

～理想の絵の具を求めて～

理数科2年 嶋野匡伸 芹川颯汰 福田将之 藤木菜摘 吉住紗也伽 渡邊菜々穂

指導者 浦川卓 佃仙子 高橋美里

要約

私たちは油脂班と色素班に分かれて研究を行った。油脂班では、速く乾く油絵具を作るために、前例のない桐油とイワシ油を使って乾く速さを調べた。その結果、一般的に使われるリンシードオイルとポピーオイルより早く乾くことがわかった。次に、使いやすさについて本校の美術科にアンケートを行い、実用性があることがわかった。色素班では、第二高校の校花である竜胆は紫色なので紫の絵具をつくることを目的とした。紫の絵具を作るうえで、植物から得られる紫色素を油に溶かす操作が必要である。有機溶媒に溶解させるためアセチル化を行い、油に溶かすことに成功した。

We divided into 2 groups, oil team and color team. In oil team, we studied to dry faster oil paint. At first, we researched the speed to dry of wood oil and sardine oil which had never been used as oil paint. We could know dried faster than general oil such as linseed oil and poppy seed oil. Next, we got questionnaires from the art class in Daini about usability. Finally, we found that we could use it practically.

In color team, we aimed at making purple pigment, because Gentiana which is the school flower of the Daini high school is purple. To make purple pigment, it is necessary to dissolve purple pigment obtained from plants with oil. In order to dissolve in organic solvent, it was acetylated and succeeded dissolving in oil.

油脂班

1 目的

画材について本校の美術科2年生の数人にアンケートを取ったところ、油絵具は乾きが遅いという問題点が指摘された。油絵具の乾燥には、油絵具に使われている乾性油が酸化して固化することが必要である。また、酸化のしやすさは、油を構成する脂肪酸の不飽和結合の量に依存しており、それを表す指標としてヨウ素価があることが分かった。また、市販されている絵具で乾燥期間を計測したところ、乾燥までに3日程度時間が必要であった。以上のことから、私たちは油の酸化に着目し、より速く乾く油絵具を作ることを目的とした。

2 使用道具

《顔料》* は金属を含む

アリザリンレーキ、コバルトブルー、ビリジャン、チタニウムホワイト、ランプブラック

《乾性油》*()内の数値はヨウ素価を示す

リンシードオイル(190)、ポピーオイル(150)、桐油(232)、イワシ油(190)

《その他》

マイクロペット、電子天秤、ガラス板、スパチュラ、顔料すくい、布(キャンバス)

3 実験方法

- ① 顔料と乾性油を適量取り、ガラス板にのせる。
- ② 既製品のかたさに近くなるように5分ほど混ぜ合わせる。
- ③ 混ぜたものを厚さがなるべく均一になるように布に塗る。
- ④ ③の日から毎日17時に乾いているかどうか指で触り、確認する。

4 実験①

一般的に油絵具に使われているリンシードオイルとポピーオイルの他にヨウ素価が高い桐油とイワシ油を使って乾く速さを調べた。表1のような結果になった。

表1.実験①の結果

	ピリジャン	コバルトブルー	アリザリンレーキ	チタニウムホワイト	ランプブラック
桐油	1日未満	1日未満	1日	1日	2日
魚油	1日	2日	3日	2日	4日
リンシード	1日	3日	3日	2日	3日
ポピー	1日	4日	4日	2日	5日

実験②

実用性の調査のため、美術科の油絵を専攻している生徒に桐油とイワシ油の絵具を使ってもらい、乾燥速度、発色、のびの観点からアンケートを取った。

実験②結果

【乾く速度】

速すぎたため、逆に作業がやりにくい。

【発色】

乾燥前と乾燥後で発色が変わってしまった。

【のび】

どちらもムラができる。桐油は粘性があり、イワシ油はサラサラしている。

5 考察と展望

(考察)

油の不飽和度に依存し油絵具の乾燥時間が変化することが分かった。また、色素により乾燥時間が変化したことは、色素が金属物質か非金属物質によるものだと考えられる。

(展望)

- ・発色を良くする物質を探し混合してみる。
- ・油と色素の最適な比率を見つける。
- ・複数の種類の油を混合し乾く速さを操作する。

6 結論

改良を加えれば、桐油とイワシ油は乾きの早い油絵具として使うことができるとわかった。

色素班

1 目的

入手容易なものから紫色の絵具を安価に作ることを目的とした。今回ヨウシュヤマゴボウから抽出した天然色素は、水酸基を多く持つことから水に溶けやすいが、油との親和性が悪い欠点を持つ。そのため、色素の水酸基をアセチル化することで、疎水性を増し、油絵の具に適する色素の合成を試みた。

2 使用道具・試薬・器具

〈実験1〉

使用道具：漏斗・ビーカー・ろ紙・三角フラスコ・スポイト・試験管・乳鉢・乳棒

原料：ヨウシュヤマゴボウ

試薬：酢酸・濃硫酸・トルエン

〈実験2〉

使用道具：実験1と同じ

原料：ヨウシュヤマゴボウ

試薬：酢酸・濃硫酸・トルエン・油（ポピー、リンシード、イワシ油）

〈実験3〉

使用道具：実験1の使用器具・ガスバーナー

原料：ヨウシュヤマゴボウ

試薬：酢酸・濃硫酸・トルエン

〈実験4〉

使用道具：真空グローブ装置・真空ポンプ・ガスバーナー・三脚・金網・シャーレ・蒸発皿

試薬：アセチル化した溶液

〈実験5〉

使用道具：布（キャンバス）

試薬：アセチル化し油と混ぜた溶液

3 方法・操作

〈実験1〉

- ① 乳鉢と乳棒を使い、ヨウシュヤマゴボウの実をすりつぶし、ろ過する。
- ② 三角フラスコにろ過した溶液を 2mL いれ、無水酢酸の量を変えながら加え十分反応させた後、

濃硫酸を6滴加え、30分放置した。この操作を以降アセチル化という。

- ③ ②の溶液に有機溶媒を加え、アセチル化されているか調べる。

〈実験2〉

実験1でアセチル化された溶液に油を加え、油に溶けるかどうか調べる。

〈実験3〉

実験1の①の溶液を試験管に入れ過熱し、有機溶媒に溶けるか調べる。

〈実験4〉

アセチル化前の色素の溶液と実験1でアセチル化した溶液をそれぞれ粉末状にし、油に溶けるかどうか調べる。

*アセチル化前の色素の溶液:A

アセチル化後の色素の溶液:Bとする。

- ①AとBを加熱し、粉末にしたものと桐油を混ぜ合わせる。

- ②AとBをフリーズドライし、粉末にしたものと桐油を混ぜ合わせる。

〈実験5〉

アセチル化し、油と混ぜた溶液を布(キャンバス)に塗って油絵具として使えるか検討する。

4 結果

〈実験1〉

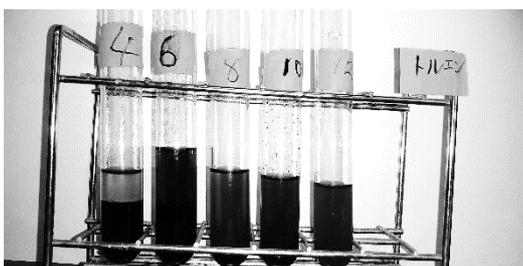


図1.無水酢酸とアセチル化の量的変化

②、③の実験で無水酢酸を6ml以上加えた溶液には、有機溶媒が溶けた。

*左から4mL、6mL、8mL、10mL、12mL

〈実験2〉



図2.無水酢酸8mL加えアセチル化した溶液とそれぞれの油と混ぜたもの。

*左からポピー油、リンシード油、イワシ油どの油とも混合しなかった。

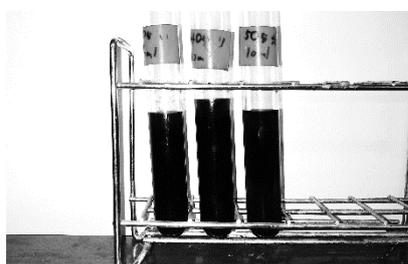


図3.無水酢酸10mLを加えたものとそれぞれの油と混ぜたもの。

*左からイワシ油、リンシード油、ポピー油
リンシード油とイワシ油にはよく混ざった。ポピー油には少し混ざった。

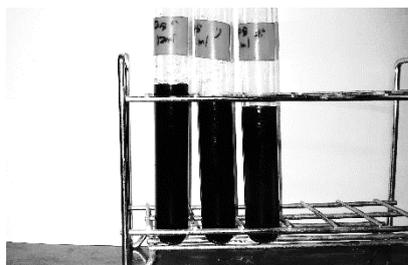


図4.無水酢酸12mLを加えたものとそれぞれの油と混ぜたもの

*左からイワシ油、リンシード油、ポピー油
全ての油に混ざった。

表2.各実験結果まとめ

	8mL	10mL	12mL
ポピーオイル	×	△	○
リンシード油	×	○	○
イワシ油	×	○	○

○混ざった ×混ざらなかった △少し混ざった

〈実験3〉



図5.加熱による性質の変化

アセチル化した際、発熱する様子が観察されたため、色素の有機溶媒への溶解性が過熱による影響はないかと考えた。そこで、実験1の①の溶液を過熱したが、有機溶媒にとけなかった。

〈実験4〉

①焦げてしまい、AとBのどちらも粉末にすることはできなかった。油を混ぜても、AもBも分離してしまっ

た。②水分の蒸発はある程度できたが、どちらも粉末にすることはできなかった。Aは油と混ざらず、BはAほどではないが分離してしまっ

〈実験5〉

粘性が低く、サラサラしていて発色も悪かった。

5 考察

（実験1の結果について）

アセチル化によって、親水基がアセチル化され、油に溶けやすくなったからと考えられる。

（実験2の結果について）

無水酢酸を多く加えるほど、油とよく混ざったのは、アセチル化された色素が増えたからだと考えられる。

（実験3の結果について）

有機溶媒への溶解性は、疎水性を増すアセチル化によるものであり、過熱による影響は少ない。

（実験4の結果について）

アセチル化した溶液は、水分と色素以外の物質を含んでいたため、蒸発することができなかったと考えられる。色素以外の物質として、アセチル化の副生成物である酢酸や未反応物質などが考えられる。

（実験5の結果について）

一般的に油絵具に使われているものは顔料であり、

今回の研究で抽出した植物由来の色素は染料として用いられる。そのため、油絵具で使うには疎水性を増す操作と、生成物の精製過程が不十分であったと考えられる。

6 結論

原料からアセチル化によって色素を油に溶かすことができたが、油絵具として使うことは難しかったため改良が必要である。また、原料のヤマゴボウは空き地や道端に見られ、入手が容易なため、とても安価に作るができる。しかし、アセチル化によって、色素が変性し、紫色から変色してしまった。

7 謝辞

本研究を行うにあたりご指導いただいた浦川先生、佃先生、高橋先生、アンケートにご協力いただいた美術科の皆さんに感謝申し上げます。

8 参考文献

- ・油絵の具を作る 油絵の具の作り方
<https://www.yukio-takamori.com/chemistry-of-paints/>
- ・オイルフィニッシュ(オイルとは何か/家具製作鋳工房) www.tai-workshop.com/oil/o-04.html
- ・ヨウ素価の解説と植物油脂のヨウ素価一覽
<https://cosmetic-ingredients.org>
- ・西洋絵画の画材と技法
http://www.cad-red.com/jpn/mt/mdm_oil.html
- ・アマゾン
https://www.amazon.co.jp/?tag=hydjpbaky-22&hvadid=275492151501&hvdev=c&ref=pd_sl_7iohgj9py6_e
- ・コトバンク
<https://kotobank.jp/word/%E3%83%A4%E3%83%9E%E3%82%B4%E3%83%9C%E3%82%A6-773522>
- ・空色空間
<http://modama.net/sora/draw/pre21.html>
- ・科学プロセツ図説 1966年発行 井上友治著

豊後街道の杉並木は屋久杉に由来しているのか？

～遺伝学的解析による「屋久杉伝説」の検証～

熊本県立第二高等学校 理数科 2年 川端彩友美 近藤真奈 指導者 田嶋隆文

要約

県道 337 号線 (通称: 豊後街道) の菊陽町には杉並木があり、約 400 年前に加藤清正によってヤクスギが植栽されたという言伝えがある。そこで、この「屋久杉伝説」を検証するため、現存する胸高周囲 200cm 以上のスギ大径木の分布調査および切株の年輪計測、関連資料等の文献調査、遺伝解析による全国スギ天然林集団との系統分類を行った。その結果、杉並木にはスギ大径木 55 個体が確認でき、最大樹齢は 200 年程と推察された。これらは、江戸時代後期に植栽されたものであると考えられた。また、核 DNA の SNP 解析の結果、これらは屋久杉由来ではなかった。したがって、杉並木に現存するスギ大径木は、加藤清正によって植栽されたヤクスギではないことが明らかになった。今後は、豊後街道沿線に残るスギ大径木を調査して屋久杉由来かどうか評価するとともに、現在の杉並木の由来を調査することで、「屋久杉伝説」の真相を明らかにしたい。

ABSTRACT

Avenue of cedars are next to prefectural road 337 line (aka. "BUNGO road") in KIKUYO town. It has legend that Kato Kiyomasa planted YAKUSUGI 400 years ago. We preformed systematic classification which use distribution survey and DNA analysis to search where did the cedar came from. As a result, we found 55 cedars that is about 200 years old. We thought that it planted in the middle from the second semester of the Edo period. Then, result in nuclear DNA analysis is more difference to BUNGO road's cedars to YAKUSUGI. Therefore, we thought that research it this time didn't be planted for 400 years ago by Kato Kiyomasa. In the future, we want to evaluate this Legend will search that what cedars is planted now. Then, we want to search more about this legend to find other big *C. japonica* trees existing along the "Bungo road".

1 目的

江戸時代に肥後国熊本藩初代藩主である加藤清正 (1562-1611, 統治: 1588-, 図1) によって、熊本から豊後国 (現: 大分県鶴崎市) を結ぶ全長 124km の豊後街道が整備され、

1604 年頃に沿道には屋久島産のスギが植栽されたという言伝えがある (宮島, 1989)。このうち、熊本市北区龍田から菊陽町に至る約 20km の県道 337 号線 (豊後街道) には、現在も杉並木が残り (図 2)、菊陽町の重要な観光資源



図 1 加藤清正

である。また、菊陽町と屋久島町は、この杉並木の「屋久杉伝説」を基にして、1994 年に姉妹都市となっている (菊陽町・屋久島町, 2015)。



図 2 現在の杉並木の様子 (菊陽町)

スギ (*Cryptomeria japonica*) は、ヒノキ科スギ属の常緑高木で、青森県の鱒ヶ沢から、鹿児島県の屋久

島まで分布する日本特産の針葉樹である。スギは主要な造林樹種として日本各地に植林されているが、天然林はあまり残っていない。これまでの DNA 解析によると、スギ天然林集団は、おおむね日本海側、太平洋側および屋久島の 3 系統に分類される(内山・松本, 2018)。したがって、豊後街道の杉並木が屋久杉由来かどうかについては、DNA 解析によって明らかにすることが可能である。

豊後街道の杉並木については、葉緑体 DNA の解析の結果、京都の北山スギ(日本海型系統)が由来との指摘がある(有限会社 生垣屋, 2018)。しかし、針葉樹の葉緑体 DNA は父性遺伝であり、由来を判断するには相応しくなく、ミトコンドリア DNA あるいは核 DNA を用いた解析を実施することが望ましい。

そこで、私たちは「豊後街道の杉並木が屋久島由来なのか?」という「屋久杉伝説」を検証するため、過去(江戸時代)に植栽されたと考えられるスギ大径木の分布調査および古文書等の文献調査を実施するとともに、これまで蓄積されているスギ天然林集団の遺伝情報を参考にして、核 DNA の SNP (Single Nucleotide Polymorphism: 一塩基多型) 解析を行った(内山・松本, 2018)。

2 調査方法

(1) 分布調査

調査は JR 原水駅～龍田中学校前(10.1km)の県道 337 号線沿道で実施した。調査対象としたのは、胸高周囲 200cm(胸高直径: 約 64cm) 以上のスギ植栽個体とした。なお、JR 豊肥線の線路沿いにも大径のスギが確認されるが、これらについては安全上、今回は調査の対象としなかった。

調査対象個体については、胸高周囲長をスチールメジャーで計測するとともに、GPS(全地球測位システム)を用いて位置を記録した。また、調査区間で確認した地際周囲長 200cm 以上の切株については、スチールメジャーを置いてデジタルカメラで撮影し、その画像より年輪を計測した。なお調査区間には、胸高周囲 200cm 以下の個体も多数分布するが、そのサイズが小さいことから、これらは江戸時代に植栽され

た可能性は低いと判断したため、今回の調査から除外した。



図3 調査対象としたスギの分布位置

(2) 文献調査

豊後街道の杉並木に関する様々な記載について、熊本県立図書館、熊本県林業研究指導所、菊陽町および大津町歴史文化伝承館で資料を提供していただくか、その内容の解説を受けた。

(3) 核 DNA の SNP 解析

調査個体のうち大きい方から 47 個体については、遺伝解析に供試するために針葉を採取して DNA を抽出し、11 連鎖群の計 257 座で SNP 解析を行った(内山・松本, 2018)。DNA の解析結果と日本のスギ天然林 18 集団の結果を比較して(内山・松本, 2018)、現存する杉並木の由来を検証した。

表1 解析に用いた SNP マーカーの座数

連鎖群	座数
LG01	23
LG02	20
LG03	35
LG04	25
LG05	27
LG06	16
LG07	23
LG08	22
LG09	15
LG10	27
LG11	24

3 結果

(1) 分布調査

調査対象となったスギ大径木は、55 個体であった(図 3)。これらの胸高直径階の頻度分布をみると、直

径 70cm 以下が 20 個体と最も多く、直径 100cm 以上は 4 個体であった(図 4)。最大の個体は、胸高直径が 127.64cm(胸高周囲長:401.0cm)であった。

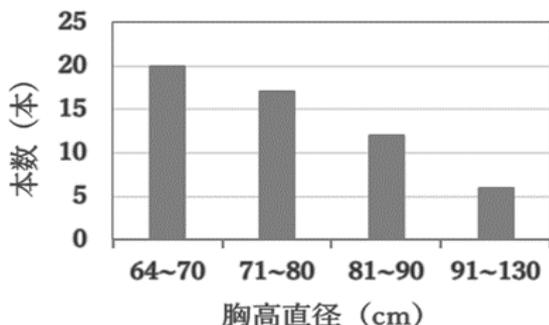


図4 調査した杉の胸高直径階の頻度分布

また、調査区間では地際周囲長が 200cm 以上の切株を 2 株確認した(図 5)。これらは、いずれも伐採年は不明で周囲が腐朽していたが、年輪計測は可能であった。計測の結果、切株 A は直径 117.30cm で樹齢 179 年、切株 B は直径 81.17cm で樹齢 216 年であった(表 2)。

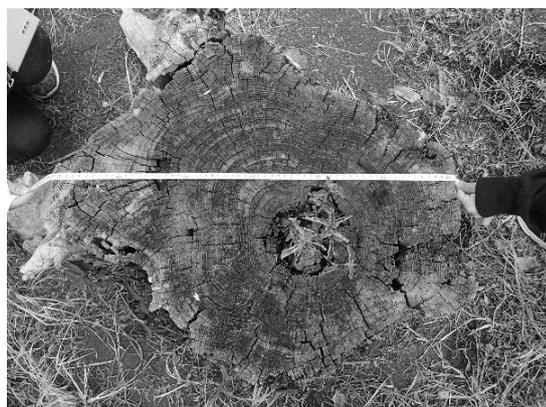


図5 切株Aの計測の様子

表2 切株の年輪計測の結果

個体No.	周囲長 (cm)	直径 (cm)	年輪数 (本)
切株A	368.50	117.30	179
切株B	255.00	81.17	216

(2) 文献調査

古文書等における杉並木の記載について、熊本県立図書館、大津町歴史文化伝承館で調査したが、加藤家が統治した時代のものは、非常に少なかったため、加藤清正がヤクスギを植栽したとの資料は得られなかった。

一方で建設省九州地方建設局熊本工事事務所ほか(1991)が取りまとめた「大津街道杉並木の歴史」によれば、熊本城の築城以降(1600年)、ヤクスギの苗木を仕立てて街道の両側に植栽すれば「後世の用材に事欠くまじ」として、その苗木生産についての言伝えがあるとされる。江戸時代までは、樹齢 300 年ほどのスギ大径木が多く分布したようであるので、江戸時代初期にスギが植栽された可能性は高い。しかし、明治時代以降、盗伐や乱伐によって多くのスギが消失したようである。なお、現存するスギは、江戸時代後半に植え継いだものであるとされる(建設省九州地方建設局熊本工事事務所ほか, 1991)。

(3) 核 DNA の SNP 解析

豊後街道のスギ大径木は、太平洋側にあるスギ天然林集団と同じようなクラスター組成を多く保有したが、屋久島集団とは全く異なっていた(図 6)。

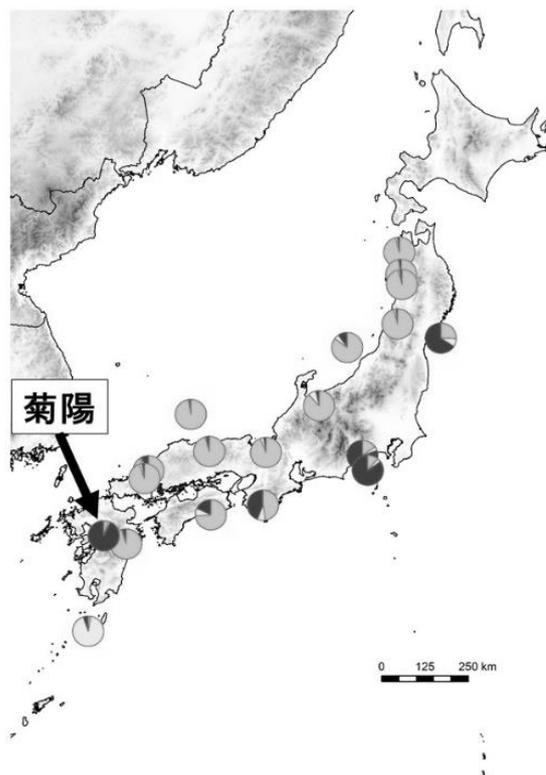


図6 クラスタ分析によるパイチャート図(クラスター数は3として分析)

各調査集団のネットワーク図を構築した結果、杉並木は太平洋型に分類され、屋久島とは異なったグループとなった(図 7)。

4 考察

現在、豊後街道に分布する 55 個体のスギ大径木は、その大きさと切株の年輪の計測から、最大でも樹齢 200 年前後であると考えられ、江戸時代後期以降に植栽された可能性が非常に高い。したがって、現在の豊後街道に残る杉並木は、加藤清正ではなく当時の肥後藩主であった細川家(1632~1869)の時代に植栽されたと考えられる。また、遺伝解析の結果から、調査対象とした個体は太平洋型であることが明らかになった。したがって、現存する豊後街道のスギ大径木については、屋久島由来でないことが明らかとなった。

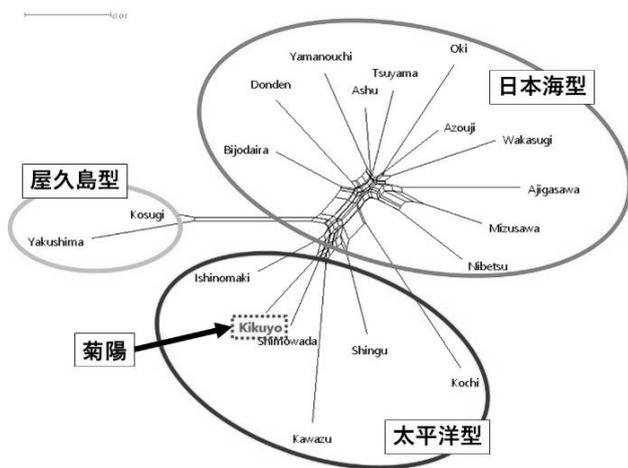


図7 ネットワーク図

今後、今回の調査区間以外の豊後街道沿線には、スギ大径木が残存することから、これらの分布調査ならびに遺伝解析も実施し、街道沿いに本当にヤクスギが植栽されたのか検証したい。

また、杉並木に現存するスギ大径木は江戸時代後期以降に植栽されたと考えられるので、その経緯や出所も併せて明らかにしていきたい。特に肥後国内の造林地である小国地方では、ヤクノシマといわれるさし木品種が現在でも残っている(宮島, 1989)。これは、1750 年代以降、小国地方で屋久島(ヤクノシマ)や久留米高良山(コウラスギ)からスギを移植したが、コウラスギが残り、これをヤクノシマと誤り伝えられているとされる(宮島, 1989)。このことから、江戸時代後期以降に、小国地方からスギ苗木を取り寄せて植栽したと仮定した場合、この名称に起因している可能性

がある。また県内には、他に江戸時代より受け継がれるさし木品種が存在するとともに、宮崎県の鬼ノ目山には九州本土唯一のスギ天然林集団がある(宮島, 1989)。これらとの関係性も改めて評価することで、豊後街道の「屋久杉伝説」を解明したい。

5 結論

熊本市から菊陽町に至る豊後街道の杉並木に現存するスギ大径木は、約 400 年に加藤清正が植栽したとされるヤクスギではないことが示唆された。しかしながら、「屋久杉伝説」の検証には不十分であることから、さらなる調査が必要である。

6 謝辞

本研究において森林総合研究所の金谷整一博士、内山憲太郎博士に御指導と御助言をいただいた。森林総合研究所非常勤職員の方には、実験に協力いただいた。分布調査および文献調査にあたり熊本県県北広域本部、熊本県立図書館、菊陽町教育委員会、大津町歴史文化伝承館ならびに熊本県林業研究指導所の担当者の方には協力いただいた。以上の方々に深く感謝申し上げます。

7 参考文献

- 建設省九州地方建設局熊本工事事務所・熊本県土木部景観整備室・(財)くまもと緑の財団(1991) 大津街道杉並木整備計画策定業務。
- 菊陽町・屋久島町(2015) 菊陽町・屋久島町姉妹都市盟約 20 周年記念 杉の絆。
<https://www.town.kikuyo.lg.jp/kiji003828/index.html>. (2018 年 7 月閲覧)
- 宮島 寛(1989) 九州のスギとヒノキ. 九州大学出版会.
- 内山憲太郎・松本麻子(2018) スギの遺伝的地域性 識別のための SNP パネルの開発と利用. 森林総合研究所研究報告 446:141-148.
- 有限会社 生垣屋(2018) 豊後街道杉並木の保存について. <http://www.tree-doctor.co.jp>. (2018 年 7 月閲覧)

発泡スチロールにおける防音構造の検証

理数科 2 年 岩崎凌大 新立順一 滝野凜太郎 東朔矢 指導者 安武君孝

要約

現在、私たちの学校では復旧工事が行われている。その工事の騒音が私たちの学習環境を妨害している。そこで私たちは、その騒音を解決することができる防音構造の発見を目的に研究をすることを決めた。対照実験を成立させるために、素材は発泡スチロールに統一した。この研究を通して、楔形構造が防音に適していることを発見した。さらに、防音構造において角度と空間が重要であることも発見した。

ABSTRACT

Now, our school is under rebuilding. Then, the noise of them disturbs us from studying. So we decided to research soundproof construction which can solve it. We use expanded polystyrene. Through this research, we discovered that cuneiform construction is suitable for soundproofing. And, we also discovered that important elements of soundproof construction is angle and space.

1. 動機・目的

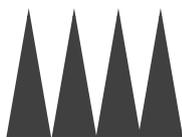
平成 28 年熊本地震によって第二高校の校舎は甚大な被害を受け、その復旧工事の騒音が問題となっている。その騒音を可能な限り抑えたいと思い、防音について研究をすることにした。この研究の目的は、騒音を緩和する防音構造の発見である。

2. 調査

先行研究としてプロ音響ドットコム『無響室の設計と構造について』※1より無響室の楔形の構造に防音効果があることが分かった。



無響室 ↑



楔形構造 ↑

3. 研究の仮説

遮蔽物の表面積、形状によって防音性能が変化する。

4. 使用道具

- 発泡スチロール(厚さ 28mm)
- 実験装置①(段ボール製、以下防音太郎)
500mm×500mm×270mm
- 実験装置②(木製、以下防音次郎)
270mm×270mm×270mm
- 音源装置(発振器、スピーカー)
※波形は全て正弦波で統一
- イージーセンス(音センサ)
- スタンド

防音太郎 ↓

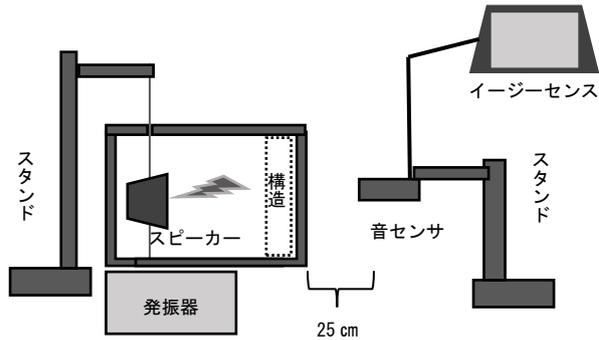


防音次郎 ↓



5. 防音太郎を用いた実験

防音太郎に無加工で板状の発泡スチロールを四面につめ、これを基準とする。(以下全ての実験で基準面とする)音源装置を入れ一面を加工した発泡スチロールと入れ替え比較した。なお、安価であり、加工がしやすいので素材として発泡スチロールを使用した。



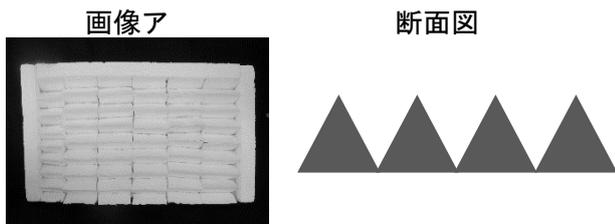
※スピーカーは糸で空中に固定

①-1 仮説

無響室のような楔形の構造には防音効果がある。

①-2 実験

画像アの構造(以下ギザ構造)を防音太郎に設置し計測。



①-3 結果

仮説とは異なり基準よりも音の大きさが増大した。

	0.750kHz
構造なし	81.5dB
基準面	76.9dB
ギザ構造	77.3dB

①-4 考察

基準の発泡スチロールより、ギザ構造の体積が小さくなっていた。グルーガンで細かい部品を貼ったため、基準面にはなかった隙間ができそこからの音漏れが音の大きさを増大させた。

①-5 改良点

隙間を埋め体積をそろえるため画像イのような構造(以下ジグザグ構造)に改良した。

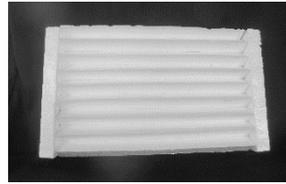
②-1 仮説

①-5 の改良によって音漏れ対策を施し体積をそろえたことからギザ構造よりも音の大きさが減少する。

②-2 実験

ジグザグ構造を防音太郎に設置し計測。

画像イ



断面図



②-3 結果

仮説とは異なり、①-2 の実験よりもさらに音の大きさが増大した。

	第一回(0.749kHz)	第二回(0.756kHz)	第三回(0.100kHz)
構造なし	79.6dB	88.8dB	83.0dB
基準	69.5dB	87.0dB	73.2dB
ギザ構造	70.1dB	92.3dB	78.7dB
ジグザグ構造	77.6dB	88.8dB	81.7dB

②-4 考察

隙間や体積の問題を改善したにも関わらず、①-2 の実験よりも音の大きさが増大したことから、それ以外にも問題がある。

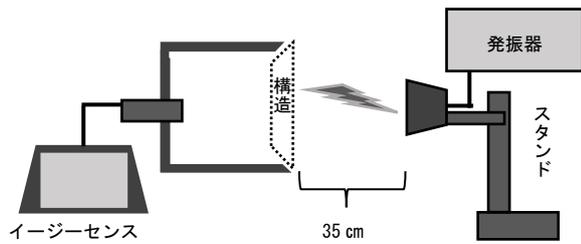
②-5 改良点

防音太郎内部から音を出しているため、防音太郎の本体が振動しスピーカーになっている可能性がある。そのため、内部にセンサを設置し装置外部で音を出して計測を行うようにする。

6. 防音次郎を用いた実験

内部にセンサを設置し装置外部で音を出して計測を行える装置、防音次郎の一面を入れ替えて計測する。また、防音次郎には防音太郎と以下の違いがある。

- 本体が振動しない。
- 小型である。
- 構造の入れ替えが容易である。



③-1 仮説

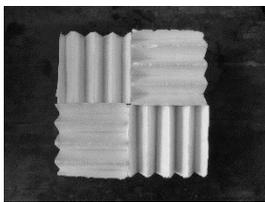
5. で防音効果が得られなかったのは使用した構造に防音効果がないのではなく、実験装置に問題があった。よって、改良を施した防音次郎を使用すれば、ジグザグ構造を防音次郎用に加工した構造(以下、楔形構造)で防音効果の検証が行える。また、楔形構造では防音効果が得られる。

※ギザ構造は、基準面と体積が統一されておらず対照実験が成立していないため使用しない。

③-2 実験

画像ウの楔形構造を使用し計測。

画像ウ



③-3 結果

基準の面よりも音の大きさが減少した。

	第一回 (0.755 kHz)	第二回 (0.752 kHz)	第三回 (0.753 kHz)
基準面	75.5 dB	73.4 dB	73.9 dB
楔形構造	70.0 dB	70.7 dB	70.1 dB

③-4 考察

防音太郎を用いた②-2の実験では基準面での計測に対して構造を使用したときに音の大きさの減少が見られなかったが、今回の防音次郎を用いた実験では音の大きさが減少した。このことから、防音次郎を用いれば、構造による防音効果の検証が可能であることが確認された。

④-1 仮説

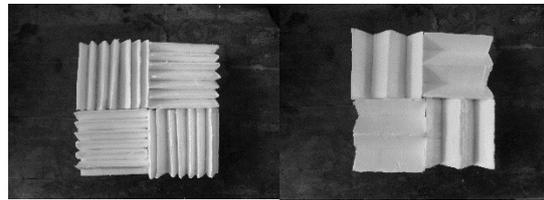
楔の角度によって防音効果に違いがみられる。

④-2 実験

今まで使用してきた 60 度の楔形構造(以下、60 度楔形)に加え、30 度の楔形構造(以下、30 度楔形)と 90 度の楔形構造(以下、90 度楔形)でも③-2の実験と同様に計測を行う。

30 度楔形

90 度楔形



④-3 結果

60 度楔形が最も音の大きさを減少させた。

	第一回	第二回	第三回	第四回	第五回	平均	差
基準面	77.3	77.4	77.6	77.7	77.6	77.5	
30度楔形	78.8	79.1	78.9	78.6	78.9	78.9	1.34
60度楔形	72.2	72.4	72.4	72.0	72.0	72.2	-5.32
90度楔形	76.8	76.6	76.4	76.6	76.3	76.5	-0.98

※単位はデシベル「dB」

④-4 考察

楔形構造の 3 つの角度においては、60 度の角度がもっとも適している。

7. 隙間を利用した構造の実験

5. と 6. の実験を行う中で、実験を行っていた音楽室の壁に穴があり、内部が空洞になっていることに気づいた。ここで、その構造を楔形構造に組み込むことにした。

⑤-1 仮説

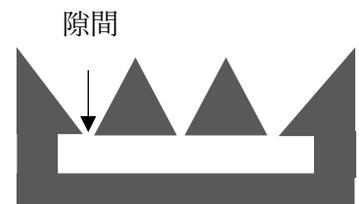
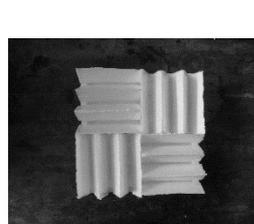
音楽室の壁のような隙間と空間を利用した構と楔形構造を組み合わせれば、さらに大きな防音効果を得ることができる。

⑤-2 実験

画像エの隙間を設けて内部に空間がある 60 度の楔形構造(以下、60 度空間)を使用し計測。

画像エ

断面図



※隙間 7mm(深さ 14mm)

⑤-3 結果

60度空間はあまり効果が見られなかった。

0.755 kHz	第一回	第二回	第三回	平均	基準面との差
基準面	75.5	73.4	73.9	74.3	
30度楔形	73.4	73.3	73.0	73.2	-1.03
60度楔形	70.0	70.7	70.1	70.3	-4.00
90度楔形	73.0	73.7	72.3	73.0	-1.27
60度空間	74.2	72.9	72.7	73.3	-1.00

⑤-4 考察

60度空間構造では体積を揃えた状態で適切な隙間を作ることが出来なかったため、十分な防音効果を得ることが出来なかったと考えられる。

⑤-5 改良点

体積を揃えたまま適切な隙間を作るために、楔の角度を小さくする。

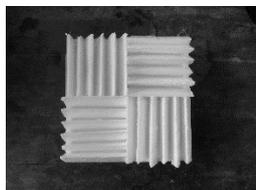
⑥-1 仮説

楔の角度を小さくした空間構造は防音効果が優れている。

⑥-2 実験

画像オの30度の楔形構造の空間構造(以下、30度空間)を使用し計測する。

画像オ



断面図



※隙間 4mm (深さ 14mm)

⑥-3 結果

30度空間構造には優れた防音効果がある。

0.750kHz	第一回	第二回	第三回	第四回	第五回	平均	基準面との差
基準面	79.5	78.9	75.5	78.4	77.8	78.0	
30度楔形	74.6	75.0	73.6	74.4	74.7	74.5	-3.56
90度楔形	73.8	74.2	74.0	74.7	75.1	74.4	-3.66
60度楔形	73.7	74.2	73.6	73.8	74.0	73.9	-4.16
30度空間	74.6	74.1	73.5	73.3	73.5	73.8	-4.22
60度空間	76.4	75.3	75.7	75.0	75.1	75.5	-2.52

※単位はデシベル「dB」

⑥-4 考察

30度空間で30度楔形、60度空間よりも音の大きさが減少したことから適度な隙間の幅が防音効果に影響を及ぼすと考えられる。

8. 結論

楔形の構造において防音効果があり、60度が最も効果が高かった。また、適切な空間を作ることによってその効果が高まる。今回の実験においては60度空間構造においては適切な隙間でなかったため防音効果が高まらなかった。

9. 展望

30度空間構造、60度空間構造においての最適な隙間を見つける。波長と構造との関係性について調べる。

10. 謝辞

本研究においてご指導頂いた安武先生、計測場所等の提供をして頂いた先生方に感謝申し上げます。

11. 参考文献

プロ音響ドットコム『無響室の構造と設計について』<http://www.pro-onkyo.com/mukyooroom/>

『1dB ってどのくらいの音量差があるの!?!』
<https://yugo-music.jp/article-16>

居眠り原因究明～眠気を誘発する色は緑色だった!!～

出合正宗 本田裕貴 友田康仁 渡邊愛大 川上欣悟 指導者 今村清寿

熊本県立第二高等学校 理数科2年

要約

授業中の居眠りを防止するために色刺激を与えることで眠気の改善できるかを検討した。色画用紙を用いて色刺激を与え授業中の眠気を寝た・眠かった・眠くなかった、の三段階で評価した。その結果、総合値では有意な差は見られなかった。実験2では色眼鏡を用いて色刺激を与え、授業中の眠気を寝た、眠かった、眠くなかった、の3段階で評価した。その結果、緑に眠気を誘発させる効果があることが分かった。このことから、緑を視界に入れないことで居眠りを防止できることが分かった。

Abstract

We tested whether we could improve our sleepiness with color stimulus in order to prevent to fall asleep during classes. In first experiment, we received color stimulus with color paper during classes and we evaluated on three levels of slept, sleepy and didn't sleep. As a result, there was no significant difference. In second experiment, we received color stimulus with color glasses during class and we evaluated on the same way. As a result, we found that green had the power to induce drowsiness. From this, we found that we could prevent to fall asleep with green out of sight.

1. 目的

赤には居眠りを防止する効果があり、青には居眠りを誘う効果があることが報告されている。(宋 武, 下村 義弘, 勝浦 哲夫, (2013) 単波長光曝露に対する異なる行動特性のヒトの覚醒水準について人間と生活環境 20(2), 147-153, 2013)

そこで赤色, 黄色, 青色, 緑色の色刺激と眠気の関係について明らかにすることを目的として本研究を行うことにした。

2. 仮説

波長が短い青に眠気を誘発する効果があると考えられる。

3. 実験1の使用道具・器具

- 色画用紙 (青赤黄緑) サイズ(363×257mm)
- 記録用紙

4. 実験1の方法・操作

- 期間: 夏季課外授業 7/23~7/31 8/21~8/28
- 対象授業: 国 数 英 自学 (各教科1日1時間ずつ記録する)
- 授業を受ける際に色画用紙を机の前に置く。

授業後にアンケートを取り、眠気を3段階で評価する。

(寝た: 2 眠かった: 1 眠くなかった: 0)
色画用紙の色を日ごとに変え比較する。

(対照実験として画用紙を設置しない場合の記録も取る)

実験対象者: 2年S組15人



図1: 色画用紙設置風景

表1: 研究日程・色

月	火	水	木	金
7月23日	7月24日	7月25日	7月26日	7月27日
なし	緑	赤	青	黄
7月30日	7月31日			
なし	緑			
				8月17日
				記録なし
8月20日	8月21日	8月22日	8月23日	8月24日
記録なし	記録なし	赤	青	黄
8月27日	8月28日			
なし	なし			

5. 実験1結果

5.1 色別に見た眠気の割合

全てのデータのアンケート結果である。図2より色別の結果に顕著な差は見られなかった。

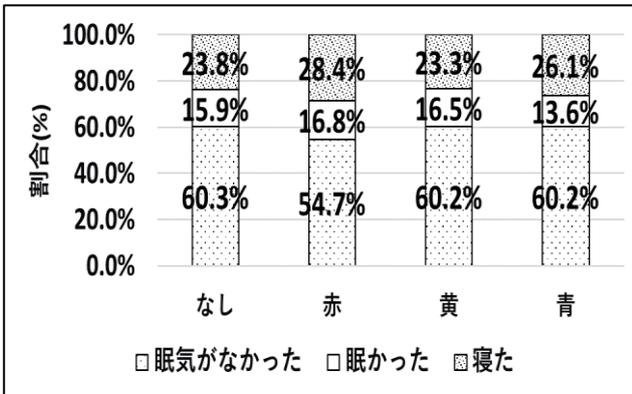


図2：全データの色別割合

5.2 教科別に見た眠気の割合

下の図3のグラフから7月より8月のほうが寝ている割合が大きいのは明らかである。また国語、自学では寝たと答えた人の割合が大きくなった。これは7月と8月の授業形態、内容に大きな差はないため夏休み期間の生活リズムの乱れが原因ではないかと推測される。しかし、英語は起きている人の割合が唯一大きくなっていった。これは、英語が8月の授業からディベートを導入し班での話し合い活動が増えたからだと考察した。

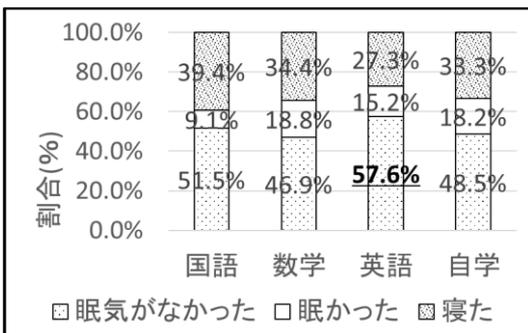
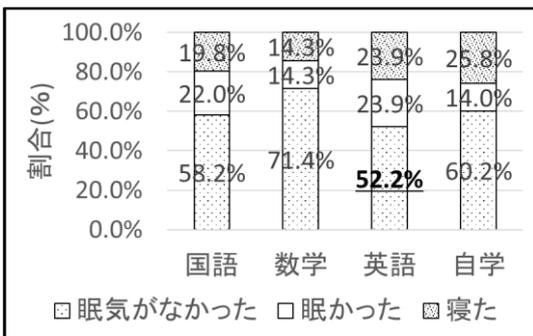


図3：アンケート結果

(上段) 7月教科別割合 (下段) 8月教科別割合

6. 実験1まとめ

総合値では有意な差は見られなかった。7月・8月、授業科目で分けて評価した結果、英語のみが起きている人が多くなっていることが分かった。これは授業形態が大きく関係していると思われる。

7. 実験2の導入

実験1では、アンケート方式による結果のため科学的根拠に乏しく、授業形態に大きく左右されてしまった。実験2では、心拍数によって眠気を評価することで科学的根拠を持たせ、早朝学習の時間に色付きゴーグルを用いることで同じ時間に複数の色を同時に測定するため授業形態に左右されずに測定できると考えた。

8. 実験2の使用器具

記録用紙、HR70（腕時計型心拍計）色付きゴーグル（赤、青、黄、緑、色なし）

9. 実験2の方法・操作

- ・対象授業：早朝学習
- ・色付きゴーグルと腕時計型の心拍計を装着し早朝学習に取り組む
- ・早朝学習中にアンケートを取り、10分おきに眠気を3段階で評価する。

(寝た：2 眠かった：1 眠くなかった：0)

10. 実験2結果

アンケート結果より、緑はなしに比べ有意 ($p < 0.01$) に高くなり、緑が眠気を誘発する色であると考えられる。(図4)

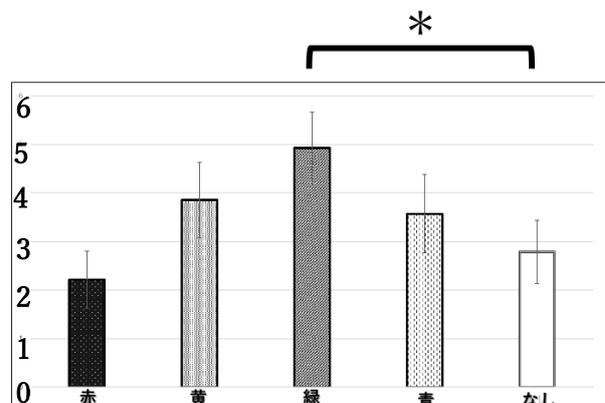


図4：アンケート結果合計の平均値とt検定結果

(* p < 0.01, N=14, 平均値±標準誤差)

1.1. 心拍による検討

我々はアンケートによる結果が科学的根拠に乏しいと考えた。そこで先行研究により関係があるとされる心拍数とアンケートの結果を比較し関係を調べた。

その結果、図 5.1, 5.2, 5.3 のように心拍数が低下するパターンの人(心拍低下型)と、図 5.3, 5.4 のように心拍のブレ(標準偏差)が小さくなるパターンの人(心拍安定型)の2種類のパターンがあり、心拍とアンケートに関係性がみられる。

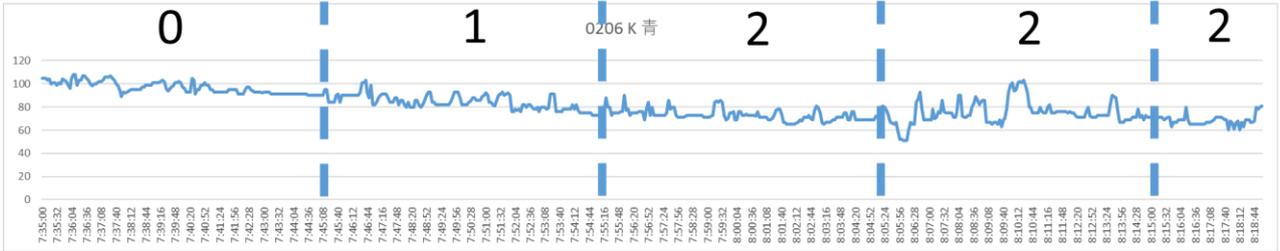


図 5.1 : 心拍低下型の人(0206 K 青)の心拍グラフ

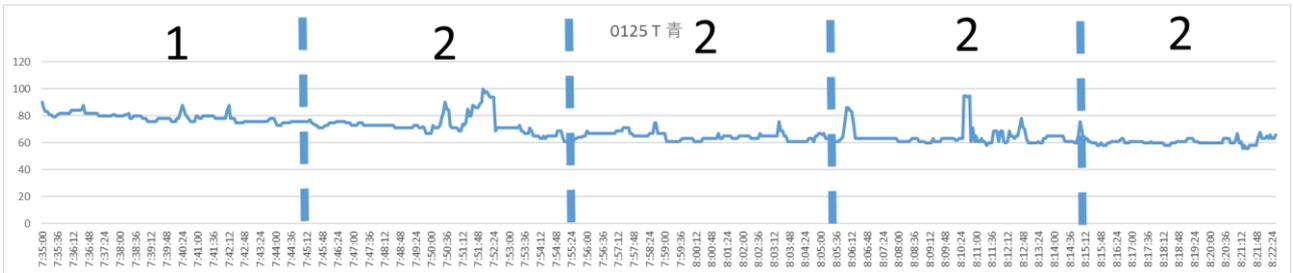


図 5.2 : 心拍低下型の人(0125 T 青)の心拍グラフ

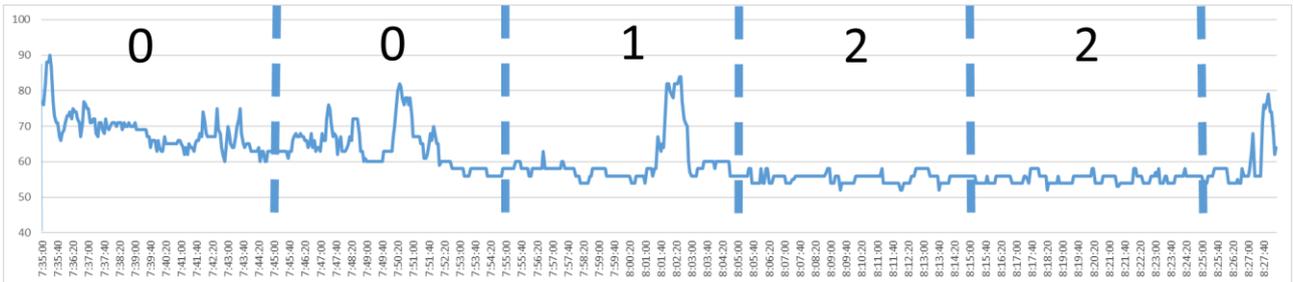


図 5.3 : 心拍低下型かつ心拍安定型の人(0125 T 青)の心拍グラフ

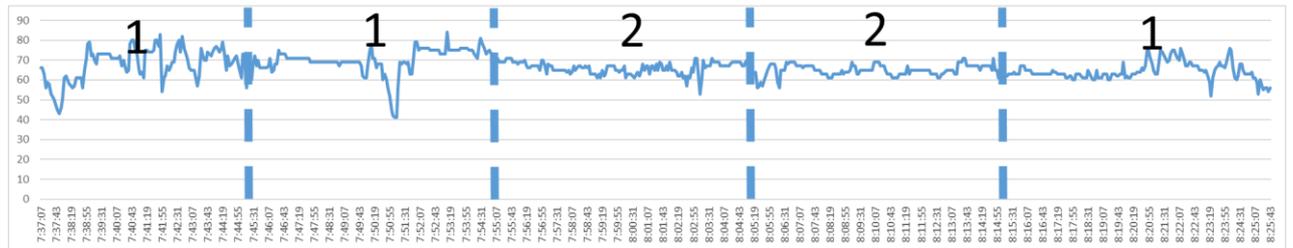


図 5.4 : 心拍安定型の人(0125 T 青)の心拍グラフ

12. 実験2まとめ

図4より、緑はなしに比べ有意($p < 0.01$)に高かった。図5より、心拍とアンケートに関係性がみられたことから科学的根拠が示された。よって緑に眠気を誘発する効果があると考え。

13. 提案

実験2の結果から黒板の色が緑であることは生徒の眠気を誘発している原因の一つであると考えられる。この黒板の色を変えることで、居眠りをする人を減らすことができると考え、これを提案する。

14. 謝辞

本研究にあたり御指導頂きました今村先生、株式会社リバネスの戸金さん、また御協力頂きました理数科2年生の皆様に謝辞申し上げます。

15. 参考文献

- ・楊 琬璐，宮谷 真人，(2015) 音楽と色彩の組み合わせの相応しさを決める要因について
日本認知心理学会発表論文集
- ・宋 武，下村 義弘，勝浦 哲夫，(2013) 単波長光曝露に対する異なる行動特性のヒトの覚醒水準について人間と生活環境 20(2)，147-153，2013
- ・柳平雅俊，安土光男，(2003) 運転状態推定技術の開発—心拍解析による眠気状態の検出—

防音素材の選定に係る諸要因

理数科 2 年 井裕樹、坂本宗汰、佐藤秀多郎 指導者 安武先生

○要約

私たちは騒音問題における防音素材の選定で考慮すべき要因について研究を行った。紙と段ボールと防音マットで実験し、それぞれ違う効果を持っていることが分かった。特に紙が持つ、80dBの時に音を増大させる効果に注目した。その特性は干渉のようであった。

○ABSTRACT

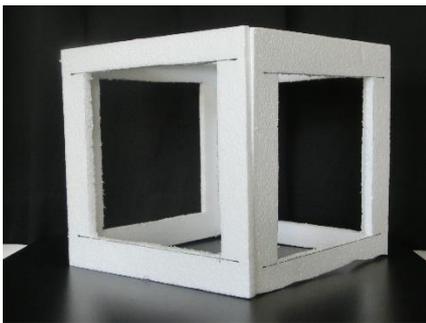
We experimented about noise reducing to find factors which should be considered when you choose the matter of reducing noise. As a result, each materials has their own characteristics. Moreover, we focus on paper's property which increase sound volume when it was measured about 80dB and it seems to be caused by INTERFERENCE.

1 目的

復旧工事の騒音により、学習に支障をきたしていた。そこで、室内で簡易的に防音を得るため、防音時の素材の選定にかかわる要因を探ろうと考えた。

2 使用器具

スピーカー、自作の実験装置、防音するための素材、イージーセンス、デジタル騒音計



3 実験、結果、考察

実験 1

実験装置に素材(段ボール、防音マット、色紙)を装着したものでスピーカーを覆い、外側でイージーセンスを用い音の大きさを測定する。音の大き

さは 2 種類で、50dB,80dB で実験を行った。50dB は人間が日常生活で出す騒音の大きさ、80db は人間が不快に感じる音量である。

防音マット (50dB)			
上のみ		全部	
1	53.6	1	50
2	53.7	2	49.5
3	53.2	3	49.1
4	53.5	4	50.1
5	52.6	5	50.4
6	52.8	6	50.5
7	52.9	7	50.3
8	52.7	8	50.5
9	53.1	9	50.3
10	53	10	50.4
ave	53.11	ave	50.11
		差	-3

防音マット (80dB)			
上のみ		全部	
1	80	1	79.1
2	80.8	2	78.6
3	83.4	3	78.7
4	82.3	4	79
5	81.9	5	79.1
6	82	6	79.2
7	83.2	7	88.3
8	83	8	79.2
9	82.1	9	80.4
10	82.4	10	80.5
ave	82.11	ave	80.21
		差	-1.9

段ボール (50dB)			
上のみ		全部	
1	51.8	1	49
2	51.9	2	48.1
3	51.5	3	48.3
4	51.4	4	48
5	50.6	5	48.5
6	51.8	6	48.2
7	52.3	7	47.9
8	51.9	8	48.1
9	52.1	9	47.8
10	51.9	10	48.3
ave	51.72	ave	48.22
		差	-3.5

段ボール (80dB)			
上のみ		全部	
1	83.3	1	80.9
2	82.9	2	80.5
3	83.1	3	84.8
4	82	4	80.8
5	83.1	5	81.2
6	83.7	6	78.9
7	83.6	7	76.5
8	83.5	8	78.4
9	82.8	9	77.8
10	81.7	10	79.1
ave	82.97	ave	79.89
		差	-3.08

色紙 (50dB)			
上のみ		全部	
1	52.9	1	48.4
2	49.8	2	48.2
3	50.5	3	49.6
4	50.4	4	49.9
5	50.6	5	49.7
6	51.1	6	48.9
7	51.8	7	48.1
8	51.4	8	49.1
9	51.3	9	48.9
10	51.1	10	47.9
ave	51.09	ave	48.87
		差	-2.22

色紙 (80dB)			
上のみ		全部	
1	81.8	1	88
2	82.5	2	87.8
3	80.8	3	87.7
4	85.1	4	87.4
5	84.2	5	88.3
6	84	6	88.1
7	84.1	7	87.9
8	83.9	8	87.7
9	84	9	87.9
10	83.6	10	88
ave	83.4	ave	87.88
		差	4.48

色紙			
上のみ		全部	
1	92.9	1	93.5
2	92.8	2	93.7
3	92.8	3	94.2
4	92.7	4	93.6
5	92.7	5	93.7
6	92.6	6	93.4
7	92.7	7	93.4
8	92.8	8	93.4
9	92.7	9	93.3
10	92.8	10	93.2
ave	92.75	ave	93.54
		差	0.79

段ボール			
上のみ		全部	
1	95.2	1	88.3
2	94.6	2	89.2
3	94.5	3	88.1
4	94.1	4	87.9
5	94.4	5	88.9
6	94.9	6	88.2
7	94.5	7	88.3
8	94.7	8	88.6
9	94.4	9	88.4
10	94.7	10	88.3
ave	94.6	ave	88.42
		差	-6.18

実験 1 結果

- ・色紙において 80dB の時、音が大きくなっていた。
- ・最も音を吸収していたのは段ボールであった。

実験1 考察

- ・色紙では反射の音が大きく、音が漏れていると考えられる。
- ・色紙は色紙の面が新たな振動源になっていると考えられる。

実験 2

色紙と段ボールの反射を以下の図のように測定した。(上から見た図)

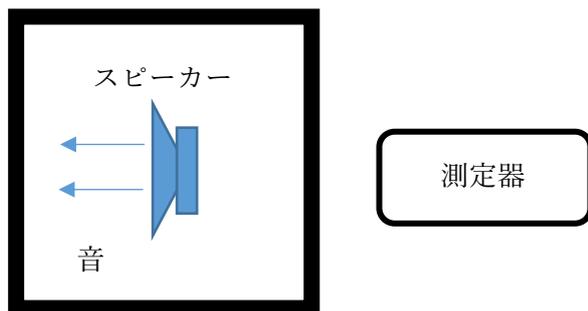


図 1 実験の模式図

実験 2 動機

実験 1 において色紙の特異な性質が気になり、音が大きくなった原因は音の反射にあると考えた。

実験2 結果

- ・反射が確認出来て色紙特有の現象であると分かった。

実験2 考察

- ・反射波があるので干渉が起こると考えられる。

実験 3

測定器を前後左右に動かし、実験 2 と同様の向きで、色紙による音波の干渉を測定する。



図 2 実験の様子

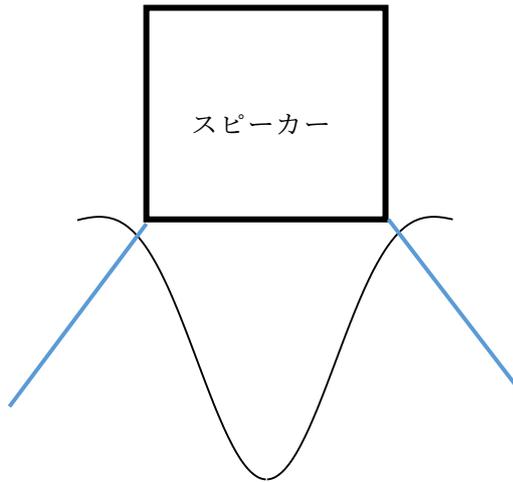
実験 3 動機

実験 2 の結果から干渉が起こる可能性があると考えたので検証した。

実験 3 結果

- ・前後 1m おきに音が大きくなる点があった。

- 左右は以下の図のように中央が一番大きく、左右が小さくなっていた。



実験 3 考察

測定する面の反対の面に反射した音波がスピーカーから出る音波と干渉している可能性(原因①)がある。

または、色紙の振動によって色紙の面上に複数の点波源ができ、それらから出た音波が干渉している可能性(原因②)があるので、モノスリットのような干渉が起こっていると考えられる。

5 まとめ

素材にはそれぞれ特性があり、素材のみでの防音効果は段ボールが最も高かった。また、色紙においては干渉のように強弱が交互に現れることが分かった。

6 今後の課題

なぜ前後 1m おきに干渉が起きているのか。
干渉の原因①.②の考察のどちらなのか。

7 謝辞

今回の実験にあたり協力してくださった安武先生には感謝を申し上げます。

8 参考文献

家屋における効果的な防音構造 大森竣介

採食エンリッチメントの設置が チンパンジーの行動に与える影響

理数科2年 石原向日葵 竹本 楓 指導者 免田隆大

要約

私たちは、熊本市動植物園で飼育されているチンパンジーの行動を観察し、いかにストレスを軽減できるかという目的で研究を行った。対象としたチンパンジーの行動を観察し、何もしない状態とエンリッチメントを設置した状態での行動の違いを調べた。結果、異常行動の減少は見られなかった。

ABSTRACT

We have observed and studied of chimpanzee in Kumamoto city zoological and botanical gardens in order to reduce their stress. We researched their behavior and contrasted the behavior of the case in nothing and the case of setting our original feeder. In conclusion, the feeder didn't make abnormal behavior reduced.

1 目的

動物園で飼育されている動物には、もともとの生息環境とは異なる生活のために多大なストレスがかかっている。本研究では、自作のフィーダーにより飼育動物のストレスを軽減し、野生本来の姿を発現させることを目的とする。今回は、特に人間に近縁な動物とされるチンパンジーに注目して行った。

2 使用道具・試薬・器具

- ・自作のフィーダー（採餌装置）（2基）（図1 a, b）
- ・iPad（行動を記録）（東海大学農学部から借用）
- ・行動観察アプリ（図2）
- ・観察対象は、熊本市動植物園で飼育されているチンパンジー5個体（オス1個体、メス4個体）



図1b フィーダーの構造と概要

※フィーダーは2018年10月まで1号機を使用し、2018年12月から2号機を使用した。2号機（改良型フィーダー）は、1号機に比べて紐を細くし、チンパンジーが引きやすいよう改良を加えている。

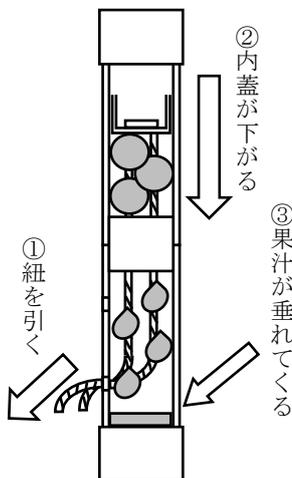


図1a フィーダーの構造と概要

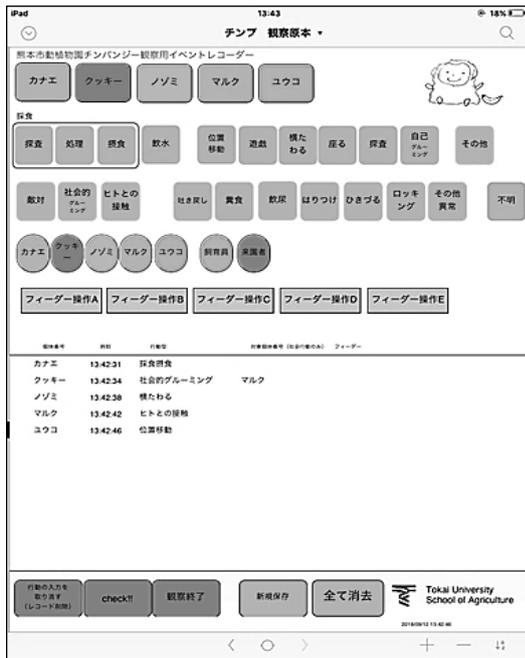


図2 東海大学で使用している行動観察アプリ

3 仮説

飼育施設内にフィーダーを設置することで、ストレスの指標である異常行動が減少し、採食や探査行動にかかる時間が延長すると考えられる。

4 方法

場所：熊本市動植物園

チンパンジー舎内全天候型展示室

日時：毎週月曜日 1時間（14:00～15:00）

観察日：

自作フィーダー無し（con、6回×2）

2018年8月20日、8月28日、9月10日、
12月25日、2019年1月21日、2月4日

自作フィーダー有り（ex、6回×2）

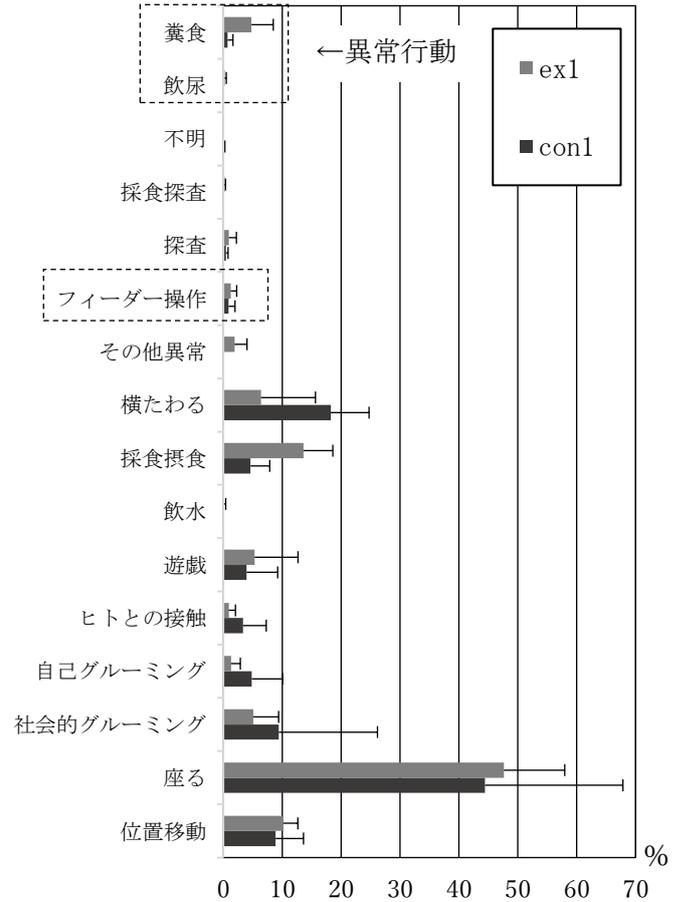
2018年10月29日、11月5日、11月12日、
2019年1月7日、1月28日、2月18日

記録方法：各個体（5個体）の行動を30秒ごとに観察し記録する（東海大学農学部作製のアプリ使用）。

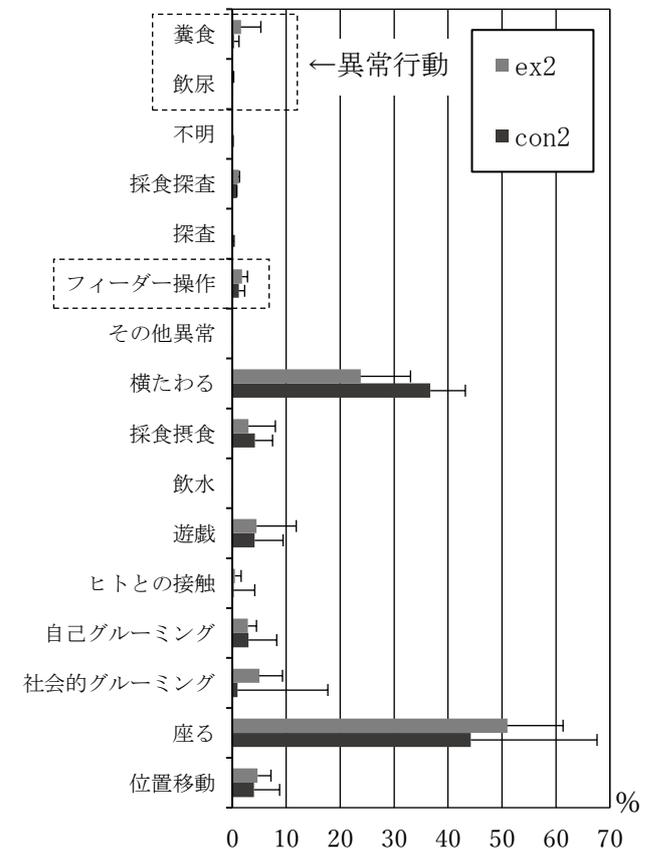
5 結果

フィーダー1号機および改良型フィーダー（2号機）を置いたときの行動観察の結果を以下のグラフに示す。数値は延べ活動記録（conおよびex各6回）に対する頻度で示している。

①フィーダー1号機の結果



②改良型フィーダー（2号機）の結果



※フィーダー操作は、動植物園が製作し設置しているフィーダーと、本研究で新たに製作し設置したフィーダー2基を操作した記録の総計である。

※行動観察中に見られた“その他異常”行動は以下の通り。

- ・常道歩行行動（飼育施設内の同じ場所を行き来することを繰り返す行動）
- ・はりつけ（糞を壁にはりつける行動）
- ・毛を抜く行動

6 考察

(1) 行動の変化

フィーダーを設置したことによる行動の変化は見られなかった。夏から秋にかけて観察した際に、横たわる行動や座る行動が多く見られた。これは、気温が高く活動的でなかったからだと考えられる。一方、冬季の観察において横たわる行動などが増加した理由は、寒さで活性が低くなったことが影響していたと考えられる。採食探査が増加したのはフィーダーを使おうとして枝を取りに行ったり、枝の先をかんでほぐしたりする動きが増えたからだと考えられる。

(2) フィーダーの改善

実験区(ex)では、すべての個体がフィーダーに興味を示し、操作を試みる場面が見られたが、実際に果実を絞りジュースを作るまでに至る個体はいなかった。これは、フィーダーのしくみが複雑で、チンパンジーの認知能力を超えていたため、操作途中で理解できずに操作をやめた可能性が考えられる。穴にほぐした枝を入れてジュースを飲む場面は多く見られたことから、野生の動きを取り入れるなど、より単純な仕組みのフィーダーを考案すべきであると考えられる。

7 結論

異常行動の減少は見られなかったが、フィーダー操作や採食探査などの行動は増加したので、何もしない時間が減った。

8 謝辞

本研究を行うに当たり東海大学農学部の伊藤教授、飼育係の福原さん・長野さんをはじめ動植物園の方々には多くのご指導・ご協力をいただきました。この場を借りて、深くお礼申し上げます。

参考文献

J. Goodall 他, 1992, チンパンジーの行動目録, 霊長類研究, p123-152.

水素は地球を救う！

～土壌からの水素発生～

理数科2年 大村堯成 小林壱精 永田愼 牧野隆記 山崎実伽子
指導者 福田秀夫 高橋美里

要約

近年、エネルギー枯渇問題を打開するためのクリーンエネルギーとして注目されている。これからの実験では牛糞肥料、干潟土壌、江津湖の土壌を用いて実験を行ってきた。今年度の実験では白川や坪井川の土壌(以下これを干潟土壌とする)を、水を含んだ状態の 100g に計算し、精製水を加え、嫌気性環境下にした。pH を 5.5～7.0 に調節したり、酸化還元電位を正としたり、糖濃度を 0.4%前後に制御し、実験を行った。今回の研究で pH、糖濃度の制御で水素をより発生させる事が出来たのが、酸化還元電位、反応温度ではできなかった。

ABSTRACT

In recent years, hydrogen has attracted attention as a clean energy to solve the energy problem. In previous experiments. We have conducted experiments using soil from cow manure fertilizer, tideland soil, soil of the Lake Edu.

In this fiscal year's experiment, we weighed the soils of the Shira river and Tsuboi river (in the following sentence, we regard those as tideland soils) up to 100g containing water, added purified water to them to make them anaerobic. In this experiment, we adjusted pH to 5.6 to 7.0, set the oxidation-reduction potential to positive, raise the temperature from 30 to 45 degrees, and control the sugar concentration to around 0.4%.

In this study, we were able to get more hydrogen under the control of pH and sugar concentration, but it was impossible to get more hydrogen with the oxidation-reduction potential, reaction temperature.

1. 目的

昨年度までの研究では、干潟土壌(坪井川河口)100g、D-グルコース 5g、海水の嫌気性環境下で干潟土壌における最大水素体積は 301.6mL だった。水素発生に関しては、水素発生細菌類(クロストリジウム属等)が酵素反応時に D-グルコースを原料にして、水素が得られることが知られている。酵素が最大限に働くためには、

最適温度、最適 pH を保つ必要がある。今年度の研究では、有機物が多く、嫌気性環境下である干潟土壌を用いて実験を行った。

水素発生は酸化還元反応が関与しているため、新たな指標として、今回から、水素発生反応前後の反応溶液の酸化還元電位 (mV) についても調べることにした。

また、干潟土壌と水素が発生した反応溶液の微生物分析を行い、微生物の分布状況も検討する。

2. 使用器具・試薬

(1)使用器具

ポリ容器, ガラス管, シリコンチューブ, ゴム栓, 水槽, 500mL ペットボトル, ピンチコック, 恒温槽, 酸素ポンベ, 水素ポンベ, デジタルマルチメーター, 燃料電池, エアポンプ, 流量計, ガラス瓶, シリンジ, pH計(ペンタイプ), メスシリンダー, 糖度・濃度計, ポケット型 ORP 計(ORPTestr10)

(2)使用試薬

D-グルコース, 精製水, 30%過酸化水素水溶液, 水酸化ナトリウム, リン酸水素二ナトリウム, リン酸二水素ナトリウム, 干潟土壌(江津湖, 坪井川河口, 白川河口)

3. 方法・操作

- (1) ガラス容器に試料(土壌), D-グルコース, 精製水を入れ, 嫌気性環境にする。
(以下これを気体発生装置とする)気体発生装置を蓋で密閉し, 蓋につけたシリコンチューブを気体捕集容器であるペットボトルにつなぐ。
- (2) pH, 糖濃度, 酸化還元電位を測定する。
- (3) 気体発生装置を恒温槽に入れ, 一定温度に保ち, 7日間反応させる。
- (4) 発生気体を水上置換法で集める。
- (5) 捕集した気体の体積を水とメスシリンダーを用いて測定する。
- (6) 燃料電池を用いた濃度測定機器(当研究班開発)から水素濃度を求める。
- (7) 検量線から求めた水素濃度と発生した気体の体積から水素体積を求める。
- (8) pH, 糖濃度, 酸化還元電位を測定する。



Fig1 気体発生装置

4. 結果

(1)pHの制御について

仮説1

pHを5.5~7.0にすると水素が発生しやすい¹⁾

【実験条件】

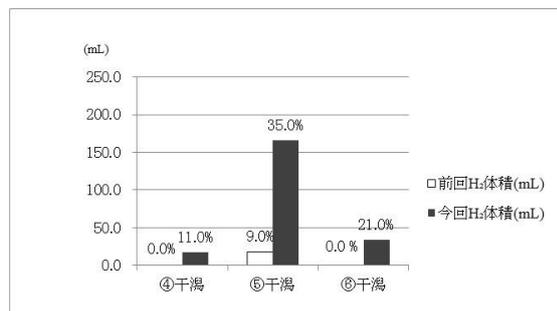
(土壌)坪井川河口

(原料)D-グルコース 10g

(添加物)水酸化ナトリウム, リン酸水素二ナトリウム

Table1 pHの制御(坪井川)

試料	④干潟	⑤干潟	⑥干潟
前回H ₂ 体積(mL)	0.0	18.0	0.0
今回H ₂ 体積(mL)	17.2	166.0	33.9
発生気体総体積(mL)	156.0	473.0	165.0
H ₂ 濃度(%)	11.0	35.0	21.0
実験前pH	5.6	5.6	5.7
実験後pH	5.5	5.1	5.5
酸化還元電位前	-166.0	-191.0	-152.0
酸化還元電位後	-176.0	-250.0	-121.0
実験前糖濃度(%)	0.5	1.7	0.5
実験後糖濃度(%)	0.5	1.3	0.3



前回とは, 水酸化ナトリウム添加前の実験の結果
今回とは, 水酸化ナトリウム添加後の実験の結果
のことである。

(2)酸化還元電位の制御について

仮説2

反応液の酸化還元電位を正の値にすれば, 水素が発生する。

【実験条件】

(土壌)坪井川河口

(原料)D-グルコース 10g

(添加物)30%過酸化水素水溶液

Table2 酸化還元反応の制御(坪井川)

試料	④干潟	⑤干潟	⑥干潟
前回H ₂ 体積(mL)	17.2	0.0	34.0
今回H ₂ 体積(mL)	0.0	0.0	0.0
発生気体総体積(mL)	48.0	15.0	40.0
H ₂ 濃度(%)	0.0	0.0	0.0
実験前pH	5.5	5.5	5.5
実験後pH	5.4	5.5	5.3
酸化還元電位前	243.0	43.0	270.0
酸化還元電位後	250.0	334.0	250.0
実験前糖濃度(%)	0.5	0.9	0.3
実験後糖濃度(%)	0.4	1.1	0.3

(3)温度の制御について

仮説3

反応温度を 45°C にすれば、水素が発生しやすい¹⁾

【実験条件】

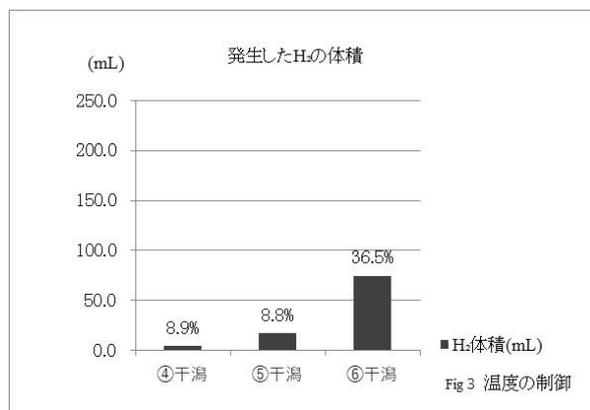
(土壌)白川河口

(原料)D-グルコース 10g

(添加物)なし

Table3 温度の制御(白川)

試料	④干潟	⑤干潟	⑥干潟
H ₂ 体積(mL)	4.2	16.9	74.7
発生気体総体積(mL)	75.0	190.0	205.0
H ₂ 濃度(%)	8.9	8.8	36.5



(4)糖濃度の制御について

仮説4

糖濃度を大きくすると、水素が発生しやすい。

【実験条件】

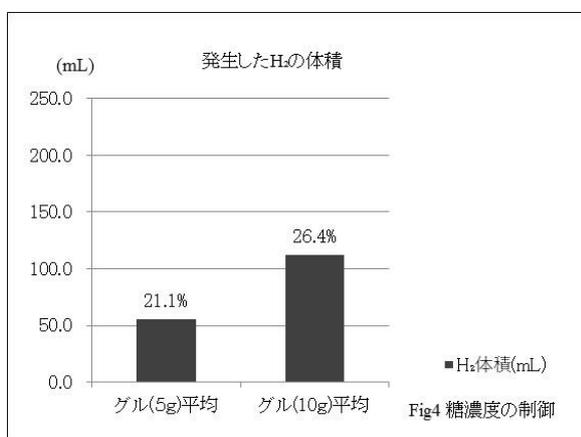
(土壌)坪井川河口

(原料)D-グルコース 5g, 10g

(添加物)なし

Table4 糖濃度の制御(坪井川)

試料	グル(5g)平均	グル(10g)平均
H ₂ 体積(mL)	55.5	112.2
発生気体総体積(mL)	251.7	316.7
H ₂ 濃度(%)	21.1	26.4
実験前pH	7.3	7.5
実験後pH	4.7	4.6
酸化還元電位前	311.3	321
酸化還元電位後	-288	-279
実験前糖濃度(%)	0.3	0.4
実験後糖濃度(%)	0.2	0.4



(5)微生物分析について

坪井川干潟土壌(反応前)、水素が発生した反応溶液(反応後)の次世代シーケンス解析を行った。干潟土壌と反応溶液中の微生物分布を比較し、増加している微生物が水素生成に関与していると考えられる。

解析の結果から増殖した微生物のうち特に変化が大きいのは以下のとおりである。

Table5 水素発生により増加した微生物 order(目)

order	土壌(反応前)	溶液(反応後)
Clostridiales	0.9%	47.6%
Bacillales	0.3%	12.5%
Bacteroidales	3.0%	32.9%

o_Clostridiales・・・偏性嫌気性であり、土壌に多く生息している。糖の分解の際に水素を生成する。

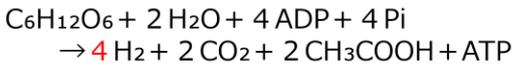
o__Bacillales・・・通性嫌気性。水素細菌の一種で、水素を生成する微生物である。

o__Bacteroidales・・・たんぱく質や糖類を基質にして従属栄養的に増殖する。

5. 考察

(1)クロストリジウム属細菌による水素発生について

Fig5 はクロストリジウム属細菌による水素生産にかかる経路を示す。1mol の D-グルコースがこの経路で酢酸に変換される場合、4mol の水素が発生する。(最大理論収率)



グルコース5gから水素が300mL発生したとしたら

$$\frac{5\text{g}}{180} \text{ mol} \times 4 \times 22.4 = 2.5\text{L (理論値)}$$

$$\frac{300\text{mL}}{2500\text{mL}} \times 100 = 12\% \text{ しか反応していない}$$

Fig5 クロストリジウム属細菌の反応収支

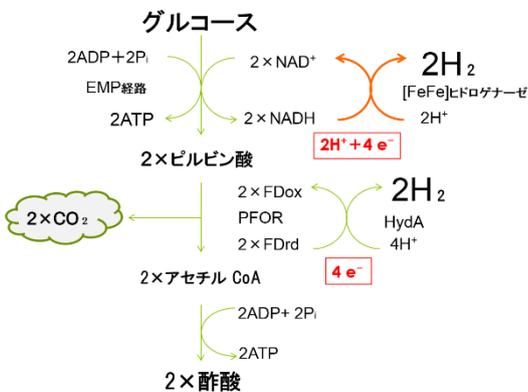


Fig6 クロストリジウム属細菌による水素生産に関わる代謝経路¹⁾

(2)pH の制御について

水素が発生すると反応溶液の pH の値が下がる。
(pH4.0~4.7)
pH5.6 前後に揃えると水素が発生した。
pH4.0~4.7 になると水素が発生しにくい。

(3)酸化還元電位の制御について

水素が発生すると反応溶液の酸化還元電位が

正から負に下がる。

過酸化水素水溶液を添加し、電位を調節したが、水素の発生がなかった。(0.01%の過酸化水素水溶液でも微生物死滅)

(4)温度の制御について

温度を高くしても、水素発生量はさほど変わらない。

(5)糖濃度の制御について

糖濃度が高いと、水素が発生しやすい。

(6)微生物分析について

水素発生細菌が明らかに増えている
→水素発生菌が生存しやすい環境にすることができた。

6. 結論

今回の研究で pH,糖濃度の制御で水素をより発生することができたが、酸化還元電位、反応温度ではできなかった。干潟土壌の水素発生において、クロストリジウム属の細菌と推定していたが、微生物分析により確実なものとなった。また、水素発生細菌バシラス目の生息も確認した。

7. 今後の展望

(1)過酸化水素水溶液中での酸化還元電位の制御はできなかったため、正コロイドの水酸化鉄(III)コロイドで酸化還元電位の制御を図る。

(2)同様の実験を複数回行い、データを統計的に扱う。

(3)バシラス属の水素を発生させる最適な条件(pH, 温度, 酸化還元電位)を調べる。

8. 謝辞

この研究を進めるにあたって熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センターの伊藤紘晃先生, 第二高校の福田先生, 高橋先生, この研究に携わった方々にこの場をお借りして謝辞申し上げます。

9. 参考文献

- 1)次世代のバイオ水素エネルギー (pp26-28,p47)
- 2)改訂版フォトサイエンス生物図録(p46, pp62-63)

学校紹介のすゝめ

理数科 2年 黒岩孝之 鈴将丸 福井涼太 村上朋也 指導者 篠倉明雄

要約

私たちは、現代社会の IT 化に対して、学校広報を目的として研究を行った。pepper と 3D モデリングソフトを用いて、学校案内の方法を確立した。これらの過程で近代の IT 化を身近に感じてもらう。それに加え、ネットでウェブサイトを開覧した人や学校を訪れた人にわかりやすく興味を引くような学校紹介をする。そうすることで、ICT が日常生活に浸透する第一歩になる。

ABSTRACT

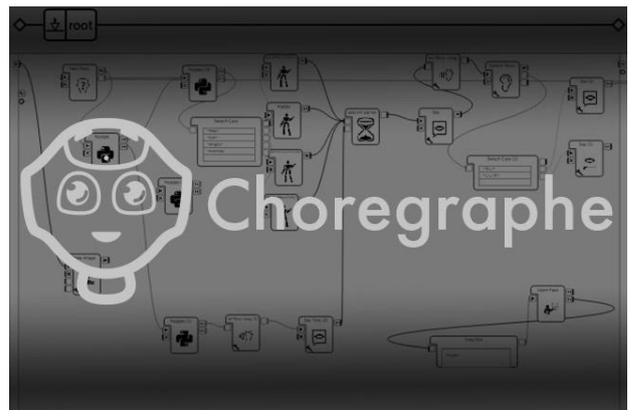
We conducted research on school PR toward IT in modern society, We established a method of introduction for school using pepper and 3D modeling software in order to have people feel familiar about the modernization of IT, In addition, we introduce our school easily to people who browse websites on the Internet and visit school. By doing so, we contribute to make ICT popular.

1. 目的

学校広報をするとともに、ICT が日常の生活に浸透するように広げる第一歩として、学校に初めて来訪する人にどこに何があるかわかりにくい複雑な構造をした第二高校を案内することにした。そこで、私たちは 3D モデリングと pepper を用いて 3D データを撮影した動画と音声で伝えることでわかりやすく学校案内をするとともに、撮影した動画をウェブサイトに載せることで学校を多くの人に知ってもらえるのではないかと考え研究を始めた。

2. 使用道具

- ・PC(グラフィックボード搭載)
- ・3D モデリングソフト(SketchUp)
- ・校舎の図面
- ・pepper
- ・choregraphe



3. 方法・操作

- (1) 学校の設計図をもとに省略する箇所と実際の建物との相違点を書き出す。
- (2) 設計図に記載されていない部分の長さを測る。
- (3) モデリングする。
- (4) 3D データを用いて、動画を作成する。
- (5) Pepper のプログラミングを行う。
- (6) 実際にプログラミングを実行し、動作確認を行う。
- (7) (6)で発生したバグなどの修繕を行う。
- (8) ウェブサイトを作成する。
- (9) (4)で作成した動画をウェブサイトと pepper に導入する。

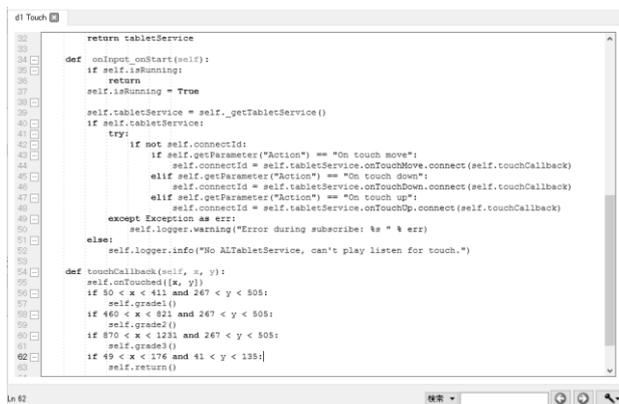
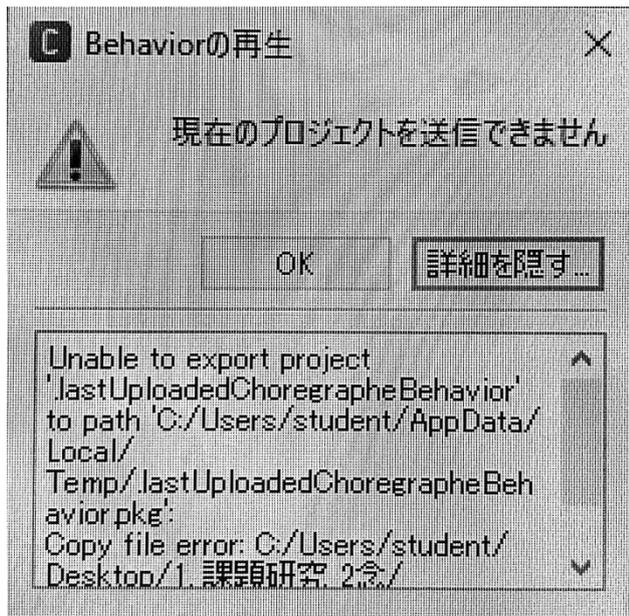
4. 結果

(3D モデリングについて…)

現在は、普通教室棟・特別教室棟・新管理棟・図書館・渡り廊下・東教室棟のモデリングが終了している。また、学校紹介に使うための動画の撮影が終了している。壁の厚さを統一した。また、建物の凹凸を省略した。

(pepper について…)

pepper のディスプレイにどこに行きたいか選ぶメニューを制作している。Pepper ディスプレイをタッチすると一瞬真っ暗になってしまう。パソコンによってソフトウェアが起動できない。画像の表示後に流れるはずの動画が流れない。アプリケーションの送信時に、アプリ内に関係のないファイルができてしまう…等のバグが発生している。

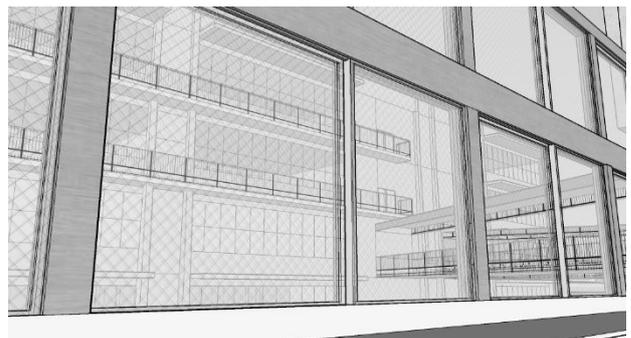


(動画について…)

シーンをつなげるだけでは動画を作成することは不可能である。3D モデリングの中を歩くだけの動画ではなく、動画自体にも道順の解説を文字で入れている。

5. 考察

現在、学校の 3D モデリング化は体育館を除いてほとんどの建物が終わっており、今年度中には全体の 3D モデリング化が終了すると考えている。また、3D モデリングをしていくにあたり、データが膨大になるほどソフトウェア上で動作する速度が落ちるため、建物であまり必要ではないと思われるものは省いてはいるものの、快適に操作することができないため更なるデータの簡略化、または別の方法を試さなければならないと考えている。



↑ 動画撮影用の窓(簡略化をする前の窓)



↑ データ保存用の窓(簡略化した窓)

そして、3D モデリングで完成したデータを pepper で学校に訪れた人に向けて利用する。しかし、それに関しても動画と音声で伝えるだけではなく、耳が聞こえづらい人が訪れたときも考え、字幕で説明を追加していこうと考えている。また、ディスプレイが暗転

してしまうバグについては、画像の切り替え時に問題があるため、ボタンを押すときに凹ませる画像に着眼点を置いて、処理をしようと考えている。また、アプリケーションの送信時に、アプリ内に実体のないファイルができてしまいプログラムが正常に動作しないバグについては、アプリケーションを作っているソフトウェア(choregraphe)の環境に原因があると考えられる。

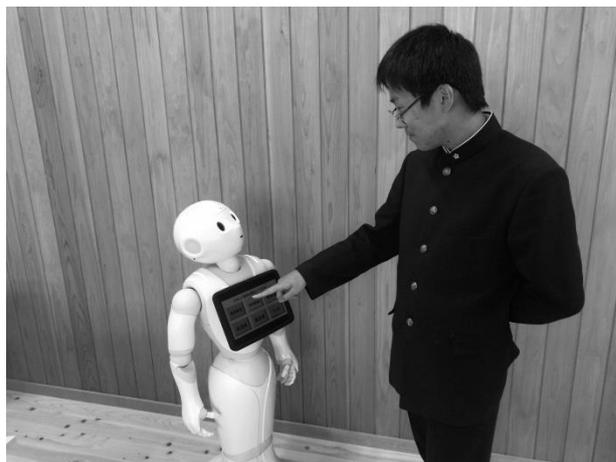
動画については、撮影時には簡略化した一部をもとの細かい簡略化していないものに戻し撮影する。また、ただ動いている動画を見せるだけでは、伝わりにくいと考えられるのでペッパーによる音声ガイドと動画を流す際の字幕によってより正確に見る人に伝わるように改善しようと考えている。動画の撮影を行う際は解像度を上げすぎることインターネットでウェブサイトに掲載の際に閲覧者が快適に見ることができなとされるので 720p 以下の解像度で撮影をしようと考えている。

6. 結論

3D モデリングのデータについては、詳細部の作成をしてしまうとデータの量が膨大になり、ソフトウェアが快適に動作しないため、データの簡略化をしている。また、サイエンスキャスルで「学校に爆弾を設置されるための材料に使われたらどうするのですか？」と聞かれたので、爆弾が設置される可能性がある壁の厚さと建物の凹凸をすべて省略している。

Pepper については、到着が冬になり最初に作っていたアプリケーションが正常に動作しなかったため、一からアプリケーションを作り出した。そのため、動作の確認やバグの修正が不十分となってしまった。

学校広報については、3D モデリングしたものを pepper で来訪した人に向けて利用するだけでなく、ネットで誰でも”気軽”に見られるようにしなければならない。そのためには、ネットである程度のスペックがあれば閲覧できるようなデータ量にしておかなければいけない。3D モデリングを用いた動画に pepper の音声、字幕を加えることでより良い学校広報ができ、ICT が日常生活に浸透する第一歩になる。



7. 展望

3D については、運動場の整備と体育館・セミナーハウスを完成させる。

Pepper については、バグを修正し、コンピュータが苦手な人でも扱えるわかりやすいアプリケーションを作っていく。

動画については、ネットで 2D の動画としてではなく 3D で見られるようにし、VR 環境下でも用いられるようにしたい。

8. 謝辞

篠倉先生並びにご指導くださいました先生方に感謝申し上げます。

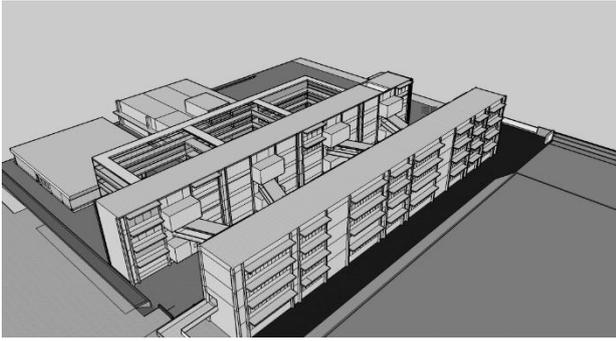
9. 参考文献

<http://jyongman.fc2web.com/it/sketchupindex.html>
(SketchUp を使えるようになるサイト)

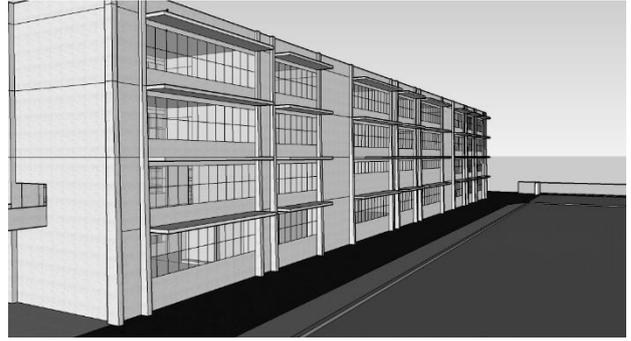
<http://www.pepper-atelier-akihabara.jp/>
(pepper アトリエ秋葉原)

<https://www.softbank.jp/robot/consumer/products/>
(ソフトバンク HP)

【作成途中の画像】



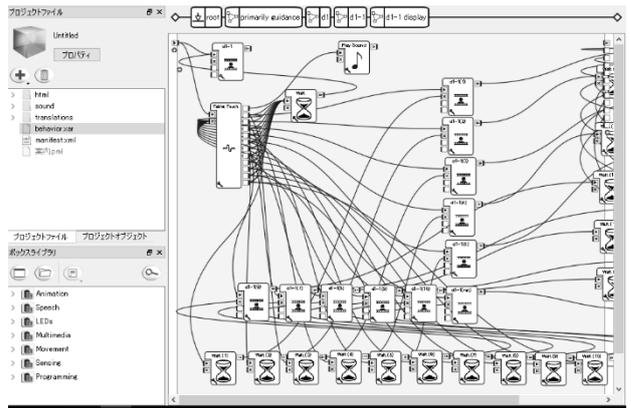
↑ 第二高校全体図



↑ グラウンド側から見た特別教室棟



↑ 渡り廊下から見た特別教室棟



↑ 視覚的なプログラミング

希薄溶液の真実に迫る

理数科2年 工飛翔 新田航大

指導者名 高崎真鶴

要約

私たちが使用している教科書には、『希薄溶液』の性質に関する記述がある。その性質として、純溶媒より沸点が上昇する、凝固点が降下する、浸透圧により液面が上昇する、といったものが挙げられるが、『希薄溶液』の濃度については、「濃度の小さい溶液(実教出版)」としか記載されていない。そこで私たちは、『希薄溶液』の濃度を定義するために、沸点上昇の側面から研究を行った。その結果、沸点上昇の現象は認められ、沸点上昇度と濃度はほぼ比例関係にあった。また、溶液の種類により『希薄溶液』の濃度が異なった。

ABSTRACT

The textbook we are using has descriptor of the properties of "dilute solution". Its properties include boiling point higher than pure solvent, freezing point decreasing, liquid surface rising due to osmotic pressure, etc. For the concentration on "dilute solution" is described only. Therefore, in order to define the concentration of "dilute solution", we studied from the aspect of boiling point increase. As a result, a boiling point increase phenomenon was observed, and the boiling point increase degree and the concentration were in a proportional relation. Also, the concentration of "dilute solution" varies depending on the type of solution.

1 目的

- ① 『希薄溶液』と認定される濃度を求める。
- ② 溶液の種類により、『希薄溶液』と認定される濃度が異ならないかを求める。

2 使用道具

(機器)

デジタル温度計、ホットスターラー
金属製のコップ、攪拌マグネット、スタンド

(薬品)

スクロース、グルコース、塩化カリウム、
塩化ナトリウム、塩化カルシウム、硫酸ナトリウム

3 実験方法

- ① その日の水の沸点(t_0)を計測する。
- ② スクロース水溶液、グルコース水溶液、KCl水溶液、NaCl水溶液、CaCl₂水溶液、Na₂SO₄水溶液の6種類の水溶液の質量モル濃度が0.060mol/kg、0.080mol/kg、0.100mol/kg、0.120mol/kg、0.140mol/kg に調製する。

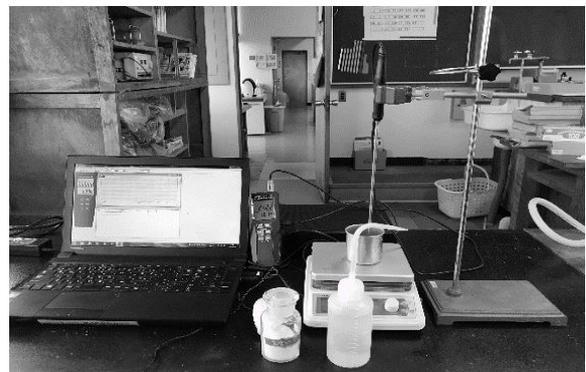


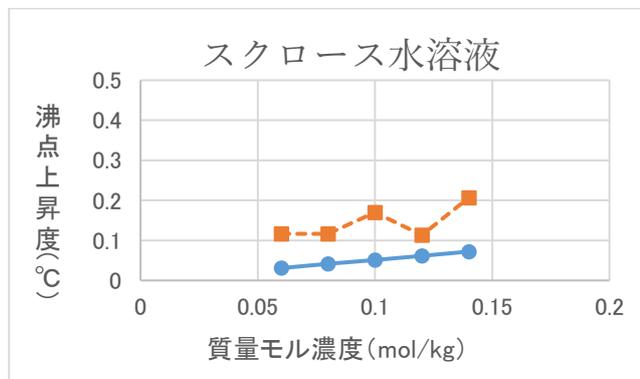
図1 沸点の測定装置

- ③ 図1のような装置を組み立て、各水溶液の沸点を測定し、その温度を t_1 とした。
※ データの正確性を高めるために、各水溶液の沸点は3度測定し、その平均を t_1 とした。
- ④ $t_1 - t_0$ の値より、沸点上昇度を求める(実験値)
- ⑤ $\Delta t = Km$ より、沸点上昇度を求める(理論値)
※ m は粒子の質量モル濃度であるため、非電解質では溶液の濃度をそのまま、電解質では電離後の粒子の濃度を適用した。
※ 溶媒には水を用いたため、この実験における比例定数 K の値には 0.515 を用いた。

4 結果

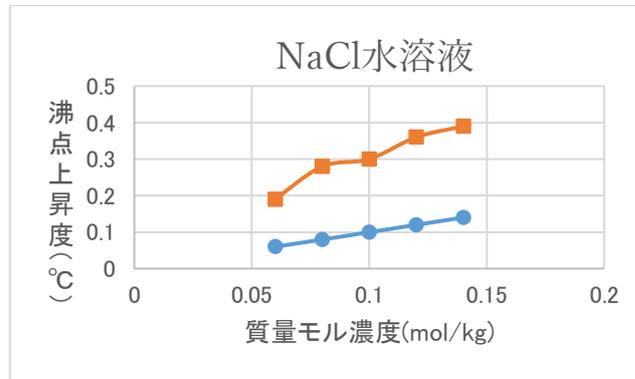
スクロース水溶液

	mol/kg	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140
Δt	実験値	0.117	0.117	0.170	0.113	0.207
	理論値	0.030	0.040	0.050	0.060	0.070



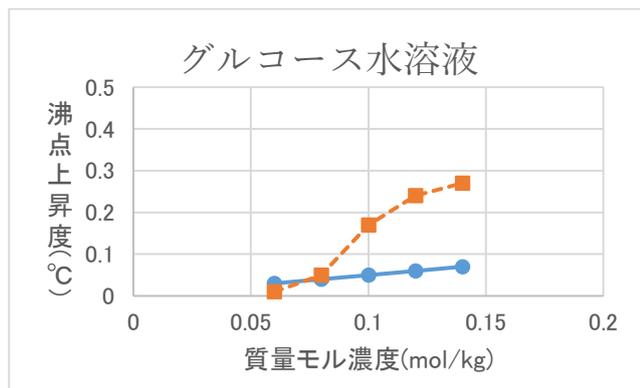
NaCl水溶液

	mol/kg	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140
Δt	実験値	0.190	0.280	0.300	0.360	0.390
	理論値	0.062	0.082	0.103	0.123	0.144



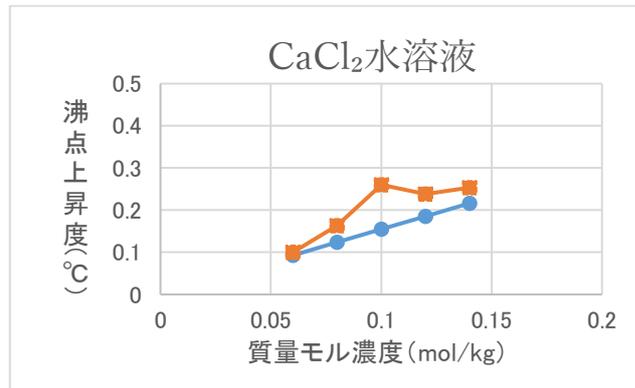
グルコース水溶液

	mol/kg	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140
Δt	実験値	0.010	0.050	0.170	0.240	0.270
	理論値	0.030	0.040	0.050	0.060	0.070



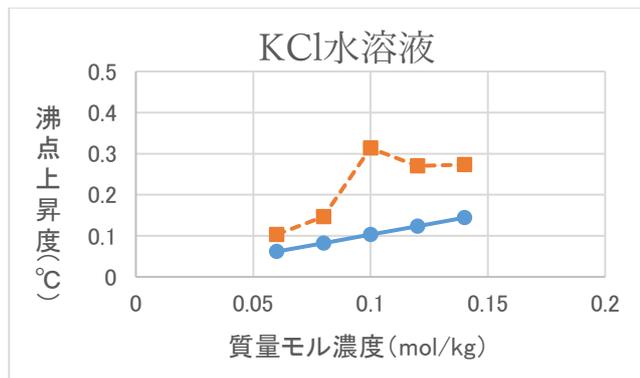
CaCl₂水溶液

	mol/kg	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140
Δt	実験値	0.100	0.163	0.260	0.093	0.203
	理論値	0.093	0.124	0.155	0.185	0.216



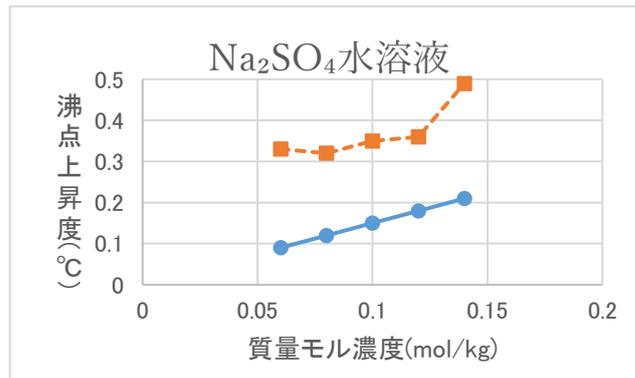
KCl水溶液

	mol/kg	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140
Δt	実験値	0.103	0.147	0.313	0.270	0.273
	理論値	0.062	0.082	0.103	0.123	0.144



Na₂SO₄水溶液

	mol/kg	0.060	0.080	0.100	0.120	0.140
Δt	実験値	0.330	0.320	0.350	0.360	0.490
	理論値	0.093	0.124	0.155	0.185	0.216



- ① すべての水溶液において、沸点上昇の現象を確認することができた。
- ② ほとんどの水溶液において、実験値が理論値を上回った。
- ③ 濃度が大きくなるにつれて、沸点上昇度が高くなる傾向が見られた。
- ④ 測定温度から算出した温度計の誤差を考慮すると、希薄溶液と認められる濃度は各溶液において、以下の表1のようになった。

表1 各水溶液において
希薄溶液として認定される濃度

溶液	濃度
スクロース水溶液	0.140 mol/kg 以下
グルコース水溶液	0.100 mol/kg 以下
KCl 水溶液	0.080 mol/kg 以下
NaCl 水溶液	0.060 mol/kg 以下
CaCl ₂ 水溶液	0.140 mol/kg 以下
Na ₂ SO ₄ 水溶液	×

5 考察

- ① ほとんどの溶液において、実験値が理論値を上回ったことから沸点を測る際に、誤って水蒸気の温度を測定した可能性があると考えられる。
- ② さらに、ホットスターラーで溶液を攪拌しながら沸点を測定したため、溶液内での摩擦熱が生じ、温度が上がったと考えられる。
- ③ 結果の表より、希薄溶液と認定される濃度には、溶質によって違いがあると考えられる。
- ④ 特に、硫酸塩では理論値と実験値の差が大きいことから、希薄溶液と認定される濃度はもっと小さい値であると考えられる。
- ⑤ KCl 水溶液、NaCl 水溶液が残りの4つの水溶液よりも希薄溶液と認定される濃度が小さいことから、二倍電解質の水溶液は希薄溶液と認定される濃度は小さくなる考えられる。

6 結論

- ① Na₂SO₄ 水溶液をのぞいた5種類の水溶液では、『希薄溶液』と認定される濃度を求めることができた。
- ② 『希薄溶液』と認定される濃度は、溶質の種類によって異なることが分かった。
- ③ 『希薄溶液』と認定される濃度と非電解質・電解質水溶液の相関は見られなかった。

7 展望

- ① 『希薄溶液』と認定される濃度とイオン化傾向、電子親和力、イオン半径などの化学的要素に相関がないか調べる必要がある。
- ② 今回求めた『希薄溶液』と認定される濃度と、凝固点降下や浸透圧の観点から求めた濃度が同様の値になるのか調べる必要がある。
- ③ 『濃厚溶液』の沸点上昇度に相当する公式を算出したい。
- ④ スクロース水溶液と Na₂SO₄ 水溶液において、今回実験で使用した溶液では希薄溶液として認定される濃度が分からなかったため、スクロース水溶液は 0.14mol/kg 以上の溶液を、Na₂SO₄ 水溶液は 0.06mol/kg 以下の溶液を使用して再度実験を行いたい。

8 謝辞

この研究にご協力していただいた、高崎先生と高橋先生に感謝申し上げます。

9 参考文献

- ・化学 新訂版 実教出版(pp60-67)
- ・理系なら知っておきたい化学の基本ノート[物理化学編] 岡島 光洋著 中径出版(pp234-246)
- ・化学 I・II の新研究 卜部 吉庸著 三省堂 (p145)
- ・無機塩水溶液の沸点上昇 白田 利勝、後藤 藤太郎、石坂 誠一著 日本海学会誌
- ・東京大学 2007 入試問題

江津湖におけるカダヤシの生態調査

理数科二年 吉村優輝 元田響 指導者 免田隆大 竹原千晶 梅田佳見

要約

私たちは、江津湖におけるカダヤシの生息状況調査の中で、カダヤシは遮蔽物の下を選んで生活していると考え、本研究を行った。カダヤシが、明所と暗所のどちらに多く留まるかを調べたところ、明所に比べて暗所に二倍ほど長い時間留まると言う結果が得られた。また、カダヤシは水面付近と水底に留まることが多く、中間層に留まることは少なかった。このことから、カダヤシは、暗所に集まる習性があり、水面付近や水底を選んで生活していることが分かった。

ABSTRACT

We conducted this study because we thought that mosquito fish chooses the place under the screen and lives in there. We examined which place light or black stayed longer, and we could get the result which mosquito fish stayed a dark place twice as long as a bright place. In addition mosquito fish stayed to the surface of water and the bottom of water, but they didn't stay in middle of water. From these results, mosquito fish has a habit which the surface of water and the bottom of water.

1. 目的

私たちは、2018年6月から9月にかけて江津湖におけるカダヤシの生息状況調査を行った。そこで、カダヤシが水面を覆う水草の陰に隠れるという行動を見た。私たちはこの行動の原因を、カダヤシが陰を好んでいるからではないかと考え研究を行った。

2. 使用道具等

- ・カダヤシ (*Gambusia affinis*)



- ・オス 5個体
- ・メス 5個体
- 合計 10個体

※すべて江津湖で採集した。

全ての実験で同じ個体を使用

- ・60L ガラス水槽 (30 cm × 60 cm × 30 cm) (NISSO)
- ・段ボール
- ・黒のビニールシート
- ・釣り糸
- ・ビニールテープ
- ・蛍光灯 (18W)
- ・滑り止め
- ・ビデオカメラ (SONY FDR-AXP35)

3. 実験方法

- (1) ガラス面を釣り糸で6区画に区切った水槽 (図1) にカダヤシをいれ、水面の18cm上方から蛍光灯 (18W) で照らす。

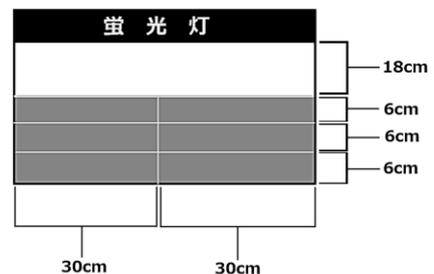


図1 水槽の前面図

- (2) 段ボールと黒のビニールシートで覆った暗室に水槽を設置する。
- (3) 水面を半分覆うことが出来る大きさに段ボールを加工し、黒のビニールシートで覆い、水面に浮かべた (以後これを遮蔽物と呼ぶ)。また、この遮蔽物の両端に釣り糸を付け、水面に浮かべたときに装置の外から左右に動かせるようにした。(図2)

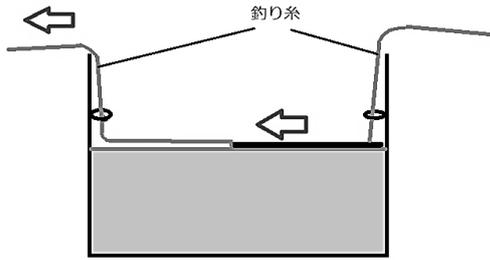


図2 左側に動かす場合

(4) 遮蔽物を水槽の前面から見て左右どちらかに寄せ、水槽の前面がすべて映るようにビデオカメラで撮影する。撮影を開始してから45分後に遮蔽物を反対側に移動させて再び撮影する。

(5) 遮蔽物を動かす直前の30分間（前半）と動かした直後の30分間（後半）において各区域にいるカダヤシの数を10秒ごとに数えて記録した。

(6) 実施日

- 1回目 2019年 1月 23日 16:55~18:10
- 2回目 2019年 1月 25日 16:15~17:30
- 3回目 2019年 1月 29日 16:15~17:30

4. 結果

水面に遮蔽物がない側の3区域を明所、遮蔽物がある側の3区域を暗所と定義する。

【結果1】明所と暗所との関係

明所と暗所それぞれの延べ匹数を各回の前半と後半に分けてグラフ化した。(表1, 2, 3)

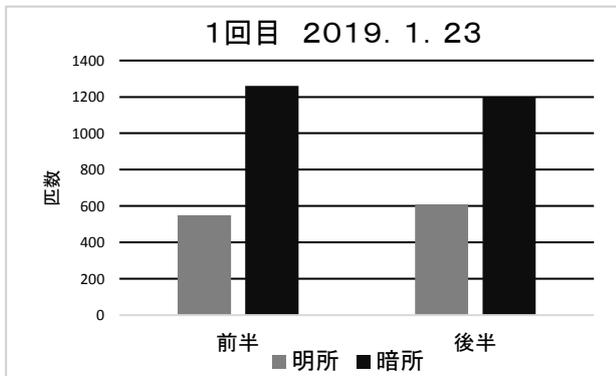


図3

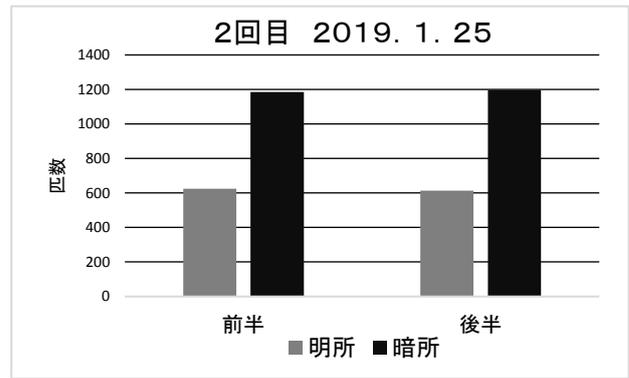


図4

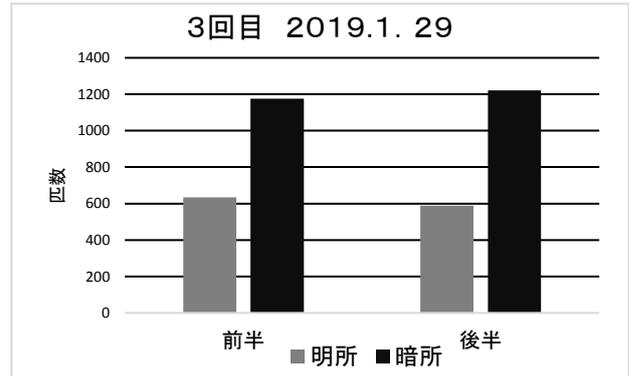


表3

- 3回の実験すべてで暗所の方が明所よりもカダヤシの延べ匹数が2倍ほど多い。
- 3回の実験すべてで遮蔽物を動かした前後での明所と暗所の匹数の比にほとんど変化が無い。

【結果2】深度との関係

① 上層、中層、下層それぞれの延べ匹数を前半と後半に分けてグラフ化した。(表4, 5)

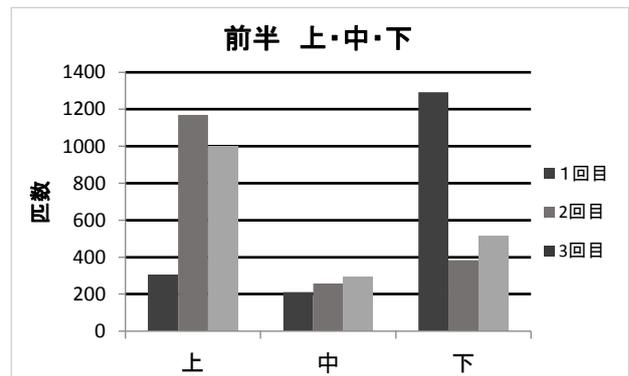


表4

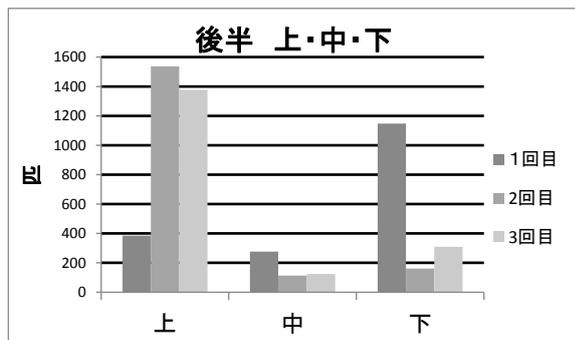


表 5

・表 4 と表 5 より、2 回目と 3 回目のグラフは
かなり似通っていて、上層にいるカダヤシは
多くなっているが、1 回目のグラフでは下層
にいるカダヤシが圧倒的に多くなっている。

②次に、明所と暗所それぞれで、上層、中層、下
層を比べた。この時、ただ数を比べては明所と
暗所での比較ができないため、対象の区域の延
べ匹数をその区域が属している側の延べ匹数
で割って割合を出し、比較した。(表 6, 7,
8, 9)

例) 明所の下層 (以下明・下) の割合は、明・下
の延べ匹数/明所の延べ匹数で求められる。

○前半

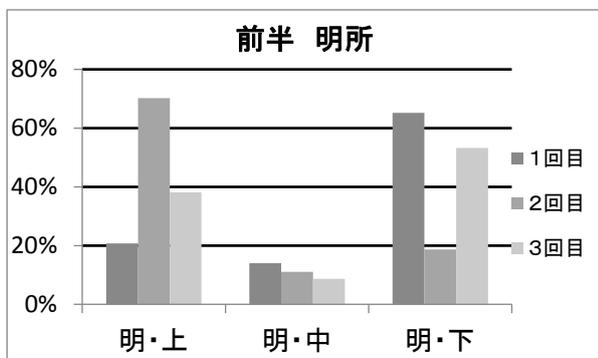


表 6

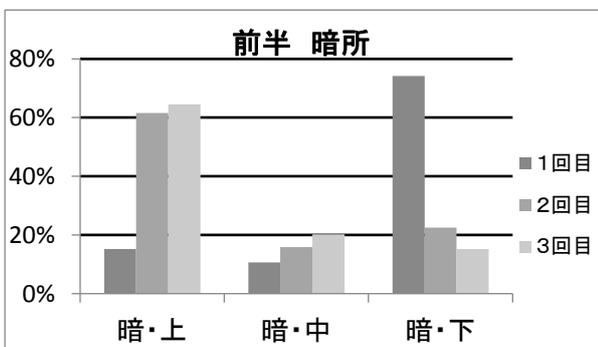


表 7

○後半

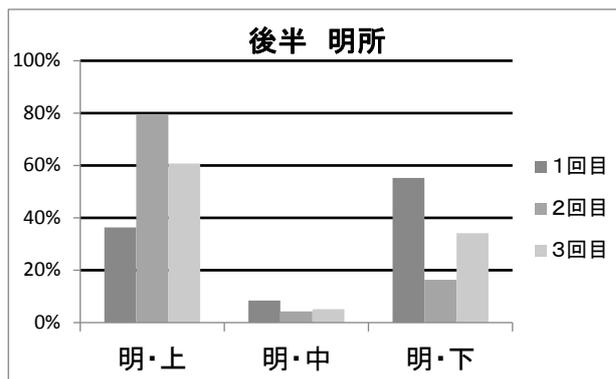


表 8

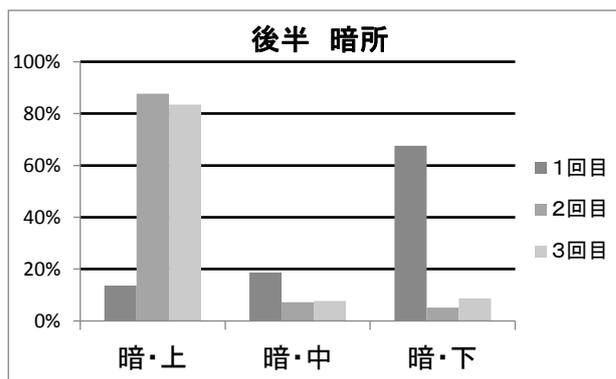


表 9

・どの回のグラフも中層にいるカダヤシの延べ匹
数の割合が 20%を上回ることにはなかった。し
かし、中層にいたカダヤシの割合が少ないとい
うこと以外は各データでばらばらであり、規則
性は見つけられなかった。

5. 考察

結果 1 より全ての動画で暗所の延べ匹数が多
かった。これはカダヤシが陰、もしくは水面に遮
蔽物がある場所に集まる習性があるためだと考
えられる。しかし今回の実験からはカダヤシが多
く暗所に集まったのは明るさの違いのみによる
ものかどうか定かではないため、今回の結果が
明るさの違いのみによるものであることを確認
するための追加実験を行う必要がある。結果 2 で
は実験回ごとに上層にいるカダヤシの割合と下
層にいるカダヤシの割合が大きく変わっている。
一方で中層にいるカダヤシの割合が安定して少
ない。これはカダヤシには上層か下層にとどまる
習性があり、上層と下層を行き来する際に中層を

通りそれが記録されたからではないかと考えられる。

6. 結論

今回の実験より、カダヤシは水面が遮蔽物で覆われておらず光が当たる場所よりも、水面が遮蔽物で覆われていて陰ができている場所に集まるため、水面が水草で覆われていて、水草が遮蔽物となっているような場所でカダヤシの生息が多く確認されたと言える。

7. 参考文献および Web サイト

メダカとカダヤシの環境変化に対する適応性の比較 (2019年2月26日現在)

(<http://soil.en.a.u-tokyo.ac.jp/jsidre/search/PDFs/11/11001-29.pdf>)

熊本市ホームページ 平成27年度 江津湖の各月の指定外来魚回収実績

(http://www.city.kumamoto.jp/common/UploadFileDsp.aspx?c_id=5&id=7881&sub_id=7&flid=134874)

熊本市ホームページ 平成28年度 江津湖の各月の指定外来魚回収実績

(http://www.city.kumamoto.jp/common/UploadFileDsp.aspx?c_id=5&id=7881&sub_id=7&flid=134875)

熊本市ホームページ 平成29年度 江津湖の各月の指定外来魚回収実績

(http://www.city.kumamoto.jp/common/UploadFileDsp.aspx?c_id=5&id=7881&sub_id=7&flid=134876)

低酸素濃度に対するメダカとカダヤシの耐性について (2019年2月26日現在)

(http://www.japanriver.or.jp/taisyo/oubo_jyusyou/jyusyou_katudou/no5/no5_pdf)

水の物性の温度依存

理数科2年 吉朝 開 渡邊 照英 石橋 和大 倉田 侑汰 堀之内 大翔
指導者 市原 俊治

要約

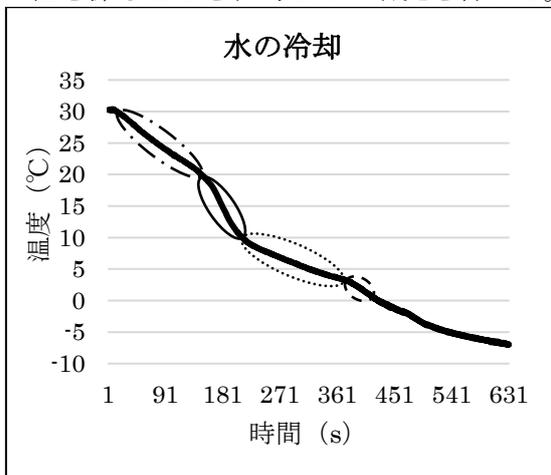
水を冷却すると、冷めやすい部分と冷めにくい温度があるという現象が見られた。そこで私たちはこの現象は、水特有の現象なのか、また、この現象は水の物性の変化と関係があるのかと思い実験をした。結果は、この現象は水特有の現象である可能性があること、冷媒の温度が高いとこの現象は起きないこと、容器の形状にかかわらずにこの現象は起きること、粘度、屈折率、比熱はそれぞれ 30℃～40℃の間に変曲点を持つことがわかった。

Abstract

Cooling down water, water has easy part to cool down and not easy temperature. So we did an experiment on water. We searched that if this is the unique of water, this does not occur when the temperature of the refrigerant is relatively high, and this arises in spite of container shape. We also found viscosity refractive index and specific heat have inflection temperature between 30℃ and 40℃.

1. 目的

水の冷却時の温度変化について研究を行った。水を冷却したときの冷却時間に対する温度変化は下のグラフのように3つの傾きに分かれる現象が見られる。私たちはこの現象を不思議に思い、この現象が水特有のものであることと、その原因を解明し、さらにムペンバ効果との関連性を探ることを目的として研究を行った。



2. 仮説

この現象は水特有の現象であり、上のグラフの変曲点あたりで物性の変化がある。また、この現象はムペンバ効果と関係がある。

3. 使用道具・試薬・器具

氷、水、熱湯、パラジクロロベンゼン、エタノール、メタノール、イージーセンス、試験管 (大Φ2.7cm、中Φ1.6cm、小

Φ0.8cm)、発泡スチロールの箱、ドライアイス、ポット、速度計、ビーカー、ポケット糖度・屈折計 PAL-BR/RI、ジョン君 (自作粘性測定器)、キャサリンちゃん (自作攪拌機) ※

4. 方法・操作・結果

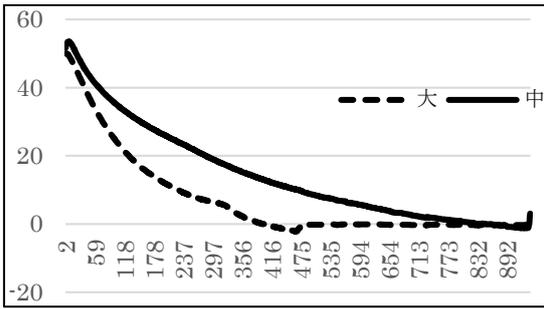
- I 容器の形状と、現象との関係を調べる
- II 水以外の物質を冷却し温度変化を見る
- III 各温度における水の物性の変化を見る
- IV 計算を用いたデータ解析

★実験 I 方法 I 容器の形状との関係を調べる表示がない場合、水はすべて 10ml 冷媒の温度は -15℃ で実験

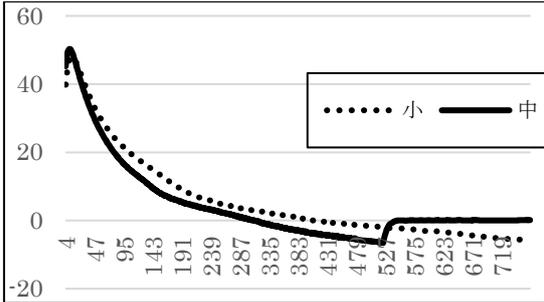
大・中・小は試験管の大きさ、対流はキャサリンちゃんて水を攪拌したした時の結果を表す

結果 I 実験 I のすべてのグラフは縦軸が温度 (°C)、横軸が時間 (S) を表す

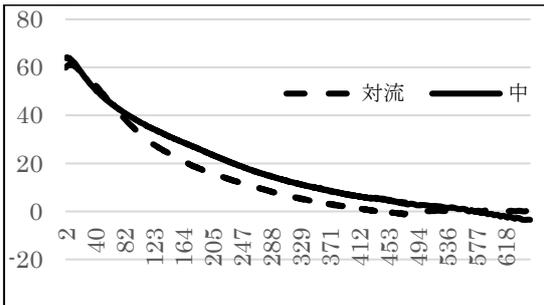
中	大	グラフ 1	大きさに よる変化
中	小	グラフ 2	
中	中 対流	グラフ 3	対流の 関係
ビーカー 10ml	グラ フ 4	容器の形状の関係 10ml で分かりにくか ったため	
ビーカー 40ml			
小ドライアイス	グラ フ 5	冷媒の温度との 関係を調べるため	
中ドライアイス			
大ドライアイス			
中冷媒 0.4℃	グラ フ 6		



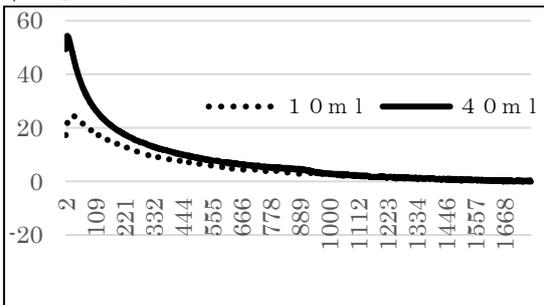
↑グラフ 1



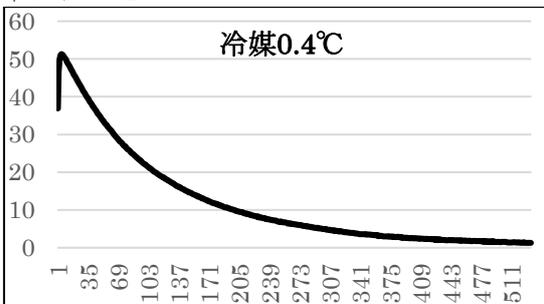
↑グラフ 2



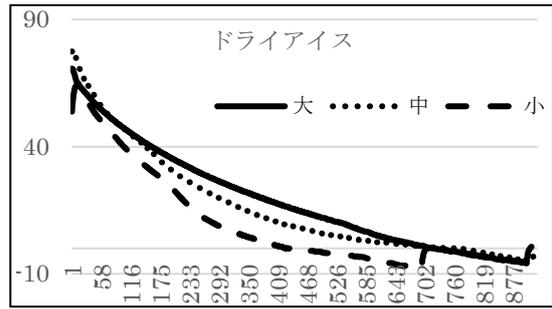
↑グラフ 3



↑グラフ 4



↑グラフ 5



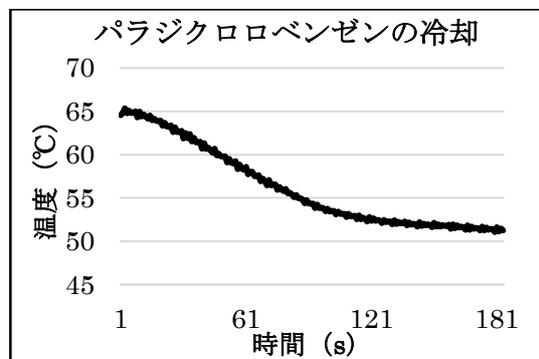
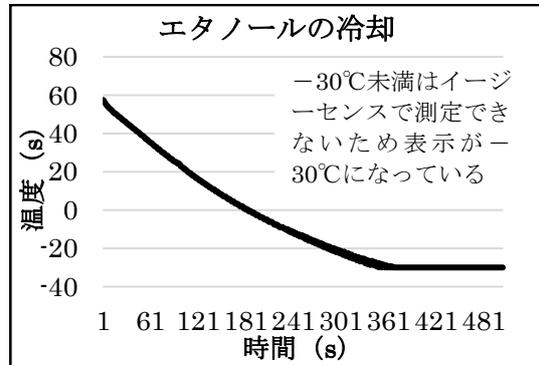
↑グラフ 6

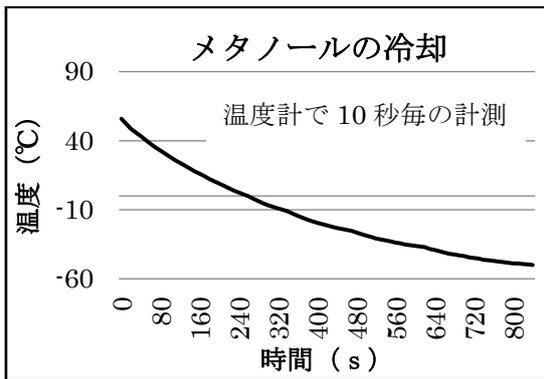
考察 I どの試験管でも傾きが変化する現象がみられるのでこの現象は試験管やビーカーの形や大きさに関係なく起こると考えられる。しかし対流を起こした試験管ではこの現象は見られなかったため人工的な影響がない場合にのみ起こる現象かもしれない。また、冷媒の温度が高いとこの現象は起きないと考えられる。

★実験 II 水以外の物質を冷却し、温度変化を観察する。

方法 II パラジクロロベンゼンとエタノール、メタノールを熱湯で温度を上げ、パラジクロロベンゼンは空气中でエタノールはドライアイスの中で冷却する。

結果 II





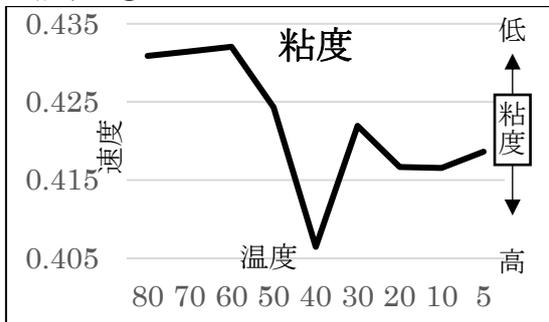
エタノール、メタノールもパラジクロロベンゼンも水のような傾きに変化するようなグラフにはならなかった。

考察Ⅱ 今回実験した物質にこの現象は見られなかったため水特有の現象かもしれない

★実験Ⅲ 各温度における水の物性の変化を見る。

①各温度における水の粘度の変化を見る
方法Ⅲ① 粘度・・粘度の数値測定は行はず、装置を使い、各位温度での粘度の変化を装置の速度変化から求める。

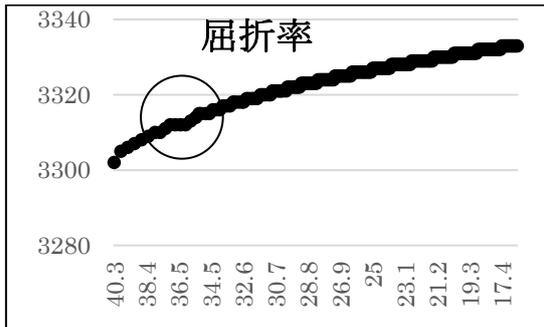
結果Ⅲ①



考察Ⅲ① 変曲点が 40°C 付近にあり、30°C から 40°C の間で粘度の急激な上昇があると考えられる。

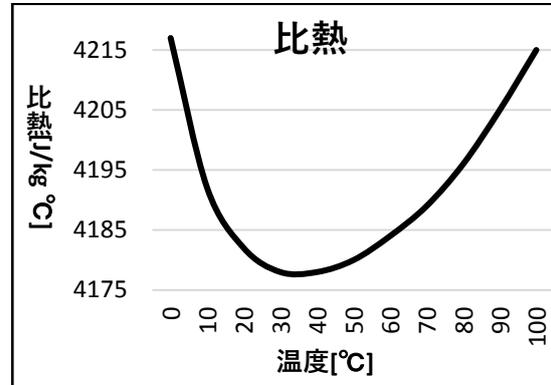
②各温度における水の屈折率の変化を見る
方法Ⅲ② 屈折計を用いて、各温度における屈折率を測定する

結果Ⅲ



考察Ⅲ② 屈折率も 30°C ~ 40°C で停滞する場所があると考えられる。

③比熱のデータを参照する



引用元：株式会社八光電機

<https://www.hakko.co.jp/qa/qakit/html/h01030.htm>

考察Ⅲ③ 比熱は 30°C から 40°C の間に変曲点があると考えられる。

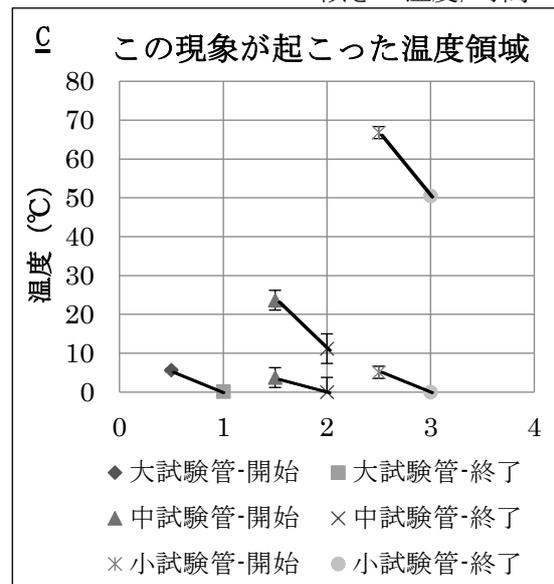
★実験Ⅳ 計算を用いたデータ解析

- A. この現象が起こった回数
- B. 現象前後での傾きの変化
- C. この現象が起こった温度域

A	大	中	小
試行回数	22	54	12
現象が起こった回数	14	47	6
起らなかった回数	8	7	6

B	大	中	小
傾きの差	0.0457 ±0.0238	0.0676 ±0.0227	0.0525 ±0.0398

傾き = 温度 / 時間



グラフの線の入っている温度域で傾きが急

になった

試験管 -大	開始	5.64±0.41
	終了	0.19±0.25
試験管 -中	開始	23.66±2.54
	終了	11.2±3.8
試験管 -中	開始	3.76±0.97
	終了	凝固のためデータなし
試験管 -小	開始	5.1±1.55
	終了	凝固のためデータなし
試験管 -小	開始	66.8±(一回のみの実験)
	終了	50.5±(一回のみの実験)

考察. IV

- ・必ずしもこの現象が起こるわけではない。
- ・どの試験管でも約 0.05 傾きが変化したが、ばらつきが大きいため、この現象が起こっても傾きの差は一定であるわけではない。
- ・どの試験管でも 5℃～0℃の間も傾きが急になっているため、容器の形状に関係なくどの容器でも起こる可能性が高い。
- ・小さい試験管と、中ぐらいの試験管では、それ以外にも傾きが変化する温度域があることから、容器による変化がないわけではないと考えられる。

5. 考察

- ・実験 I、IV よりこの現象は容器の形状に関係なく起こると考えられる。
- ・冷媒の温度が高いとこの現象は起こらないと考えられる。
- ・実験 II よりこの現象は水特有のものと考えられる
- ・実験 III より粘度、屈折率、比熱はそれぞれ 30℃～40℃のところに変曲点がある

6. 結論

- ・水の温度変化のグラフの傾きに変化する現象は水特有のものである可能性がある。
- ・この現象は冷媒の温度が高いと起こらないが、急冷した場合起こる。
- ・粘度、屈折率、比熱は 30℃～40℃の間に変曲点を持つ。
- ・今回の実験では、粘度、屈折率、比熱とこの現象との関係性はみうけられなかった。
- ・この実験の傾きに変化する温度領域を狭むことで、ムペンバ効果が成功するのではないかと考える。この傾きに変化する現象は必ずしも起こるわけではないので、ムペンバ効果の再現性が低いことも説明できる。

7. 謝辞

本研究においてご指導いただいた市原先生をはじめこの研究に携わった方々にこの場を借りて謝辞申し上げます。

8. 参考文献

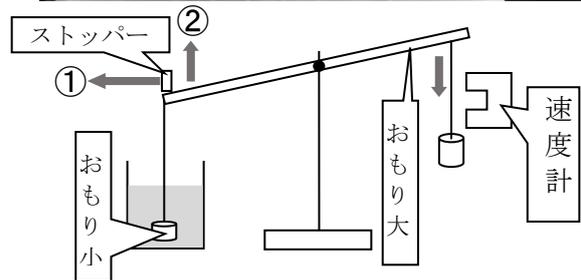
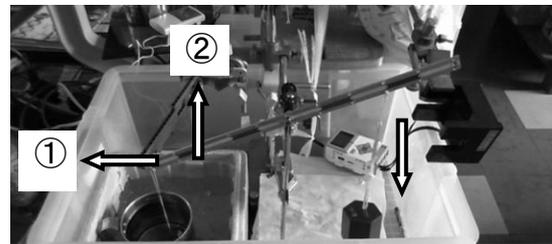
- ・「玉上げ式簡易粘度計の試作」

<http://www.tsuyama-ct.ac.jp/honkou/kyoukan/kiyou/pdf/kiyou2015r04.pdf#search=%27%E7%B2%98%E5%BA%A6%E7%B0%A1%E6%98%93%E6%B8%AC%E5%AE%9A%27> (2018/09/10 現在)

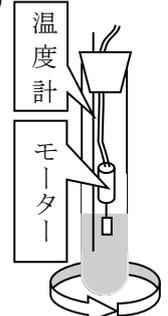
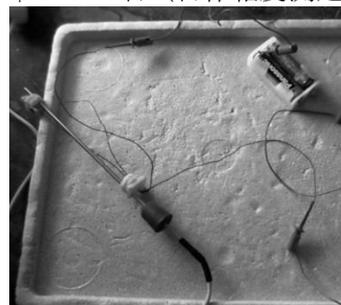
- ・「物理学 70 の不思議」

https://www.jps.or.jp/books/gakkaiishi/files/71-09_70fushigi.pdf#search=%27%E6%9C%AA%E8%A7%A3%E6%B1%BA%E3%81%AE%E5%95%8F%E9%A1%8C%E7%89%A9%E7%90%86%27 (2018/09/10 現在)

※



↑ジョン君 (自作粘度測定器)



↑キャサリンちゃん (自作攪拌機)



↑実験 I・II

↑実験 III (ポケット糖度・屈折計 PAL-BR/RI)

Thank you