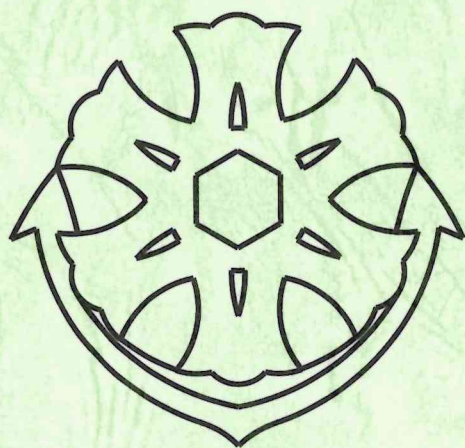


令和3年度 スーパーサイエンスハイスクール事業

課題研究集録

江風グローバル研修報告書



新潟県立新潟南高等学校

巻 頭 言

イノベーションを牽引するリーダーの育成

校 長 勝山 宏子

当校の文部科学省スーパーサイエンスハイスクール（SSH）事業研究開発校の指定は第4期の4年目となり、通算19年目を迎えました。今期は「未来イノベーションを牽引する、科学技術系グローバル人材の育成プログラム」を研究開発テーマとして取り組んでいます。

理数コースの生徒は学校設定科目1学年「江風SSI」、2学年「江風SSII」、3学年「江風SSIII」により年次進行で課題研究の充実を図っています。また普通科の生徒は「江風SSG」により幅広い分野におけるテーマを設定した課題研究を行っています。本誌「課題研究集録、江風グローバル研修報告書」は、生徒たちの今年度の取組の集大成です。印刷された活字からはあまり見えてこないかもしれませんが、今年度の取組にも新型コロナウイルス感染症拡大の影響が少なからずありました。例年であれば実施していた交流ができなくなったり、実験や文献調査に費やす時間や指導助言を受ける時間が限られたりするなど困難な状況のある中、生徒達は挫けずに、「自主責任」の校訓を体現しつつ、それぞれの探究活動を進めました。限られた紙面の中で、生徒達の取組や経過など全てをここに掲載するわけにはいきませんが、テーマの設定、研究、考察、そして発表に至る生徒達の努力、試行錯誤、衝突、「和衷協同」などもお汲み取りいただけますと幸いです。

テーマに掲げる「イノベーション」についてであります。が、「イノベーション」というとゼロベースで何か新しいものを生み出す、と捉えられがちですが、真のイノベーションのためには、既に蓄積されてきている知識や技術、知恵を基盤としながらそれをうまく融合させることにより時代が求める新たな価値を創出することが必要です。またイノベーションを起こす源泉となるのが分野横断的な知識、能力に加え創造性、好奇心、そして失敗を恐れず、果敢に挑戦するチャレンジ精神であると考えます。そういう意味でも当校が全校体制でSSH事業に取り組んでいることは、これからの時代を切り拓き社会を牽引するリーダーの育成に繋がるものであり、当校の果たすべき役割とも合致するものと考えております。

来年度はいよいよ第4期事業計画の最終年度となります。それと同時に次のステップに向けて当校の課題研究を中心とした教育活動をどのように進めていくのか、その方向性を決定する極めて重要な年になります。これまで本事業の推進に向けて御支援、御指導いただきました大学関係者の皆様、運営指導委員の皆様並びに関係者の皆様に心より感謝申し上げますとともに、引き続き御支援、御指導を賜りますことをお願いして巻頭の言葉といたします。

目 次

巻頭言

「イノベーションを牽引するリーダーの育成」 学校長 勝山 宏子

令和3年度 SSH 課題研究集録

・ 化学

化学カイロを作ろう	1
はたらく塗料 ～機能性塗料の実用化に向けて～	6
果物の皮で靴下を消臭	10

・ 生物

とぎ汁からバクテリアセルロース！	14
国上山植物相 2020	17
チョウメイムシの筋収縮	19
スズメバチネジレバネが宿主の行動に与える影響	25

・ 数学

画像を音楽に変換する	30
------------------	----

・ 物理

鎖の反抗期 ～ニュートンビーズの運動解析～	35
マスク着用による運動への影響	41
船 ～生物模倣から学ぶ～	45

・ ポスター

江風グローバル研修報告書

代替研修について	57
----------------	----

・ 国際大学研修

目的、研修概要、振り返り、アンケート集計結果	58
研修の様子(写真)	62

・ 新潟大学留学生ふれあい事業

目的、研修概要、振り返り、アンケート集計結果	68
研修の様子(写真)	70

・ 台中市立台中文華高級中学校（台湾）との交流

目的、研修概要、振り返り、アンケート集計結果	72
研修の様子(写真)	75

化学カイロを作ろう

新潟県立新潟南高等学校

小川 陸, 坂井 蒼, 八木 源史

概要

私たちの班では、廃棄物の総量を減らすべく、活性炭不使用かつ持続性が高い、平均温度が 50～55℃の化学カイロを製作するため、以下の 2 つの実験を行った。実験 1 では活性炭の質量と温度変化の関係を調べた。その結果を踏まえて、炭化させたトウモロコシの芯や使用済みの割りばしを活性炭の代替として用い、実験 2 を行った。実験 1 では活性炭の質量は少ないほうが良いということが分かった。また実験 2 では、炭化させたトウモロコシの芯や使用済みの割りばしは活性炭の代替として機能することが分かった。そのため、ほかの物質も炭化させて実験を行い、その結果を踏まえてカイロの製作につなげようとしたが、実験時間の不足や実験回数の少なさから十分なデータを得ることができず、結局本来の目標である活性炭不使用のカイロを製作するまでには至らなかった。

1. はじめに

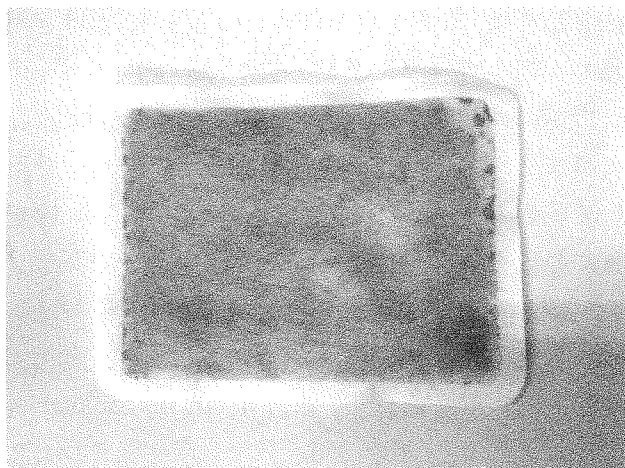


写真 1 : 化学カイロ

私たちの班では、化学カイロを作るという研究を行っている。「カイロ」と一言と言ってもさまざまな種類があるが、私たちはその中の一つである「化学カイロ」に焦点を当てて実験を行っている。

化学カイロというのは、普段私たちがよく使うものであり、一般的な市販のカイロには、鉄粉、塩化ナトリウムなどの塩類、水、活性炭などが入れられている。

それぞれの役割として、鉄粉は空気中の酸素と

反応させて発熱させる働きが、塩類や水は鉄粉の酸化を促進させる働きが、活性炭は空気を取り込んで酸素の供給を促進する働きがある。

私たちは化学カイロで鉄粉の発熱反応を起こし、それを利用して暖をとっているのである。

話は変わってしまうが、日本国内で 1 年間に出される廃棄物の総量を知っているだろうか。実際、その量は約 5 億トンにまで及ぶと言われている。

そこで私たちの班ではこの数値に注目し、カイロの主成分の一つである活性炭を、普段私たちが捨ててしまうような廃棄物、具体的にはトウモロコシの芯や使用済みの割りばしを炭化させ、置き換えることで、結果的に廃棄する総量を減らせるのではないかと考え、この研究を行うことにした。

私たちが普段使っている化学カイロの平均温度は 50～55℃であることから、私たちはこの研究のリーサーチクエストを「カイロの適温である、平均温度が 50～55℃で、かつ持続時間がより長い活性炭不使用のカイロを製作するにはどうすればいいか」と設定した。なお、カイロの持続時間というのは、カイロが発熱を開始して 40℃を越えたときから 40℃を下回るまでの間の時間を指す。

余談だが、市販のカイロの持続時間は数時間のものから 12 時間以上のものもある。

また、研究の仮説は「使った後の割りばしやトウモロコシの芯などの身近にあるものを炭化させることで、それが活性炭の代わりになり、カイロの温度を上昇させるために機能するのではないか」と設定した。

2. 実験方法



写真2：実験の様子



写真3：トウモロコシ炭

私たちは以下の 2 つの実験を行い、その結果を踏まえて活性炭を使わないカイロの製作をすることにした。

実験 1：まず、私たちは活性炭の質量と温度変

化の関係性を調べることにした。鉄粉、塩化ナトリウム、市販の活性炭、水を用意し、次に、鉄粉を 5.0g、塩化ナトリウムを 0.5g、水を 2.0g 計りとり、2 つのビーカーにそれぞれ入れる。その次に、活性炭を 0.75g、1.5g とそれぞれ計りとり、先ほどの鉄粉、塩化ナトリウム、水が入ったビーカーにそれぞれ入れ、1 分ごとに温度を測定した。なお、各材料の質量は参考文献 3 の記述を参考にし、鉄粉を 5.0g にするなど材料の質量を少し変えて、写真 2 のように実験を行った。

実験 2：次に、私たちはあらかじめ炭化させておいたトウモロコシの芯や使用済みの割りばしを使い、それを活性炭の代わりに用いることにした。トウモロコシの芯と使用済みの割りばしを実験に用いた理由としては、班員が夏季休業中にバーベキューをした際に、それらが廃棄物として発生したからである。トウモロコシの芯を炭化させる方法としては、まずトウモロコシの芯を 10 本ほど用意し、アルミニウム箔で三重に包んでガスバーナーで 15 分ほど加熱し、それを冷水にそのまま入れて冷ましたあと、芯を取り出してドライヤーを用いて乾燥させ、それをすり鉢ですりつぶし、粉末状にしたものを使用した。それが写真 3 である。割りばしも同じ手順で炭化させた。他の材料は実験 1 と変えず、質量のみを変えて、鉄粉、塩化ナトリウム、水を用意し、鉄粉を 10.0g、塩化ナトリウムを 1.0g、水を 4.0g と、トウモロコシの芯 4.5g または使用済みの割りばし 1.0g をそれぞれビーカーに入れて、1 分ごとに温度を測定し、実験の手順も実験 1 と変えずに行った。

そして、Excel を用いてそれぞれの実験結果のデータを処理し、グラフを用いて温度の変化を分析した。

3. 実験結果

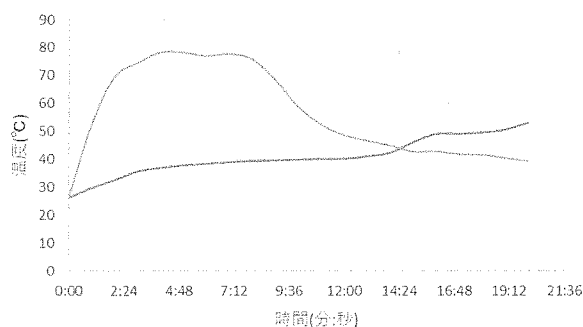


図1：活性炭の質量と温度変化

実験1：図1のオレンジ色のグラフが活性炭1.5g、青色のグラフが活性炭0.75gの温度変化を表している。活性炭が1.5gのグラフでは実験開始後、急に温度が上昇し5～7分後に80℃前後になり、その後すぐに温度が下がっているが、活性炭0.75gのグラフは、微妙ではあるものの徐々に温度が上昇している。

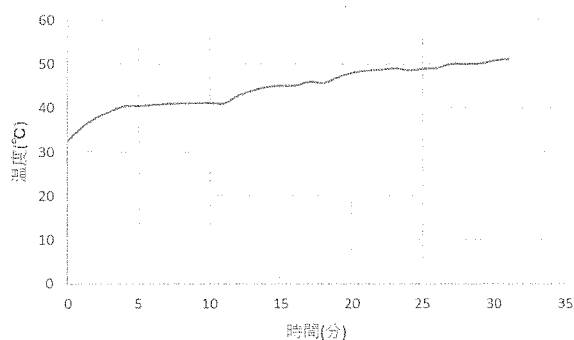


図2：トウモロコシ炭と温度変化

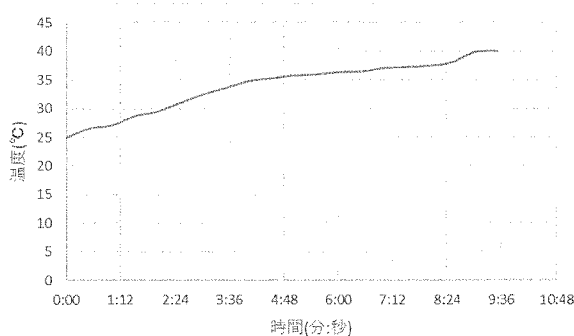


図3：割りばし炭と温度変化

実験2：図2より、炭化させたトウモロコシを活性炭の代わりに用いたところ、徐々に温度が上昇しているのがわかる。よってこの実験からは、炭化させたトウモロコシの芯を活性炭の代替にすることは可能であるといえる。

実験開始後温度は上昇したが3～11分では温度の変化がほとんど見られず、12分以降は温度上昇が始まったり、止まったりを繰り返すといった結果になった。

図3より、炭化させた使用済みの割りばしを活性炭の代わりに用いたところ、この実験についても徐々に温度が上昇しているのがわかる。よってこの実験から、炭化させた使用済みの割りばしも活性炭の代替にすることは可能であるといえる。

しかし、時間の都合上、この実験については9分30秒までしか温度を計測することができなかった。だが、この実験についても、実験開始後3～4分後から温度の上昇が緩やかになるという傾向は変わらなかった。

4. 考察

実験1については、私たちは活性炭の質量を減らすことで鉄粉を酸化させる触媒が少なくなり、温度の上昇が緩やかになったと考えた。また、この結果を踏まえて、活性炭の質量を減らすことで、カイロとしての温度の持続性が高まるということが分かった。

また、活性炭の質量と温度変化の関係性を調べ、活性炭の質量が多いほうが激しい温度変化が、活性炭の質量が少ないほうが緩やかな温度の上昇がみられたことから、私たちは持続性のあるカイロを製作するには活性炭の質量を少なくしたほうが良いと考えた。

実験2については、前述のとおり、実験時間不足のため十分な実験をすることができなかった。

しかし、図2と図3より、炭化させたトウモロコシの芯を活性炭の代替として用いた場合と、炭化させた割りばしを代替として用いた場合とで、

実験開始後約 10 分後までの温度上昇の様子があまり変わらなかったという結果を踏まえて、どちらの物質も、炭化させることで活性炭の代替として温度を上昇させるために機能していると考えた。

だが、この実験の温度変化は私たちがトウモロコシの芯や使用済みの割りばしを炭化させた後、粉末状にする過程に影響されたのではないかと考えている。具体的には、トウモロコシの芯をすりつぶす際は、簡単にすりつぶし、粉末状にすることができたが、割りばしをすりつぶす際は、木の繊維があるためか、力を入れてもあまりすりつぶすことが出来ず、完全な粉末状になっていない状態のものを実験で使用してしまったため、私たちはこれが温度変化に少なからず影響していたのではないかと考えている。

また、実験 2 については同じ日に 2 つの実験を行ったわけではなく、室温や湿度などの気象条件がそれぞれ異なっている。そのうえ、これらの実験結果は、混合物をかき混ぜる際ビーカーを握る手からの熱も温度変化に影響していた可能性がある。そのため、それらが実験結果に影響しないように、出来るだけ室温を一定にしたり、ビーカーに手からの熱を遮断するカバーをつけたりするなどの対策を施すことが必要であったと考えている。

さらに、参考文献 2 では活性炭の表面には無数の微孔が存在し、それが空気を取り込むことで酸素の供給を促すといった記述があるが、それを踏まえて私たちは、実験 2 で温度の上昇が緩やかになった原因として、私たちが自作したものは、市販の活性炭と比較して表面の微孔が少なく、酸素の供給があまり促進されなかったことで鉄粉が酸化せず、熱がほとんど発生しなかったのではないかと結論づけた。

5. まとめ

実験 1 では、より温度の持続性が高められる活性炭の質を調べ、活性炭の質が少ないほうが適しているということが分かった。

実験 2 では、実験 1 の活性炭をトウモロコシ炭や使用済みの割りばし炭に置き換えて実験を行い、ともに温度の上昇がみられたことから、それらを用いてカイロの製作をしようと試みたが、結局製作をすることはできなかった。

以上 2 つの実験結果を踏まえて、私たちは研究のリサーチクエストと仮説の答えを「活性炭の質を減らせば、カイロの平均温度を維持させつつ持続時間をより長くすることができ、また身近なものを炭化させることで、それを活性炭の代替として用いることは可能である」と結論づけた。

今後、機会があればこの研究を発展させて、市販の活性炭と私たちが自作し実験 2 で使用した 2 つの炭のそれぞれの表面の微孔を電子顕微鏡で観察し、その違いを踏まえて実験結果におけるカイロの温度変化の違いについて考察してみたいと思っている。

また、参考文献 3 の記述にあるように、コーヒーの出しがらも活性炭の代替として機能するるので、それについても研究し、どの物質がより活性炭の代替として機能するのかを調べてみたいと思っている。

さて、こんにちでは大量生産、大量廃棄に代表される行為によって二酸化炭素などの温室効果ガスが多く排出され、地球温暖化が進行すると懸念されており、世界的に大きな問題の一つとなっている。そのような状況下で現在猛威を振るっているのが新型コロナウイルスである。

廃棄物を扱うという観点から考えると、公衆衛生の維持は大切なことであり、細心の注意を払うことが大切である。ましてコロナ禍であるこの情勢ではより重要な課題となるに違いない。私たちの研究の最終目標も例外ではなく、活性炭の代替品を得るために廃棄物を扱うことになる。また、それらを扱うには衛生上の問題にとどまらず他の課題も多く、それらを解決するには莫大なコストがかかってしまう。

しかし、廃棄物の総量を削減するという研究の

最終目標の達成、それだけではなく地球温暖化の抑制という観点から見ても、不要なものを炭化させて再利用、有効活用するという発想は、これからの社会においてとても重要になってくるのではないだろうか。

最後に、実験や研究全体を振り返って、実験時間自体が不足しがちななか、炭化させる物質や量、炭化に必要な時間などをあまり考慮しなかったことや、実験回数の少なさなどから十分なデータを得ることができなかった。つまり、自分たちの計画性のなさによって研究自体を自分たちの思うように進めることが出来なかった。そして、前述のとおり研究の本来の目標である「市販の活性炭を使わないカイロを作る」という点についても結局達成することができなかった。この研究を通して、全体の見通しをしっかりと立ててから研究を始めるということの重要性をはっきりと感じる事ができた。

6. 用語解説

・活性炭

石炭やヤシ殻などの炭素物質を原料とし、微細孔をもつ炭素のこと。製造方法は、高温で薬品と反応させて製造する化学賦活や、800℃から1,000℃の範囲で水蒸気を加えながら加熱処理する水蒸気賦活がある。微細孔はその大きさにより3種類に分類され、直径が2nm以下のマイクロポラス、2～50nmのメソポラス、50nm以上のマクロポラスがある。

7. 謝辞

約1年間という短い期間ではありましたが、私たちの研究に際しご協力くださった中村先生、本当にありがとうございました。

8. 引用文献・参考文献

- 1) しずくの海洋日報(2017) 使い捨てカイロの温度は？好みに調整できる！？中身や原

理の不思議、再利用法も

<https://senkokugoshochi.com/disposablekairo-temperature-contents> 2021年6月15日

- 2) 小林製薬株式会社(2020) カイロのすべて：カイロのしくみ

<https://www.kobayashi.co.jp/brand/all-about-hand-warmer/> 2021年6月15日

- 3) 自然科学観察コンクール(2015) めざせエコ化学カイロ ～コーヒーでカイロ？～

<https://www.shizecon.net/award/detail.html?id=173> 2021年6月15日

- 4) 株式会社ユー・イー・エス 活性炭とは

<http://www.cocowork.com/about/activecarbon.html> 2021年6月15日

多孔質素材を用いた遮熱塗料の作製

新潟県立新潟南高等学校

笹川 ひかり, 熊倉 麻衣, 畑澤 遼太

概要

現在、塗料は従来の着色や本体の保護といった目的以外に様々な機能を持った塗料が作られている。私たちは多孔質の素材を塗料に加えることで遮熱効果を与えることができると考えた。昨年度の先行研究で作製されたオリジナルの水性塗料に様々な多孔質素材を加え、その遮熱効果を検証した。その結果、多孔質素材を用いた塗料で遮熱効果を確認することができた。

1. はじめに

身の回りには様々な形で塗料が使用されている。その多くは有機溶剤を使用し溶剤を揮発させることによって塗膜を形成する。有機溶剤は環境負荷が大きい。昨年度の先行研究では有機溶剤の代わりに水を溶剤として用いた環境負荷の小さいプラモデルへの塗装を想定したオリジナル水性塗料の作製が試みられた。¹⁾ 私たちは、この先行研究をさらに発展させ、屋根や外壁に塗装することを想定した遮熱機能を持った水性塗料を作製することを考えた。遮熱機能とは、太陽光に含まれる赤外線効率よく反射したり、断熱効果を用いたりして、温度上昇を防ぐ機能のことである。遮熱機能を持った塗料を屋根や外壁に塗ることで、内部の温度上昇を防ぎ、エアコンの稼働率を抑えることができ、コストダウンやヒートアイランド現象の抑制にもつながると考えた。

2. 水性塗料の作製

先行研究をもとにオリジナルの水性塗料を作製する。¹⁾ 塗料は顔料、分散剤、樹脂、溶剤で構成されている。顔料には塗料を着色する働き、樹脂には塗膜を形成させる働きがある。また分散剤は本来溶剤に溶けない顔料、樹脂を溶剤に分散させる働きを持つ。これらを溶剤に溶かしこむことにより塗料は作られる。

実験 1 オリジナル白色水性塗料の作製

顔料 : 酸化チタン(IV)
樹脂 : ポリ酢酸ビニル
分散剤 : ポリビニルアルコール(PVA)
重合度 500
溶剤 : 水

80℃～90℃の熱水に PVA を加え、10%の PVA 水溶液を作製する。その水溶液 20g に酸化チタン(IV) 5.0g を加えて攪拌し、そこにポリ酢酸ビニル樹脂 10g を加えてさらに攪拌する。このようにして白色の水性塗料が出来上がる。以降の研究ではこの白色水性塗料を基本の塗料として実験を行う。

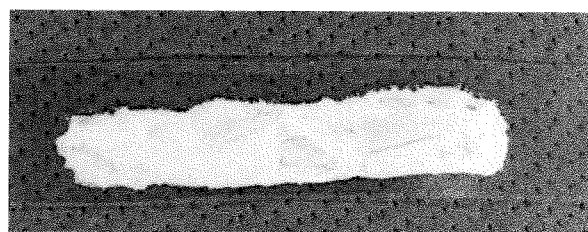


図1 酸化チタン(IV)を用いた白色水性塗料

3. 遮熱塗料の作製

実験1で作製した水性塗料に遮熱機能を持たせるために、すでに断熱効果があることが確認されている中空真空ビーズを混ぜ込み塗料をつくり、その効果を検証した。中空真空ビーズとは中心が空洞になっている微小の粉末である。

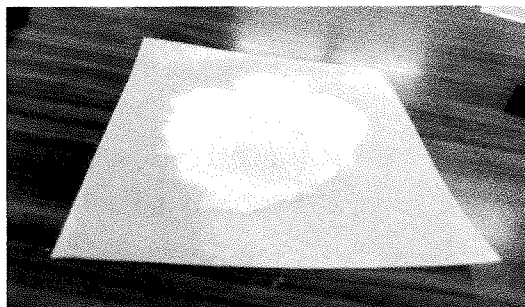


図2 中空真空ビーズ

実験2 中空真空ビーズを用いた遮熱塗料の作成と遮熱効果の検証 その1

質量比 25%の割合で中空真空ビーズを混ぜ込み塗料を作製する。作製した塗料を屋根に見立てた鉄板に塗布し、その鉄板を発泡スチロール製の断熱容器に固定する。鉄板から 30cm の位置にハロゲンヒーターを置き 800Wで加熱する。そして容器内に入れた温度センサーで温度変化を観察する。

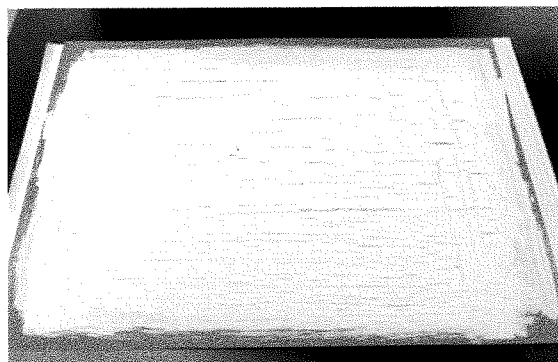


図3 塗料が塗布された鉄板



図4 ハロゲンヒーターによる加熱

結果と考察

実験2の結果は図5のグラフのようになった。「オリジナル」とは中空真空ビーズを加えていない白色水性塗料のことで「中空真空ビーズ」は中空真空ビーズを含む塗料である。実験開始時の温度は、オリジナル塗料では 24.5℃、中空真空ビーズをいれた塗料では 22.5℃だった。20 分後には、オリジナル塗料は 51.8℃、中空真空ビーズを含む塗料では 41.8℃まで上昇した。グラフからは明らかに中空真空ビーズを含む塗料には遮熱効果があることが見て取れる。これは中空真空ビーズの持つ粒子内の空間が熱を遮断する働きを示したためと考えられる。

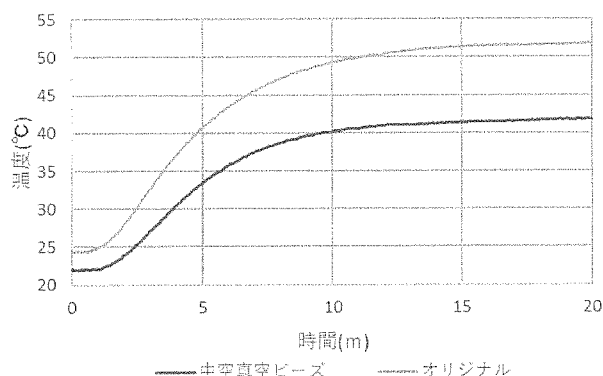


図5 実験2の温度変化(縦軸：温度℃ 横軸：時間分)

実験3 中空真空ビーズを用いた遮熱塗料の作成と遮熱効果の検証 その2

実験2では実験開始時の温度条件が異なっていたため、条件を等しくして実験2と同様の実験を行った。

結果と考察

実験3の結果は図6のグラフのようになった。実験開始時の温度はともに 19℃であり、計測停止時の温度は、それぞれオリジナル塗料は 49℃、中空真空ビーズを含む塗料は 48℃であっ

た。実験開始約 5 分から 10 分の間では、中空真空ビーズを含む塗料を塗布した鉄板が、オリジナル塗料を塗布した鉄板よりも約 3℃温度が低く遮熱効果を十分に確認できる。10 分以降に温度の差が縮まってきているのは、実験途中で塗料のはがれが起きたためである。実用的な遮熱塗料をつくるには安定して塗膜を維持できる耐久性が重要だといえる。

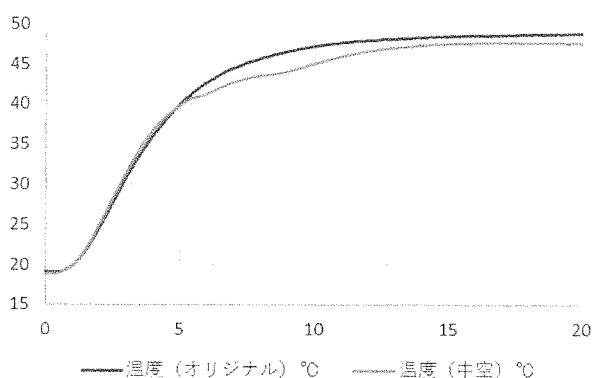


図 6 実験 3 の温度変化(縦軸：温度℃ 横軸：時間分)

実験 4 多孔質素材を用いた遮熱塗料の作製と遮熱効果の検証

実験 2, 3 より中空真空ビーズに遮熱効果があることが確認された。この効果が中空真空ビーズの持つ粒子内の空間の断熱作用からくるものと考え、同様に空間を多数持つ多孔質素材を塗料に混ぜ込むことにより、中空真空ビーズと同様の遮熱効果が得られるという仮説をたてた。その実証のために数種の多孔質素材を用意し実験 2, 3 と同様の実験を行い効果を検証した。実験に使用するために用意した多孔質素材は以下の通り

① 合成シリカ

乾燥剤等に使用されているシリカゲルを微小粉末にしたもの。以下「合成シリカ」とする。

②油吸収材

天然鉱物(シリカ、アルミニウム成分、鉄成分等)を微小粉末にし、その多孔質性を利用して

油の吸着除去剤として使用されているもの。以下「油吸収材」とする。

③除草剤

多孔質セラミックを主成分とし、天然の塩分を加えたもので無農薬の除草剤として利用されている。以下「除草剤」とする。



図 7 合成シリカ

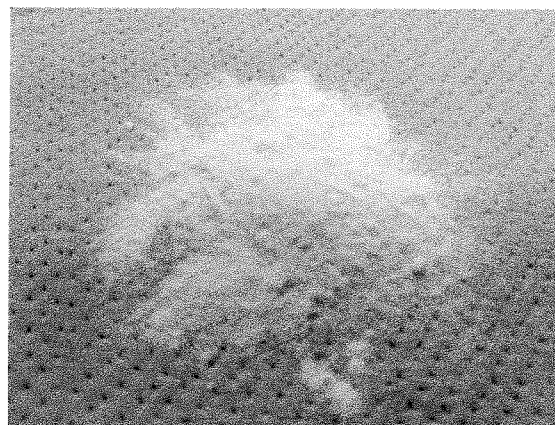


図 8 油吸収材

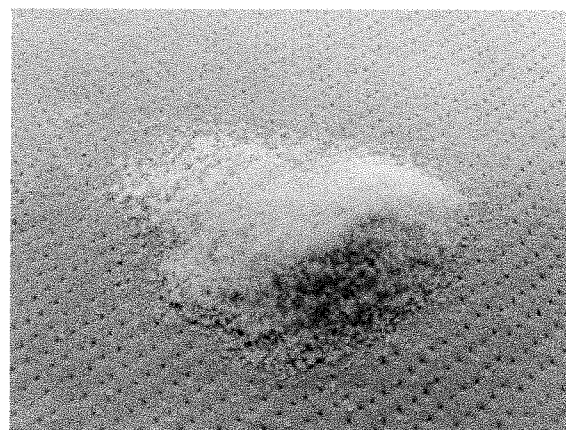


図 9 除草剤

結果と考察

実験4の結果は図10, 11のグラフのようになった。図10より「合成シリカ」には明らかな遮熱効果があることが分かる。それに対して図11より「油吸収材」と「除草剤」には遮熱効果があるとは言えない結果となった。用意した3種の多孔質素材は塗料に混ぜ込むことを想定されたものではないためすべてが遮熱効果をしめすことはなかったが「合成シリカ」に明らかに遮熱効果がみられたことから、塗料内で断熱空間を作れる多孔質素材に遮熱効果が期待されるという仮説はある程度実験で確認されたものと考えられる。

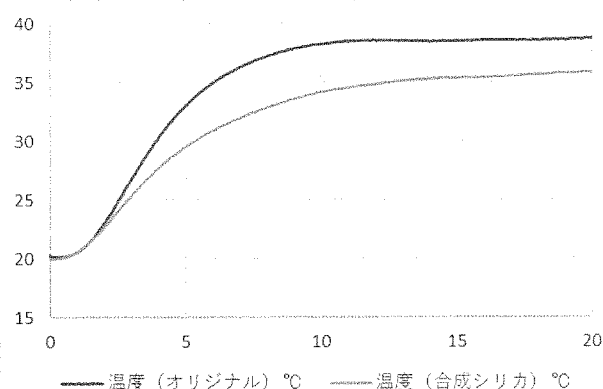


図10 オリジナル塗料と「合成シリカ」の比較
(縦軸：温度℃ 横軸：時間分)

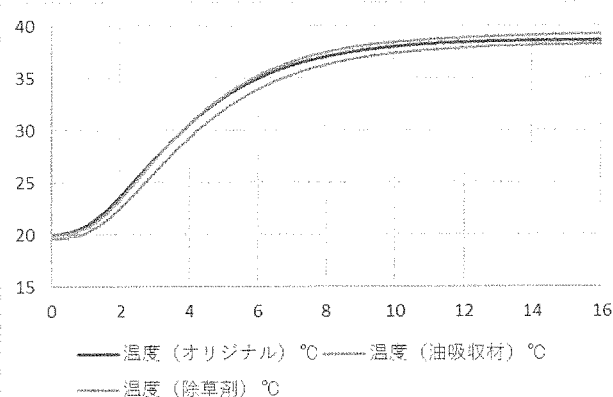


図11 オリジナル塗料と「油吸収材」「除草剤」の比較
(縦軸：温度℃ 横軸：時間分)

「合成シリカ」と「油吸収材」「除草剤」との差はそれぞれの素材の粒子の細かさが影響したもの

と考える。3つの素材の中で「合成シリカ」は最も微小な粉末で塗料に混ぜ込みやすい素材だったといえる。

4. まとめ

- (1) 多孔質素材を加えることにより遮熱効果のあるオリジナル水性塗料を作製し、その効果を検証することができた。
- (2) 多孔質素材のすべてに遮熱効果があるわけではなく塗料への混ぜ込みやすさなどの要因で遮熱効果をしめさないものもあった。
- (3) 実用的に利用するには塗料の「耐久性」が重要であり、その点で本研究で利用したオリジナル水性塗料は不十分と言えた。

5. 謝辞

研究に協力していただいた新潟南高校理科の先生方に心から感謝いたします。

6. 引用文献・参考文献

- 1) 令和2年度 新潟南高校 SSH 課題研究集録
「機能性高分子の開発」
- 2) エスケー化研(2018)「遮熱性能について」
<https://www.sk-kaken.co.jp/shanetsu/performance/> 2020年11月12日
- 3) マイベストプロ(2018)「遮熱塗料の原理は？効果の理由」
<https://mbp-japan.com/osaka/radiant/column/2731652/> 2020年11月12日

果物の皮で靴下を消臭

新潟県立新潟南高等学校

数村 暁香, 片岡 慧吏子, 寺園 仁美

概要

私たちは足の不快な匂いを消臭したいと考えた。研究をすすめるうえで、足の悪臭の原因の一つはイソ吉草酸であると考察し、果皮に含まれる酵素を利用してイソ吉草酸を分解する方法を考えた。実験では本校の3年生に協力してもらい、彼らが体育の時間に履いた靴下を使用した。果皮をエタノールまたは水の中に入れて溶液を作成し、使用前の靴下に吹きかけ運動後どれくらいにおいを抑えられているか、数値を計測した。水を溶媒とし乾燥させたオレンジの皮を浸した溶液が最も消臭できる結果となった。ガスクロマトグラフィーを使用してにおいの原因物質を確かめた結果、イソ吉草酸だけが匂いの原因ではないことが分かった。オレンジの皮はこの物質を分解したと考察する。

1. はじめに

使用後の靴下は不快な臭いがする。その主な原因がイソ吉草酸である。イソ吉草酸は、皮膚常在菌が角質のアミノ酸の代謝を行うことで発生する物質である。そこで、イソ吉草酸の発生を抑制するために、果皮を用いた消臭剤を作成することにした。果物のなかには消臭を促進する働きをもつ酵素を含むものがあるためである。廃棄物利用も兼ねて不要な果皮を使用した。研究に当たり、リサーチクエスションと仮説を設定した。リサーチクエスションは、使用した果物であるオレンジ、キウイフルーツ、パイナップルの皮に含まれる酵素は消臭に効果的なのか。また、実際にそれらの果皮を使って靴下を消臭することはできるのか。この2つである。仮説は、イソ吉草酸は脂肪酸であるため、酵素で分解することが可能である。エタノールを溶媒として用いた時より水を溶媒として用いたときのほうが消臭効果を期待できる。乾燥させた果物の皮を用いたときより、凍らせたときのほうが消臭効果を期待できる。以上の3つを設定した。

2. 実験方法

【実験1】

乾燥させたオレンジ、キウイ、パイナップルの皮と、凍らせたのち解凍させたオレンジ、キウイ、パイナップルの皮をミキサーにかけて砕いた。これらを細かい網目状のネットに入れて水またはエタノールに浸し、約18時間冷蔵庫で保管して独自の果皮溶液を12種類(写真①)作成した。被験者の男女比が平等になるようにグループを作り、それぞれ日によって異なる溶液を、洗濯した左右の靴下に2プッシュ(約4mL)ずつ吹きかけて、被験者にそれを履いてもらい1限の体育の授業を受けてもらった。体育授業終了後はすぐに靴下を脱いで、ビニール袋に密閉保存してもらった。4限授業の時間帯に靴下のにおいの強さを計測した。これらの実験を1つの溶液につき2回以上行い、その平均値を結果とした。計測には体臭を計測する機器を用いた。なお、この機器は、人間の嗅覚をもとに匂いの強さを1から100までの数値で表すことが可能で、アンモニアやイ

↓写真①：作った溶液



ソ吉草酸に反応して匂いを測定する。

【実験2】右の靴下に【実験1】で消臭効果のあった解凍オレンジを水で抽出した溶液を吹きかけ、左の靴下には何も吹きかけずに、【実験1】と同様の実験を行った。今回はガスクロマトグラフィーを使用するので、回収した靴下をより密閉しておくために、ビニール袋ではなく、ジッパー付きポリ袋に靴下を入れてもらった。ジッパー付きポリ袋内の気体を注射器で抽出し、新潟薬科大学にあるガスクロマトグラフィーで気体内の成分を計測した。

3. 実験結果

【実験1】

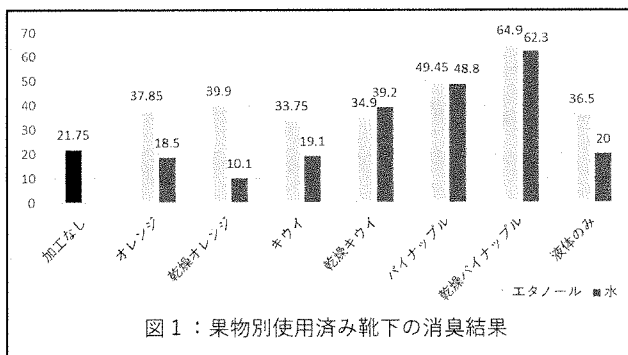


図1：果物別使用済み靴下の消臭結果

・加工なしの数値は22.1であり、エタノールを溶媒として用いた場合、どの果皮を用いた溶液も加工なしより数値が高い。

・水を溶媒として用いた場合、解凍オレンジ、乾燥オレンジ、解凍キウイを用いた溶液は加工なしの時より数値は低い。

・乾燥キウイを用いた場合を除いて、エタノールを溶媒にした時よりも、水を溶媒にした時のほうが数値を抑えることができた。

・水を溶媒としてキウイとパイナップルを用いた溶液は、どちらも解凍させたほうが数値を抑えることができたのに対し、オレンジだけは乾燥させたほうが数値を抑えることができた。今回の実験を行った結果、最も数値を抑えることができたの

は、溶媒を水、溶質で乾燥オレンジを用いた場合であった。また、パイナップルを溶質として用いたときは、溶媒が水でもエタノールでもほぼ数値は変わらなかった。

【結果2】

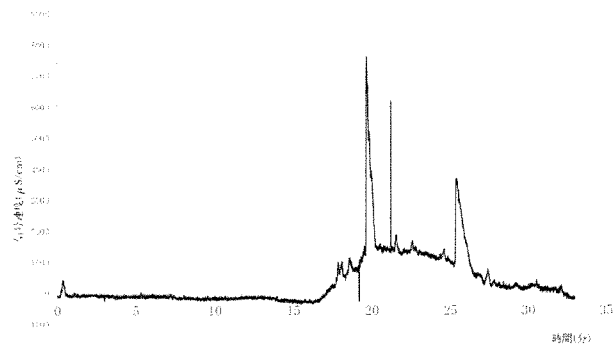


図2：加工処理なし

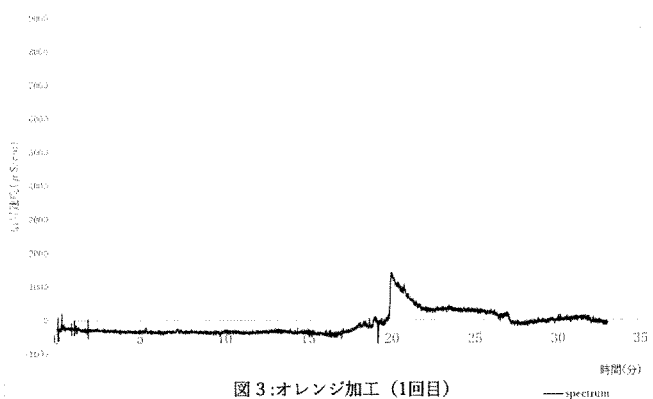


図3：オレンジ加工（1回目）

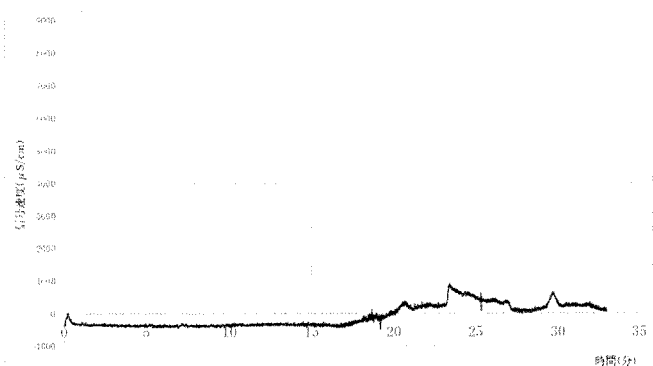


図4：オレンジ加工（2回目）

- ・加工処理を行わなかった靴下では、19分から20分の間に多量の物質が検出された。（図2）
- ・加工なし、解凍オレンジともに、15分以下ではほとんど何も検出しなかった。（図2, 図3, 図4）
- ・加工処理なしと解凍オレンジで処理したグラフ

を見比べると、ほぼ同じ時間帯（19分～20分）に多量の物質が検出された。しかし、加工なしより加工後の方が検出される量は減少した。

4. 考察

【実験1】水を溶媒とした抽出液の方がより消臭効果があることから、水溶性の酵素が消臭効果を持つと考えられる。また、エタノールは刺激臭があるため、体臭を計測した機器がそのにおいに反応したことも考えられる。そして、乾燥オレンジが最も消臭効果があったことから、揮発性でない酵素の中に消臭効果のある酵素が含まれていると考えられる。

【実験2】今回のガスクロマトグラフィーでは、イソ吉草酸は本来 30 秒から 1 分の間に検出されるはずだが、ほとんど検出されなかった。このことから、今回の測定では、発生したイソ吉草酸のほとんどが、分子間力によりポリ袋に付着してしまったか、実験の作業中に蒸発してしまったと考えられる。また、20 分前後には別の物質が検出されている。これはイソ吉草酸よりも分子量の大きい別の物質と考えられ、運動中に靴下で発生したと思われる。実験1で用いた体臭を計測する機器でにおいの数値を計測すると、加工をしていない左の靴下は数値が18であったが、処理を施した右の靴下は6と減少していた。この分子量の大きい物質がにおいの原因だと考えると、解凍オレンジの抽出液は、においの原因物質を大幅に減少させ、またその増加を抑制する働きがあると考えられる。しかし、今回の計測では物質の特定することはできなかった。

5. まとめ

【実験1】では、3種類の果物の皮を使用して、

計12通り実験を行うことができた。今回は果物の酵素に注目し、オレンジ、キウイフルーツ、パイナップルの3つの果物で実験を行った。実験の結果、水を溶媒にした場合、乾燥オレンジを用いたときに1番数値を抑えることができたという結果となった。

【実験2】では、新潟薬科大学でガスクロマトグラフィーを用いて実験を行った。予想していたイソ吉草酸はほとんど検出することができず、においの原因物質の特定はできなかった。しかし、解凍オレンジの抽出液によってにおいの原因物質の1つを分解できることが確認できた。

6. 今後の展望

イソ吉草酸がガスクロマトグラフィーで検出されなかった理由を調べる。

実験2において、靴下の加工処理なしで最も多く検出され、解凍オレンジの抽出液で加工することによって減少した物質を特定する。

7. 謝辞

本研究のためにご協力いただいた新潟薬科大学、杉原多公通教授、本澤忍教授より、貴重なご指導とご助言を賜りました。感謝申し上げます。

担任である土屋英夫先生には、研究の着想から、調査、論文執筆まで多くのご指導をいただきました。心から感謝申し上げます。

最後に、3年9組のみなさまには多くのご支援をいただきました。お礼申し上げます。ありがとうございました。

8. キーワード

- ・イソ吉草酸
- ・ガスクロマトグラフィー

9. 用語解説

1. イソ吉草酸

3-メチルブタン酸(IUPAC 名)。植物、精油に含まれる天然の脂肪酸。揮発性の液体。

2. ガスクロマトグラフィー

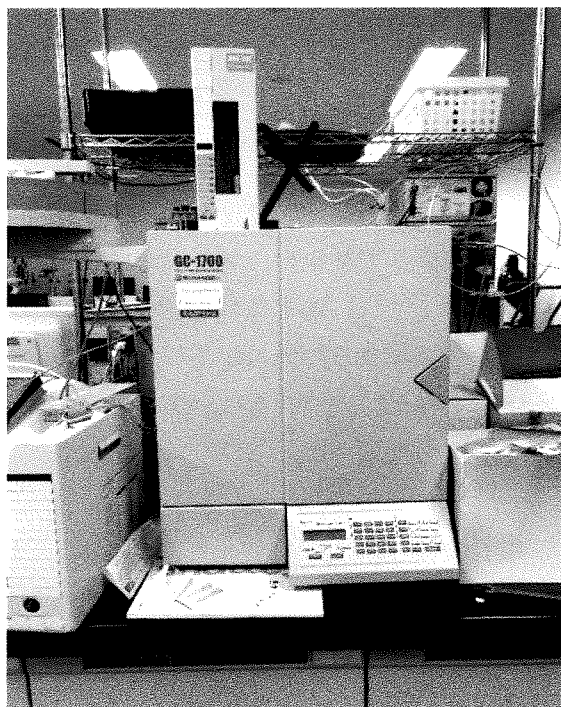
気体の分析手法で分析対象を気体及び液体(試料気化室の熱で気化する成分)。化合物が混合した資料を分析すると、化合物ごとに分離、定量することができる。

10. 引用文献・参考文献

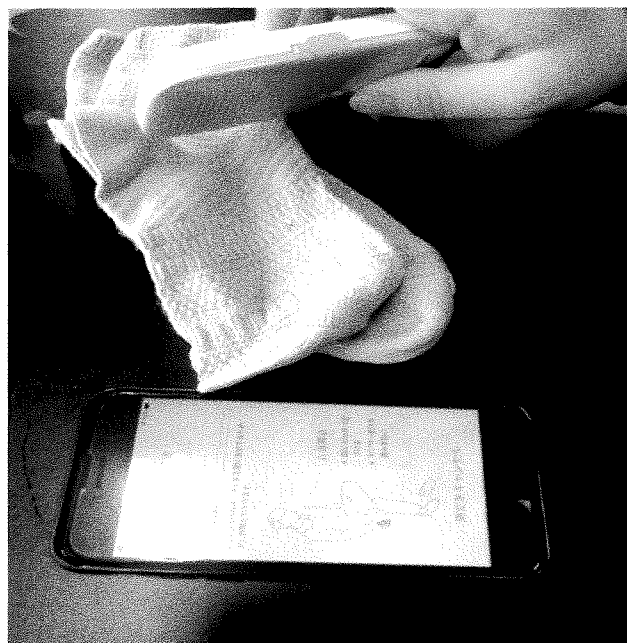
1) https://www.rohto.co.jp/news/release/2015/1209_02/ ロート製薬

2) <https://www.bio-strath.jp/2kenkou/kenou%20article/column09.html> Bio-Strath.net

↓写真③：ガスクロマトグラフィー



↓写真②：体臭を計測する機器で計測する場面



↓写真④：ガスクロマトグラフィーに抽出気体を注入する場面



とぎ汁からバクテリアセルロース！

新潟県立新潟南高等学校

伊藤裕太 笠原直翔 北澤蒼生 行田哲也

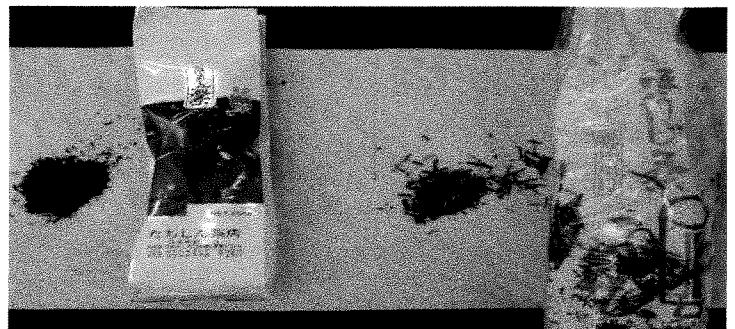
概要

私たちの班は、コンブチャを用いた水質浄化をテーマに研究した。コンブチャとは健康飲料で発酵の過程でバクテリアセルロースの膜を生成する。その膜には水質浄化能力がありこの膜を用いた研究を行った。実験Ⅰでは、基本はコンブチャを作るとき紅茶を原料とするが、私たちは原料を紅茶ではなく、ほうじ茶や緑茶などの他のお茶やお茶ではない米のとぎ汁でも作ることができるのかを確かめ、成長スピードにどれだけ差があるのか調べた。実験Ⅱでは、実験Ⅰで生成した膜に水質浄化能力があるのかどうかを透明度で調べた。

1. はじめに

バクテリアによって合成されるセルロースはバクテリアセルロース（BC）と呼ばれており、高い保水性、高強度、生分解性、生体適合性などの様々な性質を有している。BCの活用例として、スピーカーの音響振動板、人工血管、創傷被覆材、UVカット材、高強度透明材料など幅広い応用が可能である。

欧米で人気飲料のコンブチャは発酵の過程でBC膜を生成する。様々なBCを合成することが報告されているが、もっとも古くから研究がおこなわれているのが酢酸菌である。酢酸菌は、絶対好気性・グラム陰性の桿菌で、天然においては果物の表面などに存在している。コンブチャにも酢酸菌が含まれていて、BCを生成する。BCは繊維の幅が非常に細く、高い生分解性をもっているため、私たちはこの膜を原料としたろ過法での水質浄化に興味を持った。この膜形成には紅茶を使用しているが、原材料を紅茶ではなく、緑茶、ほうじ茶を材料としても膜形成が可能ではないか、また、ある程度ミネラル成分が豊富であるならBC膜が形成できるのではないかと仮説を立て、生活排水である米のとぎ汁を原料としたBC膜形成を試みた。



2. 実験方法

実験Ⅰ コンブチャのBC形成

700mLの蒸留水に、それぞれ茶葉（紅茶 4.6g、緑茶 4.6g、ほうじ茶 13.8g）を入れ、1時間沸騰させ抽出液を作成した。その後、グラニュー糖 85g、白ワインビネガー200mlを加え室温まで冷やし、スコビーというコンブチャ菌体の培養液 200mlを加えた。攪拌した後、キッチンペーパーでカバーを掛け、培養した。

そしてできたBC膜を水質浄化に用いる。

また、米のとぎ汁を蒸留水 700ml に対し米を 84g で殺菌のため 30 分沸騰させた。その後は緑茶、ほうじ茶と同じようにして膜生成が可能かを調べた。

実験Ⅱ 透明度で浄化能力を比較

ビーカーに漂白したほうじ茶のBC膜を取り付けその上から米のとぎ汁をいれたビュレットでとぎ汁を垂らし続けることでろ過し、そのあとビーカー内の水の透明度を半径 1cm、高さ 73cmのプラ

スチックの筒の底に印をつけ印が見えるか見えな
いかで透明度を調べた。(漂白した理由としては
BC 膜自体に染み込んだほうじ茶が膜を通過した液
体に付着することを防ぐためである。)

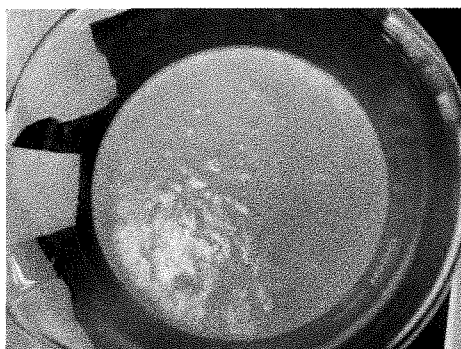
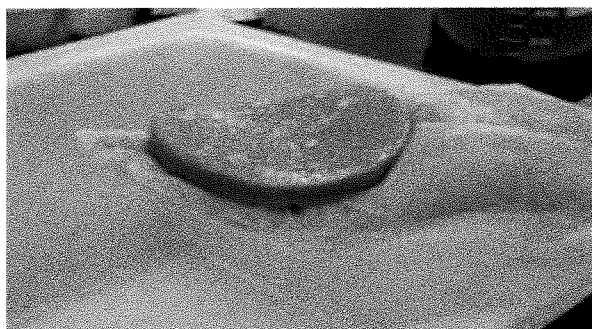
- ① 膜を通す前の米のとぎ汁と通した後の溶液、
また比較対象としてコーヒーフィルターを通
した溶液をそれぞれ筒に通す。
- ② 底の印が見える限界までそれぞれ入れ続ける。
- ③ 底の印が見えなくなる限界の時の水位を底か
らの高さで比較する。

同様に、米のとぎ汁で作った BC 膜でも同じことを
行う。

3. 実験結果

結果 I

すべての茶葉原料で BC 膜が生成され、仮説は証明
された。膜が生成される速度は紅茶が速く 2 週間
で 11mm、他は約 7mm の厚さになった。4 週間
目になると、緑茶、ほうじ茶は 8mm、13mm の
厚さになり、成長に差が見られた。



米のとぎ汁でも同様に膜が生成されたが膜の生成
が見られるまで 3 週間ほど必要でほかの 3 つと比
べると遅かった。

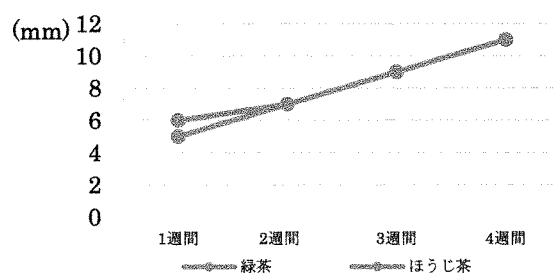


図 1 BC膜の生成

結果 II

ろ過無し 3.1 cm

ろ過あり (ほうじ茶の BC 膜) 12.8 cm

ろ過あり (コーヒーフィルター) 5.1 cm

米のとぎ汁で作った BC 膜では上手くろ過ができ
なく、実験を行うのに必要な量の溶液が得られな
かったため、浄化能力を確かめることができなかつ
た。

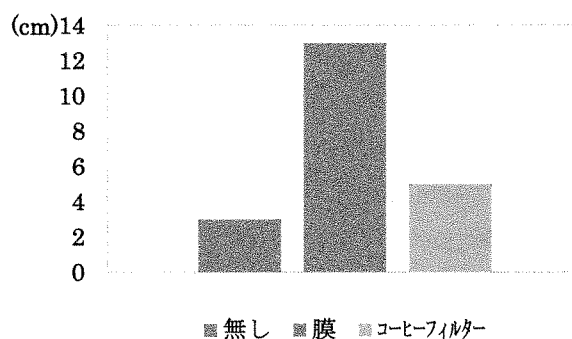


図 3 透視度

4. 考察

結果 I より、コンブチャは基本、紅茶から作る
が緑茶とほうじ茶でも BC 膜の生成が可能であり
一つ目の仮説は証明された。さらにお茶の成分が
ない生活排水の米のとぎ汁でも膜の生成が可能で
あったが、成長スピードには差が見られ紅茶、緑
茶、ほうじ茶の方が早く成長し、米のとぎ汁が一
番遅かった。これより、BC 膜の生成にミネラル成
分は関係ないため、二つ目の仮説は間違いだと分
かった。やはりコンブチャを作るとしたら原料を
紅茶などのお茶にして作ったほうが良いと分かっ
た。これには米のとぎ汁にはなくお茶に含まれる

何らかの成分が影響しているのではないかと考える。さらに、ほうじ茶を原料にした BC 膜は膜の厚さが厚すぎるためにろ過法による水質浄化ができない場合があった。

また結果Ⅱより、透明度で水質浄化能力を調べると、BC 膜を通した溶液の方が BC 膜を通さなかった溶液とコーヒーフィルターを通した溶液よりも底の印が見える水位が高いことから透明度が高く、水質浄化能力があると分かった。米のとぎ汁で作った BC 膜で上手くろ過ができなかったのは、米のとぎ汁の BC 膜は、ほうじ茶の BC 膜より目が細いためではないかと考える。

5. まとめ

実験を通して、普段は紅茶を原料として作るコンブチャだが、紅茶以外の緑茶、ほうじ茶、さらにはお茶の成分のない米のとぎ汁を利用することでもコンブチャを作ることができ、また膜の生成も可能だと分かった。そして水質浄化能力については、米のとぎ汁を生成された BC 膜で実際にろ過することで結果Ⅱのような透明度における水質浄化能力を確認することができた。

しかし、ろ過したことによりどのような成分が水質浄化できたのかはわからなかったため、どのような変化が起きたのか、またさらに水質浄化能力を高めるにはどうしたら良いか調べていきたいと思った。今回の実験では米のとぎ汁で作った BC 膜で上手くろ過することができなく、水質浄化能力を調べるができなかった。そのため、水質浄化以外での BC 膜の活用法を考えていきたい。例えば、もともとコンブチャを作るときにできる BC 膜は食べることができるので、米のとぎ汁で作った膜も食用になるか、また米のとぎ汁をろ過したものを肥料などに活用できるかを考えていきたい。

6. 謝辞

新潟南高校の小菅高雄先生をはじめ、多くの方々に協力していただきました。ありがとうございました

いました。

7. 引用文献・参考文献

Environmental Science & Technology Letters
2020, 7, 213-218

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.estlett.0c00019> 2020. 11. 12

国上山植物相 2020

新潟県立新潟南高等学校

金津 陽, 伊藤 康太, 竹田 若奈, 後藤 亜咲

概要

国上山は、標高 313m、弥彦山系に属しており、豊かな植生に恵まれた低山である。調査の見直しは 20 年ごとに行われるのが理想的とされ、最近では、1999 から 2000 年に植生調査が行われた。そのため、私たちは“国上山の植物相 2020”として新たな調査を行うこととした。私たちは、1 つには道路の建設による生物的要因、2 つには人々による種子散布の物理的要因から植生が変化したと考え、実験を行った。実験方法は、4 月から 11 月の間 1 か月に 2 回、国上山の山道及び麓沿いの植物を採取する。乾燥のために新聞紙に挟み、さらにダンボールで挟む。図鑑の同定基準を参考にしながら、同定作業を行う。結果としては、どの項目で比べても、変化率がほとんど等しく、全体的にどの種もあまり変化していないという結論に達した。

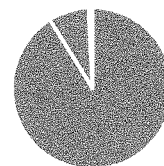
1. はじめに

国上山は、標高 313m、弥彦山系に属している。調査の見直しは 20 年ごとに行われるのが理想的とされ、最近では、1999 から 2000 年に植生調査が行われた。そのため、私たちは“国上山の植物相 2020”として新たな調査を行うこととした。そこで、この調査に対して“20 年前に比べて、どのような植生が広がっているか”というリサーチクエストを立てた。

さらにダンボールで挟む。図鑑の同定基準に従って、採取した植物の種を特定する。20 年前にとられた植物のリストと比較して、現在の国上山の植物相の特徴を図式化し、変化の様子を考察する。

3. 実験結果

2000年

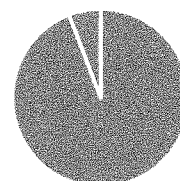


■ 種子植物 ■ シダ植物

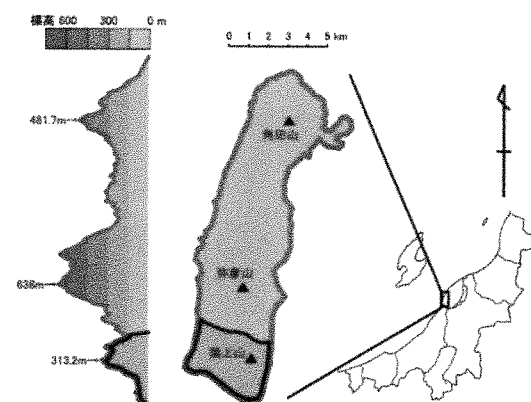
↑n = 828

↓n = 527

2020年



■ 種子植物 ■ シダ植物



2. 実験方法

4 月から 11 月の間 1 か月に 2 回、国上山の山道及び麓沿いの植物を記録、採取をする。採取後、乾燥し、植物の形を維持するために新聞紙に挟み、

20年前 □ 現在 種子植物 828 □ 527 シ
ダ植物 74 □ 33 雑種 7 □ 0 被子植物 88
2 □ 524 裸子植物 7 □ 3 双子葉類 606
□ 429 単子葉類 215 □ 95 後生花被類
430 □ 242 古生花被類 391 □ 282

4. 考察

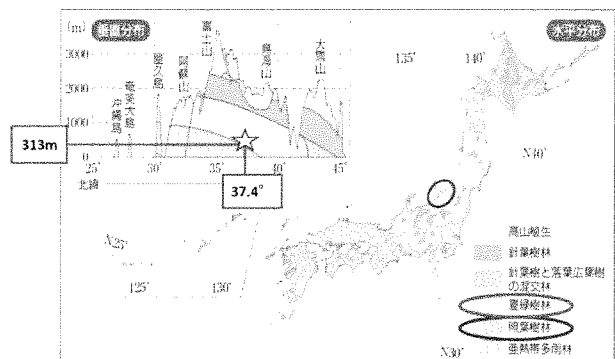
植生が変化したと考える理由として、1つには道路の建設による生物的要因、2つには人々による種子散布の物理的要因が考えられる。

まず、バイオームを用いて考えると国上山のある、燕市の年平均降水量は 2095mm、年平均気温は 12.9℃であり、照葉樹林帯にあたると考えられ、そして、標高が 100m 高くなるごとに約 0.5℃ 気温が下がるので（標高 313m の国上山の）山頂付近は夏緑樹林帯にあたると考えられる。このことは、水平分布と垂直分布を用いても同様のことが言え、水平分布においては国上山のある燕市は「青マル」のところにあり照葉樹林帯にあたると考えられ、垂直分布においては標高 313m の国上山の山頂付近は夏緑樹林帯にあたると考えられる。

月 降水量(mm) 気温(℃)

	計	最大値	平均値	最大値	最小値
1	208	25	3.6	6.1	1.1
2	171	19	1.3	3.6	-0.8
3	152	26	4.5	8.3	0.8
4	82	19	11.1	15.3	6.7
5	60	14	17.4	21.9	13.4
6	94	18	20.8	24.7	17.3
7	195	125	25.9	29.7	22.4
8	35	17	27.4	32	23.5
9	158	25	23	27.3	19.5
10	120	22	15.6	19.4	12.1
11	162	32	9.9 14.3)	5.8)	
12	201	30	4.3	7.6	1.3

これらのことから、私たちは国上山の麓には照葉樹林が見られるが、標高が高くなるにつれて夏緑樹林になると考えた。



今回は、国上山全域を調査した。20年前より山に訪れる頻度が少なかったため、発見された個体数も少なくなったと考えられる。それを考慮すると、全体的にどの種もあまり変化していないという結論に達した。その原因として植物の変化量で均衡が保てているからだと考えた。このように考えるのは、どの項目で比べても、変化率がほとんど等しく、そのため全体に占める割合も変わらないからである。

5. まとめ

国上山では、ハナハギなどの帰化植物、コシノカンアオイなどの絶滅危惧種と多種多様な植物が共存していることが確かめられた。また、この20年間気候変動が報じられることが多くなっているが、それは分類群の比率には影響していないと考えられる。

6. 引用文献・参考文献

- 1) 浜島書店編集部 (2020) . 『ニュースタージ』 . 浜島書店.
- 2) 吉里勝利 (2018) . 『スクエア』 . 第一学習社.
- 3) 袖山兼一 原田完二 小野塚正史 (2000) . 『国上山の植物』 . 西蒲・燕科学教育センター.
- 4) 分水町 (2004) . 『分水町史 資料編 I 自然』 .

チョウメイムシの筋収縮

新潟県立新潟南高等学校

生物3班 五十嵐かのん 池田シュウ 能仲竜也 馬上敏徳

概要

我々はクマムシの乾眠システムを明らかにするために研究している。多くの陸生クマムシでみられる乾眠時の体縮がどのような仕組みで起こるのか明らかになっていない。そこでクマムシの乾眠時の体縮が筋収縮によって引き起こされるかどうか明らかにするために、クマムシが筋収縮を行うのかをグリセリンを用いて確かめた。クマムシをグリセリン筋にする処置を施し、ATPを滴下した。そして時間を測り、体長の変化を観察した。はじめの実験では体長の変化が見られたが、データが不十分であったため、再度実験を行った。すると、筋収縮はわずかしき見られなかった。クマムシ乾眠時の体縮への脱水と筋収縮の関わりを、脱乾眠と合わせて研究を進めることで、人間の肌の老化を防止する、または蘇らせることができるかと考えている。

1. はじめに

クマムシは緩歩動物門の生物の総称である。多くの陸生クマムシは乾眠(anhydrobiosis)を行う。クマムシは乾眠状態に入ると、高温状態では約150度、低温状態では約-273度、圧力においては1.2 GPa、他には無酸素状態、放射線、といった過酷な環境への耐性を備えている¹⁾。乾眠システムに関する研究は少なく、不明な点が多い。節足動物門のネムリユスリカの乾眠は脳に関与していないという報告がなされた(渡辺ら2002)²⁾。我々はクマムシの乾眠システムを明らかにするために研究をしている。一昨年の南高校クマムシ班の研究でオニクマムシ(*Milnesium tardigradum*)の乾眠・蘇生には脳は関係していないことが示唆された(高橋ら2019)³⁾。我々はクマムシの乾眠に筋肉や神経がどのように関係しているのかという研究をしている。そこで、私たちはクマムシ乾眠時の体縮は脱水だけでなく筋収縮によって引き起こされている。」という

仮説を立てた。本研究では、クマムシが筋収縮することで、体縮が起こるかどうかを確かめるために、チョウメイムシ(*Macrobiotus* sp.)を用いてグリセリン筋クマムシを作成しATP溶液を滴下して体長の変化を計測した。

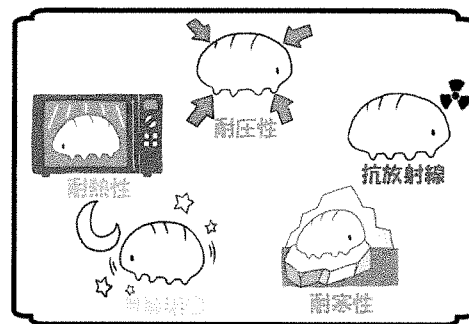


図1 乾眠時のクマムシの耐性

○乾眠

乾燥などの厳しい環境に対して自ら脱水し、活動を停止する状態のこと。乾眠状態ではクマムシは高温・超低温・高放射線・超高压・超真空などの様々な極限環境に対して耐性を持つことが知られている。

2. 実験方法

グリセリン筋はグリセリン溶液を低温に保ち、筋肉を長時間浸すことで得られる。水溶性のタンパク質などを失っているが、アクチンやミオシンなど収縮のための構造は残っている。そのため、ATP 溶液を滴下することで、グリセリン筋は収縮する (図 2)。

クマムシは脱皮する動物であり、キチン質の表皮を持ち、グリセリンが染み込みにくい。そこで、グリセリンを体液に染み込ませるため以下の行程で実験を行った。

(実験 1)

方法 1 (図 2)

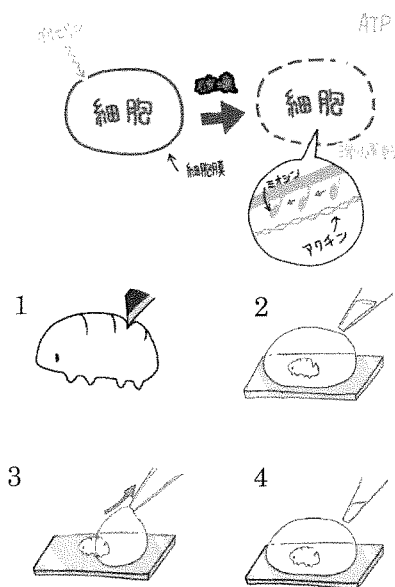


図 2 グリセリン筋クマムシの実験

グリセリンによる水溶性タンパク質の分解と ATP の分解による筋収縮の概念図 (上) とグリセリン筋クマムシ実験の手順 (下)

- 1 チョウメイムシの腹部にメスで傷をつけた
- 2 50%のグリセリン水溶液に一週間浸した

- 3 グリセリン水溶液を取り除き、グリセリン筋を取り出した

- 4 ATP 溶液 (トリノシン S) を滴下し、滴下前と滴下後の体長を測定した

(実験 2)

方法 2 (図 2)

- 1 医療用メスで傷をつけたチョウメイムシを 30%, 50%, 70% グリセリン水溶液に 1 週間浸した
- 2 グリセリン水溶液を取り除き、グリセリン筋を取り出した
- 3 ATP 溶液 (トリノシン S) を滴下し、体長の変化を観察した

3. 実験結果

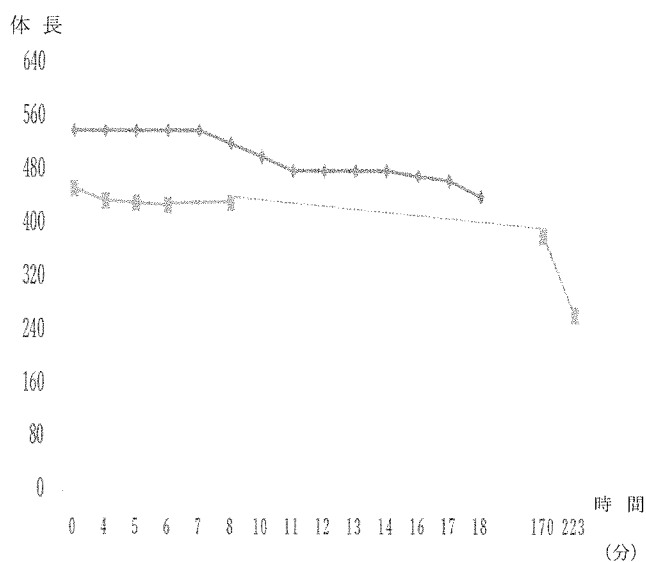


図 3 50%グリセリン筋チョウメイムシに ATP を加えたときの体長の変化

青線 サンプル X 橙線 サンプル Y

実験 1 では、グラフからわかるように、サンプル X では 18 分かけて $100\mu\text{m}$ ほど収縮し、サンプル Y では約 4 時間かけて $160\mu\text{m}$ ほど収縮した。また、2 匹のチョウメイム

シのうちサンプルXは18分後に440 μm に縮み, サンプルYは223分後には264 μm に縮んだが変化が大きかったのは170分から223分の間であった。(図3)

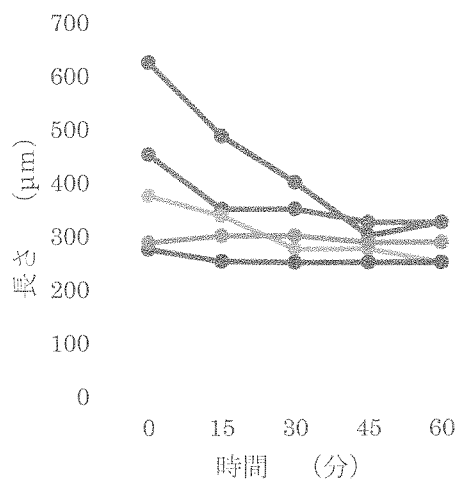


図4 30%のグリセリン溶液につけたグリセリン筋チョウメイムシにATPを加えたときの体長の変化 N=5

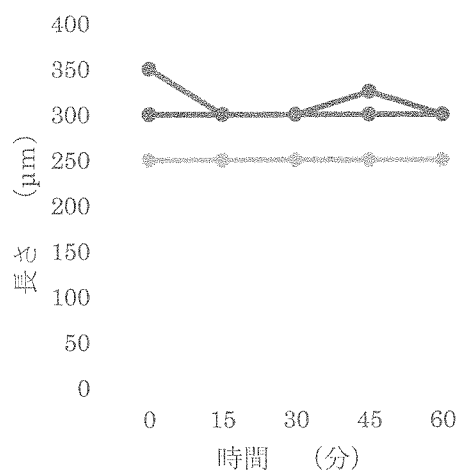


図5 50%のグリセリン溶液につけたグリセリン筋チョウメイムシにATPを加えたときの体長の変化 N=3

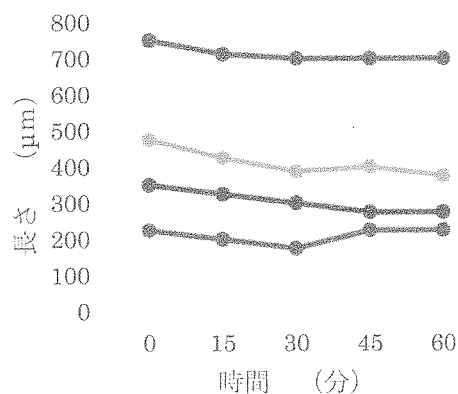


図6 70%のグリセリン溶液につけたグリセリン筋チョウメイムシにATPを加えたときの体長の変化 N=4

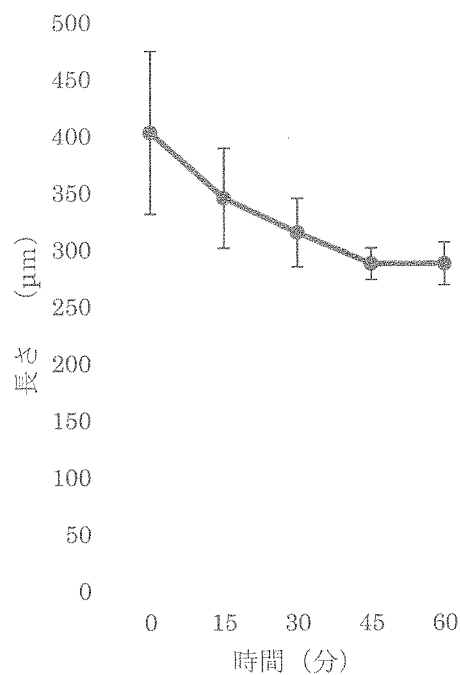


図7 30%のグリセリン溶液につけたグリセリン筋チョウメイムシの時間ごとの体長の変化と標準偏差

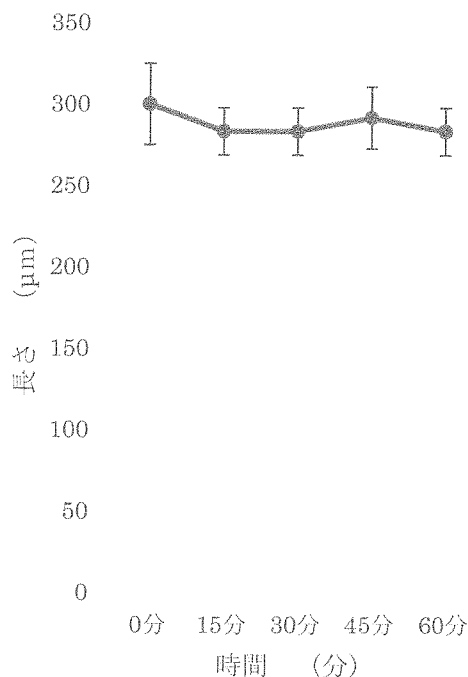


図 8 50%のグリセリン溶液につけたグリセリン筋チョウメイムシの時間ごとの体長の変化と標準偏差

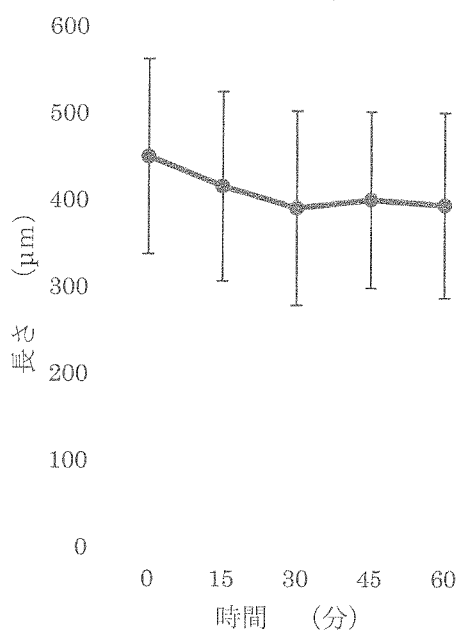


図 9 70%のグリセリン溶液につけたグリセリン筋チョウメイムシの時間ごとの体長の平均と標準偏差

実験 2 は, 実験 1 の個体数不足の補填と, グリセリンの濃度によって, 体長の変化に違いが出るか調べるために濃度を変えて, 同じ実験を行った。

30%グリセリン筋チョウメイムシは 5 個体中 4 個体縮み, 1 個体は変化しなかった (図 4)。平均すると, 1 時間で 25%縮んだ。(図 7)

50%グリセリン筋チョウメイムシで 1 個体は縮み, 1 個体は変わらず, 1 個体は少し伸びた後縮み, 元に戻った (図 5)。平均すると, 1 時間で体長の変化はほとんど現れなかった。(図 8)

70%グリセリン筋チョウメイムシは, 4 個体中 2 個体縮み, 1 個体は伸び, 1 個体は伸びた後もとに戻った (図 6)。平均すると, 30 分間で 8%縮んだが, その後少し伸びて, 最終的な体長は変わっていなかった。(図 9)

4. 考察

実験 1 から, クマムシは時間とともに体長が縮んでいた。しかし, 一般的な乾眠に比べて, 体長の変化が極めて小さいうえに, 時間がかかりすぎている。しかし, 先述の通りキチン質により ATP 溶液がしみこみにくかったためであったと考え, 十分にクマムシが筋収縮しにくかったと考えた。また, 屈筋と伸筋どちらも ATP 溶液によって収縮され体長の変化があまり見られなかったのかもしれない。いずれにしろ, ATP によって体長が少しでも縮むことからグリセリン筋クマムシを作ることができるという可能性は残された。

また, 約四時間後の観察で, 体長が急激に減少していることから, クマムシの収縮率は指数関数的に増加しているかもしれない

と示唆された。今回は多くの個体を 1 時間という時間で、実験を行ったが、時間を伸ばしてみてもよい。

実験 2 から、

体長の収縮割合は濃度の違いによっても、乾眠時ほど体長は変化しなかった(図 4~9)。しかし、わずかな変化の中でも、30%グリセリン水溶液につけたチョウメイムシの平均の変化量は 25%の減少であったが、50%グリセリン水溶液を用いた場合はほぼ変化がなく、70%グリセリン水溶液を用いた場合は 8 パーセントの減少であった。このことから、グリセリン筋クマムシを作ることができる最適な濃度は三次関数、四次関数的に表れるのかもしれない。

実験 1 と同様に、それぞれの濃度のグリセリン溶液において、時間がかかり、ごくわずかなではあるが、体長が収縮する方向に変化した。この要因は、実験 1 の考察に記述したが、また別の要因としていくつかのことを考えた。その一つとしては、クマムシの体内に内在する筋肉は収縮したものの、クマムシを覆うキチン質は収縮しなかったため、筋収縮による体長の変化を正確に測ることができなかったということが、考えられる。クマムシから筋肉を取り出して同様の実験を行えば、グリセリン筋クマムシの筋肉の体長の変化を測ることができるかもしれない。

今回の実験では、クマムシの縦(頭からおしり)の体長を測ったが、ATP によって収縮した筋肉が横向きの筋肉ではなく、縦向き(背から腹)の筋肉であったために、クマムシの体長の変化が乾眠と比べて小さかった可能性もある。

クマムシの筋肉の構造を知り、乾眠時や

筋収縮時にどの筋肉がどの方向に収縮しているかを観察することで、真相を明らかにできると考える。

ほかにも、今回の実験ではわずかに体長の収縮が見られたものがいたのは、メスで傷をつけた際に、筋組織を一部損傷させてしまったために体長が変化しきらなかった可能性もある。

ここまで、クマムシの筋収縮は行われるものとして考察してきた。しかし、クマムシの乾眠時の体縮に筋収縮は関わっておらず、脱水のみで収縮しているとも考えることもあるかもしれない。しかし、新潟南高校の卒業生の研究ではクマムシを炭酸水で眠らせ、脱水させたところ、縦軸方向の体縮が見られず、長いまま扁平に乾燥し、水をかけたら蘇生した⁴⁾。このことから、少なからず、クマムシ乾眠時の体縮は脱水だけでは説明がつかないのが現状である。

5. まとめ

実験 1 では少数個体のクマムシをグリセリン水溶液に浸し、グリセリン筋の処置を施し、筋収縮の有無を調べ、乾眠に筋収縮が関わっていると結論付けたものの、個体数を増やして行った実験 2 により、実験 1 によって導き出された乾眠と筋収縮の関わりを断言することはできなかった。しかし、クマムシ乾眠時の仕組みを解明することで、人間の生態にも応用できると考える。例えば、人の肌の老化には皮膚の筋肉の衰えと皮膚の保水性の欠如が影響しているといわれている。そこにクマムシの乾眠状態からの驚異的な復元のメカニズムを応用することで、何歳になっても健康的な肌でいることができるだろう。もし、何かの物質によって、クマ

ムシが吸水しているのなら、美容医薬品に利用されるだけでなく、それを売りにした化粧品を目にするのも遠い日のことではないかもしれない。

6. 今後の展望

クマムシの筋肉を生体染色で可視化することで、乾眠時にどこの筋肉が収縮しているのか明らかにしたい。

私たちは、本実験でグリセリン筋クマムシを作ることに失敗したと考えている。ただし、グリセリン溶液の染み込みにくさから、グリセリン筋クマムシを作ることは難しいのがその理由で、それを解決すればグリセリンクマムシを作ること、筋収縮によって体縮がおこることを証明できると考えている。また、クマムシに直接電気を流すなどの別の方法で、クマムシが筋収縮することを確かめることも検討中である。

我々はクマムシ乾眠時の体縮への脱水と筋収縮の関わりを、脱乾眠と合わせて研究を進めることで、人間の肌の老化を防止する、または蘇らせることができるかもしれないと考えている。

7. キーワード

緩歩動物門 クマムシ チョウメイムシ
乾眠 筋収縮 グリセリン筋 ATP

8. 用語解説

クマムシ

緩歩動物門(Tardigrade)に属する動物の総称である。4対8本の肢を持つが、関節はない。体長 $50\mu\text{m}$ ~ 1.7mm であり、水を得た活動状態ではゆっくりと歩き続ける。身近なコケや深海から高山など様々

なところに生息している。系統は環形動物と節足動物に近い。

9. 謝辞

この研究を行うに当たり携わっていただいた奈良先生、川瀬先生ありがとうございました。

10. 引用文献・参考文献

- 1) 堀川大樹 (2008) 耐性の昆虫学 136-146
- 2) Watanabe, M., Kikawada, T., Minagawa, N., Yukuhiro, F. & Okuda, T. Mechanism allowing an insect to survive complete dehydration and extreme temperatures. J. Exp. Biol. 205, 2799-2802 (2002)
- 3) 高橋ら (2018) 「最強生物になるしくみとは!？」令和2年度新潟県立新潟南高校課題研究収録 p 1~6
- 4) 井上実咲、林優太、山口翔太郎、渡辺侑果 オニクマムシの炭酸水からの乾眠導入と蘇生 新潟県立新潟南高等学校平成26年度普通科理数コース課題研究論文 (2016)

スズメバチネジレバネが宿主の行動に与える影響

新潟県立新潟南高等学校

遠藤百華, 南優芽花, 吉川京夏, 渡邊康介

抄録

スズメバチネジレバネ(*Xenos moutoni*)の寄生が、宿主であるスズメバチ属(*Vespa*)の行動に与える影響については、解明されていないことが多い。我々はスズメバチネジレバネが寄生することで寄生場所である樹液場への宿主の誘引性が高まるものと考え、実験を行った。その結果、樹液場に見立てたトラップで採集されたスズメバチにおけるスズメバチネジレバネの寄生率が、巣から採集した個体よりも高かった。また、スズメバチが樹液成分の中のアルコールなどに誘引されていることが分かった。これらの結果から、スズメバチネジレバネは宿主のスズメバチを樹液場へ誘導することで自らの寄生の機会を増やしている可能性が示された。

1. 序論

スズメバチ属(以後スズメバチと呼称する)は、通常幼虫が分泌するだ液成分を餌として生活しているが、巣に戻れない状況では樹液を餌とする。スズメバチの寿命はそれぞれ、働きバチが一カ月程度、オスバチが四カ月程度、女王バチは一年程度で、コロニー全体位としては一年単位で活動サイクルを終える社会性昆虫である。5、6月頃から女王バチが営巣を始め、7月頃からは女王バチは産卵に専念し、代わって多数の働きバチが産卵以外の営巣活動を担いはじめ、9月頃に活動の全盛期をむかえる。この後に孵化する幼虫ではオスの割合が多くなる。11月頃に営巣活動が終わると女王バチ、働きバチ、オスバチはやがて死を迎え、新女王バチのみが通常越冬する。しかしスズメバチネジレバネに寄生された個体は、新女王であるか否かに関わらず、越冬することが可能となる。なお寄生された働きバチは営巣に伴う労働を放棄してしまう。我々はス

ズメバチネジレバネが、労働放棄以外にも宿主の他の行動に影響を与えているものと考え、研究することにした。

昆虫綱ネジレバネ目は、全て寄生性の昆虫であり、スズメバチネジレバネ(*Xenos moutoni*)はスズメバチ属にのみ寄生する。

スズメバチネジレバネの一齢幼虫は樹液場でスズメバチ成虫に飛びうつり、スズメバチ成虫は、スズメバチネジレバネを巣に連れ帰る。スズメバチネジレバネの幼虫は巣内のスズメバチ幼虫に寄生し、宿主の蛹化、羽化とともに、その体内で蛹化する。メスのスズメバチネジレバネの成虫は羽をもたず、一生を宿主の中にとどまる。オスのスズメバチネジレバネの成虫は宿主から離れ、スズメバチ成虫に寄生しているメスのスズメバチネジレバネの成虫と外傷性交尾を行う。メスのスズメバチネジレバネの成虫の体内で孵化した多数のスズメバ

チネジレバネの幼虫は母親のメスのスズメバチネジレバネの成虫を体内から食い破り、宿主のスズメバチの成虫から離れて、樹液場で新たな宿主となるスズメバチの成虫の来訪を待つ。

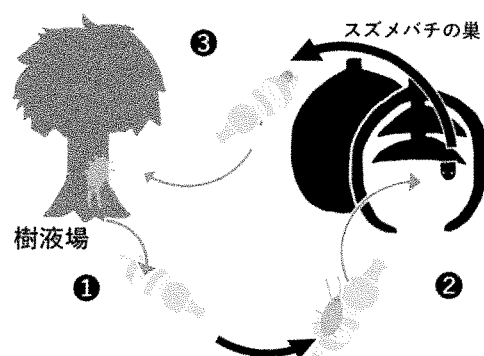


図1 スズメバチネジレバネの寄生手順

スズメバチネジレバネは樹液場でスズメバチに寄生すると考えられるが、スズメバチネジレバネがどのような経緯で樹液場に辿りつくのか、スズメバチが樹液場を訪れる機会をどの程度利用できているのか等は知られていない。

寄生虫の中には、宿主のカマキリを繁殖地となる水場へ誘導するハリガネムシ、一次宿主のカタツムリを二次宿主の鳥に発見されやすい形態に変化させるロイコクロリディウムなど、宿主の行動や形態を支配する例がある。

そこで我々はスズメバチネジレバネも宿主のスズメバチを樹液場へ誘導することで、自らの寄生の機会を増やしているものと考えた。

2. 実験方法と結果

(1) 実験1 捕獲方法の違いとスズメバチネジレバネ寄生率の比較

①仮説

トラップで捕獲したスズメバチの方が、巣から捕獲したスズメバチよりもスズメバチネジレバネの寄生率が高い。

②方法

カルピス巨峰の5倍希釈液1ℓにつきドライイースト3gを加え、20時間室温に置いてアルコール発酵を起こす。これをベイトとし、500ml ペットボトルに200ml ずつ分注する。これらのベイトトラップを新潟市内20か所に設置した。1週間後にベイトトラップを回収し、ペットボトル内のハチを取り出す。取り出したハチの種、性別、体長を記録した後、解剖して、スズメバチネジレバネの寄生の有無を確認する。

ペットボトルは以下の場所に20個設置した。

新潟市中央区上所/新潟南高校(6個)、南区白井/信濃川河川敷(2個)、中央区鐘木/鳥屋野潟公園(7個)、秋葉区金津/県立植物園(2個)、北区太郎代/観音寺(3個)

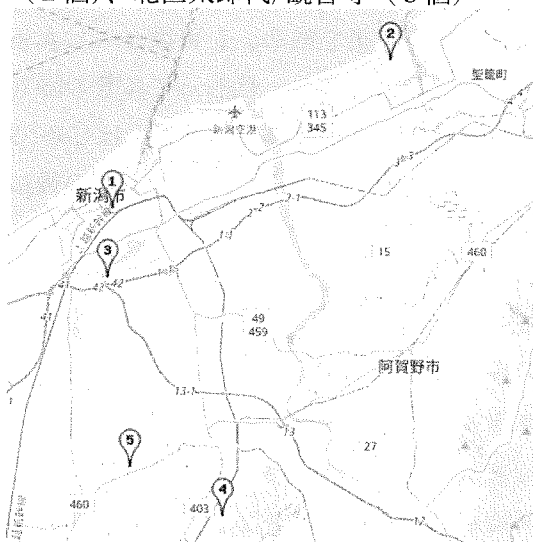


図2 トラップの設置場所

③結果

トラップで捕獲したスズメバチの方が巣から捕獲されたスズメバチよりも多くネジレバネの寄生率が高かった。

表1a 採集方法と寄生率（オオスズメバチ）

	実測値	
	トラップ	巣
寄生なし(個体)	6	0
寄生数(個体)	0	0
寄生率(%)	0.00	-

表1b 採集方法と寄生率（コガタスズメバチ）

	実測値	
	トラップ	巣
寄生なし(個体)	135	204
寄生数(個体)	4	1
寄生率(%)	2.88	0.49

P=0.069152

表1c 採集方法と寄生率（チャイロスズメバチ）

	実測値	
	トラップ	巣
寄生なし(個体)	39	1
寄生数(個体)	0	0
寄生率(%)	0.00	0.00

表1d 採集方法と寄生率（キイロスズメバチ）

	実測値	
	トラップ	巣
寄生なし(個体)	16	336
寄生数(個体)	1	0
寄生率(%)	5.88	0.00

表1e 採集方法と寄生率（ヒメスズメバチ）

	実測値	
	トラップ	巣
寄生なし(個体)	23	0
寄生数(個体)	0	0
寄生率(%)	0.00	-

表1f 採集方法と寄生率（モンスズメバチ）

	実測値	
	トラップ	巣
寄生なし(個体)	63	31
寄生数(個体)	0	0
寄生率(%)	0.00	0.00

（2）実験2 アルコールへの誘引性検査

①仮説

ネジレバネに寄生されたスズメバチ成虫はアルコールへの誘引性が高い

実験1で使用したベイトとスズメバチが誘引される樹液には、どちらにもアルコールが含まれる。このことから我々は、スズメバチは揮発性のアルコールに誘引されると考えた。

②方法

揮発性アルコールへのスズメバチの誘引性を確かめるため、ペットボトルを使用し、独自の実験装置を作成した。

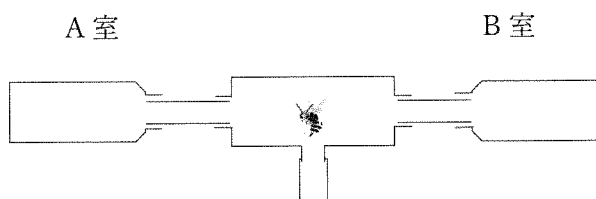


図3 実験装置

まず、A 室にエタノール 1000 μl を充満させる。アルコールチェッカーを使用して反応があるかどうか確認する。B 室は空のままにしておく。次に中央のペットボトルにハチを入れ、5 分間で A 室、B 室の入り口部分に触れた回数と時間 (秒)、パイプの中に入った場合はどこまで進んだか目盛り (cm) を記録する。この間ハチがどちらか一方のペットボトルの中に入った場合は 5 分が経過していなくても終了とする。実験後にハチを解剖してネジレバネの寄生の有無を調べる。

③疑似樹液について

スズメバチの触覚に電位変化を生じさせる揮発性物質があることが分かっている (5)。我々はスズメバチがこれらの揮発性物質に正の走性を示すものと考え、疑似樹液を作成した。イソアミルアルコール、乳酸エチル、 β -フェネチルアルコール、デカン酸メチル、サリチル酸メチルを同量ずつ混ぜ合わせ、1000 μl をエタノールの代わりに A 室の中に充満させる。以降、A 室にエタノールを充満させた場合と同様に誘引性を記録する。

④結果

エタノールの場合も疑似樹液の場合も、物質が入っているほうのペットボトルに長く引き付けられる。とくに疑似樹液の場合は空のペットボトルとの差が大きい。45 個体で同様の検査を行ったもののスズメバチネジレバネに寄生された個体は見つかっていない。

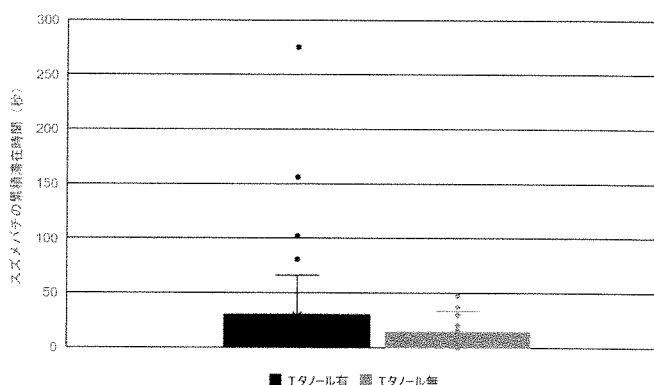


図 4a エタノールへの誘引性

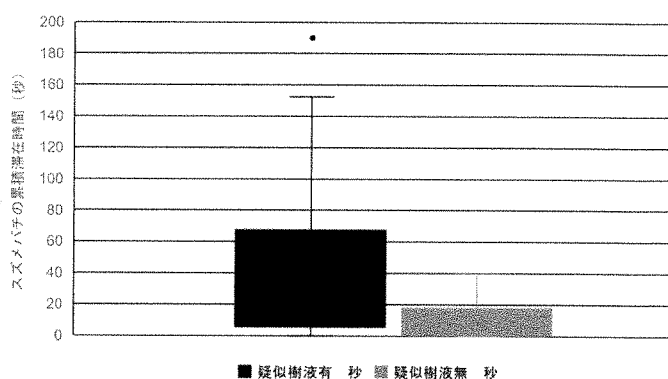


図 4b 疑似樹液への誘引性

累積滞在時間 (秒) は A 室または B 室の入り口に触れていた時間及び A 室または B 室へ繋がるパイプに滞在した時間の合計である。

3. 考察

実験 1 からトラップで捕獲されたスズメバチは巣や捕虫網で捕獲したスズメバチに比べ、スズメバチネジレバネの寄生率が高かった。これらの結果は、スズメバチネジレバネに寄生された個体が、樹液場に誘引されやすいことを示しており、我々の仮説を支持している。実験 2 よりスズメバチはエタノールや疑似樹液に引き付けられることが分かった。本来、この実験はスズメバチネジレバネに寄生された個体と寄生されてい

い個体のアルコール類への誘引性の差を調べることを目的としたものだった。しかし、スズメバチネジレバネに寄生された個体を捕獲することができなかったため、この実験の本来の目的は果たすことができていない。寄生されていない個体では、エタノールのみよりも様々なアルコール類を混ぜた疑似樹液の方が、誘引性が高くなっている。このことから、疑似樹液の成分の中にスズメバチを強く誘引する成分、または成分の組み合わせがあるものと考えられる。

スズメバチネジレバネの一齢幼虫は樹液場でスズメバチに移るとされているが、一齢幼虫がどのような経緯で樹液場にやってくるのかはわかっていない。そこで我々は、スズメバチネジレバネが次世代の一齢幼虫と、新たな宿主とが会える確率を上げるために宿主であるスズメバチを樹液場へ誘導していると考え、研究に取り組んだ。我々の実験結果はこの仮説を支持している。寄生者のスズメバチネジレバネは、宿主のスズメバチの行動を何らかの方法で支配し、樹液場へと誘導することで、自らの寄生の機会を増やし、繁殖に有利な状況を作り出している可能性が示された。

4. 謝辞

新潟県立植物園、新潟県立鳥屋野潟公園には、園内へのベイトトラップ設置やスズメバチ巣の採取について大変お世話になりました。新潟大学教育学部の工藤起来先生、新潟南高校の土屋英夫先生をはじめ、多くの方々に協力していただきました。ありがとうございました。

5. 参考文献

- 1) 町田昌昭(2005).「第Ⅱ部 動物群ごとの特徴 13.類線形動物門」.白山義久.『無脊椎動物の多様性と系統』.裳華社.
- 2) 土井尚道(2013).『寄生蟲図鑑 ふしぎな世界の住人たち』.飛鳥新社.
- 3) 矢島稔(2005).『樹液をめぐる昆虫たち』.偕成社.
- 4) 松浦誠 (1995).『図説社会性カリバチの生態と進化』.北海道大学図書刊行会.
- 5) 小野正人(1997).『スズメバチの科学』.海遊社.
- 6) 牧野俊一(2001).「スズメバチネジレバネの生態」.玉川大学ミツバチ科学研究センター.
- 7) 佐山勝彦(2020).「花を訪れるスズメバチやアシナガバチ」.北海道新聞野生生物基金.

画像を音楽に変換する

新潟県立新潟南高等学校

土田 崇人, 佐藤 隼太, 菊地 禅, 金谷 一輝

1. 序論

研究テーマを思案している中、先行研究において夜空に輝く星空の位置関係から音楽を作り出しているものを見付けた。一見音楽とは関係がないようなものから音楽を作り出しているという点に非常に興味を持ち、私たちも何か音楽とは関係がないようなものから音楽を作り出してみたいと思った。そこで私たちは、「身の回りにあふれる画像や写真などから音楽を作り出してみよう」と考えた。

2. 試行方法（データ変換の定義づけ）

私たちは、画像を音楽に変換する上で、色の要素である RGB 値と HSV 値（色の三属性）を利用することにした。RGB とは、それぞれ赤、緑、青の割合のことであり、HSV とは、それぞれ色相、彩度、明度のことである。H（色相の値）は、図 1 のように矢印の始点の赤から、橙、黄、緑、青、紫、赤の順に反時計回りで 0 以上 255 以下に対応させ、S（彩度の値）は、無彩色を 0 とし、色が濃くなるごとに値を増やしていき、最も色が濃いところを 255 とした。V（明度の値）は、黒を 0、白を 255 とした。これらの RGB 値、HSV 値をどのように利用すれば、画像の色彩の特徴を捉えた音楽に変換できるかを考え、次の試行を行った。

H: 色相
S: 彩度
V: 明度

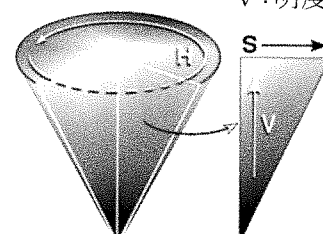


図 1

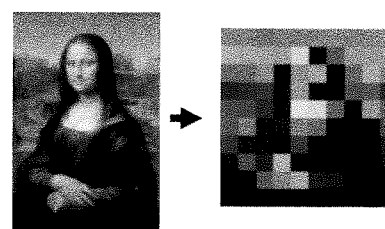


図 2

（1）剰余式変換法

この変換法は研究当初のものであり上述の HSV 値は利用していない。数値をある値で割った余りを用いる剰余式を採用した変換法である。この試行では、図 2 のように画像を 10×10 ピクセルに分割し、各ピクセルから RGB 値を取り出す。そして、各ピクセルの RGB 値の合計を 24 で割った余りを求め、それを図 3 のように 261.6Hz のドの音を基準とし、2 オクターブ上の音までの 24 種類ある音に当てはめた。2 オクターブとした理由は、図 4 のように幅を広げすぎると音の高低が激しくなりすぎ、音楽とはいえない難いものが多かったからである。更にメジャーコードを不協和音が鳴らないよう C, D, E, G, A, B に限定した。その他、音符の長さはすべて 1 拍、テンポは 120 として、一定の値とした。読み込む順番は、左上のピクセルから始まり上から下へ、一番下まで行

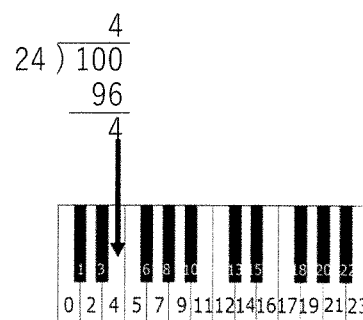


図 3

ったら次の行の一番上のピクセルへ移ってまた上から下へというように読み込んだ。

これらの定義に基づき、クロード・モネ作『睡蓮』の画像から音楽を作成した。この試行の工程は、すべて「MIDI シーケンサーソフト『世界樹』」を用いた。

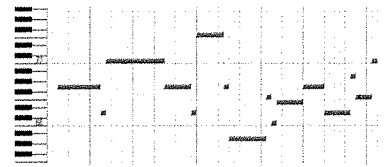
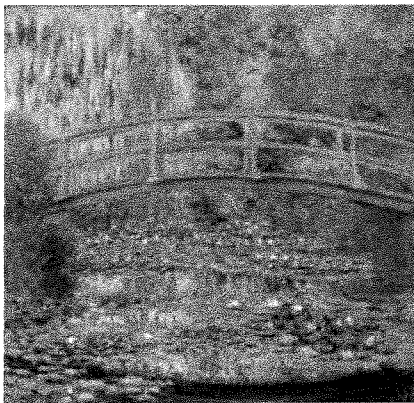


図 4

なお、本研究の試行で作成した音楽を以下に掲載する。0～27 秒は「睡蓮」を剰余式変換法で生成したもの、27～57 秒（動画の終わり）までは紫陽花の画像を次の（2）で後述するオルゴール式変換法で生成したものである。

<https://www.youtube.com/watch?v=wNbCWbxJvpY>



生成された音楽は綺麗に聞こえた。しかし、RGB 値の合計を使っているため、画像の色彩の特徴を十分に捉えた音楽に変換することは出来なかったと結論付けた。

（2）オルゴール式変換法

この変換法は剰余式の欠点を補い、かつ、さらに色の三属性の要素を併用したものである。画像の色彩の特徴を音で表現するために、音を鳴らすタイミングを改善した。ピクセルを1つずつ読み込む時に、隣接したピクセル同士のH（色相の値）の差が15以上あるときに音を鳴らすことにした。15にした理由は、我々4人で検証を行い、H（色相の値）が15程度変わると画像の中で色が違うと感じられるという結果が得られたためである。以下、この方式を、「オルゴール式」と呼ぶ。

1ピクセルを1拍とし、4拍子のため曲の長さは全部で25小節である。音を鳴らす場所は、各ピクセルを図5のように読み込んでいったときに、隣接するピクセル同士のH（色相の値）の差が15以上の所である。以下、この場所を「境界」と呼ぶ。剰余式では上から下に読み込んでいき、一番下まで行ったら次の行の一番上から再度始めるように読み込んでいたが、列の一番下とその次列の一番上のピクセルは隣接するピクセル同士でないで、H（色相の値）が大きく異なることがあり、メロディーが急激に変化していた。そのことを改善するため、

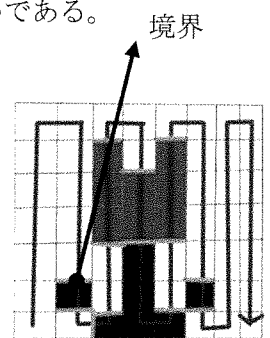


図 5

図5のように読み込むことにした。

音の高さは、鳴らす場所のピクセルのS（彩度の値）を255（HSVの最大値）で割り、24（音の高さの幅）をかけ36（一番低い音の高さ）を足したものとした。これは、16.35Hzのドの音を0とし、半音上がるごとに値を1ずつ増やした時の、36番目の音がメロディーの最も低い音にするためである。音の長さは、境界から次の境界までである。

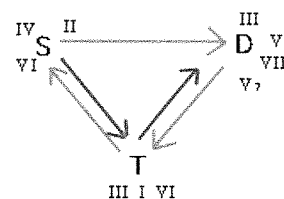


図6

図6は和声の機能を表しており、この機能は古典音楽や教会音楽において古くから使われてきた。T、S、Dはそれぞれトニック、サブドミナント、ドミナントというコードの群を表し、それぞれに添えてあるIからVIIまでの数字は、和音記号である。この機能に従えば、美しいコード進行が作られると考えた。

キーは、Tを開始地点とし、全ピクセルのV（明度の値）の平均値を出し、その高低により24種類ある調から1つを割り当てた。これによって、全体的に明るい画像なら明るい調、暗い画像なら暗い調が割り当てられる。

コードは、4ピクセルごとの平均のV（明度の値）と画像全体のV（明度の値）の平均値とを比較し、前者の値のほうが後者の値以上なら図6の赤い矢印の方向、前者の値が後者の値未満なら図6の青い矢印の方向に進行させる。なお、DからSへの進行を避けるため、Dの次は必ずTが割り当てられるようにした。

テンポはH（色相の値）とV（明度の値）の平均値から決定し、そのテンポは（平均値）×180÷255+60とした。これにより、明るい画像ならテンポが速く、暗い画像ならテンポが遅くなる。以上のことをまとめたものが図7であり、この定義に基づき、「紫陽花」の画像を音楽に変換した。（動画の27～57秒まで）

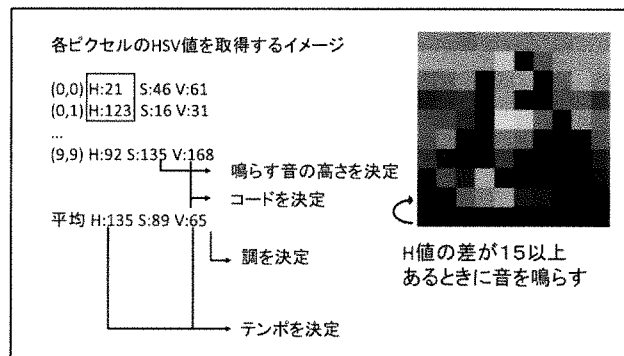


図7

<https://www.youtube.com/watch?v=wNbCWbxJvpY>

（前述したものと同じである。）



剰余式のメロディーは音がランダムに配置されたものであったが、オルゴール式では、その欠点を改善して画像ごとに様々な曲を生成できた。すなわち、画像の色彩の特徴をより反映させることに成功したと評価している。

3. 考察（まとめ）

今回の試行では、絵画や写真といった画像を音楽に変換させる定義づけを行った。ここでは、その定義づけの有意性や生成される音楽の特徴について検証する。更に、極端な特徴を持つ画像をこの定義に基づいて変換したときに、どのような音楽が生成されるのかについても考察する。

（1）剰余式について

初期の試行のため欠陥が多いが、ピクセルの分割や色の数値化など本研究の根幹を形成した。この試行では画像をピクセルの集合体として捉え、ひとつひとつのピクセルから RGB の情報を取り出した。しかし、RGB 値の合計値を用いてメロディーを決定したため、色彩の特徴を十分に捉えているとは言えなかった。

また、ピクセルの色がすべて等しい単一色の画像を音楽に変換した場合、この試行では剰余もすべて等しくなるので、同じ高さの音が連続するメロディーが生成されてしまう。このように多くの改善点を見出すことができたからこそ、次の試行を考え付くに至る。

（2）オルゴール式について

この試行では、RGB 値に加えて HSV 値を併用し、音を鳴らすタイミングを新たに定義した。この定義づけにより、H（色相の値）が一定である画像でも、V（明度の値）や S（彩度の値）が一定でなければ、音楽を生成できると考えた。しかし、このような画像の場合、H（色相の値）が等しいので境界が存在しないため、メロディーが生成されない。キーとコードは H（色相の値）によらない定義づけを行ったので、V（明度の値）と S（彩度の値）にばらつきがあれば、コードだけが鳴る音楽が生成される。

また、V（明度の値）が一定程度の画像では、H（色相の値）にばらつきがあれば、メロディーは波のようにきれいに生成され则认为ていた。コードは、 $T \rightarrow S \rightarrow D \rightarrow T \rightarrow S \rightarrow D$ と規則的に鳴る。T、S、D のそれぞれに属する三つのコードからどれが選ばれるかは、ピクセルの RGB の値によるため、固定の三つのコードが鳴るわけではない。

4. 今後の展望

現在はオルゴール式をベースとして、音の連なりをより滑らかにするための研究を行っている。生成されたメロディーをピアノロールに表示し、その中で連続した 8 音の値が、図 8 で丸く囲んだ部分のようにになっている波形を探す。そして、見つけた波形とそれを上下反転させた波形を交互に繋げたものを利用することで、滑らかな曲調を表現できるので

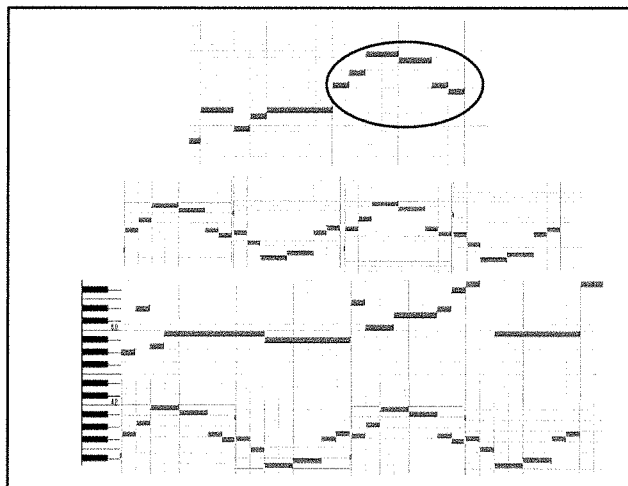


図 8

はないかと考えている。

5. 謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの方々にご指導をいただきました。特に細山先生からは多くの数学的なアドバイスをいただき、時には厳しく何度も原稿等の修正をしていただき感謝の念に堪えません。時折おっしゃられるジョークも面白かったです。本当にありがとうございます。

また、川瀬先生からは英語発表について、発音や文法だけでなく、話し方やボディーランゲージまで様々なことを教えていただきました。

研究発表の練習では多くの先生方に新しい視点からの講評や適切なアドバイスをいただきました。ありがとうございました。

鎖の反抗期～ニュートンビーズの運動解析～

新潟県立新潟南高等学校

五十嵐 諒、庄子 遥、物江 夏希、森山 響

概要

ボールチェーンと呼ばれる鎖を、ある一定の高さから自由落下させることで起こる鎖の噴水現象に着目し、ボールチェーンを入れたビーカーを設置した高さ H と鎖の最高到達点の関係について研究した。ある程度の高さからボールチェーンを自由落下させ、鎖の噴水現象を発生させる。そのときのビーカーを設置した高さ H と鎖の最高到達点を計測する。計測の結果、ビーカーを設置した高さ H と鎖の最高到達点には比例関係があることが分かった。また、ビーカーを設置した高さ H [cm]、鎖の最高到達点を L [cm]、位置エネルギーの変換効率 α とすると、以下のように表すことができた。

$$L = \frac{(2\alpha - 1)H}{2} \quad \text{ただし、} \alpha = \frac{L}{H} + 0.5$$

1. はじめに

ボールチェーンと呼ばれる鎖をビーカーの中に入れ、ある一定の高さから鎖の一端を落とすことにより、ボールチェーンは不思議な運動を起こす。その運動の様子が噴水の形に似ていることから、「鎖の噴水現象」という名がつけられている。この運動が重力の作用する向きに反して起こることから、重力について説いたニュートンを皮肉めるかのように「ニュートンビーズ」とも呼ばれている。

この現象は、ボールチェーンとは別のものを用いて同じような現象を起こすことができる。なぜなら、これは鎖の噴水現象が棒状のものにつけられた物体に働く力がその後についている物体に作用することで起こる現象であるからだ。よって、この現象の発生には、たるむことのない棒状のものでつながれていた鎖が適していることがわかる。

私たちが数回この現象の実験をしてみたところ、ボールチェーンをいれたビーカーの設置点 H （以下「設置高」という。）と鎖の最高到達点 L に比例関係があると考えた。様々な文献を調べたところ、設置高 H と鎖の最高到達点 L に関する文献が少なく、鎖の噴水現象の形状に着目しているものが多かったため、私たちの納得できるようなものがなかった。そこで私たちが、設置高 H と鎖の最高到達点 L についての関係を明らかにすることで、この現象についての他の研究に役立つと考え研究を始めた。

始めに、設置高 H と鎖の最高到達点 L との関係を調べるために、設置高 H と鎖の速さ、鎖の速さと鎖の最高到達点 L の二種類の関係には、比例の関係があると仮説を立てた。この仮説が成り立つならば設置高 H と鎖の最高到達点 L の間にも比例関係があると考えることができる。

2. 実験方法

- (1) 長さ 3000cm のボールチェーン（市販されているもの。材料は真鍮で、ボールを含めたボールとの間隔 4.3 mm、ボールの直径 3.0 mm）を用意し 500 mL のビーカーの中に入れる。
- (2) (1) のビーカーを基準からの高さ H [cm]（設置高）に設置し、そこから鎖の始点を自由落下させ、

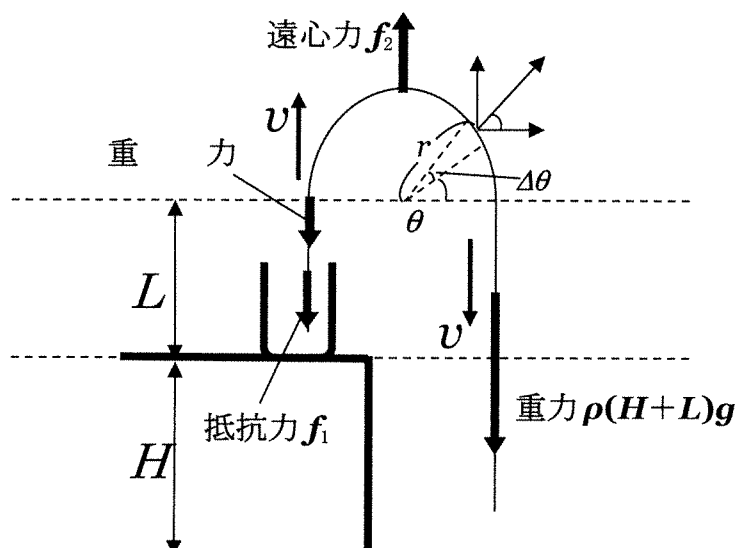
噴水現象を発生させる。ただし噴水現象の途中で鎖が絡まり、鎖がビーカーから飛び出なかった場合は、鎖の噴水現象は発生していないとする。

(3) 鎖の始点が自由落下を始めてから鎖の終点がビーカーから飛び出るまでの時間において、鎖の基準からの最高到達点 L [cm] を計測する。

(4) 設置高 H [cm] (床からの高さ 80cm、地面からの校舎の高さ 2 階 350cm、3 階 730cm、4 階 1110cm) を変えて、(2) から (3) の実験を 10 回ずつ行う。

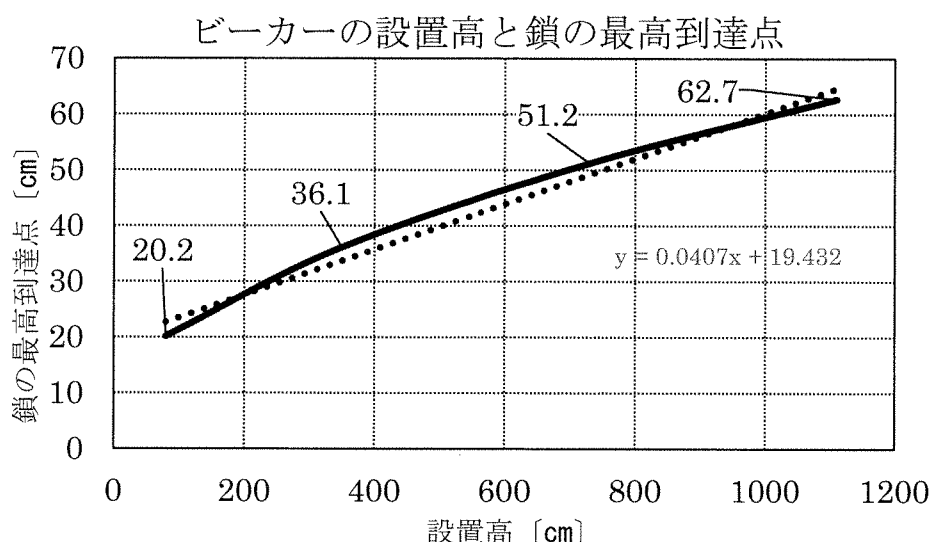
また、実験 2 として、

(5) 床からの高さ 30.1cm、36.6cm、42.5cm、48.6cm と変えて、(4) の実験を 10 回ずつ行う。



3. 実験結果 1

鎖を自由落下させてから、十分時間が経過した後の速さは一定とする。また、鎖の噴水現象は、ある高さより低くなると発生しないので、私たちは今回計測した最小の値である 80cm 以上でこの比例関係は成り立つと仮定した。結果は以下のグラフの通りで、設置高 H が 80cm のときに鎖の最高到達点 L が 20.2cm、同様に設置高 H が 350cm のとき、最高到達点 L は 36.1cm。730cm のとき、51.2cm。1110cm のとき、62.7cm。グラフの点線が示すように、比例関係がみられる。



設置高	最高到達点
H [cm]	L [cm]
80	20.2
350	36.1
730	51.2
1110	62.7

4. 考察 1

鎖が運動を始めてから、十分時間が経ったときの速さ v [m/s] は一定と考える。鎖の線密度を ρ [kg/m] とすると、時間 Δt [s] で動き出す鎖の質量 m [kg] は、 $m = \rho v \Delta t$ となる。動き出す鎖がピーカー内の鎖から受ける抵抗力 f_1 [N] は、時間 Δt で鎖が受ける力積が鎖の運動量変化に等しいので、

$$f_1 \cdot \Delta t = m v - 0$$

$$f_1 \cdot \Delta t = \rho v \Delta t \cdot v$$

よって、 $f_1 = \rho v^2$ とできる。

半円状になるある部分の遠心力は、

$$m \frac{v^2}{r} = (\rho v \Delta t) \frac{v}{r}$$

ここで、 $v \Delta t = r \Delta \theta$ を用いて、半円状の各部分の遠心力の水平成分は、左右対称であることから打ち消しあうので、遠心力の鉛直成分のみは、

$$(\rho v \Delta t) \frac{v^2}{r} \sin \theta = \rho \Delta \theta v^2 \sin \theta \quad \text{とできる。}$$

遠心力の鉛直成分の合力 f_2 [N] は、鎖が半円状であることから、

$$\begin{aligned} f_2 &= \int_0^\pi \rho \Delta \theta v^2 \sin \theta d\theta \\ &= \rho v^2 \int_0^\pi \sin \theta d\theta = \rho v^2 [-\cos \theta]_0^\pi \\ &= \rho v^2 \{1 - (-1)\} \\ &= 2\rho v^2 \quad \text{とできる。} \end{aligned}$$

よって、鎖の速さが一定の場合は、鎖全体の力のつり合いより、

$$\begin{aligned} \rho(H+L)g + \rho Lg + f_1 &= f_2 \\ \rho(H+2L)g + \rho v^2 &= 2\rho v^2 \\ (H+2L)g &= v^2 \\ v &= \sqrt{(H+2L)g} \quad \cdots \textcircled{1} \end{aligned}$$

ピーカーから下部分の鎖について、位置エネルギーの α 倍が運動エネルギーに変換されると仮定すると、

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} (\rho v \Delta t) v^2 &= \rho v \Delta t g H \times \alpha \\ v &= \sqrt{2gH\alpha} \quad \cdots \textcircled{2} \end{aligned}$$

①式と②式より、

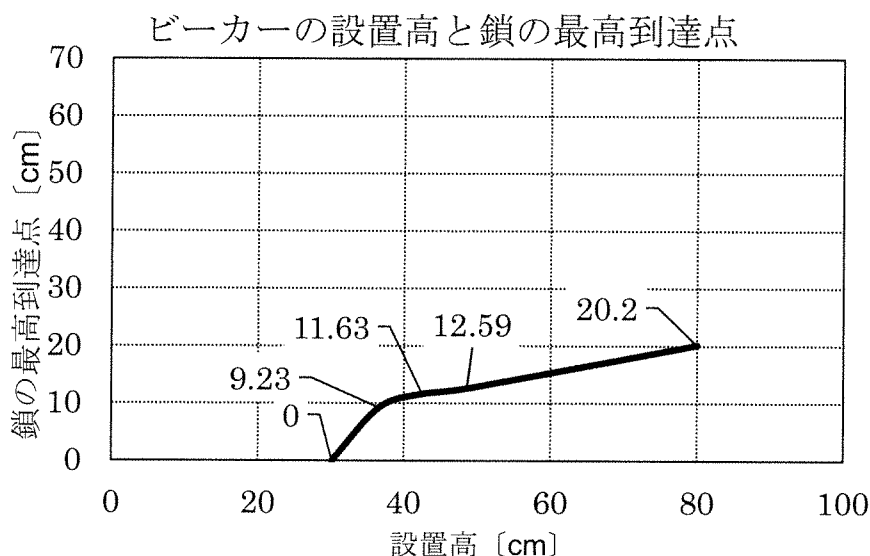
$$L = \frac{(2\alpha-1)H}{2} \quad \text{ただし、} \alpha = \frac{L}{H} + 0.5$$

3. 実験結果 2

追加実験として、上記のグラフの 80cm 以下で、鎖の噴水現象が発生しない設置高 H を調べることにした。上記の実験と同様に、鎖を自由落下させてから十分時間が経過した鎖の速さは一定であるとする。

結果は以下のグラフの通りである。設置高 H が 48.6cm のときに鎖の最高到達点 L が 12.59cm、同様に設置高 H が 42.5cm のとき、最高到達点 L は 11.63cm。36.6cm のとき、9.23cm。30.1cm のとき、0.00cm。

よって、鎖の噴水現象が発生しなくなる設置高 H は、30.1cm であった。



設置高 H [cm]	最高 到達点 L [cm]
30.1	0.00
36.6	9.23
42.5	11.63
48.6	12.59
80.0	20.2

4. 考察 2

結果より、36.6cm から 80.0cm の間では結果のような比例関係が見られた。30.1cm から 36.6cm の傾きが、36.6cm から 80.0cm の傾きと異なっているのは、鎖がビーカーとぶつかることによるエネルギーの損失が原因であると考えた。

鎖の運動エネルギーの変換効率 α については、考察 1 から実験結果 2 についても、同様に表すことができる。しかし、設置高 H が低い場合（実験結果 2）と高い場合（実験結果 1）とでは、変換効率の値に大きな差が生まれた。設置高 H が高い場合の鎖の運動エネルギーの変換効率を α 、設置高 H の低い場合の鎖の運動エネルギーの変換効率を β において計算すると、次のような値となった。

$$\alpha > \beta \quad (\alpha = 0.8369 \quad \beta = 0.5407)$$

これより、設置高 H が低いほうが運動エネルギーの変換効率が小さいことが分かった。さらに、変換効率が大きくずれる分岐点は、設置高 H が 80.0cm のときであることが、実験結果 1 および実験結果 2 のグラフから読み取れる。

運動エネルギーの変換効率が、この分岐点で変化しているのは、何か要因があるのではないかと考え、私たちは鎖が半円状となる半径 r [cm] に着目してみた。以下が、設置高 H と鎖の半径 r の関係を示した表である。

	実験結果 1					実験結果 2		
設置高 H [cm]	30.1	36.6	42.5	48.6	80.0	350	730	1110
半径 r [cm]	0.0	2.21	2.4875	3.78	2.9275	9.15	9.7	630.5

上記の表より、設置高 H が 80.0cm 前後において、半径が大きく変化している。私たちは、鎖が半円状を形成する円運動をする際、半径を大きくするために運動エネルギーの損失が起きているのではないかと考えた。実際に、設置高 H が 80.0cm より低い場合においては、鎖の半径がほぼ一定であるのに対して、設置高 H が 80.0cm より高い場合では、一度、鎖の半径が小さくなったのち著しく増加している。しかし、私たちはこれを証明することができないので、今後の展望としたい。

5. まとめ

実験結果 1 では、鎖の噴水現象は、ある高さより低くなると発生しないことから、今回は設置高 H が 80.0cm より高い時、設置高 H と鎖の最高到達点 L に比例関係があることが分かった。しかし、今回は設置高 H が 1110cm 以上の場所がなかったので、計測を行うことができなかったため、鎖の最高到達点 L がそれ以上高くなることのない設置高 H を調べていない。

実験結果 2 では、実験結果 1 で調べていなかった設置高 H が 80.0cm より低い時において、この現象が発生しなくなる高さと、設置高 H と鎖の最高到達点 L の関係について調べた。私たちの実験では鎖の噴水現象が発生しなくなる設置高 H は 30.1cm であり、この場合であっても設置高 H と鎖の最高到達点 L は比例関係にあることが分かった。

以上から設置高 H が 30.1cm 以上の高さであれば設置高 H と鎖の最高到達点 L は常に比例関係にあることが分かった。しかし、考察 1 と考察 2 において求めた、鎖の位置エネルギーを運動エネルギーにする際の変換効率の低下の原因が未だ明らかになっていないので、今後の展望として、この変換効率の低下の原因を明らかにしていきたい。

今回はビーカーを設置する際、レンガを積み重ねて実験を行ったため、レンガの個数の違いによる高さ（設置高）でしか計測を行っていなかった。より正確な数値を求めるためにはより高さの設定を細分化する必要がある。また、設置高 H が 1110cm より大きい値のデータが取れておらず、より高い設置高の場合は、どのような関係があるのかということを明らかにしていない。設置高がより高い場合の結果を含めることで、より正確なデータを得ることができ、本研究を合わせることで、鎖の噴水現象の解析につながるだろう。

今回の私たちの研究で明らかになった、鎖の噴水現象における設置高 H と鎖の最高到達点 L にみられる関係は、設置高 H によってその式の比例定数が、二通り用いられる。本研究で扱わなかったが、最高到達点 L に達するまでの時間と設置高 H にも関係があると考えられる。この関係が明らかになると、本研究で不確かだった、鎖が最高到達点 L に達するまで、この現象が続いているかどうか分かる。

最後に、参考文献 (analyzing the chain fountain) によると、この現象は鎖を用いる代わりに糸にマカロニを通して鎖状にするというように、鎖に節のできる構造のものをを用いれば同様の結果が得られるという。鎖の材質による現象の違いを考察することも、今後の展望とする。

6. 謝辞

本論文の執筆にあたり、多くの方々にご支援いただきました。本研究のためにご協力いただいた、新潟県立新潟南高等学校の先生方に心から感謝いたします。

7. 引用文献・参考文献

- 1) 「Understanding the chain fountain」

J. S. Biggins, M. Warner <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspa.2013.0689>

- 2) 「ニュートンビーズの研究」

山梨県立韮崎高等学校

- 3) 「ニュートンビーズについて」

<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspa.2013.0689>

- 4) 「Understanding the chain fountain」

The Royal Society http://m.youtube.com/watch?v=eEi7f00_00

マスク着用による運動への影響

新潟県立新潟南高等学校物理 2 班
井越数斗, 武田蒼天, 田村綺瑠, 松田遼

概要

2019 年 12 月 31 日、中国湖北省武漢市で新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の集団感染事例として世界保健機関 (World Health Organization:WHO) へ初めて報告されてから、日本では 2019 年 4 月初旬をピークに感染が拡大し 4 月 16 日に全都道府県を対象に緊急事態宣言が発出された。このような背景から、私たちは日常生活においてマスクの着用を強いられるようになった。そこで本研究では、マスクを着用した時の運動に焦点を当て、その影響を調べた。クーパーテストを用いてマスクを着けていない状態で 12 分間走行し、走行直後の最高血圧、最低血圧、心拍数、血中酸素濃度と走行距離などの数値から最大酸素摂取量を算出した。日時を空けて、マスクを着用した状態で同様に実験を行った。その結果、マスク着用時の最大酸素摂取量の値はマスクを着用していない時の値に比べて減少した。マスクを着用しての運動では、マスクを着用しない場合よりも摂取できる酸素の量が減少したと言える。

1. はじめに

日本人の多くは海外の人々に比べて病気の予防などで、以前からマスクを着用する習慣があり、着用する機会が多かったが、新型コロナウイルスの感染拡大により、感染症対策として外出時にマスクの着用が推奨され、飲食店やショッピングセンターなどではマスクの着用が義務化されるようになった。同時に運動時にもマスクを着用して行う人が増加したが、十分な呼吸ができなくなるリスクや熱中症のリスクが高まるため、スポーツ庁は体育の授業時にはマスクの着用は必要ないと告示した。そこで、我々はマスクが運動にどのような影響を与えるのか興味を持ち、運動時のカロリー消費、脈拍、最高血圧、最低血圧、血中酸素濃度、最大酸素摂取量の数値を測定し研究を進めた。私たちが厚生労働省のサイトで見つけた、「(式 1) また 3 大栄養素のうち摂取エネルギーに占めるタンパク質の割合は安定していることから、タンパク質の占める割合を 12.5%と仮定すると、上記の式は (式 2) のようになります。」(引原有輝) という記述から酸素の摂取が多ければ多いほど、また

二酸化炭素の排出が多いほど、消費カロリーが大きくなるということが考えられる。さらに、運動時にマスクを着用して行くと、マスクを着用した時の運動に比べて呼吸が苦しく感じられることから、一回の呼吸で肺に出入りする空気の総量 (一回換気量) は減少するが、酸素を多く摂取するために呼吸の回数が増加することで、マスクの有無は消費カロリーに関係しないのではないかという仮説を立てた。

$$\begin{aligned} \text{【エネルギー消費量(kcal)} &= \\ 3.941 \times \text{酸素摂取量} + 1.106 \times \text{二酸化炭素産出量} - 2.17 \times \text{尿中窒素量} & \\ \text{(式 1) (引原有輝)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{【エネルギー消費量(kcal)} &= 3.9 \times \text{酸素摂取量} + 1.1 \times \text{二酸化炭素産出量} \\ \text{(式 2) (引原有輝)} \end{aligned}$$

2. 実験 [1] クーパー法

まず、マスクを着用せずに新潟南高等学校の校地の周りの道を 12 分間でできるだけ長い距離を走り、走り終わった直後にその場で血中酸素濃度、最高血圧、最低血圧、心拍数、走行距離を測定した。次に、これらの数値と (式 3) を用いて、最大酸素摂取量を算出し、さらにその数値から消費カロリーを求めた。また同様に、マスクを着用した

状態でも実験を行った。この時安全には十分注意し、各自で十分な量の水と緊急時の連絡手段を確保した。さらに、本校の敷地の四つ角のうち二つの対角線上の角に走っていない班員を、被検体を目視できる位置に配置して実験を行った。また、マスクは被験者全員不織布のマスクを使用して行った。

【最大酸素摂取量＝

$$\frac{([12 \text{ 分で走行した距離 (m)}] - 504.9) \div 44.73}{\text{クーパー}} \text{】}$$

(式 3) (近野義人, 2009)

2. 実験結果 [1]

被検体: A, B, C, D とし (16~17 歳男性)、クーパーテスト (12 分間走) の結果である。

(表 1) マスクなし 12 分間走の各数値の結果

令和 2 年 10 / 19 天気: 晴れ 気温: 21℃ 風: 北 3m

SpO₂: 血中酸素濃度 BP: 最高血圧 / 最低血圧 V02 max: 最大酸素摂取量

	安静時 心拍数	運動後 心拍数	走行距 離 (m)	SpO ₂ : before	SpO ₂ : after	BP: be	BP: af	V02 max
A	84	205	2730	99	98	151/ 82	188/ 102	49.7
B	81	132	2855	98	97	123/ 67	150/ 72	52.5
C	88	183	2755	96	94	137/ 81	195/ 93	50.3
D	57	152	3430	95	93	105/ 60	159/ 59	65.4

(表 2) マスクあり 12 分間走の各数値の結果

令和 2 年 11 / 13 天気: 曇り 気温: 9℃ 風: 西北西 5m

	安静時 心拍数	運動後 心拍数	走行距 離 (m)	SpO ₂ : before	SpO ₂ : after	BP: be	BP: af	V02 max
A	85	194	2675	99	96	153/ 83	189/ 82	48.5
B	71	175	2800	97	91	135/ 86	149/ 67	51.3
C	87	196	2710	99	97	150/ 93	178/ 90	49.3
D	56	155	3350	99	95	142/ 66	126/ 54	63.6

(表 3) クーパーテスト (12 分間走) におけるカロリー消費量

	マスクなし	マスクあり	差
A	191	169	-22
B	145	135	-10
C	182	202	20
D	151	151	0
平均	167.25	164.25	-3

2. 実験 [1] の考察

それぞれの場合の心拍数平均の値にはあまり一貫性が見られなかったが、平均して増加の傾向を示した。マスク着用時の走行距離は、マスク不着用時の走行距離と比べて全員減少の値を示したため、それに伴い最大酸素摂取量の値も同様に、マスク着用時のほうが値は小さくなった。

これらのことより、マスクを着用しての運動は、マスク不着用時の運動よりも、摂取できる酸素の量が減少したため、走行距離が少なくなったといえる。

さらに心拍数の平均の値が増加したことより、マスクを着用しての運動では取り込む酸素の量が不足し、一回換気量が少なくなっていることもいえる。

今回行った実験 [1] では、一回の実験で、走行者以外が実験で走って外周する敷地の四つ角に立ち、ランナーの安全に十分配慮して実験を行わなければならなかったため、4 人揃っての実験が不可欠であり、人数が揃わないと実験を行うことができないなど実験効率が悪かった。また、一回の実験で 12 分間走するという実験方法を設定したため、実験の施行回数を多く重ねることができず、より正確と言える値を出すことができなかったと考えられる。さらに、12 分間という時間設定では、ペース配分に個人差が生まれる、マスク着用時とマスク不着用時の実験を、安全を考慮し別日に行ったため、気温や湿度の違いが生じるなど、統一条件下と言える実験ができなかった。そのため、私たちはこれらの反省点を踏まえて実験方法を改善しなければならないと考え、新たな実験方法として、縄跳びを用いてマスク着用時とマスク不着用時の違いを調べようと考えた。縄跳びを用いて実験を行おうと考えたのは、実験効率を実験 [1] よりも格段に向上させることができると考えたからである。第一に、縄跳びを用いた実験は、室内の狭いスペースでも行うことができるため、少人数での実験が可能である。第二に、室内で実験を行えること

で、気温や湿度の変化が屋外での実験のときよりも比較的少ない。これら2つが縄跳びを用いた実験を行おうと考えた理由である。

3. 実験[2]縄跳び

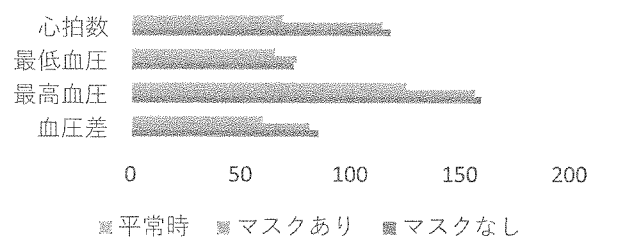
まずマスクを着用せずに学校の廊下で3分間、BPM 135のリズムに合わせて縄跳びの前まわし跳びをし、跳んだあとの血圧、血中酸素濃度、脈拍をそれぞれが計測した。その後マスクを着用した状態で同様に実験を行い、マスクによる数値の変化を算出した。また、この実験で用いたマスクも、不織布マスクである。

3. 実験結果[2]

(表4) 実験[2]の結果

Data	HR		BP:Max		BP:Min		BP:Gap	
	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし
1	90	86	132	147	73	72	59	75
2	105	115	130	134	62	74	68	60
3	137	156	175	154	76	72	99	82
4	128	121	164	175	78	82	86	93
5	90	100	158	161	81	79	77	82
6	114	128	146	140	77	72	69	68
7	146	147	185	175	83	84	102	91
8	132	127	172	199	93	88	79	111
9	70	76	138	138	69	67	69	71
10	116	108	131	127	55	57	76	70
11	128	118	181	186	82	69	99	117
12	119	137	171	182	76	76	95	106
平均	114.58	118.25	156.92	159.83	75.42	74.33	81.5	85.5

実験結果[2]



【図1】実験[2]結果

※印棒グラフは上から順に平常時、マスクあり、マスクなしの値である。

マスクの有無による各値の有意な差はみられなかった。

4. 実験[2]考察

実験[1]、[2]より、運動強度が高く、運動時間の長い実験[1]ではマスク着用時と不着用時との値の間に差が見られたが、運動強度が低く、運動時間の短い実験[2]ではマスク着用時と不着用時

とでほとんど差がみられなかった。このことから、長期的かつ運動強度の高い運動ではマスクによってさらに強度があがり、逆に短期的かつ運動強度の低い運動ではマスクによる強度の変化は小さいと考えられる。

5. まとめ

実験[1]では、クーパー法を用いて走行距離からカロリー消費量を算出し、そのカロリー消費量と運動前後の心拍数から最大酸素摂取量を算出する方法を用いてマスク着用時の運動とマスク不着用時の運動それぞれの最大酸素摂取量を比較した。その結果、クーパー法を用いた12分間走行するという運動強度の高い運動において、マスク着用時の方がマスク不着用時よりも最大酸素摂取量の値が低くなり、心拍数の値は平均してマスク着用時の方が高かったため、マスク着用による運動は一回の呼吸で取り込む空気の量を低下させ、呼吸の息苦しさを引き起こし、心拍数の結果からもマスク着用時の運動はマスク不着用時の運動よりも運動強度が高くなると言える。また今回、私たちは呼吸数について測定が困難であったことからデータを取ることができなかった。呼吸数を測定することができれば、一回換気量と呼吸数を組み合わせてマスク着用時とマスク不着用時それぞれの合計呼吸量を求めて比較することができるため、運動中の呼吸数を測定する実験方法について模索していきたい。

実験[2]では、実験[1]の改善点を考慮し実験を行った。実験[1]よりも多くの実験データを得ることができたが、縄跳びによる運動に限定したため、今後の実験では縄跳び以外の運動で、クーパー法による12分間走よりも運動強度の低い運動でも私たちの実験と同じ結果が表れるのか調べたい。

本研究では、安全性と効率性を確保するために被験者は日頃から運動を行っている人を対象に実験を行ったため、日頃から運動をあまりしてい

ない人を対象に実験を行った場合、結果の数値にどのような影響が見られるか分からなかった。そのため、今後は今回の実験よりも、より安全性が高く、効率の良い実験方法を発見し、運動をあまりしない人にはマスクがどのように影響するのか調べたい。さらに、マスクによる運動への影響を主に研究を行ったが、本来のマスクを着用する目的である感染対策との関連性を調べることができなかった。そのため、マスクのそれぞれの素材ごとの細菌透過率、微粒子透過率などの数値を計測し、運動効率と感染対策という2つの観点から考えられる最適なマスクの種類も見つけない。

6. 謝辞

実験に協力してくださったスポーツ医科学センターの皆さま、土田拓太先生、新潟南高校に勤務していられる白田雅明先生、土屋英夫先生、佐藤智江李先生、その他職員の皆様、ご協力ありがとうございました。

7. 引用文献・参考文献

- 1)厚生労働省. 引原 有輝. エネルギー代謝の評価法.
<https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/exercise/s-02-002.html>.
- 2)近野 義人. (2019). 『12 分間走テスト・クーパー走』からマラソンの目標タイムを算出する.
<http://athlete.evolu.co.jp/wp/16100>.
- 3)日本内科学会. 日本と世界における新型コロナウイルス感染症の流行.
(2020) .
https://www.naika.or.jp/jsim_wp/wp-content/uploads/2020/11/nichinaishi-109-11-article_3.pdf

船 ～生物模倣から学ぶ～

新潟県立新潟南高等学校

今井 薫, 小出 大和, 高橋 宏太郎, マシュウズ トビー 悠

要旨

カワセミのくちばしを模倣して開発された新幹線の先頭形状, 蚊の吸血器官を模倣して作られた注射針など, 私たちの身の回りには生物の体の構造を模倣して改良されたものが数多く存在する。そこで私たちは, 生物を模倣して船舶の航行抵抗を減らしたいと考えた。実験では, おゆまるという樹脂を用いて船の先端の形状を変え, 船を水槽で航行させてそれぞれの速さを調べた。実験した5つの形状の中では, カジキ型, 平型(エイ), 流線型(サメ), 丸型(フグ)の順で速かった。実験の結果より, 船の先端の形状は鋭いほうがいいのではないかと考えた。今後, もっと多くの形状で実験を行ってみたい。

1. 序論

最初の生物が誕生してから40億年が経つと言われている。その間生物は, それらが生息する環境に合わせて多様な進化を遂げてきた。鋭く尖ったカワセミのくちばし。乱気流でも安定した飛行を可能にするイヌワシの翼。対象に気づかれない蚊の吸血器官。これらの特殊な構造を模倣し, 人間は様々な製品を開発してきた。空気抵抗を減らした新幹線の先頭形状。送風効率の向上した室外機。痛みを感じにくい注射針。生物の優れた構造は, 人間の生活に大いに役立っている。

このように, 生物の優れた構造を模倣し, 活用することを, 「生物模倣」と呼ぶ。

私たちもまた, この生物模倣を用いて船舶の航行抵抗を減らす研究を行うことにした。様々な交

通機関が整備された現代においても, 長距離貨物輸送の手段は海上輸送が主流だ。特に資源の多くを海外からの輸入に依存している日本にとって, 船舶による輸送効率を向上させることは, 大きな利益になると言えよう。

海洋生物の中には, 100km/hを超える速さで泳ぐことができるものもいる(表1)。その理由として, 流線形の体や表面の微細な凹凸によって水の抵抗を減らしていることが挙げられる。速く泳ぐことができる海洋生物の体の構造を模倣することで, 航行時の抵抗が小さい船舶をつくることのできるのではないだろうか。

2. 実験方法

本研究では, 以下の製品を使用した。

- ・IRC マイクロプレジャーボートスピードマリン (NIKKO KYOSHO EGG 株式会社)
全長約8cmの小型ラジコン船。
- ・おゆまる (ヒノデワシ株式会社)
熱湯に入れると柔らかくなり, 自在に変形できるようになる樹脂。冷えるとスーパーボールのようになる。
- ・実験用水槽 (株式会社ナリカ)
全長約1mの透明な水槽。

表1 魚の泳ぐ速さランキング

順位	名前	速さ
1	バショウカジキ	110km/h
2	マカジキ・クロカジキ	80km/h
3	カマスサワラ	78km/h
4	ソウダガツオ	74km/h
5	クロマグロ	70km/h

(世界最速の魚は? 魚の速さランキングトップ10: カラパイア より一部抜粋・改変)

- 1) おゆまるを使って海洋生物を模倣した部品を制作し、ラジコン船に取り付ける。このとき、部品ごとの重量は揃えておく。
- 2) 部品を取り付けた船を水槽の中で航行させる。水槽側面に距離 50cm の 2 点を取り、その間を航行するのにかかった時間を計測する。このとき動画としても記録を残しておく。
- 3) 計測した時間から速さを求め、比較する。



図1 実験装置全景

以下の2つの実験を行った。

【実験Ⅰ】

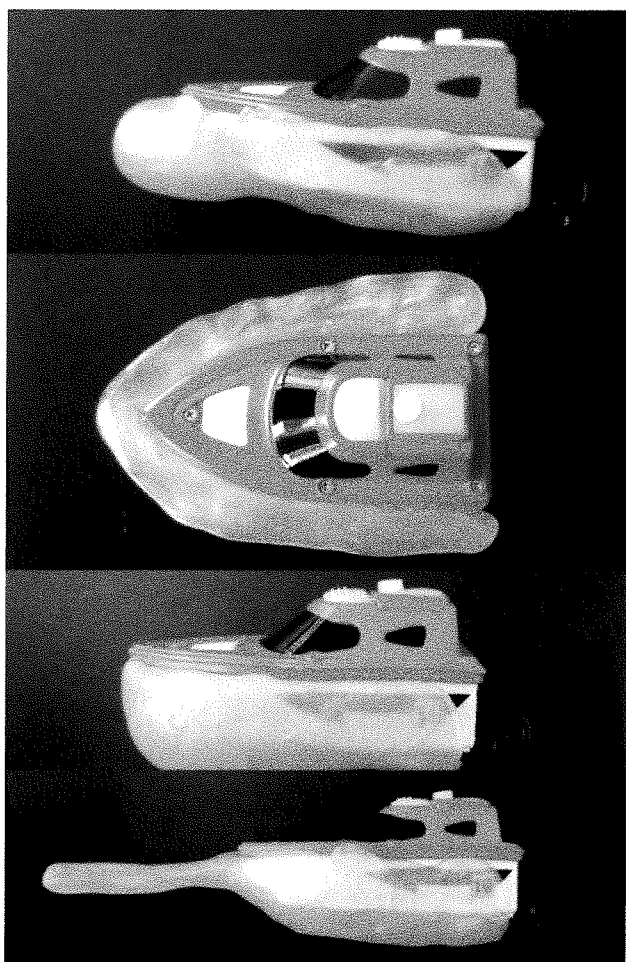


図2 実験Ⅰで用いた部品
上から順に流線型、平型、丸型、カジキ型

実験Ⅰでは、どのような形状が最も速いのか調べることにした。魚検索サイトにおける魚の形状の分類に基づいて選んだ3種類に、泳ぐ速さランキングトップのカジキを模した形状1種類を加えた、合計4種類の部品を製作した(図2)。部品は魚の写真を見ながら特徴をまねて、手作業で製作した。本実験では、主に先端の形状に注目することとした。

【実験Ⅱ】

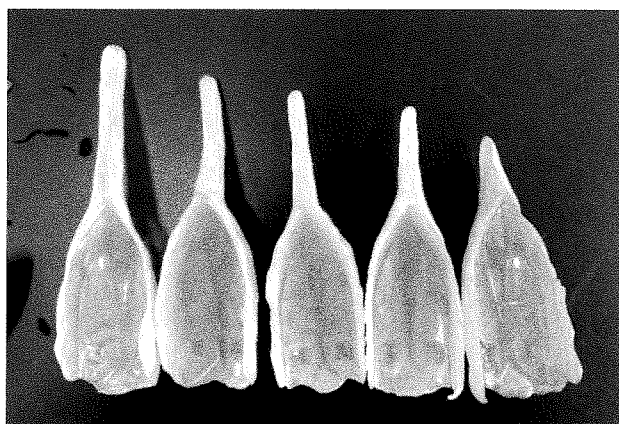


図3 実験Ⅱで用いた部品

実験Ⅰのカジキ型は中央(先端長 4.9cm)

実験Ⅱでは、実験Ⅰにおいて最も速かったカジキ型について、先端部分の長さを変えると速さに変化があるのか調べることにした。実験Ⅰのカジキ型部品に加え、新たに4つの部品を製作した。製作した部品の先端部分の長さを測ると、2.5cm, 3.9cm, 4.9cm, 5.2cm, 6.5cm だった。

3. 実験結果

【実験Ⅰ】

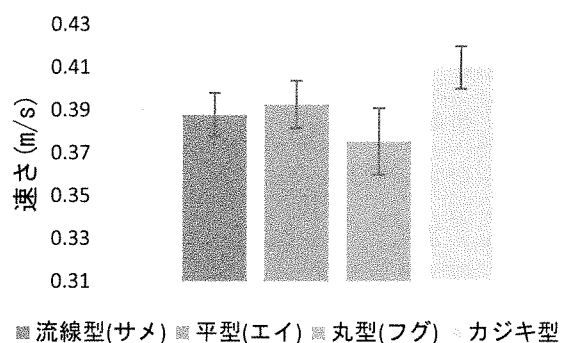


図4 平均の速さ

実験はそれぞれ5回ずつ行った。その結果、カジキ型、平型(エイ)、流線型(サメ)、丸型(フグ)の順に速かった。最も速かったカジキ型と、最も遅かった丸型とでは、速さの平均の差は0.03m/sであった。各試行の結果は下表(表2)の通りである。

表2 実験で得られた値

	流線型	平型	丸型	カジキ型
1回目	0.37	0.39	0.38	0.39
2回目	0.40	0.40	0.38	0.41
3回目	0.38	0.37	0.38	0.41
4回目	0.39	0.39	0.34	0.41
5回目	0.38	0.39	0.37	0.40

(小数第三位以下は切り捨て 単位はすべて m/s)

【実験Ⅱ】

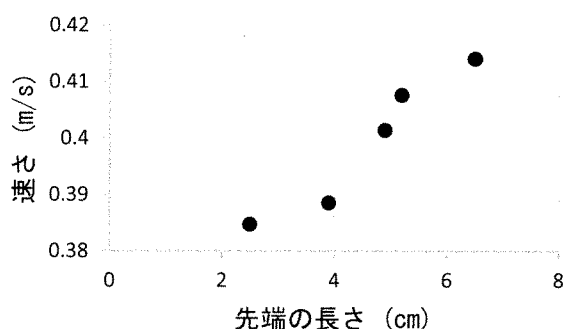


図5 先端の長さと言速さの平均

実験Ⅱも試行回数は5回とした。各結果の平均値は上図(図5)の通りで、先端を長くすると、速さも速くなった。

4. 考察

【実験Ⅰ】

実験の結果、カジキ型、平型(エイ)、流線型(サメ)、丸型(フグ)の順に速く、船の先端が長いものほど速かった。船の先端が細く長い形状の方が速くなるのではないだろうか。

本実験では、船底にはあまり着目してこなかったが、特に遅かった丸型の船底の形状についてここで触れておこうと思う。丸型は先端が大きくふくらんでいるため、船底の形状が他の形状とは少し異なっていた。他の3つの形状は船尾側よりも船首側の方が喫水が浅くなっているのに対し、丸

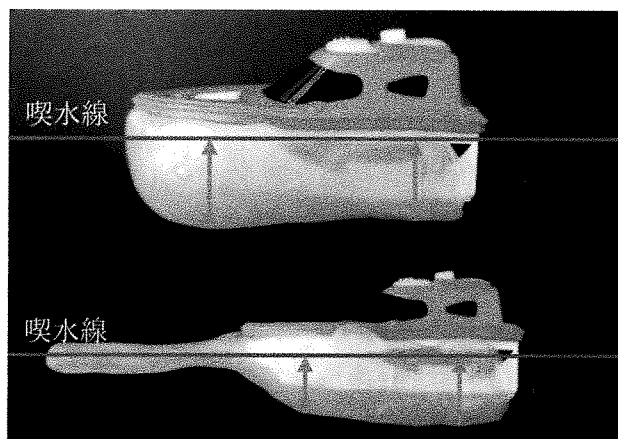


図6 喫水の深さの比較

型は船尾側で喫水が浅くなっていた(図6)。この船底の形状が抵抗を大きくした可能性があるのではないだろうか。今後、船の前後の喫水の深さと速さの関係について調べる実験も行ってみたい。

表2からわかる通り、実験結果には多少の誤差があった。改めて実験時の動画を確認したところ、特にデータのばらつきが大きかった丸型は、航行時によく蛇行し、水槽の壁にぶつかることが多かったことに気づいた。先端が広く平らになっていたことで、水の抵抗が増えただけでなく、波を立ててしまい、その影響を受けてしまったようだ。単に水の抵抗を減らせばよいのではなく、波を立てにくく、その影響を受けにくい形状を追求しなければならないのかもしれない。

【実験Ⅱ】

実験を行った2.5cmから6.5cmの範囲では、先端を長くすればするほど速さも速くなっていった。一次関数のような関係にも見えるが、母数が5つと少ないため断言はできない。また、長くすればするほど際限なく速くなるとは考えにくい。そのため、さらに先端を伸ばしていくと次第に遅くなるのか、実験を進めたい。

先端を伸ばしていくと、その分水面に接する面積も広がっていった。では接する面積が広いものほど速くなるのだろうか。しかし、そのように仮定すると、実験Ⅰで平形よりもカジキ型の方が速かったことに矛盾する。水面に接する面積と速さの関係については、もう少し実験が必要だ。

果物の皮で靴下の消臭

新潟県立新潟南高等学校 数村曉香 片岡憲史子 寺園仁美

●はじめに

足から不快なおいがする理由の一つは、足に生息している細菌が**イソ吉草酸**という成分を分泌していることである。
果物には多くの酵素が含まれており、消臭をするはたらきがあるものがある。

●研究理由

運動後や一日中はいた靴下から不快なおいがするので、身近にあるもので簡単かつ環境に優しい材料で消臭したいと思い研究を始めた。

●リサーチエッセション

1. 果物の皮に含まれる酵素は消臭に効果があるのか。
2. 果物の皮で靴下の消臭は可能なのか。

●仮説

1. イソ吉草酸は脂肪酸であるため、酵素で分解できる。
2. 果物の皮はエタノールを溶媒にするよりも、水を溶媒としたほうが消臭効果がある。
3. 果物の皮を乾燥させた場合よりも、解凍した場合の方が消臭効果がある。

●実験 I

- ① キウイ、オレング、パイナップルの3種類の皮をそれぞれ乾燥、冷凍したものに分ける。
- ② ①で作った6種類を水とエタノールを溶媒として抽出する。
- ③ 溶液を靴下に吹きかけ、被験者が履いたまま体育の授業を受けて約2時間後回収する。
- ④ ③においのおおきさを計測する機器で靴下のおおきを数値化する。



においを計測する機器について教えて！

体臭を数値化する機器で数値が大きいほど不快なおいを表すよ！

●結果 & 考察 I

- ・水を溶媒とした抽出液の方が消臭効果がある。

水溶性の酵素が消臭効果を持つと考えられる。また、エタノールは刺激臭があるのでその匂いが反応したと考えられる。

- ・溶液の中で乾燥オレングが最も消臭効果がある。

揮発性でない酵素の中に消臭効果のある酵素が含まれている。

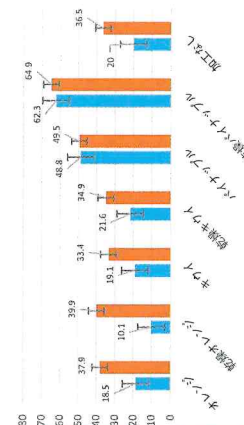


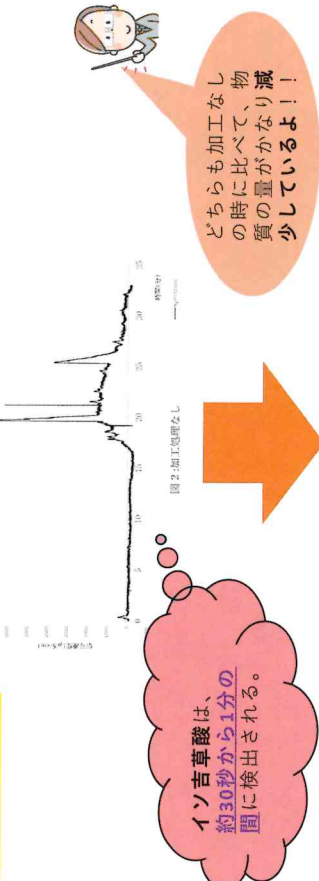
図1: 各果皮におけるおいの平均数値 水 エタノール

●実験 II (ガスクロマトグラフィー使用)

実験 I において消臭効果があつた水を溶媒とした解凍オレングを調べる。

- ① 右用の靴下に上記の溶液を吹きかけ、左の靴下には何も吹きかけない。
- ② 実験 I の③と同じ。
- ③ ビニール袋に使用済み靴下を保管し、ビニール袋内の気体をガスクロマトグラフィーに注入して、物質を測定する。

●結果 & 考察 II



イソ吉草酸は、約30秒から1分の間に検出される。

どちらも加工なしの時に比べて、物質の量がかなり減少しているよ!!!

- ・0分~15分の間ではほとんど物質が検出されなかつた。イソ吉草酸の検出する時間は30秒~1分の間であるためイソ吉草酸は靴下に生じなかつたと言える。

密封したビニール袋にイソ吉草酸が付着した。または作業を行っている間に蒸発したと考えられる。

- ・図2で最も多く検出された物質をにおいの原因物質とする。

オレングの果皮は不快なおいを抑制する。

●今後の展望

- ・加工処理なしで最も多く検出され、解凍オレングの加工で大幅に減少した物質を特定する。
- ・イソ吉草酸がガスクロマトグラフィーで検出するような条件を調べる。

●参考文献

ロート製薬 (2015). https://www.rohto.co.jp/news/release/2015/1209_02. 2021年7月14日。

とぎ汁からバクテリアセルロース!

生物1班 県立新潟南高等学校 伊藤 裕太 笠原 直翔 北澤 蒼生 行田 智也

研究の背景と目的

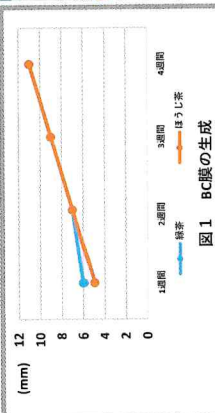
バクテリアによって合成されるセルロースは**バクテリアセルロース(BC)**と呼ばれており、高い保水性、高強度、生分解性、生体適合性などの様々な性質を有している。欧米で人気の**発酵健康飲料「コンプチャ」**の菌塊を利用したBC膜は、紅茶を原材料として使用しているが、**緑茶やほうじ茶でもBC膜ができる**のではないかと、また、**ある程度ミネラル成分が豊富であるならBC膜が形成できる**のではないかと仮説を立て、生活排水である**米のとぎ汁を原料としたBC膜形成を試みた**。

実験 I BC膜の作成

700mLの蒸留水に、それぞれ茶葉を入れ、1時間沸騰させ抽出液を作成した。米のとぎ汁(米84gを研いだもの)は、殺菌のため30分沸騰させた。その後、グラニュー糖85g、白ワインビネガー200mLを加え、30℃まで冷やし、コンプチャ菌体の培養液200mLを加えた。攪拌した後、培養した。

結果 I

室温で培養した場合、すべての**茶葉原料でBCが生**成された。インキュベーター(35℃)を利用した場合も、米のとぎ汁とほうじ茶の両方で膜形成が得られたため、**仮説は証明された**。



実験 II BC膜による水質浄化能力の検証

自作の透過度計を用いて、米のとぎ汁に対するBC膜の水質浄化能力を調べた。

結果 II

ほうじ茶のBC膜は、コーヒーフィルターを使用した場合よりも、**水質浄化能力が高いデータが得られた**。とぎ汁のBC膜はうまくろ過できなかった。



考察

結果 I より、米のとぎ汁、緑茶とほうじ茶でもBC膜の生成が可能だとわかった。しかし成長スピードには差が見られ、**米のとぎ汁が一番遅かった**。これより、**BC膜の生成にミネラル成分は関係ないと考える**。
また結果 II より、透過度で水質浄化能力を調べると、BC膜に通した溶液の方がBC膜に通さなかった溶液とコーヒーフィルターに通した溶液よりも透明度が高く、水質浄化能力があると分かった。**米のとぎ汁で作ったBC膜で上手にろ過できなかったのは、米のとぎ汁のBC膜は、ほうじ茶のBC膜より目が細いからではないかと考える**。

今後の展望

- どのような成分が浄化されたのか調べる。
- 米のとぎ汁で作ったBC膜の水質浄化以外の活用方法を考える。

参考文献 田島博次 小瀬寛太 櫻井博章『新論製によるセルロース合成と発酵ナノセルロースの大量生産』2014.4
https://www.alk-gel.jp/info-s/04007_000907.html 2020.7.2
Environmental Science & Technology Letters 2020.7.213-218 https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.estlett.0c00019 2020.11.12

国上山植物相2020

新潟南高校 生物1班 金津陽 伊藤康太 後藤亜咲 竹田若菜

研究背景

国上山は、標高313mの新潟山系の最南端にある低山である。分水町史編さんのため1999～2000年に詳しい調査が行われていた。植物相の調査の見直しは20年が理想的とされているため、今年度の調査を行うこととした。植物相の調査は、多くの人の出入りや鳥による種子散布などによる変化も、20年の間に新しい道ができた。多くの人の出入りや鳥による種子散布などによる変化も考えられる。私たちは、その変化を明らかにし、その影響について考察していきたい。

リサーチエクステション

20年間に比べ、国上山にはどのような変化が生じているのか。

仮説

国上山は水分布では前葉樹林帯に分布しているため、調査に際しては、前葉樹林帯に見られるような重層構造を考慮すると、標高が高くなるにつれて夏緑樹林帯になると考えられる。

実験方法

- ①国上山に月2回程度行き、植物を観察、同定する。
- ②さく葉標本を作成する。

これまでの調査結果

11月現在までに確認された植物...550種

特筆すべき植物 (代表的なもの)

1. 絶滅危惧種	備考
エビネ ②	絶滅危惧Ⅱ類、一般化のみ確認された。県産絶滅危惧Ⅱ類指定植物
コンノカンアオイ ⑤	県産絶滅危惧Ⅱ類指定植物
タコノアシ ④	県産絶滅危惧Ⅱ類指定植物
2. 20年前には記録がなく、40年ぶりに記録されたもの	
ウスバサイシン	ウマノスズクサ科カンアオイ属、ちご草属山道草属植物。
イワハナササ ③	アブラナ科ヤマハナササ属、黒龍城山道草属植物。
オグルマ	キク科オグルマ属、思った山地に2か所確認。
3. 20年前には記録がなく、今回確認された植物	
キタザサキ ⑦	キタザサキ科、コナラ属、コナラ属植物。20年前には記録がなく、今回確認された。
マサルコウ ⑥	マサルコウ科、マサルコウ属、マサルコウ属植物。
ハナハギ	マメ科ハナハギ属、中国産で特化のための改変でマメ科ハナハギ属に属する。20年前には記録がなく、今回確認された。
4. 弥生山系、県産、阿賀野川流域、佐渡、に属して分布する植物	
オドリコソウ ①	シソ科、国上山周辺には非常に多い。
シメツ	セリ科、国上山周辺には非常に多い。
ヤブアザミ	スズキ科の強い耐寒性を持つ。
5. プナ林	所産では、このような低山にプナ林があるのは大変めずらしく、国上山の前面にあるプナ林は、国上山の前面に形成されている。

今後の展望

- 標本を台紙に貼り、ラベルを作成する。
- 未同定のものを再検討する。
- 20年間の調査と対比し、未同定のものを中心に調査を行う。

今年度の調査結果は「2020年国上山植物目録」として県内に提出する予定である。

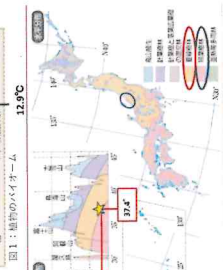


図3：植物の分布と調査結果



①オドリコソウ
Lamium album var. barbatum

②エビネ
Colerifolius discolor

③イワハナササ
Anemone nemorosa var. japonica

④タコノアシ
Pteridium caudatum

⑤ハナハギ
Campanula medium

⑥ハナハギ
Campanula medium

⑦キタザサキ
Saxifraga oppositifolia

⑧マサルコウ
Saxifraga oppositifolia

⑨オグルマ
Ficaria verna

⑩エビネ
Colerifolius discolor

⑪イワハナササ
Anemone nemorosa var. japonica

⑫タコノアシ
Pteridium caudatum

⑬ハナハギ
Campanula medium

⑭ハナハギ
Campanula medium

⑮キタザサキ
Saxifraga oppositifolia

⑯マサルコウ
Saxifraga oppositifolia

⑰オグルマ
Ficaria verna

⑱エビネ
Colerifolius discolor

⑲イワハナササ
Anemone nemorosa var. japonica

⑳タコノアシ
Pteridium caudatum

㉑ハナハギ
Campanula medium

㉒ハナハギ
Campanula medium

㉓キタザサキ
Saxifraga oppositifolia

㉔マサルコウ
Saxifraga oppositifolia

㉕オグルマ
Ficaria verna

画像を音楽に変換する

1 背景

私たちは、星座の位置関係から音楽を作り出すという先行研究を発見した。この研究に関心をもち、画像から取り出した情報を用いて音楽を作れるのではないかと考えた。

2 試行方法



図1

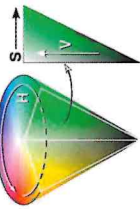


図2 色相環



定義	1 剰余式	2 オルゴール式
リズム	すべてのピクセル(各行を上から下へ)	H値の差が15以上であれば境界を作る(蛇のように読み込む図3)
音の高さ	RGB値の合計を24で割った余り	各ピクセルのSの値×24÷255+調の調整分の値+24
音符の長さ	一定	境界同士の間
調	C	すべてのピクセルの明度の平均を用いて24個の調から1つを決定
コード	メジャーの6個に限定	4つのピクセル毎のV値と全体のV値の平均値を比較する。(図4)
テンポ	120	(画像全体の明度と色相値の平均値)×180÷255+60
結果	きれいな曲は聞こえなかったが、画像の特徴を反映できなかった	画像ごとに様々な曲が生まれた

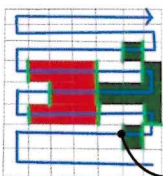
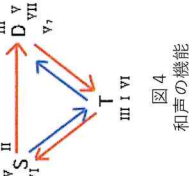


図3



図4



和声の機能

3 今後の展望

曲はできたが単純であり、画像の特徴を完全には反映できなかった。繰り返しの要素を加えることにより、曲をさらに良くしていきたい。

4 使用ツール

くず (2020/01/05) MIDData ライブラリ <https://openmidproject.osdn.jp/MIDDataLibrary.html> 2020年11月12日
Intel Corporation (2019/07/26) OpenCv <https://opencv.org/> 2020年11月12日

新潟南高校69期数学班
土田 崇人 菊地 禅
佐藤 隼太 金谷 一輝

ニュートンビーズの運動解析 ～最高到達点とエネルギー効率の関係性～

研究背景

新潟南高校 物理一班 五十嵐 諒 庄子 遥 物江 夏希 森山 響

重力に抗うように運動する「鎖の噴水現象」というものがある。この現象は別名、「ニュートンビーズ」と呼ばれている。私たちはこの現象に興味を持ち、ビーカーの設置高と噴水の最高到達点の関係について解析を始めた。

仮説

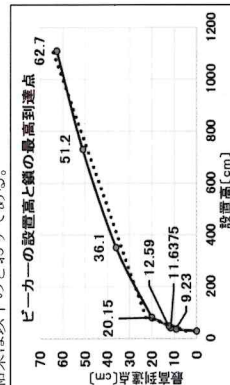
ビーカーの設置高と鎖の最高到達点との関係を調べると、ビーカーの設置高と鎖の長さ、鎖の速さと鎖の最高到達点の二種類の関係には比例の関係がある」と仮説を立てた。

実験方法

- (1) 長さ30mのポールチェーンを用意し、500mlのビーカーを入れる。
- (2) (1)のビーカーを地面から高さ h [cm] (以下、「設置高」という)に設置し、そこから鎖の始点を自由落下させ、噴水現象を発生させる。
- (3) 鎖の地面からの最高到達点 L [cm]を計測する。
- (4) 高さ h [cm] (校舎の2階350cm、3階730cm、4階1110cm)を変えて、(2)から(3)の実験を10回ずつ行い、最高到達点 L [cm]の平均値を算出する。
- また、追実験として、
- (5) ビーカーを床からの高さ30.1cm、36.6cm、42.5cm、48.6cmに設置し、(2)から(3)実験を10回ずつ行い、(4)と同様に平均値を算出する。

結果

結果は以下のとおりである。



設置高 [cm]	最高到達 点 [cm]
30.1	0
36.6	9.23
42.5	11.6375
48.6	12.59
80	20.15
350	36.1
730	51.2
1110	62.7

考察

実験より、80cm以上の高さで鎖の最高到達点 L とビーカーの設置高 h は比例関係になり、このときのエネルギーの変換効率 $\alpha = 0.540$ である。さらに、追実験から、80cm以下の高さでも最高到達点 L とビーカーの設置高 h に比例関係となるが、エネルギーの変換効率 $\alpha = 0.8369$ であった。このことから、80cm以下の方が、エネルギーの変換効率が良い。

$$L = \frac{(2\alpha - 1)H}{2} \quad \alpha = \frac{L}{H} + 0.5$$

参考文献

- ・「Understanding the chain fountain」J.S. Biggins, M. Warner
<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspa.2013.0689>
- ・「ニュートンビーズの研究」山梨県立韮崎高等学校
- ・千葉大学高大連携専門部会HP
<https://www.cfs.chiba-u.jp/koudai-tenkei/information/files/newtonbeads.pdf>

江風グローバル研修 報告書

令和2年度 海外研修中止に伴う代替研修

令和2年度海外研修はCOVID-19により中止となった。そこで、海外研修の目的とその実施による効果についてまとめ、代替研修を計画した。

【海外研修の実施目的】

- ①今年度取り組んでいる課題研究や継続して行っている共同研究の成果について、現地で相互にプレゼンテーションやディスカッションを通じて意見交換を行うことで、課題研究の深まりが期待できる。
- ②現在取り組む課題研究から大学進学以降の研究活動への接続について意識をより高めることができる。
- ③起業家やベンチャー企業関係者などの考え方に触れ、ワークショップを経験し、基礎研究や基礎理論から様々なイノベーションの創出につながる具体的な過程を学ぶことで、更に学びを深めるとともに社会参画意識を高めることができる。
- ④帰国後、学びの成果を国際的な視点から本校と地域へ還元することができる。
- ⑤帰国後、現地で得た新たな知見や指導・助言をもとに、それぞれが取り組む課題研究をより深めることができる。

本研修及び事前・事後学習の実施により、思考力・行動力・伝達力・想像力の育成と、多文化社会の中で協働できる次世代型リーダーの養成、グローバルな視点と実践的コミュニケーション能力を備えイノベーションを創出する、未来を担う科学技術系グローバル人材を効果的に育成することができると考える。

【海外研修の実施による効果】

上記の実施目的を踏まえると、実施による効果として期待される要素は以下の通りである。

- A.課題研究の深まり
- B.英語を中心とした、国際的なコミュニケーション能力の獲得
- C.外国語圏の高校生・学生・研究者との交流による、新たな視点の獲得
- D.より深い思考力や課題解決能力の獲得
- E.トップ人材の育成と効果の普及

以上の A～E の要素を含んだ研修として、国際大学訪問研修、新潟大学留学生ふれあい事業、江風グローバル研修（日本海・アジア文化圏交流）を実施した。

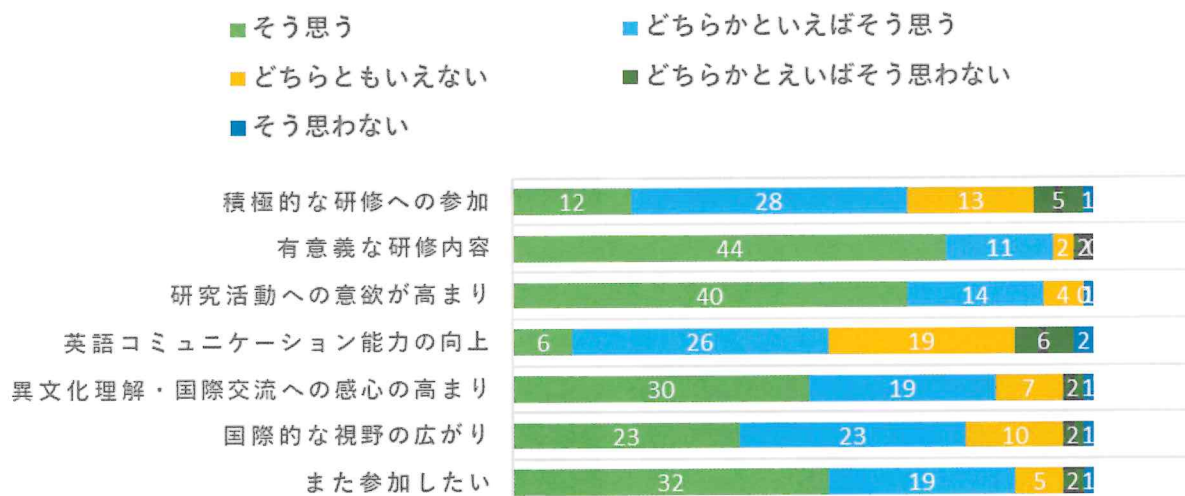
れらを踏まえて生徒達は再度、発表を行った。昼食後に、聴衆の引き込み方として、聴衆にとって分かりやすいプレゼンテーションについて学んだ。各班員が自分の担当箇所を発表する際にスムーズに次の人の順番に進めるためのテクニックや、聴衆の様子を見ながらプレゼンテーションを行う事の重要性について学んだ。また、分かりやすいプレゼンテーションが良い質問を生むことや、それらにどのように解答するべきかなどについて指導をいただいた。その後で、プレゼンテーション原稿の作成を各班でファシリテーターと共にを行った。英語で自分達の研究について説明をし、ファシリテーターと話し合いながら原稿を作成し、ポスター作成に反映させた。1日目の最後には、学生食堂でファシリテーターの方々とウェルカムパーティーを行い、親睦を深めた。2日目はファシリテーターと共にポスター作成の続きを行った。ポスターが完成した班から順次、発表のリハーサルを行う。ファシリテーターの方を聴衆に見立てて発表を行い、アドバイスをもらいながら時間まで練習を行った。その後、昼食を挟んでポスターセッションを行った。6班を前半と後半の2つのグループに分け、発表を行っていない班は発表を行っている班の聴衆になった。発表は10分程度でその後質疑応答を行う。発表箇所を部屋に3つ設けて、発表班はその場所にそれぞれ固定し、聴衆役になっている班は1つの班の発表を聞き終えたら他の班の発表を時計回りで移動し、聞きに行った。前半のグループが終了すると後半のグループが発表になり、前半のグループが聴衆役になって同じ事を行った。全ての班のポスターセッションが終了した後、フェアウェルパーティーが開かれ、そこでは生徒達がこのプログラムを通して感じたことや学んだことなどを英語で皆の前で話した。

3. 振り返り

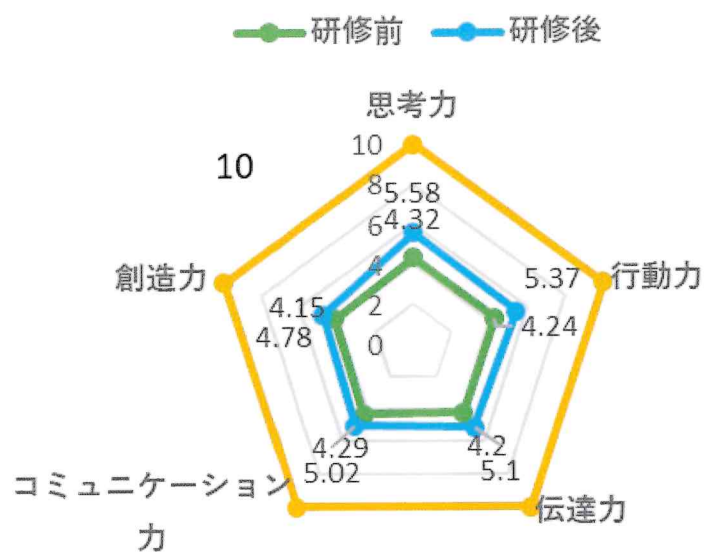
この研修を通して、多くの生徒が自信を持って英語を話している様子がうかがえた。校内で実施したオンライン研修では、積極的に質問をする生徒がいるなど主体的に取り組んでいる姿が見られた。訪問研修ではファシリテーターが1日中つきっきりでいたために、今までに経験ないくらい英語を使用した。キャンパスツアーでは多国籍の学生が英語を公用語にしてコミュニケーションをとっている姿や英語で書かれた掲示を目にし、外国の雰囲気を感じていたようである。また、プレゼンテーション原稿作成の際に、ファシリテーターの方から自分達が思いもしていない角度から質問をされたり、自分達が分かっていると思っていたことをいざ説明しようとするとう理解が浅いことに気づかされたり、言葉が不足していたりと、自身の研究について深く考えるきっかけとなっていた。ポスターセッション時には完成したポスターを前に堂々と発表をし、また聴衆として相手の発表を聞いていた際には臆することなく積極的に質問をする姿が見られ、自信を深めているようであった。最後のフェアウェルパーティーではその場で自分の考えを英語で発表している姿から大きな成長を感じ取れた。将来は科学分野で国際的な視野を持ったリーダーとして成長してくれることを期待したい。

4. 国際大学研修アンケート集計結果

研修に対する意識調査



研修前後の能力別変化





マイケル・モンデハー先生によるオンライン事前研修を実施しました。



いざ、国際大学へ。





白銀の世界で、研修開始。



国際大学のキャンパスツアーを行っていただきました。



図書館の本はほとんど全て英語で書かれています…。



キャンパス内の売店では外国の食べ物が置かれていました。右は国際大学 T シャツです。



講師のダニエル先生、リチャード先生と学生の方々とご挨拶。



英語でお互いの自己紹介です。



いよいよポスター作成スタート。



学生の方や先生方が英語版ポスターの作成に協力してくれます。



自分達の研究の意図を英語で分かりやすく伝えることは本当に大変でした。



初日の日程終了。食堂で学生の方々と乾杯！その後は宿舎で夕飯。満腹です。



疲れはあったけれども皆と過ごす夜は最高に楽しかったです。



お世話になった宿に別れを告げて、いざ、ポスター発表へ！



英語での発表は皆、堂々としていました。聞いている生徒も英語で積極的に質問します。



様々な質問にも、粘り強く英語で答える姿に、たくましさを感じました。



大きく成長した2日間でした。

1 目的

(1) 様々な国籍の学生との交流を通じて、自ら積極的に関わろうとする意欲を高め、英語によるコミュニケーション能力の向上と国際的な視野の広がりを目指す。また、大学生による専門的視点から助言や意見をもらい、自身の研究を深めることを目的とする。

(2) 生徒の思考力(Thought)・行動力(Action)・伝達力(Communication)・創造力(Creativity)の育成を目標とした「TACC プロジェクト」の深化を図る。

2 研修概要

(1) 実施日

令和3年1月26日、1月27日、2月2日、2月3日

(2) 参加生徒

新潟県立新潟南高等学校2学年希望者23名と2学年理数コース生徒41名

(3) 担当教員

新潟県立新潟南高等学校ALT、英語科職員

(Clayton Steed、川瀬紗也香、笹川孝志、佐藤豪、佐藤智江李、村中由美子、和田正太)

(4) 講師

新潟大学留学生7名

(5) 内容

1月26日、2月2日に理数コース班、1月27日、2月3日に普通コース班がZoomを使って新潟大学の留学生に対してオンライン上で研究発表を実施した。当日の流れは以下の通りである。

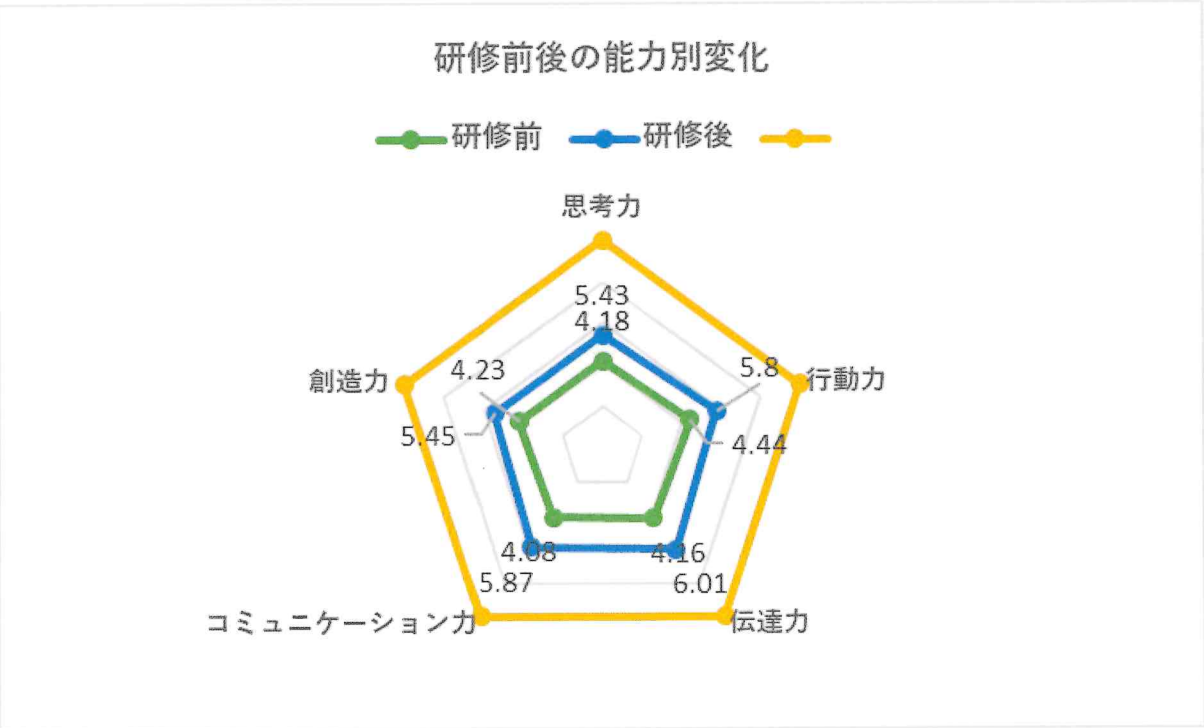
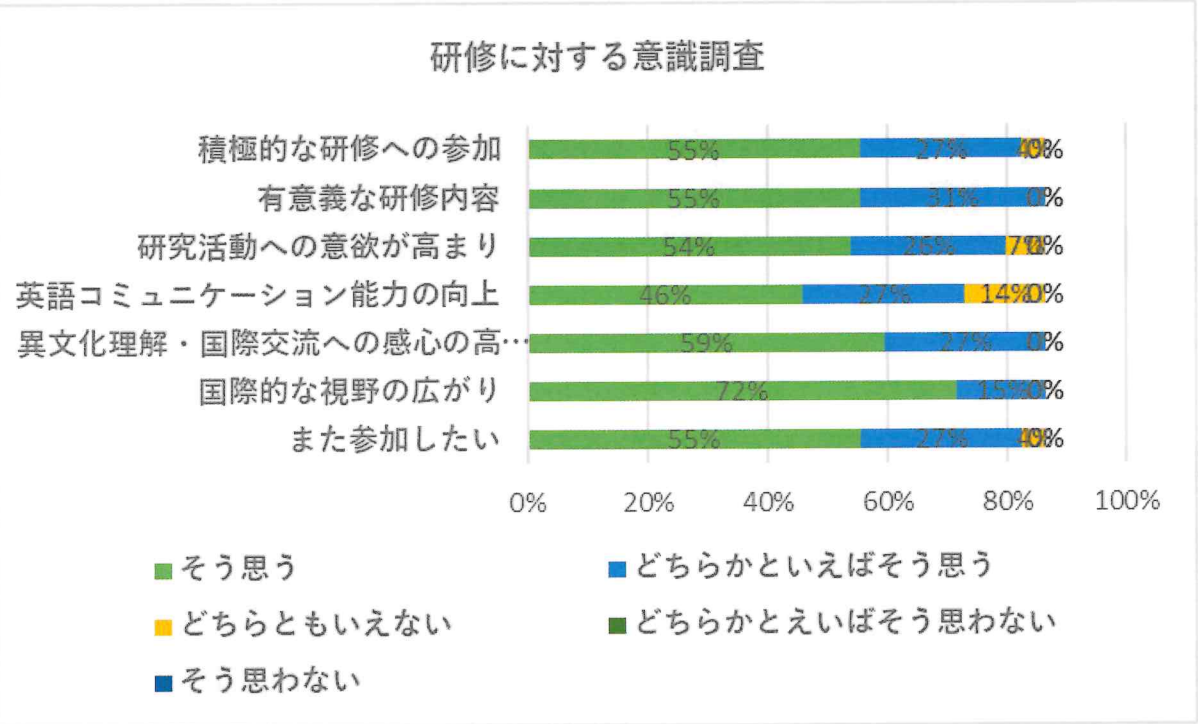
1月26日		2月2日	
留学生 A	留学生 B	留学生 C	留学生 D
12:40～ 留学生自己紹介 12:45～14:00 発表 化学1～3班、 生物1～2班 14:00～ 休憩 14:10～ 留学生自己紹介 14:15～15:45 発表 生物3～4班、数学、 物理1～3班	12:40～ 留学生自己紹介 12:45～14:00 発表 生物3～4班、数学、 物理1～3班 14:15～ 休憩 14:25～ 留学生自己紹介 14:30～15:45 発表 化学1～3班 生物1～2班	12:40～ 留学生自己紹介 12:45～14:00 発表 化学1～3班、 生物1～2班 14:00～ 休憩 14:10～ 留学生自己紹介 14:15～15:45 発表 生物3～4班、数学、 物理1～3班	12:40～ 留学生自己紹介 12:45～14:00 発表 生物3～4班、数学、 物理1～3班 14:15～ 休憩 14:25～ 留学生自己紹介 14:30～15:45 発表 化学1～3班 生物1～2班
1月27日		2月3日	
留学生 E	留学生 F	留学生 G	留学生 A
14:50～ 留学生自己紹介 14:55～15:40 発表 Group 12～14	14:50～ 留学生自己紹介 14:55～15:40 発表 Group 15～17	14:50～ 留学生自己紹介 14:55～15:40 発表 Group 12～14	14:50～ 留学生自己紹介 14:55～15:40 発表 Group 15～17

生徒は1班10分程度で、異なる留学生に発表を行った。事前に留学生に生徒の発表ポスターを渡しておき、当日生徒の発表を聞いた後、質問や意見交換を行ってもらった。参加した留学生達の専攻は科学分野、社会科学分野など多岐にわたり、より専門的な意見を求めた。

3 振り返り

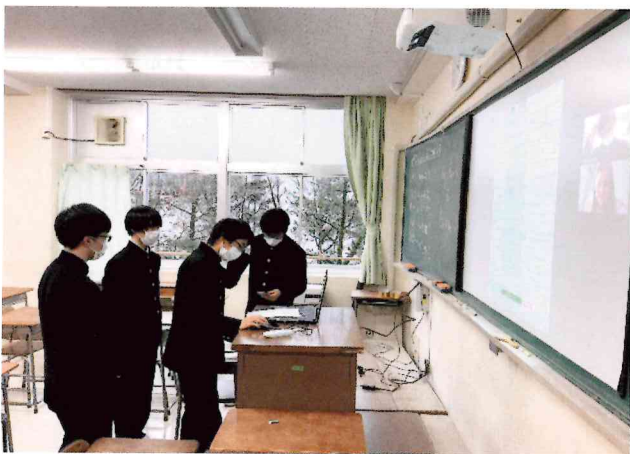
留学生の自己紹介では自国の文化や自身の研究している分野の紹介をしていただいた他、日本にきた経緯や外国で学ぶことの楽しさなどをお話いただき生徒達は大いに刺激を受けていた。発表後の質疑では、留学生の専門的な視点からの質問があり、生徒達は自身の研究に対する新たな気づきを得たようである。

4. 新潟大学留学生ふれあい事業アンケート集計結果





様々な国からの留学生から自己紹介をしてもらい、文化の違いを感じました。



聞き慣れない英語のアクセントに苦戦しながらも、何とかコミュニケーションをとりました。



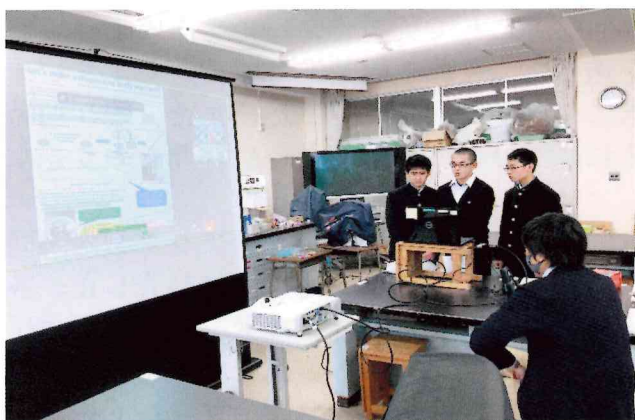
複数の留学性に発表を聞いてもらいました。



留学生からの鋭い質問に答えるのはとても苦労しました。



留学生に特技を披露した生徒もいたとか…。



江風グローバル研修 台中市立台中文華高級中学校（台湾）との交流

（Niigata Minami High School and Taichung Municipal Wen-Hua Senior High School International Mentorship Program）

1. 目的

（１）海外の同世代の学生との科学や課題研究を軸とした交流を通じて、協働的に取り組む姿勢を育み、自ら積極的に関わろうとする意欲を高め、英語によるコミュニケーション能力の向上と国際的な視野の広がりを目指す。また、課題研究についてのプレゼンテーションやディスカッションを通じて意見交換をしたり、新たな知見を得たり、助言を得たりすることで課題研究を深めることを狙いとする。

（２）生徒の思考力(Thought)・行動力(Action)・伝達力(Communication)・創造力(Creativity)の育成を目標とした「TACC プロジェクト」の深化を図る。

2. 研修概要

（１）実施日

- ①令和２年 10 月 10 日（メールでの交流開始）
- ②令和２年 12 月 25 日・28 日（オンライン交流）
- ③令和３年 3 月 16 日・17 日（オンライン発表会）

（２）参加生徒

- ・新潟県立新潟南高等学校 2 学年希望者 23 名と 2 学年理数コース生徒 41 名
- ・台中市立台中文華高級中学校 2 学年 59 名

（３）担当教員

新潟県立新潟南高等学校教員 4 名
川瀬紗也香、佐藤智江李、村中由美子、和田正太

（４）実施内容

①文華高級中学校の理系班と人文科学班、本校の理数コース 11 班と普通コース 10 班とで研究テーマの分野ごとにマッチアップした。事前指導として英語でメールを作成する手順について学び、マッチアップした班にメールを送った。それと同時進行で英語によるビデオメッセージを作成し、自己紹介や簡単な日本についての紹介を行った。また、現在進めている研究についての概要を伝え、メールでそれについての相手の考えや質問をやりとりするように促した。

②12 月 25 日に理数コース 11 班、12 月 28 日に普通コース 10 班がマッチアップした班同士で自分達の研究の進捗状況について Google Meet を使ってオンライン上で発表した。各班が各教室でタブレットやスマートフォンを使用した。事前に研究ポスターの簡易版や研究を紹介するためのパワーポイントを作成し、それらを示しながら英語で発表を行った。質疑応答を含め、各班 10 分の持ち時間で実施した。その後で、10 分間のフリートークを行った。そこでは、お互いのこれまでの研究の苦労について話したり、学校生活のことを話したり、相手の国や文化などについて聞いたりし、親睦を深めた。

③3 月 16 日に普通コース班、3 月 17 日に理数コース班が Zoom を使ってオンライン上で研究発表会を実施した。当日の流れは以下の通りである。

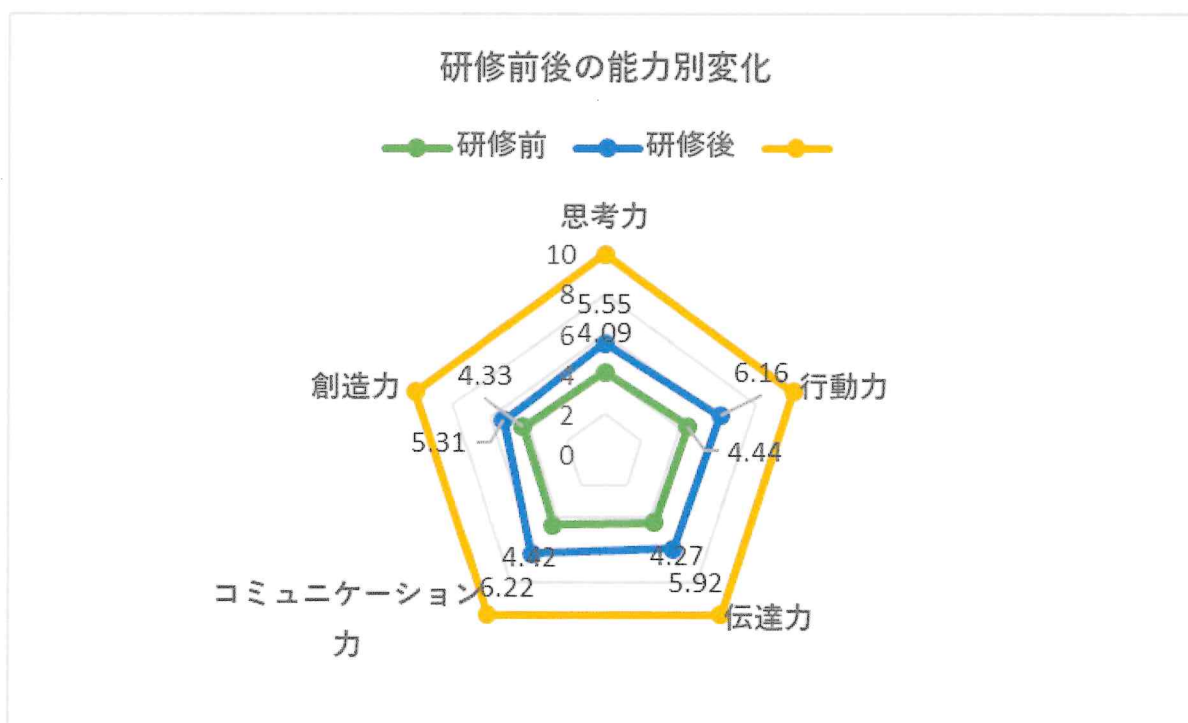
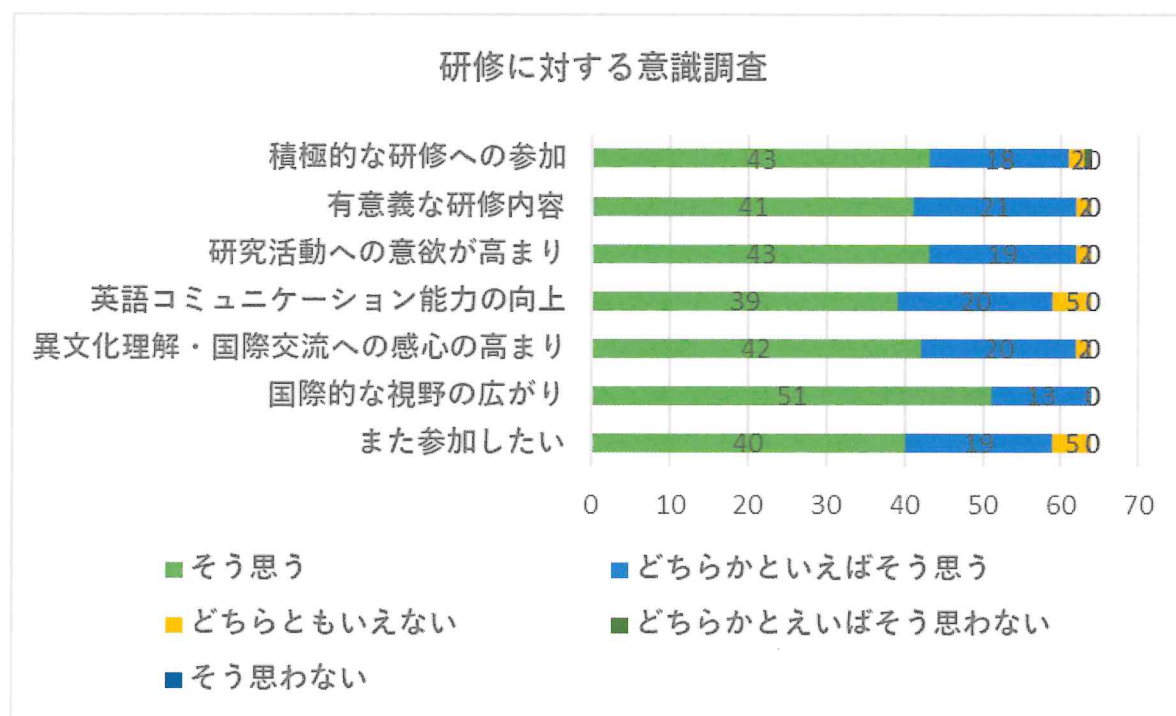
3月16日	3月17日	
13:25～14:15	8:50～10:20	機器説明&インターネット接続
14:30～14:40	10:30～10:40	開会式あいさつ 当日の流れ説明 (新潟南高校 和田正太)
14:40～15:30	10:40～11:20	プレゼンテーション (5ブレイクアウトルーム)
15:30～15:40	11:20～11:30	休憩
15:40～15:55	11:30～11:45	振り返り (10～11ブレイクアウトルーム)
15:55～16:00	11:45～11:50	閉会式あいさつ (台中文華高級中学校 Laura and Jennifer)

オンライン発表会では、12月に行ったオンライン交流とは異なる班で発表を行った。異なる班の異なる研究テーマから新たな知見を得ることや異なる班との意見交換でより自身の研究を深めることをねらいとした。1グループ3～4班で構成し、5つのブレイクアウトルームを作った。各班は、事前に同じグループ内の班の研究を確認し、質問を考えて発表に臨んだ。その後、最初にマッチアップした班同士でブレイクアウトルームを作り、そこで、今回の発表の振り返りや、感想、プログラム全体を通しての自身の成長や、今後の展望などについて共有した。

3. 振り返り

メールから交流をスタートする中で、まだ見ぬ相手に対する期待や不安を感じながらもビデオメッセージやオンラインでの対面交流を通して生徒達が少しずつ打ち解けていく様子がうかがえた。12月のオンライン交流では、通信障害で上手く相手の班と接続ができないうトラブルがありながらも、雪を見たことがない台湾の学生に雪を見せたり、自身の得意科目や不得意科目の話題で盛り上がったり、好きな音楽グループの話題で意気投合するなど、異なる文化背景を持ちながらも、共感できることが多くあることを生徒達は実感し、有意義な時間を過ごすことができた。発表会では、科学テーマをはじめ、文化や歴史、政治や環境問題などについて、外国の同世代の生徒の考え方や姿勢についての共通点や違いについても感じる事ができた。特に、相手校の研究に対して質問を考える場面では事前に研究テーマに関する予備知識を得る必要があり、苦労をしたがその分、新たな知見を広める機会となった。このプログラムでの経験を生かし、将来多文化社会の中で協働し、グローバルな視点と実践的コミュニケーション能力を備えイノベーションを創出する、未来を担う科学技術系グローバル人材になることを期待する。

4. 台中市立台中文華高級中学校（台湾）との交流アンケート集計結果





文華高校の皆さん、初めまして！



各班がそれぞれ…



自分達の自己紹介と…



研究テーマの紹介を含んだ…



ビデオメッセージを作成しました！



文華高校の校庭です。冬でも快晴です。



いよいよお互いの研究成果を発表します！



研修の成果を発揮するぞ。



久しぶりに文華高校の生徒とオンラインで再会です。



文華高校の生徒の流暢な英語に驚きました。



発表は毎回緊張します。



最後は文華高校の皆さんと記念撮影です。

令和3年度 スーパーサイエンスハイスクール事業
課題研究集録・江風グローバル研修報告書

令和4年2月 発行

発行者 新潟県立新潟南高等学校

〒950-0994 新潟県新潟市中央区上所1丁目3番1号

TEL 025-247-3331 FAX 025-247-3489

URL <http://www.niigatami-h.nein.ed.jp/>

