

## 生物

### 「体細胞分裂の観察は午前10時」の検証

兵庫県立篠山鳳鳴高等学校 自然科学部  
2年 奥村力也 藤林尚也 降矢大智  
松浦稔樹 尾形美月 桐山茉夕  
1年 谷垣咲花

#### 動機及び目的

根端細胞による体細胞分裂の観察で午前10時に試料を採取すると分裂期の細胞がよく観察できる、という記載が実験書に散見されるが、その理由は記載されていない。通常、試料に使用される根端は、実験室に放置して発根させる。そこで、これが事実であるならば、影響を与えるであろう外的環境は、実験室の明暗周期と温度変化であるが、温度変化は一定ではないので、明暗周期が大きく影響していることが考えられる。そこで私たちは昨年、光が体細胞分裂に与える影響を検証する実験を行った。まず午前10時が夜明け後4時間経過していることのモデルとして、暗黒下で発芽させたタマネギの芽生えに4時間光照射を与え、分裂期の細胞の割合を測定した。しかしこれは完全暗黒下での対照実験と同じであった。次に午前10時が日没後16時間経過していることのモデルとして、12時間の光照射後、16時間暗黒にして分裂期の細胞の割合を測定した。するとこの条件で、分裂期の細胞の割合が有意に増加することが確認された。さらに光照射時間を22時間に増やしても、やはり光照射後16時間を経て分裂期の細胞の割合が増加することを確かめた。下表にそのまとめを記す。

明暗処理	分裂指数
暗 88h	0.095
暗 84h→明 4h	0.093
暗 92h	0.087
暗 88h→明 4h	0.079
暗 94h	0.093
暗 66h→明 12h→暗 16h	0.17
暗 56h→明 22h→暗 16h	0.14

そこで、そして私たちはこの現象について次のような仮説を立てた。

「光照射によって、分裂期の16時間前のステージで細胞周期が停止し、暗期にそれらが一斉に動きだし、16時間後にそれらが分裂期に入る。」

この仮説に従えば、午前10時に分裂期の細胞が多く出現するのは、前日の日没後に細胞周期を再開した細胞が、16時間後に分裂期に入ることと説明できる。

また、この仮説に従えば、光照射を始めて16時間後に、分裂期の細胞の割合が減少する現象が見られるはずである。今年度の研究ではまずこの現象を確認して、我々の立てた仮説を再度検証する。さらにこの仮説が正しい場合、どのような波長の光が体細胞分裂に影響するのもかも調べることにした。

#### 2. 方法

##### 1) 根端細胞の観察方法

タマネギ種子を24℃恒温のもとで発根させ根端を採取。プレパラートは第一学習社高等学校生物基礎に記載されている方法で作成。最も細胞分裂が盛んに行われて、重なりなどが少なく計測しやすい部分を用いて画角200μm×275μmで撮影し、その写真の間期・分裂期(前期・中期・後期・終期)の細胞数を計数。そのデータをもとに全細胞数に対する分裂期の細胞数の割合を分裂指数とした。すなわち

〔分裂指数＝分裂期の細胞数／全細胞数〕

なお1つの実験区で使用する根端は10本以上とし、計測は1つの根端に対して1カ所とした。しかし写真に撮られた細胞数があまりにも少ないと、誤差が大きくなるのがまとめの段階でわかったので、一枚の写真に写っている細胞数が45個以上のもののみ、データとして採用した。

##### 2) 光照射後の分裂指数の測定

播種後、暗黒下に56時間置いた芽生えに白色発光ダイオードで光照射を行い、3時間おきに根端を採取して、分裂指数を計測した。

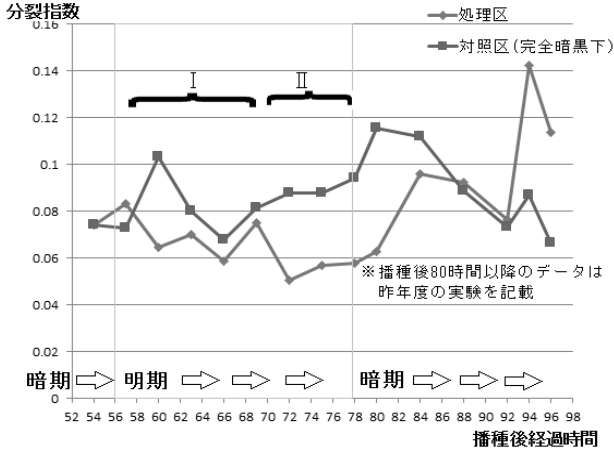
##### 3) 光の波長の違いによる分裂指数の測定

播種後、暗黒下に56時間置いた芽生えに遠赤色光(735nm)、赤色光(660nm)、青色光(450nm)の発光ダイオード光を22時間照射し、根端を採取して分裂指数を計測し、暗黒下の対照区と比較した。

#### 3. 結果と考察

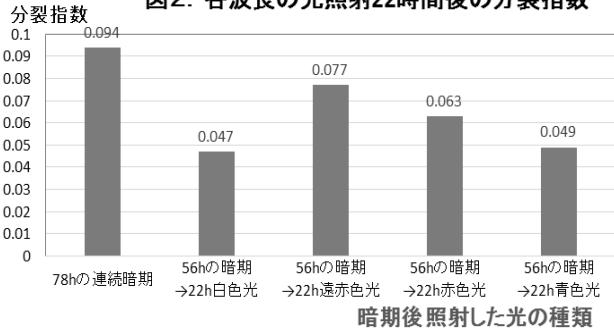
図1に光照射後の分裂指数の測定結果を示す。処理区では播種後56時間まで暗黒下、56時間から78時間まで白色光下、78時間以降は暗黒下に、芽生えを置いた。また、対照区は完全暗黒下の芽生えである。なおグラフの播種後78時間以降のデータは昨年度のものである。播種後69時間まで、すなわち光照射開始から13時間まで(図中のI)は処理区と対照区に大きな差異はない。しかし播種後71時間から光照射終了の78時間まで、すなわち光照射後16時間から22時間まで(図中のII)は、処理区の分裂指数が低下している。図中のIとIIについて、処理区と対照区についてそれぞれt検定を行ったところ、Iでは $P=0.14>0.05$ であり、有意水準5%で両者の差は有意とはいえないが、IIでは $P=0.000095<0.05$ であり、有意水準5%で両者の差は有意といえる。

図1 播種後の明暗変化に対する分裂指数の変化



次に図2に光の波長の違いによる分裂指数の測定結果を示す。

図2. 各波長の光照射22時間後の分裂指数



78時間の連続暗期の分裂指数と t 検定で比較すると次のような結果となり、白色光と青色光は暗黒下と比較して有意水準 5% で差が有意であるといえる。

光の種類	t 検定 (P 値)	有意水準 5% で差が有意
白色光	0.023	有意水準 5% で差が有意
遠赤色光	0.34	
赤色光	0.073	
青色光	0.0065	有意水準 5% で差が有意

#### 4. 考察

「光照射によって、分裂期の 16 時間前のステージで細胞周期が停止し、暗期にそれらが一斉に動きだし、16 時間後にそれらが分裂期に入る。」という仮説に従うと、昨年の研究と今年の研究は次のように説明できる。光照射によって、分裂期 16 時間前のステージで一部の細胞の細胞周期が停止し (図3)、その影響で光照射 16 時間以降の分裂期の細胞の割合が低下する (図4)。さらにここで光照射を止めると、細胞周期が停止していた細胞が周期を再開し、16 時間後に一斉に分裂期に入る (図5)。タマネギの根端細胞の分裂周期が 22 時間であるとすると、この停止時期は G<sub>1</sub> チェックポイントではないかと考えられる。またその効果のある光は主に青色光であり、光受容体はクリプトクロムかフォトトロピンであろうと思われる。

図3

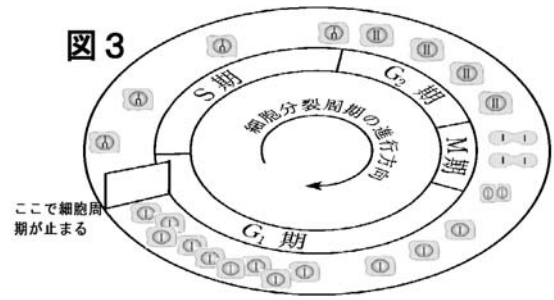


図4

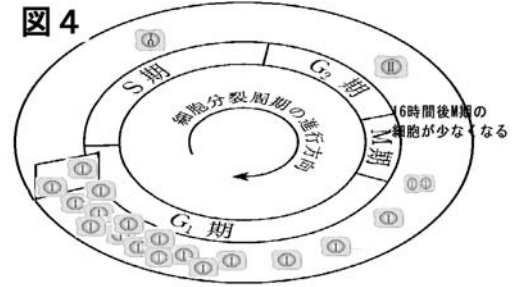
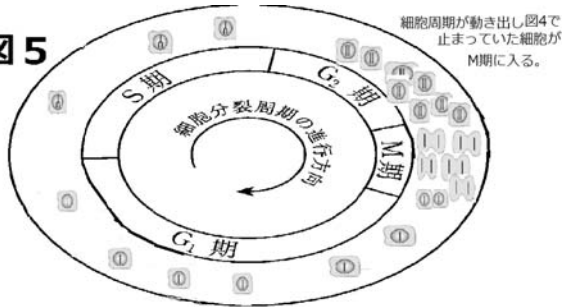


図5



#### 5. 反省と課題

まず分裂期の細胞の判定が困難を極め、そのためデータの信頼性に限界があると思われる。特に間期と前期、間期と周期の区別が付きにくく、観察者によってかなりの食い違いが出ている。また解離や染色の程度によって、見え方がかなり異なり、判定が左右される。誤差を少なくするためには多くの試料からデータを取って、統計的に処理する必要があるが、少ない部員では、それもままならず、結果として非常に偏差の大きいデータとなった。特に疑問に思われるのが、図1の対照区の完全暗黒下での分裂指数の増減である。これが単なる誤差であるのか、生物時計のようなものであるのかの判定がつかない。また図1処理区の86時間以降で分裂指数が多くなっているのも誤差なのか、意味のあるものなのかの判定がつかないので、調査する必要があると考えている。

#### 6. 参考文献

- 1) タマネギの体細胞分裂にリズムはあるのか (茗溪学園中高等学校) 化学と生物 Vol. 51. No8. 2013
- 2) 体細胞分裂に関するアンケート結果報告 兵庫県理化学会 理科実習教員研修会運営委員会

# 生物

## プラナリアの外来種はどこまで広がるか

兵庫県立三田祥雲館高等学校 理科部  
 2年 安岡凜 金剛麻衣子  
 1年 井上和奏 久保田空

### 1 研究の動機及び概要

淡水生プラナリア類の外来種は、1960年代から日本に侵入し、近年、野外定着個体群があちこちで記録されている。三田市においても、10年前にアメリカナミウズムシ、昨年度の私たち理科部の調査でアメリカツノウズムシがみつかり、2種の外来種が侵入していることがわかった。そこで、他の多くの外来生物でみられるように、プラナリア類においても外来種が在来種を駆逐しつつあるのかを疑問にもち、本研究を始めた。まず、兵庫県三田市内武庫川水系で外来種がどこまで広がっているのかを明らかにし、その地理的特徴や水質との関係を分析した。さらに、飼育個体を用いて、野外調査の分析結果の検証を行い、プラナリア類の外来種がどこまで広がる可能性があるかを考察した。

### 2 研究の対象としたプラナリア類

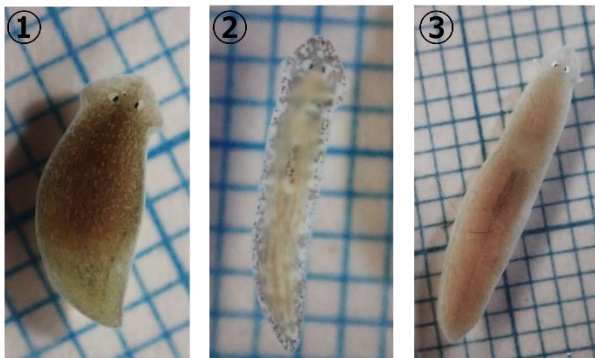
〔在来種〕

① ナミウズムシ *Dugesia japonica*

〔外来種〕

② アメリカナミウズムシ *Girardia tigrina*

③ アメリカツノウズムシ *Girardia dorocephala*



### 3 野外調査

(1) 方法

三田市を中心とした武庫川水系 45ヶ所（篠山市2ヶ所を含む）で、3種のプラナリア類の生息状況と、それぞれの採集地点のCOD（化学的酸素要求量）、電気伝導度、水温を調べた。プラナリアは、川の長さ5mの範囲を3人で10分間採集し、種ごとに計数した。電気伝導度は堀場コンパクト電気伝導率計、CODは共立理化学研究所パッケテス

トを用いて測定した。

(2) 結果

① 3種のプラナリアの分布

調査結果をQGIS（地理情報システム）を用いて、地図上で分析した。（図1）

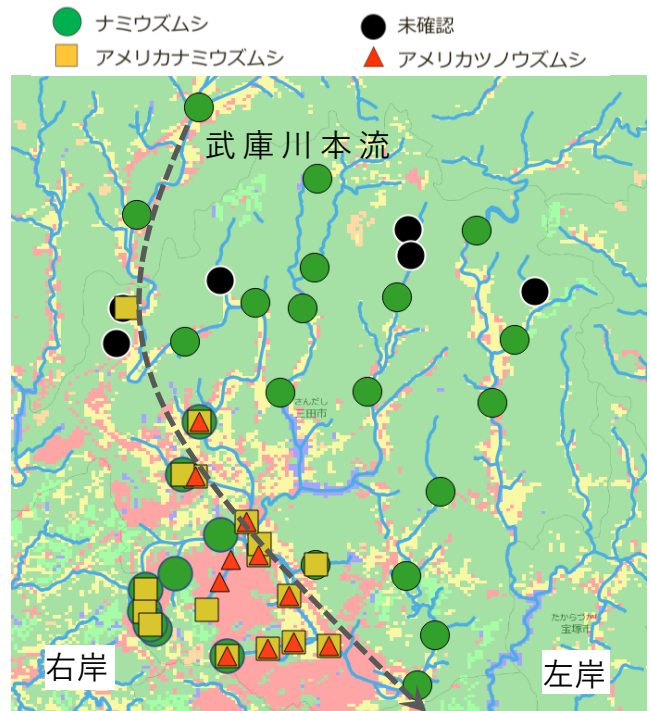


図1 武庫川水系における3種のプラナリア類の分布

- ・武庫川本流の左岸側の山間部には在来種であるナミウズムシのみが生息し、外来種2種は右岸側の住宅地に近い川に多く生息していた。
- ・右岸側でもナミウズムシはみつかったが、左岸側の個体に比べ、黒っぽく肉厚であることや見つかる個体数が多いことなど、特徴が大きく異なるものがあった。
- ・三田市内の武庫川本流には、外来種のみだが、上流の篠山市まで遡ると、外来種は見つからず在来種が生息していた。
- ・外来種の2種を比較すると、先に侵入したと考えられるアメリカナミウズムシの方が、広い範囲で見つかった。
- ・山間部の川の源流近くの溪流と呼ばれるような地点では、プラナリア類は見つからなかった。

② 水質について(図2, 3)

〔電気伝導度との関係〕

アメリカツノウズムシ、アメリカナミウズムシ、ナミウズムシの順に電気伝導度の高い水域に生息していることがわかった。特に、外来種2種は、生息していた場所といなかった場所に明らかな差が見られた。

〔CODとの関係〕

3種ともCODはおよそ3~8の間に幅広く分布しており、傾向に差はみられなかった。

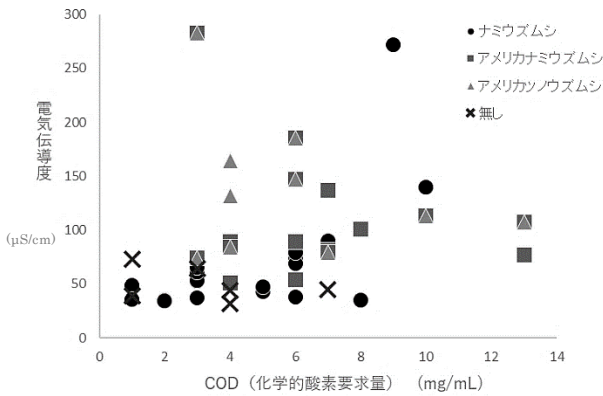


図2 CODと電気伝導度との相関(散布図)

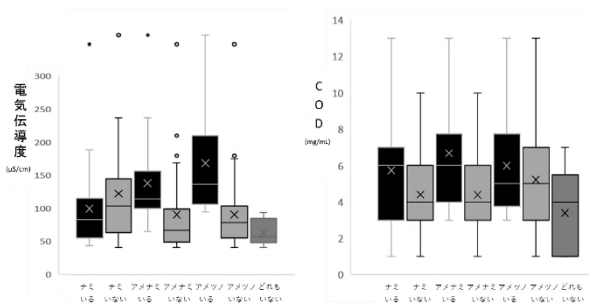


図3 プラナリア類の有無と電気伝導度およびCOD

### (3) 考察

生活排水の流入で電気伝導度が高くなる傾向にある住宅地などを流れる川に外来種が生息し、電気伝導度の低い山間部や農村部の川には在来種が生息すると考えられる。

## 4 実験による検証

### (1) 方法

水道水の汲置きをベースに下の表1、2の飼育用の水を用意した。電気伝導度を変化させるためにハイポネックス原液、CODを変化させるためにグルコースを用いた。それぞれの飼育水500mLに同種のプラナリア10個体を入れ、20°Cの恒温器内で飼育し、個体数の変化を調べた。ナミウズムシは本校の実験室で継続飼育している個体、外来種2種は野外採集個体を用いた。

表1 異なる電気伝導度の飼育水

電気伝導度 (μS/cm)	600	330	170	90	0
飼育水内容	1mL/L	0.5mL/L	0.05mL/L	汲置き水	イオン交換水
	ハイポネックス液				

表2 異なるCODの飼育水

COD (mg/L)	50	10	5	0
飼育水内容	50mg/L	10mg/L	5mg/L	汲置き水
	グルコース			

\*すべての飼育水の溶存酸素量は、 $5.0 \pm 0.1$  mg/L でほぼ一定である。

### (2) 結果と考察

実験では、ナミウズムシが最も電気伝導度に対する耐性があり、アメリカカツノウズムシが最も弱いという結果(図4)になり、野外調査結果とは逆であった。CODについては、3種とも濃度の高低に差がなく生存し続けた(図5)。3種の傾向が同じであることは、野外調査での結果に一致している。

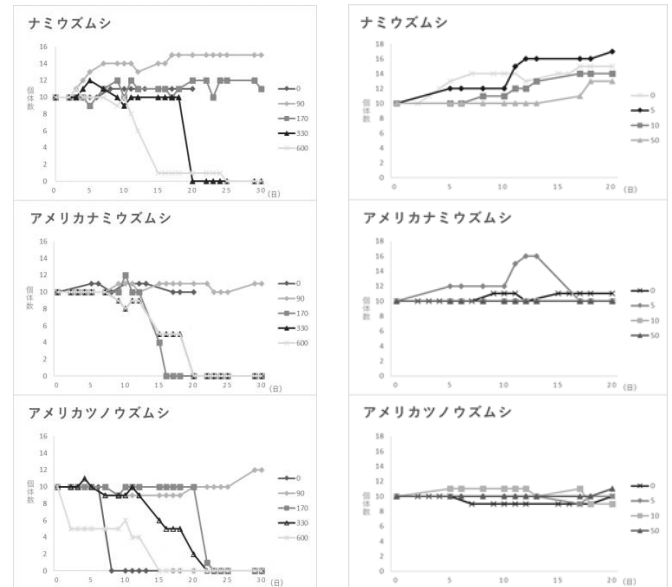


図4 電気伝導度と個体数

図5 CODと個体数

## 5 結論

今回の研究では、実験で検証することはできなかったが、野外調査の結果からは、プラナリアの外来種は、都市の開発と共に分布を広げると考えられる。外来種が在来種の生息に影響を与えるかどうかを解明するには、今後継続した研究が必要である。

## 6 今後の課題

- ・三田市の下流(阪神間)の調査を行い、三田市への侵入経路を探る。
- ・在来種と外来種が共存している水域の調査を継続し、どちらが優勢になるかを確認する。
- ・3種のプラナリアについて、水質や水温の好適条件を明らかにし、今後の推移を予測する。
- ・右岸側で見つかる特徴の異なるナミウズムシの実態を明らかにする。

## 7 参考文献

- 1) 川勝正治ら, “プラナリア類の外来種”, 陸水学雑誌, 68, 461-469, (2007)
- 2) 川勝正治ら, “日本の平地水域のプラナリア類—在来種と外来種の手引き”, <http://www.riverwin.jp/pl/flatland/Flatland%20FPs%20008%20Shibuki-%20tsubo%20in%20Jap.pdf> (2018年9月23日)



## 生物

### ゴキブリの種による飛行の可否の理由

兵庫県立西脇高等学校 生物部(ゴキブリ班)

2年棚倉淳朗, 山添和花, 吉田拓真

1年川上和美, 蔦川拓真, 西浜崇登, 寶谷唯

#### 1. はじめに～研究の動機と目的

筆者らは2016年からゴキブリを継続的に研究している。昨年の歩行の実験中に、しばしばクロゴキブリが筆者らに向かって滑空してきた。絶叫しながらも、クロゴキブリは滑空できるのにチャバネゴキブリはできないのはなぜか疑問に思い、調べることにした。試料は、クロゴキブリ 515 個体、チャバネゴキブリ 535 個体である。

#### 2. クロゴキブリとチャバネゴキブリの比較

##### (1) 翅の構造の比較

共に2枚の翅をもつ。前翅は比較的硬くて厚く後翅を保護している。本研究では「1枚目の翅」とよぶ。後翅は2つに折りたたまれて前翅の内側に収納されているやわらかい翅である。本研究では、外側を2枚目、内側を3枚目とよぶ。2枚目と3枚目の翅は翅脈のない膜部分で連結している。1枚目の翅が開くと2枚目の翅が斜め上へ開き、連動して内側に折りたたまれていた3枚目が外套のように開く(図1・図2)。2枚目と3枚目の翅の連結部に翅脈がなく中央部の幅は広い。翅を開いたときに翅の中央部がより広く広がる。滑空できるクロゴキブリと滑空できないチャバネゴキブリで構造は同じである。

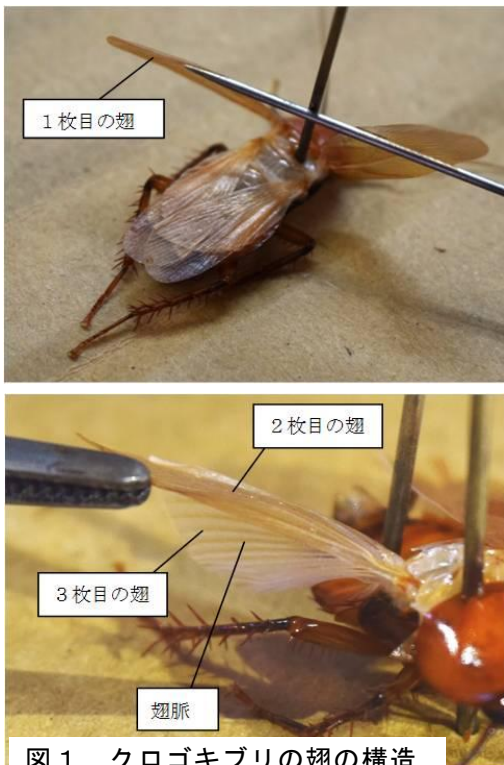


図1 クロゴキブリの翅の構造

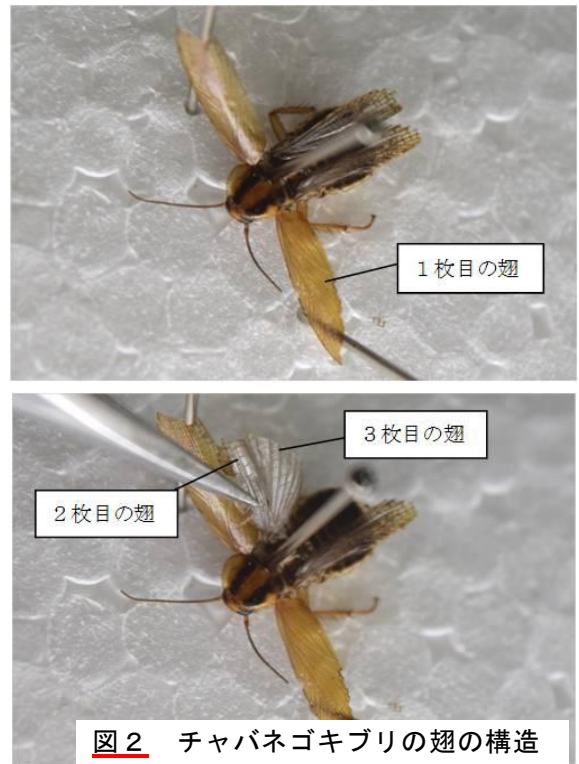


図2 チャバネゴキブリの翅の構造

##### (2) 翅の翅脈の形状と断面の比較

滑空の可否に翅の翅脈の形状や断面積が関係しているかどうかを比較観察した。共に翅にしなやかで中空の翅脈をもっている(図3)。翅の支持チューブとして翅が変形することを防ぐ強度を持ち、軽量化と弾力化を実現している。翅脈の断面は円形で断面積は、種が異なっても1枚目～3枚目の翅が異なっても変わらず、ほぼ半径0.05mm前後である。

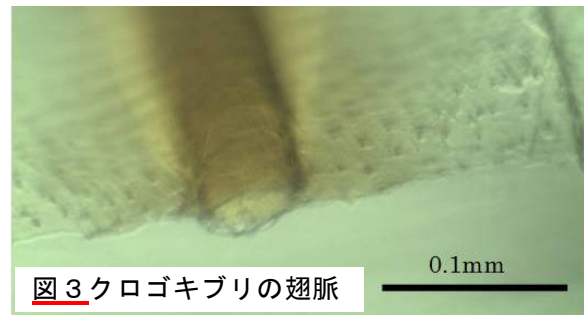


図3 クロゴキブリの翅脈

##### (3) 成長と翅の形成、翅脈の本数の比較

孵化後のさまざまな段階のクロゴキブリ 465 個体とチャバネゴキブリ 510 個体を試料とした。

###### ①クロゴキブリ

孵化幼虫(1齢)、若齢幼虫(2齢～3齢)、中齢幼虫(4齢～5齢)、老齢幼虫(6齢)、終齢幼虫、成虫、で翅を観察した。孵化直後には翅がみられないが、中齢幼虫になると翅が形成され始める(図4)。中齢幼虫の翅の翅脈は成虫と同数である。

###### ②チャバネゴキブリ

孵化幼虫(1齢)、若齢幼虫(2齢～3齢)、



図4 クロゴキブリの中齢幼虫と成虫の2・3枚目の翅

中齢幼虫（4齢～5齢）、老齢幼虫（6齢）、終齢幼虫、成虫、で翅を観察した。中齢幼虫になると翅が形成され始める（図5）。中齢幼虫の翅の翅脈の数は、成虫の翅脈の数と同じである。翅脈の本数はクロゴキブリよりも少なく、大きな翅を一定の形状に保つことが困難である。

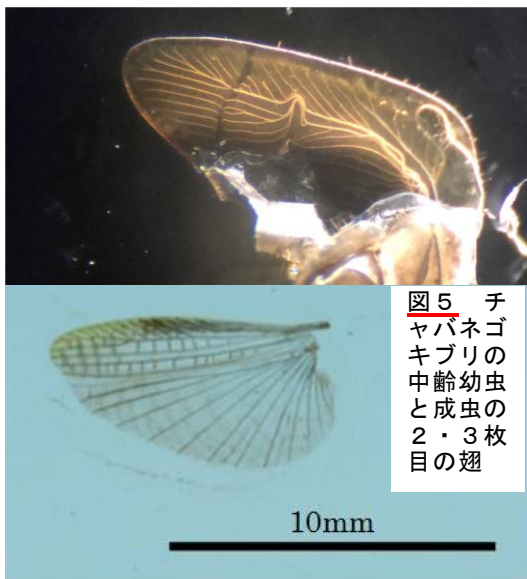


図5 チャバネゴキブリの中齢幼虫と成虫の2・3枚目の翅

### (3) 体重と翅の面積の割合の比較

次にゴキブリの体重と翅の面積の割合を調べた。1個体ずつ乾燥重量と3枚の翅それぞれの面積を測定した。体重と翅の面積の関係を図6に示す。使用したクロゴキブリは51個体、チャバネゴキブリは80個体である。クロゴキブリは、体重が異なっても3枚それぞれの翅の面積はほぼ同じである。一方、チャバネゴキブリは、体重の増加に伴って少しずつ1枚目の翅の面積が大きくなる。2枚目と3枚目の面積は変わらない。体重1gあたりの翅の面積の割合は、クロゴキブリに対してチャバ

ネゴキブリは圧倒的に大きい（表1）。

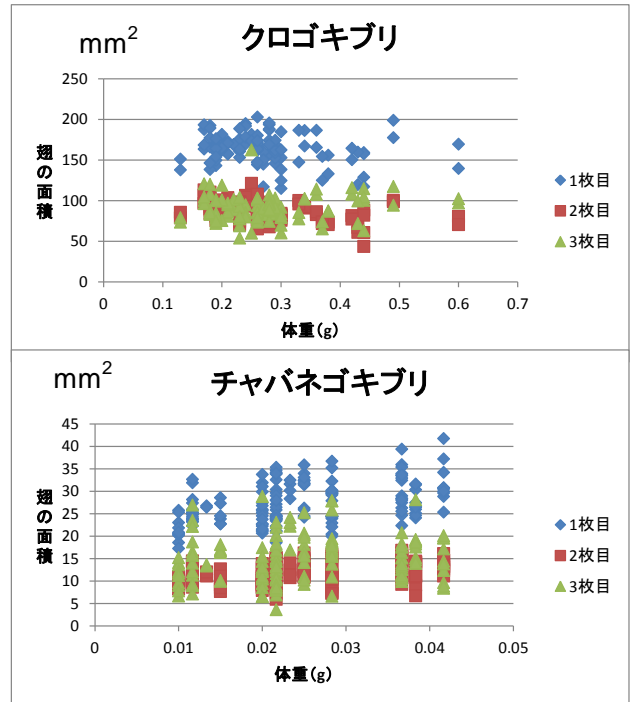


図6 クロゴキブリとチャバネゴキブリの体重 (g) に対する翅の面積 (mm<sup>2</sup>) の比較

	1枚目	2枚目	3枚目
クロゴキブリ	647.31	351.34	359.14
チャバネゴキブリ	1275.13	540.30	691.60

表1 体重1gあたりの翅の面積の平均値 (mm<sup>2</sup>/g)  
3. まとめ

滑空できるクロゴキブリと、滑空できないチャバネゴキブリは①～⑤の共通点をもつ。①後翅（2枚目と3枚目）は、翅脈のないやわらかい翅で連結して折りたたむ。②後翅の連結部の中央部は幅が広く、開いたときに翅の中央部が広がる。③前翅（1枚目）は滑空に役割をもたない。後翅の外側の部分（2枚目）が斜め上へ開くことによって、後翅の内側に折りたたまれた部分（3枚目）が外套のように開く。④翅には同様の翅脈がある。翅脈は中空で、翅を支える役割と軽量化をともに実現している。⑤翅脈は中齢幼虫で翅の形成と同時に生じ、最初から成虫と同数である。一方相違点は以下である。⑥クロゴキブリに対してチャバネゴキブリは、体重に対する翅の面積の割合が大きい。翅脈の本数が少ないため、翅の形状を維持することができず、滑空には不向きである。

### 4. 今後の課題

滑空の可否については、グライダーなどの航空力学や、翅と体の間に生じる流体相の流れに照らし合わせて検討する必要がある。

謝辞：アース製薬株式会社研究部業務推進室生物研究課の有吉立氏には、クロゴキブリとチャバネゴキブリの実験用試料を無償で提供していただいた。ここに記して謝意を表す。



生物

## ナガレホトケドジョウ

～開発地テクノの谷川で発見！～

兵庫県立大学附属高校 自然科学部生物班

2年 横山侑一郎 岡田慶次郎 伊坂友里

木山七海

1年 三間将聖 宮原直哉 中村光 塚本采子

南岡優希 米津快飛

### 1. はじめに

私たちは 2016 年度から本校があるテクノ（西播磨科学公園都市）周辺に生息する生き物を本校の生徒や地域の方々に知ってもらうため、図鑑創りをしてきた。図鑑の作成のために学校周辺の生き物の観察も続けており、2018 年 2 月に学校の裏山に流れる沢の生き物を調べたところ、ナガレホトケドジョウを発見した。

### 2. 研究動機と目的

①本種を発見した沢の周辺は、都市計画による開発が行われた土地である。その環境が実際にはどのようなものなのかを知るため調査を始めた。

②本種は環境省レッドリスト(2013)で絶滅危惧種 IB 類に指定されているため、その生態を記録することにした。

### 3. 研究内容

#### 調査① 生息状況と生息環境を調べる

学校周辺にある沢 8 本のうち何か所に生息しているのか、また沢ごとの周辺環境を調べる。



**方法** 8 本の沢に記号 (P1～S4) をつけ、すべての沢での生息の有無・生息環境・水質・沢の長さを調べる。水質は 9/22 と 9/23 の 2 日間測定し、その平均を取った。ただし、長い沢は上、中、下などと分けて計測した。

**結果** 沢 8 本中、7 本で生息を確認した。各沢の水質の違いはほとんど見られなかった。P1・P2・S1・S2 の沢周辺で古い石垣がみられ、全ての沢で等間隔に生えているスギ(植林)が見られた。

表 1 各沢の長さ (m)

地点	P1	P2	P3	Q1	S1	S2	S3	S4
長さ	370	521	62	67	221	280	190	449

**考察** Q1 でナガレホトケドジョウが確認できなかった要因として、本校の建設に伴って沢が途中で遮断されたためだと考えられる。

また、沢の多くの場所に古い人工物があり、沢周

辺は昔に人間が利用していたと考えられる。

表 2 各地点の水質

	P1 上	P1 下	P2 上	P2 中	P2 下	P3	Q1	S1 上	S1 下
水温	19	19	19	19	19	18	18	18	18
pH	7.5	7.6	7.3	7.4	7.4	7.3	7.3	7.1	7.3
DO	2.9	2.7	2.3	2.4	2.1	2.0	2.2	2.4	2.0
EC		113	76	73	70	57	68	77	75

	S2 上	S2 下	S3 上	S3 下	S4 上	S4 中	S4 下	T
水温	18	18	18	18	17	17	18	20
pH	7.2	7.4	7.2	7.2	7.4	7.1	7.1	7.6
DO	2.8	2.2	2.4	2.1	2.4	2.6	2.2	2.3
EC	94	93	74	72	75	78	75	91

単位は右の通り 水温:°C DO:mg/L EC:μS/cm

#### 調査② 沢周辺の環境についての情報を得る

沢周辺がどのように使われていたのか、以前に、本種が生息していたのか調べる。

**方法** 沢の近くにある二柏野という村の住民の方々に聞き取り調査を行う。

**結果** 8 月に 3 回の聞き取り調査を行い、8 名の方に協力を頂くことができた。

聞き取り調査の結果以下のことが分かった。P1・P2・S1・S2 は 50 年前まで田んぼとして利用されていた。田んぼの跡地では植林が行われた。田んぼをしていた当時の沢は水量が今より多く、流れ込む川との境がコンクリートで舗装されていなかったこともあり、コイやタナゴなどが沢を上がってきていた。また、ドジョウもいたが、その特徴は本種とは異なるものばかりだった。本種の写真も見てもらったが、当時生息していたという証言は得られなかった。

**考察** 当時に本種が確認できなかった要因として、以下の事が考えられる。

- ①田んぼをやめ、植林をした頃からナガレホトケが好む環境となり他の沢から移動してきた。
- ②当時も生息していたが伏流水に隠れていた。
- ③そもそも、人に見つかっていなかった。

現在の沢ではごく普通にナガレホトケドジョウが泳ぐ姿を目視できる。しかし、「昔の沢で生き物の採取をしたが、本種は見なかった」との証言があることから、①の可能性が高い。当時の沢の環境が生息に適していなかった。特に明るすぎたのではないかと考えた。

#### 調査③ 照度とナガレホトケの関係性を調べる

照度が本種の生息に影響しているか調べる。

**方法** 9/20 から 10/4 まで P1 の沢で 1 m × 1 m 程度のできるだけ照度が異なる淵を 5 つ選ぶ。淵ごとに平均照度を計測し、その時に目視で確認できる個体数を調べる。昼休み (12:25~13:05)、放課

後（15:30～17:30）に調査を行う。

**結果** 最高照度  $5.7 \times 10^3$  lux、最低照度 60 lux、平均照度約 370 lux であったが、照度に関係なく生息を確認することができた。

**考察** 照度  $5.7 \times 10^3$  lux 以下では、照度が本種の生息に影響しないと考えられるが、さらに高い照度の場所で調査をする必要がある。

#### 調査④ 個体識別を用いた調査

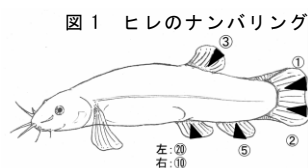
ナガレホトケドジョウの行動・成長の様子・個体数を把握する。

##### 方法 A 腹部白色線形状での個体識別

本来は、採取した個体を麻酔薬につけて、安定した状態で腹部の白色線の観察を行う。しかし、私たちは麻酔を使わずに観察を行ったため、安定した記録が得られなかった。

##### 方法 B ヒレのナンバリング

腹部の白色線形状での個体識別は困難なため、ヒレのナンバリングによって個



体識別をする。あらかじめヒレごとに番号を決めておき、番号のヒレを切ることで、その組み合わせによって個体のナンバリングを行う。ヒレのナンバリングは 65 mm 以上の個体のみに行う。再捕獲された個体の、捕獲場所と体長、重さを記録する。また、前回の捕獲場所からの移動距離を記録する。**結果** P1 で捕獲した 26 個体のナンバリングを行い、8 個体を再捕獲できた。他の沢では再捕獲できなかった。

表 3 再捕獲できた 8 個体の記録

個体 No. 1				
	6/23	7/19	8/21	9/27
体長(mm)	78	81	80	80
重量(g)	2.9	3.4	2.9	3.0
位置(m)	0	-5	0	+20

個体 No. 2		個体 No. 15		
	6/13	8/28	7/14	7/23
体長(mm)	68	69	63	62
重量(g)	1.4	2.0	1.5	1.4
位置(m)	0	-5		

位置の-は下流側、+は上流側

個体 No. 16		個体 No. 17		
	7/19	7/23	7/19	7/25
体長(mm)	68	71	75	74
重量(g)	2.4	2.2	2.8	2.0

個体 No. 19		個体 No. 27		
	7/23	7/25	9/12	9/27
体長(mm)	76	75	72	70
重量(g)	1.4	2.0	2.1	1.8

#### 個体 テクのヌシ

	8/22	9/14	9/27
体長(mm)	88	87	88
重量(g)	2.9	3.8	3.8

← 捕獲した中で最大の個体

個体 No. 1 は、大雨の増水の後には下流側で再捕獲されたが、その後は地上の流れが途切れている 20m 上流側に移動していた。また、個体 No. 1 は、ヒレの切れ目が再生していた。個体 No. 2 も移動していたが、他の 6 個体は移動していなかった。

**考察** 本種は普通、ほとんど移動せず定住すると考えられる。しかし、大雨で増水した場合は流されて移動すると考えられる。また、伏流水を利用して移動することができる可能性がある。

今回の調査では、成長の様子ははっきりと分らなかった。その理由は、成長が遅いためであり、もっと長期の調査を行う必要がある。

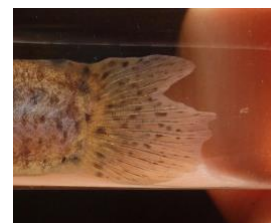
##### 調査⑤ ヒレの再生の様子を知る

傷ついたヒレが、どのように、どれだけの時間をかけて再生するのかを知る。

**方法** できるだけ本種の生息環境に近い状態で調査を行うため、沢の中にふたをつけたかごを流されないように設置し、その中で飼育を行う。ヒレを切った個体の観察を行い写真に記録する。



**結果** 9月3日から9月15日までかご飼育を行った。0.5 mm ほどの膜ができていたことが確認された。



**考察** 別の個体で何度か逃げられ、長期のデータが得られなかった。今後、かご飼育を継続して調査をする必要がある。

#### 4. 今後の課題

本種の生息に照度が影響しているか、より詳しく調査する必要がある。また、永久的な腹部白色線での個体識別を麻酔を使わず可能にしたい。そして、この研究を長期にわたって続けていきたい。

#### 5. 参考文献

- 1) 青山茂, ナガレホトケドジョウの腹部白色線形状による個体識別法 (2000)
- 2) LOACHES OF JAPAN 日本のドジョウ 形態・生態・文化と図鑑 中島淳 内山りゅう
- 3) 絶滅が危惧されているナガレホトケドジョウの保護のための生態学的調査 山梨大学



生物

本校のアリ相の調査（中間報告）

神戸大学附属中等教育学校 科学研究部（生物班）

高校2年 大河内徳人、江指綾

高校1年 泉賢人、小野公誉、吉川直毅、  
光永悟、沼田康志

## 1. 動機及び目的

近年、ヒアリなど外来アリが注目される機会が増えている。しかしながら、国内だけでも約300種、世界には1万種を超えるアリが生息しており、調査にはある程度の知識と経験を要する。

ところで本校は、開校からわずかに10年ほどしかたっており、部活内の研究の伝承というものも現在行われていなかった。そのため今までは夏の科学の祭典や総合文化祭のために毎年テーマを変えて研究を行ってきたが、その際に他校の発表を聞いていく中で研究の伝承という概念を本部活に吸収し、将来も見据えて本校に研究継承システムを導入しようと考えた。そこで我々は「物理」「生物」「地学」の3チームに分かれて研究を始めた。本生物班では、班長の好きな分野である「アリ」について研究を行うことにした。しかし、大まかにアリの研究をすると決まっただけで、それ以上詳しいテーマを練ることができなかった。そこで今年度はあえてテーマを絞らず、「本校のアリ相の調査」のみを行ことにした。何故なら、この調査をくまなく行うことで、私たち以降の代の生徒がその結果から新たな疑問を抱き、そこから詳しいテーマで研究をしてくれるだろうという期待をしたからだ。

## 2. 方法

（準備物）学校の地図、85%エタノールを入れた試験管、ピンセット、タイマー（本研究ではタイマー機能付き腕時計を用いた）

① 本校の地図を用いて、調査可能な地域を

18箇所に分けた。以後の説明は各区画で行う作業の説明となる。

- ② 試験管に番号を振った。
- ③ 調査員5名で区画内を手分けして調査した。そしてアリを見つけたら試験管に入れ保存した。なお、この際できる限り種ごとに5匹保存した。また、同じ区画内でも地面の質や日当たりなどの環境の違いによってアリを保存する試験管を更新した。そしてその都度だれがどこで採取したアリが入っているのかを番号によって区別するために記録用紙に記入した。
- ④ 1時間で調査を終了した。
- ⑤ 試験管内のアリを取り出し、双眼実体顕微鏡と『アリの生態と分類—南九州のアリの自然史—（発行日：2010年5月31日 第一刷発行著者：山根正気、原田豊、江口克之 発行所：株式会社南方新社 ISBN978-86124-178-9）』を用いて同定し、記録した。なお、その区画で初出の種類だった場合、乾燥標本にした（詳しくは省略する）。

## 3. 結果と考察

区画1概要：アスファルト舗装されているが、隅には土の部分がある。職員用の駐車場で、時間帯によっては車がよく通るが、生徒の往来はほとんどない。また、四階建て校舎の北にあるため一日を通して特に西側の日当たりが悪く、さらに北斜面に生い茂る木々によってさらに日当たりが悪くなっている。

※試験管番号と環境的特徴

1. 日当たり△、アスファルト、落ち葉あり
2. 日当たり×、コンクリート階段、近くに土
3. 日当たり×、土
4. 該当なし
5. 日当たり×、アスファルト、落ち葉あり
6. 日当たり○、コンクリートの壁、近くに土
7. 日当たり×、樹上

8. 該当なし

9. 日当たり△、コンクリート階段、近くに土

10. 日当たり△、アスファルト、近くに土

11. 日当たり○、アスファルト

12. 日当たり△、アスファルト、近くに土

13. 日当たり△、アスファルト、電灯

14. 日当たり△、アスファルト、電灯

15. 日当たり△、アスファルト、近くに土

16. 日当たり△、アスファルト、近くに土

17. 日当たり△、アスファルト、廃品置き場

18. 日当たり△、アスファルト、近くに土

19. 日当たり×、土

20. 日当たり○、アスファルト、近くに土

写真：本校航空写真にしるしをつけた区画1

(©2018 Google)



図：区画1内での環境別のアリの生息状況

種	区画1内での環境別のアリの生息状況						
	アシナガ	アミメ	アメイロ	オオズ	オオハリ	キイロハダカ	クロオオ
1							
2		○					
3							
4							
5							○
6					○		
7							○
8							
9	○	○					○
10							
11			○			○	○
12	○						○
13							○
14	○			○			○
15							
16							
17			○	○			
18		○		○			
19		○		○			○
20			○				
種	クロナガ	クロヤマ	テラニシシリアゲ	トビイロシワ	ナワヨツボシオオ	ハリフトシリアゲ	ヤマトアシナガ
1							
2		○			○		
3		○				○	
4							
5		○		○			○
6	○				○		○
7			○				
8							
9		○					
10							
11		○	○				
12		○		○			
13							
14	○	○	○				
15				○			
16		○					
17							
18		○					
19					○		
20			○	○			

考察としては、まずクロヤマアリ、クロオオアリは区画1のほぼ全域に分布しており、これはこの二種がこの区画における優占種だということを示唆している。また、トビイロシワアリ今回すべて土の近くのアスファルトで採取されたことから、コンクリートと土の間で活発に活動していることが示唆された。そして全体的に日当たりがあまりよくない場所がよく見つかったことから、アリはあまり日の当たらない場所を好むことも示唆される。

#### 4. 反省と課題

本調査を進める際、フィールドでの調査はうまくいったものの、その後の同定作業にとっても時間を費やしてしまい、1つしか区画を調査することができなかった。これは班員の技術不足や、人数の不足によるものだと思うので、今後は中等教育学校ということの利点を生かして中学生に手伝ってもらって人数をふやしたり、経験を積んでいったりすることが必要だと考える。そしてこのような課題を解決して、すべての区画の調査をし、今後の代にバトンをつなげられるようにしたい。

## 生物

### トゲワレカラに関する研究

兵庫県立尼崎小田高校科学研究部生物班  
2年 森美月, 大路紘裕, 山木文汰, 藤堂恭行  
1年 長谷千波矢, 田中愛, 原田侑季, 荒木岳士

#### 1. 動機及び目的

私たちの先輩は瀬戸内海各地をはじめ本州西部で採集したトゲワレカラ *Caprella scaura* を形態から3亜種(*C. s.diceros*, *C. s.typica*, *C. s.hamata*)の分類しミトコンドリア DNA の COI 領域と 16S ribosomal RNA 領域について解析を行ったところ、トゲワレカラは A, B の2つのグループに分かれた。また A には *diceros* が多く、B には *typica* が多かったが A に *typica*、B に *diceros* が一部みられ、A, B のグループ分けと形態的分類とは一致しなかった(Taniら 2014)。

そこで今回は核 DNA の解析を行い A・B のグループでの遺伝的交流の可能性について考察を試みた。

#### 2. 方法

瀬戸内海各地をはじめ本州西部で採集したトゲワレカラを採集し、亜種を同定した。亜種を同定できないものについては無理に同定せず、不明個体として扱った(図1、表1)。

各個体から DNA を抽出し、ミトコンドリア DNA の COI 領域と核 DNA の 18S ribosomal RNA 領域について PCR 法による DNA 増幅を行った。なお両領域については種特異的なプライマーを設計した。業者に委託してシーケンスを行った。18S ribosomal RNA 領域については波形を確認し、多重塩基を決定し、データを修正した。



図 1. トゲワレカラ *Caprella scaura diceros*

採集日: 2017 年 7 月 29 日, 採集者: 谷良夫, 採集地: 岡山県瀬戸内市牛窓黒島  
頭部後端には前方に湾曲した突起(矢印)がある(竹内 1995)。鰓(矢印)は細長い。

#### 3. 結果と考察

COI 領域の解析では、A および B グループに分かれた。A では *diceros* が 70.1%、*typica* が 10.0% を占め、*diceros* が優勢であった。B では *diceros* が 38.5%、*typica* が 61.5% を占め、*typica* が優勢であった(図 1)。

核 DNA の 18S ribosomal RNA 領域の解析では、約 650bp の解読が可能なホモ接合体に 3 つのハプロタイプがみられた(XX, YY, ZZ: 表 2)。さらにおそらく Z と Y のヘテロ接合体であると推測される YZ、および X とホモ接合体としては未確認 W と X のヘテロ接合体であると推測される XW が確認された(図 2、表 2)。

表 1 トゲワレカラの採集地と同定結果

標本番号	採集地	亜種名
12416	岡山県瀬戸内市牛窓町鹿忍	<i>diceros</i>
12417	岡山県瀬戸内市牛窓町鹿忍	<i>diceros</i>
12418	岡山県笠島市神島 漁港	<i>diceros</i>
12419	岡山県笠島市神島 漁港	<i>diceros</i>
12445	広島県東広島市安芸津町	<i>diceros</i>
12446	広島県東広島市安芸津町	<i>diceros</i>
12447	広島県東広島市安芸津町	<i>diceros</i>
12474	大阪府泉佐野市	<i>diceros</i>
12475	大阪府泉佐野市	<i>diceros</i>
12476	大阪府泉佐野市	<i>diceros</i>
12479	岡山県倉敷市	<i>diceros</i>
132012	岡山県瀬戸内市牛窓町牛窓黒島	<i>diceros</i>
132017	岡山県瀬戸内市牛窓町牛窓黒島	<i>diceros</i>
132020	岡山県瀬戸内市牛窓町牛窓黒島	<i>diceros</i>
132053	岡山県瀬戸内市牛窓町牛窓黒島	<i>diceros</i>
132064	岡山県瀬戸内市牛窓町牛窓黒島	<i>diceros</i>
132108	岡山県瀬戸内市牛窓町牛窓黒島	<i>diceros</i>
132117	岡山県瀬戸内市牛窓町牛窓黒島	<i>diceros</i>
132119	岡山県瀬戸内市牛窓町牛窓黒島	<i>diceros</i>
132224	岡山県瀬戸内市牛窓町牛窓黒島	<i>diceros</i>
144044	兵庫県神戸市兵庫区御崎本町	<i>diceros</i>
144046	兵庫県神戸市兵庫区御崎本町	<i>diceros</i>
144047	兵庫県神戸市兵庫区御崎本町	<i>diceros</i>
144048	兵庫県神戸市兵庫区御崎本町	<i>diceros</i>
154003	大阪府泉南郡岬町淡輪 漁港	<i>diceros</i>
12415	岡山県備前市鶴海	<i>typica</i>
12430	岡山県倉敷市下津井田之浦港	<i>typica</i>
12432	岡山県倉敷市下津井田之浦港	<i>typica</i>
12439	広島県福山市	<i>typica</i>
12440	広島県福山市	<i>typica</i>
12441	広島県福山市	<i>typica</i>
12451	兵庫県淡路市岩屋	<i>typica</i>
12452	兵庫県淡路市岩屋	<i>typica</i>
12456	兵庫県南あわじ市福良	<i>typica</i>
12457	兵庫県南あわじ市福良	<i>typica</i>
12481	和歌山県西牟婁郡白浜町	<i>typica</i>
12482	和歌山県西牟婁郡白浜町	<i>typica</i>
132130	岡山県瀬戸内市牛窓町牛窓黒島	—
144036	兵庫県神戸市兵庫区御崎本町	—
144037	兵庫県神戸市兵庫区御崎本町	—
144038	兵庫県神戸市兵庫区御崎本町	—
144039	兵庫県神戸市兵庫区御崎本町	—
144040	兵庫県神戸市兵庫区御崎本町	—

亜種名の欄の「—」は亜種不明の個体を表す。

A グループには Y および Z のホモ接合体(YY および ZZ)が見られ、B グループには X のホモ接合体(XX)がみられた。YY および ZZ は B グループには見られなかった。XX は A グループには見られなかった。A グループに見られたヘテロ接合体は YZ であると推定される。ま



たBグループに見られるヘテロ接合体はXを含む可能性はある。AグループにはXが、BグループにはYおよびZがみられなかったことからAグループとBグループには遺伝的な交流が存在しない可能性を示している。両グループは同所的に生息することから、生殖的隔離が存在する可能性がある。

核DNAの1領域で結論を出すのは拙速であると思われるので、今後は核DNAの複数領域について解析を進めていきたい。さらにA・Bグループの交雑実験や形態的差異の観察を行いたい。

#### 4. 参考文献

阪口正樹・谷良夫. 2016. 大阪湾沿岸浮き桟橋のワレカラ(甲殻綱)と生息環境. 兵庫生物, 15(2):71-77.

竹内一郎. 1995. ワレカラ亜目 in 西村三郎, 原色検索日本海岸動物図鑑[II], 93-205, 保育社, 大阪.

谷良夫・阪口正樹. 2014. ミトコンドリアDNA分析による本州西部産トゲワレカラ *Caprella scaura* 亜種の検討. 兵庫生物, 14(5):339-346

表2 シーケンス結果

標本番号	亜種名	COI	18S	1	2	3	4	5	6	7	8	9
12415	<i>typica</i>	A	YY	A	G	G	C	T	C	G	T	C
12416	<i>diceros</i>	A	YY	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12417	<i>diceros</i>	A	YY	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12419	<i>diceros</i>	A	YY	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12430	<i>typica</i>	A	YY	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12432	<i>typica</i>	A	YY	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12445	<i>diceros</i>	A	YY	.	.	.	.	.	.	.	.	.
132012	<i>diceros</i>	A	YY	.	.	.	.	.	.	.	.	.
132017	<i>diceros</i>	A	YY	.	.	.	.	.	.	.	.	.
132020	<i>diceros</i>	A	YY	.	.	.	.	.	.	.	.	.
132053	<i>diceros</i>	A	YY	.	.	.	.	.	.	.	.	.
132064	<i>diceros</i>	A	YY	.	.	.	.	.	.	.	.	.
132108	<i>diceros</i>	A	YY	.	.	.	.	.	.	.	.	.
132117	<i>diceros</i>	A	YY	.	.	.	.	.	.	.	.	.
132119	<i>diceros</i>	A	YY	.	.	.	.	.	.	.	.	.
132130	—	A	YY	.	.	.	.	.	.	.	.	.
132224	<i>diceros</i>	A	YY	.	.	.	.	.	.	.	.	.
144038	—	A	ZZ	G	.	.	T	C	—	—	—	—
144048	<i>diceros</i>	A	ZZ	G	.	.	T	C	—	—	—	—
12418	<i>diceros</i>	A	YZ	R	.	.	Y	Y	Y	S	Y	Y
12446	<i>diceros</i>	A	YZ	R	.	.	Y	Y	Y	S	Y	Y
12447	<i>diceros</i>	A	YZ	R	.	.	Y	Y	Y	S	Y	Y
12479	<i>diceros</i>	A	YZ	R	.	.	Y	Y	Y	S	Y	Y
144037	—	A	YZ	R	.	.	Y	Y	Y	S	Y	Y
144038	—	A	YZ	R	.	.	Y	Y	Y	S	Y	Y
144039	—	A	YZ	R	.	.	Y	Y	Y	S	Y	Y
144040	—	A	YZ	R	.	.	Y	Y	Y	S	Y	Y
144044	<i>diceros</i>	A	YZ	R	.	.	Y	Y	Y	S	Y	Y
144046	<i>diceros</i>	A	YZ	R	.	.	Y	Y	Y	S	Y	Y
144047	<i>diceros</i>	A	YZ	R	.	.	Y	Y	Y	S	Y	Y
12439	<i>typica</i>	B	XX	.	.	T	.	.	.	.	.	.
12440	<i>typica</i>	B	XX	.	.	T	.	.	.	.	.	.
12451	<i>typica</i>	B	XX	.	.	T	.	.	.	.	.	.
12452	<i>typica</i>	B	XX	.	.	T	.	.	.	.	.	.
12456	<i>typica</i>	B	XX	.	.	T	.	.	.	.	.	.
12457	<i>typica</i>	B	XX	.	.	T	.	.	.	.	.	.
12474	<i>diceros</i>	B	XX	.	.	T	.	.	.	.	.	.
12475	<i>diceros</i>	B	XX	.	.	T	.	.	.	.	.	.
12476	<i>diceros</i>	B	XX	.	.	T	.	.	.	.	.	.
12481	<i>typica</i>	B	XX	.	.	T	.	.	.	.	.	.
154003	<i>diceros</i>	B	XX	.	.	T	.	.	.	.	.	.
12441	<i>typica</i>	B	XW	.	.	W	S	.	.	.	.	.
12482	<i>typica</i>	B	XW	.	.	W	S	.	.	.	.	.

右側の9個の塩基配列は18S領域の変異領域を示す。「・」は最上段の個体12415と同じ塩基配列を表す。「-」はギャップを表す。MはAとC、RはAとG、WはAとT、SはCとG、YはCとT、KはGとTの重複を表す。

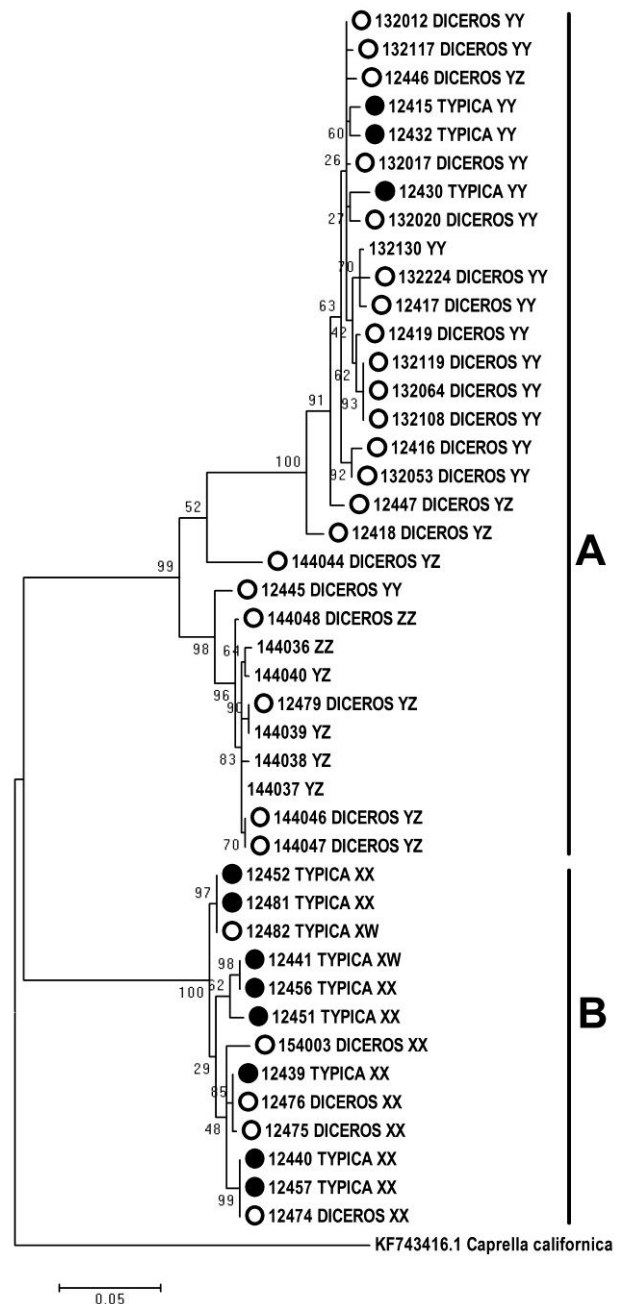


図2 ミトコンドリアDNAのCOI領域の解析データによる系統樹

塩基長は607bp。木村の2変数法・ML法により作図した。枝の値は1000回繰り返したブートストラップ値(%)。●は*typica*、○は*diceros*を示す。各データの先頭の数字は標本番号を示す。各データ右端のX・Y・Z・Wは18S領域のハプロタイプを表す。外群はデータベースよりダウンローでした*Caprella californica*のデータを用いた。●および○のついていない個体は不明個体。

# 生物

## 黒池・西池のオニバス完全復活に向けて

兵庫県立伊丹北高等学校 自然科学部  
 2年嶋田拓人, 塩谷夏輝, 小坂直暉  
 1年西尾想, 牧心磨, 田中智美

### 1. 動機及び目的

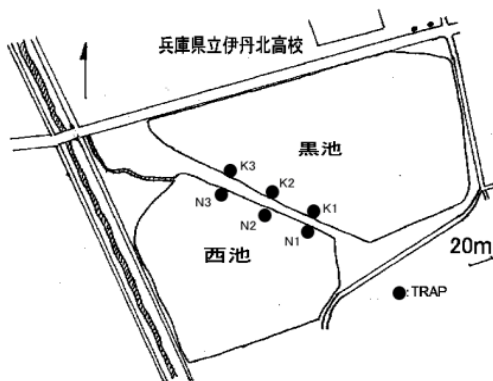
オニバスは現在、全国的な池の埋め立てや水質汚染の影響によってその数が減少している。伊丹北高校前にある黒池・西池は阪神間で唯一のオニバスの自生地として知られていた。両池に生息するオニバスは1992年には多数のオニバスの生育が確認されてきたがそれ以後減少の一途をたどり2002年を最後に生育が確認されなくなった。このことをきっかけに黒池・西池でのオニバス消滅の原因の探求とともにオニバスを復活させる取り組みを始めた。

### 2. 方法

2017年までにオニバスの研究の一環として①カメ調査、②土壌の調査、今年2月より③水質調査を、オニバス復活に向けての取り組みとして④苗の移植、⑤土ダンゴを行ってきた。

#### ① カメ調査

調査には「モンドリ」と呼ばれる器具を用いる。カメのえさとなる小魚やパンを中に入れ調査前日の夕方に設置し翌日の朝に引き上げる。

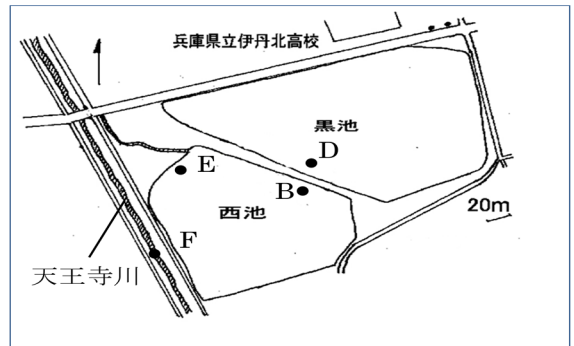


調査は上の図のようにN1、N2、N3、K1、K2、K3の6地点で行った(捕獲数の減少より2013年よりN3、K3は廃止した)。捕獲したカメは背甲長、背甲幅、腹甲長、体重を測定する。クサガメが捕獲された場合、甲羅にドリルで穴をあけ個体の識別を行う。また、アカミミガメが捕獲された場合伊丹市の方に駆除していただく。

#### ② 土壌の調査

水を張った2つのビオトープA、Bに鉢に植えたオニバスを沈めオニバスの葉の大きさ、枚数を測定する。Aの鉢には育苗培土、砂、野菜用土を1:1:2の割合で混ぜたものを、Bの鉢には西池で採集した土を入れた。また、オニバスに花が咲いていた場合、花の種類、個数を計測する。

#### ③ 水質調査



上の図のB、D、E、Fの4地点で採水し、pH、COD、NO<sub>2</sub>、NO<sub>3</sub>、PO<sub>4</sub>、NH<sub>4</sub>の6項目をパックテストを用いて検査した(E地点は付近でトビが巣を作り気が立っていて危険だと判断したため6月より中止した)。

#### ④ 苗の移植

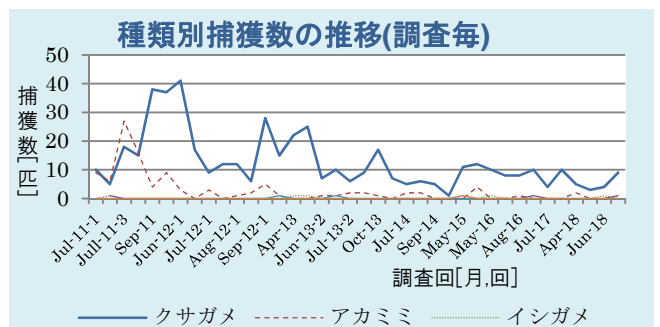
昨年校内で育てたオニバスの苗を③のE地点で移植しその後の経過を観察した(移植した水深は3年前水深1mで移植し失敗したことから20cm~30cmにした)。

#### ⑤ 土ダンゴ

テニスボール大に丸めた土の中にオニバスの種を3~4個ほど入れ黒池・西池に10個ずつ投げ入れた。

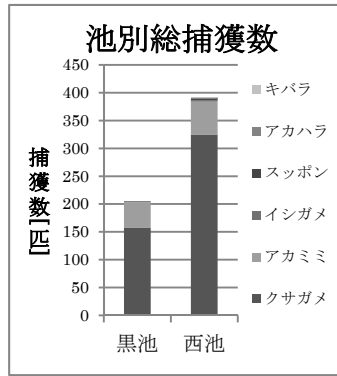
### 3. 結果と考察

#### ① カメ調査



[図1]

【図1】は2011年～2018年8月までのカメの種類別捕獲数の推移を表す。このグラフよりアカミミガメの捕獲数が年々減少していることから、アカミミガメの捕獲が順調

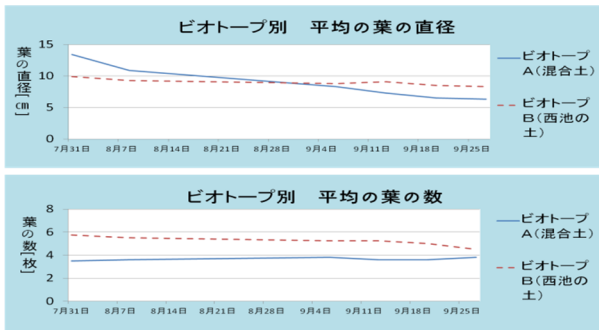


【図2】

に行われていることが分かる。しかし黒池・西池で多数のアカミミガメが目撃されたことからアカミミガメの駆除が完全に行われたとはいえない。それに加えてクサガメの捕獲数が減少していることからアカミミガメ、クサガメともに長年の調査により仕掛けへの警戒心が増しているのではないかと考えられた。

【図2】はカメの池別総捕獲数を表している。図より西池の捕獲数が黒池の捕獲数を大きく上回っていることから西池の生態系の豊かさがうかがえる。このことは③の水質調査の結果に表れていると考えられる。

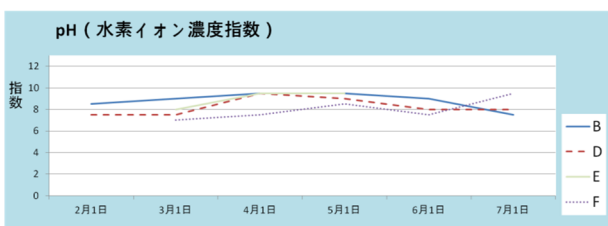
② 土壌調査



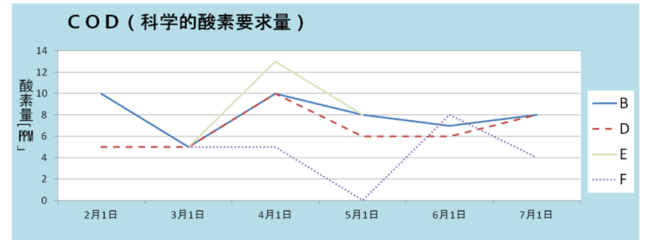
【図3】

【図3】は葉が枯れるまでのそれぞれのビオトープA、Bのオニバスの葉の直径、枚数の平均値を表している。図よりA、Bのオニバスにおいてとりわけ大きな差が見られないことから。西池の土は少なくとも生育に必要な養分を持っていることが分かる。

③ 水質調査



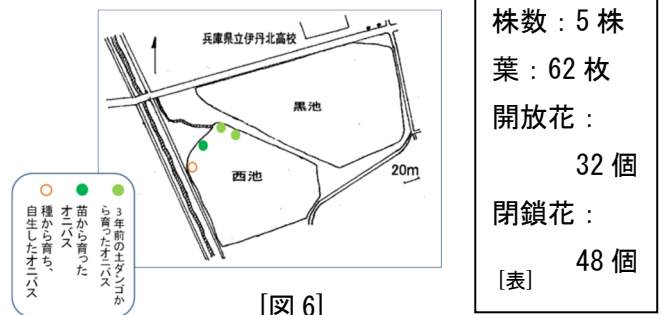
【図4】



【図5】

【図4】、【図5】は検査項目の中でも値が大きかったpH、COD値のグラフである。このグラフよりB、D、E地点がF地点と比べてCODの値が高く、pHが弱アルカリ性に傾いていることから黒池・西池の水はある程度富栄養化が進んだ汚れた水であるという事がわかった。

④ 苗の移植 ⑤ 土ダンゴ



【図6】

これらの活動の後昨年9月、西池にオニバスが復活し、今年5月に新たに自生したオニバスが確認された。【図6】、【表】はそのオニバスの分布図とオニバスの葉の枚数等を表したものである。

4. 反省と課題

西池でオニバスの復活が成し遂げられた一方、黒池ではオニバスの発育こそみられたものの繁殖にまでは至らなかった。黒池の水深が浅い地点は埋め立てや舗装により底が岩盤で構成されている。そのため黒池の土を採集することが困難になり②では黒池の土壌の調査が行われなかった。今後の活動では黒池の土の採集に挑戦し黒池でのオニバス復活の為の活動に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) RDB:環境省, “オニバス-RL”, [https://iki-log.biodic.go.jp/Rdb/zukan/?\\_act=ion=rrn085](https://iki-log.biodic.go.jp/Rdb/zukan/?_act=ion=rrn085)
- 2) 伊丹市ホームページ, “池部会”, [www.city.itami.lg.jp/sizen\\_kai\\_volunteer](http://www.city.itami.lg.jp/sizen_kai_volunteer)



生物

チョウの口吻長と訪花植物の花筒長の関係性

兵庫県立川西明峰高等学校 理科部  
2年大西裕

1. 動機及び目的

先行研究から、ハチやガなどの昆虫は自分が持つ口吻長に適応する花筒長を持つ花に訪花することが分かっている。しかし、チョウの口吻長に焦点を当てた訪花性についてはまだ解明されていない。今回、伊丹市昆虫館の協力のもと、花に訪花したチョウの口吻長と訪花植物の花筒長の相関性について解明してみた。

また、ハチやアブなどの送粉者は、虫媒花を行うため、花との共生関係を持っていることが解明されている。しかしチョウではこのようなことははっきりと知られていないため、これについても調べてみることにした。

2. 方法

兵庫県伊丹市にある伊丹市昆虫館チョウ温室で2018年の4月から8月までの11日にわたり、調査を行った。チョウ温室はドーム状で、底面積は754㎡ある。

調査方法としては、チョウ温室のチョウの中でナミアゲハ、キアゲハ、クロアゲハ、ナガサキアゲハ、ジャコウアゲハ、オオゴマダラ、アサギマダラ、リュウキュウアサギマダラ、ツمامラサキマダラ、ツマグロヒョウモン、スジグロカバマダラ、ツマベニチョウ、クロテンシロチョウの13種類のチョウを調査対象とし、これらのチョウがとまった花の種類と、訪花植物、チョウの口吻長を記録した。

口吻長と花筒長の測定の際にはデジタルノギスを使用した。



図1：口吻長を計測

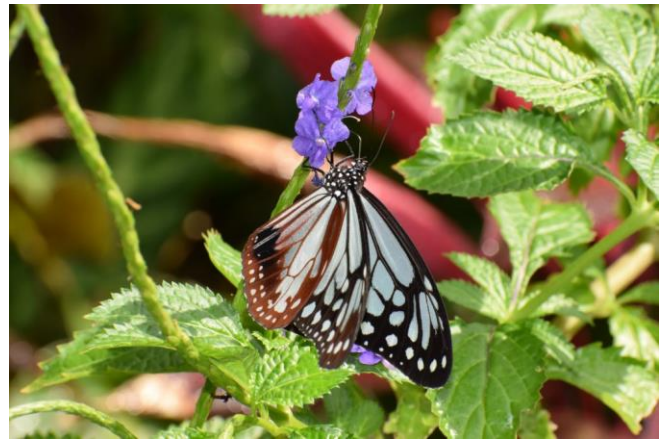


図2：チリメンナガボソウに訪花するアサギマダラ

3. 結果と考察

表1：チョウが訪花した花

	ナガサキ	ツマベニ	クロ	キ	ナミ	ジャコウ	オオゴマ	ツマグロ	アサギ	ツمامラ	スジグロ	リュウ	クロテン
ツンベルギア	1												
ハイビスカス	5	7	2	4	1								
ルリマツリ	8	1					1						
サンユウカ							1						
フクリンフソウガ				2	1								
カリブラコア		2	5			1	1						
ランタナ				1	1			2		1	1		
ウエテリア								2					
タイワンレンギョウ			2			1	2		2	5		6	
ハナキリン					1			1			2	1	
テイキンザクラ			2	1	5	2	3		2	4	2		
メキシコハナヤナギ							1	2			3	2	4
チリメンナガボソウ			3		1	5	3	1	1		3	3	2

※数字はチョウの個体数を表す。

それぞれ、どのチョウがどの花に訪花したかをまとめると、表1のようになる。今回、チョウ温室のチョウの中で最も口吻長が長かったナガサキアゲハに注目すると、チョウ温室の中で最も花筒長が長い3種類の花に訪花していることが分かった。逆に、口吻長が最も短いクロテンシロチョウは、最も花筒長が短い2種類の花に訪花していることが分かった。つまり、この2種類のチョウは、自分の口吻長に応じた花筒長を持つ花に訪花していることが分かる。

さらにこの表から、チリメンナガボソウが全訪花植物の中で最も訪花したチョウの種類が多いということが分かる。一方、ツンベルギアやハイビスカスなどの花筒長が長い種類は、訪花したチョウの種類が少ないということが分かった。この表は、花筒長が長い種類(上)から、短い種類(下)という順番で表記している。そのため、全体的に見ても上から下になるに連れて訪花するチョウの種類が多い。つまり、花筒長が短い花の方がチョウとの共生関係が成り立ちやすいと考えられる。

表 2：訪花植物の平均花筒長

訪花植物種名	花筒長 (mm)
ツンベルギア	55.15 [1]
ハイビスカス	55.05 [14]
ルリマツリ	29.33 [10]
サンユウカ	23.99 [1]
フウリンブツソウゲ	22.40 [3]
カリブラコア	20.27 [9]
ランタナ	12.13 [6]
ウエデリア	12.11 [2]
タイワンレンギョウ	10.74 [19]
ハナキリン	10.47 [5]
テイキンザクラ	9.59 [21]
メキシコハナヤナギ	6.96 [12]
チリメンナガボソウ	5.45 [21]

※[ ]内は個体数を表す。

訪花植物の花筒長は表 2 より、ツンベルギア、ハイビスカス、ルリマツリ、サンユウカ、フウリンブツソウゲ、カリブラコア、ランタナ、ウエデリア、タイワンレンギョウ、ハナキリン、テイキンザクラ、メキシコハナヤナギ、チリメンナガボソウの順に長いことが分かる。

表 3：チョウの平均口吻長

チョウ種名	口吻長(mm)
ナガサキアゲハ	30.76 [14]
ツマベニチョウ	29.36 [10]
クロアゲハ	24.93 [14]
キアゲハ	21.85 [8]
ナミアゲハ	17.5 [11]
ジャコウアゲハ	15.93 [9]
オオゴマダラ	14.53 [12]
ツマグロヒョウモン	13.53 [8]
アサギマダラ	12.39 [5]
ツマムラサキマダラ	12.03 [10]
スジグロカバマダラ	11.68 [11]
リュウキュウアサギマダラ	10.55 [12]
クロテンシロチョウ	9.37 [6]

※[ ]内は個体数を表す。

チョウの口吻長は表 3 より、ナガサキアゲハ、ツマベニチョウ、クロアゲハ、キアゲハ、ナミアゲハ、ジャコウアゲハ、オオゴマダラ、ツマグロヒョウモン、アサギマダラ、ツマムラサキマダラ、スジグロカバマダラ、リュウキュウアサギマダラ、クロテンシロチョウの順に長いことが分かる。

調査した全てのチョウの口吻長と、そのチョウが訪花した花の花筒長を、散布図にまとめると、図 3 のようになった。

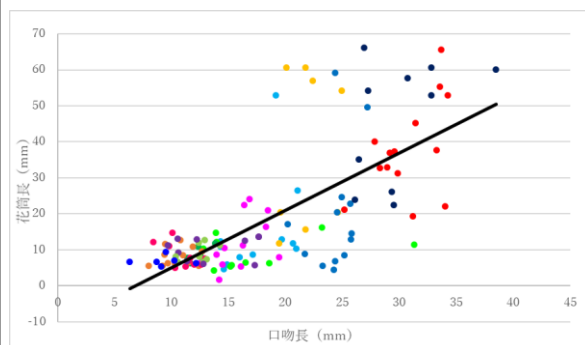


図 3：個体別チョウの口吻長と訪花植物の花筒長

この図の近似曲線を見ると、チョウの口吻長と花の花筒長には相関性があることが分かる。

#### 4. 反省と課題

今回の調査では、チョウの口吻長と訪花植物の関係性について研究結果を出すことができた。今回、この研究と同時に訪花植物の蜜量と、糖度の検査も実施したが、訪花植物の糖度を採取するのは極めて難しく、蜜が採れない種類の方が多かった。採取された蜜でも、糖度を測るための糖度計が反応せず、結果を出すことは出来なかった。今後の展望として、訪花植物の蜜の採取法を試行錯誤し、糖度を植物ごとに記録したい。

また、今回の研究で、花筒長が短い花の方が訪花するチョウの種類が多いことが分かったので、チョウが花の花粉を運ぶ、虫媒花に関する研究もしてみたい。その際には、チョウ温室の中で最も花筒長が短かったチリメンナガボソウの花粉をチョウが運んでいるかどうかと、今回調査した中で、口吻長よりも花筒長の方が長いデータがとれたナガサキアゲハ、ツマベニチョウ、クロアゲハ、キアゲハ、ナミアゲハは送粉者の可能性が高くなったためこの点についても研究したいと思う。

## 生物

### ピークはなぜ出ない？ ～IAA のペーパークロマトグラフィー追加実験～

兵庫県立川西北陵高等学校 自然科学部  
2年 村上希武

**1. 動機および目的** 本部は昨年度より光の強さとクヌギの生長物質の違いについて研究を行ってきた。その中で、代表的な生長物質であるインドール酢酸（以下 IAA）をペーパークロマトグラフィーで展開すると、ほとんどの場合でははっきりとしたピークが生じず、そればかりか Rf 値によっては成長抑制が生じるという不可解な現象を目の当たりにした。この現象の原因を探るために、以下の実験を行った。

#### 2. 材料 エンバク (*Avena sativa*)

エンバクは、イネ科カラスムギ属に分類される一年草の栽培種である。実験材料で使用した「ネグサレタイジ」は、最も安価で幅広く流通しており手に入れやすかったことから実験材料としたが、エンバクの野生種であり品種改良されていないことから、個体差が大きいという難点がある。以下アベナと表記する。

#### 3. 仮説 はっきりとしたピークが出なかった原因として以下の三つの仮説を立てた。

仮説①：使用しているアベナ種子は個体差が大きく、IAA の検出ができなかった。（昨年度 えん麦／ネグサレタイジ／タキイを使用）

仮説②：クロマトグラフィーの原点へのスポットの回数が不適切である。（昨年度 30 回スポット）

仮説③：展開液に含まれる物質のいずれかが、アベナの成長を抑制するはたらきをもつ。

（昨年度 イソプロパノール：アンモニア：水＝8：1：1の展開液使用）

**4. 実験** 全ての実験に共通する「アベナ伸長テスト」は次の方法で行った。吸水し発芽したアベナの種子を土に蒔き、暗室で育成した。その後、2～3 cmに生育したアベナの幼葉鞘の先端3 mmを切り取った後、6.5～6.7 mmの長さに切り取った。これを各試験液に浸し、暗室にて20～24時間静置後、切片の長さをデジタルノギスで計測した。

【実験1】まず、仮説1を検証するために、様々な IAA 濃度の水溶液を試験液とし、アベナ伸長テストを行った。

《方法1》 IAA 0.1 g を微量のエタノールに溶かした後水 99.9 g を加え、 $1.0 \times 10^{-1}\%$  IAA 水溶液を調製した。この溶液を水で 10 倍に希釈し  $1.0 \times 10^{-2}\%$  IAA を調製した。同様に 10 倍希釈を繰り返し、 $1.0 \times 10^{-3}\%$ 、 $1.0 \times 10^{-4}\%$ 、 $1.0 \times 10^{-5}\%$  IAA 水溶液を

調製した。

《結果1》アベナの幼葉鞘は、IAA 濃度  $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-2}\%$  で蒸留水での平均伸長率を上回った。一方、IAA が  $1.0 \times 10^{-1}\%$  の試験液では、蒸留水での平均伸長率を下回った。（図1）また、平均伸長率が最大になったのは、 $1.0 \times 10^{-3}\%$  であった。《考察1》アベナの幼葉鞘は IAA 濃度の違いにより伸長率が変化し、IAA の検出が可能であること

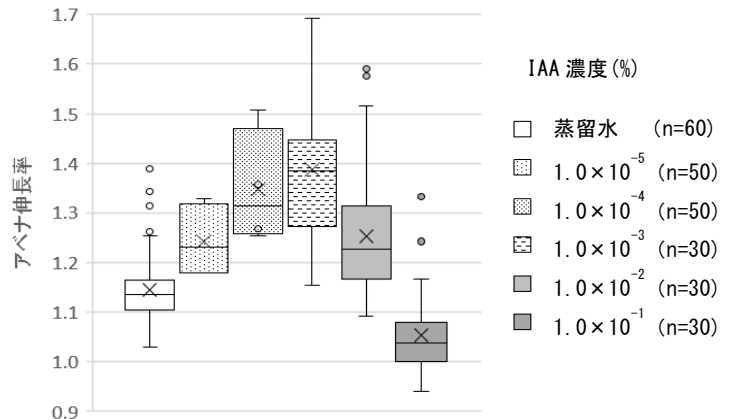


図1 IAA 濃度とアベナ伸長率

が明らかとなった。平均伸長率からは、IAA 濃度が  $1.0 \times 10^{-3}\%$  付近が最適濃度であるということが伺える。一方、高濃度の IAA においてはデータのばらつきが大きく、一定数以上の数を実験に用いなければ、信頼度の高い結果は得られないことも明らかになった。これについては、実験を重ね、外れ値を示した個体の除外などを検討する必要がある。

《結論1》仮説1は誤りである。

【実験2】次に、仮説2を立証するために、実験1で最もアベナが伸長した濃度 ( $1.0 \times 10^{-3}\%$ ) の IAA を原点にスポットし、ペーパークロマトグラフィー（以後 PC と表記）で分析を行った。

《方法2》展開液はイソプロパノール：アンモニア：水＝8：1：1の体積比にしたものを用いた。原点にスポットする回数は、10、20、30回の3種類を用意した。展開後のろ紙は、原点から溶媒前線までを10等分した後に pH 緩衝液（リン酸塩緩衝液にクエン酸を加え pH5 に調製しショ糖を2%加えたもの）に1日浸して試験液とし、アベナ伸長テストを行った。コントロールには、ろ紙を加えず試験液のみのものを用いた。

《結果2》図2～図4において、コントロールのアベナ伸長率の平均 (n=5、標準誤差±0.05) を100とし、各 Rf 区でのアベナ伸長率の平均 (n=5、標準誤差±2.4) を相対値 (%) で表した成長率を縦軸に、Rf 値を横軸に用いた。

10回スポットしたものでは、Rf 値 0.4～0.5 でピークを検出できた（図2）。20回スポットしたも



のでは、Rf 値 0.3~0.4 でピークを検出できた(図3)。30 回スポットしたものでは顕著なピークが見られなかった(図4)。

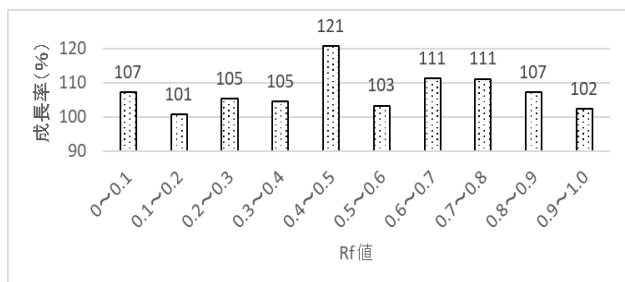


図2 IAAのPC結果 (10回スポット)

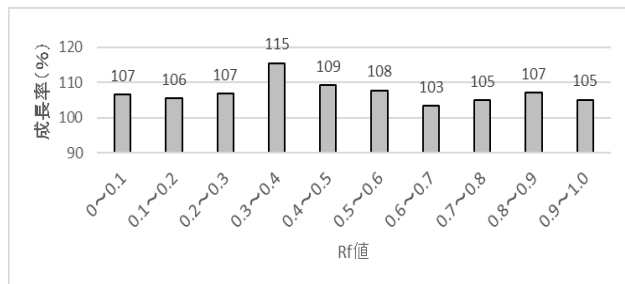


図3 IAAのPC結果 (20回スポット)

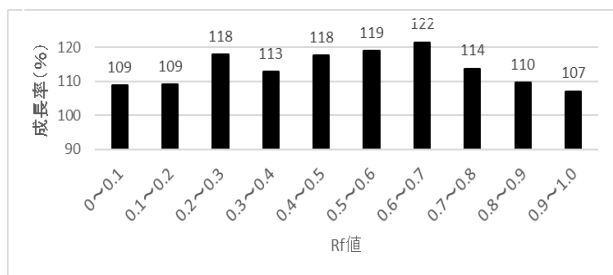


図4 IAAのPC結果 (30回スポット)

《考察2》10回のスポットで見られたRf値0.4~0.5のピークは、昨年度の研究でも複数回見られ、また、橋詰(1985)<sup>1</sup>でも報告があることから、IAAのピークが正しく検出されていると思われる。20回のスポットでは10回のピークよりもやや弱く、少しずれた位置(Rf値0.3~0.4)にピークが現れた。さらにスポットの回数を増やした30回では、ピークは消失した。このことより、スポットの回数を増やしたことで、アベナが伸長する濃度を超えてしまったのではないかと考えた。そこで各スポット回数におけるIAAの濃度(%)の算出を行ってみたところ、10回スポットで $2.2 \times 10^{-4}\%$ 、20回で $4.3 \times 10^{-4}\%$ 、30回で $6.4 \times 10^{-4}\%$ となり、いずれの濃度も実験1においてアベナが伸長した濃度に適合することが判明した。その他にIAA濃度が高くなるにしたがって、PCの展開が上手くいかなくなるなどの可能性が考えられるが、その化学的機構については不明である。

《結論2》IAAのPCにおいて、スポットの回数が増やすとピークが上手く生じない。スポットの回数は10回程度が望ましい。

【実験3】仮説3を検証するために、次の実験を行った。

《方法3》実験2で用いた試験液：アンモニア=9:1、試験液：イソプロパノール=9:1の体積比に調製したものをを用いてアベナ伸長テストを行った。なお、試験液のみをコントロールとして使用した。

《結果3》アンモニアのアベナ伸長率平均が0.93、イソプロパノールのアベナ伸長率平均が0.99、コントロールのアベナ伸長率平均が1.12であったことから、アンモニアとイソプロパノールには、アベナの伸長を抑制する効果が認められた(図5)。

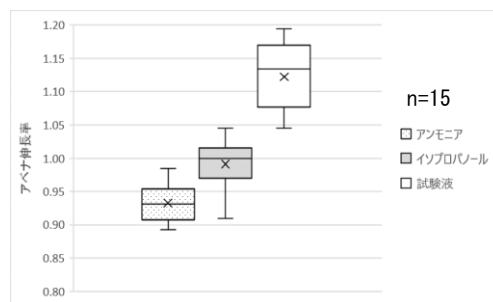


図5 展開液に含まれる物質とアベナ伸長率

《考察3》アンモニアにおける抑制効果についてはpHの影響が考えられたため、すべての試験液のpHを計測したところ、アンモニア溶液が10.7、イソプロパノール溶液が5.1、試験液が5.0であった。アベナの伸長はpHが小さくなるほど促進されることが知られており<sup>2)</sup>、アンモニアによるpHの増大が細胞伸長に影響を与えたと考えられる。イソプロパノールについてはpHの変化はなかったが、取り出したアベナ切片が白濁して見えたことから、細胞の機能が停止してしまい、伸長成長できなかったことが考えられる。

《結論3》イソプロパノールとアンモニアには、抑制効果がある。

## 5. 結論

スポットの回数は10回が適当であり、展開液に含まれている物質は抑制効果があるため、アベナ伸長テストをする試験液からは、可能な限り除外することが望ましい。

## 6. 今後の展開

- ・今回の結論を踏まえて実験を改良し、再度IAAのPCを行う。
- ・改良した実験で再度植物ホルモンの検出を試みる。

## 7. 参考文献

- 1) 橋詰隼人：広葉樹の苗木の生長に対するジベレリンの効果及び苗木の生長と内生生長物質との関係 広葉樹研究 No. 3:33~49(1985)
- 2) 横田孝雄, 室伏旭：植物ホルモン分析法(2)