

# 第52回

# 生物研究の集い



## 一口頭発表編

主催 東京生物クラブ連盟  
日時 2020年2月16日(日) 9:00~  
場所 東京農業大学 百周年記念講堂



第 52 回 生物研究の集い要旨集(口頭発表編)目次

発表会要項	3
1 タバコが他生物に与える生理作用の検討／日本大学豊山女子高等学校	6
2 ワカケホンセイインコの生態／恵泉女学園中学・高等学校	8
3 イモリとサンショウウオの行動分析／早稲田大学高等学院中等部	10
4 バイオチャー散布における植物の成長と土壌の変化／浅野中学・高等学校 生物部	12
5 クロマルハナバチの倍数化—二倍体雄の例外的な妊性をもたらす適応的意義— ／安田学園中学・高等学校生物部	14
6 ヒキガエルの体色変化 3／鷗友学園女子中学校 理科班	16
7 千葉県我孫子市岡発戸周辺の谷津に生息する昆虫調査～チョウ類編～／中央学院高等学校生物部	18
8 珪藻が教えてくれる水環境～水環境啓発に向けた基礎研究～／世田谷学園 生物部	20
9 種子植物の他種認識と発芽競争／東京大学教育学部附属中等教育学校 生物部	22
10 年輪年代法で明かす尾瀬環境問題／東京農業大学第一高等学校中等部生物部	24
11 ベタの学習について／大森学園高等学校 科学研究部	26
12 ゾウリムシによる電気走性の実験／吉祥女子高等学校 生物クラブ	28
13 カラスバトは何を好むのか／国分寺高校	30
14 クロナガアリの仕事分担／芝学園生物部	32
15 魚の種類と耳石の大きさの相関／学習院中等科生物部	34

表紙イラスト 中央学院高等学校 2年 大島夏葵さん

2020年2月1日

学 校 長 各 位  
生物ご担当教諭 各位  
生物クラブ顧問 各位

東京生物クラブ連盟 代表 篠本隆志

## 第52回 「生物研究の集い」のお知らせ

拝啓

厳寒の候、時下ますますご清祥のこととお慶び申し上げます。  
時程、研究発表校が決まりましたので、お知らせいたします。

敬具

記

1. 主 催 東京生物クラブ連盟
2. 期 日 2020年2月16日(日) 9:00~17:00 (時間に変更になる場合があります)
3. 場 所 東京農業大学百周年記念講堂  
〒156-8052 東京都世田谷区桜丘1-1-1 17号館 \*受付 1号館
4. 参加資格 東京及び近郊の中学・高等学校の生物部員(原則として引率して下さい。)
5. 持 ち 物 要旨集(東京生物クラブ連盟ホームページからダウンロードして各校で印刷をお願いします)  
昼食 なお、ごみはお持ち帰りください。
6. 参 加 費 無料  
連盟費3000円は当日受付しております。
7. 発表者打合せ 事前打ち合わせは行いません。
8. 問合せ先 安田学園 志田憲一 ☎03-3624-2666 ✉shida@yasuda.ed.jp  
東京生物クラブ連盟 HP URL:<http://www-cc.gakushuin.ac.jp/~bhs-bio/>
9. 発表資料 要旨とは別に資料を用意される発表者は、450部お持ち下さい。

11. 当日の流れ

【司会】世田谷学園、香蘭女学校

- 8:30 受付開始
- 9:00 開会式
- 9:20 口頭発表7件(発表時間は各校10分、その後質疑応答)
- 11:10 展示発表見学、昼食
- 13:10 顧問打ち合わせ
- 13:40 口頭発表8件(発表時間は各校10分、その後質疑応答)
- 15:50 閉会式(賞状授与 ほか)
- 17:00 展示片付け、解散

\*見学参加

学習院女子中・高等科生物部、都立三鷹中等教育学校、目黒星美学園中学高等学校、香蘭女学校  
朋優学院高等学校 生物学科(生物サークル)、創価中学校、創価高校、東京都市大学附属中学校・高等学校  
立教新座中学校・高等学校

【口頭発表】

1. タバコが他生物に与える生理作用の検討/日本大学豊山女子高等学校
2. ワカケホンセイインコの生態/恵泉女学園中学・高等学校
3. イモリとサンショウウオの行動分析/早稲田大学高等学院中等部
4. バイオチャー散布における植物の成長と土壌の変化/浅野中学・高等学校 生物部
5. クロマルハナバチの倍数化・二倍体雄の例外的な妊性がもたらす適応的意義/安田学園中学・高等学校生物部
6. ヒキガエルの体色変化3/鷗友学園女子中学校 理科班
7. 千葉県我孫子市岡発戸周辺の谷津に生息する昆虫調査~チョウ類編~/中央学院高等学校生物部
8. 珪藻が教えてくれる水環境~水環境啓発に向けた基礎研究~  
/世田谷学園 生物部
9. 種子植物の他種認識と発芽競争/東京大学教育学部附属中等教育学校 生物部



10. 年輪年代法で明かす尾瀬環境問題／東京農業大学第一高等学校中等部生物部
11. ベタの学習について／大森学園高等学校 科学研究部
12. ゾウリムシによる電気走性の実験／吉祥女子高等学校 生物クラブ
13. カラスバトは何を好むのか／国分寺高校
14. クロナガアリの仕事分担／芝学園生物部
15. 魚の種類と耳石の大きさの相関／学習院中等科生物部

【展示発表】

1. プラナリアはどれくらいの時間で光に対して慣れるのか／恵泉女学園中学・高等学校
2. 屋内のガジュマルの成長／恵泉女学園中学・高等学校
3. 変形菌は立体上で最短距離を形成できるのか／攻玉社中学校・高等学校 生物部
4. クロオオアリの飢餓状態における栄養共有／攻玉社中学校・高等学校 生物部
5. 都立林試の森公園における甲虫相の調査／攻玉社中学校・高等学校 生物部 甲虫班
6. 都立林試の森公園におけるチョウ相の調査／攻玉社中学校・高等学校 生物部 チョウ班
7. 皇居のお濠・千鳥ヶ淵の生態系2019／二松学舎大学附属高等学校
8. バイオチャー散布が植物体と土壌に与える影響／浅野中学・高等学校 生物部
9. 口内細菌と腸内細菌の関連性／安田学園中学・高等学校生物部
10. ミツバチが形成する「生きた鎖」の適応的な意義とは／安田学園中学・高等学校生物部
11. ミツバチの記憶・学習能力の発達要因／安田学園中学・高等学校生物部
12. 都市に生息する鱗翅目-翅の形状と鱗粉の微細構造から進化をたどる-／安田学園中学・高等学校生物部
13. ミツバチは人工甘味料を飲むのか／安田学園中学・高等学校生物部
14. クロマルハナバチの死体排除行動とその解発因／安田学園中学・高等学校生物部
15. 中綱湖周辺のヘビの個体数調査／獨協中学高等学校 生物部
16. ホタルの自然繁殖に適した自然環境の考察～獨協ビオトープのホタルを増やすには～  
／獨協中学高等学校 生物部
17. 地球温暖化がセミに与える影響／城北中学校・高等学校 生物部
18. アリが嫌うものについて／城北中学校・高等学校 生物部
19. オニプレートカゲの解剖および骨格標本の作製／城北中学校・高等学校 生物部
20. カビとの決闘／昭和女子大学附属昭和中学校
21. 野菜と果物の最適な保存方法を探る／昭和女子大学附属昭和中学校
22. ラジオ体操なんて時代遅れ！ストレッチで体を柔らかく／昭和女子大学附属昭和中学校
23. 多摩川の珪藻群集とその特徴／世田谷学園 生物部
24. マウスにおけるストレスと回し車運動の関係性／東京大学教育学部附属中等教育学校 生物部
25. 音楽がマウスの空間馴化に与える影響／東京大学教育学部附属中等教育学校 生物部
26. 学校教育用ビオトープの製法について／東京大学教育学部附属中等教育学校 生物部
27. ゴキブリの触覚の実験／東京大学教育学部附属中等教育学校 生物部
28. 闘魚ベタがフレアリングをする基準について／東京大学教育学部附属中等教育学校 生物部
29. 水中という環境がヤマトシロアリに及ぼす影響／東京大学教育学部附属中等教育学校 生物部
30. キンギョの鮮やかな赤の源 part2／東京農業大学第一高等学校中等部生物部
31. 都市部の小規模水域におけるアズマヒキガエルの繁殖行動と保全／東京農業大学第一高等学校中等部生物部
32. 豚の頭骨標本の作製／日出学園中学・高等学校 生物部
33. キノコ菌糸の培養実験／聖心女子学院中高等科 理科部生物班
34. 透明骨格標本の作製／聖心女子学院中高等科 理科部生物班
35. トレイルカメラでとらえた野生動物の姿／成蹊中学校 自然科学部
36. チョウがさなぎになる仕組み(2019年度)／成蹊中学校 自然科学部
37. 都市緑地2地点のカメムシ相の比較／武蔵高等学校中学校 生物部
38. 武蔵学園のアリ相調査報告／武蔵高等学校中学校 生物部
39. 校内におけるコケの調査／吉祥女子高等学校 生物クラブ
40. メダカの透明骨格標本の作成方法について／吉祥女子高等学校 生物クラブ

41. 火山地帯に生息するアリの生態／国分寺高校
42. ヘビの骨格標本作製方法の比較／芝学園生物部
43. 式根島合宿報告／芝学園生物部
44. 透明骨格標本の作製／芝学園生物部
45. 式根島における両生類の分布調査／芝学園生物部
46. 水元公園の魚類相／芝学園生物部
47. イモリ腹紋による個体識別／芝学園生物部
48. マウスは法則性を理解するのか／芝学園生物部
49. アルマジロに見られる体制の進化—関節の可動範囲に注目して—／学習院中等科生物部
50. 位相差顕微鏡を利用した試料の光学的特徴—様々なカビ類の菌糸展開から—／学習院中等科生物部
51. 三宅島での植生の回復／開成学園生物部

#### 【要旨集イラスト】

中央学院高等学校 生物部 大島夏葵

東京大学教育学部附属中等教育学校 生物部 尾関紫苑

東京大学教育学部附属中等教育学校 生物部 栗原唯

東京大学教育学部附属中等教育学校 生物部 陰能洸大

東京大学教育学部附属中等教育学校 生物部 森嘉一

創価中学校 生物部 江間 清香

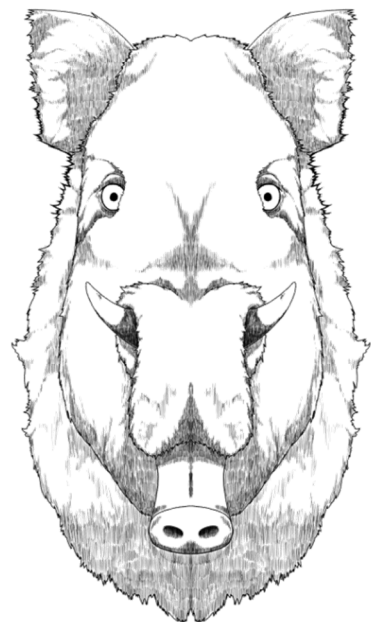
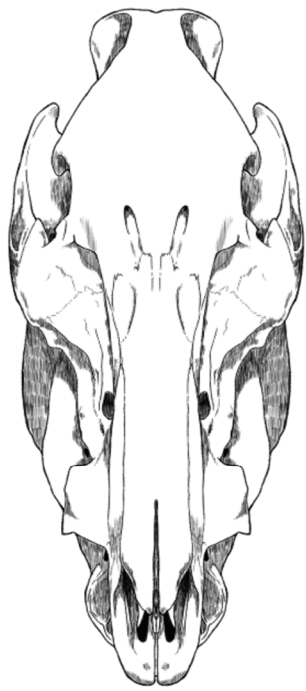


イラスト 安田学園高等学校 原帆七海さん

# 1 タバコの葉が他生物に与える生理作用の検討

東京都日本大学豊山女子高等学校サイエンス部

2年 岩澤咲樹 小宇都陽香 小島由梨乃 堀口みなみ 吉田桃子

## 1. 動機および目的

タバコが動物にとって有害であることは一般的に知られている。昨年度の研究で私たちは、タバコは植物に対して成長を促進する効果、菌の増殖を抑制する効果があることを知り、タバコが他の生物に与える影響をより深く検討することを考え、実験の1, 2を行った。

## 2. 方法

### ～実験1と実験2共通で使用するタバコの葉の抽出液の作成方法～

ニコチン、タールの濃度が高い順にSevenstars、Winston、PIANISSIMO（以下S、W、Pとする）の3種類のタバコの葉の部分だけを抽出し使用する。水100ml、200ml、300mlにタバコ2本分の葉を加え、10分間抽出して作成した。これを葉の抽出液とする。

### 実験1：タバコが植物の成長に与える影響

今回は、カイワレ大根と豆苗を使用した。植物の培養試験管に綿を入れ、カイワレダイコンの種5粒、豆苗の種3粒ずつまき、初日にタバコの各抽出液を1.0mlずつ与えた。その後、二日おきに0.2mlずつ与え、14日後それぞれの植物の茎の長さを測定した。

### 実験2：タバコが菌の生育に与える影響

作成した寒天培地が完全に固まった状態になっているか確認した後に納豆菌をまき、37°Cのインキュベーターで24時間培養した。その後納豆菌の生育状況を確認し、培養中に形成された阻止円の様子を観察した。

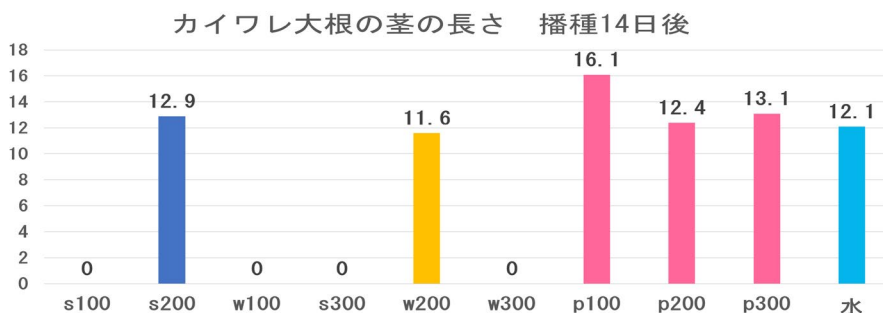
阻止円は、丸く切りぬいたスポンジの周囲に菌の増殖が確認されなかった、円の直径を測定した。

## 3. 結果と考察

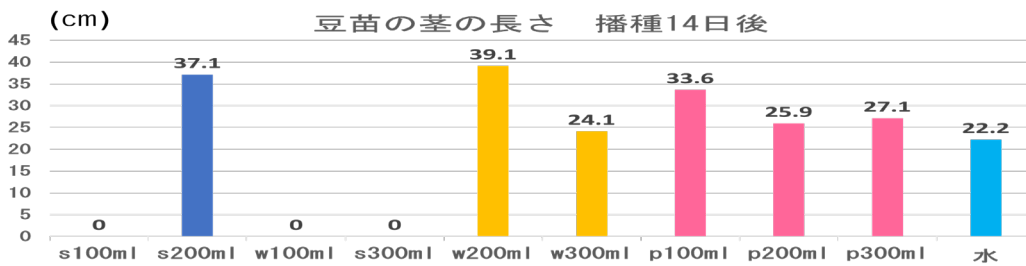
### 実験1：タバコが植物の成長に与える影響

(濃度は左から高い順)

(cm)

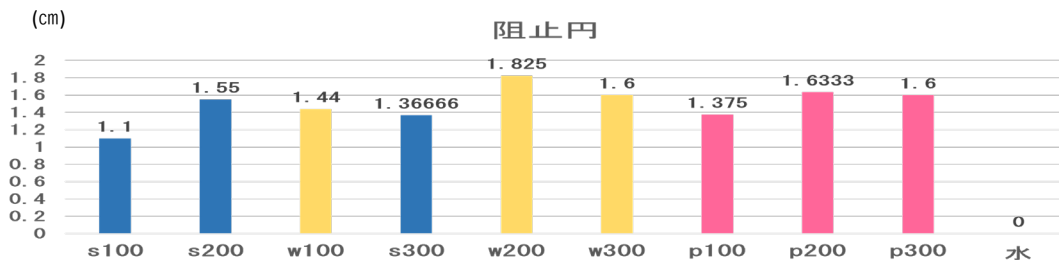






カイワレダイコン、豆苗共に発芽したものは水より成長していた。また、Pの発芽率が高かったことから、S、Wのようなニコチン・タールの濃度が高いものは植物には刺激が強すぎ、発芽を妨げる傾向があるのではないかと考えた。カイワレはS100mL、W100mL、S300mL、W300mL、豆苗はS100mL、W100mL、S300mLが発芽しなかった。これは、昨年度よりも生育させる期間が長くなったため、カビが生えたことが原因と考えられる。

## 実験2：タバコが菌の生育に与える影響



すべてのタバコの抽出液が抗菌作用を示したため、タバコには抗菌作用があるといえる。また、全体でみると比較的ニコチン・タールの濃度がS、W、Pの中で中間であるWの抗菌作用が強かったことから、Wはニコチン・タールの濃度が抗菌作用に適していたのではないかと考えられる。

## 4. 全体の課題と展望

実験1で、カイワレと豆苗の茎が試験管から飛び出てしまったので、試験管をより長いものに変える。また、手の消毒を厳重にするなど、衛生面により気を配りたい。

## 5. 参考文献

- 『タバコが植物に及ぼす影響についての研究』  
<https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H23ssh/sc3/31144.pdf>
- 『タバコ成分が与える植物生長についての研究』  
<http://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H25ssh/sc2/21346.pdf>
- 『タバコが植物に与える土耕栽培での伸長促進作用について』  
<http://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H25ssh/sc2/21347.pdf>
- 『タバコが植物に与える成長促進作用』  
<http://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H26ssh/sc2/21447.pdf>

## 2 ワカケホンセイインコの生態

恵泉女学園中学・高等学校

津田朔 清水仁美 松居瑠桜

### ① ワカケホンセイインコについて

インコ目インコ科、全長 37~40 cm の中型のインコ。全体が鮮やかな黄緑色をしている。原産地は東南アジア、インド、スリランカなど。日本では主に関東地方に分布している。果実、葉を中心とした植物食である。寿命は飼育実験下では 25 年、自然環境下では不明である。夜は集団ネグラをつくり、そこで眠る。繁殖期 (1~6 月) はペアで行動することが多くなり、特にメスは集団ネグラに帰らない。

### ② 背景

本種は 1960 年代のインコブームによって輸入され始め、日本では約 50 年前から記録されている。帰化鳥類研究会の調べでは、国内繁殖の記録もあるが事故・故意含めた逃がした記録も数多くあり、1990 年には 900 羽確認されている。初記録されて以降本種は東京周辺の住宅地でくらしているが (一部千葉・群馬に記録あり)、長年ネグラとして利用していた東京工業大学 (目黒区大岡山) は 2016 年以降確認できなくなった。理由はネグラ木の枝打ち・剪定だと思われる。

### ③ 目的

私達は 2016 年から本種の研究・調査をしている。2016 年の離散から場所が分からなくなっていた集団ネグラを見つけることで、本種の生態を解明し、外来種の環境への適応について知ることを目的としている。

### ④ これまでの成果

(2017 年度) 等々力緑地 (神奈川県川崎市) に当時、約 300 羽が利用していたネグラ木を発見

(2018 年度) 本学がある経堂・千歳船橋エリアから等々力緑地の集団ネグラまでのルートを発見  
→最終的なネグラ木までいくつもの樹林を経由していくことが分かった

### ⑤ 調査方法

本種が日没とともにネグラ木に集団で帰る習性を利用し、日の入り時刻の約 30 分前から情報をもとに目星をつけていたネグラ木周辺で目視及び録画記録器を使用して観察した。

### ⑤ 結果

#### (1) 等々力緑地

2017 年に発見してから、約 1600 羽まで個体数が増加

→(2019.1) 等々力緑地のネグラ消滅、ワカケホンセイインコが離散

→(2019.7) ワカケホンセイインコが戻ってきて、集団ネグラが再度つくられる

→(2019.12.1) ネグラが再度消滅

(2) 世田谷区粕谷2丁目の竹林（世田谷区指定「粕谷の竹林」）

本校に来ている個体がこの公園の方角に飛んでいくところを観察し集団ネグラを発見した  
(2019.6) 約 1400 羽を確認…ムクドリとネグラ木を共有

→(2019.7) ムクドリの数が激増

ワカケホンセイインコが共有していたネグラ木を追われる

→(2019.9) ワカケホンセイインコがネグラ木に戻ってくる

ムクドリとの共生が再開

→(2019.12.23) ワカケホンセイインコが蘆花恒春園内の木に移動

数羽は竹林内に残るが、約 400 羽が公園内の木に集団ネグラを構える

ムクドリは竹林内をネグラとしており、約 1325 羽が生息している

⇒ ワカケホンセイインコは羽数が減ったため、他のネグラ木に移った個体がいる

(3)尾山台

(2019.7) 帰化鳥類研究会からの情報をもとに、集団ネグラを尾山台に発見した  
約 1100 羽を確認

→(2020.1) 現在、約 500 羽の個体が生息している

<公益財団法人日本鳥類保護連盟、帰化鳥類研究会の調査データを参考にしました>

⑥ 考察

結果より以下のことが考えられる

- ・2019年1月に、2017年度に発見してから約1600羽まで増加していた等々力緑地の集団ネグラが消滅した。理由は以下のいくつかのことが推測される。
- ・ネグラ木脇に照明付きのテニスコートがあり夜間も水銀灯が点灯していることが多い。
- ・緑地内に新設の野球場が建設中で、工事にともなう騒音や振動が多い。
- ・カラスやオオタカなどの猛禽類が頻繁にネグラ周辺にあらわれる。
- ・個体数の増加にともなう集団ネグラのキャパシティオーバー。
- ・落葉樹をネグラ木にしているため、冬季になると姿がはっきりと見えてしまう。
- ・等々力緑地の集団ネグラ消滅後、そこにいた個体が分散し、世田谷区「粕谷の竹林」と尾山台の集団ネグラを形成した。
- ・世田谷区粕谷の集団ネグラにおいて本種がムクドリと共生していることは、本種が日本の環境により適応してきた結果である。
- ・世田谷区「粕谷の竹林」の集団ネグラの個体数が減少した時期に、尾山台の集団ネグラの個体数が増加した。世田谷区「粕谷の竹林」の個体が増加したのにもなって、尾山台の集団ネグラの個体数は減少した。このことから、世田谷区粕谷の集団ネグラと尾山台の集団ネグラの間で、個体が行きかい個体数のバランスがとられている。
- ・再度、粕谷の竹林に集団ネグラができたとき、約1400羽から400羽に個体が減少していた。他団体の調査によって新しくいくつかの集団ネグラが発見されたことから、減少した約1000羽の個体は分散して生息している。

《以上のことから、今年度は個体数の増加に伴い、大きくまとまっていた集団ネグラが分散した。この背景には本種の日本の環境への適応がある。》

### 3 イモリとサンショウウオの行動分析

早稲田大学高等学院中学部

3年 赤穂和弘

#### 目的

アカハライモリとオオイタサンショウウオの行動場所と行動時間を調査し、それらを明らかにする。

#### 実験環境

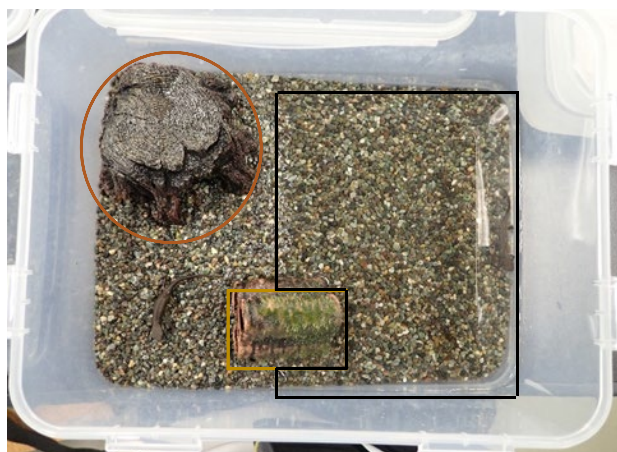
16.5℃に設定した低温インキュベーター内に同じ環境にした2つのプラケースを用意し、1つにアカハライモリを2匹入れ、もう1つにオオイタサンショウウオを2匹入れて飼育する(写真1)。餌は週に2回程度解凍した冷凍アカムシを与える。水槽内の水は汲み置きをした水道水を使用する。

#### 実験方法

カメラをそれぞれのプラケースから約20cm離れたところに1台ずつ設置し、午前11:30頃から8月5・14・20・23日は1時間撮影し、8月25日は40分間撮影する。

カメラはオリンパス製のデジタルカメラ Tough TG-5を2台使用し、iオートモードで撮影した。

その後、2種がプラケースの中のどこで、どのような行動をしていたかを解析する。また、左上にある流木付近を流木、真ん中にある土管付近を土管、右半分の水たまりを水たまりと呼ぶ(写真1)。



- の範囲…流木
- の範囲…土管
- の範囲…水たまり
- それら以外…陸

写真1: 居場所の名称

#### 実験結果

表1: アカハライモリの行動場所と時間

行動場所		行動時間(分)	割合(%)
陸上	流木の上	104	18.6
	流木の中	1	0.2
	陸	318	56.8
	土管の上	51	9.1
水中	土管の中	0	0
	水たまり	86	15.3
	合計	560	100

表2: オオイタサンショウウオの行動場所と行動時間

行動場所		行動時間(分)	割合(%)
陸上	流木の上	97	17.3
	流木の中	117	20.9
	陸	251	44.8
	土管の上	18	3.2
水中	土管の中	0	0
	水たまり	77	13.8
合計	560	100	

図1: アカハライモリの行動場所と行動時間

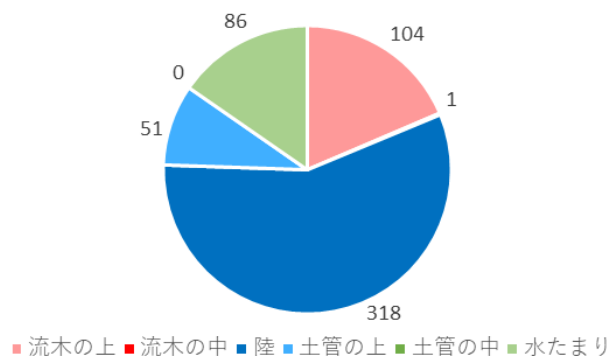
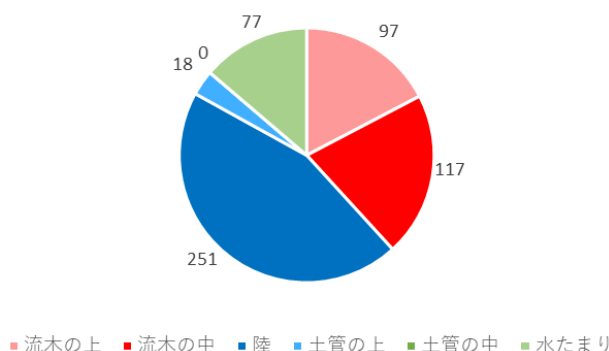


図2: オオイタサンショウウオの行動場所と行動時間





アカハライモリは、陸と土管の上に長い時間おり、オオイタサンショウウオは、流木の中に長い時間いる。2種とも陸にいる時間が1番長く、土管の中には1度も中に入っていない。

また、アカハライモリは基本的に動き回っており、一度移動しても1~2分間程度で再度移動した。それに対してオオイタサンショウウオは一度移動したら10分間以上も動かないことが多くあった。

### 考察

アカハライモリが陸と土管の上に長い時間いたことについては、2匹いるうちの1匹が通常のアカハライモリとは違う、水をはじく皮膚(写真2,3)を持っており、水たまりにほとんど入らなかったことが原因の1つだと考えられる。

オオイタサンショウウオが流木の中に長い時間いたことについては、オオイタサンショウウオが野生では倒木の中などに潜んでいる習性が実験で現れたと考えられる。

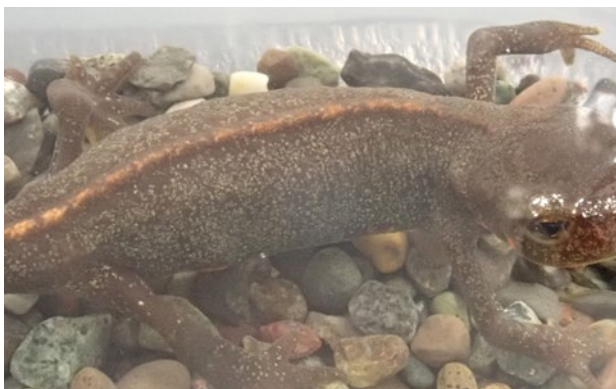


写真2: 通常のアカハライモリの皮膚



写真3: 水をはじく皮膚

## 生物の紹介

### アカハライモリ

国内の池や水田などの止水域に広く分布する。成体の全長は70~140mm。背面は黒色または暗褐色で、腹面は赤色やオレンジ色の不規則な形状の斑紋や模様がある。昆虫やミミズ、魚卵などを食べる。また再生能力が高く、足や尻尾は切れても再生する<sup>1,2,3</sup>。



写真4: アカハライモリ (飼育個体)

### オオイタサンショウウオ

大分県、熊本県、宮崎県の雑木林や池などの周辺部に多く分布する。成体の全長は100~165mm。体色は緑褐色または黒褐色で、暗色の斑点が入る個体もいる。日中は倒木や岩の下に潜み、夜になると地上を徘徊し、小型の昆虫などを食べる。またアカハライモリと同様に再生能力が高く、足や尻尾は切れても再生する<sup>1,2</sup>。



写真5: オオイタサンショウウオ (飼育個体)

### 参考文献

- 1 高田榮一 大谷勉(2015)『原色爬虫類・両生類検索図鑑』 北隆館
- 2 関慎太郎 松井正文(2018)『野外観察のための日本産両生類図鑑第2版』 緑書房
- 3 松橋利光 奥山風太郎(2015)『山溪ハンディ図鑑9 日本のカエル増補改訂』 山と溪谷社

## 4 バイオチャー散布における植物の成長と土壌の変化

浅野中学・高等学校 生物部

渡邊理人

### 1.背景

浅野生物部では森林を開拓し畑を作っているものの、収穫された作物の質が悪いため、良い作物を収穫したいと考えていた。さらに、SDGsに代表されるような世界的に深刻な問題に対して強い関心を持っており、その問題への足掛かりとしてできる研究と融合できないかと考え、研究を始めた。

### 2.バイオチャーとは

バイオチャーとは、木材等を嫌気的条件下で炭化させたものであり、土壌に散布することで炭素隔離、土壌改良に寄与することが期待されている。

### 3.目的

本研究の目的は、森林土壌におけるバイオチャーの効果（主に土壌改良、成長促進効果）を実証し、森林の保全や地球温暖化への貢献につなげることである。また、植物の成長自体に焦点を当てた研究は少なく、さらに森林土壌を用いた研究は例がないため、本研究は意義のあるものであると考えられる。

### 4.研究概要

#### (1) 測定手法、測定項目

2019年6月に1m<sup>2</sup>の区画を9つ用意し、バイオチャーを散布しない0t/haの区画、バイオチャーを0.5kg散布する5t/haの区画、1.0kg散布する10t/haの区画を各3区画ずつ用意した。

対象とする植物は草本のエノコログサで、測定項目は、種子の発芽数、成長速度、8月と10月の植物体の長さ、乾燥重量、そして土壌呼吸量とした。

#### (2) 結果

##### ① 発芽数：全個体を測定

10t区では、発芽数が0t、5t区と比較して2倍近くに増えている(図1)。よって、バイオチャーは植物体の発芽を促進することができると考えられた。

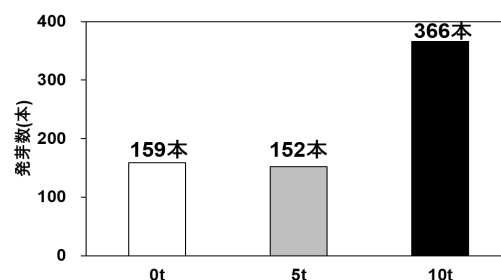


図1 発芽数の比較

##### ② 成長速度、最終樹高：各20個体ずつ測定

8月中旬までに、10t区では成長が最も促進され、成長速度が最大であった(図2)。また、9月の最終樹高は、バイオチャー散布区(5t,10t区)で樹高が高くなっている。よって、バイオチャーには成長促進効果があるといえる。

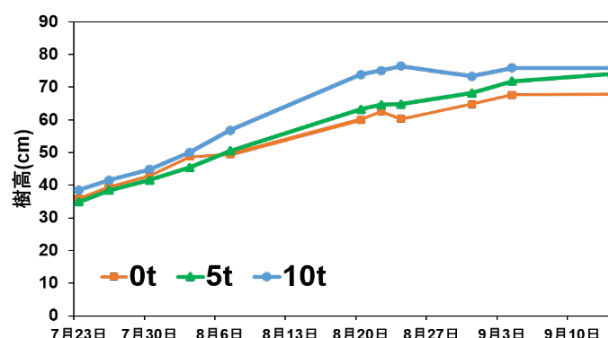


図2 樹高の成長速度の比較

### ③樹高と重量の関係 (8月中旬) : 各3個体ずつ測定

バイオチャー散布区では、茎の樹高、重量はともに増加していた(図3)。よって、バイオチャー散布は茎の樹高、重量に影響を与えたと考えられた。また、図4の0t区に注目すると、根の長さは増加しているが、重量は減少していた(図4)。これは栄養分を獲得するために重量ではなく長さに栄養を分配したと考えられる。バイオチャー散布区では異なった結果が得られたことから、バイオチャーは土壌の栄養分を増加させ、植物体の重量を増加させる働きがあると考えられる。

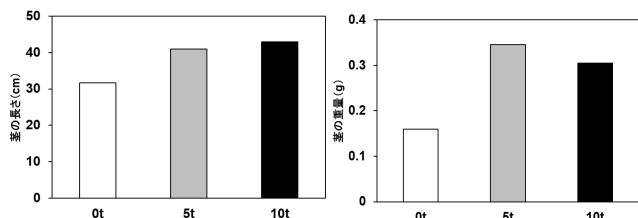


図3 茎の長さ(左)と重量(右)の比較

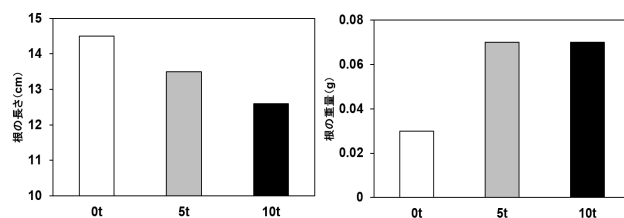


図4 根の長さ(左)と重量(右)の比較

### ④最終収量(10月下旬) : 各20個体ずつ測定(樹高を毎回測定していた個体)

〈0t区と5t区の比較 : 発芽量がほぼ等しい〉

5t区では茎・根の長さ重量の両方が増加している(図5)。これは5t区ではバイオチャー散布による栄養分の供給によって、各器官の長さ重量が増加したと考えられる。

〈0t区と10t区の比較 : 発芽量が約2倍異なる〉

10t区では各器官の長さは増加しているが、重量は0t区とほとんど変わらなかった(図6)。これは10t区の発芽数が0t区と比べて2倍以上存在することから、栄養分が分散し、重量は減少したためと考えられた。また、発芽数が多いため光量獲得における競争率が高い10t区では、茎を伸ばすことに栄養を分配し、少しでも光量を獲得する戦略を選択したと考えられた。

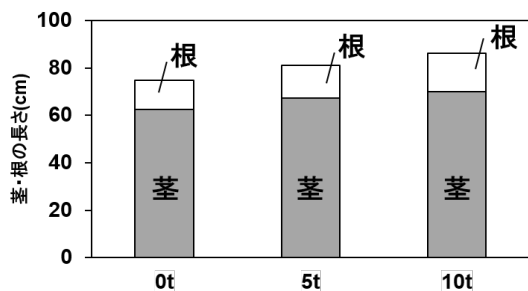


図5 茎・根の長さの比較

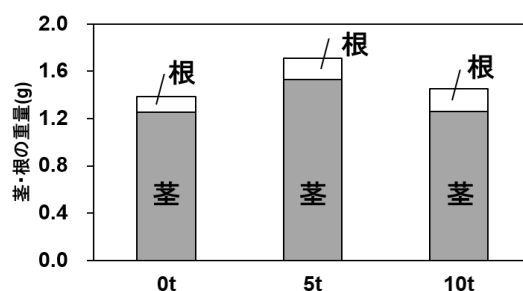


図6 茎・根の重量の比較

### ⑤ 土壌呼吸量

土壌呼吸量とは土壌中から放出されるCO<sub>2</sub>量である。CO<sub>2</sub>濃度の変化を測定し、CO<sub>2</sub>放出量に変換したものを比較したところ5t,10t区の土壌呼吸量が多くなった(図7)。これは植物体の増加、根の重量の増加に伴う根呼吸量の増加と、バイオチャーに微生物が住み着き、微生物呼吸量も増加したことが考えられた。

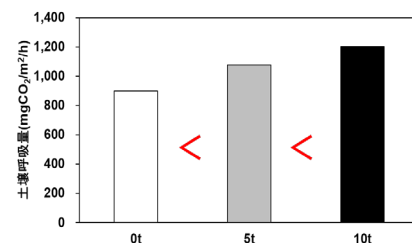


図7 土壌呼吸量の比較

## 5.結論

バイオチャーは森林土壌においても植物体の成長を促進する効果を持つことが明らかになり、栄養分の供給、微生物の増加が見られたことから土壌改良効果を持つことも分かった。

## 5 クロマルハナバチの倍数化 – 二倍体雄の例外的な妊性をもたらす適応的意義 –

安田学園中学高等学校 生物部

森凜太郎(高3) 小林達(高3) 吉田昭音(高2)

### I. 研究背景

真社会性ハチ目昆虫の性は相補的性決定 (complementary sex determination; CSD) で決まり、性決定遺伝子の組み合わせが1種類だと未受精卵から雄が、2種類だと受精卵から雌が産まれる。しかし、個体群の縮小によって近親交配が生じると受精卵の性決定遺伝子が意図せずにホモ接合 (1種類) となり、雄が産まれる。この受精卵由来の雄は二倍体雄と呼ばれ、多くのハチ目で不妊であることから個体群の成長に悪影響を与える欠陥と考えられてきた。しかし、マルハナバチの二倍体雄は不完全減数分裂によって  $2n$  の精子を作り、例外的に妊性を持つ (Ayabe *et al.*, 2004)。そこで我々は、二倍体雄の特殊な妊性が次世代のコロニー創設と正常な単数体雄の生産を介して女王蜂の繁殖を維持する適応ではないかという新たな仮説を立て、その検証を試みた。

### II. 研究方法

実験には、室内飼育技術が確立している在来種クロマルハナバチ (*Bombus ignitus*) を用いた。近親交配を繰り返し、二倍体雄を作出した。その後、二倍体雄と新女王蜂を交配し、次世代のコロニーを創設した。倍数性の特定は、核型分析と *microsatellite genotyping* で行った。また、二倍体雄と交尾した創設女王蜂の適応度を評価するために、コロニーから生産された単数体雄の個体数を数えた。さらに、倍数体雄の生殖能力を評価するために、総精子数と精子頭部の大きさを測定した。

### III. 結果

近親交配の結果、二倍体雄と交尾した女王蜂は三倍体雌雄を生産するコロニーを創設した。倍数体の核相は単数体雄が  $n=18$ 、二倍体雌雄が  $2n=36$ 、三倍体雌雄が  $3n=54$  であった。*microsatellite genotyping* は成虫の倍数性を明らかにし、三倍体コロニーから女王蜂由来の単数体雄の生産が確認された。また、コロニー内の三倍体雌 (働き蜂) は正常な利他行動を示し、単数体雄 (弟) の生産に寄与していた。三倍体雄は肥大化した精子を生産し、生殖能力を有している可能性を示した。

### IV. 考察

これらの結果は、二倍体雄の例外的な妊性が単数体雄の生産を可能にし、近親交配の悪影響を軽減する繁殖適応に重要な役割を果たしているという我々の仮説を支持していた。この知見は、相補的性決定を有する真社会性昆虫の進化生態学に新たな洞察をもたらすだろう。加えて、三倍体雄が大型の精子を生産していた事実はハチ目昆虫において四倍体が作出できる可能性を示唆し、四倍体雌雄がどのような配偶子形成を行うのか、大変興味深い課題を提供している。

### V. 引用文献

Ayabe T., Hoshiba H. and Ono M. 2004. Cytological evidence for triploid males and females in the bumblebee, *Bombus terrestris*. *Chromosome Research* 12: 215-223.



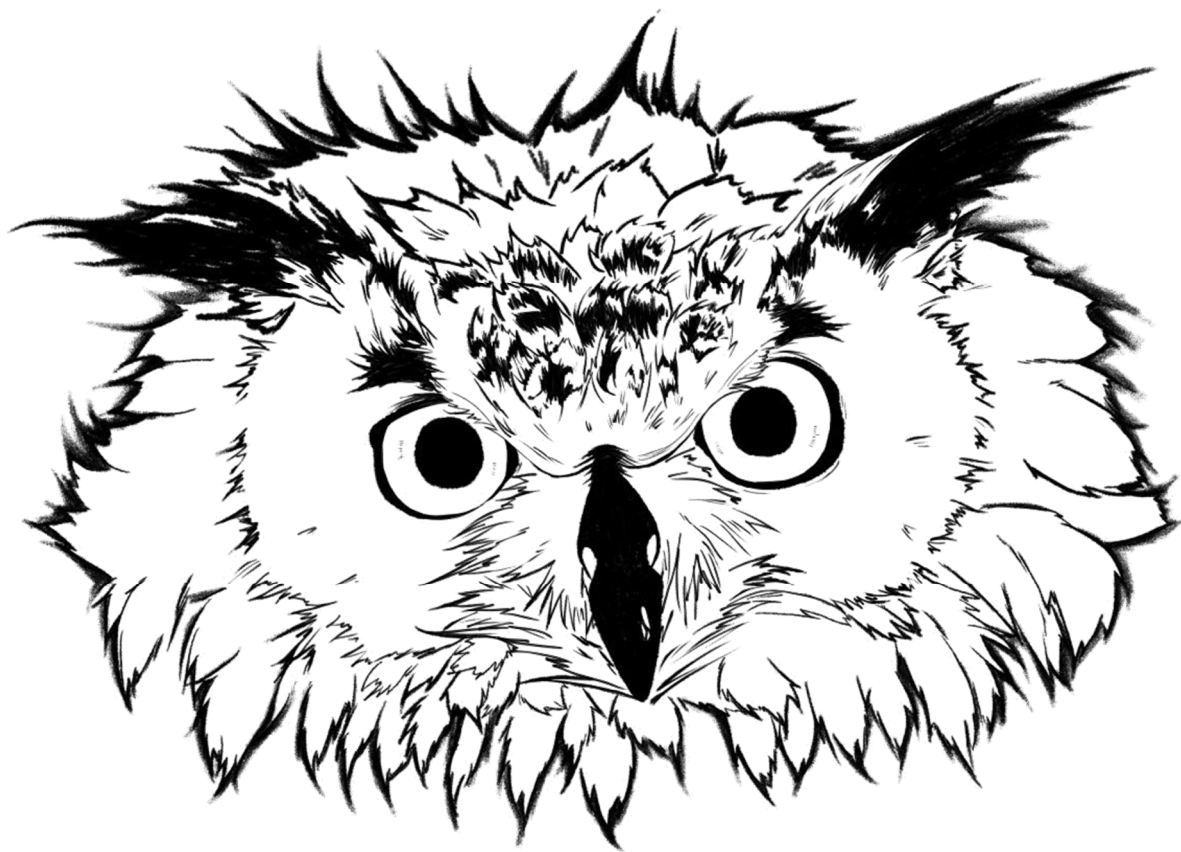


イラスト 安田学園高等学校 原帆七海さん

## 6 ヒキガエルの体色変化3

鷗友学園女子中学校 理科班

中3 小飼紗貴子

### 【動機】

現在飼育中のニホンヒキガエルについて、体色が日によって違うと感じた。そこでヒキガエルの体色変化について調べたが、擬態の詳細は知られていなかった。去年は、実際に体色変化があること、明るさなどの要因が関係する可能性があることを示した。

### 【目的】

- ・体色変化と周囲の明るさの関係について調べた。

### 【方法】

- ・カエルの周囲の明るさを白・黒2つの箱を用いて変化させ、カエルの体色変化をカメラで記録した。
- ・操作1：カエルに黒い箱をかぶせ、10分後箱を取り除き、写真撮影（このときのデータを「黒1」とする）した。すぐに白い箱をかぶせ10分後箱を取り除き、さらに写真撮影（同「白2」）した。
- ・操作2：別の日に白い箱（同「白1」）、黒い箱（同「黒2」）の順にデータを取った。
- ・一日あたり一種類の操作を行い、それぞれの操作を4回ずつ繰り返した（8日間実験を行った）。
- ・撮影の際、体色との関係を調べるため、瞳孔の大きさを記録した。
- ・気温・湿度については取り出した直後の水槽内と撮影場所の両方を記録した。
- ・Photoshop・ImageJで画像処理を行い、体色の輝度・RGB値を測定した。  
（輝度：単位面積あたりの明るさ。数値が高いほど明るい。  
RGB値：光の三原色についての明るさを0～255の数値で表したもの。）
- ・Excelでの統計処理によって、体色（輝度）の変化に有意差があるかを危険率1%で検定した。

### 【結果】

- ・操作1では、黒い箱をかぶせたときの輝度に比べて白い箱をかぶせたあとの輝度のほうが有意に高かった。つまり、暗いところから明るいところへ移動させると、体色は暗い色から明るい色に変わった。
- ・操作2では、白い箱をかぶせたときの輝度に比べて黒い箱をかぶせたあとの輝度の方が高い傾向にあったが有意差はなかった。つまり、明るいところから暗いところへ移動させても、10分間で色の変化は認められなかった。
- ・瞳孔については、操作1・操作2とも、白い箱をかぶせたあとのほうが黒い箱をかぶせたときよりも縮瞳していた。
- ・散瞳している場合には、縮瞳している場合に比べて、有意に体色（輝度）が暗かった。

- ・輝度はRGB値のうち、赤（R）・緑（G）によく相関（それぞれ相関係数0.963, 0.992）したが、青（B）に強い相関は認められなかった。
- ・気温・湿度はそれぞれの操作で有意差は認められなかった。

### 【考察】

操作1によって周囲を明るくすると体色も明るくなることが示された。一方、操作2では、周囲を暗くしたにも関わらず体色が暗くはならなかった。今回、操作1操作2とも、10分間で体色変化の有無を評価したが、体色が暗くなるには長い時間を必要とするのかもしれない。実際、操作1の実験後、暗い水槽に戻して翌日には体色が暗くなっていた。

今回、体色については輝度を指標としたが、輝度は、RGB値のうちRとGによく相関したため、黄色の濃さが変化したと言える。目視でも、そのことが確認された。

ヒトの場合、危険が迫ると自律神経のうち交感神経の働きが活発となり、瞳孔が散大する。ヒキガエルでは、急に明るいところに移動させると、体色が明るくなるとともに動きが止まり、警戒の姿勢をとる。これは交感神経の働きによるものだと考えられるが、今回の実験では、体色が明るくなるにも関わらず縮瞳したため、交感神経の働きで両方を説明することは難しいかもしれない。

## 7 千葉県我孫子市岡発戸周辺の谷津に生息する昆虫類調査～チョウ類編～

中央学院高等学校 生物部  
藤田太一(2年) 大島夏葵(2年)

### 〈はじめに〉

私たち中央学院高等学校生物部昆虫班では谷津に生息する昆虫類の調査を2003年から継続し実施してきた。2003年の調査結果は翌2004年に「我孫子市岡発戸の谷津に生息する昆虫類調査報告書」として我孫子市より発行された。

### 〈谷津について〉

谷津は約6000年前までは海に囲まれており、時がたつにつれて次第に陸地になった。それ以降海による陸地の浸食はなくなり、丘陵地などの台地部分と低地が接する部分で雨水などの流水で台地が侵食され、奥の深いなだらかな谷が形成された下総台地の特徴的な地形のことである。谷津には森林や草地、水田をはじめとする非常に複雑で多様な環境が維持されているため、様々な種類の生物が生息しており、谷津では豊富な数の昆虫を確認することができる。

### 〈研究内容〉

今回の研究では調査が開始された2003年のデータと昨年(2019年)のデータとを比較し、考察を行った。昨年の採集に使用したものは、捕虫網、三角紙、三角管である。谷津内を歩きながら、ルッキング法(飛翔している固体や木に擬態している個体を目で見つけて採集する方法)で採集を行った。その個体を同定し種のリストを作成し、2003年の調査報告書のデータと比較を行い種類数の増減に関する考察を行った。

### 〈調査結果〉

今回の調査では調査報告書に記載のある41種類(表1)のうち18種(表2)が確認できなかった。しかし、2003年のデータには記載のない種を新たに6種類確認することができた(表3)。しかし昨年の調査で確認された総種類数は新たに確認された6種を合計しても2003年の種類数である41種類には及ばなかった(グラフ1)。このことから谷津に生息しているチョウ類の種類数は2003年からの16年間、環境の変化などが起こり、種類数が減少しているのではないかと考えられる。また増加した種は外来種のアカボシゴマダラや北上してきた種などの新たに生息範囲を拡大しているチョウ類であり、谷津内に定着している可能性もあると考えられる。

### 〈今後の展望〉

これからも調査を継続し種の増減に関するデータを記録していくことや、今回の調査で確認できた2003年の報告書に記載のなかった6種に関しては繁殖しているかなど定着状況の確認が必要のため引き続き調査を行っていきたい。

ダイミョウセセリ	キチョウ	ウラギンシジミ	サトキマダラヒカゲ
ギンイチモンジセセリ	スジグロシロチョウ	テングチョウ	ヒメウラナミジャノメ
ミヤマチャバネセセリ	モンシロチョウ	アサギマダラ	ヒメジャノメ
キマダラセセリ	ミズイロオナガシジミ	ヒメアカタテハ	ヤマトシジミ
コチャバネセセリ	ルリシジミ	ルリタテハ	モンキチョウ
ジャコウアゲハ	ツバメシジミ	コムスジ	コジャノメ
アオスジアゲハ	オオミドリシジミ	キタテハ	ゴイシシジミ
カラスアゲハ	アカシジミ	アカタテハ	ツマキチョウ
キアゲハ	ベニシジミ	ゴマダラチョウ	ヒカゲチョウ
ナミアゲハ	ムラサキシジミ	クロヒカゲ	ミドリシジミ
クロアゲハ			

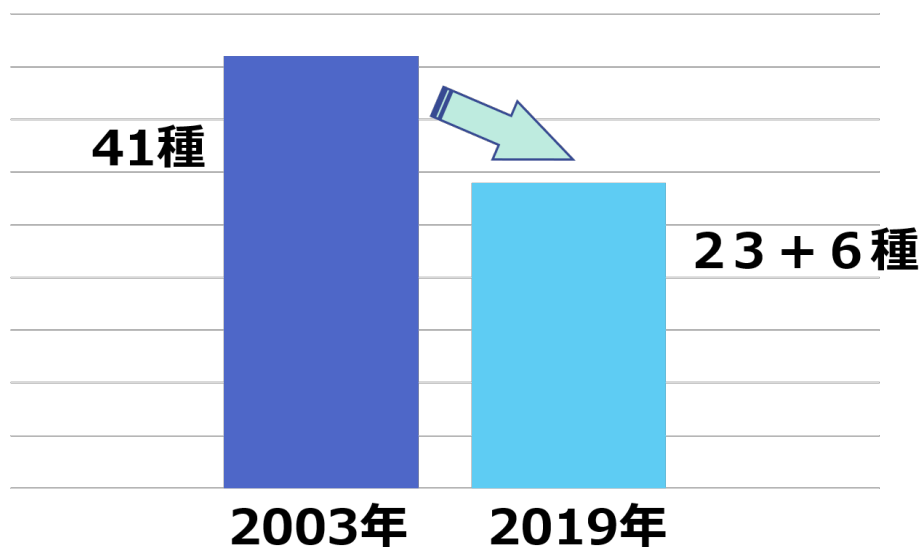
(表1) 2003年の調査記録に記載のある41種

ギンイチモンジセセリ	アカシジミ	カラスアゲハ	アカタテハ
ミヤマチャバネセセリ	ミドリシジミ	スジグロシロチョウ	ゴマダラチョウ
チャバネセセリ	ゴイシシジミ	ミズイロオナガシジミ	クロヒカゲ
キマダラセセリ	テングチョウ	オオミドリシジミ	ヒカゲチョウ
ジャコウアゲハ	アサギマダラ		

(表2) 2019年に確認できなかった18種

アカボシゴマダラ	ムラサキツバメ
イチモンジチョウ	クロコノマチョウ
ツマグロヒョウモン	ナガサキアゲハ

(表3) 2019年に採取された報告書に記載のない6種



(グラフ1) 2003年と2019年の種類数の比較



## 8 珪藻が教えてくれる水環境～水環境啓発に向けた基礎研究～

世田谷学園生物部

大石健人 明田川賢生 宇田津朗 山本慧

### 1.はじめに

2015 年国連会議にて「持続可能な開発目標(SDGs)」が採択されことから世界的に環境問題への関心が高いことが言える。1970 年代以降、高度経済成長を成し遂げた日本では多くの河川で汚濁が見られ、多摩川も例外ではなかった。

多摩川の珪藻を用いた河川環境に関する先行研究は数多くある(例えば小島,1950 平山他,1981 里見他,2018)。特に Kobayashi&Mayama(1989)では、珪藻は河川環境管理としての生物指標として有用であり、BOD との強い相関関係を示すことが報告されている。しかし、示相性の高い珪藻ではあるが、河川環境解釈として十分に活用されてきていないことが言える。そこで本研究では 2019 年の多摩川を珪藻を用いて BOD と汚れの種類を考察してみると同時に、その原因について追及することを目的とする。さらに、本研究の活用として赤潮の啓発活動に向けた基礎研究になり得るかどうかの検討を行った。

### 2.調査方法と結果

東京湾流域内を流れる多摩川において全 9 箇所ポイントを設定し(図 1)、珪藻を採集し、観察を行った。

結果として 52 属 167 種 10,280 個体を観察できた。珪藻群集からは BOD と汚れの種類を予測(図 2)したところ、群集が酷似している地点では水環境も酷似していることがわかった。珪藻調査により、多摩川は全体的に綺麗ではあるが汚染も残っているということがわかった。

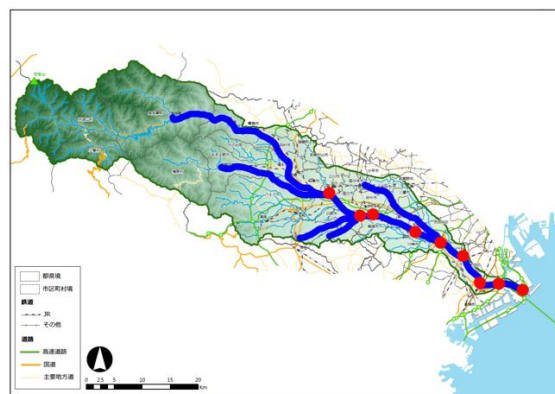


図1:珪藻採集地点

地点	秋川 N=1,129	浅川 N=1,142	大栗川 N=1,488	和泉多摩川 N=1,308	野川 N=1,899	調布取水堰 N=878	第一京浜 N=1,164	京急高架下 N=938	河口 N=332
珪藻群衆									
種類数	55	74	74	80	106	46	83	69	63
予想 BOD [mg/L]	0.5~2.0	2.0~4.0	0.5~2.0	2.0~4.0	2.0~4.0	2.0~4.0	0.5~2.0	0.5~2.0	0.5~2.0
汚れの種類	清水 アルカリ性 ニジマスの存在	富栄養 油汚染	富栄養 油汚染	富栄養 油汚染 有機汚濁	富栄養 油汚染	清水 中性 富栄養 アルカリ性	薄い汽水 感潮域 油汚染	薄い汽水 感潮域 油汚染	清水 汽水 中性

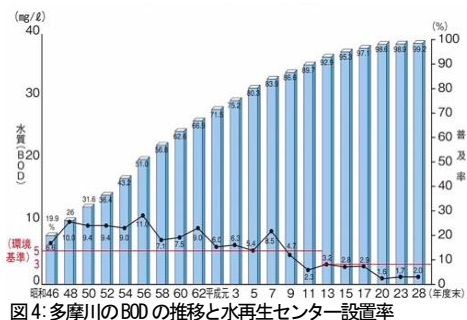
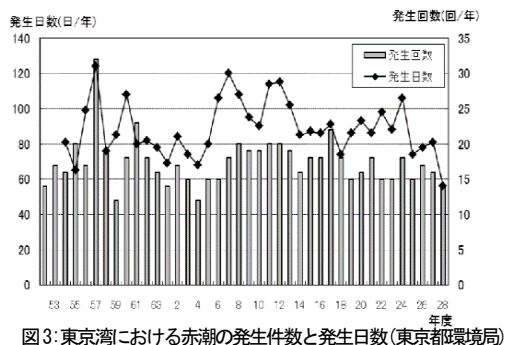
図2:予想 BOD は Kobayashi&Mayama (1989) を、汚れの種類は南雲他 (2018) と滋賀県立琵琶湖博物館珪藻 web 図鑑を用いた (<https://www.biawahaku.jp/research/data/at/1as/>)

### 3.考察まとめ

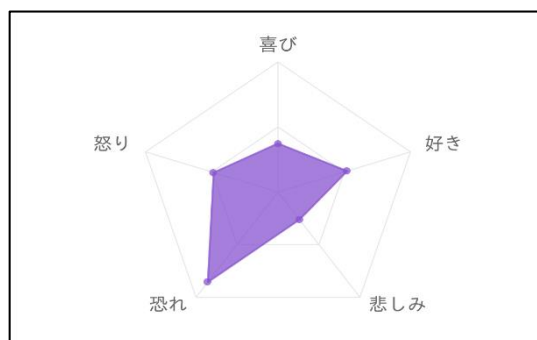
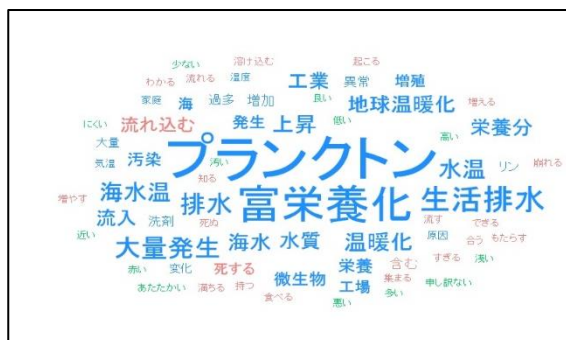
- 浅川～調布取水堰までは水環境が酷似している
- 全体的に弱アルカリ性で、部分的に油汚染がある
- 汚れの原因は生活排水、工場排水によるものであると考えた。

#### 4.本研究の活用

河川の先にある海での環境問題の一つに赤潮が挙げられる。河川のBODと赤潮の発生件数には相関関係が見られる。しかし河川のBODがいくら下がっても一定数以上は発生していることがわかる(図3,図4)。



この事実が一般化されていることなのか疑問を感じた私たちは不特定多数にアンケート調査を行った。赤潮の原因に関する質問において原因を示す単語として排水、生活排水、工場、工業等の公害に偏った記述が目立っていることから公害としての認識が強いことがわかった(図5)。赤潮のイメージについての質問の回答に対して感情分析を行ったところ「恐れ」がもっとも強い感情であるとわかった(図6)。



以上の結果より「赤潮の正しい認識を目指した啓発活動は安心した生活につながる」と考え啓発活動を目指すことにした。現在取り組んでいる基礎研究は以下の3点である。

- 都市河川の水質調査→次回は荒川を予定
- 東京湾の模型の製作→海流を意識した水流実験を予定
- 赤潮珪藻の分析→珪藻の群集により色と匂いに変化することを確認

#### 5. 参考文献

Kobayasi & Mayama(1989)Evaluation of Water Quality by Diatoms, The Korean Journal of Phycology,4,121-133  
 平山他(1981)多摩川の付着珪藻類植生による水質の調査研究 日本水処理生物学会誌 172 5-15  
 小林他(2006)小林弘珪藻図鑑 第一巻  
 里見他(2018)多摩川における過去と現在の珪藻から示される水質の変化：珪藻を教材として河川環境の変化と人間活動の関係を学ぶ授業プログラムに向けて,東京学芸大学紀要 自然科学系 70 31-53.  
 南雲他(2018)珪藻観察図鑑,誠文堂新光社  
 島田他(2016)これから「赤潮」の話をしよう, 東京海洋大学浮遊生物学研究室  
 東京都環境局 HP [https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/water/tokyo\\_bay/red\\_tide/red\\_tide.html](https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/water/tokyo_bay/red_tide/red_tide.html)

## 9 植物種子の他種認識と発芽競争

東京大学教育学部附属中等教育学校生物部

丸田環

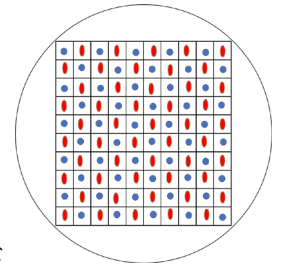
### 【目的】

オオバコ種子 (*Piantago asiatica*) は、シロツメクサ種子 (*Trifolium repens*) が近くにある場合発芽が早まることが知られていた (参考文献1)。

しかし、他種を認識し発芽を早める生存戦略は、優先して多くの光を吸収できるため、植物にとって合理的な戦略である。そのため、本現象はオオバコ種子に特異的ではなく広く他種にも見られるのではないかと考えた。そこで、先行研究で発芽促進現象が確認されているオオバコ種子に加え、どのような情報を介し他の植物種子の存在を認識しているのかも不明であったので、調べることにした。

### 【方法】

シャーレ上に寒天培地を作り一辺 0.5 cm の正方のマス 100 区画に分けマスの中心に各種子を置き、他種の種子を並べるときは右図のように交互に置いた。設定 28°C のインキュベーターにシャーレを入れ、オオバコは光発芽種子であるため蛍光灯を常時当て続けた。24 時間ごとに各シャーレを写真撮影し、発芽している種子数をカウントした。種子の並べ方の組合せパターンや条件を変え、以下の実験を行った。(オオバコの生育環境は参考文献2を参考にした。)



(1) 種子の組合せパターンを「オオバコ種子のみ」「シロツメクサ種子のみ」「オオバコ種子とシロツメクサ種子」とし、各種子の発芽率を比べた。

(2) (1) の結果は同じ種類の種子密度の差が影響している可能性があるため種子の数を 50 個、100 個とし密度を変化させ、それらの発芽率を比べる実験を行った。

(3) 種子から何らかの物質が出ておりそれを他種子が認識しこの現象が起きている、という仮説を立証するため、種子を 10 日間浸けた水を抽出液とし、「オオバコ抽出液+シロツメクサ種子」「シロツメクサ種子のみ」、「シロツメクサ抽出液+オオバコ種子」「オオバコ種子のみ」の条件で実験を行った。

(4) 種固有の種子付着の微生物によって他種子の認識がされている可能性を考え、エタノールに浸した種子を用いて滅菌操作下で実験を行った。条件は、エタノール漬けた種子と漬けていない種子のペア、漬けた種子のみ、漬けていない種子のみで、それぞれを比較した。

### 【結果】

(1) : オオバコ種子の発芽率は、3 日目以降、オオバコ種子のみよりシロツメクサ種子と共に発芽させた方が有意に発芽率が上昇した (図1)。シロツメクサ種子の発芽率は、3 日目以降、シロツメクサ種子のみよりオオバコ種子と共に発芽させた方が有意に発芽率が上昇した (図2)。オオバコ種子だけでなくシロツメクサ種子でも発芽促進が確認された。

(2) : 「オオバコ種子 100 個」と「オオバコ種子 50 個」の発芽率の差は見られなかった。「シロツメクサ種子 100 個」と「シロツメクサ種子 50 個」との発芽率では「シロツメクサ種子 100 個」の方が、2~3 日目にかけて、発芽率が高く有意な差が現れた。このことから、オオバコでもシロツメクサでも、発芽促進現象は他種の影響である事が明らかになった。

(3) : オオバコ種子の発芽率は、1~4 日目にかけて、抽出液に浸していない種子より抽出液に浸した方が有意に発芽率が上昇した。シロツメクサ種子の発芽率は、1~4 日目にかけて、抽出液に浸していない種子より抽出液に浸した方が有意に発芽率が上昇した差が確認されたことによって、発芽促進は水溶性の物質を介して行われていることが分かった。

(4) : エタノールにつけることでシロツメクサ種子では4日間、オオバコ種子では3日間ほど発芽が遅くなった。結果として、シロツメクサ種子から分泌されている水溶性の物質はエタノールの影響を受けにくく、シロツメクサ種子の受容器官はエタノールの影響を受けやすく物質を取る能力が落ち、オオバコ種子から分泌されている水溶性の物質はエタノールの影響を受けやすく、オオバコ種子の受容器官はエタノールの影響を受けにくい事が分かった。このことから、オオバコ種子の物質及びシロツメクサ種子の受容器官はエタノールの影響を受けやすい(ただし発芽促進現象は起こる)ことが分かった。以上の結果より、この現象には微生物が関与している可能性が示唆された。

### 【今後の展望】

本研究により、オオバコ種子のみでなくシロツメクサ種子も他種の存在を認識し、発芽促進現象を起こす事が分かった。この事より、発芽促進現象は植物種を問わず一般的に起こる現象である可能性がある。さらに発芽促進現象が発生しない組合せを発見できればそこから物質特定につなげることができると考えるため、本研究で使用していない種の組合せでの実験も行う予定。発芽促進物質の同定に成功することで、農業効率の改善など、多くの応用的貢献がもたらされると期待する。

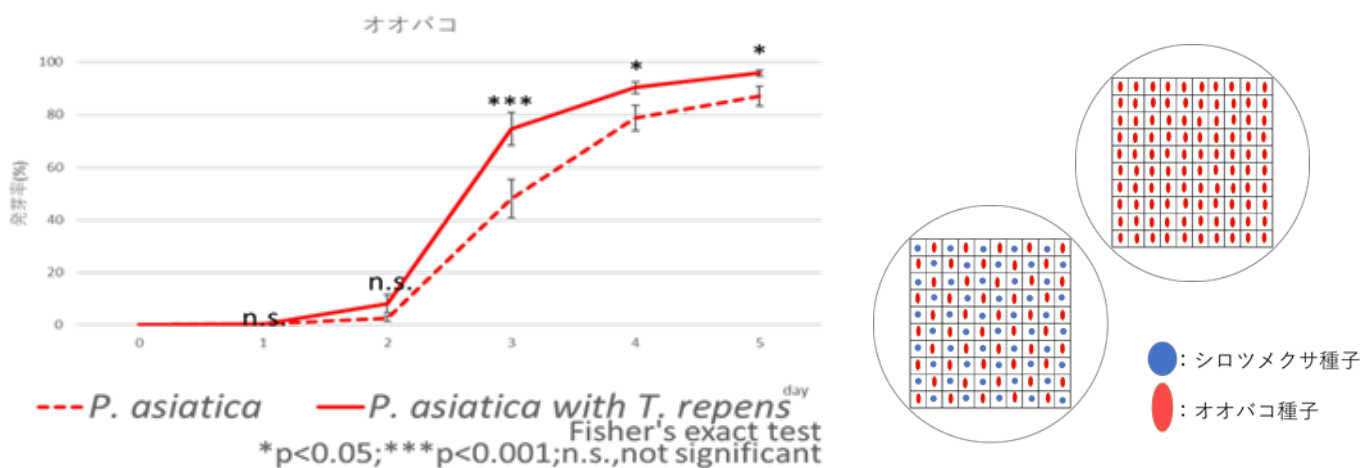


図1 「オオバコ種子のみ (点線)」と「シロツメクサ種子と共に発芽させたオオバコ種子 (実線)」

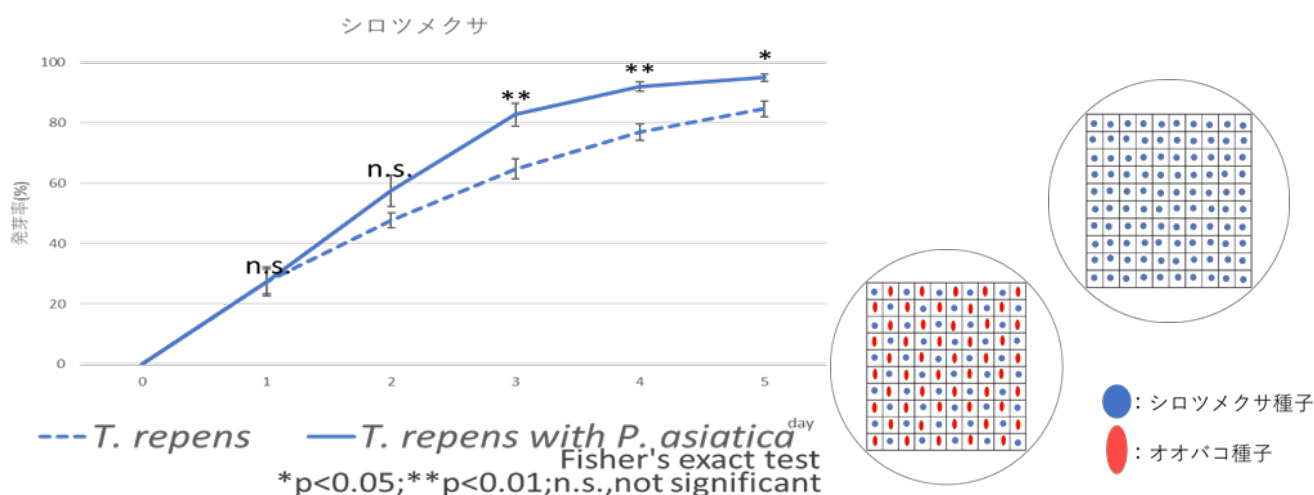


図2 「シロツメクサ種子(点線)」と「オオバコ種子と共に発芽させたシロツメクサ種子(実線)」

### 【参考文献】

1. Yamawo A, Mukai H. 2017 Seeds integrate biological information about conspecific and allopecific neighbours.
2. オオバコ種子の形成期の環境条件と発芽 山本光男 山形大学理学部 1983年



## 10 年輪年代法で明かす尾瀬環境問題史

東京農業大学第一高等学校中等部

佐藤杏実 茂木小春 米沢桃子 木村和真 田中仁樹 永堀達也 宮本瑠偉

本研究は、1980年代に尾瀬で注目されたオーバーユースによる自然破壊問題について、「尾瀬での過剰な入山者の利用が樹木の健康被害を及ぼした」という定説を否定し、新知見を発見した。オーバーユースとは、過剰な入山者の利用、流入のことを指す。

オーバーユースの問題は尾瀬ヶ原への入山の容易な鳩待峠で、関越自動車道の開通やマイカー利用のアクセスという人々の行動様式の変化に起因し、峠までの車での利用と入山者の集中を起こした。オーバーユースの対策として基礎データをとるため、1989年、平成元年に鳩待峠登山道入り口に、入山者数を計るセンサーが設置された。平成元年に設置されたセンサーはオーバーユースの時代を経て入山者数の安定に至る30年間の入山者数を記録し、平成を終える最後に科学的検証の機会が訪れた。2017年に伐採された登山道入口脇のブナの大径木の年輪に、尾瀬の人為的な環境破壊の様子が正確な記録として刻まれていたのだ。(図1) 伐採されたこの木は、この場所のバイオームである日本海側の多雪地帯の植生を代表するブナ-チシマザサ群落の優占種であるうえ、登山道入口においてその存在が誰にでも分かり、定点観察に適す。しかも、木の前の看板を背にした記念撮影写真がネット上にあげられるなど、二次試料によって過去の樹勢について、経年変化を遡ることが可能である。本研究では「入山者数データ」と、伐採されたブナの木の「年輪データ」を照合する着想から、尾瀬のオーバーユースを科学的に検証した。また、尾瀬という特別な地域だからこそ存在した詳細な「気象データ」も照合するデータに加え、以下3点のデータから尾瀬の樹木の健康度低下の原因を明らかにした。

方法としてはまず、入山者の通行によって、試料とする伐採木のブナの根にダケカンバ以上の踏圧が生じていたことを証明するため、測定場所ごとに根と等しい深さに圧力計を設置して測定を行う。その結果、試料とする伐採木のブナは入山者による踏圧の影響を受けたことが証明された。そして本調査として、伐採されて放置されたブナの幹から成長錐を使い、直径5mmの棒状の年輪試料を採取する。そして、乾燥、やすりがけの行程を経てスキャンした後、「イメージJ」という画像ソフトを用いて年輪幅の計測を行い数値化する。今回の研究では健康度低下により伐採されたブナの倒木から年輪を採取するため、木の劣化進行が激しい上に材がもろく、従来のように生きた木から試料を採取するよりも採取が困難である。そのため、今回の研究では複数試料を採取し、その試料を重ねて合成することでデータに隙間が生じないようにしながら、1本の試料につなげて数値化している。その数値化されたデータをもとに、「入山者数データ」、「年輪データ」、「気象データ」の3点が相互に影響しあう変化を調べ、相関をとった。その結果として、1993年～2000年のオーバーユース時代には、入山者数と年輪幅の間に見られるのは負の相関である一方で、年輪幅自体は大きいという結果が得られた。(図2) また、入山者数が多いほど入山者数と年輪幅の差が現れたのは、入山者数そのものよりも、オーバーユース時代に気温が低かったことが起因していると分かった。これら2つの結果から、定説とされていた、「尾瀬での過剰な入山者の利用が樹木の健康被害を及ぼした」という説が否定された。その一方で、「なぜ、オーバーユース時代に気温が低かったことで年輪幅の成長が見られたのか」という新たな疑問が浮上した。この疑問について、オーバーユース時代の年輪幅と



気象の相関と、オーバーユース時代が終わる 2011 年以降の年輪幅と気象の相関のそれぞれを調べ、検証を行った。

その結果、オーバーユース時代の年輪幅と気象との関係では年輪幅が大きく、気温の低い 1990 年代に 4 m という多い積雪があり、年輪幅と 2 月の積雪量に高い相関が見られた。(図 3) また、2011 年以降の年輪幅と気象との関係では、積雪量が減少したため年輪幅と 2 月の積雪量に相関が見られず、年輪幅と 6 月上旬の気温に高い相関が見られた。(図 4) つまり、積雪量の減少は尾瀬の気温が緩やかに上昇したことによるもので、気温の上昇に伴いブナの展葉に要する日数は、年輪幅が 2 月の積雪量と相関していた 1990 年代よりも短縮されて、2010 年頃には 6 月上旬に展葉に必要な積算温度に達するようになったため、年輪幅は 6 月上旬の気温と相関を示すようになったということである。ブナの年輪の成長が 6 月上旬の気温に相関していることから、6 月上旬がブナの年輪が成長する生理的時期であることが分かる。ブナの年輪幅は、生理的時期のうちに作られた散孔の数で決定するため、その期間内の健康阻害が年輪幅を減少させる。また、6 月上旬は水芭蕉の花が咲く時期であるため、鳩待峠への入山割合が大きく、入山者数がピークになる。

これらのことから、ブナの年輪の成長は展葉期に限られており、その展葉期に入山者数のピークが一致したことがブナの年輪の成長に阻害を及ぼしたと考えられる。このように、私たちは新発見として、2001 年以降のブナの年輪幅の成長が阻害されたのは、尾瀬の気温の上昇によって、ブナの展葉期が 1990 年代よりも早まったために、入山者数のピークとブナの展葉期が重なったためである、ということを見出した。このことは、尾瀬鳩待峠の利用者が減少した現在でも共通する、尾瀬への適切な入山方法を示していると考ええる。先述のように、2 月の積雪は年輪幅に相関しており、2 月の積雪が多い年には年輪幅が増加している。ブナの展葉に必要な積算温度は消雪が遅い場所で大きくなるため、ブナの生理の面からも、その年の入山者数の調整を考えることができる。



図 1 : 2017 年に伐採されたブナの大径木

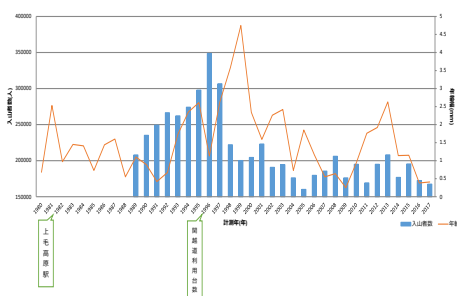


図 2 : 鳩待峠の入山者数と年輪幅の関係

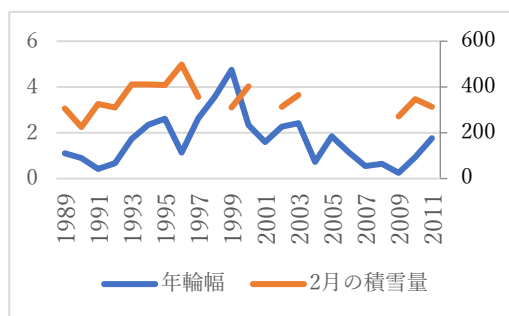


図 3 : 2 月の積雪量と年輪幅

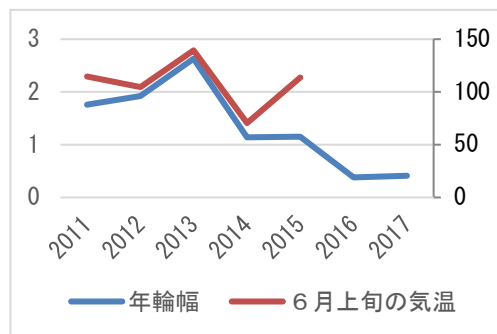


図 4 : 2011 年以降の年輪幅と 6 月上旬の気温

# 11 ベタの学習について

大森学園高等学校 科学研究部

呉慧美(2年) 渡口那奈(2年) 市村恵(1年) 神尾梨那(1年) 佐野桃佳(1年)

高橋蒼太(1年) 橋本晴斗(1年)

## 1 はじめに

学習とは、人を含む多くの動物に共通した行動獲得機構である。動物を用いた学習実験は、「学習」について、その過程を観察しながら学ぶことができ、例えば魚の輪くぐり学習などは水族館などでも行なわれていて有名である。本研究では、私たち高校生でも輪くぐりを魚類に学習させられるか、ベタ (*Betta splendens*) を用いて実験し明らかにした。ベタは古くから観賞魚として親しまれており、簡単に飼育ができることで知られているため本研究の実験魚として選んだ。また学習過程におけるベタの行動を観察し、魚類の学習について考察した。

## 2 実験

実験①：輪くぐり実験

【目的】 先行研究を参考に実験を行い、輪くぐりを学習することができるか確かめた。

【方法】 水槽にベタを1匹ずつ入れ、自作の針金で作った輪で実験を行った。実験は次の第1段階～第4段階の順に行い、3秒以内に行動する試行が3回連続成功した時に次の実験段階に進めた。1日の実験は最大8回までとした。また、実験途中で3秒では成功しない個体があったため、条件を10秒に変更して行った。実験魚A,Bは最後まで成功の条件を3秒で行い、実験魚C~Fは成功の条件を途中で3秒から10秒にかえ、実験魚G,Hは最初から10秒で行った。

〈第1段階：輪を怖がらなくなるようにする訓練〉

水槽に直径5cmの輪を入れて、実験魚からの距離半径10cm以内に餌を入れた。

〈第2段階：輪に近づけさせる訓練〉

輪を入れ、実験魚がいる側の輪の近くに餌を入れた。

〈第3段階：輪をくぐらせる訓練〉

輪を入れ、実験魚と反対側の輪の近くに餌を入れた。

〈第4段階：餌なしで輪くぐりをさせる訓練〉

実験魚が輪を通過したら餌を入れた。輪をすぐに通り抜けたら輪くぐりを学習したと判断した。

【結果】

8個体中実験魚A,Bを除く6個体が最終段階まで成功し輪くぐりを学習した。

さらに表1に3秒の条件で実験をした実験魚のA,C,E,Fの第1段階における1日の平均必要行動時間の標準偏差と、第1段階成功までにかかった日数と回数をまとめた。4個体の第1段階における1

日の平均必要行動時間の標準偏差を比較すると、標準偏差が最も小さいFが標準偏差が大きいA,Cよりも成功に要する日数と回数が少ないことが分かる。次に、表2に輪くぐりを学習できた実験魚のC,D,E,F,G,Hの段階ごとの実験回数をまとめた。実験魚C~Fは成功の条件時間を途中で3秒から10秒に変えた個体であり、G,Hは全ての段階を10秒で行っていた個体である。実験魚C~FとG,Hを比較すると条件を3秒で始めたC~Fよりも、最初から10秒で実験したG,Hの個体の方が第4段階目の試行回数が大幅に少なくなることが分かった。また、C~Fの個体は第4段階目の途中で輪に興味を示さなくなった様子が観察できた。

表1

	標準偏差	クリアまでの日数	回数
A	28.37	14日	108回
C	30.12	12日	89回
E	14.4	4日	30回
F	2.51	3日	19回

表2

	第1段階	第2段階	第3段階	第4段階
C	88回	77回	3回	80回
D	40回	4回	10回	64回
E	30回	5回	45回	303回
F①	19回	11回	48回	170回
F②	13回			
G	3回	8回	3回	23回
H	3回	8回	3回	17回

## 【考察】

75%の個体が第4段階まで成功したことから、ベタが輪くぐりを学習できることが明らかにできた。さらに、第1段階の1日の平均行動必要時間の標準偏差が小さい個体の方が輪くぐり学習までの日数、回数が少なく、輪くぐり学習が早いことが分かった。また、成功条件を10秒と伸ばした方が、早く輪くぐりを学習したことから、各段階の成功については厳しくする必要がないことも分かった。その際に、成功の条件時間を厳しく長期間で行うとベタが飽きてしまい、途中で輪に興味を示さなくなってしまうことも観察できた。

実験②：実験段階が学習に与える影響。

【目的】 実験段階の変化が学習に与える影響を調べる。

【方法】 実験段階を次の第1段階～第3段階の順に変え、実験①と同様に学習実験を行った。実験段階は10秒以内に行動する試行が3回連続成功した時に次に進めることとし、1日の実験は最大8回までとした。

〈第1段階：輪に近づけさせる訓練〉

輪を入れて、輪の近くに餌を入れて食べるまでの時間を計測した。

〈第2段階：輪をくぐらせる訓練〉

輪を入れて、半分以上くぐったら餌を入れて食べるまでの時間を計測した。

〈第3段階：餌なしで輪くぐりをさせる訓練〉

輪を入れて、実験魚が通るまでの時間を測り、その後餌を入れた。

【結果】

4個体中1個体が最終段階まで成功し輪くぐりを学習した。また、この実験において実験中に学校に登校できない期間があったので、この前後における1日の平均必要行動時間を図1～4のグラフに示し、実験をしなかった期間を縦線で示し影響を調べた。するとこの縦線の前後を比較すると、休みの前より、休みを入れた後の方が平均必要行動時間が短くなっていることがわかった。

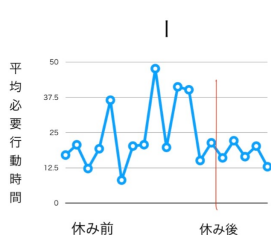


図1

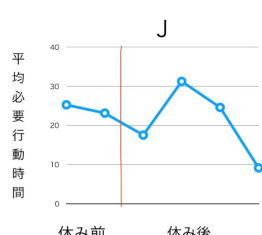


図2

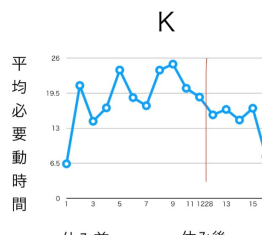


図3

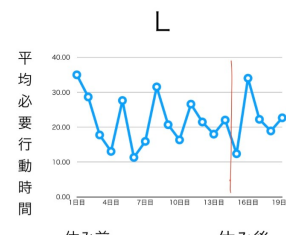


図4

## 【考察】

実験①の実験方法で実験を行った個体と、実験②の方法で実験を行った個体を比較すると、実験①を行った個体は8個体中6個体が最終段階まで成功したのに対し、実験②を行った個体は4個体中1個体しか最終段階まで成功していないことが分かる。このことから実験①の第1段階で行った輪を怖がらなくなるようにする訓練は学習において必要だということがわかった。また、学習実験をしなかった期間を作った後に平均必要行動時間が短くなったのは、実験魚が休息を取れ元気になったため、空腹だったためなどの理由を考えたが、明らかにすることは出来なかった。

## 3 今後の展望

学習実験をしなかった期間後に平均必要行動時間が短くなった原因を特定できなかったのので今後さらに調べていきたい。また本研究でベタのような身近な鑑賞魚でも学習実験を行えることが明らかになった。今後は輪くぐり以外の学習もさらに行っていきたい。



## 12 ゾウリムシによる電気走性の実験

吉祥女子高等学校 生物クラブ

2年 小野あかね 土家あい

### ① 目的

生物の走性に興味を持っていたので、飼育や繁殖、実験が容易で比較的入手しやすいゾウリムシを用いてゾウリムシの電気走性を調べる。前回の実験で、ゾウリムシは電気を流すと正極から負極に泳いでいくことが分かった。その時ゾウリムシが描く軌道に規則性があるのでは無いかと考え、今回は電極を変えることで軌道が変化するのかどうか試し、集まる時間を計り軌跡を調べる。

### ② 実験動物について

ゾウリムシ *Paramecium caudatum*

長さ  $200\mu\text{m}$ 、幅は  $50\mu\text{m}$  で体表面にある繊毛を使い泳ぐ。水田、池などの淡水に生息している。分裂による無性生殖と、有性生殖を行う。基本的には細菌やプランクトンを餌としているが、ゾウリムシの細胞内に緑藻クロレラが共生したミドリゾウリムシは、光合成をする。

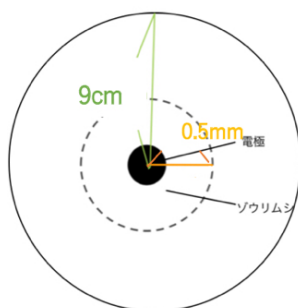


写真1 ゾウリムシ

図1 実験器具の模式図

### ③ 走性とは

走性は、外部からの刺激に応じて一定の反応を示すことを言う。刺激に対し向かう行動を正、逆に遠ざかる行動を負という。今回扱う電気走性は正極(電池の+極)に向かう行動は正、負極(電池の-極)に向かう行動は負となる。



図2 用いた電極

### ④ 実験

シャーレにゾウリムシを入れ、様々な形の電極を入れる。実験条件を4つに分けて3Vで25秒間電流を流した。ゾウリムシが集まったかどうかの確認は視認とし、電極の周りにゾウリムシが半径  $0.5\text{mm}$  ほど集まったら終了とする。



写真2 実験装置

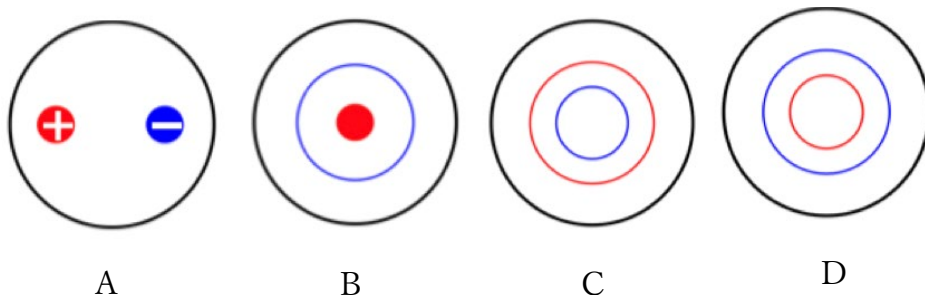


図3 実験の模式図(赤が正極、青が負極)

⑤ 結果と考察

結果は図4の様になった。

条件Aは、正極から負極に向けて線状の模様を描いた。

条件Bは、負極の外のゾウリムシも負極の方へ泳いだ。

条件Cは、条件Bと同じく、負極の外のゾウリムシも負極の方へ泳いだ。

条件Dは、正極より外のゾウリムシはシャーレの縁に向かって泳いだ。

集まるのにかかった時間は表1のようになった。

かかった時間の平均(秒)	
条件A	27.14
条件B	17.32
条件C	10.43
条件D	15.33

表1 (試行回数各50回)

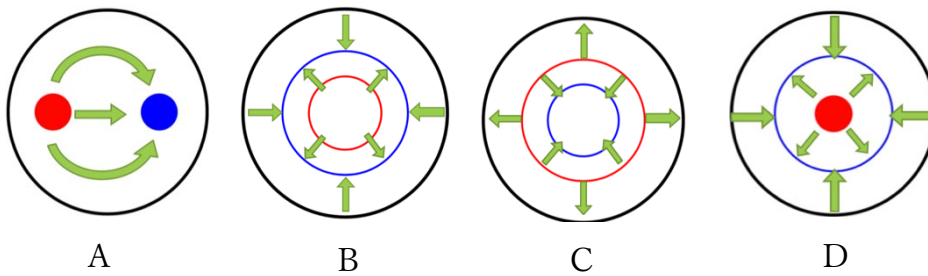


図4 軌道の模式図 (赤が正極、青が負極、緑はゾウリムシの軌跡)

〈時間について〉 電流を流すと、全ての条件で大多数のゾウリムシが正極から離れ負極に向けて泳いだ。このことから、ゾウリムシは負の電気走性を示すと言える。

また、条件Dの軌道より正極の内側に負極があっても正極の外にいるゾウリムシは負極まで近づいて来ないことが分かった。

集まるまでにかかった時間について、Cが最も早かったのは、負極の電極が大きかったうえに正極の電極も大きくなったので、ゾウリムシと電極の距離が近くなった結果だと考えられる。

Cの電極の正負を入れ替えたDの集まる時間が、Cに比べて遅くなったのは負極が小さくなったうえ正極の内外でゾウリムシの個体数が二分され、負極に集まることの出来るゾウリムシの個体数が少なくなってしまう事が原因だと考えられる。

BとCは、負極の大きさを変えていないが正極はCの方が大きいため、距離が近くゾウリムシが早く離れようとしているからだと考えられる。

〈軌跡について〉 ゾウリムシが描いた軌跡だが、それと同じ模様を探してみたところ磁力線と一致した。

⑥ 今後の展望

今回はゾウリムシの電気走性の中でも昨年とは違い軌跡を調べてみたが、どのような模様を呈するのかはわかったが肝心の原因は調べる事が出来なかった。磁力線を描くのであれば反応するだろうかと磁石を近づけてみたがゾウリムシが反応を示した様子は特に無かったので、ゾウリムシに含まれる成分を調べて電気走性を示す原因の物質を探す必要があると感じている。

よってこれからもゾウリムシの電気走性の実験を続けていきたい。



## 13 カラスバトは何を好むのか

東京都立国分寺高等学校生物部

1年 阿部萌果 小川拓真 高橋慧 藤木泉 松井陸

### 1. 動機及び背景

天然記念物のカラスバトは少なく、調査が難しい鳥である。彼らが好む森の開発が進む中でその生態も明らかにならないまま、いつのまにかいなくなってしまうとなりがねない鳥である。

このような鳥を保全していくためには彼らが好む環境を明らかにし、多くの人に知ってもらうことが大切である。本研究会では調査方法を工夫しながら 7 年間にわたってカラスバトの調査を続けてきた。その結果からカラスバトの好む環境が少しずつ明らかになってきた。

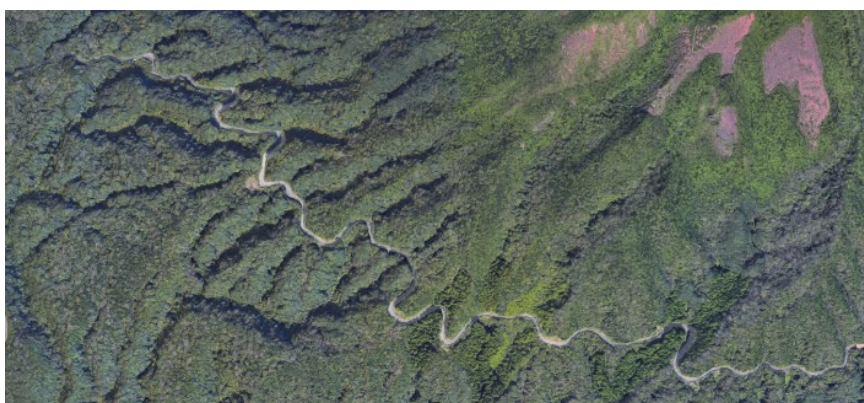
### 2. 仮説

カラスバトが好む環境は暗い森、大きな木がある、樹種(シイの木やスギの木など)、なのではないかと考えられる。また、このような環境要因が多い、谷地を好んで利用するのではないかと考えられる。

### 3. 方法

決められたフィールドで季節を変えて、夜明けの時間帯より環境の異なる場所でスピーカーからカラスバトの声を出して刺激をし、カラスバトの反応した行動を記録する。

またドローンを使用して樹種や樹冠の大きさ、地形などを調査し、データからカラスバトの生息しやすい場所の考察をする。



#### 4. 結果と考察

地点ごとのポイントや推定個体数を比較したときに、ポイント数、推定個体数ともに多い地点の周辺環境は仮説の通り、暗くて、大径木が存在し、シイやスギの木がある環境であった。このようなことから仮説にあるような環境をカラスバトは好むことが分かった。

また、谷地形もよく利用していることがわかった。カラスバトはかつて人間によって捕食され数を減らしてきた。そのため、用心深く人間が近くにいると気配を消しているような鳥である。スピーカーを使って声を流し、その行動を地道に調査し、記録した結果をまとめると、人為的な条件の少ない極相種のシイを中心とした暗い大径木の森を好むことがわかった。

近年山の奥まで開発が進み彼らの好む環境が、極めてなくなりつつある。研究成果を広く伝えていきカラスバトの保全に少しでも寄与していきたい。

#### 5. 反省と課題

今回の調査では、早朝の時間帯におけるカラスバトの環境嗜好性は明らかにできた。しかしながら、日中林道からどこかに行っているカラスバトに関しての行動が未だにわかっておらず、カラスバトの保護を目的とするのならばやはりもっと時間帯を変えて調査するべきである。

#### 6. 参考文献

- ・伊豆大島における準絶滅危惧種カラスバトの分布と生息環境との対応関係  
(2001年、環境システム研究論文集)
- ・伊豆大島、利島におけるカラスバトのねぐら  
(1996年、STRIX)



## 14 クロナガアリの仕事分担

芝学園生物部  
遠藤夢空

### 実験動機

家で飼育しているアリを見ると適当に働いているのではなく、ある程度の時間のサイクルで働いているのではないかとふと思ったので時間によっての仕事分担を調べることにした。

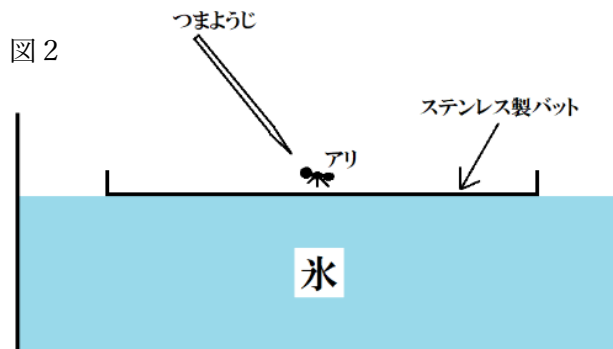
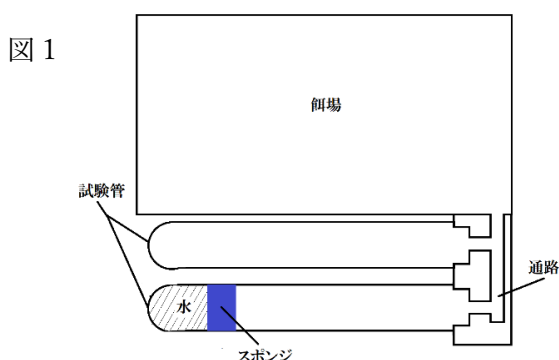
### 実験材料

- ・クロナガアリのコロニー：女王アリ 10 頭、ワーカー約 50 頭からなる小規模のコロニー  
クロナガアリ (*Messor aciculatus*) 分類：ハチ目アリ科フタフシアリ亜科  
特徴：植物の種子を食べ、種子を巣内に備蓄することが知られている。
- ・市販の疑似人口巣：試験管を用いたアクリル巣。図 1 を参照。
- ・餌：市販の文鳥用のもの。主に植物の種子。

### 実験手順

#### 準備

まず、餌場に出て仕事をしているワーカーすべてに個体をそれぞれ判別できるようにマーキングする。容器の中に氷を敷き、その上置いたステンレス製バットの上にアリののせ、凍えてアリの動きが鈍くなったところ爪楊枝の先に模型用のインクを付けてマーキングする。図 2 参照



#### 実験①

12時と24時に餌場に出ている個体を調べ、後日12時と24時に出ている個体を記録し、初日に調べた時間帯と同じ時に出ている個体の数を調べ、時間帯によって仕事を分担しているかどうかを調べる。

#### 実験②

餌場に出ている個体が働いている時間を調べ、働いている時間のサイクルを調べる。

### 仮説

普段働いているところを見ると、集団で働いているときと、1頭も働いていないときがよく見られるため、集団が同じ時間のサイクルで働いているのではないかと推測される。

### 結果

まだ結果が出揃っていないので省略させていただきます。



イラスト 創価中学校 江間清香さん

## 15 魚の種類と耳石の大きさの相関

学習院中等科生物部  
○渡邊 明仁 細田 翔太 山口 修平

WATANABE Akihito HOSODA Shota YAMAGUCHI Shuhei  
Society of BIOLOGY  
GAKUSHUIN BOYS' JUNIOR HIGH SCHOOL

### 1. 目的

- (1) 種類による、耳石の形の相違点を観察する。
- (2) 吻先から前鼻孔までの長さや耳石の大きさや重さに相関があるのか検討する。

### 2. 調査方法の概要

魚の耳石は、前耳骨の中にあって平衡感覚を感じる部位である。この耳石の採取を行い、大きさや形の観察を行った。試料として、飲食店やスーパーマーケットで販売、提供されている魚（頭部のみのももあった）を購入または譲っていただいた。

検体数は2目9科10種28匹である。

### 3. 測定手順

- (1) 凍らせた頭部の水分を拭き取り、上顎吻先から前鼻孔までの長さをデジタルノギスで測定した。（測定 A）
- (2) 解凍後、鰓を除去し、耳石の入っている前耳骨を確認する。
- (3) 前耳骨からドリルを使用して、耳石を取り出す。
- (4) 取り出した耳石を洗浄後、自然乾燥させる。
- (5) 完全に乾燥後、デジタルノギスで耳石の長さ（測定 B）を、電子天秤で耳石の重さ（測定 C）を測定する。

### 4. 結果

#### (1) 測定 A と測定 B の関係

測定 A と測定 B の関係を調べると測定 A の値が大きくなると測定 B の値も大きくなるという関係が見えた。（図 1）

#### (2) 測定 A と測定 C の関係

シログチを含めた場合と除外した場合でトレンド曲線が異なる結果となった。（図 2 および図 3）

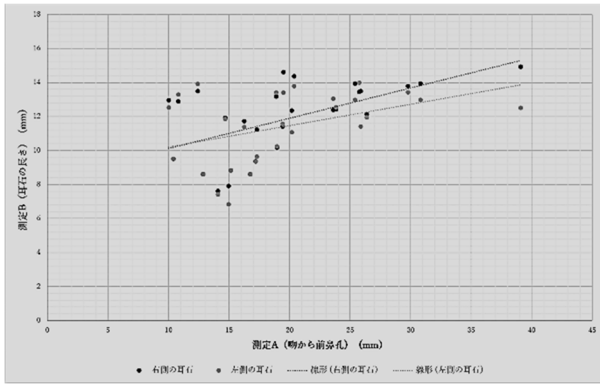


図1 測定 A と測定 B

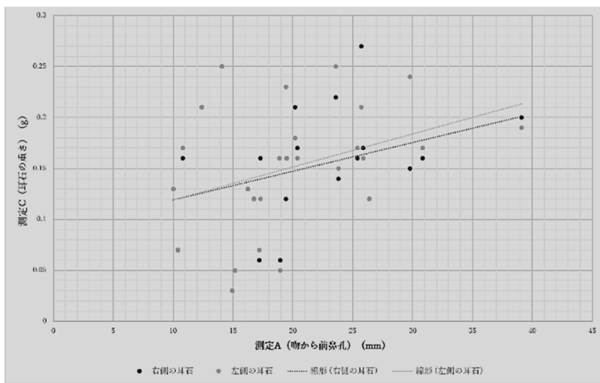


図2 測定 A と測定 C  
(シログチを含まない)

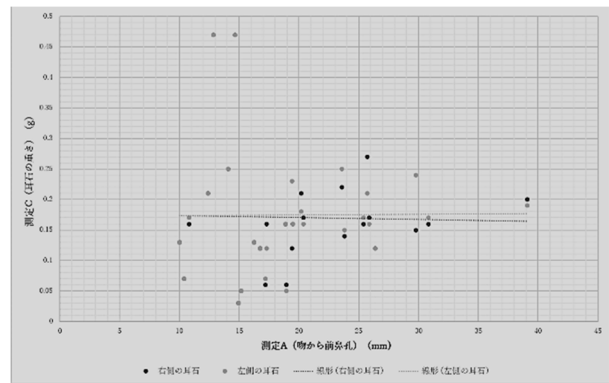


図3 測定 A と測定 C  
(シログチを含む)

## 5. 考察

- (1) 図1より、上顎吻先から前鼻孔までの長さが大きくなると耳石の長さも大きくなる。
- (2) 図2より、測定 A の値と測定 C の値には正の相関がありそうである。
- (3) 図3より、シログチを含めてグラフ化すると、測定 A の値と測定 C の値には負の相関がありそうである。

これらから、多くは上顎吻先—前鼻孔の長さが大きくなると耳石の重さも重くなると言えるが、上顎吻先—前鼻孔の長さと言え耳石の重さは必ずしも一定の関係があるとは言えない。

当日は、T検定を行った結果を公表し、得られた知見について発表する。

### <参考文献・webサイト>

- ・井出齊，松浦啓一．小学館の図鑑 NEO [新版] 魚．小学館．2018．
- ・中坊徹次．小学館の図鑑 Z 日本魚類館．小学館．2018．
- ・福井県水産試験場．いろいろな魚の耳．(webサイト)
- ・ぼうずコンニャク．市場魚貝類図鑑．(webサイト)







学校名

氏 名