

ヒメガムシを守るために ～その生態から見えた生物多様性の維持の方策～

埼玉県立熊谷西高等学校 自然科学部生物班

1. 序論

(1) 生物多様性のために

日本の水田は、二次的自然と呼ばれ多様な生物の生息地となってきた。しかし今、チュウサギ、メダカ、タガメ、ゲンゴロウ、オオアブノメなど多くの動物が消え去ろうとしている。一般論として、圃場整備に伴う生息環境の改変行為や、生息水域への薬剤の流入などが、原因とされている。

昨年、トキが新潟県佐渡市で放された。かつて日本に広く分布していたといわれるトキが絶滅し、その反省が再びトキの飛ぶ島をよみがえらせようという試みとなった。地元の佐渡市新穂村では、トキの住みやすい環境を作るため、田を耕さない「不耕起栽培」、冬でも水を入れる「冬期湛水水田」、休耕田に水を入れる「休耕田ビオトープ」などの流れが起こっている。そして、それが水田の生物多様性を豊かにする、すなわちトキの餌となる多くの動物を増やすことに有効であるとされている⁽⁷⁾。

私はこの事実を知り、考えさせられた。日本の農業に、このような新しい流れが起こりつつあることに対する驚きと、本当にそれが生物多様性に有効なのか、という疑問である。このことは、水田の生態系を構成する個々の生物の生態を知ることによって科学的に検証していく必要があると思われる。

私は、ガムシ類という水田で見られる水生昆虫について研究を続けてきた。そして、生活史や生態があまり知られていない種もあることを知った。私はガムシ類、特にヒメガムシの生態や系統を知ることによって、上記のような方策が、その保護に有効であるかどうか、そして生物多様性の保全に有効かどうか、を検証した。

(2) 研究材料

春の水田に、枯れ葉を丸く巻いた中に白い繭玉のようなコガムシの卵囊を見ることができる(図1)。ふ化した幼虫は肉食で、水中で小さな昆虫を食べ

て成長する。やがて土の中で蛹となり、羽化する。成虫は主に草食で、越冬して翌年の産卵に備える。牙虫(がむし)という名前は、胸から腹にかけて1本の棘のような構造を持っているからである(図6)。ガムシ科の中でも、水田や池など止水系で見かけられたのは、ガムシ亜科の3属3種である。

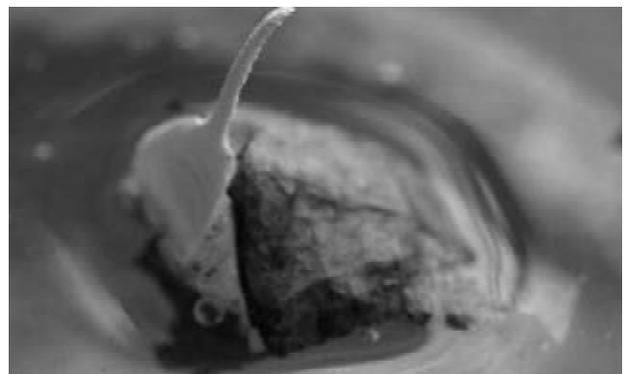


図1：コガムシの卵囊

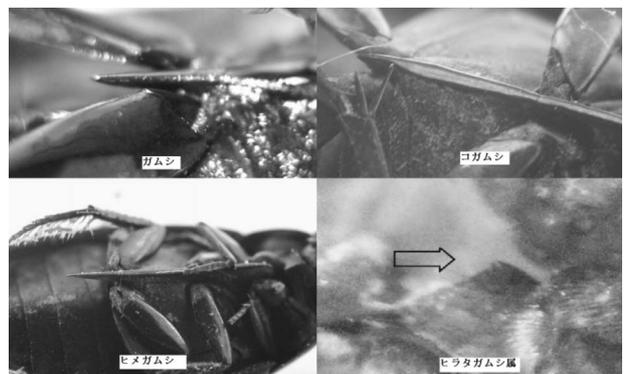


図6：ガムシ類成虫の棘

かつて最も一般的だったガムシ属ガムシは、埼玉県レッドデータブックに登録され、絶滅が危惧されている。コガムシ属コガムシとヒメガムシ属ヒメガムシは、まだ県内でも見ることができる。また、研究を続けるうち、マルガムシ亜科のヒラタガムシ属の一種(キイロヒラタガムシと思われる)が採集できたので研究対象にした。このガムシ類4属4種は体の大きさ以外は、形態や行動がよく似ており、系統についても興味を持った(表1)。

表1：ガムシ類の特徴

ガムシ類の特徴			
亜科名	種名	体長(mm)	分布
ガムシ	ガムシ <i>Hydrous acuminatus</i>	33~40	北海道から琉球列島まで
"	コガムシ <i>Hydrophilus affinis</i>	16~18	北海道から九州。中国大陸
"	ヒメガムシ <i>Sternolophus rufipes</i>	9~11	本州以南
マルガムシ	キヒロウカムシ <i>Enochrus simulans</i>	4.9~6.0	*北海道から九州。中国大陸

*原色昆虫大図鑑Ⅱ(北隆館)より

(3).研究の目的

私の住む埼玉県行田市市の体育館の入り口周辺に25mプール大の水場がある(図2)。夕方に照明がつくと図らずも、水生昆虫の「燈火採集」の場になっている。私はここで、中学生の時からコガムシとヒメガムシを採集し飼育を試みてきた。採集を繰り返すうちに、この2種の出現時期がずれていることに気がついた。また、ガムシ類の一般的な方法でヒメガムシは飼育できなかつた。そこで、一見よく似た形態のこの2種の生態は、違うのかもしれないと思った。



図2：水場の風景

佐藤ら⁽⁴⁾によると、ガムシ類の生態研究は戦前のものしかなく⁽¹⁾⁽²⁾、またヒメガムシの研究は、まだないようである。そこで、ヒメガムシを中心に、その生活史や形態、生態を研究した。

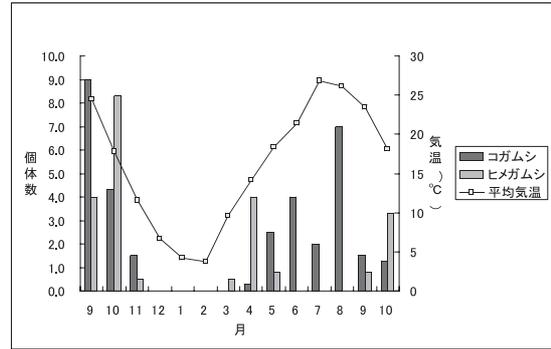
2. 研究内容

(1).生態に関する研究

①.ガムシ類の出現個体数の季節変化

行田市体育館の水場に飛んでくるガムシ類の種類と個体数の季節変化を知るため、毎週採集に行き、種類と個体数を記録した。2007年9月から、厳冬期の1, 2月をのぞいて毎週、土曜日か日曜日の1回、水場に行き、ガムシ類を採集、記録した。グラフ1は、それを月の平均値で示したものである。隣の市の熊谷気象台の発表した月毎の平均気温を示した。

グラフ1：ガムシ類の月平均出現個体数(2007年9月~2008年10月)



②.コガムシとヒメガムシの飛翔実験

コガムシとヒメガムシのどちらが、光に対して飛びやすいかを調べた。底面の直径が50mm、高さが50mmの透明な容器を4つ用意する。うち2つに湿った土を20mm入れ、もう2つに泥水を5mm入れる。2つの土の容器に、コガムシとヒメガムシの成虫を2個体ずつ入れ、2つの泥水の容器にコガムシとヒメガムシの成虫を2個体ずつ入れる。これを、薄く水を張った写真用バットに入れ、網状のふたをして逃げられないようにする。一方から蛍光灯を当てて、一晩置いた(図3)。

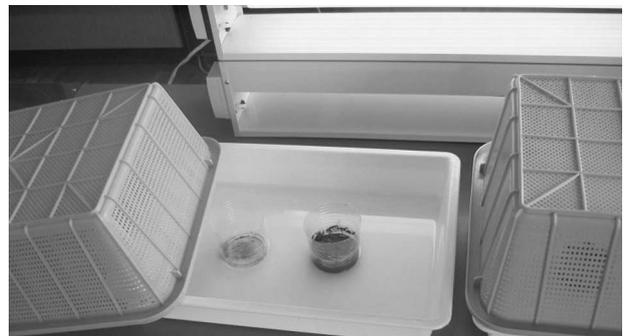


図3：飛翔実験装置

表2：飛翔実験結果

年月日	コガムシ		ヒメガムシ	
	水	土	水	土
2008年9月7日	—	—	穴	—
2008年9月10日	死	—	穴	—
2008年9月13日	—	—	穴	死
2008年9月18日	—	—	飛	—

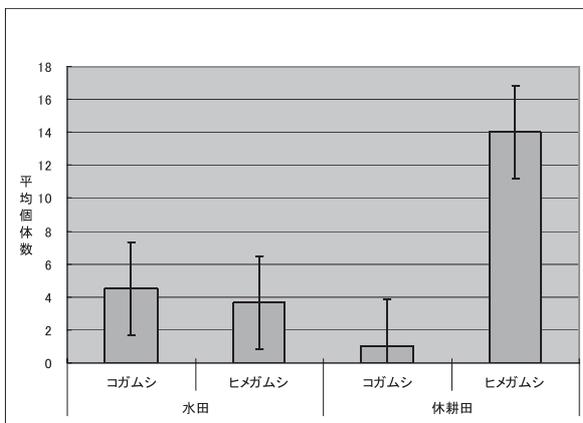
—:変化なし 穴:穴を掘った場合
 死:死んだ場合 飛:飛んだ場合

表2参照。飛ぶことに有意な結果は得られなかつた。水のない土で、コガムシは約15mmの穴を掘つてもぐる能力があることがわかつた。掘つてみると、直径約20mmの球形の空間を作り、その中で休眠していた。

③.ガムシ類の分布調査

都市郊外（熊谷市、行田市）と里山に近い寄居町の水田で、ガムシ類の分布を調べた。ガムシ類を採集して、その種類と個体数を記録した。

2007年から埼玉県寄居町を中心に11カ所の水田と水の入った休耕田でガムシ類を採集した。グラフ2に、その平均個体数を示した。水田ではヒメガムシとコガムシの両方が見られたが、やはりコガムシの方がやや多かった。寄居町の農家の方に取材したが、農薬の量は少なくしているとのことであった。



グラフ2: ガムシ類の分布 (個体数±SD)

水の入った休耕田では、コガムシはほとんど見られず、ヒメガムシが多く見られた。このような休耕田は、水草や藻類が繁殖していて、腐植土層が厚く腐敗臭がしていた。また、多くの種類の動植物が多数観察できた。しかし、同じ水の入った休耕田でも、動物がほとんど見られない場所もあった。

④.蛹化のための営巢の材料 (図4)

ヒメガムシの幼虫が蛹化するときには営巢の材料として、泥土とピートモスのどちらで作るかを調べた。

長さ350mm、幅200mm、高さ250mmの飼育水槽の底に砂利を10mmの厚さで敷いた。縦中央15mmの1直線を除いて、その両側の砂利の上に水苔を5mmの厚さで敷いた。両側の水苔の上に営巢のための土の坂を作った。一方はヒメガムシが生息していた休耕田の泥土のみ (図4右側) で、もう一方は泥土とピートモス (図4左側) で、坂をつくった。中央の砂利に、水を高さが20mmになるように入れた。終齢幼虫がえさを食べなくなるようすや動作が鈍くなることから、蛹化が近いことを判断し、この容器の水に入れた。



図4: 蛹化実験装置

2008年9月1日から4日にかけて5匹が営巢したが、すべてピートモスの方であった。また、予備調査で、コガムシをピートモスで営巢させたが蛹化できず、死んだ。

⑤.成虫の食性 (図5)

成虫の食性を知るために、採集したばかりの成虫の糞を検鏡した。成体の糞を検鏡すると、ガムシは藻類、コガムシは植物の組織片が含まれていたが、ヒメガムシとヒラタガムシ属は、そのような形のあるものが見られなかった。ガムシもコガムシも、主に植物食性である⁽¹⁾⁽²⁾。これに対して、ヒメガムシとヒラタガムシ属は泥の有機物 (デトリタス) を食べているようである。

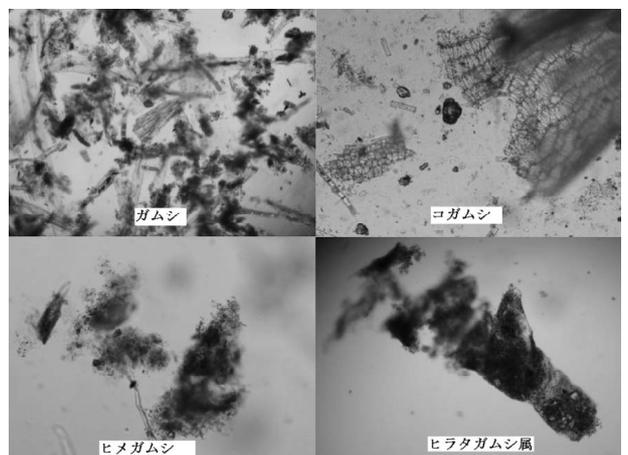


図5: ガムシ類の糞

⑥.生活史の観察

⑤の結果から、ヒメガムシの飼育方法が確立し、卵から成虫までの生活史を観察することができた。幼虫の生活や行動を観察し、ガムシやコガムシと比較した。また、今回、ヒラタガムシ属の1種も採集できたので、形態や生態を観察した。

a.幼虫の後退行動

細井によると、前方からの刺激に対してコガムシの幼虫は後退できるが、ガムシは後退できず前方に

移動する⁽¹⁾。今回、私はヒメガムシの幼虫が体を上下にくねらせて後退する様子を確認した。ガムシ亜科3種のうちガムシの幼虫だけが後退できない。

b. 幼虫の脱皮回数

ガムシは3齢幼虫で蛹になる⁽¹⁾。コガムシは4齢幼虫までである⁽²⁾。今回、ヒメガムシを飼育して、3齢幼虫で蛹になることが分かった。ヒラタガムシ属は、不明である。

(2) 系統に関する研究

ガムシ類4属4種の系統関係を知るため、以下のような形態を観察、比較した。成虫の胸部から腹部にかけての棘状構造(図6)、幼虫の尾部および側面の肉質突起(図7)、幼虫の大腿とそこに生える内歯(図8)、交尾片(図9)。

*. 分子系統樹

東京大学大学院の嶋田正和教授のご協力をいただき、今回扱ったガムシ類のミトコンドリアのチトクロムc酸化酵素サブユニットI(CO I)をコードするDNA塩基配列を調べてもらった。それを使って分子系統樹を作製した(図10)。

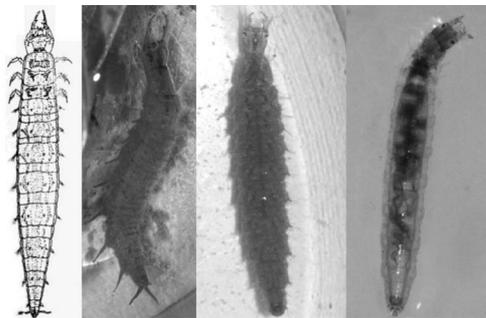


図7: ガムシ類の終齢幼虫

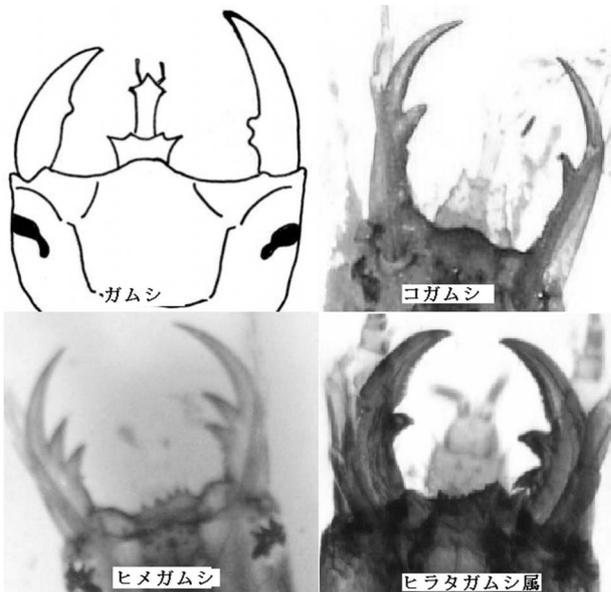


図8: ガムシ類終齢幼虫の頭部

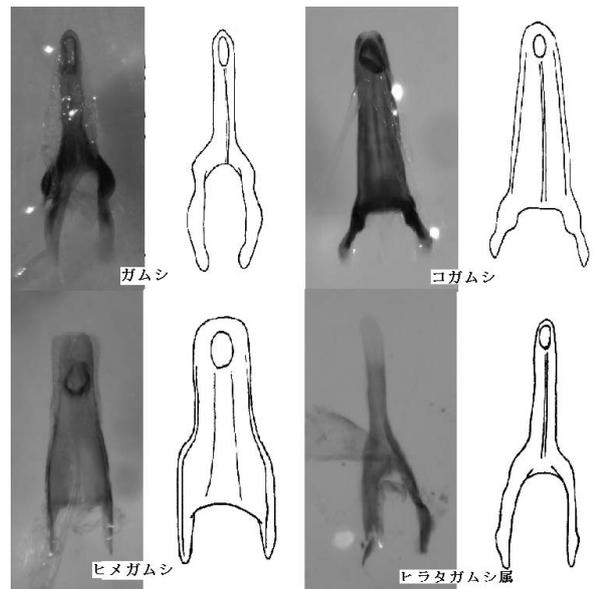
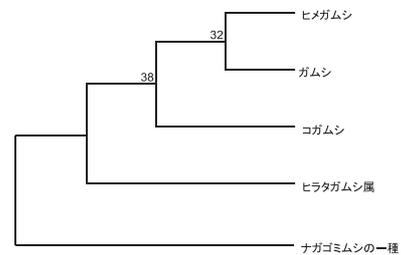


図9: ガムシ類の交尾片



ミトコンドリア上のチトクロムc酸化酵素サブユニット(COI)をコードするDNA塩基配列の一部、661塩基の情報に基づき、最節約法で作成したガムシ4種の分子系統樹。ナガゴミシの一種は確実な外群として扱ってある。
枝上にある数字(32, 38)は、得られた塩基の情報をもとに1000回ランダムにサンプリングして、それで系統樹を作り直したときに、どのくらいその部分が再認識されるかをパーセンテージで示したもので、ブートストラップ値と呼ばれ、系統樹がどのくらい信頼できるかの指標である。100に近いほど信頼度は高いが、この場合は40%を下回っており結論めいたことはいえない。ソフトウェアはMEGA4を使用。

図10: 分子系統樹

3. 考察

(1) ヒメガムシとコガムシの生態的地位

グラフ1のように、ヒメガムシは、春先と秋に飛んできたが、夏には飛んでこなかった。ヒメガムシの光に対して飛ぶ性質が、コガムシとは異なるのかも知れないという仮説を立てた。そして、水のある場合と土のみの場合で光に対して飛ぶかどうか調べた。これに対して有意な結果は得られなかったが、コガムシが土に穴を掘る性質があることがわかった。

田に水がある時期には、ヒメガムシは飛ばないのかも知れない。秋に田や休耕田から水がなくなると、穴を掘って休眠できないヒメガムシは、そのほとんどの個体は水を求めて飛んでくるのであろう。

分布調査の結果、この2種は水田と休耕田のような環境ですみわけていた。また、蛹化場所についても、ピートモスでヒメガムシは蛹化したが、コガムシはできなかった。コガムシは水田の泥土、ヒメガムシは休耕田の腐植土にすみわけをしてい

ることが裏付けられた。さらに、くいわけをしていることが分かった。食性の違いからすみわけが確かめられた。このことで、ヒメガムシの飼育法を確立できた。

今回のガムシ類4種のうち、ヒメガムシは北海道で確認されていない⁽⁴⁾。穴を掘って越冬できないヒメガムシにとっては、寒冷地に住み着くのは難しいのかもしれない。

(2).ヒメガムシの飼育方法の確立

都築らはガムシの飼育容器に砂利を敷くことを勧めている⁽³⁾。この方法で、ヒメガムシの飼育は2年間うまくいかなかった。今回、容器の底に有機物を含んだ泥を敷くことが必要であることがわかった。これによって今回初めて産卵させることに成功し、生活史を観察できた。

(3).生物多様性の指標として

農薬の影響で動植物のあまりいない水田でも、コガムシは生きている。それに対して、ヒメガムシは、富栄養で、多くの動植物の見られる水田でのみ多く見られた。つまり、ヒメガムシは、生物多様性の優れた環境の指標生物といえる。

ゲンゴロウ、タガメ、ガムシが私の身近な場所からいなくなった今、生物多様性の保全の最前線にたつ指標としてヒメガムシがいるのだと思う。つまり、今ヒメガムシを守ることは、生物多様性を保全することになるのである。

(4).ガムシ類の系統

ガムシ類の形態や生態、行動から、その系統について考察した(表3)。この結果から、ヒラタガムシ属からヒメガムシが分岐し、そこからコガムシ、ガムシと分岐してきたと思われる。北海道で確認されていないヒメガムシは、温暖な沼や池で、水草や藻の繁殖した腐植土の多い環境に適応したと思われる。このヒメガムシからコガムシに進化するとき、亜寒帯に侵出するため、土の中で越冬でき、栄養豊富な水草などの植物体を食べるという形質を獲得したと考えられる(図11)。

表3 ガムシ類の形質の比較

ガムシ類の形質の比較							
	成虫棘	幼虫肉突起	脱皮回数	交尾片※	大體	内歯	成虫食性 後退行動
ヒラタガムシ属	-	-	?	細い	対称	非対称	デトリタス ?
ヒメガムシ	+++	+	3	同じ	対称	対称	デトリタス できる
コガムシ	+	+++	4	同じ	対称	対称	植物食 できる
ガムシ	++	++	3	細い	非対称	非対称	植物食 できない

※交尾片の先端の幅



図11:ガムシ類の分布と進化

4. 結論

今回の研究から、ヒメガムシを中心としたガムシ類の生態や系統が分かった。また、その分布調査から、ヒメガムシが水田環境の生物多様性の指標生物となる可能性が指摘できた。そして、デトリタス食性のヒメガムシが生活するためには、水草や藻類が繁殖し腐植土が沈殿した水環境が必要となる。そのためには休耕田ビオトープが有効である。また、土に穴を掘れないヒメガムシには、冬にも水のある環境が必要である。そのためには、冬期湛水水田が有効である。

今、日本の水田で行われている変革のうち、休耕田ビオトープや冬期湛水水田が、ヒメガムシを保護するために有効であることを知った。トキのような象徴的な存在が話題になりやすいが、ヒメガムシのような目立たない1種1種の集まりが「生物多様性」であり、今回のような生態学的検証の積み重ねが、「生物多様性」を維持するのに重要な方策の1つであると私は考える。

参考文献

- (1) 細井操 (1939) ガムシ *Hydrous acuminatus* Motschulsky の生活史. 植物及動物, 7: 1867-1874.
- (2) 細井操 (1947) コガムシの生活史. 採集と飼育, 9: 201-204.
- (3) 都築裕一・谷脇晃徳・猪田利夫 (1999) ガムシ. 水生昆虫完全飼育・繁殖マニュアル, pp.157-165. データハウス.
- (4) 佐藤正孝・吉富博之 (2005) ガムシ亜科. 日本産水生昆虫, pp.632-633. 東海大学出版局.
- (5) T. Inoda, Y. Hirata and S. Kamimura (2003) Asymmetric Mandibles of Water-Scavenger Larva Improve Feeding Effectiveness on Right-Handed Snails. *American Naturalist* 162: 811-814.
- (6) 曾田貞滋 (2000) オサムシの春夏秋冬, 192-208. 京都大学学術出版局.
- (7) 日本生態系協会 (2003) 里地・田んぼではじめる自然回復. 日本生態系協会.

堀口智博