

第66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	作品名	学校名	学年	氏名	賞
物理	色えんぴつ3原色による混色の作り方 ～色の配分の不思議～	呉市立天応中学校	3	岡本 優作	広島県教育委員会賞 【全国出品】
生物	ヒザラガイにとってカキ殻はどのような 役割を果たしているのか？	呉市立広南中学校	1	工藤 樹	広島県教育委員会賞 【全国出品】
	クモの巣の特長とその応用	熊野町立熊野中学校	2	安宗 栞那	広島県科学賞委員会賞 【全国出品】

高等学校の部

区分	作品名	学校名	学年	氏名	賞
物理	扇風機の羽になぜほこりが付くのか	広島大学附属高等学校	3	大庭 夕佳 長谷川 文音 藤岡 尚実 溝田 若葉	読売新聞社賞 【全国出品】
生物	土壌中のケラチン分解細菌の発見 ～羽毛を利用した新肥料開発に向けて～	広島県立西条農業高等学校	3	平井 智也 一場 祥仁 中西 将也 井上 大聖	広島県教育委員会賞 【全国出品】
	森林の土壌から生活污水を浄化する細菌類を探る —森林の環境に着目して—	広島県立祇園北高等学校	3	古川 実優 北野 桃香	広島県教育委員会賞 【全国出品】

<科学賞委員会特別賞>

中・高等学校の部

区分	作品名	学校名	学年	氏名	賞
生物	コウモリのフンの駆除大作戦	呉市立宮原中学校	1	芥川 朝陽 大室 大治 庄垣内 悠人 鳥井 優希 三浦 大輝	科学賞委員会特別賞

*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 本館 2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。



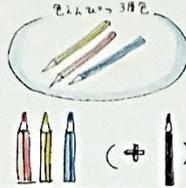
色えんぴつ3原色による混色の作り方～色の配分の不思議～

呉市立天応中学校 3年 岡本 優作

1 研究の要約

「色の三原色」。色は3色あれば全ての色が作れる。筆者は色えんぴつでも色の三原色を応用して、3色あれば全ての色が作れると考え研究を行った。研究の結果、次の4点が判明した。

- ① 色えんぴつの3原色は、「赤」、「青」、「黄」
 - ② 色を混ぜるときのポイントは塗る順番が重要
 - ③ 同じ塗り方でも紙によって差が出る
 - ④ 印刷物は小さな点が集まって色をつくっている
- 以上のことから、たくさんの色は「赤」、「青」、「黄」+「黒」から生まれていることがわかった。



2 研究の動機

夏休みの宿題で「ペン画で風景画を描き、色えんぴつ3原色（赤、青、黄）で彩色する」という課題が出た。美術の授業で「色の3原色」、「色相環」について学習したが、絵の具で混色をつくる場合は混色表を参考にすることで比較的簡単に色をつくることができるが、色えんぴつの場合はぼやけた色になってしまいうまく色をつくることができなかった。色えんぴつは基本の12色から24色、36色さらには100色以上の色の種類の多いセットが販売されている。これは色えんぴつでの混色が困難だからではないか考えた。そこで、色えんぴつでの混色の方法を調べ、自分のイメージ通りの色をつくり出すための法則を見つけるために研究を行った。

3 研究の目的

- ① 3原色で色相環をつくってみる
- ② 色を重ねる順番・回数を変えて比較する
- ③ 用紙による違いを筆圧に差をつけて混色表をつくる
- ④ 色の付着のようすを調べる
- ⑤ ペン画に彩色したい色を混色表をもとにつくり、色をつける
- ⑥ 印刷物のカラードットを調べる。

4 仮説

- ① 色えんぴつでの色相環は絵の具の混色とほぼ同じだろう
- ② 色を重ねる順番は色の仕上がりに影響するだろう。しかし、「青+赤」のような濃い色同士の組み合わせの場合は、影響は少ないだろう。
- ③ 筆圧を強めると上に色が重なりにくくなり、混色がしづらくなるだろう。

5 研究の計画（4の①～③に対応）

（1）実験の方法

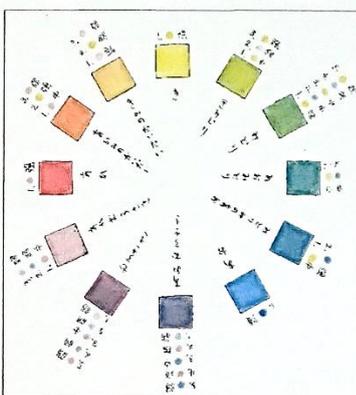
- ① 三原色の3本で色相環をつくる。色見本と同じ色味になるように色を塗り重ねていく。そのときの塗り重ねた色の順番、筆圧を記録する。
- ② 初めに塗る色と筆圧、運筆方向（塗る方向）を固定して、色々な塗り重ねのパターンを記録する。
- ③ 紙を5種類用意し、2色の混色を先に塗る色を縦軸、後から塗る色を横軸とし、3色を3種類の筆圧に分けて混色表を作成する。

（2）準備物

- ・色えんぴつ（Homo Graph COLOP PENCIL Tombow 1500）3本（きいろ…3 あお…15 あか…25）
- ・紙（コピー用紙、光沢紙、画用紙、ケント紙、クラフト紙）

6 研究の結果（4の①～③に対応）

① 3原色でつくる色えんぴつでの色相環

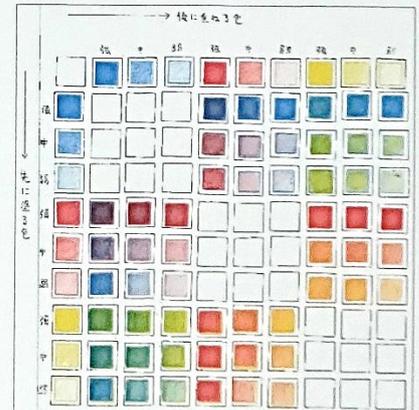


② 色を重ねる順番・回数による混色のちが



初めの色を「青」と場合

③ 用紙によるちが



コピー用紙の場合

7 研究のまとめ（4の①～③に対応）

- ① 色えんぴつでの混色は絵の具のパレットで混ぜてつくる混色とは異なる。色をつくろうとするときに、うすい色をくり返して重ねるだけでなく、紙の凹凸を潰すほど筆圧を強くして、白い部分を消して色の上で色が混ざるくらいしないとできない色もある。最後に何色で終わるかで、微妙な色味を調整することができた。
- ② 色を重ねる順番を逆にすると出来上がりに差が出る。重ねる回数が多くなるとあまり差が出なくなるが、少ない回数では最初の色、最後の色で色の雰囲気が変わる。重ねる回数を多くすると最後の色が同じであれば順番に違いがあっても、似た色ができやすい。また、筆圧を強めると混色がしにくくなる。紙の凹凸が潰れると色が混ざりにくくなる。濃くするためには、筆圧の強さが必要となるときもある。そして、2色を重ねるときは、どちらが先か後かで色味も変わってくる。
- ③ 紙の性質（凹凸や質感）によって白い部分の残り方が違い、色の混ざり方には差がある。

8 反省と感想（振り返り）

美術科の宿題をイメージ通りに仕上げたいと思ったのがきっかけで行った研究だったが、ふだん目にしていない色が、三原色からできていることをあらためて認識でき、とても面白かった。美術科の宿題も本研究で作成した混色表を参考にすることで、イメージ合わせた色を塗ることができた。

夏休みの宿題で「風景画を描き、色鉛筆3原色（赤、青、黄）で彩色する」という生活の身近な題材からスタートした素晴らしい研究でした。実験の条件を細かく制御して、多くのデータを収集し、見事自分の思い通りの色を作り上げることに成功しました。

【特選】 呉市立天応中学校 第3学年 岡本 優作

工夫した点

- ・ 3色から色相環を作れるかを試す時、見本の色に近づけることを優先事項として、回数と筆圧は色の仕上がりをしながら調整していき記録をとった。
- ・ 混色する回数や筆圧にばらつきがあったことから、次の実験では運筆方向も決め、筆圧も3段階に分けて比較表で記録することで、仕上がりの色の微妙な差を表現できるようにした。

分かった点

- ・ 色えんぴつでの混色は、絵の具のパレットで混ぜて作る混色とは異なることが分かった。
- ・ 色を作ろうとする時に、薄い色を繰り返して重ねるだけでなく、紙の凸凹を潰すほど筆圧を強くし、白い部分を消して色の上で色が混ざるくらいしないとできない色もあり、最後に何色で終わるかで微妙な色味を調整できることが分かった。
- ・ 色を重ねる順番を逆にすると、出来上がりに差が出ることが分かった。
- ・ 重ねる回数が多くなるとあまり差が出なくなるが、少ない回数の場合は、最初の色・最後の色で色の雰囲気が変わり、重ねる回数を多くすると、最後の色が同じであれば順番に違いがあっても、似た色が出来やすいことが分かった。
- ・ 筆圧を強めると紙の凸凹が潰れ、色が混ざりにくくなる。一方で、色を濃くするためには、筆圧の強さが必要な時もあることが分かった。
- ・ 2色を重ねる時は、どちらが先か後かで色味も変わってくることが分かった。
- ・ 紙の性質（凸凹や質感）によって、白い部分の残り方が違い、色の混ざり方には差があることが分かった。

もっと改善したい点

- ・ 色えんぴつの芯の成分にワックスが含まれ、油分が紙に染み込むため、普通の消しゴムでは色えんぴつで書いた跡を完全に消すことが難しいことが分かったが、紙に油分がついて染みになった部分をきれいにするには、どうしたら良いのかを調べたくなった。
- ・ 提出プリントや大事な本にうっかり油染みができるということがあるが、紙の繊維の中にどういう風に油分が広がって、丸い染みになっていくのか、またそれを抜き取る方法も調べてみたい。

【講評】

授業で学んだことから疑問を抱き、文献を参考にしながら独自の手法で様々な混色づくりを実践し、結果を丁寧にまとめて表現している優れた作品である。

【特選】 呉市立広南中学校 第1学年 工藤 樹

工夫した点

- ・多数のヒザラガイの個数を追跡調査するため、個体識別がしやすいように2色のペイントマーカの組み合わせで識別できるようにしたこと。
- ・正確な個体の位置を測定するため、縦横100 cmの正方形のコドラート（4分割し、縦横50 cmの正方形4つ）を作成し、それらの頂点から距離を測定し、記録した。また、記録した結果はコンピューターで保存した。

分かった点

- ・ヒザラガイは、午後の干潮時間帯は春季・夏季を問わずほとんど移動しない。
- ・ヒザラガイの移動距離に関しては個体差がある。広い範囲を移動する個体では、延べ約12m（1日平均約79 cm）も移動する個体もあった。

もっと追究したい点

- ・追跡するヒザラガイ個体の標識にペイントマーカを使用したがる、長期的な観察を行う上で消失する可能性と、目立つことにより捕食されやすくなる可能性が考えられる。継続的に個体識別が可能で、捕食者に見付きりにくい標識方法について考えていきたい。

【講評】

野外調査を継続して行い、コドラートを用いるなど、研究の精度を高める工夫を行った優れた作品である。

クモの巣の特長とその応用

熊野町立熊野中学校 第2学年 安宗 栞那

研究の概要

幾何学的とも言えるクモの巣の構造上の特長を観察・実験を通して明らかにし、その特長をネイチャーテクノロジーとしての活用を試みた研究

研究課題

1 クモの巣の形(円網)を明らかにする

2 円網づくりの工程を明らかにする

3 円網づくりにおいて、アシナガグモが横糸を外側から内側に向けて張っていく仕組みを明らかにする

工夫点

身近な場所でよく見かけるアシナガグモの円網を観察対象にしたこと。

アシナガグモ

3つの予想(①足場が安定するから②早く糸を張ることができるから③作業途中でも獲物を捕獲できる可能性が高まるから)を立て、それぞれの予想を実証するための実験器具等を製作したこと。

結果・考察

横糸が放射状に張る横糸と20度前後の角度を取りながら18本程度張られている。

横糸が25本程度多量円状に張られている。間隔は約3〜5mm。

アシナガグモは、円網を縦糸→横糸→足場系→横糸の順に張る。

アシナガグモが横糸を張るとき、外側から内側に向けて張るのは、作業の遅れを少なくし、足場の安定を図るため。

＜実験方法＞
横糸を内側から張った足場の状態(模型1)と外側から張った足場の状態(模型2)とを比較して観察する。横糸の張り方によって足場の状態が異なる。横糸の張り方によって足場の状態が異なる。横糸の張り方によって足場の状態が異なる。

＜模型づくりの材料＞
①ラップ(直径50cm)
②麻糸(長さ2m)
③麻糸(長さ2m)
④麻糸(長さ2m)
⑤麻糸(長さ2m)

実験1 横糸を外側から張った足場の状態

実験2 横糸を外側から張った足場の状態

模型2 横糸を外側から張った足場の状態

実験1 横糸を外側から張った足場の状態

実験2 横糸を外側から張った足場の状態

＜結果＞

模型	模型1	模型2
実験1(テニスボールを乗せ、網の中心が沈み込むまでの時間)	約7.5秒	約2.4秒
実験2(網を下方に引っ張って網の中心が沈み込むまでの時間)	約6.7秒	約4.7秒

模型2のほうが網の沈み込むまでの時間が明らかに短い。

4 縦糸に粘性がなく、横糸に粘性があることを確かめる

5 縦糸と横糸の柔軟性のちがいを明らかにする

6 縦糸と横糸の強度のちがいを明らかにする

7 縦糸の方が強度に優れ、横糸の方が柔軟性に優れた円網のよさを明らかにする

ティッシュ片をそと横糸と縦糸の上に乗せてみる。

縦糸には粘性がなく、横糸には粘性がある。アシナガグモが横糸を張るとき、足場系と縦糸を張って、横糸の粘性に自分の足を引っ掛けるように糸を引っ張りながら張る。

縦糸、横糸それぞれの端をピンセットでつまみ、押し戻す限界まで引っ張り、押し戻す(伸びた長さ÷もとの長さ)÷もとの長さ)を比較したこと。

横糸のほうが縦糸より柔軟性が1.5倍優れている。それは、獲物を絡めやすかったり、円網全体のダメージを弱めたりするため。

縦糸と横糸それぞれにおもりを載せ、強度を比較したこと。

横糸のほうが縦糸より強度が優れている。それは、円網本体のつくりをしっかりとるため。

3種類の円網模型をつくり、衝撃を加えたときの反応を比較したこと。

円網が堅すぎると、外力を反射してしまう。つまり、獲物を粘着させにくくなる。一方、円網が柔らかすぎると、外力を吸収しすぎる。つまり、獲物を粘着しすぎて、さらには、円網全体の破壊につながりやすくなる。

＜結果＞

横糸の伸び率は縦糸の伸び率の約1.5倍であった。

縦糸の強度は横糸の強度の約1.5倍であった。

円網模型1 (横糸も縦糸も強く強い)

円網模型2 (横糸は柔らかく縦糸も強い)

円網模型3 (横糸の縦糸も柔らかい)

実験1

円網模型1	円網模型2	円網模型3
<p>＜結果＞</p> <p>へこみはほぼ同じくらい小さかった。</p>	<p>＜結果＞</p> <p>へこみはほぼ同じくらい大きかった。</p>	<p>＜結果＞</p> <p>へこみはほぼ同じくらい大きかった。</p>

実験2

円網模型1	円網模型2	円網模型3
<p>＜結果＞</p> <p>ボールを乗せた後、ラップを剥がしたとき、模型1では、ボールが沈み込むまで、ボールの沈み込みが浅かった。また、ボールの沈み込みが浅かった。また、ボールの沈み込みが浅かった。</p>	<p>＜結果＞</p> <p>ボールを乗せた後、ラップを剥がしたとき、模型2では、ボールの沈み込みが浅かった。また、ボールの沈み込みが浅かった。また、ボールの沈み込みが浅かった。</p>	<p>＜結果＞</p> <p>ボールを乗せた後、ラップを剥がしたとき、模型3では、ボールの沈み込みが浅かった。また、ボールの沈み込みが浅かった。また、ボールの沈み込みが浅かった。</p>

＜結果＞

模型1は、ボールを乗せた後、ラップを剥がしたとき、ボールの沈み込みが浅かった。また、ボールの沈み込みが浅かった。また、ボールの沈み込みが浅かった。

8 円網の構造上の特長を我々の生活への応用を試みる

風に強いテント、的当てネット、ボールネットの製品化に向けた実証実験をしたこと。

＜風に強いテントの製品化に向けて＞テントの側面の骨組みを円網の構造を取り入れて柔軟な柔軟性を付与することで、風に強いテントとなる。

＜ボールネットの製品化に向けて＞的当てネットに円網の構造を取り入れることにより、はね返りすぎず、衝撃のほとんどを吸収する。

＜ボールネットの製品化に向けて＞ボールネットに円網の構造を取り入れることにより、100ボールネット、大きなボールネットは、ボールネットとなる。

＜結果＞

風に強いテントは、風に強いテントとなる。

ボールネットは、ボールネットとなる。

風に強いテント

円網の構造を応用したテントとそうでないテントの構造を比較して、風を受けたときの耐久性について比較実験を行った。

模型1 フレームが竹でできている

模型2 フレームが竹でできている(強い糸)

模型3 フレームが竹でできている(強い糸)

的当てネット

地面に平行にボールを投げる的として使用する場合

ボールを投げ落とす的として使用する場合

はね返りのボールをすぐそばの位置に落とす目的で使用する場合

＜結果＞

素材の強度をアップさせることにより、サッカーのシュート練習に適した物となる。

素材の強度をアップさせることにより、ゴルフのティーショット練習に適した物となる。

素材の強度をアップさせることにより、野球のバッティング練習に適した物となる。

ボールネット

ソフトボール

ベースボール

研究のまとめ・さらに追究したいこと等

このたびの研究により、クモの巣が「ネイチャーテクノロジー」の1つになり得るといえる。先行研究にはなかった点を明らかにすることができた。この他にも私たちの生活に応用しきれていない自然の仕組みがまだまだたくさんあると思われるため、それらの解明、実用化が少しでも進むよう、これからも地道に研究に取っていきたい。

【特選】 熊野町立熊野中学校 第2学年 安宗 栞那

工夫した点

- ・クモの巣の形（円網）の特長を明らかにするために、様々な形のクモの巣がある中から、身近な場所によく見かけるアシナガグモの円網を観察の対象にした。
- ・円網づくりの工程を明らかにするために、アシナガグモが円網を枠糸→縦糸→足場糸→横糸の順に張るのかどうかを観察した。
- ・円網づくりにおいて、アシナガグモが横糸を外側から内側に向けて引っ張っていくわけを明らかにするために、3つの予想（①足場が安定するから ②速く糸を張ることができるから ③作業途中でも獲物を捕獲できる可能性が高まるから）を立て、それぞれの予想を実証するための実験器具等を制作した。
- ・縦糸に粘性がなく、横糸に粘性があることを確かめるために、アシナガグモが横糸を張る時の移動の仕方を目視で観察した。
- ・縦糸と横糸の柔軟性の違いを明らかにするために、縦糸・横糸それぞれの端をピンセットでつまみ、伸びる限界まで引っ張り、伸び率〔(伸びた長さ+もとの長さ)÷もとの長さ〕を比較した。
- ・縦糸と横糸の強度の違いを明らかにするために、縦糸・横糸のそれぞれにおもりを載せ、強度を比較した。
- ・円網の構造上の特徴を我々の生活への応用を試みるために、風に強いテント、的当てテント、ボールネットの製品化に向けた実証実験を行った。

分かった点

【アシナガグモの観察・実験から】

- ・アシナガグモが円網づくりをする時、縦糸を張った後に横糸を張るのは、横糸を張ろうにも縦糸の支えがないと張れないから。
- ・アシナガグモは、作業の際のゆれを少なくし足場の安定を図るために、横糸を張る時は、外側から内側に向けて張る。
- ・獲物を絡めやすくしたり、円網本体のダメージを弱めたりするために、縦糸の方が横糸より柔軟性が優れている。
- ・円網本体のつくりをしっかりと保つために、縦糸の方が横糸より強度が優れている。
- ・円網が堅すぎると外力を反発してしまい、獲物を粘着させにくい。逆に、円網が柔らかすぎると外力を吸収しすぎてしまい、獲物を粘着させすぎたり、円網全体の破損につながったりする。

【風に強いテントの製品化にむけて】

- ・テントの側面の骨組みを円網の構造を取り入れて適度な柔軟性をもたせることで、風に対する抵抗を分散させ、風に強いテントになる。

【ボールの衝撃を吸収する的当ての製品化にむけて】

- ・的当てネットに円網の構造を取り入れることにより、はね返りすぎず、衝撃音がほとんどない的当てネットとなる。

【ボールの大きさに左右されず収納可能なボールネットの製品化にむけて】

- ・ボールネットに円網の構造を取り入れることにより、1つのボールネットで、大きさの異なるボールをフィットした状態で収納できるボールネットになる。

もっと追究したい点

- ・今回の研究により、クモの巣が「ネイチャーテクノロジー」の1つになり得るという、先行研究にはなかった点を明らかにすることができた。
- ・この他にも、私たちの生活に応用しきれていない自然の仕組みがまだまだたくさんあると思われるため、それらの解明・実用化が少しでも進むよう、これからも地道に研究に取り組んでいきたい。

【講評】

クモの巣の丁寧な観察と、クモの巣の特徴を再現したモデル作りから、ネイチャーテクノロジーにまで発想を広げた、創意工夫の見られる優れた作品である。

扇風機の羽になぜほこりが付くのか？

大庭夕佳、長谷川文音、藤岡尚実、溝田若葉

指導教員：佐々木康子先生

動機・目的

扇風機の羽の表面はツルツルしているのに、なぜほこりがつくのか疑問に思ったので、どのようにして扇風機の羽の表面にほこりがつくのか解明したい。

予備実験1

方法：扇風機を数か月間回し、観察する。
結果：ほこりがついた順に、

- ①ふちの部分
- ②羽の表面の外側の部分
- ③①、②以外

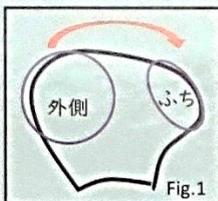


Fig.2 6/2の羽の様子 (20目目)



Fig.3 7/7の羽の様子 (55目目)



Fig.4 9/1の羽の様子 (111目目)

仮説

表面の電位の大きさ
風速・風圧 が原因でほこりが付着する

本実験1…電位差に着目する

目的：羽の表面の電位差を調べる。

- 方法：①図のように8つに分ける。
②表面をアルコールでふく。
③表面の電位を計測する。
④3分間回す。
⑤1か所だけの電位を5秒間計測する。
この時、計測者は接地している。
⑥1か所を5回ずつ、2つの異なるブレードで計測する。

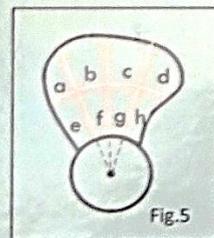


Fig.5

結果：標準偏差のエラーバーより、それぞれの電位に有意差は見られなかったが、a~dの電位が低く、e~h電位が高い傾向にある。

考察：回転中心からより離れている上の部分は電位が低く帯電しやすいため、ほこりがつきやすい。

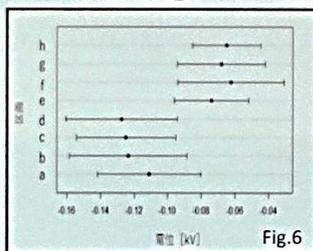


Fig.6

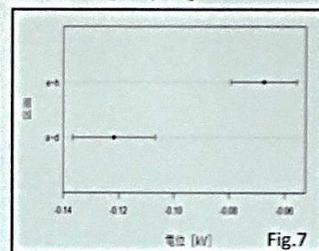


Fig.7

本実験2…風速と風圧に着目する

目的：羽の表面の風速・風圧と風の流れを調べ、ほこりの付着との関係性を調べる。

方法：

(1) 風速測定

- ①図のように印をつける。(Fig.8の赤線)
- ②風を風速16 m/sで流すと同時に、煙を流す。(広島大学風洞実験棟)
- ③煙の流れから、風速と風の流れを、羽の近傍について、それぞれ調べる。

結果：

(1) 風速測定

下流側である右側ほど風速が大きい。(Fig.10) 風が羽に押しつけられるように流れる。(Fig.11)



Fig.10 風速



Fig.11 風の流れ

考察：

(1) 風速測定

風が羽の表面に押しつけられるように流れるため、ほこりが付着すると考えられる。

(2) 風圧測定

- ①印をつけ、赤戦に沿って圧力センサーを等間に8つ取り付ける。(Fig.8、9)
- ②風を風速10m/s、16 m/sで流す。(広島大学風洞実験棟)
- ③表についてそれぞれ8箇所の圧力を調べる。

(2) 風圧測定

Fig.12より、測定点1~4に比べて5~8の方が風圧が大きい傾向にあるといえるが、隣り合う測定点の圧力が交互に増減しており、分析は難しい。また、表の測定点ごとの風圧の関係は、風速が10m/sと16m/sの場合で、同じ傾向を示していた。

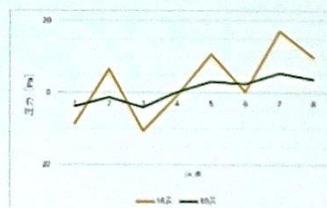


Fig.12 風速の違いによる圧力の比較

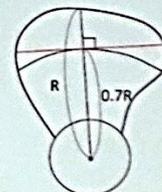


Fig.8



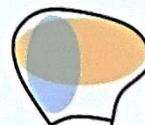
Fig.9

(2) 風圧測定

風速が大きくなるにつれて羽のたわみが大きくなったと考えられるため、正確なデータは得られなかったと考えられる。

結論

扇風機の羽の表面の、負に大きく帯電し、かつ風速が大きい部分にほこりが付きやすい



● 本実験1で電位が高かった部分

● 本実験2で風速が大きかった部分

Fig.13

引用文献 OpenFOAM 付属チュートリアル

<https://www.xsim.info/articles/OpenFOAM/tutorials/incompressible-pimpleDyMFoam-propeller.html> (2022.9.1 閲覧)

**【特選】 広島大学附属高等学校 第3学年 大庭夕佳 ・ 長谷川文音
藤岡尚実 ・ 溝田若葉**

工夫した点

- ・ 電荷測定実験の際に、人為的な影響が出ないようにした。
- ・ データを多くとった。
- ・ 羽を固定し、羽に向かって風を通すことで、羽が風を切る様子を単純化した。

分かった点

- ・ 扇風機の羽の回転中心から、遠い部分の電位と高い部分の電位には有意な差があった。
- ・ 扇風機の羽の表の風速は、流した煙の下流側の方が大きかった。
- ・ 風圧には、はっきりした関係が見出せなかった。

もっと追究したい点

- ・ 風圧測定において、羽がたわみ正確なデータを得られなかったため、たわまない金属の羽で改めて測定を行い、本研究の結果と比較したい。
- ・ 羽の材質を変えた時に、本研究の実験においてどのような違いがあるか追究したい。

【講評】

身近な事象から抱いた疑問について、多様な実験から得られたデータを正確に分析して結論を導き出している優れた作品である。

土壤中のケラチン分解細菌の発見と羽毛分解能力の検証

校内の廃棄羽毛を利用したオリジナル窒素肥料開発に向けて

広島県立西条農業高等学校 一場祥仁 井上大聖 中西将也 平井智也



背景

- ・2020年の食鳥流通統計調査によると、日本だけで年間1万t、世界的には10万t以上のトリ羽毛が排出されている(1)。
- ・小規模の養鶏場では現地で焼却処分や埋め立て処分を行っている。
- ・本校でもニワトリを飼育しており、食肉加工時に羽毛が生じる。その羽毛は堆肥舎で牛の糞などと一緒に堆肥に混ぜられているが、有効に活用されていない。

目的

- ・これまでに発見したケラチン分解細菌に加え、新たに本校の土壤中からケラチン分解細菌の単離及び同定を行う。

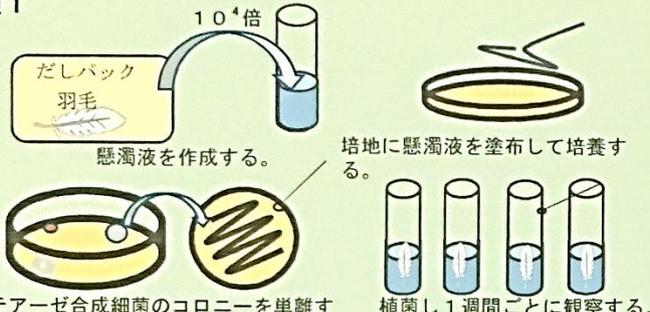
- ・植菌の有無による羽毛の分解を観察する。
- ・液体培地の濁度とタンパク質濃度を測定し、菌の組み合わせによる羽毛の分解度合いを比較する。

仮説

- ・本校の土壤中にケラチン分解細菌は存在する。
- ・土に細菌を入れていないものに比べ、細菌を入れたものの方が羽毛の分解が効率よく行われる。
- ・細菌を組み合わせたほうが、液体培地の濁度とタンパク質濃度が高くなる。

実験方法

実験1



実験2

コロニーC, K, L, MのDNAを抽出し、PCR法を用いて配列情報による細菌の簡易同定を行う。

実験3

コロニーC, K, L, Mの植菌の有無と土の滅菌の有無を組み合わせ条件設定し(表2)、4週間観察を行って羽毛の分解を比較する。

コロニー C, K, L, M
羽毛の分解を比較
写真2) 分解前の羽毛の様子

土の滅菌 \ 植菌	有	無
	有	①
無	③	④

表1) 土の滅菌と植菌の組み合わせ

実験4

コロニーC, K, L, Mの細菌の組み合わせによる羽毛分解能力を液体培地の濁度とタンパク質濃度で比較する。

実験結果

実験1

コロニーを7種類(H~N)単離できた。そのうち、炭素源を羽毛に限定した液体培地を白く濁らせた細菌を3種類(K, L, M)発見した。(写真1)



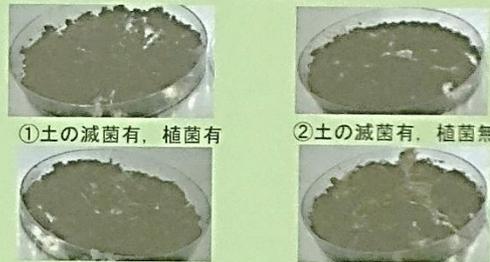
写真1)コロニーH~Nを液体培地で培養した結果
左)培養直後 右)3週間後

実験2

簡易同定を行ったところ、コロニーC, L, Mが*Enterobacter*属、コロニーKが*Chryseobacterium*属と判明した。

実験3

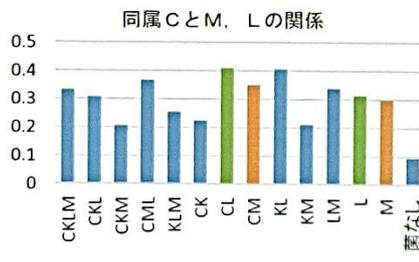
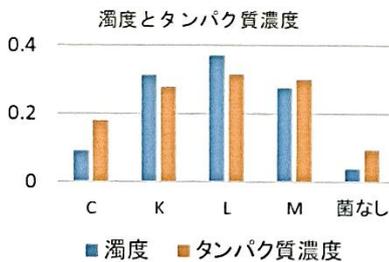
②は最も羽毛を分解しておらず、①と④は同程度羽毛を分解していた。そして、③が最も羽毛を分解していた。



①土の滅菌有、植菌有
②土の滅菌有、植菌無
③土の滅菌無、植菌有
④土の滅菌無、植菌無
写真3)コロニーCを植菌した土での羽毛の分解の様子

実験4

植菌したもので濁度とタンパク質濃度が高くなった。また、菌の組み合わせによってタンパク質濃度が上がるものもあれば、下がるものもあった。



考察

実験1で羽毛を入れた液体培地が濁っていたことから、今回新たに発見した細菌はケラチンを分解したと考えられる。実験2で*Chryseobacterium*属はバイオセーフティレベル1、*Enterobacter*属は種によってバイオセーフティレベル2なので、取り扱いに注意する必要がある。実験3より、土壌の滅菌無で植菌をした土壌が一番羽毛を分解したことから菌の相乗効果により羽毛の分解が促進されたと考えられる。最後に実験4では、菌なしと比較して濁度が高いとタンパク質濃度も高かったことから、分解の有無は液体培地の濁りで判断できる。また、細菌を組み合わせることでタンパク質濃度が上がるものもあれば下がるものもあったことから、ケラチン以外のタンパク質を分解する酵素を出して分解効率を良くしたり、お互いが反応を阻害する物質を出し合っているのではないかと考えられる。

展望

今回の研究により、ケラチンを分解する細菌を発見できた。今後、細菌の組み合わせによるケラチン分解能力の変化を研究しようと考えている。最終的には、羽毛から窒素肥料を作成し、それを用いて作物を育て、間引いたものや売れない作物をニワトリに与えるという本校での循環型農業を確立したいと考えている。そのため、細菌の最適な滴下量を調べていく。

参考文献

- 1) 渡部邦彦: 好熱菌による難分解性動物たんばく質の分解ーリサイクルバイオテクノロジーのおうち国に向けて、化学と生物、48, 12 (2010)。

**【特選】 広島県立西条農業高等学校 第3学年 平井智也 ・ 一場祥仁
中西将也 ・ 井上大聖**

工夫した点

- ・本研究では、ケラチン分解細菌の発見のために、まず、スキムミルクを入れた培地を用いてプロテアーゼ合成細菌の単離を行った。
- ・液体培地の濁度とタンパク質濃度を測定することで、羽毛の分解を数値として示した。

分かった点

- ・今回発見した細菌4種は、ケラチンを特異的に分解する細菌であり、その内3種が Enterobacter 属、1種が Chriseobacterium 属であること、また菌の組み合わせにより分解が促進されたり疎外されたりすることが分かった。

もっと追究したい点

- ・今後は、新たなケラチン分解細菌を発見したり、分解物を実際に植物に与えたりすることで、肥料としての効果を調べていきたい。
- ・また、細菌の最適な滴下量についても検証していきたい。

【講評】

循環型農業のビジョンを基に、着実な方法で、ケラチン分解細菌の発見という目的を達成させた優れた作品である。

森林の土壌から生活污水を浄化する細菌類を探る —森林の環境に着目して—

広島県立祇園北高校 3年 古川 実優 北野 桃香

研究の動機

課題探究としてSDGsにつながる研究を調べ、近年の川や海の汚れの主な原因は、私たちの生活雑排水（以後は生活污水と呼ぶ）であることを知った。その中で、ある一般の女性が、身近な森林の土壌から生活污水を効率よく浄化する細菌を発見された研究に興味をもった。私たちは、広島県の森林にも同様のはたらきをもつ細菌がいるのか調べてみたいと思い、水質浄化能力が高い細菌類を探してみようと考えた。

研究1-1 植生や標高によって土壌細菌の浄化力に違いがあるか

広島県西部の58か所の森林（標高100~1000mのスギ・ヒノキ林や広葉樹林）の土壌を採取し、下図の方法で汚水浄化能力を比較した。

実験に用いた汚水（コイエサ水）
コイの餌を水に溶かした上澄みを実験用汚水とした。炭水化物、タンパク質、脂質を含み、生活污水の成分に近いと考えた。

汚水浄化能力の高さの比較
汚水濁度の数値化とCOD値で判断。
※濁度の数値化するため、実験用汚水原液を1/2~1/64に希釈し、その写真を指標として濁度を0~6段階で示した。濁度が中間的な場合は0.5刻みで示した。
実験用汚水（コイエサ水）を希釈した濁度の指標

指標と比較
濁度の低下が大きいカップは、CODも相応に低下しているため、濁度変化は浄化力の目安になることを確認した。

結果
植生の違いによる比較
標高の違いによる比較

濁度変化を表すグラフ
濁度変化の土壌採取地毎の平均

COD値を表すグラフ
20倍希釈で測定したCOD値
土壌採取地毎の平均

CODはバックテストで調べた。濃度差が明確なるように汚水原液を1/20に希釈して比較した。

研究1-1 まとめ

- 濁度低下が大きいカップは、CODも相応に低下しているため、濁度変化は浄化力の目安になることを確認した。
- 土壌の浄化力は、植生との関係が見られなかった。
- 標高100mで採取した土壌は、600m、1000mのところよりも浄化力が高く、中でも安芸亀山付近（A地域）の土壌の浄化力が特に高かった。その理由について、研究2でさらに追究することにした。
- ※実験操作でのコンタミネーションを防いで再度実験を行ったが、同様の結果となった。

研究1-2 浄化力の高い土壌細菌を明確にする

濁度の減少が大きく、CODが大きく低下した実験汚水から細菌を採取し、それぞれの汚水浄化能力を調べる。
※グラム染色により細菌の違いを確認して実験した。

平板塗布法により単離した細菌の浄化力について次のようにして調べた。
(1) 1種類ずつ汚水を入れる
(2) 複数の細菌を混合して浄化力を調べる。
方法は研究1と同じ。

→コロニーの大きいものから順に1, 2, 3とした。

AK4の土壌細菌
結果として1番浄化力が高い細菌（AK4-1）を単離した。

研究1-2 まとめ

- コロニーの大きい細菌（短期間に増殖する細菌）ほど、浄化能力が高いことが分かった。
- 細菌の種類を複数混合すると、浄化能力が高くなる組合せがあることが分かった。

研究2-1 シカのフンと土壌細菌の水質浄化能力の関係を探る

研究1で特に濁度変化が大きかったA地域の環境を調べると、ニホンジカがとて多く生息していることがわかった。そこで、ニホンジカのフンと浄化能力の関係を探ることにした。

※A地域はニホンジカ生息の鹿場が多い

シカのフンと土を混ぜて汚水に浸し、その後の濁度変化を調べた。その結果を、浄化能力が低い土だけ混ぜた汚水の濁度変化と比較した。

※土壌は研究1で濁度変化の小さかった（浄化能力の低い）ものを使用した。

浄化能力の低い土壌とシカのフンを混ぜた実験結果

研究2-1 まとめ

- 浄化能力が低い土壌にニホンジカのフンを混ぜて汚水に入ると、明確に汚水浄化能力が向上した。
- CODの値でも確認し、効果が証明できた。

研究2-2 ニホンジカ以外の動物のフンでも効果があるか

ネコのフンを採取し、ニホンジカと同じように汚水浄化能力を比較した。 ※ NF: 新しいフン OF: 古いフン MB1: 単独では浄化能力が低い土壌

土壌のみと土壌+ネコのフンでの実験結果
3週間後のCOD値を表すグラフ
シカとネコのフンでの効果の比較

※ネコのフンは、単独では効果が低下しても、再度混合してみると効果が高くなる。

研究2-2 まとめ

- ネコのフンは、単独でも土壌と混ぜても汚水浄化能力が高くない。
- シカのフンには、汚水浄化能力があり、土壌の汚水浄化能力を高める効果もあることが確認できた。

研究2-3 土壌と混ぜて、汚水の有機物分解能力を高めているのはシカのフン中の細菌なのか？

滅菌と無滅菌の土壌やシカのフンを組み合わせて、汚水浄化能力を調べた実験結果。 ※滅菌は、加熱滅菌とフィルター滅菌の両方を用いて確認

	シカのフンの滅菌有無	土壌の滅菌有無	3週間後の濁度 (反復試行の平均)	濁度低下の効果
対照実験			6	×
MB1土壌	滅菌したフン	滅菌 MB1	6	×
	滅菌したフン	無滅菌 MB1	4.5	×
を使った実験	無滅菌のフン	滅菌 MB1	3.5	○
	無滅菌のフン	無滅菌 MB1	3.5	○

研究2-3 まとめ

- 加熱滅菌とフィルター滅菌のどちらとも、シカのフンを滅菌した実験では浄化力が低下した。土壌の滅菌による影響は小さかった。
- この実験からシカのフンの細菌が汚水浄化能力を高めると考えられる。

研究全体のまとめ

- 予想に反して、植生と土壌細菌による汚水浄化能力の関係は見られず、標高が低い地域の森林土壌細菌の汚水浄化能力が高い結果となった。
- シカのフン中には、汚水浄化能力の高い細菌が存在する可能性があり、土壌の汚水浄化能力を高める効果も有ることが分かった。

展望

- シカのフン中の細菌類を単離し、どの細菌が汚水分解能力が高いのかを突きとめたい。

【引用・参考文献】
生活排水とは（愛知県川の川や海のごこれ）掲載日：2021年9月30日更新
<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/mizuetsuki/000049169.html>
TBS Bioblock 夢の扉 納豆菌Bioblock（2022年5月復讐）YouTube
<https://www.youtube.com/watch?v=Lh9ymk8SN2E>

【特選】 広島県立祇園北高等学校 第3学年 古川実優・北野桃香

工夫した点

- ・実験用汚水の条件を統一するため、錦鯉のエサを微粉末にして水に混ぜ、滅菌後の上澄みを使った。
- ・浄化の目安にした汚染の濁度を数値化するため、汚水の背後に太線の丸印をプリントした紙を置き、その見え方を6段階に分けて写真に撮って基準とした。
- ・浄化されたレベルの判断には、濁度だけではなく、信頼度を高めるためCOD値でも確認した。
- ・汚水浄化の効果が、ニホンジカのフン特有なのかを確認するため、肉食動物（ネコ）のフンと比較した。

分かった点

- ・森林の土壌には、汚水中の有機物を分解する能力の高い細菌類がいる。
- ・浄化の浄化能力については、植生の影響は小さく、標高の影響の方が大きい結果となった。標高の低い地域の森林土壌の方が、汚水を浄化する細菌の働きが強い。
- ・土壌から単離した細菌類を混合すると、組み合わせによって汚水の浄化能力が変化する。
- ・ニホンジカのフン中の細菌を土壌中の細菌の働き合いにより、汚水浄化能力が高くなる。

もっと追究したい点

- ・それぞれの細菌が、有機物の分解に対してどのような役割を果たしているのか。
- ・フンによる汚水浄化能力の向上は、反芻動物に特有な効果なのか。
- ・どの細菌を混合すれば、水質浄化能力がもっと高くなるのか。
- ・シカのフン中の細菌類を単離し、どの細菌が汚水分解能力が高いのかを突き止めたい。

【講評】

森林の土壌中の細菌の浄化作用について、そこに生息する動物との関わりや、細菌どうしの相互作用についても考察を深めた優れた作品である。

コウモリのフンの駆除大作戦

呉市立宮原中学校 1年

芥川 朝陽 大室 大治 庄垣内 悠人

鳥井 優希 三浦 大輝



1 研究の動機

「校舎の階段に毎日コウモリがフンを落としているので、掃除をするのが大変だ。君たちの科学研究でなんとかならないか？」

最初はコウモリと言っても、ピンときませんでした。が、なんだか面白そうだったし、チームでやってみるとのことなので、チャレンジ!

2 目的

- ①コウモリの嫌いなものを予想し、条件を1つ1つ変えながら調べることで、フンをさせない条件は何かを調べる。
- ②コウモリの種類や生態について、情報収集する。
- ③「コウモリのフンの駆除方法」についての僕たちの考えを示す。

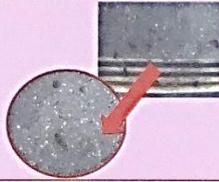
基礎実験

コウモリが1夜で落とす場所とフンの数

	山側階段		中央階段		海側階段		合計(個)
	左側	右側	左側	右側	左側	右側	
3~4階	0	0	0	0	0	0	0
2~3階	2	0	3	0	0	0	5
1~2階	33	0	17	3	1	0	54
合計(個)	35	0	20	3	1	0	59
合計(個)	35		23		1		59

3 仮説 (コウモリにフンを落とさせない条件)

- (1) 風が吹くところ
- (2) 明るいところ(光)
- (3) 天井を平らにする
- (4) かかしなど人の気配があるところ
- (5) 音がするところ
- (6) 臭いがするところ



4 対照実験を行うために規準の設定

- ◎校舎の中で、一番フンを落とす場所 「山側階段」の「1~2階」で調べる。
- ◎「山側階段」の「1~2階」のコウモリが落とすフンの個数を、3回の実験の平均の値「34個」と定めた。(山側階段の1~2階のフンの個数: 33個+38個+31個÷3日間=34個)

5 結果 (1) 風が吹くところ

大型扇風機(風力:強)の時、コウモリが1夜で落とすフンの数

	山側階段 (扇風機: 風力強)		中央階段 (扇風機なし)		合計(個)
	左側	右側	左側	右側	
1~2階	1	0	82	8	91
合計(個)	1		90		91

(4) 人体模型を置いた時、コウモリが1夜で落とすフンの数

	山側階段	
	左側	右側
2~3階(何も置かない)	8	0
1~2階(人体模型を置く)	10	0
合計(個)	0	

(5) 大きな音を出し続けた時、コウモリが1夜で落とすフンの数

	山側階段	
	左側	右側
2~3階(何も音を出さない)	0	0
1~2階(CDで音を出す)	0	0
合計(個)	0	



フンの中身を観察することで、コウモリがどのようなものをエサとしているか調べる。

<フンの特徴>

- ・フンそのものには臭いが無い。
- ・フンは、思ったより固い。ピンセットで押さえつけるとつぶれるくらい固さ。
- ・フンの色は、茶色や黒色がある。採集した日によって色が違う。
- ・形はや大きさは、通常は3~4mm程度で細長い。中には2mm程度で丸いものもある。

「羽あり」の羽や足の一部



アブラコウモリ



- 体長5cm
- 体重10g
- 寿命10~15年
- 超音波を出す
- 夕方飛び回る
- 耳はよい
- 目は見えない
- 果物や小型昆虫類を捕食

情報収集

<結果> (コウモリにフンを落とさせない条件)

- (1) 風が吹くところ →効果あり(強風が苦手)
- (2) 明るいところ(光) →効果あり(光に反応し逃げる)
- (3) 天井を平らにする →効果あり(足で止まれない)
- (4) かかしなど人の気配があるところ →効果あり
- (5) 音がするところ →効果あり(大きい音に反応し逃げる)
- (6) 臭いがするところ →効果あり(防虫剤に反応し逃げる)

6 考察 <コウモリのフンの駆除方法>

校舎全体のコウモリのフンを駆除するため、中央階段に装置を設置して、海側階段や山側階段など校舎全体に影響を与えるようにする。

①コウモリは校舎の電気をつけたとき、音を流したときにフンを全く落とさなかったため、中央階段に音を出す装置を設置して、1階から2階にかけて電気を付けておくのが良い。

②天井を平らにすたときもコウモリはフンを落とさなかったため、フンがいつも落ちている場所の天井を平らにする方法も適している。

<感想>

- みんなで観察や実験を協力しながら行ったことで、段々と楽しくなりました。観察を続けるとフンなどの結果からコウモリが話しかけてくれているようでした。
- 新しいことが分かったり、予想通りの結果が出た時に楽しかったです。

<主な引用・参考文献>

- 「コウモリの謎」大沢夕志 大沢啓子 誠文堂新光社
- 「フィールドベスト図鑑 日本の哺乳類」監修 小宮輝之 学研
- 「新・ポケット版 学研の図鑑 動物」発行人 真当哲博 学研
- 「学研の図鑑 動物」発行人 伊藤年一 学研

**【科学賞委員会特別賞】 呉市立宮原中学校 第1学年 芥川 朝陽・大室 大治
庄垣内 悠人・鳥井 優希
三浦 大輝**

工夫した点

- ・顕微鏡を使って詳しくフンを調べたり、この刺激を加えると効果があるのではなかという仮説を立てたりして、1つ1つ調べていったこと。
- ・僕たち中学生が調べることができる範囲内で、コウモリの弱点を見付けようとしたこと。
- ・5人で調べると、色々な見方があって、たくさんの意見（実験方法や考察）がでてきたこと。

分かった点

- ・コウモリの苦手なものとして、風・光・天井を平らにする・音・匂いがあることが分かった。特に、人の気配も苦手であることが分かった。
- ・コウモリは、羽アリのような昆虫を食べていることが分かった。
- ・コウモリのフンを駆除する方法として、コウモリがフンをする場所に、音を流す装置や防犯センサーなどで光を照らすと良いことが分かった。

もっと追究したい点

- ・コウモリが音や匂いに反応することが分かったが、もっと詳しく音の種類（周波数）や匂い成分についても調べてみたい。
- ・もっと効果があるフンの駆除方法を見付けたい。
- ・コウモリの生態についても調べたい。

【講評】

生じた疑問に対して、一つ一つ丁寧に考察をしている優れた作品である。