多くはツヤが占めると考えられる。コガタは、北赤道海流と黒潮に乗って西部太平洋を大きく循環する「旅人」かもしれない。

### (2) 高温麻痺実験

亜麻痺や麻痺に達する前の温度域での温度上昇によって、ウミアメンボ成虫（または 5 齢幼虫）の滑走速度は徐々に低下して行った（図 1）。

### ビデオ解析の結果

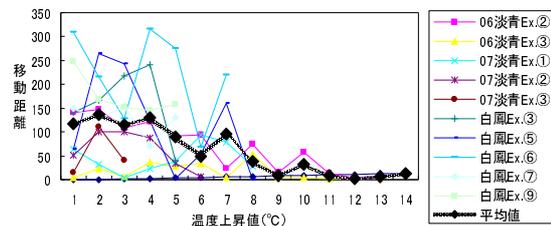


図 1 温度上昇と共に滑走速度が低下して行く。

概ね高緯度海域に生息する外洋棲ウミアメンボ類ほど高温耐性が高い傾向があった。しかし、赤道付近の熱帯域にあっても海流などの海洋動態がダイナミックで、環境海水温の変動がはげしいと考えられる海域に生息する個体群ほど、高温への温度変化に耐えられることが分かった。外洋棲ウミアメンボ 3 種間で比較すると、北緯 12~17 度で棲息していた個体では、ツヤ、センタ、コガタの順に小型種になるほど高温麻痺温度が高かった。また、北緯 6 度、東経 130 度の西部熱帯太平洋海域でも、中型のセンタが大型のツヤより高い麻痺温度を示した。これらのことは、小型になるほど、生息域を高緯度地域にまで伸ばしていることと関係するかもしれない。

黒潮域では 9 月末の鹿児島沖で採取された外洋棲ウミアメンボ類は 35~40°C までほとんどが耐え高温に対する耐性が高かったが、2007 年 8 月高知沖で採取された個体は平均約

33°Cの低温で麻痺した。このように北緯30度以上の温帯域では、秋や春の気温の日内変動が生じる季節には温度耐性が高くなる可能性が示唆された。また、温度の日内変動や季節変動の激しい陸水に棲むシマアメンボ(図2)は温度環境が安定している海面上に生息するウミアメンボ類(図3)より高い高温麻痺温度を示した。このように生息する環境の温度変化値が、それぞれの温度耐性に反映していた。

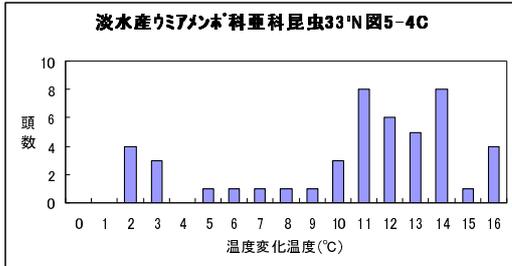


図2: シマ成虫の高温耐性は高い。

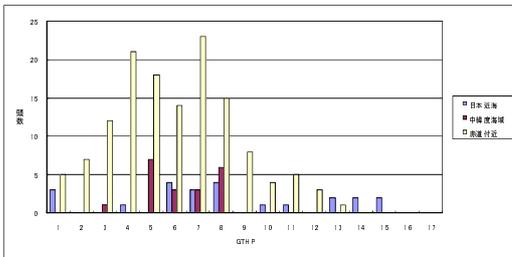


図3: 外洋棲ウミアメンボ類の高温耐性

MR-08-02 では北緯12度、東経135度の定点観測で採取されたツヤ成虫の麻痺温度を求めた。台風が発生し、天候や海況が悪化した後半の10日間に採取されたツヤは、比較的好天に恵まれた前半に採取されたものより、高温耐性が低かった。その原因として以下の3点が考えられる。1. 台風発生に伴う、気温の低下(25°C以下を記録した回数が前半5回、後半10回)のストレス; 2. 台風発生に伴う波浪による物理的衝撃; 3. 台風発生に伴う、まとまった降水による浸透圧低下。

KH-07-04-Leg1 では、南北からの海流がぶつかる南緯6度付近で採集されたツヤウミアメンボが非常に高い高温耐性を示した。これは、2つの海流がぶつかることでこの海域の海水温がダイナミックに変動している可能性があり、高い高温耐性はこの変動への適応かも知れない(図3)。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計5件)

1. Kishi M, Harada T, Fujisaki K

Responses of life-history traits of brackish- and freshwater populations of the water strider to NaCl *Aquarius paludum* (Heteroptera: Gerridae) *European Journal of Entomology* 106: 43-48 (2009)

2. Harada T, Yamashita J, Miyashita T Presence of the water lily, *Trapa natans* L., increases the fitness of the water strider, *Gerris nepalensis*. *Physiological Entomology* 33: 181-187 (2008)
3. Yokota M, Tamura T, Inoue T, Takenaka S, Sekimoto T, Nakajyo M, Katagiri C Harada T. New teaching materials on "life of oceanic sea skaters and adaptation to oceanic environment. (The 22<sup>nd</sup> Biennial conference of the Asian Association for Biology Education, Osaka, Nov 21-24, 2008, Poster session P-37) *生物教育* 48: 103 (2008)
4. Harada T, Tamura T, Maihara S, Miyoshi K, Kojima F, Yokota M Teaching materials on "How can water striders float on water surface?" and their using in the science classes of elementary and junior high school. (The 22<sup>nd</sup> Biennial Conference of the Asian Association for Biology Education, Osaka, Nov 21-24, 2008, Oral presentation -15) *生物教育* 48: 60 (2008)
5. Kishi M, Fujisaki K & Harada T Dispersal and reproductive responses of the water strider, *Aquarius paludum* (Hemiptera: Gerridae), to changing NaCl concentrations *European Journal of Entomology* 104: 377-383 (2007)

[学会発表] (計11件)

1. 原田哲夫・関本岳朗・大角裕貴・竹中志保・片桐千俣 西部熱帯太平洋及び東部インド洋に生息するツヤウミアメンボの高温耐性日本応用動物昆虫学会 2009年3月29日 宇都宮大学 (講演要旨集: p.149)
2. Harada T, Nakajyo M, Inoue T Geographical distribution and heat-tolerance in the oceanic sea skaters of *Halobates* (Heteroptera: Gerridae) and oceanic dynamics. *International Council for the Exploration of the Sea Annual Science Conference 2008 23rd September, 2008, Halifax, NS, Canada*
3. 田村寿樹・舞原伸也・竹中志保・原田哲夫 高知県南国市産と四万十市産アメンボの生活史と翅型2型の季節変動 第52回日本応用動物昆虫学会 (講演要旨集: p.183) 2008年3月27日 宇都宮大学
4. 竹中志保・田村寿樹・舞原伸也・原田哲夫 アメンボの翅型決定と成虫休眠の光周期性反応の変遷と温暖化現象 第52回日本応用動物昆虫学会 (講演要旨集: p.148) 2008年3月27日 宇都宮大学

5. 原田哲夫・田村寿樹・石橋貴雅・竹中志保・廣田深・井上貴雄 黒潮流域に棲息するウミアメンボ類の分布と高温耐性 第52回日本応用動物昆虫学会 (講演要旨集: p.149) 2008年3月27日 宇都宮大学
6. 石橋貴雅・原田哲夫 アメンボにおける生育環境温が低温耐性に及ぼす影響 日本昆虫学会第67回大会 (講演要旨集: p.28) 2007年9月16日神戸大学理学部
7. 舞原伸也・原田哲夫 温周期がアメンボの生育や飛翔能力に及ぼす影響 日本昆虫学会第67回大会 (講演要旨集: p.28) 2007年9月16日 神戸大学理学部
8. 田村寿樹・原田哲夫 アメンボ科昆虫の棲息場所としての水面の安定性と生活史形質発現 日本昆虫学会第67回大会 (講演要旨集: p.28) 2007年9月16日 神戸大学理学部
9. 原田哲夫・石橋貴雅・中城満・井上貴雄 熱帯西部太平洋域における外洋棲ウミアメンボ類の分布 日本昆虫学会第67回大会 (講演要旨集: p.29) 2007年9月16日 神戸大学理学部
10. 井上貴雄・石橋貴雅・田村寿樹・中城満・原田哲夫 熱帯西部太平洋域の外洋棲ウミアメンボ類の高温耐性 日本昆虫学会第67回大会 (講演要旨集: p.29) 2007年9月16日 神戸大学理学部
11. Harada T, Yamashita J, Imafuku M, Miyashita T Symbiotic relationship between a water lily, *Trapa natans* L. and a water strider, *Gerris nepalensis*. 4<sup>th</sup> Asia-Pacific Conference on Chemical Ecology (Abstracts book: p.98, Paper number: P-057) 12<sup>th</sup> September, 2007 Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, JAPAN

〔図書〕 (計3件)

1. 原田哲夫 黒潮流域圏・四万十流域圏-2 四万十川流域の生き物から見た環境 アメンボ科昆虫の生活史研究から見える流域の今 ビオンテイ-No. 42 pp. 95-99 (総146頁) (2009)
2. 原田哲夫 第15章: アメンボ類の温度と乾燥に対する耐性 耐性の昆虫学 (田中誠二・小滝豊美・田中一裕編著) pp.172-184 (総442) (2008)
3. 原田哲夫 第3章 第2節: 滑走行動のメカニズム 昆虫ミメテックス~昆虫の設計に学ぶ~ (下澤楯夫・針山孝彦監修) pp. 807~813 (総949頁) (2008)

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計0件)
- 取得状況 (計0件)
- 〔その他〕
- (計0件)

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

原田 哲夫 (HARADA TETSUO)  
高知大学・教育研究部人文社会科学系・准教授  
研究者番号: 60260692

### (2)研究分担者

該当なし

### (3)連携研究者

該当なし