



# 圧電素子を用いた力の測定による 衝撃吸収構造の研究

研究者 鈴木さくら 加藤林太郎 杉信悠 片桐悠愛  
指導者 安達 隆太  
伊那北高校 理数科 課題研究 物理3班

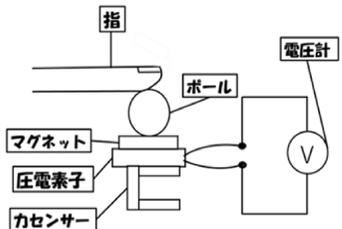
## 緒言

今日、身の回りの様々なところで衝撃を吸収する構造が使われている。しかし、横方向からの衝撃吸収性能については研究されていない。そこで、横方向からの衝撃吸収性能を研究することにした。

### 研究目的

画用紙を用いて衝撃を吸収する構造体(三角柱, 四角柱, 六角柱, 円柱)を作製し, それに力学台車を衝突させた際に生じる力を測定し, どのような形状が衝撃吸収率が一番大きいのかを明らかにすること。

## 実験1 手順と解析

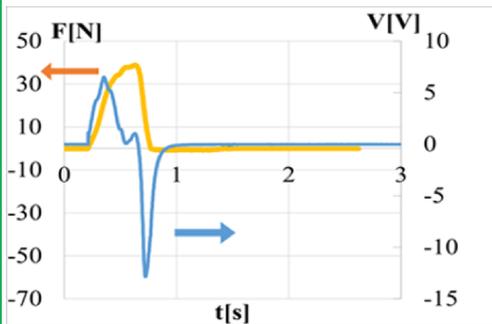


### 目的

圧電素子を使って衝撃の力を間接的に測定することができるかどうか, 明らかにすること。

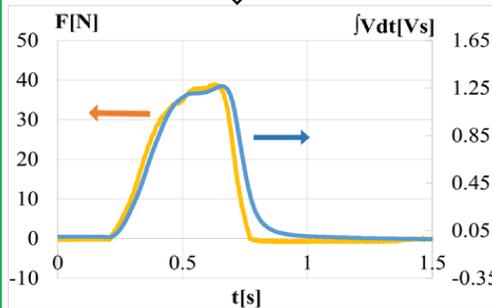
V-tグラフとF-tグラフを得る。

## 実験1 結果と考察



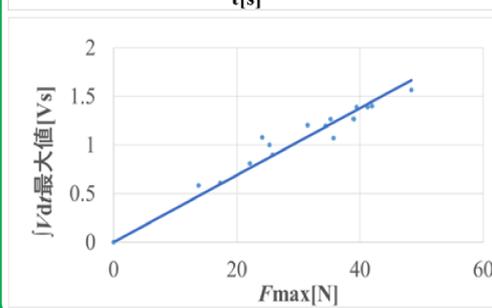
縦軸(左):カセンサーで測定した力縦軸(右):圧電素子で測定した電圧

電圧を時間で積分すれば, 加えた力に比例する信号を得ることができると考えた。



縦軸(左):カセンサーで測定した力, 縦軸(右):電圧の時間積分

∫Vdt-tグラフを用いてF-tグラフを間接的に表現することができると考えられる。



横軸:カセンサーで測定した力の最大値  
縦軸:圧電素子で測定した電圧の積分の最大値  
・  $y = 0.035x$  ( $r=0.97$ )の関係がある。  
・ 圧電素子で電圧を測定することにより, 圧電素子に加わる力を間接的に測定することができる。

## 実験2 手順と解析

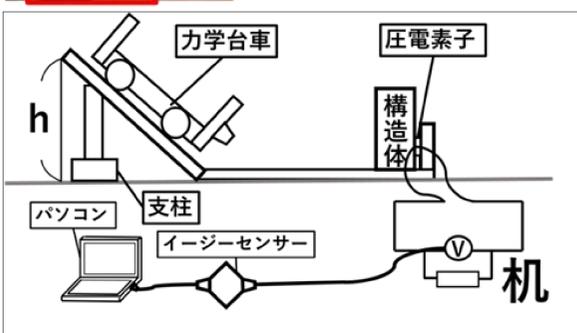


### 目的

どのような形状が一番衝撃を吸収するのか。

### 構造体

構造体の形状:高さ10 cmの円柱・三角柱・四角柱・六角柱, 一辺の長さ:2 cm, 3 cm(円柱は直径)



高さ  $h = \{15\text{cm}, 20\text{cm}, 30\text{cm}\}$  から力学台車を滑らせて構造体の側面に当て, 圧電素子でV-tグラフを得る。

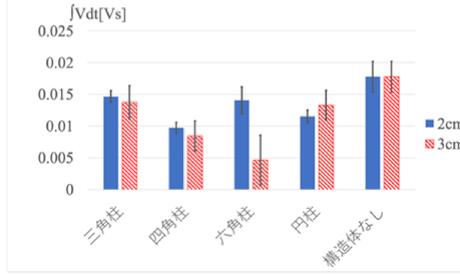
### データの処理方法

#### 吸収率の求め方

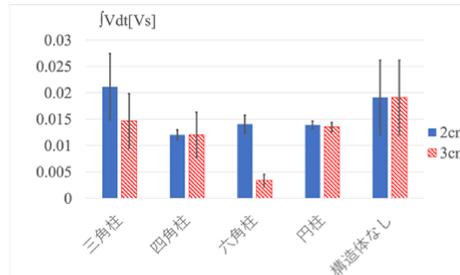
$$\text{吸収率} = 1 - \frac{F_{\text{max}}(\text{構造体あり})}{F_{\text{max}}(\text{構造体なし})} = 1 - \frac{k \int V dt_{\text{max}}(\text{構造体あり})}{k \int V dt_{\text{max}}(\text{構造体なし})}$$

と定義する。

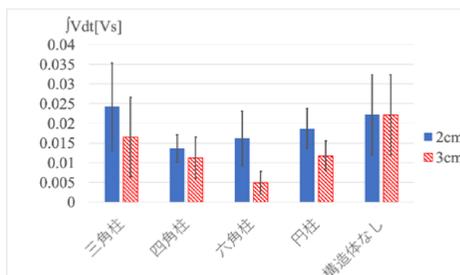
## 実験2 結果と考察



$h=15\text{cm}$  ( $p=1.1 \pm 0.2 \text{kgm/s}$ )  
衝撃吸収したも:四角柱(2cm,3cm),六角柱(3cm),円柱(2cm)



$h=20\text{cm}$  ( $p=1.5 \pm 0.1 \text{kgm/s}$ )  
衝撃吸収したも:六角柱(3cm)



$h=30\text{cm}$  ( $p=1.8 \pm 0.1 \text{kgm/s}$ )  
衝撃吸収したも:六角柱(3cm)

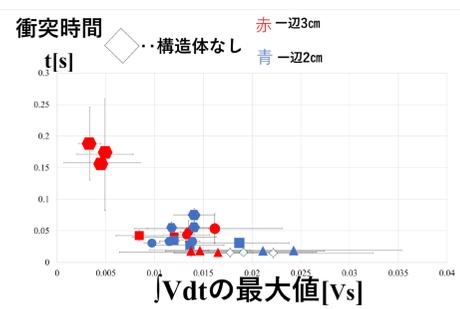
※エラーバー:測定値のばらつきは正規分布をすると仮定して標準偏差( $\sigma$ )を計算する。標準誤差は $3\sigma$ を用いる。

形状	一辺	高さ15cm	高さ20cm	高さ30cm
三角柱	2cm	×	×	×
	3cm	×	×	×
四角柱	2cm	0.55	×	×
	3cm	0.47	×	×
六角柱	2cm	×	×	×
	3cm	0.26	0.18	0.22
円柱	2cm	0.65	×	×
	3cm	×	×	×

×:構造体なしの時と比較して, ∫Vdtの最大値の値に有意な差がないもの  
数字:有意な差があるもので,  $\frac{\int V dt_{\text{max}}(\text{構造体あり})}{\int V dt_{\text{max}}(\text{構造体なし})}$

- ・ 一辺の長さが3 cmの六角柱の吸収率: $h = \{15 \text{ cm}, 20 \text{ cm}, 30 \text{ cm}\}$ でそれぞれ74%, 72%, 68%
- ・ 高さが15 cmの時, 四角柱(2 cm, 3 cm), 円柱(2 cm)でそれぞれ吸収率:四角柱45~53%, 円柱35%
- ・ 三角柱は衝撃を吸収しているとは言えない。

力学台車が衝突する時間から衝撃を吸収する効果が期待できるかどうか検証した。



横軸:∫Vdtの最大値  
縦軸:∫Vdt-tのグラフから得た衝突時間

- ・ 一辺の長さが3 cmの六角柱は, 他の構造体と比較して衝突時間が長い。
- ・ 衝突時間が構造体なしの場合と有意な差がある形状は四角柱と円柱である。
- ・ 四角柱と円柱にも衝撃吸収の効果を期待することができる。

## 結論

- ・ 圧電素子に生じる電圧を測定し, 電圧を時間積分することにより, 圧電素子に加わる力を間接的に測定することができた。
- ・ 一辺の長さが3 cmの六角柱が1番衝撃を吸収することが分かった。
- ・ 四角柱と円柱は 有意な力の変化は起こらなかったが, 衝突時間が長くなったことから, 衝撃を吸収している可能性はある。



# 有孔ボードの孔の形が吸音性能に及ぼす影響

伊那北高校 理数科 課題研究 物理2班

酒井悠悟 亀田直樹 濱野健太郎 今井伶 藤井彩華

指導教諭 北原勉

## 緒言

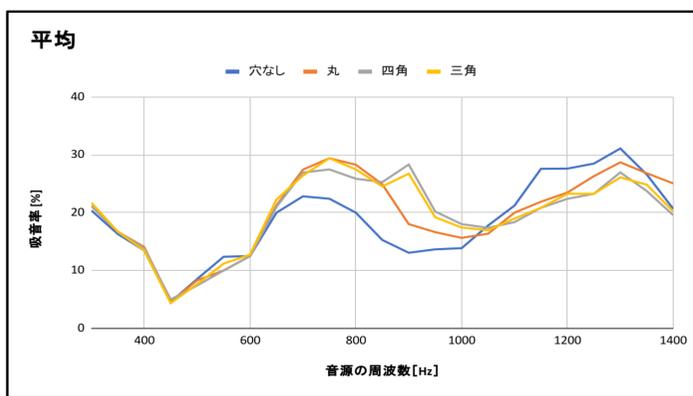
吸音を目的として使用されている有孔ボードの孔の形のほとんどは丸形である。そこで我々は孔の形を変えると、どのように吸音効果が変わるのかという疑問を持った。

先行研究を調べると丸以外の孔の形状に関する研究は行われていなかったため、本研究では孔の形状、特に四角形と三角形に着目して吸音性能を測定する実験を行った。

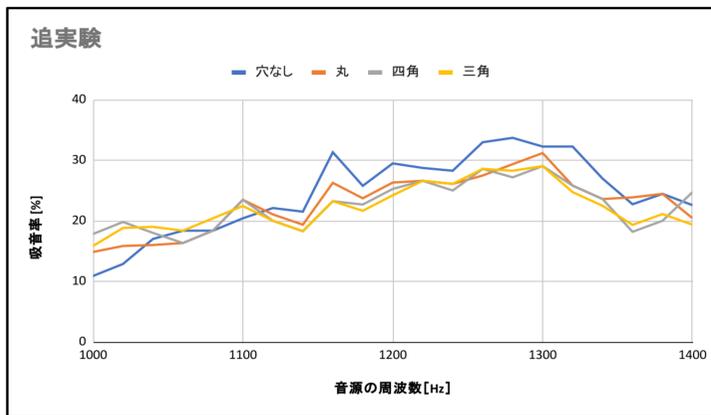
## 実験手順と解析

紙粘土を用いて、丸形の孔、三角形の孔、四角形の孔の有孔ボードと比較用に孔なしの壁を作る。そして300~1400Hzの音波を発生させ、音源から発生する音の音圧と有孔ボードに当たり跳ね返ってきた音の音圧を測定する。その後吸音率を求め、比較した。

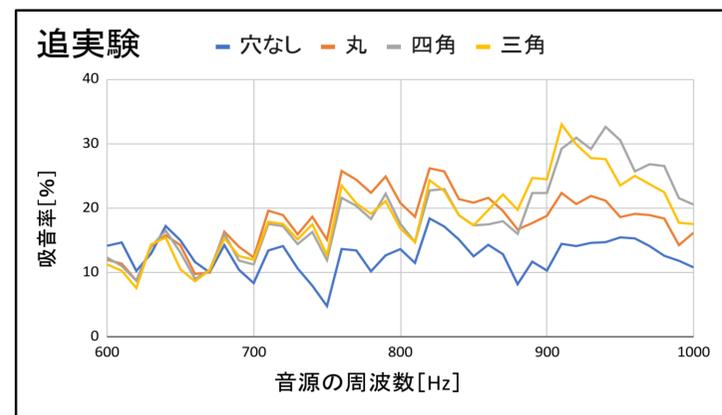
## 実験結果-1



300~870Hz、1050Hz以降では孔の形によって差がなく、870~1050Hzでは孔の形によって吸音率に差があった。また、1050~1400Hzの区間で孔なしの壁の吸音率が孔ありの吸音率を上回った。そこに着目し該当範囲に絞り20Hz刻みで追実験を行った。(下図)

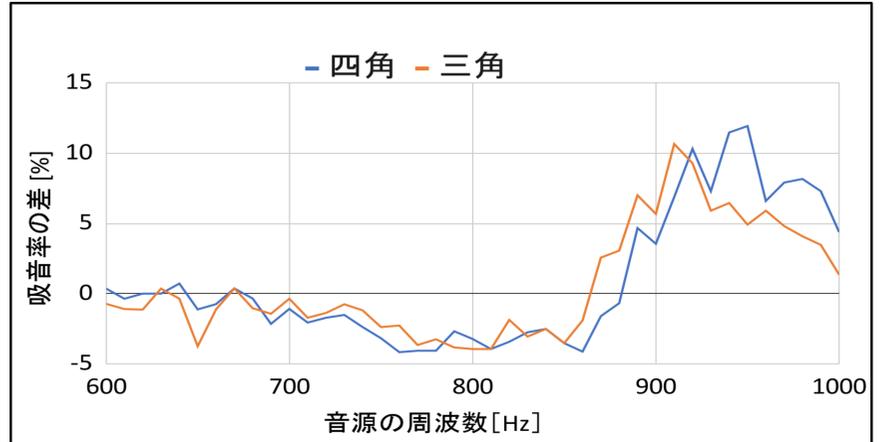


最初の実験と同じく、1050~1400Hzでは孔の形による吸音率の違いは見られず孔なし壁の吸音率が上回った。次に、最初の実験で吸音効果を大きく示した600Hz~1000Hzでの吸音効果を細かく調べるため10Hz刻みで追実験を行った。(下図)



どの孔の形でも700~1000Hzまで大きな吸音効果が見られた。870Hzまでは丸形が三角形や四角形に比べ特に大きい吸音効果を発揮したところは見られず、870Hzからは丸形と比べて四角形と三角形が大きな吸音効果を発揮した。

## 実験結果-2



三角形、四角形それぞれの吸音率から丸形の吸音率を引いた値を上グラフに示した。870Hzより大きい範囲では、四角形と三角形の方が丸形よりも吸音効果を発揮することが分かった。また、検定を行った結果600~860Hzの間では丸形と四角形・三角形の吸音率に有意な差が認められなかった。一方870~1000Hzの間では丸形と四角形・三角形の吸音率に有意な差が認められた。

## 考察

870~1000Hzの範囲で丸形より四角形・三角形の方が大きな吸音効果を発揮したことについて、次のように考察した。

・三角形、四角形は丸形に比べて周の長さが大きいため、それに伴う孔壁面の面積も大きい。

→音波と孔の壁面との接触面積が大きい

→音波と孔壁面との摩擦の量が増え、吸音の要因である摩擦粘性抵抗が増加する。

→吸音効果の向上に貢献した

・音による板の振動の一部が熱エネルギーに変わることによって音エネルギーが減衰するという吸音の原理もある

→三角形や四角形の板自体が丸形より振動しやすいのかもしれない。

## 今後の展望・課題

吸音効果の違いが孔壁面の面積の違いによるものなのか調べるため、孔壁面の面積をそろえて孔の形を変えて実験を行いたい。また、紙粘土そのものに吸音効果があったと考えられるため、孔の形だけによる吸音効果が分からなかった。そこで孔だけによる吸音効果を壁の素材に金属などの他の素材を用いて実験を行いたい。また、六角形や半円、V字など他の形ではどのような吸音性能になるのかもさらなる実験で調べてみたかった。

## 参考文献

「園田の賃貸では防音に力を入れています」「一級建築士試験対策室」「吸音の仕組みと吸音材料：防音の基礎知識2」「やさしい解説 さまざまな吸音率測定法」「遮音・吸音材料の性能評価に関する基礎的研究」「裏貼り材を有する穴あき板の吸音特性」「建築士になるまでに 音楽室の壁はなぜ穴だらけなのか」「Better Sound for Commercial Installations Part 1: Sound Basics」「コトバンク 吸音率」「音響パワーと音圧の関係」



# 葉原基刺激による多葉形成の検証

研究者 前田幸央 千野健人 柳澤律希

指導教員 古川知世 大石英一 倉石典広 登内美枝子

伊那北高校 理数科 課題研究 生物3班

## 緒言

クローバー(シロツメクサ)は三葉が一般的であるが、稀に多葉(四葉以上)になることが知られている。しかし、どのような過程を経て多葉になるかははっきりとは解明されていない。そこで本実験では、物理的な要因に着目し、物理的刺激によって多葉のクローバーを形成できるかを検証した。

## 実験方法

### ●実験1

プランターをA群、B群、C群に分け、種子をまき、目視できる程度(約1mm)に成長した葉原基に以下の処理を行った。

- A 針で原基をつつく(貫通処理)
- B 原基を指でつぶす(圧迫処理)
- C 何もしない(コントロール)

処理後そのまま経過観察を行った。

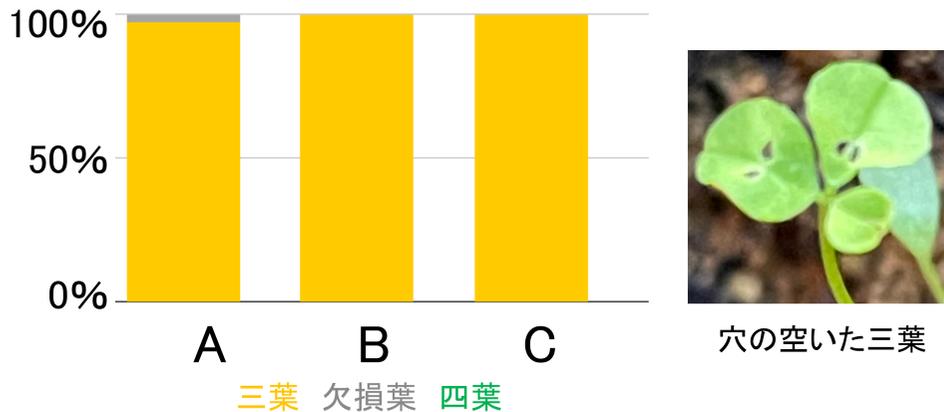
### ●実験2

クローバーを水耕栽培で栽培し、双眼実体顕微鏡下で葉原基のある個体(約0.5mm)を厳選して、以下の処理を行った。

- D 注射針で葉原基を取り除く(切除処理)
- E 何もしない(コントロール)

処理後プランターに植え替え、経過観察を行った。

## 実験1の結果と考察



### ●結果

四葉のクローバーの観察はできなかったが、穴の空いた、もしくは葉の一部が欠損した三葉のクローバーが確認された。

### ●考察

処理による損傷が修復されなかったことから、実験1を行った段階では、既に原基が三葉に分化してしまっていたと考えられる。

そこで、葉原基が三葉に分化する前に処理を行うべく、顕微鏡下で実験2を行うことにした。

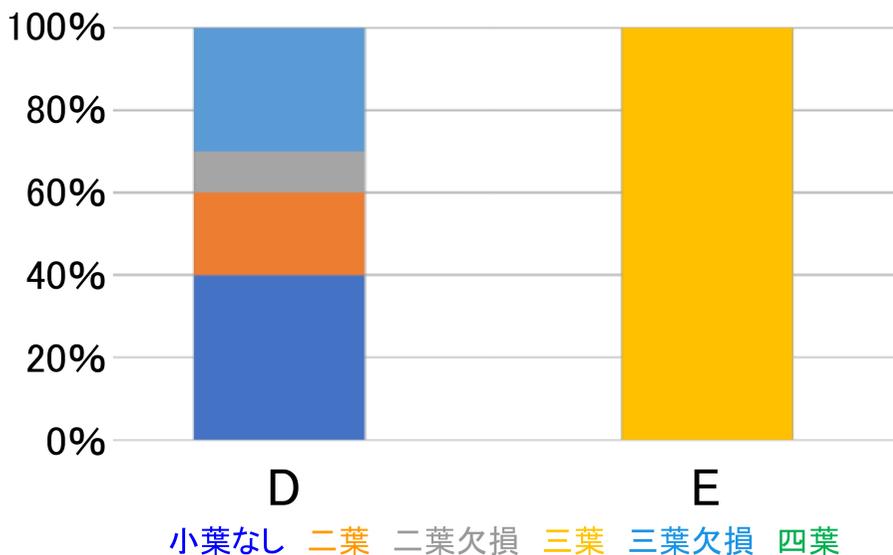
## 実験2の結果と考察

### ●結果

四葉のクローバーは確認できなかったが、葉のついていない茎柄のみの個体や、葉の形状が通常と異なる三葉が確認された。

### ●考察

実験1よりも大幅な欠損が見られたことから、切除処理は小葉形成に大きな影響を与えることがわかった。しかし、小葉の無い茎柄や欠損のある小葉が確認されたことから、修復は行われなかったことがわかる。以上のことから、本実験で用いた器具で処理可能な時期での多葉形成は難しいと考える。



通常と異なるクローバー



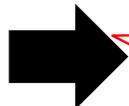
葉柄のみのクローバー

## 実験2追加考察

D群の経過観察において、のちに四葉ができやすい三葉が確認された。このことから、物理刺激によって四葉が形成される可能性が示唆された。



## 結論と展望



長期的なストレス



本実験より、一度のストレスでなく、複数回のストレスを受けることで、多葉形成が引き起こされている可能性が示された。今後は、長期的なストレスでの多葉形成の可能性を探っていきたい。



# クモの糸における色変化の原因

石嶋岳 唐木涼羽 宮下玲 指導教員 丸山結衣

伊那北高校 理数科 課題研究 生物2班

## 緒言

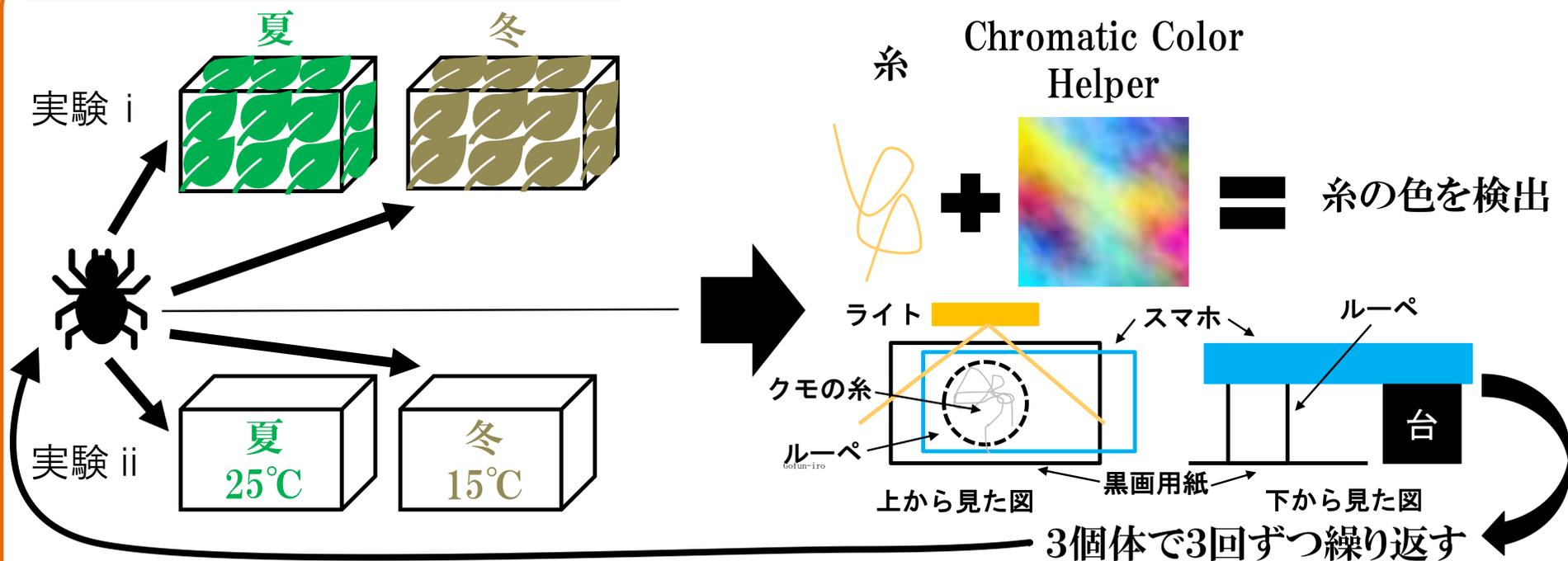
### 【はじめに】

身の回りには様々な生き物がいるが、その中でもクモという生物はとても不思議な生物である。その糸に着目し情報を収集していく中で、クモの糸の色は季節によって変化するという事実を発見した。しかし、その原因はまだ解明されていない。そこで、ジョロウグモがどのように環境変化を感知しているのかを探ることを目的として、糸の季節による色変化の原因を解明することにした。

### 【ジョロウグモ】

腹部に黄色と暗青色の縞模様のある大きなクモ。9月から11月に多く見られる。人家周辺から山間部のいたるところに生息し、目の細かい円網を張る。秋口から初冬にかけてジョロウグモはクモの中でも特に強い黄色の糸を紡ぐ。視力はとても弱く、巣にかかったエサでさえ自らの目でとらえることはできない。ハエトリグモは色を識別できることが分かっている一方、ジョロウグモでどうかは分かっていない。また、聴力はないが、足の毛によって巣に加わった振動を感知している。

## 実験手順と解析



### 【実験 i】

1. ジョロウグモを緑の葉（夏）、または枯れ葉（秋）で覆った水槽の中に入れる。

2. 糸を採取し、図のように器具を設置した後、糸の色をスマートフォンアプリ（Chromatic Color Helper）で読み取り、RGB（色コード）を記録する。

### 【実験 ii】

1. ジョロウグモが入った水槽を、25°C（伊那市8月の平均気温）、または15°C（伊那市11月の平均気温）に設定した恒温機の中に入れる。

3. 1~2を3個体で3回ずつ行う。

## 実験結果

【実験 i】 “夏” 個体1	Beige×3
【実験 i】 “夏” 個体2	Ivory×1
【実験 i】 “夏” 個体3	Suna-iro×1
【実験 i】 “秋” 個体1	Snow white×1
【実験 i】 “秋” 個体2	Ivory×1
【実験 i】 “秋” 個体3	Ivory×1, Snow white×1
【実験 ii】 “夏” 個体1	Snow white×2
【実験 ii】 “夏” 個体2	Snow white×1
【実験 ii】 “夏” 個体3	Cream yellow×1, Snow white×1
【実験 ii】 “秋” 個体1	Gofun-iro×1, Snow white×1
【実験 ii】 “秋” 個体2	Hiwa-iro×1, Beige×1
【実験 ii】 “秋” 個体3	Gofun-iro×2, Ivory×1

## 考察

葉の色の变化ではなく、気温の変化によって糸が黄変したため、黄変の原因は視覚ではなく、気温の変化の可能性が高いと考えられる。これはジョロウグモの視力と聴力が低いため、周囲の環境変化を視覚または聴覚でとらえることができず、季節の変化は気温の低下以外で感じ取れないからであると考えられる。

しかし、実験 i で黄変した糸の色は、実験 ii で黄変した糸よりも白色に近い黄色になっている。葉で水槽を覆うことによって、クモが受け取る光量が減ることから、光量も黄変の原因と何らかの関連があるかもしれない。このことはジョロウグモの色覚があるかどうか、そして光の強さを感知できるかどうかとも関係するだろうが、この研究では明らかにならなかった。

## 結論

ジョロウグモの糸の黄変の原因は気温の変化である可能性が高いが、光量との関連は明らかにならなかった。また本実験の開始は晩秋であり、用いたクモの個体数が少なく、十分な実験を行う前に死んでしまったため、データの信憑性が落ちることは否めない。



# 加工でん粉のエステル化の手法を寒天に応用する

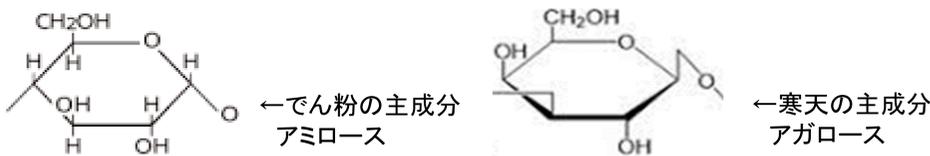
伊那北高校 理数科 課題研究 化学班

研究者 伊藤天優 牛丸明音 北澤凜太郎 山口晃史朗

指導教諭 伊東淳

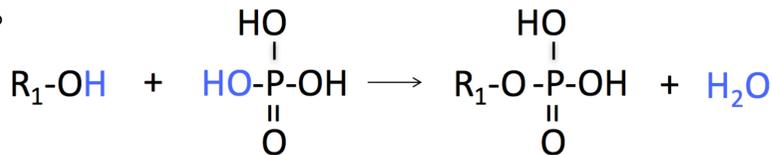
## はじめに

寒天は私たちの生活に身近なものになっており、食品のみならず医療や美容など様々な分野で活躍している。私たちはそんな寒天がでん粉と同じ「糖」に分類されることを知った。また、構造に注目してみると、でん粉の主成分アミロースと寒天の主成分アガロースが似ていることに気が付いた。そのため、既に存在しているでん粉の加工法(エステル化)を用いることで、新たな寒天を作り出すことが可能なのではないかと考えた。



## エステル化とは

酸とアルコールを脱水縮合して化合物を生成する方法である。今回の実験で用いるモノでん粉リン酸エステルでは、無機酸であるリン酸とでん粉のアルコール性水酸基が脱水結合して起こる。特にそのエステル化によりできた化合物をリン酸エステルと呼ぶ。



## 目的

寒天にエステル化を起し、物性を変化させることが可能か検証する。

## 実験

実験は大きく分けて2つ行った。

**実験 I** : 学校の設備を用い、トウモロコシでん粉のエステル化生成の手順を完了することが可能かどうか、エステル化は起こるのか、その場合物性はどうか調べる。

**実験 II (A・B)** : トウモロコシでん粉を寒天に変えた場合、エステル化は起こるのか、その場合物性はどうか調べる。

## 実験 I トウモロコシでん粉のエステル化実験

### 実験方法



モノでん粉リン酸エステルの加工方法を使用した。(以下の☆は実験の変更箇所と変更点を示す。)

- ☆② 実験書にpH調節の方法が記載されていなかったため炭酸水素ナトリウムを利用。
- ☆⑤ 実験書ではロータリーエバポレーターを利用しようとの記載があったが、ホットスターラーと真空ポンプで代用。

## 結果

トウモロコシでん粉※	エステル化実験前	エステル化実験後
粘度(mPa・s)	13.5	32
色	白濁	無色透明
BTB	淡い緑	青
IR	変化なし	

※水125mlに対して、実験前後共にでん粉1g溶かした水溶液で測定した。

## 考察

- ・粘度の上昇はα化(糊化)が起こった可能性がある。
- ・IRの測定結果からエステル化の可能性は低い。

## 結論

- ・学校の設備を用いてエステル化の手順を踏むことは可能。
- ・エステル化の可能性は低いですが、物性の変化を確かめることができた。

## 実験 II (A・B) 寒天のエステル化実験

### 実験 II -A実験方法:

- トウモロコシでん粉を寒天に置き換え、実験 I の手順を踏む。
- ☆④ 手順③で寒天が膨潤してろ別ができなかったため、ろ別の手順を省略した。
- ☆⑥ 無水エチルアルコールで洗浄する予定だったが、目的の物質が膨潤したため洗浄ができないと判断し手順を省略した。

### 実験 II -A結果

寒天※	エステル化実験前	エステル化実験後
強度(g/cm <sup>2</sup> )	255.7	6.7
色	白濁	無色透明
水分量(%)	16.69	29.12
融点(°C)	85	63
IR	1050~1100cm <sup>-1</sup> にピークが現れる	

※水125mlに対して実験前後共に寒天1g溶かした水溶液にし、それを固めゲル状にして強度・色・融点を測定した。また、水分量とIRについては粉末状のものを用い、比較した。強度は2回測定した値の平均値である。

### 実験 II -A考察:

IRでのピークの変化は以下のいずれかであると考えられる。

- ① エステル化(1025~1100cm<sup>-1</sup>)
  - ② エーテル化(1080~1150cm<sup>-1</sup>)
  - ③ リン酸結合(1100~1300cm<sup>-1</sup>)
- (カッコ内の数字はその化学結合が現れるIRでのピークの範囲を表す。)

物質の化学結合が測定できる機器はIR以外用いていないため

①②③のいずれかと断定することはできなかった。

実験 II -Aでは実験過程を省略、変更した部分が多かったため手順をすべて踏むことができるよう実験 II -Bを実施した。

### 実験 II -B実験方法:

- ☆② pH調節で炭酸水素ナトリウムを用いなかった。pH調節するのはpHが変化しにくい緩衝液のリン酸ナトリウム水溶液である。そのため、pH調節はうまくできないと指摘を受けたためである。ゆえに、pH調節は①の時点で完了していたと考えた。
- ☆③ 寒天の粒子を乳鉢で細かくしてから手順をふんだ。→ろ過が可能になり、全ての手順をふむことができた。
- ☆⑥ アルコール洗浄を行うものを行わないものでわけた。実験 II -AのIRの結果から、アルコール洗浄でエーテル化が起きることやリン酸結合が流れてしまうことを考えたためである。

### 実験 II -B結果

寒天	エステル化実験前	アルコール洗浄なし	アルコール洗浄あり
強度(g/cm <sup>2</sup> )	255.7	1.9	10.5
色	白濁	橙色	無色透明
水分量(%)	16.69	8.53	18.21
IR (エステル化実験前の寒天との比較)	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1100~1150cm<sup>-1</sup>にピークが現れる</li> <li>・1650, 3300cm<sup>-1</sup>のピークが消える</li> </ul>	
		変化なし	

### 実験 II -B考察:

IRでアルコール洗浄の有無により、ピークの違いが見られた。

- ・エーテル化は熱+アルコール+触媒でおこる反応である。そのため、エーテル化が起こっていたとは考えにくい。
- ・アルコール洗浄でリン酸結合やエステル化等の化学結合が流れることはない。

したがって、不純物を取り除くためのアルコール洗浄の過程が、実験結果に何らかの影響を起していると考えられる。

よって、アルコール洗浄がでん粉で行う場合では影響を起さず、寒天で行う場合では影響を起さずかもしれないという新たな可能性が浮かんできた。

### 実験 II 結論:

エステル化が起こっているかは判断できなかったが、実験 II (A・B)の結果から寒天の物性の変化を見ることはできた。

## 結論

実験 I のモノでん粉リン酸エステルの加工方法を寒天に応用することで、物性の変化が現れ、エステル化が起こった可能性はある。しかしそれを確認することはできなかった。



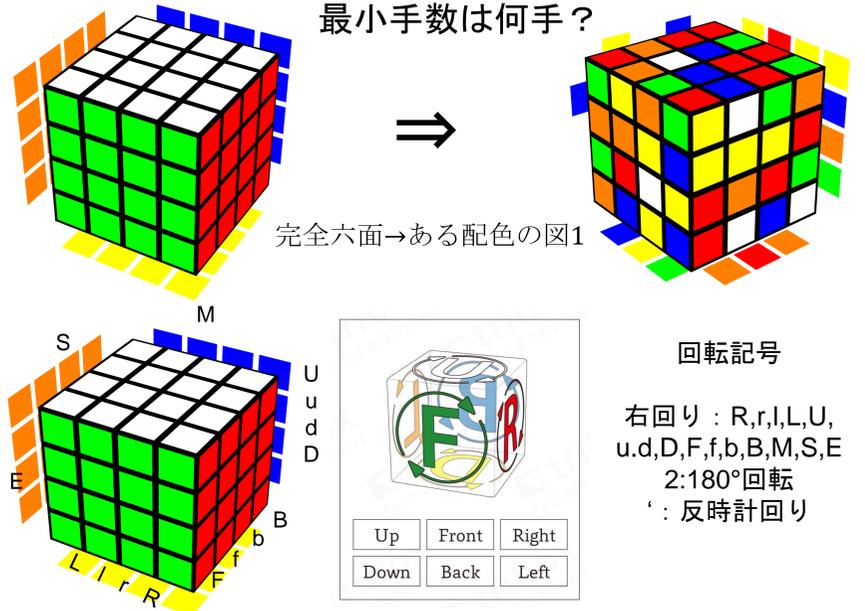
# ルービックキューブ「神の数字」

竹内 諒太、大脇 蒔人、小松 倫也、中村 和希 指導者 武田 光典  
伊那北高校 理数科 課題研究 数学班

## 緒言

最も効率的にルービックキューブを解くアルゴリズムにおいて、最も手数がかかるとき、その手数を最小手数、また「神の数字」という。3x3x3ルービックキューブの最小手数は20手であることが知られているが4x4x4のルービックキューブ(以降RC(4))では最小手数はわかっていない。今回の研究ではRC(4)の最小手数が何手であるかを3個の方法から求めようとした。研究①：ルービックキューブの組み合わせ数を用いて最小手数を表す 研究②：計算量理論を用いた解くことが不可能であることの証明 研究③：プログラミングを用いて最小手数を求める

また以降RC(4)において最小手数を求めるとき、右図1のように完成された配色からある配色になる時の手数を考える。RC(4)の回転記号は右図のようである。



## 実験方法

- ・ n手における配色のパターンの和を数式で表す→RC(4)の総通りに達した時のn手が最小手数
- ・ プログラミングによって28手ですべての配色になるのかを検証する
- ・ 計算量理論を用いて最小手数を求めるアルゴリズムは計算不可能であることを示す

## 組み合わせ数と最小手数

RC(4)の組み合わせの総通りが約 $7.4 \times 10^{45}$ と判明している。このことを利用して、最小手数を求める。下記の表の太字・下線が付されているものは、2手であると確かめられたものである。3手目以降ではそれぞれの場合に対して上記の表で調べた場合の数が考えられるのでそれぞれの数の累乗で表せる。

例) R',L(2手)→M'(1手) : 1手で表すことができる  
R,r(2手)→確実に2手を要さないといけない

【表2】組み合わせとその手数

R系統	R2系統	R'系統	r系統	r2系統	r'系統	Rw系統	Rw2系統	Rw'系統
R r	Rw	R r	Rw	R r	Rw	Rw	Rw	Rw
R2 r2	2	R2 r2	2	R2 r2	2	2	2	2
R' r'	Rw'	R' r'	Rw'	R' r'	Rw'	Rw'	Rw'	Rw'
L l	Lw	L l	Lw	L l	Lw	Lw	Lw	Lw
L2 l2	Lw2	L2 l2	Lw2	L2 l2	Lw2	Lw2	Lw2	Lw2
L' l'	Lw'	L' l'	Lw'	L' l'	Lw'	Lw'	Lw'	Lw'
M E S	M E S	M E S	M E S	M E S	M E S	M E S	M E S	M E S
M2 E2 S2								
M' E' S'								
2手 1手								
17 10	17 10	17 10	15 3	15 3	15 3	13 5	12 6	11 7

M系統	M2系統	M'系統
R r	Rw	R r
R2 r2	Rw2	R2 r2
R' r'	Rw'	R' r'
L l	Lw	L l
L2 l2	Lw2	L2 l2
L' l'	Lw'	L' l'
M E S	M E S	M E S
M2 E2 S2	M2 E2 S2	M2 E2 S2
M' E' S'	M' E' S'	M' E' S'
2手 1手	2手 1手	2手 1手
12 7	14 7	12 7

第n手動かしたときに考えられる場合の数の和が組み合わせの総通りに達したとき、その時のnが最小手数となる。よって計算するとn=28手であった。しかし今回の研究では重複を完全に省くことが出来なかったため $n \geq 28$ 手する。

## プログラミング

組み合わせ数から求められた28手が本当に最小手数であるのかをプログラミングを用いて検証する。RC(4)の各ブロックの面それぞれに数字を振り、各々の回転が行われたとき数字を正しい場所に移動させる。1~28手で組み合わせの総通りに達すればよい

```

Declare PtrGate Sub Sleep Lib "kernel32" (ByVal milliseconds As Long)
Dim m As Integer, n As Integer, i As Integer, j As Integer, k As Integer, l As Integer, m As Integer, n As Integer, o As Integer, p As Integer, q As Integer, r As Integer, s As Integer, t As Integer, u As Integer, v As Integer, w As Integer, x As Integer, y As Integer, z As Integer, aa As Integer, ab As Integer, ac As Integer, ad As Integer, ae As Integer, af As Integer, ag As Integer, ah As Integer, ai As Integer, aj As Integer, ak As Integer, al As Integer, am As Integer, an As Integer, ao As Integer, ap As Integer, aq As Integer, ar As Integer, as As Integer, at As Integer, au As Integer, av As Integer, aw As Integer, ax As Integer, ay As Integer, az As Integer, ba As Integer, bb As Integer, bc As Integer, bd As Integer, be As Integer, bf As Integer, bg As Integer, bh As Integer, bi As Integer, bj As Integer, bk As Integer, bl As Integer, bm As Integer, bn As Integer, bo As Integer, bp As Integer, bq As Integer, br As Integer, bs As Integer, bt As Integer, bu As Integer, bv As Integer, bw As Integer, bx As Integer, by As Integer, bz As Integer, ca As Integer, cb As Integer, cc As Integer, cd As Integer, ce As Integer, cf As Integer, cg As Integer, ch As Integer, ci As Integer, cj As Integer, ck As Integer, cl As Integer, cm As Integer, cn As Integer, co As Integer, cp As Integer, cq As Integer, cr As Integer, cs As Integer, ct As Integer, cu As Integer, cv As Integer, cw As Integer, cx As Integer, cy As Integer, cz As Integer, da As Integer, db As Integer, dc As Integer, dd As Integer, de As Integer, df As Integer, dg As Integer, dh As Integer, di As Integer, dj As Integer, dk As Integer, dl As Integer, dm As Integer, dn As Integer, do As Integer, dp As Integer, dq As Integer, dr As Integer, ds As Integer, dt As Integer, du As Integer, dv As Integer, dw As Integer, dx As Integer, dy As Integer, dz As Integer, ea As Integer, eb As Integer, ec As Integer, ed As Integer, ee As Integer, ef As Integer, eg As Integer, eh As Integer, ei As Integer, ej As Integer, ek As Integer, el As Integer, em As Integer, en As Integer, eo As Integer, ep As Integer, eq As Integer, er As Integer, es As Integer, et As Integer, eu As Integer, ev As Integer, ew As Integer, ex As Integer, ey As Integer, ez As Integer, fa As Integer, fb As Integer, fc As Integer, fd As Integer, fe As Integer, ff As Integer, fg As Integer, fh As Integer, fi As Integer, fj As Integer, fk As Integer, fl As Integer, fm As Integer, fn As Integer, fo As Integer, fp As Integer, fq As Integer, fr As Integer, fs As Integer, ft As Integer, fu As Integer, fv As Integer, fw As Integer, fx As Integer, fy As Integer, fz As Integer, ga As Integer, gb As Integer, gc As Integer, gd As Integer, ge As Integer, gf As Integer, gg As Integer, gh As Integer, gi As Integer, gj As Integer, gk As Integer, gl As Integer, gm As Integer, gn As Integer, go As Integer, gp As Integer, gq As Integer, gr As Integer, gs As Integer, gt As Integer, gu As Integer, gv As Integer, gw As Integer, gx As Integer, gy As Integer, gz As Integer, ha As Integer, hb As Integer, hc As Integer, hd As Integer, he As Integer, hf As Integer, hg As Integer, hh As Integer, hi As Integer, hj As Integer, hk As Integer, hl As Integer, hm As Integer, hn As Integer, ho As Integer, hp As Integer, hq As Integer, hr As Integer, hs As Integer, ht As Integer, hu As Integer, hv As Integer, hw As Integer, hx As Integer, hy As Integer, hz As Integer, ia As Integer, ib As Integer, ic As Integer, id As Integer, ie As Integer, if As Integer, ig As Integer, ih As Integer, ii As Integer, ij As Integer, ik As Integer, il As Integer, im As Integer, in As Integer, io As Integer, ip As Integer, iq As Integer, ir As Integer, is As Integer, it As Integer, iu As Integer, iv As Integer, iw As Integer, ix As Integer, iy As Integer, iz As Integer, ja As Integer, jb As Integer, jc As Integer, jd As Integer, je As Integer, jf As Integer, jg As Integer, jh As Integer, ji As Integer, jj As Integer, jk As Integer, jl As Integer, jm As Integer, jn As Integer, jo As Integer, jp As Integer, jq As Integer, jr As Integer, js As Integer, jt As Integer, ju As Integer, jv As Integer, jw As Integer, jx As Integer, jy As Integer, jz As Integer, ka As Integer, kb As Integer, kc As Integer, kd As Integer, ke As Integer, kf As Integer, kg As Integer, kh As Integer, ki As Integer, kj As Integer, kl As Integer, km As Integer, kn As Integer, ko As Integer, kp As Integer, kq As Integer, kr As Integer, ks As Integer, kt As Integer, ku As Integer, kv As Integer, kw As Integer, kx As Integer, ky As Integer, kz As Integer, la As Integer, lb As Integer, lc As Integer, ld As Integer, le As Integer, lf As Integer, lg As Integer, lh As Integer, li As Integer, lj As Integer, lk As Integer, ll As Integer, lm As Integer, ln As Integer, lo As Integer, lp As Integer, lq As Integer, lr As Integer, ls As Integer, lt As Integer, lu As Integer, lv As Integer, lw As Integer, lx As Integer, ly As Integer, lz As Integer, ma As Integer, mb As Integer, mc As Integer, md As Integer, me As Integer, mf As Integer, mg As Integer, mh As Integer, mi As Integer, mj As Integer, mk As Integer, ml As Integer, mn As Integer, mo As Integer, mp As Integer, mq As Integer, mr As Integer, ms As Integer, mt As Integer, mu As Integer, mv As Integer, mw As Integer, mx As Integer, my As Integer, mz As Integer, na As Integer, nb As Integer, nc As Integer, nd As Integer, ne As Integer, nf As Integer, ng As Integer, nh As Integer, ni As Integer, nj As Integer, nk As Integer, nl As Integer, nm As Integer, no As Integer, np As Integer, nq As Integer, nr As Integer, ns As Integer, nt As Integer, nu As Integer, nv As Integer, nw As Integer, nx As Integer, ny As Integer, nz As Integer, oa As Integer, ob As Integer, oc As Integer, od As Integer, oe As Integer, of As Integer, og As Integer, oh As Integer, oi As Integer, oj As Integer, ok As Integer, ol As Integer, om As Integer, on As Integer, oo As Integer, op As Integer, oq As Integer, or As Integer, os As Integer, ot As Integer, ou As Integer, ov As Integer, ow As Integer, ox As Integer, oy As Integer, oz As Integer, pa As Integer, pb As Integer, pc As Integer, pd As Integer, pe As Integer, pf As Integer, pg As Integer, ph As Integer, pi As Integer, pj As Integer, pk As Integer, pl As Integer, pm As Integer, pn As Integer, po As Integer, pp As Integer, pq As Integer, pr As Integer, ps As Integer, pt As Integer, pu As Integer, pv As Integer, pw As Integer, px As Integer, py As Integer, pz As Integer, qa As Integer, qb As Integer, qc As Integer, qd As Integer, qe As Integer, qf As Integer, qg As Integer, qh As Integer, qi As Integer, qj As Integer, qk As Integer, ql As Integer, qm As Integer, qn As Integer, qo As Integer, qp As Integer, qq As Integer, qr As Integer, qs As Integer, qt As Integer, qu As Integer, qv As Integer, qw As Integer, qx As Integer, qy As Integer, qz As Integer, ra As Integer, rb As Integer, rc As Integer, rd As Integer, re As Integer, rf As Integer, rg As Integer, rh As Integer, ri As Integer, rj As Integer, rk As Integer, rl As Integer, rm As Integer, rn As Integer, ro As Integer, rp As Integer, rq As Integer, rr As Integer, rs As Integer, rt As Integer, ru As Integer, rv As Integer, rw As Integer, rx As Integer, ry As Integer, rz As Integer, sa As Integer, sb As Integer, sc As Integer, sd As Integer, se As Integer, sf As Integer, sg As Integer, sh As Integer, si As Integer, sj As Integer, sk As Integer, sl As Integer, sm As Integer, sn As Integer, so As Integer, sp As Integer, sq As Integer, sr As Integer, ss As Integer, st As Integer, su As Integer, sv As Integer, sw As Integer, sx As Integer, sy As Integer, sz As Integer, ta As Integer, tb As Integer, tc As Integer, td As Integer, te As Integer, tf As Integer, tg As Integer, th As Integer, ti As Integer, tj As Integer, tk As Integer, tl As Integer, tm As Integer, tn As Integer, to As Integer, tp As Integer, tq As Integer, tr As Integer, ts As Integer, tt As Integer, tu As Integer, tv As Integer, tw As Integer, tx As Integer, ty As Integer, tz As Integer, ua As Integer, ub As Integer, uc As Integer, ud As Integer, ue As Integer, uf As Integer, ug As Integer, uh As Integer, ui As Integer, uj As Integer, uk As Integer, ul As Integer, um As Integer, un As Integer, uo As Integer, up As Integer, uq As Integer, ur As Integer, us As Integer, ut As Integer, uu As Integer, uv As Integer, uw As Integer, ux As Integer, uy As Integer, uz As Integer, va As Integer, vb As Integer, vc As Integer, vd As Integer, ve As Integer, vf As Integer, vg As Integer, vh As Integer, vi As Integer, vj As Integer, vk As Integer, vl As Integer, vm As Integer, vn As Integer, vo As Integer, vp As Integer, vq As Integer, vr As Integer, vs As Integer, vt As Integer, vu As Integer, vv As Integer, vw As Integer, vx As Integer, vy As Integer, vz As Integer, wa As Integer, wb As Integer, wc As Integer, wd As Integer, we As Integer, wf As Integer, wg As Integer, wh As Integer, wi As Integer, wj As Integer, wk As Integer, wl As Integer, wm As Integer, wn As Integer, wo As Integer, wp As Integer, wq As Integer, wr As Integer, ws As Integer, wt As Integer, wu As Integer, wv As Integer, ww As Integer, wx As Integer, wy As Integer, wz As Integer, xa As Integer, xb As Integer, xc As Integer, xd As Integer, xe As Integer, xf As Integer, xg As Integer, xh As Integer, xi As Integer, xj As Integer, xk As Integer, xl As Integer, xm As Integer, xn As Integer, xo As Integer, xp As Integer, xq As Integer, xr As Integer, xs As Integer, xt As Integer, xu As Integer, xv As Integer, xw As Integer, xx As Integer, xy As Integer, xz As Integer, ya As Integer, yb As Integer, yc As Integer, yd As Integer, ye As Integer, yf As Integer, yg As Integer, yh As Integer, yi As Integer, yj As Integer, yk As Integer, yl As Integer, ym As Integer, yn As Integer, yo As Integer, yp As Integer, yq As Integer, yr As Integer, ys As Integer, yt As Integer, yu As Integer, yv As Integer, yw As Integer, yx As Integer, yy As Integer, yz As Integer, za As Integer, zb As Integer, zc As Integer, zd As Integer, ze As Integer, zf As Integer, zg As Integer, zh As Integer, zi As Integer, zj As Integer, zk As Integer, zl As Integer, zm As Integer, zn As Integer, zo As Integer, zp As Integer, zq As Integer, zr As Integer, zs As Integer, zt As Integer, zu As Integer, zv As Integer, zw As Integer, zx As Integer, zy As Integer, zz As Integer

```

R,Uの配色  
用いたプログラミング(一部抜粋)  
現在で約5000パターンを確認することが出来た。

## 計算量理論

### オーダー記法

$O(72^n)$        $O(n^3)$

NP完全：最小手数を求めるアルゴリズムが充足可能性問題を満たせばよい  
NP困難：巡回セールスマン問題 ≤ 最小手数のアルゴリズムを求める

上記の研究において確実な根拠を得ることが出来なかった。

## 結論

今回の研究では、RC(4)の最小手数は28手以上であると考えられる。計算量理論では最小手数を求めるアルゴリズムが計算不可能であることを示そうとしたが、確実な根拠に欠けたため今回の研究では求めることが出来なかった。



# ゼーベック効果を利用した発電

堀愛菜 倉田紗優加 中村柚月 市川一真 飯島快周

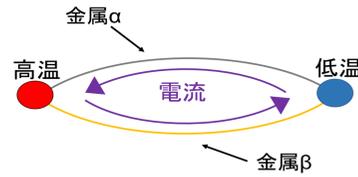
指導教諭 大野寛務

伊那北高校 理数科 課題研究 物理1班

## 実験背景

現在、国際社会の脱炭素化へ向けた動きにより、再生可能エネルギーが注目されている。そこで、再生可能エネルギーの一つである熱電発電という発電方法に着目した。この発電は、発電効率の悪さと実用性の低さから一般化していないため、発電効率と実用性の両立が課題である。

熱電発電とは



図のように2種類の金属の両端を接合し、温度差を2端に与えると電流が流れるゼーベック効果を利用した発電である。

## 目的

熱電発電には発電効率という課題があり、その課題に対して、回路の組み方、金属組の繋ぎ方という観点からアプローチを試み、そのような回路の組み方と発電の性能の関係性を調べる。

## 実験

### 方法

- 1.銅とコンスタンの金属板を1枚ずつ合わせた金属組を用意する。
- 2.一方を温水、もう一方を氷水に浸す。(水温差50度)
- 3.電流(mA)と電圧(mV)の値を記録する。

### ～金属組12組～

(金属板の幅を元の幅、1/2の幅、1/4の幅の3つの種類で行い、順に実験1, 2, 3とした)

金属組は全て直列につないだ

### 【結果】

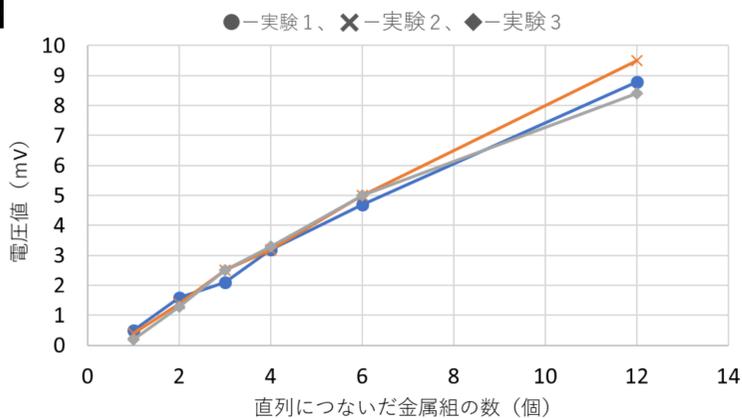


図1. 実験1, 2, 3における電流の値の比較

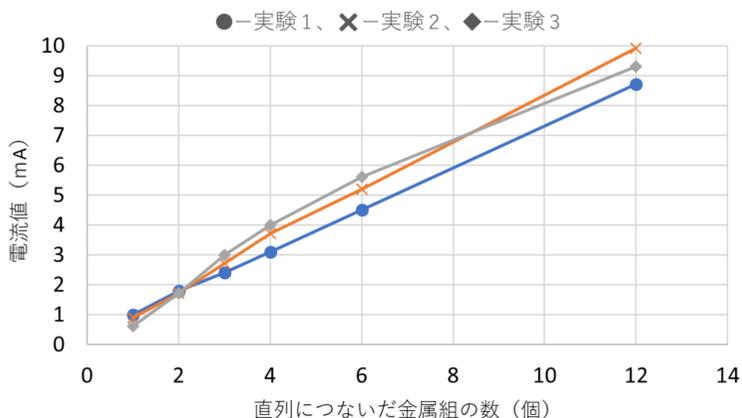


図2. 実験1, 2, 3における電圧の値の比較

・金属組の数が同じならば、幅を変化させても得られる電流、電圧は変わらない

・直列につなぐ金属組の数が増えるほど、得られる電流、電圧は大きくなり、その増え方は比例関係にある。

以上より、金属板は細くして利用した方が発電のためには有利だと考え、次の実験を行った。

## 考察

直列につなぐ金属組の数が増えるほど、より大きな電流、電圧を得られるが、実験の値は実用化には及ばない数字の範囲である。したがって、金属を用いて熱電発電をする場合に、より電力を発生させるには、温度差を更に大きくすること、使用する金属の種類の変更、そして可能な限り金属板を細くし、直列につなぐことが挙げられる。

## 結論

何らかの電力を担える規模での発電は、本実験の条件下では難しいかもしれない。だが、熱電発電は、わずかな温度差で発電できるなど他の発電方法にはない長所もあるため、自然に生まれている温度差を利用して電気を得ることでより普及していけば良いと思う。

参考文献: 太陽光による熱電発電装置の開発 明石工業高等専門学校、ゼーベック効果の研究 山梨県立韮崎高等学校、JISC1602:2015 熱電対 (kikakurui.com)、ゼーベック効果を利用した太陽熱発電システムの研究 栃木県立宇都宮清陵高等学校、熱電対とは? - センサー技術Q&A 渡辺電機工業株式会社

### ～金属組48個～

全て直列につないだ状態から、並列につなぐ金属組の数を増やしていった。

### 【結果】

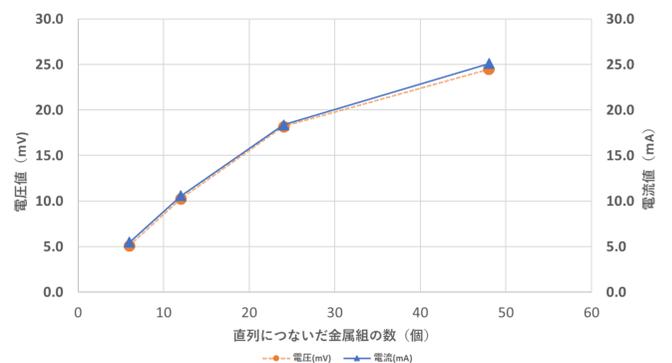


図3. 直列につないだ金属組と電流、電圧の値の関係

・金属組の数が増えると、比例関係が続くとは言い難い。

### ～直列48個、並列1列～

実際に電池の性能が最もよく生かせる状態を調べるため、I-V特性を測定した。

※I-V特性とは、抵抗を直列に繋ぎ、抵抗を変化させながら実験を行ったときの、電圧に対する電流の値/もっとも電力を得られる抵抗の大きさを知ることができ、電池の性能についてわかる。

### 【結果】

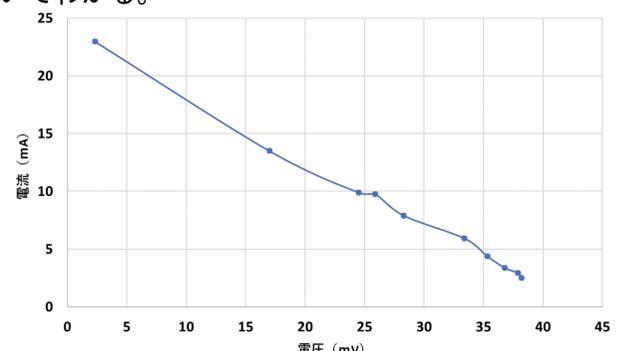


図4. 抵抗の大きさを変えた時の電流と電圧の関係



図5. 抵抗の大きさと電力の関係

・同じ繋ぎ方でも、回路につなぐ抵抗器の抵抗を変えていくと得られる電流、電圧の値は変化していく。

・金属組から得られる電力は、回路の抵抗が5Ωのときに最も大きくなる。



# 伊那北高校プールの水質と現状

研究者 伊藤 菜奈美 酒井 琳 南郷 友輝 藤澤 慎一

伊那北高校 理数科 課題研究 生物4班

## 緒言

現在、伊那北高校にあるプールは使用されていない。6年間放置されているが、この水は細菌で汚染されているのか、そうでないのか疑問に思った。そこで、現在使用されているプール(A校とする)と比較し、使用しているシーズンから使用しないシーズンにかけて、細菌はどのように変化するのか、使用されないシーズンで細菌は大きく異なるのかどうかを調べてみることにした。

## 実験手順と解析

### LB寒天プレートを用いた細菌培養による、本校プールとA校プールの比較

	A	B	C	D
	1倍希釈	10倍希釈	100倍希釈	1000倍希釈
蒸留水(μl)	0	900	900	900
試料(μl)	1000	Aから100	Bから100	Cから100

→インキュベーター(約37°C)に入れて一晩培養し、できたコロニーを観察

水温(°C)、コロニー数(個/ml)、コロニーを形状から、細菌とカビに分類し、細菌のコロニー数(個/ml)、カビのコロニー数(個/ml)を調べた。8月~10月下旬まで調べてみた。また、A校のプールは、9月上旬まで使用されていた。

### 菌叢解析

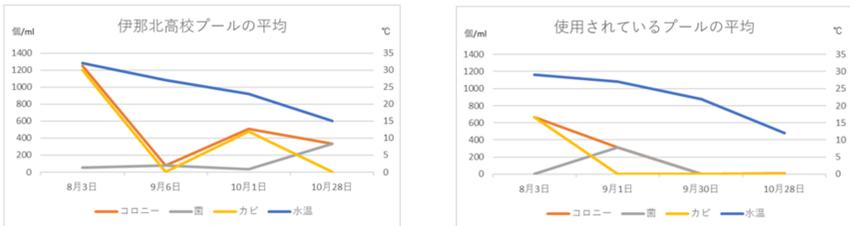
本校プールの水とA校プールの水についてDNA抽出を行い、配列決定をおこない、データベース(EPI2ME)により16srRNAのDNA配列を用いて、菌叢解析を行った。諏訪清陵高校でスーパーサイエンススクール(SSH)の活動の一環として行われた遺伝子解析体験実習に参加し、指導のもとで実験を行った。8月3日、10月28日に採取した水を解析した。

### 水質検査

本校プール、A校プールが周囲にある池と似たような水質なのか、それとも全く異なる水質なのかを調べてみた。水の出入りがあり、比較的砂や土が少ない池(大芝高原中央池)と、水の出入りがなく比較的砂や土が多い池(みどりの少年団の森の池)を比較対象とし、どちらの池と水質が似ているのかを検証した。検査項目は、CODと溶存酸素量を比較することとした。

## 実験結果と考察その1

### LB寒天プレートを用いた細菌培養による、本校プールとA校プールの比較

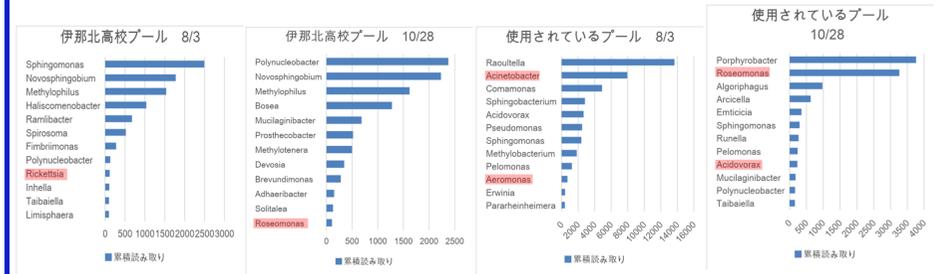


水温が高く、プールを使用している時期は、消毒をしないと、細菌は増殖する。使用されない時期は、細菌数は減るが、本校プールのほうがA校プールより細菌やカビが増えている。⇒本校プールのほうがA校プールより、砂や土が堆積している。6年間水を変えていないこと、本校プールは畑やグラウンドと隣接していて、A校プールは建物や道路と隣接している。立地条件からも砂や土が入りやすい。したがって、本校プールのほうが有機物量も多く、分解者である細菌が増えることが考えられる。

## 実験結果と考察その2

### 菌叢解析

\* 赤マーカー一部は病原性のある細菌である



A校プールでは、8月3日は調査1より細菌数は少ない。しかし、調査2からわずかながら、病原性の細菌が検出された。⇒大腸菌は検出されず、プール使用は可能と考えられるが、わずかに病原性の細菌が検出されるのは、多くの人がプールに入ることによって日和見感染を引き起こす可能性のある常在細菌が殺菌されずに少し残ってしまっているためであると考えられる。10月28日の結果より、両方のプールよりRoseomonasという菌血症・日和見感染を引き起こす細菌が検出された。

## 実験結果と考察その3・4

### 水質検査

場所	COD(mg/l)	場所	DO(mg/l)
A校プール	3	A校プール	7
大芝公園中央池	5	大芝公園中央池	8
伊那北高校のプール	10	伊那北高校のプール	6
みどりの少年団の森の池	13	みどりの少年団の森の池	5

伊那北高校プールの水は、水の出入りが少なく砂や土が多く堆積しているみどりの森少年団の池の水とCOD、溶存酸素ともによく似ている。A校プールの水は、水の出入りがある、大芝高原中央池の水とよく似ている。

## 結論

季節による水温の変化に伴って水中にいる細菌の種類や量も変化する。プールの水の細菌は、使用していない年数というよりは、堆積している砂や土が影響していることが考えられる。

- ・ Roseomonasについて  
日和見感染、菌血症を引き起こす。しかし、毒性はさほど高くない。  
→水中にいる細菌の中に特別危険な細菌はいない。



# 伊那谷におけるナゴヤダルマガエルの生息範囲に関する調査

伊那北高校 理数科 課題研究 生物1班

春日凜瞳、黒河内基晴、千島卓巳、根本空、大石英一先生、倉石典広先生、古川知世先生、丸山結衣先生、川越香世子先生、登内美枝子先生、古谷依里佳先生、小巻翔平氏

## 緒言

近年、地球温暖化や環境汚染による生態系への影響は顕著なものとなっており、かつては身近で見られた生物の多くが今、絶滅の危機に瀕している。本研究では、長野県の伊那盆地にその多くが生息し、近年個体数の急減により絶滅危惧IB類に分類されているナゴヤダルマガエルについて、先行研究と比較し、保全の足掛かりにするための個体数及び生息範囲の変化について調査を行った。

## 調査方法と種の判別について

**調査範囲** 先行研究に基づき、伊那北高校を中心として、個体の密度が特に大きい地域と小さい地域に着目して調査を行った。  
**調査期間** 2021年の7月から10月の間で16時～21時に、0.5～2.0時間かけて計27回調査を行った。  
**調査方法** 田んぼの畔やその近辺を歩いて回り、目的の種を発見次第捕獲、真上・真横から写真を撮った後、逃がした。  
**判別方法** ナゴヤダルマガエルとトノサマガエルの判別方法について、今回は主に①背中線の有無、②背中の黒色斑紋、③背中の隆状突起、④足の長さの四点に着目して判別を行い、両個体の特徴を併せ持つものは中間個体(雑種)、それ以外のもので判別の困難なものは不明とした。以下の写真は判別方法に基づいて判別した個体である。

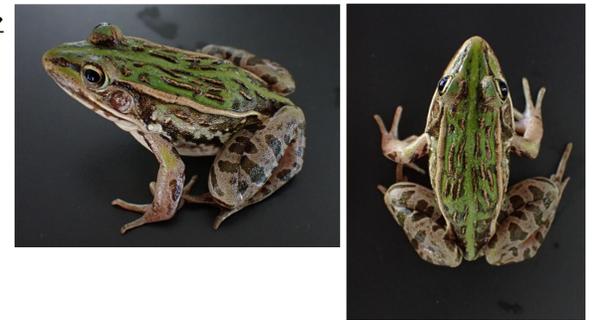
### ナゴヤダルマガエル

- ①無し
- ②有り
- ③無し
- ④短い



### トノサマガエル

- ①有り
- ②無し
- ③有り
- ④長い



## 調査結果

	ナゴヤダルマガエル	トノサマガエル	中間個体	合計
A	5	1	0	6
B	10	1	3	14
C	14	3	5	22
D	0	10	0	10
E	0	0	0	0
F	4	0	1	5
G	1	0	0	1
<b>種別合計</b>	<b>34</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>58</b>

匹/時	ナゴヤダルマガエル	トノサマガエル	中間個体
A	0.53	0.12	0.00
B	6.67	0.67	2.00
C	7.00	1.50	2.50
D	0.00	2.22	0.00
E	0.00	0.00	0.00
F	2.00	0.00	0.50
G	0.50	0.00	0.00

A...上伊那農業高校周辺 B...中央病院周辺 C...伊那北高校周辺 D...伊那市西町 E...箕輪町三日町 F...箕輪町木下 G...箕輪町松島

## 考察

各地点ごとに先行研究と比較し、私達は次のように考えた。

まず、A地点では両種の個体数が減少しており、その原因として交通量の多い道路に面している事が挙げられる。B、C地点ではトノサマガエルの個体数が減少しており、反対にナゴヤダルマガエルの個体数は増加、新たに中間個体も見られた。これは、中間個体の出現により、トノサマガエルの生息域が圧迫されたり、純系を保ちにくくなっていると考えられ、またナゴヤダルマガエルにおいては上手く共存できていると考えられる。D地点では、トノサマガエルの個体数が大きく減少しており、これについては同種が特定の場所に密集していたために、発見されにくかったのではないかと考えた。F、G地点については、両種ともにほかの地点よりも多くの個体を目撃できたが、結果としては減少傾向にあった。しかし、これらの地点の個体については特に警戒心が強く、動きも俊敏であったため、捕獲は困難であった。したがって、一概に個体数が減少したとは言いきれない。

また、生息場所について、両種ともに畔や枯草の下など、水の流れがなくかつ高湿度を保てる場所を好み、さらに先行研究によれば、天竜川の水や山水が直接流れ込まないことも両種の個体数を増やす要因の一つであると考えられている。

## 結論

今回の調査だけでは明確な事を述べることはできず、より長期に渡った正確な調査によるデータ収集が必要である。しかし、今回得られたデータによる考察から、先行研究と比較した両種の各地点での増減は確認することができた。ここで私たちが提案する保全策は、両種の生息域をさらに広げるためには、田んぼを管理する農家や地域住民の方々の協力を得ることである。種、そして生態系の維持のためには、その地域に住む人たちが、その種への理解を深め、互いに協力して環境を守っていく姿勢が不可欠である。