

# 第69回広島県科学賞

## 研究作品の紹介

中学校・高等学校の部



広島県立教育センター

# 紹介作品



## <特選>

### 中学校の部

区分	学校名	学年	氏名	作品名	備考
化学	広島大学附属 三原中学校	3	岡野 花央	スライムの有効活用方法の研究Ⅲ ～環境が与える影響について負荷実験～	全国出品
生物	尾道市立向島中学校	2	槇 実咲	バイオリアクターは世界を救う!?	全国出品
	広島市立 広島中等教育学校	3	伊谷 友佑	ナナフシの食事スタイルをひも解く ～エダナナフシとナナフシモドキに おけるエサの選び方と食べ方～	広島県科学賞 委員会賞 全国出品

### 高等学校の部

区分	学校名	学年	氏名	作品名	備考
生物	広島県立 西条農業高等学校	2	佐々木 親之 上垣内 豪大	コオロギのフンの生物機能Ⅱ ～フンに含まれる細菌の能力と作用～	全国出品
		1	佐伯 晋之介		
	広島県立 西条農業高等学校	3	鷹林 琉生 上田 怜空 原森 孔希	リン溶解能力の高いリン溶解菌の選抜と リン溶解菌の接種が植物の生育に与える 影響	読売新聞社賞 全国出品
広島県立 祇園北高等学校	2	畑野 宗輝 三輪 慶太 松友 結 宮原 和志	古川のユスリカの群飛行動に関する研究 ～どうしてそこに集まるのか？ 群飛条件を探る～	全国出品	

## <科学賞委員会特別賞>

区分	学校名	学年	氏名	作品名
生物	広島大学附属高等学校	3	河野 真穂 市川 瑞季 宇根 可純 長野 コウ	誰が誰だかわかる？ ゼブラフィッシュの個体識別術



\*作品名は、原本どおりに記載しております。

\*紹介画像は、研究内容を分かりやすくパネルにまとめていただいたものです。

パネルの現物は、広島県立教育センター 科学・芸術教育棟 2・3階ロビーに掲示してあります。当センターへお越しの際は、ぜひ、足を運んでください。

\*学校や教科部会等へのパネルの貸出も可能です。

(科学研究の奨励及び充実・発展を目的とする場合に限る。)



# スライムの有効活用方法の研究Ⅲ

3年目！

～環境が与える影響について負荷実験～

広島大学附属三原中学校  
3年 岡野 花央

## 1. 背景と目的

私は妹と一緒にスライムを作って遊ぶことが多い。その中で、スライムの柔軟性を有効活用できないか考えた。注目したのは自動車事故の衝撃を和らげる緩衝材としての活用である。中学校の3年間をかけて、緩衝材として実用化に向けた研究をおこなった。

## 2. 過去2年間の研究

### 【STEP1】 スライムへの衝突実験

卵を適度な硬さに調整したスライムの上に落下させて衝突実験を行った。150cmの高さから落下させても卵が割れなかった。このことから、**緩衝能力が高い**ことが分かった。



衝突実験の様子

落下距離	卵の割れの有無
30cm	○
40cm	○
50cm	○
60cm	○
70cm	○
80cm	○
90cm	○
100cm	○
110cm	○
120cm	○
130cm	○
140cm	○
150cm	○

○：割れ無し  
×：割れ有り

### 【STEP2】 夏季および冬季の気候での安定性

夏季および冬季を想定した高温・低温の環境に耐えることができなければ、緩衝材としては使用できない。夏および冬の気候を再現し、問題点がないか調査した。

(1)夏季：40℃超の炎天下でも安定していた



時間	ラップ無	ラップ有
9:45	25°C	24°C
10:45	34°C	35°C
11:45	39°C	39°C
12:45	40°C	40°C
13:45	41°C	43°C
14:45	39°C	40°C

\*ラップを貼ることで容器の中にスライムに入れた状態を再現した

(2)冬季：マイナス20℃以下では固まって、**緩衝性が失われた**



凍ったスライムの様子

【重大な問題】  
冬季でも緩衝性が失われ  
ないスライムでないと緩衝材  
として活用できない！！

\*日本国内ではマイナス20℃以下になることがある

### 【STEP3】 冬季でも凍らないスライムの制作

冬季で凍らせないためには凝固点を下げる必要がある、水の代わりに①食塩水、②ウォッシャー液（不凍液）を使用してスライムを制作した。食塩水ではスライムは上手く制作できなかった。**ウォッシャー液を使用すると、マイナス20℃以下で凍らず、緩衝能力を維持したスライムが作成できた。**



ウォッシャー液を使用したスライム作り



衝突実験の様子

落下距離	卵の割れの有無
30cm	○
40cm	○
50cm	○
60cm	○
70cm	○
80cm	○
90cm	○
100cm	○
110cm	○
120cm	○
130cm	○
140cm	○
150cm	○
155cm	○
160cm	○

○：割れ無し  
×：割れ有り

### 【問題解決！！】

**ウォッシャー液を使えば、1年中緩衝能力が高いスライムが制作可能**

\*作成したスライムは夏季の暑さの中でも、耐久性が高かった

## 3.スライムの酸性に対する強さの評価

妹のスライム作りを観察していると、酸性の液体では、うまく作れていないことに気づいた。酸性雨程度のpHの液体にさらされたとき、化学的安定でない緩衝材として活用できない。pH7.3～2.9までの液体の中にスライムを入れて化学的安定性を評価した。



pH7.3～3.9の範囲であれば、スライムは安定した緩衝性を維持できていた。\*pH5.5を標準的な酸性雨と想定

本研究で制作したスライムは①緩衝性、②高温耐久性、③低温耐久性、④化学的耐久性の観点で、**緩衝材として使用可能！！**

## 4. 今後の展望

本研究で作成したスライムを容器に入れて、道路の事故が発生しやすい箇所に設置することで、**自動車事故発生時の被害を和らげる緩衝材としての活用が期待できる**。今後は自動車衝突試験等を通して実現性を評価するとともに、他の活用方法についても検討する。

**【特選】 スライムの有効活用方法の研究Ⅲ**  
～環境が与える影響について負荷実験～

(全国出品)

広島大学附属三原中学校 第3学年 岡野 花央

**工夫した点**

- ・実験を進めていく中で、新たに感じた疑問やさらに追究したいと思ったことについて、それが明らかになるような実験の筋道を考えて実行した点。
- ・スライムが実際に緩衝材として利用される場合を想定し、その際に起こり得る問題（酸性雨による影響や気温による影響）を解決するために、様々な視点から考えた点。

**分かった点**

- ・ウォッシュャー液を使用して作成したスライムは、緩衝性、高温耐久性、低温耐久性、化学的耐久性の観点で評価すると、緩衝材として活用可能である点。
- ・強い酸性溶液にさらされるとスライムの安定性が失われるため、強酸に注意しながら取り扱う必要がある点。

**もっと追究したい点**

- ・自動車事故発生時の被害を和らげる緩衝材としての活用に向けて、より自動車事故による被害に近い条件で衝突実験を行う点。
- ・スライムが本来の機能を発揮できるような緩衝材の容器の素材は何かを実験して導き出す点。

**【講評】**

スライムを緩衝材として実用化することを目指して、pHに着目し、試行錯誤しながら実験や考察を行い、スライムの性質を見出している優れた作品である。

# バイオリクター

## は世界を救う!?



尾道市立向島中学校 2年1組21番 榎実咲

### 【実習・概要】

食品廃棄物を原料とするバイオエタノールの製造に着目し、再生可能なバイオリクターの製作を目指した。本研究では、バイオリクター作製時の乳酸カルシウム水溶液への浸漬時間やアルギン酸ナトリウム溶液の濃度を変化させて実験を行うことで、最適な条件を探索した。また、バイオリクターの活性に適した温度や砂糖水溶液の濃度についても複数の実験を行ったデータをもとに、気体発生量及びアルコール発酵に最適な環境についても、明らかにした。

### 【問題提起・研究目的】

二酸化炭素をはじめとする温室効果ガス増加による地球温暖化の防止は大きな課題とされている。カーボンニュートラルの観点から石油由来でない資源を用いたエネルギーが注目され、実用化され始めているのがバイオエタノールである。現在バイオエタノール製造の上記原料は小麦やコーンなどであり、食料と競合するためコスト面で問題がある。そこで食品にできない廃棄物の食品廃棄物が原料となれば食料と競合することなくバイオエタノールの製造ができ、コスト面も廃棄物についても解決できるのではないかと考えた。  
また、酒造りに使用された酵母は、役目を終えた後熱処理され、再利用はできない。そこでバイオリアクターを製作し、再利用可能な状態にすれば、効率よくアルコール発酵ができると考え、本研究ではバイオエタノール製造に適したバイオリクターの作製および最適環境を検討した。

### 実験1 バイオリクターの作製

#### 1-1 目的

再利用可能なバイオリクターを製作し、バイオリクターが活発に糖分離産を産出する。

#### 1-2 方法

##### 1-2-1 バイオリクターの作製方法

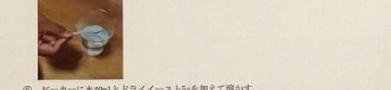
- 材料
  - ▶ アルギン酸ナトリウム 1.3g ※今回は実験用1kgキットを使用
  - ▶ 乳酸カルシウム水溶液1%
  - ▶ ドライイースト
  - ▶ ぬるま湯 100ml
- 器具
  - ▶ ビーカー
  - ▶ スポイド
  - ▶ 透明プラスチックコップ (大・小)
  - ▶ ペットボトル

##### ■ バイオリクター作製

- ▶ ペットボトルにぬるま湯100mlを入れる。
- ▶ アルギン酸ナトリウムをキットに付属の計量スプーンですりきり約1.3gを①のペットボトルに入れて蓋を閉める。
- ▶ ペットボトルを振って完全に溶かす。
- ▶ 液体の気泡がなくなるまで静置してあまりがなくなるまで静置しておく(溶けきる)と粘り気のある水溶液になる。



① 透明プラスチックコップに水200mlを入れ、乳酸カルシウム2gを加えてよく混ぜる。



② ビーカーに水40mlとドライイースト5gを加えて溶かす。



③ ①が溶けたら②に加えてよく混ぜる。

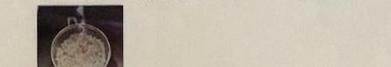


④ ③の混合液をビーカーに取り、⑤に滴下する。

⑤ 乳酸カルシウム水溶液に30分浸漬しておく。



⑥ 作製したバイオリクターを茶こしに取り、2-3回水洗いする。(乳酸カルシウム水溶液は再利用可能なもので別容器に移してとっておく)



⑦ 作製後は冷蔵庫で保管する。

### 1-2-2 糖分離産の検出

- ▶ 1-2-1の作製方法に反し、バイオリクターを製作する。
- ▶ 10%砂糖水を作製する。
- ▶ 砂糖水にバイオリクターを入れ室温に静置する。
- ▶ バイオリクターの変化を確認する。
- ▶ 砂糖水からバイオリクターを取り出し、水洗いしたあと軽く水分をとる。
- ▶ 5%、20%の砂糖水を作製する。
- ▶ ⑤-⑦を繰り返す。

### 1-3 結果

作製したバイオリクターは、繰り返し使用しても気泡が発生した。砂糖水の濃度別にバイオリクターの様子を表に示す。

<10%砂糖水>

直後	2分後	7分後
浮く。	全体に液面から下がり、徐々に沈み始める。	ほぼ沈む。
10分後	12分後	22分後
再び浮き始める。	すべて浮く。	バイオリクターから小さな気泡が確認できる
22分後	24分後	26分後
大小の気泡を確認。	液面が盛り上がる。	大きな気泡がたくさんできる。

<5%砂糖水>

直後	10分後
すべて浮く。	小さな気泡を確認、その後も気泡は多少増えるが大きな気泡は確認できない。

<20%砂糖水>

直後	9分後
すべて浮く。	液面が盛り上がりと同時に小さきまぎな気泡を確認。

### 1-4 考察

10%砂糖水では、浮き沈みを繰り返して気泡が発生し、5%、20%では再利用であるためイースト菌は呼吸まで発酵がすすんでいく状態になっていたため、浮き沈みすることなく気泡の発生がみられたと考える。これは最初の実験では作製直後バイオリクター内に糖分が残り発酵がすすんでいない状態であったため、酵母の呼吸または発酵が準備段階であったのではないかと推察する。したがって、準備段階のタイムラグを除いて、気泡発生までには同じ時間を呼吸または発酵開始までの時間と捉えて比較する。結果は10%砂糖水の場合は再浮上後10分(開始22分)で気泡が発生、5%の場合は10分後、20%の場合は8分後である。このことから、作製したバイオリクターがより活発に糖分離産を産出するに於いて10%の濃度の砂糖水の濃度は20%を用いる。本実験でバイオリクターの再利用については可能と考えるが、数日保管後、同じように実験できるかどうか検討する必要があると考える。

### 実験2 バイオリクターの調整1

#### 2-1 目的

バイオリクター作製過程の乳酸カルシウム水溶液への浸漬時間を実験①の30分から60分にしたものを作製し、最適な浸漬時間を検討する。

#### 2-2 方法

- ▶ 1-2-1と同様にバイオリクターを製作するが、①の乳酸カルシウム水溶液の浸漬時間の30分に調整する。
- ▶ 20%砂糖水を作製する。
- ▶ 砂糖水にバイオリクターを入れ室温に静置する。
- ▶ バイオリクターの変化を確認する。
- ▶ 砂糖水からバイオリクターを取り出し、水洗いしたあと軽く水分をとる。

### 2-3 結果

実験①と同様に上下運動し、気泡が発生した。

直後	3分後	6分後
浮く。	徐々に沈み始める。	ほぼ沈む。
11分後	13分後	
再び浮き始める。	すべて浮くと同時に小さな気泡ができる。	
17分後		
液面が盛り上がり、大きな気泡がたくさんできる。		

### 2-4 考察

実験①の10%砂糖水に入れたバイオリクターの準備時間は22分であったのに対して本実験の準備時間は13分であり、砂糖水の濃度と浸漬時間が異なるため単純に比較はできないが、浸漬時間30分より60分の方が準備時間が短く、すぐに気泡発生すると推察される。このことから乳酸カルシウム水溶液に浸漬する時間は長い方がよりバイオリクターの性能が高くなると考える。

### 実験3 アルコール発酵実験1

#### 3-1 目的

乳酸カルシウム水溶液への浸漬時間の異なるバイオリクターを用いてアルコール発酵における気体発生量と最適温度を検討する。

#### 3-2 方法

- 材料
  - ▶ 実験①(30分浸漬 A)と実験②(60分浸漬 B)で作製したバイオリクター
  - ▶ 20%砂糖水
- 器具
  - ▶ ビーカー
  - ▶ スポイド
  - ▶ 透明プラスチックコップ (大・小)
  - ▶ シリンジ
  - ▶ シリコンチューブ
  - ▶ 50ml遮心管
  - ▶ 温度計
  - ▶ 除菌剤

#### ■ 実験手順

- ▶ 発生する気体量を確認するための装置を作製する。  
(ア) 50ml遮心管のふたの中央部に穴を開け、適当な長さにしたシリコンチューブを差し込む。  
(イ) またシリコンチューブの端部を接着剤で埋める。  
(ウ) (イ)の接着剤が乾いたのを確認し、実験を行う。
- ▶ 50ml遮心管に20%砂糖水40mlを入れ、バイオリクター1個をそれぞれ入れる。
- ▶ 30℃(±1℃)、40℃(±1℃)、45℃(±1℃)に砂糖水を慣らした②の遮心管をそれぞれ設置しておく。
- ▶ 5分後、シリコンチューブ付きのふたをして、チューブの先端にシリンジをつける。

⑤ 5分間隔で気体発生量を測定し、A、Bのどちらかがシリンジの上層60mlまできたら終了とする。

### 3-3 結果

30℃(±1℃)、40℃(±1℃)、45℃(±1℃)いずれの場合も60分浸漬乳酸カルシウム水溶液に浸漬したバイオリクターの方が短時間で多くの気体発生し、アルコール発酵に最適な温度は45℃であった。



▲：浸漬時間30分水溶液に30分浸漬したバイオリクター  
■：浸漬時間60分水溶液に30分浸漬したバイオリクター

### 3-4 考察

各温度で発酵が可能であるが45℃の時の発酵で気体発生量が最大に到達したことから酵母のアルコール発酵に最適な温度は45℃であると推察した。しかし今回の実験で温度を一定に付与し切り替えて温度管理をすることなく、恒溫槽がない自宅での実験には向かないと考える。40℃については天気の良い日に直射日光の当たる廊下に出しておくだけで済ませることができた。また、シリンジ内の気体の増加量は40℃と45℃では最大量の60mlに到達まで5分差であったため、気体発生量の差を考えると、恒溫槽のない状況下では外気温40℃での実験が適していると考え、以降の実験は40℃で行う。

### 【結論】

実験結果より、バイオリクター作製と発酵の最適条件は以下の通りであると推察される。  
乳酸カルシウム水溶液への浸漬時間：最低60分(より良い方が発酵化が速い)  
アルギン酸ナトリウム水溶液の濃度：1.0-2.5%濃度(濃すぎると発酵に時間がかかる)  
① 温度に適した時間(45℃(恒溫槽があれば)もしくは夏の外気温40℃)  
② 発酵の濃に達した温度(30%)  
③ 再利用可能な容器：冷蔵保存可能(一日一回保存容器のふたを開け蓋を挿入する)  
今回の研究でバイオリクター作製の最適条件とアルコール発酵の最適条件を見つけたことができた。

本家は実験結果を用いて、食品廃棄物(残った白米)からバイオエタノールを製作する方法を検討したが、白米を糖化する段階でつまみ、アルコール発酵の段階に行くことができなかった。予定では、(デンブ生(白米)をアミラーゼ(大粒おろし)で糖に分解し、その後、酵母によってアルコール発酵させる)という研究をするはずであった。  
白米を水と粗おろしのしぼり汁30mlに加え、60℃程度の湯につけて糖化の反応を調べた。結果、大粒おろしのしぼり汁には元々糖化率があり、そこから30時間より早く糖化10%になることではなかったが、高温のせいなのか糖化が始めたため、実験終了とした。  
全量において十分な量を使用しバイオエタノールの製造をするために、デンブ生の糖化は今後の検討課題である。

### (参考)バイオリクターの形状



左：作製済みのバイオリクター  
右：調整したバイオリクター

実際に実験をしてみてもバイオリクターを使ってアルコール発酵が繰り返してできることが分かったため、今回ドライイーストを使ったが、昨年のように自分で育てた天然酵母を使ってバイオリクターを作ってみよう。また、身近にある液体でアルコール発酵を行えることが分かったため他の液体や発酵食品廃棄物からバイオエタノールの製造ができることを確認し、できたバイオエタノールとバイオリクターとの量の関係やアルコール濃度について調べてみたい。

乳酸カルシウム水溶液に浸漬した時間を変化させて実験を行ったことで、浸漬した時間によってアルコール発酵の進み具合にも違いがあり、今回の実験では乳酸カルシウム水溶液に60分浸漬したバイオリクターが一番活性的に行われていることが分かった。しかし、初回作製した60分のバイオリクターと後日に作製した60分のバイオリクターでは発酵の進み具合が異なるため、作製の段階で何が違ったのかを確認すべきであった。  
昨年の天然酵母の実験でも酵母が活動するためには温度管理は重要で、私たちが同様に酵母にも最適な温度があることが分かった。バイオリクター化した酵母のアルコール発酵における最適な温度は30℃(衛生に実験するなら天気の良い日の外気)ということが分かったが、もししたら酵母をカプセルに閉じ込めたため、もっと高い温度でも発酵が可能なのではないかと考えた。家庭で温度管理をできる方法を模索し、再検討してみたい。  
今回の実験をきっかけとしてどういったより効率よくバイオエタノールが製造できるか、環境問題にも良い影響を与える発酵ができるか引き続き考えていきたい。  
今回は、効率的なバイオエタノール製造についての探求を継続するとともに、世界の環境問題解決につながる探求をしていきたい。

## 【特選】 バイオリアクターは世界を救う!?

(全国出品)

尾道市立向島中学校 第2学年 榎 実咲

### 工夫した点

- ・ バイオリアクターの活性度を比較するために、発酵時に発生する気体に注目し気体の発生量を比較できるように実験装置を作成した点。
- ・ 恒温槽のない環境で温度管理をするために、湯の中に遠心管を入れたが、その湯の温度を45分間一定になるようにお湯を足したり、湯が増えすぎたら冷えた湯を少し減らしたりを繰り返した点。

### 分かった点

- ・ 発酵に適した糖度：20%
- ・ 乳酸カルシウム水溶液への浸漬時間：最低60分（より長い方が膜の強化ができる）
- ・ 発酵に適した時間：45℃（恒温槽があれば）もしくは夏の外気温40℃
- ・ アルギン酸ナトリウム水溶液の濃度：1.0～2.5%程度（濃すぎると発酵に時間がかかる）
- ・ 再利用可能の有無：冷蔵保存で可能（一日一回保存容器のふたを開け酸素を補充する）

### もっと追究したい点

- ・ 今回の実験では市販のドライイーストを使用したけど、昨年作製した自家製天然酵母を用いてバイオリアクターを作製し、効率的なバイオエタノール製造についての探究を継続していきたい。
- ・ 今回の実験では市販の砂糖を使用したけど、白米を大根などの天然酵素で糖化し、残飯などからバイオエタノールを製造する方法を探究したい。

### 【講評】

実験から得られた結果を、グラフ等を用いて分かりやすくまとめており、バイオリアクターの作製及び発酵に係る条件を緻密に検討した優れた作品である。

# ナナフシの食事スタイルをひも解く

～エダナナフシとナナフシモドキにおけるエサの選び方と食べ方～

広島市立広島中等教育学校 第3学年 伊谷友佑

## 動機

以前、ナナフシとショウリョウバッタと一緒に飼っていた時、ナナフシがカヤを食べているのを確認した。ナナフシは樹上性の生き物で、おもに木の葉しか食べないといわれている。これらのことから、ナナフシの食事スタイルに興味を持ち、以下の2つの問題に取り組んだ。

- <1>ナナフシのエサの好みや量、食べる部位には規則性があるのだろうか。
- <2>ナナフシは何の植物を食べているのだろうか。

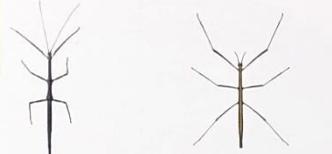
## 予想

### 実験1 ナナフシのエサの好みや量、食べる部位には規則性があるのだろうか。

- ①ススキなどの草本の葉と比べてサクラやコナラなど樹木の葉をよく食べ、両者ともサクラを好む。
- ②大きい個体や重い個体であればほどよく食べる。
- ③両種間の葉を食べる量の違いはあまりなく、食べる位置は先端の部分を好む。

### 実験2 ナナフシは何の植物を食べているのだろうか。

- ①数多くの植物を食べる。
- ②柔らかい落葉樹の葉を食べ、常緑樹の葉を食べることはない。



エダナナフシ ナナフシモドキ

## 実験1

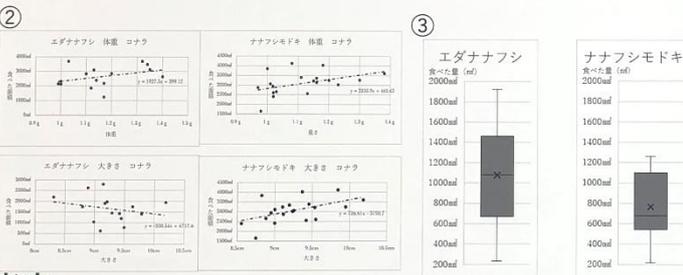
### 方法

ナナフシの食の好みを調べるため、2種類の植物の葉とナナフシ1匹をケースに入れ、どちらの葉をどのくらい食べたかを調べた。調べた植物はコナラ、サクラ、カヤである。調べた個体数はナナフシモドキ20匹、エダナナフシは15匹である。



### 結果

- ①ナナフシモドキはコナラをエダナナフシはサクラを多く食べた。
- ②両種とも、食べた量と個体の大きさ、重さは関係なかった。
- ③エダナナフシの方が多く食べ、先端の部分を食べていた。



### 考察

- ①種類単位でのみ好みが見られる。
- ②ナナフシの食べる量は生む卵の量と関係がある。
- ③・ナナフシモドキと比べエダナナフシの方が卵を産む量が多いからよく食べる？
  - ・先端の部分が柔らかいからよく食べる。
  - ・根本から食べると先端がちぎれて落ちるため、効率が悪い。

## 実験2

### 方法

ナナフシがどのような植物を食べるのか調べるため、1種類の植物と3匹のナナフシをケースに入れ、観察した。16種類の植物を対象に調べた。調べた植物の種類は エゴノキ、エノキ、カキ、コナラ、サクラ、ツツジ、ネムノキ、フジ、ツバキ、モクセイ、レッドロビン、ヒノキ、イタドリ、スイバ、ヨモギ、ヤマゴケである。



### 結果

- ・両種ともいろいろな植物を食べていた。
- ・エダナナフシのほうがナナフシモドキよりも多くの植物を食べていた。

	樹木												草本		コケ植物			
	落葉広葉樹						常緑広葉樹						針葉樹	ヒノキ	イタドリ	スイバ	ヨモギ	ヤマゴケ
	エゴノキ	エノキ	カキ	コナラ	サクラ	ツツジ	ネムノキ	フジ	ツバキ	モクセイ	レッドロビン							
エダナナフシ	○	○	○	○	○		○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○
ナナフシモドキ		○	○	○	○	○	○	○		○							○	○

### 考察

自然界ではさらに多くの植物を食べている。

## 結論

### 実験1 ナナフシのエサの好みや量、食べる部位には規則性があるのだろうか。

- ①ナナフシの種によってエサの好みは異なり、エダナナフシはサクラ、ナナフシモドキはコナラを好む。
- ②食べる量は個体の大きさや重さには関係がない。
- ③エダナナフシの方が多く食べ葉の先端から食べる。

自然界では食べ物による棲み分け（生活の似た生物が生存競争しないよう、食べ物を変えることで住む場所を分けること）を行っているのではないかと考えた。

### 実験2 ナナフシは何の植物を食べているのだろうか。

- ①両種ともいろいろな植物を食べている。
- ②落葉広葉樹だけでなく硬い針葉樹や常緑広葉樹も食べる。  
街路樹や公園、植林地よりも、雑木林など多様な植物があるところのほうが生息しやすいのではないかと考えた。

## 今後の展望

今回の研究からナナフシモドキやエダナナフシを飼育する際、効率の良いえさの量、与え方について知ることができた。また、ナナフシが好む植物についても知れたため、ナナフシを野外で発見した時、その周辺の自然環境を知るきっかけになるかもしれない。ほかの種類のナナフシについてもエサの好みや量、エサの食べ方なども調べてみたいと思う。また、上から食べるのは口の形状も関係しているのではないかと考えた。このことについても調べてみたい。

**【特選】 広島県科学賞委員会賞**

ナナフシの食事スタイルをひも解く

～エダナナフシとナナフシモドキにおけるエサの選び方と食べ方～  
(全国出品)

広島市立広島中等教育学校 第3学年 伊谷 友佑

**工夫した点**

- ・データに正確性を持たせるために、実験は15～20匹で行った。
- ・使った道具などなるべく同じ条件で実験する事で、比較しやすくした。
- ・特に、ナナフシの体力や、日々のストレスなども考えて、慎重に実験・飼育を行った。

**分かった点**

- ・ナナフシの食べる量は体重と体の大きさは関係なく、エダナナフシはサクラを好み、ナナフシモドキはコナラを好むということが分かった。
- ・エダナナフシの方が、ナナフシモドキよりも多く量を食べ、食べる事ができる植物の種類も多かった。
- ・ナナフシは葉の上の部分から食べることも分かった。

**もっと追究したい点**

- ・ナナフシはなぜ個体によって食べる量にばらつきがあるのか。
- ・ナナフシはなぜ上から葉を食べるのか。

**【講評】**

エダナナフシやナナフシモドキの食性に着目し、十分な数の個体を用いて何回も実験を重ね、得られたデータから客観的に考察して多くの気付きを得た優れた作品である。

# ココロギのフンの生物機能 II ~フンに含まれる細菌の能力と作用~

広島県立西条農業高等学校 佐々木 親之、上垣内 豪大、佐伯 晋之介

循環型バイオエコノミーの実現を目指したココロギ飼育で  
紙卵トレーとココロギのフンがゴミとして排出。



## これまでの研究

**土壌改良材の作成**

←細かく裁断  
毎日混ぜる→  
(2週間)

セルロース分解細菌の発見・単離

セルロース分解細菌  
菌1~菌16を発見・単離

**土壌改良材**

紙卵トレー  
ココロギのフン

## 土壌改良効果①

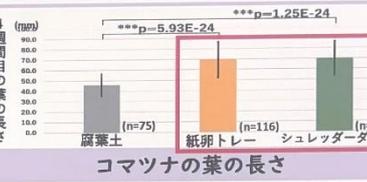
病害虫の被害減少効果!

腐葉土 被害 **多**

紙卵トレー 被害 **少**

## 土壌改良効果②

植物の成長促進効果!



**目的** 「病害虫の被害減少効果」と「植物の成長促進効果」が生じる原因を明らかにする。

### 効果①「病害虫の被害減少効果」はなぜ生じるのか?

ディスク拡散法

- 寒天培地に接種菌を塗抹
- セルロース分解細菌の培養液 (ろ過なしとろ過あり) をしみ込ませたろ紙を寒天培地の中心に置く

ろ過なし ろ過あり

接種菌を塗布した寒天培地の中心にろ紙を置く

接種菌  
酵母菌 (真菌)  
乳酸菌 (細菌)  
納豆菌 (細菌)

ImageJを使用  
培養 測定

セルロース分解細菌の培養液を作成  
ろ紙にしみこませる

ろ過について

ろ過なし 菌の広がり  
の面積

ろ過あり 阻止円の有無  
(ろ紙の周りの円)

### 細菌の広がり (ろ過なし)

接種菌に対して  
細菌が広がった!

接種菌  
に対して  
優勢な状態

菌14の乳酸菌に対する菌の広がり

細菌が広がった面積 (cm <sup>2</sup> )	酵母	乳酸菌	納豆菌
菌1	15.1	18.2	10.8
菌2	15.1	28.3	2.4
菌14	5.0	18.5	1.1
菌16	16.9	19.9	1.1
菌14単独での菌の広がり	0	0	0

実験5回の平均値 (各条件n=2×5)

### 阻止円の形成 (ろ過あり)

阻止円を形成した!!

接種菌  
の増殖を  
防いでいる

菌14の乳酸菌に対する阻止円

阻止円の面積 (cm <sup>2</sup> )	酵母	乳酸菌	納豆菌
菌1	1.8	1.3	2.8
菌2	1.6	1.8	1.7
菌14	1.9	2.4	1.2
菌16	1.5	2.5	1.1
蒸留水	0	0	0

実験3回の平均値 (各条件n=2×3)

### 効果②「植物の成長促進効果」はなぜ生じるのか?

アペナテスト (フン中の細菌がオーキシンを生成するか確認)

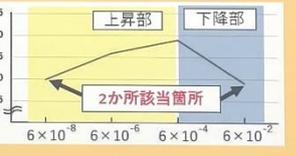
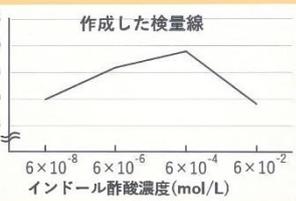
- 既知のインドール酢酸濃度 (10<sup>2</sup>、10<sup>4</sup>、10<sup>6</sup>、10<sup>8</sup>希釈) に幼葉鞘切片を1日浸して長さを測定し、検量線を作成
- マカラスムギ幼葉鞘の先端から5mm~25mmの20mm幼葉鞘切片使用
- セルラーゼ活性の高い細菌株 (菌1、菌14) の培養液をろ過したものを希釈
- ろ過・希釈した培養液に幼葉鞘切片を1日浸して長さを測定
- 検量線で定量

マカラスムギを播種後暗所で5日育てる

5mm 20mm

溶液中に浸す

↑切片を切る自作の道具 ↑幼葉鞘切片



### オーキシンを生成している!

菌1の幼葉鞘切片の長さ	菌14の幼葉鞘切片の長さ
希釈倍率 幼葉鞘長さ (mm)	希釈倍率 幼葉鞘長さ (mm)
1000倍 20.99	1000倍 20.71
10000倍 22.13	10000倍 22.06

培養液の10<sup>3</sup>倍希釈 (1000倍) から10<sup>4</sup>倍希釈 (10000倍) の間は伸びている

検量線の下降部を読み取ればよい

希釈前の培養液には  
6×10<sup>-1</sup>mol/L~6×10<sup>2</sup>mol/Lの  
インドール酢酸が含まれている!

## セルロース分解細菌の同定

セルロース分解能力が高い上位2細菌を同定

同定: 株式会社 生物技研 様 (16S rRNAのV1-V9領域)

菌1: *Bacillus velezensis* SA1  
バチルス・ベレゼンシス

菌14: *Bacillus amyloliquefaciens* SA14  
バチルス・アミロリケファシエンス

## バイオセーフティーレベル1

植物成長促進根圏細菌 (RGPR)

病害虫の被害減少効果	植物の成長促進効果
環状ポリペプチド分子を生成 →抗真菌	インドール酢酸生産能
抗生物質を生成 →抗細菌	リン可溶化能
殺虫成分を生成 →抗昆虫	無機栄養素を供給する
	低分子量代謝物や酵素を合成

## 考察

フンに含まれる細菌の生物機能 (一部) が明らかに

セルロース分解細菌  
植物成長促進根圏細菌

*Bacillus velezensis*  
*Bacillus amyloliquefaciens*

分解  
グルコース  
多糖高分子

紙卵トレーのセルロース

活性化

病害虫の被害減少効果  
実験結果より  
抗真菌・抗細菌作用を有する  
論文より  
抗生物質等を生成する

植物の成長促進効果  
実験結果より  
オーキシンを生成する  
論文より  
リン酸可溶化能等を有する

## 展望

農業資材の開発・実用化に向けて

- 細菌を添加した土壌改良材の作成
- 細菌単体を使用した農業資材の開発

栽培実験進行中!

生物農薬 + 成長促進

化学農薬・化学肥料の使用量削減

本研究の進行にあたり、国立研究開発法人産業技術総合研究所バイオ変換研究グループの管轄、香川大学農学部准教授松本由樹様には研究のご指導ご助言いただき厚く御礼申し上げます。さらに、株式会社AGROの廣プロジェクト様にはココロギの飼育に関するご助言をいただきました。農子工房like様からは紙卵トレーを、清原水産様からは電子顕微鏡を提供していただきました。ご協力いただき深く感謝申し上げます。なお、本研究は公益財団法人 中谷財団様の科学教育振興助成、公益財団法人マツダ財団様の研究費の支援を受けております。この場を借りてお礼申し上げます。

**【特選】** コオロギのフンの生物機能Ⅱ～フンに含まれる細菌の能力と作用～  
(全国出品)

広島県立西条農業高等学校

第2学年

佐々木 親之

第2学年

上垣内 豪大

第1学年

佐伯 晋之介

**工夫した点**

- ・病虫害の被害を減少させる土壌改良効果はなぜ生じるのかを確認する実験では実験結果の信憑性を高くするために、同じ実験を複数回行った。
- ・植物の成長を促進させる土壌改良効果はなぜ生じるのかを確認する実験では、細菌の影響ではなく、細菌が分泌する物質の効果を調べるために、ろ過フィルターを用いて細菌を取り除くことを工夫した。

**分かった点**

- ・セルロース分解細菌に抗真菌・抗細菌作用があることが分かった。この作用があることで病虫害の被害を減少させる土壌改良効果が生じたと考えた。
- ・セルロース分解細菌にオーキシン生成能力があることが分かった。この能力があることで植物の成長を促進させる土壌改良効果が生じたと考えた。
- ・2種の細菌が植物成長促進根圏細菌であることが分かった。

**もっと追究したい点**

- ・土壌改良効果が確認できた土壌改良材の細菌叢を調べ、同定した細菌がどのように関わっているか追究したい。
- ・短期間で作成でき、使用しやすい土壌改良材を作成したい。
- ・発見した細菌を使って病虫害の被害を減少させ、植物の成長を促進させる農業資材を開発し、化学農薬、化学肥料の削減に貢献したい。

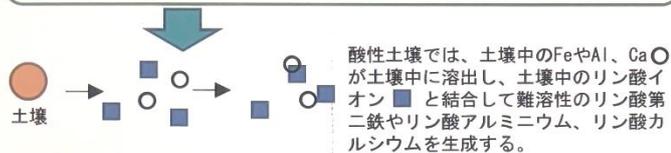
**【講評】**

コオロギのフンを用いた土壌改良剤の有用性の原因について検証を行った。循環型バイオエコノミーを目指し、実験結果の緻密な分析に基づいて実践的な利用可能性を高めた優れた作品である。

## 1 背景

広島県立西条農業高等学校園芸科 3年 鳳林琉生 上田怜空 原森孔希

リンPは、植物生産のために窒素N、カリKとともに最も必要な養分の1つ。集約的な農業などによりリンの消費量が増加し、リン鉱山の埋蔵量は枯渇の可能性がある。



リンの肥料の効果が低下するため、土壌中に固定されて蓄積している難溶性リンを効率的に利用することが必要。

- リン溶解菌 ...難溶性リンを溶解する能力をもつ菌
- 難溶性リン溶解能力の高い菌の利用
- ⇒リンの効率的な施用が可能に!

## 2 目的

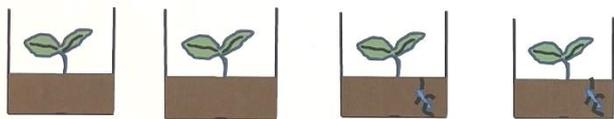
- ①リン溶解能力の高いリン溶解菌の選抜
- ②選抜したリン溶解菌が、植物の生育に与える影響の調査

## 3 研究方法及び結果

### 実験2 リン溶解菌の接種が植物の生育に及ぼす影響

選抜したリン溶解菌(柿11、ブドウ23)を土壌に接種し、リン欠乏条件下での植物の生育に与える影響を調査する。

○方法



完全区 (NPK)      リン酸Ca区 (N, Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, K)  
リン酸Ca + 柿11区 (N, Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, K)  
リン酸Ca + ブドウ23区 (N, Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, K)

①処理区ごとに肥料(N: 硫酸, P: 過リン酸石灰, K: 硫酸カリ)をそれぞれ 10 kg/10aで施肥し、滅菌した。リン欠乏条件の処理区として過リン酸石灰をCa<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>に置き換えたものを作成した。

②デントコーン種子を播種し、滅菌蒸留水60mLを添加した。※リン酸Ca+菌区には、Abs0.080となるように調整した滅菌蒸留水+リン溶解菌の溶液を60mL添加。

③室温で明期16h/暗期8hで栽培後、植物体の生育を測定した。

○結果

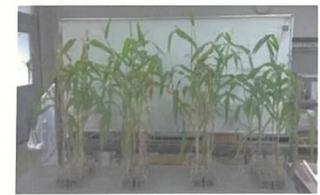
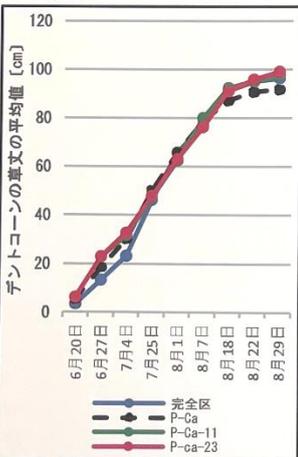
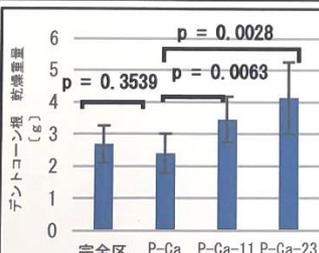
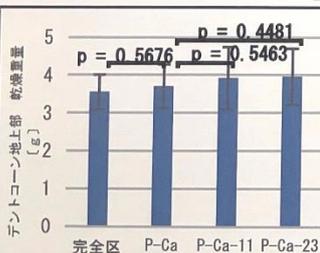
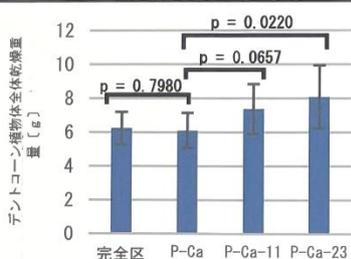
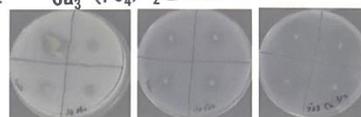


図 栽培実験のようす



### 実験1 リン溶解能力の高いリン溶解菌の選抜

身近な環境から全63株を単離し、NBRIP培地を用いて、難溶性リン溶解能の高いリン溶解菌を3株選抜した。



柿11      ブドウ22      ブドウ23

より速くを溶解できれば能力 高!

広島大学院統合生命科学研究科で選抜した有用菌の菌種同定

柿11 *Bacillus* sp. (*in:firmicutes*) Strain YJ-S-3

Score 2689bit 予想 0.0 identity 1456/1456 (100%) gap 0/1456 (0%) strand +/+

ブドウ22 *Ochrobactrum anthropic* strain E46b 16S

Score 2549bit 予想 0.0 identity 1382/1383 (99%) gap 0/1382 (0%) strand +/+

ブドウ23 *Ochrobactrum anthropic* strain (HBUMB94)

Score 2547bit 予想 0.0 identity 1381/1382 (99%) gap 0/1382 (0%) strand +/+

実験2で栽培した土壌の細菌叢を国立研究開発法人海洋研究開発機構 主任研究員の若井 暁様に解析していただいた。

(分析結果)

- ①リン酸Ca+柿11区⇒*Bacillus* 属  
リン酸Ca+23区⇒*Ochrobactrum* 属が顕著に多く検出された。
- ②リン溶解菌を接種した処理区  
⇒別属の微生物の相対存在比の増加・抑制が確認された。

### リン溶解菌の他属の細菌の抑制効果に注目

### 実験3 リン溶解菌が他の土壌微生物の生育に与える影響

他属の細菌として軟腐病菌 (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*) を選定し、軟腐病菌が抑制されるかを調査する。  
※本軟腐病菌は文部科学省ナショナルバイオリソースプロジェクトを介して、理研BRCから提供されたものである。

軟腐病菌

ブドウ23

●クロス培養法  
...2種類の菌株をクロスするように培養させ、細菌の生育に優位性が見られるかを確認する。



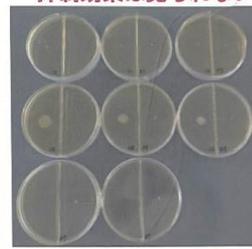
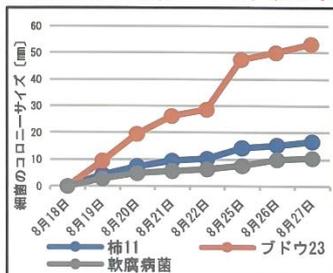
柿11 > 軟腐病菌

ブドウ23 > 軟腐病菌

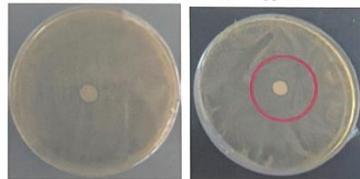
なぜリン溶解菌 > 軟腐病菌なのか? 生育速度? 分泌物 (液体・気体)?

●生育速度の調査⇒ブドウ23 大

●気体状分泌物の効果  
⇒抑制効果は見られない



●液体状分泌物の効果⇒柿11・ブドウ23に阻止円が形成



柿11  
⇒液体状分泌物  
ブドウ23  
⇒生育量、液体状分泌物で優位になる!

対照区 (液体LB培地)      柿11抽出物      ブドウ23抽出物

## 4 まとめ

- ①リン溶解菌により、根の生育を促進するとともに、難溶性リンを溶解し、植物の養分吸収を促進していることが分かった。
- ②リン溶解菌は、生育量や液体状の分泌物を放出して軟腐病菌を抑制しており、生物的防除効果の可能性が示唆された。

## 5 謝辞

本研究は、広島大学大学院統合生命科学研究科教授 上田晃弘様、国立研究開発法人海洋研究開発機構主任研究員の若井 暁様に多くの指導・助言をいただきました。

**【特選】 読売新聞社賞**

リン溶解能力の高いリン溶解菌の選抜とリン溶解菌の接種が植物の生育に与える影響

(全国出品)

広島県立西条農業高等学校 第3学年

鳶林 琉生  
上田 怜空  
原森 孔希

**工夫した点**

- ・細菌の難溶性リン溶解能力を検証する実験では、細菌の能力を、リン酸カルシウムを可溶化して透明になった部分の大きさを測定することで可視化した。
- ・リン溶解菌が植物に与える影響を検証する実験では、リンを難溶性リンに代えたり、土壌を滅菌したりする等条件を整えることを工夫した。

**分かった点**

- ・環境中から難溶性リンを溶解する能力を持つ細菌を見つけることができた。また、その細菌を土壌に添加することによって植物の地上部や根の生育を促した。
- ・さらに、植物病（軟腐病）の要因となる細菌に対して液体状の物質を出して、細菌の生育を抑制することが分かった。

**もっと追究したい点**

- ・難溶性リンをリン溶解菌が溶解することで、土壌中の植物が利用できるリンの量が増加することを、土壌分析をすることで明らかにしたい。また、今回見つけたリン溶解菌が他の植物病の由来となる細菌に対しても生育抑制効果が見られるのかを明らかにしたい。

**【講評】**

難溶性リン溶解能力が高い株を同定し、植物に与える影響、軟腐病菌に与える影響及びその原因について、様々な手法を用いて多角的に検討した優れた作品である。



【特選】古川のユスリカの群飛行動に関する研究  
～どうしてそこに集まるのか？群飛条件を探る～

(全国出品)

広島県立祇園北高等学校

第2学年

畑野 宗輝  
松友 結

三輪 慶太  
宮原 和志

工夫した点

- ① 野外観察を丁寧に行い、研究に適したユスリカの種類や研究場所を決めた。
- ② 仮説の検証方法として現地でできる実験方法を工夫した。群飛を物理的に移動させて反応を見る。群飛下方に色違いの板を置いて反応を比較する。扇風機の風速を連続的に変化させ群飛に適した風速を探る。光を当てて反応を調べる。
- ③ 群飛指標を特定する実験装置を自作し、装置内で群飛させることに成功した。

分かった点

- ① 群飛指標は、下方の輝度比が大きい暗色の物で、その上空で群飛する。
- ② 群飛には風も大切で、約 0.3～約 2.2m/s の遅い風速で群飛し、気流が乱れる場所に集まりやすい。
- ③ 群飛下への白板挿入や、下方から強光を当てると群が飛散することを発見した。

もっと追究したい点

- ① 群飛場所を交尾や産卵など繁殖戦略と合わせて研究する。
- ② 近縁のダンダラヒメユスリカやその他の種についても比較する。
- ③ 光の種類や強さによる行動への影響を模索中で、群飛を移動させる方法の開発につなげたい。

【講評】

素朴な疑問に基づき、野外における実験を繰り返し行うことでユスリカの群飛指標を明らかにし、人工的に作った装置内で群飛させることに成功するなどオリジナリティにあふれる優れた作品である。

第69回 日本学生科学賞  
入選1等

# 誰が誰だかわかる？ゼブラフィッシュの個体識別術

広島大学附属高等学校 第3学年 河野真穂 市川瑞季 宇根可純 長野コウ 指導教員：井上純一

## 背景と目的

ゼブラフィッシュは、モデル生物として幅広い分野の研究に用いられているが、他個体の識別方法については明らかになっていない。私たちは、ゼブラフィッシュが何をもとに他個体を識別しているのかを定量的に見出すことを目的として実験を進めている。

## 仮説

ゼブラフィッシュはしま模様や顔のパーツなど特定の部位から他個体を識別しているのではない。



## 実験1

- 【目的】ゼブラフィッシュがしま模様を認識していることを確認する。
- 【方法】4種類の模型を用意し、個体が模型をつついた回数を調べた。
- 【結果】

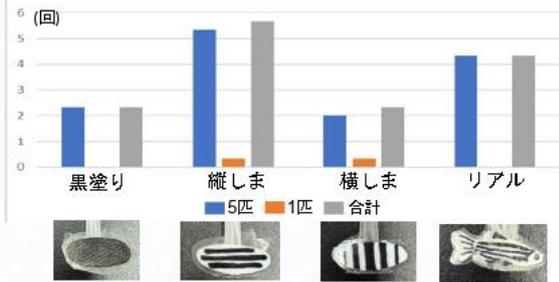


図1 模型をつついた回数 (平均値)

【考察】ゼブラフィッシュでは、適当な大きさの縦しま模様のある物体は接近すべき対象として認識されている。

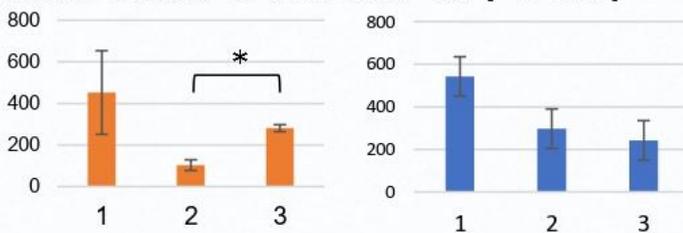
## 実験2

- 【目的】ゼブラフィッシュが他個体を識別できていることを確認する。
- 【方法】



図2 実験装置図

- 【結果】①水槽の上層での滞在時間 (秒) [\* : P<0.05]



- ②上層への移行回数 (回) [\* : P<0.05, \*\* : P<0.01]

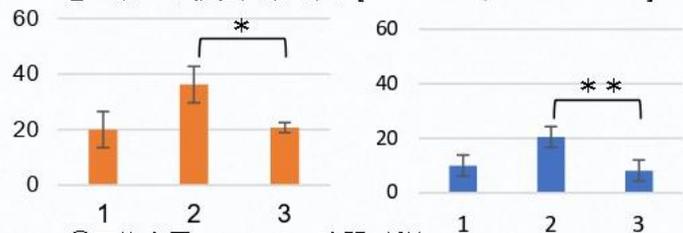


図3 オス (左) とメス (右) の結果 (平均値, N=8)  
 ※エラーバーは標準誤差 (SE) を示し、平均値の推定精度を表している。

## 【考察】

入れ替えた2匹を別の個体として捉えており、個体を識別できていると考えられる。

## 実験3

- 【目的】ゼブラフィッシュが他個体を識別する要因を検証する。
- 【方法】

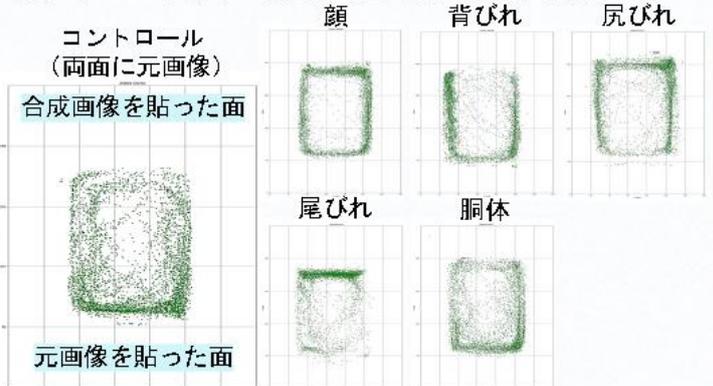


図4 実験装置図

撮影した映像をもとに機械学習を行いモデルの作成を行う。

## 【結果】

- ①オスにメスの体の一部を組み込んだ合成画像を提示



- ②メスにオスの体の一部を組み込んだ合成画像を提示

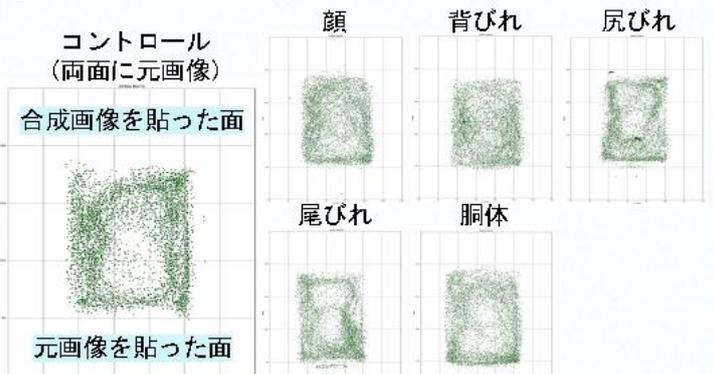


図5 各条件における個体の存在位置

## 【考察】

特定の部位が深く識別に影響していると考えられ、本実験では特に尾びれがより影響を与えている可能性があるといえる。

## 総括

- ゼブラフィッシュは、
- ①しま模様を認識している。
- ②各個体を識別でき、特定の部位が深く識別に影響している。

## 今後の展望

実験3において、合成動画を使うことでモデルを実際の魚の様子に近づけ、より具体的な識別方法を解明する。

## 引用・参考文献

- 吉田 伸之 (2017), 『魚だって考える キンギョの好奇心 ハゼの空間認知能』, 築地書館, 56~59.
- Masanori Kohda, et al. (2015), "Facial Recognition in a Group-Living Cichlid Fish", *PLoS ONE* 10(11):e0142552
- Allan V. Kaluff Adam Michael Stewart (2012), *Zebrafish Protocols for Neurobehavioral Research*, Human Press.
- Jonathan Cachat, et al. (2010), "Measuring behavioral and endocrine responses to novelty stress in adult zebrafish", *Nature*.
- 吉田 伸之 (2011), 「魚類における恐怖・不安行動とその定量的観察」, 『比較生理生化学』, 28巻4号, 320.

## 【科学賞委員会特別賞】 誰が誰だかわかる？ゼブラフィッシュの個体識別術

広島大学附属高等学校

第3学年

河野 真穂  
宇根 可純

市川 瑞季  
長野 コウ

### 工夫した点

- ・ 個体同士の識別を判断する時に、識別の基準を設けるのではなく、行動の違いに注目して識別しているか否かを判断したこと。
- ・ モデルや合成画像を自分たちで作成し、それらを用いて実験をしたことで、ゼブラフィッシュの視覚に焦点を当てて研究したこと。
- ・ 評価項目を設けて行動を数値化したとともに、機械学習やプログラミングを用いて客観的にデータを処理したこと。

### 分かった点

- ・ ゼブラフィッシュは個体同士を識別していること。
- ・ ゼブラフィッシュは特定の体の部位が個体識別に深く影響を与えている可能性があること。

### もっと追究したい点

- ・ 最も識別に関与している要素を、さらに具体的に明らかにする。
- ・ 今回の研究では合成画像を用いたが、合成動画を用いて実際のゼブラフィッシュの状態に近づけて実験を行う。
- ・ 雌雄による識別能力や方法の差があるのかどうかを調べる。

### 【講評】

日々の飼育、観察での気づきを基にゼブラフィッシュの個体識別能力に着目した。模型や合成画像、物体検出アルゴリズムを用いる等、実験方法に工夫が見られる優れた作品である。